

---

PROVINCIA DI MODENA  
COMUNE DI CONCORDIA SULLA SECCHIA

---

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO  
VIA BOCCALETTA – CONCORDIA SULLA SECCHIA

---

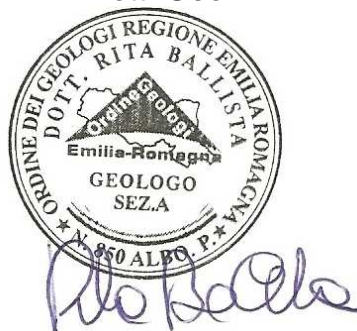
---

**MODELLO IDROGEOLOGICO LITOLOGICO DEI TERRENI  
E ANALISI SISMICA DEL SITO CON APPROFONDIMENTO DI III  
LIVELLO RIPORTANTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE**

---



Dott. Geol. RITA BALLISTA



1. PREMESSA.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO .....	3
4. DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....	7
5. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DEL SITO.....	12
<b>5.1 Descrizione pedologica dei suoli presso il sito di intervento .....</b>	<b>12</b>
6. DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE LOCALI DI DETTAGLIO DELL'AREA DI INTERVENTO .....	14
7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	18
<b>7.1 Parametri geotecnici caratteristici .....</b>	<b>18</b>
8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	20
<b>8.1 Idrogeologia locale .....</b>	<b>26</b>
<b>8.2 Vulnerabilità idrogeologica .....</b>	<b>29</b>
<b>8.3 Rilievo piezometrico e soggiacenza della falda .....</b>	<b>30</b>
9. SISMICITA' DEL TERRITORIO.....	31
<b>9.1 Inquadramento sismotettonico.....</b>	<b>31</b>
<b>9.2 Evidenze di attività recente .....</b>	<b>35</b>
<b>9.3 Cenni sulla sismotettonica della pianura padana .....</b>	<b>41</b>
10. DEFINIZIONE PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO.....	44
<b>10.1. Analisi di pericolosità sismica locale di I° livello .....</b>	<b>44</b>
<b>10.2. Analisi di pericolosità sismica locale di II° livello .....</b>	<b>47</b>
10.2.1 Analisi del sottosuolo in sismica passiva HVRS e attiva MASW in onde Rayleigh .....	47
10.2.2 Profilo $V_{s30}$ con la profondità .....	53
<b>10.3. Analisi di pericolosità sismica locale di III° livello .....</b>	<b>67</b>
10.3.1 Valutazione fattore di amplificazione e parametri spettrali mediante analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello con i contenuti della Dgr 630/2019 .....	68
10.3.2 Analisi rischio liquefazione da prove in sito .....	86
10.3.3 Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica .....	129
11. CONCLUSIONI.....	133
ALLEGATI .....	140

## **1. PREMESSA**

In Comune di Concordia sulla Secchia, in Via Boccaletta si è condotta un'analisi idrogeologica, litostratigrafica e sismica con approfondimento di III livello, dei terreni nell'area oggetto di Piano Urbanistico Attuativo INGRA BROZZI.

Lo studio fornisce **un'analisi di pericolosità sismica locale con approfondimento di III livello inerente gli effetti di sito, in ottemperanza alla Dgr 630 del 29/04/2019, "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale urbanistica"**.

**Si fornisce inoltre, sulla base di indagini geognostiche realizzate in sito, una caratterizzazione litostratigrafica e un'indicazione delle proprietà geomeccaniche e fisiche del suolo e sottosuolo dell'area interessata dagli interventi, al fine di determinare la fattibilità del Piano da realizzare conformemente a quanto previsto nel DM 17/01/2018.**

**L'analisi idrogeologica e la verifica della profondità della frangia freatica e delle sue fluttuazioni stagionali, evidenzia eventuali criticità ambientali e vulnerabilità dei corpi acquiferi sotterranei, in relazione al progetto conformemente a quanto richiesto nel D.Lgs 16 Gennaio 2008 n. 4.**

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

Legge Regionale n. 24/2017

Dgr 630 del 29/04/2019

Delibera R.E.R. n. 1677/2005

D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" in vigore dal 22 marzo 2018

Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico" e Delibera Giunta Regionale 1 Febbraio 2010 n. 121

D.C.P. n°46 del 18/03/2009 di Approvazione della Variante Generale al P.T.C.P. della Provincia di Modena

D.Lgs 16 Gennaio 2008 n. 4

## **3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO**

Il comparto oggetto di espansione si trova a ovest rispetto al centro cittadino di Concordia sulla Secchia ad una quota media pari a 19 m s.l.m.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44° 54' 40.67" N e 10° 57' 44.49" E .

L'area ha accesso da Via Boccaletta; via collegata alla Strada Provinciale 8, a sud, ed alla Strada Provinciale 46, a nord.

Il territorio del Comune di Concordia sulla Secchia e il sito di interesse è situato a Nord della provincia di Modena e ricade nel settore assiale della Pianura Padana "propriamente detta".

L'area, secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Modena redatto nel Marzo 2009, ricade nell'Unità di Paesaggio indicata con il numero 5 "Paesaggio perifluviale del Fiume Secchia nella fascia di Bassa e Media Pianura".

Nell'ambito del PTCP per unità di paesaggio è stato inteso individuare un territorio che presenta elementi omogenei nel paesaggio che ha subito la stessa formazione ed evoluzione.

I caratteri ambientali dell'Unità di Paesaggio n. 5 sono caratterizzati dalla presenza del corso del fiume Secchia che influenza e determina la dimensione e l'orientamento della maglia poderale circostante rispetto alle aree più distanti dal fiume. Anche la struttura degli insediamenti sparsi e la maglia viaria complessa, sono influenzati dalla presenza del corso d'acqua che in alcuni casi determina l'orientamento delle strutture edilizie, prevalentemente di interesse storico-architettonico, disposte lungo i margini delle antiche golene.

La morfologia è fortemente connotata dalla presenza di dossi che corrono parallelamente e lateralmente al fiume. Il contesto ambientale prevalente è quello fluviale, caratterizzato dalla presenza della vegetazione arborea ed arbustiva tipica dei corsi d'acqua con salici e pioppi lungo le sponde del fiume ed all'interno delle arginature, e da elementi residuali rappresentati da alberi di grandi dimensioni isolati o in formazioni arboree lineari sviluppate lungo i confini dei campi, dei fossati o nelle immediate vicinanze delle case coloniche o ville.



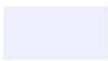


La fauna presente, oltre a quella delle campagne coltivate (fagiani, lepri), si arricchisce localmente di specie particolari che trovano nel fiume un elemento di continuità ideale per il loro sviluppo con diffusione di numerosi mammiferi, pesci e rettili.

Le caratteristiche della rete idrografica principale e minore sono rappresentate dalla presenza del corso d'acqua arginato del fiume Secchia, che presenta un andamento sinuoso ed origina numerose anse e meandri.

Negli ambiti agricoli sono presenti aziende agricole ad indirizzo viticolo-zootecnico, aziende agricole di carattere misto di grandi dimensioni anche a produzione frutticola e aziende di tipo estensivo a seminativo. La maglia poderale è caratterizzata da una notevole complessità per orientamento e dimensioni a causa dell'andamento del corso del fiume. Il paesaggio rurale determinato dalle tipologie aziendali prevalenti risulta particolarmente variegato, e definito dalla diversa combinazione degli effetti degli ordinamenti produttivi riconoscibili nella zona.

**Nel P.S.C. Vigente la zona di ubicazione del sito in oggetto è classificata come zona APC.1 Ambiti produttivi esistenti consolidati (art. A-13 LR 20/2000 – art. 46 PSC).**



-  Perimetro Piani Particolareggiati approvati o aree interessate da accordi coi privati  
ex art. 18 LR 20/2000 (art. 39 PSC)
-  Perimetro aree sottoposte ad attuazione previa formazione di Piano Urbanistico Attuativo (PUA)  
o stipula di convenzione (CONV)
-  APC.1 Ambiti produttivi esistenti consolidati (art. A-13 LR 20/2000 - art. 46 PSC)
-  APC.2 Ambiti produttivi esistenti con presenza di attività non produttive (art. A-13 LR 20/2000 - art. 46 PSC)
-  APC.3 Ambiti produttivi di nuovo insediamento (art. A-13 LR 20/2000 - art. 46 PSC)

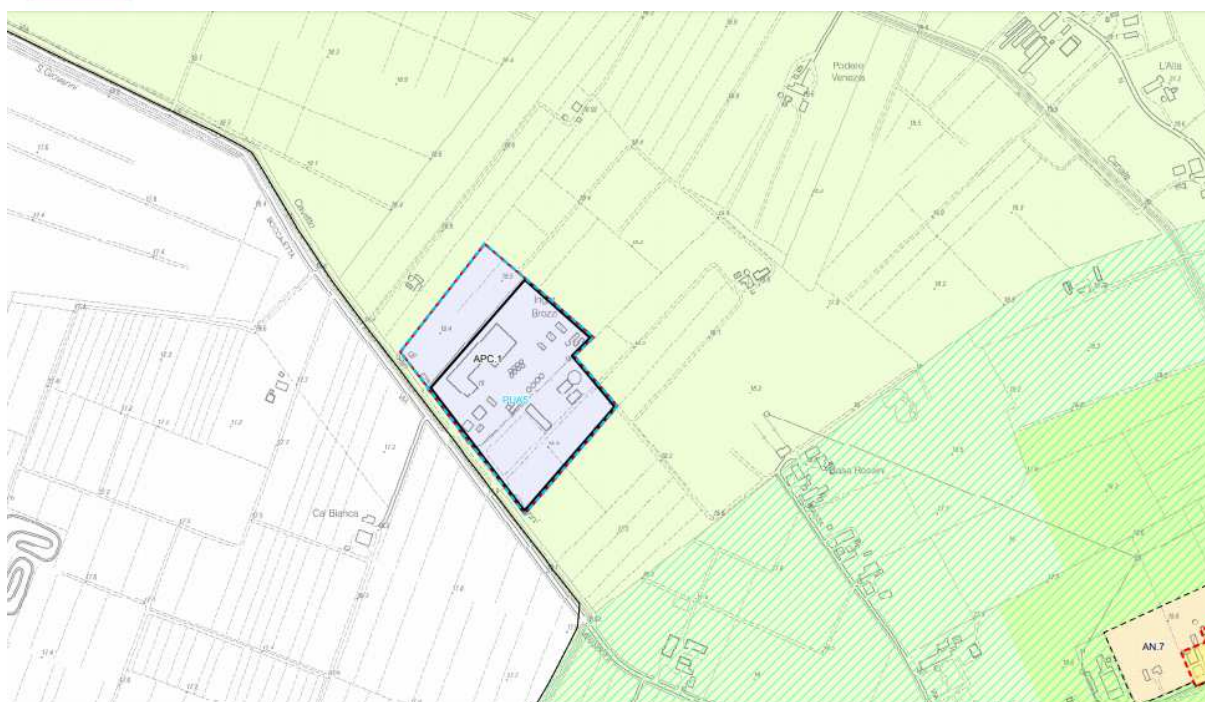


Fig.1. : Stralcio PSC Comune di Concordia sulla Secchia.

### Riferimenti cartografici (fig. 3)

C.T.R.: Tavola 183 NE (1:25.000);  
Sezione 183080 (1:10.000);  
Elemento 183082 (1:5000).

### Copertura aereofotogrammetrica

- Foto aeree RER 1954
- Foto aeree RER 1973-1978
- Ortofoto digitali AIMA 1996
- Ortofoto digitali Terraitaly 2000
- Ortofoto digitali QB 2003
- Ortofoto AGEA-RER 2008
- Ortofoto AGEA-RER 2011

### Riferimenti catastali (fig.4)

Foglio 35, Mappale 111/113/238/118 - Comune di Concordia s/S



Fig.2. : Fotorilievo della zona di studio.

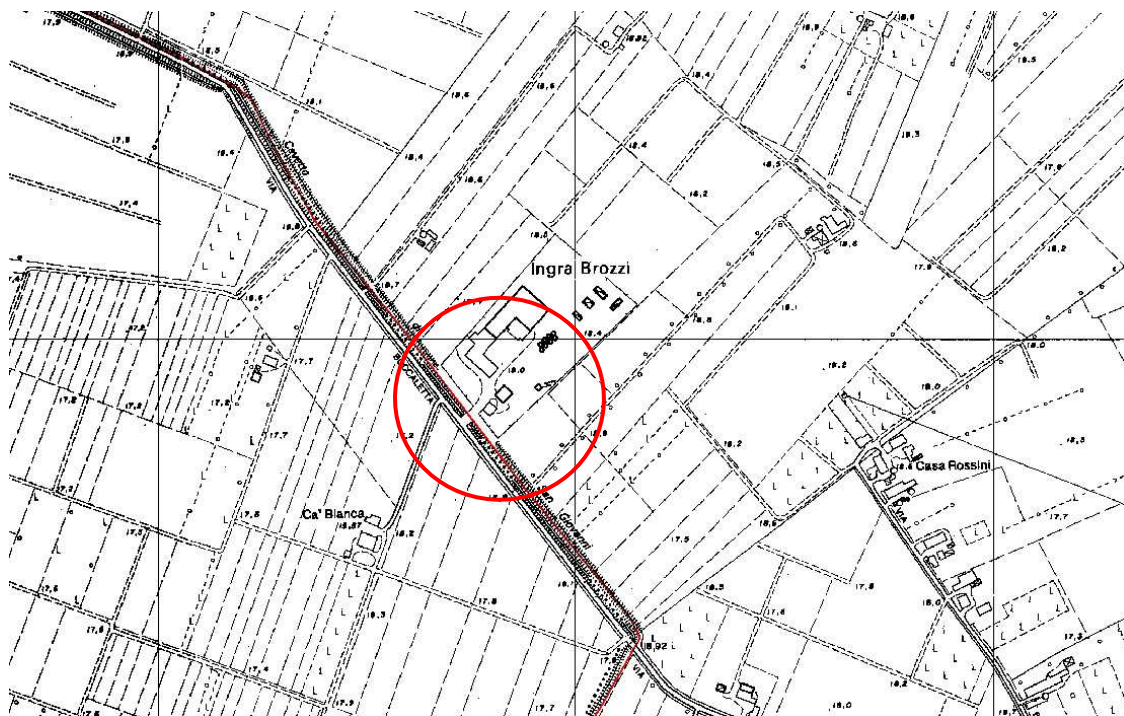


Fig.3. : Stralcio CTR

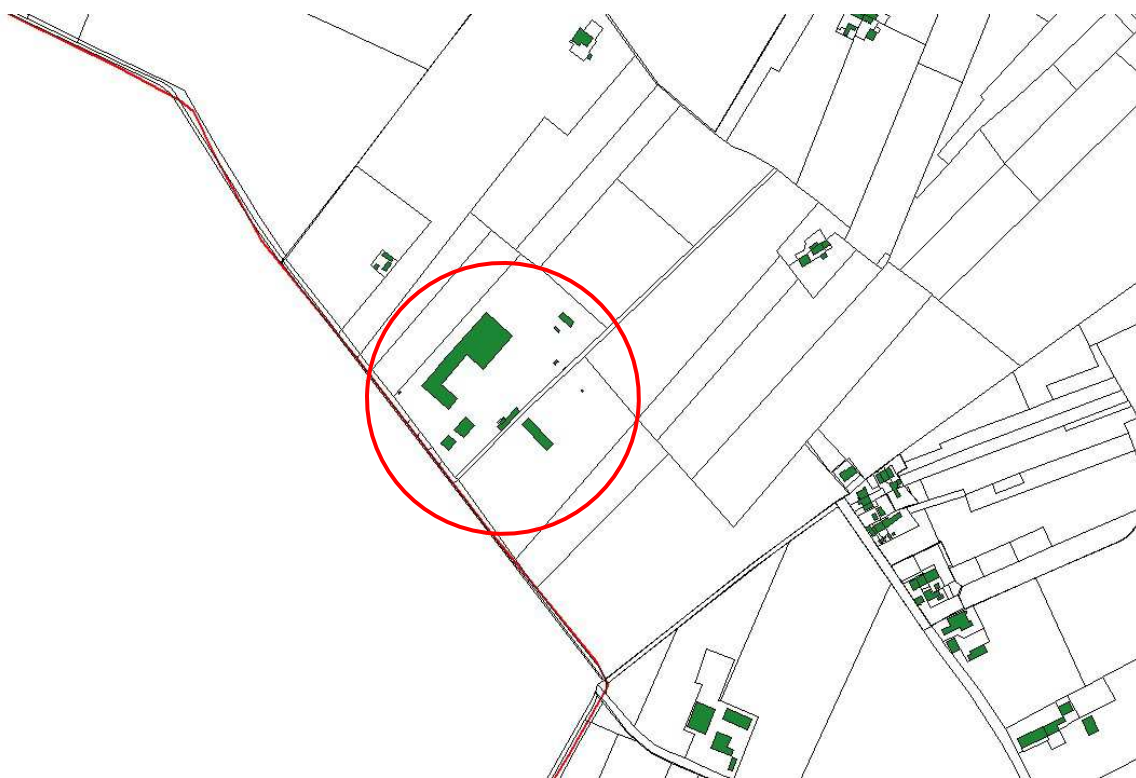


Fig.4. : Ubicazione catastale (Foglio: 35; Mappali: 111-113-118-238)

#### **4. DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA**

Il territorio del Comune di Concordia sulla Secchia è posto nella bassa Pianura Modenese e si estende per gran parte sulla destra idrografica del Fiume Secchia, che qui scorre in un alveo pensile posto a una quota di circa 10 m più alta rispetto la circostante campagna. Il sito di studio in particolare si trova in sinistra idrografica del fiume Secchia ad una distanza di 850 m a sud-ovest dall'attuale alveo.

Il territorio comunale ha un'estensione di circa 41,19 km<sup>2</sup> e confina a N e a NO con la Provincia di Mantova, a O e a SO con il Comune di Novi di Modena, a S e a SE con il Comune di S. Possidonio e a E e a SE con il Comune di Mirandola; le quote sul livello del mare, se si escludono le sommità arginali del fiume Secchia, variano dai 12 ai 20 m, con le più basse che sono localizzate nel settore NE, mentre quelle maggiori in prossimità del Secchia e conseguentemente dell'abitato di Concordia.

In generale l'andamento altimetrico evidenzia strette fasce territoriali, allungate secondo una direzione ovest-est, di quota relativamente più elevata rispetto alle zone circostanti ("dossi"), che degradano verso più ampie aree depresse ("valli") corrispondenti alle aree storicamente soggette a esondazione.



I fiumi che scorrono in questa porzione di bassa pianura (il fiume Secchia in particolare nella zona di studio) si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionale prevale su quella erosiva a causa della bassa capacità di deflusso e della esigua capacità di trasporto; questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e di alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali.

In assenza di argini artificiali i fiumi tendono a divagare e quando le acque di piena traboccano si verifica un deposito differenziato con la sedimentazione di elementi fini o grossolani in funzione della diversa energia cinetica della corrente. In prossimità dell'alveo il fiume tende a depositare materiali più grossolani formando dossi di tracimazione (argini naturali), oltre che ventagli e canali di esondazione in corrispondenza delle rotte; tali emergenze morfologiche si manifestano sia lungo i corsi attuali dei fiumi che in corrispondenza di alvei abbandonati (paleoalvei).

Nelle aree distali più depresse, poste tra un fiume e l'altro, l'energia cinetica della corrente diminuisce ed i depositi si fanno sempre più fini per diventare prevalentemente argillosi nelle basse dove la prolungata permanenza delle acque favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione; per la maggiore costipabilità dei materiali fini rispetto a quelli sabbiosi, si determina poi un aumento dei dislivelli fra i dossi dei paleoalvei e le valli, oltre che fra la rete idrografica ed il livello medio del territorio.

In questa situazione, in concomitanza con gli eventi alluvionali, è possibile che un fiume cambi il suo percorso.

Nella zona di Concordia sulla Secchia sono stati individuati diversi paleoalvei, per la loro datazione ed attribuzione idrografica occorre fare riferimento agli autori più recenti che si sono occupati della ricostruzione paleoidrografica della zona: Pellegrini (1969), Veggiani (1947), Castaldini e Alii (1979), Cremaschi ed Alii (1980), Gasperi e Pellegrini (1981, 1984).

Dall'esame di questi autori risulta che prima dell'VIII sec. a.C. il Fiume Secchia (detto in antico Gabello, ma anche Sesula, Situla, Seda, Secla) aveva un tracciato spostato a OVEST e sub-parallelo a quello attuale nella parte più a monte fin verso San Prospero, e che deviava verso oriente ad iniziare da Cavezzo, e attraverso Medolla, San Felice sul Panaro, Rivara, Canalazzo e Finale Emilia, confluiva nel Po nei pressi di Bondeno.

Il Fiume Panaro (anticamente Panarius) aveva un tracciato più orientale di quello attuale, e confluiva nel Secchia nei pressi di Finale Emilia.

Dopo l'VIII secolo a.C., il Secchia si spostò verso EST nel tratto ad andamento meridiano, e verso NORD in quello ad andamento parallelo; il Panaro assunse un tracciato ubicato più a NW di quello che aveva precedentemente.

Si può ritenere che solo verso il XV secolo d.C. il Secchia e il Panaro abbiano assunto definitivamente il percorso attuale.

Infatti, in questo periodo il Secchia deviò bruscamente verso NORD all'altezza di Concordia, per confluire nel Po a Nord di Quistello e a monte di Motta di Cavezzo verso NW.

Le acque del Panaro erano state da poco inalveate nel cavo del vecchio canale di Modena (impresa realizzata tra il XIII ed il XIV secolo d.C.).

La frequente corrispondenza riscontrata nell'area esaminata tra dossi e paleoalvei è spiegabile analizzando dal punto di vista dei processi di sedimentazione, il modello evolutivo, almeno nelle linee generali, della pianura olocenica. I fiumi appenninici, a valle

delle conoidi pedemontane, tendono a proseguire verso il collettore principale su alvei pensili formati da sedimenti che il corso l'acqua non è più in grado di portare a carico.

Nel caso di rotte e tracimazioni, le acque si espandono nella pianura depositando, nelle immediate vicinanze dell'alveo, i materiali più grossolani e più lontano decantano, una volta cessato il flusso, i sedimenti più fini. Questi ultimi sedimenti si costipano di più di quelli costituenti l'alveo e si determinano così, già per processi naturali, dei notevoli dislivelli fra fiumi e territori circostanti.

Per i corsi d'acqua di pianura, non arginati artificialmente, rotte e tracimazioni sono un fenomeno ricorrente che favorisce i cambiamenti d'alveo; in un bacino subsidente, l'accrescersi della pianura avviene perciò sia orizzontalmente, con il giustapporsi di diversi successivi corpi d'alveo, che verticalmente, con il sovrapporsi di successivi cicli di riempimento dei bacini di esondazione.

Su questo meccanismo è intervenuto l'uomo, che, per porsi al riparo dalle esondazioni, ha innalzato argini artificiali di pari passo con il naturale innalzamento del fondo dei fiumi, ed ha impedito nello stesso tempo, l'arrivo di nuovi apporti detritici nelle aree comprese tra i vari fiumi esaltando così i dislivelli tra letti fluviali e aree circostanti.





Risulta così spiegabile nelle sue linee essenziali il particolare panorama altimetrico del territorio esaminato che vede le zone più rilevate in corrispondenza dei corsi fluviali attuali ed estinti.





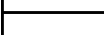

Dall'esame della cartografia, del microrilievo e della litologia superficiale risultano evidenti fasce strette, allungate in direzione O-E, relativamente più rilevate (dossi) alternate a fasce più ampie e depresse denominate localmente come "valli".

Tale andamento generale delle forme del paesaggio si interrompe bruscamente contro il Fiume Secchia, nella zona occidentale del territorio comunale, che come già descritto scorre verso nord all'interno di un alveo pensile decisamente rilevato rispetto la campagna circostante.

Di fatto l'alveo pensile del Secchia rappresenta l'elemento morfologico più evidente e rilevante di tutta la bassa pianura modenese occidentale.

**In scala di dettaglio, la zona di studio non si trova ubicata su morfostrutture particolari, a sud-ovest del corso attuale del fiume Secchia come evidenziato nella Carta della Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali del Nuovo PTCP Approvato a Marzo 2009 di cui si allega uno stralcio con indicato il sito di studio.**

Dossi di pianura (Art. 23A)		
		<i>Paleodossi di accertato interesse (Art. 23A, comma 2, lettera a)</i>
		<i>Dossi di ambito fluviale recente (Art. 23A, comma 2, lettera b)</i>
		<i>Paleodossi di modesta rilevanza (Art. 23A, comma 2, lettera c)</i>

	Insedimenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art. 42)
	Sistema dei terreni interessati dalle partecipanze (Art. 43A)
	Terreni interessati da bonifiche storiche di pianura (Art. 43B)
	Viabilità storica (Art. 44A)
	Viabilità panoramica (Art. 44B)
	Canali storici (Art. 44C)

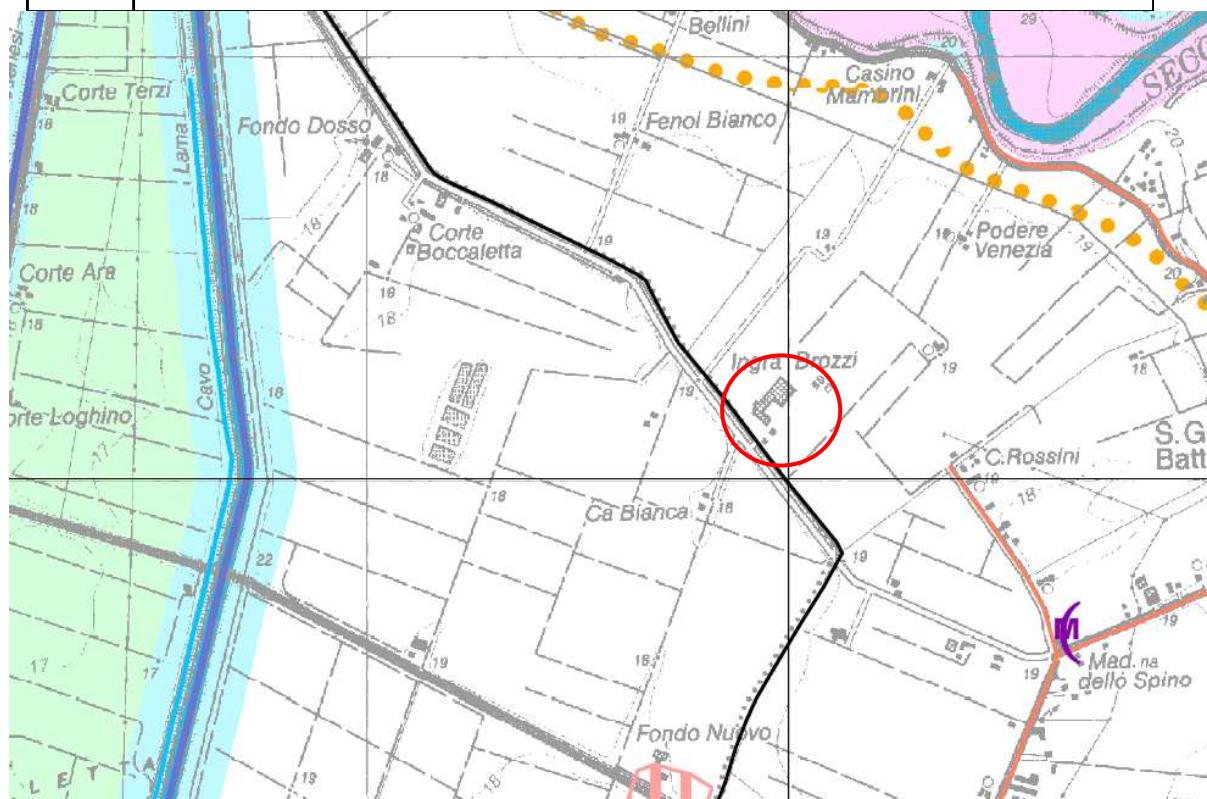






























Fig.5. : Tav. 1.1.2 “Carta della Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali del Nuovo PTCP”.

Nella Tavola PSC 2.3 delle “Tutele e vincoli ambientali, antropici, paesaggistici e storico culturali”, del PSC del Comune di Concordia sulla Secchia approvato con Delibera C.C n.23 del 20/04/2009, **il sito di studio non è ubicato in zone di tutela e non presenta vincoli.** Il sito di studio si trova su aree ad elevata criticità idraulica e a rapido scorrimento Classificata come A3 nel PTCP 2009.



## Legenda

	Confini Comunali
	TU Territorio Urbanizzato
	TUZ Territorio Urbanizzabile
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (art. 8 PSC)
	Fasce di espansione inondabili (art. 7 PSC)
	Zone di tutela ordinaria (art. 7 PSC)
	Aree ad elevata pericolosità idraulica-A1
	Aree ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1-A2
	Aree ad elevata criticità idraulica, aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica-A3
	Aree golenali naturali e artificiali
	Paleodossi di accertato interesse
	Dossi di ambito fluviale recente
	Paleodossi di modesta rilevanza
	Dossi di pianura e aree arginali antiche (art. 13 PSC)
	Fasce fluviali dei PAI (art. 9 PSC) Fasce A e B: coincidono con le arginature fluviali Fascia C: comprende il rimanente territorio
	Tutele paesaggistiche D. Lgs. 42/2004 (art. 14 PSC)
	Sistema delle bonifiche storiche di pianura (art. 22 PSC)
	Polo Estrattivo n. 17 - Val di Sole (art. 15 PSC)
	Comparto naturalistico " Oasi Val di Sole" (art. 15 PSC)
	Chiesa
	Cimitero
	Oratorio
	Tabernacolo
	Siti archeologici (art. 20 PSC)
	Sistema insediativo storico (art. 21 PSC)
Edifici storici sottoposti a vincoli conservativi	
	RS Restauro Scientifico
	RRC Restauro e Risanamento Conservativo
	RE/C Ristrutturazione Edilizia/Conservativa

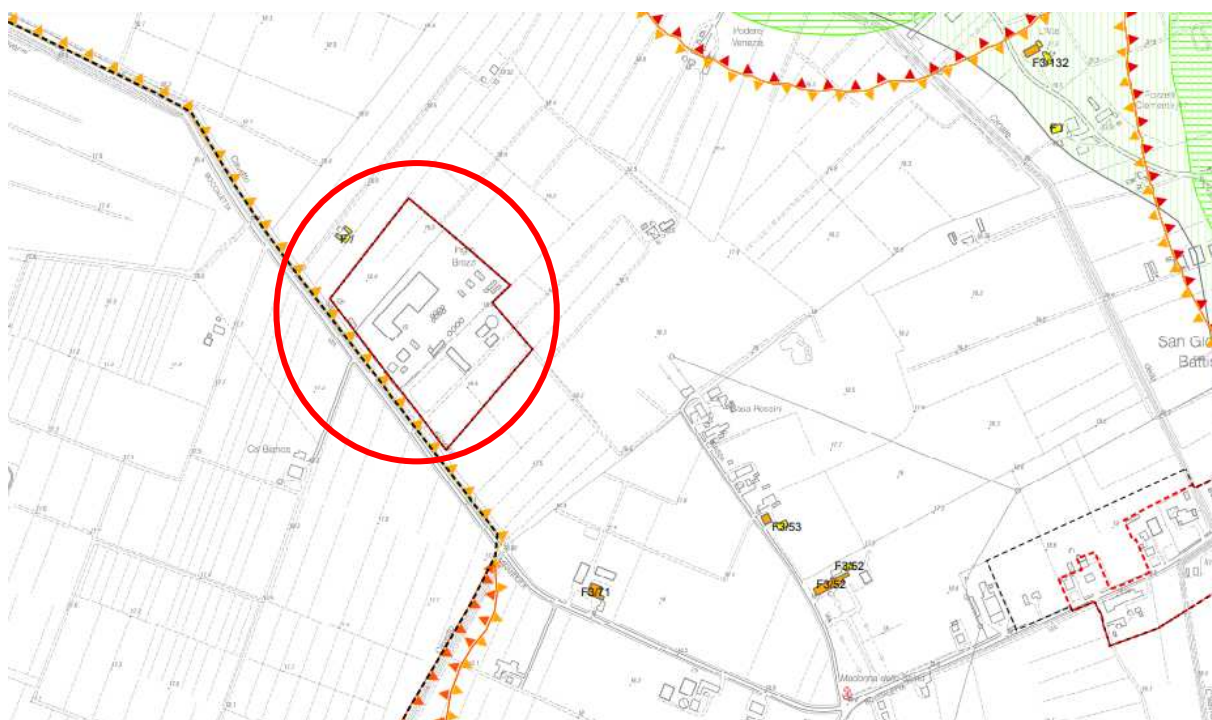


Fig.6. : Stralcio "Tutele e vincoli ambientali, antropici, paesaggistici e storico culturali" del PSC del Comune di Mirandola.

## **5. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DEL SITO**

I litotipi presenti sul territorio comunale sono costituiti da un insieme di orizzonti lentiformi che sfumano più o meno gradualmente tra loro e che evidenziano una distribuzione non omogenea, ma legata alle passate evoluzioni idrografiche dei fiumi e corsi d'acqua che hanno generato il territorio.

Osservando il territorio comunale nel suo insieme, si riscontra che i litotipi maggiormente rappresentati sono quelli a granulometria fine limosa-argillosa presenti in maggior parte su tutto il territorio comunale. I litotipo sabbiosi e limo-sabbiosi si trovano in corrispondenza dei paleoalvei .

### **5.1 Descrizione pedologica dei suoli presso il sito di intervento**

Nell'area della pianura si rinvencono tre gruppi di suoli di cui due propriamente localizzati in aree di pianura ed il terzo sui terrazzi pleistocenici al margine appenninico.

Dalla "Carta dei suoli della Regione Emilia Romagna" redatta dal Servizio Cartografico - Ufficio Pedologico della Regione Emilia Romagna Provincia di Modena (aggiornamento 1994), il sito è ubicato sul suolo PRD1 del complesso Pradoni franca argillosa limosa.

Suoli PRD1:

L'orizzonte superficiale, interessato dalle lavorazioni agricole, ha uno spessore che varia da 40 a 60 cm, di colore bruno grigiastro scuro, ha tessitura franca argilloso limosa.

L'orizzonte profondo di colore bruno grigiastro scuro con screziature grigie, comuni, ha tessitura franca limosa; il substrato di colore bruno olivastro chiaro o grigio scuro con screziature bruno giallastre, abbondanti, ha tessitura franca limosa. Questi suoli sono molto calcarei e moderatamente alcalini fino a 150 cm di profondità.

Hanno una profondità utile per le radici elevata; la disponibilità di ossigeno per le radici delle piante è moderata, limitatamente al periodo inverno-primaverile (1-3 mesi cumulativi) sono presenti strati saturi d'acqua a partire dallo strato sottostante le lavorazioni, mentre nel periodo estivo le condizioni di anaerobiosi sono assenti entro 150 cm di profondità.

La falda estiva è talora presente oltre 200 cm di profondità. La permeabilità è moderatamente lenta; l'indice di incrostamento è moderato o elevato. La capacità di accettazione delle piogge è moderata oppure alta. La capacità di ritenzione dell'acqua disponibile per le piante è molto alta. Non presentano particolari problemi nutrizionali nei confronti della maggior parte delle culture agricole. La capacità assimilativa è molto alta.

L'elevato contenuto in limo (50-60%) dell'orizzonte superficiale se associato ad un basso contenuto in sostanza organica (<2,0%) condiziona il comportamento fisico del suolo.

Il rischio di formazione di croste superficiali, con conseguente diminuzione della permeabilità, è moderato, talora elevato. Le lavorazioni devono essere effettuate in condizioni giuste di umidità per evitare la costipazione del terreno e la formazione di zolle molto dure quando secche; è necessario attendere dai 4 ai 6 giorni per entrare in campo dopo un periodo di piogge in primavera.

Sono adatti alla coltivazione del pero, susino, alla viticoltura e ai seminativi in genere.

Non presentano limitazioni che condizionino la realizzazione e la manutenzione di opere ingegneristiche. L'attitudine a ricevere reflui zootecnici è moderata, talora bassa per la presenza di croste superficiali.

Di seguito si riporta un estratto della " CARTA DEI SUOLI " con indicata la zona di studio.

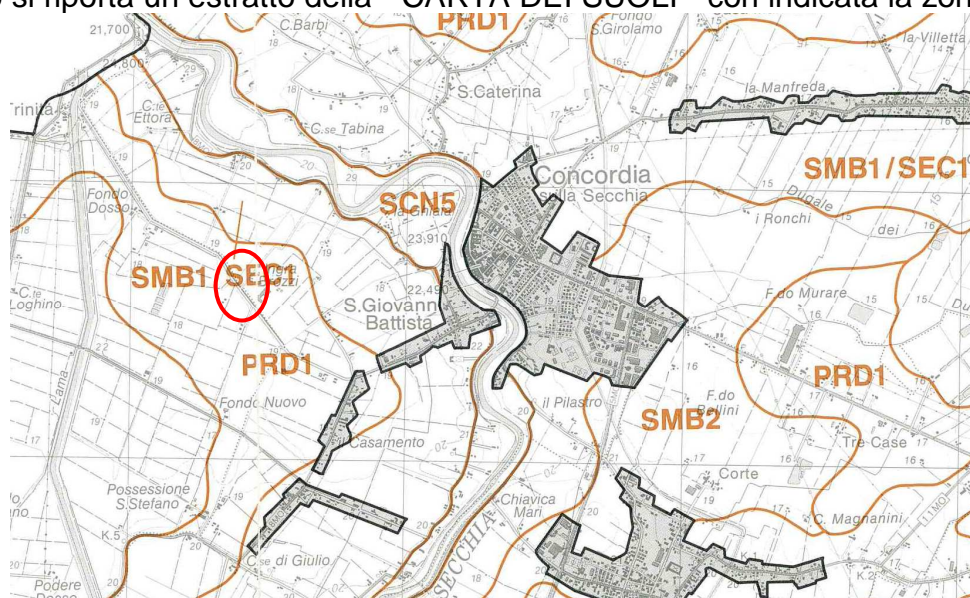


Fig.7. : "Carta dei suoli della pianura modenese" Regione Emilia Romagna e Provincia di Modena"

L'area di intervento, secondo la carta Uso del Suolo della Regione Emilia Romagna,

risulta essere compresa nella tipologia “1211 la - Insediamenti Produttivi”

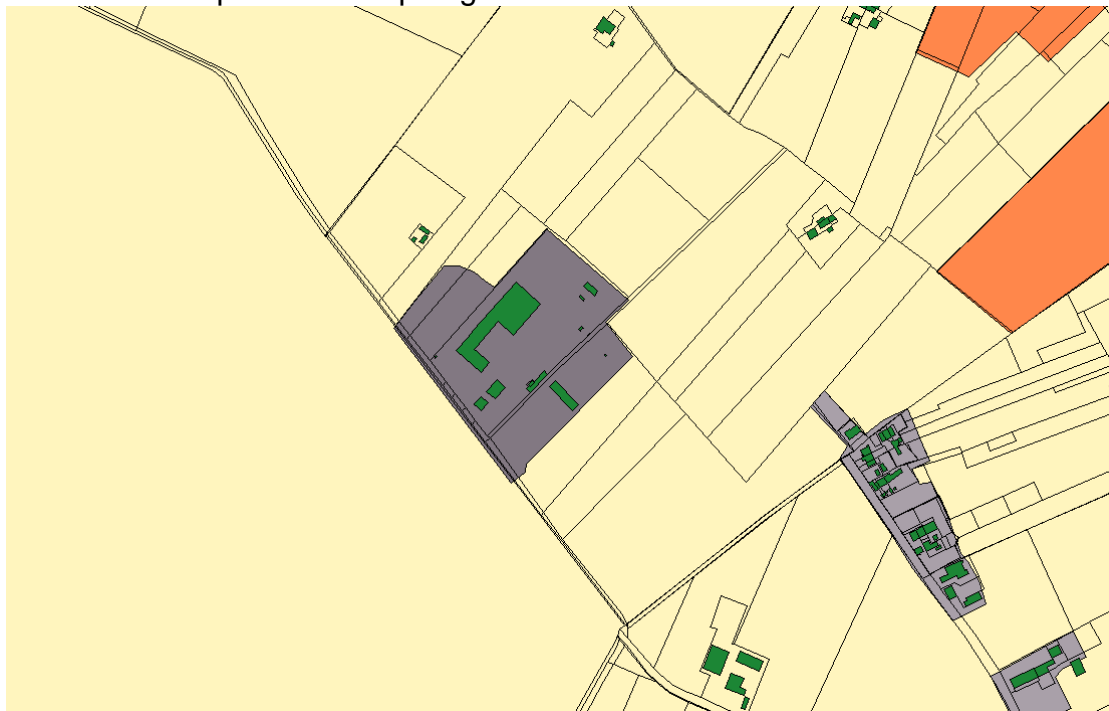


Fig.8. : Carta Uso del suolo - Regione Emilia-Romagna, 2003.

## **6. DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE LOCALI DI DETTAGLIO DELL'AREA DI INTERVENTO**

Per la caratterizzazione litologica e stratigrafica e per la definizione delle proprietà geomeccaniche dei terreni presenti nel sito sono state prese a riferimento 4 prove penetrometriche statiche CPT eseguite nell'area di intervento in data 08/02/2013 che raggiungono la profondità variabile da - 17.0 a - 35.0 metri dal p.c. e n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU eseguita in sito in data 24/01/2020 e spinta a - 20.00 metri dal p.c.

Le prove eseguite sono ubicate in figura 9.



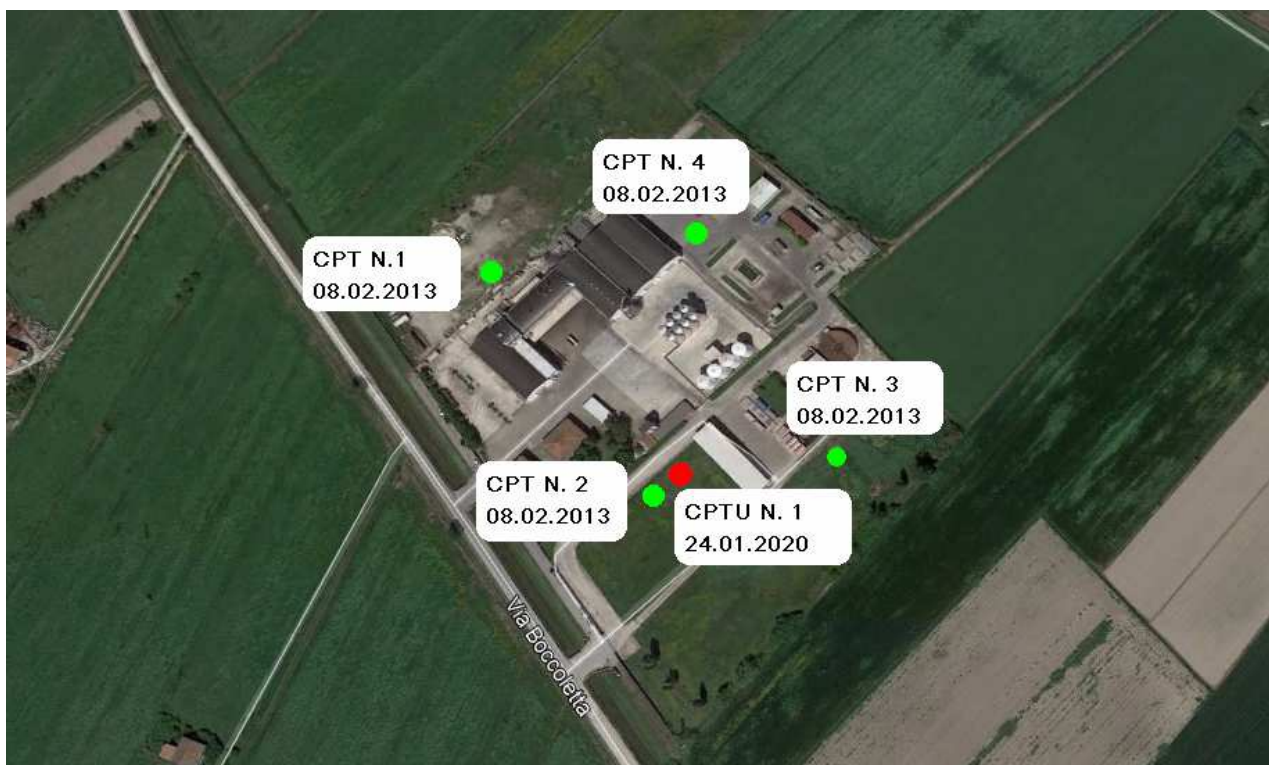


Fig.9. : Ubicazione prove penetrometriche statiche meccaniche ed elettriche eseguite in sito

## 6.1. CARATTERISTICHE TECNICHE DI INDAGINE PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT E CPTU

Il penetrometro utilizzato per entrambe le prove è montato su autocarro FIAT IVECO T80/16 4 x 4 con elica. Capacità di spinta: 300 kN (260 kN alla penetrazione, 300 kN in fase di estrazione). Infissione tramite pistone idraulico a velocità costante di 2 cm/sec, tolleranza di  $\pm 5$  mm./sec.

La prova penetrometrica statica meccanica CPT consiste nell'infiggere a pressione nel terreno una punta conica misurando separatamente ma con continuità lo sforzo necessario per la penetrazione della punta e l'adesione terreno-acciaio di un manicotto posto al di sopra della punta.

L'infissione avviene tramite un pistone idraulico che spinge la batteria di aste su cui è montata la punta a velocità costante di 2 cm/s con una tolleranza di  $\pm 5$  mm/s, l'avanzamento è automatico e regolato da centraline elettroniche.

Il penetrometro meccanico possiede il manicotto di attrito che si muove indipendentemente dalla punta secondo il metodo Begemann.

Lo sforzo per l'infissione della punta è misurato mediante manometri collegati al martinetto che esercita la spinta. L'acquisizione dati viene rilevata da manometri meccanici a bagno d'olio con sensibilità minima pari a 0.1 Bar.

Le caratteristiche del penetrometro statico olandese tipo Gouda sono:

- punta conica meccanica  $\phi = 35.7$  mm - angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - area punta

$$A_p = 10 \text{ cm}^2$$

- manicotto laterale di attrito tipo "Begemann"  $\phi = 35.7 \text{ mm.}$  –  $h = 133 \text{ mm.}$  – sup.lat.  $A_m = 150 \text{ cm}^2$
- le aste sono doppie: una cava  $\phi = 36 \text{ mm.}$  e una, il cui diametro è tale da essere contenuta all'interno delle aste cave, peso dell'astina interna è = 1.348 Kg.

Durante l'esecuzione della prova ogni 20 cm, vengono lette nei manometri la resistenza all'avanzamento della sola punta L.punta, la resistenza dell'avanzamento della punta e del manicotto L.laterale e la resistenza totale all'avanzamento delle sole aste cave.

Nei diagrammi vengono rappresentati:

- la resistenza alla punta  $q_c$  in MPa
- la resistenza laterale locale  $f_s$  in MPa
- la linea a destra rappresenta il rapporto  $q_c/f_s$  ( numero puro ).

La prova penetrometrica statica elettrica CPTU è stata realizzata con punta elettrica con piezocono "Envi Memocone" con inclinometro per la determinazione in continuo delle caratteristiche litologiche e idrauliche dei terreni.

In allegato (All. n. 2) viene riportato il diagramma della prova dove sono graficati i seguenti valori:

- il primo riquadro rappresenta la resistenza alla punta  $q_c$  (tip resistance), espressa in MPa.
- il secondo diagramma rappresenta la resistenza d'attrito laterale  $f_s$ , espressa in Mpa,
- il terzo diagramma rappresenta il rapporto  $f_s/q_c$ , espresso in % .
- la quarta strisciata rappresentano l'andamento della pressione interstiziale  $u$  (pore pressure), espressa in Mpa,
- l'ultimo riquadro rappresenta l'inclinazione della prova rispetto la verticale espressa in gradi (degr).



Fig.10. Prove eseguite in sito con penetrometro statico da 300 KN, montato su camion IVECO

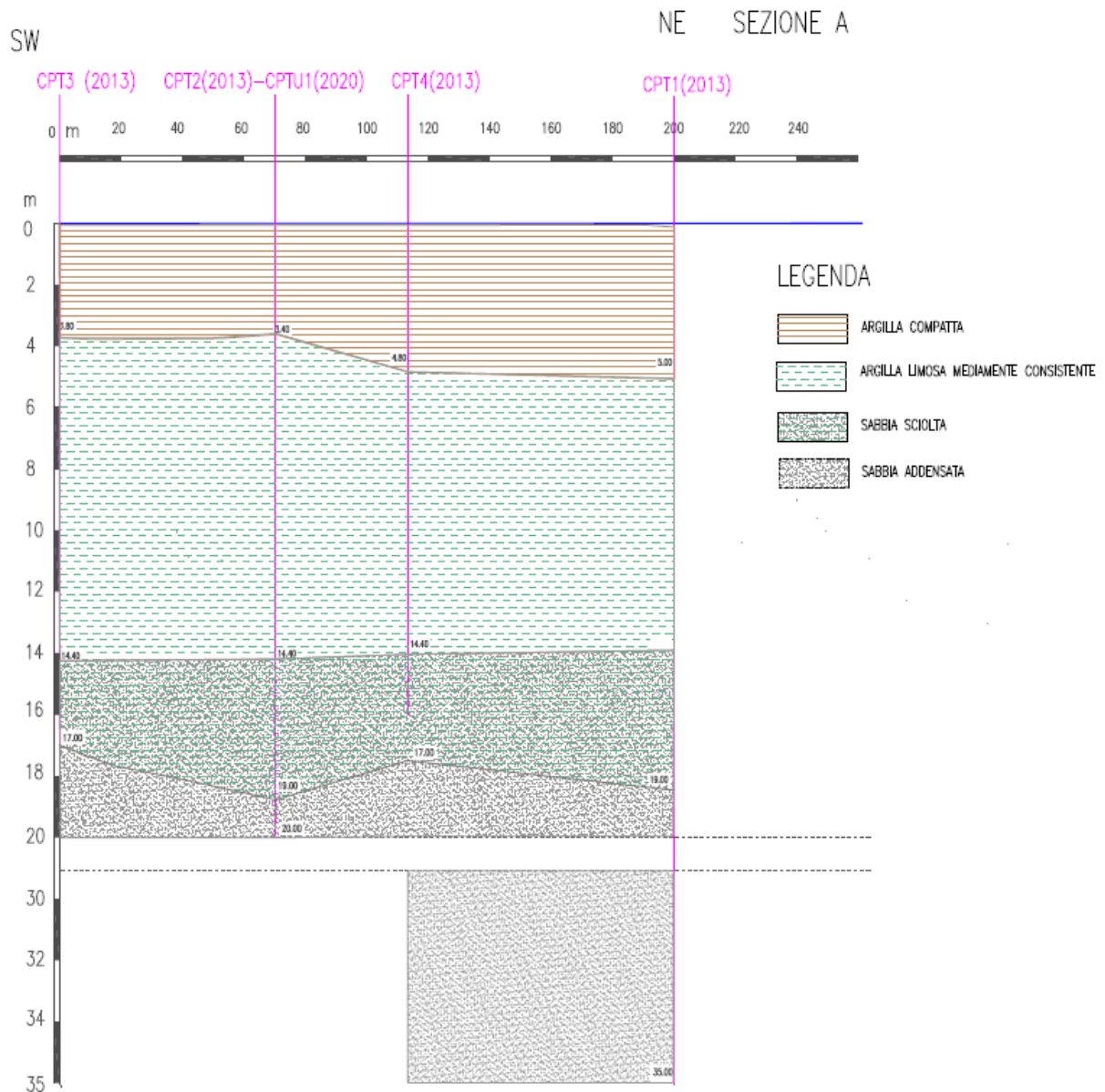
Le sequenze litologiche riscontrate nei 5 punti di prova sono omogenee ed evidenziano



livelli litostratigrafici correlabili tra loro:

- da 0.00 m alla profondità variabile da – 3.40/5.00 m: argille compatte ;
- da – 3.40/5.00 m a – 14.40 m: argille limose mediamente compatte;
- da – 14.40 m a – 16.00/19.00 m: sabbie sciolte ;
- da – 16.00/19.00 m a – 30.0 m: sabbie addensate.

L'analisi litostratigrafica delle 5 prove ha permesso la ricostruzione di una sezione litostratigrafica passante per l'area di intervento come da figura 11.



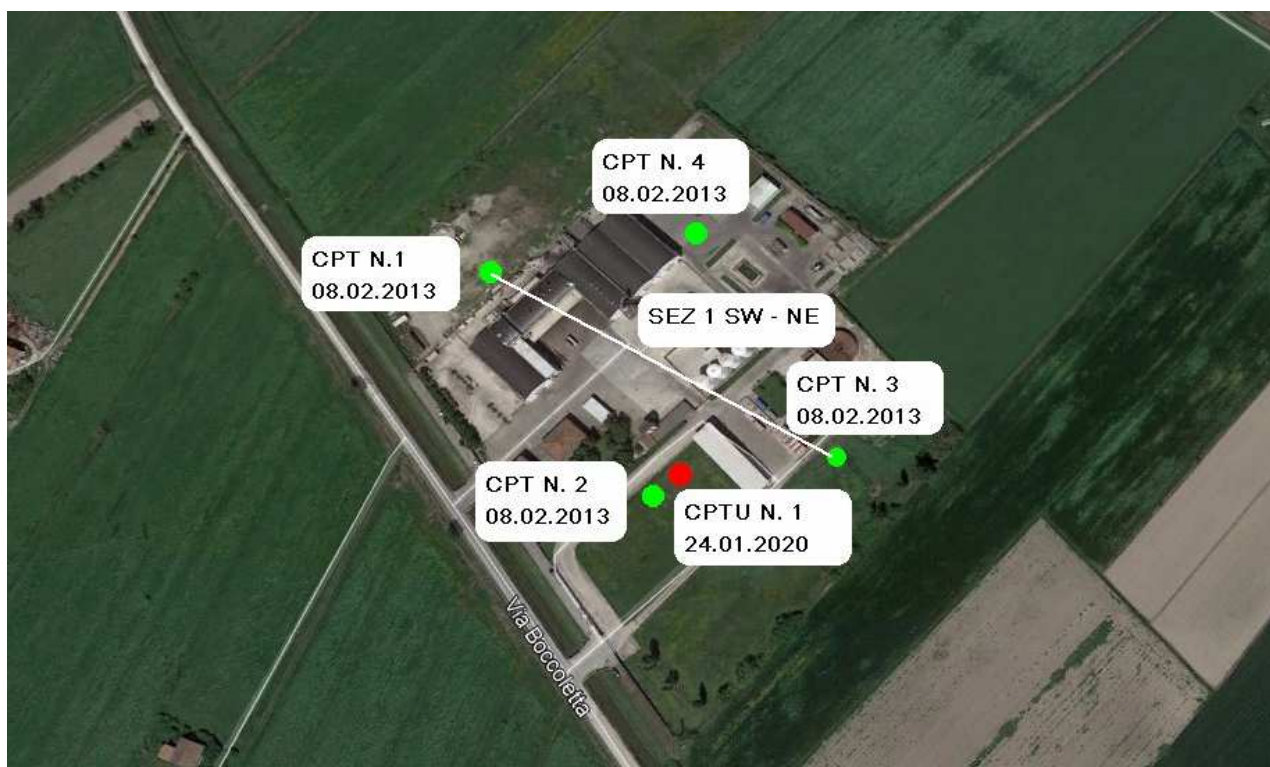


Fig.11. : Sezione stratigrafica del sito riportante la sequenza litostratigrafica

## **7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

### **7.1 Parametri geotecnici caratteristici**

Il cap. 6.2.2. del DM 17 Gennaio 2018 detta: " ...per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito"

Per quanto attiene ai parametri geotecnici caratteristici, le resistenze dei terreni vengono scelte secondo una stima cautelativa del valore medio delle stesse.

Stima cautelativa perché la variabile può essere rappresentata da più parametri ma la trattazione deve necessariamente riguardare tutti i possibili valori della variabile, e non solo il valore atteso (media); deve cioè tener conto di tutta la distribuzione della variabile.

La variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati coesivi** studiati, per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito, è il **parametro geotecnico**

**caratteristico cu**; la variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati sciolti** studiati, per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito, è **il parametro geotecnico caratteristico  $\phi$** .

Il valore caratteristico scelto è pari al 5° percentile della media della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (cu) per gli strati coesivi, è pari invece al 5° percentile della media della distribuzione normale del parametro geotecnico  $\phi$  per gli strati sciolti.

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (cu) è:

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} - \frac{t_{1-\alpha/2}(n-1)}{\sqrt{n}} * \sqrt{S^2(1 + \frac{S^2}{2})}$$

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione normale del parametro geotecnico ( $\phi$ ) è:

$$\mu = t(n-1) \left( \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

I dati immessi nei calcoli sono i valori di cu e di  $\phi$ , derivati dalle correlazioni dei valori di qc e fs ricavati direttamente dalla prova penetrometrica mediante le correlazioni standard (Raccomandazioni AGI 1977-Ricceri et Altri 1974 – Marsal et al. 1974/1979).

COESIONE NON DRENATA Terreni COESIVI $Cu = Rp/\beta$		
CORRELAZIONI STANDARD - Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et altri 1974 - Marsland et al. 1974/1979		
- Argille normalmente consolidate N.C. ( $qc \leq 10 \text{ kg/cm}^2$ )	$\beta = 25$	(valore standard: 20)
- Argille intermedie ( $10 < qc < 30 \text{ kg/cm}^2$ )	$\beta =$ valore interpolato	
- Argille sovra consolidate S.C. ( $qc \geq 30 \text{ kg/cm}^2$ )	$\beta = 40$	(valore standard: 30)

*Fig.12. :Correlazioni per il calcolo di cu dai valori di qc e fs.*

I valori immessi nella formula, utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione relativi ai parametri geotecnici di interesse, sono quelli significativi per i singoli strati indagati.

Lo scopo è fornire un valore di cu e  $\phi$  che caratterizzi lo strato nel suo complesso.

Nei calcoli vengono quindi eliminati, se presenti, i valori di picco di livelli centimetrici non rappresentativi delle caratteristiche litologiche dello strato.

Se si considerano tutti i valori definiti ogni 20 cm dalla prova penetrometrica, senza fare un'analisi ragionata delle proprietà litologiche dello strato, si rischia di ottenere dei parametri geotecnici che falsano le reali caratteristiche dello strato.

I valori di cu e di  $\phi$  caratteristici degli strati della sequenza litologica sono:

**Primo strato da 0.00 m a – 3.40/5.00 m: argille compatte,  $c_{uk} = 60 \text{ kPa}$ ;**

**Secondo strato da – 3.40/5.00 m a – 14.40 m: argille limose mediamente compatte,  $c_{uk} = 45 \text{ kPa}$ ;**

**Terzo strato da – 14.40 m a – 30.00 m: sabbie da sciolte ad addensate,  $\phi_k = 27^\circ \div 31^\circ$ .**

Nella tabella di seguito, si riportano in sintesi i parametri in termini di resistenza in condizioni non drenate e drenate dei terreni indagati, ricavati dall'analisi delle prove penetrometriche, attraverso le formule empiriche della geotecnica classica.

Le caratteristiche geomeccaniche della sequenza stratigrafica riscontrata sono:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'_k$ (kPa)	$\phi'_k$ (°)	$C_{uk}$ (kPa)
0.00 – 3.40/5.00	Argille compatte	17	19	7÷9	13÷15	60
3.40/5.00 – 14.40	Argille limosa mediamente compatte	16	18.50	4÷6	11÷13	45
14.40 – 35.00	Sabbie da sciolte ad addensate	18	20	/	26÷31	/

Si riportano inoltre i parametri geotecnici in termini di deformabilità dedotti da prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno paragonabili a quelli indagati e da dati di bibliografia.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	Coeff.di Poisson (v)	Modulo elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico Ed (kPa)
0.00 – 3.40/5.00	Argille compatte	17	19	0.45	/	7000÷9000
3.40/5.00 – 14.40	Argille limosa mediamente compatte	16	18.50	0.45	/	5000÷7000
14.40 – 35.00	Sabbie da sciolte ad addensate	18	20	0.35	20000÷25000	

## 8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda l'idrogeologia del sottosuolo, la pianura modenese si sviluppa ai piedi della catena appenninica ove affiorano le formazioni argillose del ciclo plio-pleistocentrico, che rappresentano la base delle alluvioni pleistoceniche superiori ed oloceniche costituenti la pianura.

Il passaggio tra la sedimentazione marina e quella continentale affiora al margine appenninico ed è contraddistinta da depositi di transizione quali sabbie e ghiaie, talora cementate, di ambiente litorale e peliti sabbiose e ghiaie di delta. Il ritiro delle acque dall'antico golfo padano è avvenuto con movimenti alterni a causa sia delle glaciazioni, che si sono succedute nel Quaternario, sia di movimenti tettonici, che hanno determinato sollevamenti della catena e subsidenza nella pianura. Questi ultimi (facies continentali) consistono prevalentemente in conoidi pedemontane, formate dall'accumulo dei materiali alluvionali deposti dai corsi d'acqua al loro sfociare in pianura. Tali conoidi risultano incastrate le une alle altre di cui le più antiche sono spesso ridotte a lembi erosi e

tettonizzati, mentre le più recenti conservano la loro originaria morfologia.

Nel sottosuolo della pianura e sul Margine Appenninico Padano sono stati riconosciuti tre Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, informalmente denominati Gruppo Acquifero A, B e C a partire dal piano campagna.

Il Gruppo Acquifero A è attualmente sfruttato in modo intensivo, il Gruppo Acquifero B è sfruttato solo localmente, il Gruppo Acquifero C, isolato rispetto alla superficie per gran parte della sua estensione, è raramente sfruttato.

Di seguito si effettua una caratterizzazione sintetica delle tre Unità Idrogeologiche A, B e C sovrapposte.

La prima, stratigraficamente superiore, è costituita da ghiaie e conglomerati, sabbie e peliti di terrazzo e conoide alluvionale organizzati in strati lenticolari di spessore estremamente variabile, da alcune decine di centimetri a svariati metri, in genere costituiti da un letto di conglomerati eterometrici ed eterogenei, con matrice sabbiosa, talora disorganizzati, talora embriciati, generalmente poco cementati, e da un tetto sabbioso-limoso. La base degli strati è fortemente erosiva. Sono presenti paleosuoli. La potenza dell'unità in affioramento è variabile da qualche metro fino ad alcune decine di metri. Il contatto con le unità idrogeologiche sottostanti B e C e le unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è frequentemente discordante. L'età di questo Gruppo Acquifero A è *Pleistocene medio-Olocene*.

La seconda, Unità Idrogeologica B, è costituita da prevalenti argille limose di pianura alluvionale con talora intercalati livelli discontinui di ghiaie e conglomerati eterometrici ed eterogenei e sabbie; sono anche presenti alcuni paleosuoli. La potenza dell'unità in affioramento è variabile da qualche metro fino ad alcune decine di metri. Il contatto sulle unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è frequentemente discordante. I depositi appartenenti a questa unità risalgono al Pleistocene medio.

L'ultima, l'Unità Idrogeologica C, è formata da depositi di delta-conoide e marino-marginali costituiti da prevalenti sabbie e areniti, generalmente poco cementate o con cementazione disomogenea, ben selezionate con granulometria media e fine, talora grossolana, in genere ben stratificate e con evidente laminazione incrociata. Spesso sono massive e ricche in bioclasti, con frequenti intercalazioni, da sottili a molto spesse, di conglomerati eterogenei ed eterometrici e di peliti. La potenza dell'unità in affioramento raramente è maggiore di cento metri. Il contatto, sulle unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è generalmente netto, di tipo erosivo ed in discordanza angolare. I depositi appartenenti a questa unità risalgono al *Pliocene inferiore - Pleistocene medio*.

A fare da Aquitardo Basale alle sovrastanti unità idrogeologiche c'è un insieme di Unità complessivamente impermeabili che, estendendosi nel sottosuolo della pianura ed affiorando sul Margine Appenninico Padano, costituiscono il limite della circolazione idrica-sotterranea qui presente.

In generale il Coefficiente di Immagazzinamento Specifico ( $S_{sm}$ ) assume valori con variabilità sempre più ridotta passando dal Gruppo Acquifero A al Gruppo Acquifero C in cui tende a stabilizzarsi intorno al valore di  $10^{-6}$  m<sup>-1</sup>; questo trend è in accordo con l'entità della compattazione che cresce dal Gruppo Acquifero A al Gruppo Acquifero C.

Per quanto riguarda il Coefficiente di Conducibilità Idraulica si evidenziano alti valori, che si spingono sino a  $10^{-3}$  m/s per i Conoidi Alluvionali e i Riempimenti di Canali del paleoPo dei Gruppi Acquiferi A e B. I valori della Porosità risultano particolarmente alti nei corpi



sabbiosi dei paleodelta del Fiume Po che, in tutti e tre i Gruppi Acquiferi, esprimono valori compresi fra 32 e 46%.

Non meno importanti sono le aree di ricarica diretta dei serbatoi acquiferi; i suoli esplicano questa funzione di ricarica, e sono anche le zone più esposte e vulnerabili agli inquinamenti. Oltre alla permeabilità, che è dipendente dalla porosità, altri fattori concorrono a regolare una maggiore o minore facilità d'infiltrazione nei suoli: il clima, la vegetazione, l'inclinazione del pendio e le pratiche colturali eseguite.

Le due immagini di seguito riportate sono tratte dal lavoro ENI-AGIP e rappresentano la prima un inquadramento stratigrafico ed idrostratigrafico dell'area studiata, la seconda una sezione sismica passante per Bologna in cui sono stati evidenziati in colore i tre acquiferi descritti prima.

PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE					ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE		
AFFIORANTI		GEPOLTE					GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	UNITÀ DI CA' DI SOLA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE 0.125	A	A1	
								A2	
								A3	
								A4	
QUATERNARIO MARINO	DILUVIUM P.P.	UNITÀ DI CA' DI SOLA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	B	B1	
	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE							B2	
	FORMAZIONE DI QUARTETTO							B3	
	UNITÀ DI VILLA DEL BOCCO							B4	
					~0.65		C	C1	
	MILAZZANO SABBIE (di CASTELVETRO p.p.) SABBIE GIALLE (di IMOLA p.p.)							C2	
	MILAZZANO e CALABRIANO p.p. SABBIE (di CASTELVETRO p.p.) SABBIE GIALLE (di IMOLA p.p.)							C3	
	CALABRIANO p.p. SABBIE (di IMOLA) p.p. FORMAZIONE (di TERRA DEL SOLE) p.p.							C4	
P <sub>2</sub>	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE (di CASTELL'ARQUATO) p.p.				~1.0	PLEISTOCENE INFERIORE 1.72		C5	
					~2.2	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE 3.55			
	FORMAZIONE (di CASTELL'ARQUATO) p.p.				~3.3-3.6	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE ~3.9			
							ACQUITARIO BASALE		

Fig. 13. : Inquadramento geologico-stratigrafico e idrostratigrafico dell'area di studio.



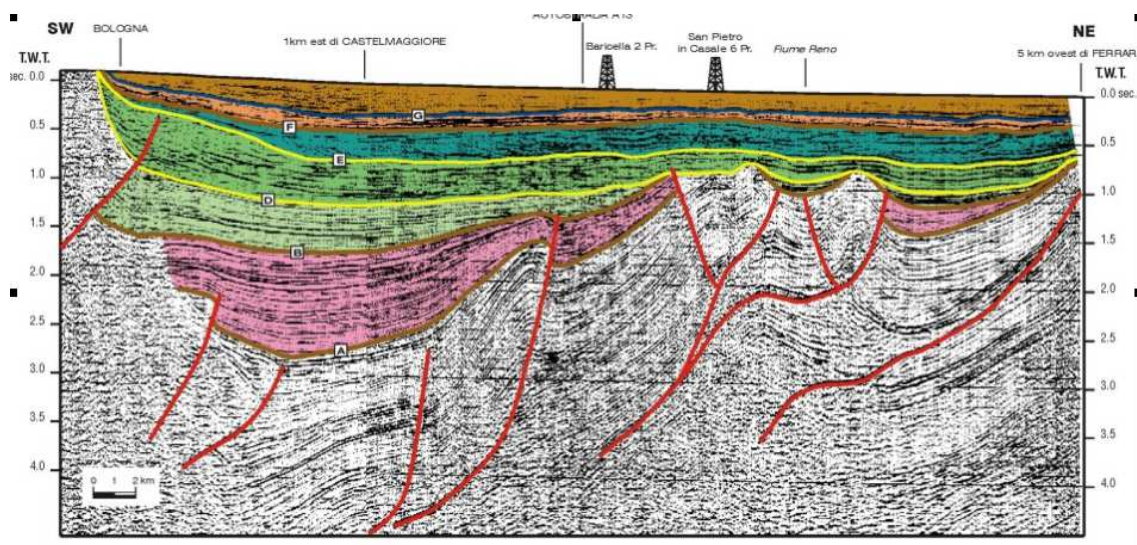


Fig. 14. : profilo sismico interpretato (cortesia Agip).

L'assetto idrogeologico dell'area è schematizzato nella sezione geologica riportata in figura 15, tratta dal volume "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna".

La sezione mostra la presenza sulla verticale dei tre gruppi acquiferi sopracitati.

Ciascun gruppo acquifero a sua volta viene suddiviso in diversi complessi acquiferi e acquitardi, secondo un modello di suddivisione gerarchico per ranghi via via più piccoli sulla base della dimensione e dell'estensione areale dei corpi idrogeologici che li compongono.

Sulla base di alcune loro caratteristiche geometriche, gli acquiferi nel sottosuolo si distinguono in:

**acquifero monostrato:** si sviluppa nella zona a ridosso dell'Appennino dove troviamo un unico acquifero costituito da ghiaie che dalla superficie continuano nel sottosuolo per decine e decine di metri senza soluzione di continuità; tale zona corrisponde anche alla zona di ricarica degli acquiferi;

**acquifero multistrato:** si sviluppa più a nord del precedente dove i corpi di ghiaie e sabbie si separano gli uni dagli altri per la presenza di intercalazioni di terreni più fini (limi e argille) e costituiscono quindi diversi acquiferi verticalmente sovrapposti (è il caso dell'area di interesse).

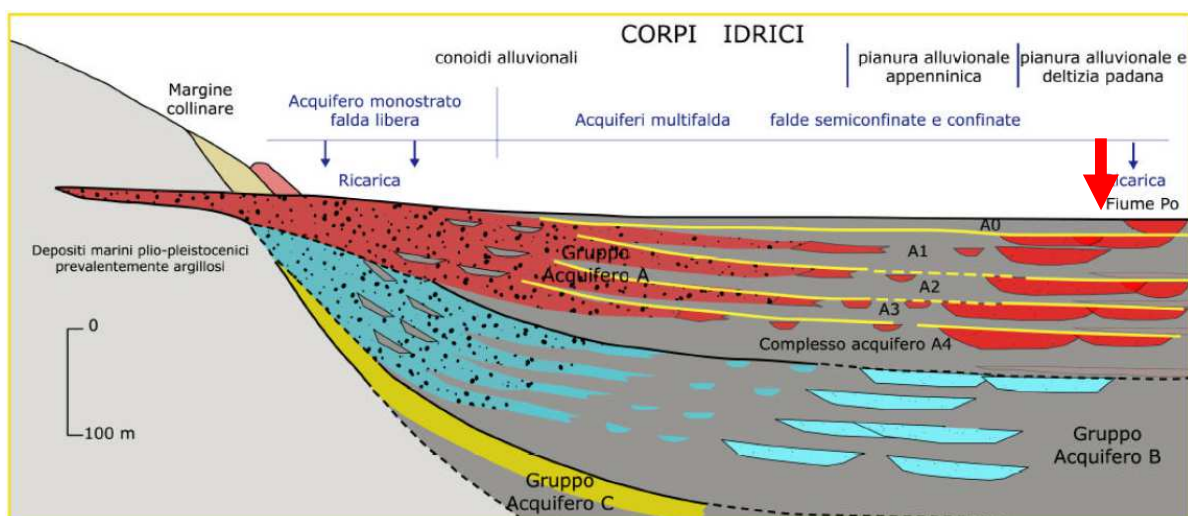


Fig. 15. : distribuzione schematica dei corpi idrici e delle unità idrostratigrafiche nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola (la freccia indica la situazione in Comune di Concordia ).

Dove l'acquifero è monostrato, esso è un acquifero freatico (o libero), cioè la falda può oscillare liberamente all'interno del deposito permeabile in cui è contenuta e la porzione più alta di questo deposito è insatura (asciutta). Diversamente i singoli acquiferi che costituiscono l'acquifero multistrato, come presso le aree in esame, sono acquiferi in pressione (o confinati), in questo caso l'acqua, all'interno dei depositi permeabili, è confinata superiormente dalla presenza di depositi impermeabili o poco permeabili (gli acquitardi). L'acquifero è sempre completamente riempito d'acqua sotto pressione e, se perforato, all'interno del foro l'acqua salirà ad una quota più alta del limite superiore dei depositi che la contengono.

Più in dettaglio il Comune di Concordia sulla Secchia ricadendo a nord della fascia dei bacini idrici sotterranei compresi all'interno delle conoidi alluvionali che si dividono in:

- Conoide del fiume Secchia ;
- Conoide del fiume Panaro ;
- Conoidi di fiumi minori .

L'acquifero principale, in termini di qualità e quantità di risorsa idrica fruibile, è costituito dalle acque contenute nei livelli ghiaiosi dei corpi alluvionali (conoidi dei Fiumi Secchia e Panaro); di minore importanza sono gli acquiferi costituiti dalle acque presenti nei livelli sabbiosi delle conoidi dei fiumi minori e della piana alluvionale della medio-bassa pianura modenese (**dove si trova il Comune di Concordia sulla Secchia**). In particolare il sito di studio si trova nella piana alluvionale deltizia.



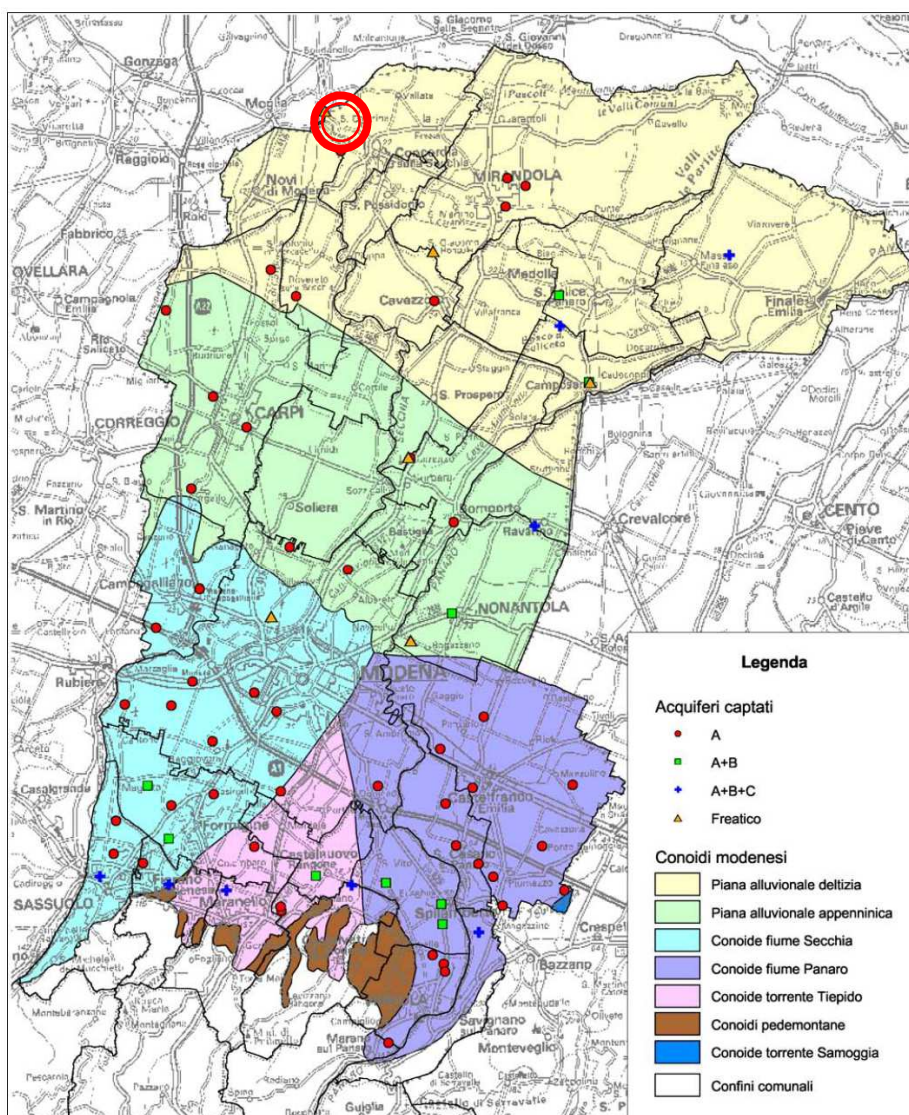


Fig. 16. : Unità idrogeologiche del territorio della pianura modenese.

Nelle zone apicali delle conoidi alluvionali, a ridosso del margine appenninico, l'acquifero cosiddetto "principale" presenta falde di tipo freatico monostrato. Queste divengono poi di tipo confinato o artesiano man mano che si procede verso nord. Nella fascia della media pianura modenese e ancora di più in quella della bassa pianura modenese, in corrispondenza delle zone di interesse, le falde sono molto profonde e sempre in pressione, con valori di soggiacenza prossimi al piano di campagna. In superficie è frequente riscontrare livelli acquiferi sospesi, di natura freatica, completamente separati dall'acquifero principale e dotati di acque scadenti.

Nella Bassa Pianura Modenese, quindi, in generale si ha una serie di falde sovrapposte, tutte e quasi ovunque in pressione, la cui alimentazione è peraltro complessa.

L'elemento caratterizzante dell'idrogeologia del settore è rappresentato dalla "Dorsale Ferrarese" che è, come noto, una struttura anticlinale del substrato marino sottostante la copertura alluvionale Olocenica, che in certi punti si innalza a meno di 80 metri dalla

superficie topografica. Essa è intersecata da un complesso reticolato di faglie che hanno interessato, probabilmente, anche la coltre alluvionale, condizionando indubbiamente la struttura degli acquiferi ed, in certe zone, il chimismo stesso delle acque (Gasperi e Pellegrini, 1969).

A sud della "Dorsale Ferrarese" si riscontrano i depositi alluvionali dei fiumi appenninici, prevalentemente a granulometria medio fine e quindi sede di profondi acquiferi, sempre in pressione, con valori di soggiacenza prossimi al piano campagna. In superficie (entro i primi 10 metri) è frequente riscontrare livelli acquiferi sospesi, di tipo freatico, a volte separati dall'acquifero principale e dotati di acque scadenti.

Nel settore nord, dove si trovano le aree di interesse, si rinvengono le alluvioni sabbiose grossolane del fiume Po, connesse con il suo progressivo spostamento verso il percorso attuale; sono in genere banchi allungati in direzione est – ovest. Il deflusso generale delle acque sotterranee segue all'incirca questa direttrice. Queste bancate sono in genere ricoperte da alluvioni limo-argillose dallo spessore variabile.

Nelle zone del comprensorio, ove si riscontrano le culminazioni della Dorsale Ferrarese, si vengono a creare interferenze tra le acque dolci e quelle salate ad alto contenuto alogenico di facies marina. Queste ultime, attraverso orizzonti più permeabili o tramite le fratture stesse della dorsale, risalgono permeando anche gli acquiferi più superficiali. Si sono osservate miscele di queste acque di fondo con quelle della falda superficiale anche durante prolungati emungimenti dai pozzi.

I meccanismi di ricarica dei principali acquiferi del territorio della pianura modenese sono di seguito indicati:

- 1) Infiltrazione di acque meteoriche nelle zone collinari e pedecollinari in corrispondenza degli affioramenti impermeabili;
- 2) Infiltrazioni di acque dai corsi superficiali e dai subalvei;
- 3) Interscambi tra differenti livelli di acquiferi tra loro separati da strati semi-impermeabili (fenomeni di drenanza).

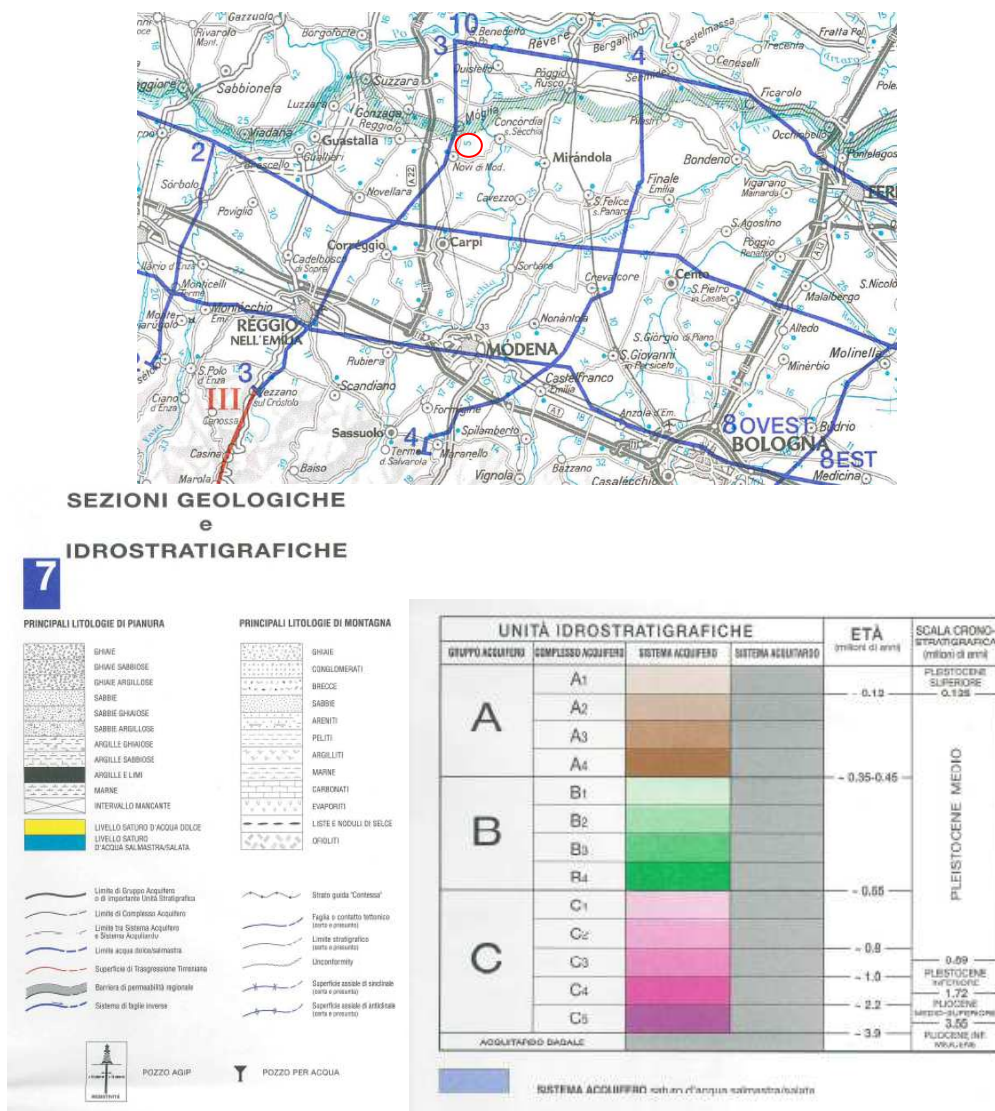
L'apporto alle falde idriche sotterranee da parte delle acque meteoriche va considerato in termini di piogge efficaci. Queste corrispondono alla quantità di pioggia realmente in grado di infiltrarsi nel sottosuolo e di raggiungere le falde. Alla quantità totale di pioggia devono essere dunque sottratte sia l'aliquota dell'evapotraspirazione reale sia l'aliquota di quella di ruscellamento, ovvero dell'acqua che scorre in superficie alimentando la rete idrografica superficiale. Ne consegue che, a parità di precipitazioni e di condizioni di esposizione solare, le piogge efficaci risultano minori in corrispondenza di suoli impermeabili a litologia argillosa oppure nelle aree intensamente urbanizzate piuttosto che in aree con litologia superficiale ghiaioso-sabbiosa.

In particolare per gli acquiferi di interesse gli apporti sono in gran parte dovuti al fiume Po, con il quale sono in diretta comunicazione. Trascurabili sono le infiltrazioni superficiali, che raggiungono un'efficacia del 25% solamente in corrispondenza dei "dossi sabbiosi" (Pellegrini e Zavatti, 1980).

## 8.1 Idrogeologia locale

Il Comune di Concordia sulla Secchia si inserisce nel contesto sopra descritto. I lineamenti della struttura del sottosuolo sono definiti **dalla sezione geologica n. 3**,

realizzata per il Progetto Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna (1998).





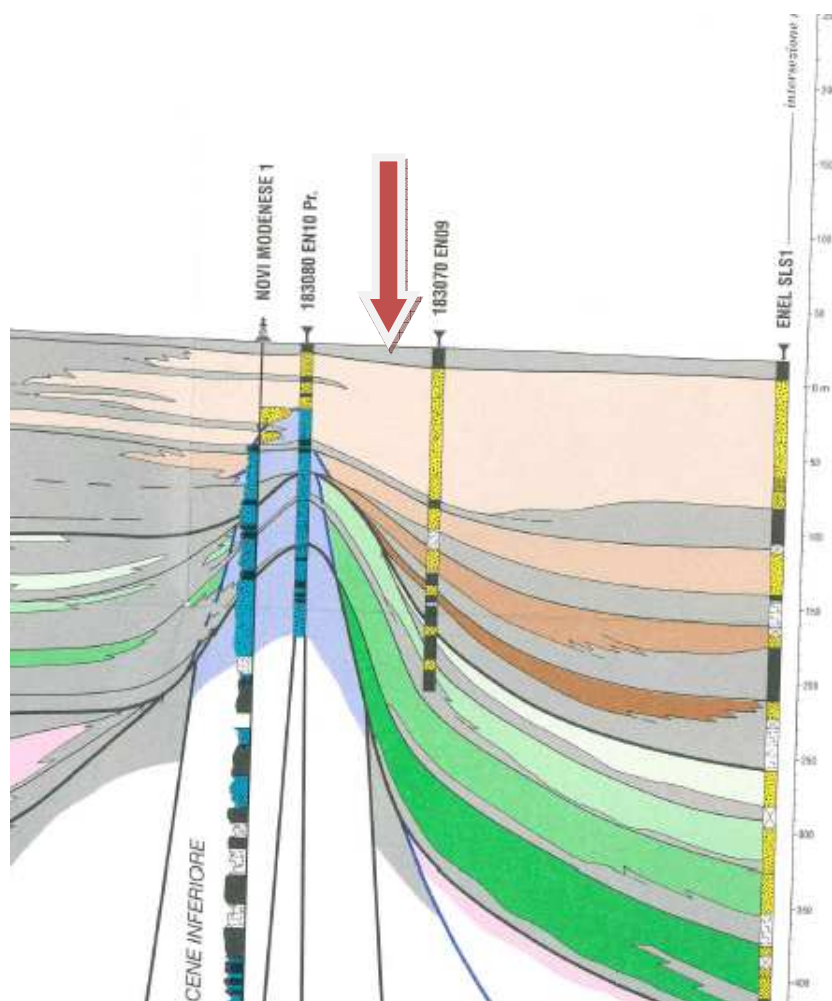


Fig.17. : Sezione geologica n. 3 con evidenziata l'area di ubicazione dell'intervento con la freccia

Dall'analisi della sezione di fig. 17 a livello locale si individua il primo potente acquifero del GRUPPO A1 di natura sabbiosa, alla profondità di 15.00 metri dello spessore di circa 55 metri nel punto di indagine.

Gli acquiferi evidenziati fanno parte del Complesso Acquifero A e sono sede della prima falda sotterranea produttiva confinata al tetto da litologie argillose impermeabili, con valori di soggiacenza prossimi al piano campagna in quanto in pressione.

Nei sedimenti più superficiali di natura argillosa e limo-argillosa sono presenti livelli limosi nei quali si ha una circolazione idrica lenta e poco significativa causa della bassa permeabilità dei depositi ospitanti (complesso Acquifero denominato A0) .

Tale orizzonte freatico assume caratteristiche di acquitardo e non di acquifero ed è prevalentemente alimentato dalle infiltrazioni meteoriche dalla superficie che risultano massime nelle zone agricole e minime nelle aree urbanizzate dove sono presenti coperture impermeabili.



## 8.2 Vulnerabilità idrogeologica

La vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento viene definita (da Civita 1987) come la suscettività specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche e idrodinamiche a ricevere e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea nello spazio e nel tempo.

La vulnerabilità intrinseca di un corpo idrico sotterraneo è funzione di diversi parametri, tra i quali prevalgono la litologia superficiale, la struttura del sistema idrogeologico, la natura del suolo e la geometria della copertura, il processo di ricarica e di deflusso del corpo idrico sotterraneo.

La carta di vulnerabilità dell'acquifero principale, redatta dalla Provincia di Modena nell'ambito del PTCP, di cui si allega uno stralcio che interessa l'area in oggetto, sono state ottenute mediante l'incrocio di quattro fattori:

- litologia del terreno e di conseguenza permeabilità del substrato;
- profondità del tetto delle ghiaie ;
- tipo di acquifero (libero o confinato);
- capacità di attenuazione del suolo;

L'ultimo parametro è di nuova introduzione e consente, pur non apportando sconvolgimenti rilevanti rispetto alle più vecchie carte elaborate, di meglio dettagliare le diverse situazioni, in particolare quelle delle classi estreme (basso ed elevato) operando con maggiori garanzie l'attribuzione delle classi di vulnerabilità.

**L'area oggetto di studio viene classificata, come area a vulnerabilità bassa.**

Il Comune di Mirandola e il sito d'interesse, facendo parte della piana alluvionale, non rientra nelle zone soggette a tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei definite nel PTCP (zone A e B) che si identificano nella fascia di territorio che si estende lungo il margine pedecollinare e ricomprende parte dell'alta pianura. Zona di ricarica e alimentazione dei corpi acquiferi caratterizzate da elevata permeabilità dei terreni. Il Comune di Mirandola fa parte della zona D che si estende dal limite della zona C (zone in cui sono collocati i campi pozzi per uso acquedottistico) fino al confine provinciale Nord.

* GRADO DI VULNERABILITA'						LITOLOGIA SUPERFICIE	PROFONDITA' TETTO GHIAIE E SABBIE	CARATTERISTICHE ACQUIFERO	CAPACITA' ATTENUAZIONE SUOLO
EE	E	A	M	B	BB				
						* Zona di MEDIA PIANURA: Area caratterizzata da assenza di acquiferi significativi, nella quale sono presenti livelli di ghiaia solamente al di sotto dei 100 m di profondità* e di sabbia al di sotto dei 25 m di profondità*			
						(**) Paleovalle recenti e depositi di rotta, sede di acquiferi sospesi.			
						limo	> 100	libero	AM
						sabbia	> 100	libero	AM
						limo	> 100	libero	B
						sabbia	> 100	libero	B
						argilla	> 10	libero/confinato	AM
						limo	> 10	libero/confinato	A
						argilla e/o limo	< 10	confinato	A
						argilla	> 10	libero/confinato	B
						argilla e/o limo	< 10	libero	AM
						limo	> 10	libero/confinato	MB
						argilla e/o limo	< 10	confinato	MB
						sabbia e/o ghiaia	> 10	confinato	A
						argilla e/o limo	< 10	libero	B
						argilla e/o ghiaia	> 10	libero	AM
						sabbia e/o ghiaia	> 10	confinato	MB
						sabbia e/o ghiaia	< 10	confinato	AM
						sabbia e/o ghiaia	< 10	libero	AM
						sabbia e/o ghiaia	< 10	confinato	B
						sabbia e/o ghiaia	> 10	libero	B
						sabbia e/o ghiaia	< 10	libero	B
						Alvei fluviali dispersanti			

\* EE = Estremamente Elevato E = Elevato A = Alto M = Medio B = Basso BB = Molto Basso

Per le zone di "MEDIA-ALTA PIANURA" si prende in considerazione il tetto delle ghiaie.  
Per la zona di "BASSA PIANURA" si prende in considerazione il tetto delle sabbie.

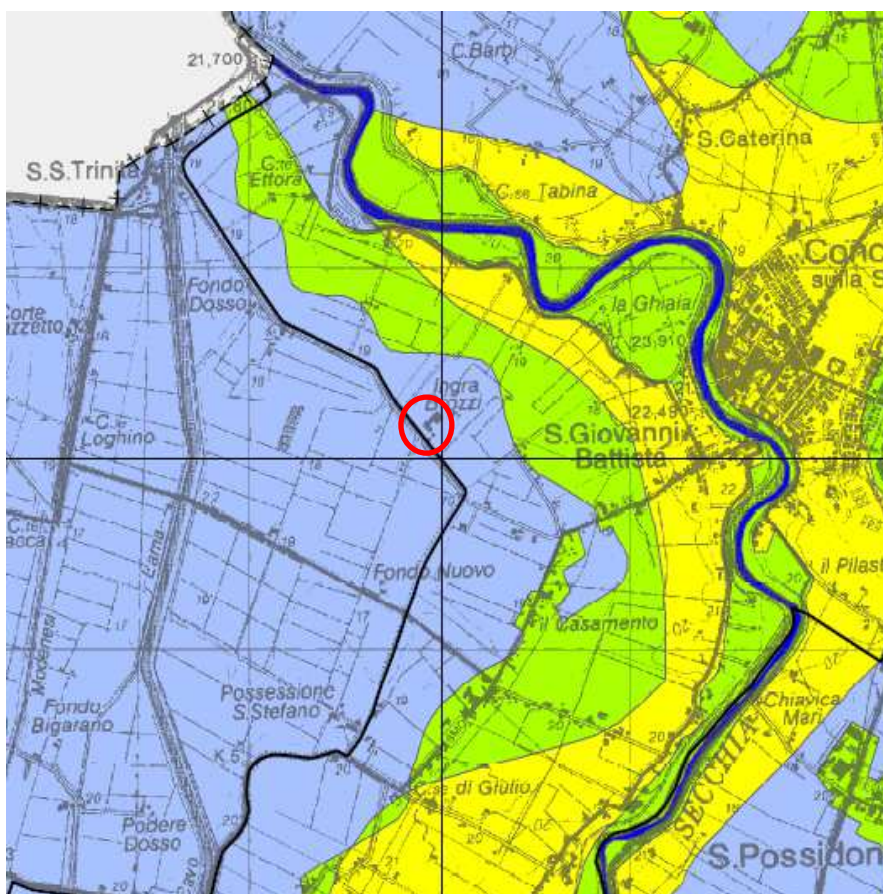


Fig.18. : Estratto della tav. 3.1.1 PTCP 2009 "Rischio inquinamento acque: vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale"

A livello locale, nel sito di studio le prime sabbie, sede dell'acquifero locale si trovano alla profondità di – 14.40 metri.

Dalla superficie, fino alla profondità di – 14.40 metri si sono riscontrati terreni argillo-limosi impermeabili o a bassissima permeabilità.

La frangia freatica superficiale si differenzia nettamente dall'acquifero di sfruttamento in quanto trattasi di un livello idrico sospeso con circolazione molto limitata a causa della bassa permeabilità dei depositi argillosi e limosi dove si muove.

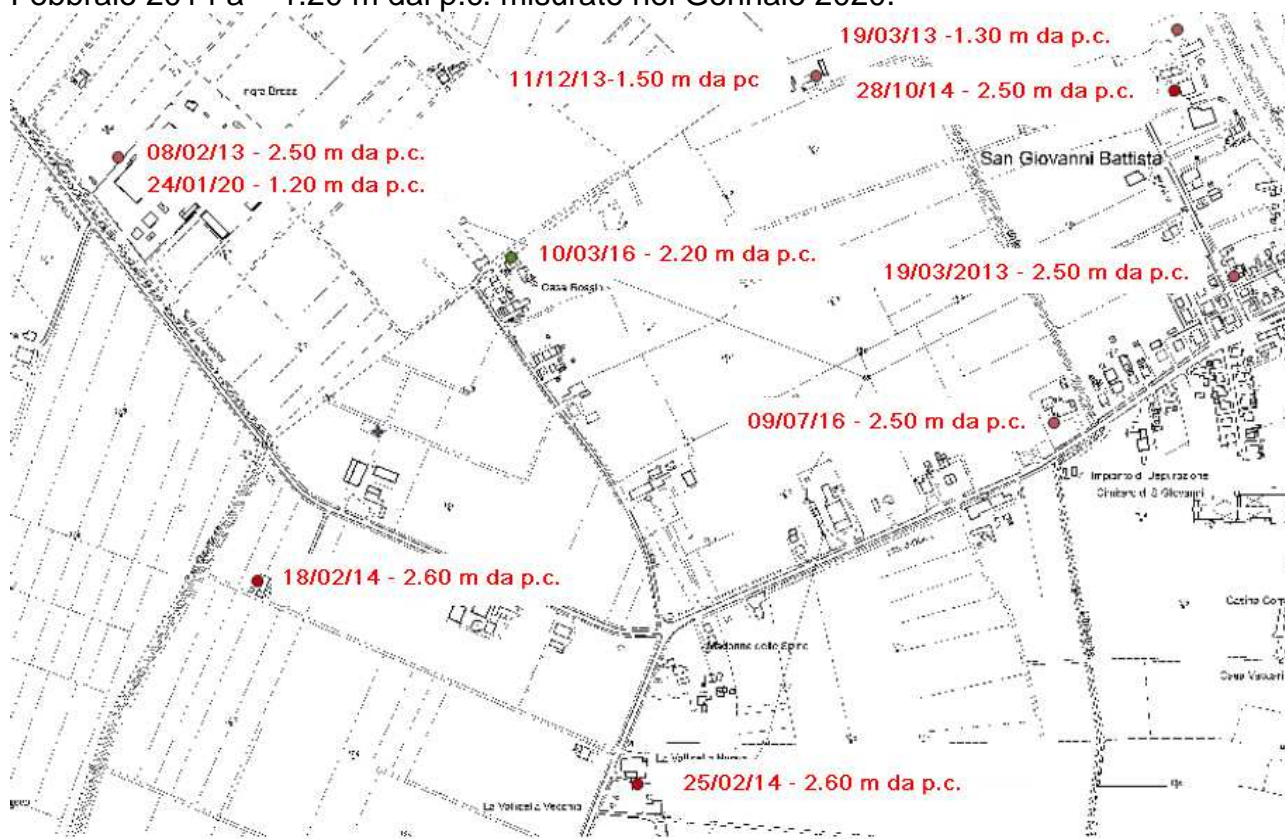
L'alimentazione del freatico è legata prevalentemente alle infiltrazioni meteoriche dalla superficie.

### 8.3 Rilievo piezometrico e soggiacenza della falda

Il Comune di Concordia sulla Secchia si ubica in una zona con superficie piezometrica assai livellata, con variazioni stagionali che oscillano da – 5.00 metri a – 1.00 metro da p.c., mentre la direzione di flusso della falda sarebbe orientata da SSO verso NNE, in analogia con l'andamento topografico generale della pianura padana.

**La soggiacenza della frangia freatica, misurata nei fori di prova nel Febbraio 2013 e nel Gennaio 2020 si posiziona alla quota variabile da – 2.50 m a – 1.20 m dal piano prove.**

Si è eseguito inoltre, un rilievo del livello freatico misurato nel foro di diverse prove penetrometriche eseguite in zone limitrofe al punto di interesse e in diversi periodi dell'anno, che mostra una oscillazione stagionale del freatico da – 2.60 metri misurato nel Febbraio 2014 a – 1.20 m dal p.c. misurato nel Gennaio 2020.



**Fig.19. : Rilievo del livello di soggiacenza del freatico misurato in diverse prove penetrometriche di bibliografia realizzate in punti adiacenti al sito di interesse.**

**Considerate le caratteristiche litologiche e lo spessore del substrato argilloso, considerato il livello piezometrico, considerato che non verranno realizzati vani interrati, si ritiene che non sussistano rischi ambientali d'inquinamento delle falde sotterranee.**

## **9. SISMICITA' DEL TERRITORIO**

### **9.1 Inquadramento sismotettonico**

La zona di Concordia sulla Secchia e l'ubicazione dell'area di studio ricade all'interno delle Pieghe Ferraresi. L'arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole è un complesso di strutture



che può essere suddiviso in tre gruppi minori: le Pieghe Ferraresi, che sono quelle più esterne; le pieghe Romagnole, collocate verso l'interno della catena; ed infine le Pieghe Adriatiche, situate tra le Pieghe Romagnole e la monoclinale Adriatica. L'arco Emiliano è collocato più ad ovest.

Questo settore del bacino del Po è riempito da una spessa coltre di sedimenti clastici sintettonici, di età prevalentemente pliocenica e pleistocenica. Sebbene la fase principale di compressione sia iniziata nel Messiniano, i primi sedimenti clastici si sono depositi nell'Oligocene superiore con una provenienza principale dalle Alpi meridionali. La fase pliocenica viene dominata da sedimenti di tipo *flyschoidi*, in contrasto con i sedimenti di *molassa* che hanno caratterizzato la fase successiva nella quale divenne dominante l'*input* di materiale erosivo proveniente dallo smantellamento della catena Appenninica (Zoetemeijer, 1993).

Il basamento della Pianura Padano-Veneta è costituito da sedimenti carbonatici di età mesozoica e terziaria inferiore. Sul basamento si sono poi deposte le successioni clastiche eoceniche, oligoceniche e mioceniche. Queste costituiscono il grande ciclo deposizionale inferiore che si conclude con le evaporati messiniane regressive. Successivamente, il bacino venne colmato dai cicli sedimentari superiori pliocenico e pleistocenico, che sono iniziati con le facies salmastre messiniane (Dondi & D'Andrea, 1986). Lo schema dei rapporti stratigrafici delle unità neogeniche-quadernarie, del margine e della pianura, è descritto nella figura di seguito.

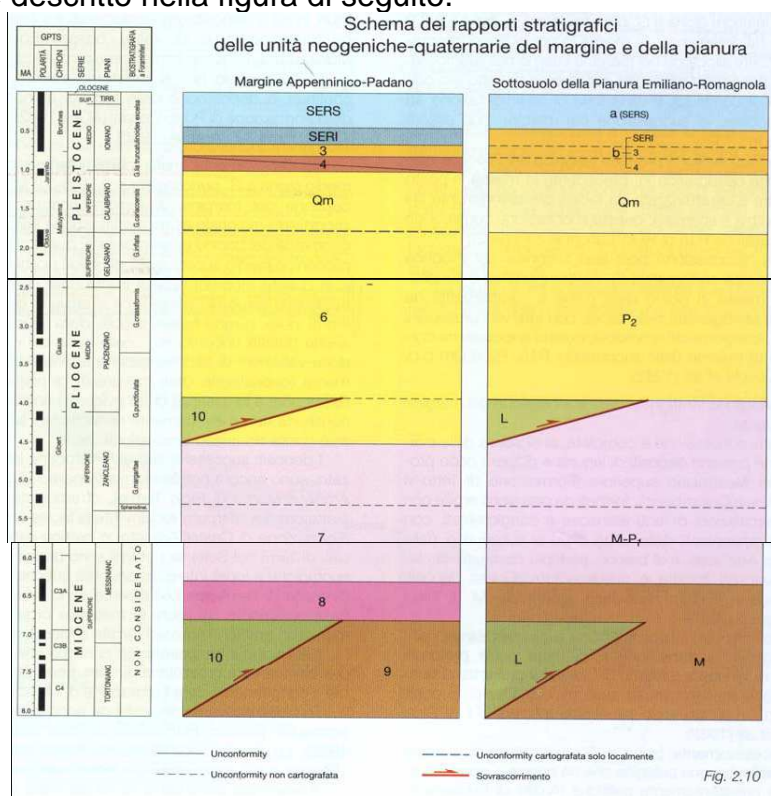


Fig.20. : Schema dei rapporti stratigrafici delle unità neogeniche e quadernarie (Boccaletti et al., 2004). Legenda: M-P1 =Messiniano sup. - Pliocene inf.; P2 = Pliocene medio – sup.; Qm = Pleistocene inf.; b=Pleistocene medio; a = Pleistocene medio – Olocene.



I primi sedimenti clastici deposti nel margine appenninico, nell'Oligocene superiore, sono prevalentemente peliti riferibili al Gruppo Marne del Gallare, considerate come una variazione in senso distale di sedimenti torbiditici. Nel Miocene inferiore e medio si sono deposte prevalentemente sabbie marine e costiere (Aquitaniense), depositi fini e torbide di piana bacinale (Langhiano), e sedimenti sabbioso-pelitici (Serravalliano-Tortoniano), come quelli che costituiscono la formazione della Marnoso-Arenacea. Questo primo ciclo sedimentario si conclude con il messiniano pre-evaporitico ed evaporitico. La riduzione degli apporti di acqua marina nella Pianura Padana provocò un sensibile aumento delle aree emerse e una riduzione del bacino. Tutto questo si associa all'inizio di una fase tettonica regionale di notevole intensità. In questa fase buona parte del Bacino Padano è ricoperto, verso i margini, da argille e marne di ambiente marino ristretto, mentre solo in alcune porzioni del bacino si depositarono sedimenti evaporitici (Dondi & D'Andrea, 1986). Il ciclo inferiore termina, in Pianura Padana, per la sovrapposizione di due eventi di importanza regionale: 1) l'avvicinamento fra la placca africana e quella europea, che ridusse man mano l'ampiezza del bacino; 2) il progressivo essiccamento del Mediterraneo e la conseguente regressione, con l'inizio della deposizione evaporitica che andò a sostituire quella di mare aperto.

Dopo le successioni messiniane di ambiente marino ristretto, inizia un nuovo ciclo di sedimenti prevalentemente clastici (Dondi & D'Andrea, 1986; Dondi et al., 1982). Questi depositi sono concordanti con quelli precedenti nelle aree centrali del bacino, mentre poggiano in onlap verso i bordi del bacino stesso, a causa della rapida trasgressione pliocenica.

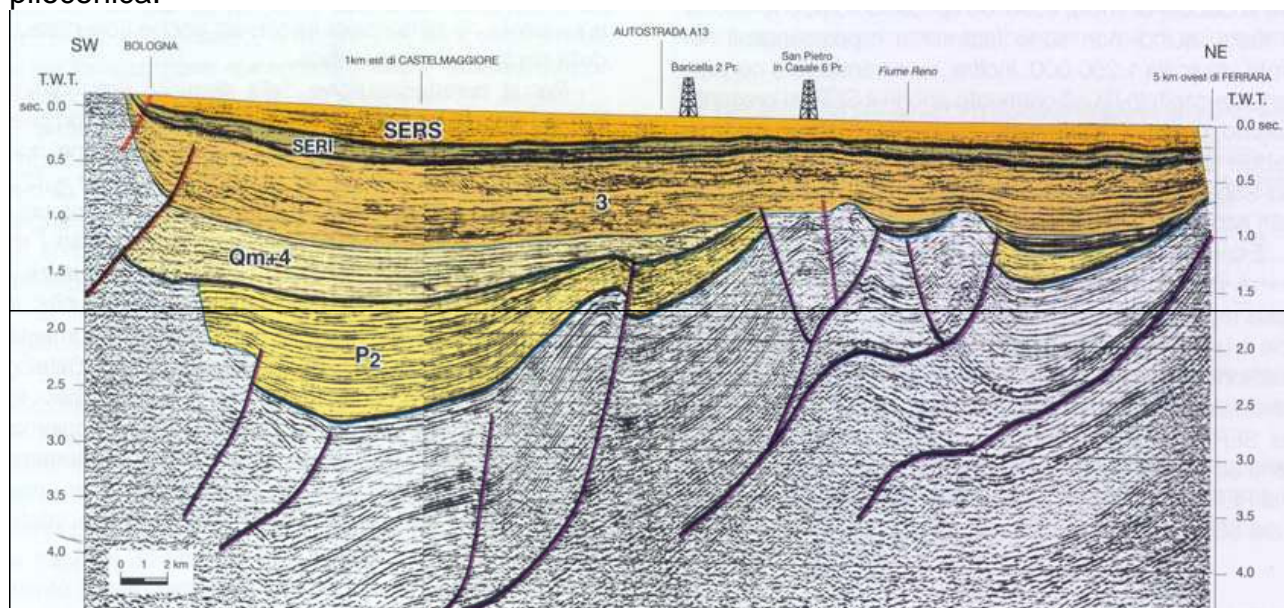


Fig.21. : Profilo sismico passante 5 km ad ovest di Ferrara. Risultano ben visibili le unconformity e le deformazioni che caratterizzano i sedimenti pliocenici. Sono invece scarse le deformazioni nei sedimenti Quaternari (Boccaletti et al., 2004).

La ripresa della sedimentazione nel Pliocene si svolse principalmente presso il margine settentrionale dell'Appennino, in una stretta fascia che va dal Piemonte meridionale fino alle Marche. Nel Messiniano post-evaporitico si depositarono facies di tipo lagunare salmastro, come quelle della Formazione di Fusignano. Questo corpo sedimentario corrisponde al ciclo miocenico sommatale M di Ricci Lucchi et al. (1982). Nel Pliocene inferiore, l'ingressione marina ricoprì le aree precedentemente emerse, estendendosi fino alle zone più interne dell'Appennino. In questa fase si deposero sedimenti di tipo torbiditico, denominati da Ricci Lucchi et al. (1982) come ciclo P1 (Formazione Porto Corsini), e iniziò la deposizione di argille con intercalazioni sabbiose ed arenacee, che bordano le zone occupate dalle torbiditi. Sempre nel Pliocene inferiore si assistette all'emersione di alcune aree, coincidenti con la parte più esterna delle pieghe appenniniche sepolte e con la Dorsale Ferrarese, caratterizzate da intensa attività tettonica. Nel Pliocene medio-superiore (P2, Ricci Lucchi et al., 1982) si estesero le aree emerse, per questo motivo in alcune zone manca la sedimentazione, come ad esempio lungo tutta la grande dorsale di Ferrara (compresa la zona di Cavone). In questi settori in sollevamento si rinvenivano successioni lacunose per mancanza del Pliocene medio o superiore, che testimoniano intense fasi tettoniche e una generale regressione.

Inoltre, queste aree, soggette ad intensa erosione sui culmini delle pieghe più marcate, sono evidenziate anche da blande discordanze angolari fra i *marker* sismici. Le zone di fossa, invece, sono ancora occupate da depositi torbiditici (come la Formazione Porto Garibaldi). Riassumendo, le formazioni plioceniche sono costituite da torbiditi nella parte centrale del bacino (Formazione Porto Corsini e Formazione Porto Garibaldi), mentre le zone marginali di scarpata e di piattaforma sono occupate da sedimenti pelitici costieri (es. Formazione Argille del Santerno e Formazione Sabbie di Cortemaggiore). Infine, con il Pleistocene si instaura un nuovo ciclo sedimentario (Qm, Ricci Lucchi et al., 1982), che porta al colmamento del Bacino Padano in un regime di subsidenza generalizzata. Gran parte delle aree precedentemente emerse vengono ricoperte dal mare ed inizia una sedimentazione nettamente sabbiosa (Sabbie di Asti). Convenzionalmente la base di questo ciclo viene posta in corrispondenza della scomparsa dell'ultimo banco di argilla consistente. La sedimentazione grossolana prosegue poi, ininterrottamente, fino all'Attuale. In essa, però, si passa da facies torbiditiche di bacino a facies di scarpata, poi costiere ed infine alluvionali, pur rimanendo in termini sabbiosi. Successivamente, la sedimentazione diviene esclusivamente continentale, e prosegue con i depositi fluvio-lacustri delle Alluvioni Padane (Qc, Ricci Lucchi et al., 1982). I sedimenti sabbiosi, limosi ed argillosi, che riempiono la parte più superficiale del bacino, sono stati depositi dal fiume Po e dagli altri fiumi tributari che provengono dalla catena Appenninica (Dondi et al., 1982; Pieri, 1984; Dondi & D'Andrea, 1986; Ori, 1993; Vittori & Ventura, 1995; Amorosi et al., 1999). Nel Pleistocene medio, quindi, la prosecuzione del sollevamento comporta il definitivo instaurarsi della deposizione continentale e inizia a sedimentarsi il Supersistema Emiliano Romagnolo (Boccaletti et al., 2004), corrispondente al ciclo Qc di Ricci Lucchi et al. (1982). Questo Supersistema è articolato in due Sistemi: il Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (SERI), compreso tra 0,65-0,45 Ma, e il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS), compreso tra 0,45 Ma e il presente. Si tratta essenzialmente di depositi alluvionali. Le porzioni affioranti del SERI sono prevalentemente costituite da argille limose di piana alluvionale con intercalazioni di

sabbie di canale e ghiaie di conoide alluvionale; gli affioramenti del SERS sono invece costituiti da prevalenti ghiaie e sabbie di terrazzo e conoide alluvionale (Boccaletti et al., 2004).

Tutti i cicli trasgressivo-regressivi, che costituiscono le diverse sequenze deposizionali, non sono altro che la risposta sedimentaria a fenomeni di subsidenza più o meno intensa, fasi tettoniche e fluttuazioni del livello del mare. Le fasi di regressione possono essere ricondotte al sollevamento tettonico o alla caduta del livello del mare oppure ad una combinazione di questi due. Sono caratterizzate, sulle sezioni sismiche, dalla progradazione della zona di transizione scarpata sottomarina-piana bacinale (TSB), dalla formazione di discontinuità erosive e dallo sviluppo di prismi sedimentari progradanti. Viceversa, le fasi trasgressive sono favorite da un regime di subsidenza generalizzata e dall'ingressione marina, e sono contraddistinte da riflettori in *onlap* sulle superfici di discontinuità formatesi in precedenza (Regione Emilia Romagna, Eni-Agip, 1998). I sedimenti depositi in concomitanza all'attività tettonica risultano fortemente controllati da questa. Contrariamente ai depositi del Neogene, quelli del Quaternario, soprattutto del Pleistocene medio-superiore rappresentano degli accumuli disposti in amplissime ondulazioni, con geometrie lenticolari che indicano il colmamento delle depressioni residue dei bacini pliocenici precedenti.

## 9.2 Evidenze di attività recente

Il complesso delle Pieghe Ferraresi è costituito da alcune delle strutture più complesse della pianura del fiume Po. Questo si estende lungo un arco delimitato esternamente da faglie inverse e sovrascorrimenti, che lo separano dalla monoclinale pedealpina. Verso sud, l'arco è in contatto con le Pieghe Emiliane più orientali e con le strutture interne dell'Appennino Romagnolo (Pieri & Groppi, 1981). E' un sistema di pieghe che viene comunemente indicato anche con il termine di Dorsale Ferrarese, la cui caratteristica è il ridotto spessore dei sedimenti del Terziario depositi al *top* dell'anticlinale, dove i carbonati mesozoici arrivano a profondità di poche centinaia di metri dalla superficie. La fase compressiva che le ha generate risale principalmente al Pliocene superiore – Pleistocene inferiore. Le strutture di Ferrara si estendono lateralmente per qualche decina di chilometri, ad esempio sono ben visibili ad ovest di Ferrara, nelle zone di Cavone e di Mirandola.

Dei numerosi sovrascorrimenti che hanno interessato l'area, solamente due sembrerebbero essere ancora attivi: il sovrascorrimento più esterno, che ha generato le Pieghe Ferraresi-Romagnole ed Emiliane, e un sovrascorrimento fuori sequenza che si è generato verso l'interno della catena. Come accennato, la maggiore fase di attività di queste strutture viene ricondotta al Pliocene e Pleistocene inferiore, sebbene ci siano tuttora evidenze di attività tettonica recente. I depositi quaternari, nelle sezioni sismiche, presentano blande deformazioni concentrate soprattutto in corrispondenza degli alti strutturali. Ma queste deformazioni divengono poco evidenti dopo il Pleistocene inferiore, in parte a causa della bassa risoluzione delle sezioni sismiche e, in parte, perché sepolte velocemente da un'imponente coltre di sedimenti. Per questi motivi alcuni autori (Bertotti et al., 1997; Castellarin et al., 1985) pensano che l'attività di queste strutture tettoniche sia cessata nel Pleistocene, nonostante il Fronte Appenninico Padano sia ancora oggi

interessato da intensa sismicità, soprattutto nel ferrarese (Boccaletti et al., 2004). Ulteriori indizi di attività tettonica vengono da evidenze geomorfologiche e da dati di pozzo (Burrato et al., 2003; Valensise & Pantosti, 2001; Selvaggi et al., 2001; Montone et al., 2004; Montone & Mariucci, 1999).

Una prima testimonianza dell'attività tardo-quadernaria delle strutture in esame è la superficie stratigrafica che costituisce la base del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS), datata a 0,45 Ma. Questa superficie presenta una geometria articolata in zone più o meno depresse. In particolare, è molto evidente la Dorsale Ferrarese e gli alti che la caratterizzano, come l'alto di Mirandola ad ovest di Ferrara, dove la base del SERS è ad una profondità inferiore a -100 metri sul livello del mare (addirittura inferiore a -50 metri ad ovest di Mirandola). Le zone di alto della base del SERS ricadono tutte sul culmine della Dorsale Ferrarese, permettendo di ipotizzare un'attività tardo pleistocenica di questa struttura (Boccaletti et al., 2004). L'attività recente e, forse, attuale della Dorsale Ferrarese è indicata anche da alcune evidenze nella morfologia di superficie (Boccaletti et al., 2004; Burrato et al., 2003). Burrato et al. (2003) hanno utilizzato i reticoli idrografici, essendo questi particolarmente sensibili alle deformazioni verticali a cui reagiscono con deflessioni e variazioni nelle modalità di sedimentazione, come indicatori di strutture in crescita. In particolare, questo tipo di approccio sembra essere molto promettente in un'area come quella della valle del Po, dove l'evoluzione dei reticoli di drenaggio non è affetta da altri ostacoli morfologici, né è controllata da eterogeneità del substrato roccioso. Da un'analisi delle anomalie dei reticoli idrografici nella zona delle Pieghe Ferraresi, Burrato et al. (2003) hanno constatato che alcuni depositi di canale dei fiumi appenninici non raggiungono né il Po, né il mare, e sembrano non oltrepassare l'alto della Dorsale Ferrarese. Anche il corso del Po, a nord di Reggio Emilia, presenta una brusca deviazione verso nord immediatamente prima di raggiungere l'alto di Mirandola, dove la Dorsale Ferrarese è molto vicina alla superficie. Queste anomalie sono state associate alla propagazione di sovrascorrimenti ciechi o, in generale, allo sviluppo di strutture tettoniche. Solamente alcune delle anticlinali, tra cui quella di Mirandola, presentano evidenze morfologiche in Pianura Padana. Questo è dovuto al fatto che generalmente i tassi di sedimentazione superano quelli tettonici.



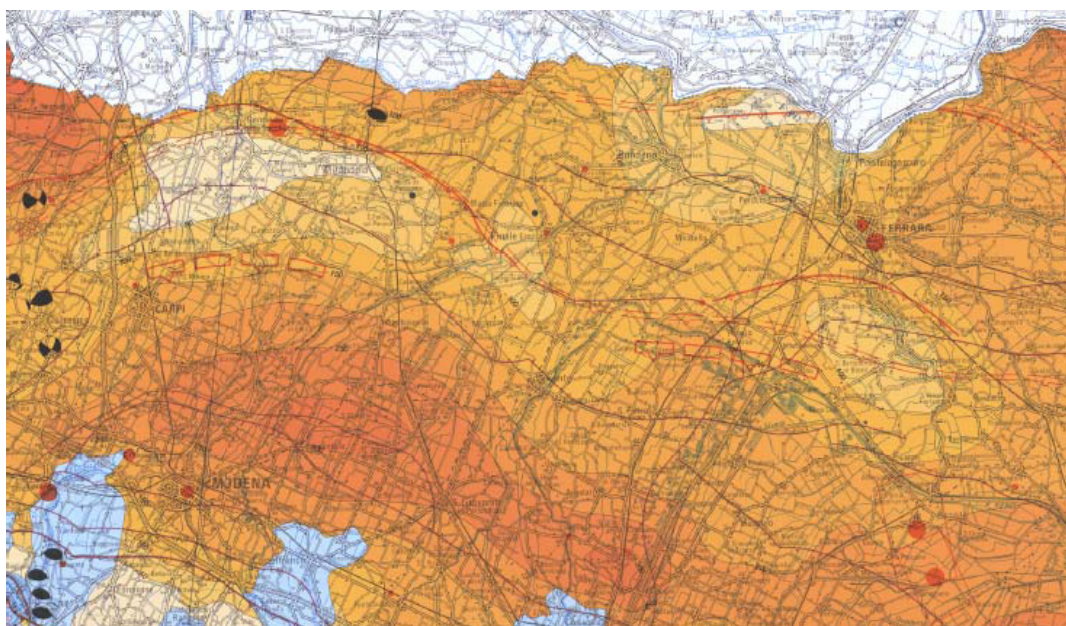


Fig.22. : Andamento della Dorsale Ferrarese, da Ferrara fino alla struttura di Mirandola. In arancione sono rappresentate le isobate della base del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (0,45 Ma). Le aree più chiare sono quelle in cui questa superficie stratigrafica è più superficiale (ad esempio presso Ferrara e la struttura di Mirandola). In rosso è rappresentato il fronte dei sovrascorrimenti (da Boccaletti et al., 2004, Carta Sismotettonica della R.E.R.).

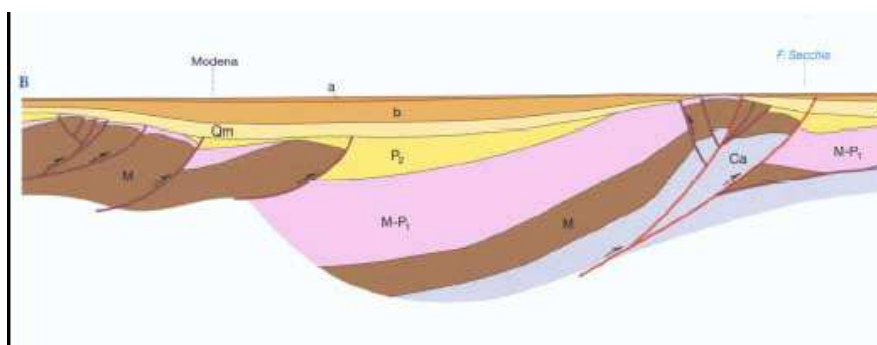


Fig.23. : Sezione B-B' passante per la struttura di Mirandola (presso Cavone), che rappresenta il proseguimento ad ovest della Dorsale Ferrarese. Ca = carbonati meso-cenozoici; M = Miocene; MP1 = Messiniano sup.-Pliocene inf.; P2 = Pliocene medio-sup.; Qm = Pleistocene inf.; b = Pleistocene medio; a = Pleistocene sup.-Olocene. Con le frecce sono indicati i punti in cui sono stati calcolati i tassi di sedimentazione riportati in Tabella 2.1 (da Boccaletti et al., 2004, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna).

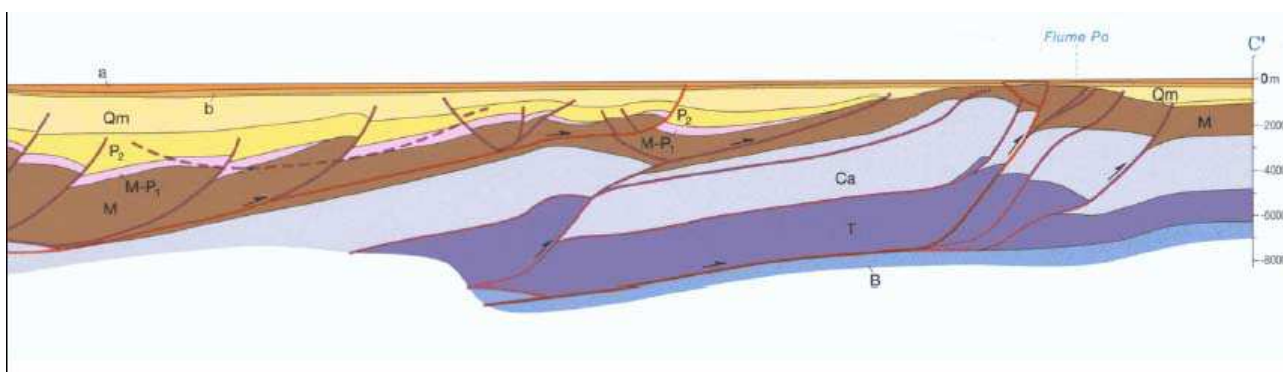


Fig.24. : Sezione C-C', passante ad ovest di Ferrara. B = basamento; T = Triassico inf. e medio; Ca = carbonati meso-cenozoici; M = Miocene; MP1 = Messiniano sup.-Pliocene inf.; P2 = Pliocene medio-sup.; Qm = Pleistocene inf.; b = Pleistocene medio; a = Pleistocene sup.-Olocene. I sovrascorrimenti rappresentati in rosso sono post Pleistocene medio (<1 Ma), quelli in viola sono plio-quadernari (4,5-1 Ma). Su entrambe le sezioni si nota che in alcuni punti alle spalle della Dorsale Ferrarese (ad esempio a sud di Cavone) il substrato pre-Pliocene raggiunge profondità di 7-8 chilometri. Questo significa che, nel depocentro di quel bacino si sono depositi, in un intervallo temporale di 4-5 Ma, diversi chilometri di sedimenti plio-quadernari, principalmente torbiditici. Ciò testimonia che nella zona delle Pieghe Ferraresi, come nel resto della Pianura Padana, il fenomeno di subsidenza è molto intenso. Sulle creste delle anticlinali questo spessore si assottiglia, fino a valori di poche centinaia di metri o, in alcuni casi, si annulla completamente ad indicare episodi di emersione della Dorsale Ferrarese principalmente riconducibili al Pliocene (da Boccaletti et al., 2004, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna).

Nel sottosuolo padano sono state riconosciute diverse sorgenti sismogenetiche, interpretate come sovrascorrimenti attivi responsabili della deformazione compressiva delle coperture sedimentarie meso-cenozoiche. **Tali sorgenti potrebbero essere in grado di generare terremoti con valori di Magnitudo fino a 5.5, come è stato per il terremoto di Reggio Emilia del 1996, o maggiori (Valensise & Pantosti, 2001; Selvaggi et al., 2001) come è stato per la recente crisi sismica del maggio 2012 che si è manifestata con due episodi principali e sciame sismico prolungato per due mesi. Il primo evento del maggio 2012 ha avuto epicentro nel Comune di Finale Emilia e Magnitudo stimata pari a 5.9, il secondo evento si è verificato il 29 Maggio con epicentro tra i comuni di Cavezzo e Medolla con Magnitudo stimata pari a 5.8 , un terzo evento meno invasivo si è verificato il 03 Giugno con epicentro Novi di Modena e Magnitudo stimata pari a 5.1.**

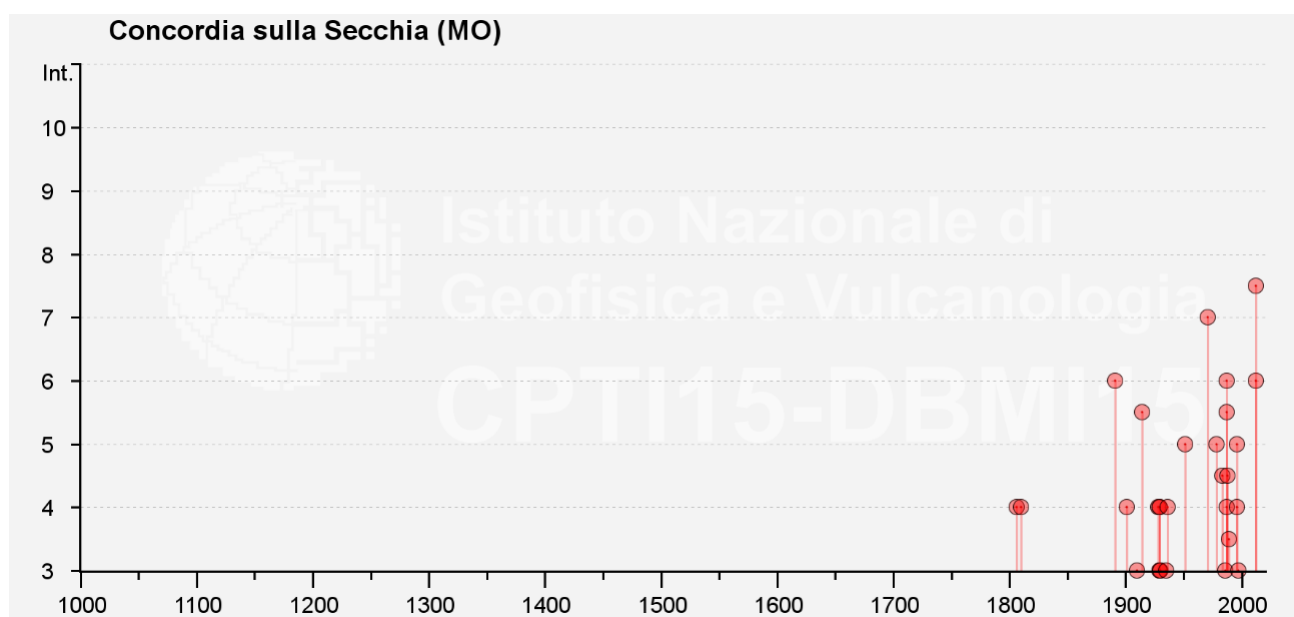
Nella tabella 3.3 sono riportati i dati storici del comune di Mirandola, definiti nel <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/> Gruppo di lavoro CPTI (2015) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) .

## Concordia sulla Secchia



PlaceID IT\_38290  
 Coordinate (lat, lon) 44.914, 10.982  
 Comune (ISTAT 2015) Concordia sulla Secchia  
 Provincia Modena  
 Regione Emilia-Romagna  
 Numero di eventi riportati 34

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	<a href="#">🔗</a>	1806	02	12			Reggiano	28	7	5.21
4	<a href="#">🔗</a>	1810	12	25	00	45	Pianura emiliana	33	6	5.06
F	<a href="#">🔗</a>	1818	12	09	18	55	Parmense	26	7	5.24
6	<a href="#">🔗</a>	1891	06	07	01	06	1 Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	<a href="#">🔗</a>	1901	01	20	06	34	2 Bassa modenese	12	5	4.11
3	<a href="#">🔗</a>	1910	03	22	23	29	Bassa modenese	15	5	4.16
5-6	<a href="#">🔗</a>	1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
4	<a href="#">🔗</a>	1928	06	13	08		Carpi	35	6	4.67
3	<a href="#">🔗</a>	1929	04	10	05	44	Bolognese	87	6	5.05
3	<a href="#">🔗</a>	1929	04	19	04	16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	<a href="#">🔗</a>	1929	04	20	01	10	Bolognese	109	7	5.36
4	<a href="#">🔗</a>	1929	05	11	19	23	Bolognese	64	6-7	5.29
3	<a href="#">🔗</a>	1930	10	30	07	13	Senigallia	268	8	5.83
3	<a href="#">🔗</a>	1935	06	05	11	48	Faentino	27	6	5.23
4	<a href="#">🔗</a>	1936	10	18	03	10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
5	<a href="#">🔗</a>	1951	05	15	22	54	Lodigiano	179	6-7	5.17
NF	<a href="#">🔗</a>	1965	11	09	15	35	Appennino reggiano	32	5	4.17
7	<a href="#">🔗</a>	1971	07	15	01	33	2 Parmense	228	8	5.51
5	<a href="#">🔗</a>	1978	12	25	22	53	4 Bassa modenese	28	5	4.39
4-5	<a href="#">🔗</a>	1983	11	09	16	29	5 Parmense	850	6-7	5.04
3	<a href="#">🔗</a>	1986	12	06	17	07	1 Ferrarese	604	6	4.43
6	<a href="#">🔗</a>	1987	04	24	02	30	2 Reggiano	54	6	4.64
5-6	<a href="#">🔗</a>	1987	05	02	20	43	5 Reggiano	802	6	4.71
4	<a href="#">🔗</a>	1987	05	08	11	10	2 Bassa modenese	24	6	4.44
4-5	<a href="#">🔗</a>	1988	03	15	12	03	1 Reggiano	160	6	4.57
3-4	<a href="#">🔗</a>	1989	09	13	21	54	0 Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
5	<a href="#">🔗</a>	1996	10	15	09	55	5 Pianura emiliana	135	7	5.38
2-3	<a href="#">🔗</a>	1996	10	26	04	56	5 Pianura emiliana	63	5-6	3.94
2-3	<a href="#">🔗</a>	1996	11	25	19	47	5 Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4	<a href="#">🔗</a>	1996	12	16	09	09	5 Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	<a href="#">🔗</a>	1997	05	12	22	13	5 Pianura emiliana	56	4-5	3.68
NF	<a href="#">🔗</a>	2000	06	18	07	42	0 Pianura emiliana	304	5-6	4.40
6	<a href="#">🔗</a>	2012	05	20	02	03	5 Pianura emiliana	53	7	6.09
7-8	<a href="#">🔗</a>	2012	05	29	07	00	0 Pianura emiliana	87	7-8	5.90



La crisi sismica del 2012 ha messo di nuovo in evidenza le potenzialità sismogenetiche delle strutture della zona delle Pieghe Ferraresi attraverso 7 scosse di magnitudo maggiore di 5.0 Mw, con notevoli effetti di sito che in molti casi hanno causato ingenti danni.

La sequenza sismica è rappresentata da due principali *mainshock* (Lavecchia et al. 2012):

- Terremoto del 20 Maggio 2012, caratterizzato da una magnitudo di 5.9 MI e 6.1 Mw, l'epicentro è localizzato nel comune di Finale Emilia ad una profondità di circa 6 km;
- Terremoto del 29 Maggio 2012, caratterizzato da una magnitudo di 5.8 MI e 6.0 Mw, l'epicentro è localizzato nel comune di Medolla ad una profondità di circa 10 km.

Constatando l'importanza di conoscere le caratteristiche sismogenetiche delle strutture, il gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 2003 n.3274) dell' INGV, ha proposto la zonazione sismogenetica ZS9.

La ZS9 è stata costruita basandosi sugli approcci cinematici ed i modelli sismotettonici della ZS4, ovviando al problema delle ridotte dimensioni delle zone sorgente con un numero esiguo di campioni sismici. È stata integrata con le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche nazionali (DISS 2.0 – *Database of Potential Sources for Earthquake Larger then M5.5 in Italy*, Valensise e Pantosti, 2001) e regionali; inoltre sono presenti anche i dati risultati dalle considerazioni sui terremoti più importanti che si sono verificati dopo la ZS4.

Il territorio comunale si colloca nella Zona Sismogenetica 912 (Dorsale Ferrarese):

- Zona Sismogenetica 912: rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'Appennino Settentrionale caratterizzata dallo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici hanno



raggiunto valori pari a  $M = 5,9$ ; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 6 e 8 Km con profondità efficace di 7 km; nella Zona Sismogenetica 912 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a  $M_{max} = 6,14$ .

### 9.3 Cenni sulla sismotettonica della pianura padana

(Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna nel Luglio 2016)

In Pianura Padana la superficie di base del Sistema Emiliano Romagnolo (0.45 Ma) è la più recente superficie di discordanza angolare in scala regionale.

**La geometria di questa superficie è articolata in zone più o meno depresse. In particolare sono evidenti gli alti di Mirandola – San Possidonio e Finale Emilia (tra Reggio Emilia e Ferrara), di San Bartolomeo in Bosco (a sud di Ferrara) e di Bondeno-Casaglia-Occhiobello (a nord-ovest di Ferrara), dove la base del SERS è a una profondità inferiore a - 100 m s.l.m. Queste zone di alto ricadono tutte sul culmine della dorsale ferrarese, permettendo di ipotizzare un'attività tardo – pleistocenica di questa struttura.**

Lo studio in dettaglio delle strutture sepolte della Pianura Padana è possibile soprattutto grazie all'interpretazione di profili sismici.

I terreni più recenti che registrano diffuse deformazioni alla mesoscala sono le Sabbie di Imola e il Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (SERI) di età compresa tra 0.8 e 0.45 Ma. Risulta dunque evidente, anche da osservazioni di campagna, che gran parte del margine appenninico-padano e del sottosuolo padano-adriatico sono stati interessati da deformazioni più recenti di 0.45 Ma.

Le maggiori evidenze di strutture attive segnalate nella Carta della Sismotettonica della Regione Emilia Romagna sono nel settore del margine compreso tra Salsomaggiore e la valle dell'Idice, a est di Bologna, sul fronte sepolto delle pieghe emiliane tra Piacenza e Reggio Emilia e al tetto delle dorsale ferrarese tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio dove si trova il sito di studio.

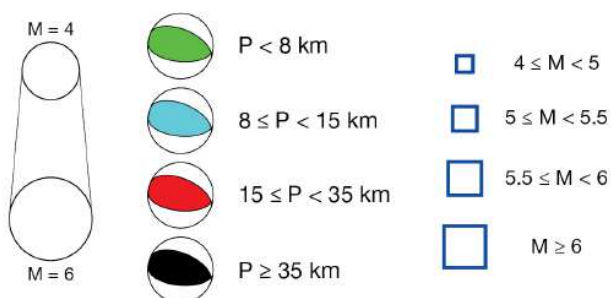
L'attività recente e attuale della dorsale ferrarese è indicata, oltre che dagli ultimi eventi sismici, anche da alcune evidenze morfologiche. Alcuni depositi di canali dei fiumi appenninici non raggiungono né il Po, né il mare e sembrano non oltrepassare l'alto della dorsale ferrarese. Anche il corso del Po, a nord di Reggio Emilia, fa una brusca deviazione verso nord immediatamente prima di raggiungere Novellara e Mirandola, zone in cui il fronte della dorsale ferrarese è molto vicino alla superficie.

**Nell'area di studio la SERS è indicata a una profondità compresa fra 50 e 100 m. Dall'analisi delle prove eseguite con sismica passiva HVRs risulta che fino alla profondità di circa 100/120 m si registrano aumenti graduali delle velocità di propagazione delle onde sismiche fino a 400/450 m/s. La profondità approssimativa di 100/120 m da p.c., può essere considerata come la quota del bedrock sismico.**

100 ÷ 50
50 ÷ 0
0 ÷ -50
-50 ÷ -100
-100 ÷ -150
-150 ÷ -200
-200 ÷ -250
-250 ÷ -300
-300 ÷ -350
-350 ÷ -400
-400 ÷ -450

Isobate della base del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS; 0,45 Ma-Presente) riferite al livello del mare  
*Isobaths of the base of the Emilia-Romagna Upper Synthem (SERS; 0,45 My-Present) referred to the sea level*

Ma = milioni di anni  
*My = millions of years*



#### Manifestazioni superficiali *Surface manifestations*



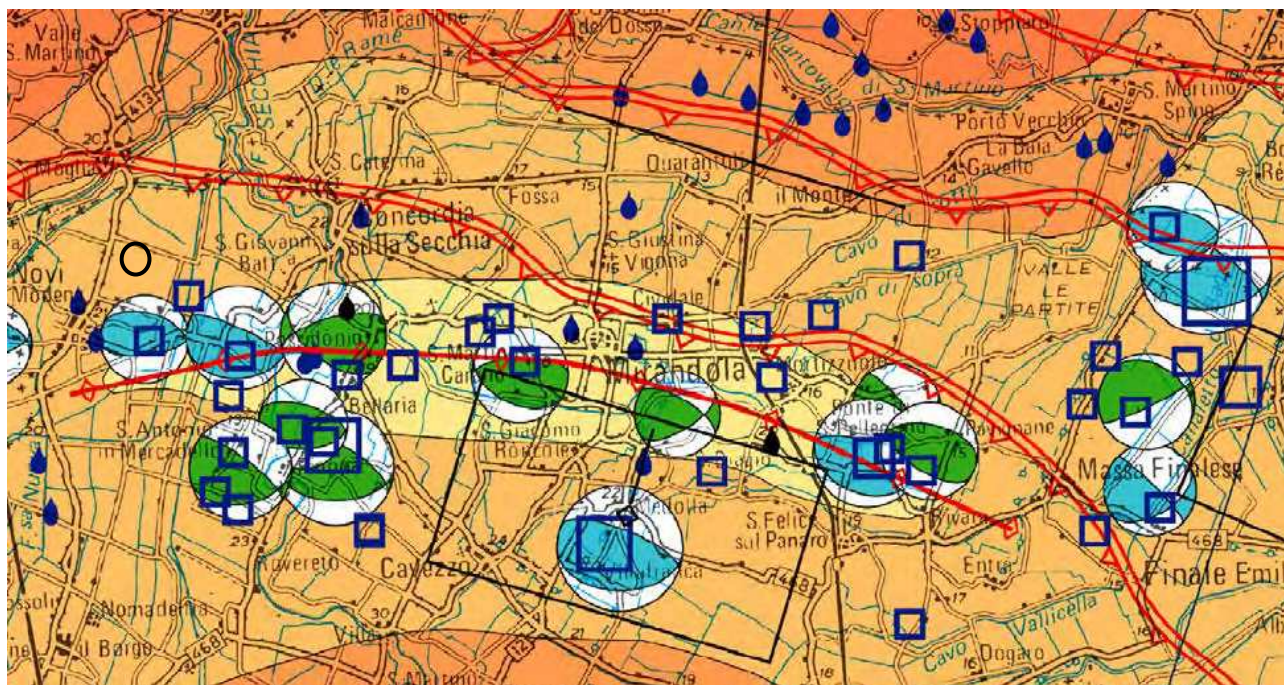
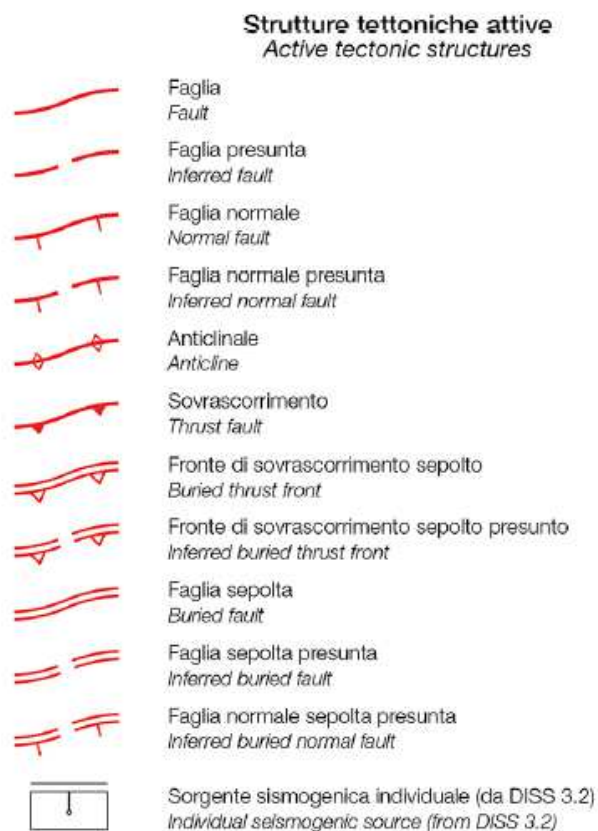


Fig.25. : Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna nel Luglio 2016



## **10. DEFINIZIONE PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO**

### **10.1. Analisi di pericolosità sismica locale di I° livello**

La presente analisi sismica sui terreni dove è previsto il progetto in epigrafe, recepisce e valuta quanto contenuto nell'elaborato n. 2 allegato all'atto di approvazione della Variante generale al P.T.C.P. della Provincia di Modena, adottata con atto C.P. 112 del 22/07/2008 e approvata con DCP n.46 del 18/03/2009

Nella "Carta del rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" elaborata per il P.T.C.P. approvato dalla Provincia di Modena con atto D.C.P. n.46 del 18/03/2009, l'area di studio ricade in zona 7: aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione. Ai sensi dell'Art.14 comma 3, punto 7 delle N.T.A., sono necessari approfondimenti di III livello di microzonazione sismica e studi che valutino il coefficiente di amplificazione litologico del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi, come indicato anche nelle richieste di integrazioni Prot. 0016367/2019 del 31/12/2019 della Provincia di Modena inerenti la presentazione del PUA INGRA BROZZI.



Fig.26. Tav. 2.2a.2 "Carta delle aree suscettibili di effetti locali"



La tavola 2.2 del PTCP è stata integrata in scala di maggior dettaglio nella carta “ Delle aree potenzialmente soggette a effetti locali per eventi sismici” redatta per il PSC Comunale (Aprile 2009) da cui risulta, che per la zona di studio, gli effetti attesi sono amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziali cedimenti.

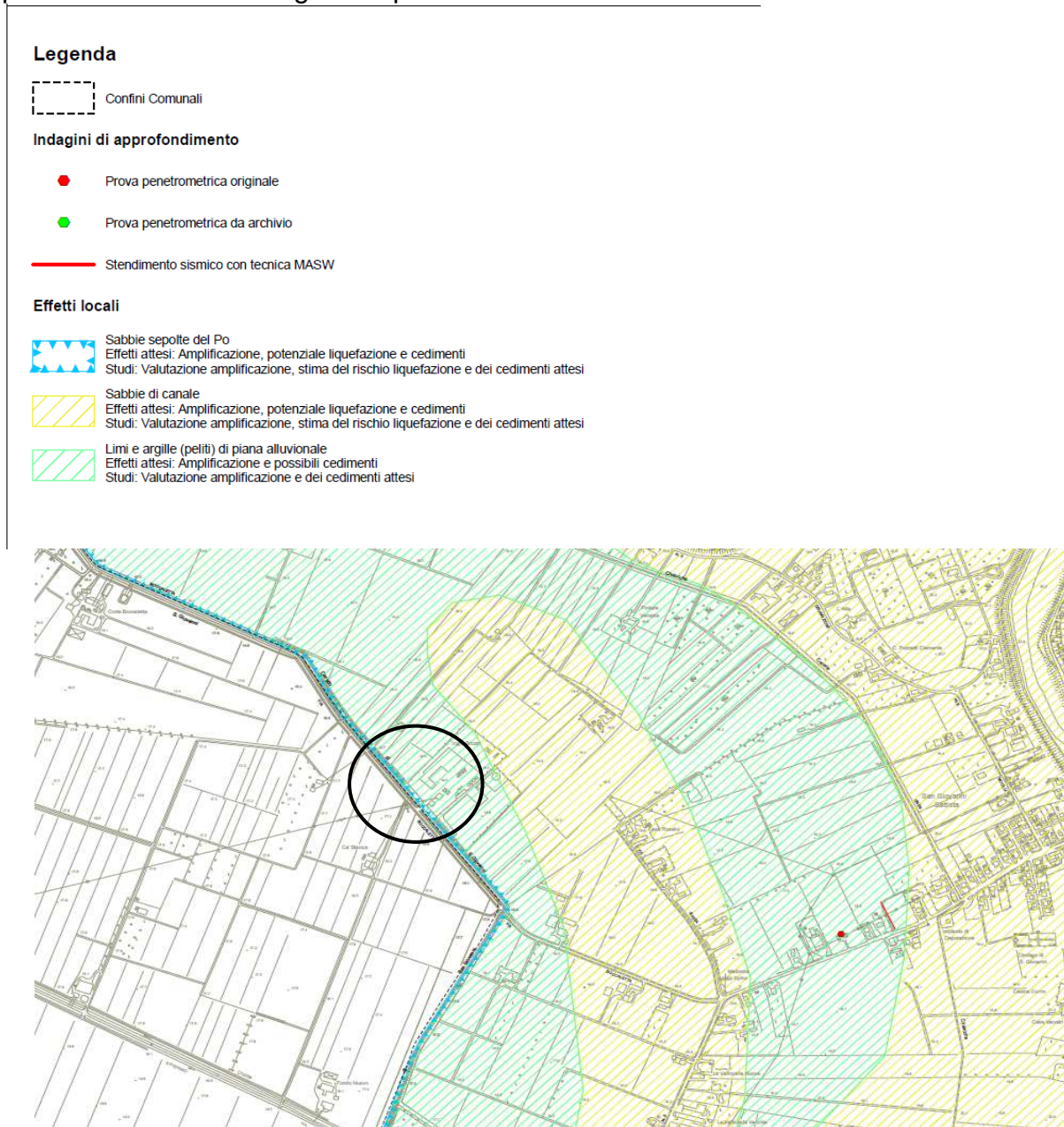


Fig.27. Tav. PSC 4.3 “Aree potenzialmente soggette a effetti locali per eventi sismici”

Nella “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica”, redatta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (versione 2.0 – 14/11/2013), l'area di studio ricade fuori dagli involucri, ma dall'analisi delle prove geognostiche e sismiche eseguite, in sito si potrebbe fare rientrare nello sviluppo LQ2: **substrato a profondità < 120 m e presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal p.c.**



Substrato a profondità < 120 m

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna



Substrato a profondità < 120 m

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

Prove geotecniche utilizzate per la stima della profondità degli orizzonti liquefacibili

- L1 - orizzonti liquefacibili (minimo 20 cm) presenti sotto falda già nei primi 5 m dal piano campagna
- L2 - orizzonti liquefacibili (minimo 1 m) presenti tra 5 m e 10 m dal piano campagna
- L3 - orizzonti liquefacibili (minimo 2 m) presenti tra 10 m e 15 m dal piano campagna
- L4 - orizzonti liquefacibili (minimo 2 m) presenti tra 15 m e 20 m dal piano campagna
- N - assenza di orizzonti liquefacibili (valutazione nei primi 20 m)
- X - dato non interpretabile
- punti di liquefazione

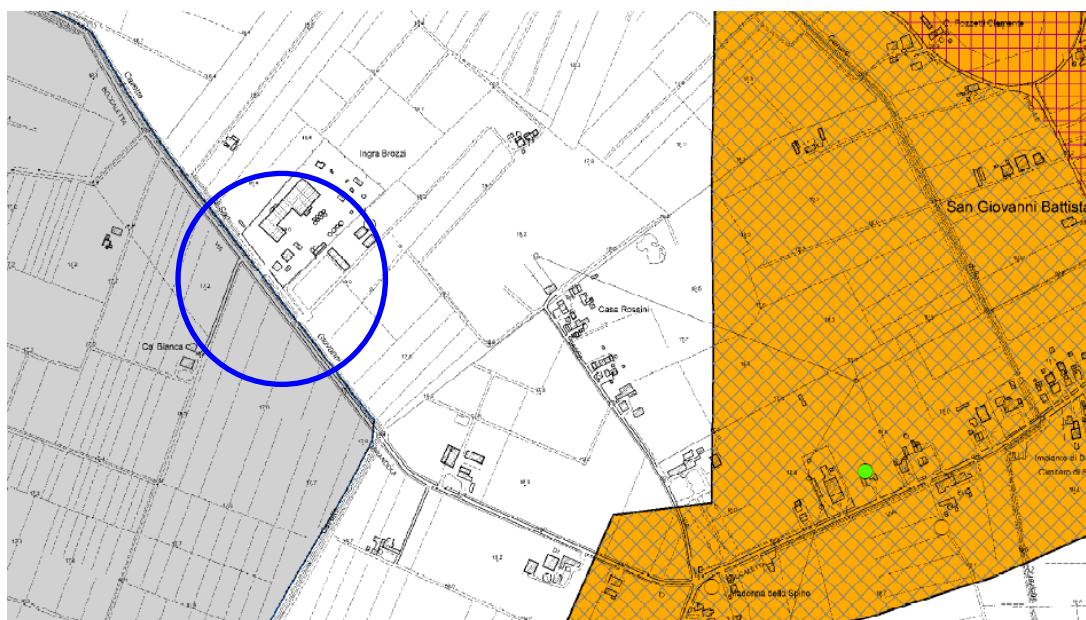


Fig.28. : stralcio di “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” redatta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (versione 2.0 – 14/11/2013).

## 10.2. Analisi di pericolosità sismica locale di II° livello

### 10.2.1 Analisi del sottosuolo in sismica passiva HVSR e attiva MASW in onde Rayleigh

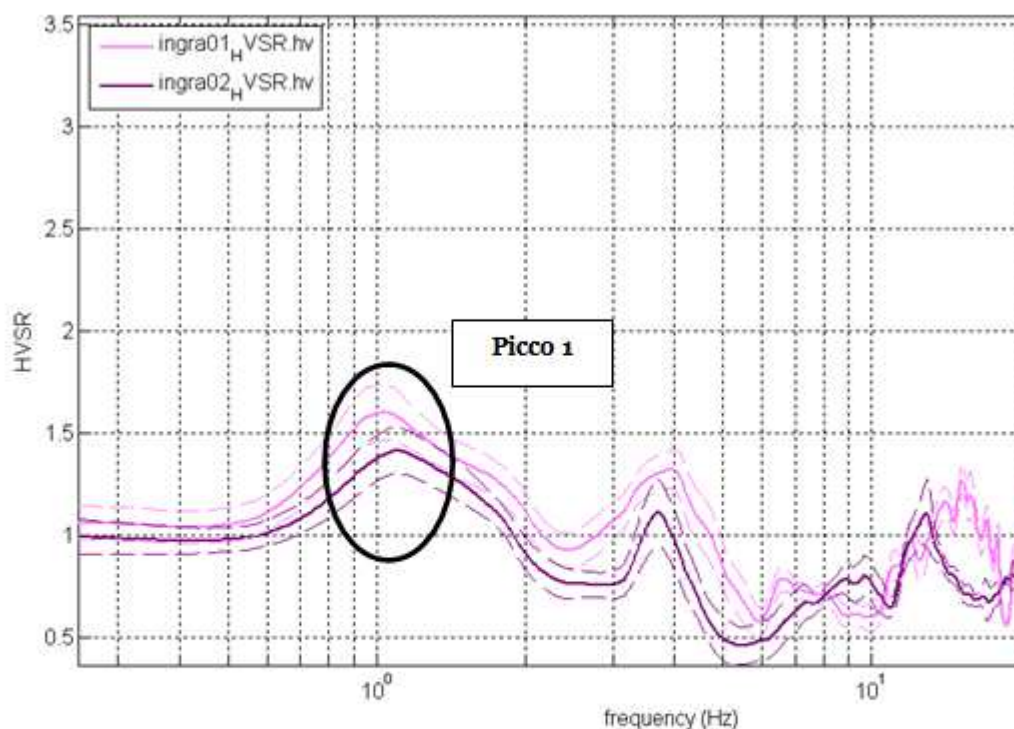
Si fa riferimento a campagna di prospezione geofisica eseguita nel Febbraio 2013 nel sito oggetto di Piano Urbanistico Attuativo INGRA. Tale indagine ha consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSR e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo e MASW. I dati ottenuti dalla curva HVSR forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso la tecnica MASW è stato possibile definire l'andamento delle Vs con la profondità e quindi la definizione delle  $V_{SEq}$  ai fini della classificazione sismica dei suoli di fondazione come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.



Fig.29. : Ubicazione prove sismiche eseguite nel sito INGRA BROZZI

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo un picco stratigrafico caratteristico alla **frequenza fondamentale di 1.0/1.1 Hz e periodo caratteristico di 1/1.1 s** che rappresenta un contrasto di impedenza profondo circa 100/120 m. **Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza poco significativi ( $H/V < 2$ ) in caso di moto sismico.**





Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 1.4/1.6	~ 1.0/1.1

Si riportano di seguito i report dell'analisi HVSR eseguita.

#### **CONCORDIA (MO), Via Boccaletta 4 - HVSR TR01**

Strumento: Gemini2 - PASI Srl

Inizio registrazione: 09/02/13 Fine registrazione: 09/02/13

Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 0h15'70" tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 40 s

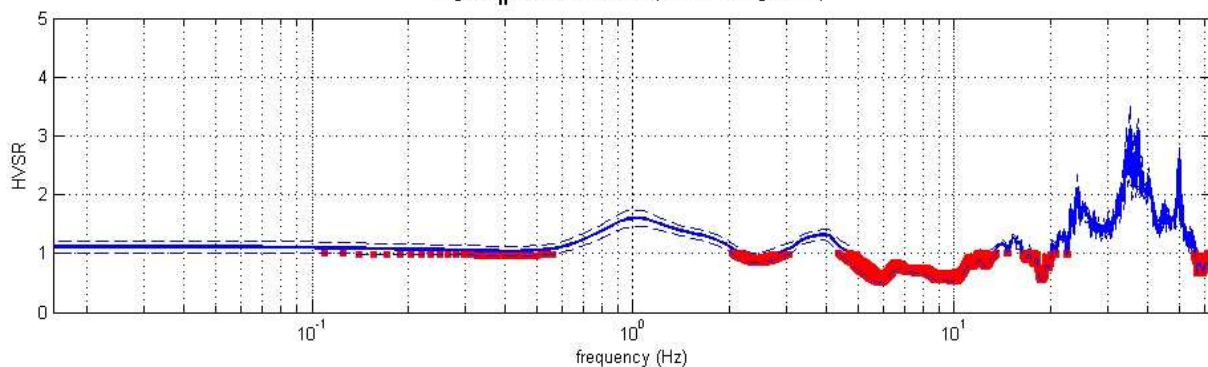
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 5%

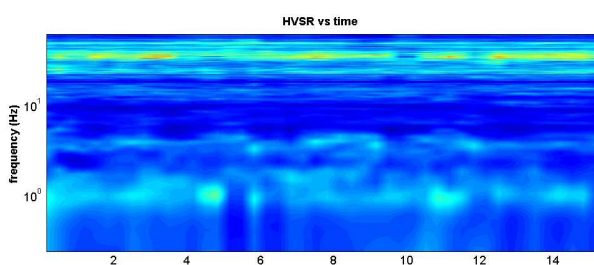


## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

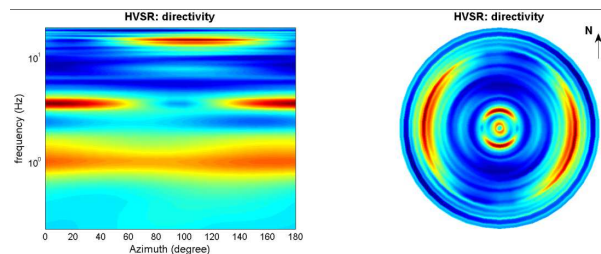
ingra01<sub>H</sub>VSR.SAF - HVSR (window length: 40s)



### SERIE TEMPORALE H/V

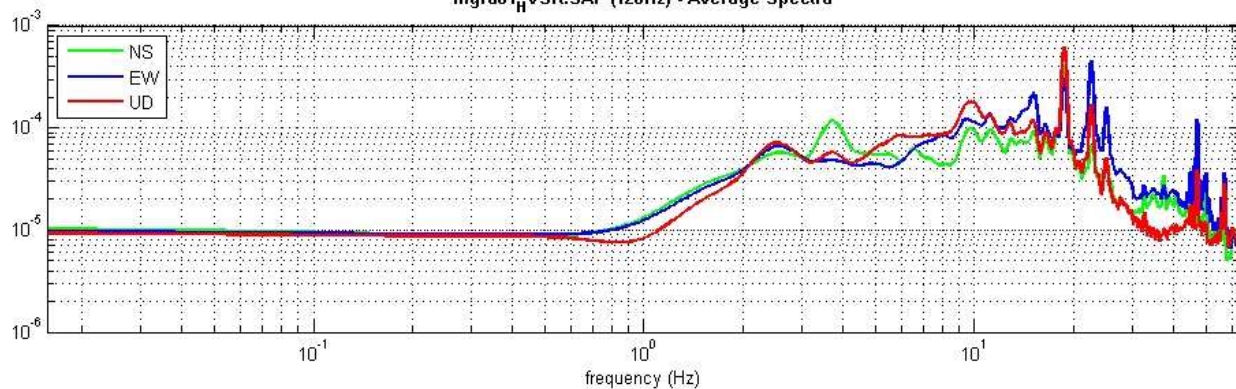


### DIREZIONALITA' H/V



## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

ingra01<sub>H</sub>VSR.SAF (128Hz) - Average Spectra



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

*0.5-20.0Hz frequency range*  
**Peak frequency (Hz): 1.0 ( $\pm 5.0$ )**  
**Peak HVSR value: 1.6 ( $\pm 0.1$ )**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.0 > 0.25$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1927 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.6 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$5.031 < 0.105$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.136 < 1.78$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## CONCORDIA (MO), Via Boccaletta 4 - HVSR TR02

Strumento: Gemini2 - PASI Srl

Inizio registrazione: 09/02/13 Fine registrazione: 09/02/13

Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 0h17'10" tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

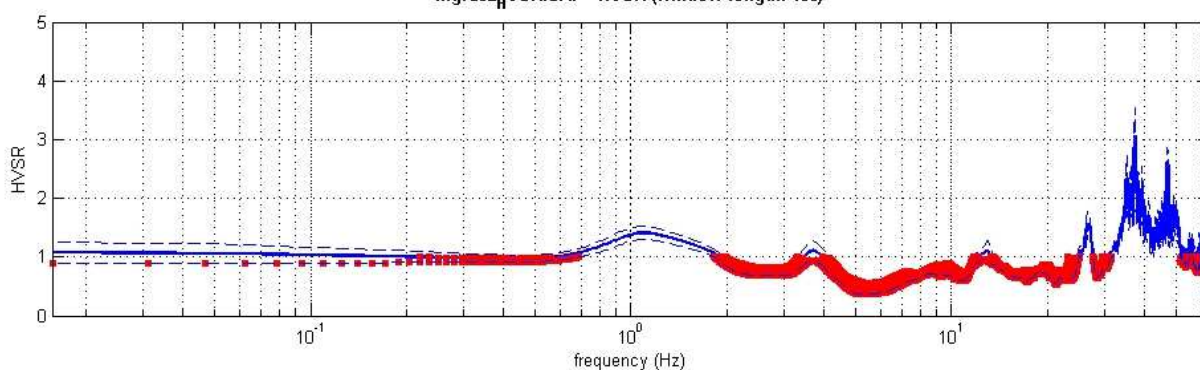
Lunghezza finestre: 40 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

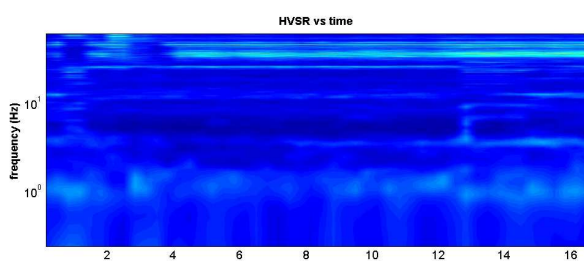
Lisciamento: 5%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

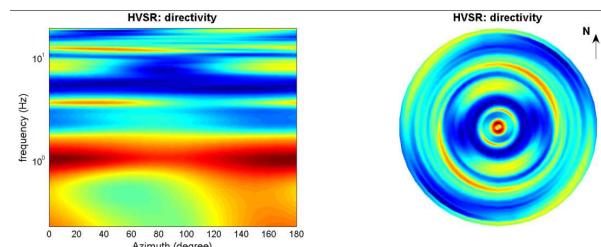
ingra02\_VSR.SAF - HVSR (window length: 40s)



### SERIE TEMPORALE H/V

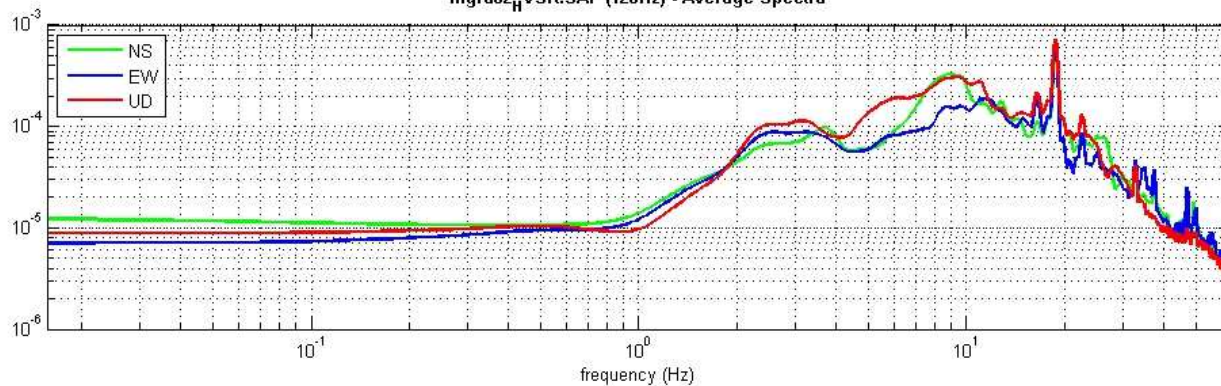


### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

ingra02\_VSR.SAF (128Hz) - Average Spectra



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

*0.5-20.0Hz frequency range*  
**Peak frequency (Hz): 1.1 ( $\pm 4.2$ )**  
**Peak HVSR value: 1.4 ( $\pm 0.4$ )**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.1 > 0.25$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2219 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.4 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.206 < 0.111$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.113 < 1.78$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



### 10.2.2 Profilo $V_{s30}$ con la profondità

Il 20 Marzo 2003 è stata promulgata l'ordinanza n. 3274 della presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" che fissa le regole per l'identificazione dei comuni sismici e definisce le norme tecniche costruttive per la progettazione di edifici e per le opere di fondazione.

Nella nuova classificazione tutto il territorio viene suddiviso in 4 zone di cui la n. 1 è la più pericolosa.

Per quanto riguarda la Regione Emilia Romagna la novità consiste in un allargamento della zona 3 ed in un ampliamento della zona 2 entro la quale ricadono alcuni comuni.

Il comune di San Prospero e la zona di studio ricadono nella zona 3 e vengono definiti a "bassa sismicità".

Secondo quanto indicato nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018) § 3.2.2.:

*"I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove..... La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$ :*

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

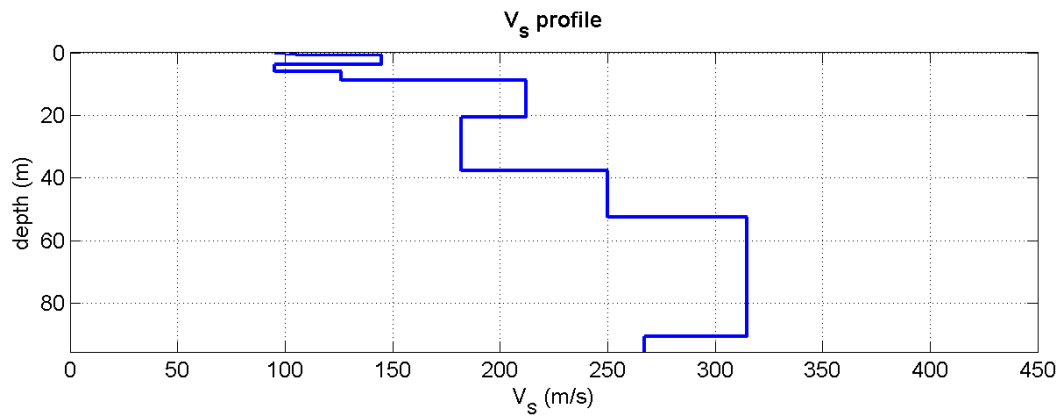
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

*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".*

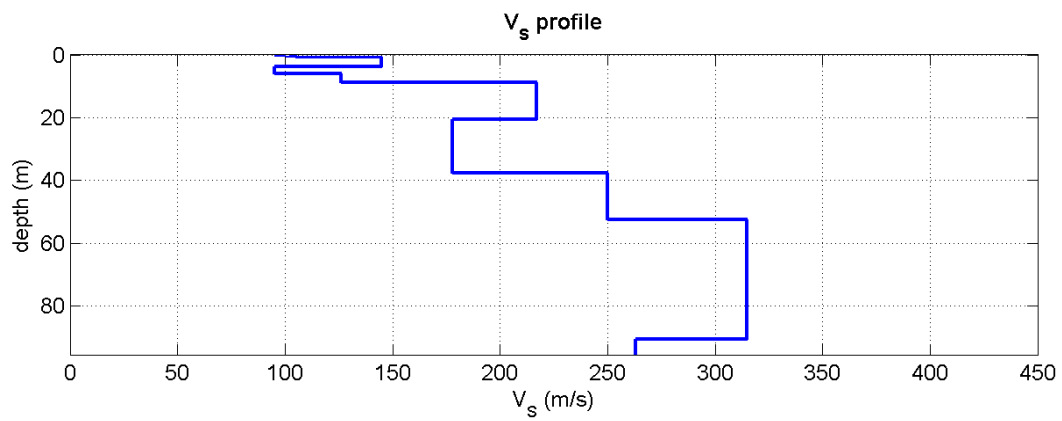
Il profilo di  $V_s$  con la profondità e il valore di  $V_{s,eq}$  è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondo), vincolando le curve spettrali alle prove CPT .

**$V_{s,eq} = V_{s(30)}$ : 165-169 m/s**

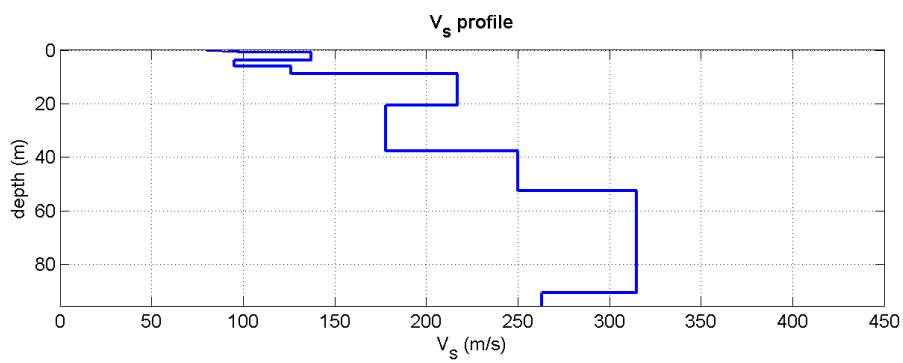
- HoliSurface01a

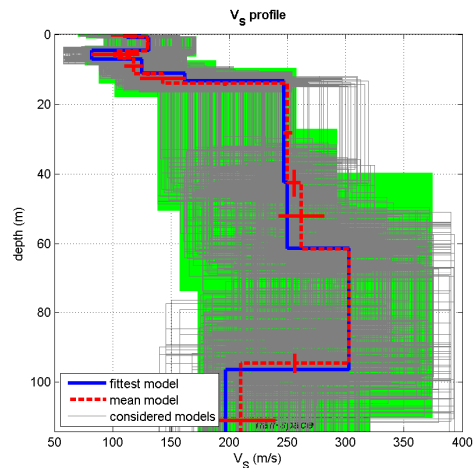
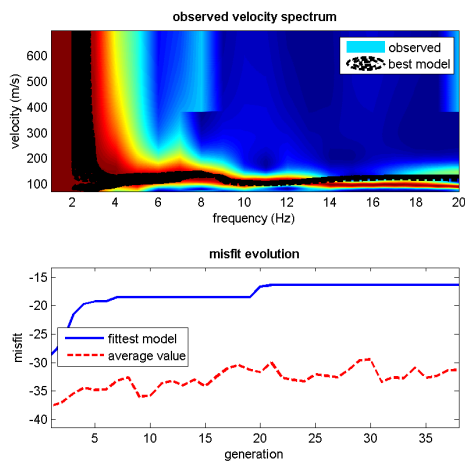


- HoliSurface01b



- HoliSurface02a

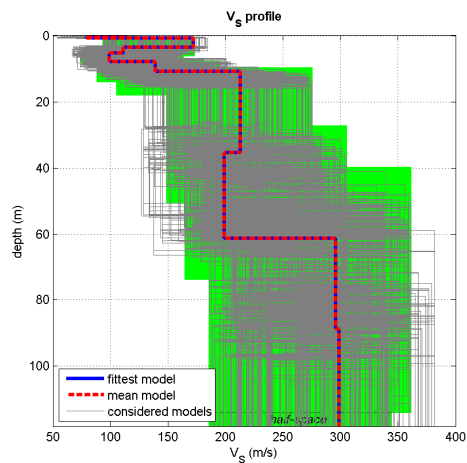
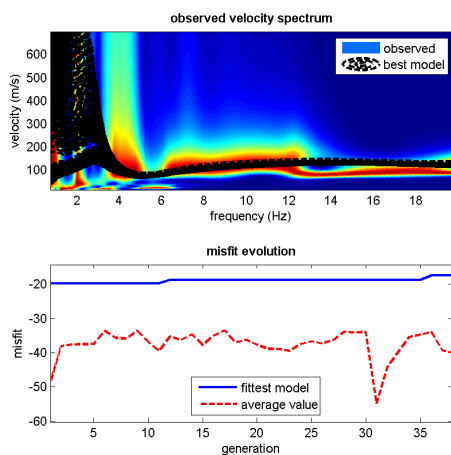
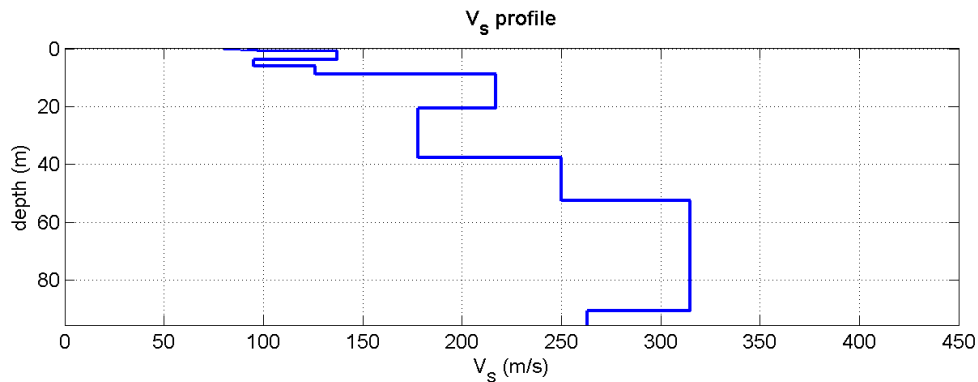




**HoliSurface®**

velocity spectrum: THF-60m.mat  
Vs30 (best model): 167 m/s  
Vs30 (mean model): 168 m/s

- HoliSurface02b



**HoliSurface®**

velocity spectrum: ZVF-40m.mat  
Vs30 (best model): 169 m/s  
Vs30 (mean model): 169 m/s

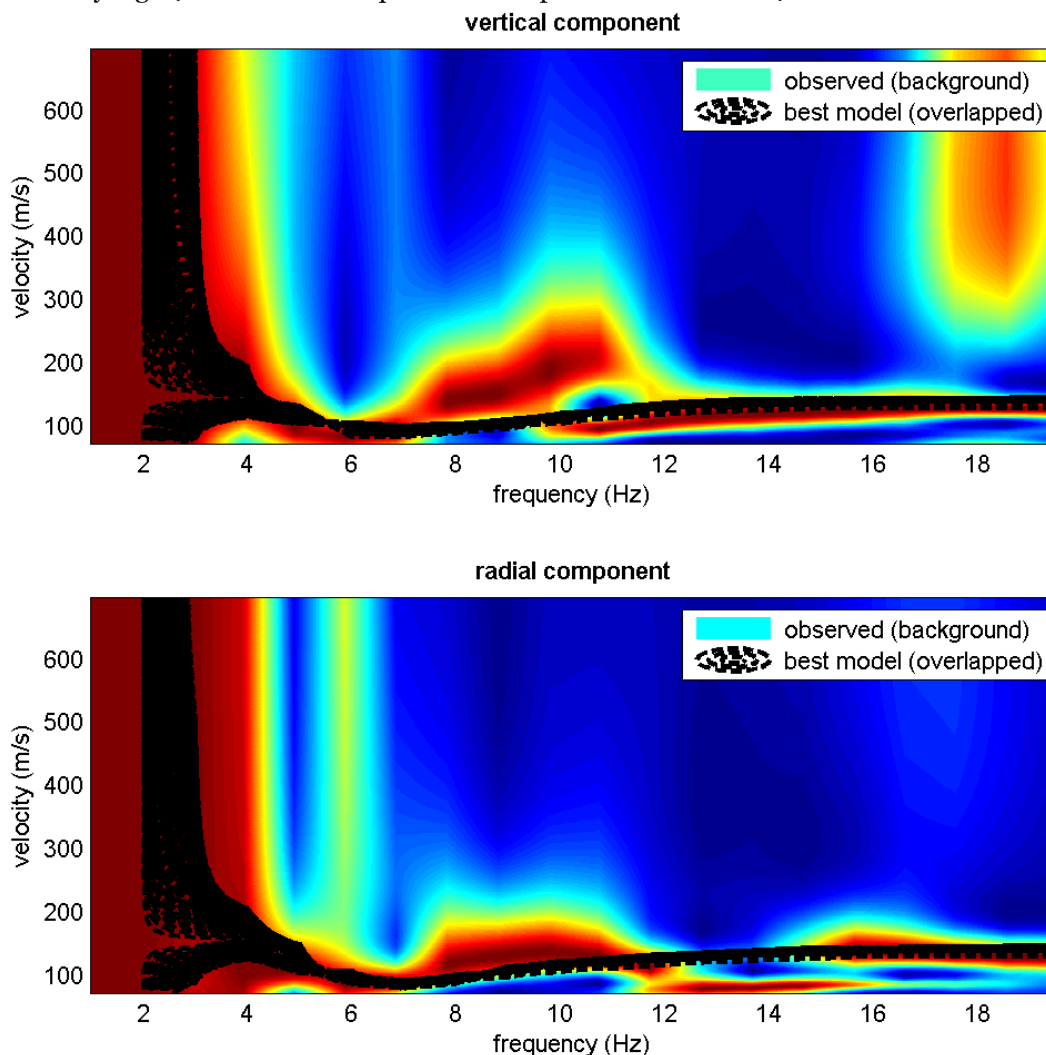
**HoliSurface - Vs (30): 165-169 (categoria di sottosuolo "D")**

Si riportano di seguito i report delle analisi MASW eseguite.

**CONCORDIA (MO), Via Boccaletta 4 - HoliSurface01a**

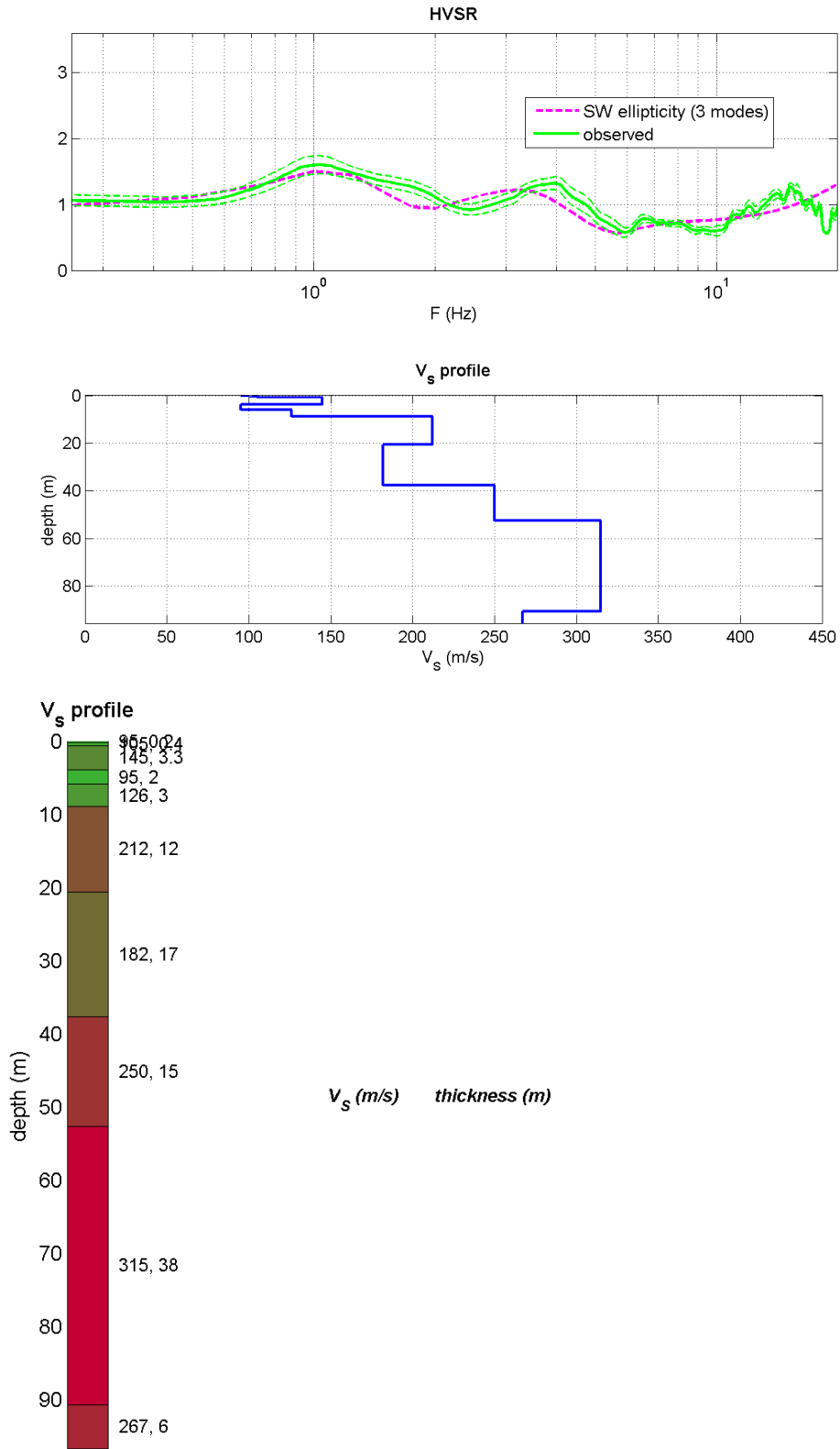
**(Analisi Rayleigh + HVSr - Tr01)**

Analisi onde Rayleigh (offset 60 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)





Analisi HVSR - Tro1

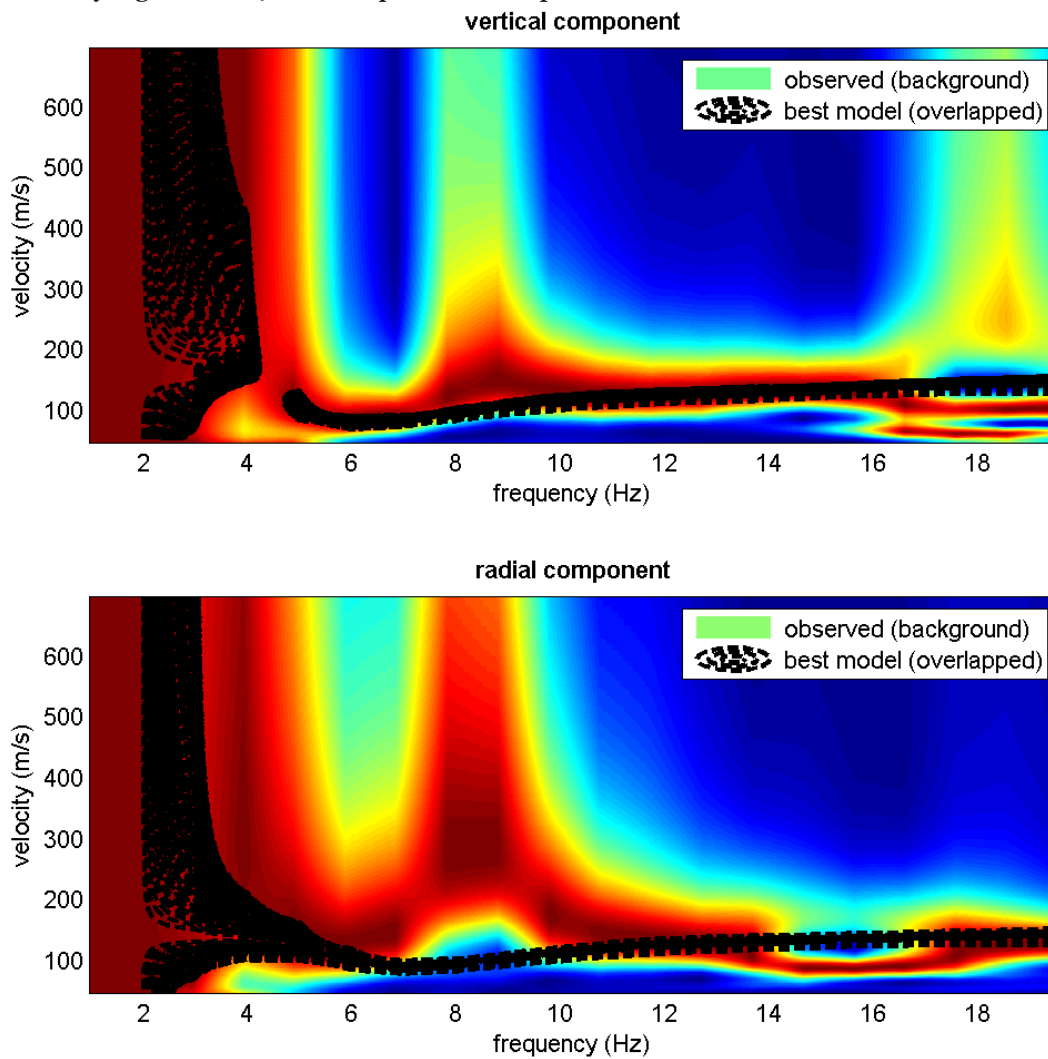


Vs30 = Vseq (m/s): 166

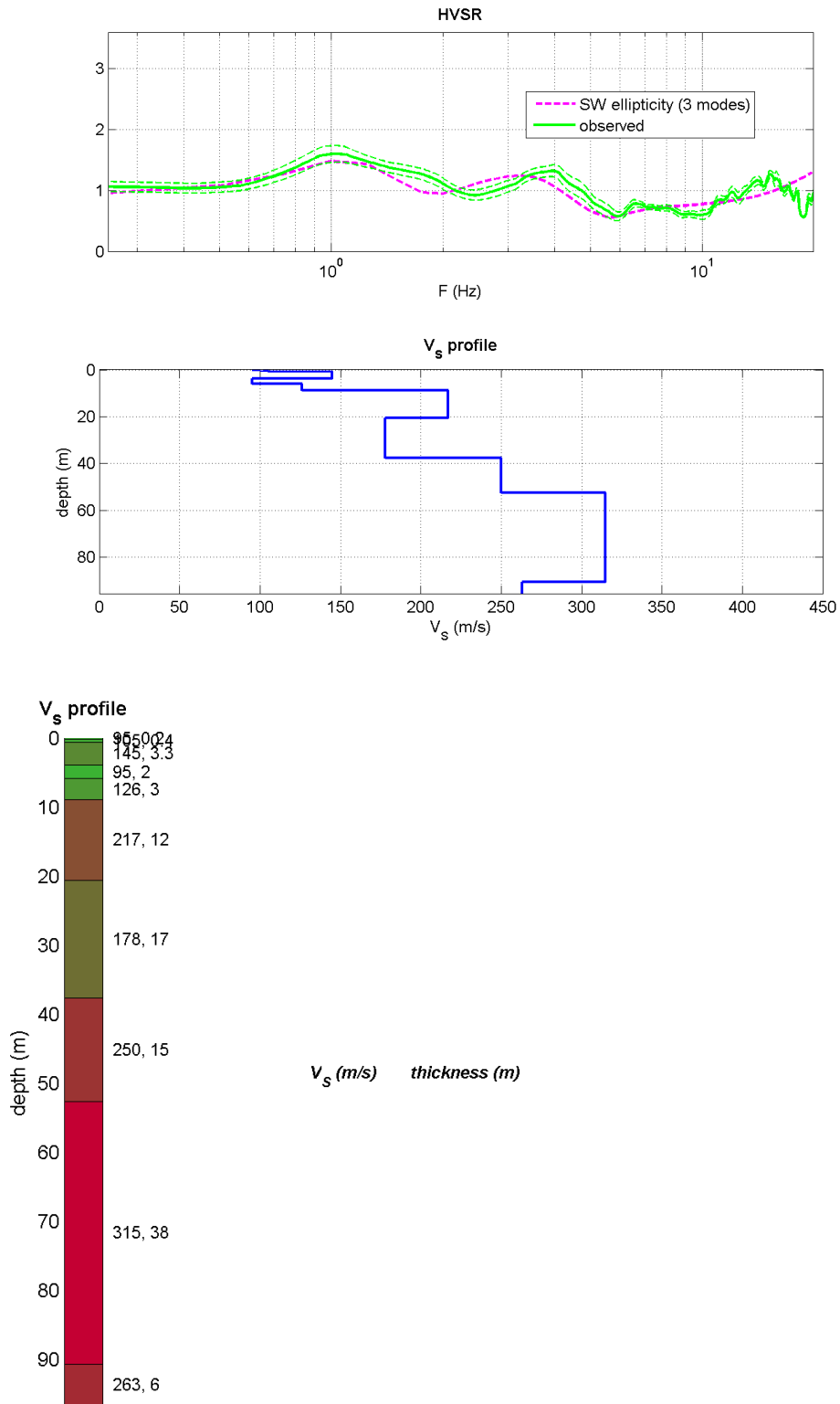
**CONCORDIA (MO), Via Boccaletta 4 - HoliSurface01b**

**(Analisi Rayleigh + HVSR - Tr01)**

Analisi onde Rayleigh (offset 40 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)



Analisi HVSr - Tro1

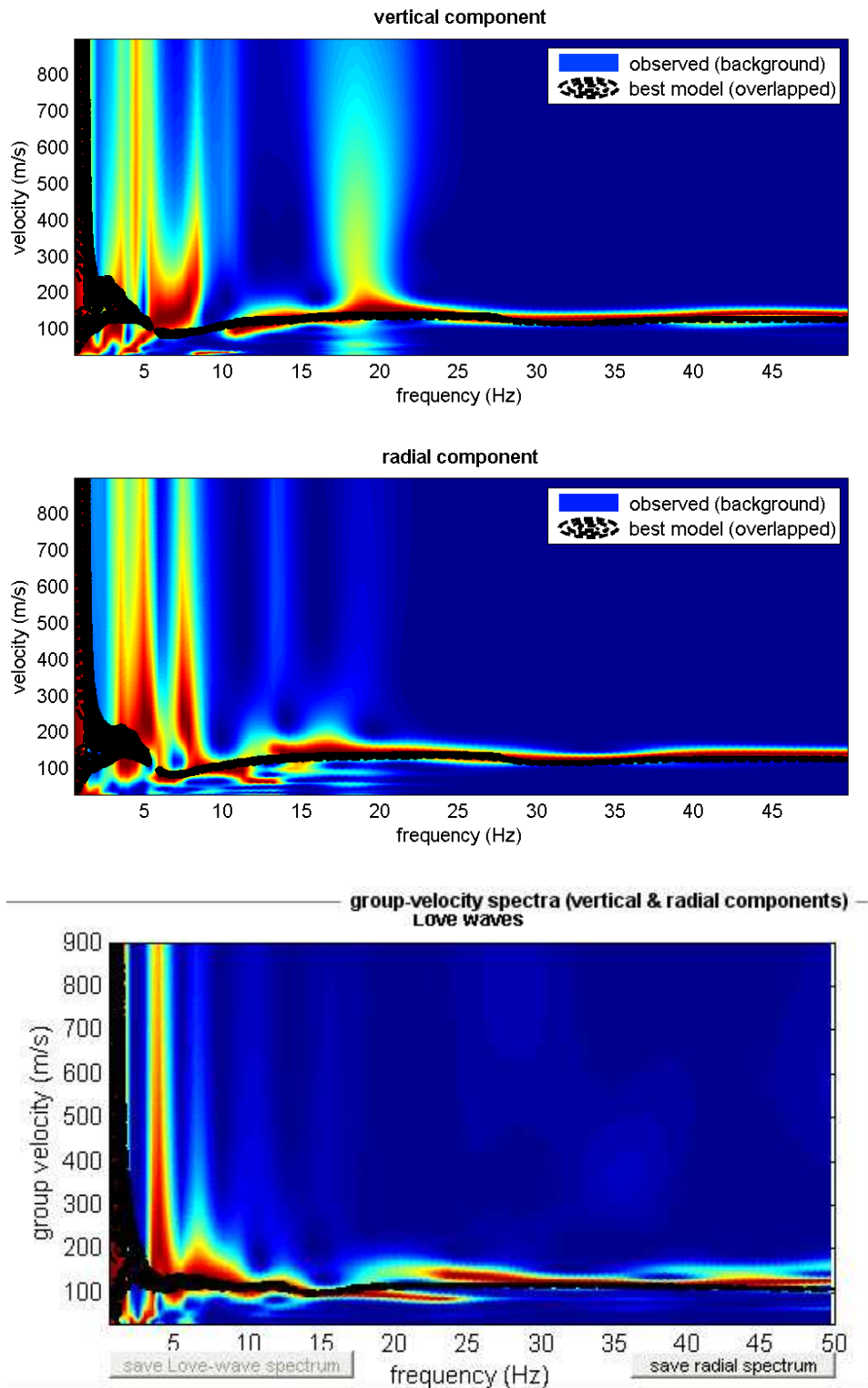


Vs30 = Veq (m/s): 166

**CONCORDIA (MO), Via Boccaletta 4 - HoliSurface02a**

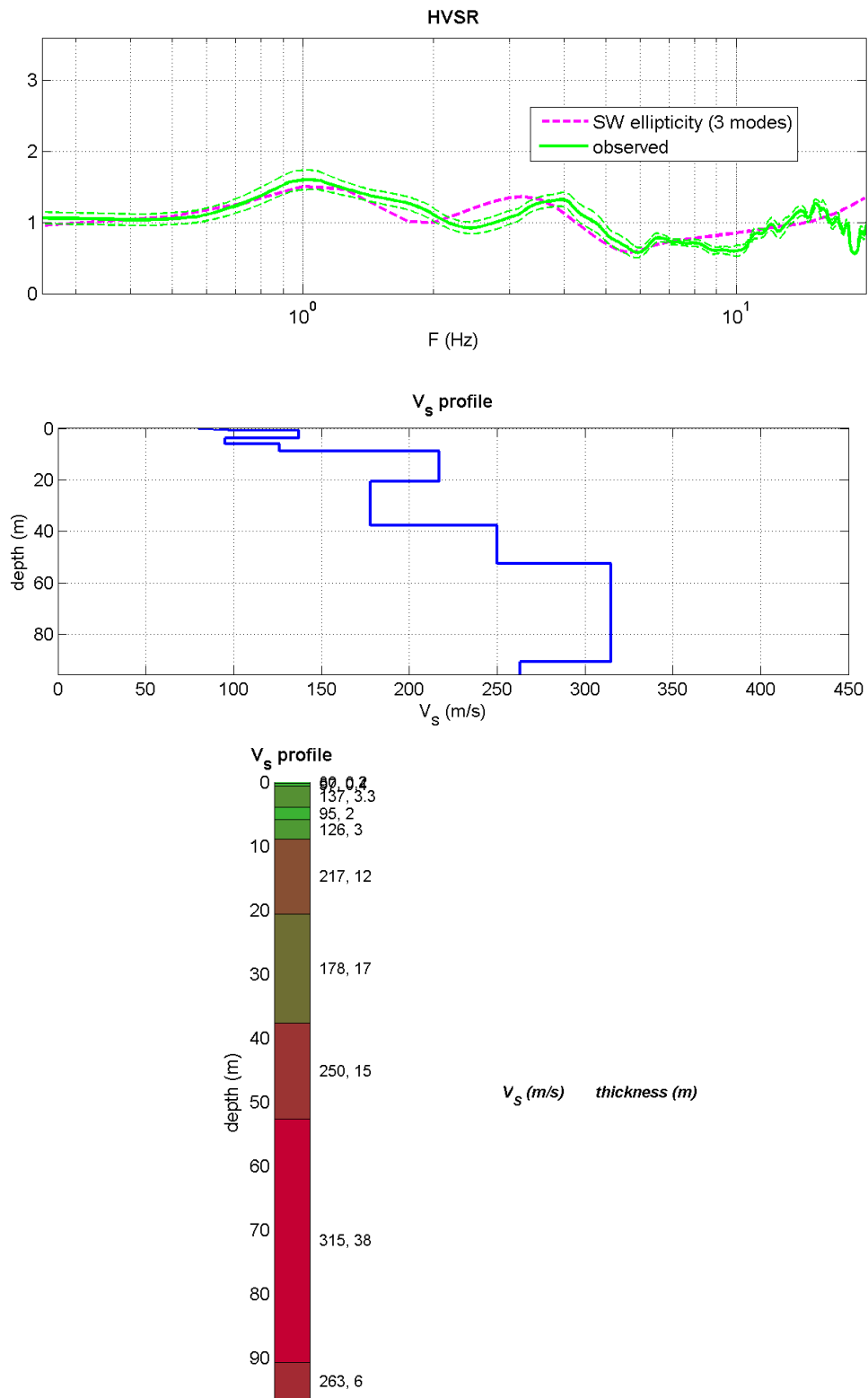
**(Analisi Rayleigh + Love + HVSr - Tr01)**

Analisi onde Rayleigh+Love (offset 60 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)





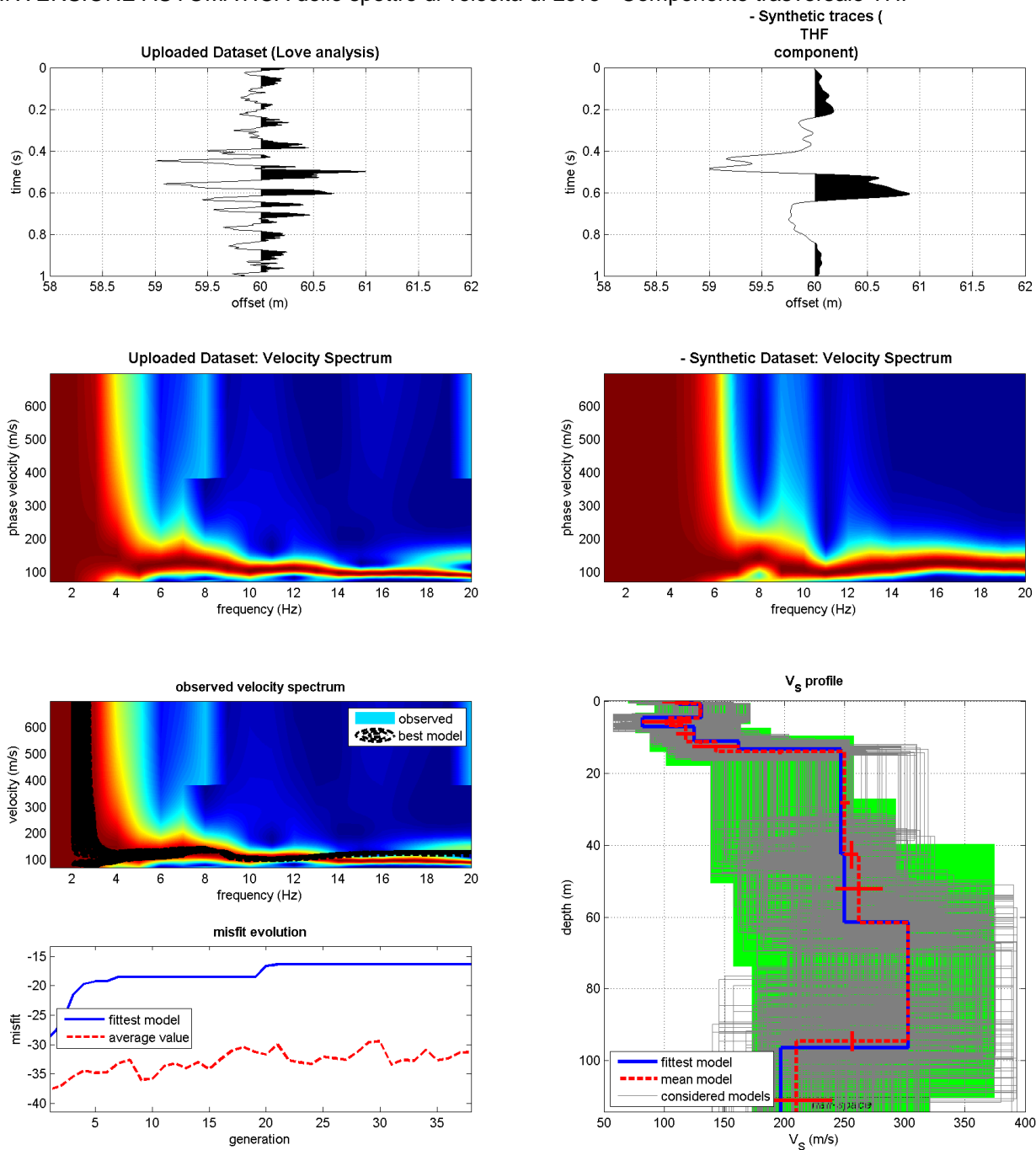
- Analisi HVSR - Tro2



Vs30 = Veq(m/s): 165

**CONCORDIA (MO), Via Boccaletta 4 - HoliSurface02a**  
**(Analisi Rayleigh + HVSR - Tr01)**

INVERSIONE AUTOMATICA dello spettro di velocità di Love - Componente trasversale THF



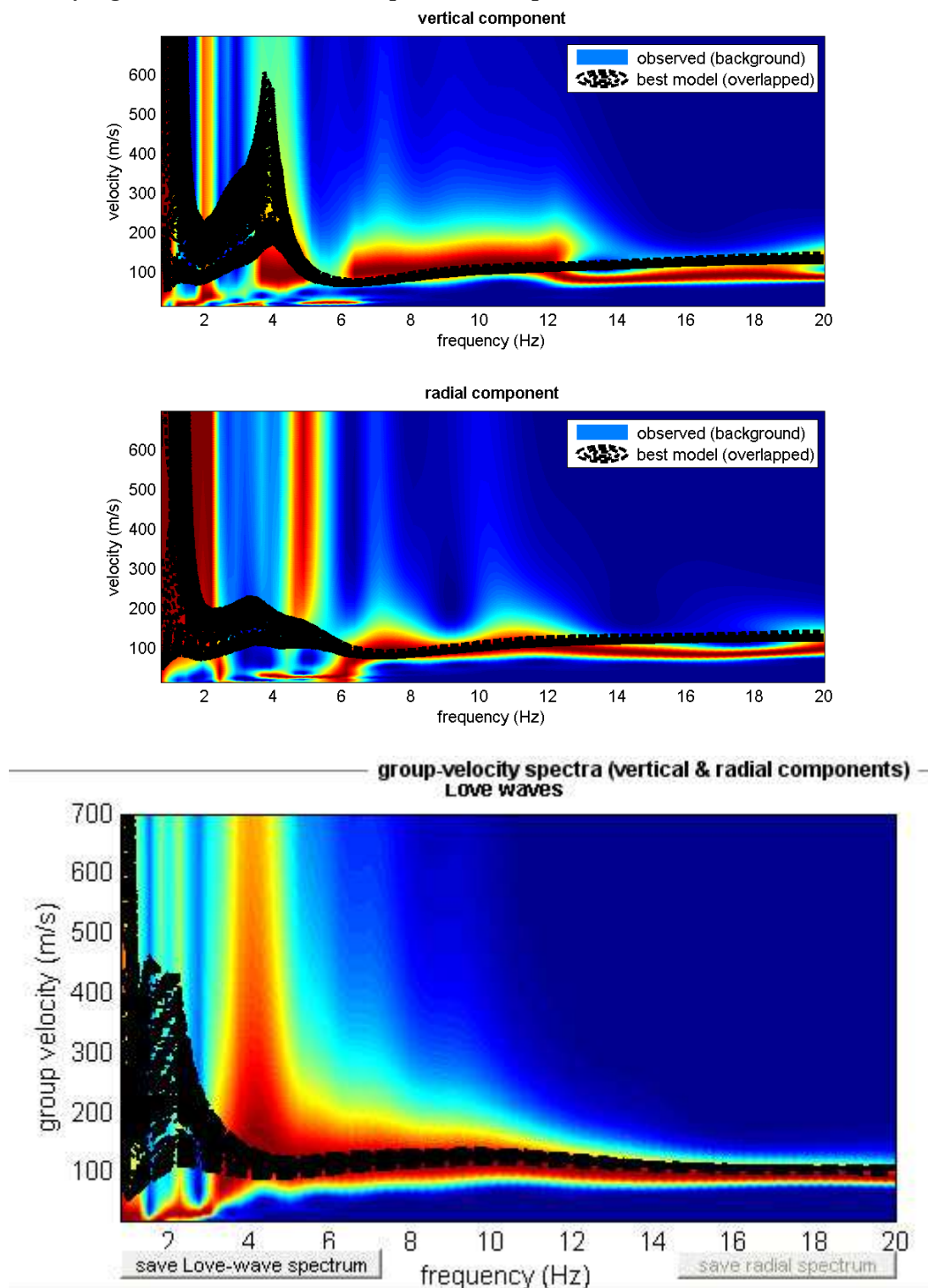
**HoliSurface®**

velocity spectrum: THF-60m.mat  
 $V_{s30}$  (best model): 167 m/s  
 $V_{s30}$  (mean model): 168 m/s

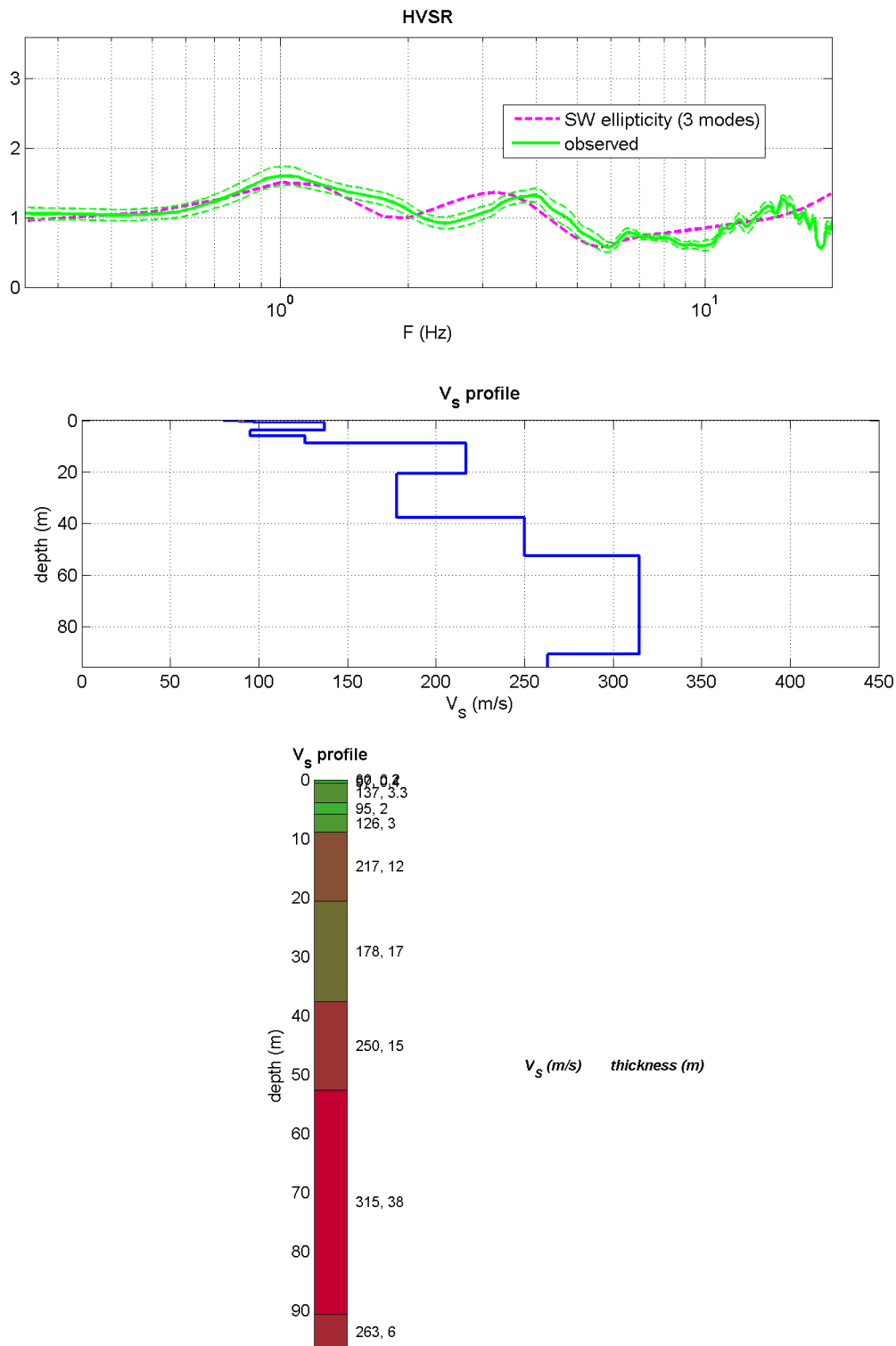
$V_{s30} = V_{eq}$  (m/s): 167

## CONCORDIA (MO), Via Boccaletta 4 - HoliSurface02b

Analisi onde Rayleigh+Love (offset 40 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)



- Analisi HVSR - Tro2

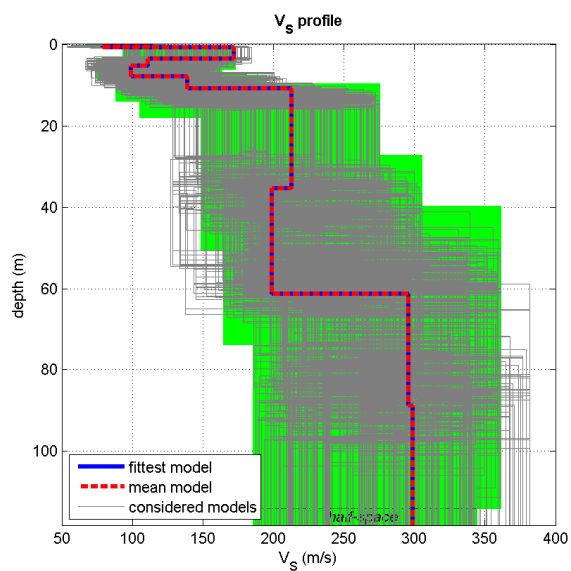
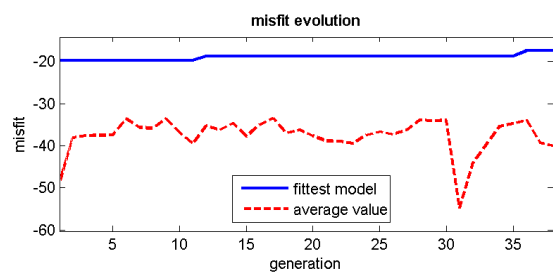
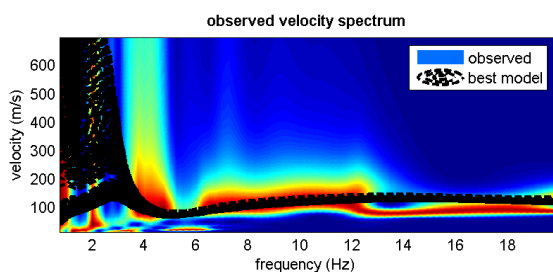
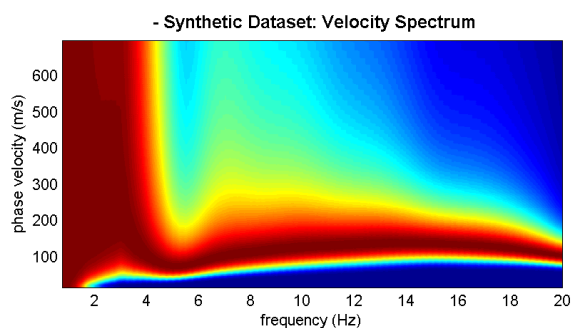
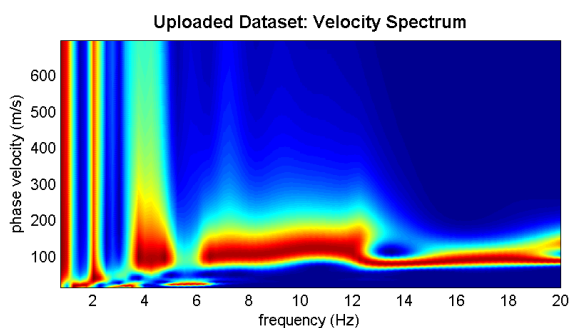
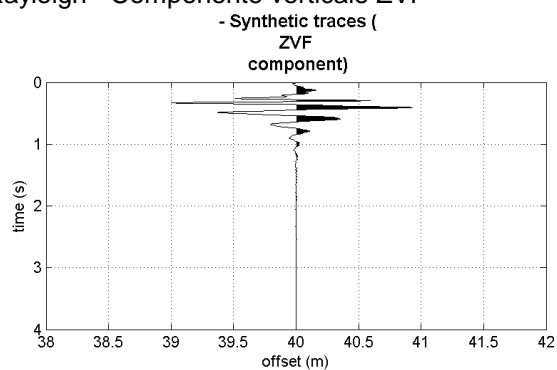
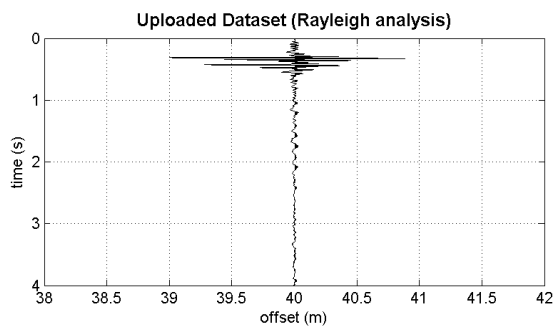


Vs30 = Veq (m/s): 165



**CONCORDIA (MO), Via Boccaletta 4 - HoliSurface02b  
(Analisi Rayleigh + HVSR - Tr01)**

INVERSIONE AUTOMATICA dello spettro di velocità di Rayleigh - Componente verticale ZVF



**HoliSurface®**

velocity spectrum: ZVF-40m.mat  
Vs30 (best model): 169 m/s  
Vs30 (mean model): 169 m/s

Vs30 = Veq (m/s): 169

Secondo quanto indicato nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17.01.18) § 3.2.2.:

*“Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.*

*In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può 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, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2..... Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.*

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Sulla base delle seguenti considerazioni:

- **interpretazione litostratigrafica del sito caratterizzata da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità,**
- **profondità del substrato oltre i 30 metri,**
- **valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s definiti da prove sismiche in sito,**
- **manca nel profilo stratigrafico di inversioni delle velocità delle onde sismiche, si precisa che è presente un'inversione di velocità delle onde sismiche non particolarmente significativa, immediatamente al di sotto dei 20 metri, si passa infatti da valori di  $V_s = 220$  m/s a  $V_s = 180$  m/s. A riferimento si prende quanto indicato negli "Indirizzi e Criteri Microzonazione Sismica 2008" a pag. 86: "La presenza di una inversione di velocità nel profilo delle  $V_s$  di una successione**

*litostratigrafica si intende realizzata quando un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con un rapporto  $V_s \text{ rig}/V_s \text{ sof} > 2$ , con la  $V_s$  dello strato più rigido maggiore di 500 m/s".*

**Sulla base di quanto indicato, secondo l'approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento il sito rientra in una categoria di sottosuolo D ( $V_s$ , eq =  $V_s_{(30)}$ : 165-169 m/s ).**

### 10.3. Analisi di pericolosità sismica locale di III° livello

Nella "Carte dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione", redatte dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (versione 1.0 – 14/11/2013), il sito di studio non ricade negli inviluppi , ma considerate le prove geognostiche e sismiche eseguite in sito, sarebbe corretto considerare il sito nell'inviluppo LQ2:  $FAPGA = 1.7$   $FH_{0.1-0.5s} = 1.9$ ;  $FH_{0.5-1.0s} = 2.6$  e presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 metri dal piano campagna.

**LQ1**

$FAPGA = 1.7$ ;  $FH_{0.1 - 0.5s} = 1.9$ ;  $FH_{0.5 - 1.0s} = 2.6$

Stima con abachi DAL 112/2007

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna

**LQ2**

$FAPGA = 1.7$ ;  $FH_{0.1 - 0.5s} = 1.9$ ;  $FH_{0.5 - 1.0s} = 2.6$

Stima con abachi DAL 112/2007

Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

Valore dell'Indice di Liquefazione (IL: classificazione secondo Sonmez, 2003).

stima IL 10 m		stima IL 15-20 m
<b>1.2</b> ◇	Rischio di liquefazione basso ( $0.0 < IL < 2.0$ )	□ <b>1.5</b>
<b>2.8</b> ◇	Rischio di liquefazione moderato ( $2.0 \leq IL < 5.0$ )	■ <b>3.3</b>
<b>5.4</b> ◆	Rischio di liquefazione elevato ( $5.0 \leq IL < 15.0$ )	■ <b>6.4</b>

Per ogni verticale di verifica è riportato il valore puntuale di IL

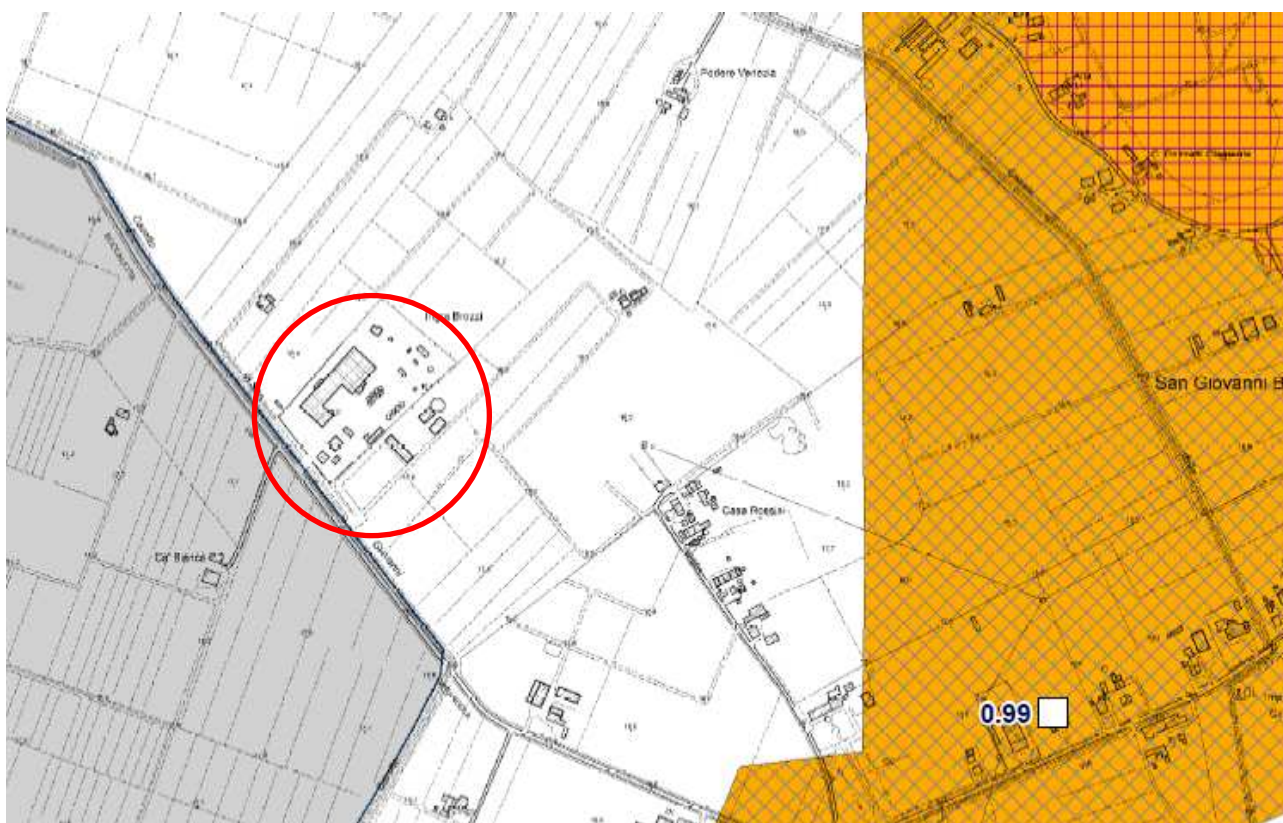


Fig.30. : Stralcio “Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione” RER Versione 1.0 del 14/11/2013.

**Sulla base delle indicazioni degli studi di Microzonazione sismica disponibili e in ottemperanza a quanto indicato dalla Provincia di Modena nelle richieste di integrazioni Prot. 0016367/2019 del 31/12/2019 inerenti la presentazione del PUA INGRA BROZZI viene prodotta nel cap. Seguento 10.3.1, un analisi di Risposta Sismica Locale con i contenuti richiesti per approfondimento di III livello dalla Dgr n. 630 del 29.04.2019.**

10.3.1 Valutazione fattore di amplificazione e parametri spettrali mediante analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello con i contenuti della Dgr 630/2019

Dal punto di vista strettamente fisico, per analisi di risposta sismica locale si intende la valutazione quantitativa delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite da un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S).

Dal punto di vista tecnico, è forse più significativa una valutazione alternativa di tale fenomeno, cioè quella che assume come moto sismico di riferimento quello relativo ad un ipotetico (o reale) affioramento della formazione rocciosa di base (A).

Il calcolo della risposta sismica locale nelle analisi di terzo livello è eseguito in ottemperanza alla Dgr 630 del 29/04/2019, e secondo i criteri del DM 2018.



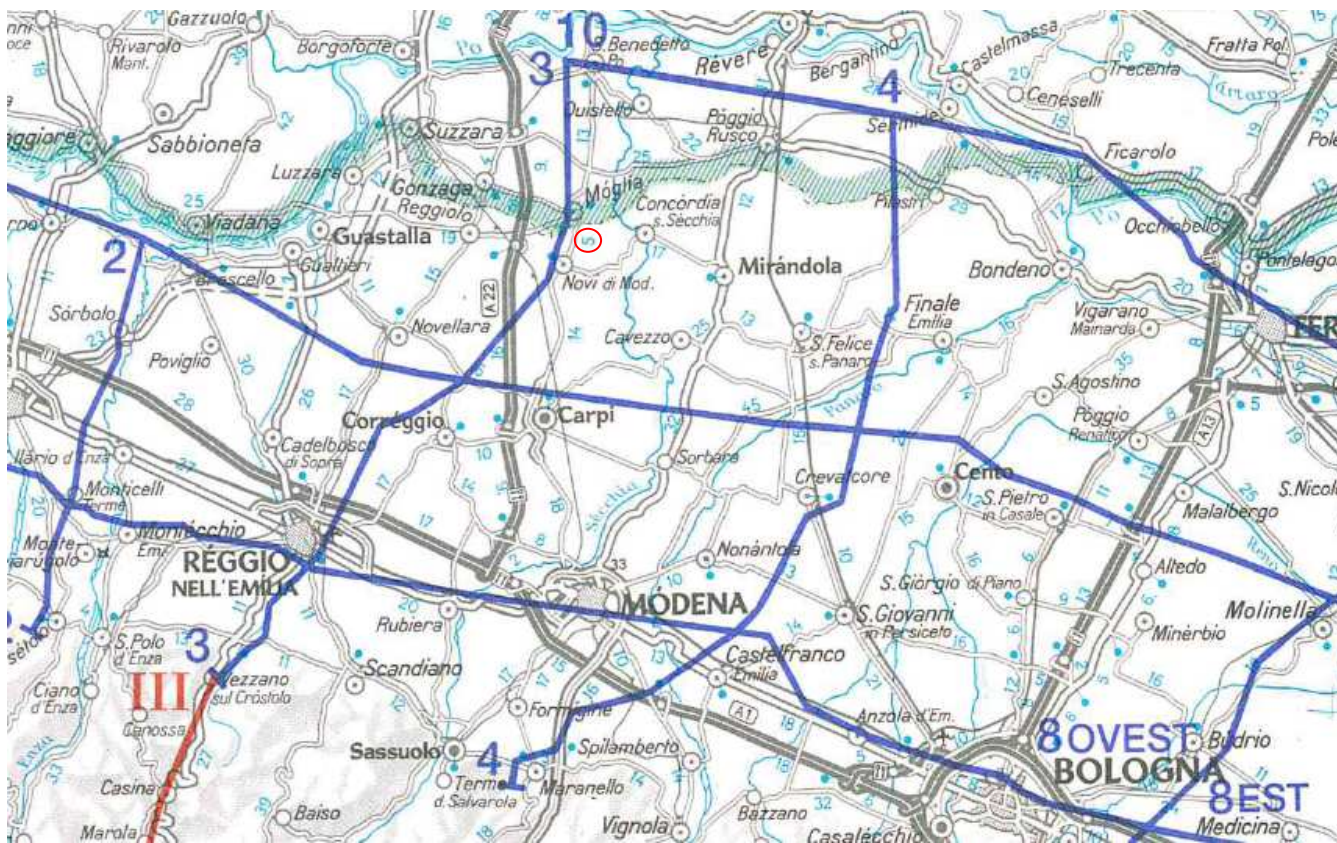
L'analisi di RSL è stata condotta secondo i seguenti step:

1) Ricostruzione del modello geologico-tecnico del sottosuolo attraverso indagini specifiche geognostiche e geofisiche.

La ricostruzione accurata del modello geologico e geofisico è desumibile dai dati geologici riportati nella presente relazione e dai risultati delle indagini geognostiche e sismiche che ha permesso la ricostruzione del profilo di velocità delle onde di taglio fino al substrato di terreno molto rigido caratterizzato dalla velocità delle onde di taglio  $> 800$  m/s.

Per poter valutare la velocità  $V_s$  tra la massima profondità raggiunta dalle indagini ed il bedrock sismico, si è fatto riferimento ai dati disponibili in letteratura, tipo i dati pubblicati nello studio "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio).

I lineamenti della struttura del sottosuolo sono definiti **dalla sezione geologica n. 3 realizzata per il Progetto Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna (1998)** passante immediatamente a nord del sito, in cui si evidenzia che la base della AES6 si trova a circa 100/120 m dal p.c.



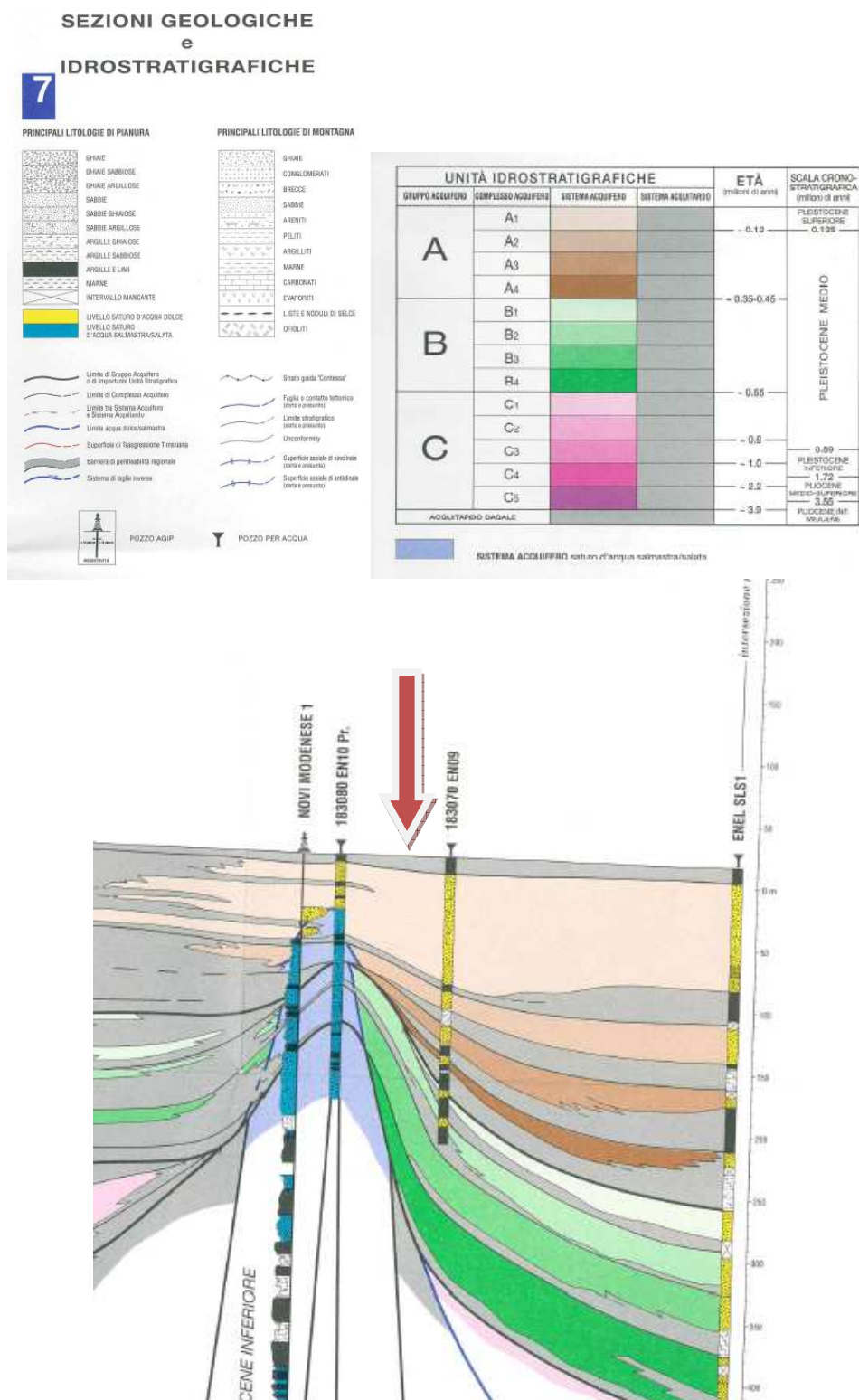


Fig.31. : Sezione geologica n. 3 Progetto Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna (1998) con evidenziata l'area di ubicazione dell'intervento con la freccia

Il valore della frequenza fondamentale misurato in sito, pari a 1.0 Hz che segna un contrasto di impedenza poco significativo ( $H/V > 2$ ) in caso di moto sismico, conferma la profondità di 100/120 metri come bedrock sismico

Il profilo utilizzato è:

INGRA BROZZI

Fundamental period (s) = 1.28  
Average shear wave velocity (m/sec) = 361.35  
Total number of sublayers = 22

	Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus $G_{max}$ (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m <sup>3</sup> )	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1.0		3.0	53.65		18	171		W	1.5	12.28
	2	1.0		5	46.97		18	160			5.5	45.04
	3	1.0		5.0	46.97		18	160			10.5	85.99
	4	1.0		2.0	46.97		18	160			14.0	114.66
	5	2.0		5.0	86.23		19	211			17.5	145.82
	6	3.0		5.0	198.46		20	312			22.5	194.27
	7	3.0		5.0	198.46		20	312			27.5	245.22
	8	3.0		5.0	198.46		20	312			32.5	296.17
	9	3.0		5.0	198.46		20	312			37.5	347.13
	10	3.0		6.0	210.07		20	321			43.0	403.17
	11	3.0		8.0	227.433212		20	334			50	474.49997
	12	4.0		7.0	346.063171		20	412			57.5	550.92499
	13	4.0		9.0	251.174301		20	351			65.5	632.44501
	14	4.0		5.0	354.513733		20	417			72.5	703.77502
	15	4.0		5.0	354.513733		20	417			77.5	754.72504
	16	4.0		5.0	354.513733		20	417			82.5	805.67505
	17	4.0		7.0	354.513733		20	417			88.5	866.81506
	18	4.0		5.0	495.268158		21	481			94.5	930.45508
	19	4.0		5.0	495.268158		21	481			99.5	986.40509
	20	4.0		9.0	495.268158		21	481			106.5	1064.7351
	21	5.0		5.0	938.776489		22	647			113.5	1145.5651
Bedrock	22	0.0		5.0	1736.67676	1	22	880	Outcrop		116	1176.04

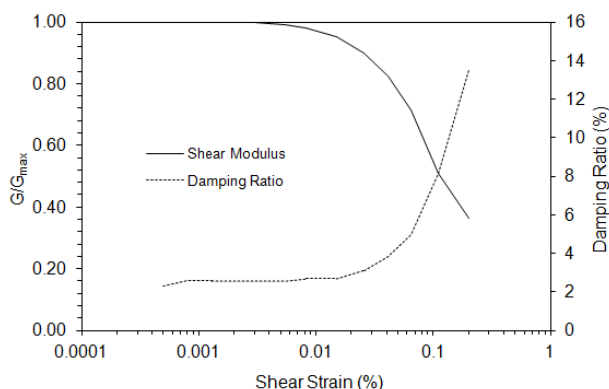
Per definire il comportamento non lineare dei terreni di fondazione sottoposti a carichi ciclici si è fatto riferimento, non avendo effettuate indagini dinamiche di laboratorio, a curve disponibili in letteratura sulle stesse tipologie di materiali e, dove è stato possibile, sulla base del profilo litostratigrafico della del sito, e considerando le profondità di prelievo dei campioni, si sono utilizzate le curve di decadimento dell'allegato 1.6 dei terreni, messe a disposizione dalla Regione Emilia Romagna alla D.g.r. 70/2012.

In particolare si sono utilizzate le seguenti curve:

## Materiale 1: ARGILLA LIMOSA S9 CI2 RC1 SAN CARLO ORDINANZA 70

ARGILLA LIMOSA S9 CI2 RC1 SAN CARLO ORDINANZA 70

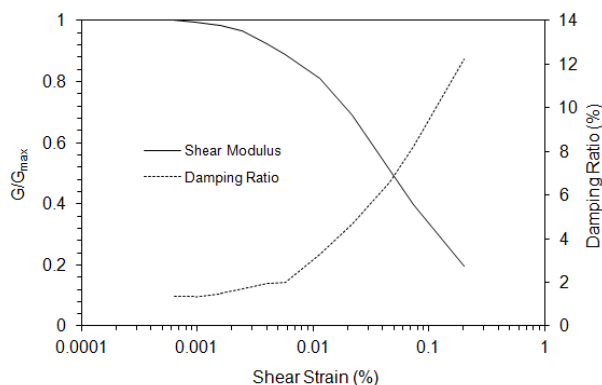
Strain (%)	G/G <sub>max</sub>	Strain (%)	Damping (%)
0.0002	1.00	0.0002	
0.0005	1.00	0.0005	2.309
0.0008	1.00	0.0008	2.571
0.0013	1.00	0.0013	2.571
0.0019	1.00	0.0019	2.571
0.0031	1.00	0.0031	2.571
0.0055	0.99	0.0055	2.571
0.0083	0.98	0.0083	2.683
0.015	0.95	0.0150	2.687
0.0258	0.90	0.0258	3.114
0.0414	0.82	0.0414	3.841
0.0648	0.71	0.0648	4.985
0.1108	0.51	0.1108	8.118
0.2021	0.36	0.2021	13.509



## Materiale 2: LIMO CON SABBIA ARGILLOSO S2 CI2 RC1 SAN CARLO ORDINANZA 70

LIMO CON SABBIA ARGILLOSO S2 CI2 RC1 SAN CARLO ORDINANZA 70

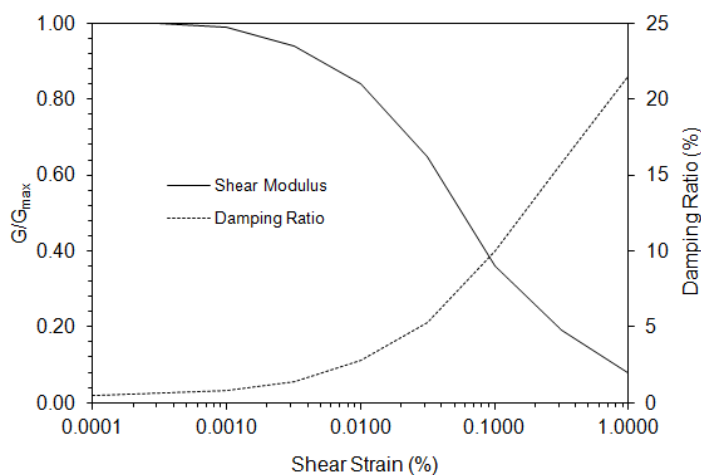
Strain (%)	G/G <sub>max</sub>	Strain (%)	Damping (%)
0.00015	1	0.00015	
0.0003	1	0.00030	
0.00064	1	0.00064	1.356
0.00097	0.995753715	0.00097	1.356
0.00161	0.983014862	0.00161	1.508
0.00245	0.968152866	0.00245	1.685
0.00406	0.925690021	0.00406	1.97
0.00583	0.889596603	0.00583	2.016
0.01159	0.81104034	0.01159	3.277
0.02178	0.692144374	0.02178	4.671
0.04659	0.50955414	0.04659	6.601
0.07419	0.399150743	0.07419	8.231
0.20062	0.197452229	0.20062	12.233



## Materiale 3: SABBIE (SEED & IDRIS 1970)

Modulus for sand (Seed & Idriss 1970) - Upper Range and damping for sand (Idriss 1990) - (about LRng from SI 1970)

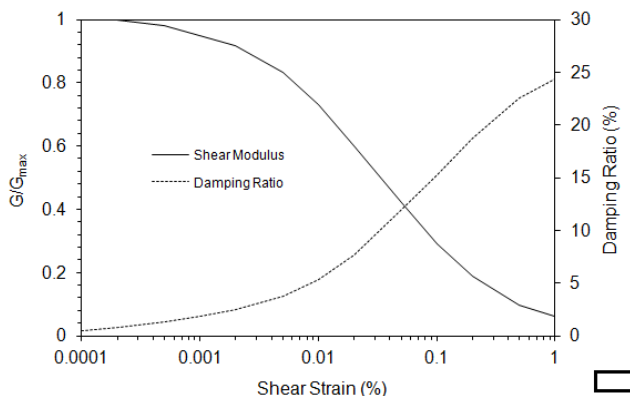
Strain (%)	G/G <sub>max</sub>	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1.00	0.0001	0.5
0.0003	1.00	0.0003	0.6
0.0010	0.99	0.0010	0.8
0.0032	0.94	0.0032	1.4
0.0100	0.84	0.0100	2.8
0.0316	0.65	0.0316	5.3
0.1000	0.36	0.1000	10
0.3160	0.19	0.3160	15.8
1.0000	0.08	1.0000	21.5





## Materiale 4: SABBIE ADDENSATE CURVE DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

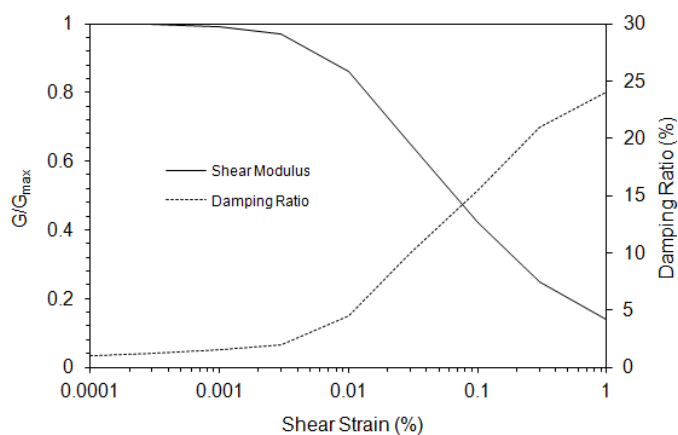
Strain (%)	G/G <sub>max</sub>	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	0.5
0.0002	0.998	0.0002	0.8
0.0005	0.98	0.0005	1.3
0.001	0.949	0.001	1.9
0.002	0.917	0.002	2.5
0.005	0.832	0.005	3.7
0.01	0.729	0.01	5.3
0.02	0.6	0.02	7.7
0.05	0.421	0.05	12
0.1	0.291	0.1	15.3
0.2	0.188	0.2	18.7
0.5	0.098	0.5	22.6
1	0.06	1	24.4



## Materiale 5: ALLUVIONI GHIAIOSE

Alluvioni ghiaiose

Strain (%)	G/G <sub>max</sub>	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	1
0.0003	1	0.0003	1.2
0.001	0.99	0.001	1.5
0.003	0.97	0.003	2
0.01	0.86	0.01	4.5
0.03	0.65	0.03	10
0.1	0.42	0.1	15.5
0.3	0.25	0.3	21
1	0.14	1	24



### 2) Definizione del modello di calcolo

L'analisi di risposta sismica locale è stata effettuata con il programma EERA [Bardet et al., 2000], che fa riferimento ad un modello costitutivo del terreno di tipo viscoelastico lineare-equivalente.

Questo codice di calcolo, derivato direttamente da SHAKE [Schnalbe et al., 1972], lavora in termini di tensioni totali, con un modello a strati piano-paralleli e a comportamento viscoelastico lineare equivalente.

Per ogni strato di terreno occorre definire spessore, massa volumica e le curve che descrivono la degradazione del modulo di taglio e dello smorzamento in funzione del livello di deformazione di taglio.

Si ipotizza che il moto sismico, applicato al substrato, sia costituito da onde che si propagano in direzione verticale, perpendicolarmente alla direzione di giacitura degli strati.

### 3) Moto di input

Per poter effettuare tali analisi, è necessario definire l'azione sismica da applicare al substrato roccioso, rappresentata da un numero prefissato di registrazioni accelerometriche. Si sono utilizzati accelerogrammi naturali (il numero minimo che consente di far riferimento ai valori medi dei risultati, secondo quanto prescritto dalle NTC 08 e NTC 2018) selezionato da banche accelerometriche digitali (ITACA 2008), imponendo i criteri di scelta e spettro-compatibilità imposti dalle NTC 08.

Il primo criterio per la selezione degli accelerogrammi reali è la compatibilità con i vincoli sismo tettonici del contesto geologico regionale ed, in particolare, con i valori di magnitudo, distanza epicentrale e i meccanismi focali dei terremoti di scenario che contribuiscono maggiormente alla pericolosità del sito.

Tale informazione può essere ottenuta dall'analisi di disaggregazione della pericolosità. I risultati della disaggregazione dello studio di pericolosità sismica sono disponibili sul sito web dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) per tutto il territorio nazionale, con riferimento ai punti del reticolo in cui esso è stato suddiviso.

Per il sito in esame, il sito web dell'INGV fornisce un valore medio di magnitudo  $M=4.940$  e distanza epicentrale  $d=9.990$  km.

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.940	9.990	0.491

Gli accelerogrammi spettro-compatibili sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica ISESD attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ITACA.

Gli accelerogrammi selezionati per il sito in esame sono spettro-compatibili, in media, con lo spettro di risposta elastico su suolo di categoria A prescritto dalle NTC 18 per il periodo di ritorno di 475 anni, nell'intervallo di periodo specificato (fino a 2 secondi).

**Le componenti orizzontali degli accelerogrammi utilizzati nelle analisi, il confronto tra i corrispondenti spettri, lo spettro medio e lo spettro di normativa delle NTC 08 sono illustrati nella figura sottostante.**

La banca dati scelta è ITACA e gli accelerogrammi sono reperibili sul sito <http://itaca.mi.ingv.it>.

I dati degli accelerogrammi spettro-compatibili selezionati sono di seguito riportati:

#### Target spectrum

=====

Latitude: 44.912324

Longitude: 10.96339

Site classification: A

Topography: 1

Nominal life [years]: 50

Building functional type (Cu): 1.0

Limit state probability : 0.1

Preliminary record search

=====

Station site classification: A,A\*

Magnitude min: 5.5

Magnitude max: 6.5

Types of magnitude considered: WL

Epicentral distance min [km]: 0.0

Epicentral distance max [km]: 30.0

Include late trigger events: yes

Include analog recordings: yes

### **Scaled records and corresponding scale factors**

=====

IT.VGG..HNE.D.19980909.112800.C.SA.ASC 1.890

IT.LSS..HGE.D.20170118.101412.C.SA.ASC 9.401

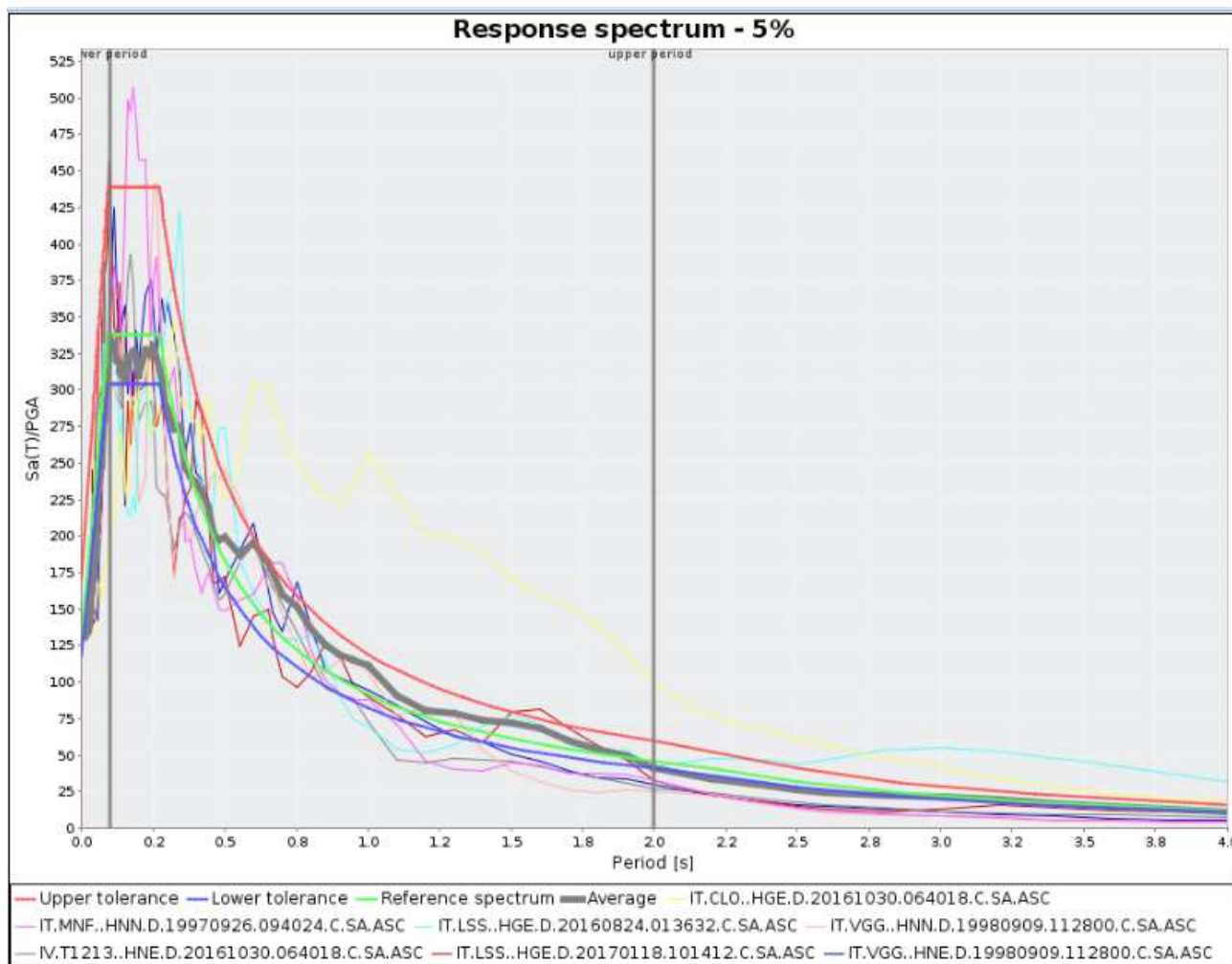
IV.T1213..HNE.D.20161030.064018.C.SA.ASC 0.167

IT.VGG..HNN.D.19980909.112800.C.SA.ASC 1.814

IT.LSS..HGE.D.20160824.013632.C.SA.ASC 5.678

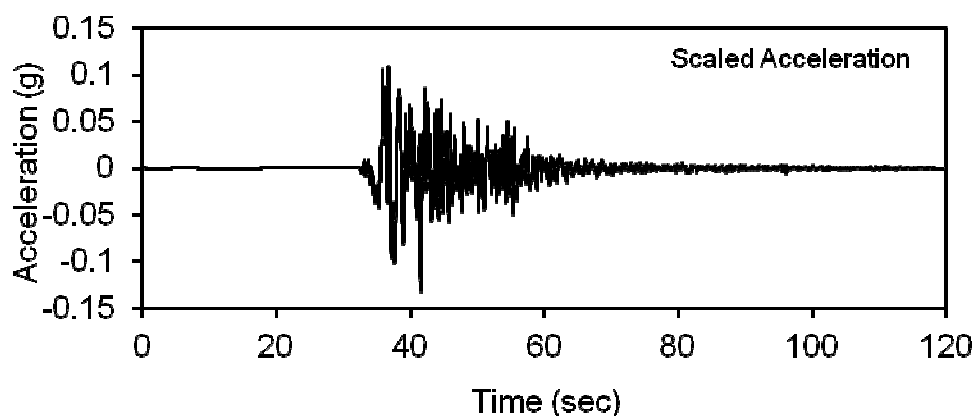
IT.MNF..HNN.D.19970926.094024.C.SA.ASC 5.672

IT.CLO..HGE.D.20161030.064018.C.SA.ASC 0.312



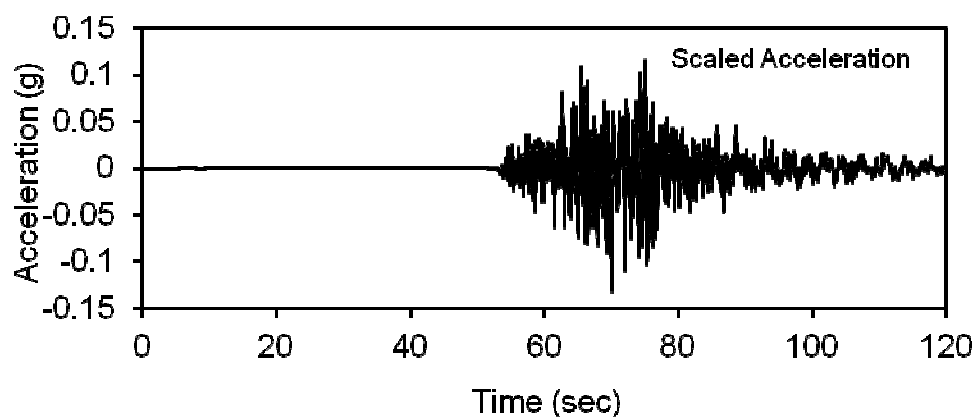
Al fine di ottenere la spettro-compatibilità, gli accelerogrammi selezionati sono stati tutti scalati, prima dell'analisi, linearmente al valore di accelerazione di picco prescritta dalle NTC 18 per il sito in oggetto.

**IT.CLO..HGE.D.20161030.064018.C.SA.ASC 0.312 CASTELLUCCIO NORCIA 2016**

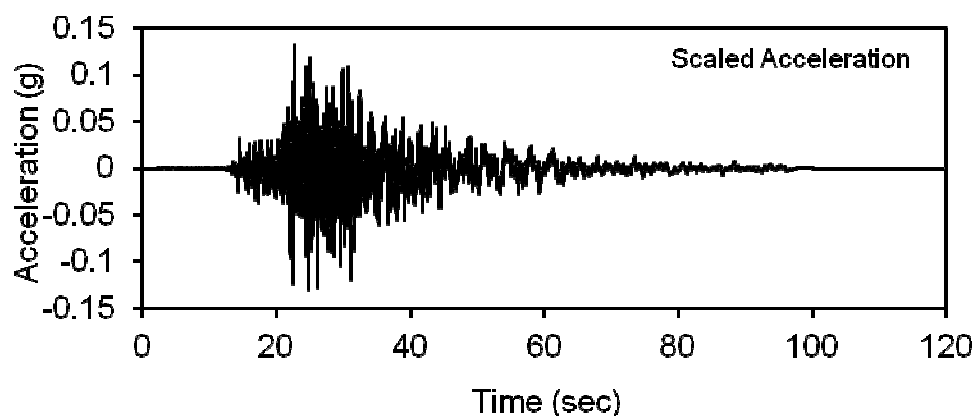




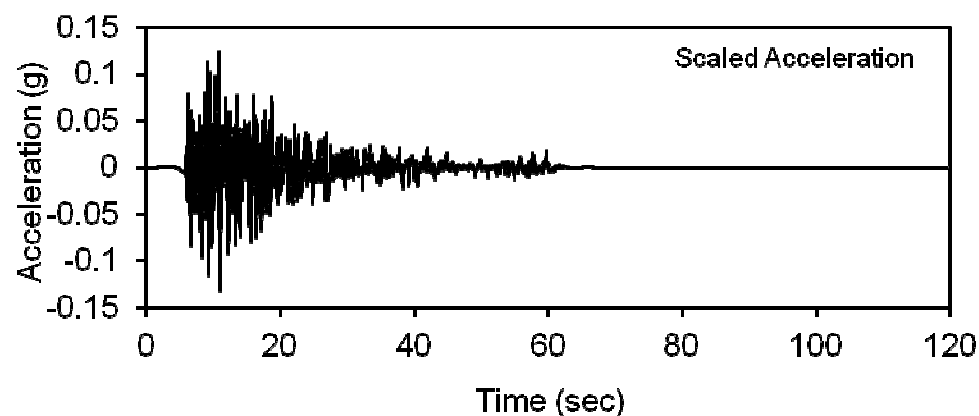
**IT.LSS..HGE.D.20160824.013632.C.SA.ASC 5.678 LEONESSA NUOVA 2016**



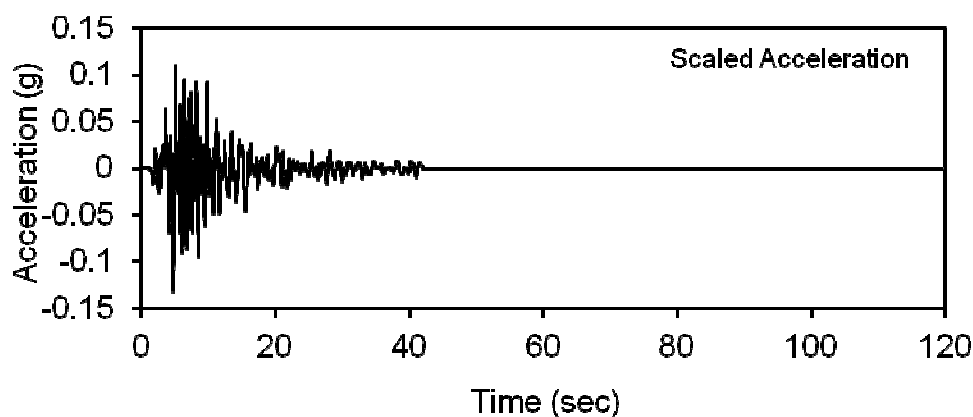
**IT.LSS..HGE.D.20170118.101412.C.SA.ASC 9.401 LEONESSA NUOVA 2017**



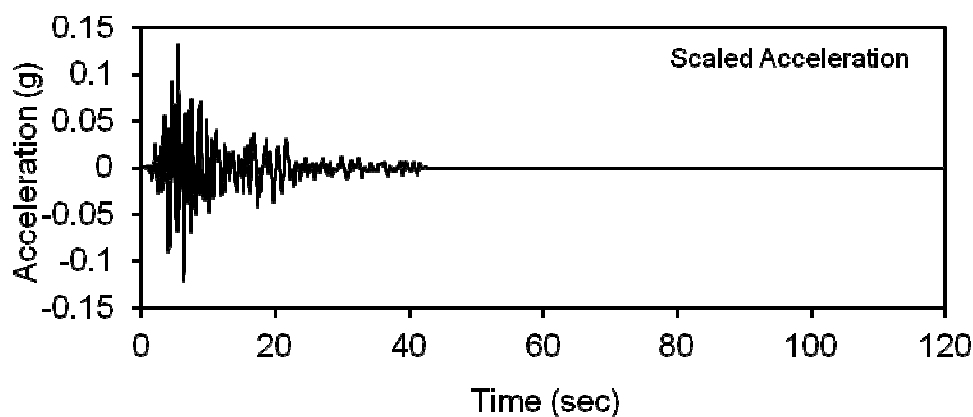
**IT.MNF..HNN.D.19970926.094024.C.SA.ASC 5.672 MONTE FIEGNI 1997**



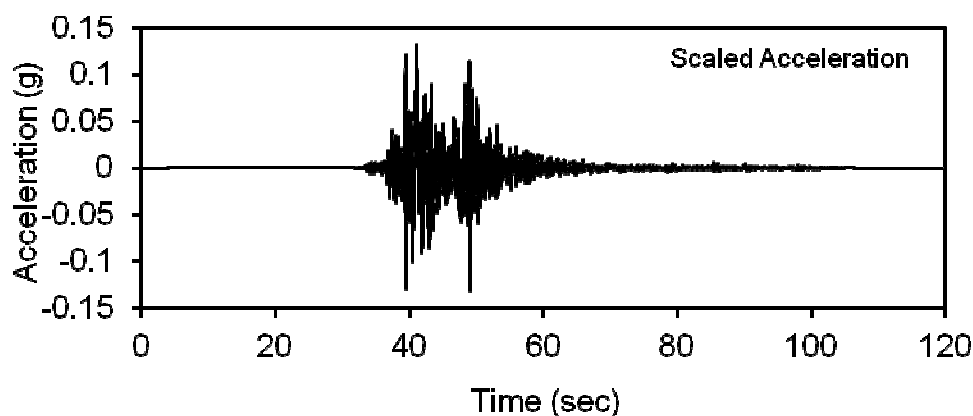
**IT.VGG..HNE.D.19980909.112800.C.SA.ASC 1.890 VIGGIANELLO 1998**



**IT.VGG..HNN.D.19980909.112800.C.SA.ASC 1.814 VIGGIANELLO 1998**



**IV.T1213..HNE.D.20161030.064018.C.SA.ASC 0.167 SAVELLI 2016**



*Fig.32. : Accelerogrammi spettro-compatibili scalati selezionati da banche accelerometriche digitali (ITACA 2008) per il sito di studio.*

La  $PGA_0$  Rdi cioè la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido così come indicato nel reticolo di riferimento per tempo di ritorno di 475 anni è pari a 0.133g. La modellazione numerica ha il fine di fornire gli spettri di risposta con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$ .

**I sette spettri attesi e lo spettro medio con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$  per il sito di studio, sono indicati nella figura 33.**

**Gli spettri vengono confrontati con gli spettri di norma per un suolo di tipo C, per un suolo di tipo D (classe d'uso II) .**

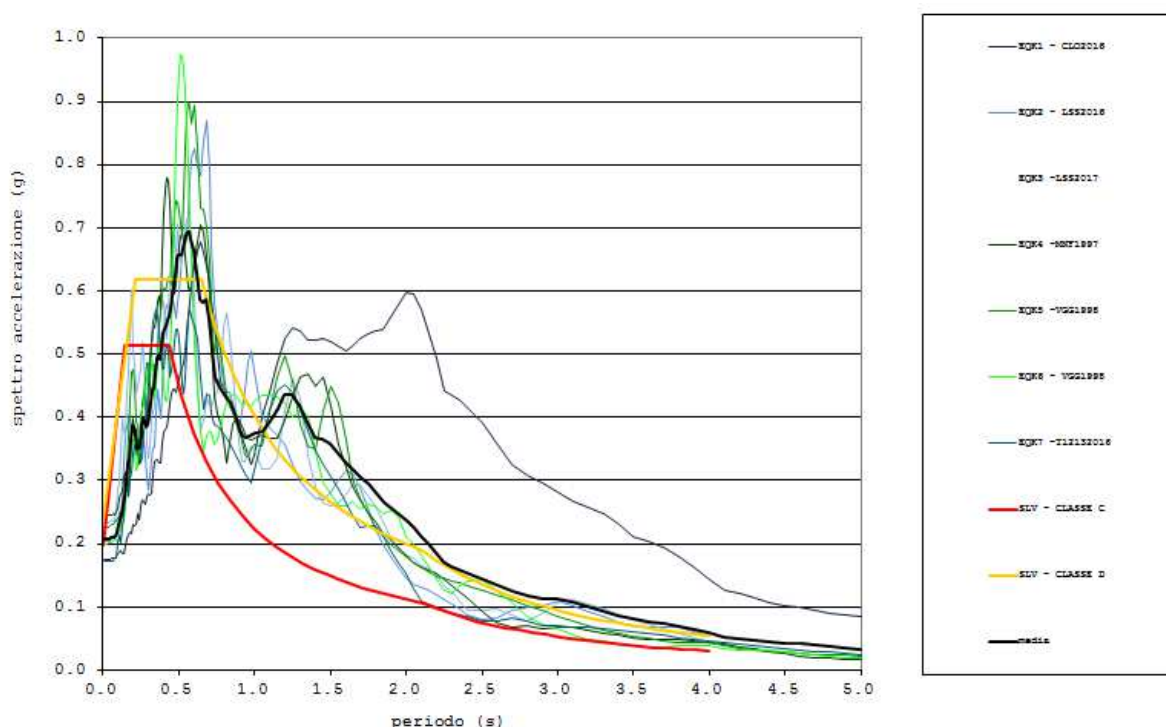


Fig.33. :Spettri attesi con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$  per il sito di studio e confronto con spettri di norma per suoli di tipo C e di tipo D

Nella figura 34 viene riportato lo spettro medio ottenuto in superficie fino a  $T=0.5$  s e confrontato con gli spettri di norma di tipo C e D. **Per periodi inferiori a 0.45 s lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è inferiore agli spettri di norma ottenuti con procedura semplificata per un suolo di tipo C.**

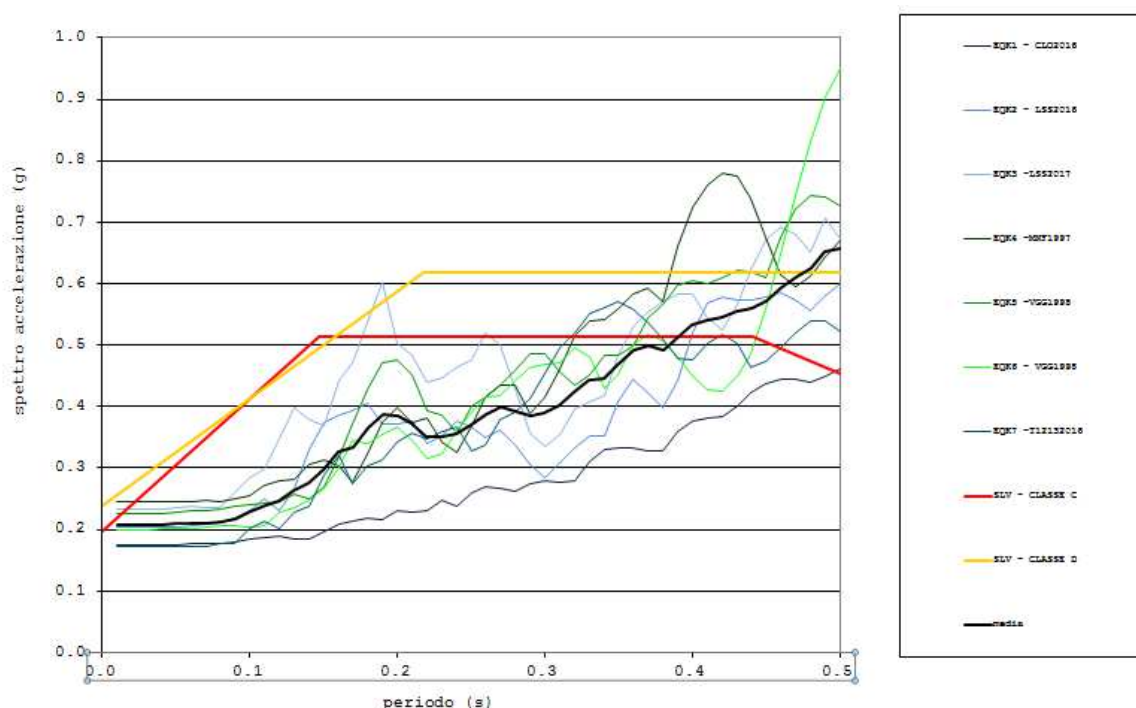


Fig.34. :Spettri attesi con periodo di ritorno di 475anni e smorzamento  $\xi = 5\%$  per il sito di studio per periodo  $T$  compreso fra 0.00 e 0.5 sec.

Nella figura 35 viene riportato lo spettro medio ottenuto in superficie da  $T=0.5$  s a  $T = 1.5$  s e confrontato con lo spettro di norma di tipo C e di tipo D.

**Per periodi compresi fra 0.45 s e 0.7 s lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è superiore agli spettri di norma ottenuti con procedura semplificata per un suolo di tipo D. Per periodi compresi fra 0.7 e 1.1 s lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è inferiore agli spettri di norma ottenuti con procedura semplificata per un suolo di tipo D.**

L'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.



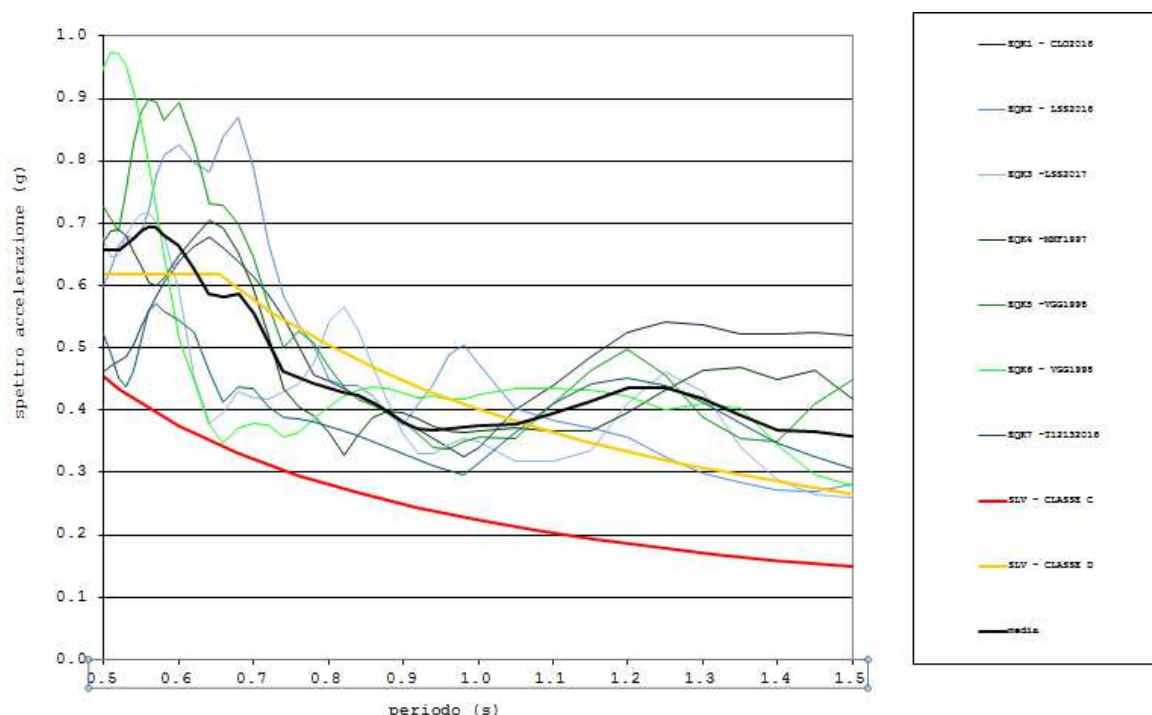


Fig.35. :Spettri attesi con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$  per il sito di studio per periodo  $T$  compreso fra 0.50 e 1.5 sec.

I parametri spettrali per i sette sismi di riferimento e i parametri spettrali dello spettro medio vengono riportati di seguito in forma numerica.

	EQK1 - CLO2016	EQK2 - LSS2016	EQK3 - LSS2017	EQK4 - MNF1997	EQK5 - VGG1998	EQK6 - VGG1998	EQK7 - T12132016	
Period	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	Abs Accel	
sec	g	g	g	g	g	g	g	media g
0.01	0.1742	0.2026	0.2327	0.2451	0.2250	0.1993	0.1712	0.21
0.02	0.1742	0.2026	0.2327	0.2451	0.2250	0.1993	0.1712	0.21
0.03	0.1745	0.2032	0.2331	0.2454	0.2257	0.1998	0.1715	0.21
0.04	0.1748	0.2040	0.2337	0.2457	0.2267	0.2005	0.1717	0.21
0.05	0.1753	0.2033	0.2353	0.2460	0.2279	0.2013	0.1725	0.21
0.06	0.1759	0.2066	0.2372	0.2463	0.2293	0.2023	0.1728	0.21
0.07	0.1767	0.2091	0.2351	0.2464	0.2313	0.2040	0.1728	0.21
0.08	0.1775	0.2116	0.2349	0.2460	0.2328	0.2057	0.1774	0.21
0.09	0.1783	0.2173	0.2604	0.2493	0.2368	0.2074	0.1777	0.22
0.10	0.1837	0.2315	0.2846	0.2557	0.2394	0.2040	0.2011	0.23
0.11	0.1875	0.2507	0.2986	0.2728	0.2428	0.2060	0.2126	0.24
0.12	0.1895	0.2300	0.3463	0.2802	0.2441	0.2281	0.2003	0.25
0.13	0.1845	0.2664	0.3977	0.2815	0.2573	0.2353	0.2284	0.26
0.14	0.1850	0.3300	0.3793	0.3065	0.2495	0.2466	0.2382	0.28
0.15	0.1955	0.3736	0.3691	0.3139	0.2695	0.2658	0.2898	0.30
0.16	0.2098	0.3854	0.4422	0.3040	0.3190	0.3018	0.3200	0.33

0.17	0.2127	0.3939	0.4707	0.2760	0.3721	0.3440	0.2750	0.33
0.18	0.2173	0.4045	0.5375	0.3224	0.4274	0.3410	0.3033	0.36
0.19	0.2169	0.3721	0.6029	0.3745	0.4706	0.3554	0.3129	0.39
0.20	0.2297	0.3714	0.5034	0.3978	0.4765	0.3668	0.3416	0.38
0.21	0.2271	0.3764	0.4837	0.3736	0.4508	0.3456	0.3564	0.37
0.22	0.2309	0.3395	0.4404	0.3808	0.3936	0.3144	0.3481	0.35
0.23	0.2468	0.3518	0.4467	0.3412	0.3871	0.3226	0.3582	0.35
0.24	0.2378	0.3765	0.4641	0.3264	0.3574	0.3626	0.3678	0.36
0.25	0.2587	0.3661	0.4763	0.3696	0.4005	0.3916	0.3287	0.37
0.26	0.2683	0.3485	0.5189	0.4147	0.4158	0.4158	0.3366	0.39
0.27	0.2662	0.3621	0.5013	0.4359	0.4347	0.4169	0.3799	0.40
0.28	0.2627	0.3368	0.4289	0.4344	0.4587	0.4420	0.3897	0.39
0.29	0.2731	0.3067	0.3573	0.3874	0.4858	0.4633	0.4129	0.38
0.30	0.2795	0.2843	0.3360	0.4158	0.4865	0.4688	0.4552	0.39
0.31	0.2768	0.3075	0.3538	0.4603	0.4554	0.4708	0.4961	0.40
0.32	0.2798	0.3328	0.3946	0.5140	0.4356	0.4956	0.5204	0.42
0.33	0.3110	0.3517	0.4089	0.5383	0.4510	0.4817	0.5525	0.44
0.34	0.3304	0.3510	0.4169	0.5424	0.4828	0.4301	0.5606	0.44
0.35	0.3332	0.4075	0.4823	0.5593	0.4831	0.4506	0.5703	0.47
0.36	0.3334	0.4445	0.5305	0.5830	0.4978	0.4998	0.5589	0.49
0.37	0.3266	0.4231	0.5549	0.5919	0.5438	0.5178	0.5362	0.50
0.38	0.3268	0.3989	0.5719	0.5697	0.5662	0.5065	0.5089	0.49
0.39	0.3598	0.4410	0.5835	0.6609	0.5974	0.4801	0.4778	0.51
0.40	0.3766	0.5186	0.5837	0.7249	0.6045	0.4498	0.4753	0.53
0.41	0.3806	0.5682	0.5440	0.7605	0.6010	0.4274	0.5016	0.54
0.42	0.3841	0.5789	0.5250	0.7788	0.6094	0.4250	0.5165	0.55
0.43	0.4012	0.5735	0.5662	0.7745	0.6214	0.4485	0.5019	0.56
0.44	0.4228	0.5731	0.6222	0.7373	0.6192	0.4858	0.4629	0.56
0.45	0.4369	0.5774	0.6708	0.6741	0.6097	0.5592	0.4732	0.57
0.46	0.4440	0.5852	0.6930	0.6151	0.6762	0.6475	0.4950	0.59
0.47	0.4438	0.5733	0.6801	0.5942	0.7225	0.7423	0.5199	0.61
0.48	0.4385	0.5565	0.6515	0.6117	0.7423	0.8310	0.5384	0.62
0.49	0.4499	0.5801	0.7057	0.6432	0.7401	0.9031	0.5399	0.65
0.50	0.4608	0.5997	0.6731	0.6708	0.7259	0.9510	0.5230	0.66
0.51	0.4702	0.6264	0.6460	0.6872	0.7079	0.9747	0.4915	0.66
0.52	0.4788	0.6629	0.6485	0.6904	0.6884	0.9720	0.4515	0.66
0.53	0.4867	0.6803	0.6795	0.6793	0.7528	0.9515	0.4381	0.67
0.54	0.5048	0.6754	0.7016	0.6539	0.8292	0.9117	0.4634	0.68
0.55	0.5336	0.6859	0.7148	0.6305	0.8787	0.8596	0.5125	0.69
0.56	0.5596	0.7217	0.7156	0.6039	0.8991	0.7951	0.5609	0.69
0.57	0.5828	0.7785	0.7027	0.6007	0.8942	0.7245	0.5718	0.69
0.58	0.6037	0.8101	0.6792	0.6109	0.8656	0.6476	0.5578	0.68
0.60	0.6395	0.8259	0.5906	0.6488	0.8934	0.5154	0.5448	0.67
0.62	0.6639	0.7970	0.4528	0.6783	0.8256	0.4459	0.5235	0.63
0.64	0.6777	0.7817	0.3793	0.7044	0.7305	0.3752	0.4617	0.59
0.66	0.6598	0.8389	0.3952	0.6929	0.7298	0.3480	0.4125	0.58

0.68	0.6399	0.8688	0.4291	0.6542	0.6992	0.3716	0.4371	0.59
0.70	0.6150	0.7904	0.4210	0.5955	0.6457	0.3787	0.4345	0.55
0.72	0.5850	0.6669	0.4168	0.5208	0.5680	0.3758	0.4050	0.51
0.74	0.5478	0.5822	0.4305	0.4341	0.5013	0.3568	0.3889	0.46
0.76	0.5038	0.5367	0.4421	0.4043	0.5258	0.3642	0.3862	0.45
0.78	0.4564	0.5023	0.4751	0.3920	0.5074	0.3857	0.3805	0.44
0.80	0.4475	0.4497	0.5419	0.3650	0.4695	0.4060	0.3738	0.44
0.82	0.4355	0.4400	0.5664	0.3268	0.4376	0.4222	0.3666	0.43
0.84	0.4229	0.4384	0.5290	0.3587	0.4188	0.4326	0.3588	0.42
0.86	0.4094	0.4217	0.4714	0.3874	0.4069	0.4368	0.3501	0.41
0.88	0.3960	0.3943	0.4126	0.3993	0.3950	0.4349	0.3404	0.40
0.90	0.3823	0.3767	0.3612	0.3965	0.3805	0.4275	0.3300	0.38
0.92	0.3685	0.4092	0.3307	0.3860	0.3629	0.4190	0.3195	0.37
0.94	0.3543	0.4422	0.3297	0.3743	0.3400	0.4214	0.3099	0.37
0.96	0.3401	0.4874	0.3439	0.3665	0.3365	0.4171	0.3022	0.37
0.98	0.3261	0.5044	0.3544	0.3642	0.3486	0.4185	0.2969	0.37
1.00	0.3406	0.4747	0.3501	0.3659	0.3566	0.4256	0.3167	0.38
1.05	0.4003	0.4035	0.3175	0.3715	0.3540	0.4346	0.3647	0.38
1.10	0.4393	0.3846	0.3190	0.3664	0.4095	0.4358	0.4098	0.39
1.15	0.4849	0.3726	0.3356	0.3673	0.4647	0.4331	0.4414	0.41
1.20	0.5244	0.3575	0.4113	0.3955	0.4976	0.4223	0.4508	0.44
1.25	0.5405	0.3257	0.4615	0.4332	0.4553	0.4011	0.4387	0.44
1.30	0.5377	0.2986	0.4286	0.4627	0.3879	0.4114	0.4118	0.42
1.35	0.5218	0.2838	0.3405	0.4691	0.3548	0.4023	0.3783	0.39
1.40	0.5220	0.2720	0.2889	0.4502	0.3497	0.3459	0.3473	0.37
1.45	0.5238	0.2689	0.2657	0.4643	0.4093	0.2958	0.3260	0.36
1.50	0.5191	0.2811	0.2593	0.4179	0.4486	0.2786	0.3054	0.36
1.55	0.5119	0.3016	0.2635	0.3565	0.4223	0.2596	0.2854	0.34
1.60	0.5053	0.3150	0.2802	0.3205	0.3640	0.2585	0.2655	0.33
1.65	0.5132	0.3105	0.2904	0.2912	0.3030	0.2663	0.2454	0.32
1.70	0.5250	0.2886	0.2928	0.2689	0.2729	0.2553	0.2254	0.30
1.75	0.5330	0.2566	0.2778	0.2511	0.2489	0.2622	0.2271	0.29
1.80	0.5361	0.2227	0.2585	0.2344	0.2251	0.2585	0.2276	0.28
1.85	0.5399	0.1979	0.2352	0.2163	0.2120	0.2481	0.2127	0.27
1.90	0.5586	0.1799	0.2094	0.2056	0.1996	0.2525	0.1892	0.26
1.95	0.5790	0.1633	0.1918	0.1951	0.1886	0.2424	0.1694	0.25
2.00	0.5967	0.1466	0.1827	0.1825	0.1792	0.2107	0.1517	0.24
2.05	0.5950	0.1359	0.1761	0.1686	0.1706	0.1991	0.1295	0.22
2.10	0.5712	0.1312	0.1655	0.1622	0.1623	0.1821	0.1099	0.21
2.15	0.5314	0.1253	0.1603	0.1581	0.1540	0.1624	0.1033	0.20
2.20	0.4925	0.1185	0.1492	0.1518	0.1488	0.1433	0.0981	0.19
2.25	0.4422	0.1111	0.1323	0.1436	0.1452	0.1271	0.0938	0.17
2.30	0.4342	0.1036	0.1238	0.1342	0.1415	0.1221	0.0901	0.16
2.35	0.4264	0.0958	0.1090	0.1238	0.1379	0.1339	0.0867	0.16
2.40	0.4163	0.0879	0.0941	0.1131	0.1341	0.1414	0.0835	0.15
2.50	0.3906	0.0809	0.0948	0.0923	0.1265	0.1435	0.0780	0.14

2.60	0.3593	0.0823	0.0973	0.0741	0.1185	0.1263	0.0778	0.13
2.70	0.3256	0.0946	0.0860	0.0685	0.1103	0.1061	0.0822	0.12
2.80	0.3072	0.0983	0.0778	0.0694	0.1020	0.0836	0.0772	0.12
2.90	0.2953	0.1017	0.0896	0.0653	0.0937	0.0735	0.0698	0.11
3.00	0.2816	0.1081	0.1056	0.0680	0.0856	0.0642	0.0692	0.11
3.10	0.2668	0.1018	0.1119	0.0672	0.0778	0.0549	0.0681	0.11
3.20	0.2564	0.0924	0.1048	0.0636	0.0703	0.0494	0.0665	0.10
3.30	0.2481	0.0835	0.0963	0.0590	0.0634	0.0460	0.0646	0.09
3.40	0.2305	0.0757	0.0879	0.0544	0.0576	0.0412	0.0623	0.09
3.50	0.2118	0.0712	0.0791	0.0500	0.0540	0.0375	0.0598	0.08
3.60	0.2048	0.0681	0.0726	0.0478	0.0497	0.0364	0.0572	0.08
3.70	0.1933	0.0668	0.0649	0.0477	0.0450	0.0372	0.0544	0.07
3.80	0.1785	0.0668	0.0571	0.0474	0.0426	0.0384	0.0517	0.07
3.90	0.1614	0.0599	0.0498	0.0462	0.0440	0.0386	0.0489	0.06
4.00	0.1433	0.0522	0.0408	0.0438	0.0422	0.0374	0.0462	0.06
4.10	0.1270	0.0501	0.0329	0.0406	0.0382	0.0347	0.0435	0.05
4.20	0.1208	0.0514	0.0280	0.0369	0.0330	0.0307	0.0409	0.05
4.30	0.1134	0.0523	0.0267	0.0325	0.0306	0.0311	0.0385	0.05
4.40	0.1061	0.0534	0.0273	0.0284	0.0291	0.0310	0.0361	0.04
4.50	0.1021	0.0540	0.0277	0.0254	0.0277	0.0296	0.0339	0.04
4.60	0.0982	0.0543	0.0269	0.0226	0.0264	0.0273	0.0318	0.04
4.70	0.0944	0.0541	0.0244	0.0199	0.0251	0.0245	0.0298	0.04
4.80	0.0907	0.0535	0.0218	0.0181	0.0239	0.0214	0.0279	0.04
4.90	0.0871	0.0525	0.0204	0.0170	0.0227	0.0190	0.0261	0.03
5.00	0.0836	0.0513	0.0191	0.0158	0.0217	0.0182	0.0245	0.03
5.10	0.0802	0.0500	0.0183	0.0149	0.0207	0.0177	0.0229	0.03
5.20	0.0769	0.0538	0.0174	0.0143	0.0197	0.0171	0.0215	0.03
5.40	0.0706	0.0563	0.0158	0.0130	0.0180	0.0158	0.0188	0.03
5.60	0.0648	0.0580	0.0145	0.0118	0.0164	0.0143	0.0165	0.03
5.80	0.0595	0.0605	0.0152	0.0106	0.0151	0.0129	0.0152	0.03
6.00	0.0546	0.0608	0.0161	0.0096	0.0139	0.0115	0.0146	0.03
6.20	0.0501	0.0613	0.0186	0.0087	0.0129	0.0101	0.0141	0.03
6.40	0.0459	0.0582	0.0195	0.0083	0.0119	0.0089	0.0136	0.02
6.60	0.0421	0.0538	0.0182	0.0079	0.0111	0.0082	0.0131	0.02
6.80	0.0386	0.0518	0.0152	0.0077	0.0103	0.0076	0.0126	0.02
7.00	0.0355	0.0494	0.0137	0.0075	0.0096	0.0072	0.0121	0.02
7.20	0.0326	0.0465	0.0136	0.0072	0.0089	0.0067	0.0117	0.02
7.40	0.0300	0.0437	0.0135	0.0070	0.0083	0.0063	0.0112	0.02
7.60	0.0275	0.0401	0.0132	0.0067	0.0078	0.0060	0.0108	0.02
7.80	0.0251	0.0368	0.0126	0.0064	0.0073	0.0056	0.0104	0.01
8.00	0.0230	0.0341	0.0118	0.0061	0.0069	0.0053	0.0101	0.01
8.50	0.0206	0.0273	0.0117	0.0052	0.0059	0.0047	0.0092	0.01
9.00	0.0189	0.0244	0.0112	0.0045	0.0052	0.0042	0.0085	0.01
9.50	0.0174	0.0222	0.0101	0.0039	0.0046	0.0037	0.0078	0.01
10.00	0.0161	0.0208	0.0092	0.0036	0.0041	0.0034	0.0072	0.01

Si definiscono così come indicato nel punto 4.2.1 della Dgr 630/2019 i valori in termini di PGA, SA1,SA2,SA3,SA4,SI1,SI2,SI3,H<sub>SM</sub> e H<sub>0408</sub>, H<sub>0711</sub>,H<sub>0515</sub>, ovvero lo scuotimento in accelerazione (cm/s<sup>2</sup>) atteso al sito per gli intervalli di periodi 0.1s ≤T≤0.5s 0.4s≤T≤0.8s,07s≤T≤1.1s e 0,5≤T≤1.5s.

Intendendo espressi i vari fattori come dal cap 4.1.1. nota 17 della Dgr 630/2019 che si riporta di seguito

$F_{PGA} = PGA/PGA_0$ , dove  $PGA_0$  è l'accelerazione massima orizzontale a periodo T=0 al suolo di riferimento e PGA è l'accelerazione massima orizzontale a periodo T=0 alla superficie del sito;

$FA = SA/SA_0$ , dove  $SA_0$  è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T: SA1 per 0,1s≤T≤0,5s, SA2 per 0,4s≤T≤0,8s, SA3 per 0,7s≤T≤1,1s, SA4 per 0,5s≤T≤1,5s;

$FH = SI/SI_0$ , dove  $SI_0$  è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento e SI l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T: SI1 per 0,1s≤T≤0,5s, SI2 per 0,5s≤T≤1,0s, SI3 per 0,5s≤T≤1,5s.

<b>FPGA</b>		<b>1.56</b>
<b>FA</b>	SA1	<b>1.38</b>
	SA2	<b>1.96</b>
	SA3	<b>1.86</b>
	SA4	<b>2.03</b>
<b>FH</b>	SI1	<b>1.48</b>
	SI2	<b>1.97</b>
	SI3	<b>2.04</b>

Fig.36. : valori in termini di PGA, SA1,SA2,SA3,SA4,SI1,SI2,SI3

<b>Hxx (cm/s<sup>2</sup>)</b>	HSM0105	<b>376.3081</b>
	H0408	<b>467.2840</b>
	H0711	<b>343.7391</b>
	H0515	<b>898.8032</b>

Fig.37. : Scuotimento in accelerazione (cm/s<sup>2</sup>) atteso al sito per gli intervalli di periodi 0.1s ≤T≤0.5s - 0.4s≤T≤0.8 - 07s≤T≤1.1s e 0,5≤T≤1.5s.

Dall'analisi di risposta sismica locale risulta che l'accelerazione massima attesa in superficie ottenuta dalla media per i 7 sismi di riferimento è pari a **0.21g** e il fattore di amplificazione stratigrafico **PGA/PGA<sub>0</sub> è = 1.56**.



### 10.3.2 Analisi rischio liquefazione da prove in sito

Al fine di verificare la stabilità o criticità del sito nei confronti dei processi di liquefazione, sulla stratigrafia riscontrata sulla verticale di prova penetrometrica CPTU eseguita il 24.01.2020 e sulle verticali di prova delle 4 CPT eseguite nel Febbraio 2013, è stata eseguita una verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate “metodi semplificati”.

**La prova CPTU eseguita in sito il 24.01.2020 soddisfa quanto indicato nell'allegato A3 della DGR 630/2019:** “ Tra i *metodi semplificati di stima del potenziale di liquefazione* è da *preferire quello basato sui risultati di prova CPT elettriche (CPTe/CPTu)*”.

L'analisi rischio liquefazione è stata eseguita oltre che sulla prova CPTU anche sulle 4 verticali di prova eseguite nel 2013 **in modo da esplorare, in modo esaustivo l'area e le sue variabilità litostratigrafiche in ottemperanza a quanto indicato nell'allegato A3 della Dgr 630/2019.**

Secondo le indicazioni della Dgr 630/2019 nel capitolo 8.3 è stata eseguita un'analisi dei livelli di falda e delle misure piezometriche.

**Il rilievo del livello di - 1.20 m** dal p.c. misurato il 24.01.2020 può essere considerato come la massima soggiacenza della falda freatica nel sito di studio.

Si sottolinea che i livelli fanno riferimento a misure relative alla falda freatica presente nella piana alluvionale per infiltrazione meteorica, non all'acquifero.

**La Magnetudo Mw pari a 6.14** considerata è quella della zona sismogenetica 912 di appartenenza del sito come da indicazioni dell'INGV.

Secondo quanto indicato dall'allegato A3 della Dgr 630/2019, il picco di accelerazione massima in superficie da considerare è quella definita **con l'accelerazione massima calcolata in superficie mediante analisi di risposta sismica locale sotto l'azione sismica di riferimento che è pari :  $a_{\max \text{ in superficie (g) }} = 0.245$ .**

Per ogni verticale di prova, è stato riportato l'andamento del fattore di sicurezza nei confronti **della liquefazione FL(Z) fino alla profondità critica di 20 metri (Z crit) da piano campagna.**

La stima del rischio liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal **parametro indice di liquefazione IPL che viene calcolato secondo la formula della Dgr 630/2019.**

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left( 1 - \frac{z}{z_{crit}} \right)$$

$z_{crit}$  è la profondità critica, ovvero la profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assuma pari a 20 m.

Il metodo di analisi semplificato utilizzato è **Idriss e Boulanger (2014) indicato come**

**metodo semplificato nell'Allegato A3 della Dgr 630/2019.**

### **Metodo di Idriss & Boulanger (2014)**

Nel metodo proposto da **Idriss e Boulanger** l'indice di comportamento **I<sub>c</sub>** per il tipo di suolo è ricavato con le formule riportate di seguito:

$$I_c = \left[ \left( \log_{10} Q - 3,47 \right)^2 + \left( \log_{10} R_f + 1,22 \right)^2 \right]^{0,5} \quad (6.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (6.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (6.0c)$$

dove

**q<sub>c</sub>** è la resistenza alla punta misurata

**Pa** è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di  $\sigma'_{vo}$

**f<sub>s</sub>** è l'attrito del manicotto

**n** è un'esponente che dipende dal tipo di suolo, variabile tra 0,5 e 1.

Calcolato **I<sub>c</sub>**, si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata **q<sub>c</sub>** mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = C_Q \cdot \left( \frac{q_c}{Pa} \right) \quad (6.1)$$

$$C_Q = \left( \frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \leq 1,7 \quad (6.2)$$

dove **n** si determina per via iterativa dalla seguente relazione:

$$n = 1,338 - 0,249 \cdot q_{c1N}^{0,264} \quad (6.3)$$

La correzione della resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene valutata mediante la seguente procedura:

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (6.4a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \left( 11.9 + \frac{q_{c1N}}{14.6} \right) \cdot \exp \left[ 1.63 - \frac{9.7}{FC + 2} - \left( \frac{15.7}{FC + 2} \right)^2 \right] \quad (6.4b)$$

Dove la frazione di fine FC(%) viene calcolata mediante l'espressione seguente:

$$FC (\%) = 2,8 \cdot (I_c)^{2,60} \quad (6.5)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR**<sub>7,5</sub>) si calcola da:

$$CRR = \exp \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{113} + \left( \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right)^2 - \left( \frac{(q_{c1N})_{cs}}{140} \right)^3 + \left( \frac{(q_{c1N})_{cs}}{137} \right)^4 - 2.80 \right] \quad (6.6)$$

Per  $z_W > z$ , con  $z_W$  profondità della falda, e per  $(q_{c1N})_{cs} \leq 160$  il terreno è non liquefacibile (NL).

Il rapporto di sforzo ciclico **CSR** (*Cyclic Stress Ratio*) si determina da:

$$CSR = 0,65 \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left( \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d \quad (6.7)$$

Dove per il coefficiente di riduzione delle tensioni  $r_d$  si utilizza la formula, con  $M$  si indica la magnitudo:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M] \quad (6.8a)$$

$$\alpha = -1,1012 - 1,126 \cdot \operatorname{sen} \left[ \frac{z}{11,73} + 5,133 \right] \quad (6.8b)$$

$$\beta = 0,106 + 0,118 \cdot \operatorname{sen} \left[ \frac{z}{11,28} + 5,142 \right] \quad (6.8c)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione è definito nel modo seguente:

$$FS = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma \quad (6.9)$$

Per determinare il fattore di scala della magnitudo **MSF**, la formula di **Idriss & Boulanger** utilizza l'espressione:

$$MSF = 1 + (MSF_{max} - 1) \cdot 8.64 \cdot \exp \left( - \frac{M}{4} \right) - 1.325 \leq 1,8 \quad (6.10)$$

$$MSF_{max} = 1.09 + \left( \frac{qc1ncs}{180} \right)^3 \leq 2.2$$

Il fattore di correzione della pressione di confinamento  $K_\sigma$  è dato da:

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \cdot \ln \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right) \leq 1 \quad (6.11a)$$

$$C_\sigma = \frac{1}{37,3 - 8,27 \cdot (q_{cIN})^{0,264}} \leq 0,3 \quad (6.11b)$$

## VERIFICA CPTU N.1

### DATI GENERALI

#### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: PUA INGRA BROZZI

Codice identificativo 50.20

Cliente: INGRA BROZZI SPA

Indirizzo, Coordinate: VIA BOCCALETTA - CONCORDIA S.S.

Data 24.01.2020

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1

FALDA

Profondità falda idrica 1.2 m

#### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.133

Fattore amplificazione 2.58

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.83

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.245

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0	1.1	17	19	0	0	1160	82.84	150
2	Argilla	1.1	3	17	19	0	0	1770	104.79	150
3	Argilla limosa	3	7.4	16	18	0	0	950	28.26	150
4	ARGILL A	7.4	11.2	17	19	0	0	1260	47.77	150

5	ARGILL A	11.2	12.9	17	19	0	0	1500	53.41	150
6	Limo argilloso	12.9	14.4	17	19	0	0	2360	69.15	170
7	Limo sabbioso	14.4	16	17	19.5	0	0	3840	50.24	170
8	Sabbia	16	16.7	18	20	0	0	11700	46.65	250
9	Sabbia	16.7	17.4	18	20	0	0	8930	30.74	250
10	Sabbia	17.4	19.5	18	20	0	0	13980	26.15	250

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.16

Profo ndità dal p.c. (m)	Pression e litostatic a totale (KPa)	Pression e verticale effettiva (KPa)	Resisten za alla punta normaliz zata Q	Attrit o lateral e norma lizzat o F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resisten za alla punta corretta qc1 (KPa)	Coeffi ciente ridutti vo (rd)	Resist enza alla liquef azion e (CRR )	Sforz o di taglio norma lizzat o (CSR)	Coeffi ciente di sicure zza Fs	Rischio
1.40	24.200	22.239	17.469	6.002	2.693	2.682434	0.000	1.031	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
1.60	28.000	24.077	17.469	6.016	2.707	2.57206	0.000	1.027	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
1.80	31.800	25.916	17.469	6.029	2.720	2.47156	0.000	1.023	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
2.00	35.600	27.755	17.469	6.042	2.731	2.386636	0.000	1.019	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
2.20	39.400	29.593	17.469	6.055	2.743	2.301145	0.000	1.015	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
2.40	43.200	31.432	17.469	6.068	2.755	2.222312	0.000	1.011	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
2.60	47.000	33.271	17.469	6.082	2.766	2.153916	0.000	1.007	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
2.80	50.800	35.109	17.469	6.095	2.777	2.085535	0.000	1.003	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
3.00	54.600	36.948	17.469	6.109	2.787	2.025324	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
3.20	58.200	38.587	9.376	3.169	2.789	2.140176	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
3.40	61.800	40.225	9.376	3.182	2.802	2.077711	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
3.60	65.400	41.864	9.376	3.195	2.814	2.021251	0.000	0.985	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
3.80	69.000	43.503	9.376	3.208	2.825	1.967666	0.000	0.981	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
4.00	72.600	45.141	9.376	3.221	2.837	1.91498	0.000	0.976	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES

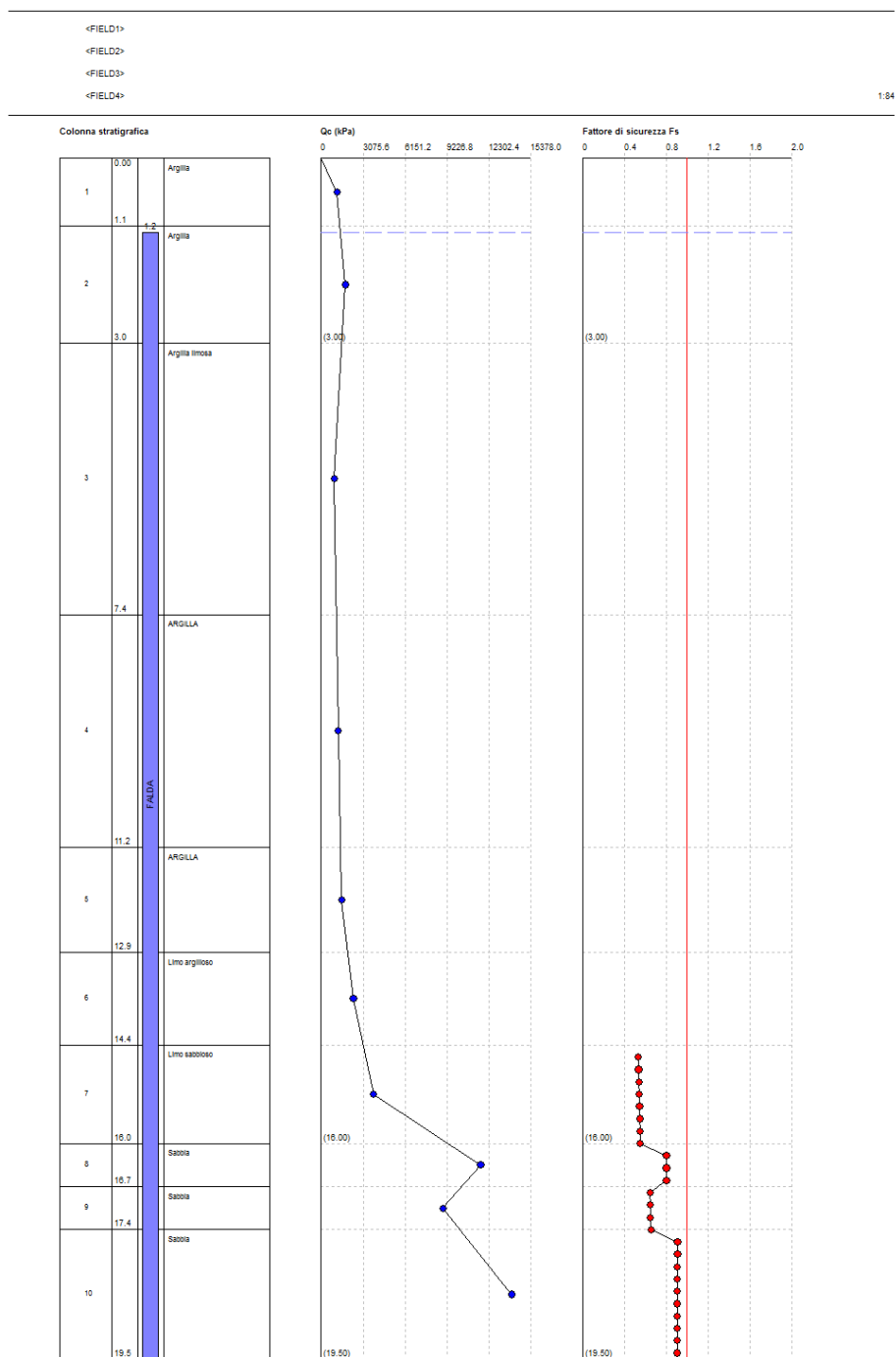


4.20	76.200	46.780	9.376	3.234	2.849	1.866736	0.000	0.971	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
4.40	79.800	48.419	9.376	3.248	2.860	1.819387	0.000	0.966	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
4.60	83.400	50.057	9.376	3.261	2.871	1.7757	0.000	0.962	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
4.80	87.000	51.696	9.376	3.275	2.882	1.733972	0.000	0.957	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
5.00	90.600	53.335	9.376	3.288	2.892	1.693125	0.000	0.952	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
5.20	94.200	54.973	9.376	3.302	2.903	1.655058	0.000	0.947	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
5.40	97.800	56.612	9.376	3.316	2.913	1.618588	0.000	0.942	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
5.60	101.400	58.251	9.376	3.330	2.923	1.583616	0.000	0.937	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
5.80	105.000	59.889	9.376	3.344	2.934	1.549483	0.000	0.932	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
6.00	108.600	61.528	9.376	3.359	2.944	1.517318	0.000	0.926	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
6.20	112.200	63.167	9.376	3.373	2.953	1.486396	0.000	0.921	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
6.40	115.800	64.805	9.376	3.388	2.963	1.456265	0.000	0.916	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
6.60	119.400	66.444	9.376	3.402	2.973	1.427673	0.000	0.911	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
6.80	123.000	68.083	9.376	3.417	2.982	1.400123	0.000	0.905	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
7.00	126.600	69.721	9.376	3.432	2.992	1.373561	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
7.20	130.200	71.360	9.376	3.447	3.001	1.347721	0.000	0.895	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
7.40	133.800	72.999	9.376	3.462	3.010	1.323012	0.000	0.889	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
7.60	137.600	74.837	12.435	4.256	2.965	1.282207	0.000	0.884	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
7.80	141.400	76.676	12.435	4.271	2.973	1.257891	0.000	0.878	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
8.00	145.200	78.515	12.435	4.285	2.982	1.234433	0.000	0.873	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
8.20	149.000	80.353	12.435	4.300	2.990	1.211788	0.000	0.868	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
8.40	152.800	82.192	12.435	4.314	2.999	1.189847	0.000	0.862	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
8.60	156.600	84.031	12.435	4.329	3.007	1.168725	0.000	0.857	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
8.80	160.400	85.869	12.435	4.344	3.015	1.148298	0.000	0.851	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES

9.00	164.200	87.708	12.435	4.359	3.023	1.128534	0.000	0.846	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
9.20	168.000	89.547	12.435	4.375	3.031	1.109401	0.000	0.840	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
9.40	171.800	91.385	12.435	4.390	3.039	1.090854	0.000	0.834	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
9.60	175.600	93.224	12.435	4.405	3.047	1.072902	0.000	0.829	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
9.80	179.400	95.063	12.435	4.421	3.054	1.055496	0.000	0.823	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.00	183.200	96.901	12.435	4.436	3.062	1.038613	0.000	0.818	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.20	187.000	98.740	12.435	4.452	3.070	1.022229	0.000	0.812	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.40	190.800	100.579	12.435	4.468	3.077	1.006323	0.000	0.807	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.60	194.600	102.418	12.435	4.484	3.085	0.9908747	0.000	0.801	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.80	198.400	104.256	12.435	4.500	3.092	0.9758636	0.000	0.796	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.00	202.200	106.095	12.435	4.516	3.100	0.9612719	0.000	0.790	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.20	206.000	107.934	12.435	4.532	3.107	0.9470775	0.000	0.785	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.40	209.800	109.772	14.804	4.140	3.018	0.9349704	0.000	0.779	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.60	213.600	111.611	14.804	4.152	3.024	0.9218447	0.000	0.774	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.80	217.400	113.450	14.804	4.164	3.031	0.9090667	0.000	0.768	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.00	221.200	115.288	14.804	4.177	3.038	0.896616	0.000	0.763	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.20	225.000	117.127	14.804	4.189	3.044	0.88448	0.000	0.758	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.40	228.800	118.966	14.804	4.202	3.051	0.8726472	0.000	0.752	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.60	232.600	120.804	14.804	4.214	3.057	0.8610725	0.000	0.747	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.80	236.400	122.643	14.804	4.227	3.063	0.849808	0.000	0.741	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
13.00	240.200	124.482	23.291	3.262	2.817	0.8498152	0.000	0.736	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
13.20	244.000	126.320	23.291	3.268	2.822	0.8397068	0.000	0.731	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
13.40	247.800	128.159	23.291	3.274	2.827	0.8298228	0.000	0.726	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES
13.60	251.600	129.998	23.291	3.280	2.832	0.8201558	0.000	0.720	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO _RES

13.80	255.400	131.836	23.291	3.286	2.837	0.810699	0.000	0.715	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO
14.00	259.200	133.675	23.291	3.292	2.842	0.8014455	0.000	0.710	0.000	0.000	0.000	_RES
14.20	263.000	135.514	23.291	3.298	2.847	0.7922941	0.000	0.705	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO
14.40	266.800	137.352	23.291	3.304	2.852	0.7834209	0.000	0.700	0.000	0.000	0.000	_RES
14.60	270.700	139.291	37.898	1.408	2.443	0.7935569	69.908	0.695	0.115	0.215	0.534	MOLTOALTO
14.80	274.600	141.230	37.898	1.409	2.447	0.7852027	69.678	0.690	0.115	0.214	0.536	_RES
15.00	278.500	143.168	37.898	1.411	2.452	0.7768664	69.450	0.685	0.114	0.212	0.539	MOLTOALTO
15.20	282.400	145.107	37.898	1.412	2.456	0.7688315	69.230	0.680	0.114	0.211	0.541	_RES
15.40	286.300	147.046	37.898	1.414	2.461	0.7609538	69.016	0.675	0.114	0.209	0.544	MOLTOALTO
15.60	290.200	148.984	37.898	1.415	2.465	0.7532288	68.806	0.670	0.114	0.208	0.546	_RES
15.80	294.100	150.923	37.898	1.417	2.469	0.7456522	68.602	0.665	0.113	0.206	0.549	MOLTOALTO
16.00	298.000	152.862	37.898	1.418	2.474	0.7382197	68.401	0.660	0.113	0.205	0.552	_RES
16.20	302.000	154.900	115.470	0.409	1.727	0.8036413	104.835	0.655	0.163	0.203	0.801	MOLTOALTO
16.40	306.000	156.939	115.470	0.409	1.730	0.7977324	104.279	0.651	0.162	0.202	0.801	_RES
16.60	310.000	158.978	115.470	0.410	1.733	0.7919133	103.733	0.646	0.161	0.201	0.801	MOLTOALTO
16.80	314.000	161.016	88.132	0.357	1.829	0.7636256	83.313	0.641	0.129	0.199	0.646	_RES
17.00	318.000	163.055	88.132	0.357	1.832	0.7575184	82.922	0.637	0.128	0.198	0.648	MOLTOALTO
17.20	322.000	165.094	88.132	0.357	1.835	0.7515088	82.538	0.632	0.128	0.196	0.650	_RES
17.40	326.000	167.132	88.132	0.357	1.839	0.7455943	82.162	0.628	0.127	0.195	0.652	MOLTOALTO
17.60	330.000	169.171	137.972	0.192	1.536	0.7739189	111.051	0.623	0.176	0.194	0.909	_RES
17.80	334.000	171.210	137.972	0.192	1.539	0.7692974	110.486	0.619	0.175	0.192	0.908	ALTO_RES
18.00	338.000	173.248	137.972	0.192	1.542	0.7647578	109.933	0.615	0.173	0.191	0.907	ALTO_RES
18.20	342.000	175.287	137.972	0.192	1.544	0.7602974	109.390	0.610	0.172	0.190	0.906	ALTO_RES
18.40	346.000	177.326	137.972	0.192	1.547	0.7559144	108.857	0.606	0.171	0.188	0.905	ALTO_RES
18.60	350.000	179.364	137.972	0.192	1.549	0.7516061	108.335	0.602	0.169	0.187	0.905	ALTO_RES
18.80	354.000	181.403	137.972	0.192	1.552	0.7473708	107.822	0.598	0.168	0.186	0.905	ALTO_RES
19.00	358.000	183.442	137.972	0.192	1.554	0.7432063	107.319	0.594	0.167	0.184	0.904	ALTO_RES
19.20	362.000	185.480	137.972	0.192	1.557	0.7391106	106.826	0.590	0.166	0.183	0.904	ALTO_RES
19.40	366.000	187.519	137.972	0.192	1.559	0.7350819	106.341	0.586	0.165	0.182	0.904	ALTO_RES

IPL (Sonmez)=2.48 Zcrit=0 m Rischio=Moderato



**VERIFICA CPT N.1****DATI GENERALI****PROGETTO E LOCALIZZAZIONE**

Titolo lavoro: PUA INGRA BROZZI

Codice identificativo 05.20

Cliente: INGRA BROZZI SPA

Indirizzo, Coordinate: VIA BOCCALETTA - CONCORDIA SULLA SECCHIA

Data 08.02.2013

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

**FALDA**

Profondità falda idrica 1.2 m

**DATI SIMICI**

Accelerazione Bedrock 0.133

Fattore amplificazione 2.588

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ 

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.83

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.245

**PARAMETRI GEOTECNICI**

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unià volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Riporto	0.2	0.4	17	19	0	0	14700	130.7	150
2	Riporto	0.4	0.6	17	19	0	0	16660	98	150
3	Argilla	0.6	0.8	17	19	0	0	1960	65.3	150
4	Argilla	0.8	1	17	19	0	0	1470	71.9	150
5	Argilla	1	1.2	17	19	0	0	1570	65.3	150
6	Argilla	1.2	1.4	17	19	0	0	1860	71.9	150
7	Argilla	1.4	1.6	17	19	0	0	1860	91.5	150
8	Argilla	1.6	1.8	17	19	0	0	2250	104.5	150
9	Argilla	1.8	2	17	19	0	0	1370	91.5	150
10	Argilla	2	2.2	17	19	0	0	1180	78.4	150
11	Argilla	2.2	2.4	17	19	0	0	1670	45.7	150
12	Argilla	2.4	2.6	17	19	0	0	1670	58.8	150
13	Argilla	2.6	2.8	17	19	0	0	1670	84.9	150
14	Argilla	2.8	3	17	19	0	0	1670	84.9	150
15	Argilla	3	3.2	17	19	0	0	1860	84.9	150
16	Argilla	3.2	3.4	17	19	0	0	1670	84.9	150
17	Argilla	3.4	3.6	17	19	0	0	1670	71.9	150



18	Argilla	3.6	3.8	17	19	0	0	1670	71.9	150
19	Argilla	3.8	4	17	19	0	0	1370	84.9	150
20	Argilla	4	4.2	17	19	0	0	1670	78.4	150
21	Argilla	4.2	4.4	17	19	0	0	1860	71.9	150
22	Argilla	4.4	4.6	17	19	0	0	1760	71.9	150
23	Argilla	4.6	4.8	17	19	0	0	1180	78.4	150
24	Argilla	4.8	5	17	19	0	0	980	52.3	150
25	Argilla limosa	5	5.2	17	19	0	0	690	45.7	150
26	Argilla limosa	5.2	5.4	17	19	0	0	980	39.2	150
27	Argilla limosa	5.4	5.6	17	19	0	0	1180	39.2	150
28	Argilla limosa	5.6	5.8	17	19	0	0	590	52.3	150
29	Argilla limosa	5.8	6	17	19	0	0	1180	32.7	150
30	Argilla limosa	6	6.2	17	19	0	0	880	32.7	150
31	Argilla limosa	6.2	6.4	17	19	0	0	1080	39.2	150
32	Argilla limosa	6.4	6.6	17	19	0	0	1080	39.2	150
33	Argilla limosa	6.6	6.8	17	19	0	0	880	45.7	150
34	Argilla limosa	6.8	7	17	19	0	0	1180	45.7	150
35	Argilla limosa	7	7.2	17	19	0	0	1370	71.9	150
36	Argilla limosa	7.2	7.4	17	19	0	0	1760	58.8	150
37	Argilla limosa	7.4	7.6	17	19	0	0	1470	71.9	150
38	Argilla limosa	7.6	7.8	17	19	0	0	1760	45.7	150
39	Argilla limosa	7.8	8	17	19	0	0	1270	39.2	150
40	Argilla limosa	8	8.2	17	19	0	0	1570	71.9	150
41	Argilla limosa	8.2	8.4	17	19	0	0	1760	26.1	150
42	Argilla limosa	8.4	8.6	17	19	0	0	980	39.2	150
43	Argilla limosa	8.6	8.8	17	19	0	0	1370	32.7	150
44	Argilla limosa	8.8	9	17	19	0	0	1370	65.3	150

45	Argilla limosa	9	9.2	17	19	0	0	1370	58.8	150
46	Argilla limosa	9.2	9.4	17	19	0	0	1470	71.9	150
47	Argilla limosa	9.4	9.6	17	19	0	0	1270	71.9	150
48	Argilla limosa	9.6	9.8	17	19	0	0	1080	58.8	150
49	Argilla limosa	9.8	10	17	19	0	0	1080	65.3	150
50	Argilla limosa	10	10.2	17	19	0	0	1080	58.8	150
51	Argilla limosa	10.2	10.4	17	19	0	0	1180	58.8	150
52	Argilla limosa	10.4	10.6	17	19	0	0	1080	58.8	150
53	Argilla limosa	10.6	10.8	17	19	0	0	1080	58.8	150
54	Argilla limosa	10.8	11	17	19	0	0	1270	71.9	150
55	Argilla limosa	11	11.2	17	19	0	0	1670	58.8	150
56	Argilla limosa	11.2	11.4	17	19	0	0	1670	84.9	150
57	Argilla limosa	11.4	11.6	17	19	0	0	2250	78.4	150
58	Argilla limosa	11.6	11.8	17	19	0	0	2060	124.1	150
59	Argilla limosa	11.8	12	17	19	0	0	2060	117.6	150
60	Argilla limosa	12	12.2	17	19	0	0	1860	111.1	150
61	Argilla limosa	12.2	12.4	17	19	0	0	1860	84.9	150
62	Argilla limosa	12.4	12.6	17	19	0	0	1470	98	150
63	Argilla limosa	12.6	12.8	17	19	0	0	1670	71.9	150
64	Argilla limosa	12.8	13	17	19	0	0	1860	71.9	150
65	Argilla limosa	13	13.2	17	19	0	0	2350	98	150
66	Argilla limosa	13.2	13.4	17	19	0	0	2450	91.5	150
67	Argilla limosa	13.4	13.6	17	19	0	0	2060	124.1	150
68	Argilla limosa	13.6	13.8	17	19	0	0	2250	104.5	150

69	Argilla limosa	13.8	14	17	19	0	0	2550	91.5	150
70	Argilla limosa	14	14.2	17	19	0	0	2450	104.5	150
71	Argilla limosa	14.2	14.4	17	19	0	0	2060	124.1	150
72	Sabbia	14.4	14.6	18	20	0	0	5390	111.1	250
73	Sabbia	14.6	14.8	18	20	0	0	8820	65.3	250
74	Sabbia	14.8	15	18	20	0	0	12740	130.7	250
75	Sabbia	15	15.2	18	20	0	0	12740	98	250
76	Sabbia	15.2	15.4	18	20	0	0	15680	98	250
77	Sabbia	15.4	15.6	18	20	0	0	15680	130.7	250
78	Sabbia	15.6	15.8	18	20	0	0	17640	130.7	250
79	Sabbia	15.8	16	18	20	0	0	14700	130.7	250
80	Sabbia	16	16.2	18	20	0	0	13720	130.7	250
81	Sabbia	16.2	16.4	18	20	0	0	12740	98	250
82	Sabbia	16.4	16.6	18	20	0	0	11760	130.7	250
83	Sabbia	16.6	16.8	18	20	0	0	11760	130.7	250
84	Sabbia	16.8	17	18	20	0	0	11760	98	250
85	Sabbia	17	17.2	18	20	0	0	11760	130.7	250
86	Sabbia	17.2	17.4	18	20	0	0	11270	98	250
87	Sabbia	17.4	17.6	18	20	0	0	13720	130.7	250
88	Sabbia	17.6	17.8	18	20	0	0	11270	98	250
89	Sabbia	17.8	18	18	20	0	0	11760	130.7	250
90	Sabbia	18	18.2	18	20	0	0	11760	98	250
91	Sabbia	18.2	18.4	18	20	0	0	14700	98	250
92	Sabbia	18.4	18.6	18	20	0	0	14700	130.7	250
93	Sabbia	18.6	18.8	18	20	0	0	11760	130.7	250
94	Sabbia	18.8	19	18	20	0	0	12740	98	250
95	Sabbia	19	19.2	18	20	0	0	15680	130.7	250
96	Sabbia	19.2	19.4	18	20	0	0	17640	130.7	250
97	Sabbia	19.4	19.6	18	20	0	0	21560	130.7	250
98	Sabbia	19.6	19.8	18	20	0	0	24500	130.7	250
99	Sabbia	19.8	20	18	20	0	0	22540	163.3	250

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.58

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normale Q	Attrito laterale normale lizzato F(%)	Indice di compressione tamponamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Rischio
1.40	24.200	22.239	18.357	3.917	2.547	2.645835	95.613	1.031	0.156	0.179	0.872	BASSO_RES

1.60	28.000	24.077	18.357	4.995	2.635	2.548662	95.613	1.027	0.156	0.179	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
1.80	31.800	25.916	22.206	4.711	2.583	2.360143	101.410	1.023	0.166	0.200	0.831	BASSO_RES
2.00	35.600	27.755	13.521	6.857	2.836	2.497272	101.410	1.019	0.166	0.200	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
2.20	39.400	29.593	11.646	6.874	2.888	2.463512	101.410	1.015	0.166	0.200	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
2.40	43.200	31.432	16.482	2.809	2.539	2.2432	81.303	1.011	0.133	0.221	0.599	ALTO_RES
2.60	47.000	33.271	16.482	3.623	2.624	2.173208	81.303	1.007	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
2.80	50.800	35.109	16.482	5.243	2.746	2.103385	81.303	1.003	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
3.00	54.600	36.948	16.482	5.256	2.756	2.04184	81.303	0.998	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
3.20	58.400	38.787	18.357	4.712	2.703	1.952724	81.303	0.994	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
3.40	62.200	40.625	16.482	5.281	2.777	1.926109	81.303	0.990	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
3.60	66.000	42.464	16.482	4.483	2.738	1.872073	81.303	0.985	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
3.80	69.800	44.303	16.482	4.493	2.748	1.82328	81.303	0.981	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
4.00	73.600	46.141	13.521	6.549	2.928	1.815507	81.303	0.976	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
4.20	77.400	47.980	16.482	4.923	2.793	1.731226	81.303	0.971	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
4.40	81.200	49.819	18.357	4.042	2.711	1.670127	81.303	0.966	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
4.60	85.000	51.657	17.370	4.293	2.753	1.640243	81.303	0.962	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
4.80	88.800	53.496	11.646	7.185	3.038	1.659679	81.303	0.957	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
5.00	92.600	55.335	9.672	5.894	3.051	1.642674	81.303	0.952	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
5.20	96.400	57.173	6.810	7.699	3.259	1.642153	81.303	0.947	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
5.40	100.200	59.012	9.672	4.456	2.992	1.564322	81.303	0.942	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
5.60	104.000	60.851	11.646	3.643	2.882	1.509143	81.303	0.937	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
5.80	107.800	62.689	5.823	10.84	3.446	1.535829	81.303	0.932	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
				6								ES
6.00	111.600	64.528	11.646	3.061	2.854	1.443239	81.303	0.926	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
6.20	115.400	66.367	8.685	4.277	3.059	1.434662	81.303	0.921	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES
6.40	119.200	68.205	10.659	4.080	2.979	1.389061	81.303	0.916	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
												ES

6.60	123.000	70.044	10.659	4.096	2.989	1.360218	81.303	0.911	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
6.80	126.800	71.883	8.685	6.067	3.180	1.344026	81.303	0.905	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
7.00	130.600	73.721	11.646	4.355	2.989	1.301089	81.303	0.900	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
7.20	134.400	75.560	13.521	5.819	3.023	1.268395	81.303	0.895	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
7.40	138.200	77.399	17.370	3.626	2.810	1.233394	81.303	0.889	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
7.60	142.000	79.237	14.508	5.414	2.992	1.219264	81.303	0.884	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
7.80	145.800	81.076	17.370	2.831	2.757	1.19093	81.303	0.878	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
8.00	149.600	82.915	12.534	3.499	2.942	1.181209	81.303	0.873	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
8.20	153.400	84.753	15.495	5.076	2.971	1.154542	81.303	0.868	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
8.40	157.200	86.592	17.370	1.628	2.639	1.132354	81.303	0.862	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
8.60	161.000	88.431	9.672	4.786	3.149	1.125738	81.303	0.857	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
8.80	164.800	90.269	13.521	2.713	2.876	1.100654	81.303	0.851	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
9.00	168.600	92.108	13.521	5.435	3.066	1.082602	81.303	0.846	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
9.20	172.400	93.947	13.521	4.910	3.045	1.065118	81.303	0.840	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
9.40	176.200	95.786	14.508	5.557	3.058	1.047608	81.303	0.834	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
9.60	180.000	97.624	12.534	6.596	3.168	1.032076	81.303	0.829	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
9.80	183.800	99.463	10.659	6.561	3.237	1.016286	81.303	0.823	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
10.00	187.600	101.302	10.659	7.317	3.274	1.000202	81.303	0.818	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
10.20	191.400	103.140	10.659	6.617	3.253	0.984586	81.303	0.812	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
10.40	195.200	104.979	11.646	5.971	3.196	0.9697939	81.303	0.807	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
10.60	199.000	106.818	10.659	6.674	3.269	0.9546782	81.303	0.801	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
10.80	202.800	108.656	10.659	6.703	3.277	0.9403448	81.303	0.796	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
11.00	206.600	110.495	12.534	6.761	3.219	0.9280263	81.303	0.790	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES
11.20	210.400	112.334	16.482	4.029	2.974	0.9181565	81.303	0.785	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R ES



11.40	214.200	114.172	16.482	5.832	3.081	0.9057022	81.303	0.779	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
11.60	218.000	116.011	22.206	3.858	2.858	0.8986868	81.303	0.774	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
11.80	221.800	117.850	20.331	6.751	3.054	0.8856183	81.303	0.768	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
12.00	225.600	119.688	20.331	6.411	3.044	0.8744059	81.303	0.763	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
12.20	229.400	121.527	18.357	6.813	3.104	0.861168	81.303	0.758	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
12.40	233.200	123.366	18.357	5.219	3.034	0.8503181	81.303	0.752	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
12.60	237.000	125.204	14.508	7.948	3.250	0.8341116	81.303	0.747	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
12.80	240.800	127.043	16.482	5.031	3.077	0.8265755	81.303	0.741	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
13.00	244.600	128.882	18.357	4.451	3.005	0.8192546	81.303	0.736	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
13.20	248.400	130.720	23.193	4.663	2.931	0.8162873	81.303	0.731	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
13.40	252.200	132.559	24.180	4.163	2.888	0.8082013	81.303	0.726	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
13.60	256.000	134.398	20.331	6.879	3.101	0.7934208	81.303	0.720	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
13.80	259.800	136.236	22.206	5.251	2.994	0.7872158	81.303	0.715	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
14.00	263.600	138.075	25.167	4.002	2.874	0.7827635	81.303	0.710	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
14.20	267.400	139.914	24.180	4.788	2.944	0.7728007	81.303	0.705	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
14.40	271.400	141.952	20.331	6.938	3.121	0.7569827	81.303	0.700	0.133	0.221	0.000	MOLTOBASSO_R
14.60	275.400	143.991	53.195	2.172	2.433	0.7900678	83.836	0.695	0.130	0.212	0.616	MOLTOALTO_R
14.80	279.400	146.030	87.047	0.765	1.973	0.8112274	94.901	0.690	0.146	0.210	0.693	MOLTOALTO_R
15.00	283.400	148.068	125.734	1.049	1.918	0.8272316	128.111	0.685	0.234	0.209	1.121	MOLTOBASSO_R
15.20	287.400	150.107	125.734	0.787	1.842	0.8215948	122.546	0.680	0.212	0.207	1.021	MOLTOBASSO_R
15.40	291.400	152.146	154.750	0.637	1.716	0.8160719	139.166	0.675	0.292	0.206	1.420	MOLTOBASSO_R
15.60	295.400	154.184	154.750	0.850	1.796	0.8106588	143.171	0.670	0.321	0.204	1.570	MOLTOBASSO_R
15.80	299.400	156.223	174.093	0.754	1.725	0.8053519	154.219	0.665	0.430	0.203	2.118	MOLTOBASSO_R
16.00	303.400	158.262	145.078	0.908	1.841	0.8001481	136.109	0.660	0.273	0.202	1.355	MOLTOBASSO_R

16.20	307.400	160.300	135.406	0.974	1.886	0.7950438	129.992	0.655	0.241	0.200	1.205	MOLTOBASSO_R
16.40	311.400	162.339	125.734	0.789	1.857	0.7897839	119.180	0.651	0.200	0.199	1.004	MOLTOBASSO_R
16.60	315.400	164.378	116.062	1.142	1.991	0.7769405	117.520	0.646	0.195	0.197	0.986	BASSO_RES
16.80	319.400	166.416	116.062	1.142	1.993	0.7714222	116.971	0.641	0.193	0.196	0.984	BASSO_RES
17.00	323.400	168.455	116.062	0.857	1.918	0.7659845	111.702	0.637	0.178	0.195	0.916	ALTO_RES
17.20	327.400	170.494	116.062	1.143	1.999	0.7606256	115.899	0.632	0.190	0.193	0.980	BASSO_RES
17.40	331.400	172.532	111.226	0.896	1.952	0.7512599	107.912	0.628	0.169	0.192	0.881	ALTO_RES
17.60	335.400	174.571	135.406	0.976	1.902	0.7618547	126.129	0.623	0.224	0.191	1.173	MOLTOBASSO_R
17.80	339.400	176.610	111.226	0.897	1.958	0.7403122	106.909	0.619	0.167	0.189	0.881	ALTO_RES
18.00	343.400	178.648	116.062	1.145	2.009	0.739437	113.798	0.615	0.183	0.188	0.975	BASSO_RES
18.20	347.400	180.687	116.062	0.859	1.934	0.7344307	108.675	0.610	0.171	0.187	0.913	ALTO_RES
18.40	351.400	182.726	145.078	0.683	1.790	0.7446607	124.404	0.606	0.216	0.186	1.165	MOLTOBASSO_R
18.60	355.400	184.764	145.078	0.911	1.869	0.740541	128.649	0.602	0.233	0.184	1.266	MOLTOBASSO_R
18.80	359.400	186.803	116.062	1.146	2.019	0.7198213	111.862	0.598	0.178	0.183	0.973	BASSO_RES
19.00	363.400	188.842	125.734	0.792	1.890	0.7233281	112.216	0.594	0.179	0.182	0.982	BASSO_RES
19.20	367.400	190.880	154.750	0.854	1.834	0.7285806	132.145	0.590	0.249	0.181	1.379	MOLTOBASSO_R
19.40	371.400	192.919	174.093	0.757	1.763	0.7247207	141.854	0.586	0.307	0.180	1.708	MOLTOBASSO_R
19.60	375.400	194.958	212.781	0.617	1.640	0.7209216	163.031	0.582	0.558	0.178	3.130	MOLTOBASSO_R
19.80	379.400	196.997	241.796	0.542	1.563	0.7171815	179.779	0.578	1.074	0.177	6.061	MOLTOBASSO_R
20.00	0.000	0.000	241.796	0.542	1.563	0.7171815	179.779	0.574	1.074	0.177	6.061	MOLTOBASSO_R

IPL (Sonmez)=1.77 Zcrit=0 m Rischio=Basso

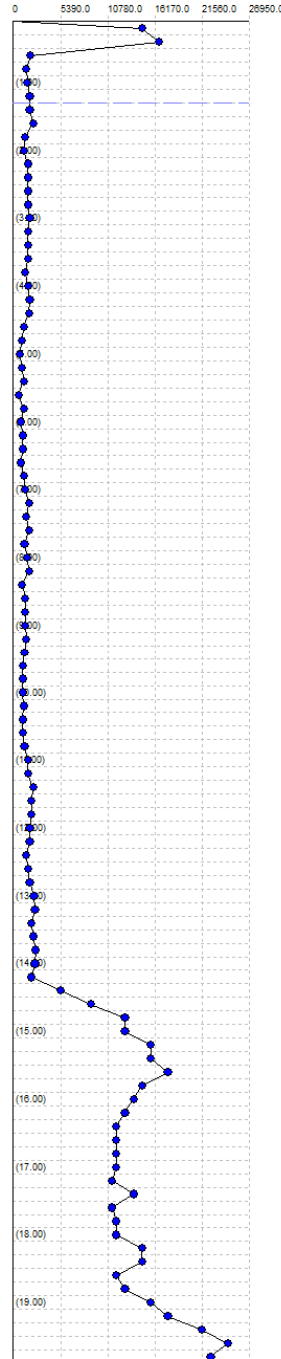
<FIELD1>  
<FIELD2>  
<FIELD3>  
<FIELD4>

1.98

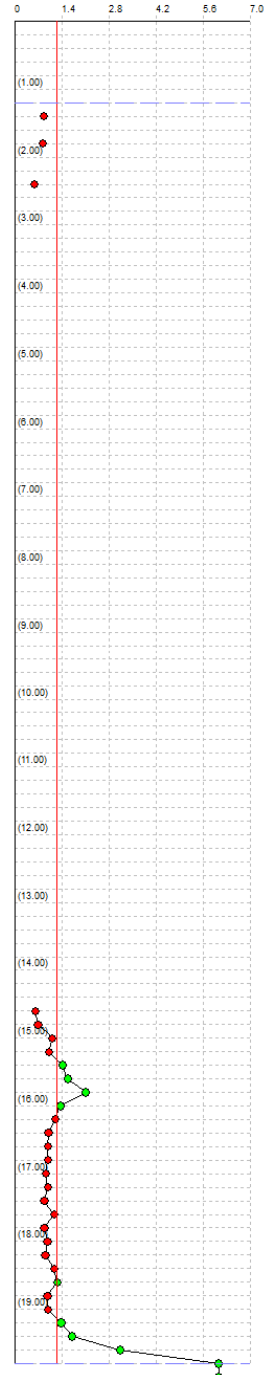
Colonna stratigrafica

1	0.20	
2	0.4	
3	0.6	
4	0.8	
5	1.0	
6	1.2	
7	1.4	
8	1.6	
9	1.8	
10	2.0	
11	2.2	
12	2.4	
13	2.6	
14	2.8	
15	3.0	
16	3.2	
17	3.4	
18	3.6	
19	3.8	
20	4.0	
21	4.2	
22	4.4	
23	4.6	
24	4.8	
25	5.0	
26	5.2	
27	5.4	
28	5.6	
29	5.8	
30	6.0	
31	6.2	
32	6.4	
33	6.6	
34	6.8	
35	7.0	
36	7.2	
37	7.4	
38	7.6	
39	7.8	
40	8.0	
41	8.2	
42	8.4	
43	8.6	
44	8.8	
45	9.0	
46	9.2	
47	9.4	
48	9.6	
49	9.8	
50	10.0	
51	10.2	
52	10.4	
53	10.6	
54	10.8	
55	11.0	
56	11.2	
57	11.4	
58	11.6	
59	11.8	
60	12.0	
61	12.2	
62	12.4	
63	12.6	
64	12.8	
65	13.0	
66	13.2	
67	13.4	
68	13.6	
69	13.8	
70	14.0	
71	14.2	
72	14.4	
73	14.6	
74	14.8	
75	15.0	
76	15.2	
77	15.4	
78	15.6	
79	15.8	
80	16.0	
81	16.2	
82	16.4	
83	16.6	
84	16.8	
85	17.0	
86	17.2	
87	17.4	
88	17.6	
89	17.8	
90	18.0	
91	18.2	
92	18.4	
93	18.6	
94	18.8	
95	19.0	
96	19.2	
97	19.4	
98	19.6	
99	19.8	

Qc (kPa)



Fattore di sicurezza Fs



## VERIFICA CPT N.2

### DATI GENERALI

#### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: PUA INGRA BROZZI

Codice identificativo

05.20

Cliente: INGRA BROZZI SPA

Indirizzo, Coordinate: VIA BOCCALETTA - CONCORDIA SULLA SECCHIA

Data

08.02.2013

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa

1.25

#### FALDA

Profondità falda idrica

1.2 m

#### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock

0.133

Fattore amplificazione

2.588

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)

1.83

Coefficiente amplificazione topografica (ST)

1

Magnitudo momento sismico (Mw)

6.14

Distanza epicentro

20 Km

Peak ground acceleration (PGA)

0.245

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unà volume (KN/mc)	Peso unità volume saturò (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0.2	0.4	17	19	0	0	1570	52.3	150
2	Argilla	0.4	0.6	17	19	0	0	1470	65.3	150
3	Argilla	0.6	0.8	17	19	0	0	1370	78.4	150
4	Argilla	0.8	1	17	19	0	0	1670	52.3	150
5	Argilla	1	1.2	17	19	0	0	1760	58.8	150
6	Argilla	1.2	1.4	17	19	0	0	1860	84.9	150
7	Argilla	1.4	1.6	17	19	0	0	1860	91.5	150
8	Argilla	1.6	1.8	17	19	0	0	1860	71.9	150
9	Argilla	1.8	2	17	19	0	0	1760	104.5	150
10	Argilla	2	2.2	17	19	0	0	2250	71.9	150
11	Argilla	2.2	2.4	17	19	0	0	1860	104.5	150
12	Argilla	2.4	2.6	17	19	0	0	2160	130.7	150
13	Argilla	2.6	2.8	17	19	0	0	1860	137.2	150
14	Argilla	2.8	3	17	19	0	0	1960	124.1	150
15	Argilla	3	3.2	17	19	0	0	2060	111.1	150
16	Argilla	3.2	3.4	17	19	0	0	1670	117.6	150
17	Argilla	3.4	3.6	17	19	0	0	1670	98	150
18	Argilla	3.6	3.8	17	19	0	0	1760	78.4	150

19	Argilla	3.8	4	17	19	0	0	1670	84.9	150
20	Argilla	4	4.2	17	19	0	0	1670	71.9	150
21	Argilla	4.2	4.4	17	19	0	0	1370	65.3	150
22	Argilla	4.4	4.6	17	19	0	0	1370	58.8	150
23	Argilla limosa	4.6	4.8	17	19	0	0	980	52.3	150
24	Argilla limosa	4.8	5	17	19	0	0	880	32.7	150
25	Argilla limosa	5	5.2	17	19	0	0	980	45.7	150
26	Argilla limosa	5.2	5.4	17	19	0	0	1080	45.7	150
27	Argilla limosa	5.4	5.6	17	19	0	0	880	52.3	150
28	Argilla limosa	5.6	5.8	17	19	0	0	780	32.7	150
29	Argilla limosa	5.8	6	17	19	0	0	1080	32.7	150
30	Argilla limosa	6	6.2	17	19	0	0	1860	58.8	150
31	Argilla limosa	6.2	6.4	17	19	0	0	1860	32.7	150
32	Argilla limosa	6.4	6.6	17	19	0	0	980	39.2	150
33	Argilla limosa	6.6	6.8	17	19	0	0	1080	39.2	150
34	Argilla limosa	6.8	7	17	19	0	0	1080	45.7	150
35	Argilla limosa	7	7.2	17	19	0	0	1180	45.7	150
36	Argilla limosa	7.2	7.4	17	19	0	0	1370	58.8	150
37	Argilla limosa	7.4	7.6	17	19	0	0	1860	71.9	150
38	Argilla limosa	7.6	7.8	17	19	0	0	1760	104.5	150
39	Argilla limosa	7.8	8	17	19	0	0	1860	84.9	150
40	Argilla limosa	8	8.2	17	19	0	0	1370	91.5	150
41	Argilla limosa	8.2	8.4	17	19	0	0	880	71.9	150
42	Argilla limosa	8.4	8.6	17	19	0	0	1570	52.3	150
43	Argilla limosa	8.6	8.8	17	19	0	0	1960	78.4	150
44	Argilla limosa	8.8	9	17	19	0	0	1860	124.1	150



45	Argilla limosa	9	9.2	17	19	0	0	1860	117.6	150
46	Argilla limosa	9.2	9.4	17	19	0	0	2250	111.1	150
47	Argilla limosa	9.4	9.6	17	19	0	0	2160	104.5	150
48	Argilla limosa	9.6	9.8	17	19	0	0	1960	130.7	150
49	Argilla limosa	9.8	10	17	19	0	0	1760	111.1	150
50	Argilla limosa	10	10.2	17	19	0	0	1670	84.9	150
51	Argilla limosa	10.2	10.4	17	19	0	0	1370	91.5	150
52	Argilla limosa	10.4	10.6	17	19	0	0	1470	71.9	150
53	Argilla limosa	10.6	10.8	17	19	0	0	1370	65.3	150
54	Argilla limosa	10.8	11	17	19	0	0	1470	65.3	150
55	Argilla limosa	11	11.2	17	19	0	0	2160	91.5	150
56	Argilla limosa	11.2	11.4	17	19	0	0	2250	98	150
57	Argilla limosa	11.4	11.6	17	19	0	0	2740	130.7	150
58	Argilla limosa	11.6	11.8	17	19	0	0	2450	137.2	150
59	Argilla limosa	11.8	12	17	19	0	0	1960	130.7	150
60	Argilla limosa	12	12.2	17	19	0	0	1760	111.1	150
61	Argilla limosa	12.2	12.4	17	19	0	0	1670	91.5	150
62	Argilla limosa	12.4	12.6	17	19	0	0	1760	65.3	150
63	Argilla limosa	12.6	12.8	17	19	0	0	2160	78.4	150
64	Argilla limosa	12.8	13	17	19	0	0	2940	111.1	150
65	Argilla limosa	13	13.2	17	19	0	0	2940	130.7	150
66	Argilla limosa	13.2	13.4	17	19	0	0	2160	169.9	150
67	Argilla limosa	13.4	13.6	17	19	0	0	2650	137.2	150
68	Argilla limosa	13.6	13.8	17	19	0	0	2250	124.1	150

69	Argilla limosa	13.8	14	17	19	0	0	2840	124.1	150
70	Argilla limosa	14	14.2	17	19	0	0	1960	111.1	150
71	Sabbia	14.2	14.4	18	20	0	0	2940	84.9	250
72	Sabbia	14.4	14.6	18	20	0	0	2450	176.4	250
73	Sabbia	14.6	14.8	18	20	0	0	11270	98	250
74	Sabbia	14.8	15	18	20	0	0	8330	98	250
75	Sabbia	15	15.2	18	20	0	0	12740	130.7	250
76	Sabbia	15.2	15.4	18	20	0	0	3920	130.7	250
77	Sabbia	15.4	15.6	18	20	0	0	14700	98	250
78	Sabbia	15.6	15.8	18	20	0	0	13720	130.7	250
79	Sabbia	15.8	16	18	20	0	0	10290	98	250
80	Sabbia	16	16.2	18	20	0	0	12740	98	250
81	Sabbia	16.2	16.4	18	20	0	0	13720	130.7	250
82	Sabbia	16.4	16.6	18	20	0	0	12740	98	250
83	Sabbia	16.6	16.8	18	20	0	0	12740	130.7	250
84	Sabbia	16.8	17	18	20	0	0	11760	98	250
85	Sabbia	17	17.2	18	20	0	0	11760	130.7	250

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.18

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Rischio
1.60	28.000	24.077	18.357	4.995	2.635	2.548662	97.243	1.027	0.159	0.179	0.000	MOLTOBASSO
<b>1.80</b>	<b>31.800</b>	<b>25.916</b>	<b>18.357</b>	<b>3.933</b>	<b>2.573</b>	<b>2.449976</b>	<b>92.077</b>	<b>1.023</b>	<b>0.149</b>	<b>0.200</b>	<b>0.745</b>	<b>BASSO_RES</b>
2.00	35.600	27.755	17.370	6.060	2.734	2.382676	92.077	1.019	0.149	0.200	0.000	MOLTOBASSO
<b>2.20</b>	<b>39.400</b>	<b>29.593</b>	<b>22.206</b>	<b>3.253</b>	<b>2.490</b>	<b>2.200359</b>	<b>94.046</b>	<b>1.015</b>	<b>0.152</b>	<b>0.215</b>	<b>0.705</b>	<b>ALTO_RES</b>
2.40	43.200	31.432	18.357	5.752	2.725	2.205228	94.046	1.011	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
2.60	47.000	33.271	21.318	6.186	2.720	2.085407	94.046	1.007	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
2.80	50.800	35.109	18.357	7.583	2.833	2.070844	94.046	1.003	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
3.00	54.600	36.948	19.344	6.513	2.781	1.993549	94.046	0.998	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
3.20	58.400	38.787	20.331	5.551	2.726	1.923224	94.046	0.994	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO

3.40	62.200	40.625	16.482	7.314	2.878	1.926109	94.046	0.990	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
3.60	66.000	42.464	16.482	6.110	2.831	1.872073	94.046	0.985	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
3.80	69.800	44.303	17.370	4.639	2.742	1.812473	94.046	0.981	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
4.00	73.600	46.141	16.482	5.318	2.807	1.776901	94.046	0.976	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
4.20	77.400	47.980	16.482	4.515	2.767	1.731226	94.046	0.971	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
4.40	81.200	49.819	13.521	5.067	2.870	1.722463	94.046	0.966	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
4.60	85.000	51.657	13.521	4.576	2.850	1.680054	94.046	0.962	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
4.80	88.800	53.496	9.672	5.868	3.040	1.685657	94.046	0.957	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
5.00	92.600	55.335	8.685	4.153	2.992	1.656339	94.046	0.952	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
5.20	96.400	57.173	9.672	5.172	3.024	1.602588	94.046	0.947	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
5.40	100.200	59.012	10.659	4.664	2.971	1.553776	94.046	0.942	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
5.60	104.000	60.851	8.685	6.740	3.155	1.537816	94.046	0.937	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
5.80	107.800	62.689	7.698	4.865	3.119	1.512288	94.046	0.932	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
6.00	111.600	64.528	10.659	3.377	2.912	1.45076	94.046	0.926	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
6.20	115.400	66.367	18.357	3.370	2.729	1.375579	94.046	0.921	0.152	0.215	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
6.40	119.200	68.205	18.357	1.878	2.581	1.349246	67.736	0.916	0.115	0.255	0.450	MOLTOALTO
												_RES
6.60	123.000	70.044	9.672	4.574	3.054	1.36641	67.736	0.911	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
6.80	126.800	71.883	10.659	4.112	2.998	1.332487	67.736	0.905	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
7.00	130.600	73.721	10.659	4.814	3.049	1.305805	67.736	0.900	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
7.20	134.400	75.560	11.646	4.371	2.998	1.27586	67.736	0.895	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
7.40	138.200	77.399	13.521	4.774	2.975	1.244841	67.736	0.889	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
7.60	142.000	79.237	18.357	4.185	2.837	1.209417	67.736	0.884	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
7.80	145.800	81.076	17.370	6.474	2.988	1.19093	67.736	0.878	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
8.00	149.600	82.915	18.357	4.964	2.898	1.168956	67.736	0.873	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES

8.20	153.400	84.753	13.521	7.521	3.132	1.158334	67.736	0.868	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
8.40	157.200	86.592	8.685	9.947	3.384	1.148437	67.736	0.862	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
8.60	161.000	88.431	15.495	3.712	2.898	1.116482	67.736	0.857	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
8.80	164.800	90.269	19.344	4.367	2.868	1.094354	67.736	0.851	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
9.00	168.600	92.108	18.357	7.337	3.042	1.078278	67.736	0.846	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
9.20	172.400	93.947	18.357	6.968	3.032	1.061749	67.736	0.840	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
9.40	176.200	95.786	22.206	5.357	2.895	1.044066	67.736	0.834	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
9.60	180.000	97.624	21.318	5.278	2.910	1.029266	67.736	0.829	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
9.80	183.800	99.463	19.344	7.358	3.047	1.014791	67.736	0.823	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.00	187.600	101.302	17.370	7.066	3.078	1.000187	67.736	0.818	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.20	191.400	103.140	16.482	5.742	3.043	0.9855765	67.736	0.812	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.40	195.200	104.979	13.521	7.789	3.211	0.9704494	67.736	0.807	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.60	199.000	106.818	14.508	5.657	3.100	0.9566575	67.736	0.801	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
10.80	202.800	108.656	13.521	5.595	3.130	0.9423121	67.736	0.796	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.00	206.600	110.495	14.508	5.169	3.086	0.9295517	67.736	0.790	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.20	210.400	112.334	21.318	4.693	2.917	0.9216004	67.736	0.785	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.40	214.200	114.172	22.206	4.814	2.914	0.9102887	67.736	0.779	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.60	218.000	116.011	27.042	5.182	2.869	0.9023338	67.736	0.774	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
11.80	221.800	117.850	24.180	6.157	2.964	0.8890607	67.736	0.768	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.00	225.600	119.688	19.344	7.536	3.109	0.8733613	67.736	0.763	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.20	229.400	121.527	17.370	7.259	3.144	0.8599989	67.736	0.758	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.40	233.200	123.366	16.482	6.368	3.132	0.8478648	67.736	0.752	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.60	237.000	125.204	17.370	4.288	3.008	0.8383536	67.736	0.747	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES
12.80	240.800	127.043	21.318	4.085	2.918	0.8333576	67.736	0.741	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO _RES

13.00	244.600	128.882	29.016	4.122	2.807	0.8326908	67.736	0.736	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
13.20	248.400	130.720	29.016	4.856	2.859	0.8234134	67.736	0.731	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
13.40	252.200	132.559	21.318	8.906	3.154	0.8041739	67.736	0.726	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
13.60	256.000	134.398	26.153	5.731	2.953	0.8017359	67.736	0.720	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
13.80	259.800	136.236	22.206	6.236	3.043	0.7872158	67.736	0.715	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
14.00	263.600	138.075	28.029	4.817	2.885	0.7868155	67.736	0.710	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
14.20	267.600	140.114	19.344	6.565	3.121	0.7637708	67.736	0.705	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
14.40	271.600	142.152	29.016	3.182	2.765	0.7697353	67.736	0.700	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
14.60	275.600	144.191	24.180	8.113	3.106	0.7533932	67.736	0.695	0.115	0.255	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
14.80	279.600	146.230	111.226	0.892	1.916	0.8273463	114.946	0.690	0.188	0.210	0.895	ALTO_RES
15.00	283.600	148.268	82.211	1.218	2.117	0.7999259	97.470	0.685	0.150	0.209	0.719	MOLTOALTO_RES
15.20	287.600	150.307	125.734	1.050	1.921	0.821048	127.438	0.680	0.231	0.207	1.114	MOLTOBASSO
												_RES
15.40	291.600	152.346	38.687	3.602	2.710	0.7411732	127.438	0.675	0.231	0.207	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
15.60	295.600	154.384	145.078	0.680	1.759	0.8101335	132.511	0.670	0.254	0.204	1.242	MOLTOBASSO
												_RES
15.80	299.600	156.423	135.406	0.974	1.882	0.8048369	131.137	0.665	0.247	0.203	1.217	MOLTOBASSO
												_RES
16.00	303.600	158.462	101.554	0.981	1.993	0.782752	105.880	0.660	0.165	0.201	0.821	MOLTOALTO_RES
16.20	307.600	160.500	125.734	0.788	1.855	0.7945482	119.682	0.655	0.201	0.200	1.006	MOLTOBASSO
												_RES
16.40	311.600	162.539	135.406	0.975	1.889	0.7895496	129.350	0.651	0.238	0.199	1.199	MOLTOBASSO
												_RES
16.60	315.600	164.578	125.734	0.789	1.860	0.7838	118.548	0.646	0.197	0.197	1.001	MOLTOBASSO
												_RES
16.80	319.600	166.616	125.734	1.052	1.940	0.7784327	122.826	0.641	0.212	0.196	1.081	MOLTOBASSO
												_RES
17.00	323.600	168.655	116.062	0.857	1.919	0.7654553	111.650	0.637	0.178	0.195	0.916	ALTO_RES
17.20	0.000	0.000	116.062	0.857	1.919	0.7654553	111.650	0.632	0.178	0.195	0.916	MOLTOBASSO
												_RES

IPL (Sonmez)=2.28 Zcrit=0 m Rischio=Moderato



<FIELD1>

<FIELD2>

<FIELD3>

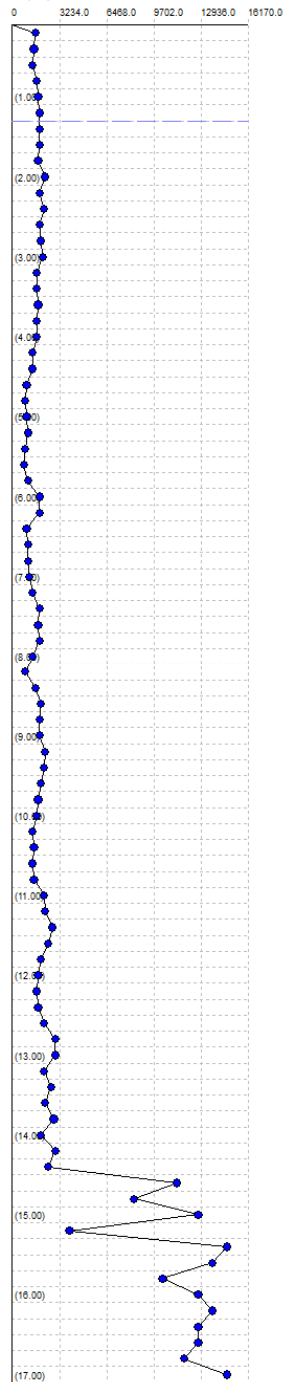
<FIELD4>

1:73

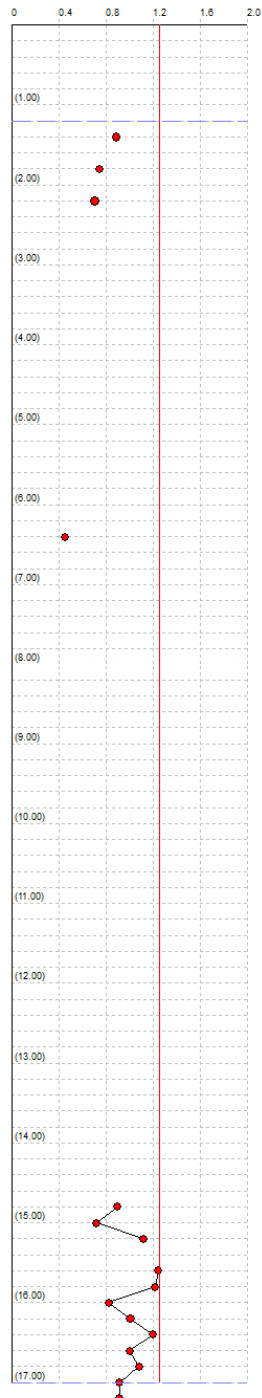
Colonna stratigrafica

1	0.20	A. calcareo
2	0.4	A. calcareo
3	0.6	A. calcareo
4	0.8	A. calcareo
5	1.0	A. calcareo
6	1.2	A. calcareo
7	1.4	A. calcareo
8	1.6	A. calcareo
9	1.8	A. calcareo
10	2.0	A. calcareo
11	2.2	A. calcareo
12	2.4	A. calcareo
13	2.6	A. calcareo
14	2.8	A. calcareo
15	3.0	A. calcareo
16	3.2	A. calcareo
17	3.4	A. calcareo
18	3.6	A. calcareo
19	3.8	A. calcareo
20	4.0	A. calcareo
21	4.2	A. calcareo
22	4.4	A. calcareo
23	4.6	A. calcareo
24	4.8	A. calcareo
25	5.0	A. calcareo
26	5.2	A. calcareo
27	5.4	A. calcareo
28	5.6	A. calcareo
29	5.8	A. calcareo
30	6.0	A. calcareo
31	6.2	A. calcareo
32	6.4	A. calcareo
33	6.6	A. calcareo
34	6.8	A. calcareo
35	7.0	A. calcareo
36	7.2	A. calcareo
37	7.4	A. calcareo
38	7.6	A. calcareo
39	7.8	A. calcareo
40	8.0	A. calcareo
41	8.2	A. calcareo
42	8.4	A. calcareo
43	8.6	A. calcareo
44	8.8	A. calcareo
45	9.0	A. calcareo
46	9.2	A. calcareo
47	9.4	A. calcareo
48	9.6	A. calcareo
49	9.8	A. calcareo
50	10.0	A. calcareo
51	10.2	A. calcareo
52	10.4	A. calcareo
53	10.6	A. calcareo
54	10.8	A. calcareo
55	11.0	A. calcareo
56	11.2	A. calcareo
57	11.4	A. calcareo
58	11.6	A. calcareo
59	11.8	A. calcareo
60	12.0	A. calcareo
61	12.2	A. calcareo
62	12.4	A. calcareo
63	12.6	A. calcareo
64	12.8	A. calcareo
65	13.0	A. calcareo
66	13.2	A. calcareo
67	13.4	A. calcareo
68	13.6	A. calcareo
69	13.8	A. calcareo
70	14.0	A. calcareo
71	14.2	A. calcareo
72	14.4	A. calcareo
73	14.6	A. calcareo
74	14.8	A. calcareo
75	15.0	A. calcareo
76	15.2	A. calcareo
77	15.4	A. calcareo
78	15.6	A. calcareo
79	15.8	A. calcareo
80	16.0	A. calcareo
81	16.2	A. calcareo
82	16.4	A. calcareo
83	16.6	A. calcareo
84	16.8	A. calcareo
85	17.0	A. calcareo

Q<sub>e</sub> (kPa)



Fattore di sicurezza F<sub>s</sub>



### VERIFICA CPT N.3

#### DATI GENERALI

##### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: PUA INGRA BROZZI

Codice identificativo

05.20

Cliente: INGRA BROZZI SPA

Indirizzo, Coordinate: VIA BOCCALETTA - CONCORDIA SULLA SECCHIA

Data

08.02.2013

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa

1.25

#### FALDA

Profondità falda idrica

1.2 m

#### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock

0.133

Fattore amplificazione

2.588

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)

1.83

Coefficiente amplificazione topografica (ST)

1

Magnitudo momento sismico (Mw)

6.14

Distanza epicentro

20 Km

Peak ground acceleration (PGA)

0.245

#### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unà volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0.2	0.4	17	19	0	0	1960	130.7	150
2	Argilla	0.4	0.6	17	19	0	0	1760	78.4	150
3	Argilla	0.6	0.8	17	19	0	0	1670	71.9	150
4	Argilla	0.8	1	17	19	0	0	1960	84.9	150
5	Argilla	1	1.2	17	19	0	0	2450	98	150
6	Argilla	1.2	1.4	17	19	0	0	1860	104.5	150
7	Argilla	1.4	1.6	17	19	0	0	1860	117.6	150
8	Argilla	1.6	1.8	17	19	0	0	2350	98	150
9	Argilla	1.8	2	17	19	0	0	2350	111.1	150
10	Argilla	2	2.2	17	19	0	0	2160	124.1	150
11	Argilla	2.2	2.4	17	19	0	0	2450	98	150
12	Argilla	2.4	2.6	17	19	0	0	2060	98	150
13	Argilla	2.6	2.8	17	19	0	0	1960	98	150
14	Argilla	2.8	3	17	19	0	0	1760	91.5	150
15	Argilla	3	3.2	17	19	0	0	1470	84.9	150
16	Argilla	3.2	3.4	17	19	0	0	1470	98	150
17	Argilla	3.4	3.6	17	19	0	0	1270	78.4	150
18	Argilla	3.6	3.8	17	19	0	0	980	71.9	150

19	Argilla	3.8	4	17	19	0	0	780	58.8	150
20	Argilla limosa	4	4.2	17	19	0	0	880	32.7	150
21	Argilla limosa	4.2	4.4	17	19	0	0	1080	32.7	150
22	Argilla limosa	4.4	4.6	17	19	0	0	1370	39.2	150
23	Argilla limosa	4.6	4.8	17	19	0	0	1080	45.7	150
24	Argilla limosa	4.8	5	17	19	0	0	980	52.3	150
25	Argilla limosa	5	5.2	17	19	0	0	1860	39.2	150
26	Argilla limosa	5.2	5.4	17	19	0	0	2550	52.3	150
27	Argilla limosa	5.4	5.6	17	19	0	0	1760	26.1	150
28	Argilla limosa	5.6	5.8	17	19	0	0	1570	39.2	150
29	Argilla limosa	5.8	6	17	19	0	0	1670	52.3	150
30	Argilla limosa	6	6.2	17	19	0	0	780	52.3	150
31	Argilla limosa	6.2	6.4	17	19	0	0	590	26.1	150
32	Argilla limosa	6.4	6.6	17	19	0	0	590	19.6	150
33	Argilla limosa	6.6	6.8	17	19	0	0	780	45.7	150
34	Argilla limosa	6.8	7	17	19	0	0	1080	39.2	150
35	Argilla limosa	7	7.2	17	19	0	0	1080	58.8	150
36	Argilla	7.2	7.4	17	19	0	0	1670	71.9	150
37	Argilla	7.4	7.6	17	19	0	0	1760	78.4	150
38	Argilla	7.6	7.8	17	19	0	0	1370	104.5	150
39	Argilla	7.8	8	17	19	0	0	1670	58.8	150
40	Argilla	8	8.2	17	19	0	0	1470	91.5	150
41	Argilla	8.2	8.4	17	19	0	0	1370	91.5	150
42	Argilla	8.4	8.6	17	19	0	0	1470	84.9	150
43	Argilla	8.6	8.8	17	19	0	0	1860	84.9	150
44	Argilla	8.8	9	17	19	0	0	1860	111.1	150
45	Argilla	9	9.2	17	19	0	0	1860	91.5	150
46	Argilla	9.2	9.4	17	19	0	0	1670	111.1	150
47	Argilla	9.4	9.6	17	19	0	0	1860	111.1	150
48	Argilla	9.6	9.8	17	19	0	0	1860	124.1	150
49	Argilla	9.8	10	17	19	0	0	1670	111.1	150
50	Argilla	10	10.2	17	19	0	0	1570	104.5	150

113

51	Argilla	10.2	10.4	17	19	0	0	1270	84.9	150
52	Argilla	10.4	10.6	17	19	0	0	1570	78.4	150
53	Argilla	10.6	10.8	17	19	0	0	1860	71.9	150
54	Argilla	10.8	11	17	19	0	0	1370	78.4	150
55	Argilla	11	11.2	17	19	0	0	1760	104.5	150
56	Argilla	11.2	11.4	17	19	0	0	2060	91.5	150
57	Argilla	11.4	11.6	17	19	0	0	1960	124.1	150
58	Argilla	11.6	11.8	17	19	0	0	1960	137.2	150
59	Argilla	11.8	12	17	19	0	0	1960	111.1	150
60	Argilla	12	12.2	17	19	0	0	1760	117.6	150
61	Argilla	12.2	12.4	17	19	0	0	1860	104.5	150
62	Argilla	12.4	12.6	17	19	0	0	2250	111.1	150
63	Argilla	12.6	12.8	17	19	0	0	2940	111.1	150
64	Argilla	12.8	13	17	19	0	0	2350	182.9	150
65	Argilla	13	13.2	17	19	0	0	2450	182.9	150
66	Argilla	13.2	13.4	17	19	0	0	2350	150.3	150
67	Argilla	13.4	13.6	17	19	0	0	2160	143.7	150
68	Argilla	13.6	13.8	17	19	0	0	2450	98	150
69	Argilla	13.8	14	17	19	0	0	2250	124.1	150
70	Argilla	14	14.2	17	19	0	0	1860	104.5	150
71	Argilla	14.2	14.4	17	19	0	0	2940	65.3	150
72	Argilla	14.4	14.6	17	19	0	0	2840	98	150
73	Argilla	14.6	14.8	17	19	0	0	2940	84.9	150
74	Sabbia	14.8	15	18	20	0	0	3820	39.2	250
75	Sabbia	15	15.2	18	20	0	0	14700	130.7	250
76	Sabbia	15.2	15.4	18	20	0	0	9800	98	250
77	Sabbia	15.4	15.6	18	20	0	0	8330	98	250
78	Sabbia	15.6	15.8	18	20	0	0	11760	130.7	250
79	Sabbia	15.8	16	18	20	0	0	12740	130.7	250
80	Sabbia	16	16.2	18	20	0	0	13720	130.7	250
81	Sabbia	16.2	16.4	18	20	0	0	14700	98	250
82	Sabbia	16.4	16.6	18	20	0	0	13720	98	250
83	Sabbia	16.6	16.8	18	20	0	0	11760	130.7	250
84	Sabbia	16.8	17	18	20	0	0	14700	130.7	250
85	Sabbia	17	17.2	18	20	0	0	11760	130.7	250

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.27

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normali Q	Attrito laterale normale lizzata o F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR (CSR))	Sforzo di taglio normale lizzata o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Rischio
1.40	24.200	22.239	18.357	5.692	2.665	2.645835	0.000	1.031	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO_RES
1.60	28.000	24.077	18.357	6.419	2.716	2.548662	0.000	1.027	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO_RES
1.80	31.800	25.916	23.193	4.227	2.539	2.333976	102.063	1.023	0.168	0.200	0.838	BASSO_RES
2.00	35.600	27.755	23.193	4.800	2.589	2.26026	101.621	1.019	0.166	0.208	0.798	BASSO_RES
2.20	39.400	29.593	21.318	5.852	2.683	2.220694	101.621	1.015	0.166	0.208	0.000	MOLTOBASSO_RES
2.40	43.200	31.432	24.180	4.072	2.547	2.101351	98.322	1.011	0.159	0.221	0.719	ALTO_RES
2.60	47.000	33.271	20.331	4.868	2.657	2.100466	98.322	1.007	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
2.80	50.800	35.109	19.344	5.133	2.696	2.055058	98.322	1.003	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
3.00	54.600	36.948	17.370	5.365	2.748	2.027275	98.322	0.998	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
3.20	58.400	38.787	14.508	6.014	2.843	2.017558	98.322	0.994	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
3.40	62.200	40.625	14.508	6.961	2.898	1.957437	98.322	0.990	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
3.60	66.000	42.464	12.534	6.512	2.929	1.936756	98.322	0.985	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
3.80	69.800	44.303	9.672	7.899	3.075	1.935408	98.322	0.981	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
4.00	73.600	46.141	7.698	8.324	3.173	1.922518	98.322	0.976	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
4.20	77.400	47.980	8.685	4.074	2.943	1.845965	98.322	0.971	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
4.40	81.200	49.819	10.659	3.274	2.826	1.761778	98.322	0.966	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
4.60	85.000	51.657	13.521	3.051	2.737	1.680054	98.322	0.962	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
4.80	88.800	53.496	10.659	4.611	2.939	1.672119	98.322	0.957	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
5.00	92.600	55.335	9.672	5.894	3.051	1.642674	98.322	0.952	0.159	0.221	0.000	MOLTOBASSO_RES
5.20	96.400	57.173	18.357	2.223	2.577	1.5252	71.551	0.947	0.119	0.254	0.468	MOLTOALTO_RES



5.40	100.200	59.012	25.167	2.135	2.470	1.454636	78.649	0.942	0.127	0.255	0.499	MOLTOALTO_
5.60	104.000	60.851	17.370	1.576	2.526	1.467301	67.008	0.937	0.114	0.255	0.448	MOLTOALTO_
5.80	107.800	62.689	15.495	2.681	2.709	1.448222	67.008	0.932	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
6.00	111.600	64.528	16.482	3.356	2.756	1.412961	67.008	0.926	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
6.20	115.400	66.367	7.698	7.869	3.270	1.4436	67.008	0.921	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
6.40	119.200	68.205	5.823	5.544	3.297	1.429062	67.008	0.916	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
6.60	123.000	70.044	5.823	4.197	3.237	1.396612	67.008	0.911	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
6.80	126.800	71.883	7.698	6.996	3.266	1.350744	67.008	0.905	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
7.00	130.600	73.721	10.659	4.129	3.008	1.305805	67.008	0.900	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
7.20	134.400	75.560	10.659	6.218	3.127	1.279971	67.008	0.895	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
7.40	138.200	77.399	16.482	4.694	2.900	1.235823	67.008	0.889	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
7.60	142.000	79.237	17.370	4.845	2.898	1.211744	67.008	0.884	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
7.80	145.800	81.076	13.521	8.536	3.156	1.20014	67.008	0.878	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
8.00	149.600	82.915	16.482	3.867	2.866	1.172505	67.008	0.873	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
8.20	153.400	84.753	14.508	6.950	3.084	1.156387	67.008	0.868	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
8.40	157.200	86.592	13.521	7.545	3.139	1.138484	67.008	0.862	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
8.60	161.000	88.431	14.508	6.486	3.077	1.117838	67.008	0.857	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
8.80	164.800	90.269	18.357	5.008	2.925	1.095322	67.008	0.851	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
9.00	168.600	92.108	18.357	6.569	3.009	1.078278	67.008	0.846	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
9.20	172.400	93.947	18.357	5.422	2.959	1.061749	67.008	0.840	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
9.40	176.200	95.786	16.482	7.437	3.095	1.046587	67.008	0.834	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
9.60	180.000	97.624	18.357	6.613	3.028	1.030096	67.008	0.829	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
9.80	183.800	99.463	18.357	7.404	3.067	1.014932	67.008	0.823	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
10.00	187.600	101.302	16.482	7.495	3.114	1.000189	67.008	0.818	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_

10.20	191.400	103.140	15.495	7.580	3.146	0.985429	67.008	0.812	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
10.40	195.200	104.979	12.534	7.899	3.244	0.9701134	67.008	0.807	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
10.60	199.000	106.818	15.495	5.718	3.077	0.957099	67.008	0.801	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
10.80	202.800	108.656	18.357	4.339	2.941	0.9450455	67.008	0.796	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
11.00	206.600	110.495	13.521	6.739	3.188	0.9288087	67.008	0.790	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
11.20	210.400	112.334	17.370	6.744	3.097	0.9188308	67.008	0.785	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
11.40	214.200	114.172	20.331	4.957	2.956	0.9088755	67.008	0.779	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
11.60	218.000	116.011	19.344	7.124	3.083	0.8962562	67.008	0.774	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
11.80	221.800	117.850	19.344	7.893	3.118	0.8846583	67.008	0.768	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
12.00	225.600	119.688	19.344	6.406	3.062	0.8733613	67.008	0.763	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
12.20	229.400	121.527	17.370	7.683	3.160	0.8599989	67.008	0.758	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
12.40	233.200	123.366	18.357	6.424	3.092	0.8503181	67.008	0.752	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
12.60	237.000	125.204	22.206	5.519	2.982	0.8445899	67.008	0.747	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
12.80	240.800	127.043	29.016	4.116	2.803	0.8422347	67.008	0.741	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
13.00	244.600	128.882	23.193	8.687	3.108	0.8258761	67.008	0.736	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
13.20	248.400	130.720	24.180	8.308	3.083	0.8175329	67.008	0.731	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
13.40	252.200	132.559	23.193	7.165	3.059	0.8069062	67.008	0.726	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
13.60	256.000	134.398	21.318	7.547	3.110	0.7948864	67.008	0.720	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
13.80	259.800	136.236	24.180	4.474	2.917	0.7901277	67.008	0.715	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
14.00	263.600	138.075	22.206	6.247	3.048	0.7782641	67.008	0.710	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
14.20	267.400	139.914	18.357	6.562	3.141	0.7630031	67.008	0.705	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
14.40	271.200	141.752	29.016	2.447	2.695	0.7714987	67.008	0.700	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
14.60	275.000	143.591	28.029	3.821	2.832	0.762092	67.008	0.695	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES
14.80	279.000	145.630	29.016	3.191	2.774	0.7547209	67.008	0.690	0.114	0.255	0.000	MOLTOBASSO_
												RES

15.00	283.000	147.668	37.700	1.108	2.406	0.758218	66.891	0.685	0.112	0.209	0.534	MOLTOALTO_
												RES
15.20	287.000	149.707	145.078	0.907	1.831	0.8226918	138.956	0.680	0.291	0.207	1.404	MOLTOBASSO_
												RES
15.40	291.000	151.746	96.718	1.031	2.016	0.7995924	104.804	0.675	0.164	0.206	0.794	MOLTOALTO_
												RES
15.60	295.000	153.784	82.211	1.220	2.126	0.7813141	96.204	0.670	0.148	0.205	0.722	MOLTOALTO_
												RES
15.80	299.000	155.823	116.062	1.140	1.980	0.8013385	119.956	0.665	0.203	0.203	0.997	BASSO_RES
16.00	303.000	157.862	125.734	1.051	1.930	0.8011612	125.284	0.660	0.222	0.202	1.098	MOLTOBASSO_
												RES
16.20	307.000	159.900	135.406	0.974	1.886	0.7960376	130.109	0.655	0.242	0.200	1.207	MOLTOBASSO_
												RES
16.40	311.000	161.939	145.078	0.681	1.768	0.791011	130.129	0.651	0.241	0.199	1.213	MOLTOBASSO_
												RES
16.60	315.000	163.978	135.406	0.731	1.813	0.7860785	124.073	0.646	0.216	0.198	1.094	MOLTOBASSO_
												RES
16.80	319.000	166.016	116.062	1.142	1.993	0.7724985	117.080	0.641	0.193	0.196	0.984	BASSO_RES
17.00	323.000	168.055	145.078	0.909	1.852	0.776484	133.137	0.637	0.256	0.195	1.313	MOLTOBASSO_
												RES
17.20	0.000	0.000	145.078	0.909	1.852	0.776484	133.137	0.632	0.256	0.195	1.313	MOLTOBASSO_
												RES

IPL (Sonmez)=3.94 Zcrit=0 m Rischio=Moderato

<FIELD1>

<FIELD2>

<FIELD3>

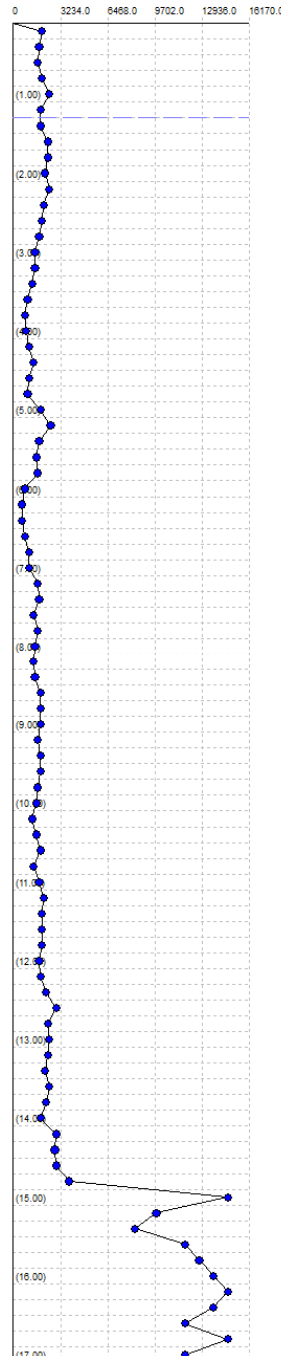
<FIELD4>

1.74

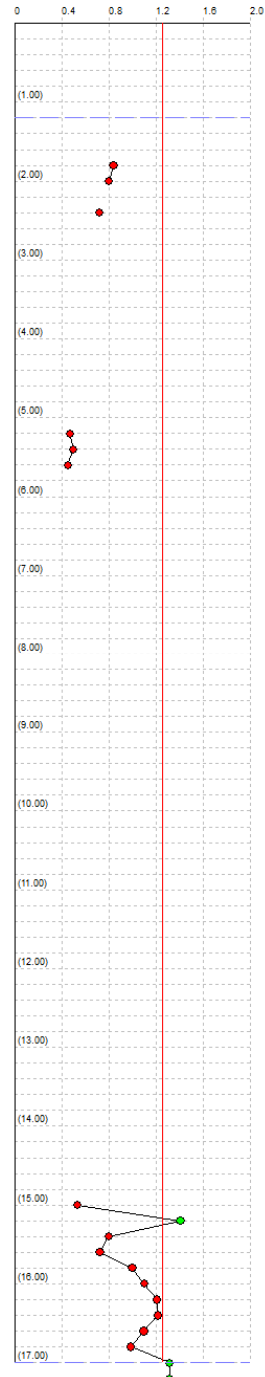
Colonna stratigrafica

1	0.20	A. caill. Me.
2	0.4	A. caill. Me.
3	0.6	A. caill. Me.
4	0.8	A. caill. Me.
5	1.0	A. caill. Me.
6	1.2	A. caill. Me.
7	1.4	A. caill. Me.
8	1.6	A. caill. Me.
9	1.8	A. caill. Me.
10	2.0	A. caill. Me.
11	2.2	A. caill. Me.
12	2.4	A. caill. Me.
13	2.6	A. caill. Me.
14	2.8	A. caill. Me.
15	3.0	A. caill. Me.
16	3.2	A. caill. Me.
17	3.4	A. caill. Me.
18	3.6	A. caill. Me.
19	3.8	A. caill. Me.
20	4.0	A. caill. Me.
21	4.2	A. caill. Me.
22	4.4	A. caill. Me.
23	4.6	A. caill. Me.
24	4.8	A. caill. Me.
25	5.0	A. caill. Me.
26	5.2	A. caill. Me.
27	5.4	A. caill. Me.
28	5.6	A. caill. Me.
29	5.8	A. caill. Me.
30	6.0	A. caill. Me.
31	6.2	A. caill. Me.
32	6.4	A. caill. Me.
33	6.6	A. caill. Me.
34	6.8	A. caill. Me.
35	7.0	A. caill. Me.
36	7.2	A. caill. Me.
37	7.4	A. caill. Me.
38	7.6	A. caill. Me.
39	7.8	A. caill. Me.
40	8.0	A. caill. Me.
41	8.2	A. caill. Me.
42	8.4	A. caill. Me.
43	8.6	A. caill. Me.
44	8.8	A. caill. Me.
45	9.0	A. caill. Me.
46	9.2	A. caill. Me.
47	9.4	A. caill. Me.
48	9.6	A. caill. Me.
49	9.8	A. caill. Me.
50	10.0	A. caill. Me.
51	10.2	A. caill. Me.
52	10.4	A. caill. Me.
53	10.6	A. caill. Me.
54	10.8	A. caill. Me.
55	11.0	A. caill. Me.
56	11.2	A. caill. Me.
57	11.4	A. caill. Me.
58	11.6	A. caill. Me.
59	11.8	A. caill. Me.
60	12.0	A. caill. Me.
61	12.2	A. caill. Me.
62	12.4	A. caill. Me.
63	12.6	A. caill. Me.
64	12.8	A. caill. Me.
65	13.0	A. caill. Me.
66	13.2	A. caill. Me.
67	13.4	A. caill. Me.
68	13.6	A. caill. Me.
69	13.8	A. caill. Me.
70	14.0	A. caill. Me.
71	14.2	A. caill. Me.
72	14.4	A. caill. Me.
73	14.6	A. caill. Me.
74	14.8	A. caill. Me.
75	15.0	A. caill. Me.
76	15.2	A. caill. Me.
77	15.4	A. caill. Me.
78	15.6	A. caill. Me.
79	15.8	A. caill. Me.
80	16.0	A. caill. Me.
81	16.2	A. caill. Me.
82	16.4	A. caill. Me.
83	16.6	A. caill. Me.
84	16.8	A. caill. Me.
85	17.0	A. caill. Me.

Qc (kPa)



Fattore di sicurezza Fs



## VERIFICA CPT N.4

### DATI GENERALI

#### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: PUA INGRA BROZZI

Codice identificativo

05.20

Cliente: INGRA BROZZI SPA

Indirizzo, Coordinate: VIA BOCCALETTA - CONCORDIA SULLA SECCHIA

Data

08.02.2013

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa

1.25

#### FALDA

Profondità falda idrica

1.2 m

#### DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock

0.133

Fattore amplificazione

2.588

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)

1.83

Coefficiente amplificazione topografica (ST)

1

Magnitudo momento sismico (Mw)

6.14

Distanza epicentro

20 Km

Peak ground acceleration (PGA)

0.245

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unià volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0.2	0.4	17	19	0	0	1470	84.9	150
2	Argilla	0.4	0.6	17	19	0	0	1570	84.9	150
3	Argilla	0.6	0.8	17	19	0	0	1670	84.9	150
4	Argilla	0.8	1	17	19	0	0	1760	91.5	150
5	Argilla	1	1.2	17	19	0	0	1670	71.9	150
6	Argilla	1.2	1.4	17	19	0	0	1960	117.6	150
7	Argilla	1.4	1.6	17	19	0	0	2160	117.6	150
8	Argilla	1.6	1.8	17	19	0	0	2550	130.7	150
9	Argilla	1.8	2	17	19	0	0	2160	150.3	150
10	Argilla	2	2.2	17	19	0	0	1860	163.3	150
11	Argilla	2.2	2.4	17	19	0	0	1960	150.3	150
12	Argilla	2.4	2.6	17	19	0	0	1670	117.6	150
13	Argilla	2.6	2.8	17	19	0	0	1860	124.1	150
14	Argilla	2.8	3	17	19	0	0	1760	117.6	150
15	Argilla	3	3.2	17	19	0	0	1760	111.1	150
16	Argilla	3.2	3.4	17	19	0	0	1860	111.1	150
17	Argilla	3.4	3.6	17	19	0	0	1760	91.5	150
18	Argilla	3.6	3.8	17	19	0	0	1760	104.5	150

120

GEOPROGETTI SRL

Dott. Geol. Rita Ballista

Via Genova 1/8 - 41036 MEDOLLA - MODENA -

Tel. 0535-47170 Cel. 335 6250803 - email:geoprogettisrl@gmail.com



19	Argilla	3.8	4	17	19	0	0	1760	78.4	150
20	Argilla	4	4.2	17	19	0	0	1570	65.3	150
21	Argilla	4.2	4.4	17	19	0	0	1270	78.4	150
22	Argilla	4.4	4.6	17	19	0	0	1080	65.3	150
23	Argilla limosa	4.6	4.8	17	19	0	0	880	58.8	150
24	Argilla limosa	4.8	5	17	19	0	0	1180	52.3	150
25	Argilla limosa	5	5.2	17	19	0	0	1570	26.1	150
26	Argilla limosa	5.2	5.4	17	19	0	0	980	58.8	150
27	Argilla limosa	5.4	5.6	17	19	0	0	1080	58.8	150
28	Argilla limosa	5.6	5.8	17	19	0	0	980	58.8	150
29	Argilla limosa	5.8	6	17	19	0	0	980	58.8	150
30	Argilla limosa	6	6.2	17	19	0	0	1270	52.3	150
31	Argilla limosa	6.2	6.4	17	19	0	0	980	65.3	150
32	Argilla limosa	6.4	6.6	17	19	0	0	690	45.7	150
33	Argilla limosa	6.6	6.8	17	19	0	0	1180	52.3	150
34	Argilla limosa	6.8	7	17	19	0	0	1180	58.8	150
35	Argilla limosa	7	7.2	17	19	0	0	1080	58.8	150
36	Argilla limosa	7.2	7.4	17	19	0	0	1470	58.8	150
37	Argilla limosa	7.4	7.6	17	19	0	0	1570	58.8	150
38	Argilla limosa	7.6	7.8	17	19	0	0	1370	78.4	150
39	Argilla limosa	7.8	8	17	19	0	0	690	52.3	150
40	Argilla limosa	8	8.2	17	19	0	0	690	39.2	150
41	Argilla limosa	8.2	8.4	17	19	0	0	780	39.2	150
42	Argilla limosa	8.4	8.6	17	19	0	0	980	39.2	150
43	Argilla limosa	8.6	8.8	17	19	0	0	1080	52.3	150
44	Argilla limosa	8.8	9	17	19	0	0	1370	65.3	150

121

45	Argilla limosa	9	9.2	17	19	0	0	1670	84.9	150
46	Argilla limosa	9.2	9.4	17	19	0	0	1860	104.5	150
47	Argilla limosa	9.4	9.6	17	19	0	0	1570	91.5	150
48	Argilla limosa	9.6	9.8	17	19	0	0	1270	78.4	150
49	Argilla limosa	9.8	10	17	19	0	0	1080	84.9	150
50	Argilla limosa	10	10.2	17	19	0	0	1370	71.9	150
51	Argilla limosa	10.2	10.4	17	19	0	0	1080	84.9	150
52	Argilla limosa	10.4	10.6	17	19	0	0	1080	65.3	150
53	Argilla limosa	10.6	10.8	17	19	0	0	1080	65.3	150
54	Argilla limosa	10.8	11	17	19	0	0	1180	71.9	150
55	Argilla limosa	11	11.2	17	19	0	0	1470	65.3	150
56	Argilla limosa	11.2	11.4	17	19	0	0	1670	65.3	150
57	Sabbia	11.4	11.6	18	20	0	0	2160	117.6	250
58	Sabbia	11.6	11.8	18	20	0	0	2350	104.5	250
59	Sabbia	11.8	12	18	20	0	0	2250	150.3	250
60	Sabbia	12	12.2	18	20	0	0	2350	130.7	250
61	Sabbia	12.2	12.4	18	20	0	0	2350	137.2	250
62	Sabbia	12.4	12.6	18	20	0	0	2350	143.7	250
63	Sabbia	12.6	12.8	18	20	0	0	2940	156.8	250
64	Sabbia	12.8	13	18	20	0	0	3230	163.3	250
65	Sabbia	13	13.2	18	20	0	0	2940	182.9	250
66	Sabbia	13.2	13.4	18	20	0	0	3230	137.2	250
67	Sabbia	13.4	13.6	18	20	0	0	3230	137.2	250
68	Sabbia	13.6	13.8	18	20	0	0	2550	130.7	250
69	Sabbia	13.8	14	18	20	0	0	2450	98	250
70	Sabbia	14	14.2	18	20	0	0	2160	91.5	250
71	Sabbia	14.2	14.4	18	20	0	0	1860	98	250
72	Sabbia	14.4	14.6	18	20	0	0	3140	84.9	250
73	Sabbia	14.6	14.8	18	20	0	0	7840	65.3	250
74	Sabbia	14.8	15	18	20	0	0	9800	98	250
75	Sabbia	15	15.2	18	20	0	0	11760	130.7	250
76	Sabbia	15.2	15.4	18	20	0	0	13720	130.7	250
77	Sabbia	15.4	15.6	18	20	0	0	10780	130.7	250
78	Sabbia	15.6	15.8	18	20	0	0	11760	130.7	250
79	Sabbia	15.8	16	18	20	0	0	13720	130.7	250
80	Sabbia	16	16.2	18	20	0	0	13720	130.7	250

122

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.25

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale e norma lizzata o F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR )	Sforzo di taglio norma lizzato o (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Rischio
1.40	24.200	22.239	19.344	6.075	2.674	2.618399	0.000	1.031	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO
1.60	28.000	24.077	21.318	5.516	2.632	2.468425	0.000	1.027	0.000	0.000	0.000	MOLTOBASSO
1.80	31.800	25.916	25.167	5.190	2.584	2.301226	108.158	1.023	0.181	0.200	0.907	BASSO
2.00	35.600	27.755	21.318	7.075	2.735	2.292203	108.158	1.019	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
2.20	39.400	29.593	18.357	8.970	2.858	2.282703	108.158	1.015	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
2.40	43.200	31.432	19.344	7.841	2.812	2.186852	108.158	1.011	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
2.60	47.000	33.271	16.482	7.246	2.836	2.173208	108.158	1.007	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
2.80	50.800	35.109	18.357	6.859	2.801	2.070844	108.158	1.003	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
3.00	54.600	36.948	17.370	6.896	2.827	2.027275	108.158	0.998	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
3.20	58.400	38.787	17.370	6.529	2.819	1.967181	108.158	0.994	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
3.40	62.200	40.625	18.357	6.180	2.796	1.8975	108.158	0.990	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
3.60	66.000	42.464	17.370	5.401	2.779	1.860429	108.158	0.985	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
3.80	69.800	44.303	17.370	6.183	2.829	1.812473	108.158	0.981	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
4.00	73.600	46.141	17.370	4.649	2.751	1.765098	108.158	0.976	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
4.20	77.400	47.980	15.495	4.375	2.777	1.742379	108.158	0.971	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
4.40	81.200	49.819	12.534	6.595	2.971	1.735082	108.158	0.966	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
4.60	85.000	51.657	10.659	6.563	3.030	1.715227	108.158	0.962	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
4.80	88.800	53.496	8.685	7.432	3.143	1.699573	108.158	0.957	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO

5.00	92.600	55.335	11.646	4.810	2.931	1.619576	108.158	0.952	0.181	0.200	0.000	MOLTOBASSO
5.20	96.400	57.173	15.495	1.771	2.577	1.545994	66.641	0.947	0.114	0.254	0.449	MOLTOALTO
5.40	100.200	59.012	9.672	6.683	3.105	1.564322	66.641	0.942	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
5.60	104.000	60.851	10.659	6.025	3.052	1.518072	66.641	0.937	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
5.80	107.800	62.689	9.672	6.742	3.126	1.492323	66.641	0.932	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
6.00	111.600	64.528	9.672	6.771	3.136	1.458904	66.641	0.926	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
6.20	115.400	66.367	12.534	4.530	2.941	1.406801	66.641	0.921	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
6.40	119.200	68.205	9.672	7.586	3.186	1.395863	66.641	0.916	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
6.60	123.000	70.044	6.810	8.060	3.343	1.387668	66.641	0.911	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
6.80	126.800	71.883	11.646	4.966	3.017	1.327279	66.641	0.905	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
7.00	130.600	73.721	11.646	5.603	3.058	1.301089	66.641	0.900	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
7.20	134.400	75.560	10.659	6.218	3.127	1.279971	66.641	0.895	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
7.40	138.200	77.399	14.508	4.415	2.928	1.241668	66.641	0.889	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
7.60	142.000	79.237	15.495	4.118	2.892	1.216578	66.641	0.884	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
7.80	145.800	81.076	13.521	6.404	3.072	1.20014	66.641	0.878	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
8.00	149.600	82.915	6.810	9.678	3.459	1.19884	66.641	0.873	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
8.20	153.400	84.753	6.810	7.305	3.391	1.175771	66.641	0.868	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
8.40	157.200	86.592	7.698	6.294	3.308	1.150992	66.641	0.862	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
8.60	161.000	88.431	9.672	4.786	3.149	1.125738	66.641	0.857	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
8.80	164.800	90.269	10.659	5.715	3.165	1.104517	66.641	0.851	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
9.00	168.600	92.108	13.521	5.435	3.066	1.082602	66.641	0.846	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
9.20	172.400	93.947	16.482	5.669	3.011	1.06297	66.641	0.840	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
9.40	176.200	95.786	18.357	6.206	3.004	1.045696	66.641	0.834	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
9.60	180.000	97.624	15.495	6.583	3.088	1.030998	66.641	0.829	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO

9.80	183.800	99.463	12.534	7.218	3.200	1.015902	66.641	0.823	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
10.00	187.600	101.302	10.659	9.514	3.348	1.000202	66.641	0.818	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
10.20	191.400	103.140	13.521	6.100	3.136	0.9851121	66.641	0.812	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
10.40	195.200	104.979	10.659	9.595	3.363	0.9694176	66.641	0.807	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
10.60	199.000	106.818	10.659	7.412	3.298	0.9546782	66.641	0.801	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
10.80	202.800	108.656	10.659	7.444	3.305	0.9403448	66.641	0.796	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
11.00	206.600	110.495	11.646	7.386	3.273	0.9272828	66.641	0.790	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
11.20	210.400	112.334	14.508	5.184	3.093	0.9165328	66.641	0.785	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
11.40	214.400	114.372	16.482	4.486	3.009	0.9043488	66.641	0.779	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
11.60	218.400	116.411	21.318	6.057	3.001	0.8954443	66.641	0.774	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
11.80	222.400	118.450	23.193	4.912	2.915	0.8845958	66.641	0.768	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
12.00	226.400	120.488	22.206	7.427	3.056	0.8715367	66.641	0.763	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
12.20	230.400	122.527	23.193	6.166	2.991	0.86076	66.641	0.758	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
12.40	234.400	124.566	23.193	6.485	3.010	0.8492404	66.641	0.752	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
12.60	238.400	126.604	23.193	6.805	3.029	0.838051	66.641	0.747	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
12.80	242.400	128.643	29.016	5.813	2.906	0.8339098	66.641	0.741	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
13.00	246.400	130.682	31.878	5.473	2.859	0.8268102	66.641	0.736	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
13.20	250.400	132.720	29.016	6.800	2.962	0.8135425	66.641	0.731	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
13.40	254.400	134.759	31.878	4.611	2.818	0.8071125	66.641	0.726	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
13.60	258.400	136.798	31.878	4.617	2.822	0.7976339	66.641	0.720	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
13.80	262.400	138.836	25.167	5.713	2.976	0.7792087	66.641	0.715	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
14.00	266.400	140.875	24.180	4.488	2.928	0.7683884	66.641	0.710	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
14.20	270.400	142.914	21.318	4.842	3.003	0.7542484	66.641	0.705	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
14.40	274.400	144.952	18.357	6.181	3.136	0.7395481	66.641	0.700	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO



14.60	278.400	146.991	30.989	2.967	2.731	0.7518951	66.641	0.695	0.114	0.254	0.000	MOLTOBASSO
												_RES
14.80	282.400	149.030	77.375	0.864	2.054	0.7932225	89.175	0.690	0.137	0.208	0.659	MOLTOALTO
												_RES
15.00	286.400	151.068	96.718	1.030	2.015	0.8017417	104.964	0.685	0.164	0.207	0.793	MOLTOALTO
												_RES
15.20	290.400	153.107	116.062	1.140	1.976	0.8092867	120.740	0.680	0.205	0.205	1.001	MOLTOBASSO
												_RES
15.40	294.400	155.146	135.406	0.974	1.880	0.8081434	131.516	0.675	0.249	0.204	1.221	MOLTOBASSO
												_RES
15.60	298.400	157.184	106.390	1.247	2.039	0.7902567	113.650	0.670	0.184	0.203	0.909	ALTO_RES
15.80	302.400	159.223	116.062	1.141	1.984	0.7916148	118.974	0.665	0.199	0.201	0.991	BASSO_RES
16.00	306.400	161.262	135.406	0.974	1.887	0.7926704	129.707	0.660	0.240	0.200	1.201	MOLTOBASSO
												_RES
16.20	0.000	0.000	135.406	0.974	1.887	0.7926704	129.707	0.655	0.240	0.200	1.201	MOLTOBASSO
												_RES

IPL (Sonmez)=1.32 Zcrit=0 m Rischio=Basso

<FIELD1>

<FIELD2>

<FIELD3>

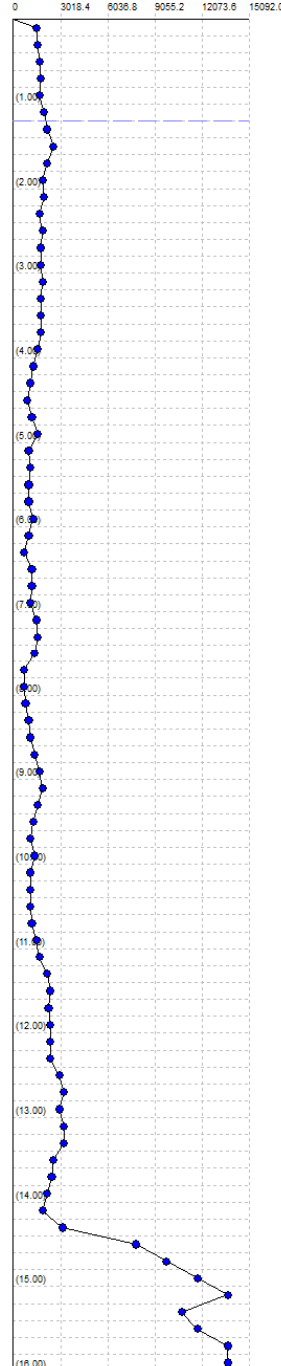
<FIELD4>

1.99

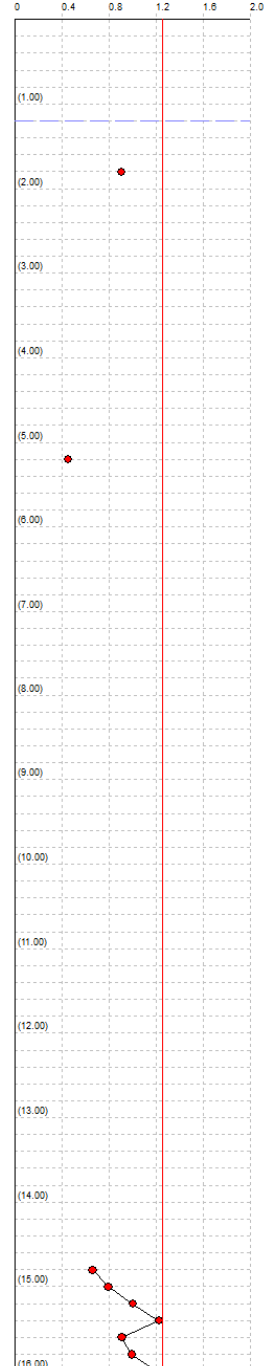
Colonna stratigrafica

1	0.2	Arcolessa
2	0.4	Arcolessa
3	0.6	Arcolessa
4	0.8	Arcolessa
5	1.0	Arcolessa
6	1.2	Arcolessa
7	1.4	Arcolessa
8	1.6	Arcolessa
9	1.8	Arcolessa
10	2.0	Arcolessa
11	2.2	Arcolessa
12	2.4	Arcolessa
13	2.6	Arcolessa
14	2.8	Arcolessa
15	3.0	Arcolessa
16	3.2	Arcolessa
17	3.4	Arcolessa
18	3.6	Arcolessa
19	3.8	Arcolessa
20	4.0	Arcolessa
21	4.2	Arcolessa
22	4.4	Arcolessa
23	4.6	Arcolessa
24	4.8	Arcolessa
25	5.0	Arcolessa
26	5.2	Arcolessa
27	5.4	Arcolessa
28	5.6	Arcolessa
29	5.8	Arcolessa
30	6.0	Arcolessa
31	6.2	Arcolessa
32	6.4	Arcolessa
33	6.6	Arcolessa
34	6.8	Arcolessa
35	7.0	Arcolessa
36	7.2	Arcolessa
37	7.4	Arcolessa
38	7.6	Arcolessa
39	7.8	Arcolessa
40	8.0	Arcolessa
41	8.2	Arcolessa
42	8.4	Arcolessa
43	8.6	Arcolessa
44	8.8	Arcolessa
45	9.0	Arcolessa
46	9.2	Arcolessa
47	9.4	Arcolessa
48	9.6	Arcolessa
49	9.8	Arcolessa
50	10.0	Arcolessa
51	10.2	Arcolessa
52	10.4	Arcolessa
53	10.6	Arcolessa
54	10.8	Arcolessa
55	11.0	Arcolessa
56	11.2	Arcolessa
57	11.4	Arcolessa
58	11.6	Arcolessa
59	11.8	Arcolessa
60	12.0	Arcolessa
61	12.2	Arcolessa
62	12.4	Arcolessa
63	12.6	Arcolessa
64	12.8	Arcolessa
65	13.0	Arcolessa
66	13.2	Arcolessa
67	13.4	Arcolessa
68	13.6	Arcolessa
69	13.8	Arcolessa
70	14.0	Arcolessa
71	14.2	Arcolessa
72	14.4	Arcolessa
73	14.6	Arcolessa
74	14.8	Arcolessa
75	15.0	Arcolessa
76	15.2	Arcolessa
77	15.4	Arcolessa
78	15.6	Arcolessa
79	15.8	Arcolessa
80	16.0	Arcolessa

Qc (kPa)



Fattore di sicurezza Fs



Si riporta di seguito una tabella riassuntiva.

PROVA	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE $I_L$ (IDRISS & BOULANGER 2014)	RISCHIO (Sonmez 2003)	PROFONDITA' STRATO	SPESSORE
CPTU1	2.48	MODERATO	14.60÷19.40	4.80
CPT1	1.77	BASSO	16.60÷19.00	2.40
CPT2	2.28	MODERATO	14.80÷15.00	0.40
CPT3	3.94	MODERATO	5.20÷5.60 15.00÷15.80	0.40 0.80
CPT4	1.32	BASSO	14.80÷15.00 15.60÷15.80	0.40 0.40

**Sulla base delle verifiche eseguite sulla verticale di prova penetrometrica con punta elettrica CPTU, e sulle verticali di prova penetrometrica meccanica CPT, il valore dell'Indice del potenziale di liquefazione IPL risulta variabile da 1.32 a 3.94, rischio moderato/basso secondo la classificazione di Sonmez (2003).**

- $I_L = 0$  il rischio di liquefazione è molto basso;
- $0 < I_L < 2$  il rischio di liquefazione è basso;
- $2 \leq I_L < 5$  il rischio di liquefazione è moderato;
- $5 \leq I_L < 15$  il rischio di liquefazione è elevato;
- $I_L \geq 15$  il rischio di liquefazione è estremamente elevato.

**Considerato che i terreni potenzialmente liquefacibili con spessori superiori al metro sono tutti alla profondità inferiore a - 10 metri dal p.c., ed imputabili all'inizio delle prime sabbie sciolte;**

**Considerato che gli input scelti per le verifiche ( $a_{gmax}$ , livello di falda, Mw e metodo di analisi) sono tutti stati definiti a favore di cautela e le analisi rischio liquefazione eseguite, siano adeguate ai terreni presenti nel suolo e sottosuolo del sito oggetto di PUA;**

**Analizzati valori degli indici IPL calcolati;**

**si esprime parere favorevole sulla fattibilità degli interventi previsti nel piano di lottizzazione per quanto riguarda la stabilità dei terreni superficiali presenti in sito nei confronti di processi di liquefazione.**

### 10.3.3 Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica

In ottemperanza alla DGR 630/2019 si è condotta una stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica.

I valori che si ottengono applicando le procedure elencate al punto B dell'allegato 3 devono intendersi solo orientativi.

Il cedimento permanente post sismico può essere stimato con l'equazione

$$s = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{vi} \cdot \Delta z_i$$

In cui  $\varepsilon_{vi}$  è la deformazione volumetrica (e verticale) dello strato i-esimo e  $\Delta z_i$  il suo spessore.

I cedimenti permanenti indotti dall'azione sismica possono essere dovuti alle deformazioni volumetriche (e quindi verticali) di:

B1: terreni granulari saturi

B2: terreni granulari insaturi,

B3: terreni coesivi soffici.

I cedimenti conseguenti a liquefazione di terreni granulari saturi hanno luogo immediatamente dopo il terremoto o comunque in un tempo non superiore a un giorno, i cedimenti per densificazione di terreni granulari insaturi avvengono durante lo scuotimento sismico, mentre i cedimenti per consolidazione di terreni coesivi molli possono richiedere tempi anche molto lunghi in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche.

**Considerata la stratigrafia del sito in esame e le caratteristiche geotecniche e di deformabilità dei terreni superficiali e profondi, i cedimenti post sismici da definire per il sito di studio sono del tipo B1 potenzialmente liquefacibili nell'intervallo di profondità compreso fra 14.60 e 19.40. Cautelativamente si considera lo spessore massimo definito dalle analisi rischio liquefazioni sulle 5 prove penetrometriche realizzate in sito.**

Il cedimento di riconsolidazione, **per i terreni granulari saturi liquefacibili e per i terreni coesivi**, può essere valutato dalla seguente espressione:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} \cdot H$$

dove H è l'altezza del generico strato ed  $\varepsilon_{vr}$  (%) rappresenta la deformazione volumetrica post-ciclica definita da:

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\alpha \cdot C_r}{1 + e_0} \log \left( \frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_{v0}}} \right)$$

in cui

a : costante sperimentale compresa tra 1 e 1.5;

$e_0$  : è l'indice dei vuoti iniziale;

$Cr=0.225 Cc$  : è l'indice di riconsolidazione post-ciclica;

$Cc$ : è l'indice di compressione.

Nel caso di terreni coesivi, *si calcola* il rapporto di pressione interstiziale come:

$$\frac{\Delta u}{\sigma'_0} = \beta \cdot \left[ \log \frac{\gamma_{max}}{\gamma_v} \right]$$

dove

$\sigma'_0$  è il valore iniziale della pressione media efficace alla profondità considerata;

$$\sigma'_{v0} = \sigma'_{v0} \cdot \frac{(1 + 2k_0)}{3}$$

$\sigma'_{v0}$  è la pressione verticale efficace e  $k_0$  il coefficiente di spinta a riposo

$\gamma_{max}$  è la deformazione di taglio massima raggiunta durante il sisma;

$b$  è posto circa uguale a 0.45 (*coefficiente sperimentale*);

$\gamma_v$  è la deformazione di soglia volumetrica, determinabile da prove cicliche di laboratorio.

Ma può anche essere valutata, in prima approssimazione, con la relazione che segue

$$\gamma_v = A \cdot (OCR - 1) + B$$

OCR è il grado di sovraconsolidazione, A e B sono coefficienti sperimentali che possono essere calcolati per interpolazione lineare dalla seguente Tabella.

$I_p$ [%]	A	B
20	$0.4 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$
40	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
55	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$

Valori suggeriti per i coefficienti A e B

Il rapporto di pressione interstiziale, nel caso di terreni incoerenti liquefacibili, viene determinato per interpolazione lineare dai valori riportati in Tabella in funzione dell'ampiezza della deformazione massima indotta dal terreno.



$\gamma_{max}$ [%]	$r_u = \Delta_u / \sigma'_0$
0.005	0.2
0.1	0.4
0.2	0.6
0.4	0.8
5	0.95

Rapporto di pressione interstiziale  $r_u$  in funzione di  $\gamma_{max}$

L'ampiezza della deformazione di taglio massima  $\gamma_{max}$  si calcola dalla relazione seguente:

$$\gamma_{max} = 0.65 \cdot \frac{a_{max,s}}{g} \cdot \sigma_v \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

dove

$a_{max,s}$ : è il picco di accelerazione al piano campagna del sisma di progetto;

$g$ : è l'accelerazione di gravità;

$\sigma_v$ : è la tensione totale verticale;

$r_d$ : coefficiente riduttivo dell'azione sismica che mette in conto la deformabilità del sottosuolo determinato dalla relazione  $r_d = 1 - 0.015z$ ;

$G$ : modulo di taglio corrispondente al livello deformativo  $\gamma_{max}$ ;

Il modulo di taglio può essere determinato da prove di laboratorio o mediante la Tabella seguente applicando un fattore riduttivo al modulo di taglio  $G_0$  (modulo di taglio a piccole deformazioni).

$a_{max,s}$ [g]	$G/G_0$
0.10	0.80
0.20	0.50
0.30	0.35
0.40	0.28

Fattore di riduzione del modulo di taglio nei primi 20 m in funzione dell' accelerazione  $a_{max,s}$

### Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni granulari saturi

La deformazione volumetrica (e verticale)  $\varepsilon_v$  nei terreni granulari saturi potenzialmente liquefacibili che nel caso in esame sono quelli compresi fra 14.60 e 19.40 metri può essere stimata da prove CPT in funzione della resistenza penetrometrica di punta normalizzata e corretta,  $(qc1N)_{cs}$  e del coefficiente di sicurezza alla liquefazione FL ,

Il cedimento post-sismico per ciascuno strato è dato da:

$$\Delta s_i = \varepsilon_{vi} \cdot \Delta z_i.$$

In alternativa, la deformazione volumetrica,  $\varepsilon_v$  (espressa in decimali), può essere stimata mediante le seguenti espressioni (Idriss e Boulanger, 2008):

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp \left( 2.551 - 1.147 \cdot (q_{c1Ncs})^{0.264} \right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max}) \quad \text{con } q_{c1Ncs} \geq 21$$

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp \left( -0.369 \cdot \sqrt{(N_1)_{60cs}} \right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max})$$

in cui  $\gamma_{max}$  (decimale) è la massima deformazione di taglio indotta dall'azione sismica, determinabile, in prima approssimazione, con la relazione empirica:

$$\gamma_{max} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

dove  $G$  è il modulo di taglio corrispondente al livello deformativo  $\gamma$ , che può essere determinato per via iterativa, noto il valore della rigidezza iniziale  $G_0 (= \rho V_s^2)$  utilizzando la legge di variazione  $G(\gamma)/G_0$  ottenuta con prove dinamiche in laboratorio o, in modo approssimato, desunta da curve di letteratura per terreni con proprietà simili (si veda ad es. Figura 4 da AGI, 2005).

**Di seguito si riportano i parametri considerati e i cedimenti indotti dall'azione sismica (cedimenti in terreni granulari saturi potenzialmente liquefacibili) che si stimano dell'ordine di 5.5 mm.**

Strato	N160 [-]	Qc1N kN/m <sup>2</sup>	Metodo	Indice plasticità [%]	Indice vuoti [%]	Indice compressione	Modulo taglio statico [kN/m <sup>2</sup> ]	OCR	Alfa	Fs liquefazio ne	Tensione efficace [kN/m <sup>2</sup> ]	Deformazio ne verticale	Cedimento post-sismico [mm]	Incremento pressione neutra [kN/m <sup>2</sup> ]
argilla soffice	0	0	Yasuhara Andersen	0	0	0	0	0	0	0	58.1281	-1.00E+00	0	0
argilla limosa	0	0	Idriss Boulanger	0	0	0	0	0	0	0	148.5353	-1.00E+00	0	0
sabbia	5.69	2846.55	Idriss Boulanger	10	0.4	0.5	82000	1	1	0	197.4617	1.15E-03	5.518	112.49
sabbia	0	0	Idriss Boulanger	0	0	0	0	0	0	0	305.5075	-1.00E+00	0	0
													5.518021	

## **11. CONCLUSIONI**

In Comune di Concordia sulla Secchia, in Via Boccaletta si è condotta un'analisi idrogeologica, litostratigrafica e sismica con approfondimento di III livello, dei terreni nell'area oggetto di Piano Urbanistico Attuativo INGRA BROZZI.

Lo studio fornisce **un'analisi di pericolosità sismica locale con approfondimento di III livello inerente gli effetti di sito, in ottemperanza alla Dgr 630 del 29/04/2019, "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale urbanistica"**.

**Si è fornito inoltre, sulla base di indagini geognostiche realizzate in sito, una caratterizzazione litostratigrafica e un'indicazione delle proprietà geomeccaniche e fisiche del suolo e sottosuolo dell'area interessata dagli interventi, al fine di determinare la fattibilità del Piano da realizzare conformemente a quanto previsto nel DM 17/01/2018.**

**L'analisi idrogeologica e la verifica della profondità della frangia freatica e delle sue fluttuazioni stagionali, ha evidenziato eventuali criticità ambientali e vulnerabilità dei corpi acquiferi sotterranei, in relazione al progetto, conformemente a quanto richiesto nel D.Lgs 16 Gennaio 2008 n. 4.**

Il comparto oggetto di espansione si trova a ovest rispetto al centro cittadino di Concordia sulla Secchia ad una quota media pari a 19 m s.l.m.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44° 54' 40.67" N e 10° 57' 44.49" E .

L'area ha accesso da Via Boccaletta; via collegata alla Strada Provinciale 8, a sud, ed alla Strada Provinciale 46, a nord.

Il territorio del Comune di Concordia sulla Secchia e il sito di interesse è situato a Nord della provincia di Modena e ricade nel settore assiale della Pianura Padana "propriamente detta".

L'area, secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Modena redatto nel Marzo 2009, ricade nell'Unità di Paesaggio indicata con il numero 5 "Paesaggio perifluviale del Fiume Secchia nella fascia di Bassa e Media Pianura".

I caratteri ambientali dell'Unità di Paesaggio n. 5 sono caratterizzati dalla presenza del corso del fiume Secchia che influenza e determina la dimensione e l'orientamento della maglia poderale circostante rispetto alle aree più distanti dal fiume. Anche la struttura degli insediamenti sparsi e la maglia viaria complessa, sono influenzati dalla presenza del corso d'acqua che in alcuni casi determina l'orientamento delle strutture edilizie, prevalentemente di interesse storico-architettonico, disposte lungo i margini delle antiche golene.

**Dal punto di vista morfologico, il sito di studio non è ubicato su morfostrutture particolari, è sito a sud-ovest del corso attuale del fiume Secchia.**

Nella Tavola PSC 2.3 delle "Tutele e vincoli ambientali, antropici, paesaggistici e storico culturali", del PSC del Comune di Concordia sulla Secchia approvato con Delibera C.C n.23 del 20/04/2009, **il sito di studio non è ubicato in zone di tutela e non presenta vincoli.** Il sito di studio si trova su aree ad elevata criticità idraulica e a rapido scorrimento

Classificata come A3 nel PTCP 2009.

**Nel P.S.C. Vigente la zona di ubicazione del sito in oggetto è classificata come zona APC.1 Ambiti produttivi esistenti consolidati (art. A-13 LR 20/2000 – art. 46 PSC).**

I litotipi presenti sul territorio comunale sono costituiti da un insieme di orizzonti lentiformi che sfumano più o meno gradualmente tra loro e che evidenziano una distribuzione non omogenea, ma legata alle passate evoluzioni idrografiche dei fiumi e corsi d'acqua che hanno generato il territorio.

Osservando il territorio comunale nel suo insieme, si riscontra che i litotipi maggiormente rappresentati sono quelli a granulometria fine limosa-argillosa presenti in maggior parte su tutto il territorio comunale. I litotipo sabbiosi e limo-sabbiosi si trovano in corrispondenza dei paleoalvei.

Per la caratterizzazione litologica e stratigrafica e per la definizione delle proprietà geomeccaniche dei terreni presenti nel sito sono state prese a riferimento **4 prove penetrometriche statiche CPT eseguite nell'area di intervento in data 08/02/2013 che raggiungono la profondità variabile da - 17.0 a - 35.0 metri dal p.c. e n. 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU eseguita in sito in data 24/01/2020 e spinta a - 20.00 metri dal p.c.**

**Le sequenze litologiche riscontrate nei 5 punti di prova sono omogenee ed evidenziano livelli litostratigrafici correlabili tra loro:**

- da 0.00 m alla profondità variabile da - 3.40/5.00 m: argille compatte ;
- da - 3.40/5.00 m a - 14.40 m: argille limose mediamente compatte;
- da - 14.40 m a - 16.00/19.00 m: sabbie sciolte ;
- da - 16.00/19.00 m a - 30.0 m: sabbie addensate.

Nella tabella di seguito, si riporta la sequenza stratigrafica e i parametri geotecnici, in termini di resistenza, in condizioni non drenate e drenate dei terreni indagati, ricavati dall'analisi delle prove penetrometriche, attraverso le formule empiriche della geotecnica classica .

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'_k$ (kPa)	$\phi'_k$ (°)	$C_{uk}$ (kPa)
0.00 – 3.40/5.00	Argille compatte	17	19	7÷9	13÷15	60
3.40/5.00 – 14.40	Argille limosa mediamente compatte	16	18.50	4÷6	11÷13	45
14.40 – 35.00	Sabbie da sciolte ad addensate	18	20	/	26÷31	/

Si riportano inoltre i parametri geotecnici in termini di deformabilità dedotti da prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno paragonabili a quelli indagati e da dati di bibliografia.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	Coeff.di Poisson (v)	Modulo elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico Ed (kPa)
0.00 – 3.40/5.00	Argille compatte	17	19	0.45	/	7000÷9000
3.40/5.00 – 14.40	Argille limosa mediamente compatte	16	18.50	0.45	/	5000÷7000
14.40 – 35.00	Sabbie da sciolte ad addensate	18	20	0.35	20000÷25000	

Dall'analisi idrogeologica del sito, a livello locale si individua il primo potente acquifero del GRUPPO A1 di natura sabbiosa, alla profondità di 15.00 metri dello spessore di circa 55 metri nel punto di indagine.

Gli acquiferi evidenziati fanno parte del Complesso Acquifero A e sono sede della prima falda sotterranea produttiva confinata al tetto da litologie argillose impermeabili, con valori di soggiacenza prossimi al piano campagna in quanto in pressione.

Nei sedimenti più superficiali di natura argillosa e limo-argillosa sono presenti livelli limosi nei quali si ha una circolazione idrica lenta e poco significativa causa della bassa permeabilità dei depositi ospitanti (complesso Acquifero denominato A0) .

Tale orizzonte freatico assume caratteristiche di acquitardo e non di acquifero ed è prevalentemente alimentato dalle infiltrazioni meteoriche dalla superficie che risultano massime nelle zone agricole e minime nelle aree urbanizzate dove sono presenti coperture impermeabili.

L'area oggetto di studio viene classificata, come area a vulnerabilità bassa.

La soggiacenza della frangia freatica, misurata nei fori di prova nel Febbraio 2013 e nel Gennaio 2020 si posiziona alla quota variabile da – 2.50 m a – 1.20 m dal piano prove.

Si è eseguito inoltre, un rilievo del livello freatico misurato nel foro di diverse prove penetrometriche eseguite in zone limitrofe al punto di interesse e in diversi periodi dell'anno, che mostra una oscillazione stagionale del freatico da – 2.60 metri misurato nel Febbraio 2014 a – 1.20 m dal p.c. misurato nel Gennaio 2020.

**Considerate le caratteristiche litologiche e lo spessore del substrato argilloso, considerato il livello piezometrico, considerato che non verranno realizzati vani interrati, si ritiene che non sussistano rischi ambientali d'inquinamento delle falde sotterranee.**

Per quanto attiene le valutazioni sismiche, in un'analisi di I livello, nella "Carta del rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" elaborata per il P.T.C.P approvato dalla Provincia di Modena con atto D.C.P. n.46 del 18/03/2009, l'area di studio ricade in zona 7: aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione. Ai sensi dell'Art.14 comma 3, punto 7 delle N.T.A., sono necessari

approfondimenti di III livello di microzonazione sismica e studi che valutino il coefficiente di amplificazione litologico del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi, come indicato anche nelle richieste di integrazioni Prot. 0016367/2019 del 31/12/2019 della Provincia di Modena inerenti la presentazione del PUA INGRA BROZZI.

Nella “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica”, redatta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (versione 2.0 – 14/11/2013), l'area di studio ricade fuori dagli inviluppi, ma dall'analisi delle prove geognostiche e sismiche eseguite in sito, si potrebbe fare rientrare nello sviluppo LQ2: substrato a profondità < 120 m e presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal p.c.

La ricostruzione del modello sismico del sottosuolo, la stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di terreno investigato e la profondità del bedrock sismico in un'analisi di **II ° livello**, sono ricavati da una campagna di prospezione geofisica eseguita nel Febbraio 2013 nel sito oggetto di Piano Urbanistico Attuativo INGRA. Tale indagine ha consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSr e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo MASW.

Relativamente alle frequenze caratteristiche di sito, abbiamo un picco stratigrafico caratteristico alla frequenza fondamentale di 1.0/1.1 Hz e periodo caratteristico di 1/1.1 s che rappresenta un contrasto di impedenza profondo circa 100/120 m. Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza poco significativi ( $H/V < 2$ ) in caso di moto sismico.

Il profilo di Vs con la profondità e il valore di Vs,eq è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondo), vincolando le curve spettrali alle prove CPT.

**Vs, eq = Vs<sub>(30)</sub>: 165-169 m/s.**

Secondo quanto indicato nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17.01.18) § 3.2.2.:

*“Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.*

*In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può 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, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2..... Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II del DM 17.01.2018.*

Sulla base delle seguenti considerazioni:

- **interpretazione litostratigrafica del sito caratterizzata da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità,**
- **profondità del substrato oltre i 30 metri,**
- **valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s definiti da prove**



sismiche in sito,

- **manca nel profilo stratigrafico di inversioni delle velocità delle onde sismiche, si precisa che è presente un'inversione** di velocità delle onde sismiche non particolarmente significativa, immediatamente al di sotto dei 20 metri, si passa infatti da valori di  $V_s = 220$  m/s a  $V_s = 180$  m/s. A riferimento si prende quanto indicato negli "Indirizzi e Criteri Microzonazione Sismica 2008" a pag. 86: *"La presenza di una inversione di velocità nel profilo delle  $V_s$  di una successione litostratigrafica si intende realizzata quando un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con un rapporto  $V_{s\text{ rig}}/V_{s\text{ sof}} > 2$ , con la  $V_s$  dello strato più rigido maggiore di 500 m/s".*

**Sulla base di quanto indicato, secondo l'approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento il sito rientra in una categoria di sottosuolo D ( $V_s, eq = V_{s(30)}$ : 165-169 m/s).**

Nella "Carte dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione", redatte dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (versione 1.0 – 14/11/2013), il sito di studio non ricade negli inviluppi, ma considerate le prove geognostiche e sismiche eseguite in sito, sarebbe corretto considerare il sito nell'inviluppo LQ2:  $FAPGA = 1.7$  FH 0.1-0.5s = 1.9; FH 0.5-1.0s = 2.6 e presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 metri dal piano campagna.

**Sulla base delle indicazioni degli studi di Microzonazione sismica disponibili e in ottemperanza a quanto indicato dalla Provincia di Modena nelle richieste di integrazioni Prot. 0016367/2019 del 31/12/2019 inerenti la presentazione del PUA INGRA BROZZI viene prodotta nel cap. 10.3.1-2-3 un'analisi di Risposta Sismica Locale con i contenuti richiesti per approfondimento di III livello dalla Dgr n. 630 del 29.04.2019.**

Nel Cap. 10.3.1, si sono valutati i fattori di amplificazione e parametri spettrali mediante analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello, la modellazione numerica ha il fine di fornire gli spettri di risposta con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$ .

**I sette spettri attesi e lo spettro medio con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento  $\xi = 5\%$  per il sito di studio, sono indicati nella figura 33.**

**Gli spettri vengono confrontati con gli spettri di norma per un suolo di tipo C, per un suolo di tipo D (classe d'uso II).**

**Per periodi inferiori a 0.45 s lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è inferiore agli spettri di norma ottenuti con procedura semplificata per un suolo di tipo C.**

**Per periodi compresi fra 0.45 s e 0.7 s lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è superiore agli spettri di norma ottenuti con procedura semplificata per un suolo di tipo D. Per periodi compresi fra 0.7 e 1.1 s, lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è inferiore agli spettri di norma ottenuti con procedura semplificata per un suolo di tipo D.**

L'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Si sono definiti, così come indicato nel punto 4.2.1 della Dgr 630/2019 i valori in termini di PGA, SA1,SA2,SA3,SA4,SI1,SI2,SI3,H<sub>SM</sub> e H<sub>0408</sub>, H<sub>0711</sub>,H<sub>0515</sub>, ovvero lo scuotimento in accelerazione (cm/s<sup>2</sup>) atteso al sito per gli intervalli di periodi 0.1s  $\leq T \leq 0.5$  0.4s  $\leq T \leq 0.8$ s, 0.7s  $\leq T \leq 1.1$ s e 0,5s  $\leq T \leq 1.5$ s.

FPGA		1.56
FA	SA1	1.38
	SA2	1.96
	SA3	1.86
	SA4	2.03
FH	SI1	1.48
	SI2	1.97
	SI3	2.04
Hxx (cm/s <sup>2</sup> )	HSM0105	376.3081
	H0408	467.2840
	H0711	343.7391
	H0515	898.8032

Dall'analisi di risposta sismica locale risulta che l'accelerazione massima attesa in superficie ottenuta dalla media per i 7 sismi di riferimento è pari a **0.21g** e il fattore di amplificazione stratigrafico **PGA/PGA<sub>0</sub>** è = **1.56**.

Nel Cap. 10.3.2 , al fine di verificare la stabilità o criticità del sito nei confronti dei processi di liquefazione, sulla stratigrafia riscontrata sulla verticale di prova penetrometrica CPTU eseguita il 24.01.2020 e sulle verticali di prova delle 4 CPT eseguite nel Febbraio 2013, è stata eseguita una verifica alla possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati".

**La prova CPTU eseguita in sito il 24.01.2020 soddisfa quanto indicato nell'allegato A3 della DGR 630/2019:** " Tra i *metodi semplificati di stima del potenziale di liquefazione* è da *preferire quello basato sui risultati di prova CPT elettriche (CPTe/CPTu)*".

L'analisi rischio liquefazione è stata eseguita oltre che sulla prova CPTU anche sulle 4 verticali di prova eseguite nel 2013 **in modo da esplorare, in modo esaustivo l'area e le sue variabilità litostratigrafiche.**

Secondo le indicazioni della Dgr 630/2019 nel capitolo 8.3 è stata eseguita un'analisi dei livelli di falda e delle misure piezometriche.

**Il rilievo del livello di - 1.20 m** dal p.c. misurato il 24.01.2020 può essere considerato come la massima soggiacenza della falda freatica nel sito di studio.

**La Magnetudo Mw pari a 6.14** considerata è quella della zona sismogenetica 912 di appartenenza del sito come da indicazioni dell'INGV.

Secondo quanto indicato dall'allegato A3 della Dgr 630/2019, il picco di accelerazione massima in superficie da considerare è quella definita **con l'accelerazione massima**

calcolata in superficie mediante analisi di risposta sismica locale sotto l'azione sismica di riferimento che è pari :  $a_{\max}$  in superficie ( $g$ ) = 0.245.

Per ogni verticale di prova, è stato riportato l'andamento del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione  $FL(Z)$  fino alla profondità critica di 20 metri ( $Z_{crit}$ ) da piano campagna.

La stima del rischio liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione IPL che viene calcolato secondo la formula

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

$z_{crit}$  è la profondità critica, ovvero la profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assuma pari a 20 m.

Il metodo di analisi semplificato utilizzato è Idriss e Boulanger (2014) indicato come metodo semplificato nell'Allegato A3 della Dgr 630/2019.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva.

PROVA	INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE $I_L$ (IDRISS & BOULANGER 2014)	RISCHIO (Sonmez 2003)	PROFONDITA' STRATO	SPESSORE
CPTU1	2.48	MODERATO	14.60÷19.40	4.80
CPT1	1.77	BASSO	16.60÷19.00	2.40
CPT2	2.28	MODERATO	14.80÷15.00	0.40
CPT3	3.94	MODERATO	5.20÷5.60 15.00÷15.80	0.40 0.80
CPT4	1.32	BASSO	14.80÷15.00 15.60÷15.80	0.40 0.40

Sulla base delle verifiche eseguite sulla verticale di prova penetrometrica con punta elettrica CPTU, e sulle verticali di prova penetrometrica meccanica CPT, il valore dell'Indice del potenziale di liquefazione IPL risulta variabile da 1.43 a 4.03, rischio moderato/basso secondo la classificazione di Sonmez (2003).

Considerato che i terreni potenzialmente liquefacibili con spessori superiori al metro sono tutti alla profondità inferiore a - 10 metri dal p.c., ed imputabili all'inizio delle prime sabbie sciolte;

Considerato che gli input scelti per le verifiche ( $ag_{\max}$ , livello di falda,  $M_w$  e metodo di analisi) sono tutti stati definiti a favore di cautela e le analisi rischio liquefazione eseguite, siano adeguate ai terreni presenti nel suolo e sottosuolo del sito oggetto

di PUA;

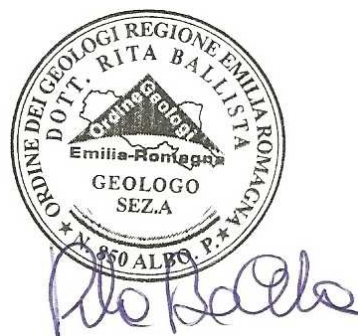
Analizzati i valori degli indici IPL calcolati;

si esprime parere favorevole sulla fattibilità degli interventi previsti nel piano di lottizzazione per quanto riguarda la stabilità dei terreni superficiali presenti in sito nei confronti di processi di liquefazione.

Infine nel cap. 10.3 sono stati calcolati i cedimenti indotti dall'azione sismica (cedimenti in terreni granulari saturi potenzialmente liquefacibili) che si stimano dell'ordine di 5.5 mm.

Per quanto esposto e per le valutazioni di cui sopra, con le indicazioni riportate, si ritiene che l'area sia idonea al progetto di espansione urbanistico ai fini edificatori dal punto di vista idrogeologico, litologico e sismico.

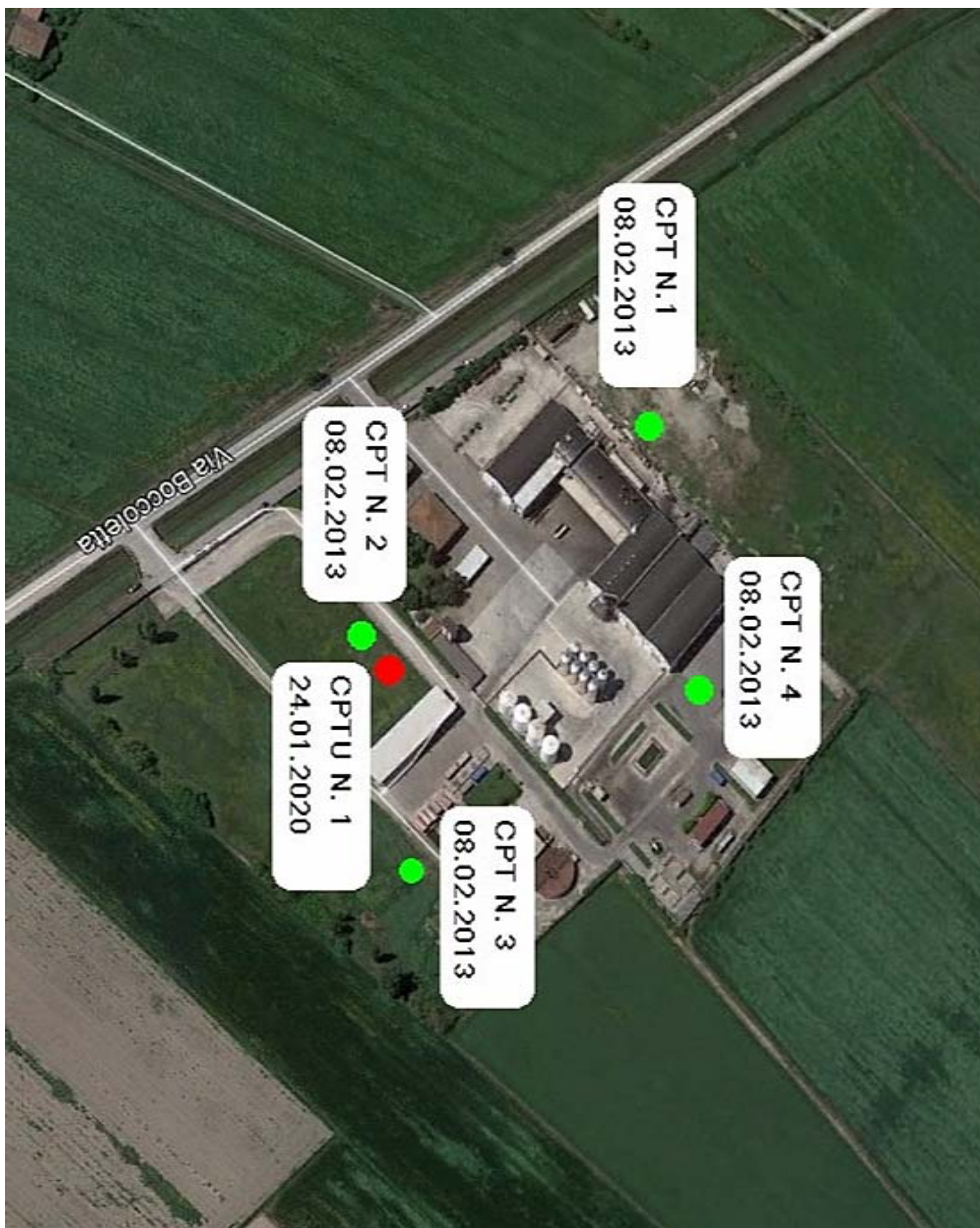
GEOL. RITA BALLISTA



## **ALLEGATI**

- 1) UBICAZIONE INDAGINI GEGNOSTICHE E SISMICHE ESEGUITE
- 2) DIAGRAMMI PENETROMETRICI CPTU E CPT
- 3) SEZIONE STRATIGRAFICA RICOSTRUITA PER IL SITO
- 4) VALUTAZIONI LITOLGICHE
- 5) PARAMETRI GEOTECNICI
- 6) VALORI DI CAMPAGNA PROVE PENETROMETRICHE CPT E CPTU





## UBICAZIONE PROVE SISMICHE





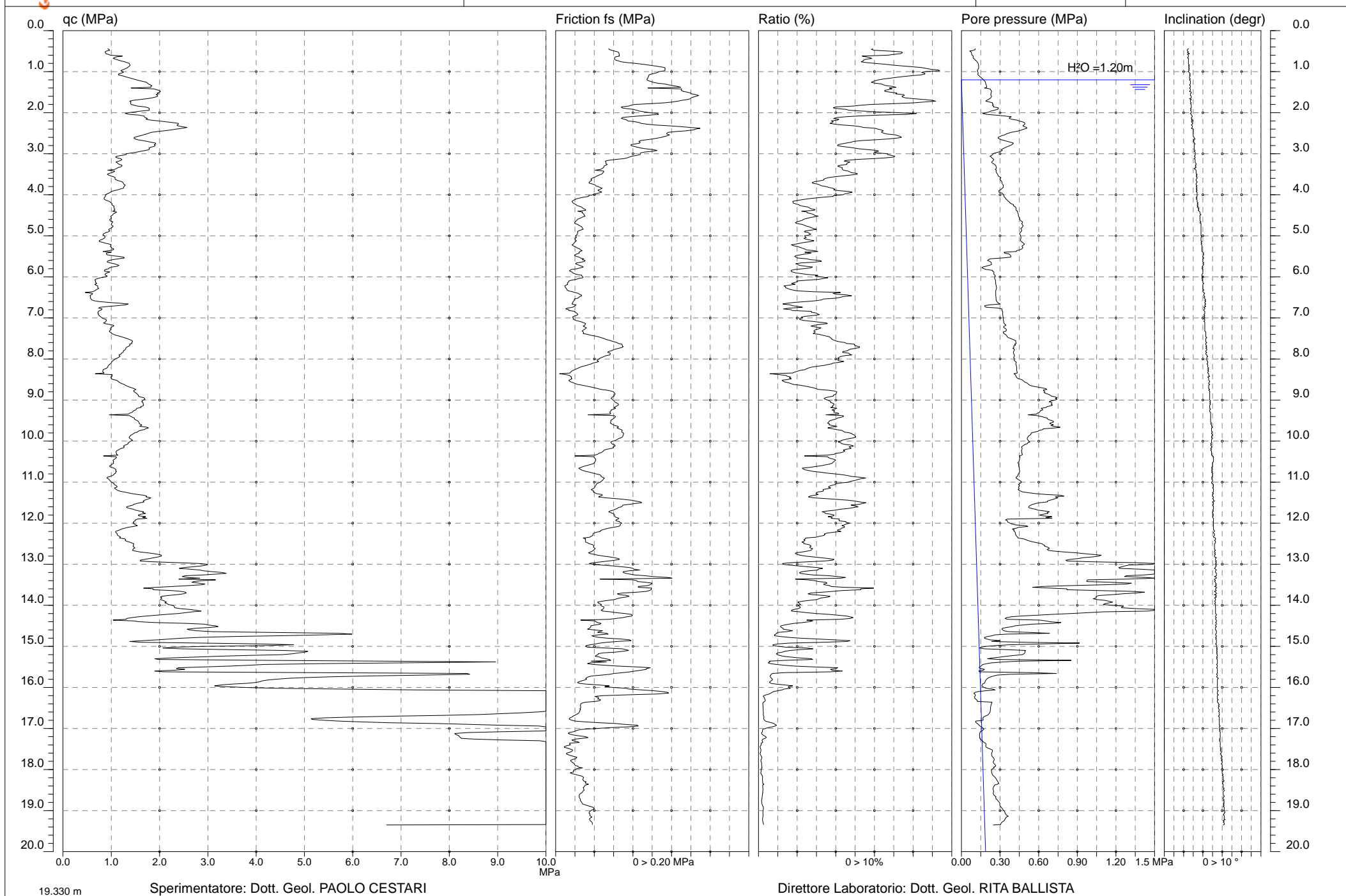


GEOPROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: VIA BOCCALETTA - CONCORDIA SULLA SECCHIA  
Data: 24/01/2020 08:30:12

Quota: 0.40  
Metodo: CPT  
Preforo:  
Falda: -1.20

Prova n° 1  
Pagina: 1 di 1



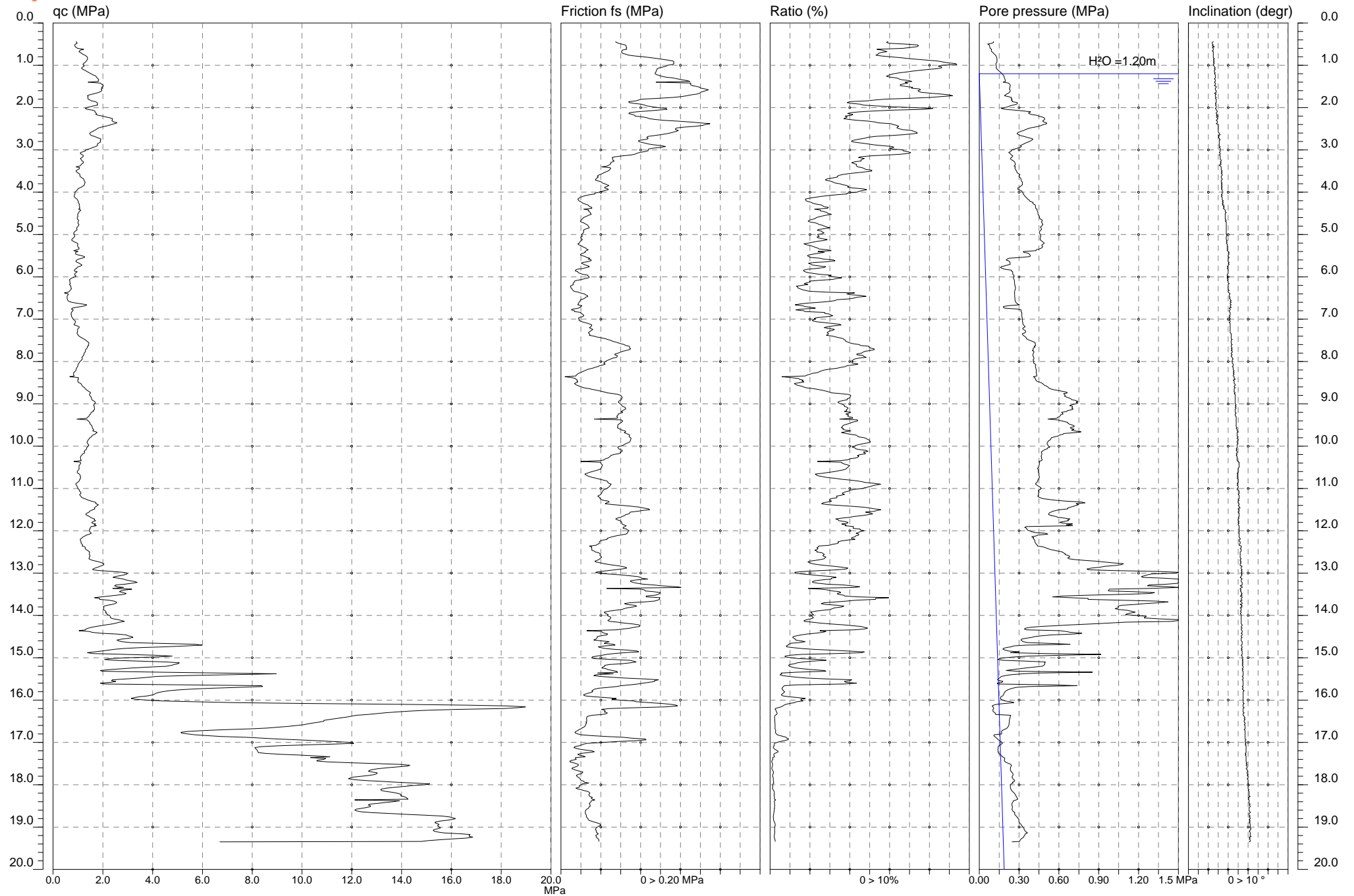


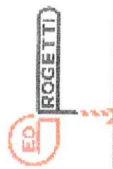
GEOPROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: VIA BOCCALETTA - CONCORDIA SULLA SECCHIA  
Data: 24/01/2020 08:30:12

Quota: 0.40  
Metodo: CPT  
Preforo:  
Falda: -1.20

Prova n° 1  
Pagina: 1 di 1



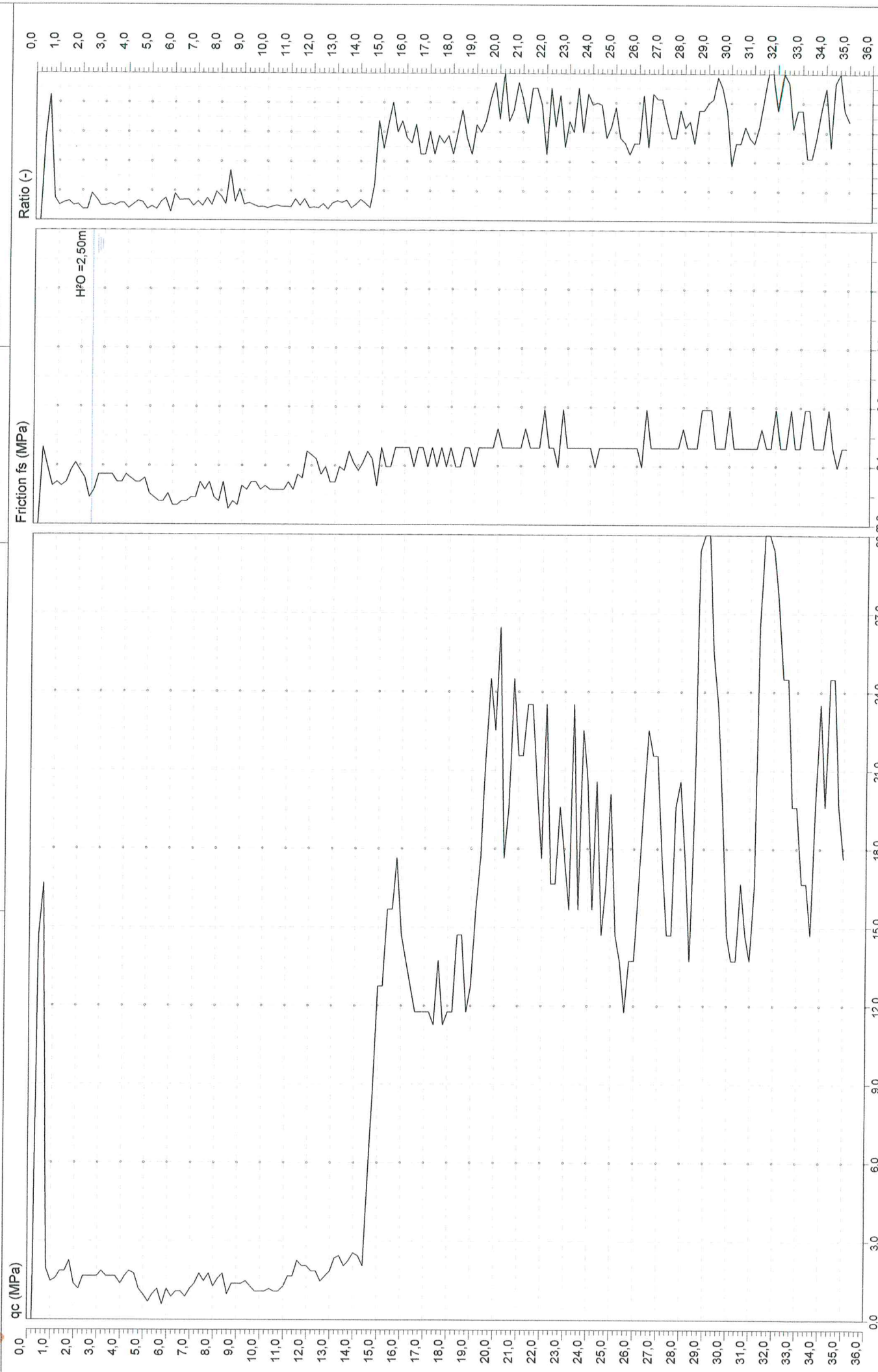


GEOPROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: CONCORDIA ss Via Boccaletta 4  
Data: 08/02/2013

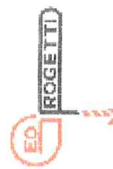
Quota:  
Preforo:  
Falda: -2,50

Prova n° 1



Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

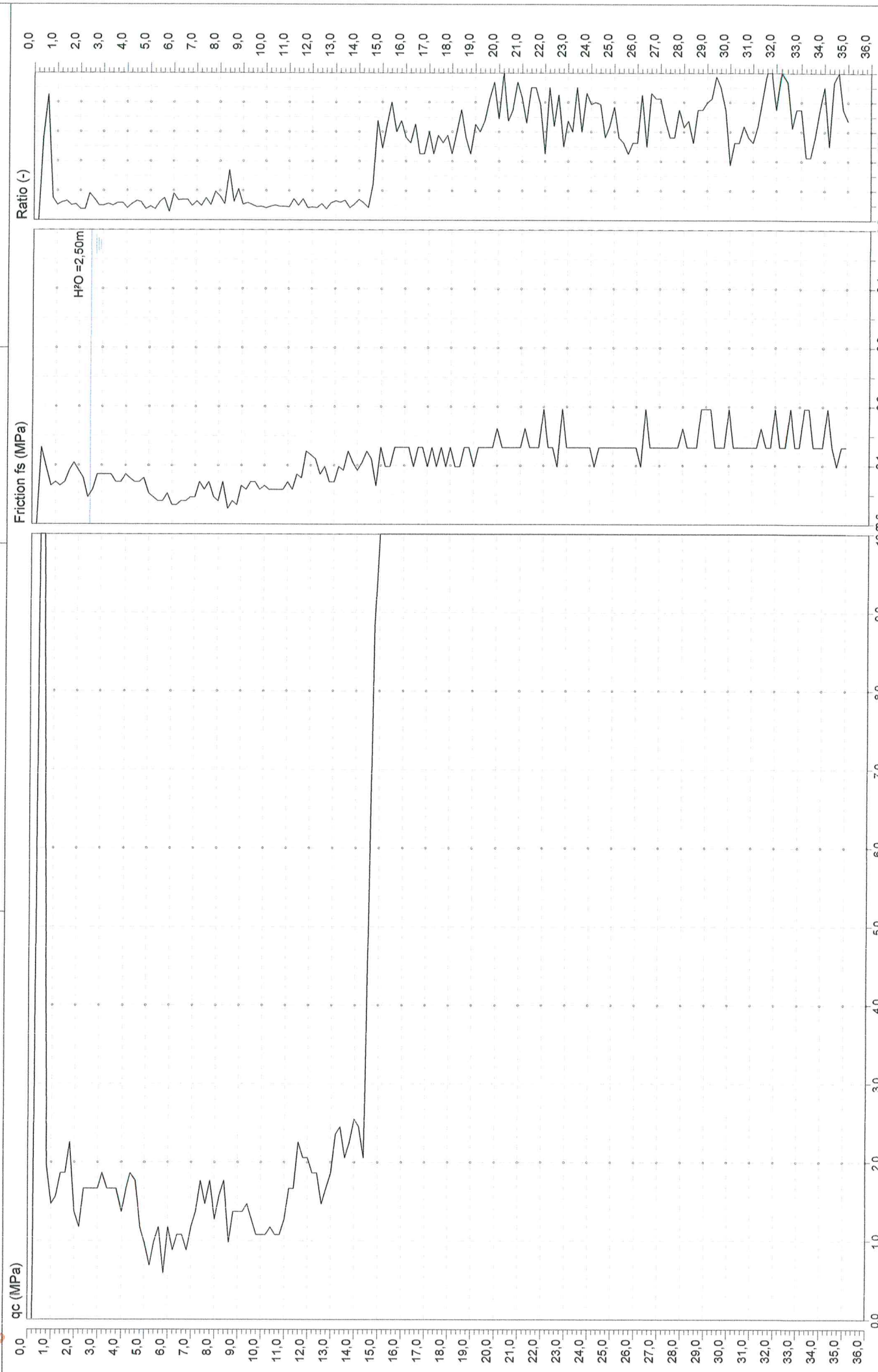


GEOPROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

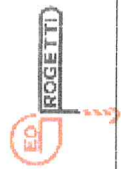
Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: CONCORDIA ss Via Boccaletta 4  
Data: 08/02/2013

Quota:  
Preforo:  
Falda: -2,50

Prova n° 1





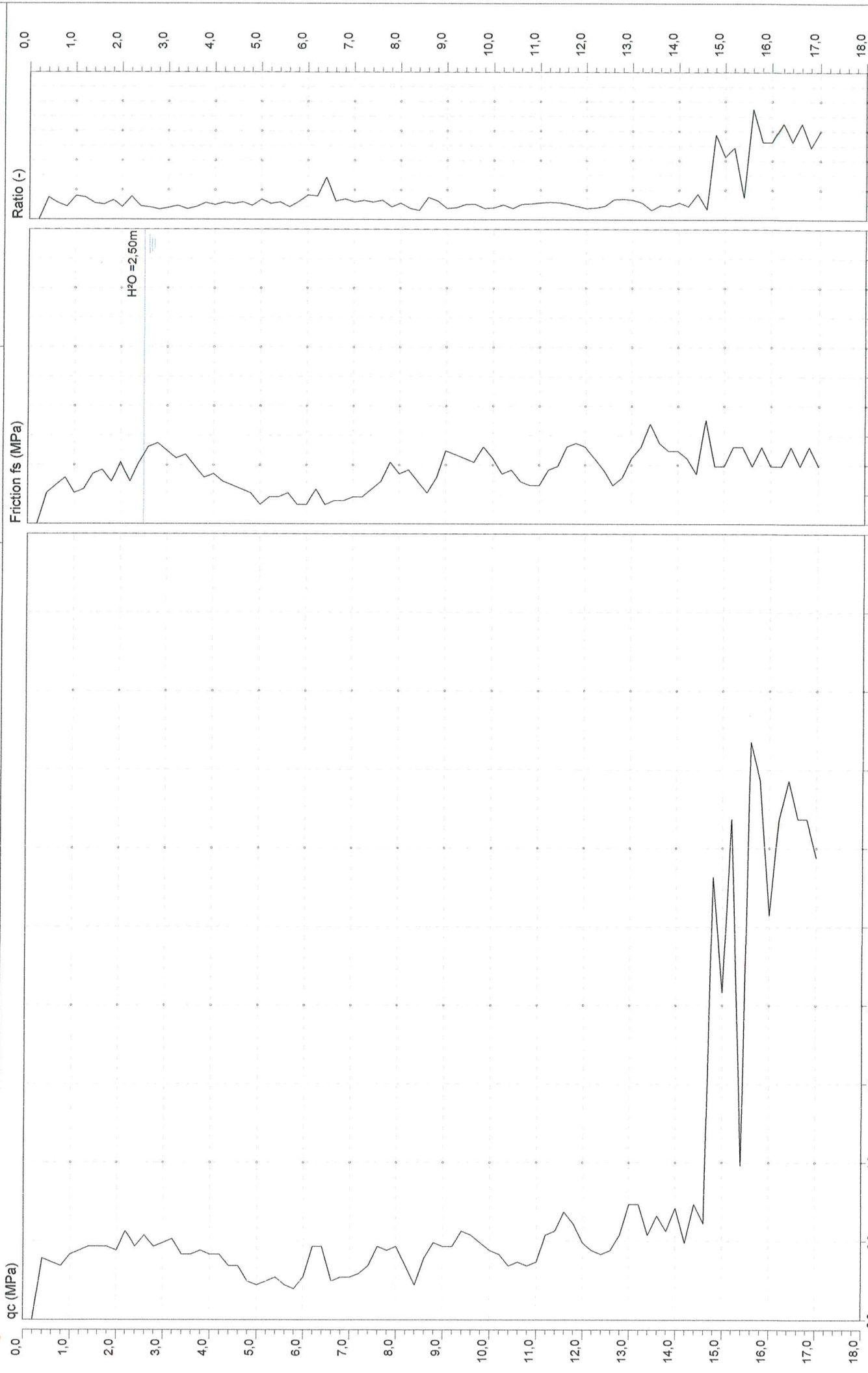


GEOPROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: CONCORDIA ss Via Boccaletta 4  
Data: 08/02/2013

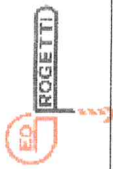
Quota:  
Preforo:  
Falda: -2,50

Prova n° 2



Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

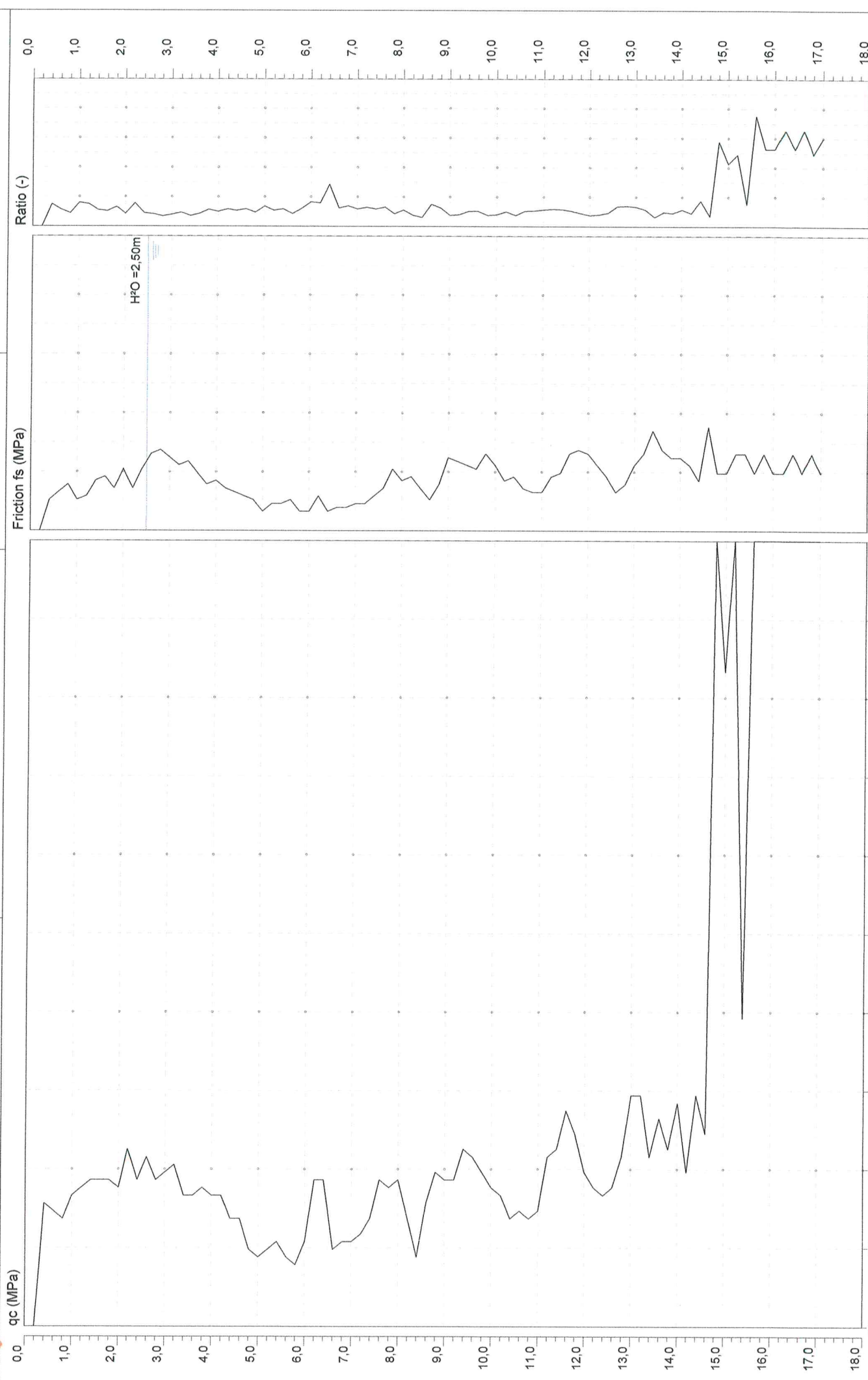


GEOPROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: CONCORDIA ss Via Boccaletta 4  
Data: 08/02/2013

Quota:  
Preforo:  
Falda: -2,50

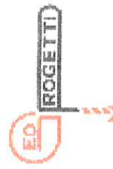
Prova n° 2



Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA



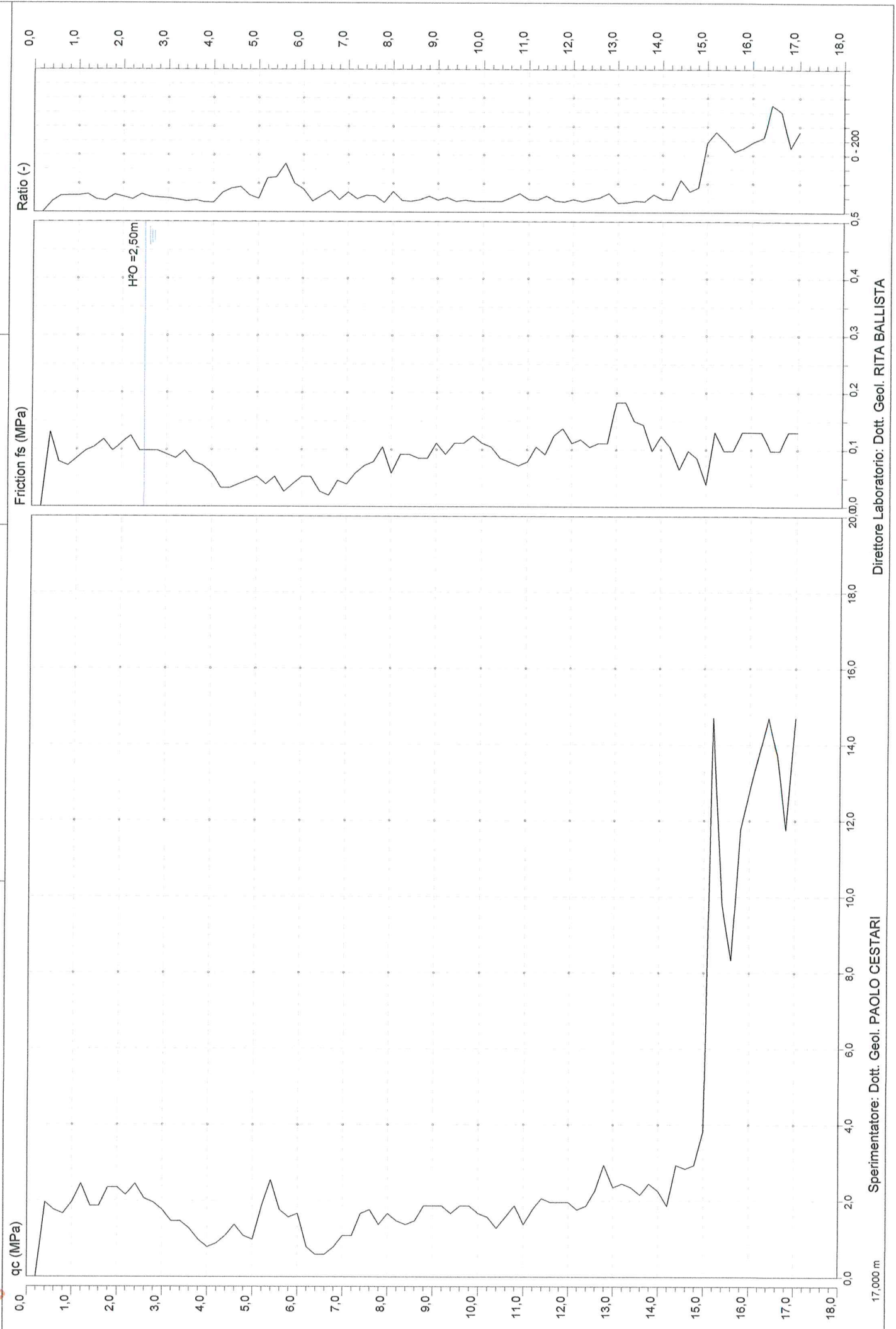


GEOPROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: CONCORDIA ss Via Boccaletta 4  
Data: 08/02/2013

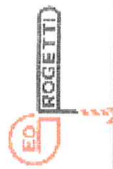
Quota:  
Preforo:  
Falda: -2,50

Prova n° 3



Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

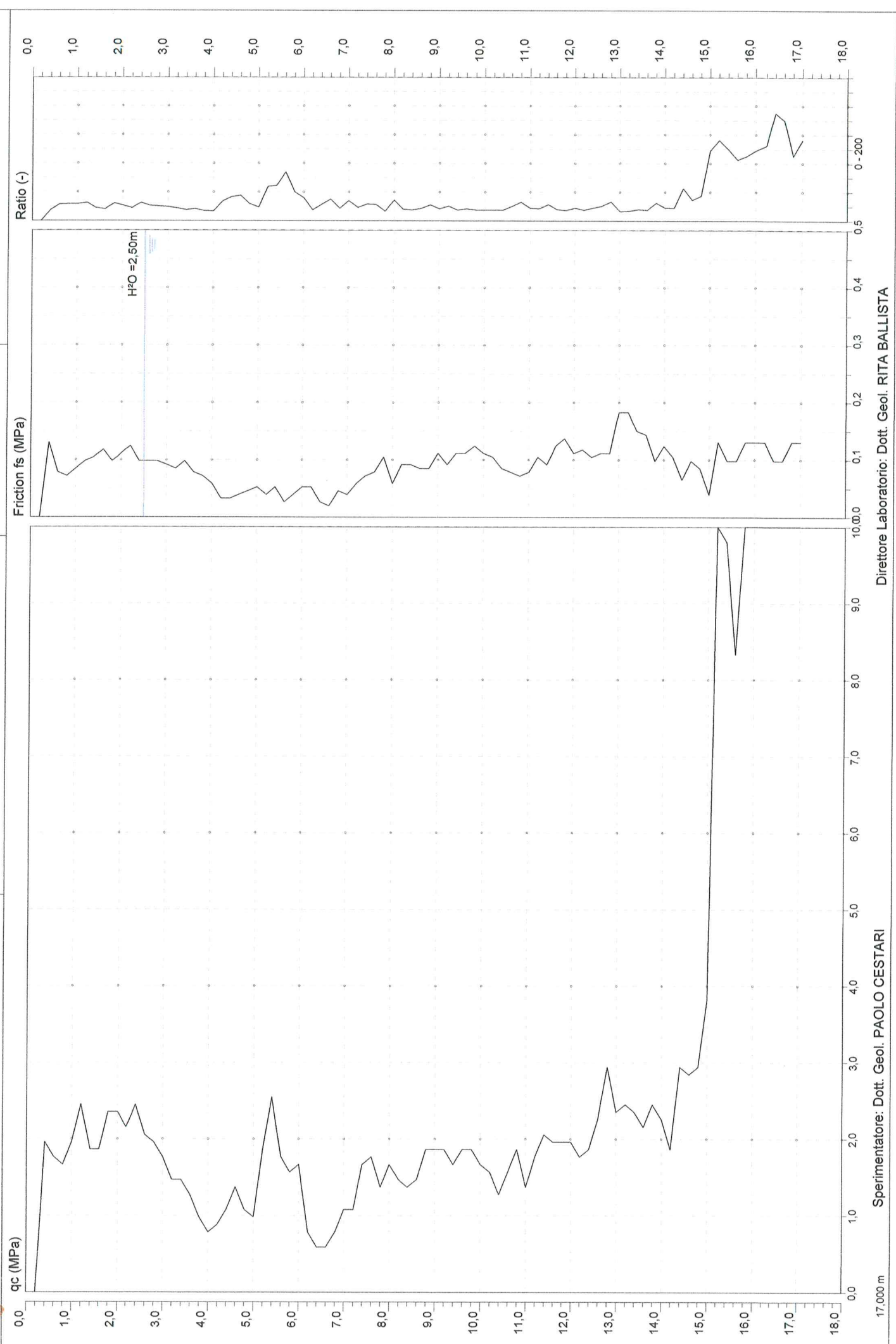


GEOPROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: CONCORDIA ss Via Boccaletta 4  
Data: 09/02/2013

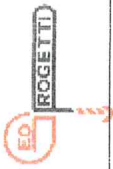
Quota:  
Preforo:  
Falda: -2,50

Prova n° 3



Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

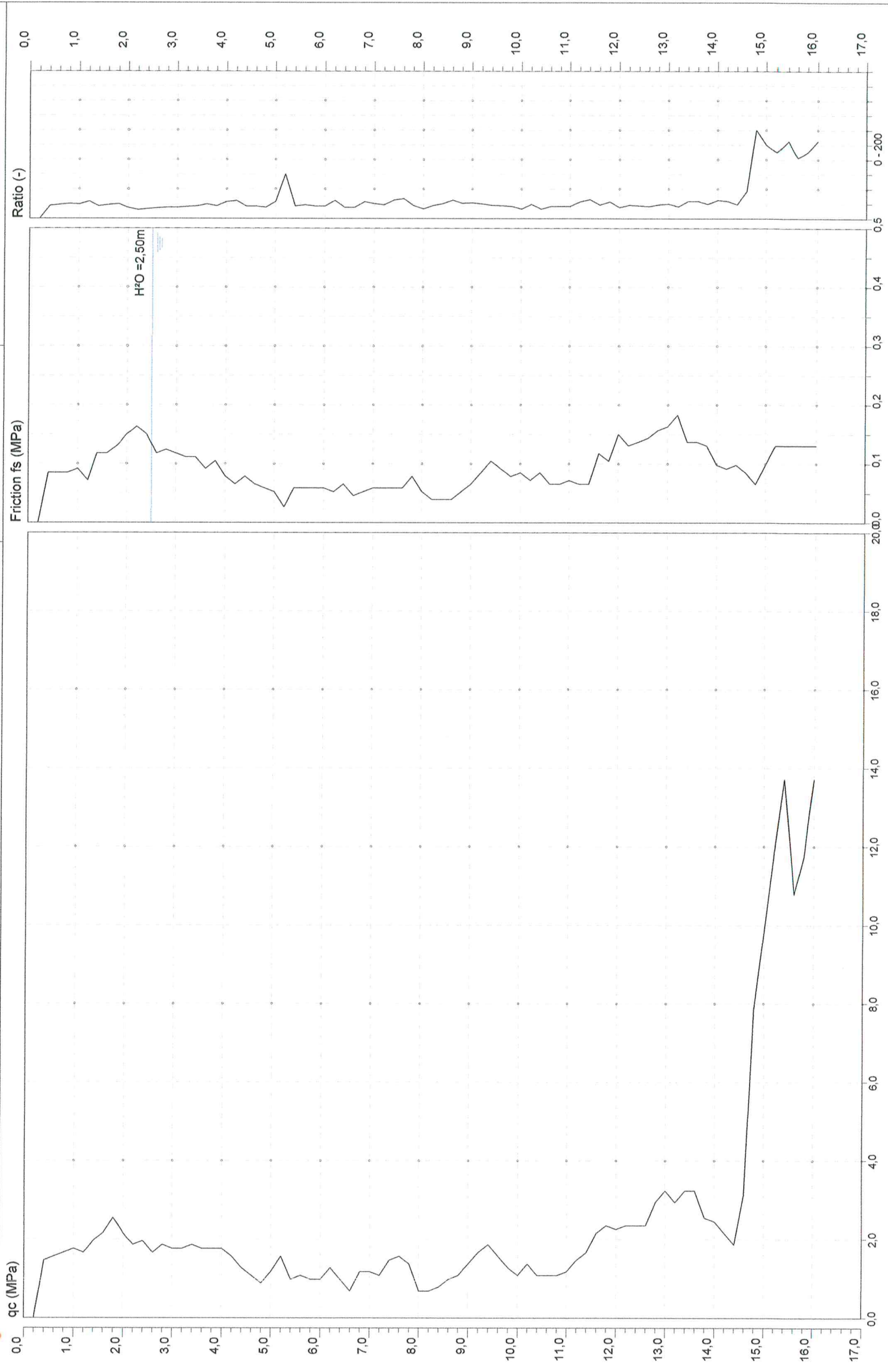


GEO PROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: CONCORDIA ss Via Boccaletta 4  
Data: 08/02/2013

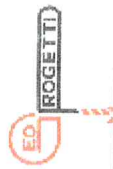
Quota:  
Preforo:  
Falda: -2,50

Prova n° 4



Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

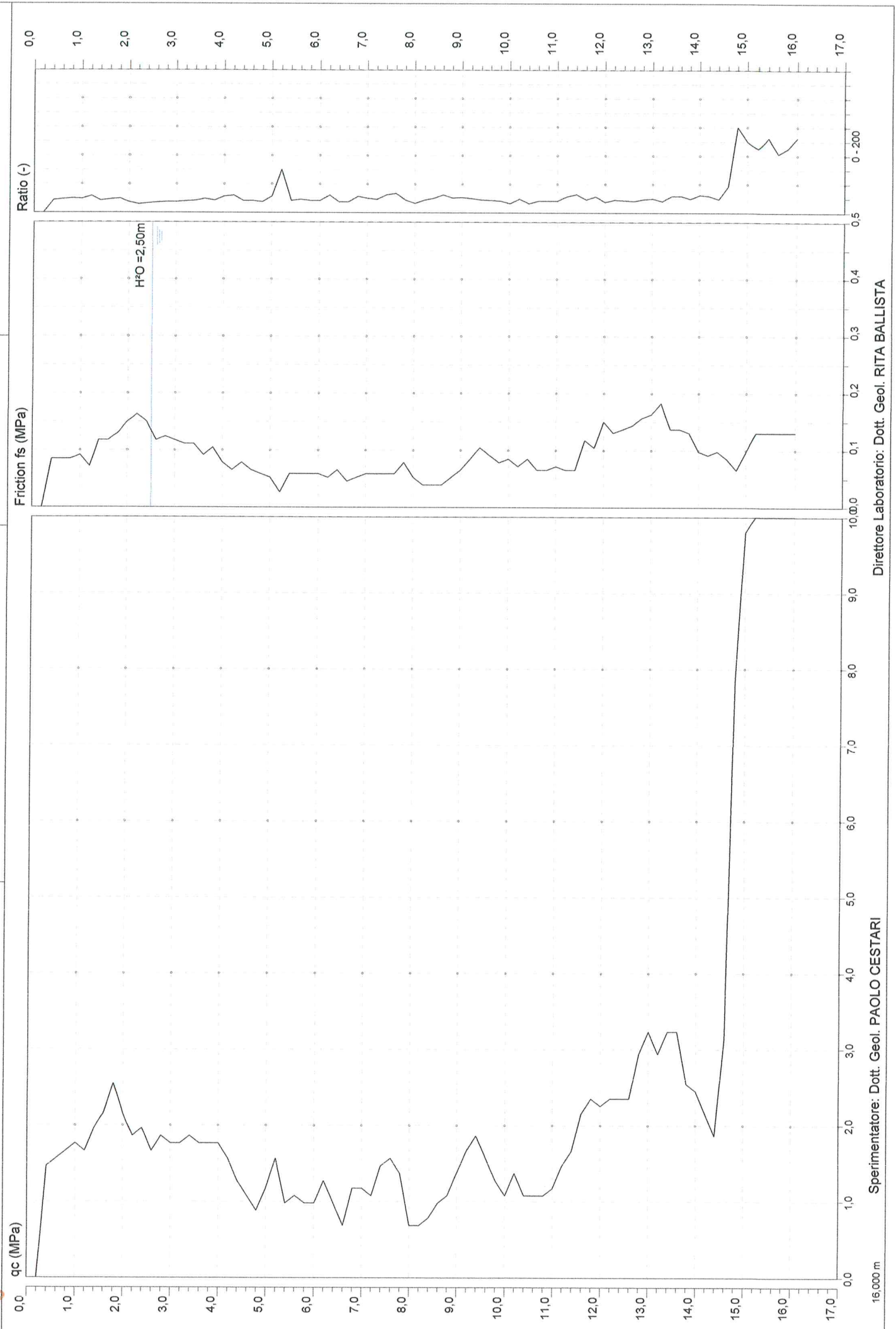


GEOPROGETTI SRL  
Laboratorio di prove geotecniche in sito  
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006  
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Committente: INGRA BROZZI SPA  
Cantiere: CONCORDIA ss Via Boccaletta 4  
Data: 08/02/2013

Quota:  
Preforo:  
Falda: -2,50

Prova n° 4

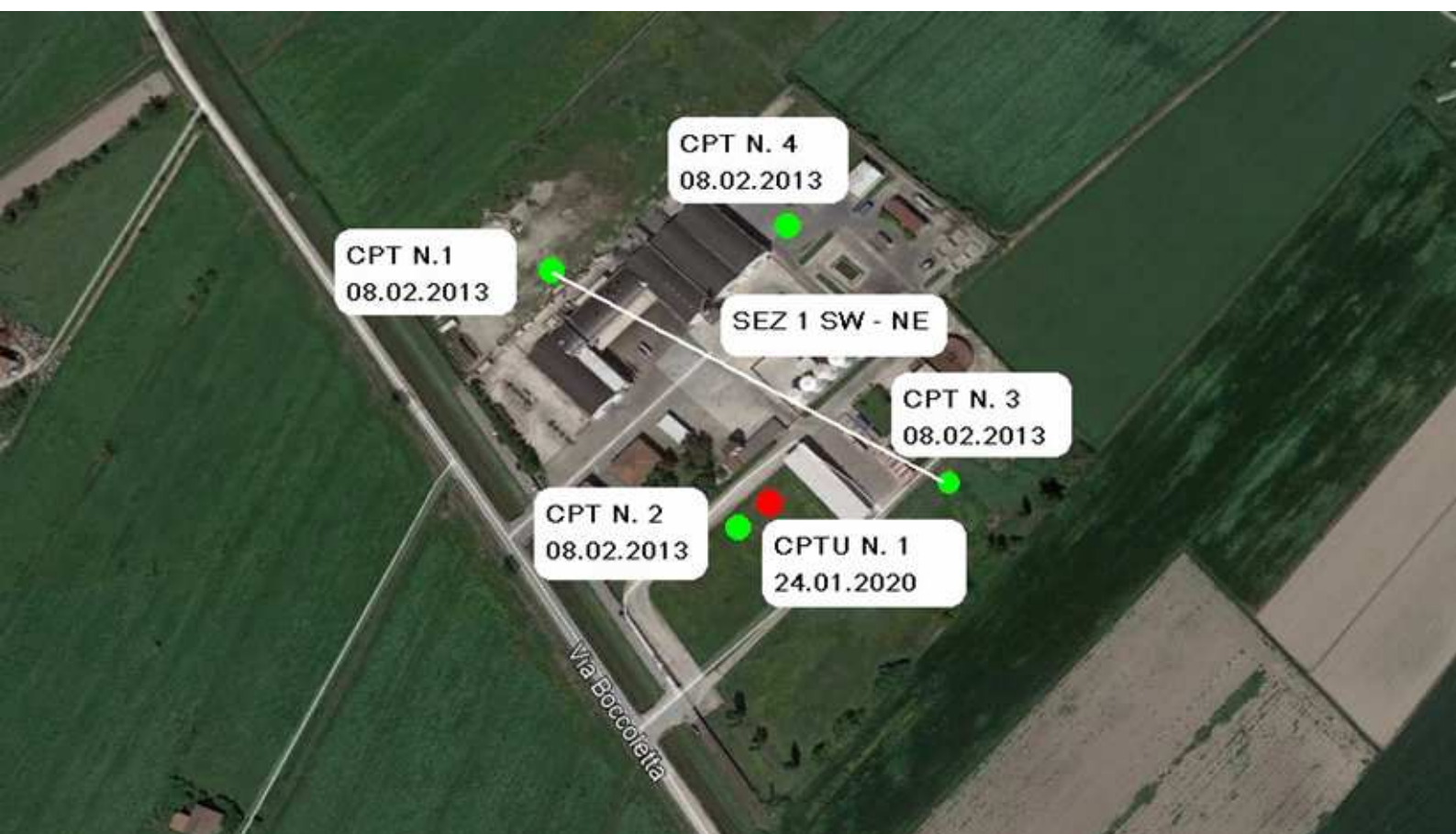


Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

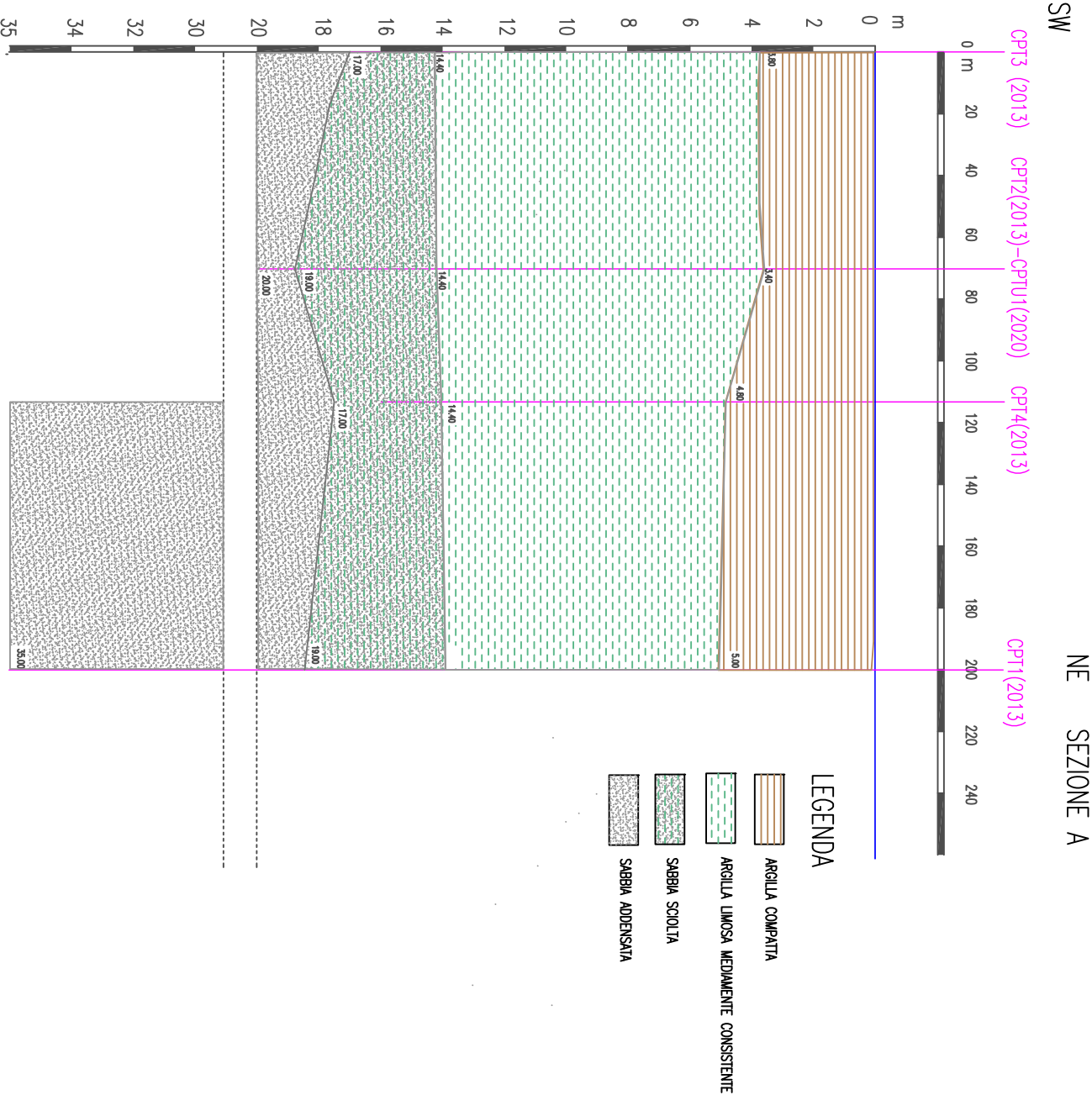
Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA



UBICAZIONE SEZIONE STRATIGRAFICA SW - NE







## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

**Valutazioni in base al rapporto:**  $F = (q_c / f_s)$

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),  
ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \% :$**

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**
**1**

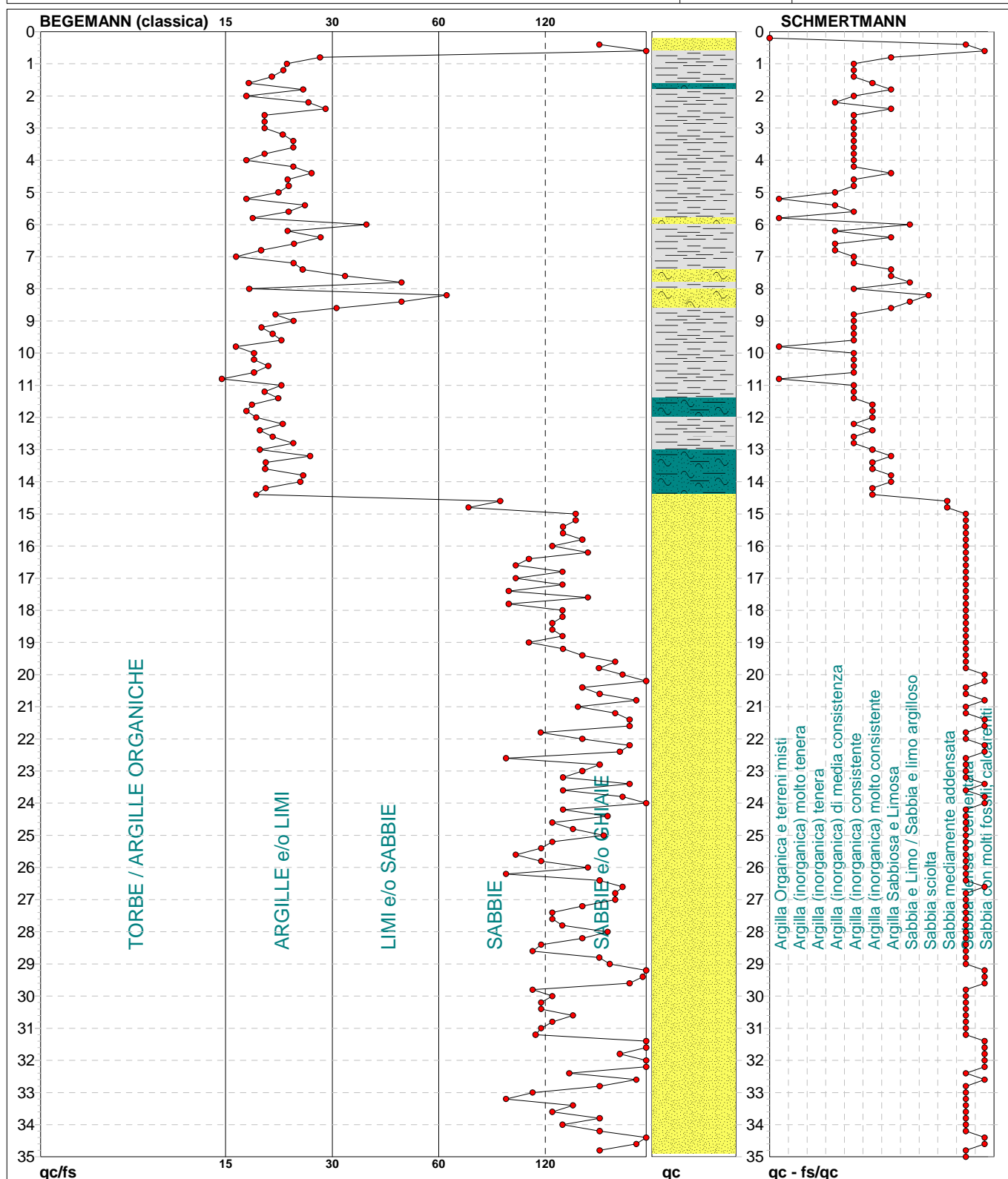
riferimento

**030-2013**

Committente: **INGRA BROZZI SPA**  
 Cantiere: **CONCORDIA ss Via Boccaletta 4**  
 Località: **CONCORDIA ss Via Boccaletta 4**

U.M.: **MPa**  
 Scala: **1:175**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:

Data esec.: **08/02/2013**  
 Falda: **-2,50 m**



Torbe / Argille org. :	1 punti, 0,57%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 2,30%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	11 punti, 6,32%
Argille e/o Limi :	63 punti, 36,21%	Argilla (inorganica) media consist.:	6 punti, 3,45%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 1,72%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 3,45%	Argilla (inorganica) consistente:	34 punti, 19,54%	Sabbia sciolta:	1 punti, 0,57%
Sabbie:	40 punti, 22,99%	Argilla (inorganica) molto consist.:	10 punti, 5,75%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 1,15%
Sabbie e/o Ghiaie :	64 punti, 36,78%			Sabbia densa o cementata:	79 punti, 45,40%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti:	23 punti, 13,22%

nota:

FON025

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**
**2**

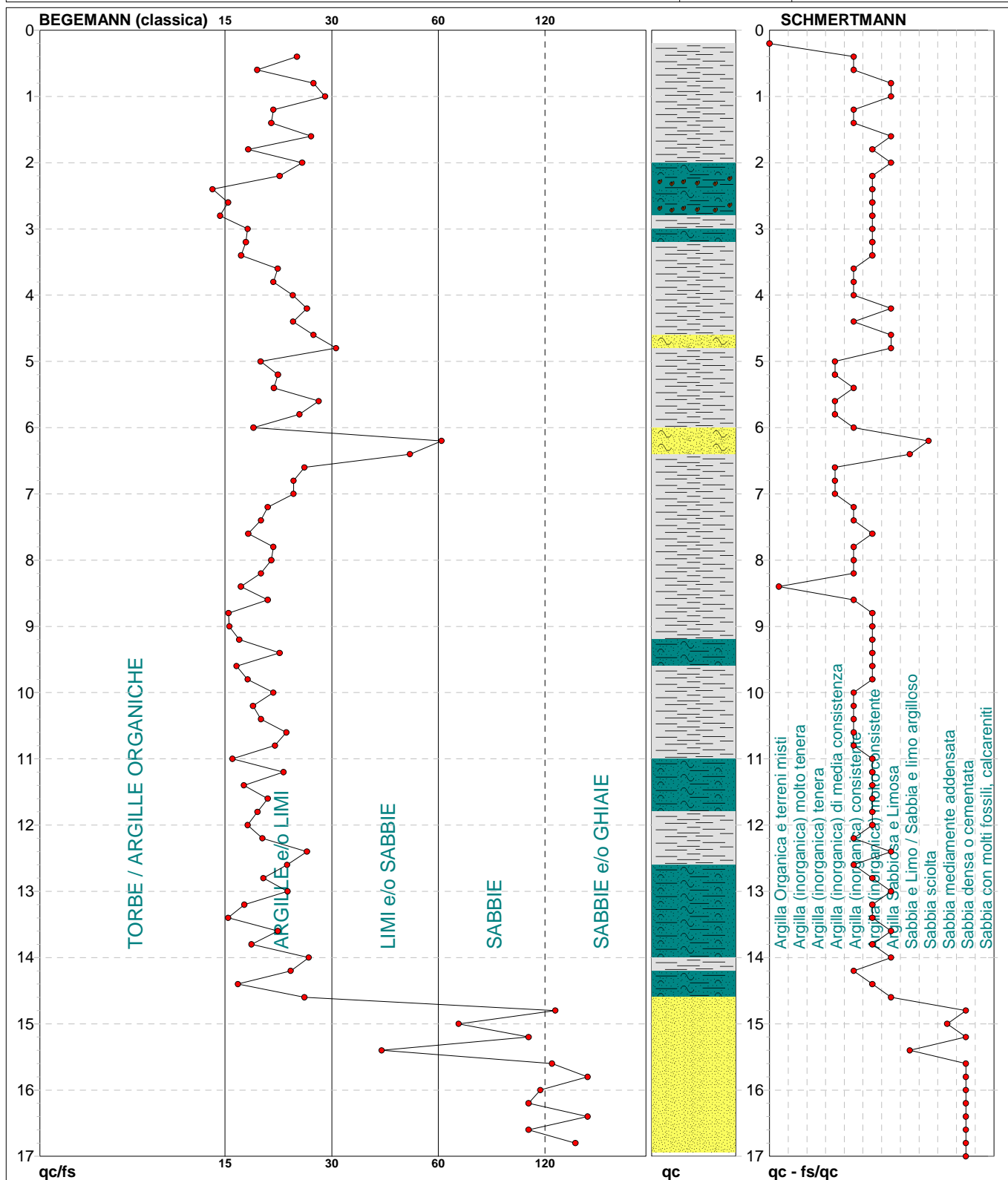
riferimento

**030-2013**

Committente: **INGRA BROZZI SPA**  
 Cantiere: **CONCORDIA ss Via Boccaletta 4**  
 Località: **CONCORDIA ss Via Boccaletta 4**

U.M.: **MPa**  
 Scala: **1:85**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:

Data esec.: **08/02/2013**  
 Falda: **-2,50 m**



Torbe / Argille org. :	3 punti, 3,57%	Argilla Organica e terreni misti:	1 punti, 1,19%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	12 punti, 14,29%
Argille e/o Limi :	67 punti, 79,76%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 8,33%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	2 punti, 2,38%
Limi e/o Sabbie :	4 punti, 4,76%	Argilla (inorganica) consistente:	24 punti, 28,57%	Sabbia sciolta:	1 punti, 1,19%
Sabbie:	7 punti, 8,33%	Argilla (inorganica) molto consist.:	26 punti, 30,95%	Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 1,19%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 3,57%			Sabbia densa o cementata:	9 punti, 10,71%

nota:

FON025

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**
**3**

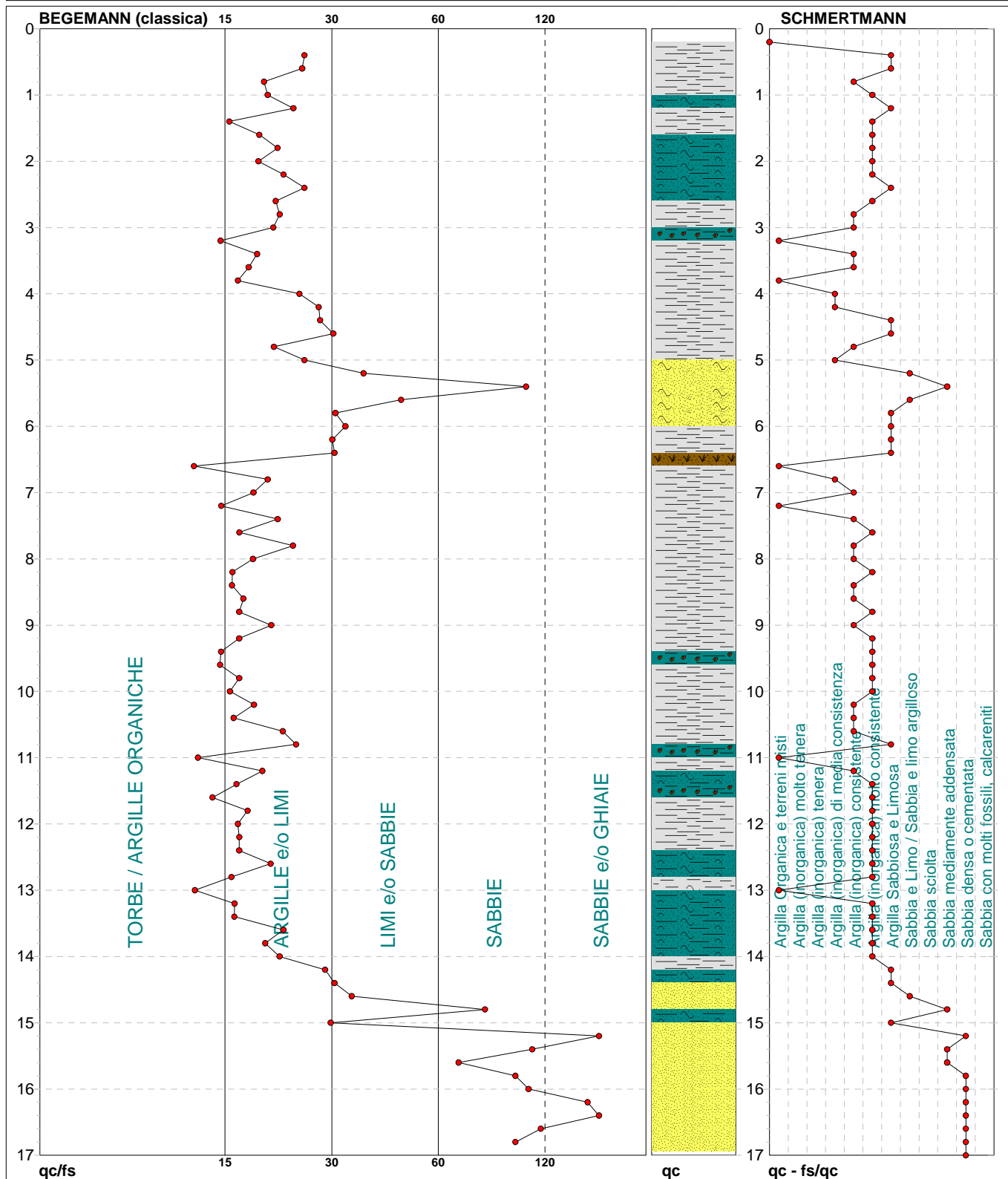
riferimento

**030-2013**

Committente: **INGRA BROZZI SPA**  
 Cantiere: **CONCORDIA ss Via Boccaletta 4**  
 Località: **CONCORDIA ss Via Boccaletta 4**

U.M.: **MPa**  
 Scala: **1:85**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:

Data esec.: **08/02/2013**  
 Falda: **-2,50 m 2.50**



Torbe / Argille org. :	7 punti, 8,33%	Argilla Organica e terreni misti:	6 punti, 7,14%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	14 punti, 16,67%
Argille e/o Limi :	61 punti, 72,62%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 4,76%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 3,57%
Limi e/o Sabbie :	5 punti, 5,95%	Argilla (inorganica) consistente:	17 punti, 20,24%	Sabbia mediamente addensata:	4 punti, 4,76%
Sabbie:	8 punti, 9,52%	Argilla (inorganica) molto consist.:	28 punti, 33,33%	Sabbia densa o cementata:	7 punti, 8,33%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 3,57%				

nota:

FON025



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**
**4**

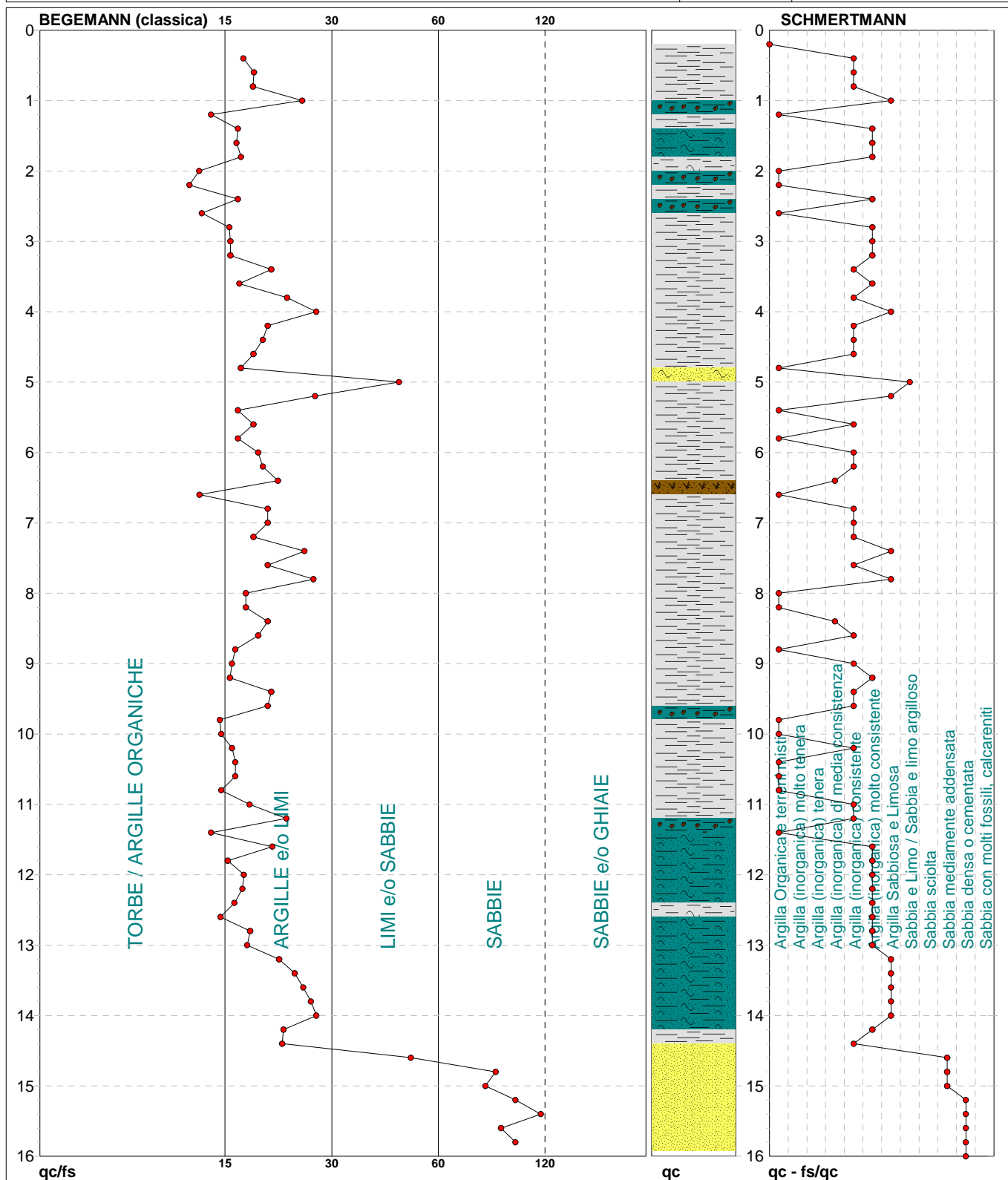
riferimento

**030-2013**

Committente: **INGRA BROZZI SPA**  
 Cantiere: **CONCORDIA ss Via Boccaletta 4**  
 Località: **CONCORDIA ss Via Boccaletta 4**

U.M.: **MPa**  
 Scala: **1:80**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:

Data esec.: **08/02/2013**  
 Falda: **-2,50 m 2.50**



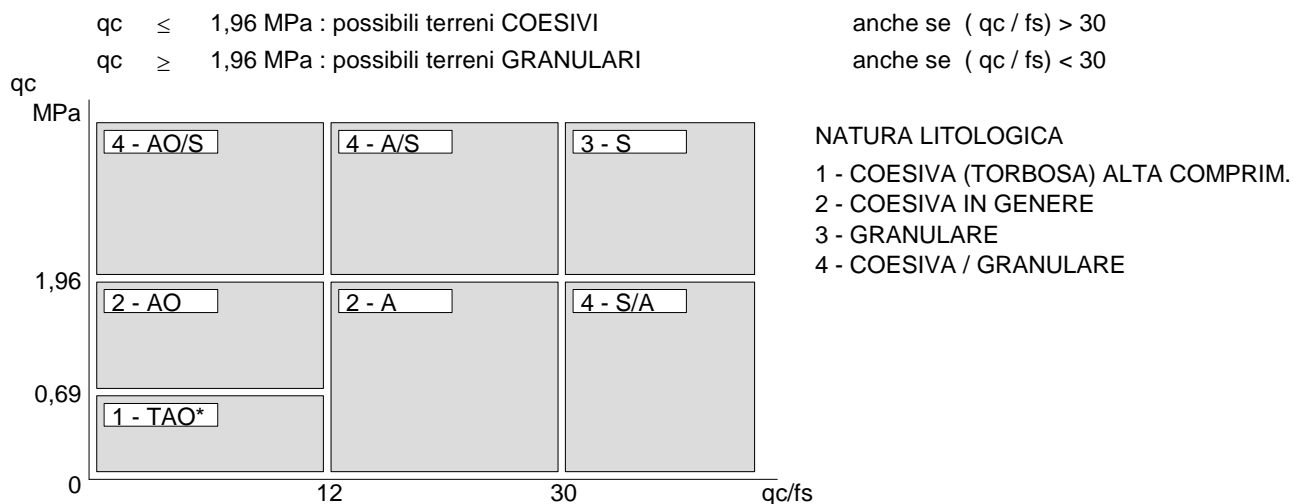
Torbe / Argille org. :	9 punti, 11,39%	Argilla Organica e terreni misti:	17 punti, 21,52%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	10 punti, 12,66%
Argille e/o Limi :	62 punti, 78,48%	Argilla (inorganica) media consist.:	2 punti, 2,53%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punti, 1,27%
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 2,53%	Argilla (inorganica) consistente:	23 punti, 29,11%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 3,80%
Sabbie:	6 punti, 7,59%	Argilla (inorganica) molto consist.:	18 punti, 22,78%	Sabbia densa o cementata:	4 punti, 5,06%

nota:

FON025

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $q_c / f_s$  (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $q_c$  - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  -  $q_c$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [ correl. : Eu -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $q_c$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  -  $q_c$  - natura]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni : Dr -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 )]
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  - Dr -  $q_c$  -  $\sigma'_{vo}$  )  
 $\phi'_{Ca}$  - Caquot (1948)  $\phi'_{Ko}$  - Koppejan (1948)  
 $\phi'_{DB}$  - De Beer (1965)  $\phi'_{Sc}$  - Schmertmann (1978)  
 $\phi'_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)  $\phi'_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni :  $(A_{max}/g)$  - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Burrow e Stokoe 1983 )













CPTU1. txt

%  
 Souding n° 1685  
 Printer n° 1  
 Start level 0.40  
 Date 24-01-2020  
 Time 10:35  
 Method CPTU  
 Project VIA BOCCALETTA - CONCORDIA SULLA SECCHIA  
 Cone n° 40107  
 Zb1=1996 Zb2=4261 Zb3=2805 Za1=2134 Za2=4279 Za3=2791 Memocone MKII class1 +  
 inclination  
 Cantiere INGRA BROZZI SPA  
 Falda -1.20  
 Localita VIA BOCCALETTA - CONCORDIA SULLA SECCHIA  
 Preforo  
 Note

#	DEPTH	QC(MPa)	PP(KPa)	FS(KPa)	IN°
0.42	0.93	107.50	55.00	2.50	
0.44	0.95	108.00	55.50	2.40	
0.46	0.97	94.50	58.00	2.40	
0.48	0.90	64.00	61.00	2.40	
0.50	0.87	75.00	64.50	2.50	
0.52	0.88	77.50	65.50	2.40	
0.54	0.89	79.00	65.50	2.60	
0.56	0.94	81.00	66.00	2.40	
0.58	0.98	82.00	65.50	2.50	
0.60	1.23	92.50	66.00	2.50	
0.62	1.11	92.00	62.00	2.50	
0.64	1.06	90.50	61.00	2.40	
0.66	1.04	95.00	61.00	2.50	
0.68	1.10	103.50	61.00	2.50	
0.70	1.15	108.00	62.50	2.50	
0.72	1.20	115.50	65.00	2.50	
0.74	1.28	122.00	68.00	2.50	
0.76	1.33	126.50	74.50	2.50	
0.78	1.37	130.00	82.50	2.50	
0.80	1.38	132.00	90.50	2.50	
0.82	1.39	133.00	96.50	2.60	
0.84	1.38	134.00	102.50	2.50	
0.86	1.36	134.00	108.00	2.60	
0.88	1.34	134.00	112.50	2.50	
0.90	1.31	133.50	113.50	2.60	
0.92	1.27	129.50	113.00	2.50	
0.94	1.22	125.00	113.50	2.60	
0.96	1.20	124.50	112.50	2.50	
0.98	1.24	127.00	107.00	2.50	
1.00	1.25	129.00	105.50	2.60	
1.02	1.19	129.50	102.50	2.60	
1.04	1.15	126.50	99.00	2.70	
1.06	1.15	129.50	96.50	2.60	
1.08	1.22	138.00	96.50	2.70	
1.10	1.29	144.50	96.00	2.60	
1.12	1.34	151.00	95.50	2.60	
1.14	1.40	157.50	95.50	2.60	
1.16	1.46	165.50	94.50	2.70	
1.18	1.52	172.50	94.50	2.60	
1.20	1.59	178.00	96.00	2.70	
1.22	1.66	183.50	98.50	2.70	
1.24	1.73	186.50	101.00	2.70	
1.26	1.75	188.00	105.50	2.70	
1.28	1.77	189.50	112.50	2.70	
1.30	1.81	192.50	117.00	2.60	
1.32	1.84	195.00	121.50	2.70	
1.34	1.82	196.00	126.00	2.70	
1.36	1.82	197.00	129.50	2.70	
1.38	1.41	180.00	95.50	2.60	
1.40	1.89	222.50	130.50	2.70	

## CPTU1. txt

1.42	1.94	226.00	130.00	2.70
1.44	1.99	231.50	130.00	2.70
1.46	2.02	234.50	132.00	2.60
1.48	2.00	232.50	136.50	2.80
1.50	1.95	229.50	139.50	2.80
1.52	1.98	231.00	140.50	2.70
1.54	1.93	227.00	145.00	2.70
1.56	1.96	231.50	148.00	2.70
1.58	1.96	233.50	145.50	2.80
1.60	1.91	232.00	142.50	2.80
1.62	1.84	228.00	140.00	2.80
1.64	1.73	219.50	139.50	2.60
1.66	1.59	207.50	136.50	2.80
1.68	1.45	197.50	130.50	2.70
1.70	1.38	189.50	126.50	2.70
1.72	1.41	217.50	121.00	2.70
1.74	1.40	243.00	112.50	2.80
1.76	1.40	240.00	96.50	2.70
1.78	1.41	248.50	82.00	2.80
1.80	1.48	240.50	78.00	2.80
1.82	1.54	251.00	75.50	2.80
1.84	1.70	248.50	68.00	2.80
1.86	1.77	287.50	68.50	2.80
1.88	1.79	287.50	73.00	2.70
1.90	1.78	281.00	80.50	2.80
1.92	1.79	255.50	84.00	2.70
1.94	1.63	232.00	86.00	2.80
1.96	1.48	216.50	92.00	2.80
1.98	1.35	190.00	98.00	2.80
2.00	1.29	165.50	105.50	2.70
2.02	1.38	198.50	106.50	2.80
2.04	1.57	262.50	98.00	2.80
2.06	1.68	339.00	86.50	2.90
2.08	1.69	387.00	75.50	2.90
2.10	1.70	372.50	69.00	2.80
2.12	1.75	372.50	68.00	2.80
2.14	1.72	391.00	71.50	2.90
2.16	1.81	430.50	74.00	2.80
2.18	1.98	447.50	74.50	3.00
2.20	2.12	471.50	82.00	2.80
2.22	2.27	488.50	86.50	2.90
2.24	2.39	493.00	88.50	2.90
2.26	2.39	492.50	94.50	2.90
2.28	2.36	485.00	103.00	2.80
2.30	2.38	477.50	117.50	2.90
2.32	2.46	487.00	129.50	2.90
2.34	2.57	506.50	139.50	2.90
2.36	2.47	508.00	149.50	2.80
2.38	2.35	486.00	145.00	3.00
2.40	2.24	468.50	142.50	3.00
2.42	2.09	447.00	135.00	3.00
2.44	1.95	420.50	124.50	3.00
2.46	1.83	386.00	116.50	3.00
2.48	1.77	363.00	115.00	3.00
2.50	1.73	348.00	115.00	3.00
2.52	1.66	335.00	118.00	3.00
2.54	1.61	315.00	116.00	3.00
2.56	1.54	299.00	113.00	3.00
2.58	1.48	286.00	109.50	3.10
2.60	1.47	285.50	105.50	3.10
2.62	1.50	297.50	100.00	3.20
2.64	1.55	310.00	93.50	3.00
2.66	1.65	335.00	88.00	3.10
2.68	1.75	358.00	86.00	3.00
2.70	1.83	383.00	87.50	3.10
2.72	1.92	404.00	87.00	3.10
2.74	1.92	400.00	82.50	3.20
2.76	1.89	391.50	78.00	3.10

## CPTU1. txt

2. 78	1. 91	378. 50	78. 00	3. 10
2. 80	1. 89	362. 50	81. 00	3. 10
2. 82	1. 82	346. 00	84. 50	3. 10
2. 84	1. 78	335. 00	88. 00	3. 10
2. 86	1. 79	320. 00	93. 50	3. 10
2. 88	1. 78	309. 00	101. 00	3. 10
2. 90	1. 71	318. 50	105. 00	3. 20
2. 92	1. 61	307. 00	100. 00	3. 10
2. 94	1. 53	287. 50	92. 00	3. 20
2. 96	1. 43	264. 00	88. 00	3. 20
2. 98	1. 31	244. 00	87. 50	3. 20
3. 00	1. 31	244. 00	87. 50	3. 20
3. 02	1. 22	234. 00	84. 00	3. 20
3. 04	1. 12	221. 50	79. 00	3. 10
3. 06	1. 09	231. 50	76. 50	3. 20
3. 08	1. 13	237. 00	74. 00	3. 20
3. 10	1. 19	243. 00	70. 50	3. 10
3. 12	1. 22	253. 00	62. 00	3. 20
3. 14	1. 20	248. 50	54. 50	3. 20
3. 16	1. 16	242. 50	51. 50	3. 20
3. 18	1. 10	234. 50	52. 00	3. 20
3. 20	1. 12	237. 00	52. 00	3. 20
3. 22	1. 14	245. 50	52. 00	3. 30
3. 24	1. 17	258. 00	53. 50	3. 30
3. 26	1. 22	264. 50	52. 00	3. 20
3. 28	1. 22	269. 00	50. 00	3. 30
3. 30	1. 19	270. 00	50. 00	3. 20
3. 32	1. 14	272. 00	49. 50	3. 30
3. 34	1. 11	269. 50	48. 00	3. 10
3. 36	1. 07	263. 00	46. 50	3. 20
3. 38	0. 93	273. 00	41. 00	3. 30
3. 40	1. 07	269. 00	49. 50	3. 30
3. 42	1. 06	269. 50	50. 00	3. 30
3. 44	1. 02	272. 50	49. 00	3. 30
3. 46	0. 95	276. 50	48. 50	3. 30
3. 48	0. 92	281. 50	47. 00	3. 40
3. 50	0. 95	283. 00	45. 00	3. 30
3. 52	0. 99	285. 00	43. 00	3. 40
3. 54	1. 05	296. 00	41. 50	3. 30
3. 56	1. 08	305. 50	39. 50	3. 40
3. 58	1. 08	303. 50	37. 50	3. 40
3. 60	1. 08	299. 00	36. 50	3. 30
3. 62	1. 11	302. 50	37. 50	3. 30
3. 64	1. 16	309. 50	36. 50	3. 30
3. 66	1. 22	314. 00	35. 50	3. 40
3. 68	1. 24	315. 00	34. 50	3. 40
3. 70	1. 25	315. 50	35. 00	3. 30
3. 72	1. 26	319. 00	38. 50	3. 30
3. 74	1. 29	325. 50	41. 00	3. 30
3. 76	1. 28	324. 00	41. 50	3. 40
3. 78	1. 26	324. 50	44. 00	3. 30
3. 80	1. 26	326. 50	46. 00	3. 40
3. 82	1. 25	318. 00	48. 00	3. 30
3. 84	1. 18	311. 00	46. 50	3. 40
3. 86	1. 13	302. 00	44. 00	3. 30
3. 88	1. 06	291. 50	44. 00	3. 40
3. 90	1. 00	291. 00	47. 00	3. 30
3. 92	0. 98	292. 50	47. 50	3. 40
3. 94	0. 95	315. 50	44. 00	3. 40
3. 96	0. 91	321. 50	40. 50	3. 40
3. 98	0. 88	325. 50	38. 50	3. 40
4. 00	0. 88	331. 00	34. 00	3. 40
4. 02	0. 88	331. 00	34. 00	3. 40
4. 04	0. 86	336. 00	28. 50	3. 30
4. 06	0. 85	342. 00	24. 50	3. 40
4. 08	0. 85	347. 00	21. 50	3. 30
4. 10	0. 87	352. 00	19. 50	3. 40
4. 12	0. 91	360. 00	18. 00	3. 40

## CPTU1. txt

4. 14	0. 96	363. 00	17. 00	3. 40
4. 16	0. 98	375. 50	17. 50	3. 40
4. 18	1. 00	377. 50	18. 00	3. 50
4. 20	1. 02	387. 00	19. 50	3. 40
4. 22	1. 01	405. 00	21. 00	3. 50
4. 24	1. 03	403. 00	22. 00	3. 40
4. 26	1. 06	409. 50	24. 50	3. 50
4. 28	1. 05	421. 50	27. 00	3. 40
4. 30	1. 06	423. 50	28. 00	3. 60
4. 32	1. 07	424. 00	29. 00	3. 50
4. 34	1. 06	423. 50	31. 00	3. 60
4. 36	1. 08	425. 00	31. 00	3. 50
4. 38	1. 03	435. 50	23. 00	3. 60
4. 40	1. 11	435. 50	28. 00	3. 70
4. 42	1. 09	437. 00	27. 50	3. 70
4. 44	1. 05	440. 00	28. 50	3. 70
4. 46	1. 03	442. 50	29. 50	3. 80
4. 48	1. 02	443. 00	29. 50	3. 70
4. 50	0. 99	442. 50	30. 50	3. 70
4. 52	0. 99	447. 50	28. 00	3. 70
4. 54	1. 00	451. 50	26. 50	3. 70
4. 56	1. 00	453. 00	24. 50	3. 70
4. 58	0. 97	453. 50	22. 50	3. 70
4. 60	0. 97	457. 50	22. 00	3. 70
4. 62	0. 99	464. 50	21. 00	3. 70
4. 64	1. 03	474. 50	20. 50	3. 80
4. 66	1. 02	473. 50	19. 50	3. 70
4. 68	1. 01	467. 50	20. 00	3. 80
4. 70	1. 00	472. 00	22. 50	3. 80
4. 72	1. 01	476. 00	24. 00	3. 80
4. 74	1. 04	479. 50	25. 50	3. 80
4. 76	1. 03	474. 00	27. 00	3. 80
4. 78	1. 01	471. 00	27. 50	3. 80
4. 80	0. 99	460. 50	28. 00	3. 80
4. 82	0. 95	465. 00	28. 50	3. 80
4. 84	0. 95	468. 00	26. 00	3. 80
4. 86	0. 97	468. 50	23. 50	3. 80
4. 88	0. 95	462. 00	22. 50	3. 80
4. 90	0. 89	457. 50	23. 00	3. 80
4. 92	0. 86	453. 50	22. 50	3. 80
4. 94	0. 83	453. 50	22. 50	3. 80
4. 96	0. 83	456. 50	21. 50	3. 80
4. 98	0. 86	460. 00	20. 50	3. 80
5. 00	0. 87	461. 00	21. 00	3. 90
5. 02	0. 87	464. 00	21. 50	3. 80
5. 04	0. 85	460. 50	20. 00	3. 80
5. 06	0. 82	461. 50	20. 00	3. 80
5. 08	0. 78	458. 50	20. 50	3. 80
5. 10	0. 75	460. 00	21. 50	3. 80
5. 12	0. 76	465. 50	20. 50	3. 90
5. 14	0. 82	474. 50	19. 50	3. 80
5. 16	0. 89	481. 50	19. 00	3. 90
5. 18	0. 96	489. 50	18. 50	3. 80
5. 20	1. 00	485. 50	17. 00	3. 90
5. 22	0. 99	473. 00	18. 00	3. 90
5. 24	0. 98	470. 50	20. 00	3. 90
5. 26	1. 00	477. 50	21. 50	3. 90
5. 28	1. 01	475. 00	23. 00	3. 90
5. 30	1. 05	469. 00	25. 00	3. 90
5. 32	1. 04	453. 00	25. 50	3. 90
5. 34	0. 96	429. 00	27. 50	3. 90
5. 36	0. 83	427. 00	25. 50	3. 90
5. 38	1. 00	331. 50	24. 00	4. 00
5. 40	0. 90	335. 50	24. 50	4. 10
5. 42	0. 90	368. 50	22. 00	4. 00
5. 44	0. 91	376. 50	20. 00	4. 10
5. 46	1. 00	381. 50	19. 50	4. 00
5. 48	1. 15	385. 50	21. 50	4. 00



## CPTU1. txt

5.50	1.26	381.50	24.50	4.00
5.52	1.27	314.00	25.50	4.10
5.54	1.15	223.50	29.00	4.00
5.56	1.03	211.00	27.50	4.00
5.58	0.96	203.50	30.50	4.00
5.60	0.92	219.50	30.00	4.00
5.62	0.92	229.50	26.50	4.00
5.64	0.98	232.00	21.50	4.10
5.66	1.06	232.50	20.50	4.00
5.68	1.12	234.00	23.00	4.10
5.70	1.16	215.00	24.50	4.00
5.72	1.12	189.00	27.50	4.00
5.74	1.02	166.50	28.50	3.90
5.76	0.96	159.00	26.00	4.00
5.78	0.95	176.00	22.00	3.90
5.80	0.88	191.00	16.50	4.00
5.82	0.86	241.50	14.50	4.00
5.84	0.86	241.50	14.50	4.00
5.86	0.97	252.00	17.00	4.00
5.88	0.92	253.00	17.50	4.00
5.90	0.88	251.50	19.50	4.00
5.92	0.87	253.00	22.00	3.90
5.94	0.88	261.00	27.00	3.90
5.96	0.92	263.50	27.00	3.90
5.98	0.88	258.50	28.50	4.00
6.00	0.78	257.50	28.00	3.90
6.02	0.72	257.50	24.00	3.90
6.04	0.67	262.00	21.00	4.00
6.06	0.66	265.00	16.50	3.90
6.08	0.68	264.50	13.50	4.00
6.10	0.67	265.50	13.50	4.00
6.12	0.68	266.50	12.50	4.00
6.14	0.70	266.00	12.00	4.10
6.16	0.66	267.00	12.50	4.00
6.18	0.68	269.50	11.00	4.00
6.20	0.72	270.50	9.50	4.00
6.22	0.72	271.50	10.00	4.00
6.24	0.72	272.50	10.00	4.00
6.26	0.74	273.00	11.00	4.00
6.28	0.71	270.50	11.50	4.00
6.30	0.68	269.00	12.00	4.10
6.32	0.66	266.00	13.00	4.00
6.34	0.61	266.00	17.50	4.00
6.36	0.46	266.00	19.50	4.10
6.38	0.61	266.50	23.50	4.20
6.40	0.61	267.00	24.50	4.10
6.42	0.58	267.50	26.50	4.10
6.44	0.56	267.00	27.00	4.10
6.46	0.57	268.00	25.00	4.20
6.48	0.57	269.00	24.00	4.10
6.50	0.57	269.00	22.50	4.20
6.52	0.58	269.00	19.50	4.20
6.54	0.60	270.50	19.50	4.30
6.56	0.64	272.00	19.00	4.20
6.58	0.75	276.00	18.50	4.30
6.60	0.94	280.00	17.50	4.20
6.62	1.17	289.50	17.50	4.20
6.64	1.35	302.00	17.00	4.30
6.66	1.30	220.50	21.00	4.20
6.68	1.14	182.00	20.00	4.20
6.70	0.93	181.50	19.00	4.30
6.72	0.77	194.50	17.50	4.10
6.74	0.74	288.00	12.00	4.20
6.76	0.81	316.00	10.50	4.20
6.78	0.80	315.50	13.50	4.10
6.80	0.77	314.00	13.50	4.10
6.82	0.73	320.50	20.00	4.20
6.84	0.73	320.50	20.00	4.20

## CPTU1. txt

6.86	0.72	322.00	21.50	4.20
6.88	0.74	319.50	22.50	4.20
6.90	0.73	321.00	23.00	4.10
6.92	0.75	322.50	21.50	4.20
6.94	0.77	323.00	18.50	4.10
6.96	0.79	324.00	17.50	4.20
6.98	0.81	326.00	18.50	4.20
7.00	0.85	326.00	18.00	4.10
7.02	0.89	326.00	19.00	4.20
7.04	0.90	325.00	21.00	4.20
7.06	0.89	329.00	24.50	4.10
7.08	0.88	328.00	27.00	4.20
7.10	0.84	329.00	29.50	4.20
7.12	0.87	334.50	31.00	4.20
7.14	0.98	340.50	30.50	4.20
7.16	1.05	345.50	30.00	4.20
7.18	1.05	333.00	28.50	4.20
7.20	1.01	327.00	30.00	4.20
7.22	0.99	332.50	32.00	4.20
7.24	0.98	343.00	31.00	4.20
7.26	0.99	348.50	29.50	4.20
7.28	0.98	348.50	28.50	4.20
7.30	0.96	347.00	27.50	4.20
7.32	0.97	325.00	28.50	4.30
7.34	1.00	326.50	29.00	4.30
7.36	1.01	331.00	28.50	4.30
7.38	1.05	340.00	33.00	4.30
7.40	1.09	349.00	36.00	4.30
7.42	1.16	354.00	40.50	4.30
7.44	1.21	354.50	44.50	4.30
7.46	1.27	365.00	47.00	4.40
7.48	1.32	380.50	50.00	4.30
7.50	1.37	399.00	52.00	4.30
7.52	1.41	411.50	55.00	4.30
7.54	1.44	423.00	57.50	4.30
7.56	1.44	421.50	60.50	4.30
7.58	1.42	423.00	63.50	4.40
7.60	1.43	426.00	65.00	4.30
7.62	1.38	413.00	68.50	4.30
7.64	1.39	420.00	69.00	4.30
7.66	1.37	407.00	69.00	4.40
7.68	1.34	406.00	70.00	4.30
7.70	1.31	407.50	68.50	4.40
7.72	1.30	399.00	65.00	4.30
7.74	1.30	411.00	62.00	4.40
7.76	1.28	412.00	59.50	4.40
7.78	1.25	407.50	57.50	4.30
7.80	1.25	406.50	54.50	4.30
7.82	1.24	404.00	54.00	4.40
7.84	1.21	404.00	56.50	4.30
7.86	1.20	408.00	56.50	4.30
7.88	1.16	409.50	56.00	4.40
7.90	1.17	412.50	52.00	4.40
7.92	1.18	411.00	50.00	4.50
7.94	1.15	405.00	48.00	4.40
7.96	1.12	408.50	46.00	4.40
7.98	1.08	412.00	45.00	4.40
8.00	1.06	409.00	43.50	4.40
8.02	1.04	411.00	43.00	4.40
8.04	1.01	420.50	44.50	4.50
8.06	1.01	427.00	42.50	4.50
8.08	1.00	423.50	38.50	4.50
8.10	0.98	422.50	37.00	4.40
8.12	0.96	424.50	34.00	4.50
8.14	0.94	426.50	31.50	4.50
8.16	0.93	427.50	27.50	4.50
8.18	0.93	428.50	25.50	4.50
8.20	0.91	430.00	23.50	4.60

## CPTU1. txt

8.22	0.87	429.00	21.50	4.50
8.24	0.83	428.50	20.00	4.60
8.26	0.83	430.00	17.50	4.50
8.28	0.82	431.50	16.50	4.60
8.30	0.83	433.50	15.50	4.50
8.32	0.85	434.00	15.00	4.50
8.34	0.67	407.50	4.00	4.60
8.36	1.02	418.50	11.00	4.60
8.38	1.01	421.00	14.50	4.60
8.40	1.02	424.50	15.00	4.70
8.42	0.99	426.50	16.50	4.50
8.44	1.00	432.00	16.00	4.60
8.46	1.00	444.00	17.00	4.60
8.48	1.04	466.50	15.50	4.60
8.50	1.11	476.00	13.50	4.60
8.52	1.14	483.50	14.50	4.70
8.54	1.16	491.00	16.00	4.70
8.56	1.18	507.00	18.50	4.60
8.58	1.22	516.00	20.50	4.60
8.60	1.27	522.00	23.00	4.70
8.62	1.29	532.50	28.00	4.60
8.64	1.33	552.00	32.00	4.60
8.66	1.37	586.00	36.00	4.60
8.68	1.42	619.50	40.00	4.60
8.70	1.47	654.00	43.50	4.60
8.72	1.51	664.00	46.50	4.70
8.74	1.48	635.50	53.00	4.60
8.76	1.46	643.00	57.50	4.70
8.78	1.48	647.50	60.00	4.70
8.80	1.50	642.50	60.50	4.70
8.82	1.53	659.50	61.50	4.70
8.84	1.54	674.00	61.50	4.70
8.86	1.56	689.50	60.50	4.70
8.88	1.56	697.50	60.50	4.70
8.90	1.59	723.50	59.00	4.70
8.92	1.67	743.50	58.00	4.70
8.94	1.69	729.00	57.50	4.70
8.96	1.70	743.00	58.50	4.70
8.98	1.66	726.50	59.50	4.70
9.00	1.65	701.50	60.50	4.80
9.02	1.63	681.50	61.00	4.70
9.04	1.66	703.50	62.00	4.80
9.06	1.66	703.00	64.00	4.70
9.08	1.66	697.00	65.00	4.80
9.10	1.67	706.50	65.00	4.70
9.12	1.66	695.50	63.50	4.70
9.14	1.61	664.50	62.00	4.70
9.16	1.62	659.50	60.50	4.70
9.18	1.53	619.50	62.00	4.70
9.20	1.52	627.00	60.00	4.80
9.22	1.51	631.00	57.50	4.70
9.24	1.46	611.50	57.50	4.70
9.26	1.45	611.00	56.50	4.70
9.28	1.43	605.00	56.00	4.80
9.30	1.38	590.00	57.00	4.80
9.32	1.36	585.00	56.50	4.80
9.34	0.96	517.50	33.50	4.80
9.36	1.38	587.50	60.50	4.80
9.38	1.41	621.00	62.00	4.80
9.40	1.44	642.50	61.50	4.80
9.42	1.48	667.00	60.50	4.80
9.44	1.48	668.50	59.50	4.80
9.46	1.50	679.50	58.00	4.80
9.48	1.54	701.00	57.00	4.80
9.50	1.56	715.00	57.00	4.80
9.52	1.57	714.50	57.00	4.80
9.54	1.58	685.50	56.50	4.90
9.56	1.58	690.00	58.00	4.80

## CPTU1. txt

9. 58	1. 63	714. 00	59. 50	4. 90
9. 60	1. 62	695. 00	61. 50	4. 90
9. 62	1. 59	717. 50	64. 50	4. 90
9. 64	1. 73	766. 50	65. 00	5. 00
9. 66	1. 77	729. 00	63. 50	4. 90
9. 68	1. 71	636. 00	65. 50	4. 90
9. 70	1. 68	630. 50	68. 00	4. 90
9. 72	1. 60	604. 00	69. 00	4. 90
9. 74	1. 56	595. 00	68. 50	4. 90
9. 76	1. 54	566. 50	68. 50	5. 00
9. 78	1. 48	543. 50	70. 00	4. 90
9. 80	1. 46	539. 50	70. 50	4. 90
9. 82	1. 43	538. 50	70. 00	5. 00
9. 84	1. 40	530. 00	70. 00	5. 00
9. 86	1. 39	519. 00	69. 50	4. 90
9. 88	1. 37	517. 50	69. 00	4. 90
9. 90	1. 37	513. 00	67. 50	4. 90
9. 92	1. 39	510. 50	65. 00	5. 00
9. 94	1. 42	513. 00	64. 00	4. 90
9. 96	1. 44	518. 50	62. 00	4. 90
9. 98	1. 40	520. 50	59. 50	4. 90
10. 00	1. 38	532. 50	57. 00	4. 90
10. 02	1. 35	514. 50	57. 50	4. 90
10. 04	1. 35	512. 00	58. 00	4. 80
10. 06	1. 33	495. 00	59. 50	4. 90
10. 08	1. 28	485. 00	61. 50	4. 80
10. 10	1. 25	474. 50	61. 50	4. 90
10. 12	1. 27	467. 00	59. 50	4. 90
10. 14	1. 26	470. 00	60. 00	4. 90
10. 16	1. 20	471. 50	57. 50	4. 80
10. 18	1. 17	470. 50	53. 00	4. 90
10. 20	1. 14	469. 00	50. 00	4. 80
10. 22	1. 11	466. 00	49. 50	4. 90
10. 24	1. 10	470. 50	48. 50	4. 90
10. 26	1. 10	469. 00	47. 00	4. 90
10. 28	1. 11	469. 50	44. 50	4. 90
10. 30	1. 11	474. 50	43. 50	4. 90
10. 32	1. 14	470. 00	40. 50	4. 90
10. 34	0. 84	450. 50	20. 00	5. 00
10. 36	1. 10	454. 00	39. 50	5. 10
10. 38	1. 11	453. 50	40. 00	5. 10
10. 40	1. 09	453. 00	40. 50	5. 10
10. 42	1. 07	452. 00	41. 50	5. 10
10. 44	1. 04	449. 50	41. 50	5. 10
10. 46	1. 04	449. 00	41. 00	5. 10
10. 48	1. 05	447. 00	41. 00	5. 10
10. 50	1. 04	439. 00	40. 00	5. 00
10. 52	1. 05	441. 00	40. 00	5. 00
10. 54	1. 02	444. 50	37. 50	5. 00
10. 56	1. 00	444. 50	34. 50	5. 00
10. 58	0. 97	445. 00	31. 50	5. 00
10. 60	0. 97	445. 50	28. 50	5. 00
10. 62	1. 00	448. 50	26. 50	4. 90
10. 64	1. 06	450. 50	24. 00	5. 00
10. 66	1. 08	448. 50	25. 00	4. 90
10. 68	1. 10	450. 50	26. 50	5. 00
10. 70	1. 09	453. 00	29. 00	4. 90
10. 72	1. 11	453. 00	31. 50	5. 00
10. 74	1. 09	449. 00	35. 50	4. 90
10. 76	1. 09	448. 00	39. 00	5. 00
10. 78	1. 06	441. 00	42. 00	5. 00
10. 80	1. 05	440. 50	46. 00	5. 00
10. 82	1. 02	437. 50	47. 00	5. 00
10. 84	0. 98	434. 50	47. 00	5. 00
10. 86	0. 92	424. 00	48. 50	4. 90
10. 88	0. 91	425. 00	50. 50	5. 00
10. 90	0. 94	434. 50	49. 50	4. 90
10. 92	0. 96	443. 50	49. 00	5. 00

## CPTU1. txt

10.94	0.97	454.00	48.50	5.00
10.96	0.99	463.50	47.00	5.00
10.98	1.00	466.50	46.50	4.90
11.00	1.04	460.00	44.00	4.90
11.02	1.06	448.50	42.50	5.00
11.04	1.06	443.50	42.00	5.10
11.06	1.10	451.00	41.50	5.10
11.08	1.12	446.50	41.00	5.10
11.10	1.12	445.00	40.50	5.10
11.12	1.07	445.00	40.00	5.00
11.14	1.08	449.50	38.50	5.10
11.16	1.11	440.00	37.00	5.10
11.18	1.13	447.00	38.00	5.10
11.20	1.18	461.00	39.50	5.10
11.22	1.27	479.00	39.00	5.10
11.24	1.35	527.50	40.50	5.00
11.26	1.43	577.50	42.50	5.10
11.28	1.54	654.50	47.50	5.00
11.30	1.68	768.00	48.50	5.00
11.32	1.73	796.50	46.00	5.00
11.34	1.72	729.00	44.50	5.10
11.36	1.82	749.50	52.00	5.10
11.38	1.79	731.00	61.50	5.00
11.40	1.74	712.50	70.50	5.10
11.42	1.69	687.00	79.00	5.10
11.44	1.66	667.00	82.50	5.20
11.46	1.68	667.50	88.00	5.00
11.48	1.60	608.00	89.00	5.10
11.50	1.53	579.00	82.50	5.10
11.52	1.46	552.50	76.00	5.10
11.54	1.45	540.50	69.50	5.00
11.56	1.37	526.50	69.00	5.10
11.58	1.32	522.50	68.00	5.10
11.60	1.32	522.50	65.00	5.10
11.62	1.38	543.50	64.00	5.10
11.64	1.46	577.00	61.50	5.10
11.66	1.50	592.50	60.00	5.00
11.68	1.57	643.00	56.50	5.10
11.70	1.67	683.50	55.00	5.00
11.72	1.65	666.00	56.50	5.00
11.74	1.71	672.00	59.00	5.00
11.76	1.62	638.00	60.50	5.10
11.78	1.56	605.50	61.00	5.00
11.80	1.57	631.00	61.00	5.10
11.82	1.71	702.00	61.50	5.00
11.84	1.65	656.50	63.00	5.00
11.86	1.74	704.00	65.50	5.10
11.88	1.54	356.00	64.50	5.10
11.90	1.50	342.50	62.50	5.10
11.92	1.50	358.00	62.50	5.10
11.94	1.46	357.50	66.00	5.10
11.96	1.47	362.00	66.50	5.10
11.98	1.45	378.50	68.50	5.10
12.00	1.48	393.50	67.00	5.10
12.02	1.51	420.00	67.00	5.10
12.04	1.54	500.50	66.50	5.10
12.06	1.46	516.00	65.00	5.10
12.08	1.34	443.00	59.50	5.10
12.10	1.29	430.00	55.50	5.10
12.12	1.21	396.00	51.50	5.10
12.14	1.18	410.00	48.50	5.10
12.16	1.14	405.00	46.50	5.20
12.18	1.09	411.50	46.50	5.20
12.20	1.09	418.00	42.50	5.10
12.22	1.11	418.50	39.50	5.10
12.24	1.13	420.50	38.50	5.20
12.26	1.12	420.00	38.50	5.20
12.28	1.14	426.50	38.50	5.20

## CPTU1. txt

12.30	1.17	430.00	36.50	5.10
12.32	1.19	438.00	35.50	5.10
12.34	1.17	438.50	28.50	5.30
12.36	1.28	482.00	31.00	5.30
12.38	1.30	500.50	30.50	5.30
12.40	1.29	515.00	31.00	5.20
12.42	1.32	535.50	31.00	5.30
12.44	1.38	563.50	31.00	5.30
12.46	1.42	593.50	33.50	5.30
12.48	1.47	626.50	34.50	5.20
12.50	1.46	633.50	38.00	5.20
12.52	1.46	647.00	39.00	5.20
12.54	1.45	645.50	39.50	5.20
12.56	1.47	667.00	39.00	5.20
12.58	1.49	681.00	40.00	5.20
12.60	1.46	681.50	41.00	5.20
12.62	1.45	665.50	40.00	5.20
12.64	1.44	677.00	39.00	5.30
12.66	1.50	717.00	38.00	5.20
12.68	1.60	802.00	36.00	5.20
12.70	1.74	885.50	34.00	5.30
12.72	1.87	946.00	35.50	5.20
12.74	1.98	1021.00	40.50	5.30
12.76	2.04	1086.50	43.50	5.20
12.78	2.04	1067.00	49.50	5.20
12.80	1.97	1018.00	56.00	5.20
12.82	1.89	947.50	60.50	5.40
12.84	1.79	907.50	65.00	5.30
12.86	1.69	845.00	66.00	5.30
12.88	1.60	812.00	61.50	5.30
12.90	1.60	819.50	54.50	5.40
12.92	1.83	996.50	48.00	5.30
12.94	2.38	1347.00	40.00	5.40
12.96	2.81	1557.00	35.00	5.30
12.98	2.99	1485.00	38.00	5.40
13.00	2.97	1296.00	47.50	5.30
13.02	2.87	1268.00	59.50	5.40
13.04	2.70	1246.00	68.00	5.30
13.06	2.50	1222.50	76.50	5.30
13.08	2.41	1228.00	80.00	5.20
13.10	2.63	1389.00	81.00	5.30
13.12	2.83	1516.50	87.00	5.40
13.14	2.92	1525.00	76.00	5.30
13.16	3.08	1564.50	70.00	5.30
13.18	3.29	1642.00	70.00	5.30
13.20	3.38	1665.00	72.50	5.40
13.22	3.17	1572.00	76.50	5.40
13.24	2.88	1410.50	82.50	5.40
13.26	2.53	1281.00	93.00	5.40
13.28	2.47	1267.00	100.50	5.20
13.30	2.58	1435.00	116.00	5.40
13.32	2.83	1545.50	120.50	5.40
13.34	2.40	1277.50	46.00	5.20
13.36	3.16	981.50	80.00	5.20
13.38	2.89	974.50	84.00	5.30
13.40	2.71	972.50	84.50	5.20
13.42	2.67	1162.00	93.00	5.30
13.44	2.82	1319.50	100.00	5.30
13.46	2.94	1285.00	99.00	5.40
13.48	2.88	1124.50	98.00	5.30
13.50	2.58	830.50	95.00	5.40
13.52	2.28	631.50	85.50	5.20
13.54	1.95	554.00	85.50	5.40
13.56	1.67	686.00	99.50	5.40
13.58	1.87	820.00	99.00	5.30
13.60	1.87	820.00	99.00	5.30
13.62	2.25	1067.00	97.00	5.40
13.64	2.44	1324.50	94.00	5.20



## CPTU1. txt

13.66	2.54	1422.00	84.00	5.30
13.68	2.55	1352.00	69.00	5.40
13.70	2.49	1247.50	64.00	5.40
13.72	2.37	1174.50	66.00	5.20
13.74	2.18	1071.00	74.00	5.40
13.76	2.05	1045.00	76.00	5.30
13.78	2.02	1048.50	72.50	5.40
13.80	2.05	1047.50	66.50	5.20
13.82	2.03	1022.50	63.50	5.30
13.84	2.02	1051.50	61.00	5.30
13.86	2.07	1114.50	54.50	5.30
13.88	2.11	1144.00	48.00	5.20
13.90	2.14	1173.50	43.50	5.30
13.92	2.11	1148.00	44.00	5.30
13.94	2.16	1116.50	45.50	5.20
13.96	2.18	1101.50	47.50	5.30
13.98	2.27	1176.50	46.50	5.30
14.00	2.30	1259.00	48.00	5.30
14.02	2.31	1246.50	50.00	5.30
14.04	2.31	1242.00	50.00	5.30
14.06	2.43	1360.00	49.50	5.30
14.08	2.61	1543.00	48.50	5.30
14.10	2.76	1622.50	47.00	5.30
14.12	2.86	1446.50	49.00	5.30
14.14	2.68	1105.00	56.50	5.30
14.16	2.53	972.00	63.50	5.30
14.18	2.38	847.50	72.00	5.30
14.20	2.14	704.00	78.00	5.40
14.22	1.94	587.50	79.50	5.40
14.24	1.73	460.50	79.00	5.30
14.26	1.55	385.50	73.50	5.30
14.28	1.42	350.00	69.50	5.40
14.30	1.32	340.00	62.50	5.30
14.32	1.31	356.00	55.50	5.30
14.34	1.04	607.50	26.00	5.40
14.36	1.46	657.00	41.00	5.40
14.38	1.58	686.50	41.50	5.40
14.40	1.90	773.00	43.50	5.30
14.42	2.55	709.00	47.00	5.40
14.44	2.94	544.00	46.00	5.40
14.46	3.02	466.50	40.00	5.30
14.48	3.16	417.50	36.50	5.30
14.50	3.21	393.00	36.50	5.40
14.52	3.04	352.00	36.00	5.30
14.54	2.75	319.00	35.00	5.30
14.56	2.57	314.00	33.00	5.30
14.58	2.62	321.50	40.00	5.30
14.60	2.76	330.50	48.50	5.40
14.62	3.09	364.00	45.00	5.40
14.64	4.20	515.50	43.50	5.40
14.66	5.70	684.50	53.00	5.40
14.68	5.98	357.00	54.50	5.30
14.70	5.41	262.50	44.50	5.30
14.72	4.52	240.50	37.50	5.40
14.74	3.57	205.00	39.50	5.40
14.76	2.84	180.00	44.50	5.30
14.78	2.46	179.00	53.50	5.40
14.80	2.24	194.50	66.50	5.30
14.82	1.96	220.50	76.50	5.40
14.84	1.65	300.50	78.00	5.40
14.86	1.38	234.50	63.50	5.40
14.88	1.61	493.50	53.50	5.40
14.90	2.90	916.50	46.00	5.40
14.92	4.09	625.00	41.50	5.30
14.94	4.78	375.50	36.00	5.40
14.96	4.20	266.00	31.50	5.40
14.98	2.96	191.50	31.00	5.40
15.00	2.31	154.00	33.00	5.40

## CPTU1. txt

15.02	2.07	139.00	51.50	5.50
15.04	2.45	178.50	69.00	5.40
15.06	3.46	355.00	73.00	5.50
15.08	4.57	498.50	75.50	5.40
15.10	5.07	492.50	69.50	5.50
15.12	5.01	494.50	61.00	5.40
15.14	4.87	492.00	48.50	5.50
15.16	4.76	486.50	44.00	5.40
15.18	4.54	472.50	44.00	5.50
15.20	3.88	416.00	42.00	5.50
15.22	3.18	348.50	41.00	5.50
15.24	2.79	307.50	45.50	5.40
15.26	2.28	252.00	47.00	5.50
15.28	1.90	203.50	52.00	5.40
15.30	1.98	287.00	55.50	5.50
15.32	4.31	852.00	57.00	5.50
15.34	6.76	442.00	37.00	5.50
15.36	8.96	330.00	52.50	5.50
15.38	7.08	237.00	35.50	5.50
15.40	5.34	197.00	33.00	5.50
15.42	4.16	167.00	39.00	5.40
15.44	3.84	158.50	51.50	5.50
15.46	3.49	153.00	63.00	5.50
15.48	2.93	140.50	84.00	5.50
15.50	2.39	138.00	98.00	5.40
15.52	2.35	156.50	94.00	5.50
15.54	2.52	179.50	94.00	5.50
15.56	2.32	170.50	88.50	5.50
15.58	1.90	135.50	82.50	5.50
15.60	2.08	139.00	77.00	5.50
15.62	5.24	545.00	69.50	5.50
15.64	8.37	736.50	60.50	5.50
15.66	8.42	378.00	56.00	5.40
15.68	7.47	278.50	47.50	5.50
15.70	6.39	252.00	38.00	5.50
15.72	5.59	230.00	34.00	5.40
15.74	5.03	214.00	32.50	5.50
15.76	4.65	203.00	31.00	5.60
15.78	4.40	194.50	32.00	5.50
15.80	4.24	190.50	30.00	5.50
15.82	4.13	187.00	27.00	5.50
15.84	4.07	184.00	24.00	5.50
15.86	3.99	182.00	22.50	5.50
15.88	3.79	176.00	24.50	5.50
15.90	3.50	164.50	31.50	5.50
15.92	3.28	161.00	44.00	5.50
15.94	3.14	157.50	55.50	5.50
15.96	3.30	164.50	51.00	5.50
15.98	3.76	176.50	59.00	5.50
16.00	4.42	195.50	73.00	5.50
16.02	5.65	239.00	75.50	5.50
16.04	7.33	260.50	89.00	5.50
16.06	10.24	188.50	101.50	5.60
16.08	14.05	132.00	110.50	5.50
16.10	16.65	106.50	116.00	5.50
16.12	18.24	97.50	117.00	5.50
16.14	18.98	104.00	105.00	5.50
16.16	18.67	107.00	74.50	5.60
16.18	18.09	109.00	48.50	5.50
16.20	16.21	104.00	40.50	5.50
16.22	15.04	102.50	44.00	5.50
16.24	14.33	103.00	44.50	5.50
16.26	13.81	109.00	43.50	5.50
16.28	13.35	118.00	46.50	5.60
16.30	13.00	122.50	46.00	5.50
16.32	12.65	124.00	41.50	5.50
16.34	12.17	237.50	31.00	5.50
16.36	12.00	235.00	27.50	5.60

## CPTU1. txt

16.38	11.81	233.50	26.00	5.60
16.40	11.57	231.50	26.00	5.70
16.42	11.33	229.50	25.50	5.60
16.44	11.07	227.50	26.00	5.70
16.46	10.88	227.00	26.00	5.60
16.48	10.88	227.00	26.00	5.60
16.50	10.68	226.50	25.00	5.60
16.52	10.47	225.00	26.00	5.70
16.54	10.24	224.50	25.00	5.70
16.56	10.07	224.00	25.00	5.60
16.58	9.82	223.00	24.50	5.70
16.60	9.45	219.00	24.00	5.70
16.62	9.08	215.00	23.00	5.70
16.64	8.61	210.00	21.00	5.70
16.66	7.87	199.50	20.00	5.70
16.68	6.93	185.50	18.00	5.60
16.70	6.02	173.00	17.00	5.70
16.72	5.43	167.50	15.00	5.70
16.74	5.14	167.00	14.00	5.70
16.76	5.16	169.50	14.50	5.70
16.78	5.41	168.50	17.00	5.70
16.80	5.71	112.00	20.50	5.70
16.82	6.20	110.00	31.00	5.70
16.84	6.75	114.50	45.50	5.70
16.86	7.78	125.00	63.00	5.70
16.88	8.41	131.00	71.00	5.70
16.90	9.03	137.00	84.50	5.70
16.92	9.86	145.00	85.50	5.80
16.94	10.61	153.50	75.50	5.70
16.96	11.28	162.50	56.00	5.70
16.98	11.94	171.00	42.50	5.80
17.00	12.08	174.00	27.00	5.70
17.02	11.30	167.00	23.00	5.80
17.04	10.12	157.00	20.50	5.70
17.06	9.08	149.00	18.50	5.80
17.08	8.39	144.00	14.00	5.80
17.10	8.11	142.00	13.00	5.80
17.12	8.12	142.50	15.00	5.80
17.14	8.16	141.00	18.50	5.80
17.16	8.20	141.00	25.00	5.80
17.18	8.21	141.50	31.00	5.80
17.20	8.23	142.00	33.50	5.80
17.22	8.25	143.50	27.50	5.80
17.24	8.51	147.00	20.50	5.70
17.26	9.13	154.50	17.00	5.80
17.28	9.87	162.50	18.00	5.70
17.30	10.58	169.50	22.50	5.80
17.32	11.12	175.50	24.50	5.80
17.34	10.34	187.50	14.50	5.80
17.36	10.95	192.50	14.50	5.80
17.38	10.87	191.00	15.50	5.80
17.40	10.62	189.00	11.50	5.80
17.42	10.59	189.50	9.00	5.80
17.44	11.04	196.00	9.00	5.80
17.46	11.90	208.00	12.50	5.90
17.48	12.98	223.50	15.00	5.80
17.50	13.94	237.50	17.50	5.90
17.52	14.33	241.50	17.50	5.80
17.54	14.24	241.00	16.50	5.90
17.56	13.82	237.00	14.50	5.90
17.58	13.42	235.50	11.50	5.90
17.60	13.08	235.00	11.00	5.80
17.62	12.85	234.50	13.00	5.90
17.64	12.71	236.50	15.50	5.90
17.66	12.67	238.50	19.00	6.00
17.68	12.82	244.00	22.00	5.90
17.70	13.02	251.00	21.50	5.90
17.72	13.00	253.50	20.00	5.90

## CPTU1. txt

17.74	12.92	255.50	17.00	6.00
17.76	12.68	253.00	15.50	5.90
17.78	12.40	249.00	16.00	6.00
17.80	12.08	247.00	17.00	6.00
17.82	11.93	250.50	18.50	6.00
17.84	11.87	253.50	19.50	5.90
17.86	12.11	260.50	19.50	6.00
17.88	12.54	267.50	20.50	6.00
17.90	13.13	265.50	23.00	6.00
17.92	13.77	250.50	23.50	6.00
17.94	14.54	255.00	28.00	6.00
17.96	15.13	241.50	21.50	6.00
17.98	14.94	235.50	20.50	6.10
18.00	14.48	234.00	18.50	6.10
18.02	14.10	234.50	18.50	6.00
18.04	13.73	235.00	18.50	6.00
18.06	13.40	236.50	15.00	6.00
18.08	13.20	237.50	17.00	6.00
18.10	13.16	240.50	20.50	6.10
18.12	13.21	245.00	23.50	6.00
18.14	13.39	251.00	27.00	6.10
18.16	13.64	258.00	28.50	6.10
18.18	13.82	264.00	29.00	6.10
18.20	13.94	269.00	28.50	6.10
18.22	13.98	272.50	28.00	6.10
18.24	13.96	275.50	28.50	6.10
18.26	14.08	280.00	29.00	6.20
18.28	14.18	284.00	31.50	6.00
18.30	14.22	287.50	30.50	6.10
18.32	14.26	290.00	31.50	6.00
18.34	12.12	278.00	34.00	6.10
18.36	13.91	256.50	30.50	6.10
18.38	13.65	254.00	30.00	6.10
18.40	13.36	251.00	29.50	6.10
18.42	13.02	247.50	28.50	6.10
18.44	12.73	245.50	29.00	6.20
18.46	12.66	245.50	29.00	6.10
18.48	12.76	248.50	29.50	6.20
18.50	12.74	250.00	28.50	6.20
18.52	12.57	249.50	28.00	6.10
18.54	12.36	248.00	27.50	6.10
18.56	12.18	247.00	26.00	6.10
18.58	12.12	249.00	25.00	6.10
18.60	12.20	253.00	24.50	6.10
18.62	12.39	259.50	24.50	6.20
18.64	12.83	269.00	24.50	6.20
18.66	13.47	266.50	24.50	6.10
18.68	14.18	267.50	25.00	6.10
18.70	14.95	271.50	25.50	6.10
18.72	15.62	279.00	25.50	6.20
18.74	15.92	284.00	25.50	6.10
18.76	16.03	287.00	26.50	6.20
18.78	16.16	295.50	27.00	6.20
18.80	16.04	298.00	27.50	6.10
18.82	15.83	299.00	28.00	6.20
18.84	15.54	298.00	30.50	6.10
18.86	15.36	299.00	33.00	6.20
18.88	15.34	303.00	36.00	6.10
18.90	15.44	309.00	38.50	6.20
18.92	15.50	315.00	39.50	6.20
18.94	15.45	319.00	40.00	6.20
18.96	15.46	323.50	38.00	6.20
18.98	15.52	329.00	36.50	6.20
19.00	15.56	334.50	35.50	6.20
19.02	15.46	337.50	35.00	6.30
19.04	15.30	339.00	34.50	6.20
19.06	15.27	342.50	35.50	6.20
19.08	15.32	348.00	35.50	6.10

CPTU1. txt

19. 10	15. 49	355. 50	35. 50	6. 20
19. 12	15. 70	363. 50	36. 50	6. 20
19. 14	16. 42	346. 50	37. 50	6. 20
19. 16	16. 75	345. 50	36. 00	6. 20
19. 18	16. 71	340. 00	35. 00	6. 20
19. 20	16. 71	336. 50	35. 50	6. 30
19. 22	16. 86	335. 00	35. 50	6. 10
19. 24	16. 60	325. 00	36. 50	6. 20
19. 26	16. 04	315. 50	37. 50	6. 10
19. 28	15. 53	310. 00	38. 00	6. 20
19. 30	15. 09	306. 00	38. 00	6. 20
19. 32	14. 78	304. 50	38. 00	6. 20
19. 33	6. 70	247. 50	0. 00	6. 10





<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>2</b>
	riferimento	<b>030-2013</b>

Committente: <b>INGRA BROZZI SPA</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data eseg.: <b>08/02/2013</b>
Cantiere: <b>CONCORDIA ss Via Boccaletta 4</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>CONCORDIA ss Via Boccaletta 4</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,50 m</b>

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	53,00	0		15,20	130,0	150,0		12,7	133,00	98	1,0
0,40	16,0	24,0		1,6	67,00	24	4,2	15,40	40,0	60,0		3,9	100,00	40	2,5
0,60	15,0	25,0		1,5	80,00	19	5,3	15,60	150,0	165,0		14,7	133,00	113	0,9
0,80	14,0	26,0		1,4	53,00	26	3,8	15,80	140,0	160,0		13,7	100,00	140	0,7
1,00	17,0	25,0		1,7	60,00	28	3,5	16,00	105,0	120,0		10,3	100,00	105	1,0
1,20	18,0	27,0		1,8	87,00	21	4,8	16,20	130,0	145,0		12,7	133,00	98	1,0
1,40	19,0	32,0		1,9	93,00	20	4,9	16,40	140,0	160,0		13,7	100,00	140	0,7
1,60	19,0	33,0		1,9	73,00	26	3,8	16,60	130,0	145,0		12,7	133,00	98	1,0
1,80	19,0	30,0		1,9	107,00	18	5,6	16,80	130,0	150,0		12,7	100,00	130	0,8
2,00	18,0	34,0		1,8	73,00	25	4,1	17,00	120,0	135,0		11,8			
2,20	23,0	34,0		2,3	107,00	21	4,7								
2,40	19,0	35,0		1,9	133,00	14	7,0								
2,60	22,0	42,0		2,2	140,00	16	6,4								
2,80	19,0	40,0		1,9	127,00	15	6,7								
3,00	20,0	39,0		2,0	113,00	18	5,7								
3,20	21,0	38,0		2,1	120,00	18	5,7								
3,40	17,0	35,0		1,7	100,00	17	5,9								
3,60	17,0	32,0		1,7	80,00	21	4,7								
3,80	18,0	30,0		1,8	87,00	21	4,8								
4,00	17,0	30,0		1,7	73,00	23	4,3								
4,20	17,0	28,0		1,7	67,00	25	3,9								
4,40	14,0	24,0		1,4	60,00	23	4,3								
4,60	14,0	23,0		1,4	53,00	26	3,8								
4,80	10,0	18,0		1,0	33,00	30	3,3								
5,00	9,0	14,0		0,9	47,00	19	5,2								
5,20	10,0	17,0		1,0	47,00	21	4,7								
5,40	11,0	18,0		1,1	53,00	21	4,8								
5,60	9,0	17,0		0,9	33,00	27	3,7								
5,80	8,0	13,0		0,8	33,00	24	4,1								
6,00	11,0	16,0		1,1	60,00	18	5,5								
6,20	19,0	28,0		1,9	33,00	58	1,7								
6,40	19,0	24,0		1,9	40,00	48	2,1								
6,60	10,0	16,0		1,0	40,00	25	4,0								
6,80	11,0	17,0		1,1	47,00	23	4,3								
7,00	11,0	18,0		1,1	47,00	23	4,3								
7,20	12,0	19,0		1,2	60,00	20	5,0								
7,40	14,0	23,0		1,4	73,00	19	5,2								
7,60	19,0	30,0		1,9	107,00	18	5,6								
7,80	18,0	34,0		1,8	87,00	21	4,8								
8,00	19,0	32,0		1,9	93,00	20	4,9								
8,20	14,0	28,0		1,4	73,00	19	5,2								
8,40	9,0	20,0		0,9	53,00	17	5,9								
8,60	16,0	24,0		1,6	80,00	20	5,0								
8,80	20,0	32,0		2,0	127,00	16	6,4								
9,00	19,0	38,0		1,9	120,00	16	6,3								
9,20	19,0	37,0		1,9	113,00	17	5,9								
9,40	23,0	40,0		2,3	107,00	21	4,7								
9,60	22,0	38,0		2,2	133,00	17	6,0								
9,80	20,0	40,0		2,0	113,00	18	5,7								
10,00	18,0	35,0		1,8	87,00	21	4,8								
10,20	17,0	30,0		1,7	93,00	18	5,5								
10,40	14,0	28,0		1,4	73,00	19	5,2								
10,60	15,0	26,0		1,5	67,00	22	4,5								
10,80	14,0	24,0		1,4	67,00	21	4,8								
11,00	15,0	25,0		1,5	93,00	16	6,2								
11,20	22,0	36,0		2,2	100,00	22	4,5								
11,40	23,0	38,0		2,3	133,00	17	5,8								
11,60	28,0	48,0		2,7	140,00	20	5,0								
11,80	25,0	46,0		2,5	133,00	19	5,3								
12,00	20,0	40,0		2,0	113,00	18	5,7								
12,20	18,0	35,0		1,8	93,00	19	5,2								
12,40	17,0	31,0		1,7	67,00	25	3,9								
12,60	18,0	28,0		1,8	80,00	23	4,4								
12,80	22,0	34,0		2,2	113,00	19	5,1								
13,00	30,0	47,0		2,9	133,00	23	4,4								
13,20	30,0	50,0		2,9	173,00	17	5,8								
13,40	22,0	48,0		2,2	140,00	16	6,4								
13,60	27,0	48,0		2,6	127,00	21	4,7								
13,80	23,0	42,0		2,3	127,00	18	5,5								
14,00	29,0	48,0		2,8	113,00	26	3,9								
14,20	20,0	37,0		2,0	87,00	23	4,4								
14,40	30,0	43,0		2,9	180,00	17	6,0								
14,60	25,0	52,0		2,5	100,00	25	4,0								
14,80	115,0	130,0		11,3	100,00	115	0,9								
15,00	85,0	100,0		8,3	133,00	64	1,6								

H = profondità  
 L1 = prima lettura (punta)  
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
 Lt = terza lettura (totale)  
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
 fs = resistenza laterale calcolata  
 0.20 m sopra quota qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota:

FON025

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>3</b>
	riferimento	<b>030-2013</b>

Committente: <b>INGRA BROZZI SPA</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data eseg.: <b>08/02/2013</b>
Cantiere: <b>CONCORDIA ss Via Boccaletta 4</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>CONCORDIA ss Via Boccaletta 4</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,50 m 2.50</b>

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	133,00	0		15,20	150,0	170,0		14,7	100,00	150	0,7
0,40	20,0	40,0		2,0	80,00	25	4,0	15,40	100,0	115,0		9,8	100,00	100	1,0
0,60	18,0	30,0		1,8	73,00	25	4,1	15,60	85,0	100,0		8,3	133,00	64	1,6
0,80	17,0	28,0		1,7	87,00	20	5,1	15,80	120,0	140,0		11,8	133,00	90	1,1
<b>1,00</b>	20,0	33,0		2,0	100,00	20	5,0	<b>16,00</b>	130,0	150,0		12,7	133,00	98	1,0
1,20	25,0	40,0		2,5	107,00	23	4,3	16,20	140,0	160,0		13,7	100,00	140	0,7
1,40	19,0	35,0		1,9	120,00	16	6,3	16,40	150,0	165,0		14,7	100,00	150	0,7
1,60	19,0	37,0		1,9	100,00	19	5,3	16,60	140,0	155,0		13,7	133,00	105	1,0
1,80	24,0	39,0		2,4	113,00	21	4,7	16,80	120,0	140,0		11,8	133,00	90	1,1
<b>2,00</b>	24,0	41,0		2,4	127,00	19	5,3	<b>17,00</b>	150,0	170,0		14,7			
2,20	22,0	41,0		2,2	100,00	22	4,5								
2,40	25,0	40,0		2,5	100,00	25	4,0								
2,60	21,0	36,0		2,1	100,00	21	4,8								
2,80	20,0	35,0		2,0	93,00	22	4,7								
<b>3,00</b>	18,0	32,0		1,8	87,00	21	4,8								
3,20	15,0	28,0		1,5	100,00	15	6,7								
3,40	15,0	30,0		1,5	80,00	19	5,3								
3,60	13,0	25,0		1,3	73,00	18	5,6								
3,80	10,0	21,0		1,0	60,00	17	6,0								
<b>4,00</b>	8,0	17,0		0,8	33,00	24	4,1								
4,20	9,0	14,0		0,9	33,00	27	3,7								
4,40	11,0	16,0		1,1	40,00	28	3,6								
4,60	14,0	20,0		1,4	47,00	30	3,4								
4,80	11,0	18,0		1,1	53,00	21	4,8								
<b>5,00</b>	10,0	18,0		1,0	40,00	25	4,0								
5,20	19,0	25,0		1,9	53,00	36	2,8								
5,40	26,0	34,0		2,5	27,00	96	1,0								
5,60	18,0	22,0		1,8	40,00	45	2,2								
5,80	16,0	22,0		1,6	53,00	30	3,3								
<b>6,00</b>	17,0	25,0		1,7	53,00	32	3,1								
6,20	8,0	16,0		0,8	27,00	30	3,4								
6,40	6,0	10,0		0,6	20,00	30	3,3								
6,60	6,0	9,0		0,6	47,00	13	7,8								
6,80	8,0	15,0		0,8	40,00	20	5,0								
<b>7,00</b>	11,0	17,0		1,1	60,00	18	5,5								
7,20	11,0	20,0		1,1	73,00	15	6,6								
7,40	17,0	28,0		1,7	80,00	21	4,7								
7,60	18,0	30,0		1,8	107,00	17	5,9								
7,80	14,0	30,0		1,4	60,00	23	4,3								
<b>8,00</b>	17,0	26,0		1,7	93,00	18	5,5								
8,20	15,0	29,0		1,5	93,00	16	6,2								
8,40	14,0	28,0		1,4	87,00	16	6,2								
8,60	15,0	28,0		1,5	87,00	17	5,8								
8,80	19,0	32,0		1,9	113,00	17	5,9								
<b>9,00</b>	19,0	36,0		1,9	93,00	20	4,9								
9,20	19,0	33,0		1,9	113,00	17	5,9								
9,40	17,0	34,0		1,7	113,00	15	6,6								
9,60	19,0	36,0		1,9	127,00	15	6,7								
9,80	19,0	38,0		1,9	113,00	17	5,9								
<b>10,00</b>	17,0	34,0		1,7	107,00	16	6,3								
10,20	16,0	32,0		1,6	87,00	18	5,4								
10,40	13,0	26,0		1,3	80,00	16	6,2								
10,60	16,0	28,0		1,6	73,00	22	4,6								
10,80	19,0	30,0		1,9	80,00	24	4,2								
<b>11,00</b>	14,0	26,0		1,4	107,00	13	7,6								
11,20	18,0	34,0		1,8	93,00	19	5,2								
11,40	21,0	35,0		2,1	127,00	17	6,0								
11,60	20,0	39,0		2,0	140,00	14	7,0								
11,80	20,0	41,0		2,0	113,00	18	5,7								
<b>12,00</b>	20,0	37,0		2,0	120,00	17	6,0								
12,20	18,0	36,0		1,8	107,00	17	5,9								
12,40	19,0	35,0		1,9	113,00	17	5,9								
12,60	23,0	40,0		2,3	113,00	20	4,9								
12,80	30,0	47,0		2,9	187,00	16	6,2								
<b>13,00</b>	24,0	52,0		2,4	187,00	13	7,8								
13,20	25,0	53,0		2,5	153,00	16	6,1								
13,40	24,0	47,0		2,4	147,00	16	6,1								
13,60	22,0	44,0		2,2	100,00	22	4,5								
13,80	25,0	40,0		2,5	127,00	20	5,1								
<b>14,00</b>	23,0	42,0		2,3	107,00	21	4,7								
14,20	19,0	35,0		1,9	67,00	28	3,5								
14,40	30,0	40,0		2,9	100,00	30	3,3								
14,60	29,0	44,0		2,8	87,00	33	3,0								
14,80	30,0	43,0		2,9	40,00	75	1,3								
<b>15,00</b>	39,0	45,0		3,8	133,00	29	3,4								

H = profondità  
 L1 = prima lettura (punta)  
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
 Lt = terza lettura (totale)  
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
 fs = resistenza laterale calcolata  
 0.20 m sopra quota qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota:

FON025

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>4</b>
	riferimento	<b>030-2013</b>

Committente: <b>INGRA BROZZI SPA</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data exec.: <b>08/02/2013</b>
Cantiere: <b>CONCORDIA ss Via Boccaletta 4</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>CONCORDIA ss Via Boccaletta 4</b>	Elaborato:	Falda: <b>-2,50 m 2.50</b>

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	87,00	0		15,20	120,0	140,0		11,8	133,00	90	1,1
0,40	15,0	28,0		1,5	87,00	17	5,8	15,40	140,0	160,0		13,7	133,00	105	1,0
0,60	16,0	29,0		1,6	87,00	18	5,4	15,60	110,0	130,0		10,8	133,00	83	1,2
0,80	17,0	30,0		1,7	93,00	18	5,5	15,80	120,0	140,0		11,8	133,00	90	1,1
<b>1,00</b>	18,0	32,0		1,8	73,00	25	4,1	<b>16,00</b>	140,0	160,0		13,7			
1,20	17,0	28,0		1,7	120,00	14	7,1								
1,40	20,0	38,0		2,0	120,00	17	6,0								
1,60	22,0	40,0		2,2	133,00	17	6,0								
1,80	26,0	46,0		2,5	153,00	17	5,9								
<b>2,00</b>	22,0	45,0		2,2	167,00	13	7,6								
2,20	19,0	44,0		1,9	153,00	12	8,1								
2,40	20,0	43,0		2,0	120,00	17	6,0								
2,60	17,0	35,0		1,7	127,00	13	7,5								
2,80	19,0	38,0		1,9	120,00	16	6,3								
<b>3,00</b>	18,0	36,0		1,8	113,00	16	6,3								
3,20	18,0	35,0		1,8	113,00	16	6,3								
3,40	19,0	36,0		1,9	93,00	20	4,9								
3,60	18,0	32,0		1,8	107,00	17	5,9								
3,80	18,0	34,0		1,8	80,00	23	4,4								
<b>4,00</b>	18,0	30,0		1,8	67,00	27	3,7								
4,20	16,0	26,0		1,6	80,00	20	5,0								
4,40	13,0	25,0		1,3	67,00	19	5,2								
4,60	11,0	21,0		1,1	60,00	18	5,5								
4,80	9,0	18,0		0,9	53,00	17	5,9								
<b>5,00</b>	12,0	20,0		1,2	27,00	44	2,3								
5,20	16,0	20,0		1,6	60,00	27	3,8								
5,40	10,0	19,0		1,0	60,00	17	6,0								
5,60	11,0	20,0		1,1	60,00	18	5,5								
5,80	10,0	19,0		1,0	60,00	17	6,0								
<b>6,00</b>	10,0	19,0		1,0	53,00	19	5,3								
6,20	13,0	21,0		1,3	67,00	19	5,2								
6,40	10,0	20,0		1,0	47,00	21	4,7								
6,60	7,0	14,0		0,7	53,00	13	7,6								
6,80	12,0	20,0		1,2	60,00	20	5,0								
<b>7,00</b>	12,0	21,0		1,2	60,00	20	5,0								
7,20	11,0	20,0		1,1	60,00	18	5,5								
7,40	15,0	24,0		1,5	60,00	25	4,0								
7,60	16,0	25,0		1,6	80,00	20	5,0								
7,80	14,0	26,0		1,4	53,00	26	3,8								
<b>8,00</b>	7,0	15,0		0,7	40,00	18	5,7								
8,20	7,0	13,0		0,7	40,00	18	5,7								
8,40	8,0	14,0		0,8	40,00	20	5,0								
8,60	10,0	16,0		1,0	53,00	19	5,3								
8,80	11,0	19,0		1,1	67,00	16	6,1								
<b>9,00</b>	14,0	24,0		1,4	87,00	16	6,2								
9,20	17,0	30,0		1,7	107,00	16	6,3								
9,40	19,0	35,0		1,9	93,00	20	4,9								
9,60	16,0	30,0		1,6	80,00	20	5,0								
9,80	13,0	25,0		1,3	87,00	15	6,7								
<b>10,00</b>	11,0	24,0		1,1	73,00	15	6,6								
10,20	14,0	25,0		1,4	87,00	16	6,2								
10,40	11,0	24,0		1,1	67,00	16	6,1								
10,60	11,0	21,0		1,1	67,00	16	6,1								
10,80	11,0	21,0		1,1	73,00	15	6,6								
<b>11,00</b>	12,0	23,0		1,2	67,00	18	5,6								
11,20	15,0	25,0		1,5	67,00	22	4,5								
11,40	17,0	27,0		1,7	120,00	14	7,1								
11,60	22,0	40,0		2,2	107,00	21	4,9								
11,80	24,0	40,0		2,4	153,00	16	6,4								
<b>12,00</b>	23,0	46,0		2,3	133,00	17	5,8								
12,20	24,0	44,0		2,4	140,00	17	5,8								
12,40	24,0	45,0		2,4	147,00	16	6,1								
12,60	24,0	46,0		2,4	160,00	15	6,7								
12,80	30,0	54,0		2,9	167,00	18	5,6								
<b>13,00</b>	33,0	58,0		3,2	187,00	18	5,7								
13,20	30,0	58,0		2,9	140,00	21	4,7								
13,40	33,0	54,0		3,2	140,00	24	4,2								
13,60	33,0	54,0		3,2	133,00	25	4,0								
13,80	26,0	46,0		2,5	100,00	26	3,8								
<b>14,00</b>	25,0	40,0		2,5	93,00	27	3,7								
14,20	22,0	36,0		2,2	100,00	22	4,5								
14,40	19,0	34,0		1,9	87,00	22	4,6								
14,60	32,0	45,0		3,1	67,00	48	2,1								
14,80	80,0	90,0		7,8	100,00	80	1,3								
<b>15,00</b>	100,0	115,0		9,8	133,00	75	1,3								

H = profondità  
 L1 = prima lettura (punta)  
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
 Lt = terza lettura (totale)  
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
 fs = resistenza laterale calcolata  
 0.20 m sopra quota qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota:

FON025