

AREA DI URBANIZZAZIONE ASP2(7)

Elaborato:

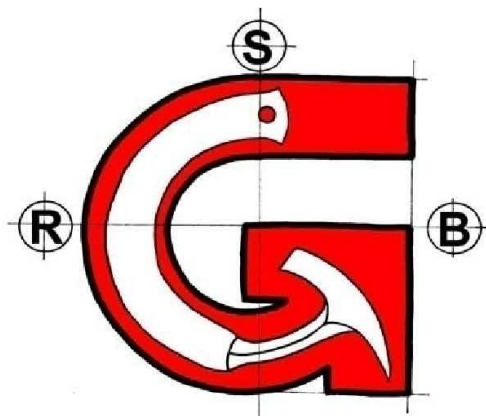
**RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA
IDROGEOLOGICA E SIMICA (di III Livello)
COME DA CONTENUTI DELL'ATTO DI INDIRIZZO 112: 02/05/2007**

Località:

SANTA MARIA CODIFIUME, COMUNE DI ARGENTA (FE)

Committente:

**ZANETTI IMMBILIARE s.r.l.
NARDI EUROSCAVI s.a.s
Sig. ALFIO MONARI**



Studio Geologico
BRUNALDI RAFFAELE

**Via A. Da Brescia 11
44011 Argenta (FE)
Tel. e Fax: 0532852858
Cell.: 3355373693 E-mail: rabrugeo@libero.it
www.bondabru.com**

1. PREMESSA

La presente relazione, svolta su incarico e per conto della Committenza, le seguenti ditte:

ZANETTI IMMBILIARE s.r.l. Via Dell'Artigianato n.5 44048 S.Maria Codifiume (FE) C.F. e P. IVA 01771340385	NARDI EUROSCAVI s.a.s. Via Dell'Artigianato n.10 44048 S.Maria Codifiume (FE) C.F. e P. IVA 01772970388	ALFIO MONARI Via Dell'Artigianato n.4 44048 S.Maria Codifiume (FE) C.F. MNR LFA 41T26 A393X P. IVA 00391170388
---	---	---

si configura come studio di caratterizzazione geologica e sismica dell'area in esame.

Nella presente documentazione si ritroveranno i contenuti richiesti dall'apposita Normativa Regionale che sottende i contenuti della caratterizzazione sismica per i piani di lottizzazione/piani urbanistici (Delibera dell'Assemblea Legislativa N.° 112 del 02/05/2007: Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico: "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia- Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica").

2. UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME

L'area è individuata dal P.S.C. di Argenta come ASP2(7).

L'area è sita nella frazione di Santa Maria Codifiume, alla fine di Via dell'Artigianato, verso il campo santo della frazione. L'area si sviluppa ad elevazioni di 8,00 m circa s.l.m.m. A Sud- Est dell'area in esame si è sviluppata negli anni l'area artigianale/industriale di Codifiume.

L'area in esame è attualmente occupata da terreni agricoli tenuti a seminativo semplice per la parte Nord- Ovest, mentre nella parte Sud- Est si rileva la presenza di materiali vari di riporto che hanno rialzato tale parte per più di 50 cm circa.

Di seguito si riporta apposito stralcio cartografico (del Foglio C.T.R. 203 122, alla Scala 1: 5 000) ed immagini tratte da Google Earth ®.

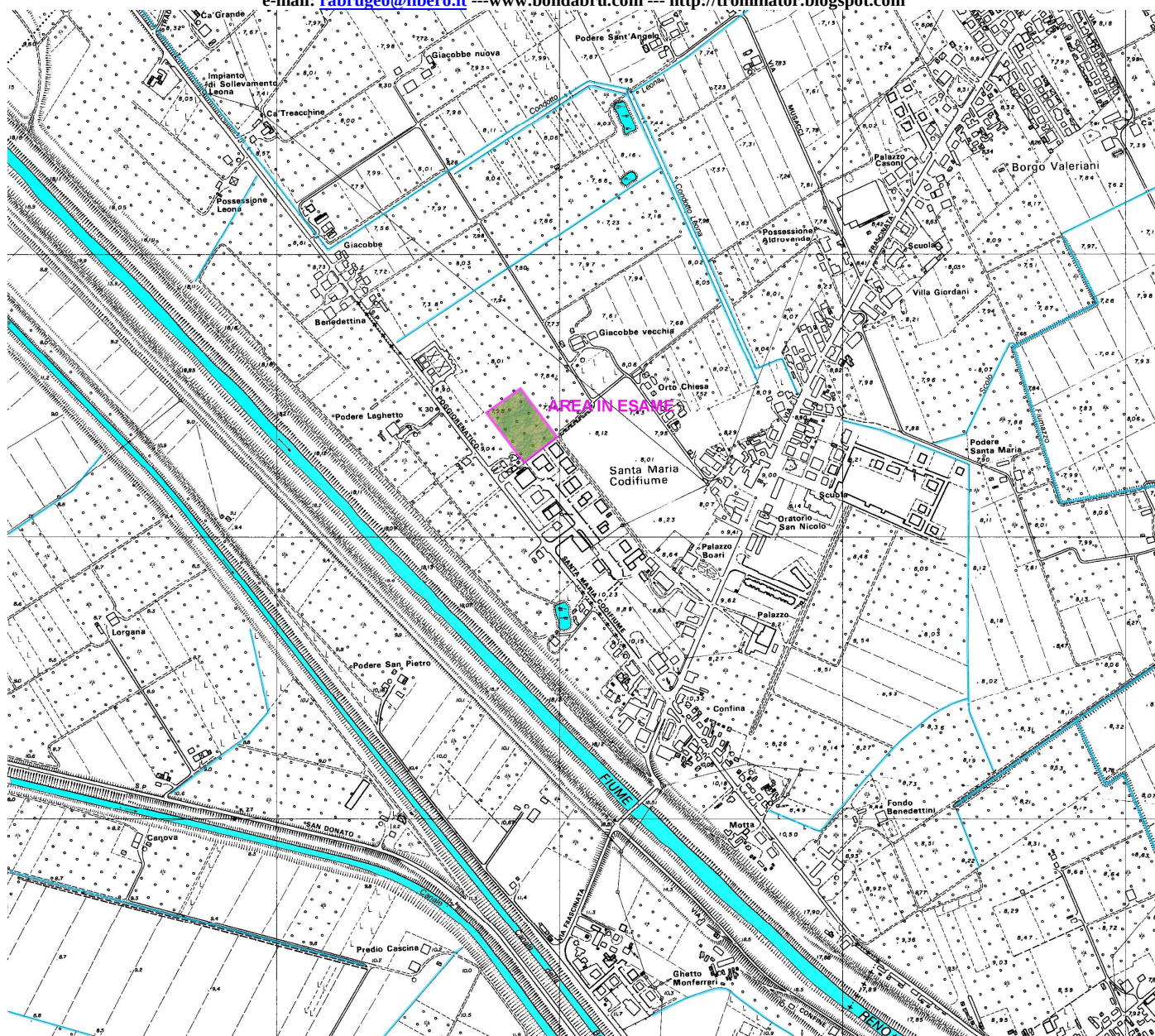


Fig. 1: Ubicazione dell'area in esame su stralcio della C.T.R. Foglio 203 122 alla scala 1: 5 000; si è riportato il reticolo idraulico locale di cui si dirà in altra parte della presente relazione. Scala libera.

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi
Via A. Da Brescia 11, 44011 Argenta (FE)
Tel. e Fax: 0532852858, cell.:3355373693

e-mail: rbruggeo@libero.it --- www.bondabru.com --- <http://trominator.blogspot.com>





Figg. 2: Ubicazione dell'area in esame su orto- foto aeree tratte da Google Earth ®; si riportano in numerosi punti di indagine penetrometrica ed altri numerosi punti di indagine eseguiti dallo scrivente attorno all'area in esame. Sono riportate immagini a Scala varia e libera.

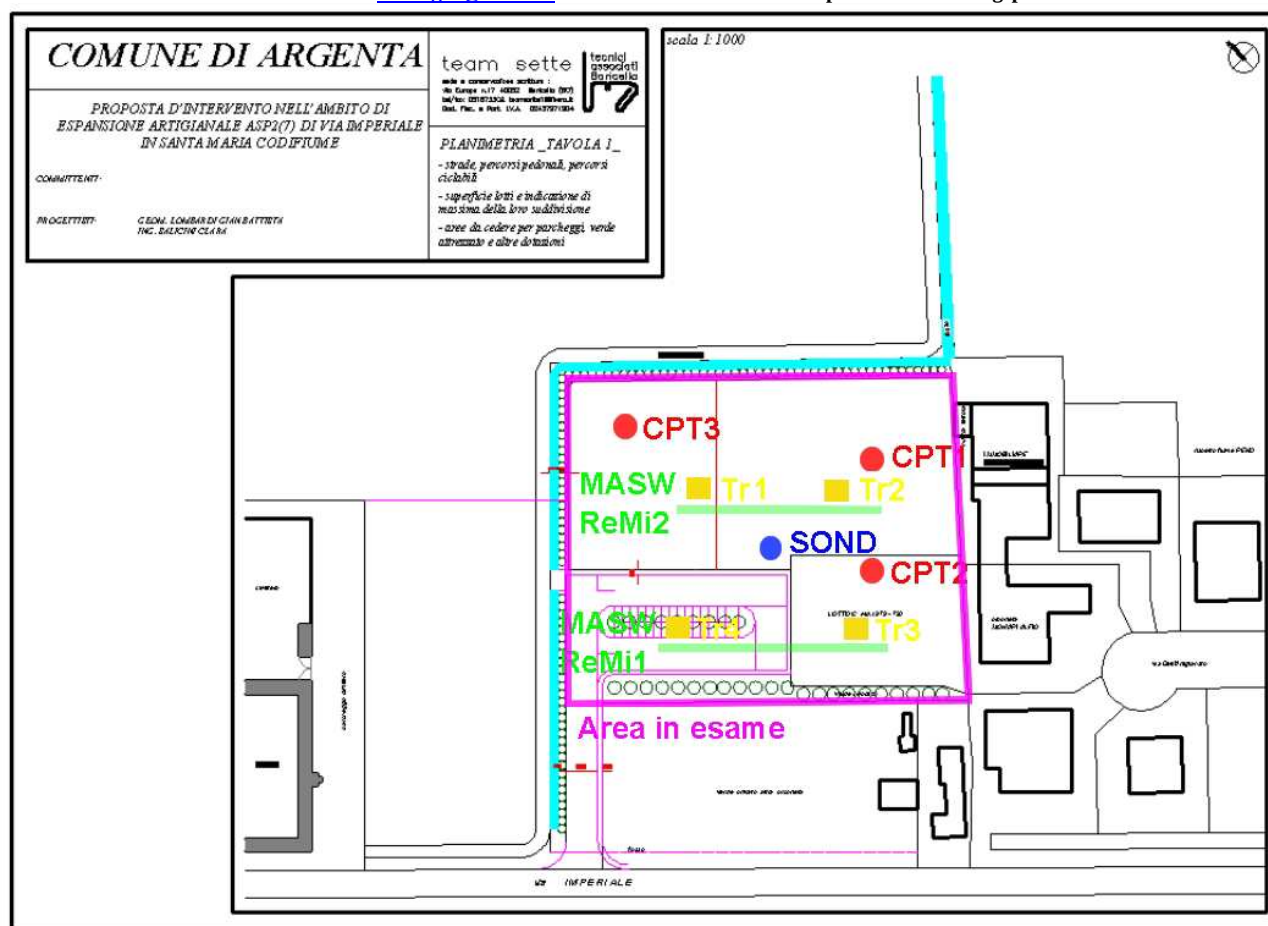


Fig. 3: Schema di destinazione urbanistica di massima (BOZZA) come trasmessa allo scrivente dai Progettisti (riportati in calce). Scala libera su planimetria alla base 1: 1 000, si riportano i vari punti di indagine.

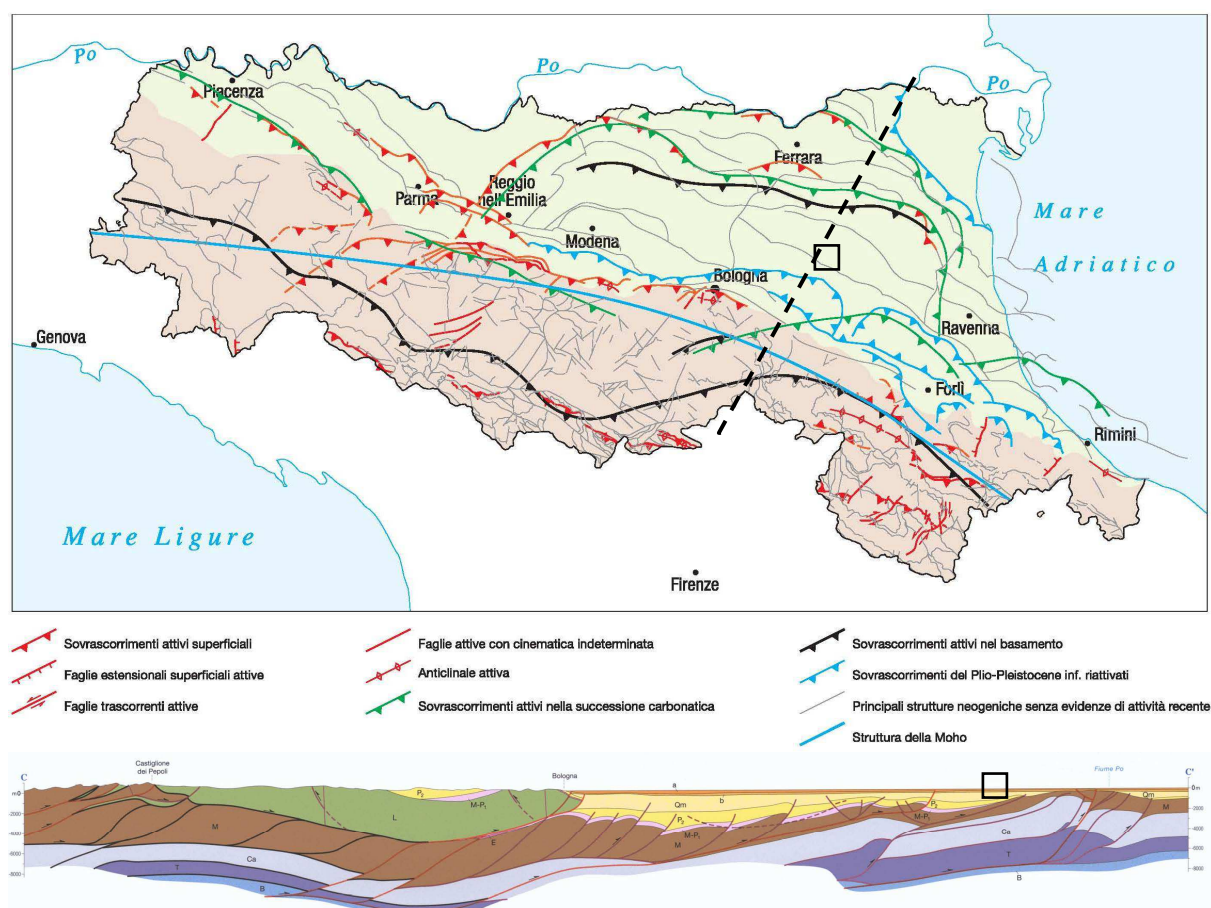
2.1. Indagini appositamente eseguite

Sull'area in esame si sono eseguite le seguenti indagini:

- 3 indagini penetrometriche statiche C.P.T. che, hanno potuto raggiungere profondità pari a 16 metri circa dal p.c.;
- un sondaggio stratigrafico a rotazione continua condotto sino alla profondità di 6,00 m dal p.c. In tale sondaggio si sono raccolti due campioni di terreno sui quali si sono condotte apposite analisi di laboratorio geotecnico (debitamente dotato di apposita Concessione Ministeriale per le prove sulle terre), delle quali si dirà all'apposito punto della presente relazione.
- quattro indagini tromografiche H/V che hanno potuto raggiungere profondità ben maggiori di 30 m dal p.c. e 2 indagini del tipo Re.Mi.+M.A.S.W.;
- Ci si è poi riferiti a dati di bibliografia pubblica e/o in possesso dello scrivente (e riconducibili ad altri incarichi svolti nei pressi dell'area in esame) circa le tematiche geologiche, ideologiche ed idrogeologiche locali.

3. GEOLOGIA DELL'AREA IN ESAME

L'assetto geologico complessivo dell'area in esame è legato all'evoluzione del grande bacino subsidente padano, di riempimento detritico ed all'evoluzione tettonica compressiva e convergente fra il dominio Sud- alpino ed il dominio appenninico. Normalmente si è in presenza di un notevole "pacco" di deposizioni alluvionali sciolte e/o fini, d'età Pleistocenica (dal Pleistocene Medio- Olocene: 0,45 Milioni di anni-presente, al Pliocene Medio- Superiore: 4,1- 1,8 Milioni di anni) che sovrastano le strutture appenniniche sepolte, d'età Miocenica (2,4- 5,4 Milioni di Anni fa). Vi è poi la presenza di un complesso sistema di pieghe compressive e faglie, orientate da NNO a SSE, ovvero da ONO a ESE o ancora Nord-Sud. Per la porzione di territorio in esame la situazione può essere descritta in maniera molto semplificata con l'avvicinamento al piano di campagna delle strutture sepolte, come riportato alle seguenti figure. Ricadute sismiche dei movimenti delle strutture sepolte sono registrabili nella storia sismica dell'area padana e dell'area in esame, e se ne darà rapido conto all'apposito capitolo (al quale si rimanda).



Figg. 4: Schema geologico profondo esemplificativo della Pianura Padana e Sezione geologica, con l'andamento delle pieghe e delle faglie del substrato e traccia della medesima sezione. Col quadratino nero si riporta l'area in esame.

3.1 Assetto geologico e geomorfologico dell'area in esame:

Dalla Carta geologica di pianura dell'Emilia -Romagna (a cura della Regione Emilia- Romagna, Direzione Generale "Sistemi Informativi e Telematica", Servizio Sistemi Informativi Geografici, Ufficio Geologico) si evince come i depositi alluvionali presenti nell'area in esame siano sostanzialmente costituiti da limi e/o sabbie finissime limose ascrivibili all'ambiente deposizionale della "Piana Alluvionale" e nella fattispecie a "Depositi di Canale e Argine Prossimale e/o Rotta Fluviale". Come si vedrà nel prosieguo della presente relazione tale descrizione è certamente applicabile all'area in esame ma occorrerà riportare alcune considerazioni di maggior dettaglio. Infatti nella stratigrafia caratterizzante l'area in esame si riscontrerà anche la presenza di litotipi argillosi di deposizioni valliva, ovvero ascrivibili a quelle valli sulle quali divagava il corpo idrico. Corpo idrico che deve essere individuato nel paleo corso del Torrente Idice. Che sino al XVI- XVIII Sec. trovava la propria terminazione nelle valli presenti a Nord di Molinella, fra Marmorta ed Argenta, ovvero a Sud del Po di Primaro. La toponomastica locale (Codifiume) è ad ulteriore conferma dell'assetto idraulico antico. Con ancora maggior precisione si può dire che per l'area in esame si riscontra l'interdigitazione/coalescenza di litotipi granulari di deposizione paleo- fluviale e di litotipi coesivi di deposizione paleo- palustre. L'affioramento dell'unità LA (Limoso- Argillosa) nei pressi dell'area in esame è riportato alle apposite figure.

La formazione localmente affiorante è l'Unità di Modena, Sub- Sintema di Ravenna, del Sintema Emiliano- Romagnolo Superiore ed è di seguito descritta come riportato all'apposito sito regionale. La tessitura localmente rilevabile è Limoso- Sabbiosa (LS).

Comune di ARGENTA (FE), sezione CTR: 203120

	data di ultima modifica	Poligono non aggiornato rispetto al rilievo originale
Ambienti deposiz. e litologie (10K) Limo Sabbioso - Piana alluvionale	ID IFFI	-
	livello IFFI	-
Coperture quaternarie (10K) AES8a - Unità di Modena	link allegati IFFI	-
	sigla	AES8a
	legenda	AES8a - Unità di Modena
	nome	Unità di Modena
	ordine terrazzo	-
	tessitura	Limo Sabbioso
	sigla tessitura	LS
	ambiente	Piana alluvionale
	deposito	Deposito di canale, argine e rotta fluviale
	legenda tessitura	Limo Sabbioso - Piana alluvionale
	ubicazione	Pianura
	area (mq.)	724653597.860596

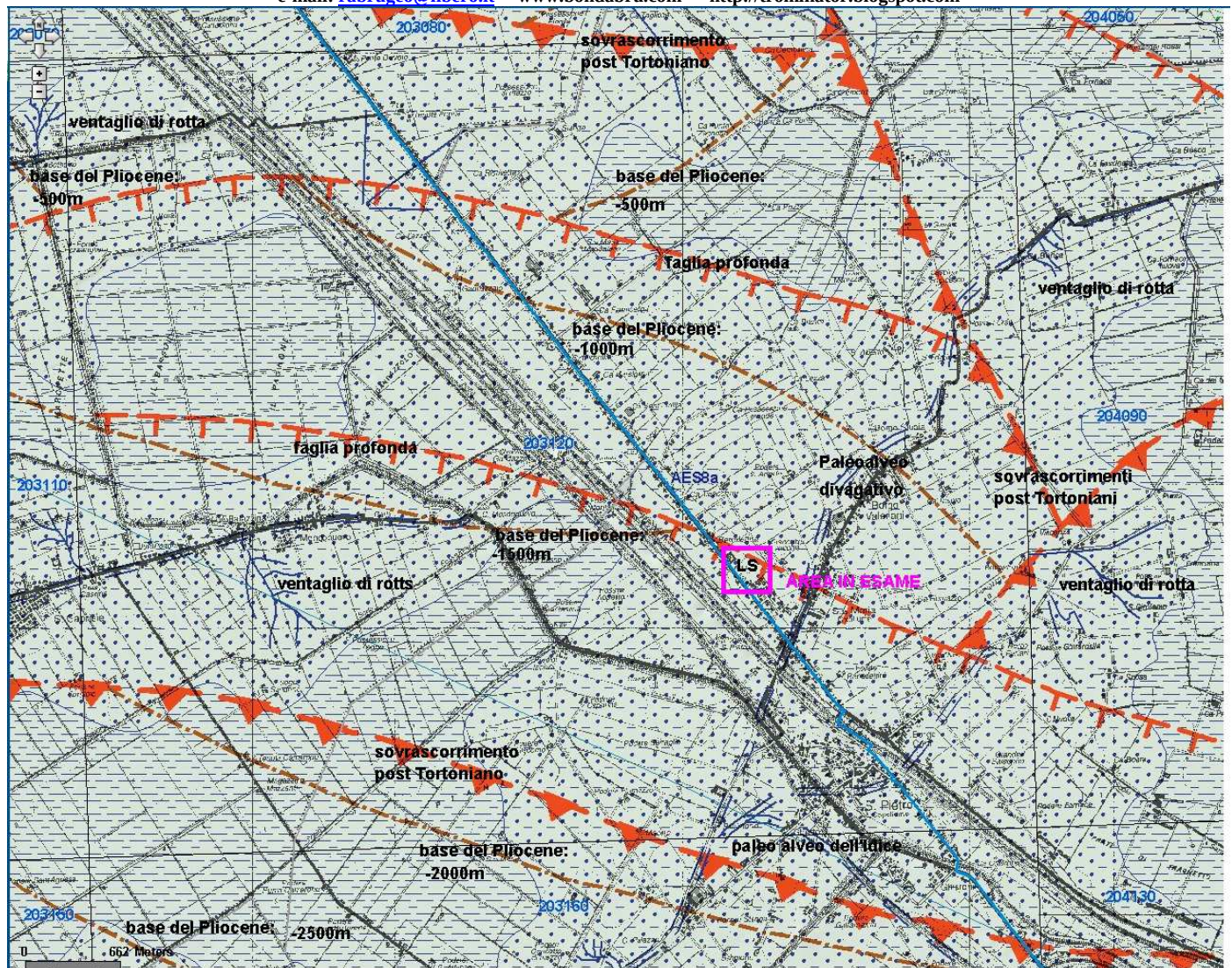
Fig. 5: descrizione della formazione localmente affiorante.

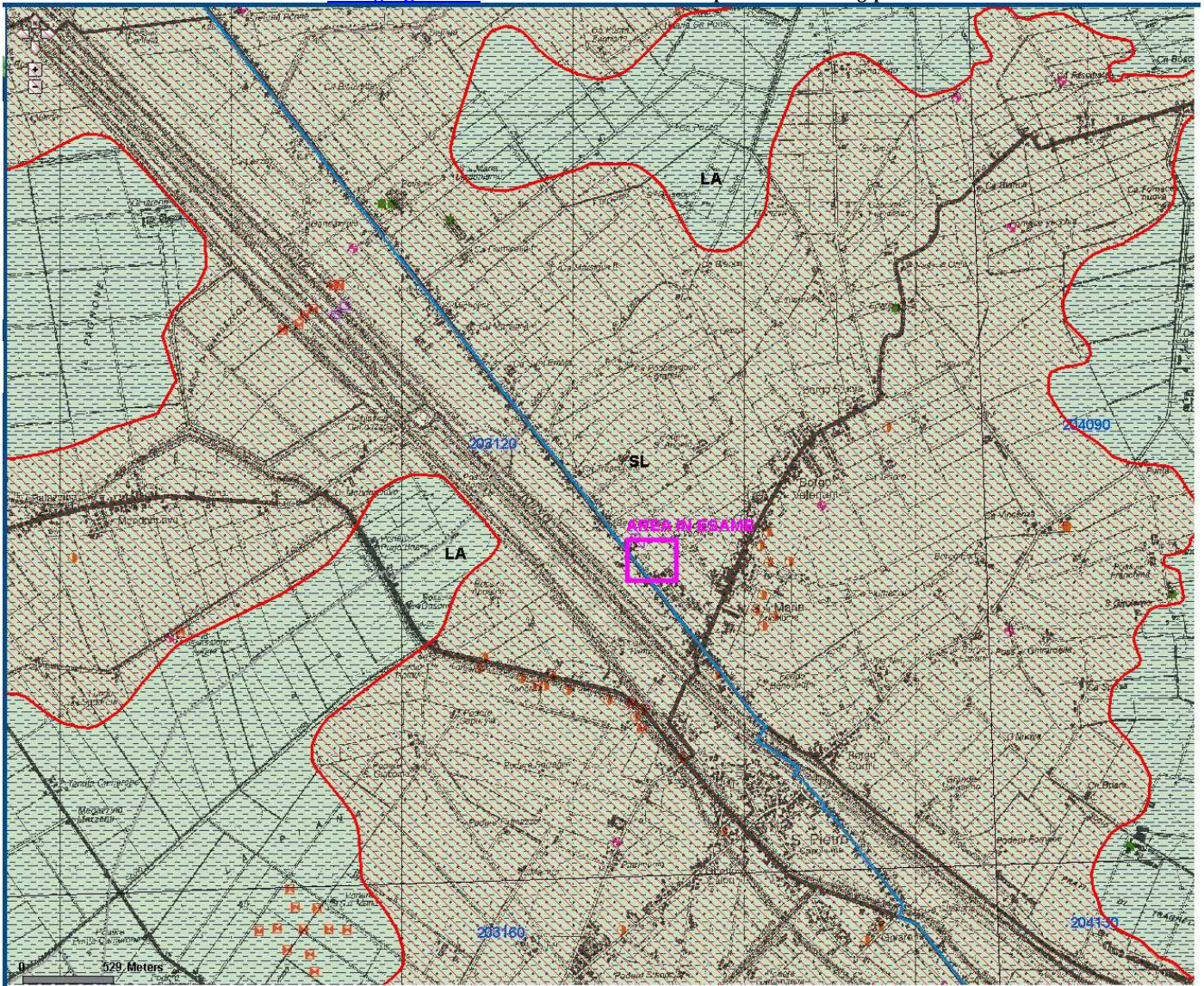
Di seguito si riportano le apposite cartografie geologiche tratte dall'apposito sito regionale.

e-mail: rabrugeo@libero.it --- www.bondabru.com --- <http://trominator.blogspot.com>



10





Figg. 7: stralcio a scala libera della Cartografia Geologica Regionale di riferimento alla scala 1: 25 000. Nella prima immagine si sono evidenziati gli elementi strutturali profondi e le tracce di divagazione fluviale; nella seconda immagine si è evidenziata l'area di affioramento della "Formazione" AES8a SL.

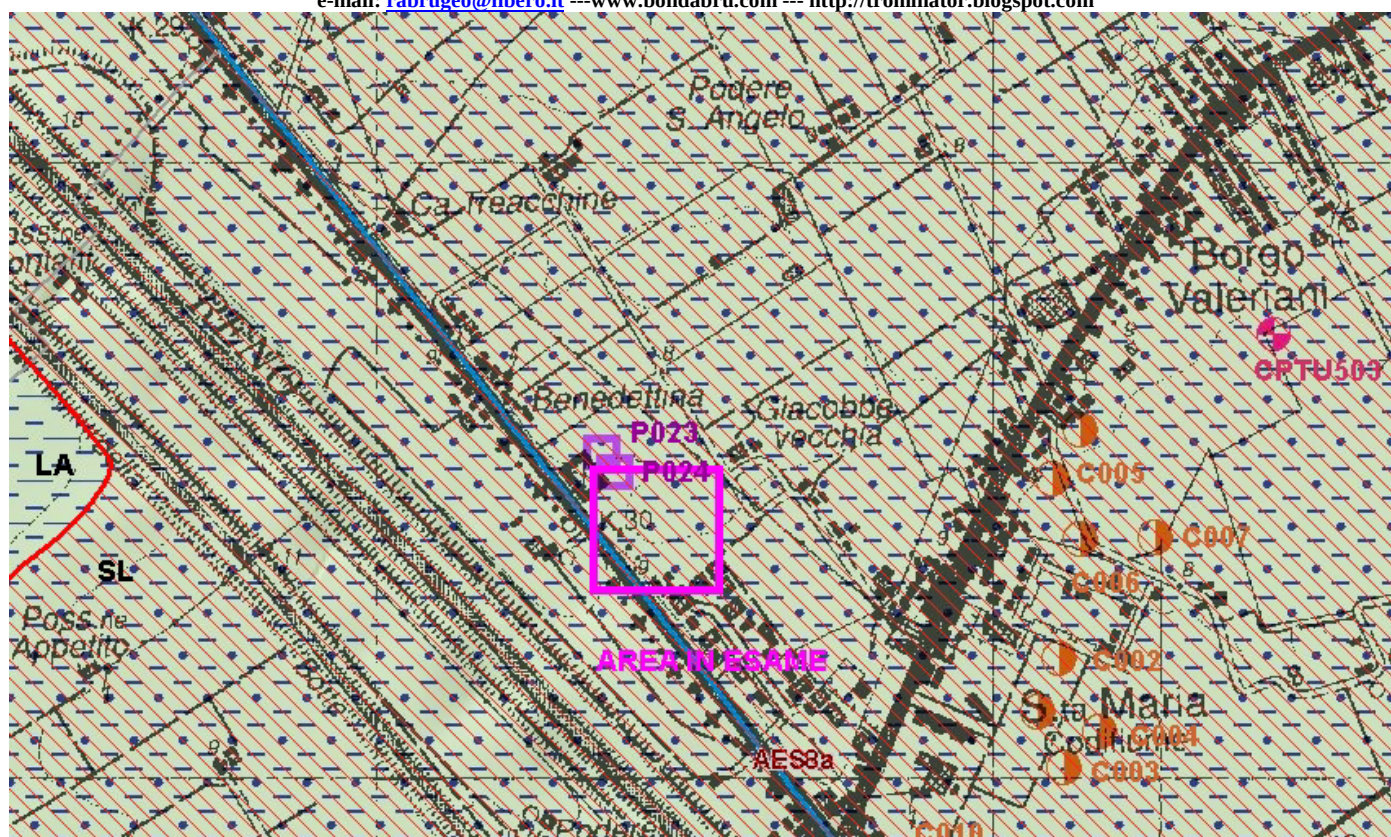


Fig. 8: stralcio a scala libera della Cartografia Geologica Regionale di riferimento alla scala 1: 10 000. Si sono riportati i punti di ubicazione delle C.P.T. (e C.P.T.U.) di bibliografia di cui si dirà più oltre.

L'assetto geomorfologico locale individua come l'area in esame non sia attraversata dalla divagazione di un modesto corpo idrico ascrivibile al paleo corso del Torrente Idice. Tale divagazione è infatti spostata più ad Est, passa cioè per la via principale dell'abitato di Codifiume. La definizione di tale episodio è di seguito riportata come da apposito stralcio della Cartografia Geomorfologica di P.S.C.

203120 C002 DATO: P
 QPC: 8,5 m PROFONDITA': 10,6 m
 COMUNE: ARGENTA

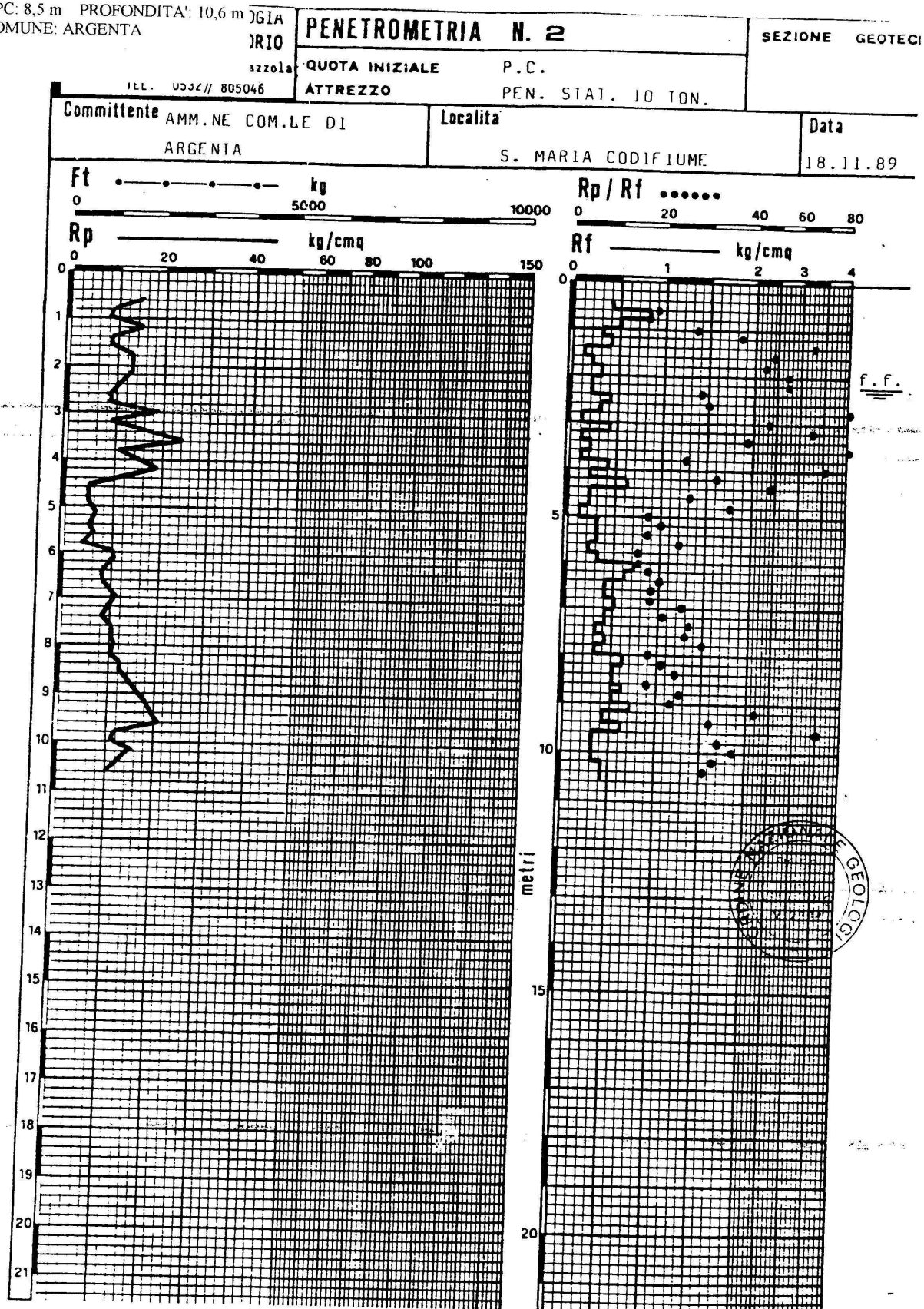
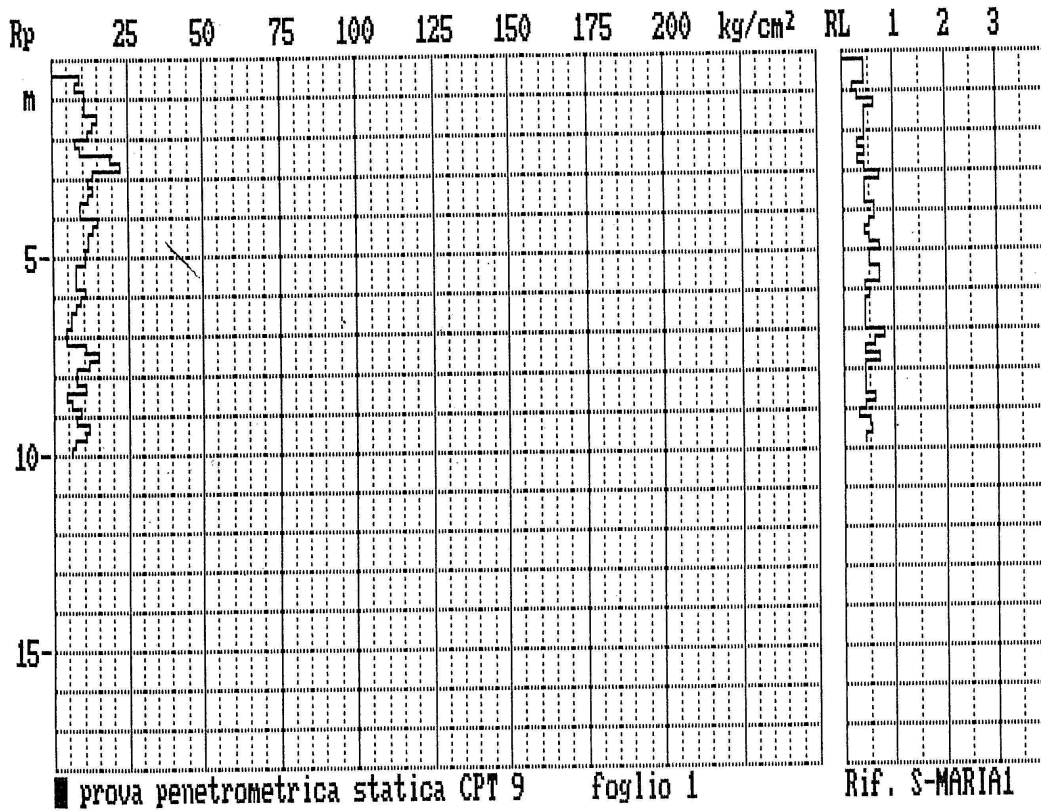


Fig. 10: C.P.T. C002.



Dr. Geol. VITTORIO ROSSI - Via Viazola 46/A - Roccalone FE - Tel. 0532/805046
Rifer.: S-MARIA1

PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA
CPT 9
R2-89-89

PENETROMETRO STATICO tipo GUIDA da 10 t
Completante: ANM, NE, COM, LE, ARGENTA
Località: S. MARIA CODIFRONE (FE)

data: 14.06.95
quota inizio: PIANO CAMPANA
prof. falda: 0.80 m da quota inizio

203120 C003 DATO: P
OPC: 8.5 m PROFONDITA: 10 m
COMUNE: ARGENTA

Fig. 11: C003.

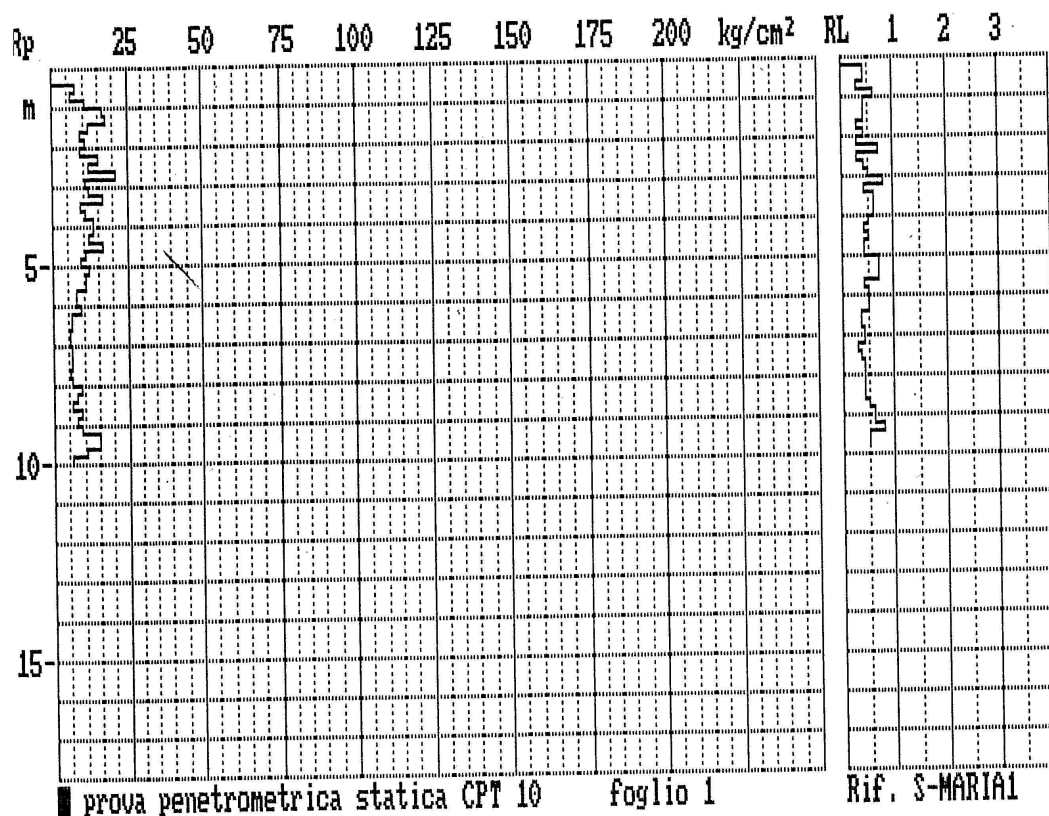
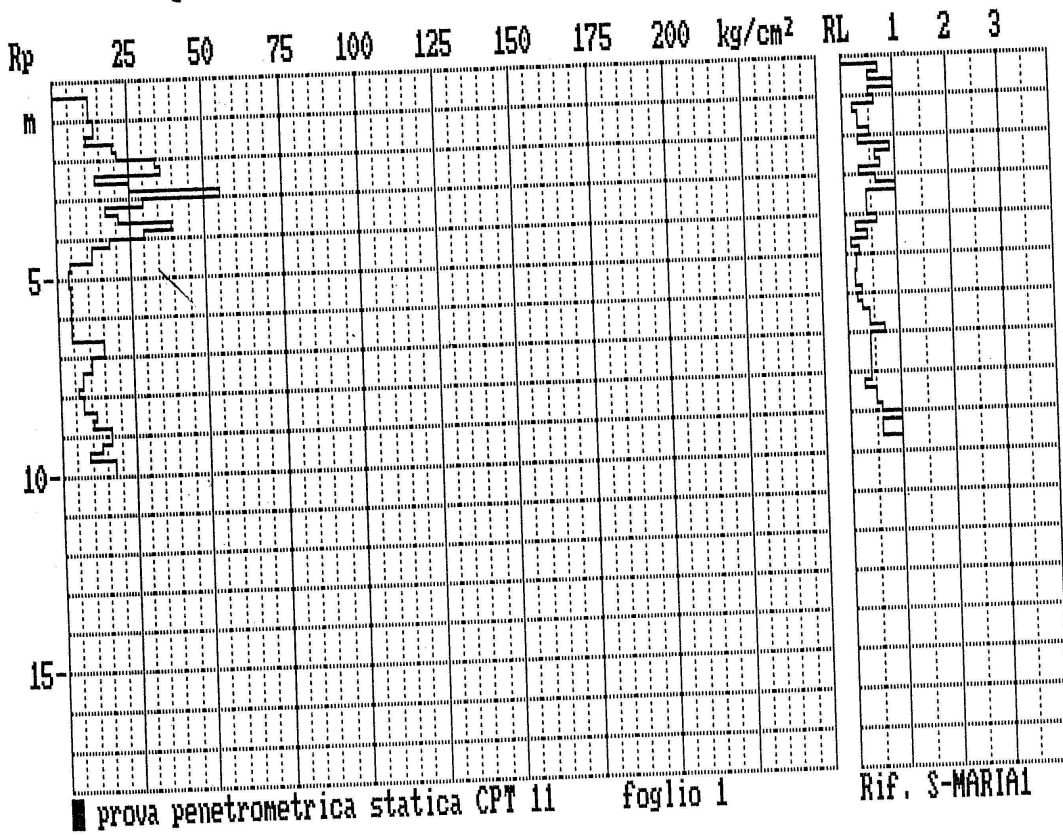


Fig. 12: C004.



Dr. Geol. VITTORIO ROSSI - Via Viareggio 46/A - Boccaleone FE - Tel. 0532/805046
Rif. : S-MARIA1
PENETROMETRO STATICO tipo GOUJA da 10 t
Comitente : AMM. NE COM. LE ARGENTA
Località : S. MARIA CODIFONE (FE)
data : 05.06.95
quota inizio : PIANO CAMPANA
prof. falda = 0.70 m da quota inizio
PROVA PENETROMETR. STATICA CPT 11
DIAGRAMMI DI RESISTENZA RZ-89

203120 C005 DATO: P
OPC: 8.3 m PROFONDITA': 10 m
COMUNE: ARGENTA

Fig. 13: C.P.T. C005.

203120 C006 DATO P
OPC: 7.9 m PROFONDITA': 10 m
COMUNE: ARGENTA

Via Viareggio 46/A - Boccaccone FE - Tel. 0532/905046

Rifer.: S-MARIA1

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 12
DIAGRAMMI DI RESISTENZA RL-89

PENETROMETRO STATICO tipo GUNDA da 10 t
Comittente: RRM, NE COM. LE ARGENTA
Località: S. MARIA CONFINE (FE)
data: 05.06.95
quota inizio: PIANO CAMPANA
prof. falda = 0.70 m da quota inizio

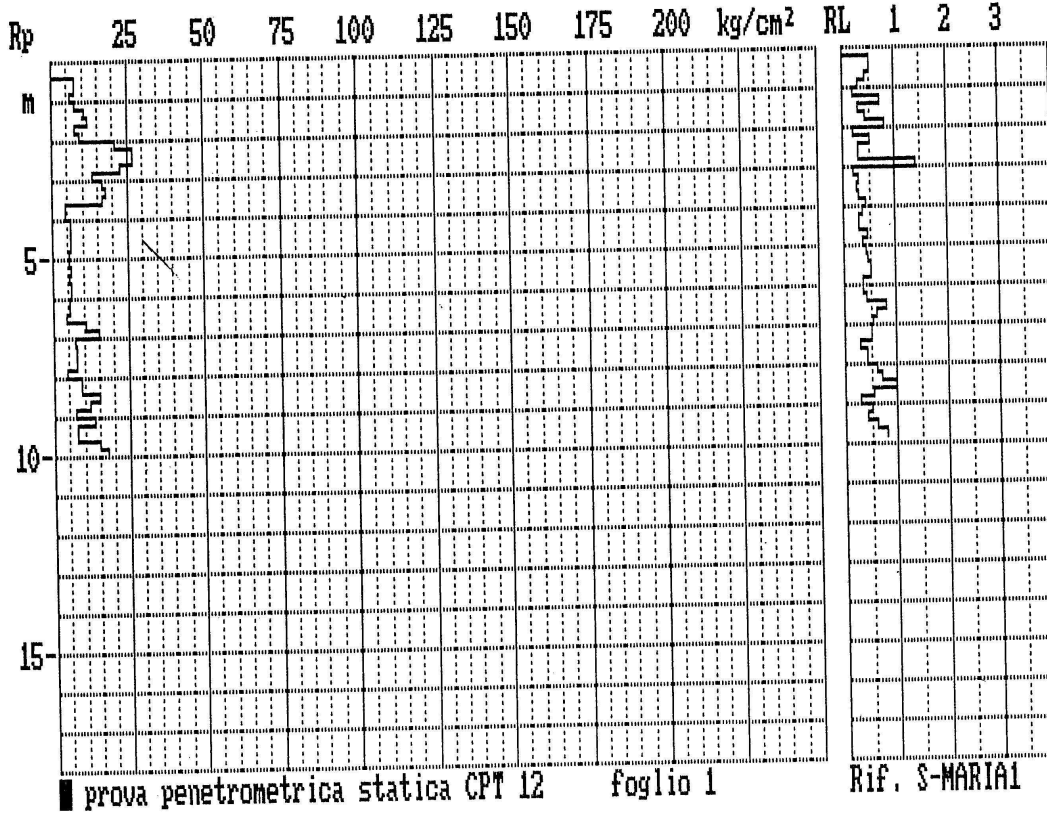


Fig. 14: C.P.T. C006.



COMITENTE: COMUNE DI HOLINELLA
 LOCALITÀ: S. PIERO CAPOFONE
 PROVA PENETROMETRICA: SP-C1
 NOTA: S.F.C.

~~C003~~

C40

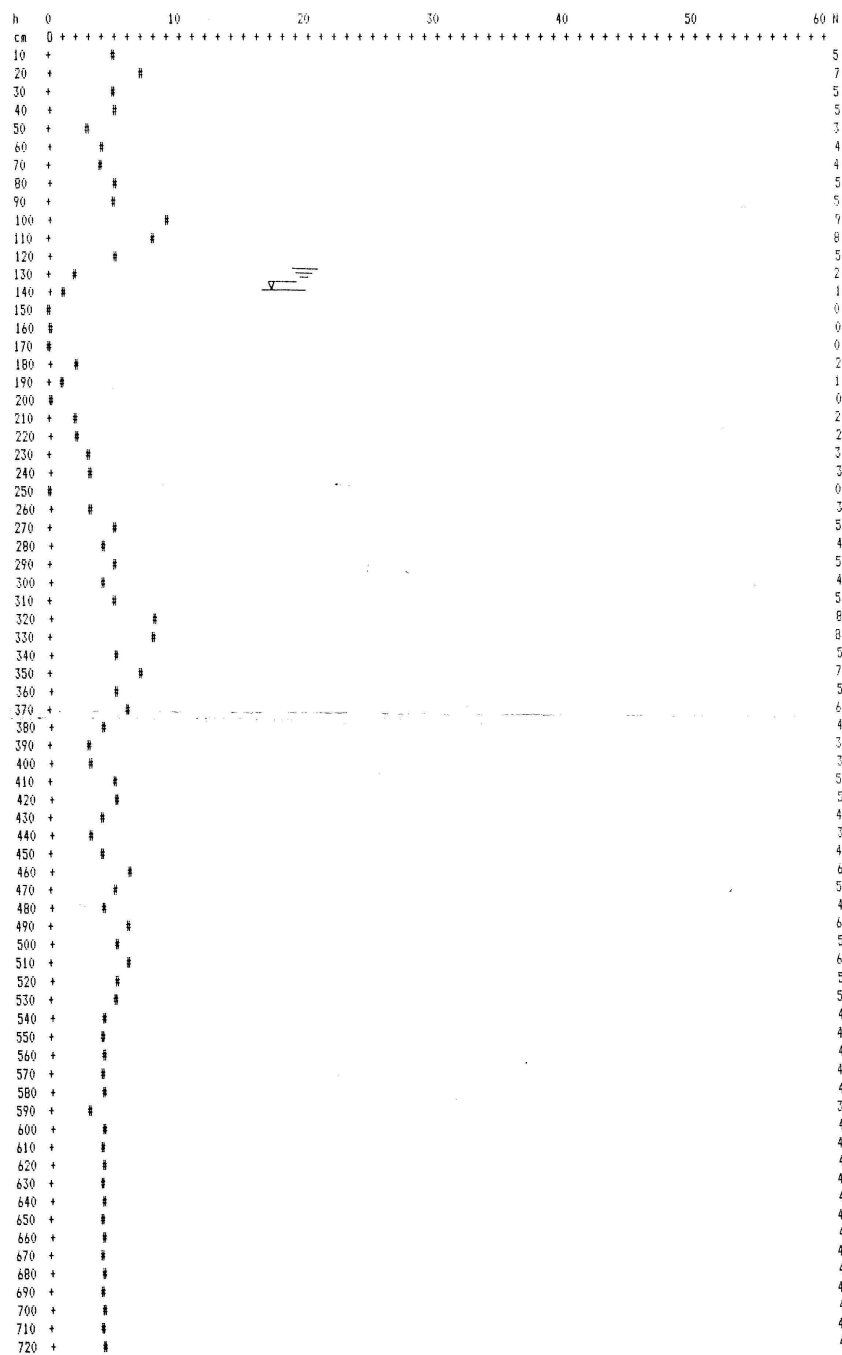


Fig. 16: C.P.T. C010.

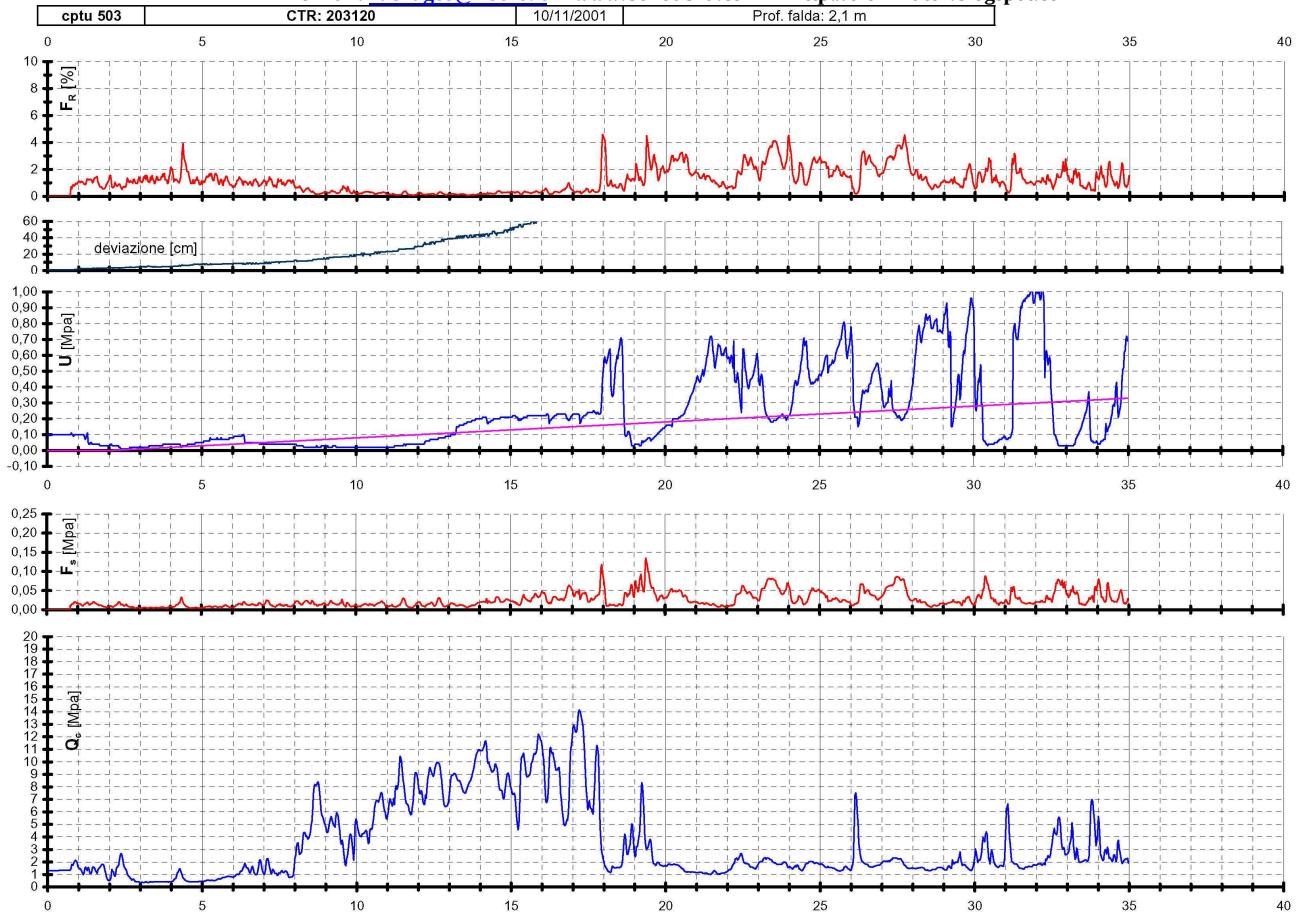


Fig. 17: C.P.T.U 203 120 503 (Località: Borgo Valeriani).

Tali penetrometrie riportano una aliquota di variabilità degli orizzonti granulari e di interdigitazione/coalescenza fra gli stessi litotipi granulari ed i litotipi coesivi, che ben si inserisce nella genesi geologica locale e nella evoluzione stratigrafico- deposizionale; ove cioè corpi idrici di modeste dimensioni e persistenza variabile divagavano sulle paludi circostanti. Detti corpi idrici, date le loro dimensioni e poiché si trovavano nella loro fase di deposizione terminale (a bassa energia trattiva) depositavano aliquote di materiali limosi a volte largamente predominanti rispetto alle sabbie vere e proprie.

Le C.P.T. eseguite sull'area in esame, di cui si dirà in seguito si inseriscono perfettamente in tale contesto stratigrafico deposizionale.

Di seguito si riportano le stratigrafie superficiali derivanti da due sondaggi di bibliografia, di cui si dirà anche in altra parte della presente relazione. Si può comunque rilevare come in coerenza con la cartografia geologica locale e delle C.P.T. condotte sull'area in esame, la litologia affiorante sia di natura Limoso- Sabbiosa.

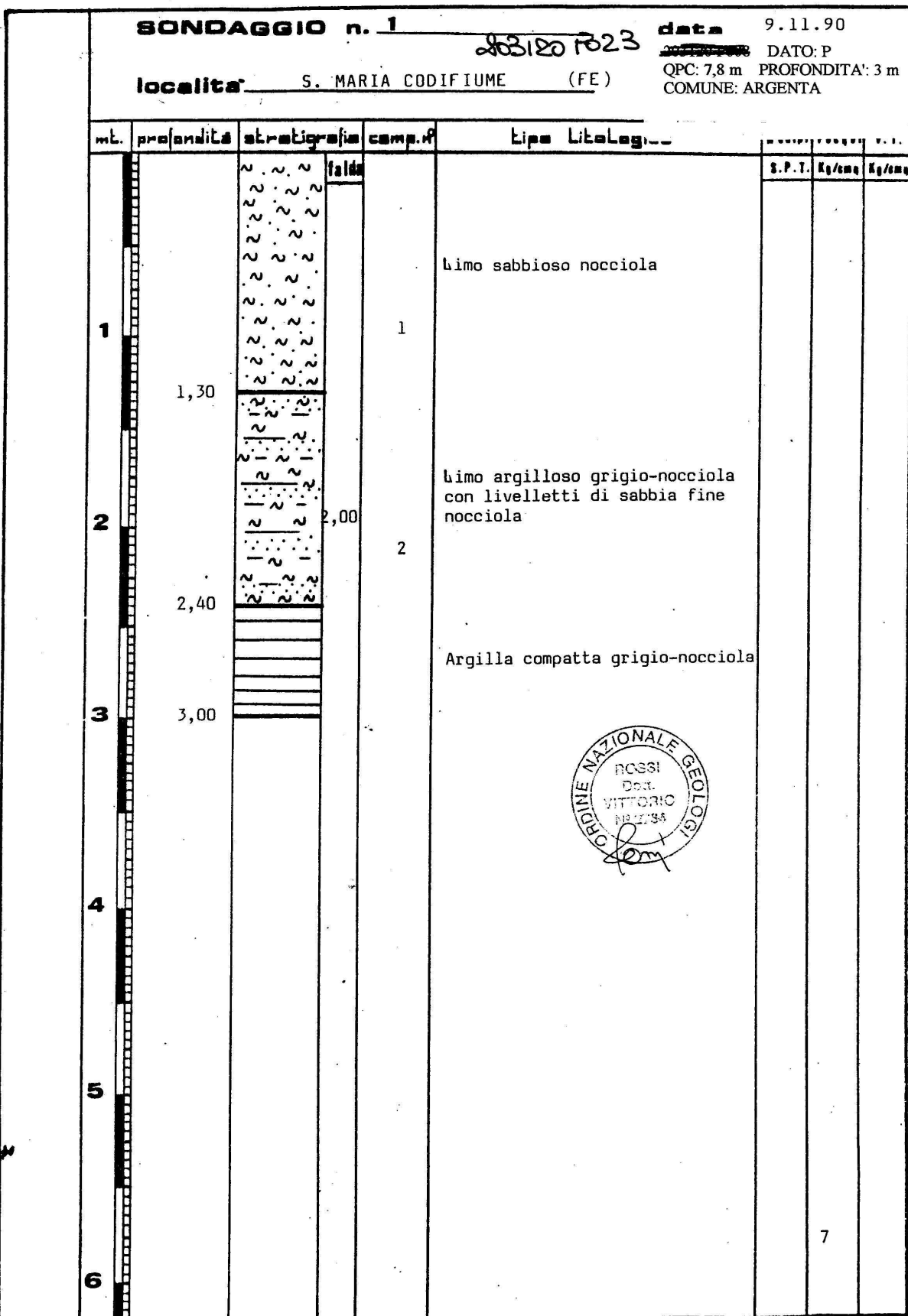


Fig. 18: Sondaggio P023.

203120 P024

LAGGIO n. 2

data 9.11.90

località S. MARIA CODIFIUME (FE)



24

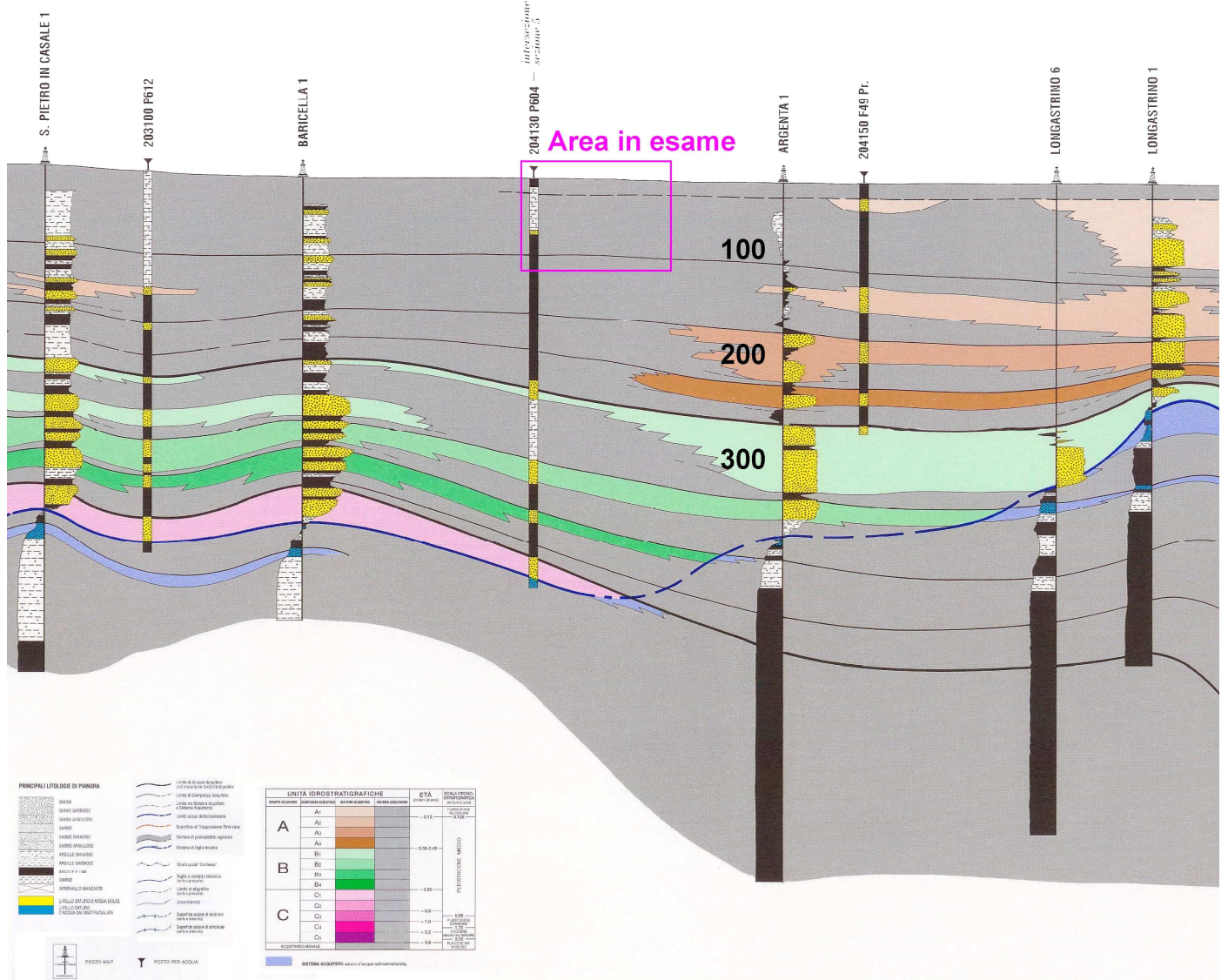


Fig. 21: Stralcio della Sez. 032. Scala libera.

Relativamente alla litostratigrafia locale ricostruibile dalle risultanze delle indagini penetrometriche eseguite dallo scrivente sull'area in esame, si può riportare la seguente sezione:

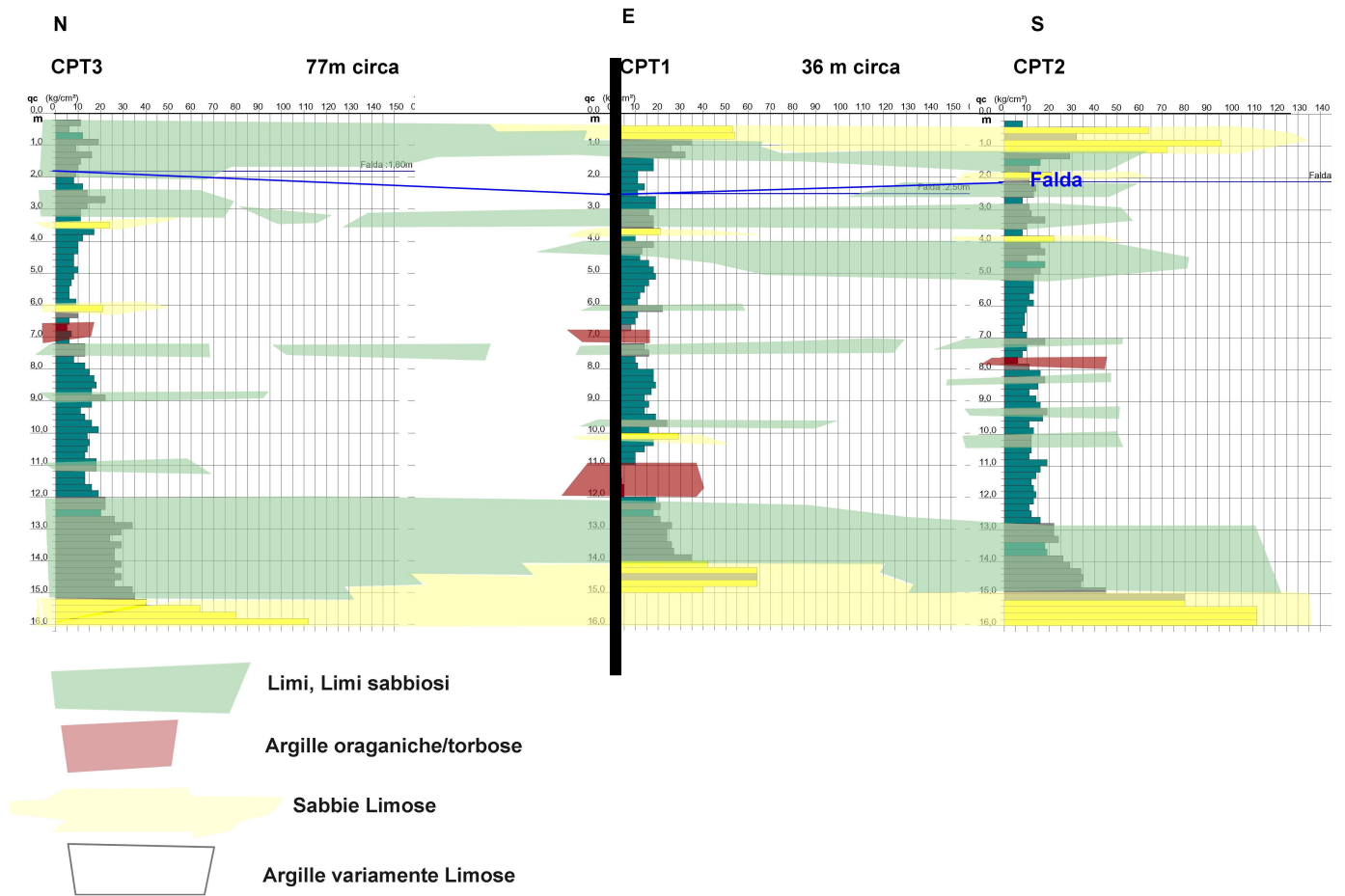


Fig. 22: Sezione. Scala libera, la scala verticale è diversa da quella orizzontale. In più si deve osservare che tale sezione è un restituzione bidimensionale di una vista “a scatola”: il lato CPT3- CPT1 è ortogonale al lato CPT1- CPT2. Quindi si deve ad esempio concludere che il lato E- S presenta terreni superficiali a natura maggiormente sabbiosa. Di seguito si riporta il suddetto schizzo “a scatola”.

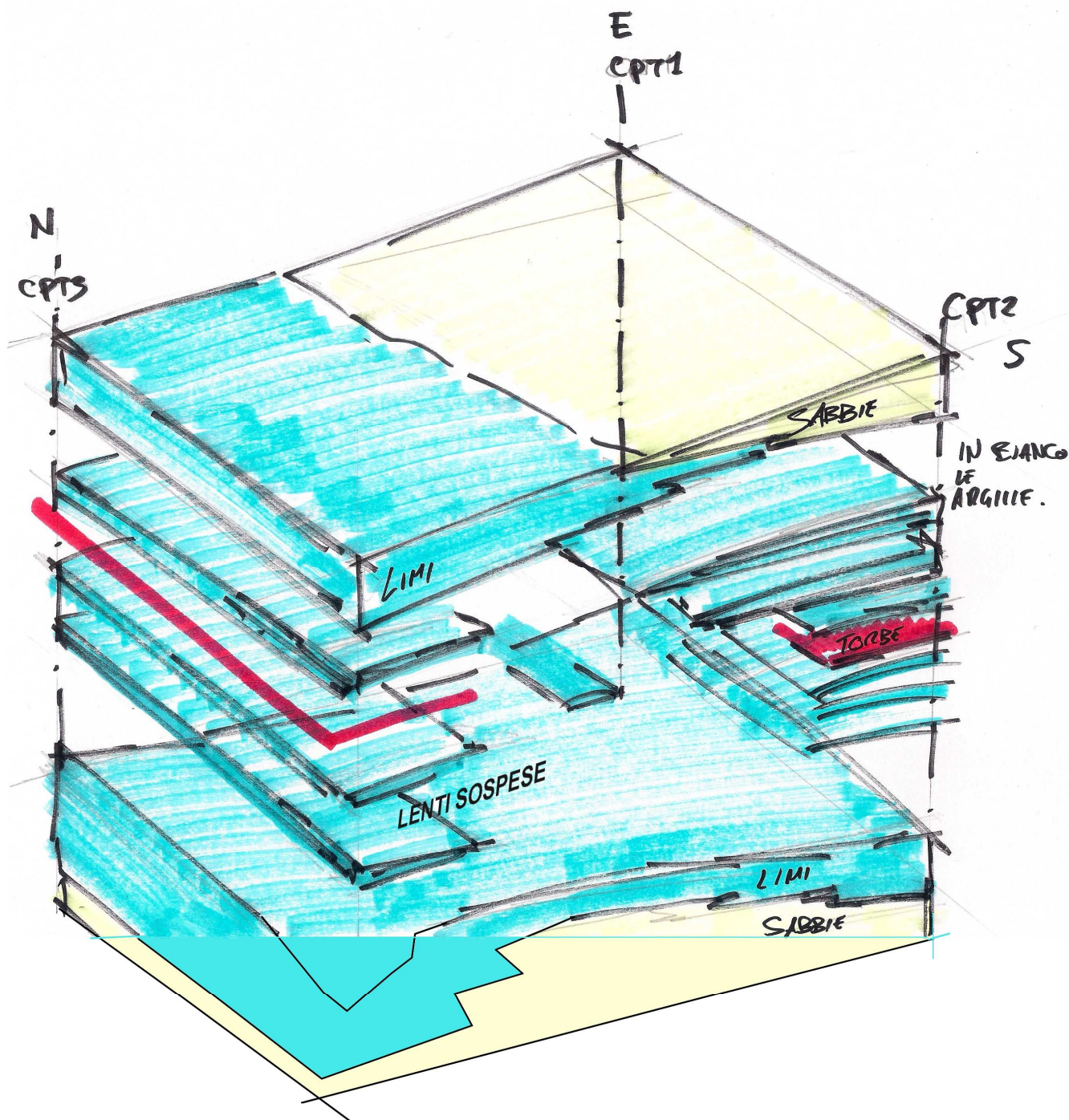


Fig. 23: Schizzo di ricostruzione stratigrafica locale “a scatola”, scala libera.

Dall'analisi della quale si rileva come i litotipi più superficiali (sino a 2,00 m circa dal p.c.) siano di natura limosa e/o limoso- sabbiosa e come in seguito si rilevi un'alternanza di lenti limose (da limoso- sabbiose a limoso- argillose) e di litotipi argillosi (da argillosi ad argillo- limosi). Localmente si possono rilevare lenti maggiormente sabbiose (normalmente definibili come sabbioso- limose). Alla profondità di 12/13,00 m circa dal p.c. compare una lente limosa continua, seguita dalla profondità di 14,00/15,00 m circa

dal p.c. da una lente sabbiosa (probabilmente limosa) profonda. Localmente può riscontrarsi la presenza di concentrazioni di argille organiche e/o torbose di modesto spessore.

In sostanza si può concludere che i litotipi limosi e/o sabbiosi presentano modesto spessore e si alternano (interdigitano) ai litotipi argillosi (da francamente argillosi a argillo- limosi) che possono essere considerati largamente prevalenti o comunque caratterizzanti (anche dal punto di vista geotecnico, di cui si dirà più oltre) l'area in esame. Localmente possono rilevarsi maggiori concentrazioni dei termini sabbiosi e soprattutto limosi che marcano fasi ascrivibili a fasi depositive paleo- fluviali. Tali fasi sono ubicabili in maniera disuniforme sull'intera area in esame. Detta disuniformità si esplica in una ubicazione spaziale (in senso orizzontale) e temporale (in senso verticale) variabile.

Data la disuniformità dell'ubicazione spaziale e temporale delle lenti granulari (in senso lato: sabbiose e/o limose) e nonostante il loro modesto spessore unitario e complessivo e data anche la presenza dell'orizzonte organico- torboso, le indagini relative ai singoli interventi (obbligatoriamente previste dal D.M./N.T.C. e dall'apposita Legislazione Regionale che disciplina il deposito delle "pratiche sismiche") dovranno concentrarsi anche sulla esatta e puntuale definizione stratigrafica dei singoli lotti e sull'individuazione di eventuali disuniformità stratigrafiche anche a piccola, piccolissima scala. Tali disuniformità potrebbero infatti anche causare cedimenti differenziali sulle strutture da realizzarsi.

Contemporaneamente dovranno definire puntualmente/localmente le caratteristiche granulometriche (ad esempio circa la presenza dei termini fini nei terreni granulari, onde individuare l'eventuale propensione alla liquefazione) e geomeccaniche (quali ad esempio: compressibilità/cedevolezza, durata della maturazione dei cedimenti ecc. Anche se non soprattutto in rapporto alle tipologie e geometrie fondali da realizzarsi) anche attraverso apposite indagini di laboratorio geotecnico su campioni di terreno indisturbato appositamente raccolti.

3.2 Considerazioni sulla stratigrafia locale

La scheda di progetto dell'area in esame individuata dal P.S.C. di Argenta come ASP2(7) individua/riporta caratteristiche geotecniche medie/buone. In realtà, sulla base di quanto riportato al punto precedente tale classificazione del tutto qualitativa dovrà essere debitamente confermata o meno dalle successive indagini che dovranno essere condotte sui singoli lotti (come sopra spiegato).

Circa la definizione di fenomeni quali la liquefazione degli orizzonti saturi granulari e la compressibilità dei terreni coesivi soffici (temi individuati dall'Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico N.° 112, "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia- Romagna per la pianificazione

territoriale ed urbanistica”. Delibera dell’Assemblea Legislativa del 02/05/2007), si dovrà osservare quanto segue:

- 3.2.1. Liquefazione:

Il fenomeno della liquefazione determina una diminuzione della resistenza al taglio e/o della rigidità, nei litotipi granulari, causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico e tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Le Norme Tecniche annesse alla vigente Normativa Sismica (l’Ordinanza 3274, 3316 e ss., già più volte citate) impongono detta verifica quando “la falda freatica si trovi in prossimità della superficie (p.c.) ed il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo- argillosa”, “Nel caso di edifici con fondazioni superficiali tale verifica può essere omessa per litotipi suscettibili che si trovino a profondità maggiore di 15 m dal p.c.” “Tale verifica si può altresì omettere nel caso $S_a < 0,15 g$ e contemporaneamente il litotipo potenzialmente liquefacibili soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:” -contenuto d’argilla $> 20\%$ con IP (Indice Plastico) > 10 ; -contenuto di limo $> 35\%$ e $N_{spt} > 20$; -frazione fine trascurabile e $N_{spt} > 25$, (dove IP =Indice Plastico, N_{spt} =Resistenza Penetrometrica normalizzata alla prova N_{spt} in foro). La normativa impone che quando nessuna delle precedenti condizioni risulti soddisfatta si debba procedere alla verifica mediante i metodi generalmente accettati dalla Ingegneria Geotecnica.

Per l’area in esame, complessivamente intesa, $S \times a_g/g$ è pari a: 0,2299; che deriva da $a_g/g = 0,158$ e $S = 1455$ (per lo S.L.V., come si potrà vedere all’apposito seguente punto della presente relazione). Occorrerà però ricordare che, dalla ricostruzione stratigrafica locale non appaiono depositi granulari saturi di ubicazione, spessore e caratterizzazione granulometrica (per lo meno allo stato attuale delle conoscenze) tale da poter generare fenomeni di liquefazione. E ciò anche se la caratterizzazione stratigrafica locale si presenta in maniera disomogenea sull’area in esame. Si deve comunque osservare come gli orizzonti sabbiosi siano solamente superficiali per il lato E- S e come poi si presenti una lente sabbiosa (sull’intera area in esame) solo dalle profondità di 14/15,00 m circa dal p.c. Tale lente è quindi confinata verso l’alto da un notevole spessore di materiali non liquefacibili. Spessore ben maggiore di quanto indicato da numerosi Autori come sufficiente (5/6,00 m circa relativamente alle energie sismiche attese per l’area in esame) a far sì che gli effetti di eventuali fenomeni di liquefazione (qualora avvenissero) non siano trasmessi alla superficie.

Nel complesso si deve quindi concludere che il fenomeno della liquefazione non rappresenti un rischio co- sismico per l'area in esame.

Poiché però l'estrapolazione su larghe superfici di dati puntuali normalmente riconduce alla possibilità di introdurre errori di valutazione, le indagini da eseguirsi su ogni singolo lotto dovranno verificare se tali conclusioni valgano appunto per ogni singolo lotto.

Caratterizzazioni granulometriche dei litotipi caratterizzanti l'area in esame sono nella disponibilità della bibliografia tecnica dello scrivente e sono relativi agli immediati pressi dell'area in esame e logicamente agli stessi litotipi che caratterizzano l'area stessa. Di seguito si riportano le risultanze delle analisi di laboratorio condotte (da laboratorio debitamente dotato di apposita Autorizzazione Ministeriale per le prove sulle terre) su due campioni di terreno raccolti in due sondaggi (P023 e P024) superficiali eseguiti a qualche centinaia di metri dall'area in esame, la stratigrafia di tale sondaggio (anch'essa riportata) è riconducibile all'assetto rilevato dalle C.P.T. 3 e 4. Si potrà verificare come la lente granulare più superficiale (non in falda) presenti valori percentuali dei termini fini largamente predominanti, infatti a fronte di una presenza del termine sabbioso pari a circa il 35% sono presenti termini limosi nella ragione del 25% ed il termine argilloso è presente nella ragione del 40% circa. Tale lente quindi non è liquefacibile qualora anche fosse immersa in falda, la qual cosa come si vedrà all'apposito punto al quale si rimanda, non è possibile. Nei campioni si riscontrano valori dell'IP compresi fra 45 e 4%. L'ultimo termine non escluderebbe però la possibilità di liquefazione.

Di seguito si riportano i certificati di laboratorio.



elletipi s.r.l.

Via Modena, 107/109 - 44100 FERRARA

Sede e Laboratorio

Tel. (0532) 56.771 - Telefax (0532) 56.119

Reg. Soc. n. 4009 Trib. di Ferrara - C.C.I.A.A. Ferrara n. 91367

Partita IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

ANALISI GRANULOMETRICA
con areometro 152 H ASTM

Campione: S1C1

Committente: Dr. Geol. Vittorio Rossi

Cantiere: S.M. Codifiume

peso secco(g):	50			
tempo (sec.)	lett.	prof. (cm.)	Diametro (mm)	Passante (%)
.5	39	9.9	.05980422	78.00
1	32	11.1	.04477759	64.00
2	26	12	.03292114	52.00
5	20	13	.02167135	40.00
10	13	14.2	.01601561	26.00
20	2	16	.01202110	4.00
40	0	16.3	.00857952	.00

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi
Via A. Da Brescia 11, 44011 Argenta (FE)
Tel. e Fax: 0532852858, cell.:3355373693

e-mail: rabrugeo@libero.it --- www.bondabru.com --- <http://trominator.blogspot.com>



elletipi s.r.l.
Via Modena, 107/109 - 44100 FERRARA
Sede e Laboratorio
Tel. (0532) 56.771 - Telefax (0532) 51.148
Reg. Soc. n. 4009 Trib. di Ferrara - C.C.I.A.A. Ferrara n. 91367
P.I. e C.F. 00174600387

ANALISI GRANULOMETRICA

LABORATORIO AUT. DAL MIN. LL.PP. IN BASE ALLA LEGGE 5 NOV. 1971, N. 1086

ADERENTE ALL'ASSOCIAZIONE LABORATORI GEOTECNICI ITALIANI (A.L.G.I.)

COMMITTENTE: DOTT. ROSSI VITTORIO
INDIRIZZO: BOCCALEONE (FE)

CAMPIONE N°

S1C1

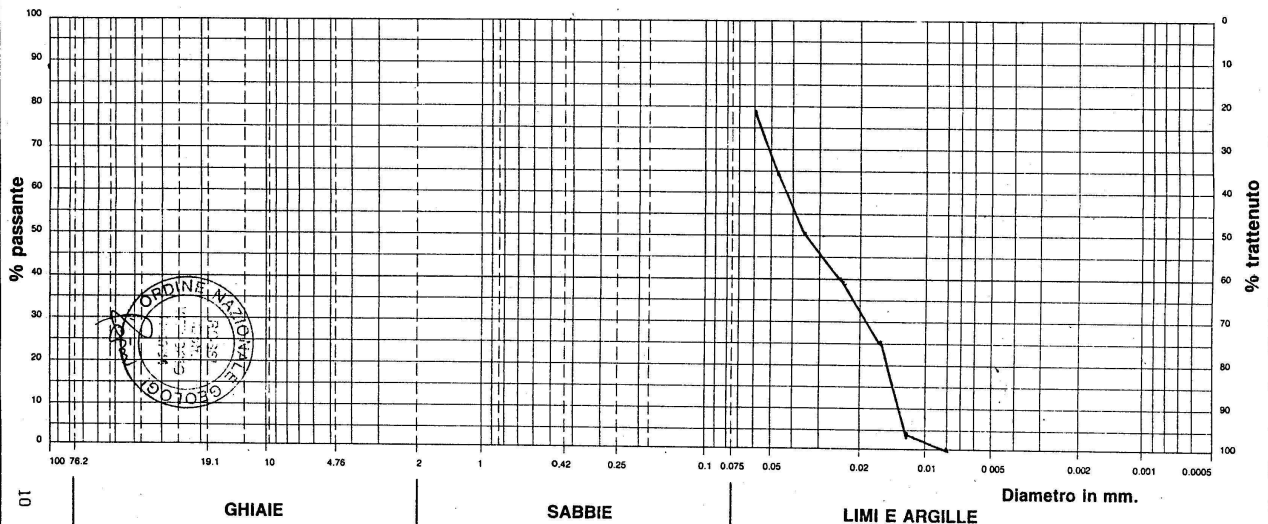
% COSTITUENTI:

CANTIERE: S. MARIA
CODIFUME (FE)

PROFONDITA' (m) 0 - 1.3

GHIAIA: 32 %
SABBIA: 68 %
LIMO: 0 %
ARGILLA: 0 %

PROT. ALGI N° 650/90 A
DEL 26/11/90





elletipi s.r.l.
Via Modena, 107/109 - 44100 FERRARA
Sede e Laboratorio
Tel. (0532) 56.771 - Telefax (0532) 56.119
Reg. Soc. n. 4009 Trib. di Ferrara - C.C.I.A.A. Ferrara n. 91367
Partita IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

LIMITI DI ATTERBERG

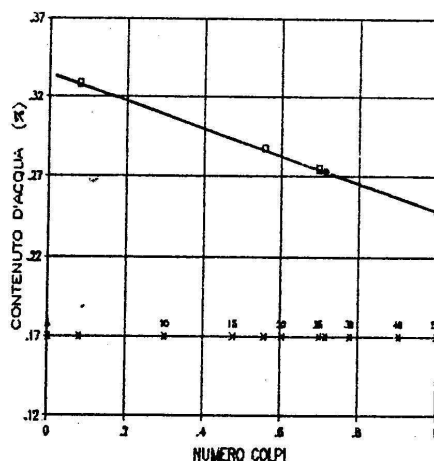
Committente: Vittorio Rossi
Cantiere: S.M.Codifiume
Data: 15.11.90

Prot.A.L.G.I. N°:650/90

Sondaggio S1 Campione C1 Profond. (m) da 0 a 1.3

	Lim. Liquido			Lim. Plastico	Umidità
N° CONTENITORE	1	2	3	4	5
NUMERO COLPI	18	26	6		
PESO UMIDO + TARA	36.3	35.9	30.3	6.25	125
PESO SECCO + TARA	29	28.8	23.5	5.75	102
ACQUA CONTENUTA	7.3	7.1	6.8	.5	23
TARA	3.6	2.8	2.8	3.9	2.7
PESO SECCO	25.4	26	20.7	1.85	99.3
CONTENUTO D'ACQUA	28.74%	27.31%	32.85%	27.03%	23.16%

LL = 27.48% Limite Liquido
LP = 27.03% Limite Plastico
Wn = 23.16% Umidità Naturale
IP = .45% Indice Plastico
Ic = 9.62 Indice di Consistenza



form

Figg. 24: Sondaggio stratigrafico P023 ed analisi di laboratorio geotecnico.



elletipi s.r.l.
Via Modena, 107/109 - 44100 FERRARA
Sede e Laboratorio
Tel. (0532) 56.771 - Telefax (0532) 56.119
Reg. Soc. n. 4009 Trib. di Ferrara - C.G.I.A.A. Ferrara n. 91367
Partita IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

ANALISI GRANULOMETRICA
con areometro 152 H ASTM

Campione: S1C2
Committente: Dr. Geol. Vittorio Rossi
Cantiere: S.M. Codifiume

peso secco(g):	50			
tempo (sec.)	lett.	prof. (cm.)	Diametro (mm)	Passante (%)
.5	40	9.7	.05919706	80.00
1	32	11.1	.04477759	64.00
2	27	11.9	.03278368	54.00
5	22	12.7	.02141984	44.00
10	14	14	.01590242	28.00
20	4	15.6	.01186989	8.00
40	1	16.1	.00852672	2.00
80	0	16.3	.00606664	.00

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi
Via A. Da Brescia 11, 44011 Argenta (FE)
Tel. e Fax: 0532852858, cell.:3355373693

e-mail: rabrugeo@libero.it --- www.bondabru.com --- <http://trominator.blogspot.com>

ANALISI GRANULOMETRICA

elletipi s.r.l.
Via Modena, 107/109 - 44100 FERRARA
Sede e Laboratorio
Tel. (0532) 56.771 - Telefax (0532) 51.148
Reg. Soc. n. 4028 Trib. di Ferrara - C.C.I.A.A. Ferrara n. 91367
P.I. e C.F. 00174800387

LABORATORIO AUT. DAL MIN. LL.PP. IN BASE ALLA LEGGE 5 NOV. 1971, N. 1086

ADERENTE ALL'ASSOCIAZIONE LABORATORI GEOTECNICI ITALIANI (A.L.G.I.)

COMMITTENTE:
INDIRIZZO:

DOTT. ROSSI VITTORIO
BOCCALEONE (FE)

CAMPIONE N°

SIC2

% COSTITUENTI:

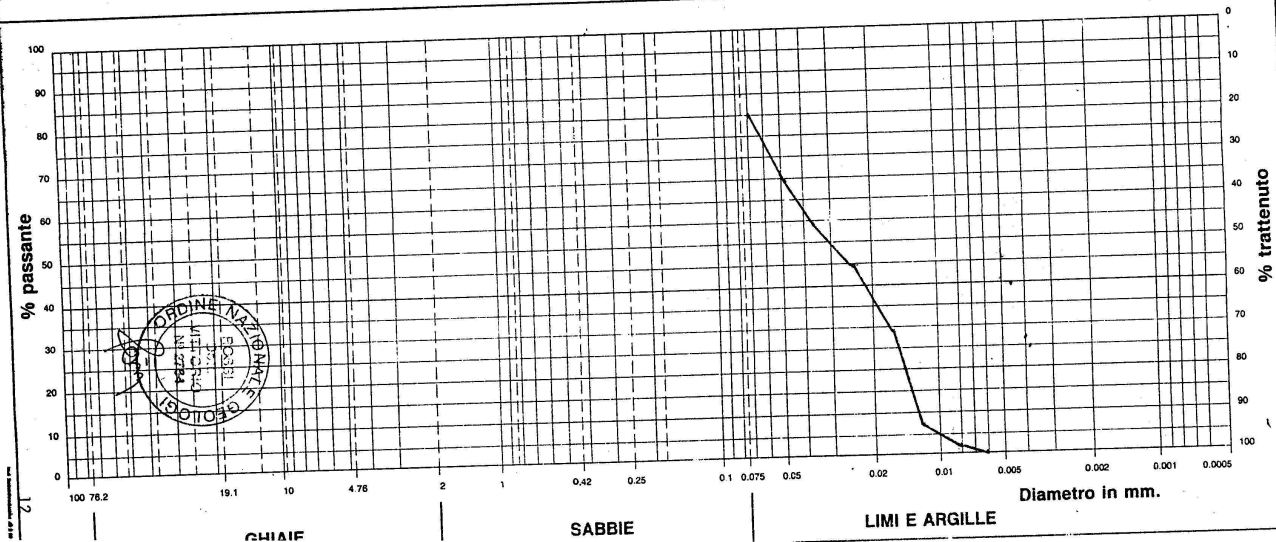
CANTIERE:

S. MARIA
CODIFUME (FE)

PROFONDITA' (m) 1.3 - 2.6

PROT. ALGI N° 651/90A
DEL 26/11/90

GHIAIA:
SABBIA: 35 %
LIMO: 65 %
ARGILLA: %





elletipi s.r.l.
Via Modena, 107/109 - 44100 FERRARA
Sede e Laboratorio
Tel. (0532) 56.771 - Telefax (0532) 56.119
Reg. Soc. n. 4009 Trib. di Ferrara - C.C.I.A.A. Ferrara n. 91367
Partita IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

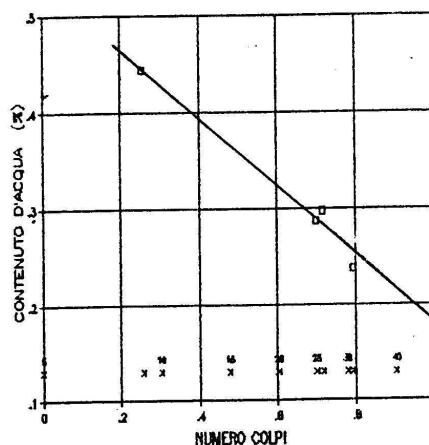
LIMITI DI ATTERBERG

Committente: Vittorio Rossi
Cantiere: S.M. Codifiume
Data: 15.11.90 Prot. A.L.G.I. N°: 651/90

Sondaggio S1 Campione C2 Profond. (m) da 1.3 a 2.

	Lim. Liquido			Lim. Plastico	Umidità
N° CONTENITORE	1	2	3	4	5
NUMERO COLPI	31	9	26	26	
PESO UMIDO + TARA	25.25	27.35	33.6	6.8	84
PESO SECCO + TARA	20.9	19.8	26.6	6	67.5
ACQUA CONTENUTA	4.35	7.55	7	0.8	16.5
TARA	2.6	2.8	3	2.7	2.7
PESO SECCO	18.3	17	23.6	3.3	64.8
CONTENUTO D'ACQUA	23.77%	44.41%	29.66%	24.24%	25.46%

LL = 28.59% Limite Liquido
LP = 24.24% Limite Plastico
Wn = 25.46% Umidità Naturale
IP = 4.35% Indice Plastico
Ic = .72 Indice di Consistenza



Figg. 25: Sondaggio stratigrafico P024 ed analisi di laboratorio geotecnico.

Sulla base delle risultanze del sondaggio S1 eseguito sull'area in esame è plausibile ammettere che i campioni testè descritti siano ampiamente rappresentativi anche della colonna stratigrafica locale, che vede la propria origine depositiva ascrivibile sempre alla stessa situazione complessiva.

Il Sondaggio eseguito sull'area in esame riporta la seguente stratigrafia:

- da p.c. a 1,50 m circa dal p.c.: presenza di Limi- Sabbiosi con Argilla. Su tali terreni si è raccolto un campione non indisturbato di terreno sul quale si sono eseguite analisi granulometriche ed Indici di Atterbergh che riportano i seguenti risultati: S= 30%, L= 40%, A=30% circa. IP= 40%.
- Da -1,50 a -3,00 m circa dal p.c.: presenza di Argille e di Argille da debolmente Limose a Limose. Su tali terreni si è raccolto un campione di terreno di cui si dirà in seguito (e non per le finalità della liquefazione).
- Da -3,00 a -4,50 m circa dal p.c.: presenza di Limi Argillosi.
- Da -4,50 a -6,00 m circa dal p.c.: presenza di Argille, da debolmente Limose a Limose.

Questi dati confermano le considerazioni già riportate, ciò nonostante le quali e tutto quanto considerato si è comunque deciso di procedere ad eseguire verifiche numeriche circa la suscettibilità alla liquefazione dei terreni granulari (in senso lato). Analisi che in questa fase possono essere considerate indicative/qualitative circa il fenomeno in esame e che comunque non escludono la necessità già riportata di eseguire ulteriori analisi puntuali, nelle seguenti fasi di indagine (edificazione diretta regolata dal D.M. /N.T.C.).

3.2.2. Verifiche numeriche locali relative al fenomeno della liquefazione:

Nonostante quanto precedentemente riportato circa il fenomeno della liquefazione (sostanziale non rischio) si è comunque proceduto ad eseguire una verifica numerica semplificata per ogni punto di indagine penetrometrica C.P.T. Si è adottato il Metodo di Robertson & Wride (1997) appositamente elaborato per prove penetrometriche statiche.

Di tale metodo di calcolo occorre ricordare che, al contrario della maggior parte dei metodi empirici, quelli semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento. Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliente

indotto dal sisma (T). Cioè in pratica si avrà: $F_s = \frac{R}{T}$. Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza F_s sarà minore di 1,00.

R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche, statiche. La grandezza T dipende invece dai parametri del sisma di progetto (accelerazione

sismica e magnitudo di progetto) e viene ricavata attraverso la relazione: $T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'}, r_d MSF$. Dove:

- $a_{\max}$ = accelerazione sismica massima
 G = accelerazione di gravità = 980,7 cm/s²
 σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.
 σ_{v0}' = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.
 r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:
 $r_d = 1 - 0,00765z$ per $z \leq 9,15$ m
 $r_d = 1,174 - 0,0267z$ per $9,15 < z \leq 23$ m
 $r_d = 0,774 - 0,008z$ per $23 < z \leq 30$ m
 $r_d = 0,5$ per $z > 30$ m
 MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione $MSF = \left(\frac{M}{7.5}\right)^{-3.3}$ se $M \leq 7,5$ o con la formula $MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$ se $M > 7,5$

Il Calcolo della resistenza al taglio mobilitata (R), tramite Il metodo di Robertson & Wride che permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche (C.P.T.) avviene secondo le due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50. \quad R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi:

si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale specifico normalizzati con le relazioni:

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} \quad e \quad F = 100 \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}. \text{ Dove:}$$

- q_c (kg/cm²) = resistenza alla punta determinata dalla prova C.P.T.
 f_s (kg/cm²) = attrito laterale specifico determinato dalla prova C.P.T.
 σ_{v0} (kg/cm²) = pressione verticale totale
 σ_{v0}' (kg/cm²) = pressione verticale efficace

Si calcola l'indice di tipo dello strato sabbioso con la formula:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} Q - 3.47)^2}$$

Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova:

$$q_{c1n} = C_Q q_c \text{ dove } C_Q = \left(\frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n$$

L'esponente n viene valutato come segue:

se $I_c > 2,6$ allora $n = 1$; se $I_c \leq 2,6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando $n = 0,5$; quindi si ricalcola I_c con la relazione:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$$

se il nuovo valore di I_c è ancora minore di 2,6 si conferma il valore $n = 0,5$, altrimenti si ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n = 0,75$; se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$.

Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n},$$

dove K_c è uguale a 1, se $I_c \leq 1.64$, ed è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88, \text{ in caso contrario.}$$

A questo punto occorre riportare alcune considerazioni circa la determinazione del terremoto di progetto, a partire dal valore di M utilizzato per il calcolo in esame. Per la presente verifica si adotterà il valore di 6,1. Come si vedrà nel prosieguo della presente relazione, tale valore è altamente penalizzante per l'area in esame. infatti, sulla scorta del Catalogo degli eventi sismici succedutisi in Italia dal 217 a.C. al 1992 d.C. si potrà invece rilevare come il Comune di Argenta sia in realtà stato sottoposto ad eventi sismici di Magnitudo (Richter) massima pari a 5,4. Si osservi che essendo la scala di M logaritmica, il valore di 6,14 risulta quindi essere estremamente penalizzante.

Ad ulteriore penalizzazione nella verifica la falda è stata posta alla profondità assolutamente penalizzante di 1,00 m dal p.c.

Di seguito si riportano le risultanze della verifica discendente dalle risultanze delle prove C.P.T. 1, 2 e C.P.T. 3.

Committente: Zanetti e altri

Località: S M Codifiume

Descrizione: CPT1

Note: VERIFICA LIQUEFAZIONE

Sigla:

Stima del rischio di liquefazione con il metodo di Robertson e Wride (1997)

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
0.6	53	1.47	1.9	0.149	1.303	17.28
0.8	54	4.15	1.9	0.149	2.071	27.56
1	35	2.9	1.9	0.148	0.556	7.4
1.2	26	2	0.9	0.156	0.371	4.71
1.4	32	2.67	0.9	0.168	0.628	7.37
1.6	18	1.8	0.9	0.179	0.122	
1.8	18	4.5	0.9	0.188	0.113	
2	11	1.83	0.9	0.196	0.084	
2.2	11	0.85	0.9	0.203	0.082	
2.4	14	2.33	0.9	0.209	0.088	
2.6	11	1.22	0.9	0.214	0.078	
2.8	19	0.86	0.9	0.219	0.236	2.13
3	19	1.06	0.9	0.223	0.094	
3.2	16	0.94	0.9	0.227	0.085	
3.4	18	0.43	0.9	0.23	0.113	0.97
3.6	18	0.95	0.9	0.233	0.086	
3.8	21	1.91	0.9	0.236	0.09	
4	10	0.59	0.9	0.238	0.068	
4.2	18	1.06	0.9	0.24	0.082	
4.4	13	1.18	0.9	0.242	0.072	
4.6	12	1	0.9	0.244	0.07	
4.8	16	2.29	0.9	0.246	0.075	
5	18	2.57	0.9	0.248	0.078	
5.2	19	3.8	0.9	0.249	0.078	
5.4	16	3.2	0.9	0.25	0.073	
5.6	14	2.8	0.9	0.251	0.07	
5.8	12	1.2	0.9	0.252	0.066	
6	11	0.79	0.9	0.253	0.065	
6.2	22	2.2	0.9	0.254	0.078	
6.4	11	1.22	0.9	0.255	0.064	
6.6	10	0.56	0.9	0.256	0.062	
6.8	8	2.67	0.9	0.257	0.059	
7	3	0.75	0.9	0.257	0.053	
7.2	3	0.27	0.9	0.258	0.053	
7.4	14	1.27	0.9	0.259	0.065	
7.6	16	2	0.9	0.259	0.067	
7.8	10	2	0.9	0.259	0.061	
8	11	1.57	0.9	0.26	0.061	
8.2	18	3	0.9	0.26	0.068	
8.4	18	2.57	0.9	0.261	0.068	
8.6	19	2.71	0.9	0.261	0.068	
8.8	17	2.83	0.9	0.261	0.066	
9	14	2.33	0.9	0.261	0.063	

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
9.2	16	2.29	0.9	0.262	0.065	
9.4	14	1.56	0.9	0.261	0.062	
9.6	19	1.58	0.9	0.26	0.067	
9.8	24	4	0.9	0.259	0.071	
10	16	0.94	0.9	0.258	0.063	
10.2	29	2.42	0.9	0.257	0.074	
10.4	18	1.38	0.9	0.256	0.065	
10.6	14	1.56	0.9	0.255	0.061	
10.8	10	1.11	0.9	0.254	0.058	
11	10	3.33	0.9	0.253	0.058	
11.2	3	1	0.9	0.252	0.052	
11.4	3	1	0.9	0.251	0.052	
11.6	4	1	0.9	0.249	0.053	
11.8	5	2.5	0.9	0.248	0.054	
12	5	0.71	0.9	0.247	0.054	
12.2	19	2.71	0.9	0.246	0.063	
12.4	21	3.5	0.9	0.245	0.064	
12.6	18	3.6	0.9	0.243	0.062	
12.8	21	3	0.9	0.242	0.064	
13	26	4.33	0.9	0.241	0.067	
13.2	24	4.8	0.9	0.24	0.066	
13.4	24	4.8	0.9	0.238	0.065	
13.6	26	5.2	0.9	0.237	0.066	
13.8	27	3	0.9	0.236	0.067	
14	35	1.84	0.9	0.235	0.072	
14.2	42	1.4	0.9	0.233	0.076	
14.4	64	3.4	0.9	0.232	0.088	
14.6	64	3.2	0.9	0.231	0.088	
14.8	64	3.2	0.9	0.229	0.087	
15	40	4	0.9	0.228	0.073	

Profondità tetto falda(m): 1

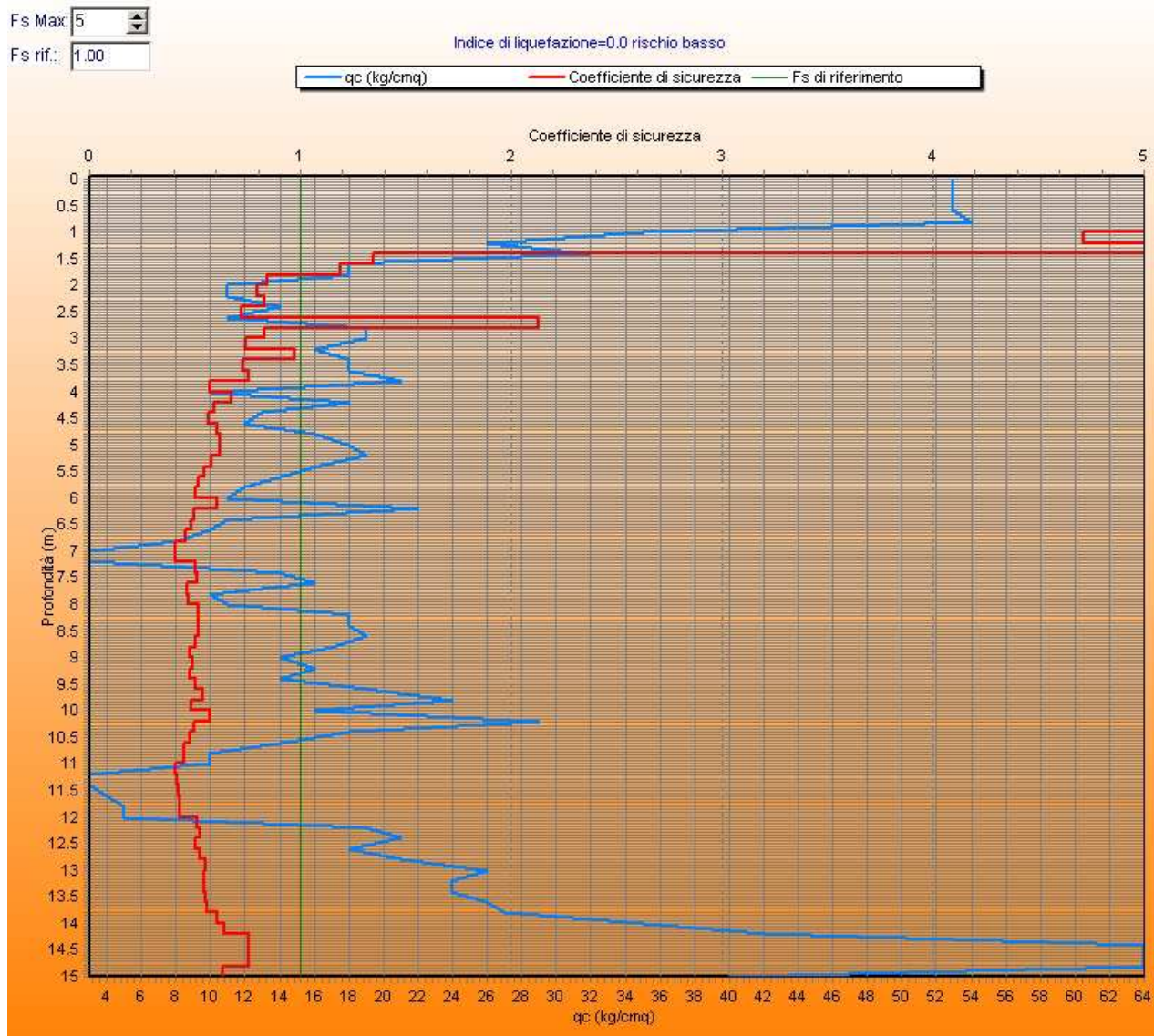
Profondità base falda(m): 15

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0.2299 Magnitudo di riferimento= 6.1

Indice di liquefazione=0.0 rischio basso

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 1.98

Fs = MSF x R / T



Figg. 26: Scheda e Grafico di restituzione relativi alla C.P.T. 1. l'Indice di Liquefazione è pari a 0,00: Rischio Molto Basso.

Committente: Zanetti e altri

Località: S M Codifiume

Descrizione: CPT1

Note: VERIFICA LIQUEFAZIONE

Sigla:

Stima del rischio di liquefazione con il metodo di Robertson e Wride (1997)

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
0.6	64	0.13	1.9	0.149	1.871	24.82
0.8	32	6.4	1.9	0.149	1.375	
1	96	0.71	1.9	0.148	1.244	16.57
1.2	72	5.33	0.9	0.156	2.72	34.56
1.4	29	6.54	0.9	0.168	0.302	
1.6	16	2.9	0.9	0.179	0.109	
1.8	11	0.94	0.9	0.188	0.086	
2	21	0.46	0.9	0.196	0.113	1.14
2.2	11	0.81	0.9	0.203	0.082	
2.4	14	0.5	0.9	0.209	0.138	1.31
2.6	13	0.58	0.9	0.214	0.083	
2.8	8	1.08	0.9	0.219	0.069	
3	11	0.58	0.9	0.223	0.075	
3.2	12	0.43	0.9	0.227	0.076	
3.4	18	1.2	0.9	0.23	0.088	
3.6	10	0.83	0.9	0.233	0.07	
3.8	8	0.28	0.9	0.236	0.065	
4	22	1.05	0.9	0.238	0.091	
4.2	16	0.57	0.9	0.24	0.078	
4.4	18	1	0.9	0.242	0.081	
4.6	10	0.77	0.9	0.244	0.066	
4.8	18	1.12	0.9	0.246	0.079	
5	16	1.07	0.9	0.248	0.075	
5.2	13	1	0.9	0.249	0.069	
5.4	13	1.3	0.9	0.25	0.069	
5.6	13	1.62	0.9	0.251	0.068	
5.8	11	0.85	0.9	0.252	0.065	
6	13	1.3	0.9	0.253	0.067	
6.2	10	1	0.9	0.254	0.063	
6.4	9	0.9	0.9	0.255	0.061	
6.6	9	1.29	0.9	0.256	0.061	
6.8	8	0.89	0.9	0.257	0.059	
7	10	0.59	0.9	0.257	0.062	
7.2	18	1.38	0.9	0.258	0.07	
7.4	10	0.83	0.9	0.259	0.061	
7.6	8	1.6	0.9	0.259	0.059	
7.8	6	0.35	0.9	0.259	0.056	
8	11	0.73	0.9	0.26	0.061	
8.2	16	0.84	0.9	0.26	0.066	
8.4	18	1.29	0.9	0.261	0.068	
8.6	15	1.87	0.9	0.261	0.064	
8.8	11	0.84	0.9	0.261	0.06	
9	14	1.27	0.9	0.261	0.063	

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
9.2	16	1	0.9	0.262	0.065	
9.4	19	1.72	0.9	0.261	0.067	
9.6	17	2.12	0.9	0.26	0.065	
9.8	11	0.85	0.9	0.259	0.059	
10	13	0.81	0.9	0.258	0.061	
10.2	12	0.75	0.9	0.257	0.06	
10.4	12	0.86	0.9	0.256	0.06	
10.6	12	1.33	0.9	0.255	0.06	
10.8	11	0.79	0.9	0.254	0.059	
11	19	1.9	0.9	0.253	0.065	
11.2	16	1.6	0.9	0.252	0.062	
11.4	14	1.27	0.9	0.251	0.06	
11.6	12	1.5	0.9	0.249	0.059	
11.8	13	1.18	0.9	0.248	0.059	
12	14	1.17	0.9	0.247	0.06	
12.2	13	1.18	0.9	0.246	0.059	
12.4	11	1.37	0.9	0.245	0.058	
12.6	12	1.33	0.9	0.243	0.058	
12.8	16	1.45	0.9	0.242	0.061	
13	22	1.57	0.9	0.241	0.065	
13.2	22	1.83	0.9	0.24	0.064	
13.4	24	2.67	0.9	0.238	0.065	
13.6	18	2	0.9	0.237	0.061	
13.8	19	1.9	0.9	0.236	0.062	
14	26	2.17	0.9	0.235	0.066	
14.2	29	2.23	0.9	0.233	0.068	
14.4	34	2.83	0.9	0.232	0.07	
14.6	35	3.89	0.9	0.231	0.071	
14.8	34	3.4	0.9	0.229	0.07	
15	45	3.75	0.9	0.228	0.076	
15.2	80	4.44	0.9	0.226	0.095	
15.4	80	3.08	0.9	0.223	0.734	6.52
15.6	112	4.31	0.9	0.22	1.091	9.81
15.8	112	4.31	0.9	0.217	1.092	9.95

Profondità tetto falda(m): 1

Profondità base falda(m): 15

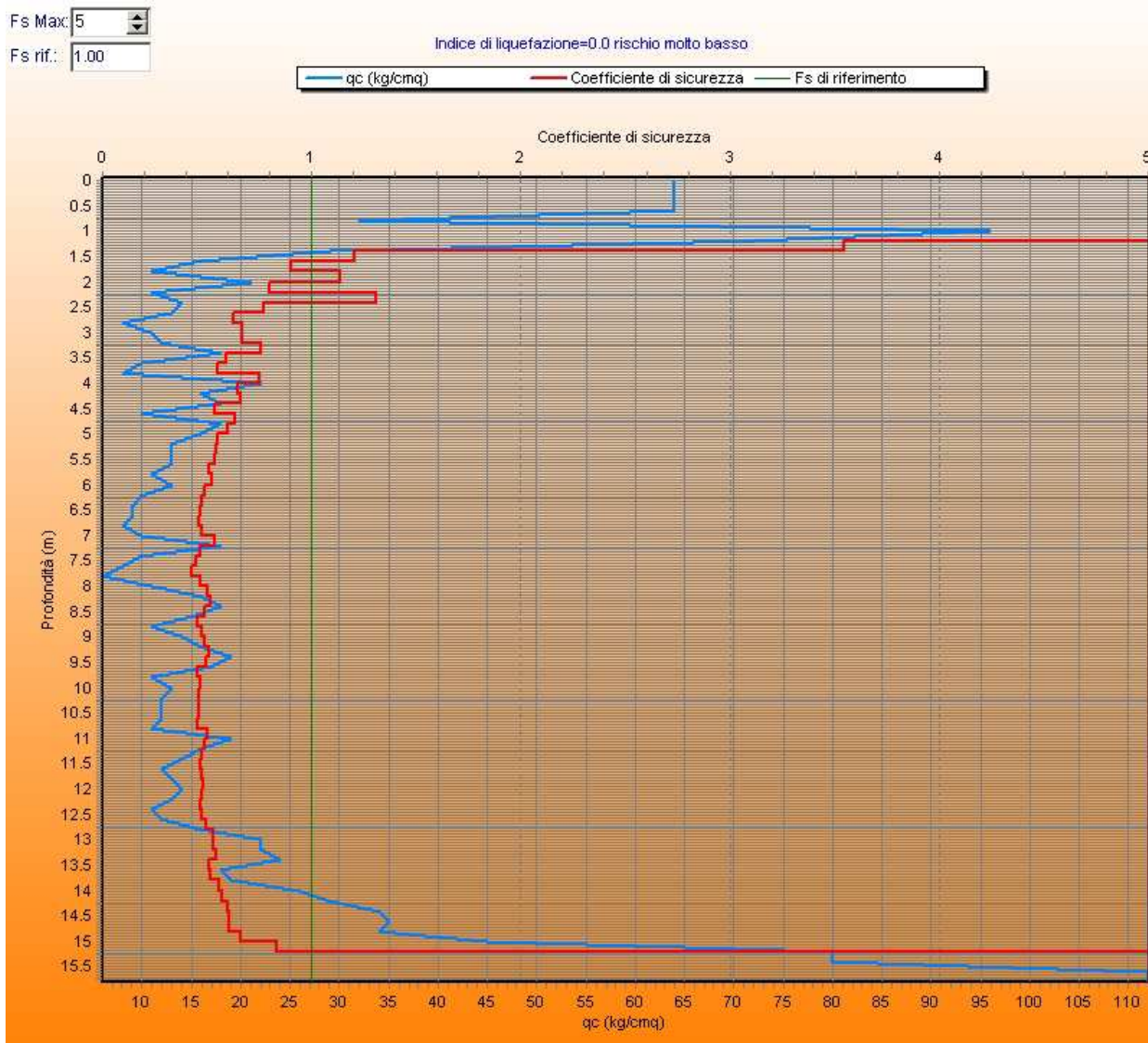
Accelerazione sismica di progetto(g)= 0.2299

Magnitudo di riferimento= 6.1

Indice di liquefazione=0.0 rischio molto basso

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 1.98

Fs = MSF x R / T



Figg. 27: Scheda e Grafico di restituzione relativi alla C.P.T. 2. l'Indice di Liquefazione è pari a 0,00: Rischio Molto Basso.

Committente: Zanetti e altri						
Località: S M Codifiume				Descrizione: CPT1		
Note: VERIFICA LIQUEFAZIONE						Sigla:
Stima del rischio di liquefazione con il metodo di Robertson e Wride (1997)						
Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
0.6	6	0.67	1.9	0.149	0.188	
0.8	12	0.75	1.9	0.149	0.112	1.49
1	19	0.9	1.9	0.148	0.136	1.81
1.2	9	0.5	0.9	0.156	0.088	
1.4	16	0.61	0.9	0.168	0.122	1.43
1.6	11	0.73	0.9	0.179	0.089	
1.8	10	0.59	0.9	0.188	0.083	
2	9	0.6	0.9	0.196	0.078	
2.2	8	0.57	0.9	0.203	0.073	
2.4	12	0.54	0.9	0.209	0.083	
2.6	14	1.08	0.9	0.214	0.086	
2.8	22	1.37	0.9	0.219	0.105	
3	14	0.82	0.9	0.223	0.082	
3.2	11	0.84	0.9	0.227	0.074	
3.4	11	0.15	0.9	0.23	0.098	0.84
3.6	24	1.71	0.9	0.233	0.098	
3.8	17	1.21	0.9	0.236	0.083	
4	12	0.92	0.9	0.238	0.072	
4.2	10	0.91	0.9	0.24	0.068	
4.4	10	1.11	0.9	0.242	0.067	
4.6	8	1.14	0.9	0.244	0.063	
4.8	8	0.8	0.9	0.246	0.063	
5	10	1.11	0.9	0.248	0.065	
5.2	8	1	0.9	0.249	0.062	
5.4	7	0.78	0.9	0.25	0.06	
5.6	6	0.75	0.9	0.251	0.058	
5.8	6	0.43	0.9	0.252	0.058	
6	9	0.56	0.9	0.253	0.062	
6.2	21	1.4	0.9	0.254	0.077	
6.4	10	1.11	0.9	0.255	0.062	
6.6	6	1	0.9	0.256	0.057	
6.8	5	0.45	0.9	0.257	0.056	
7	7	0.78	0.9	0.257	0.058	
7.2	6	0.4	0.9	0.258	0.057	
7.4	13	0.87	0.9	0.259	0.064	
7.6	13	1.44	0.9	0.259	0.064	
7.8	8	0.62	0.9	0.259	0.058	
8	13	1	0.9	0.26	0.063	
8.2	15	1.15	0.9	0.26	0.065	
8.4	17	1.7	0.9	0.261	0.067	
8.6	18	1.8	0.9	0.261	0.067	
8.8	16	1.33	0.9	0.261	0.065	
9	22	2	0.9	0.261	0.07	

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
9.2	16	1.6	0.9	0.262	0.065	
9.4	11	0.92	0.9	0.261	0.06	
9.6	13	1.62	0.9	0.26	0.061	
9.8	16	1.33	0.9	0.259	0.064	
10	19	0.79	0.9	0.258	0.066	
10.2	14	1.07	0.9	0.257	0.062	
10.4	15	1.67	0.9	0.256	0.062	
10.6	14	2	0.9	0.255	0.061	
10.8	13	0.93	0.9	0.254	0.06	
11	18	1.6	0.9	0.253	0.064	
11.2	18	1.64	0.9	0.252	0.064	
11.4	13	1.08	0.9	0.251	0.06	
11.6	13	1.62	0.9	0.249	0.06	
11.8	16	1.6	0.9	0.248	0.062	
12	19	1.73	0.9	0.247	0.064	
12.2	22	2.2	0.9	0.246	0.065	
12.4	22	3.14	0.9	0.245	0.065	
12.6	20	1.82	0.9	0.243	0.064	
12.8	26	2.17	0.9	0.242	0.067	
13	34	4.25	0.9	0.241	0.072	
13.2	29	4.14	0.9	0.24	0.069	
13.4	24	3	0.9	0.238	0.065	
13.6	29	4.14	0.9	0.237	0.068	
13.8	26	2.6	0.9	0.236	0.066	
14	26	3.25	0.9	0.235	0.066	
14.2	29	2.9	0.9	0.233	0.068	
14.4	26	3.25	0.9	0.232	0.066	
14.6	29	4.83	0.9	0.231	0.067	
14.8	26	3.25	0.9	0.229	0.065	
15	34	5.67	0.9	0.228	0.07	
15.2	35	1.94	0.9	0.226	0.07	
15.4	40	1.33	0.9	0.223	0.073	
15.6	64	1.73	0.9	0.22	0.363	3.26
15.8	80	4.31	0.9	0.217	0.094	

Profondità tetto falda(m): 1

Profondità base falda(m): 15

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0.2299

Magnitudo di riferimento= 6.1

Indice di liquefazione=0.3 rischio basso

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 1.98

Fs = MSF x R / T

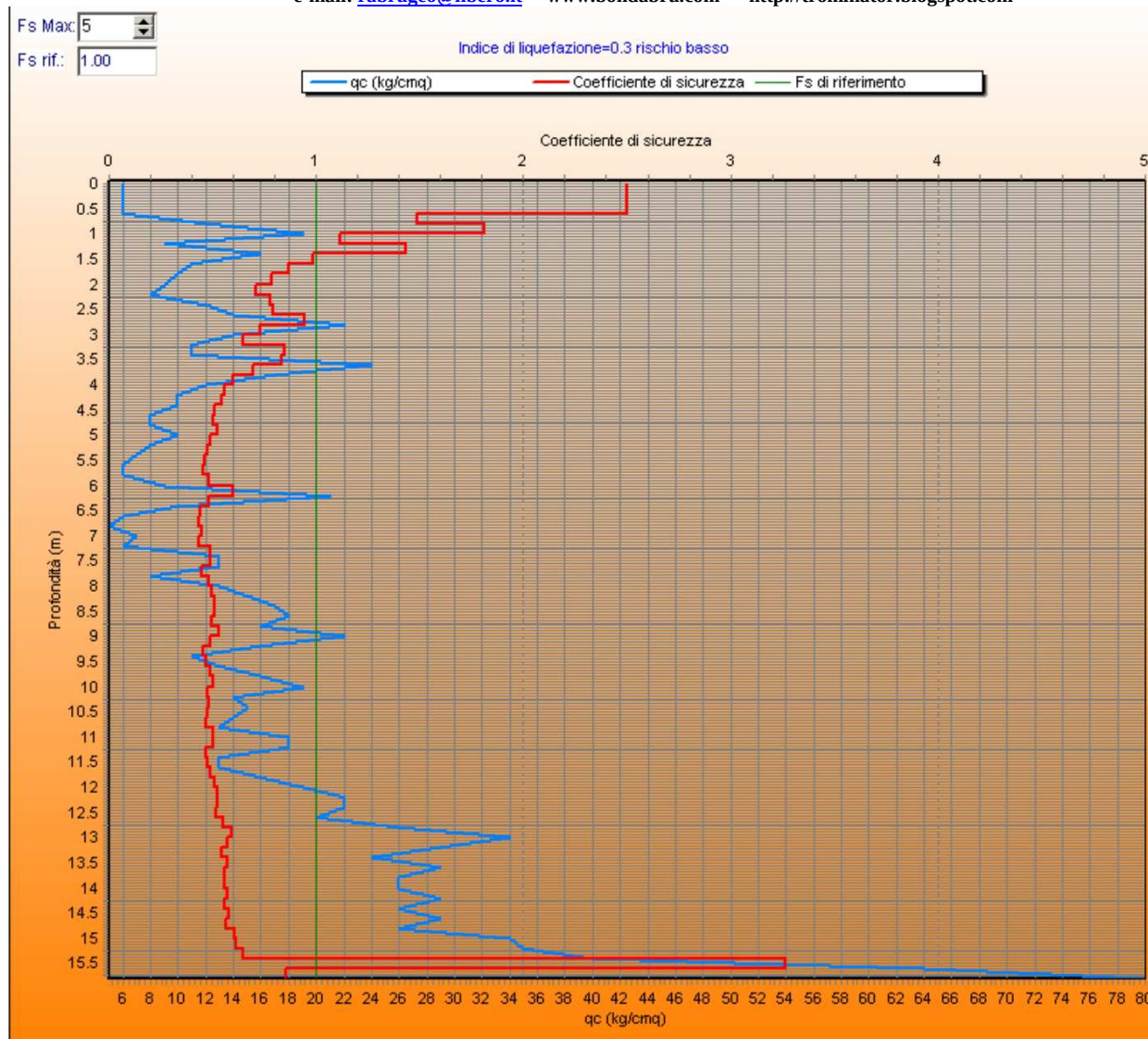


Fig. 28: Scheda e Grafico di restituzione relativi alla C.P.T. 3. L'Indice di Liquefazione è pari a 0,30: Rischio Basso. Si registra la potenziale liquefazione di uno spessore di 20 cm posto alla profondità di 3,40 m dal p.c., per il quale il Coefficiente di Sicurezza alla Liquefazione F_s è inferiore a 1,00.

Si può concludere che il rischio locale derivante da liquefazione, allo stato delle attuali conoscenze (invero ancora carenti circa tutta una serie di tematiche, si osservi comunque come i valori di f_s siano stati ridotti di un valore pari a 2,1 onde uniformarsi alle prove C.P.T.U. che paiono maggiormente descrivere il fenomeno della liquefazione) circa il fenomeno della liquefazione e per penalizzazioni notevoli circa il valore di M e l'altezza della falda, appare essere molto basso o basso.

Nella fattispecie solo in corrispondenza del punto di esecuzione della C.P.T. 3 si evince un rischio molto basso derivante dalla potenziale liquefazione di uno spessore di 20 cm posto alla profondità di 3,40 m dal p.c. Se anche la liquefazione avvenisse lo spessore sarebbe talmente tanto esiguo da non indurre fenomeni in alcun modo risentibili alla superficie.

Resta comunque da osservare che ogni lotto dovrà presentare, come imposto dalle D.M./N.T.C. apposito sondaggio stratigrafico che dovrà essere occasione di risoluzione delle eventuali tematiche di liquefazione anche attraverso la realizzazione di apposite prove in foro (S.P.T.) e contestuale raccolta di campioni di terreno sui quali realizzare le necessarie analisi di laboratorio geotecnico.

3.2.3. Terreni coesivi compressibili

L'Atto di Indirizzo 112/2007 della Regione Emilia-Romagna prevede anche che qualora si individuino terreni coesivi molto soffici ovvero caratterizzati da $C_u < 70$ KPa e Plastici e da un Indice Plastico (I_p) $\geq 30\%$ e nei quali si preveda un aumento delle pressioni interstiziali $\Delta u/\sigma'_0 \geq 0,3$ durante il terremoto di riferimento, si debba procedere a valutare l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alle dissipazioni dei pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

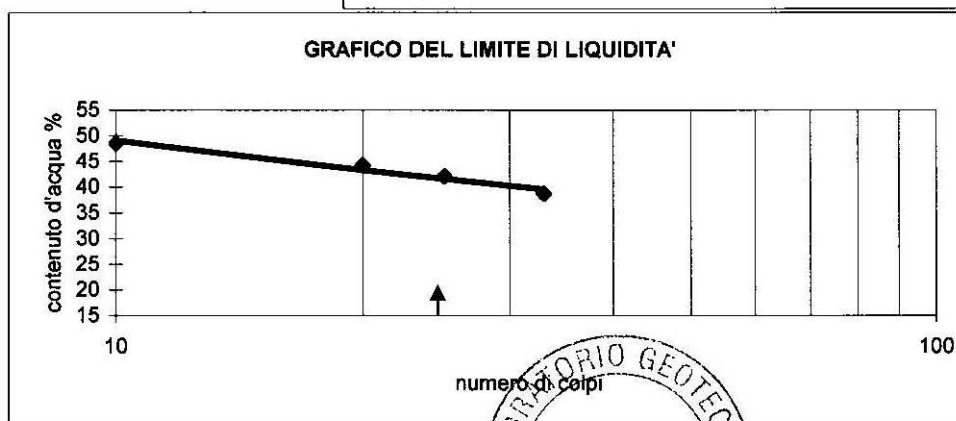
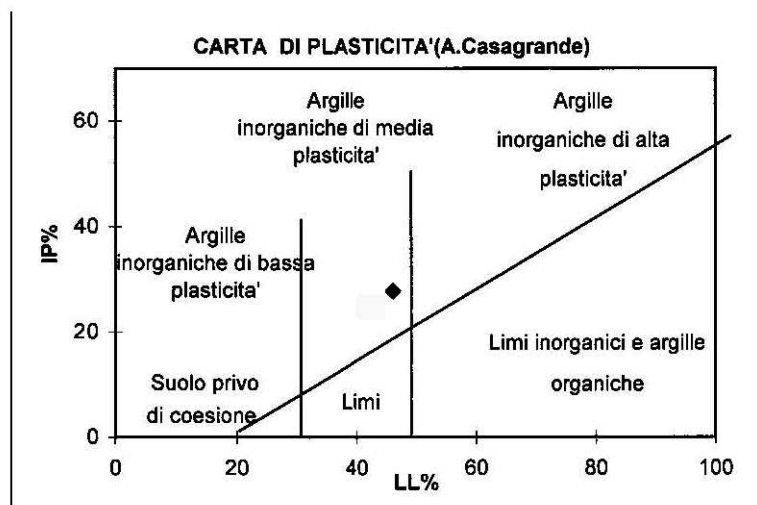
Come già riportato, in corrispondenza del punto di esecuzione del Sondaggio S1 si è eseguito un sondaggio stratigrafico condotto sino alla profondità di 6,00 m dal p.c. e si è raccolto un campione di terreno sui terreni argillosi presenti fra 2,00 e 2,50 m circa dal p.c. Su tale campione si sono quindi condotte apposite analisi di laboratorio geotecnico (debitamente dotato di apposita Concessione Ministeriale per le prove sulle terre), di seguito si riporta il certificato di analisi.

Laboratorio Dr. Geol. Antonio Mucchi
 Via A. Ascari, 8 - 44019 Gualdo (FE) - Tel 0532/815681
 Isc. C.C.I.A.A. di Ferrara n°170861-P.I. 00534480389
 Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Decreto n° 52494 del 11/10/2004
 Settore A: Prove di Laboratorio sui terreni (ai sensi dell'art.8 del D.P.R. n°246/1993)

LIMITI DI ATTERBERG (Norma CNR - UNI 10014)

Committente : Dr. Brunaldi R.
Cantiere : Santa maria Codifume
Campione : S1 C2 2,00- 2,50 m dal p.c.
Data inizio prova : 12/10/2010

Limite liquido %	48
Limite Plastico %	22
Umidita' naturale %	19.6
Indice Plastico %	26
Indice di consistenza :	0.91



Pagina 1 di 1

Sperimentatore Dr. Malagutti D.	Il Direttore Dr. Geol. Mucchi Antonio	Rapporto di prova Data emissione :14/10/10
------------------------------------	--	---

Fig. 29: Rapporto di analisi di laboratorio.

Essendo l'Indice Plastico I_p pari a 26% (e quindi inferiore a 30%), come riportato dall'atto di indirizzo, il calcolo può essere omissso.

3.3 Considerazioni sulla idrogeologia locale

Nei punti di esecuzione delle indagini penetrometriche si è potuta misurare la profondità della falda freatica (o perlomeno della prima falda sospesa) alle seguenti profondità:

- C.P.T. 1: -2,50 m circa dal p.c.; la misura è stata eseguita nell'anno 2007, a settembre.
- C.P.T. 2: -2,10 m circa dal p.c.; la misura è stata eseguita nell'anno 2010, a settembre.
- C.P.T. 3: -1,80 m circa dal p.c.; la misura è stata eseguita nell'anno 2010, a settembre.

Tali misure delineano il seguente assetto idrogeologico locale:

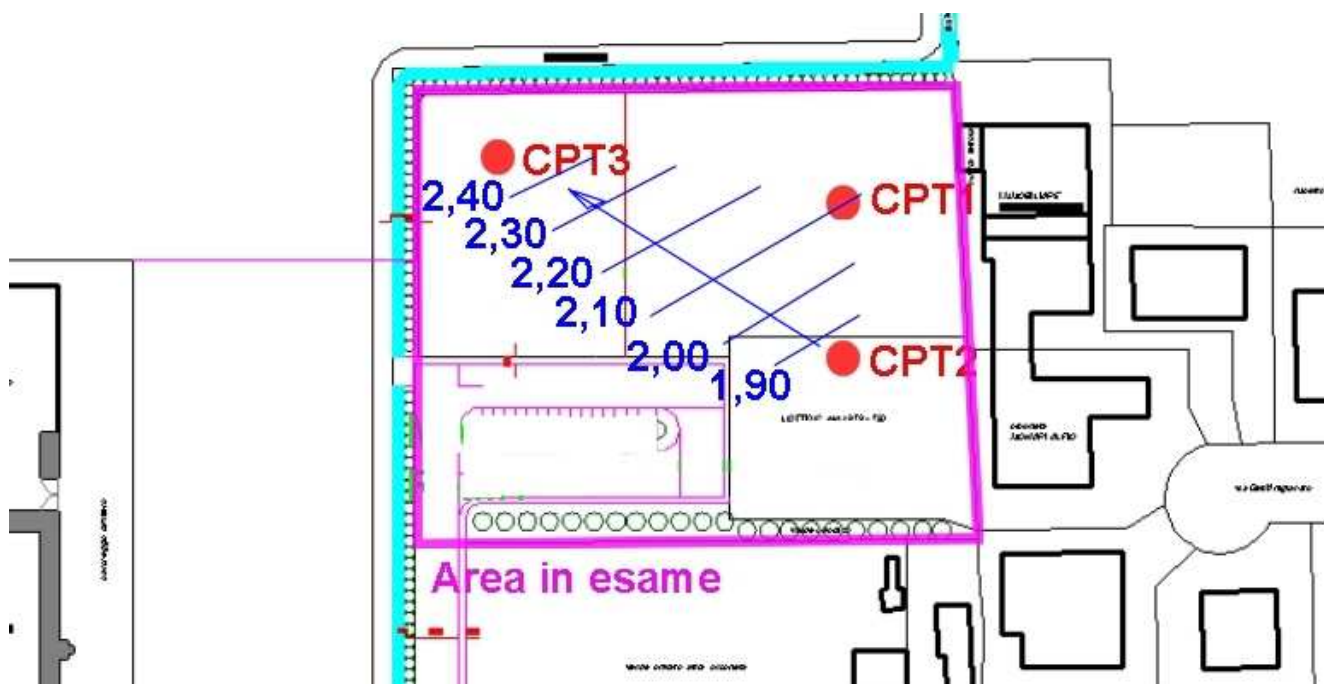


Fig. 30: Carta delle idroisobate (profondità della falda dal p.c.) e direzione di deflusso. Scala libera.

Si delinea quindi una alimentazione da Sud- Est verso Nord- Ovest, comunque ascrivibile all'attuale Fiume Reno o alle vene fossili delle paleo divagazioni dell'Idice. Il Reno è pensile su terreni sostanzialmente argillosi, il suo attuale tracciato è dovuto alle grandi modificazioni antropiche risalenti all'800. E' comunque appurato che o l'attuale Reno o le paleo divagazioni dell'Idice alimentano le campagne circostanti (quali ad esempio l'area in esame) per perdite di sub- alveo. Non si può poi escludere un controllo piezometrico legato all'altezza del pelo libero dell'acqua nel corso idrico. Il regime del Reno è torrentizio, con improvvise piene caratterizzate anche da notevoli altezze piezometriche e magre normalmente molto prolungate. Ciò può determinare oscillazioni della falda freatica dell'ordine dei due metri o più.

Ci si potranno cioè attendere profondità della falda comprese fra 1,50 e 4,00 m circa dal p.c. con valori medi di circa 2,50 m dal p.c. Come si può evincere dal seguente stralcio dell'apposita cartografia di riferimento del P.S.C. di Argenta. E come in accordo con le misure eseguite sull'area in esame.



Fig. 31: stralcio a scala libera della Carta delle Idroisobate del P.S.C. di Argenta.

Tali variazioni sono assolutamente normali/naturali per le falde freatiche sospese e per tutta la Pianura Padana, ma per l'area in esame, come già riportato, potrà esservi il controllo piezometrico determinato dal particolare regime del Fiume Reno. Di tale attitudine della falda occorrerà tenere debito conto in fase di indagine di ogni singolo lotto, in relazione alle tipologie e geometrie fondali ed alle "performances" richieste dalle strutture in elevazione (e/o dalle relative finiture ecc.) infatti la variazione della falda potrà causare o meno, fenomeni di ritiro e rigonfiamento dei terreni di fondazione. Fenomeni che potrebbero seguire l'andamento stagionale o essere anche molto meno regolari e/o, come visto, influenzati dal particolare regime del Fiume Reno. Occorrerà cioè verificare puntualmente l'eventuale entità di tali ritiri/rigonfiamenti e se tale entità può essere congrua con le strutture da realizzarsi.

Negli immediati intorno dell'area in esame si rilevano alcuni corpi idrici d'origine antropica a funzionalità idraulica/irrigua (come riportati in Fig. 1), quali il Condotto Leona che scorre a qualche centinaio di metri a Nord dell'area in esame ed evacua le acque Verso Nord- Est. Scoline e fossi costellano poi la campagna regolando il deflusso delle acque.

Dall'apposita cartografia di riferimento del P.S.C. (Tav. B.2.6. Aree Allagate) si può rilevare come per l'area in esame si possano rilevare episodi storici di alluvionamento relativi all'anno 1996 e di persistenza sino a 4 giorni. Chiaramente nel frattempo il Consorzio di Bonifica ha provveduto ad eseguire estesi lavori di ricondizionamento del reticolo scolante ma, nel caso si ulteriori catastrofici e prolungati collassi della rete di scolo (idrovore, impianti di sollevamento ecc.) sarà opportuno mettere in opera provvedimenti quali ad esempio l'innalzamento del piano di campagna dell'intero comparto industriale da realizzarsi. La cosa fra l'altro non presenta particolari problematiche dato che il p.c. dovrà comunque essere ricondotto alle attuali quote dei vari capannoni attualmente presenti e dato che ciò è già stato realizzato per la parte più a Nord- Est dell'area in esame.

4. STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE- DESCRIZIONI

4.1 Introduzione

In ottemperanza all'Atto di Indirizzo 112/2007 della Regione Emilia-Romagna, è stato eseguito uno studio di risposta sismica locale volto alla definizione delle frequenze di risonanza del terreno, dei Fattori di Amplificazione e degli spettri di risposta elastici attesi nel sito in esame (e comunque anche al D.M./N.T.C. 2008).

Per la finalità della presente relazione di caratterizzazione sismica, sono state eseguite le seguenti indagini:

- 4 prove sismiche passive a stazione singola (HVSr);
- 2 prove sismiche attive in array di tipo MASW;
- 2 prove sismiche passive in array di tipo ReMi.

L'ubicazione di tali indagini è riportata alla Fig. 3, alla quale si rimanda.

L'interpretazione delle indagini sismiche si è appoggiata alle conoscenze stratigrafiche locali derivanti dall'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo ed a quelle derivanti dall'esecuzione di indagini penetrometriche statiche, nonché sulla base di conoscenze stratigrafiche reperibili dall'apposita banca dati regionale. Tale studio è stato realizzato dalla Dott.ssa Geol. Giulia Sgattoni.

Il lavoro si è svolto in una prima fase di indagini ed elaborazione del modello di sottosuolo in termini di profilo di velocità delle onde di taglio e frequenze di risonanza, ed una seconda fase di modellazione numerica del comportamento dinamico del sottosuolo (mediante il codice di calcolo unidimensionale EERA) sottoposto agli input sismici rappresentati dai terremoti di riferimento forniti dalla normativa della Regione Emilia- Romagna per il Comune di Imola (Atto di Indirizzo 112/2007).

Le indagini e la successiva modellazione hanno permesso di determinare le frequenze proprie dei terreni, le funzioni di trasferimento *bed rock*- superficie che mostrano i fattori di amplificazione del moto sismico alle varie frequenze e gli spettri di risposta che quantificano la sollecitazione massima a cui sono sottoposte le strutture in funzione del loro periodo proprio, per un determinato terremoto ed in funzione del suolo modellato.

4.2. Risposta Sismica Locale

Il moto sismico generato da un terremoto alla superficie di un sito in condizioni free- field (cioè in assenza di strutture) dipende da un insieme di fenomeni fisici che possono essere raggruppati in tre categorie: meccanismo di sorgente, propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito ed effetti di sito. I primi due gruppi di fenomeni definiscono il moto sismico di ingresso al sito che può subire importanti modifiche a causa dell'interazione delle onde sismiche con le condizioni locali del sito in esame. Queste ultime indicano l'insieme delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi superficiali e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

L'insieme delle modifiche che il moto sismico di ingresso al sito subisce, in termini di ampiezza, contenuto in frequenza e durata, per effetto delle condizioni locali, è indicato globalmente con il termine di risposta sismica locale (Rapolla, 2008). Tale studio consiste nella definizione del livello energetico e delle caratteristiche spettrali a cui lo specifico sito potrebbe essere esposto in caso di terremoto. Un'analisi di questo tipo viene condotta mediante una modellazione del sottosuolo e del comportamento dinamico di questo in conseguenza di un determinato input sismico (Rapolla, 2008).

4.3 Amplificazione Sismica di Sito

L'amplificazione sismica di sito è dovuta a vari fattori quali rigidità del terreno, risonanza stratigrafica, topografia. Gli effetti dei depositi di materiali sciolti caratterizzati da velocità di propagazione basse sul moto del suolo sono noti da anni e sono stati descritti in diversi lavori scientifici (es. Kramer, 1996). Numerose evidenze sperimentali dimostrano infatti come strati di sedimenti inconsistenti poggianti su terreni rigidi amplificano notevolmente il moto del suolo a valori di frequenza che dipendono dagli spessori delle coperture e dalla loro rigidità assoluta. Tale fenomeno è dovuto alla risonanza delle coltri sedimentarie, dovuta all'intrappolamento delle onde nel deposito sedimentario a causa di molteplici riflessioni dell'onda sismica SH o P incidente dal basso sulla coltre di sedimenti. L'ampiezza delle oscillazioni indotte sulle coperture è limitata principalmente dai coefficienti di attenuazione dei materiali.

3.4. Individuazione del modello di sottosuolo

Le indagini effettuate hanno permesso di ricostruire un modello di sottosuolo descritto dal profilo di Vs (velocità delle onde di taglio) e dalle frequenze di risonanza. A questo scopo sono state eseguite le già citate prove sismiche di tipo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e ReMi (Refraction Microtremors) localizzate come già riportato in Figura 23.

3.4.1 tecnica d'indagine passiva a stazione singola HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o H/V:

La sismica passiva è una tecnica di prospezione del sottosuolo che si basa sulla registrazione del rumore sismico ambientale, detto anche microtremore, poiché costituito da oscillazioni, presenti ovunque sulla superficie terrestre, molto piccole (10-15 m/s² in termini di accelerazione), svariati ordini di grandezza inferiori rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. Il rumore sismico è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Il microtremore è in generale costituito da onde di volume e onde superficiali in diverse proporzioni. Diversi studi hanno dimostrato il ruolo predominante delle onde superficiali rispetto a quelle di volume, soprattutto

a basse frequenze (Li et al., 1984; Horike et al. 1985; Yamanaka et al., 1994). I contributi dei diversi tipi di onde superficiali (onde di Rayleigh e di Love) sono tutt'ora discussi (SESAME WP08, 2004).

La tecnica HVSR consiste nella registrazione del microtremore ambientale per un intervallo di tempo di 10- 20 min, presso una singola stazione di misura. Per estrarre informazioni relative al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito, sono stati proposti diversi metodi, a partire dagli studi di Kanai (1957). La tecnica oggi più utilizzata è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e verticale, comunemente nota con il termine H/V. Tale tecnica fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. In realtà, questa tecnica è riconosciuta affidabile per la misura della frequenza di risonanza del sito (individuata da un picco nella curva H/V), ma non per la determinazione dell'amplificazione sismica, poiché l'ampiezza dei picchi della curva H/V, pur essendo legata al contrasto d'impedenza tra strati, non è correlabile in modo semplice con l'amplificazione sismica (Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME WP12, 2004).

Tale prova permette di individuare le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica. Nel caso di un sistema costituito da uno strato soffice di spessore h (es. copertura sedimentaria) su semispazio rigido (bedrock), la curva H/V mostra un picco in corrispondenza della frequenza di risonanza delle onde SH nello strato tenero entro cui esse restano intrappolate per riflessione multipla. La frequenza a cui si manifesta la risonanza è individuata dall' equazione:

$$f = \frac{V_s}{4h}(2n+1), n = 0,1,2...$$

dove V_s è la velocità delle onde trasversali nello strato soffice. Per $n=0$ si ha la frequenza fondamentale e per $n>0$ si hanno le frequenze dei modi superiori.

Tale equazione mostra anche l'applicazione stratigrafica della tecnica HVSR: a partire da una misura di microtremore che fornisce f , in presenza di una stima della V_s delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa, noto lo spessore di uno strato (ad es. da prove penetrometriche), è possibile ricavare informazioni sulle velocità delle onde S (Castellaro et al., 2005). In presenza di un sistema multistrato, invece, la curva mostra vari picchi in corrispondenza delle frequenze di risonanza del sistema. In questo caso, però, l'inversione della curva per ottenere una stratigrafia sismica è complessa e richiede la modellizzazione del campo d'onde nei mezzi stratificati (Castellaro e Mulargia, 2009a). Da indagini effettuate direttamente sul bedrock, la curva H/V risulterà invece piatta e con ampiezza circa uguale ad 1.

La prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontale e verticale deriva dal fatto che questo permette un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale, c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con diversi livelli del rumore di fondo (Mulargia et al., 2007).

4.4.2 Acquisizione ed elaborazione dei dati (HVSR):

La misura è stata eseguita con il tromografo digitale Tromino (Micromed S.p.A.), un apparecchio portatile compatto dotato di tre velocimetri orientati nelle direzioni N-S, E-W e verticalmente, un digitalizzatore a 24 bit ed il sistema di archiviazione su flash memory. Si è acquisita una registrazione della durata di 10 minuti, campionata ad una frequenza di 128 Hz. Il segnale acquisito, utilizzando il software Grilla (in dotazione con il tromografo Tromino), è stato quindi corretto per la linea di base (sottraendo a ciascun punto la media effettuata sull'intera traccia), corretto da andamenti (trend) anomali (sottraendo la retta della regressione lineare effettuata su tutti i punti della traccia, filtrato con un passa banda tra 0.1 e 64 Hz.

Le registrazioni sono state suddivise in finestre di 20 secondi senza sovrapposizione. Le finestre sono state pulite, trasformate nel dominio delle frequenze per mezzo di una FFT (Fast Fourier Transform) e levigate con una finestra triangolare di larghezza pari al 10% della frequenza centrale. La curva H/V media è ottenuta dalla media delle componenti orizzontali (H) divise per la componente verticale (V). Per ogni curva H/V è dato anche l'intervallo di confidenza.

4.4.3 Tecniche in array:

Le tecniche in array sono metodi di prospezione basati sulla registrazione sincrona di un segnale sismico lungo uno stendimento di sensori. Il segnale può essere o il rumore sismico ambientale (sismica passiva) o il campo d'onde indotte da una sorgente energizzante (sismica attiva).

In questo studio sono state utilizzate due tecniche, una passiva denominata ReMi (Refraction Microtremor, Louie, 2001), ed una attiva, chiamata MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves; Park et al., 1999; Xia et al., 1999). Entrambe sfruttano la proprietà dispersiva delle onde superficiali per ricavare le curve di dispersione (ovvero la variazione della velocità di fase in funzione della frequenza) e da esse, tramite opportuna inversione, il profilo di Vs nel sottosuolo.

4.4.4 ReMi (Refraction Microtremor):

La tecnica ReMi fu introdotta da Louie (2001), che propose una disposizione lineare di geofoni, analoga a quella usata per le indagini di sismica a rifrazione, per il campionamento del microtremore sismico.

L'algoritmo alla base del metodo di analisi fu proposto da McMechan e Yedlin (1981), allo scopo di studiare le onde superficiali presenti nelle acquisizioni di sismica attiva. Esso consiste sostanzialmente nell'esecuzione di due trasformazioni del segnale:

- 1) slant-stack ("sovrapposizione obliqua") delle tracce acquisite nel dominio del tempo.
- 2) Trasformata di Fourier su dei fasci formati al punto 1).

In pratica, nota la geometria dello stendimento, per ogni valore di V_s di prova si calcola il ritardo della stessa onda ai geofoni e si studia la correlazione del segnale tra i punti dello stendimento. Il massimo di tale correlazione sarà ottenuto per il valore di V_s che più si avvicina a quello reale.

Il problema maggiore di questa tecnica è legato all'uso di uno stendimento lineare di sensori: infatti, non essendo nota la direzione di provenienza delle onde che costituiscono i microtremori rispetto all'orientamento dell'array, è possibile che la curva di dispersione mostri una velocità apparente maggiore di quella reale. Per questa ragione, a titolo cautelativo, la curva teorica viene fatta passare lungo il margine inferiore della fascia di massima energia associata alle onde di Rayleigh nella curva di dispersione.

4.4.5 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves):

Il metodo MASW si basa sull'acquisizione multicanale del campo d'onda indotto da un dispositivo di energizzazione allineato con l'array di geofoni. Durante una acquisizione MASW vengono effettuate alcune registrazioni di un impulso generato ad esempio dalla caduta di un grave (mazza battente, salto dell'operatore). La durata di ogni acquisizione è di qualche secondo, in relazione alla distanza tra il primo e l'ultimo geofono e alla velocità media che caratterizza il terreno. La tecnica MASW sfrutta lo stesso algoritmo alla base del metodo ReMi, ma, in questo caso, essendo nota la direzione di provenienza del campo d'onde ed essendo maggiore il rapporto segnale-correlato/rumore, le curve di dispersione sono meglio definite rispetto a quelle ottenute con la tecnica passiva e la curva di dispersione teorica viene fatta passare al centro della fascia di massima energia. I modi superiori possono risultare energeticamente dominanti in funzione della geometria dello stendimento impiegata, del contenuto energetico della sorgente e della stratigrafia locale, soprattutto in presenza di bruschi gradienti di velocità nel sottosuolo e di inversioni di velocità.

4.4.6. Acquisizione ed elaborazione dei dati (MASW, ReMi):

Per le misure in array è stato utilizzato il sistema digitale multicanale SoilSpy Rosina (Micromed S.p.A.), collegato a geofoni verticali tradizionali a bassa frequenza (4.5 Hz). Tale sistema, in cui il segnale viene digitalizzato all'altezza dei singoli geofoni e non alla fine di centinaia di metri di cavo ha il vantaggio di aumentare notevolmente il rapporto segnale/rumore e di ridurre drasticamente i pesi e le dimensioni della strumentazione. Il sistema si connette ad un qualsiasi PC portatile o palmare con sistema operativo Windows per l'impostazione dei parametri di acquisizione, il salvataggio dei dati e la loro pre-analisi.

È stato utilizzato uno stendimento lineare di 16 geofoni con spaziatura di 5,20m, per una lunghezza totale di 80 m. Per la prova attiva MASW come sorgente energizzante è stata utilizzata la caduta di un grave (salto dell'operatore) in linea con l'array, a circa 10 m di distanza dal primo geofono. Sono stati registrati 3 impulsi per ogni sito con frequenza di campionamento di 512 Hz. Per l'analisi ReMi è stato acquisito il rumore ambientale lungo l'array lineare per una durata di 5 minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz.

Anche per l'elaborazione dei dati delle prove in array è stato utilizzato il software Grilla, che permette anche il fit congiunto delle curve H/V con le curve di dispersione.

I dati della prova in array di tipo passivo (ReMi) sono stati suddivisi in 30 finestre di 10 secondi, per ognuna delle quali è stata ottenuta una curva di dispersione. Le finestre sono state analizzate singolarmente per individuare quelle più coerenti, poi mediate ed interpretate con modellazione diretta (forward modeling).

Di seguito si illustreranno i risultati complessivi derivanti dalle elaborazioni delle misure eseguite e testè descritte.

5. RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA

5.1 Frequenza di risonanza del sito

Con la tecnica HVSR è stata individuata la **frequenza di risonanza del sito, pari a circa 1,00 Hz circa.**

Tale frequenza è ben individuata da un picco visibile in tutte le quattro curve H/V ottenute nei quattro punti di misura e corrisponde ad un *bedrock* sismico stimato a profondità di circa 80 m, come visibile nei modelli di sottosuolo riportati a seguire.

Si osserva anche un modesto picco a frequenza 2 Hz.

Alla seguente figura sono mostrate a confronto le quattro curve H/V, che risultano del tutto analoghe, testimoniando una sostanziale omogeneità dell'area investigata.

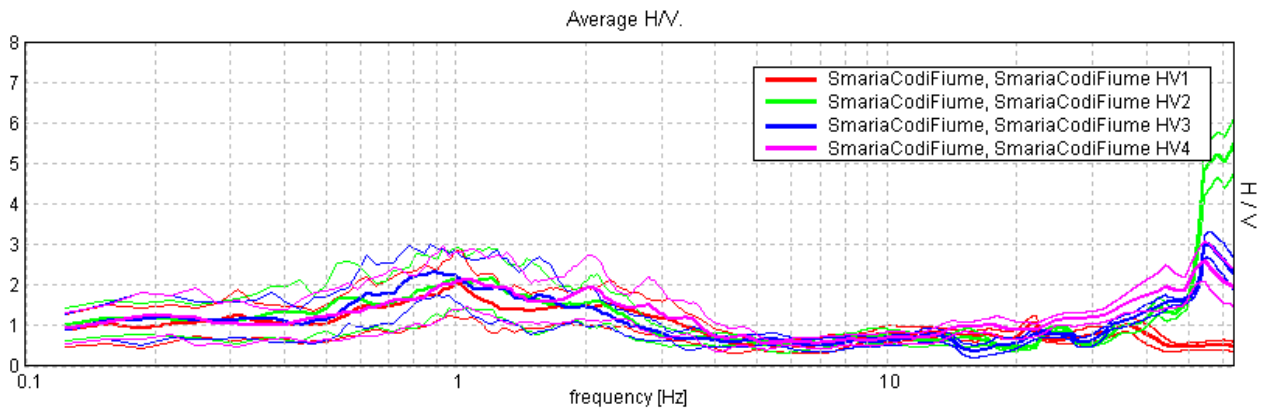


Fig. 32: Curve H/V ottenute nei quattro punti di misura mostrati in Fig. 3.

5.2 Profilo di Vs

Come mostrato in precedenza sono state eseguite indagini sismiche lungo due stendimenti paralleli, distanziati di circa 50 m. Lungo ognuno sono state effettuate una prova MASW, una ReMi e due HVSR. Operando con un fit congiunto della curva H/V e delle curve di dispersione ottenute dalle prove in array, sono stati quindi ottenuti due profili di velocità delle onde di taglio (V_s) nel sottosuolo. I due profili sono risultati molto simili, differendo solo negli strati più superficiali.

Di seguito si riportano i due profili di velocità ottenuti e le corrispondenti curve H/V e curve di dispersione delle onde di Rayleigh ottenute dalle prove MASW e ReMi.

PROFILO 1:

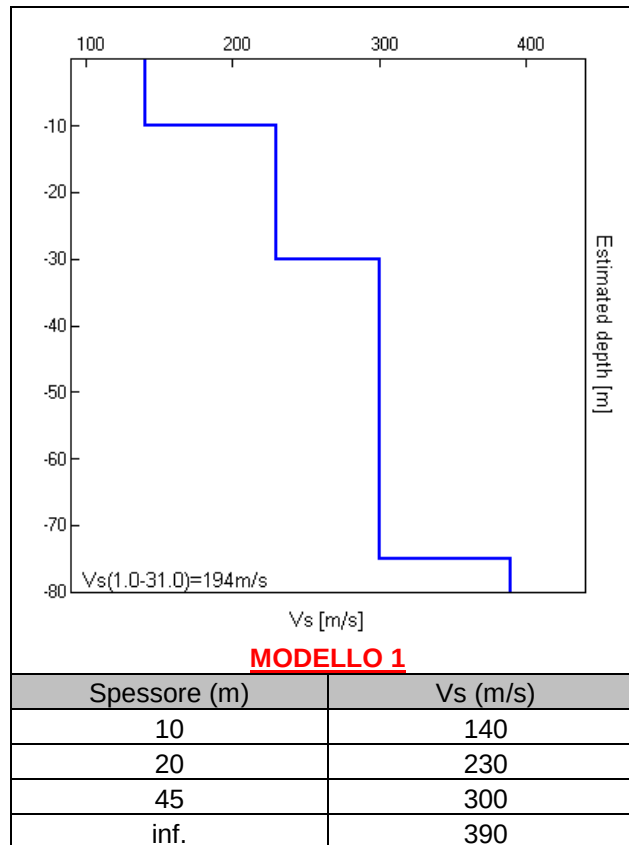
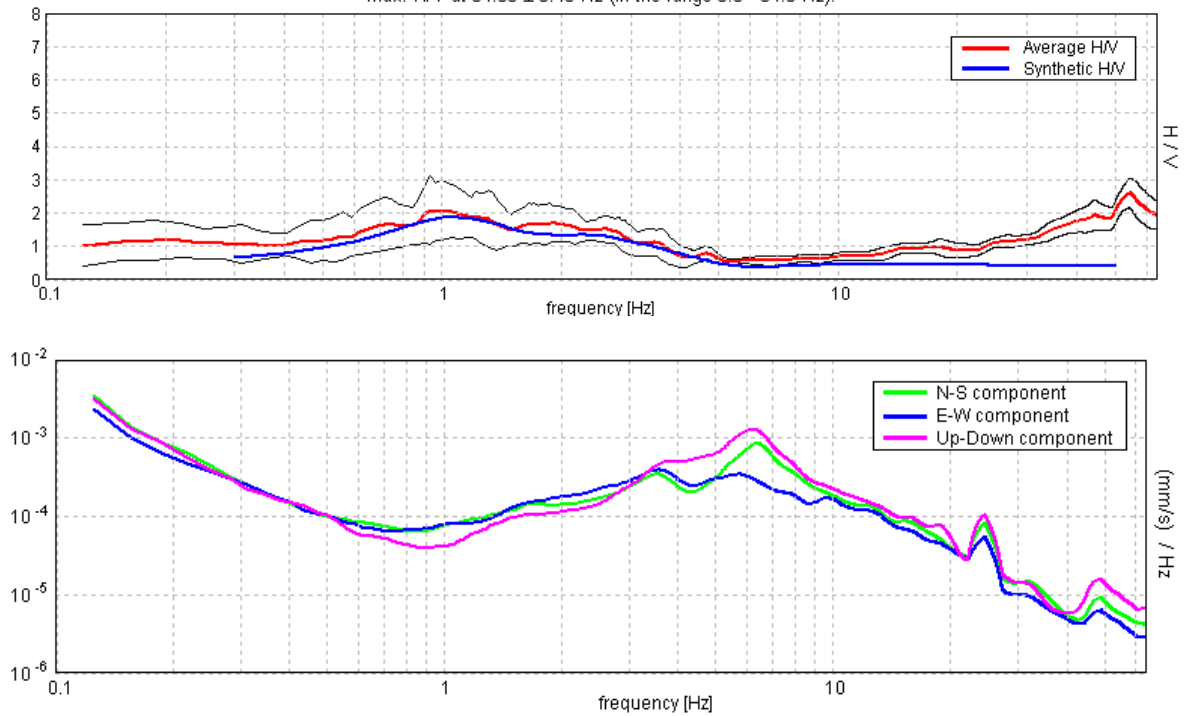
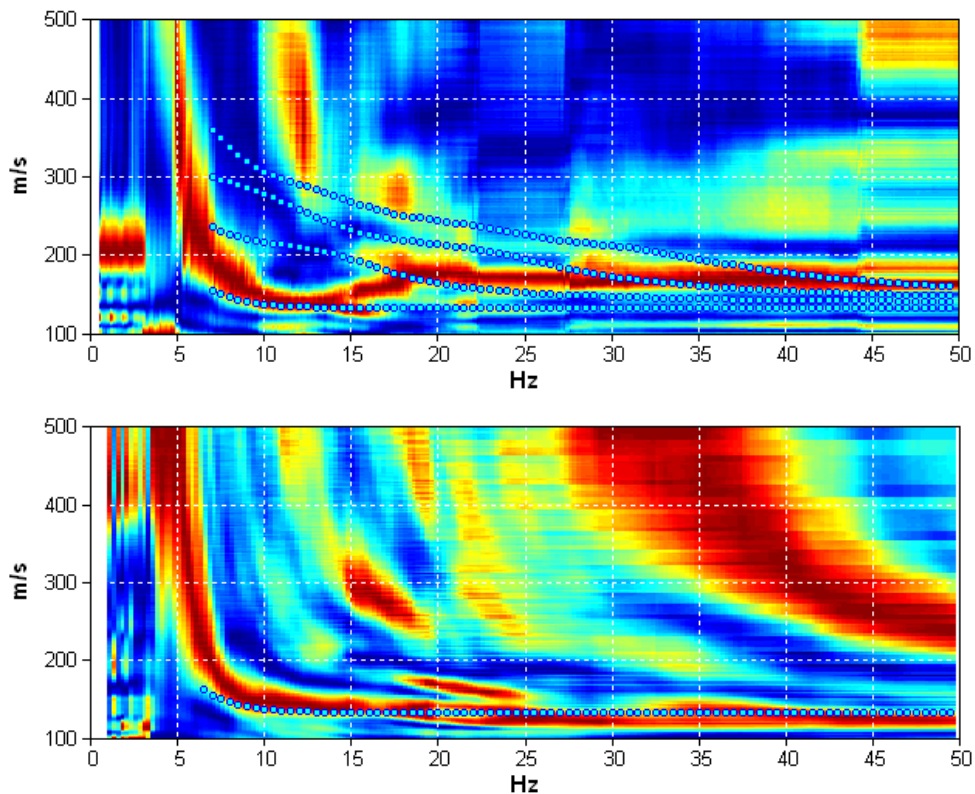


Fig. 33 e Tab.: Profilo di Vs ottenuto dal fit congiunto delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh (da prove MASW e ReMi) con la curva H/V corrispondente allo stendimento indicato con il numero 1 in Fig. 3.



Figg. 34: In alto: curva H/V sperimentale (media in rosso e deviazione standard in nero) e curva H/V teorica (in blu) ottenuta per il modello di sottosuolo 1. In basso: spettri delle singole componenti del moto (NS, EW e Z).



Figg. 35: Spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh (contour) ottenuti con le prove MASW (in alto) e ReMi (in basso). I pallini corrispondono alla curva di dispersione teorica ottenuta dal modello di sottosuolo 1. Nella figura in alto sono mostrati i primi quattro modi della curva di dispersione, in basso solo il modo fondamentale.

PROFILO 2:

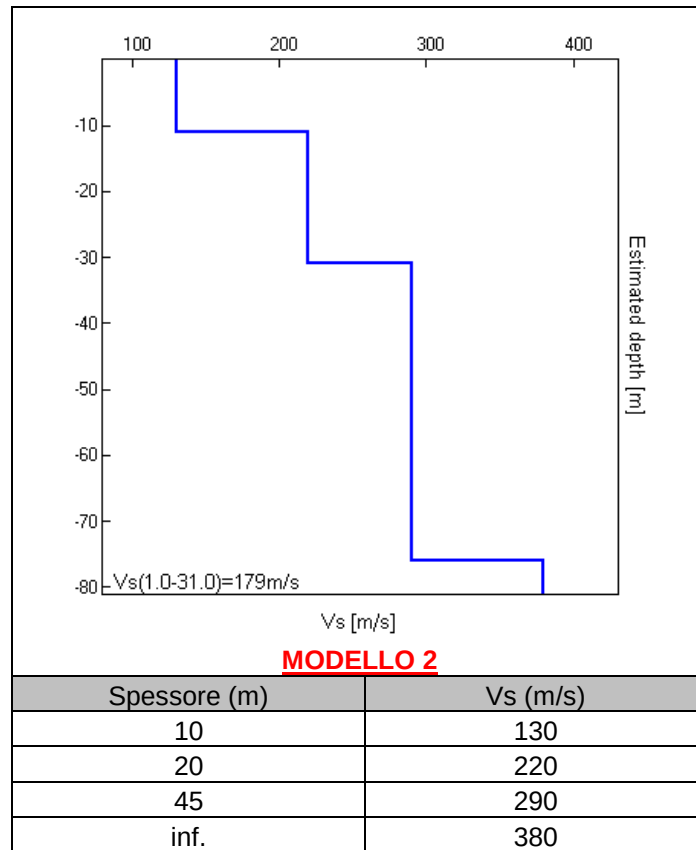
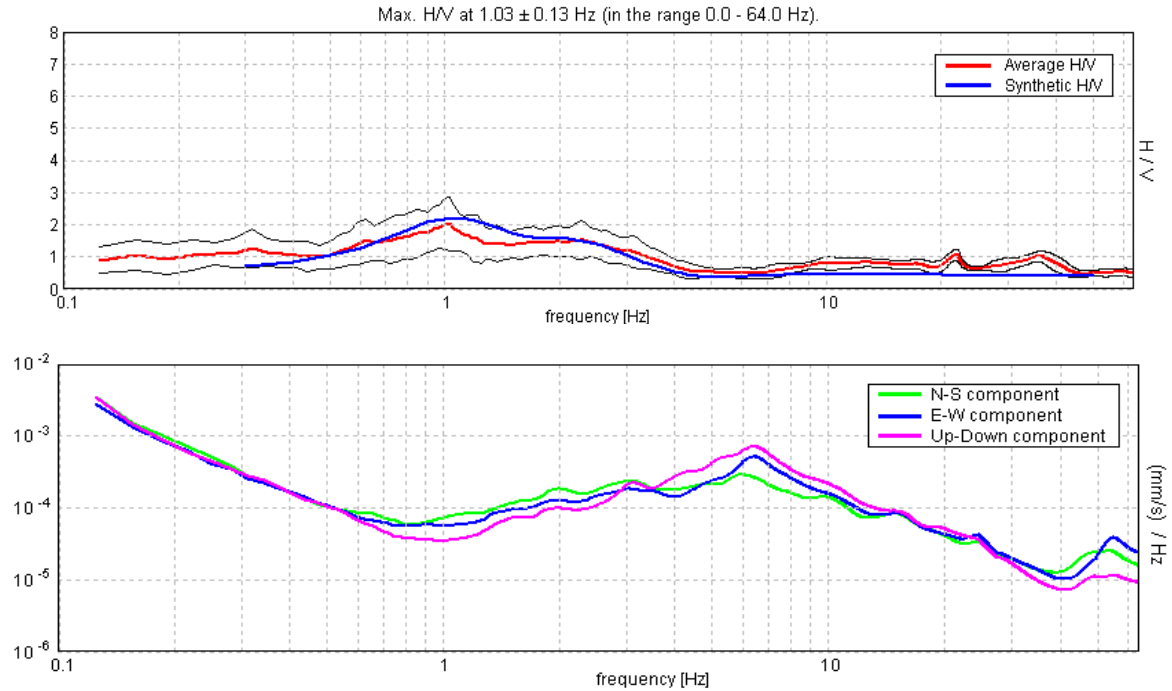
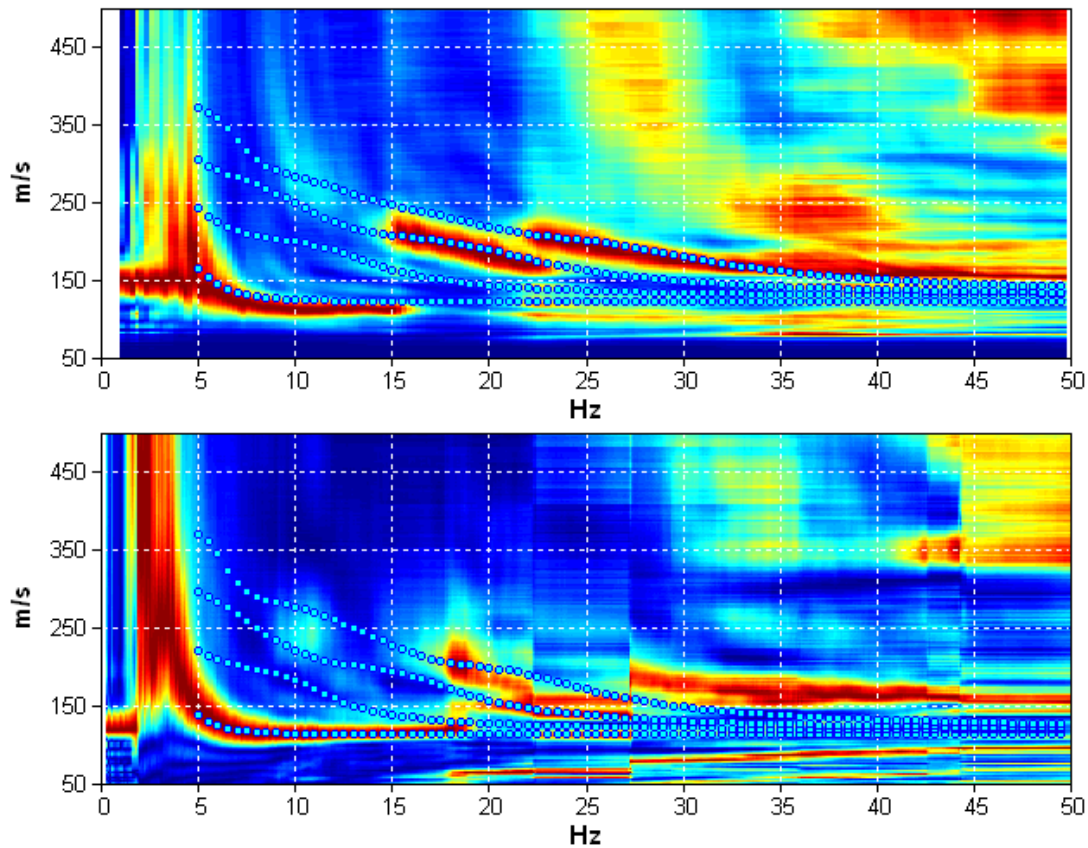


Fig. 36 e Tab.: Profilo di Vs ottenuto dal fit congiunto delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh (da prove MASW e ReMi) con la curva H/V corrispondente allo stendimento indicato con il numero 2 in Fig.3.



Figg. 37: In alto: curva H/V sperimentale (media in rosso e deviazione standard in nero) e curva H/V teorica (in blu) ottenuta per il modello di sottosuolo 2. In basso: spettri delle singole componenti del moto (NS, EW e Z).



Figg. 38: Spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh (contour) ottenuti con le prove MASW (in alto) e ReMi (in basso). I pallini corrispondono ai primi quattro modi della curva di dispersione teorica ottenuta dal modello di sottosuolo 2.

5.3 Analisi numerica

Per determinare la risposta del sottosuolo attesa in superficie a partire da un input (terremoto) tipico atteso al bedrock, è stato utilizzato il codice EERA (Equivalent- linear Earthquake site Response Analyses; J.P.Bardet et al., 2000), in grado di modellare la propagazione unidimensionale delle onde di taglio in un mezzo a stratificazione orizzontale. Il caso esaminato in questo lavoro è infatti riconducibile alla situazione più semplice di deposito caratterizzato da topografia piana e stratificazione orizzontale, in tal caso è possibile adottare un modello geometrico mono- dimensionale. Il codice di calcolo adottato si fonda su un modello di sottosuolo viscoelastico non lineare e adotta un metodo risoluzione che si definisce di tipo lineare equivalente. Questo significa che tiene conto della dipendenza del modulo di taglio G e del fattore di smorzamento D dal livello deformativo utilizzando un procedimento iterativo che si arresta quando si ottengono, per ciascuno strato, valori di G e D compatibili con le deformazioni calcolate. Il modello utilizzato dal codice EERA si basa sulle seguenti ipotesi:

- il deposito si estende infinitamente in direzione orizzontale;
- la risposta del sistema è causata dalla propagazione verso l'alto di onde di taglio provenienti dal bedrock, inteso come basamento rigido;
- ciascuno strato è definito da spessore, V_s (velocità delle onde trasversali), G , D , peso totale dell'unità di volume,
- che sia nota la profondità della tavola d'acqua.

Per la modellazione è necessario definire un accelerogramma di input al bedrock e, per ciascuno strato del modello del sottosuolo, i seguenti parametri:

- spessore;
- velocità onde di taglio V_s ;
- peso totale dell'unità di volume;
- curve $G/G_0 - \gamma$ (modulo di taglio-deformazione) e $D - \gamma$ (fattore di smorzamento-deformazione).

Mentre i primi tre sono noti dai modelli ricavati tramite le prove geofisiche, per gli ultimi sono state utilizzate curve standard di letteratura fornite dal software stesso per diversi tipi di materiale: argilla, sabbia, roccia (argilla: Sun et al., 1986 e Idriss, 1990; sabbia: Seed & Idriss, 1970 e Idriss, 1990). Il tipo di materiale è stato definito per ciascuno strato in base alla litologia prevalente, individuata dai dati geognostici e dalle sezioni geologiche reperite dal sito della Banca Dati Geognostici del Servizio Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, in particolare facendo riferimento alla sezione geologica 094. In particolare si è attribuita litologia argillosa ai primi tre strati, fino a circa 80m e sabbiosa al di sotto di tale profondità.

Come accelerogrammi di input sono stati utilizzati tre segnali di riferimento forniti dalla Regione per il Comune di Argenta (Atto di indirizzo 112/2007; reperiti nel sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli) la cui accelerazione di picco corrisponde a 0.16g (PGA₀: accelerazione massima attesa su suolo rigido di categoria A con probabilità di superamento del 10% in 50 anni).

Data la somiglianza dei due modelli di sottosuolo ottenuti, si riportano i fattori di amplificazione e gli spettri di risposta per un unico modello di terreno. Si è comunque verificata la sostanziale coincidenza dei risultati anche modellando la risposta corrispondente ad entrambi i profili di Vs sopra riportati.

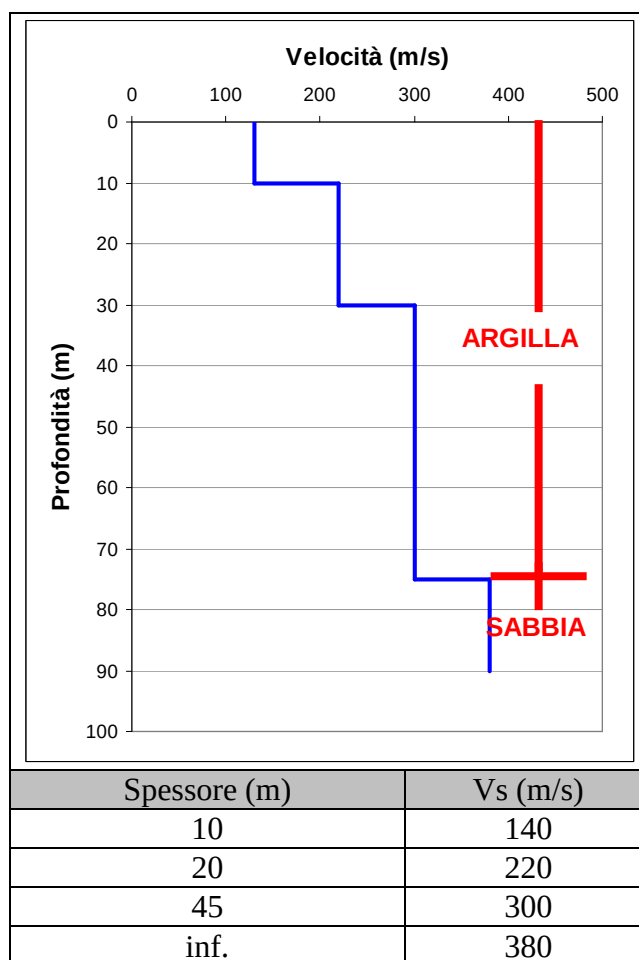


Fig. 39 e Tab.: Modello di sottosuolo utilizzato per la modellazione numerica con il codice EERA.

La modellazione numerica ha permesso di ottenere la funzione di trasferimento, che fornisce i fattori di amplificazione, e lo spettro di risposta elastico del sito in esame.

5.4 Fattori di Amplificazione

La funzione di trasferimento accelerazione in superficie/ accelerazione al bedrock permettono di individuare i fattori di amplificazione. La Fig.11 mostra le funzioni di trasferimento ottenute con il codice EERA per i tre segnali di input utilizzati, messe a confronto con la curva H/V.

Osservare a confronto tali curve (pur ricordando che si riferiscono a tipi di onde differenti: onde di superficie per la curva H/V ed onde di volume per le funzioni di trasferimento) permette di individuare i picchi di amplificazione reali distinguendoli da picchi non reali, derivati dalla modellazione numerica, che, come è noto, dà luogo a funzioni di trasferimento con molti più picchi della realtà.

Si è quindi stimata un'amplificazione compresa tra 1.7 – 2 nel range di frequenza 1 – 2 Hz.

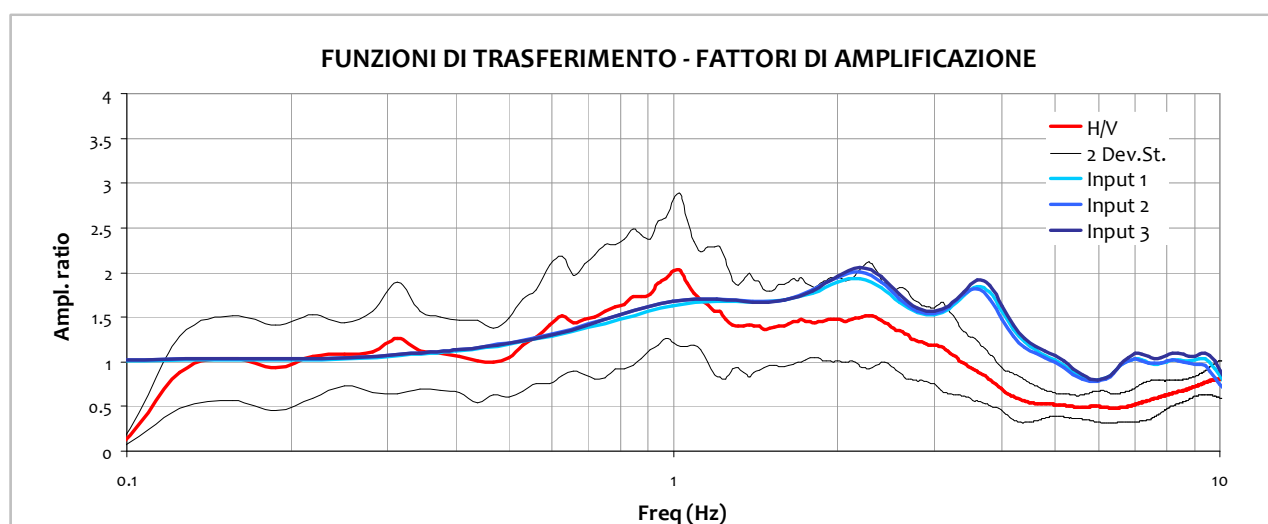


Fig. 40: In toni di blu sono mostrate le funzioni di trasferimento bedrock-superficie ottenute dalla modellazione numerica con il codice EERA per il modello di sottosuolo di Fig.10. Da tali curve è possibile ricavare i fattori di amplificazione attesi. In rosso: curva H/V sperimentale.

5.5 Spettri di risposta elastici

Di seguito si riportano gli spettri di risposta elastici ottenuti con la modellazione numerica per i tre segnali di input (smorzamento pari al 5%). Ad essi è sovrapposto lo spettro medio (linea spessa), che permette di stimare l'accelerazione massima a cui può essere sottoposta una struttura costruita in questo sito, in funzione del suo periodo proprio di vibrazione. Si ricorda che tali spettri sono relativi all'azione sismica attesa con probabilità di superamento del 10% in 50 anni ($PGA_0=0,16g$).

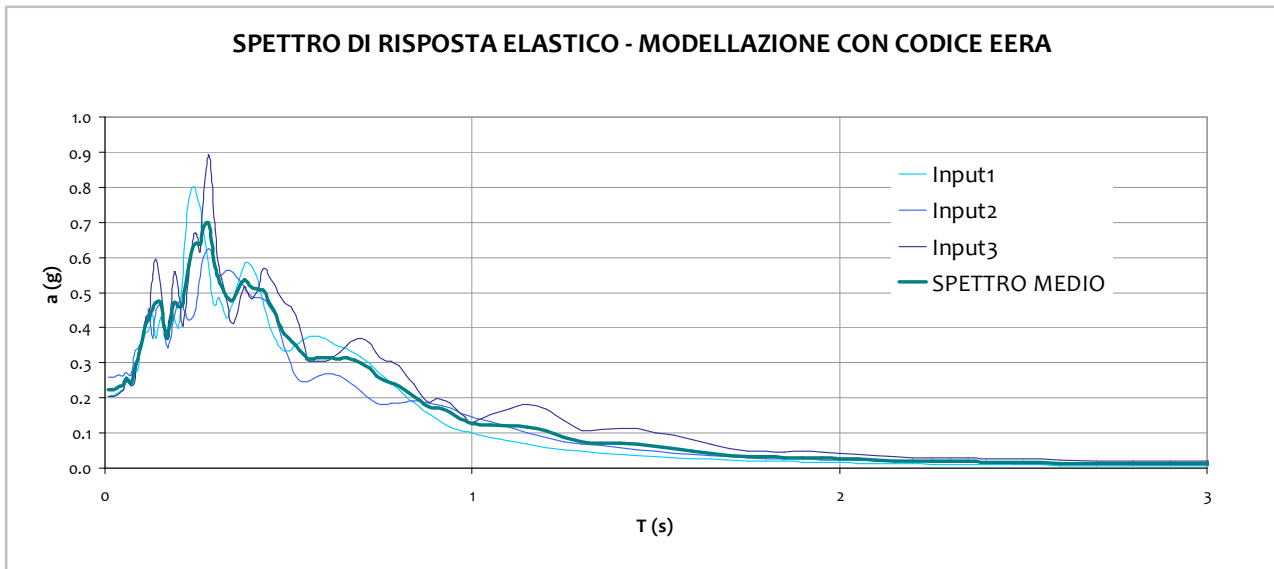


Fig. 41: Spettri di risposta elastici dell'oscillatore armonico semplice ad un grado di libertà (edificio tipo) in funzione del suo periodo naturale e dello smorzamento (assunto pari al 5%), ottenuti per i tre segnali di input con $PGA_0=0.16g$ forniti dalla Regione Emilia- Romagna. La linea spessa corrisponde allo spettro medio.

5.5.1 Valutazione dell'azione sismica secondo l'approccio semplificato – NTC 2008:

Si riporta anche la valutazione dell'azione sismica sulla base dell'approccio semplificato proposto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni – 2008 (Cap. 3.2.2 NTC-08). Sono stati ricavati gli spettri di risposta elastici attesi al sito, che sono funzione dell'accelerazione di riferimento (accelerazione massima con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) riferita a suolo rigido (Cat. A) e delle caratteristiche locali che determinano gli effetti di sito (categoria di terreno secondo la tabella 3.2.II e topografia). Tali spettri sono costruiti anche in base ad alcuni parametri relativi alle strutture, ovvero C_u (coefficiente d'uso Cap. 2.4.1 NTC-08) e V_n (vita nominale Cap. 2.4.2 NTC-08).

5.5.2 Classificazione terreno secondo V_{s30} (Tabella 3.2.II NTC):

Per mezzo delle tecniche sismiche sopra illustrate, è stato stimato il valore di V_{s30} relativo al sito in esame. Come mostrato nel Paragrafo 4.2, sono stati elaborati due modelli di sottosuolo che hanno fornito valori di V_{s30} leggermente diversi (ma all'interno dell'errore di misura):

- modello 1: $V_{s30} \approx \underline{\underline{190 \text{ m/s} (\pm 10\%)}}$.
- modello 2: $V_{s30} \approx \underline{\underline{180 \text{ m/s} (\pm 10\%)}}$.

Tali valori collocano il terreno al limite tra le categorie C ($180 < V_{s30} < 360 \text{ m/s}$) e D ($V_{s30} < 180 \text{ m/s}$).

Per classificare il terreno si è quindi tenuto conto sia dell'errore associato alla stima del $V_{s,30}$, sia dei risultati ottenuti dalla modellazione numerica.

Sono stati confrontati gli spettri ottenuti dalla modellazione numerica con lo spettro di progetto semplificato allo SLV per edifici ordinari ($C_u=1$ e $V_n=50$ anni), ovvero riferiti entrambi ad un'azione sismica con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Da tale confronto è emerso che lo spettro di progetto per categoria D risulta iper- cautelativo rispetto a quello da modellazione numerica. Lo spettro per categoria C risulta ancora cautelativo in quasi tutto il dominio. Si segnala che solo intorno a $T=0.3$ s lo spettro modellato supera lo spettro semplificato.

Si è quindi optato per la classificazione in **categoria C**.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Fig. 42: Tabella 3.2.II da NTC 2008

5.5.3 Spettri di progetto

Di seguito si riportano gli spettri di progetto ottenuti utilizzando i seguenti parametri relativi al sito in esame:

- categoria di sottosuolo: C;
- condizioni topografiche: T1;
- accelerazione di riferimento per terreno di Cat. A: 0,16 g;
- C_u : 1;

- Vn: 50 anni.

Di seguito sono riportati i parametri sismici derivati.

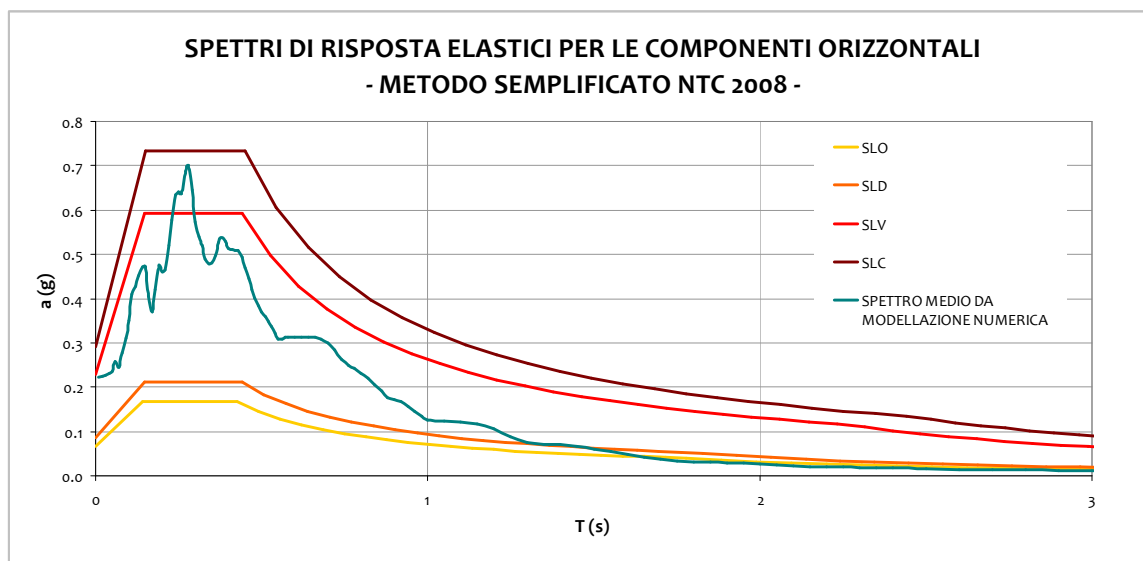


Fig. 43: Spettri di risposta elastici in accelerazione per le componenti orizzontali del moto ottenuti secondo il metodo semplificato proposto dalle NTC 2008, basato sulla tabella 3.2.II di classificazione dei terreni. Categoria di terreno: C, $C_u=1$, $V_n=50$ anni.

STA TO LIMI TE	T_r (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (s)	S_s	C_c	S_t	q	S	η	T_b (s)	T_c (s)	T_d (s)
SLO	30	0.045	2.482	0.260	1.500	1.638	1.0	1.0	1.500	1.0	0.142	0.426	1.779
SLD	50	0.057	2.476	0.274	1.500	1.610	1.0	1.0	1.500	1.0	0.147	0.441	1.828
SLV	475	0.158	2.584	0.275	1.455	1.609	1.0	1.0	1.455	1.0	0.147	0.442	2.232
SLC	975	0.210	2.523	0.282	1.382	1.595	1.0	1.0	1.382	1.0	0.150	0.449	2.441

Tabella 1. Parametri sismici

6. SISMICITA' DELL'AREA

L'Emilia- Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,50 e 6 e intensità massime risentite del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia sono il margine appenninico- padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico. Tale sismicità è dovuta al processo ancora attivo di costruzione della catena appenninica. In particolare risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza- Parma, Reggio Emilia e di Ferrara. (Boccaletti et al., 2004).

A seguito del terremoto del Molise del 2002, è stata elaborata una nuova Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale e la progettazione in zona sismica non è più effettuata secondo zone di pari sismicità ma viene effettuata a partire dai valori assoluti di scuotimento del suolo attesi secondo la nuova mappa di pericolosità sismica (che verranno riportate alle figure seguenti).

Il territorio del Comune di Argenta è classificato come zona sismica 2 e ad esso (per la maggior parte) è associato un valore di accelerazione massima al suolo compreso tra 0.150 – 0.175 g, come di seguito riportato.

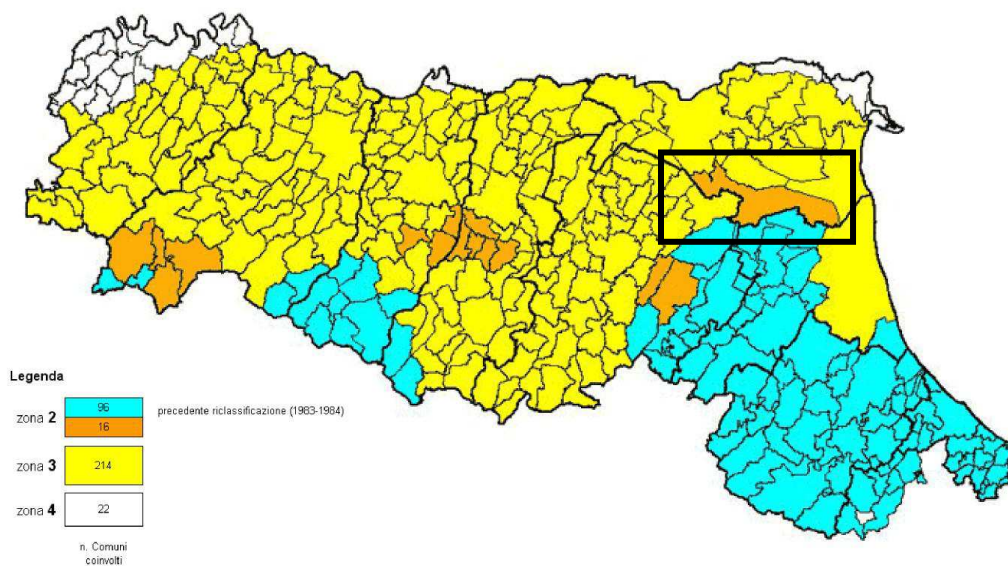


Fig. 44: Classificazione sismica del territorio regionale secondo l'OPCM 3274/2003. Il Comune di Argenta (colore arancione, evidenziato dal riquadro nero), precedentemente non classificato, viene attribuito alla zona 2.

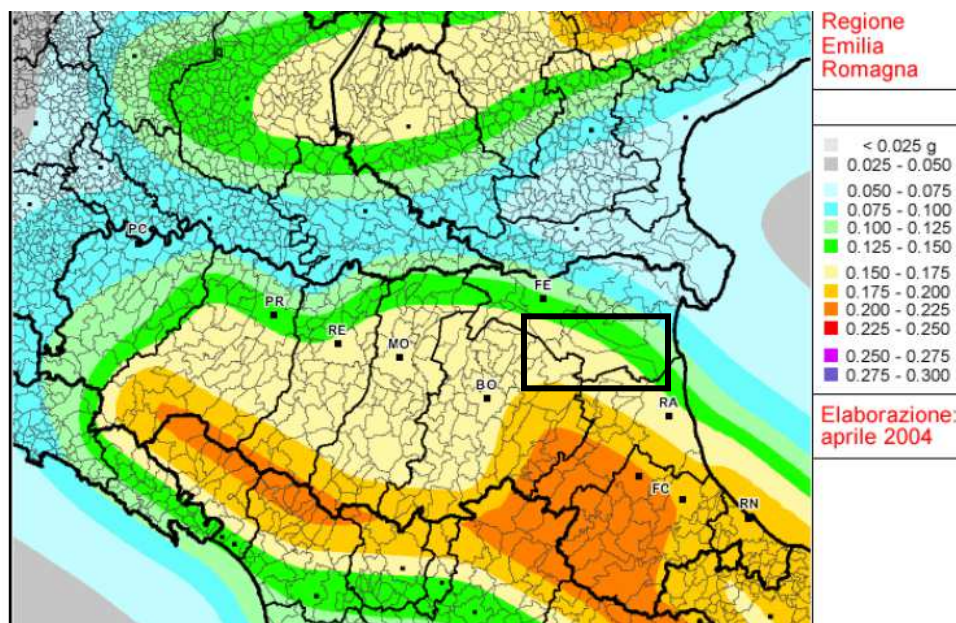


Fig. 45: Mappa di pericolosità sismica della Regione Emilia-Romagna espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Cat. A). All'area del Comune di Argenta è associata un'accelerazione compresa tra 0.15-0.175g. (Meletti & Montalbo, 2007).

Più oltre si riportano mappe relative agli epicentri dei terremoti avvenuti nella Regione Emilia-Romagna dal XIII secolo ad oggi. Si può osservare che la maggior sismicità è concentrata nella zona dell'Appennino Romagnolo. Nell'area di Argenta (riquadro nero) si osservano alcuni eventi di magnitudo compresa tra 4.5 e 5.3.

In Tabella 2 è fornito inoltre un elenco dei principali terremoti che hanno colpito il Ferrarese dal XIII secolo ad oggi. La città di Argenta, in particolare, è stata colpita da due forti terremoti nel 1624 (Intensità VIII-IX, Mw 5.4) e nel 1898 (Intensità VII, Mw 5).

Negli ultimi anni l'area non è stata interessata da eventi sismici rilevanti. Sono stati registrati alcuni piccoli terremoti ($M_L < 4$) di cui l'ultimo il 25 Marzo 2010, di magnitudo locale (M_L) 2.3, con epicentro nel Comune di Ostellato (da dati INGV). Di seguito si riporta un elenco degli eventi sismici che hanno avuto un qualche risentimento per il Comune di Argenta.

Anno	Mese	Giorno	Zona epicentrale (località)	Intensità	Mw
1234	marzo	20	Ferrara	VII	5.2
1285	dicembre	13	Ferrara	VI-VII	5
1346	febbraio	22	Ferrara	VII-VIII	5.8
1410	giugno	9	Ferrara	VI-VII	5
1425	agosto	10	Ferrara sud	VI	4.8
1483	marzo	3	Ferrara	V-VI	4.6
1487	gennaio	11	Ferrara	V	4.8
1508	ottobre	18	Ferrara sud	VI	4.3
1561	novembre	24	Ferrara	VI-VII	4.6
1570	novembre	18	Ferrara	VIII	5.4
1624	marzo	18	Argenta	VIII-IX	5.4
1695	febbraio	28	Ferrara	V-VI	4.6
1743	maggio	29	Ferrara	VI-VII	5
1787	luglio	16	Ferrara	VI-VII	4.6
1895	marzo	23	Comacchio	VI	4.8
1895	luglio	3	Comacchio	VI	4.8
1898	gennaio	16	Argenta	VII	5
1922	maggio	24	Cento	III-IV	4.5

Tabella 2. Elenco dei principali terremoti che hanno colpito il ferrarese dal XII secolo ad oggi. Sono evidenziati in grigio i due terremoti storici più forti che hanno interessato il territorio di Argenta (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI 04). Mw = magnitudo momento.

Evidentemente occorrerà aggiungere come i recentissimi eventi sismici del 20 e 29 Maggio dell'anno corrente, nonché la prolungata sequenza sismica annessa, abbiano profondamente “aggiornato” la sismicità locale. E ciò nonostante durante lo svilupparsi di tale sequenza sismica, il Comune di Argenta abbia comunque risentito in maniera modestissima dello scuotimento, si sono infatti registrati valori di accelerazione orizzontale pari ad un decimo di quelle epicentrali. Si sono cioè registrati valori di 0,025 g circa.

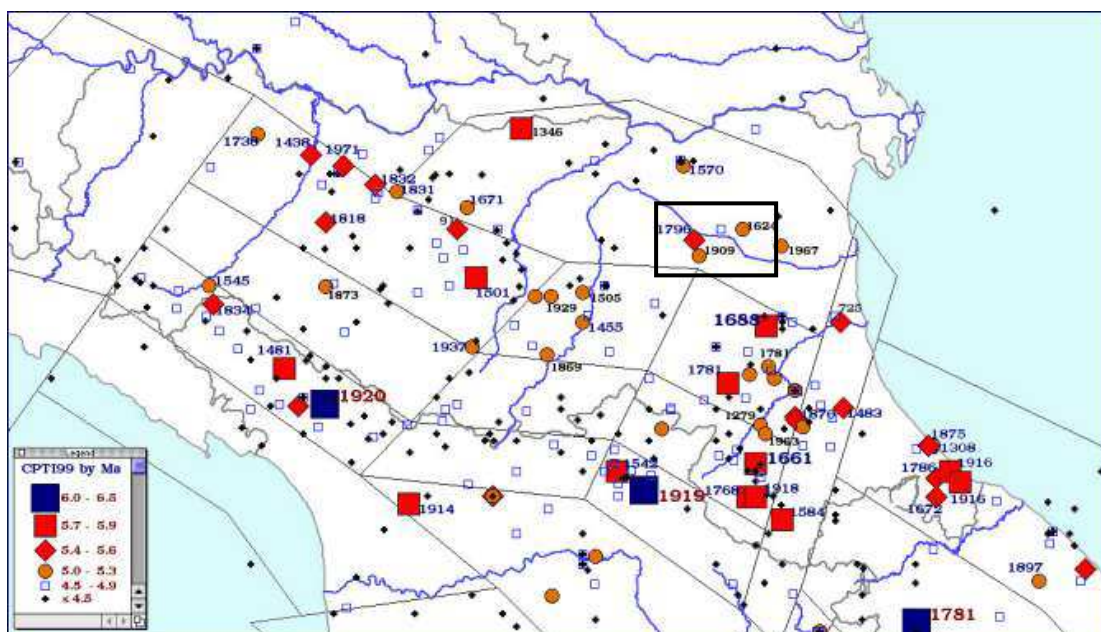


Fig. 46: Mappa degli epicentri dei terremoti avvenuti in Emilia-Romagna dal XIII sec. ad oggi per classi di magnitudo (CPTI 99).

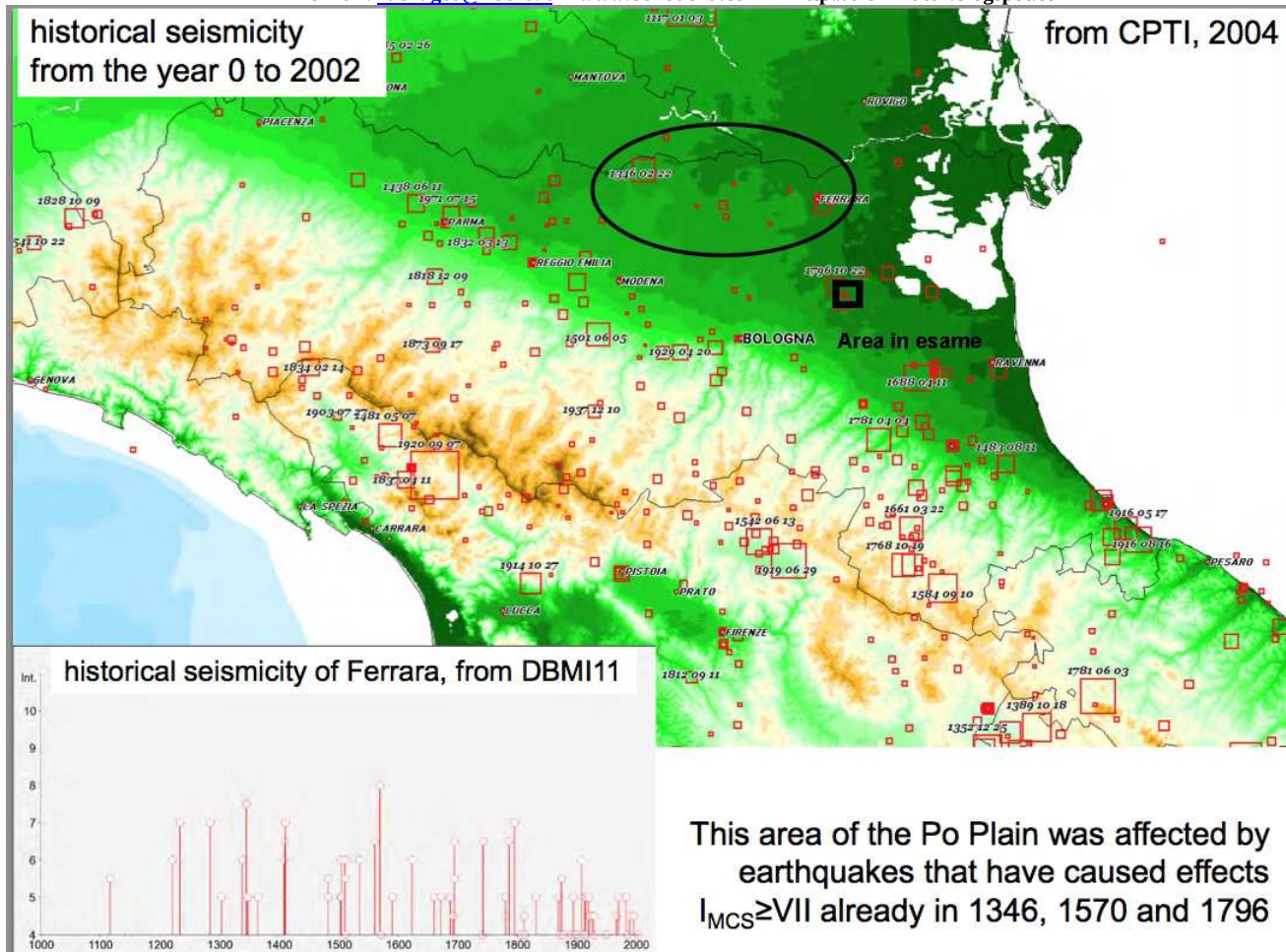
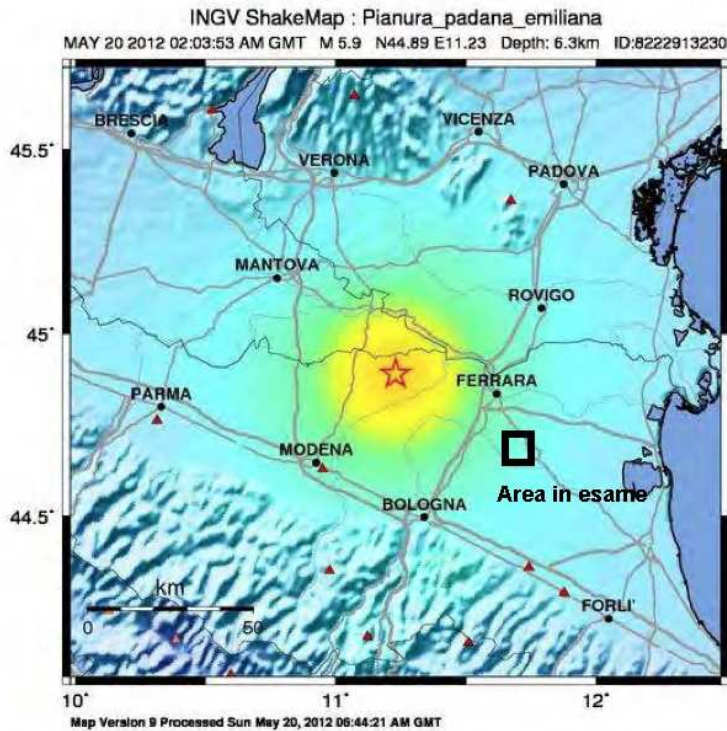


Fig. 47: Altra mappa degli epicentri storici, Scala Libera. Viene riportata anche la sequenza storica dell'intera Provincia di Ferrara.

Di seguito si riportano anche immagini relative all'ubicazione degli epicentri e della localizzazione dei citati effetti di sito (immagini tratte da L. Martelli- SGS Regione Emilia- Romagna; 7th Euregeo, Bologna 12- 15 Giugno 2012).



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<0.1	0.5	2.4	6.7	19	24	44	83	>156
PEAK VEL.(cm/s)	<0.07	0.4	1.9	5.8	11	22	43	83	>160
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

Scale based upon Wald, et al., 1999

epicenter coordinates: 44.89°N, 11.23°E
depth: 6.3 km

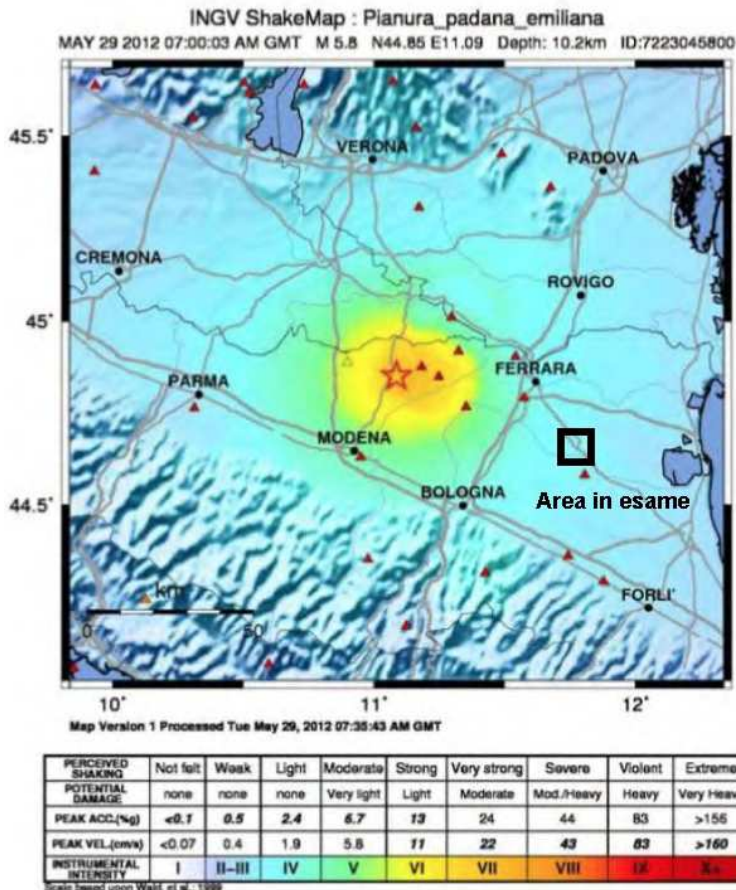
On May 20, 2012 at 04:03 (local time) an earthquake $M_L=5.9$ struck the Po Plain.

The epicenter was located east of Mirandola and north of the Final Emilia (Modena Province).

The same day another 2 shocks $M_L>5$ were felt.

In the municipalities of Mirandola, S. Felice sul Panaro and Finale Emilia effects up to $I_{EMS} = VII$ were observed (data from QUEST report, INGV).

People evacuated after the shocks of 20/5 were about 7000



epicenter coordinates: 44.85°N, 11.09°E
depth: 10.2 km

Figg. 48: Ubicazione degli epicentri degli eventi del 20 e del 29 e sviluppo areale delle relative intensità; il quadratino riporta l'area in esame, Scala libera.

Dall'analisi della figura 7, alla quale si rimanda, si può evincere come l'area in esame si ubichi in coincidenza di una faglia profonda e di una complessa struttura "condizionata" dalla presenza di una serie di sovrascorrimenti profondi post- Tortoniani e di conseguenti rigetti della base del Pliocene (localmente compreso fra 1000 e 2000 m circa dal p.c.).

Argenta, Lì 02/10/2012

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Ai seguenti allegati si riportano i moduli descrittivi della metodologia utilizzata di indagine penetrometrica eseguita sull'area in esame e le risultanze delle stesse indagini.

Studio di Geologia Raffaele Brunaldi

44011 Argenta (FE) Via A. Da Brescia 5/B,
tel. 0532/852858 fax 0532/1867152 – cell.3355373693

1

METODOLOGIA E RISULTATI DELL'INDAGINE

Le prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali) , alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell' attrito laterale (punta/manicotto tipo 'Begemann').

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\varnothing = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superf.laterale manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$.

Sulla batteria di aste esterne puo' essere installato un anello allargatore per diminuire l' attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento) :

- $R_p \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza alla punta(conica)}$
- $R_L \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto)}$

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale R_L sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Studio di Geologia Raffaele Brunaldi

44011 Argenta (FE) Via A. Da Brescia 5/B,
tel. 0532/852858 fax 0532/1867152 – cell.3355373693

2

ELABORAZIONE DATI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/RL fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1665 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (RL/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978).

Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume γ , ecc.), nonché valutazioni riguardanti la capacità portante e i cedimenti di fondazioni di forma e tipo diversi.

I cedimenti vengono valutati in via approssimata con il metodo edometrico nella ipotesi di consolidazione monodimensionale del sottosuolo, sulla scorta di opportune correlazioni fra la resistenza alla punta R_p e il modulo di deformazione edometrico M_o .

Le elaborazioni sopra citate (effettuate mediante un programma di calcolo automatico) fanno riferimento a esperienze e ricerche condotte in vari Paesi da diversi Autori (vedi bibliografia in allegato), nonché a conoscenze personali da parte di chi scrive.

In assenza di prove geotecniche di laboratorio (su campioni indisturbati di terreno), le suddette correlazioni hanno ovviamente validità orientativa.

Studio di Geologia Raffaele Brunaldi
44011 Argenta (FE) Via A. Da Brescia 5/B,
tel. 0532/852858 fax 0532/1867152 – cell.3355373693

3

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (R_p / R_L)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = R_p / R_L	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

- 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.

Studio di Geologia Raffaele Brunaldi
44011 Argenta (FE) Via A. Da Brescia 5/B,
tel. 0532/852858 fax 0532/1867152 – cell.3355373693

4

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica $\varnothing$ 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing$ 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. $\Rightarrow$ Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $R_p \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (L. \text{ punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $R_L \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = [(L. \text{ laterale}) - (L. \text{ punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (L. \text{ totale}) C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale R_L viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N $\approx$ 100 kg = 0,1 t - 1 MN (megaNewton) = 1000 kN = 1000000 N $\approx$ 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa $\approx$ 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (MegaPascal) = 1 MN/m² = 1000 kN/m² = 1000 kPa $\approx$ 100 t/m² = 10 kg/cm²

kg/cm² = 10 t/m² $\approx$ 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg $\approx$ 10 kN

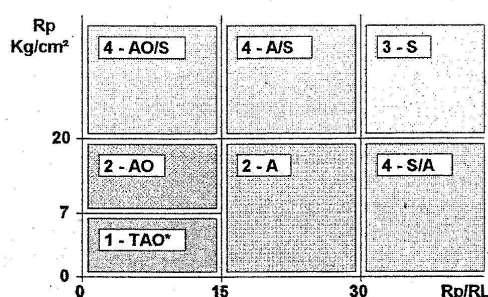
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(R_p / R_L) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(R_p / R_L) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} 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' - R_p]
 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 et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - R_p - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - R_p - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità) (Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)

tel. e fax.:0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 678-07

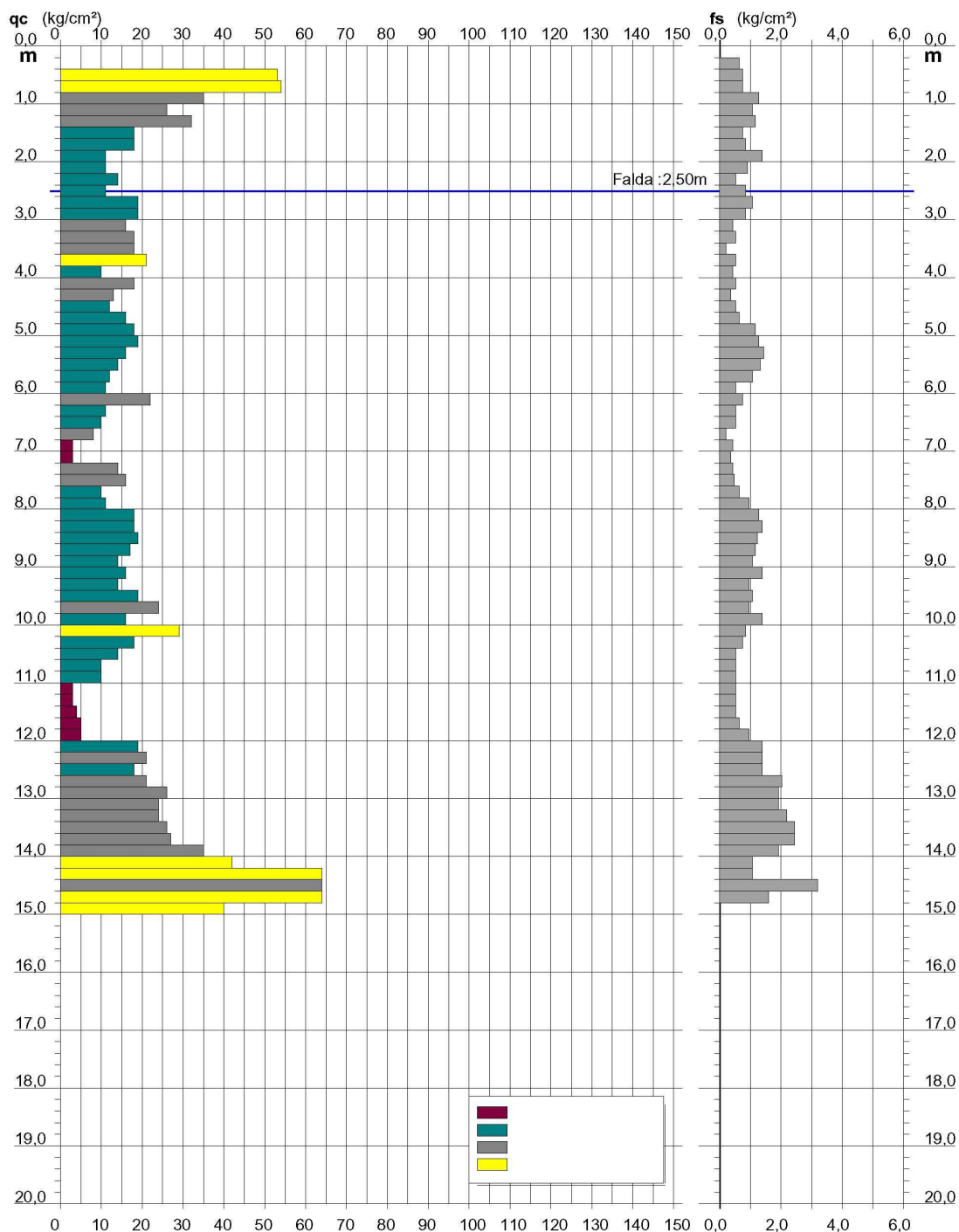
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1

2.0105-001

- committente : Comuni Ass.ti P.S.C.
- lavoro : Prove penetrometriche statiche
- località : S.Maria Codifiume
- assist. cantiere :
- note : ASP2(7)

- data : 10/09/2007
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,50 da quota inizio



Riferimento: 678-07

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.0105-001

- committente : Comuni Ass.ti P.S.C.
- lavoro : Prove penetrometriche statiche
- località : S.Maria Codifiume
- assist. cantiere :
- note : ASP2(7)

- data : 10/09/2007
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,50 da quota inizio

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	53	71	3:~	1,85	0,11	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	31	0,258	88	133	159
0,80	54	72	3:~	1,85	0,15	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	43	31	0,249	90	135	162
1,00	35	27	4:~	1,85	0,19	1,17	62,7	198	298	105	77	39	40	42	44	40	29	0,181	58	88	105
1,20	26	24	4:~	1,85	0,22	0,93	37,6	158	237	78	62	37	39	41	43	38	28	0,137	43	65	78
1,40	32	27	4:~	1,85	0,26	1,07	36,8	181	272	96	66	37	39	41	43	38	29	0,147	53	80	96
1,60	18	24	2:~	1,85	0,30	0,75	20,1	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	18	21	2:~	1,85	0,33	0,75	17,3	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	11	8	2:~	1,85	0,37	0,54	10,0	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	11	12	2:~	1,85	0,41	0,54	8,9	96	145	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	14	26	2:~	1,85	0,44	0,64	9,8	108	163	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	11	13	2:~	0,91	0,46	0,54	7,6	113	169	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	19	18	2:~	0,99	0,48	0,78	11,4	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	19	22	2:~	0,99	0,50	0,78	10,8	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	16	37	4:~	0,90	0,52	0,70	9,0	123	185	52	25	31	34	37	40	30	27	0,048	27	40	48
3,40	18	34	4:~	0,91	0,54	0,75	9,5	129	194	56	28	32	35	37	40	31	27	0,054	30	45	54
3,60	18	84	4:~	0,91	0,56	0,75	9,1	132	198	56	27	32	35	37	40	31	27	0,052	30	45	54
3,80	21	39	3:~	0,85	0,57	--	--	--	--	--	32	32	35	38	41	31	27	0,062	35	53	63
4,00	10	23	2:~	0,90	0,59	0,50	5,1	163	244	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	18	34	4:~	0,91	0,61	0,75	8,1	146	219	56	25	32	34	37	40	30	27	0,048	30	45	54
4,40	13	35	4:~	0,88	0,63	0,60	6,0	166	249	47	13	30	33	36	39	28	26	0,026	22	33	39
4,60	12	22	2:~	0,92	0,65	0,57	5,4	176	264	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	16	25	2:~	0,96	0,66	0,70	6,6	170	255	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	18	15	2:~	0,98	0,68	0,75	7,0	171	257	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	19	15	2:~	0,99	0,70	0,78	7,1	176	264	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	16	11	2:~	0,96	0,72	0,70	6,0	192	288	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	14	10	2:~	0,94	0,74	0,64	5,2	204	305	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	12	11	2:~	0,92	0,76	0,57	4,4	212	319	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	11	21	2:~	0,91	0,78	0,54	3,9	218	327	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	22	29	4:~	0,93	0,80	0,85	6,8	203	304	66	25	32	34	37	40	30	28	0,049	37	55	66
6,40	11	21	2:~	0,91	0,82	0,54	3,7	230	345	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	10	19	2:~	0,90	0,83	0,50	3,3	233	350	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	8	37	4:~	0,84	0,85	0,40	2,4	213	320	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24
7,00	3	7	1:~	0,46	0,86	0,15	0,7	20	29	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	3	8	1:~	0,46	0,87	0,15	0,7	20	29	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	14	33	4:~	0,89	0,89	0,64	4,1	248	371	48	7	29	32	35	39	27	26	0,016	23	35	42
7,60	16	33	4:~	0,90	0,90	0,70	4,5	252	378	52	11	30	33	36	39	27	27	0,023	27	40	48
7,80	10	16	2:~	0,90	0,92	0,50	2,9	250	375	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	11	11	2:~	0,91	0,94	0,54	3,1	260	390	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	18	14	2:~	0,98	0,96	0,75	4,6	267	401	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	18	13	2:~	0,98	0,98	0,75	4,5	273	410	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	19	15	2:~	0,99	1,00	0,78	4,6	279	418	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	17	14	2:~	0,97	1,02	0,72	4,1	285	427	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	14	13	2:~	0,94	1,04	0,64	3,4	292	438	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	16	12	2:~	0,96	1,06	0,70	3,7	298	447	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	14	15	2:~	0,94	1,08	0,64	3,3	300	451	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	19	18	2:~	0,99	1,10	0,78	4,1	306	459	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	24	25	4:~	0,94	1,11	0,89	4,7	310	465	72	20	31	34	37	40	28	28	0,039	40	60	72
10,00	16	12	2:~	0,96	1,13	0,70	3,4	319	478	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	29	34	3:~	0,87	1,15	--	--	--	--	--	26	32	34	37	40	29	29	0,050	48	73	87
10,40	18	24	2:~	0,98	1,17	0,75	3,6	331	496	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	14	26	2:~	0,94	1,19	0,64	2,9	320	480	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	10	19	2:~	0,90	1,21	0,50	2,1	278	417	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	10	19	2:~	0,90	1,23	0,50	2,0	279	418	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	3	6	1:~	0,46	1,23	0,15	0,5	20	29	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	3	6	1:~	0,46	1,24	0,15	0,4	20	29	5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	4	7	1:~	0,46	1,25	0,20	0,6	26	39	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	5	8	1:~	0,46	1,26	0,25	0,8	33	49	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	5	5	1:~	0,46	1,27	0,25	0,8	33	49	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	19	14	2:~	0,99	1,29	0,78	3,3	362	543	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	21	15	4:~	0,93	1,31	0,82	3,5	369	554	63	12	30	33	36	39	27	27	0,023	35	53	63
12,60	18	13	2:~	0,98	1,33	0,75	3,1	366	549	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	21	10	4:~	0,93	1,35	0,82	3,4	379	568	63	11	30	33	36	39	27	27	0,022	35	53	63
13,00	26	14	4:~	0,95	1,37	0,93	3,9	384	576	78	18	31	33	36	39	28	28	0,034	43	65	78
13,20	24	13	4:~	0,94	1,39	0,89	3,6	391	587	72	15	30	33	36	39	27	28	0,029	40	60	72
13,40	24	11	4:~	0,94	1,40	0,89	3,5	396	595	72	15	30	33	36	39	27	28	0,028	40	60	72
13,60	26	11	4:~	0,95	1,42	0,93	3,7	402	603	78	17	30	33	36	39	27	28	0,033	43	65	78
13,80	27	11	4:~	0,95	1,44	0,95	3,7	407	611	81	18	31	33	36	39	28	28	0,034	45	68	81
14,00	35	18	4:~	0,98	1,46	1,17	4,7	406	609	105	27	32	34	37	40	29	29	0,051	58	88	105
14,20	42	39	3:~	0,90	1,48	--	--	--	--	--	33	33	35	38	41	30	30	0,063	70	105	126
14,40	64	60	3:~	0,94	1,50	--	--	--	--	--	47	35	37	39	42	32	32	0,096	107	160	192
14,60	64	20	4:~	1,02	1,52	2,13	9,6	366	549	192	46	35									

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)

tel. e fax.:0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 937-10

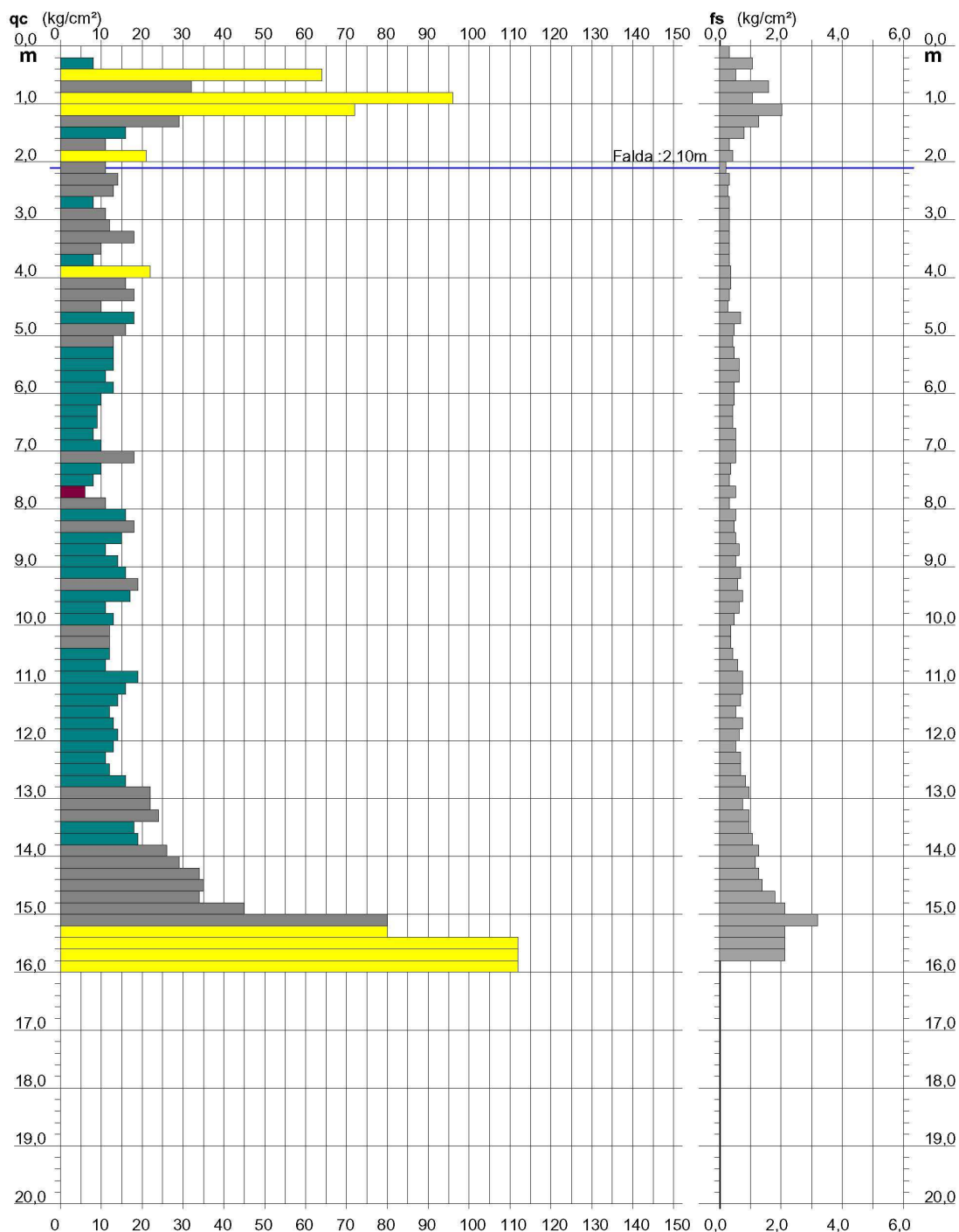
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.0105-001

- committente : Imp. Zanetti, Monari, Euroscavi
- lavoro : POC
- località : S. Maria Codifiume
- assist. cantiere :

- data : 27/09/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,10 da quota inizio



Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)

tel. e fax.:0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 937-10

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 2

2.0105-001

- committente : Imp. Zanetti, Monari, Euroscavi
- lavoro : POC
- località : S. Maria Codifiume
- assist. cantiere :

- data : 27/09/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,10 da quota inizio

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	8	7	2/III	1,85	0,07	0,40	51,7	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	64	120	3/III	1,85	0,11	--	--	--	--	--	100	42	43	41	46	44	32	0,258	107	160	192
0,80	32	20	4/II	1,85	0,15	1,07	74,1	181	272	96	79	39	41	43	44	40	29	0,188	53	80	96
1,00	96	90	3/III	1,85	0,19	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	34	0,258	160	240	288
1,20	72	36	3/III	1,85	0,22	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	42	32	0,249	120	180	216
1,40	29	23	4/II	1,85	0,26	0,98	33,3	167	251	87	62	37	39	41	43	38	29	0,137	48	73	87
1,60	16	20	2/III	1,85	0,30	0,70	18,3	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	11	34	4/II	1,85	0,33	0,54	11,4	91	137	42	23	31	34	37	40	31	26	0,044	18	28	33
2,00	21	49	3/III	1,85	0,37	--	--	--	--	--	43	34	36	39	41	34	27	0,086	35	53	63
2,20	11	52	4/II	0,87	0,39	0,54	9,4	93	139	42	19	31	34	36	40	30	26	0,037	18	28	33
2,40	14	44	4/II	0,89	0,41	0,64	11,0	108	162	48	26	32	34	37	40	31	26	0,051	23	35	42
2,60	13	49	4/II	0,88	0,42	0,60	9,8	103	155	47	23	31	34	37	40	30	26	0,043	22	33	39
2,80	8	25	2/III	0,86	0,44	0,40	5,6	119	178	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	11	34	4/II	0,87	0,46	0,54	7,7	111	167	42	15	30	33	36	39	29	26	0,029	18	28	33
3,20	12	38	4/II	0,88	0,47	0,57	7,9	114	171	45	17	30	33	36	39	29	26	0,033	20	30	36
3,40	18	56	4/II	0,91	0,49	0,75	10,6	128	191	56	30	32	35	38	40	31	27	0,058	30	45	54
3,60	10	31	4/II	0,86	0,51	0,50	6,1	134	201	40	9	29	32	35	39	28	26	0,019	17	25	30
3,80	8	25	2/III	0,86	0,53	0,40	4,4	147	221	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	22	59	3/III	0,86	0,54	--	--	--	--	--	35	33	35	38	41	32	28	0,068	37	55	66
4,20	16	43	4/II	0,90	0,56	0,70	8,2	134	202	52	23	31	34	37	40	30	27	0,044	27	40	48
4,40	18	56	4/II	0,91	0,58	0,75	8,6	138	206	56	26	32	34	37	40	30	27	0,050	30	45	54
4,60	10	37	4/II	0,86	0,60	0,50	5,0	165	247	40	5	29	32	35	38	27	26	0,013	17	25	30
4,80	18	26	2/III	0,98	0,62	0,75	8,0	148	222	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	16	33	4/II	0,90	0,64	0,70	7,0	159	239	52	20	31	34	37	40	29	27	0,038	27	40	48
5,20	13	30	4/II	0,88	0,65	0,60	5,7	175	263	47	12	30	33	36	39	28	26	0,024	22	33	39
5,40	13	27	2/III	0,93	0,67	0,60	5,5	182	273	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	13	20	2/III	0,93	0,69	0,60	5,3	189	283	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	11	17	2/III	0,91	0,71	0,54	4,4	198	297	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	13	27	2/III	0,93	0,73	0,60	5,0	201	301	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	10	21	2/III	0,90	0,75	0,50	3,8	210	315	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	9	21	2/III	0,88	0,76	0,45	3,2	213	319	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	9	21	2/III	0,88	0,78	0,45	3,2	216	324	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	8	15	2/III	0,86	0,80	0,40	2,6	208	312	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	10	19	2/III	0,90	0,82	0,50	3,4	229	344	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	18	34	4/II	0,91	0,83	0,75	5,5	226	339	56	17	30	33	36	39	28	27	0,033	30	45	54
7,40	10	27	2/III	0,90	0,85	0,50	3,2	237	356	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	8	25	2/III	0,86	0,87	0,40	2,4	215	323	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	6	11	1***	0,46	0,88	0,30	1,6	37	56	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	11	34	4/II	0,87	0,90	0,54	3,3	251	376	42	--	28	31	35	38	25	26	--	18	28	33
8,20	16	30	4/II	0,90	0,91	0,70	4,5	255	382	52	11	30	33	36	39	27	27	0,022	27	40	48
8,40	18	38	4/II	0,91	0,93	0,75	4,8	259	388	56	15	30	33	36	39	28	27	0,029	30	45	54
8,60	15	28	2/III	0,95	0,95	0,67	4,0	265	398	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	11	17	2/III	0,91	0,97	0,54	3,0	265	397	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	14	26	2/III	0,94	0,99	0,64	3,6	279	418	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	16	23	2/III	0,96	1,01	0,70	4,0	282	423	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	19	32	4/II	0,92	1,03	0,78	4,4	286	429	58	14	30	33	36	39	28	27	0,028	32	48	57
9,60	17	23	2/III	0,97	1,05	0,72	4,0	292	438	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	11	17	2/III	0,91	1,06	0,54	2,7	278	417	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	13	27	2/III	0,93	1,08	0,60	3,0	297	445	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	12	32	4/II	0,88	1,10	0,57	2,8	292	438	45	--	28	31	35	38	25	26	--	20	30	36
10,40	12	32	4/II	0,88	1,12	0,57	2,7	294	441	45	--	28	31	35	38	25	26	--	20	30	36
10,60	12	28	2/III	0,92	1,14	0,57	2,7	296	445	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	11	19	2/III	0,91	1,15	0,54	2,4	287	431	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	19	25	2/III	0,99	1,17	0,78	3,7	331	496	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	16	21	2/III	0,96	1,19	0,70	3,2	332	497	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	14	20	2/III	0,94	1,21	0,64	2,8	323	485	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	12	22	2/III	0,92	1,23	0,57	2,4	306	459	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	13	17	2/III	0,93	1,25	0,60	2,5	319	478	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	14	22	2/III	0,94	1,27	0,64	2,7	331	496	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	13	24	2/III	0,93	1,29	0,60	2,4	323	484	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	11	16	2/III	0,91	1,30	0,54	2,1	298	448	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,60	12	17	2/III	0,92	1,32	0,57	2,2	314	470	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	16	19	2/III	0,96	1,34	0,70	2,8	356	534	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	22	23	4/II	0,93	1,36	0,85	3,5	383	575	66	12	30	33	36	39	27	28	0,025	37	55	66
13,20	22	29	4/II	0,93	1,38	0,85	3,4	388	582	66	12	30	33	36	39	27	28	0,024	37	55	66
13,40	24	25	4/II	0,94	1,40	0,89	3,6	394	592	72	15	30	33	36	39	27	28	0,029	40	60	72
13,60	18	19	2/III	0,98	1,42	0,75	2,8	380	570	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,80	19	18	2/III	0,99	1,44	0,78	2,9	388	583	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,00	26	20	4/II	0,95	1,46	0,93	3,6	411	616	78	17	30	33	36	39	27	28	0,032	43	65	78
14,20	29	25	4/II	0,96	1,48	0,98	3,8	416	623	87	20	31	34	37	40	28	29	0,038	48	73	87
14,40	34	31	4/II	0,98	1,49	1,17	4,4	426	636	102	23	32	35	38	41	29	29	0,045	57	85	102
14,60	35	25	4/II	0,98	1,51																

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)

tel. e fax.:0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 937-10

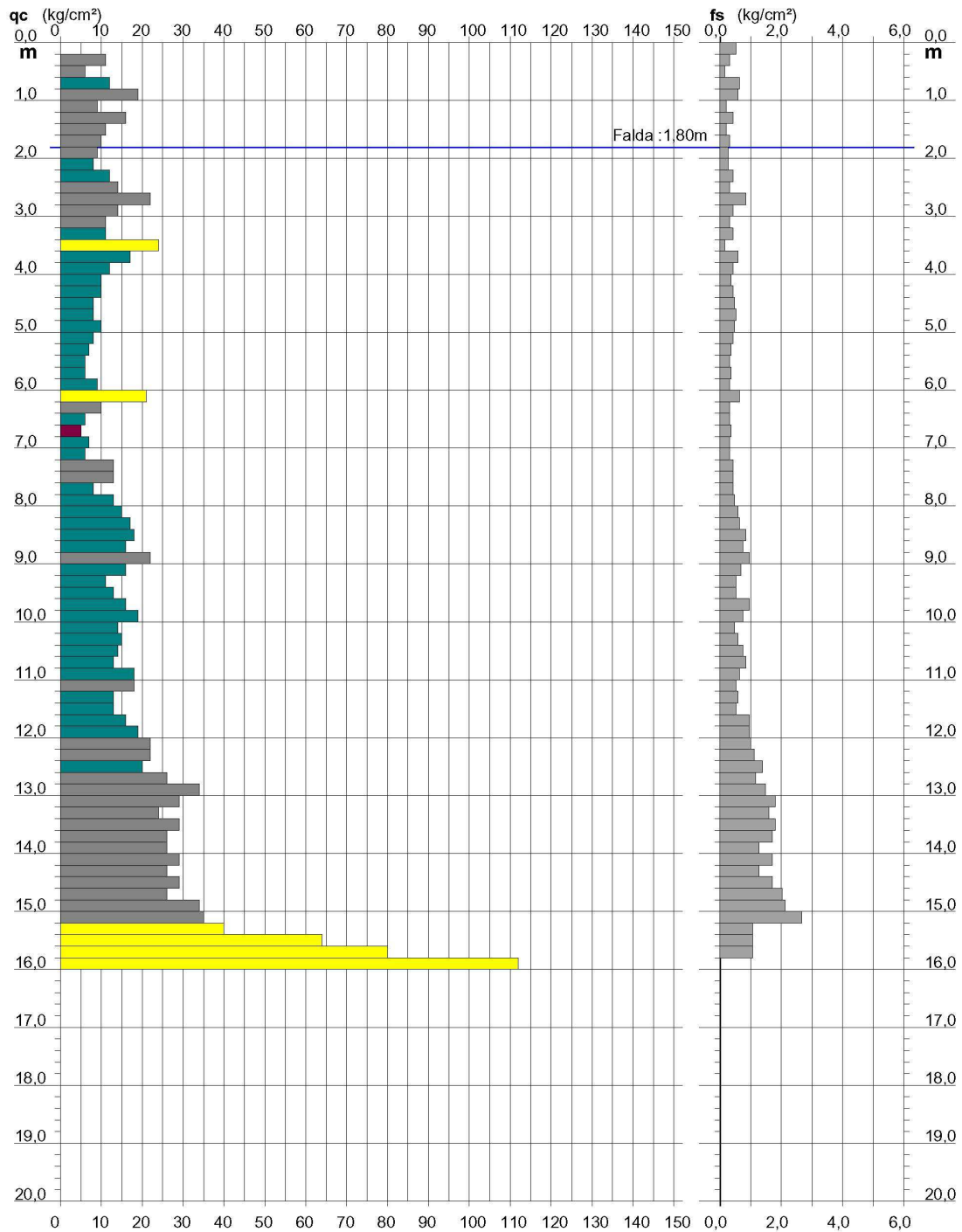
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.0105-001

- committente : Imp. Zanetti, Monari, Euroscavi
- lavoro : POC
- località : S. Maria Codifiume
- assist. cantiere :

- data : 27/09/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 1,80 da quota inizio



Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)

tel. e fax.:0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabruego@libero.it

Riferimento: 937-10

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 3

2.0105-001

- committente : Imp. Zanetti, Monari, Euroscavi
- lavoro : POC
- località : S. Maria Codifiume
- assist. cantiere :

- data : 27/09/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 1,80 da quota inizio

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	11	34	4/f:	1,85	0,07	0,54	74,7	91	137	42	60	36	38	41	43	39	26	0,130	18	28	33
0,60	6	38	4/f:	1,85	0,11	0,30	21,8	51	77	29	29	32	35	37	40	34	26	0,056	10	15	18
0,80	12	19	2/f:	1,85	0,15	0,57	34,0	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	19	32	4/f:	1,85	0,19	0,78	37,7	132	198	58	56	36	38	40	42	37	27	0,120	32	48	57
1,20	9	42	4/f:	1,85	0,22	0,45	15,2	77	115	38	26	32	34	37	40	32	26	0,050	15	23	27
1,40	16	37	4/f:	1,85	0,26	0,70	21,6	118	177	52	42	34	36	39	41	34	27	0,084	27	40	48
1,60	11	52	4/f:	1,85	0,30	0,54	13,2	91	137	42	26	32	34	37	40	31	26	0,049	18	28	33
1,80	10	31	4/f:	0,86	0,31	0,50	11,3	85	128	40	21	31	34	37	40	31	26	0,040	17	25	30
2,00	9	34	4/f:	0,85	0,33	0,45	9,2	79	118	38	16	30	33	36	39	30	26	0,031	15	23	27
2,20	30	47	4/f:	0,84	0,35	0,40	7,5	85	127	35	11	30	33	36	39	29	26	0,022	13	20	24
2,40	12	28	2/f:	0,92	0,37	0,57	11,0	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	14	44	4/f:	0,89	0,38	0,64	11,8	108	162	48	28	32	35	37	40	31	26	0,053	23	35	42
2,80	22	26	4/f:	0,93	0,40	0,85	15,9	144	216	66	42	34	36	39	41	34	28	0,085	37	55	66
3,00	14	33	4/f:	0,89	0,42	0,64	10,6	108	162	48	26	32	34	37	40	31	26	0,049	23	35	42
3,20	11	34	4/f:	0,87	0,44	0,54	8,1	105	157	42	16	30	33	36	39	29	26	0,031	18	28	33
3,40	11	25	2/f:	0,91	0,46	0,54	7,7	110	166	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	24	150	3/f:	0,86	0,47	--	--	--	--	--	41	34	36	39	41	33	28	0,083	40	60	72
3,80	17	29	2/f:	0,97	0,49	0,72	10,2	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	12	28	2/f:	0,92	0,51	0,57	7,2	126	190	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	10	27	2/f:	0,90	0,53	0,50	5,9	141	211	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	10	23	2/f:	0,90	0,55	0,50	5,6	147	221	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	8	17	2/f:	0,86	0,56	0,40	4,1	157	236	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	8	15	2/f:	0,86	0,58	0,40	3,9	163	244	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	10	21	2/f:	0,90	0,60	0,50	5,0	165	248	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	8	19	2/f:	0,86	0,62	0,40	3,7	174	261	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	7	19	2/f:	0,84	0,63	0,35	3,0	173	259	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	6	19	2/f:	0,82	0,65	0,30	2,4	161	242	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	6	16	2/f:	0,82	0,67	0,30	2,3	162	244	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	9	28	2/f:	0,88	0,68	0,45	3,7	193	289	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	21	33	3/f:	0,85	0,70	--	--	--	--	--	27	32	34	37	40	30	27	0,052	35	53	63
6,40	10	31	4/f:	0,86	0,72	0,50	4,0	200	300	40	1	28	31	35	38	26	26	0,002	17	25	30
6,60	6	19	2/f:	0,82	0,73	0,30	2,1	167	251	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	5	13	1/f:	0,46	0,74	0,25	1,6	31	47	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	7	22	2/f:	0,84	0,76	0,35	2,4	188	282	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	6	19	2/f:	0,82	0,78	0,30	1,9	169	254	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	13	30	4/f:	0,88	0,79	0,60	4,5	221	332	47	8	29	32	35	39	27	26	0,016	22	33	39
7,60	13	30	4/f:	0,88	0,81	0,60	4,3	227	340	47	7	29	32	35	39	27	26	0,016	22	33	39
7,80	8	19	2/f:	0,86	0,83	0,40	2,5	211	317	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	13	27	2/f:	0,93	0,85	0,60	4,1	237	355	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	15	26	2/f:	0,95	0,87	0,67	4,5	241	362	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	17	27	2/f:	0,87	0,89	0,72	4,9	245	368	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	18	21	2/f:	0,98	0,91	0,75	5,0	250	375	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	16	21	2/f:	0,96	0,92	0,70	4,4	258	387	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	22	23	4/f:	0,93	0,94	0,85	5,5	256	384	66	21	31	34	37	40	29	28	0,041	37	55	66
9,20	16	23	2/f:	0,96	0,96	0,70	4,2	269	403	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	11	21	2/f:	0,91	0,98	0,54	3,0	267	400	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	13	24	2/f:	0,93	1,00	0,60	3,4	280	420	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	16	17	2/f:	0,96	1,02	0,70	3,9	286	428	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	19	25	2/f:	0,99	1,04	0,78	4,4	290	435	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	14	29	2/f:	0,94	1,06	0,64	3,3	296	444	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	15	26	2/f:	0,95	1,08	0,67	3,5	303	454	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	14	19	2/f:	0,94	1,09	0,64	3,2	304	456	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	13	15	2/f:	0,93	1,11	0,60	2,9	302	453	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	18	28	2/f:	0,98	1,13	0,75	3,7	319	479	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	18	34	4/f:	0,91	1,15	0,75	3,7	325	487	56	10	29	32	35	39	27	27	0,020	30	45	54
11,40	13	22	2/f:	0,93	1,17	0,60	2,8	310	465	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	13	24	2/f:	0,93	1,19	0,60	2,7	312	468	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	16	17	2/f:	0,96	1,21	0,70	3,2	335	502	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	19	20	2/f:	0,99	1,23	0,78	3,5	346	519	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	22	22	4/f:	0,93	1,25	0,85	3,9	350	525	66	15	30	33	36	39	27	28	0,028	37	55	66
12,40	22	20	4/f:	0,93	1,26	0,85	3,8	356	534	66	14	30	33	36	39	27	28	0,028	37	55	66
12,60	20	14	4/f:	0,93	1,28	0,80	3,5	362	542	60	11	29	33	36	39	27	27	0,021	33	50	60
12,80	26	22	4/f:	0,95	1,30	0,93	4,1	364	545	78	19	31	34	36	40	28	28	0,037	43	65	78
13,00	34	23	4/f:	0,98	1,32	1,13	5,2	363	544	102	28	32	35	37	40	29	29	0,054	57	85	102
13,20	29	16	4/f:	0,96	1,34	0,98	4,3	374	562	87	22	31	34	37	40	28	29	0,042	48	73	87
13,40	24	15	4/f:	0,94	1,36	0,89	3,7	384	576	72	15	30	33	36	39	27	28	0,030	40	60	72
13,60	29	16	4/f:	0,96	1,38	0,98	4,1	385	577	87	22	31	34	37	40	28	29	0,041	48	73	87
13,80	26	15	4/f:	0,95	1,40	0,93	3,8	394	591	78	18	30	33	36	39	28	28	0,033	43	65	78
14,00	26	20	4/f:	0,95	1,42	0,93	3,7	400	600	78	17	30	33	36	39	28	28	0,033	43	65	78
14,20	29	17	4/f:	0,96	1,44	0,98	3,9	403	604	87	21	31	34	37	40	28	29	0,039	48	73	87
14,40	26	20																			