

Areale 9 di lottizzazione/Urbanizzazione.

Elaborato:

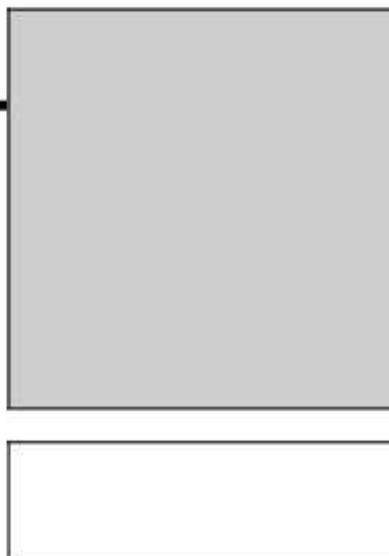
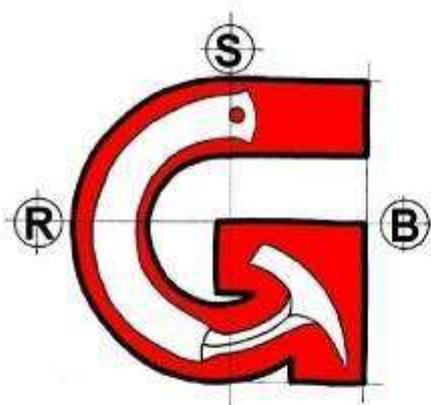
RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA LOCALE

Località:

San Pietro in Casale (BO)

Committente:

Proprietà varie (si veda in
relazione).



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

Località: **San Pietro in Casale (BO), Areale 9;**

Committenti: Agena S.r.l; Basis S.r.l.; Casamica S.r.l.; Coop Costruzioni S.c.; Sira S.r.l.

1.1 Area in esame:

L'area in esame è sita in San Pietro in Casale (BO) fra la Via Genova a Nord, Soardina ad Ovest (a poche decine di metri dalla Linea Ferroviaria Bologna- Padova) e Stangolini a Sud. Attualmente l'area in esame è costituita da un terreno agricolo, diviso in senso Nord- Sud da una strada agricola d'accesso; l'area è sostanzialmente pianeggiante e presenta modestissime scoline. L'area è posta a quote di circa 15,5 m s.l.m.m.

L'area indagata è di seguito riportata, nello stralcio del Foglio C.T.R. (alla scala 1: 5 000) 203 052.

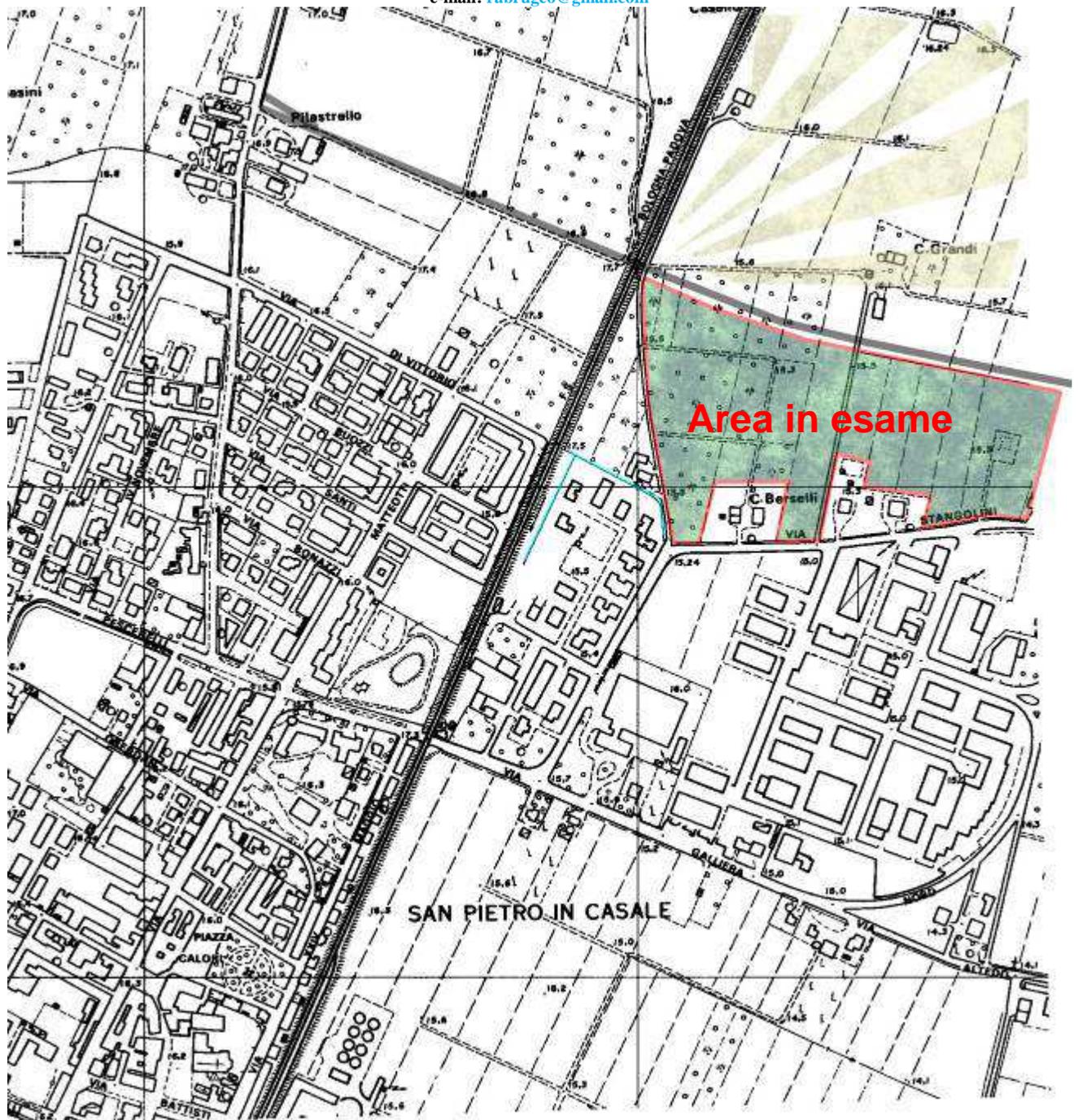
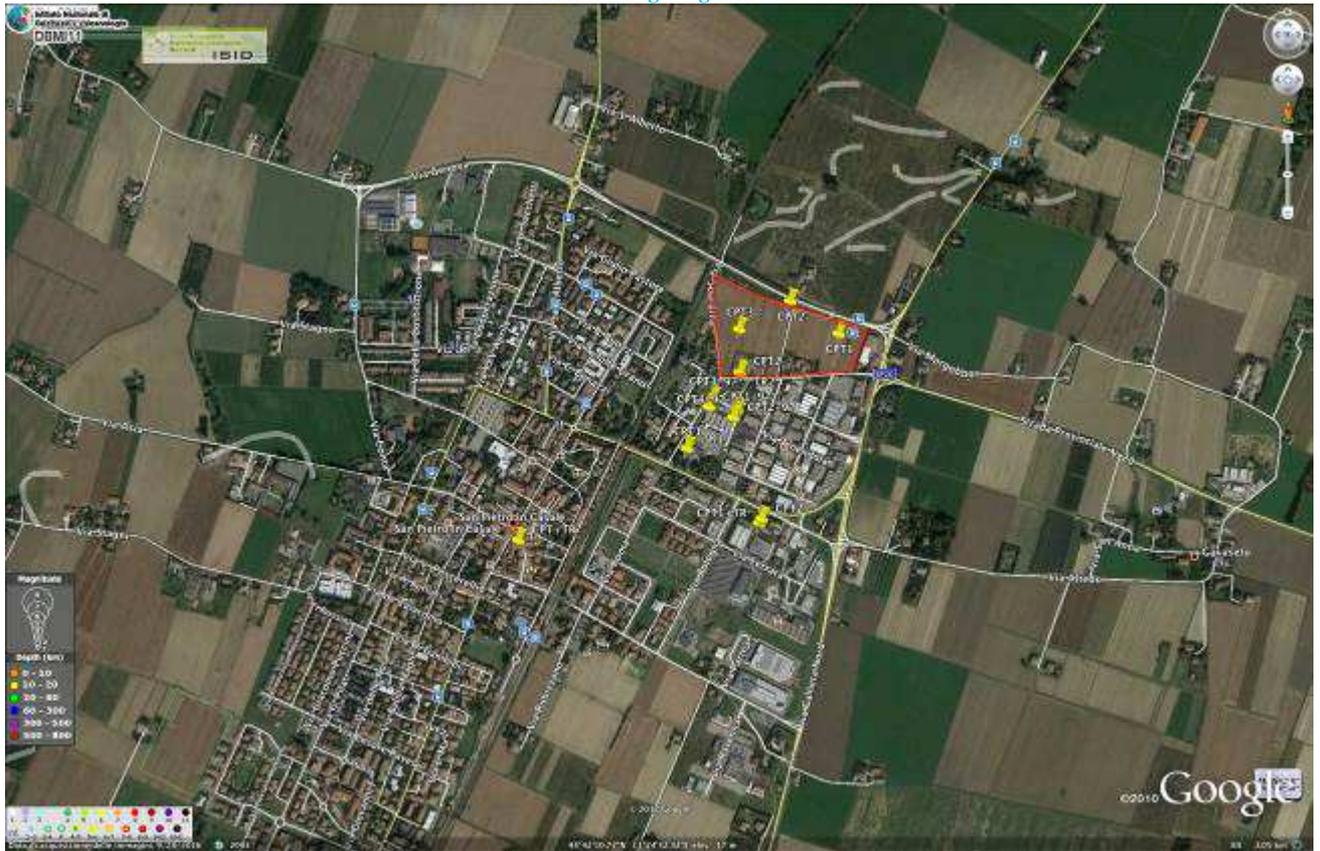


Fig. 1: Ubicazione dell'area in esame, su base cartografica C.T.R. alla scala 1: 5 000. Scala libera. Si è evidenziata la definizione dei litotipi granulari superficiali (ventaglio di rotta) che verrà riportata più oltre in relazione.



Figg. 2/1 e 2/2: Ubicazione dell'area in esame su orto- foto aeree tratte da Google Earth ©, a scale varie. Si sono riportate le ubicazione dei numerosi altri punti di indagine in possesso dello scrivente, relativi agli immediati pressi dell'area in esame. Nella seconda immagine si è riportata la traccia della Sezione di cui alle Figg. 10/1 e 10/2 alle quali si rimanda.



Fig. 2/3: Ubicazione a Scala Libera, nella quale si è evidenziata la definizione dei litotipi granulari superficiali (ventaglio di rotta) di cui si dirà più oltre in relazione.

2.1. Indagini appositamente eseguite:

L'area in esame è stata indagata dalle seguenti indagini (come sopra ubicate):

- tre prove penetrometriche statiche C.P.T. di profondità massima pari a 20,00 m dal p.c.
- due punti di indagine tomografica H/V, che ha potuto indagare profondità ampiamente superiori a 30 metri;
- uno stendimenti sismico di tipo Re.Mi.+ M.A.S.W.

Ci si è ulteriormente riferiti a numerose indagini penetrometriche eseguite dallo scrivente (in precedenza e per altre finalità) sui terreni circostanti all'area in esame (per le ubicazioni si rimanda alle Figg. 2). Si è poi reperita tutta una serie di dati penetrometrici e stratigrafici di bibliografia pubblica, presenti nel data- base della Regione Emilia- Romagna.

Per l'esecuzione dell'indagine penetrometrica si è utilizzata una apparecchiatura penetrometrica carrellata di costruzione Deep- Drill tipo Gouda dotata di punta Begemann a doppio effetto atta al rilievo dell'attrito laterale. La strumentazione è regolarmente mantenuta e tarata (moduli di descrizione della metodologia penetrometrica sono presenti in allegato), le indagini sono state eseguite dallo scrivente e da altra Ditta su progettazione e direzione dello scrivente.

L'indagine geofisica tomografica è stata eseguita utilizzando un tomografo TROMINO ® e l'apposito software GRILLA ® di costruzione Micromed (la descrizione metodologica dell'indagine è proposta in altra parte della presente documentazione). L'indagine ha potuto indagare profondità ampiamente superiori ai 30,00 m previsti dal D.M./N.T.C. L'indagine geofisica di tipo Re.Mi.+ M.A.S.W. è stata eseguita dalla Ditta GeoDelta.

2. 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 un relativo 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).

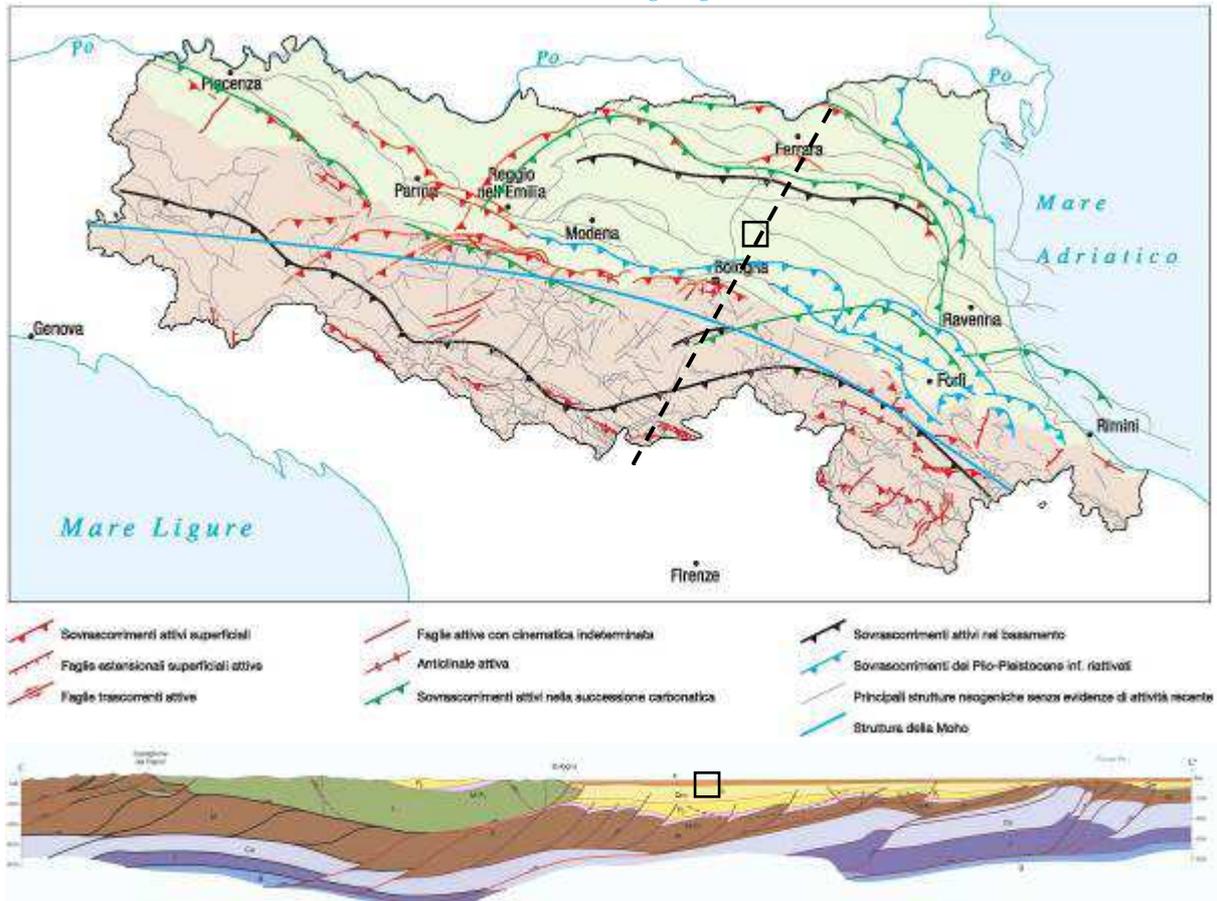


Fig. 3: Schema geologico e sezione geologica profonda esemplificativa della Pianura Padana. Sono evidenti l'andamento delle pieghe e delle faglie del substrato e traccia della medesima sezione. Col quadratino nero si riporta l'area in esame.

2.1 Assetto geologico e geomorfologico dell'area in esame:

Dal punto di vista geologico *latu- sensu*, secondo quanto riportato 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), i terreni di fondazione caratterizzanti l'area in esame dovrebbero essere a natura prevalentemente Sabbioso-Limosa ovvero Limoso- Sabbiosa. Tali terreni sono ascrivibili a deposizioni paleo- fluviali, ovvero a deposizioni di Argine, Canale e Rotta Fluviale. Per l'area in esame trattasi di deposizioni ascrivibili al paleo corso del Reno ascrivibile ai Secc. IV- VI. (come di seguito riportato in uno stralcio della già citata cartografia).

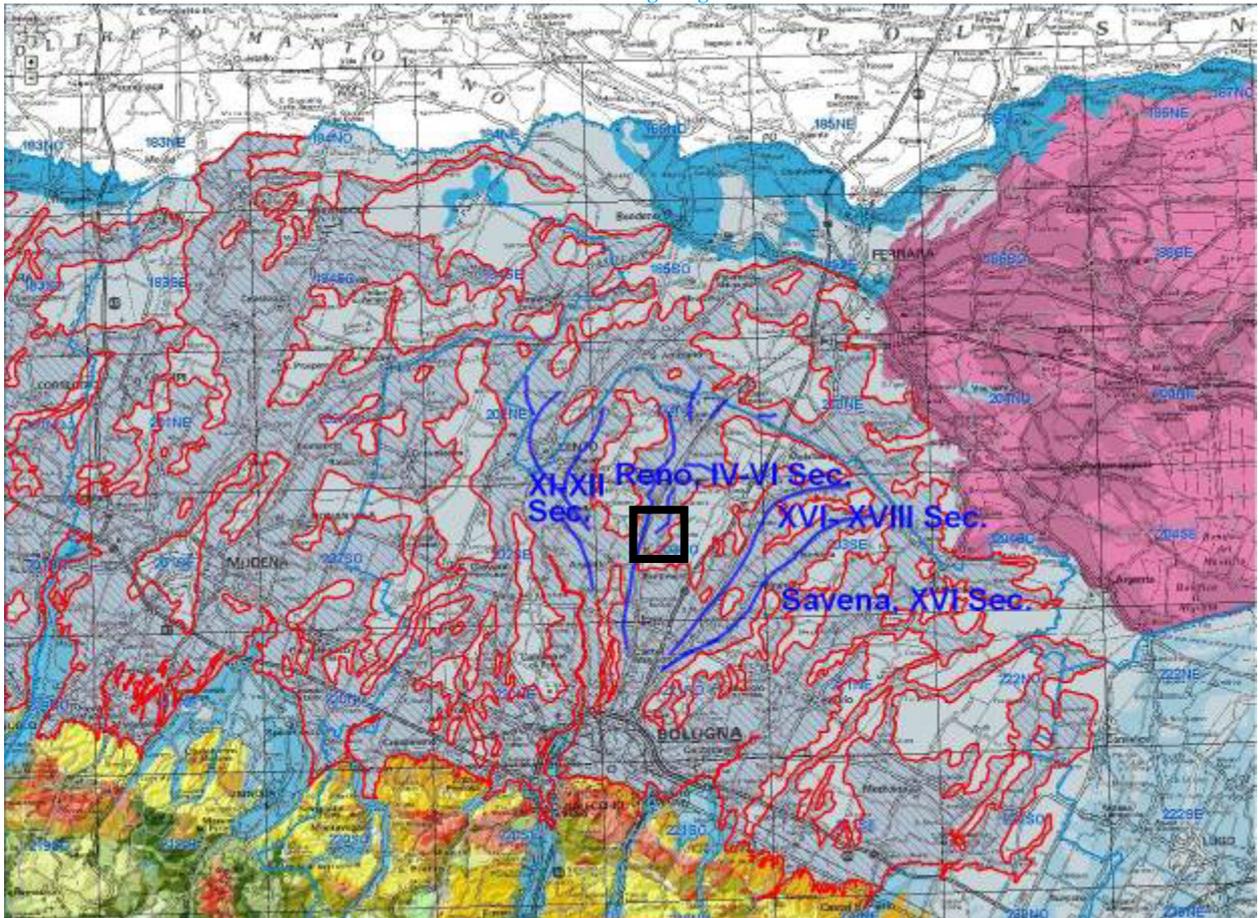


Fig. 4/1: stralcio a Scala Libera della Cartografia Geologica Regionale di riferimento alla scala 1: 250 000. Sono riportati i paleo corsi del Reno e del Savena e le relative presenze temporali.

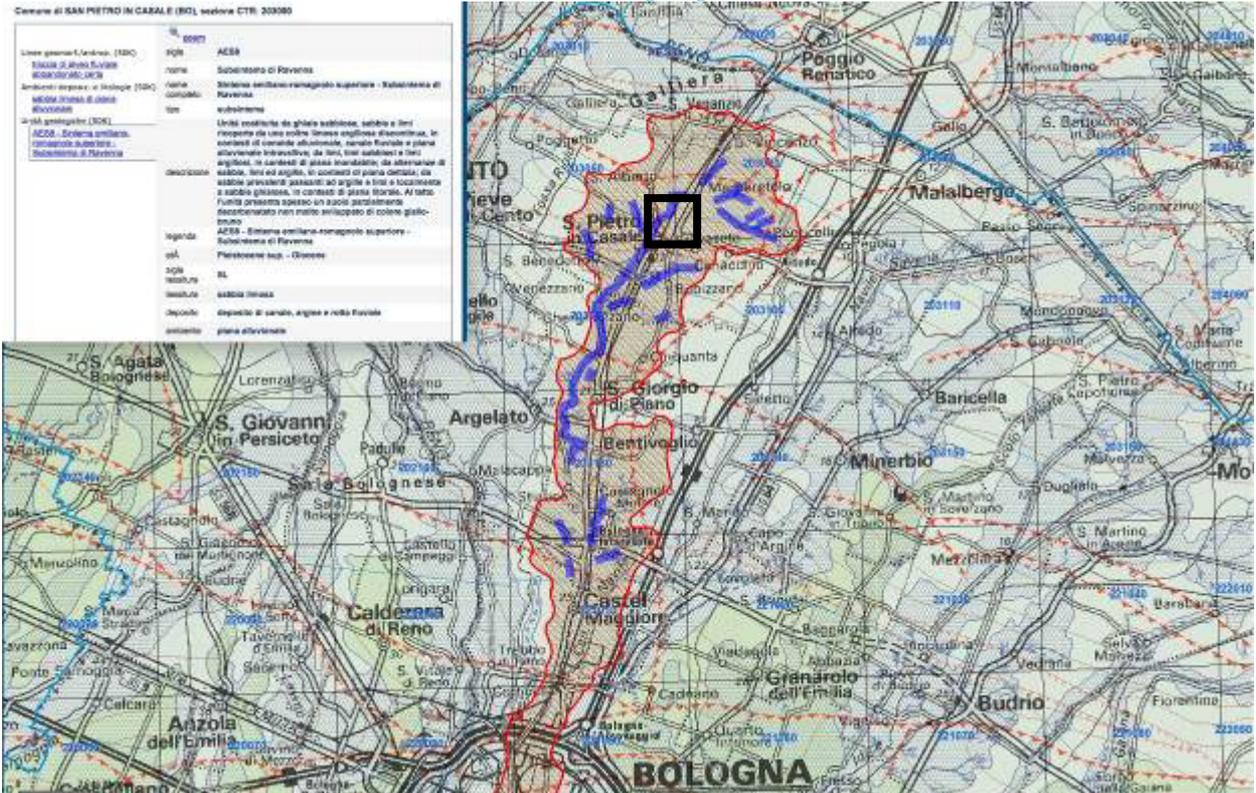


Fig. 4/2: Particolare a scala maggiore dell'assetto paleo- idraulico locale, stralcio della carta regionale (alla scala 1: 100 000), Scala Libera. Si è riportato il paleo corso del Reno che interessa i pressi dell'area in esame.

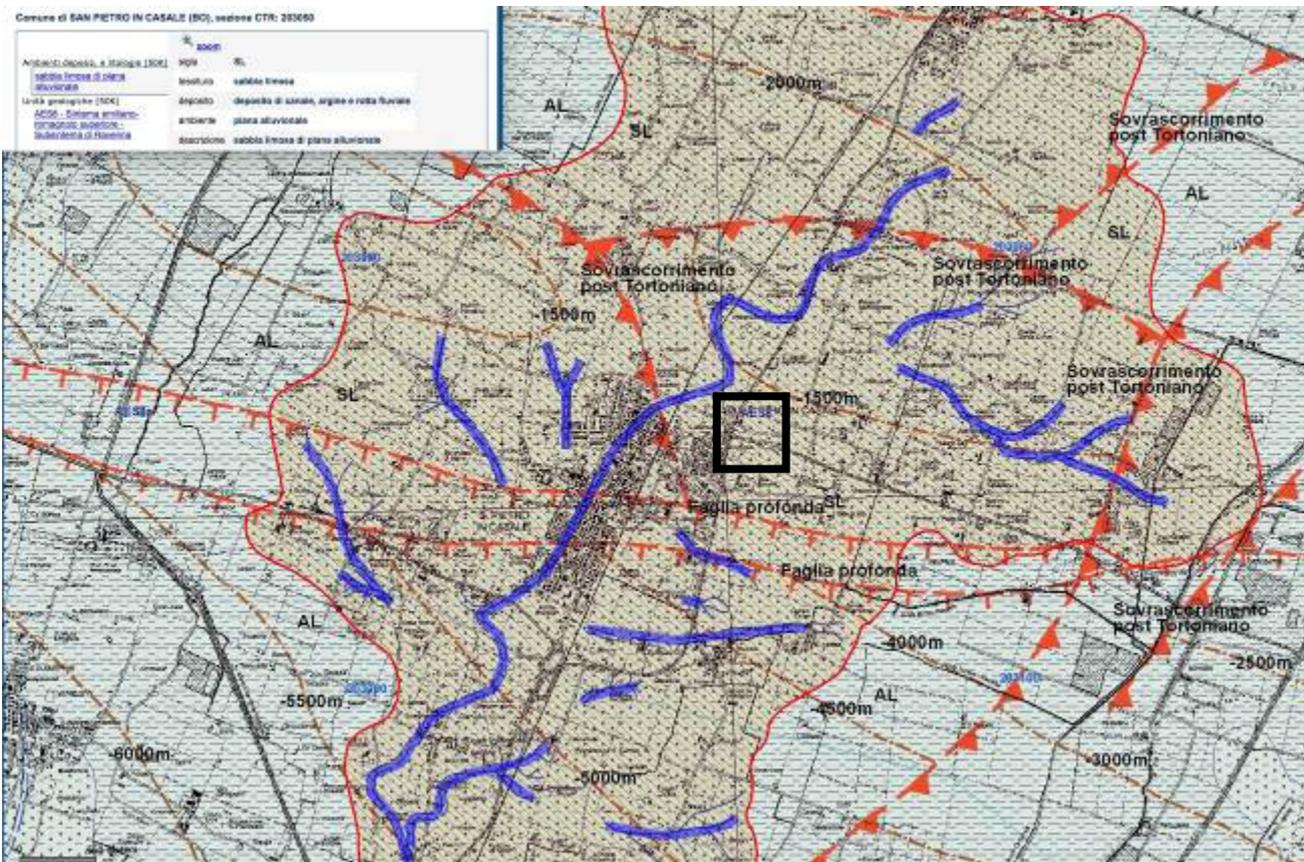


Fig. 4/3: Assetto geologico locale, stralcio della carta regionale (alla scala 1: 25 000), Scala Libera. Sono riportati i caratteri geomorfologici locali e gli elementi di geologia profonda.

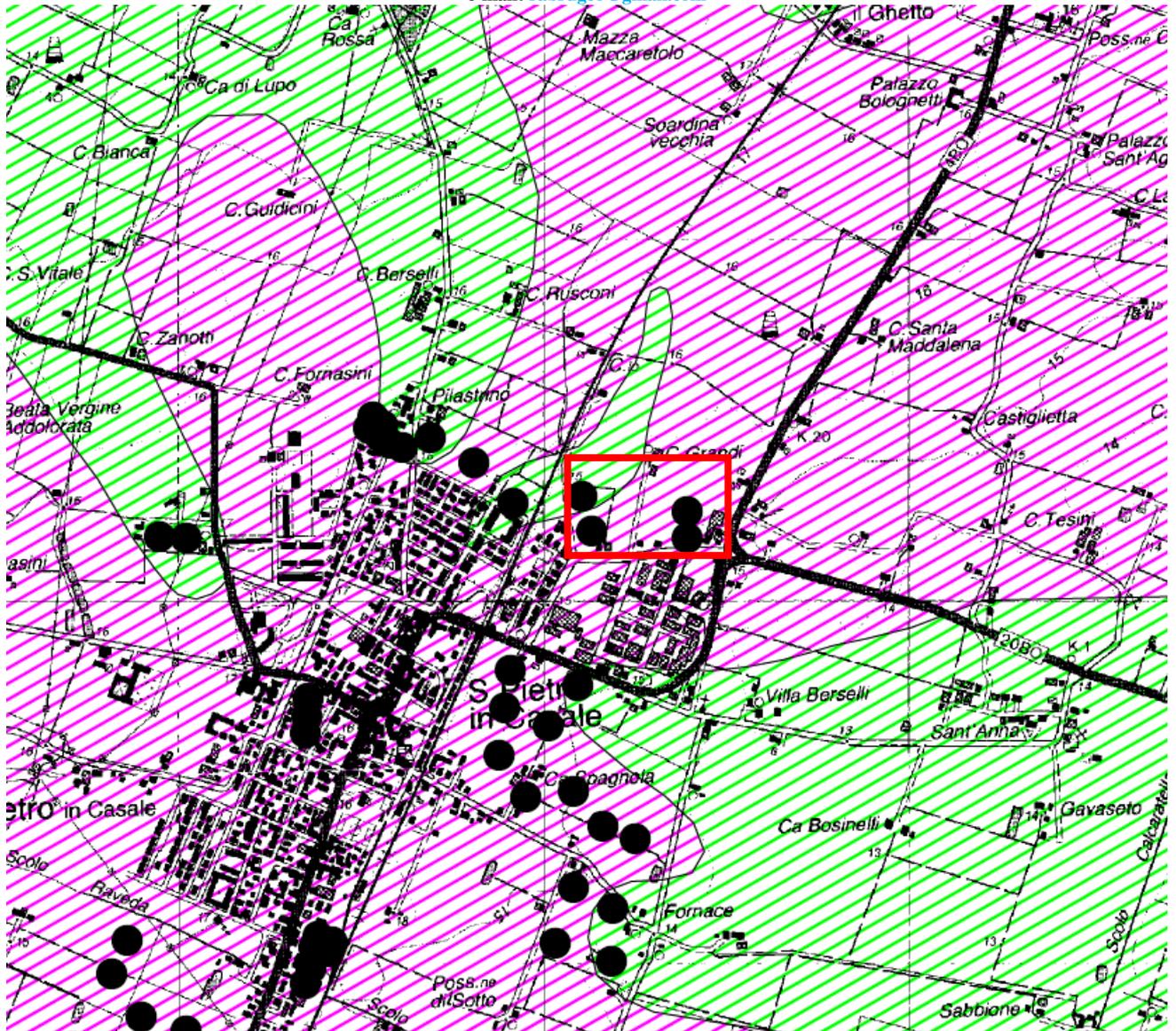
La formazione localmente affiorante è l'Unità di Modena, Sub- Sintema di Ravenna, del Sintema Emiliano- Romagnolo Superiore: AES8a ed è di seguito descritta come riportato all'apposito sito regionale. Come già citato la tessitura localmente rilevabile dovrebbe essere considerata la SL (Sabbioso- limosa) ma, come si vedrà più oltre i litotipi caratterizzanti l'area in esame sono anche di natura Argilloso- limosa (AL) o Argilloso- Limoso- Sabbiosa (ALS), che infatti “affiorano” negli immediati pressi dell'area in esame.

Ambienti deposiz. e litologie (50K) sabbia limosa di piana alluvionale Unità geologiche (50K) AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena	 zoom	
	sigla	AES8a
	nome	unità di Modena
	nome completo	Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
	tipo	unità
	descrizione	Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro
	legenda	AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena.
	età	Olocene
	sigla tessitura	SL
	tessitura	sabbia limosa
	deposito	deposito di canale, argine e rotta fluviale
	ambiente	piana alluvionale

Fig. 4/4: Legenda della “Formazione” SL che in teoria dovrebbe essere localmente affiorante e che può essere ritenuta parzialmente caratterizzante l'area in esame.

Ambienti deposiz. e litologie (50K) argilla limosa di piana alluvionale Unità geologiche (50K) AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena	 zoom	
	sigla	AES8a
	nome	unità di Modena
	nome completo	Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
	tipo	unità
	descrizione	Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro
	legenda	AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
	età	Olocene
	sigla tessitura	AL
	tessitura	argilla limosa
deposito	deposito di piana inondabile in area interfluviale	
ambiente	piana alluvionale	

Fig. 4/5: Legenda della “Formazione” AL affiorante negli immediati pressi dell’area in esame e che può essere ritenuta parzialmente caratterizzante l’area in esame.



Tessiture ed Ambienti deposizionali

	Sabbie limose di conoide
	Sabbie di piana alluvionale
	Sabbie fini di piana alluvionale
	Limi di piana alluvionale
	Argille limose di piana alluvionale
	Sabbie e sabbie fini di paleodelta

Fig. 4/6: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. AC.1.1b Carta Litologico- Morfologica del Quadro Conoscitivo del P.S.C. Associato Reno- Galliera- Terre di Pianura e del Comune di San Pietro in Casale.

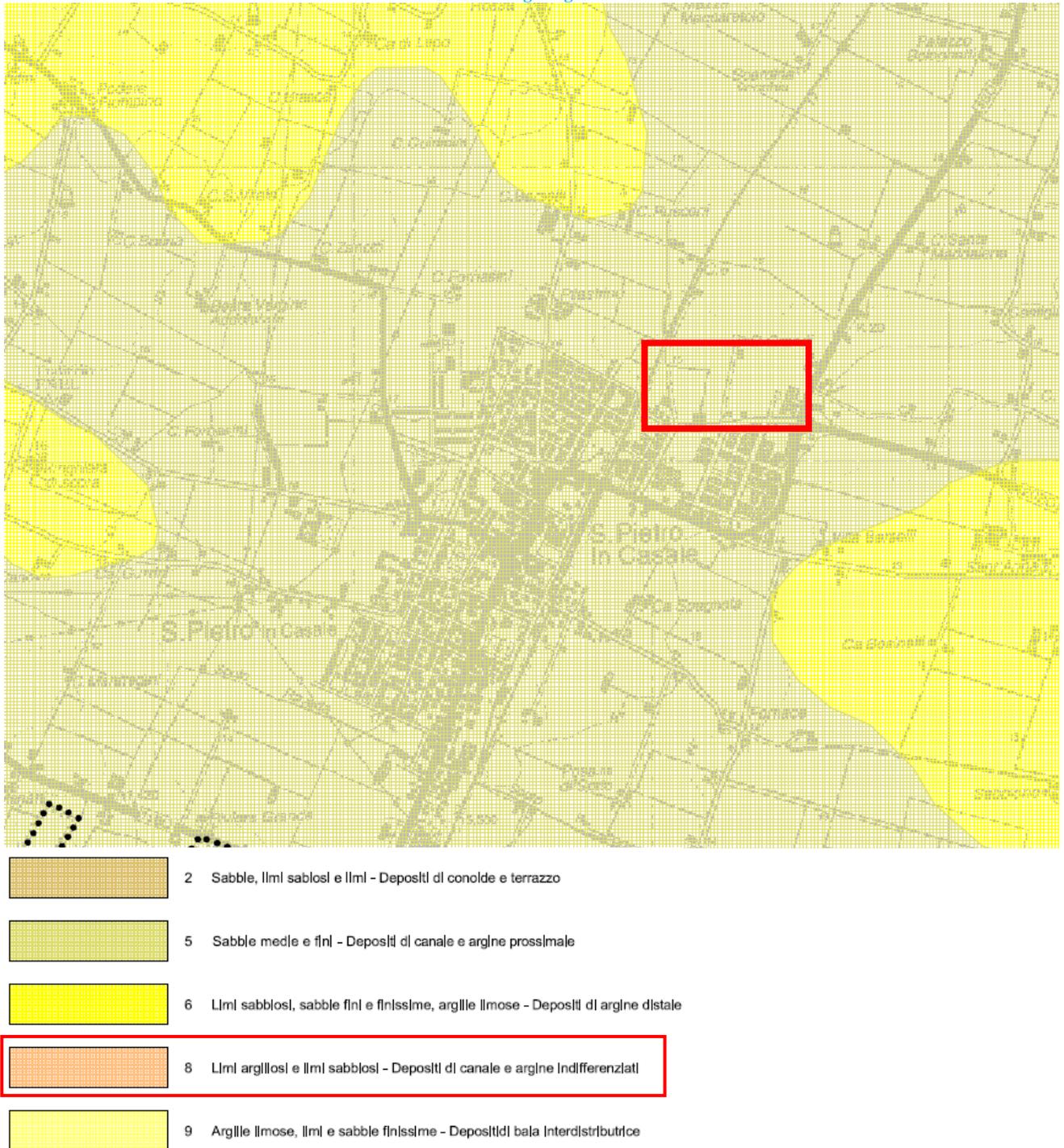


Fig. 4/7: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. AQC.1.5.3. Carta Geologica del Quadro Conoscitivo del P.S.C. Associato Reno- Galliera- Terre di Pianura e del Comune di San Pietro in Casale.

L'area in esame (ed i suoi pressi) dovrebbe quindi essere caratterizzata dalla presenza di deposizioni in qualche maniera granulare, da Sabbie Limose (SL), Limi- Sabbiosi (LS) e Limi Argillosi (LA) retaggio delle deposizioni paleo- divagative ascrivibili al corso del paleo Reno. In realtà, come potrà evincersi dall'analisi della stratigrafia locale (indirettamente tratta dall'esecuzione delle tre C.P.T.), si potrà constatare come localmente i litotipi prevalenti siano piuttosto da ricondursi

ad Argille e/o Argille- Limose (AL) e come le presenze granulari siano soprattutto da considerarsi (siano organizzate) come modeste lenti sospese in abbondante “matrice” fine (argillosa- coesiva); occasionalmente (ad esempio in coincidenza del punto di esecuzione della C.P.T. 3) tali lenti possono presentare spessore maggiore. Come può rilevarsi dalle Figg. 2, negli immediati pressi Nord dell’area in esame si evidenzia la presenza superficiale di depositi granulari ascrivibili ad un ventaglio di esondazione/rotta fluviale che rappresenta la fase terminale di un episodio di divagazione probabilmente caratterizzato da scarsa persistenza spaziale e temporale.

La cartografia della Regione in precedenza riportata evidenzia in effetti come, nei pressi dell’area in esame “affiorino” Argille- limose, mentre l’apposita cartografia di P.S.C. (riportata alle Figg. 4/6 e 4/7 ad esempio) indica la presenza locale di Sabbie fini di Piana Alluvionale, Limi Argillosi e Limi Sabbiosi. Le deposizioni di natura Argillo- Limosa (AL) sono ascrivibili alle “Deposizioni di Piana Alluvionale” e sono riconducibili alle paleo valli/paludi sulle quali scorrevano/divagavano le deposizioni granulari (anche non meramente sabbiose dato che ci trova comunque in corrispondenza di fasi fluviali terminali, ove cioè l’energia trattiva non era sufficiente a depositare sabbie- ascrivibili al paleo Reno) che rappresentano il “lascito” della presenza temporale del paleo corso idrico divagativo sul quale sorge l’abitato di San Pietro in Casale (Figg. 4/1, 4/2 e 4/3).

La geologia profonda (Fig. 4/3) ubica l’area in esame in prossimità di una complessa struttura caratterizzata dalla presenza di due Faglie profonde, parallele ad andamento Est- Ovest e che dislocano una complessa sequenza di Sovrascorrimenti post- Tortoniani. La base del Pliocene è compresa fra 1 500 e 6 000 m circa dal p.c., con importanti rigetti. Queste difformità profonde sono normalmente sede di movimenti tellurici, lo sono state nel passato anche recentissimo (come già riportato e come potrà vedersi all’apposito punto della presente relazione) e lo potranno quindi essere anche nel futuro.

2.2. Dati stratigrafici tratti dal data- base della Regione Emilia- Romagna.

Di seguito si riporta l’ubicazione dei dati disponibili all’apposito data- base regionale, più oltre i dati stessi ed apposite sezioni stratigrafiche.

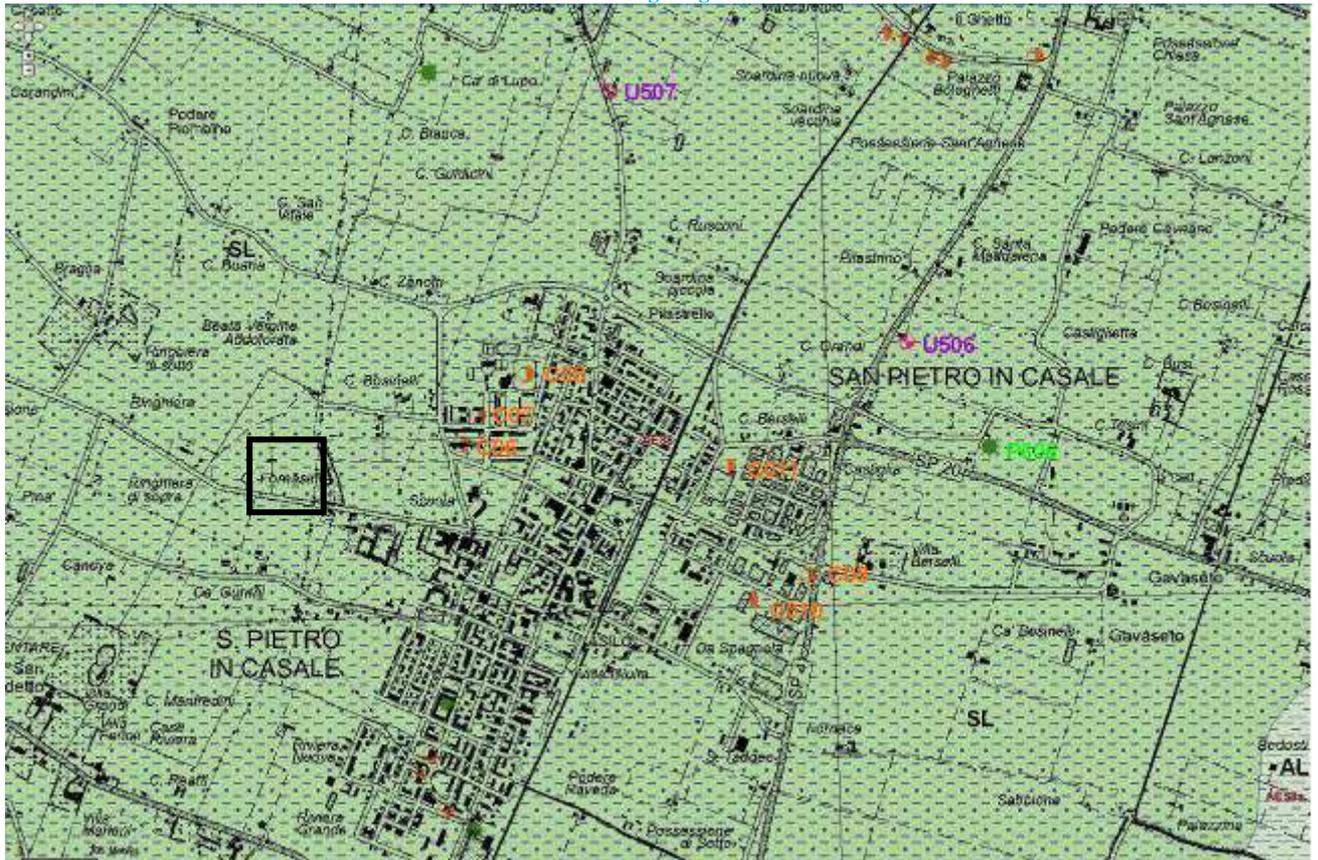


Fig. 5/1: stralcio a scala libera della Cartografia Geologica Regionale di riferimento alla scala 1: 10 000. Si riporta l'ubicazione dei punti di indagine di bibliografia (tratti dall'apposito sito regionale) che verranno più oltre riportati in relazione.

Alle seguenti figure si riportano i dati stratigrafici di bibliografia reperibili all'apposito database regionale e riferibili ai pressi dell'area in esame, di cui sopra.

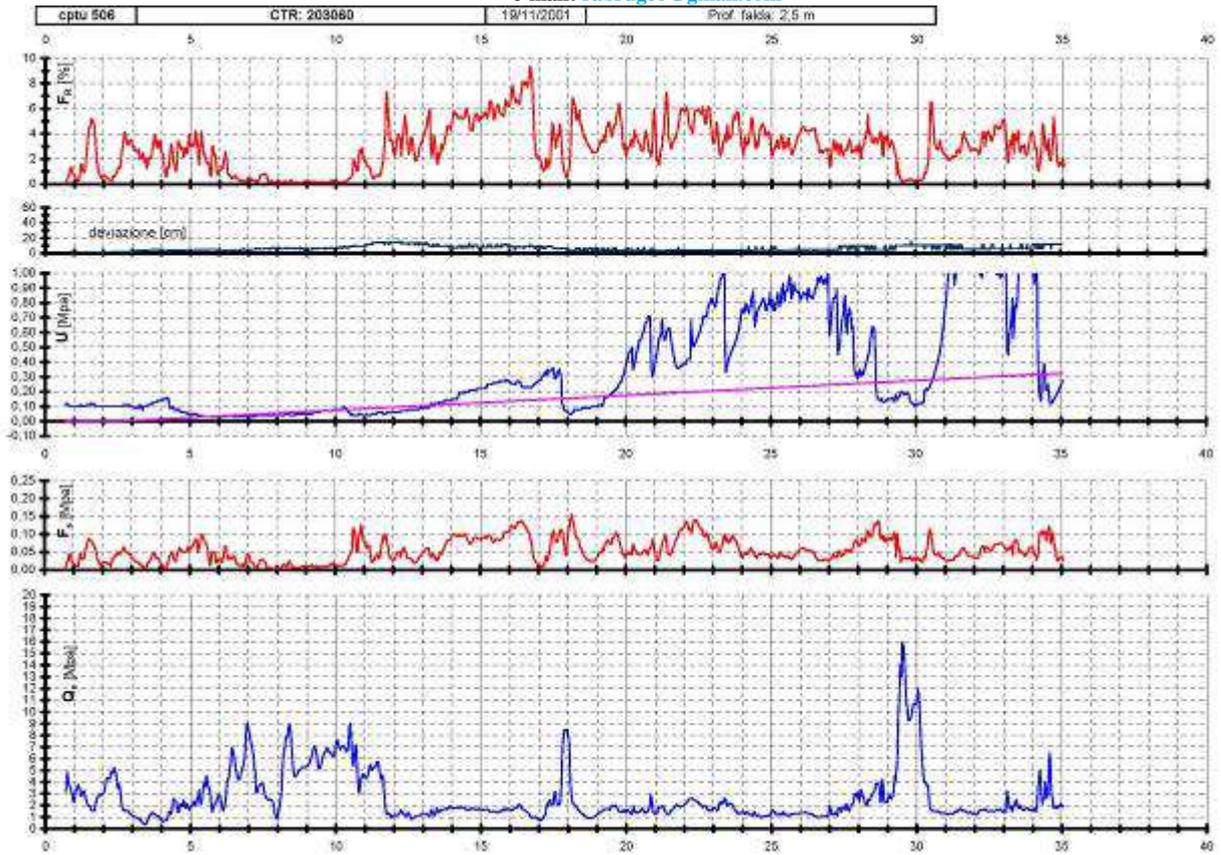


Fig. 5/1: C.P.T.U. 506.

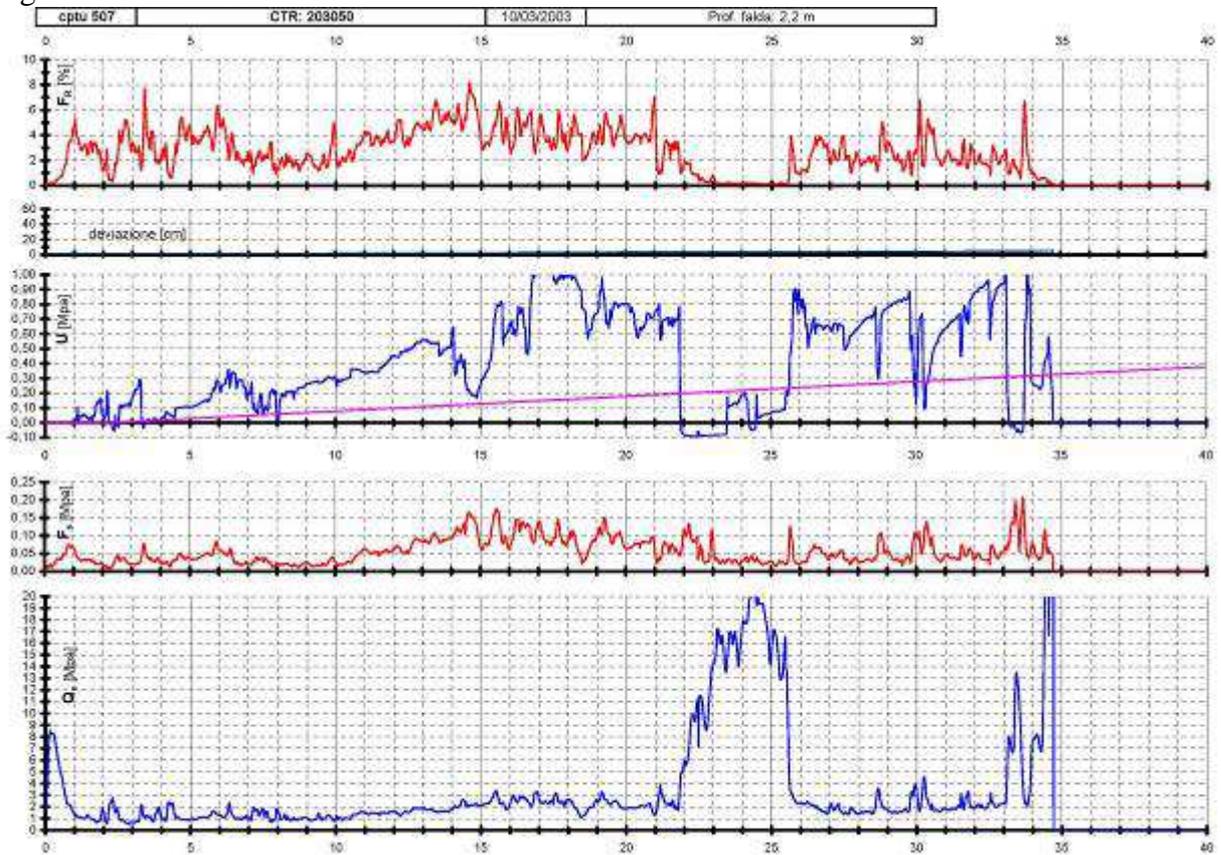


Fig. 5/2: C.P.T.U. 507.

CTR 203050
C006

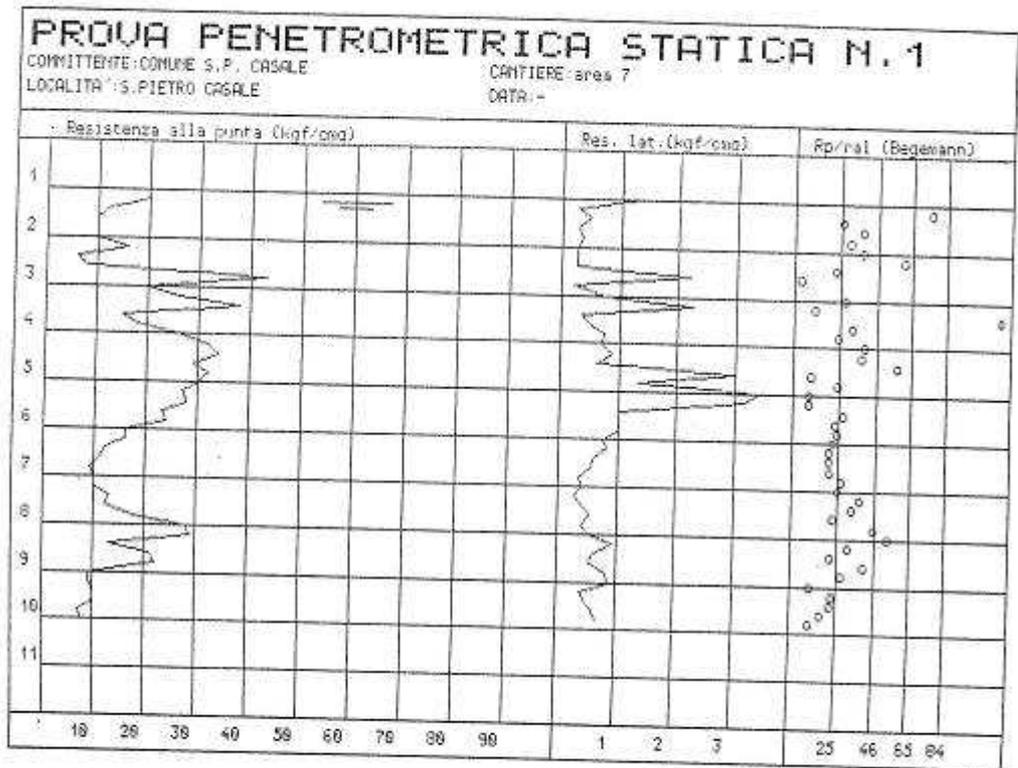


Fig. 5/3: C.P.T. C006.

CTR 203050
C007

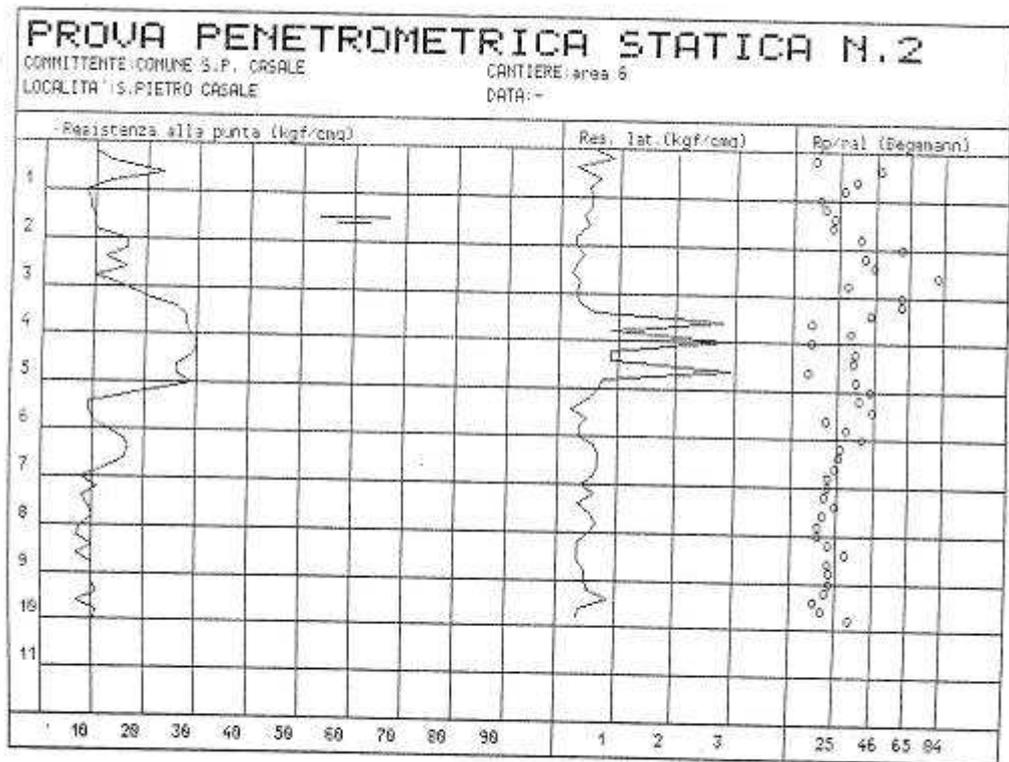


Fig. 5/4: C.P.T. C007.

CTR 203050
C008
M. S. P. CASALE

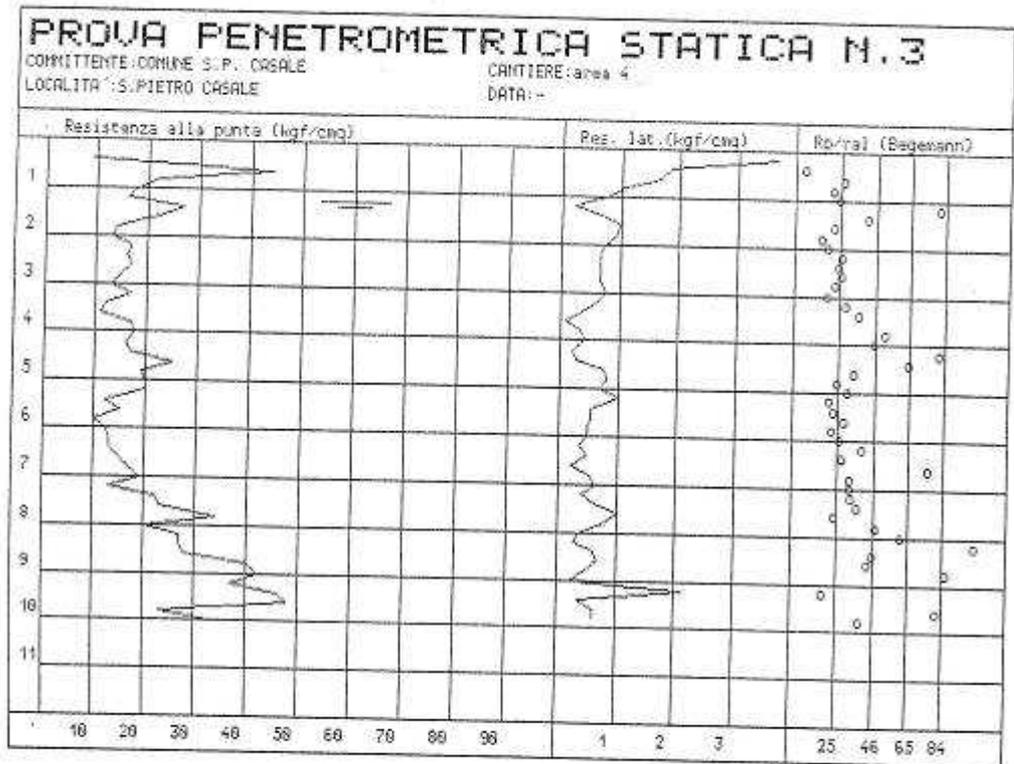


Fig. 5/5: C.P.T. C08.

CTR 203050
C009
M. S. P. CASALE

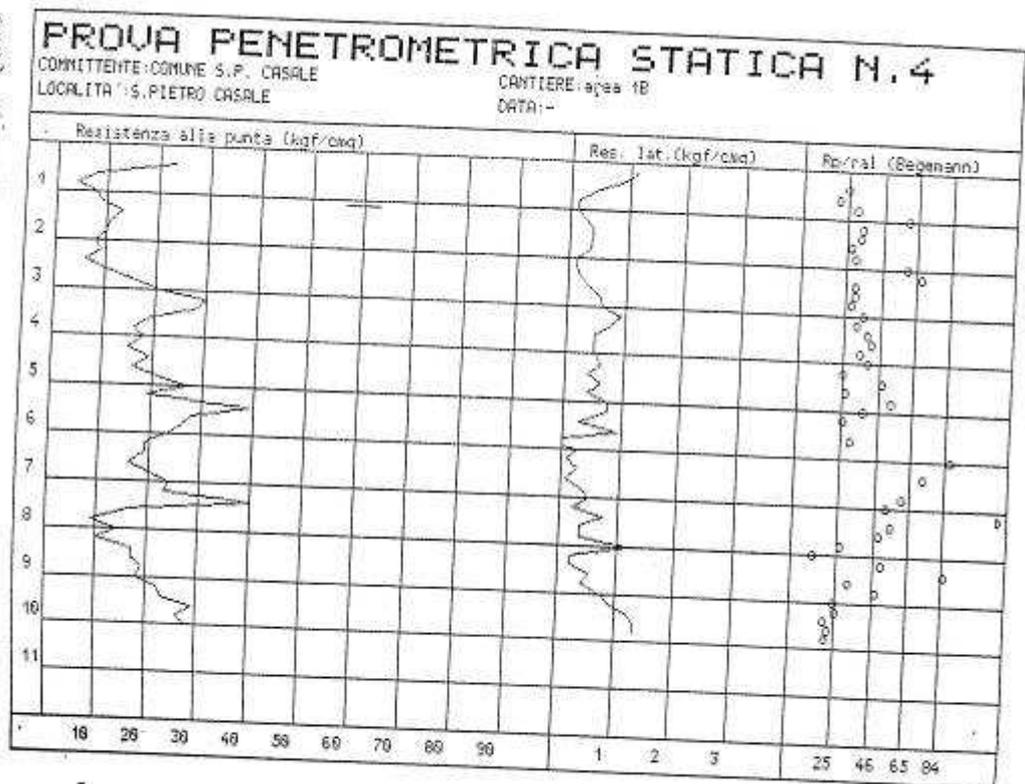


Fig. 5/6: C.P.T. C09.

CTR 203050
 C010
 Area n. 1006

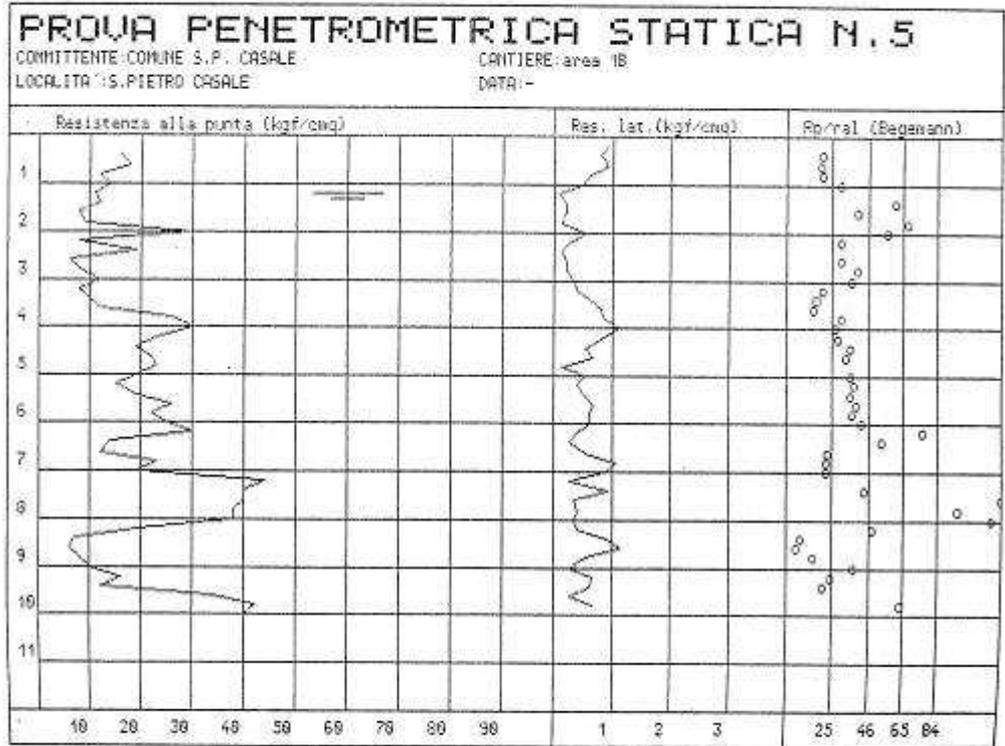


Fig. 5/7: C.P.T. C010.

CTR 203050
 C011
 Area n. 1006

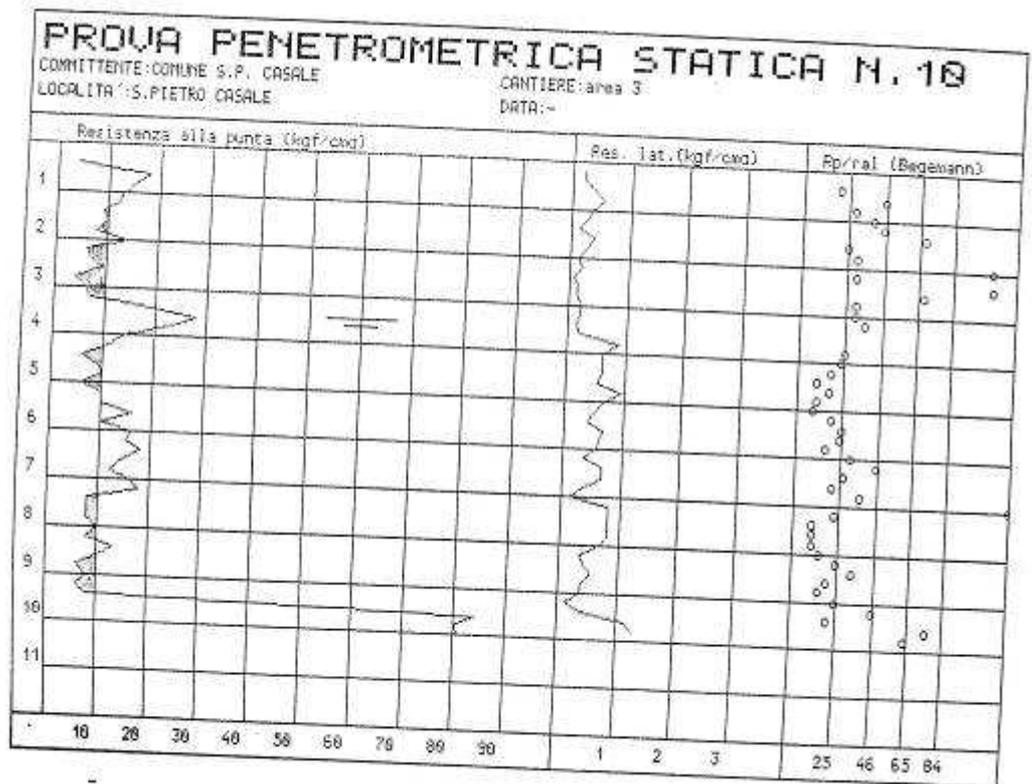


Fig. 5/8: C.P.T. C011.

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi
 Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)
 tel. e fax: 0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 298-14

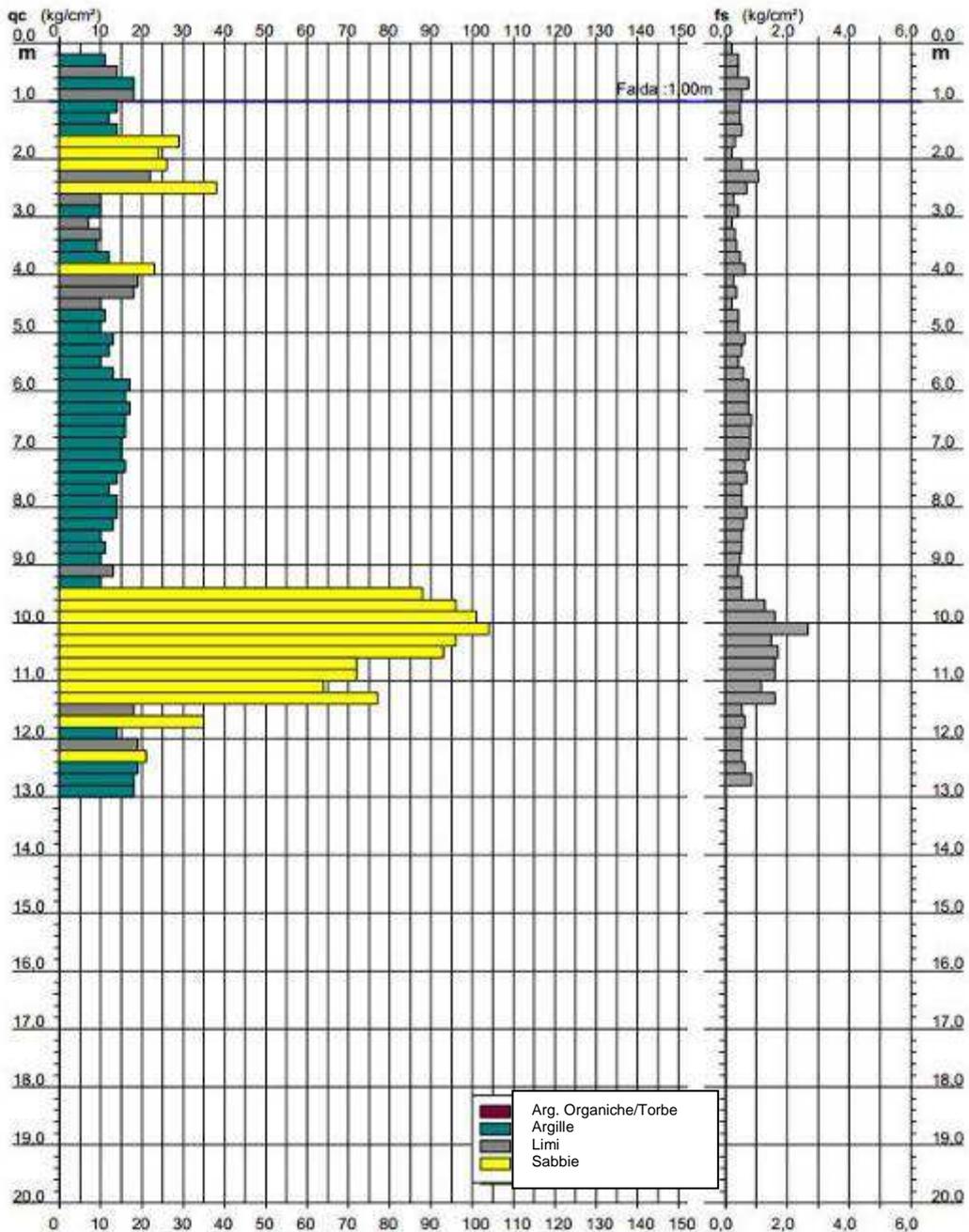
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1

2.0105-001

- committente : Gazzotti 1907 s.r.l.
 - lavoro : ampliamento capannone
 - località : San Pietro in Casale
 - assist. cantiere :

- data : 03/02/1997
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : 1,00 da quota inizio



Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

Indagini Geologiche e Geotecniche

Fig. 6/1: C.P.T. 1 Rif. Cloetta, eseguita dallo scrivente nell'anno 1997 negli immediati pressi dell'area in esame, si veda Fig. 2/2.

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)
 tel. e fax: 0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

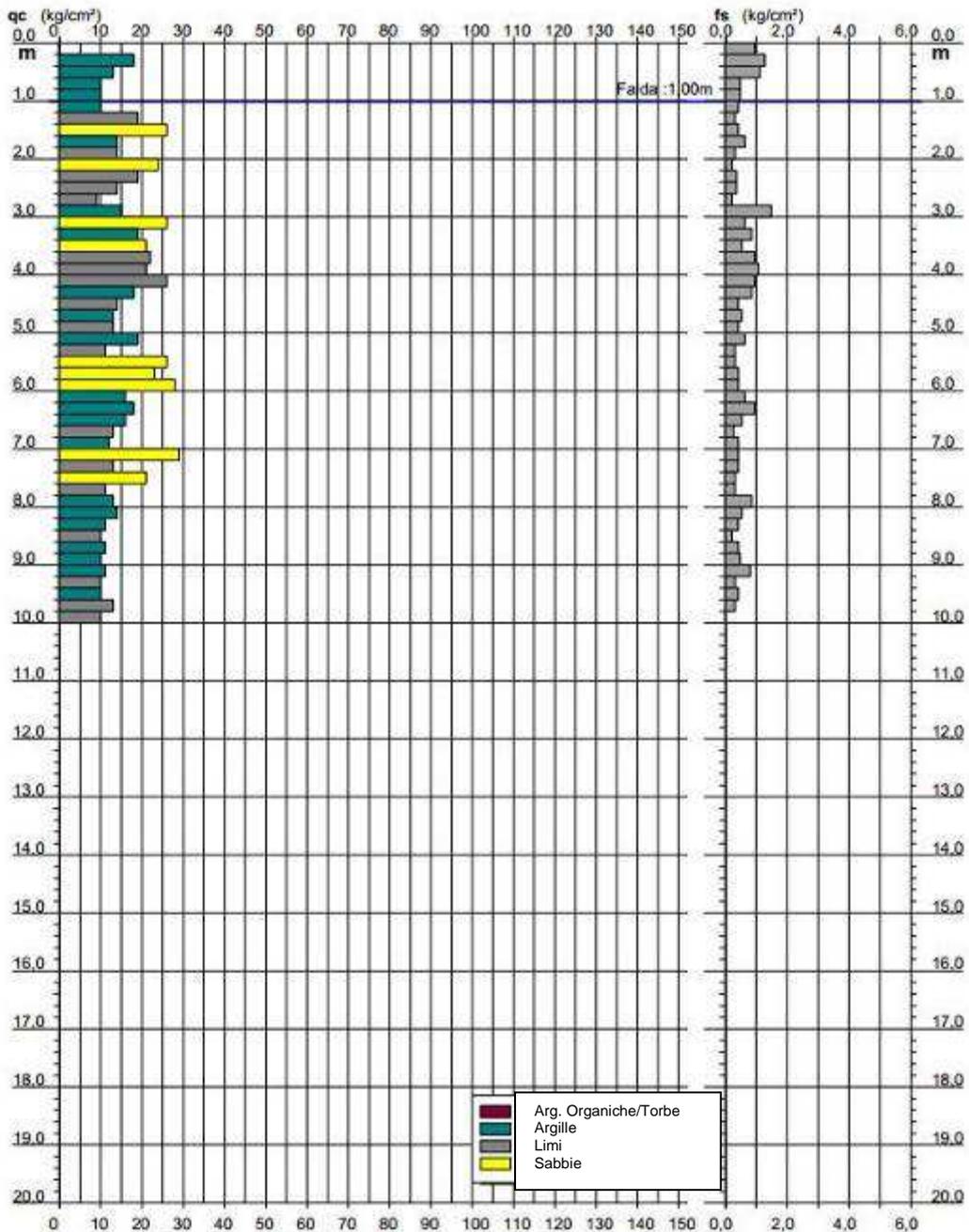
Riferimento: 298-14

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

2.0105-001

- committente : Gazzotti 1907 s.r.l.
 - lavoro : ampliamento capannone
 - località : San Pietro in Casale
 - assist. cantiere :

- data : 03/02/1997
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : 1,00 da quota inizio



Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

Indagini Geologiche e Geotecniche

Fig. 6/2: C.P.T. 2 Rif. Cloetta, eseguita dallo scrivente nell'anno 1997 negli immediati pressi dell'area in esame, si veda Fig. 2/2.

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)
 tel. e fax: 0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 298-14

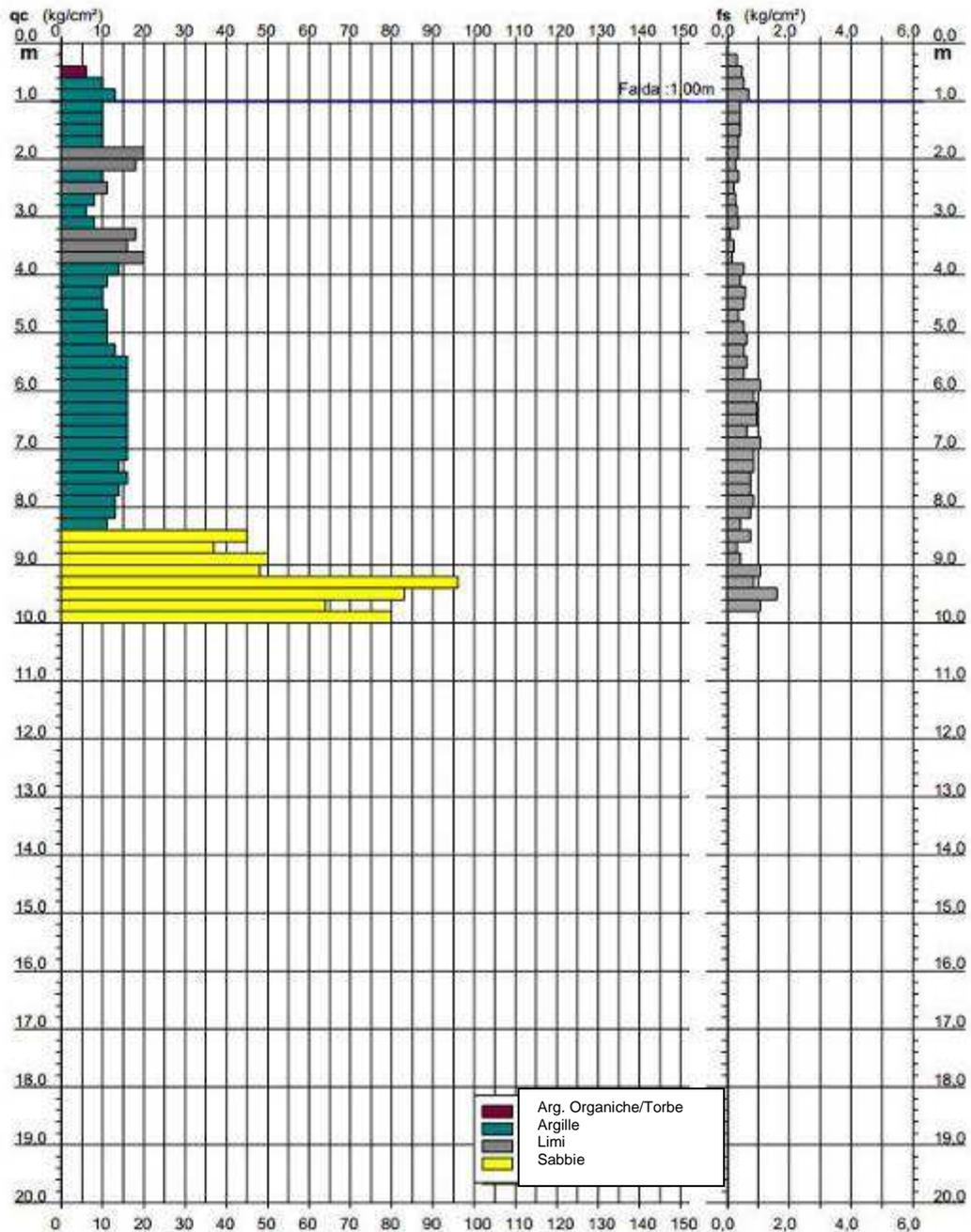
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 3

2.0105-001

- committente : Gazzotti 1907 s.r.l.
 - lavoro : ampliamento capannone
 - località : San Pietro in Casale
 - assist. cantiere :

- data : 03/02/1997
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : 1,00 da quota inizio



Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

Indagini Geologiche e Geotecniche

Fig. 6/3: C.P.T. 3 Rif. Cloetta, eseguita dallo scrivente nell'anno 1997 negli immediati pressi dell'area in esame, si veda Fig. 2/2.

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)
tel. e fax: 0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 298-14

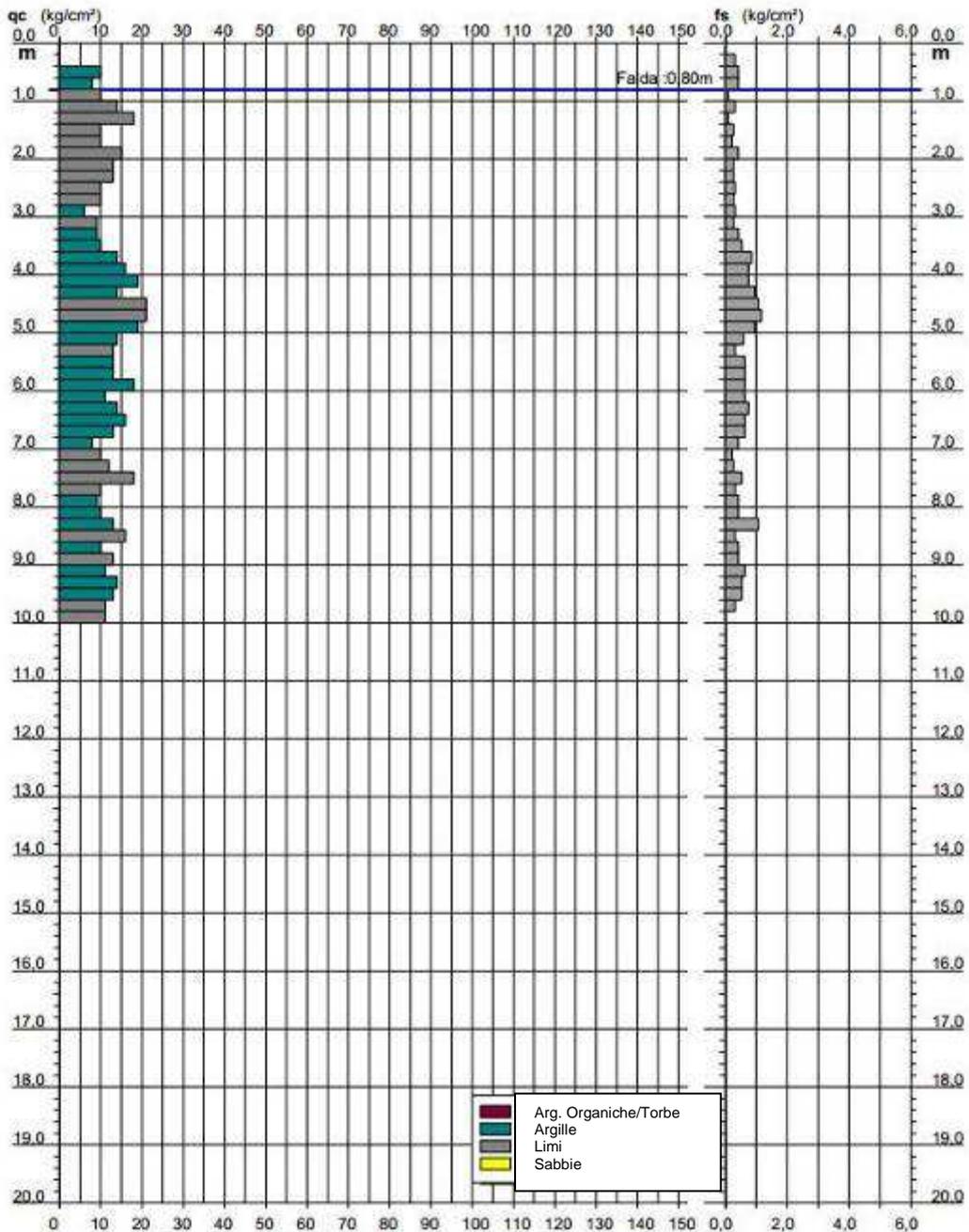
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 4

2.0105-001

- committente : Gazzotti 1907 s.r.l.
- lavoro : ampliamento capannone
- località : San Pietro in Casale
- assist. cantiere :

- data : 03/02/1997
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 0,80 da quota inizio



Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

Indagini Geologiche e Geotecniche

Fig. 6/4: C.P.T. 4 Rif. Cloetta, eseguita dallo scrivente nell'anno 1997 negli immediati pressi dell'area in esame, si veda Fig. 2/2.

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi
 Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)
 tel. e fax: 0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

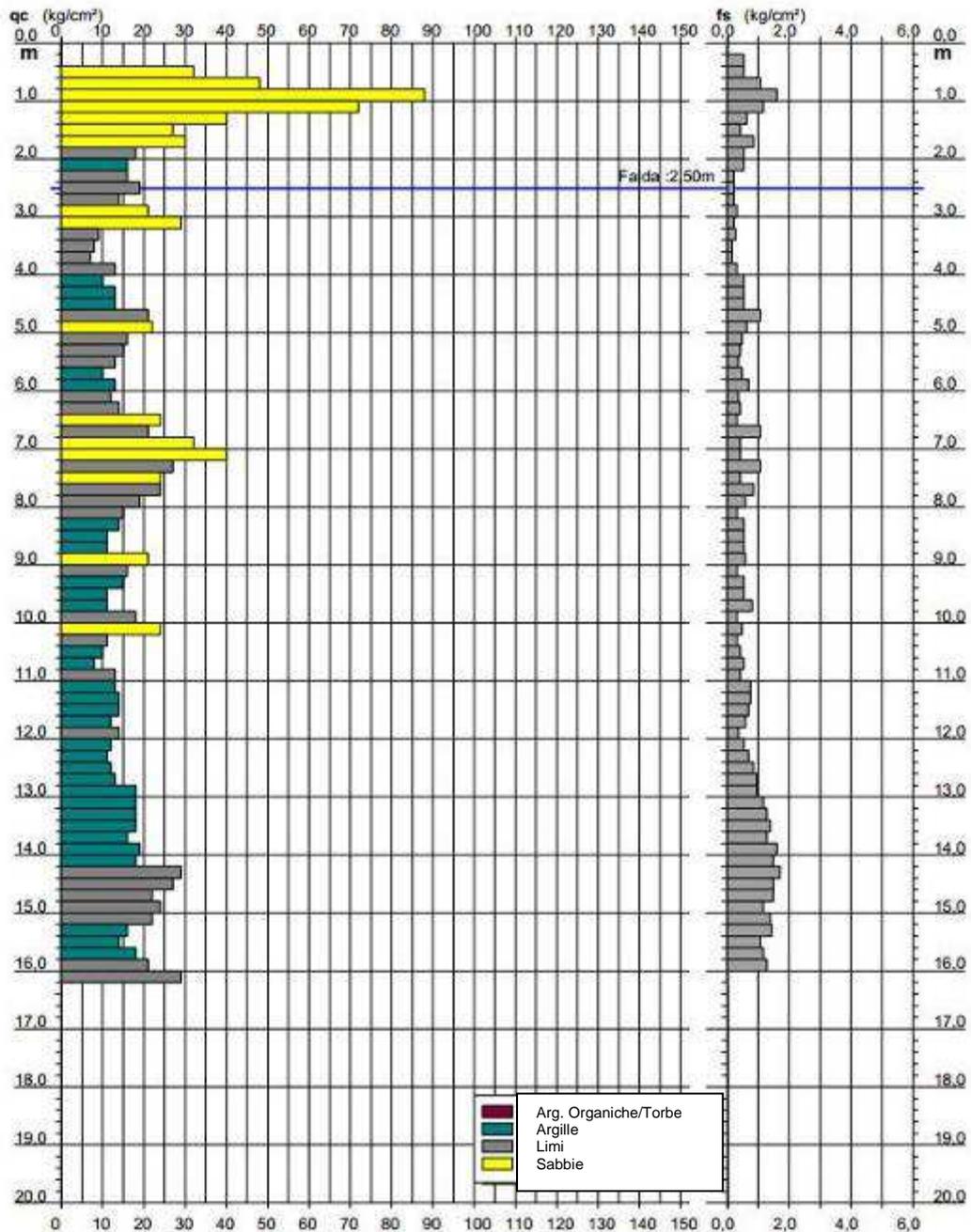
Riferimento: 297-14

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1

2.0105-001

- committente :	Cloetta	- data :	24/10/2014
- lavoro :	Costruzione capannone	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	S. Pietro in Casale	- falda :	2,50 da quota inizio
- assist. cantiere :			



Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

Indagini Geologiche e Geotecniche

Fig. 7/1: C.P.T. 1 Rif. Cloetta, eseguita dallo scrivente nell'anno 2014 negli immediati pressi dell'area in esame, si veda Fig. 2/2.

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

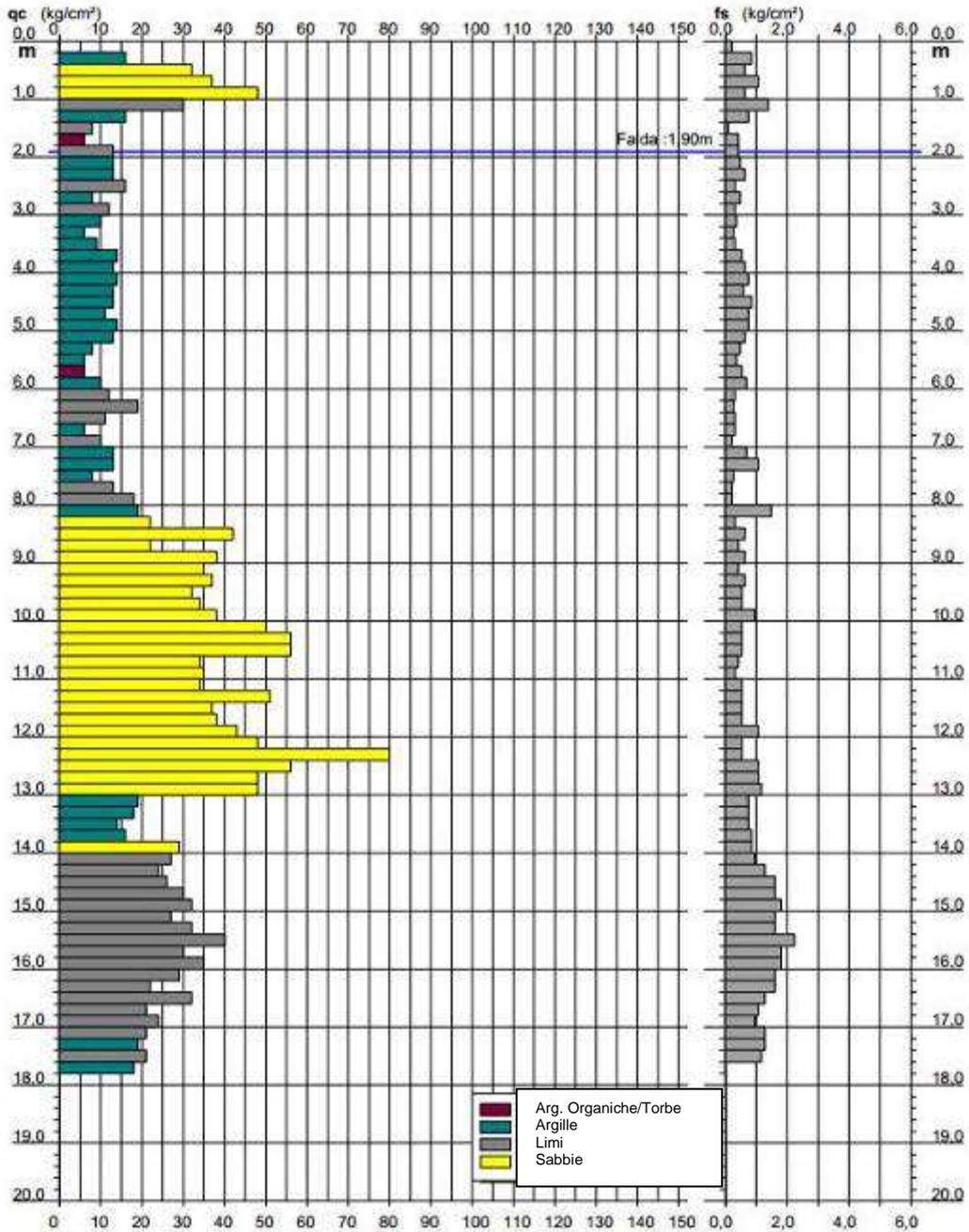
Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)
 tel. e fax: 0532852858 cell.:3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

Riferimento: 297-14

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

2.0105-001

- committente :	Cloetta	- data :	24/10/2014
- lavoro :	Costruzione capannone	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	S. Pietro in Casale	- falda :	1,90 da quota inizio
- assist. cantiere :			



Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

Indagini Geologiche e Geotecniche

Fig. 7/2: C.P.T. 2 Rif. Cloetta, eseguita dallo scrivente nell'anno 2014 negli immediati pressi dell'area in esame, si veda Fig. 2/2.

Regione Emilia-Romagna 20 → Scheda da ritornare al Genio Civile

Pratica N°

--	--	--	--

--	--	--

COMPRESORIO

 COMUNE-Istat

P606

-Ditta PASSARINI MARINO
 residente a S.PIETRO IN CASALE in Via MORGUOVO, 458
 -Pozzo ad uso IRRIGUO in Comune di S.PIETRO IN CASALE
 Frazione GAVASETO Località CASTIGLIA Mapp.N° 69 IFg. 57
 -Data di ultimazione della perforazione: 1975
 -Ditta perforatrice: SPETTOLI e PARISINI

79

CARATTERISTICHE DEL POZZO
*avanpozzo (sì o no) <u>NO</u>
*diametro interno tubi mm. <u>104</u>
*profondità mt. <u>91</u>

EQUIPAGGIAMENTO
*tipo della pompa <u>ELETTROPOMPA</u>
*potenza $\frac{cv}{kW}$ <u>1,5 / 1,1</u>
*prevalenza mt. <u>30</u>
*portata lt/sec. <u>2</u>

-Livello statico mt. 12,10
 -Portata pozzo: lt/sec. 4
 -Superficie irrigata:
 ha. 2 are 0 ca. 0
 -Consumo giornaliero (24 ore):
 metri cubi 173

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera.

Data 02.08.1988
 Firma Marino Passarini

STRATIGRAFIA DEL TERRENO	Falde captate
Indicare la natura dei terreni e le FALE ACQUIFERE attraversati	
-da mt. <u>0</u> a mt. <u>2</u> <u>TERRENO VEGETALE</u>	
-da mt. <u>2</u> a mt. <u>31</u> <u>ARGILLA</u>	
-da mt. <u>31</u> a mt. <u>35</u> <u>SABBIA GROSSA</u>	
-da mt. <u>35</u> a mt. <u>63</u> <u>ARGILLA</u>	
-da mt. <u>63</u> a mt. <u>65</u> <u>SABBIA MEDIA</u>	
-da mt. <u>65</u> a mt. <u>85</u> <u>ARGILLA</u>	
-da mt. <u>85</u> a mt. <u>91</u> <u>SABBIA MEDIO-FINE</u>	1
-da mt. _____ a mt. _____	

Localizzazione del pozzo			
Long.	Lat.	Ha.	
Quota piano campagna: m.s.l.m. _____			

ANNOTAZIONI: APPARATO FILTRANTE DA MT. 95 A MT. 91 CON TUBAZIONE E FILTRO Ø MM 73 ESTRAIBILE

N.B. : Qualora la Ditta sia in possesso di referti di analisi dell'acqua del pozzo, rilasciati da Laboratori o Gabinetti, è invitata ad allegarne copia.

Fig. 8/1: Pozzo per acqua P606.

Nella sostanza, dall'analisi di tutta questa mole di dati si può rilevare come l'assetto litostratigrafico locale non sia uniforme e possa essere caratterizzato dalla presenza localizzata di litotipi granulari alternati/interdigitati a litotipi fini che costituiscono comunque la prevalenza delle deposizioni locali. In sostanza i litotipi granulari si dispongono come corpi lenticolari/festonati sospesi/annegati nella matrice fine, argillosa, ovvero da argillosa ad argillo- limosa. I litotipi più fini rappresentano le deposizioni di valle- palude sulle quali i paleo corpi idrici divagavano e le deposizioni granulari rappresentano appunto il retaggio di tali corpi idrici. Ovviamente si rilevano anche facies (ambienti deposizionali) di transizione fra le deposizioni di valle e quelle di paleo alveo.

I dati stratigrafici dei Pozzi localmente presenti rilevano poi come tale "tema" depositivo sia reiterato per profondità ampiamente maggiori di 150 m dal p.c., dimostrando così come la storia depositiva locale sia ampiamente prolungata (come sarà riportato anche più oltre dall'analisi delle sezioni profonde.

2.3 Dati Stratigrafici locali derivanti dalle indagini appositamente eseguite sull'area di Lottizzazione:

Di seguito si riportano le risultanze delle tre C.P.T. eseguite sull'area in esame, come ubicate alle Figg. 2/1, 2/2 e 2/3 alle quali si rimanda.

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi

Via A. Da Brescia 11 - 44011 Argenta (FE)
 tel. e fax: 0532852858 cell. 3355373693 e-mail: rabrugeo@libero.it

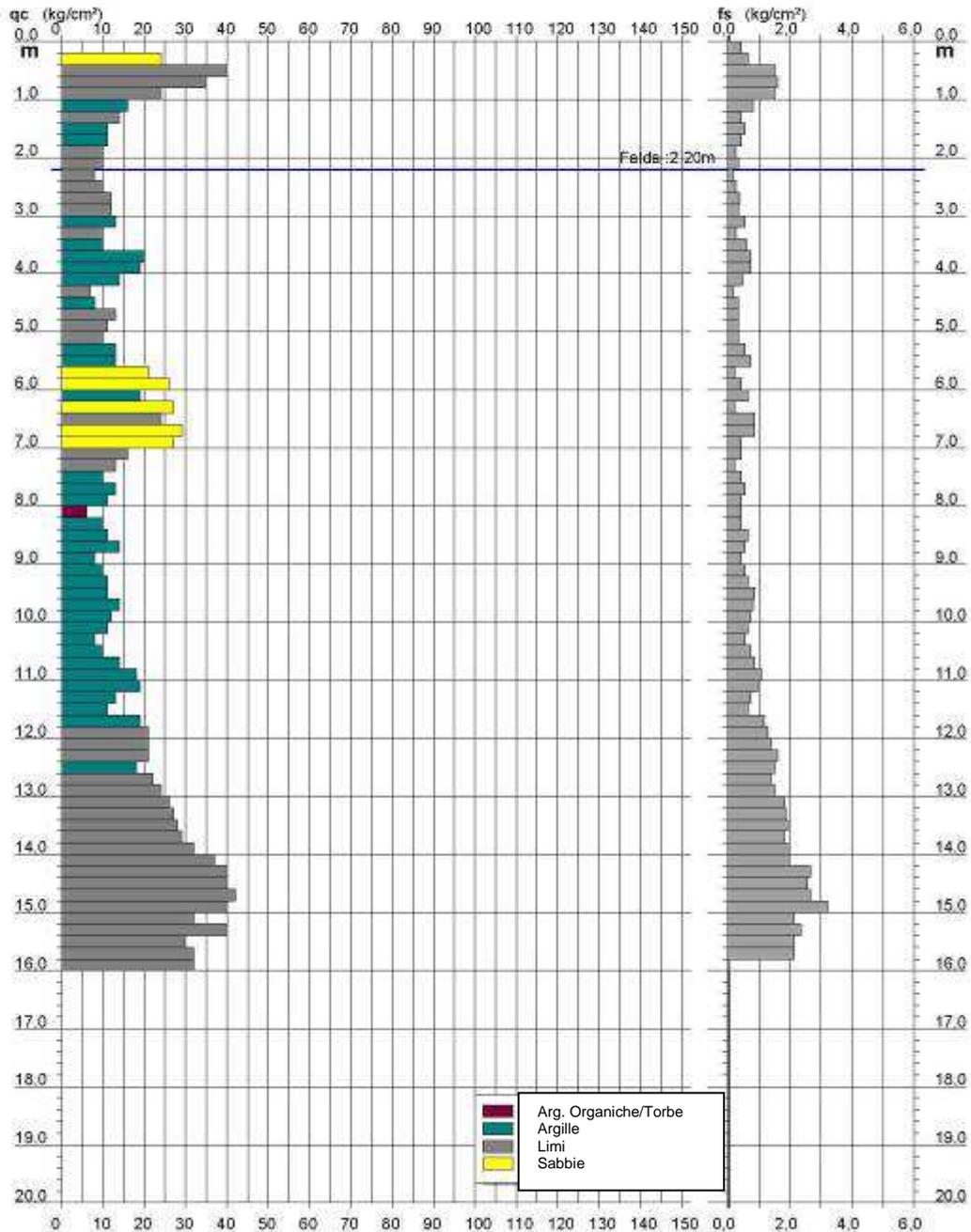
Riferimento: 416-17

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

2.0105-001

- committente : Areale 9
 - lavoro : Piano urbanistico
 - località : S. Pietro in Casale
 - assist. cantiere :

- data : 04/07/2017
 - quota inizio: Piano Campagna
 - falda : 2,20 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

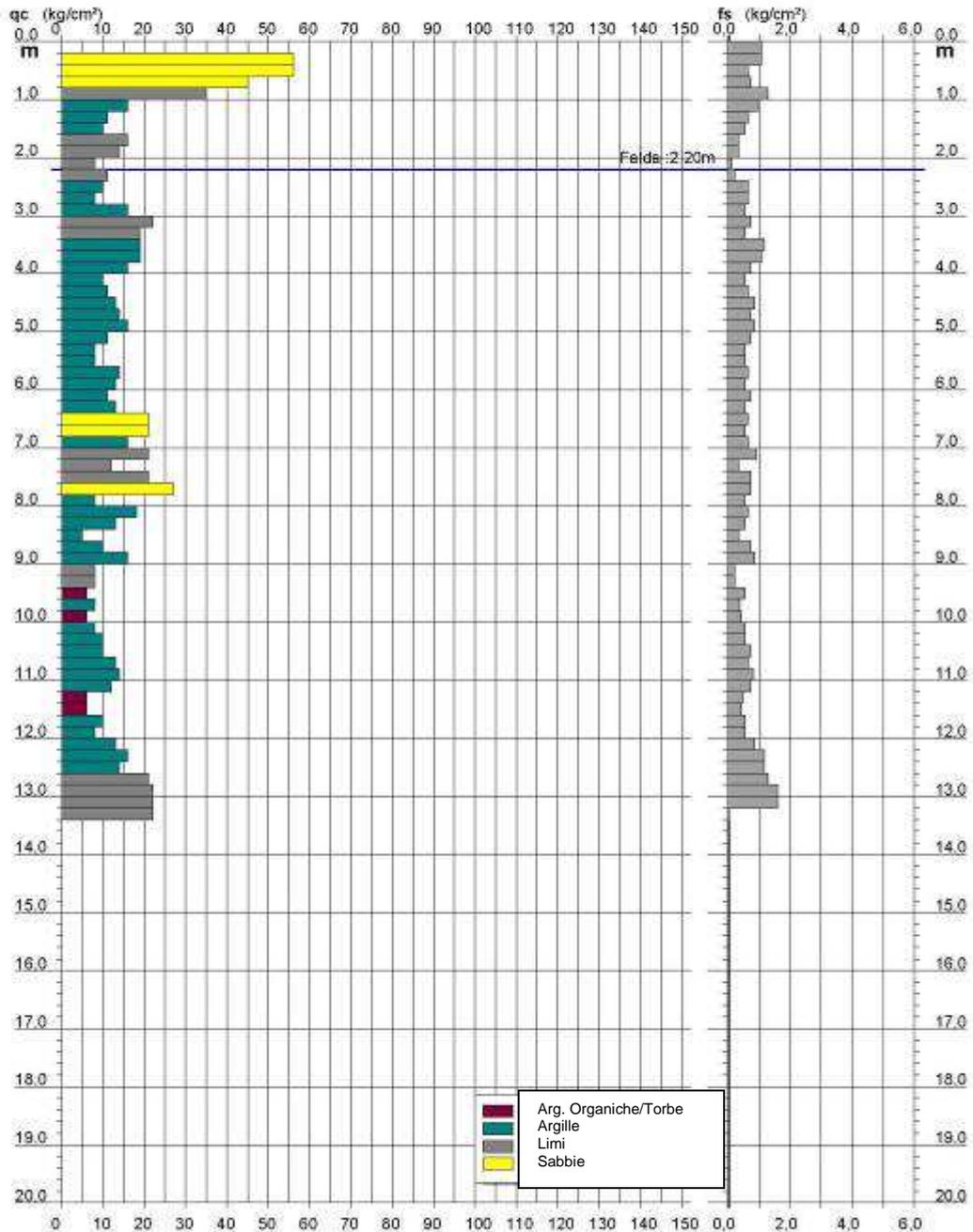
Riferimento: 416-17

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

2.0105-001

- committente : Areale 9
 - lavoro : Piano urbanistico
 - località : S. Pietro in Casale
 - assist. cantiere :

- data : 04/07/2017
 - quota inizio: Piano Campagna
 - falda : 2,20 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

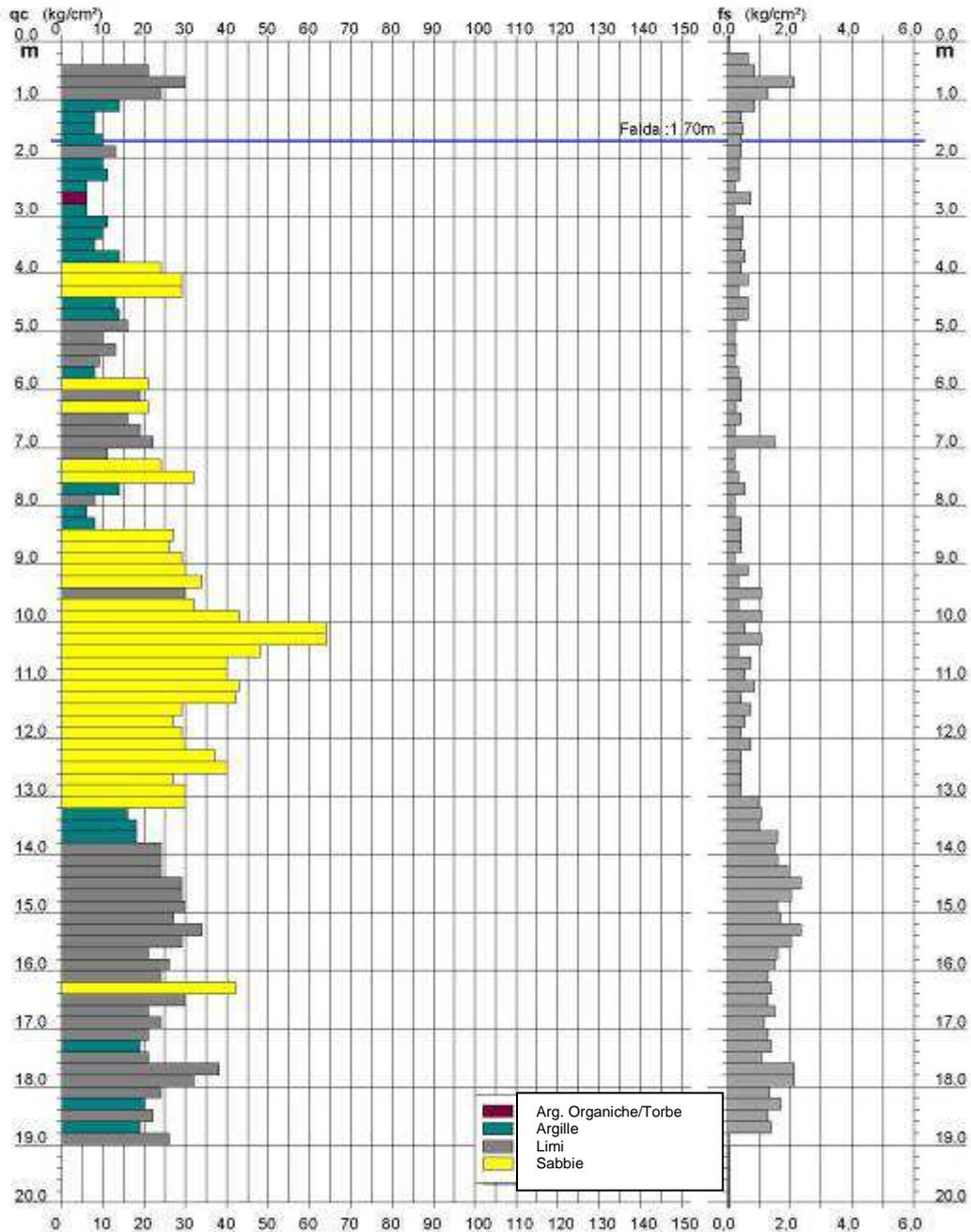
Riferimento: 416-17

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

2.0105-001

- committente : Areale 9
 - lavoro : Piano urbanistico
 - località : S. Pietro in Casale
 - assist. cantiere :

- data : 04/07/2017
 - quota inizio: Piano Campagna
 - falda : 1,70 da quota inizio



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) :

- $R_p \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ = resistenza alla punta(conica)
- $R_L \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ = 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 1965 - 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.

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (Rp / RL)$

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

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = Rp / RL	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 Rp e di FR = (RL / Rp) % :

- 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.

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) $C_t = \text{SPINTA (Kg) / LETTURA DI CAMPAGNA}$

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

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

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

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

- 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 RL viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

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

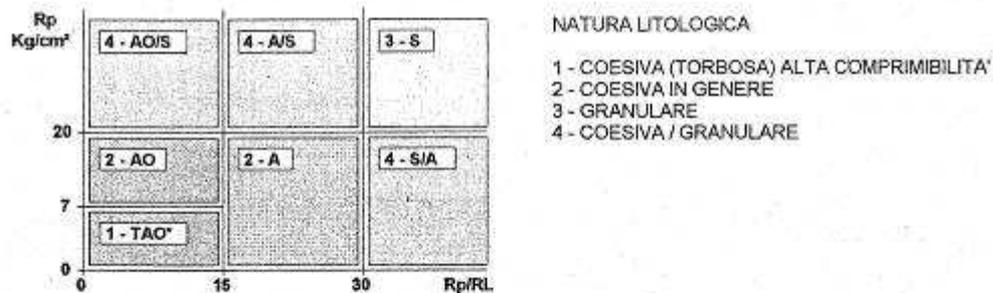
1 t = 1000 kg \approx 10 kN

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 $(R_p / R_L) < 30$



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 - l_p ($l_p = \text{ind. plast.}$)]
 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 / 1976 - 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)
 ($g = \text{acc. gravità}$) (Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

Figg. 9/4: illustrazione del metodo di indagine utilizzato.

Dalle risultanze stratigrafiche e geotecniche discendenti dall'esecuzione delle tre C.P.T. appositamente eseguite sull'area in esame si potrà constatare la già più volte asserita (e ribadita) difformità stratigrafica caratterizzante l'area di lottizzazione. Anche per questo motivo nonchè per corrispondere ai dettami del DM/NTC, ogni singolo lotto dovrà essere appositamente indagato da un congruo numero di immagini puntuali, siano esse di natura indiretta (penetrometrie, di qualsiasi tipo ad esclusione di indagini dinamiche, data la natura dei terreni, ovvero si dovranno realizzare indagini C.P.T./C.P.T.U.-E./S.C.P.T.U. ecc.) e diretta (sondaggi a rotazione continua in corrispondenza dei quali raccogliere campioni di terreno indisturbati sui quali condurre opportune ed apposite analisi di Laboratorio Geotecnico). Ogni Lotto o gruppo di Lotti dovrà altresì essere indagato da apposite indagini geofisiche onde confermare o confutare quanto più oltre riportato in relazione circa la categoria di suolo sismico (si rimanda all'apposito punto della presente relazione). Tali raccomandazioni troveranno ulteriore conferma all'apposito punto della presente relazione relativo ai fenomeni co- sismici (nella fattispecie in merito alla liquefazione delle sabbie saturi localmente rilevate).

2.4 Sezioni stratigrafiche locali:

Di seguito si riporta ubicazione e sezione profonda reperita all'apposito data- base regionale.

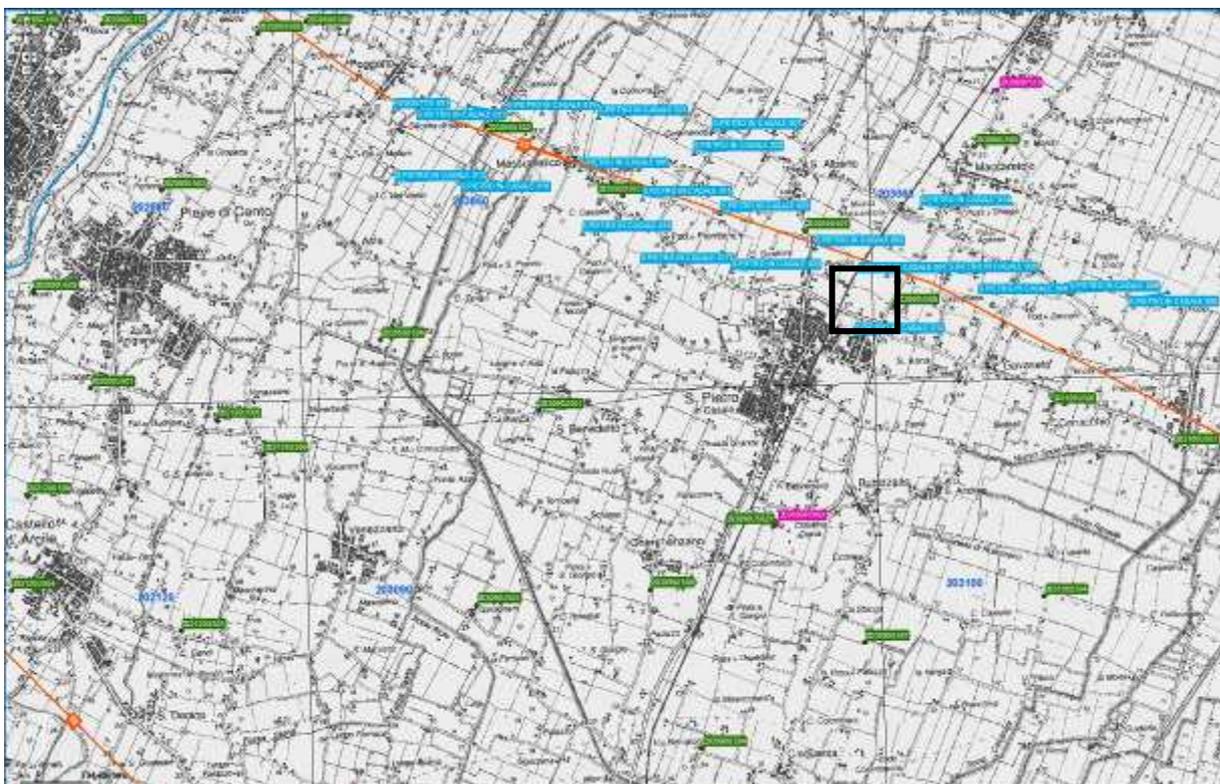


Fig. 10/1 Ubicazione a Scala Libera della di seguito riportata Sezione Stratigrafica.

locali eseguite dallo scrivente sulla base delle risultanze delle C.P.T. eseguite sull'area in esame e sui suoi immediati pressi (si Vedano Figg. 2/1 e 2/2).

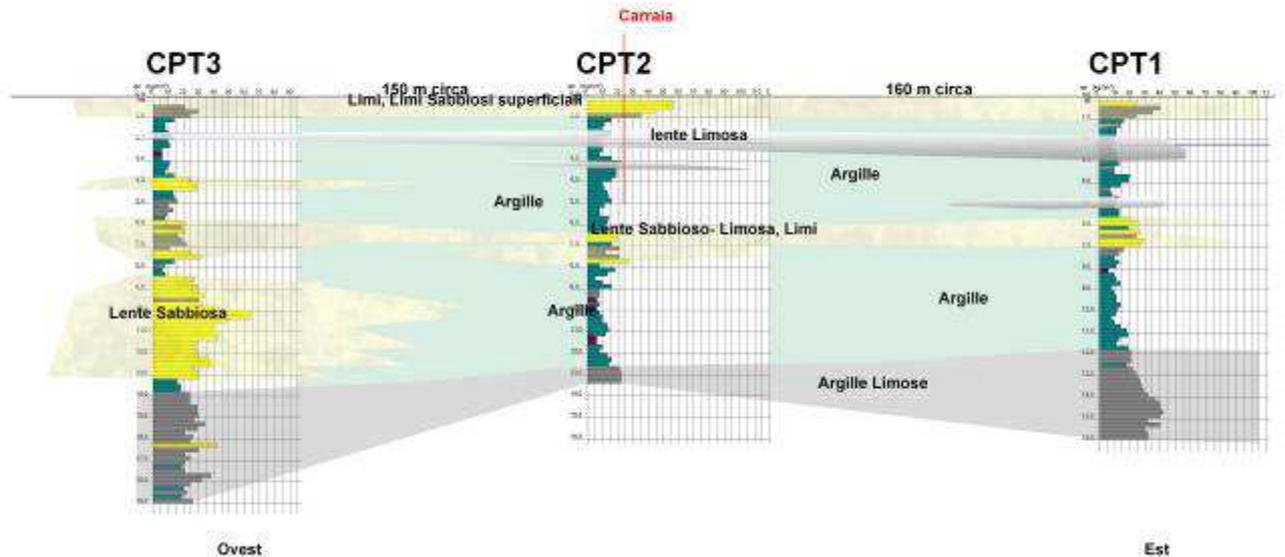


Fig. 10/3: Sezione stratigrafica a Scala Libera relativa all'area in esame, per l'ubicazione della traccia si veda la Fig. 2/1.

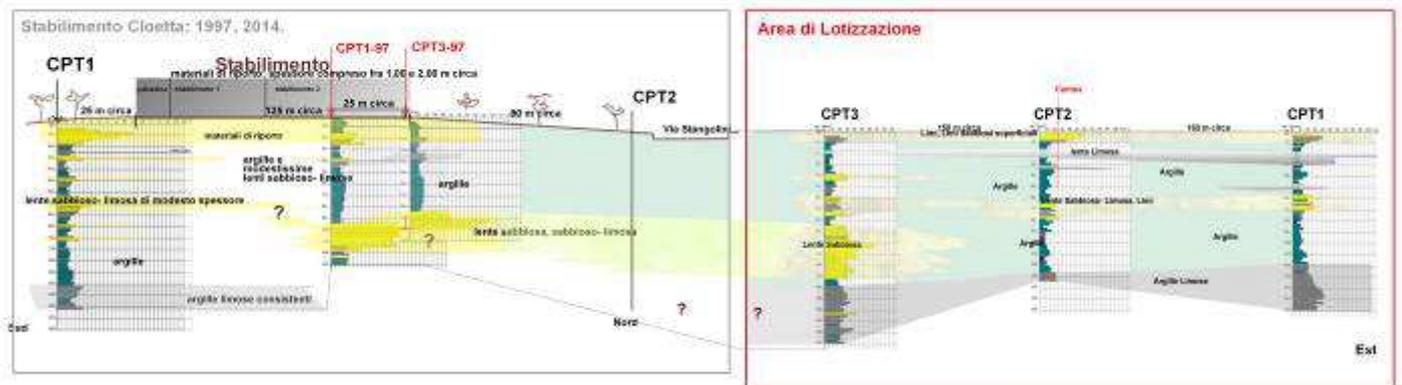


Fig. 10/4: Sezione stratigrafica a Scala Libera allargata all'area dello Stabilimento Cloetta, per l'ubicazione della traccia si veda la Fig. 2/1.

Le sezioni riportate, relative non solo all'intera area di lottizzazione ma anche a suoi interni sufficientemente allargati sono in perfetto accordo con l'assetto geomorfologico- deposizionale già ampiamente riportato.

2.4 Considerazioni geotecniche di massima relative alla Stratigrafia dell'area di lottizzazione:

Le peculiarità geotecniche dell'area in esame, sono condizionate dalla presenza di terreni di natura varia e comunque di compressibilità non trascurabile, in specie i litotipi fini. Nel complesso, relativamente alle fasi di progettazione dei singoli interventi edilizi, occorrerà considerare

correttamente le caratteristiche geotecniche locali che possono essere sinteticamente descritte riportando le seguenti peculiarità:

- i terreni di fondazione presentano compressibilità/cedevolezza non trascurabili e che quindi dovranno essere appositamente ed attentamente valutate.
- Essendo i terreni di fondazione in condizioni NON drenate, la maturazione dei cedimenti (all'assunzione dei carichi) potrà prolungarsi nel tempo, per periodi non meglio specificabili sulla base delle attuali conoscenze puntuali. Le condizioni non drenate connesse ai litotipi argillosi localmente prevalenti non consentono infatti la rapida dissipazione dei sovraccarichi derivanti dall'edificazione delle strutture. Onde addivenire a più precise indicazioni in merito ai dati geotecnici che regolano i cedimenti attesi e le tempistiche di maturazione degli stessi si dovranno eseguire apposite analisi di laboratorio geotecnico su terreni indisturbati.
- Condizioni drenate non sono complessivamente significative per l'area in esame.
- Le naturali/normali oscillazioni della falda freatica potranno far variare il volume dei terreni di fondazione (interessati appunto alla variazione della falda). Si potranno instaurare fenomeni di rigonfiamento/ritiro che potranno svolgersi con modalità più o meno cicliche (in connessione alla variabilità/stagionalità delle condizioni climatiche), ovvero con modalità molto meno prevedibili. Potranno altresì variare anche le stesse caratteristiche geo- meccaniche dei terreni (di questo argomento si dirà più oltre in relazione).
- Relativamente alla presenza di terreni granulari (disposti in corpi lenticolari- festonati), occorrerà valutare in maniera numerica la suscettibilità di tali terreni al liquefarsi all'atto di uno scuotimento sismico; all'apposito punto della presente relazione al quale si rimanda, si realizzerà tale verifica.
- La presenza di argille organiche/torbose è nel complesso trascurabile ma il tema dovrà attentamente essere considerato in fase di analisi dei singoli lotti/delle singole edificazioni.

Relativamente alla valutazione dell'interazione fra i carichi che dovranno essere ospitati dai terreni di fondazione, i conseguenti cedimenti e le tempistiche di maturazione di tali cedimenti, si dovranno eseguire apposite verifiche. È chiaro che l'argomento dovrà correttamente considerare la tipologia dei vari interventi. Tali verifiche andranno eseguite all'atto della progettazione di ogni singolo intervento edificatorio/ogni singolo lotto, come specificato dal D.M./N.T.C.

Il P.S.C. classifica l'area in esame come caratterizzata da terreni di tipo B, come più oltre descritti, a conferma di quanto sinora riportato circa le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

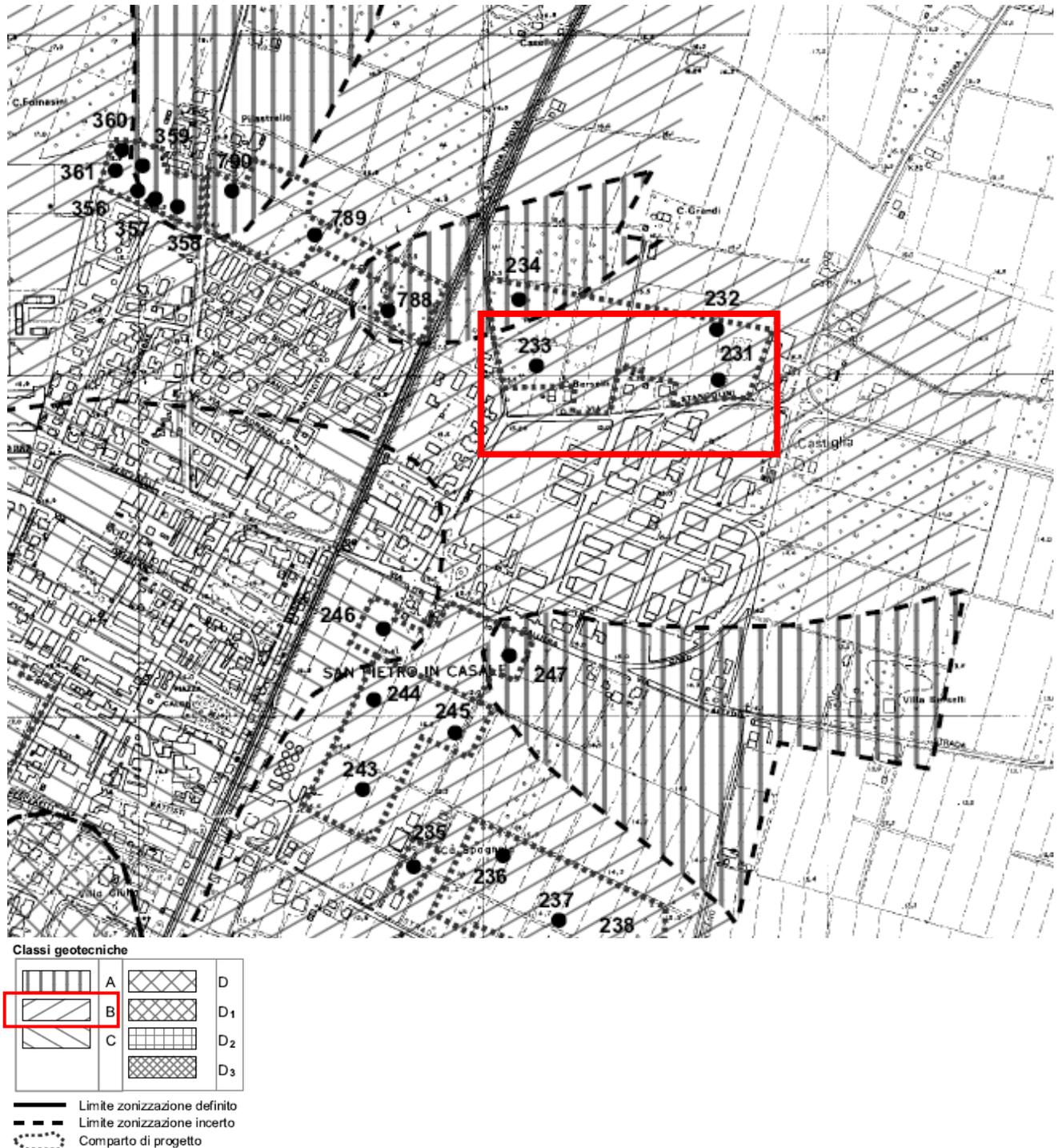


Fig. 11/1: Stralcio a Scala Libera e Legenda della Fig. 1.2.4.2.20 del P.S.C.

B = Zone caratterizzate da terreni di qualità scadente ($r_p < 1.000$ kPa) nel primo intervallo (fino a - 5 m dal p.c.), e da terreni di qualità da normale ($1.000 < r_p < 1.500$ kPa) a discreta (> 1.500 kPa) nel secondo strato. Sono zone edificabili con normali tecniche costruttive, per insediamenti di modesto impegno; le caratteristiche meccaniche dei terreni benché complessivamente migliori della classe "A" richiedono comunque cautela ed analisi geognostiche dettagliate. Per edifici di un certo impegno (pressioni di esercizio > 12 t/ml) possono rivelarsi necessarie fondazioni che trasferiscano i carichi statici al secondo intervallo di qualità migliore. I comparti interessati da questa zona di edificabilità possono presentare limitazioni, all'impiego di fondazioni superficiali, legate all'entità della pressione di esercizio e dei cedimenti assoluti e differenziali;

Fig. 11/2: descrizione che da il P.S.C. del suolo localmente individuato.

In realtà la di seguito riportata cartografia del P.S.C. propone una Categoria C-1 calcolata, sarebbe opportuno che almeno lo strumento di pianificazione fosse in accordo fra le sue parti!



Prove geognostiche utilizzate

*	Prove geognostiche considerate PSC Associato
■	Banca dati regionale, CPTU
●	Banca dati regionale, stratigrafie pozzi e sondaggi
▲	Banca dati regionale, CPT e altre prove

Categorie di suolo di fondazione (punto 3.2.1 DM 159/2005)

	Categoria B, calcolata
	Categoria B, estrapolata, con pochi punti di controllo
	Categoria C-0, calcolata
	Categoria C-0, estrapolata con pochi punti di controllo
	Categoria C-1, calcolata
	Categoria C-1, estrapolata con pochi punti di controllo
	Categoria D, calcolata
	Categoria D, estrapolata con pochi punti di controllo
	Categoria da definire, carenza di informazioni

Macro-zonizzazione

	Possibilità di substrato ghiaioso
	Liquefazione sabbie potenziale
	Liquefazione sabbie probabile
	Liquefazione sabbie ignota

Fig. 11/3: Stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. 3 Integrazione: Carta Macro Zone Sismiche del P.S.C. In merito alla Liquefazione si discuterà più oltre in relazione.

C = Zone caratterizzate da terreni dotati di qualità meccaniche da normali ($1.000 < r_p < 1.500$ kPa) a discrete (> 1.500 kPa) nel primo intervallo (fino a - 5 m dal p.c.), e da qualità scadente ($r_p < 1.000$ kPa) nel secondo strato. Sono aree edificabili con normali tecniche costruttive (fondazioni superficiali a "nastriiformi" continue e legate), per insediamenti di normale impegno (edifici residenziali fino a due piani, con pressioni fino a 12 t/ml di fondazione). In questa zona di edificabilità, per alcuni comparti, possono presentarsi limitazioni legate all'interazione sedimenti-struttura, cioè ai cedimenti assoluti o differenziali ed all'entità delle pressioni di esercizio;

Fig. 11/4: descrizione che da il P.S.C. del suolo localmente individuato (in alternativa?!). Peccato non compaia nessuna sotto- categoria, nella fattispecie la C-1 designata.

Si ritiene che tale tipo di caratterizzazioni: B o C/C-1 sia di scarsissima utilità per la progettazione dei singoli interventi edilizi sui singoli lotti, può essere ritenuta di mero riferimento qualitativo che, per il caso in esame è anche equivoco!

Nel complesso quindi, le peculiarità geotecniche locali, qualora opportunamente considerate ed affrontate dal punto di vista progettuale, non costituiscono elementi ostativi alla realizzazione dell'intervento oggetto della presente relazione. Si osservi che data la non omogeneità litostratigrafica dell'area in esame, come già riportato e nello spirito del DM/NTC, occorrerà che ogni singolo lotto venga opportunamente indagato circa le caratteristiche lito- stratigrafiche e le caratteristiche geo- meccaniche puntuali; occorrerà porre la dovuta attenzione alle performances di interazione fra terreni di fondazione e strutture da realizzarsi ed altresì si necessiterà di porre particolare attenzione alla tematica dei cedimenti assoluti e differenziali. Ogni singolo lotto dovrà essere esplorato da indagini puntuali quali C.P.T., C.P.T.U./E. S.C.P.T./S.C.P.T.U. e altro (dati i terreni di fondazione sono da escludersi le metodologie penetrometriche dinamiche), e Sondaggi Stratigrafici in corrispondenza dei quali raccogliere opportuni ed appositi campioni indisturbati di terreno sui quali realizzare apposite analisi di Laboratorio Geotecnico (come anche in precedenza prescritto).

2.4 Assetto Idrologico ed Idrogeologico locale:

Dal punto di vista della caratterizzazione idrogeologica locale dell'area in esame e dei suoi immediati pressi, ci si potrà riferire sia ai dati storici locali (nella fattispecie, ci si riferirà a quelli contenuti nel P.S.C.) sia alle misure locali della soggiacenza della prima falda freatica più superficiale (sospesa).

La falda freatica è stata rilevata, nei fori di esecuzione delle prove C.P.T. alle seguenti profondità:

- C.P.T. 1: 2,20 m dal p.c.;
- C.P.T. 2: 2,20 m dal p.c.;
- C.P.T. 3: 1,70 m dal p.c.;

Tali misure descrivono un assetto batimetrico locale (di seguito riportato) che appare molto semplificato anche in ragione dell'esiguo numero dei punti di misura. In sostanza si delinea in una situazione dove la falda (ovvero la frangia capillare saturata) è caratterizzata da gradienti molto ridotti, la direzione di deflusso può comunque essere indicativamente considerata verso Ovest.



Fig. 12/1: carta delle isobate della falda locale. Sono riportate le soggiacenze della falda (superficiale) in metri dal p.c., ammettendo la superficie pianeggiante, lo schema costituisce anche la carta delle isofreatiche. Scala Libera su base orto- foto aerea tratta da Google Earth (R).

L'assetto riportato evidenzia un gradiente verso Est pari a 50 cm su 220 m circa, pari al 2 per mille, ovvero molto ridotto.

I dati storici reperibili all'apposita tavola del P.S.C. (di seguito riportata) dimostrano come profondità della falda e direzione di deflusso siano sufficientemente congruenti con l'assetto locale sopra descritto: la direzione di deflusso sotterraneo (localmente considerata secondaria) è verso Est e la profondità della falda dal p.c. è di circa 3 metri.

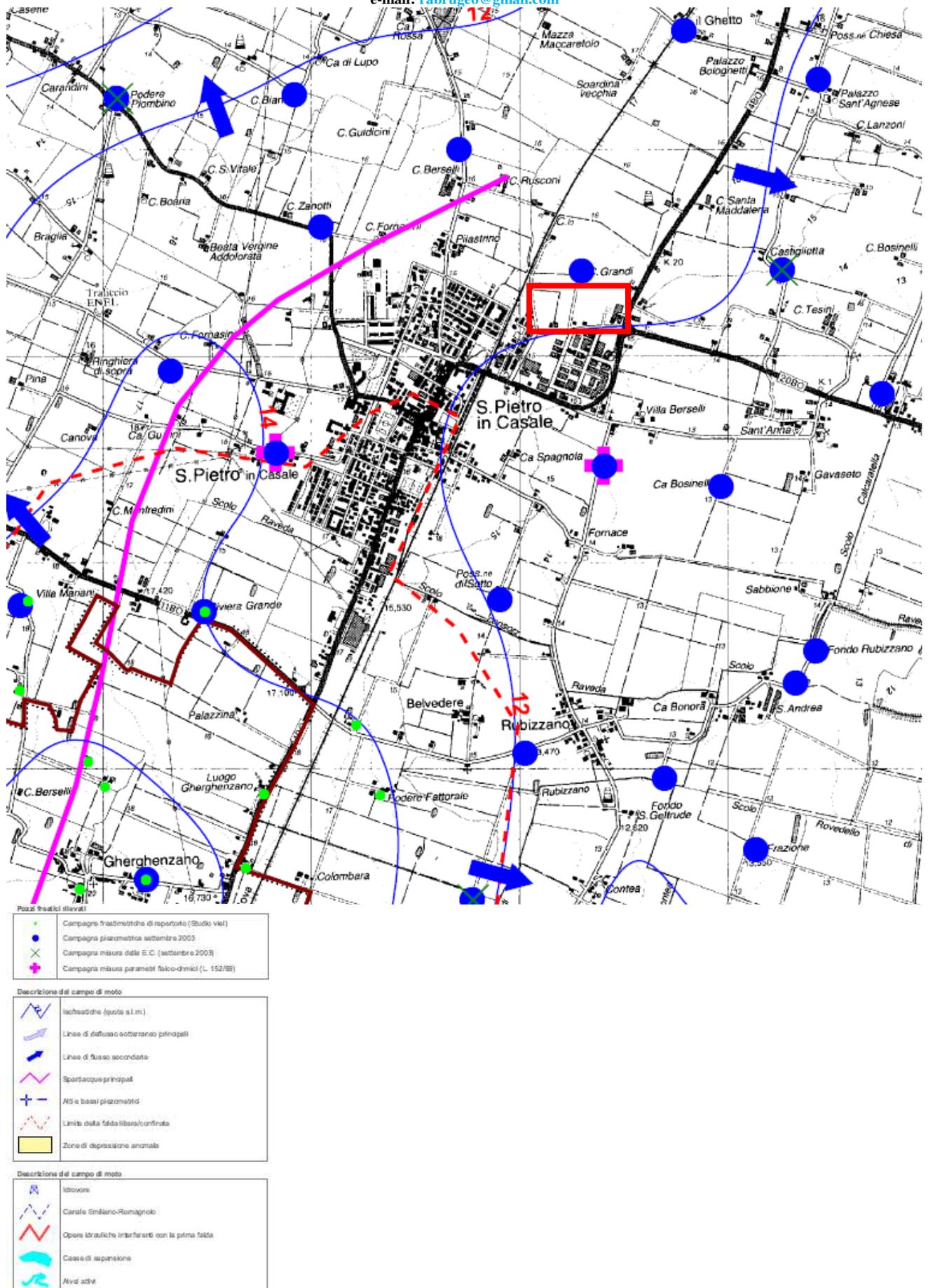


Fig. 12/2: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. AC.1.2.b: Carta Idrogeologica del Quadro Conoscitivo del P.S.C. Reno, Galliera- Terre di Pianura.

In pratica sono le vene fossili dei paleo alvei ad alimentare i terreni circostanti i paleo- dossi, come di seguito illustrato all'apposita cartografia di P.S.C.

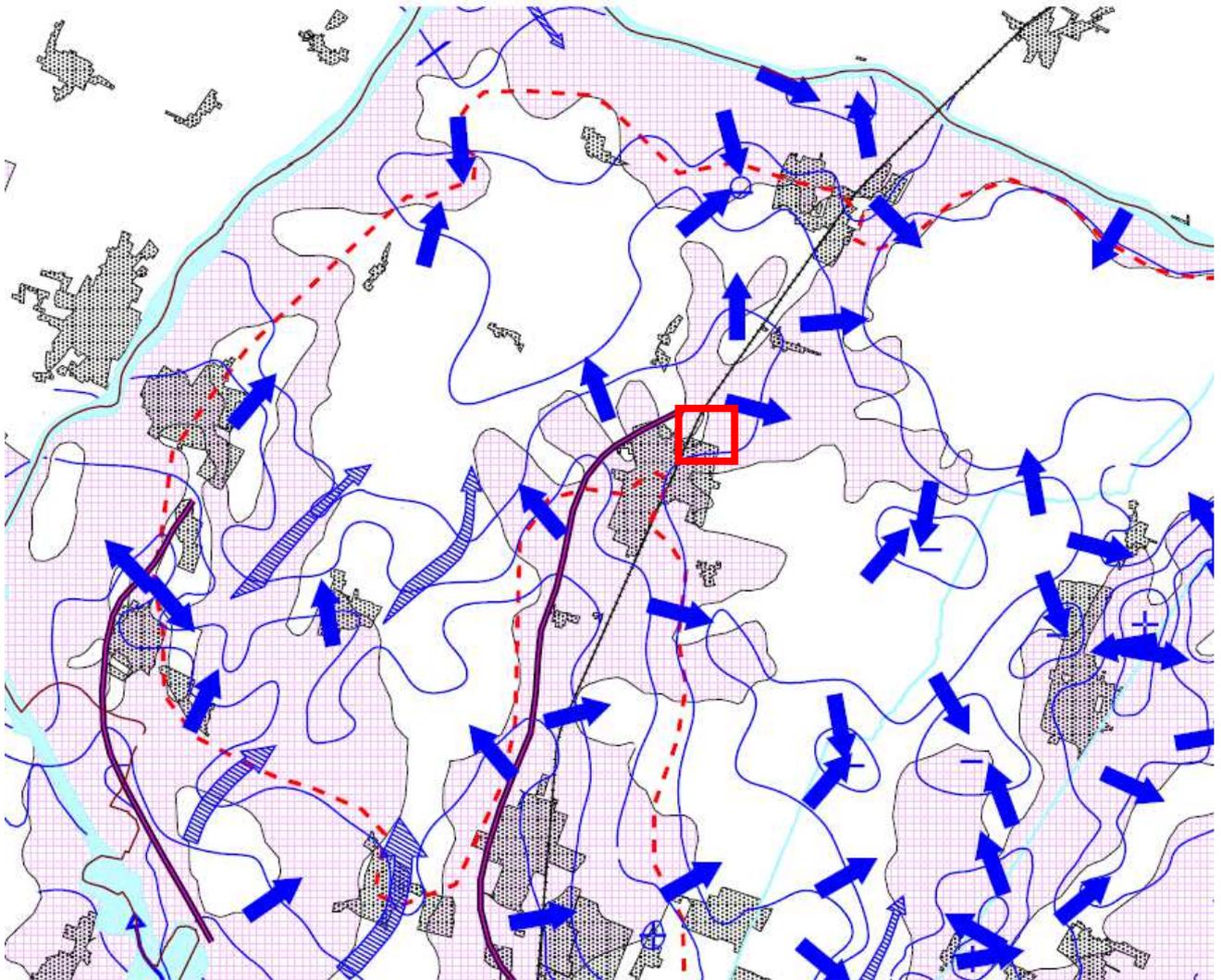


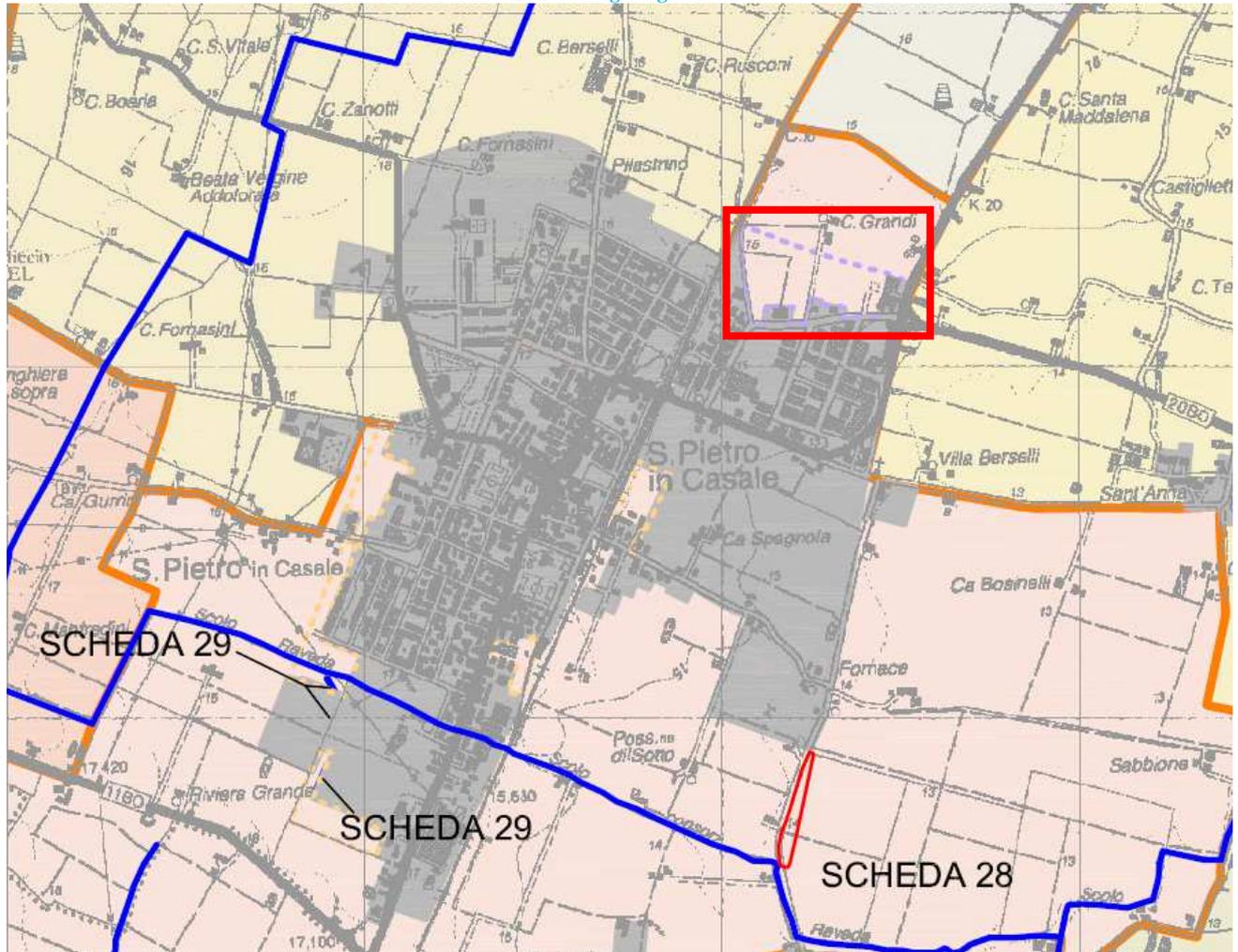
Fig. 12/3: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. AC.1.3: Modello Idrogeologico del Quadro Conoscitivo del P.S.C. Reno, Galliera- Terre di Pianura.

Si deve osservare che la profondità della falda è un dato naturalmente/normalmente variabile nella Pianura Padana. Le variazioni possono essere di entità ampiamente metrica e sono connesse alla stagionalità delle precipitazioni (che condiziona la ricarica diretta per infiltrazione) e della temperatura dell'atmosfera (che condiziona l'evapo- traspirazione). Variazioni di livello che, per l'area in esame, si ritiene possano essere comprese fra profondità indicative di -1,00 e -4,00 m circa dal p.c. Profondità che ricondurrebbero quindi una fascia di oscillazione consistente e maggiore di due metri. Si ricorda, come già riportato al precedente paragrafo che i litotipi localmente rilevabili in tale fascia di oscillazione possono subire variazioni di volume (in connessione appunto alla presenza di acqua in essi contenuta) di entità che può essere valutata dell'ordine dei centimetri (in assenza di dati locali specifici e sulla base di esperienze dello scrivente ascrivibili a litotipi comparabili). Si

suggerisce quindi che le eventuali strutture fondali e le strutture in elevazione adottino provvedimenti (non solo di rigidità) atti a minimizzare le eventuali variazioni di volume dei terreni di fondazione.

La variazione del livello della falda e/o dell'umidità naturale contenuta potrà far variare anche le caratteristiche geomeccaniche dei terreni che subiranno tali variazioni, allo stato attuale delle conoscenze non è però possibile quantificare tali possibili variazioni ma, progettazione e realizzazione dei singoli interventi edilizi dovranno porre adeguata cautela circa tali possibili variazioni.

Dall'analisi dell'apposita cartografia del P.T.C.P. (Tav. 1: Sistema dei Vincoli e delle Tutele, Sistema Idrografico, che per brevità si omette), l'area in esame ed i suoi immediati pressi non sono indicate come caratterizzate da episodi storici di alluvionamento e/o soggette ad Alta Probabilità di Inondazione (Art. 2.16). In sostanza in base a tali dati, l'area complessiva in esame non presenta rischio di allagamento/alluvionamento. Dall'apposita cartografia di P.S.C. (di seguito riportata) si potrà comunque evincere come l'area in esame costituisca un micro bacino intercluso fra Via Genova a Nord, la SP 20 (Via Galliera) ad Est, Via Stangolini a Sud e Via Soarina e la Linea Ferroviaria ad Ovest, in realtà via Stangolini è allo stesso livello del piano di campagna dell'area di lottizzazione quindi gli ostacoli ad un eventuale deflusso di acque superficiali di precipitazione è legato al solo rilevato di Via Genova e della Linea Ferroviaria, ciò in considerazione della natura scarsamente permeabile dei terreni di fondazione locali che potranno ricondurre ad episodi di stagnazione superficiale. Evidentemente però l'area sarà urbanizzata e le opere idrauliche di compensazione dovranno tenere conto di tale situazione.



Legenda:

-  Confine comunale
-  Tessuto urbano consolidato (TU + TPU)
-  Vasche di laminazione
-  Risagomature del reticolo idrografico
- SCHEDA N°** Riferimento alle schede di dettaglio degli interventi
-  Bacini scolanti

Fig. 12/4: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. AQC.1.4.1: Rischio Idraulico, Bacini di Laminazione e Reticolo Idraulico del Quadro Conoscitivo del P.S.C. Reno, Galliera- Terre di Pianura.

Dalla varia cartografia riportata si può evincere come il reticolo idraulico/scolante locale non evidenzia per l'area in esame ed i suoi pressi (anche sufficientemente allargati) alcuna presenza di corpi idrici che non vadano oltre le scoline agricoli o i fossi, capi- fosso, di modestissime dimensioni. Evidentemente lo scolo è regolato dal sistema, gerarchizzato ed a controllo antropico, di bonifica. Un collasso di tale sistema interesserebbe l'intera fascia di territorio del Comune di San Pietro in Casale. L'eventualità appare remota e comunque la realizzazione della lottizzazione in oggetto non costituirebbe in tal caso che non un del tutto insignificante aumento del rischio data l'enormità del

citato disastro. Ovviamente le opere di lottizzazione non dovranno aggravare l'assetto locale del deflusso delle acque meteoriche e dovrà essere garantita l'invarianza idraulica. L'impermeabilizzazione delle ampie superfici previste dal piano di lottizzazione dovrà prevedere il mantenimento dell'invariabilità idraulica locale, come previsto dall'apposita Normativa Locale (P.S.C. ecc.) e Regionale.

L'apposita cartografia del P.T.C.P. (non allegata per brevità) individua come l'area in esame, come tutta l'intera Provincia di Bologna è invece regolata dall'Art. 4.8 del P.T.C.P. della Provincia di Bologna, relativo alla Gestione delle Acque Meteoriche. Di seguito si riporta per esteso il testo dell'Art. 4.8. Non si riscontrano altre limitazioni dall'analisi delle varie tavole del P.T.C.P. (per esempio Tavv. 2 a e 2 b che per brevità si omettono: Tutela delle Acque Superficiali e Sotterranee).



ARTICOLO 4.8

Gestione dell'acqua meteorica

(il presente articolo recepisce e integra i contenuti dell'art. 20 del PSAI, nonché le corrispondenti norme degli altri Piani Stralcio di Assetto idrogeologico di cui all'art. 1.4)

- 1.(P) Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua, negli ambiti di controllo degli apporti d'acqua, come individuati nella tav. 2A, i Comuni in sede di redazione o adeguamento dei propri strumenti urbanistici, prevedono per i nuovi interventi urbanistici (v.) e comunque per le aree non ancora urbanizzate, la realizzazione di sistemi di raccolta delle acque di tipo duale, ossia composte da un sistema minore costituito dalle reti fognarie per le acque nere (v.) e le acque bianche contaminate ABC (v.), e un sistema maggiore costituito da sistemi di laminazione per le acque bianche non contaminate ABNC (v.). Il sistema maggiore deve garantire la laminazione delle acque meteoriche per un volume complessivo di:
- almeno 500 metri cubi per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto, nelle aree ricadenti nell'Ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura (tale esclusione non vale nel bacino del Navile e Savena Abbandonato, che è regolato dalle misure più restrittive previste dal Piano Stralcio per il sistema idraulico "Navile-Savena Abbandonato");
 - almeno 200 metri cubi per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto, per le aree ricadenti nell'Ambito di controllo degli apporti d'acqua in collina zona A,
 - almeno 100 metri cubi per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto, per le aree ricadenti nell'Ambito di controllo degli apporti d'acqua in collina zona B.
- Il volume complessivo può essere garantito anche attraverso un progetto di sistemazione organica delle reti di raccolta e smaltimento delle acque.

I Comuni ricadenti all'interno del perimetro dei bacini montani, come individuato nella tav. 2A, al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento fognario, dovranno privilegiare il recapito delle acque meteoriche ABNC (v.) nella rete idrografica, includendo eventualmente anche sistemi naturali di trattamento e smaltimento delle ABC (v.) in alternativa alla loro deviazione in fognatura nera. I nuovi interventi urbanistici (v.) potranno prevedere soluzioni tecniche che consentano riutilizzi delle acque meteoriche per usi non potabili a servizio dell'intervento.

- 1bis.(D) I Comuni ricadenti negli ambiti di controllo degli apporti d'acqua, come individuati nella tav. 2A, e il cui territorio è in parte interessato da tratti non arginati dei corsi d'acqua principali, possono individuare le parti di territorio che recapitano direttamente nei corsi d'acqua principali Samoggia, Lavino, Reno, Idice, Savena, Quadema, Zena, Sillaro, Santerno e Senio e proporre l'esclusione di tali parti di territorio dal campo di applicazione del punto 1 del presente articolo. L'Autorità di Bacino del Reno decide in merito a tali proposte secondo le procedure previste dai rispettivi piani stralcio.

I volumi minimi previsti al punto 1 del presente articolo possono essere modificati dall'Autorità di Bacino secondo le procedure previste dai rispettivi piani stralcio.

Nell'ambito della redazione dei PSC e dei POC, i sistemi di laminazione delle ABNC (v.) devono essere localizzati in modo tale da raccogliere le acque piovane prima della loro immissione, anche indiretta, nel corso d'acqua o collettore di bonifica ricevente individuato dall'Autorità idraulica competente (Regione o Consorzio di Bonifica), la quale stabilisce le caratteristiche funzionali di tali sistemi di raccolta e con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione.

Tali sistemi oltre a riguardare tutto il territorio interessato dai nuovi interventi urbanistici (v.) dovranno, d'intesa con l'Autorità idraulica competente, privilegiare la realizzazione di soluzioni unitarie a servizio di più ambiti o complessi insediativi.

I Comuni, mediante i propri strumenti urbanistici, garantiscono che la realizzazione dei sistemi di laminazione delle acque meteoriche individuati, sia contestuale alla realizzazione dei nuovi interventi urbanistici (v.). La realizzazione di tali sistemi dovrà essere finanziata o attraverso un contributo economico chiesto in misura proporzionale alle superfici impermeabilizzate, o ponendola direttamente a carico dei soggetti attuatori dei nuovi interventi.

I sistemi di laminazione delle ABNC dovranno preferibilmente essere costituiti da canali e zone umide naturali inseriti armonicamente nel paesaggio urbano ed integrati nei sistemi di reti ecologiche (v.), includendo eventualmente anche sistemi naturali di trattamento e smaltimento delle ABC (v.) (vedi allegato 7 alla "Relazione – Variante in recepimento del PTA regionale"). I sistemi di laminazione delle acque di pioggia ABNC (v.) previsti dovranno possibilmente includere soluzioni tecniche che consentano anche il riutilizzo per irrigazione di giardini, lavaggio strade, antincendio ed altri usi non potabili.

I Comuni interessati da "Piani Consortili Intercomunali" e dal "Piano stralcio di bacino", previsti dalla "Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura nel Bacino del Reno" (Direttiva dell'Autorità di Bacino del 23 aprile 2008) e finalizzati alla sicurezza idraulica del territorio già urbanizzato, laddove possibile integrano tali piani con gli obiettivi e gli approfondimenti tecnici richiesti nei successivi punti 2 e 3.

- 2.(P) I Comuni in sede di redazione o adeguamento dei propri strumenti urbanistici, elaborano specifici approfondimenti tecnici rivolti alla totalità del proprio territorio, finalizzati a verificare le criticità, le potenzialità e le relative misure per ridurre il carico inquinante dovuto alle acque di prima pioggia e di dilavamento, ridurre le superfici impermeabili esistenti nel tessuto consolidato e di nuova formazione, recuperare quote di naturalità in ambiente urbano e diffondere "buone pratiche" di gestione, (vedi Allegati 1 e 7 alla "Relazione – Variante in recepimento del PTA regionale").
3. (D) Mediante gli approfondimenti di cui al punto precedente i Comuni individuano e adottano soluzioni tecniche riguardanti i sistemi di laminazione, la riduzione del carico proveniente dagli scolmatori, i sistemi di drenaggio urbano (sdoppiamento delle reti, canali filtranti (v.), coperture verdi (v.), parcheggi drenanti, pavimentazioni permeabili (v.), riapertura di canali, zone umide a parco, ecc...) vedi all' Allegato 1 alla "Relazione – Variante in recepimento del PTA regionale", e individuano soluzioni volte ad un trattamento delle ABC (v.) (ad esempio fitodepurazione) secondo le indicazioni dell'allegato 7 alla "Relazione – Variante in recepimento del PTA regionale" e dalle Linee Guida attuative della Del.G.R. 286/2005". Tali soluzioni saranno da adottare negli interventi: nuovi, di riqualificazione e di manutenzione urbana.

- 4 (D) Al fine di contenere la crescita di superfici impermeabili, oltre ai limiti stabiliti nei successivi punti 5 e 6, i Comuni definiscono nel RUE forme di incentivazione economica da applicare in sede di rilascio dei titoli abilitativi e da quantificare in misura proporzionale alla superficie dell'intervento mantenuta o resa permeabile. Il computo della superficie permeabile potrà comprendere: pavimentazioni permeabili (v.), coperture verdi (v.), superfici impermeabili già compensate da sistemi di accumulo e riuso dell'acqua meteorica e una riduzione del valore della superficie impermeabile in misura di 1 m² ogni 50 litri di volume di accumulo e riuso dell'acqua meteorica realizzato.
5. (P) Gli ambiti per i nuovi insediamenti e gli ambiti da riqualificare ai sensi della LR 20/00, ricadenti nelle zone di protezione di cui all'art. 5.2 dovranno comunque garantire, laddove richiesto, le superfici permeabili previste all'art. 5.3.
6. (P) Le nuove aree produttive che si qualificheranno Apea (aree produttive ecologicamente attrezzate, cfr. art. 9.3) ovunque localizzate, dovranno presentare indici e parametri urbanistici tali da garantire il mantenimento di una superficie permeabile (v.) pari almeno al 25% della superficie territoriale. Una quota non superiore al 10% della superficie permeabile potrà essere costituita da pavimentazioni permeabili (v.) e coperture verdi (v.). Ai fini del calcolo delle percentuali suddette, la superficie territoriale è considerata al netto delle eventuali aree cedute al di fuori dell'ambito interessato dalle nuove urbanizzazioni o dai nuovi interventi edilizi.
7. (P) Nell'ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura individuato nella Tav. 2A, l'adozione, nei terreni ad uso agricolo, di nuovi sistemi di drenaggio che riducano sensibilmente il volume specifico d'invaso, modificando quindi i regimi idraulici, è soggetta ad autorizzazione da parte del Comune ed è subordinata all'attuazione di interventi compensativi consistenti nella realizzazione di un volume d'invaso pari almeno a 100 m³ per ogni ettaro di terreno drenato con tali sistemi e al parere favorevole, espresso sulla base di un'adeguata documentazione in cui sia dimostrato il rispetto di quanto previsto dal presente punto, dell'Autorità idraulica competente. Ai fini dell'applicazione del presente punto, i sistemi di "drenaggio tubolare sotterraneo" e di "scarificazione con aratro talpa" sono da considerare come sistemi che riducono sensibilmente il volume specifico d'invaso.

Nel complesso comunque, gli elementi dell'idrologia e dell'idrogeologia locale, qualora opportunamente considerati, non costituiscono elementi ostativi alla realizzazione dell'intervento oggetto della presente relazione.

3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.

3.1. Premessa:

Sull'area di lottizzazione oggetto della presente relazione si è realizzata una indagine geofisica di tipo Re.Mi.+M.A.S.W. (stendimento ubicato come alla Fig. 2/2); detta indagine è stata eseguita dalla Ditta GeoDelta del Dott. Geol. Pier Giorgio Spadon, su indicazioni dello scrivente e le relative risultanze verranno riportate più oltre in relazione. Lo scrivente aveva già realizzato nei pressi dell'area in esame (Stabilimento Cloetta) misure puntuali di tipo H/V ed apposito Studio di Risposta Sismica Locale al quale ci si riferirà (seppur in maniera indiretta) nel prosieguo della presente relazione.

È comunque evidente che, come previsto dal D.M./N.T.C., ogni singolo lotto dovrà singolarmente riportare la propria relazione di caratterizzazione della pericolosità sismica di base, come previsto dal DM/NTC e dalla Normativa Regionale di riferimento.

3.2. Risultanze dell'indagine geofisica Re.Mi+M.A.S.W.:

3.2.1 Premessa:

Lo scrivente, su incarico del Dott. Geol. Raffaele Brunaldi, ha eseguito uno studio geofisico atto alla definizione delle caratteristiche sismo-stratigrafiche dei terreni SITI nel comune di San Pietro In Casale (BO), Areale 9. Lo studio ha come scopo l'elaborazione di un modello geofisico per il corpo investigato, conforme OPCM 3274 del 2003 e succ. integrazioni, ordinanza 3519 del 28/04/2006, D.M. 14 gennaio 2008 ed Eurocodice 8.

3.3.2 Cenni sulle tecniche sismiche utilizzate: sismica a rifrazione, sismica passiva Re.Mi. e sismica attiva Masw:

Questi metodi di esplorazione geofisica consistono nella determinazione delle velocità sismiche dei vari strati del sottosuolo caratterizzati da diverse caratteristiche fisico - meccaniche.

- Sismica attiva Masw:

La procedura Masw è basata sulla determinazione della velocità delle onde di superficie. Considerando che le onde di Rayleigh campionano uno spessore di sottosuolo proporzionale alla lunghezza d'onda λ , è ragionevole ritenere di poter risalire alla rigidità dei terreni dalla legge di variazione della V_r con λ (curva di dispersione). Dal punto di vista sperimentale l'acquisizione Masw viene eseguita con una metodologia simile alla tecnica sismica a rifrazione. La differenza sostanziale viene dalla configurazione geometrica dei ricevitori, in genere i geofoni (minimo 12-24)

vengono spazati di 1, 2 o 3 metri, aventi una frequenza di campionamento pari a 4.5 Hz. Essendo una tecnica attiva in presenza di una sorgente polarizzata, l'acquisizione Masw risulta comunque possibile, essendo un metodo che utilizza una generazione energetica attiva per creare le onde sismiche, applicando le migliori metodologie di acquisizione sismica (filtri ecc.) che i moderni sismografi consentono.

Esempio acquisizione Masw:

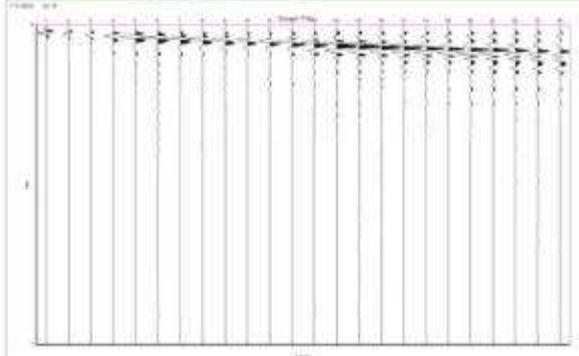


Fig. 13/1.

- Sismica passiva Re.Mi.:

la procedura Re.Mi. si basa sull'utilizzo dei microtremori (rumore naturale della terra ed artificiale), come sorgente, con tempi di acquisizione minimo di 30 sec ed ottimali di 10- 20 minuti. Vengono utilizzati minimo 12-24 geofoni da 4.5 Hz (come nella tecnica Masw) spazati 1-3 metri collegati al sismografo in grado di acquisire con intervalli di campionamento minimo di 30 secondi, i quali vengono sommati nella fase di interpretazione. Questa tecnica utilizzando il rumore naturale "il microtremore", soffre di una limitazione particolare: se il profilo sismico viene eseguito in presenza di una sorgente di rumore fissa "polarizzata", l'interpretazione Re.Mi. risulta di difficile applicazione, in virtù del principio che il microtremore non deve essere localizzato, ma proveniente con una raggio di 360° rispetto al profilo ricevente.

Esempio acquisizione Re.Mi.:

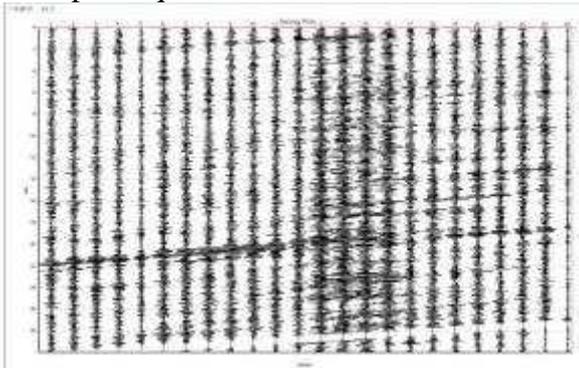


Fig. 13/2

- Interpretazione Masw e Re.Mi.:

Le tecniche sopra descritte differenziano per la metodologia di acquisizione del dato di campagna, mentre la tecnica di elaborazione risulta molto simile, di seguito brevemente descritta: Il primo passo nell'elaborazione prevede la definizione della curva di dispersione la quale gode di una certa "variabilità" giustificata nell'influenza sulle misure dalla distanza dei ricevitori, posizione della sorgente e il volume di terreno campionato. Il secondo passo consiste nell'inversione della curva di dispersione, al fine di individuare quale sia il profilo di rigidezza che riproduce la curva

sperimentale. I modelli di analisi adoperati sono molteplici, mentre il metodo utilizzato per ottenere lo spettro delle velocità e l'inversione della curva di dispersione nel presente lavoro si basa sul metodo phase shift utilizzando la tecnica di calcolo degli algoritmi genetici.

Phase shift

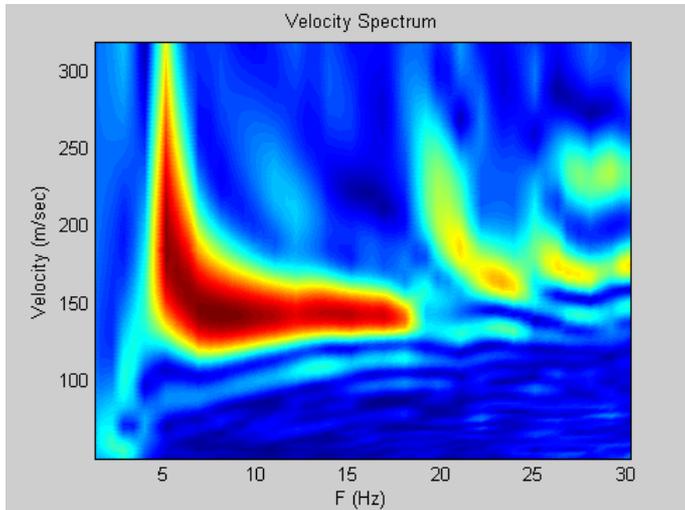


Fig. 13/3.

3.3.3 Operazioni di acquisizione dati:

I profili sismici vengono eseguiti disponendo sul terreno una serie di sensori (*geofoni*), posti ad intervallo costante, collegati ad un sismografo mediante un cavo multipolare. Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si provvede a generare artificialmente (sismica attiva), vibrazioni impulsive in corrispondenza di punti prestabiliti lungo i profili: nello stesso istante di partenza della vibrazione viene trasmesso al sismografo il comando di avvio della registrazione (*trigger*). Da questo istante inizia l'acquisizione digitale, con campionamento ad intervallo costante e predeterminato, dei segnali ricevuti dai sensori. Per lo studio sopra descritto è stata utilizzata sia la tecnica Masw che la tecnica Re.Mi. Tali tecniche, utilizzate congiuntamente nella fase di elaborazione dati, hanno soddisfatto pienamente la normativa sismica vigente, fornendo come di seguito descritto, un'ottima risoluzione nei primi 30 metri p.c. delle onde Vs ed hanno raggiunto una profondità di indagine tale da individuare il bedrock-like.

3.3.4 Acquisizioni in campagna:

Le misure di campagna sono state eseguite nel mese Luglio 2017, ed è stato eseguito n.1 stendimento, con tecnica Masw e RE.MI. per il calcolo della Vs 30 con le seguenti caratteristiche tecniche:

Sismografo utilizzato: sismografo digitale ECHO 24-48 2012 della AMBROGEO srl caratterizzato da 24 canali di acquisizione digitale con dinamica a 24 bit e campionamento del segnale ad intervalli di 130 microsecondi e filtro analogico Low Pass a 50 Hz.

- a) **Numero geofoni:** 24 cad. con frequenza propria 4.5 Hz distanza geofonica 2.0 m;
- b) **Acquisizione** a 7651 Hz per 1 sec. (MASW); 7651 Hz per 30 sec. (RE.MI.);
- c) **Numero profili:** 1 masw; 1 Re.Mi;
- d) **Tiri:** n. 5 cad profilo masw 1.

Tiro n.1 eseguito – 1.0 metri dal geofono n. 1 con finestra di acquisizione pari a 1000 millisecondi;

Tiro n.2 eseguito – 2.0 metri dal geofono n. 1 con finestra di acquisizione pari a 1000 millisecondi;

Tiro n.3 eseguito – 3.0 metri dal geofono n. 1 con finestra di acquisizione pari a 1000 millisecondi;

Tiro n.4 eseguito – 4.0 metri dal geofono n. 1 con finestra di acquisizione pari a 1000 millisecondi;

Tiro n.5 eseguito – 5.0 metri dal geofono n. 1 con finestra di acquisizione pari a 1000 millisecondi.

e) **Lunghezza singolo profilo:** 46 metri + 10 metri;

f) **Sorgente utilizzata:** Mazza battente kg 10 con trigger (dispositivo per il comando di avvio della registrazione);

g) **Energia utilizzata:** numero 1 colpo (masw) di mazza per tiro;

3.3.5 Interpretazione geofisica onde Vs congiunta tra tecniche MASW e RE.MI. “VS 30”:

Su ognuna di tali acquisizioni è stata eseguita un’analisi ω -p (trasformata τ -p & trasformata di Fourier) al fine di discriminare l’energia associata alle onde di Rayleigh.

L’inversione della curva di dispersione con il metodo phase shift utilizzando la tecnica di calcolo degli algoritmi genetici.

Si riportano i grafici ad isolinee sui quali è identificata la curva di dispersione delle onde di Rayleigh (alla seguente figura).

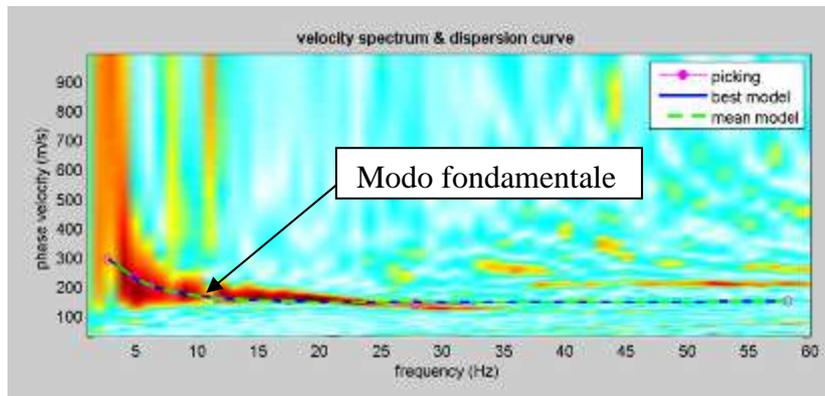


Fig. 13/4: MASW: Grafici ad Isolinee nel dominio velocità di fase – frequenza.

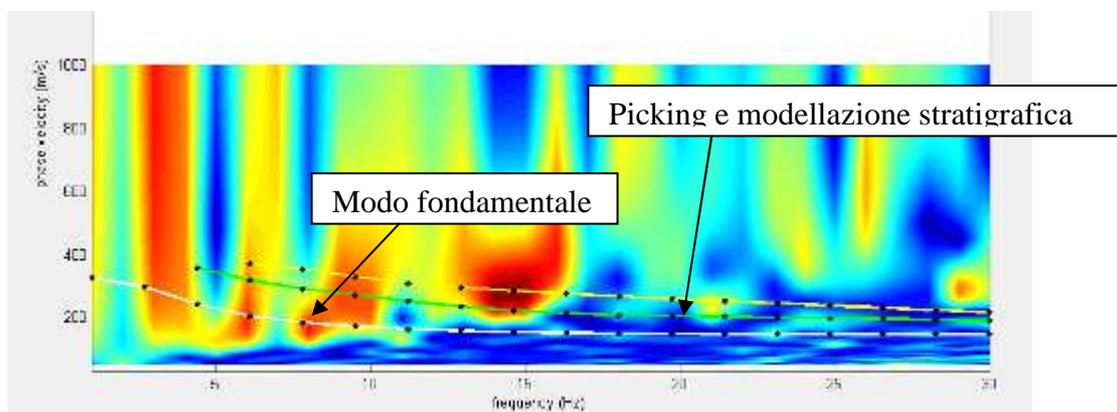


Fig. 13/5: RE.MI.: Grafici ad Isolinee nel dominio velocità di fase – frequenza.

3.3.6. Analisi curva di dispersione:

La modellazione numerica della curva di dispersione prevede che alla base del modello sia posto un semispazio a spessore infinito. Si riporta:

- 1) in Figura 13/5: il confronto tra la curva di dispersione sperimentale modello migliore (celeste) e modello medio (rosso),
- 2) in Figura 13/6: il profilo di velocità delle onde S associato alla curva teorica.

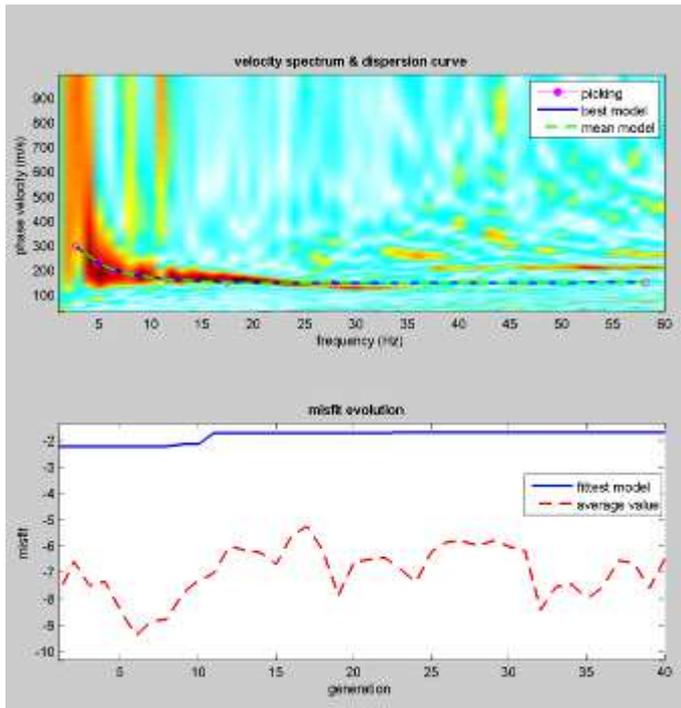


Figura 13/5: Confronto tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica.

Il miglior *fit* tra i dati sperimentali e la curva teorica si ottiene per il modello riportato alla seguente Tabella. L'andamento delle Vs è illustrato in Figura 13/6. La dicitura "infinito" indica che è stata raggiunta la profondità massima di indagine, mentre con il programma Deepsoil v 3.5 dell'Università dell'Illinois è stato calcolato il bedrock o meglio il bedrock-like (700 m/s). Esso risulta rilevante ai fini degli effetti di sito, perché tale strato presenta forti contrasti di impedenza rispetto ai terreni sovrastanti, potendo così determinare in questi ultimi l'intrappolamento delle onde sismiche e dunque l'amplificazione del moto del suolo in caso di terremoto. N.B. Le velocità sismiche Vp sono ottenute da formule empiriche.

Strato	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Spessore
1	357	168	1.0
2	331	155	5.6
3	511	239	2.5
4	375	184	2.6
5	496	236	6.4
6	618	297	15.2
7	707	370	Inf.

Tab. 1: Modello di velocità delle onde S per il sito in esame.

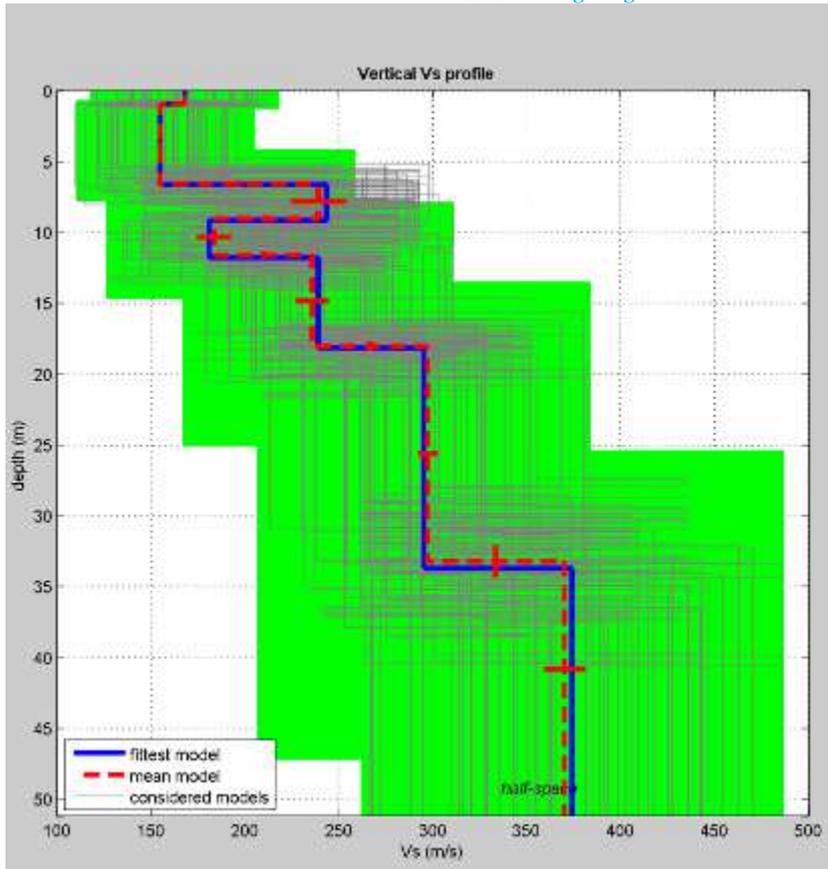


Fig. 13/6: Profilo di velocità delle onde S stimato nel sito in esame.

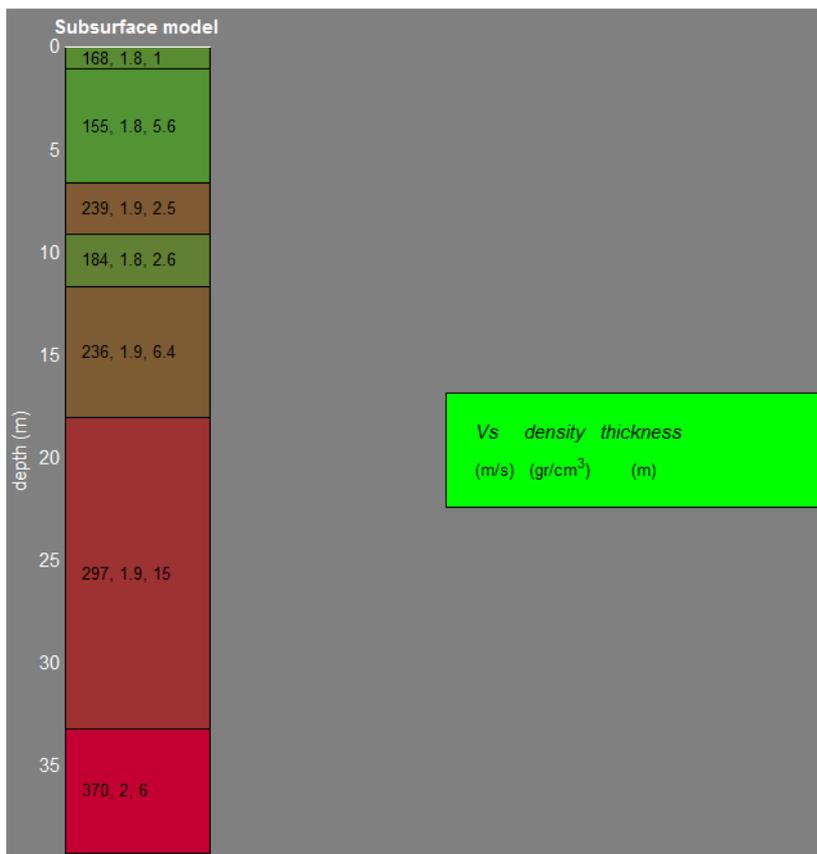


Fig. 13/7: Stratigrafia dei terreni.

Parametri dinamici: “Moduli elastici”

VS (m/sec)	168	155	239	184	236	297	370
Spessori (m)	1	5.6	2.5	2.6	6.4	15.2	Inf.
Stima VP (m/sec)	357	331	511	375	496	618	707
Stima densità (gr/cm3)	1.8	1.79	1.89	1.82	1.88	1.94	1.97
Stima modulo di Poisson	0.36	0.36	0.36	0.34	0.35	0.35	0.31
Stima modulo di Young (MPa)	138	117	294	165	284	461	707
Stima modulo di taglio (MPa)	51	43	108	62	105	171	270
Stima modulo di Lamé (MPa)	128	110	278	132	254	398	445
Stima modulo di compressione (MPa)	162	139	350	173	324	512	625

Tab. 2: parametri dinamici.

Dal modello proposto risulta una **VS 30 = 224 m/s**, da cui, sulla base della Tab. 3.2.II del D.M./N.T.C. (di seguito riportata) si può proporre un **Suolo di tipo C**.

In realtà si deve considerare che, come riportano numerosi Autori, il valore sopra riportato deve essere inteso affetto da un'incertezza pari al 20%, ovvero: $Vs_{30} = 224 \pm 20\%$, il valore sarà quindi compreso fra 179 e 269 m/s; ovvero fra una Categoria D ($Vs_{30} < 180$ m/s) seppur di un solo m/s e Categoria C.

Tabella 3.2.II - Categorie di suolo

Categoria	Descrizione
A	Terreni con alta rigidezza e bassa inerzia sismica (valori di V_s superiori a 500 m/s, prevalentemente consistenti in superficie non stratificata con spessore massimo pari a 10 m).
B	Terreni formati da pacchi di livelli a spessore variabile, costituiti da uno o più strati di terreno con spessore superiore a 90 m, caratterizzati da un gradiente di pendenza della propagazione che con la profondità e da valori di V_s superiori a 180 m/s e 300 m/s (rispettivamente $N_{60} < 90$ e $N_{60} < 120$ kPa) con terreno a grana grossa e $\gamma_{sat} < 250$ kPa nei terreni a grana fine.
C	Terreni di tipo C con grana grossa e densità sismologica pari a quella dei terreni di tipo B, con spessore superiore a 90 m, caratterizzati da un gradiente di pendenza della propagazione che con la profondità e da valori di V_s compresi fra 180 m/s e 300 m/s (rispettivamente $N_{60} < 90$ e $N_{60} < 120$ kPa) con terreno a grana grossa e $\gamma_{sat} < 250$ kPa nei terreni a grana fine.
D	Terreni di tipo D con grana grossa e densità sismologica pari a quella dei terreni di tipo B, con spessore superiore a 90 m, caratterizzati da un gradiente di pendenza della propagazione che con la profondità e da valori di V_s compresi fra 180 m/s e 300 m/s (rispettivamente $N_{60} < 90$ e $N_{60} < 120$ kPa) con terreno a grana grossa e $\gamma_{sat} < 250$ kPa nei terreni a grana fine.
E	Terreni di tipo E con grana grossa e densità sismologica pari a quella dei terreni di tipo B, con spessore superiore a 90 m, caratterizzati da un gradiente di pendenza della propagazione che con la profondità e da valori di V_s compresi fra 180 m/s e 300 m/s (rispettivamente $N_{60} < 90$ e $N_{60} < 120$ kPa) con terreno a grana grossa e $\gamma_{sat} < 250$ kPa nei terreni a grana fine.

Tab. 3: Tabella 3.2.II da DM/NTC 2008.

Dovrà quindi considerarsi che il suolo di tipo C di cui sopra sia da verificarsi (da confermarsi cioè o meno) in base a misure anche puntuali (del tipo H/V) per ogni singolo lotto della Lottizzazione in oggetto, in sostanza quanto quivi evidenziato per l'intera area di lottizzazione non potrà essere automaticamente esteso ad ogni singolo lotto.

3.3.7 Calcolo azione sismica di progetto:

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1,00.

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81%, T_r : 30[anni]

a_g : 0,045 g

F_o : 2,491 T_{c^*} : 0,258[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63% T_r : 50[anni]

a_g : 0,057 g

F_o : 2,489 T_{c^*} : 0,270[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10% T_r : 475[anni]

a_g : 0,158 g

F_o : 2,588 T_{c^*} : 0,274[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5% T_r : 975[anni]

a_g : 0,210 g

F_o : 2,529 T_{c^*} : 0,281[s].

Coefficienti Sismici:

SLO:

S_s : 1,500 C_c : 1,640 S_t : 1,000 K_h : 0,013

K_v : 0,007 A_{max} : 0,659 $Beta$: 0,200

SLD:

S_s : 1,500 C_c : 1,620 S_t : 1,000 K_h : 0,017

K_v : 0,009 A_{max} : 0,836 $Beta$: 0,200

SLV:

S_s : 1,450 C_c : 1,610 S_t : 1,000 K_h : 0,055

K_v : 0,027 A_{max} : 2,244 $Beta$: 0,240

SLC:

S_s : 1,380 C_c : 1,600 S_t : 1,000 K_h : 0,081

K_v : 0,041 A_{max} : 2,845 $Beta$: 0,280

I parametri di caratterizzazione debbono essere intesi come “medi” e validi per la sola area di Lottizzazione, per ogni singolo Lotto dovrà ripetersi apposita caratterizzazione.

3.3.8 Conclusioni:

Le tecniche geofisiche utilizzate congiuntamente durante questo lavoro hanno permesso di ottenere i seguenti risultati di seguito brevemente riassunti:

- E' stata classificata la zona di studio in suolo di tipo C.
- La tecnica Masw e Re.Mi. hanno superato la profondità di 30 m p.c., al fine di calcolare la risposta sismica locale, conforme, NTCU 2008.
- E' stata effettuata un'analisi ed elaborazione congiunta tra le tecniche, in modo da fornire anche i parametri dinamici di calcolo per la progettazione in zona sismica.

Baone, Luglio 2017

Dott. Geol. Pier Giorgio Spadon



Fig. 13/8: esecuzione dello stendimento Masw - Re.Mi.

3.4. Ulteriori considerazioni di caratterizzazione sismica locale:

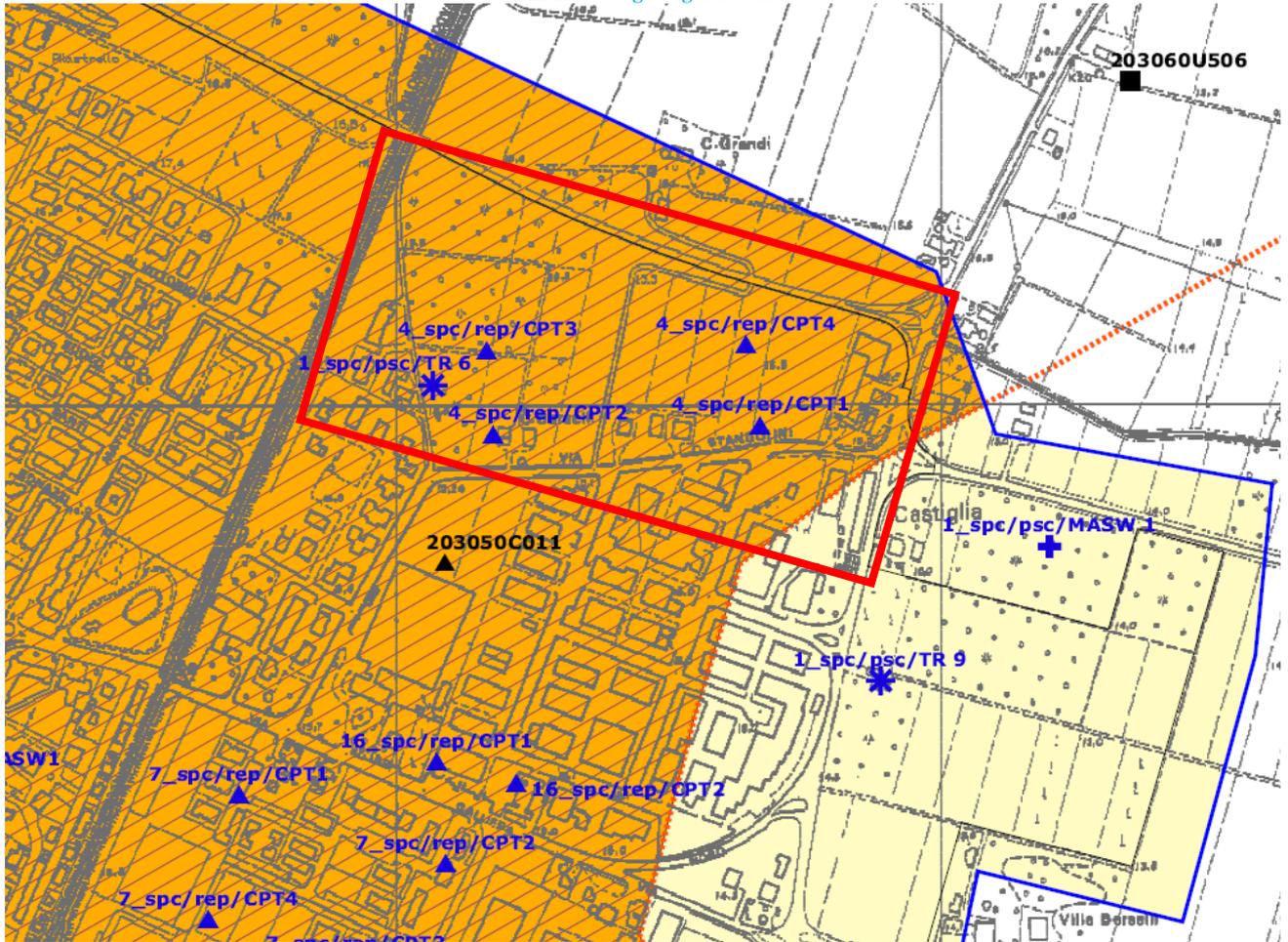
Dagli stralci di cartografia (P.S.C.) di riferimento di seguito riportati si potrà evincere come per l'area in esame siano previsti fenomeni di amplificazione e possibili fenomeni di liquefazione degli orizzonti granulari saturi rilevati, dato che la stratigrafia locale è variabile e dato che normalmente fenomeni di amplificazione delle accelerazioni locali si materializzano soprattutto nei passaggi superficiali fra i litotipi argillosi e i litotipi sabbiosi (disposti in lenti e/o in corpi festonati più o meno superficiali e comunque a profondità variabili per l'intera area di lottizzazione), si ritiene che la fase del III Livello di approfondimento debba essere ricondotta alle analisi approfondite che dovranno caratterizzare i singoli lotti (o blocchi di lotti). Occorrerà cioè realizzare appositi Studi di R.S.L.

(Risposta Sismica Locale). (approfondimento con analisi numerica di III livello come da D.AI. 102/2007).

Del resto ciò è reso obbligatorio dal dettato del DM/NTC, qualora infatti ci si trovi in presenza di litotipi granulari saturi potenzialmente liquefacibili o di litotipi argillosi particolarmente soffici e che originino cedimenti post- sismici i terreni di fondazione debbono essere classificati di Categoria S1 o S2 (Tab. 3.2.II, riportata alla Tab. 3 della presente relazione). In tal caso non si può utilizzare l'approccio semplificato proprio delle Categorie da A a D e si debbono produrre appositi Studi locali, appunto gli Studi di R.S.L. di cui sopra. realizzare un unico studio di R.S.L. per l'intera area di Lottizzazione vorrebbe dire assimilare l'intera area ad un unico modello stratigrafico, la cosa non è possibile poichè (come già ampiamente riportato in relazione, si vedano anche le sezioni) l'area presenta difformità lito- stratigrafiche che non consentono appunto tale semplificazione. Quindi come già sopra riportato si dovranno produrre Studi di R.S.L. ad hoc per i singoli lotti o per blocchi di lotti che, all'atto dell'indagine puntuale presentino problematiche di liquefazione degli orizzonti granulari localmente (sul lotto) rilevati e/o problematiche di cedimenti post- sismici da argille soffici.

Le risultanze dei singoli Studi di R.S.L. potranno oltretutto superare le indeterminatezze dell'approccio semplificato della citata Tabella 3.2.II e legate alle metodologie di indagini geofisiche connesse al reale valore di Vs30 (si rimanda all'apposito punto della presente relazione in cui si cita il livello di approssimazione percentuale di tali metodologie) ed individuare i corretti valori di amplificazione e di ancoraggio dello Spettro di Risposta in Accelerazione (da utilizzarsi durante la progettazione dei singoli interventi edilizi).

Di seguito si riportano le apposite cartografie di P.S.C.



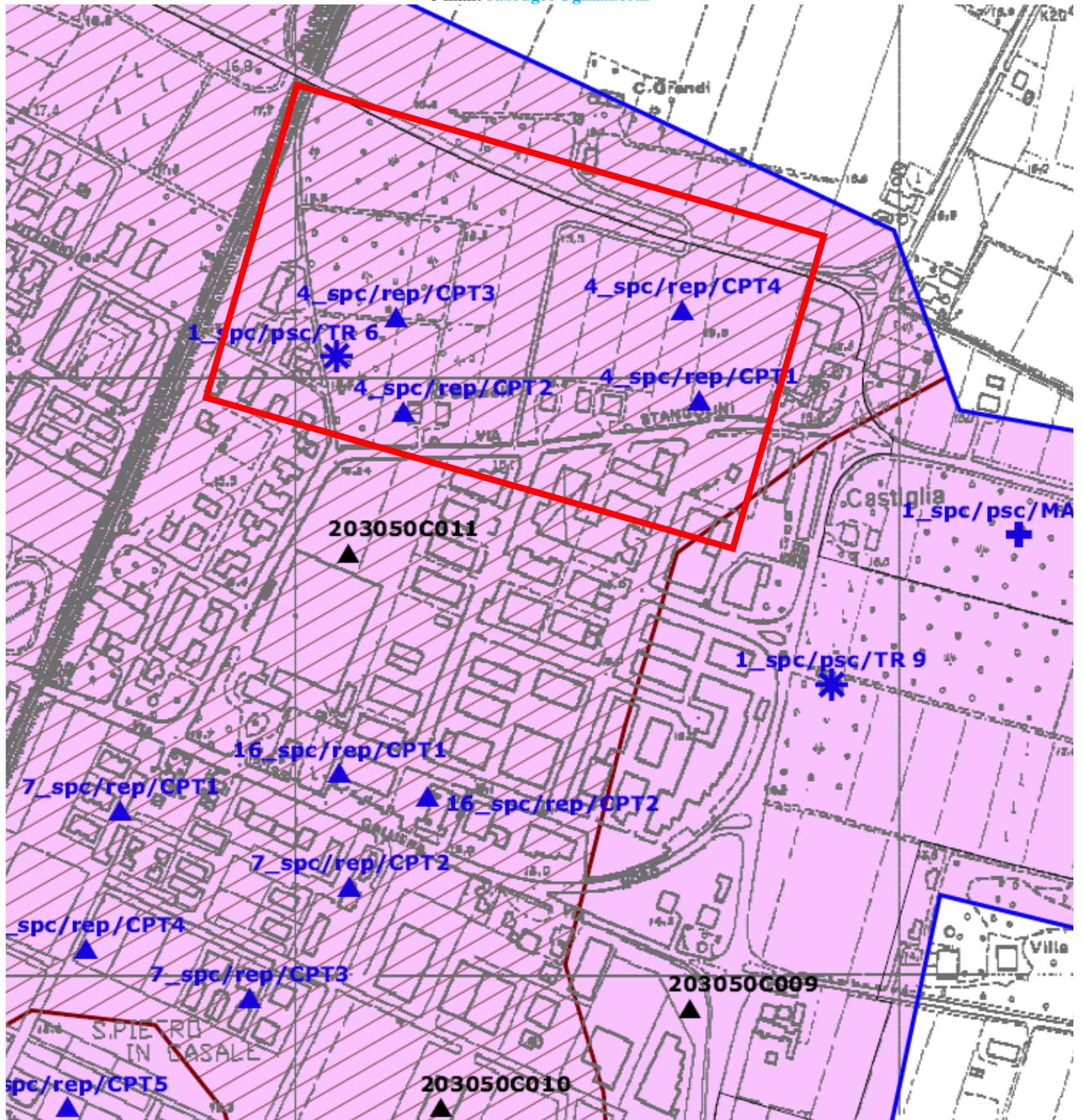
**APPROFONDIMENTI SULLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI:
 AREE OMOGENEE DI PERICOLOSITA' SISMICA**

C	C = POSSIBILITA' DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E DI CEDIMENTI POST SISMA [equivalente a C (PTCP) = Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti]
I	I = POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE E DI CEDIMENTI SIGNIFICATIVI [equivalente a L2 (PTCP) = Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione - Sabbie prevalenti certe]
II	II = POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE CON CEDIMENTI, TESSITURE E SPESSORE DA CONTROLLARE [equivalente a L2 (PTCP) = Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione - Sabbie prevalenti certe]
III	III = LIQUEFAZIONE POCO PROBABILE DA VERIFICARE [equivalente a L1 (PTCP) = Area soggetta ad amplificazione e potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione - Sabbie prevalenti potenziali]
L1	L1 = LIQUEFAZIONE POTENZIALE DA VERIFICARE [equivalente a L1 (PTCP) = Area soggetta ad amplificazione e potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione - Sabbie prevalenti potenziali]

ZONE OMOGENEE: SINTESI DEI LIVELLI DI APPROFONDIMENTO DA ESPLETARE (DAL 112/2007):

	Aree che necessitano dell'analisi semplificata (secondo livello)
	Aree che richiedono analisi approfondite (terzo livello)

Fig. 13/9: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. 1.a: Pericolosità Sismica, Aree Suscettibili di Effetti di Sito (aggiornamento del Ottobre 2013) del P.S.C. Reno, Galliera- Terre di Pianura.



MICROZONAZIONE SEMPLIFICATA: ZONE OMOGENEE

PROVE GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE DI RIFERIMENTO:

3	CONTESTO="PIANURA 2" [VS30 = 200 m/s] AMPLIFICAZIONE = FA (P ₂₀) = 1,5 FA SI (0,1s-0,5s) = 1,8 FA SI (0,5s-1s) = 2,5 LIQUEFAZIONE = NON RISCONTRATA
III-3	CONTESTO="PIANURA 2" [VS30 = 200 m/s] AMPLIFICAZIONE = FA (P ₂₀) = 1,5 FA SI (0,1s-0,5s) = 1,8 FA SI (0,5s-1s) = 2,5 LIQUEFAZIONE = LIQUEFAZIONE POTENZIALE DA VERIFICARE (RICHESTI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO)
III-3	CONTESTO="PIANURA 2" [VS30 = 200 m/s] AMPLIFICAZIONE = FA (P ₂₀) = 1,5 FA SI (0,1s-0,5s) = 1,8 FA SI (0,5s-1s) = 2,5 LIQUEFAZIONE = POSSIBILITÀ DI LIQUEFAZIONE POCO PROBABILE DA VERIFICARE (RICHESTI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO)
II-3	CONTESTO="PIANURA 2" [VS30 = 200 m/s] AMPLIFICAZIONE = FA (P ₂₀) = 1,5 FA SI (0,1s-0,5s) = 1,8 FA SI (0,5s-1s) = 2,5 LIQUEFAZIONE = POSSIBILITÀ DI LIQUEFAZIONE CON CEDIMENTI, TESSITURE E SPessori DA CONTROLLARE (RICHESTI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO)
I-1	CONTESTO="PIANURA 2" [VS30 = 200 m/s] AMPLIFICAZIONE = FA (P ₂₀) = 1,5 FA SI (0,1s-0,5s) = 1,8 FA SI (0,5s-1s) = 2,5 LIQUEFAZIONE = POSSIBILITÀ DI LIQUEFAZIONE E DI CEDIMENTI SIGNIFICATIVI (RICHESTI APPROFONDIMENTI DI III LIVELLO)

ARCHIVIO BANCA DATI R.E.R.

■ PROVE PENETROMETRICHE CPTU/CPTe

▲ PROVE PENETROMETRICHE CPT

● SONDAGGI

PROVE PSC E ARCHIVIO COMUNALE

■ PROVE PENETROMETRICHE CPTU/CPTe

▲ PROVE PENETROMETRICHE CPT

● SONDAGGI

☆ PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE

⊕ PROVE PENETROMETRICHE CON CONO SISMICO SOFT

⊕ STENDIMENTI SISMICI MASW

* REGISTRAZIONI SISMICHE HVSR

Fig. 13/10: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. 2.a: Microzonazione Sismica Semplificata (aggiornamento del Ottobre 2013) del P.S.C. Reno, Galliera- Terre di Pianura.

Allo stato attuale delle conoscenze (dai dati del P.S.C.) si possono indicare per l'area in esame (intesa come "media"/"complessiva") i seguenti valori del Fattore di Amplificazione:

FA (PGA) = 1,50;

FA SI (0,10 - 0,50 s) = 1,80;

FA SI (0,50 - 1,00 s) = 2,50.

Il Contesto (da apposita Delibera Regionale) è il "PIANURA 2".

Questi dati dovranno essere confermati (o meno) da già citati singoli Studi di R.S.L.

4. STORIA SISMICA LOCALE

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 San Pietro in Casale è classificato come zona sismica 3 e ad esso è associato un valore di accelerazione massima al suolo compreso tra 0,150 e 0,175 g.

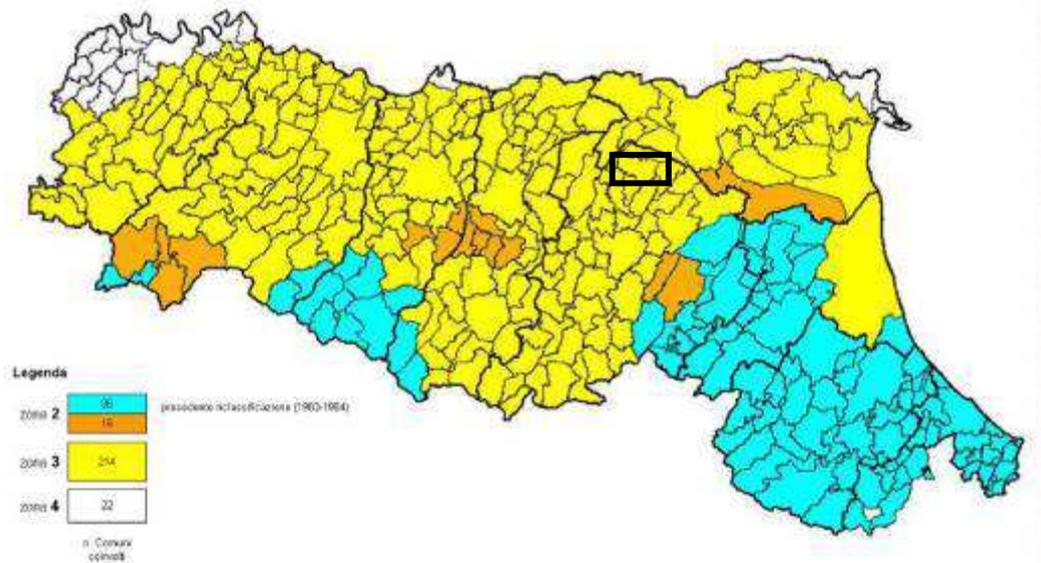


Fig. 14/1: Classificazione sismica del territorio regionale secondo l'OPCM 3274/2003. Il Comune di San Pietro in Casale (colore giallo, evidenziato dal riquadro nero), precedentemente non classificato, viene attribuito alla zona 3.

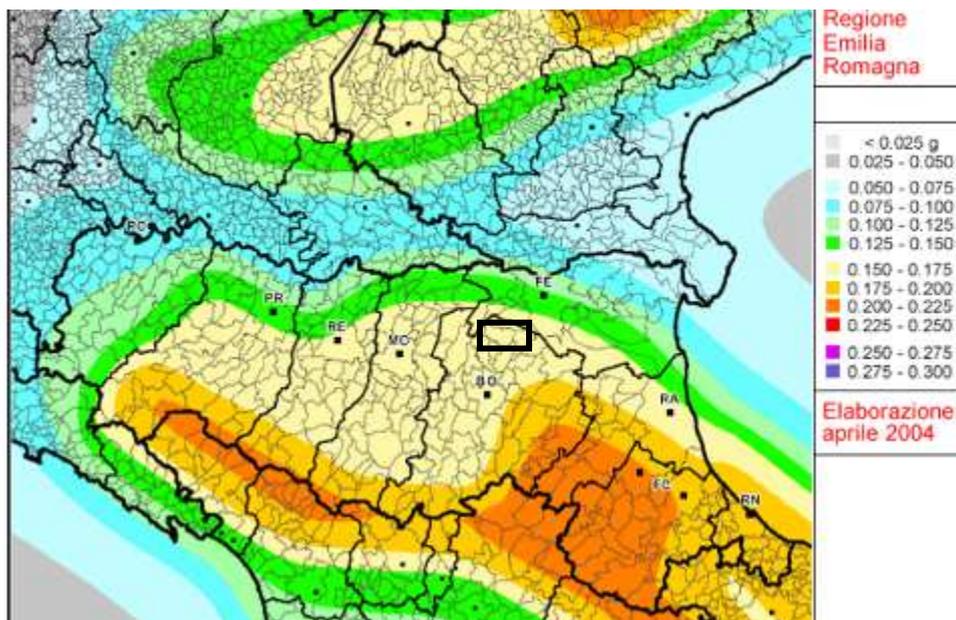


Fig. 14/2: Mappa di pericolosità sismica della Regione Emilia-Romagna espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Cat. A). All'area del Comune di San Pietro in Casale è associata un'accelerazione compresa tra 0,150 e 0,175 g. (Meletti & Montalbo, 2007).

Di seguito si riporta una mappa degli 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. Relativamente ai pressi (molto allargati invero) dell'area in esame (riquadro nero) si osservano alcuni eventi di magnitudo compresa tra 5.4 e 5.9 (Mw).

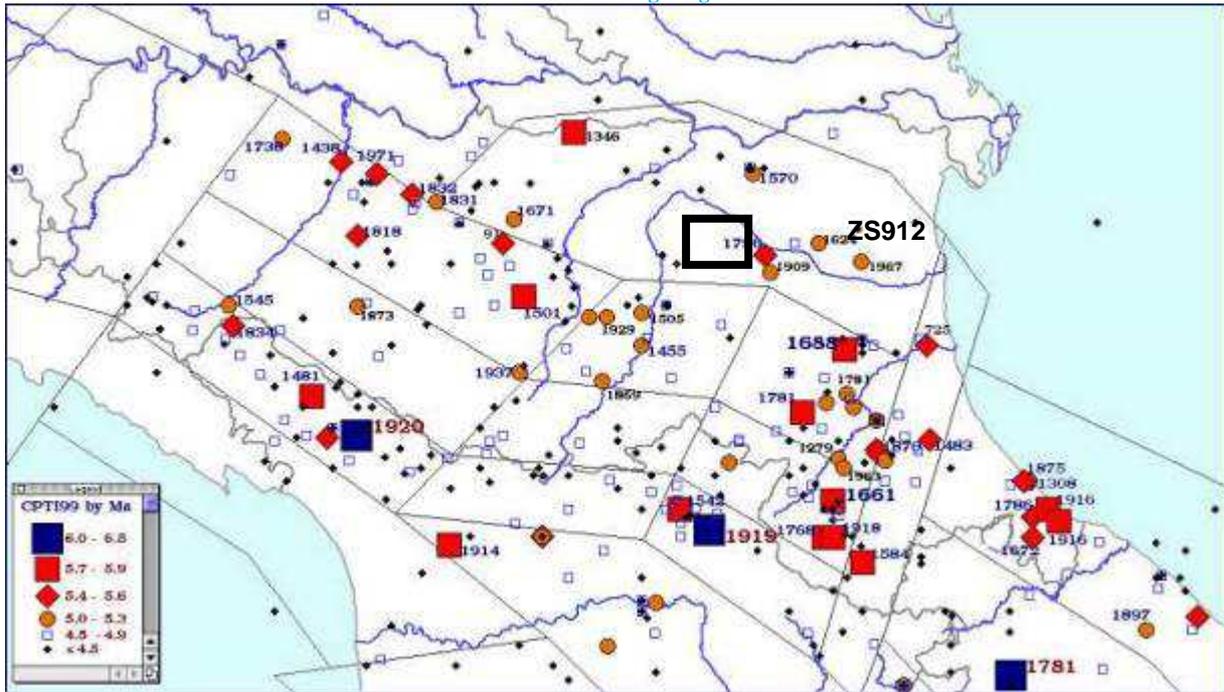
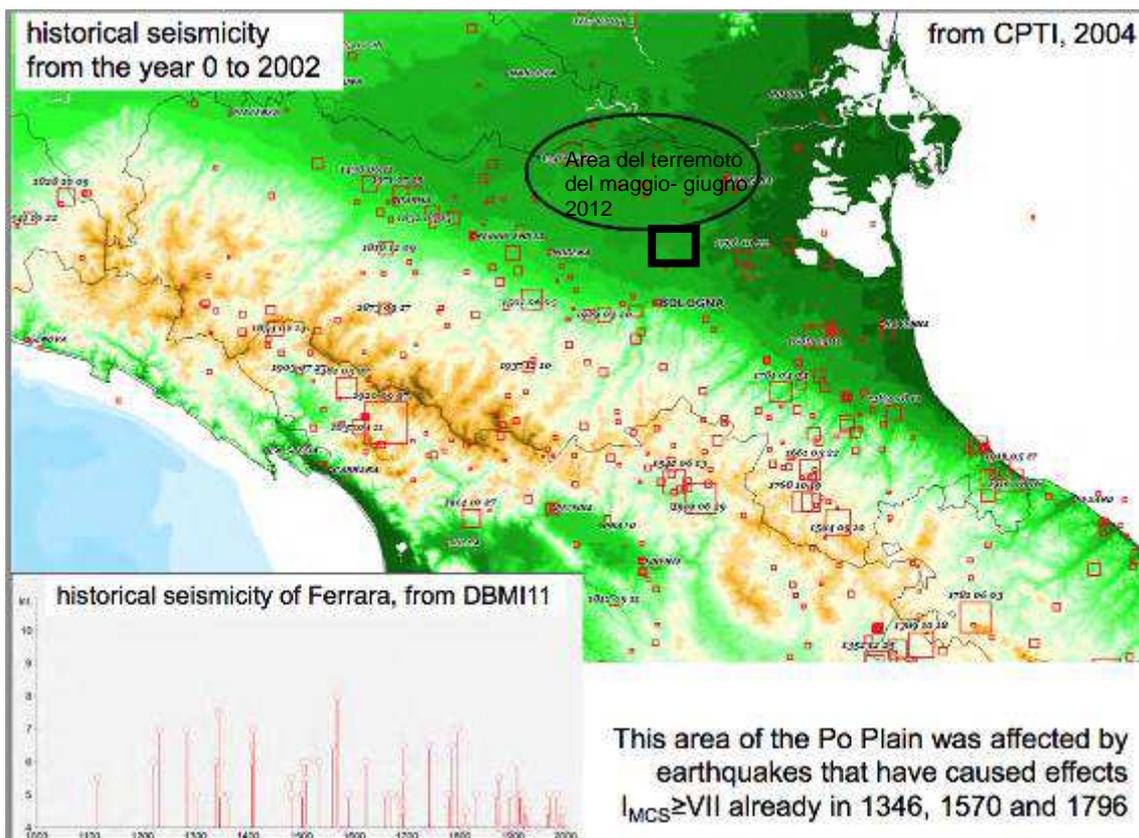


Fig. 14/3: Mappa degli epicentri dei terremoti avvenuti in Emilia- Romagna dal XIII sec. ad oggi per classi di magnitudo (CPTI 99). Scala Libera. È evidenziata anche la ZS (912) di riferimento locale.



Figg. 14/4: Mappe degli epicentri dei terremoti avvenuti in Emilia- Romagna dal XIII sec. ad oggi per classi di magnitudo (CPTI 99). Scale Libere e differenti. La seconda figura riporta l'area del "cratere sismico" (come volgarmente ed imprecisamente denominato) di maggio-giugno 2012.

Chiaramente la sequenza sismica di maggio (20 e 29) e giugno 2012 ha sensibilmente modificato la cognizione di sismicità dell'area della Bassa Padana che, seppur sottovalutata dagli strumenti di pianificazione regionale denota in realtà una storia sismica di non poco conto e di cui si dirà nel prosieguo della presente relazione e che avrebbe dovuto aver maggior considerazione generale, sia da parte della pianificazione che della stessa cittadinanza. Il Comune di San Pietro in Casale è stato marginalmente toccato dagli scuotimenti e dai danneggiamenti che pure si sono registrati seppure in forma ridotta rispetto alle aree epicentrali ed a fronte di accelerazioni locali molto ridotte. Di seguito si riportano una serie di figure relative a tale sequenza sismica.

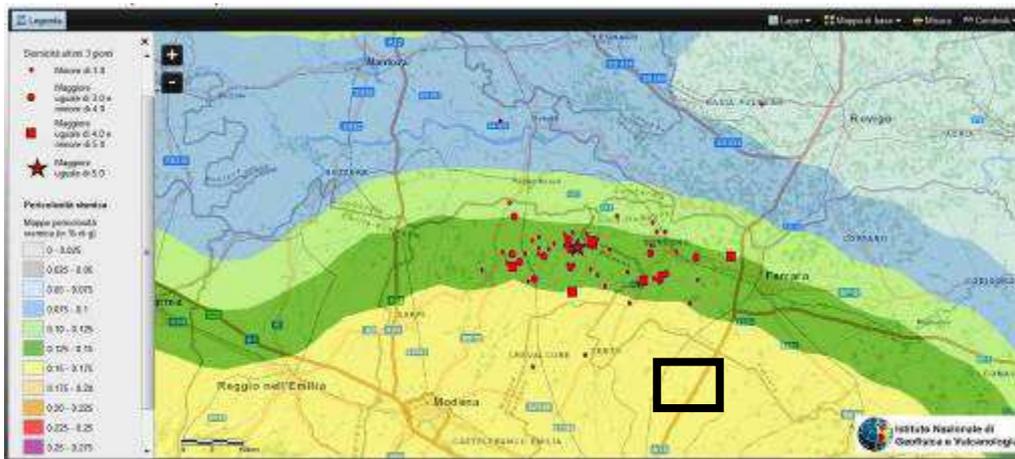
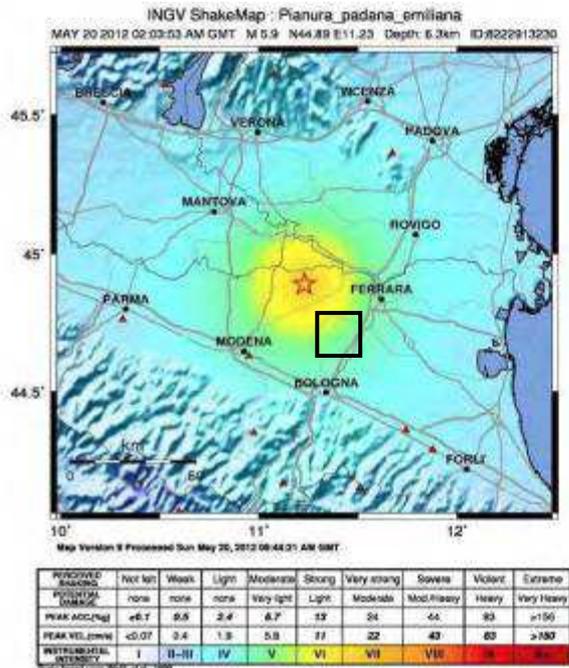


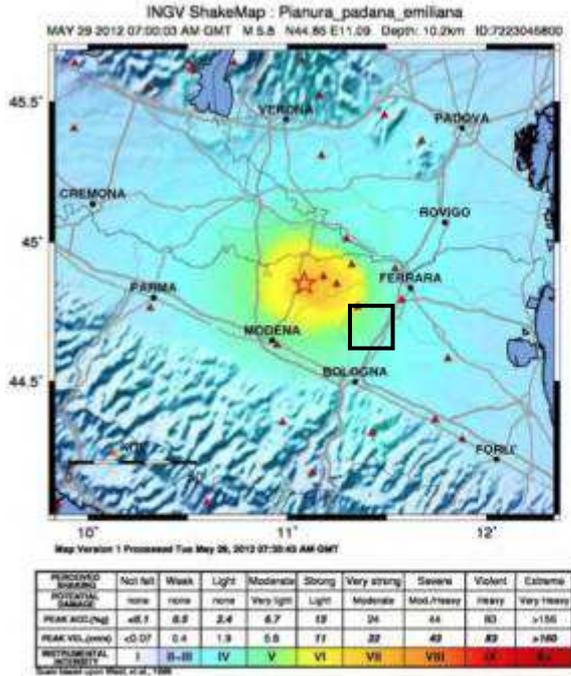
Fig. 14/5: ubicazione dei vari eventi sismici (epicentri) della sequenza maggio- giugno 2012. Scala Libere.



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

Fig. 14/6: Ubicazione degli epicentri degli eventi del 20 maggio 2012 e sviluppo areale delle relative intensità; il quadratino riporta l'area in esame, Scala libera (immagini tratte da L. Martelli- SGS Regione Emilia- Romagna; 7th Euregeo, Bologna 12- 15 Giugno 2012). Scala Libera.



At 09:00 (local time) on May 29, 2012 another strong earthquake, $M_L=5.8$, shaken the Modena Plain.

The epicenter was located near Medolla (MO), 10 km WSW from the 20/5 main shock.

Also this new shock caused effects up to $I_{EMS}=VII$ (from QUEST report, INGV), aggravating the situation in the municipalities of Medolla, Concordia sulla Secchia, Cavezzo and S. Possidonio (MO), and in some towns of the Mantua province.

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

Fig. 14/7: Ubicazione degli epicentri degli eventi del 29 maggio 2012 e sviluppo areale delle relative intensità; il quadratino riporta l'area in esame, Scala libera (immagini tratte da L. Martelli- SGS Regione Emilia- Romagna; 7th Euregeo, Bologna 12- 15 Giugno 2012). Scala Libera.

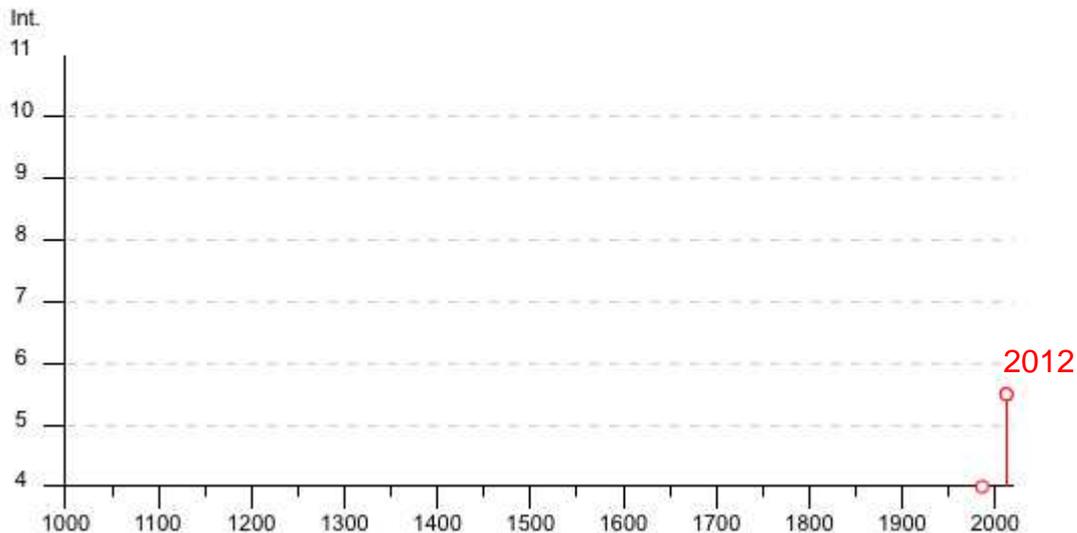
La storia sismica di San Pietro in Casale e/o del suo territorio comunale è ridotta alla registrazione degli effetti di due soli eventi (più oltre riportati) ma non è comunque assente, in particolare l'evento sismico che ha danno localmente origine al maggior risentimento è quello del dell'anno 2012 (come già ricordato). Di seguito si riporta apposita tabella.

San Pietro in Casale



PlaceID IT_40239
 Coordinate (lat, lon) 44.701, 11.405
 Comune (ISTAT 2015) San Pietro in Casale
 Provincia Bologna
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 7

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1892	08	09	07	58		Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
NF	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
4	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
5-6	2012	05	20	02	03	5	Pianura emiliana	53	7	6.09
5-6	2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90



Tab. 4 e Fig. 14/8: elenco degli eventi sismici che hanno determinato risentimenti locali, come tratta dall'apposito sito dell'INGV (DBMI15).

Di seguito si riporta apposita rappresentazione (a scala libera) dei risentimenti areali dell'evento testè evidenziato.

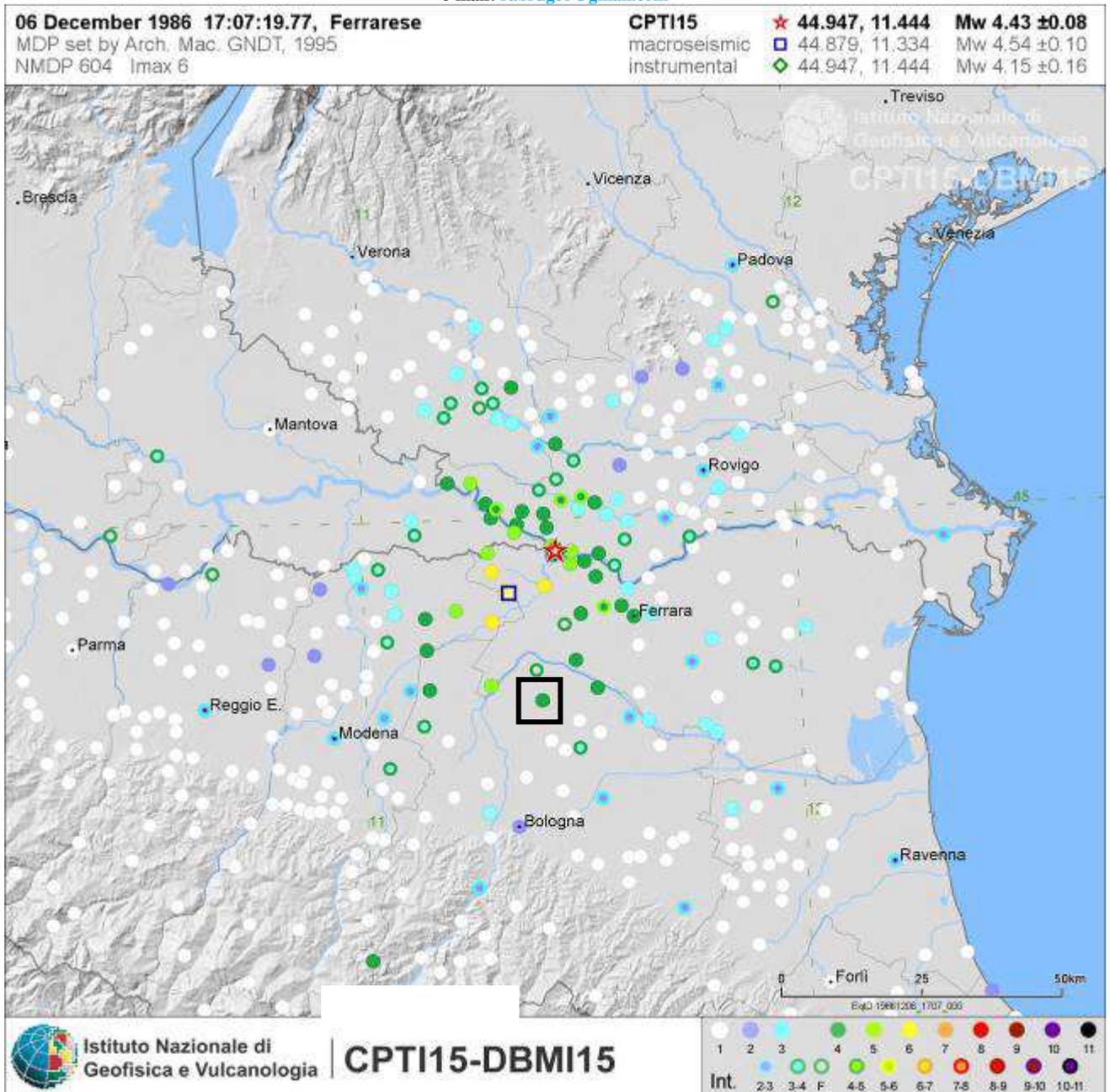


Fig. 14/9: evento del 1986: Ferrarese. Scala Libera. La stella riporta l'epicentro ed il quadrato più grande l'area in esame.

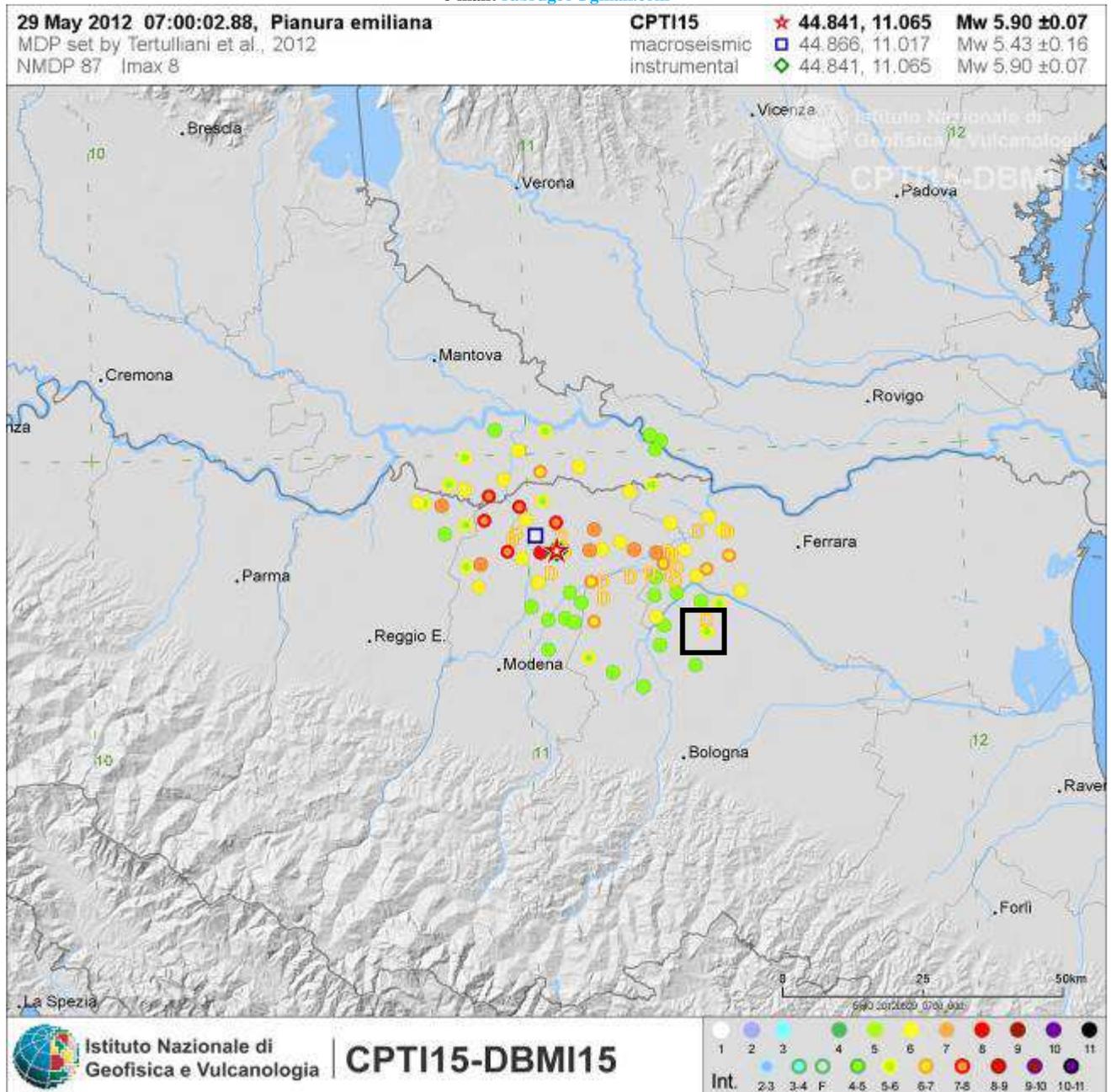


Fig. 14/10: evento del 2012: Emilia. Scala Libera. La stella riporta l'epicentro ed il quadrato più grande l'area in esame.

La magnitudo Mw attesa per la ZS 912 è pari a M= 6,14, come riportato alla seguente tabella dell'INGV.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	MwMax1	Tassi AR	MwMax2	b	Tassi da CO-04.2	Tassi da GR	Azione	Tassi GR adottati
Savoia	901	5.91	0.21	6.14	-1.18	0.14	0.11	A	0.11
Vallese	902	6.14	0.14	6.14	-1.26	0.14	0.19	A	0.14
Grigioni-Valtellina	903	5.91	0.21	6.14	-1.26	0.14	0.23	A	0.14
Trieste -Monte Nevoso	904	5.68	0.42	6.14	-1.12	0.14	0.14	A	0.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.60	0.33	6.60	-1.05	0.11	0.37	B	0.37
Garda-Veronese	906	6.60	0.11	6.60	-1.14	0.11	0.11	A	0.11
Bergamasco	907	5.91	0.14	6.14	-1.71	0.14	0.03	C	0.04
Piemonte	908	5.68	0.21	6.14	-1.91	0.14	0.03	C	0.04
Alpi Occidentali	909	5.68	0.21	6.14	-1.27	0.14	0.10	A	0.10
Nizza-Sanremo	910	6.37	0.14	6.37	-1.12	0.14	0.14	A	0.14
Tortona-Bobbio	911	5.68	0.21	6.14	-1.47	0.14	0.05	A	0.05
Dorsale Ferrarese	912	6.14	0.12	6.14	-1.35	0.12	0.13	A	0.12
Appennino Emiliano-Romagn.	913	5.91	0.14	6.14	-1.80	0.14	0.07	A	0.07
Forlivese	914	5.91	0.57	6.14	-1.33	0.14	0.26	A	0.14
Garfagnana-Mugello	915	6.60	0.14	6.60	-1.34	0.14	0.11	A	0.11
Versilia-Chianti	916	5.68	0.21	6.14	-1.96	0.14	0.02	C	0.04
Rimini-Ancona	917	6.14	0.12	6.14	-1.04	0.12	0.43	A	0.12
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918	6.37	0.14	6.37	-1.10	0.14	0.37	A	0.14
Appennino Umbro	919	6.37	0.25	6.37	-1.22	0.12	0.26	B	0.26
Val di Chiana-Ciociaria	920	5.68	0.28	6.14	-1.96	0.14	0.06	A	0.06
Etruria	921	5.91	0.14	6.14	-2.00	0.14	0.05	A	0.05
Colli Albani	922	5.45	0.42	5.45	-2.00	0.21	0.37	B	0.37
Appennino Abruzzese	923	7.06	0.14	7.06	-1.05	0.14	0.25	A	0.14
Molise-Gargano	924	6.83	0.17	6.83	-1.04	0.17	0.13	A	0.13
Ofanto	925	6.83	0.17	6.83	-0.67	0.17	0.28	A	0.17
Basento	926	5.91	0.21	6.14	-1.28	0.21	0.10	A	0.10
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	7.06	0.33	7.06	-0.74	0.17	0.43	B	0.43
Ischia-Vesuvio	928	5.91	0.21	5.91	-1.04	0.21	0.35	A	0.21
Calabria Tirrenica	929	7.29	0.17	7.29	-0.82	0.17	0.33	A	0.17
Calabria Ionica	930	6.60	0.17	6.60	-0.98	0.17	0.23	A	0.17
Canale d'Otranto	931	6.83	0.21	6.83	-0.63	0.21	0.22	A	0.21
Eolie-Patti	932	6.14	0.21	6.14	-1.21	0.21	0.25	A	0.21
Sicilia settentrionale	933	6.14	0.21	6.14	-1.39	0.21	0.20	A	0.20
Belice	934	6.14	0.21	6.14	-0.96	0.21	0.20	A	0.20
Iblei	935	7.29	0.12	7.29	-0.72	0.12	0.13	A	0.12
Etna	936	5.45	0.33	5.45	-1.63	0.33	0.57	A	0.33

Tab.5: Tabella dell'INGV dal Rapporto Conclusivo della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica (Aprile 2004).

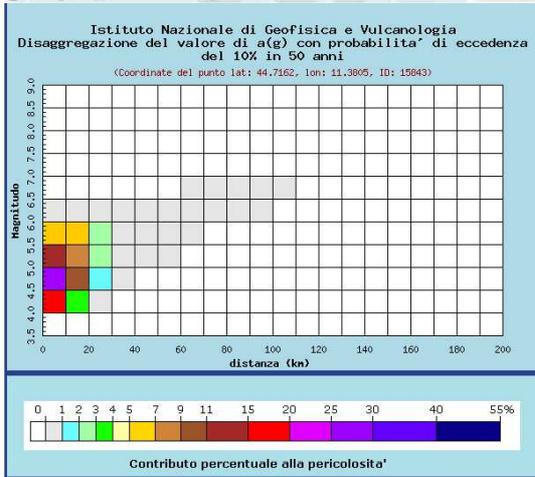
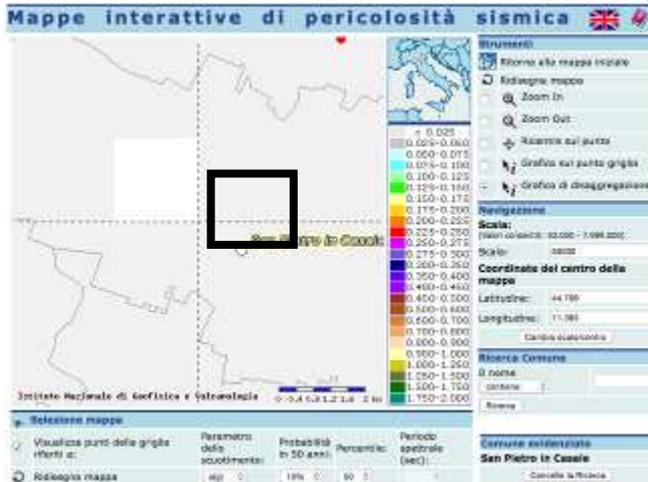
Tale valore è molto penalizzante per l'area in esame ma è comunque molto prossimo agli eventi di maggio- giugno 2012 dell'Alto Ferrarese- Bassa Modenese (Mw pari a circa 5,9 come riportato alla Fig. 14/10) e discende da una analisi statistico/probabilistica dei suddetti eventi sismici, analisi che tiene conto della loro magnitudo e distanza dall'area in esame (sono considerati solo gli eventi registrati nella cella 912). Si deve però certamente considerare che la scala di misura della magnitudo è logaritmica, quindi $M=6,14$ "mette in gioco" energie sismiche (in senso lato) molto maggiori della magnitudo, pari a 5,90 che ha caratterizzato l'evento "locale" del 2012 ed enorme maggiore di quella dell'evento del 1986 ($M_w=4,43$).

In realtà dalla di seguito riportata analisi di disaggregazione dei valori di M, relativa alle registrazioni storiche (di cui sopra) del territorio del Comune di San Pietro in Casale e valevole per l'area in esame (dell'intera Lottizzazione) si potrà notare come il valore atteso di M sia pari a 4,98 (in sostanza 5,00) con probabilità di accadimento compresa fra il 25 ed il 30%; eventi compresi fra 5,00 e 5,50 M hanno una probabilità di accadimento compresa fra l'11 ed il 15%; eventi compresi fra 5,50 e 6,00 M hanno una probabilità di accadimento compresa fra il 5 ed il 7% ed eventi maggiori di 6,00 hanno una probabilità di accadimento dell'1%; eventi compresi fra 4,00 e 5,50 M hanno una probabilità di accadimento compresa fra il 15 ed il 20%. (tali valori sono relativi alle Ml ed andranno riportati alle Mw, come verrà di seguito riportato). Le distanze epicentrali più probabili sono sino a 30 Km ma per percentuali molto basse si riscontrano episodi sino a 100 Km.

Si vuole ancora rimarcare come tale disaggregazione sia stata pesantemente superata dall'evento di maggio- giugno 2012 (anche per le aree del sisma erano infatti attese Magnitudo ampiamente inferiori al 5,9 in effetti registrato) e quindi andrà considerata come di pura segnalazione di quanto i metodi previsionali statistico probabilistici possano condurre a grossolane e pericolose sottostime. Si consideri ad esempio che tali metodi partono fra l'altro dal presupposto che non possa avvenire evento maggiore di quanto già registrato, dove stia il fondamento scientifico di tale assunzione, resta un mistero che si camuffa come una semplificazione che parrebbe non sormontabile ma che di certo è pericolosamente fuorviante.

Si ricorda ulteriormente come il territorio del Comune di San Pietro in Casale ha evidentemente registrato danni seppur di modesto rilievo/entità a carico di edifici pubblici e privati di varie tipologie, danni disposti sostanzialmente sull'intero territorio comunale, anche in presenza di accelerazioni molto ridotte rispetto a quelle epicentrali.

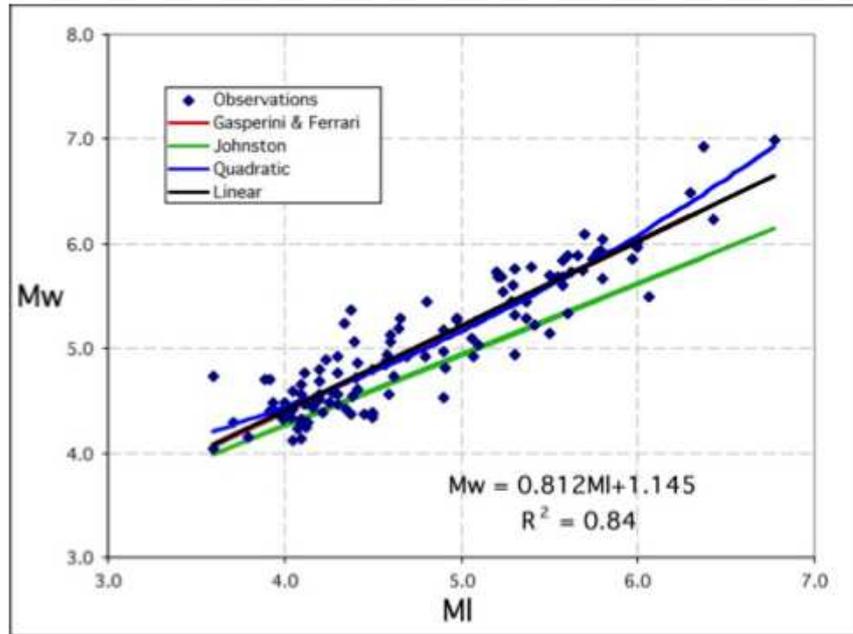
Si ricorda ulteriormente come alle Figg. 3, 4/2 e 4/3 alle quali si rimanda, si possa notare come l'area in esame si ubichi in prossimità di una complessa struttura sepolta caratterizzata dalla presenza di fagli sepolte e sovrascorrimenti post- Tortoniani. Queste strutture profonde sono normalmente sede di movimenti tettonici e quindi sismici, come ampiamente dimostrato.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.7162, lon: 11.3805, ID: 15843)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	15.000	26.200	13.700	6.150	0.693	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.860	10.300	8.990	6.280	0.912	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.200	1.420	2.320	2.280	0.369	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.034	0.398	0.646	0.099	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.029	0.187	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.980	9.670	0.726

Figg. 14/11: tabelle di disaggregazione dei valori di M per San Pietro in Casale/area in esame (tratte dal sito del Progetto DPC- INGV- S1). La Magnitudo riportata   la Magnitudo Locale M_L (Richter) da non confondersi con la Magnitudo Momento M_w . Le due scale misurano "oggetti" sostanzialmente diversi e sono quindi scarsamente comparabili. Il corrispondente valore di M_w pu  essere comunque inteso maggiore di 5, sulla base di correlazioni "qualitative" proposte da vari Autori. Per il caso in esame il valore di M sarebbe pari a 5,17. $M_w = 0,953M_L + 0,422$; $3,9 \leq M_L \leq 6,8$ (Yenier, Erdogan, Akkar- 2008), oppure 5,19: $M_w = 0,812M_L + 1,145$; (INGV, 2004). Come riportato alla seguente figura.



Regressione tra Mw e ML. In nero la legge empirica utilizzata in CPTI2. Per confronto sono anche riportate: i) la regressione quadratica (blu); ii) le regressioni lineari ricavate da Johnston (1996) per le regioni continentali stabili (verde) e da Gasperini e Ferrari (2000) per l'Italia (rosso).

Fig. 14/12: grafico di regressione MI- Mw tratto dal Rapporto Conclusivo della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica dell'INGV (Aprile 2004).

5. VALUTAZIONI CIRCA LA PERICOLOSITÀ CO- SISMICA LOCALE: SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEGLI ORIZZONTI SATURI GRANULARI

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 $Sa_g < 0,15 g$ 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 Nspt 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, intesa come area complessiva ("media") di lottizzazione il valore di $S^*_{a_g/g}$ (ancoraggio dello Spettro di Risposta in Accelerazione per lo SLV, si veda l'apposito paragrafo) è pari a 0,229 g (si veda il punto 3.3.7 della presente relazione: $a_g/g = 0,158$ g; $S = 1,450$ utilizzando la Categoria di suolo C della Tab. 3.2.II). Si dovranno quindi eseguire apposite verifiche numeriche specifiche. Ciò è confermato anche dal seguente stralcio dell'apposita cartografia del P.S.C. che, unitamente alle Fig. 13/9 e 13/10 in precedenza riportate ed alle quale si rimanda evidenziano senza tema di dubbio la necessità di approfondire con gli indispensabili studi locali (per ogni singolo lotti o per appositi gruppi di lotti) la tematica della liquefazione. Più oltre si riporteranno apposite indicazioni relative all'intera area di lottizzazione.

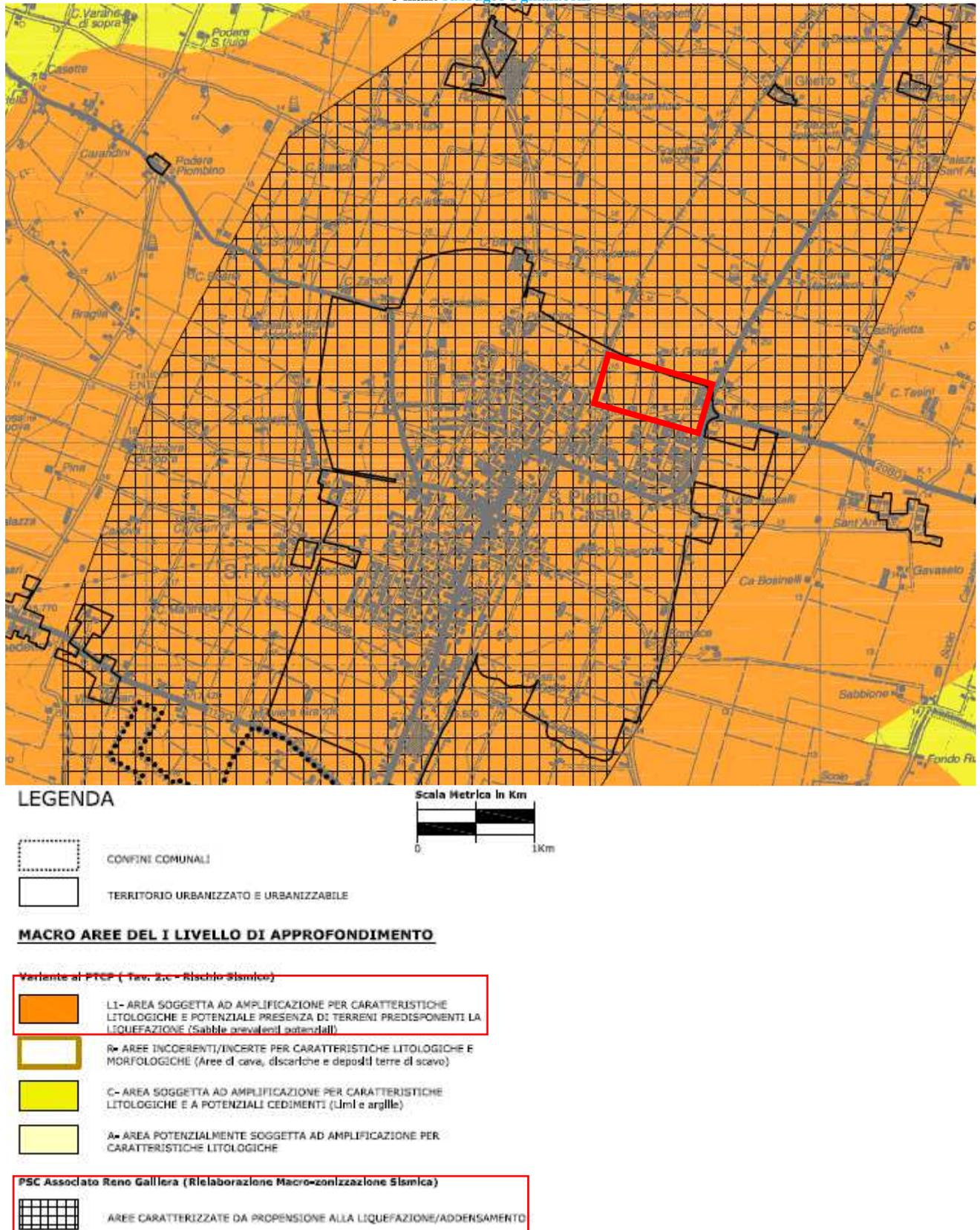


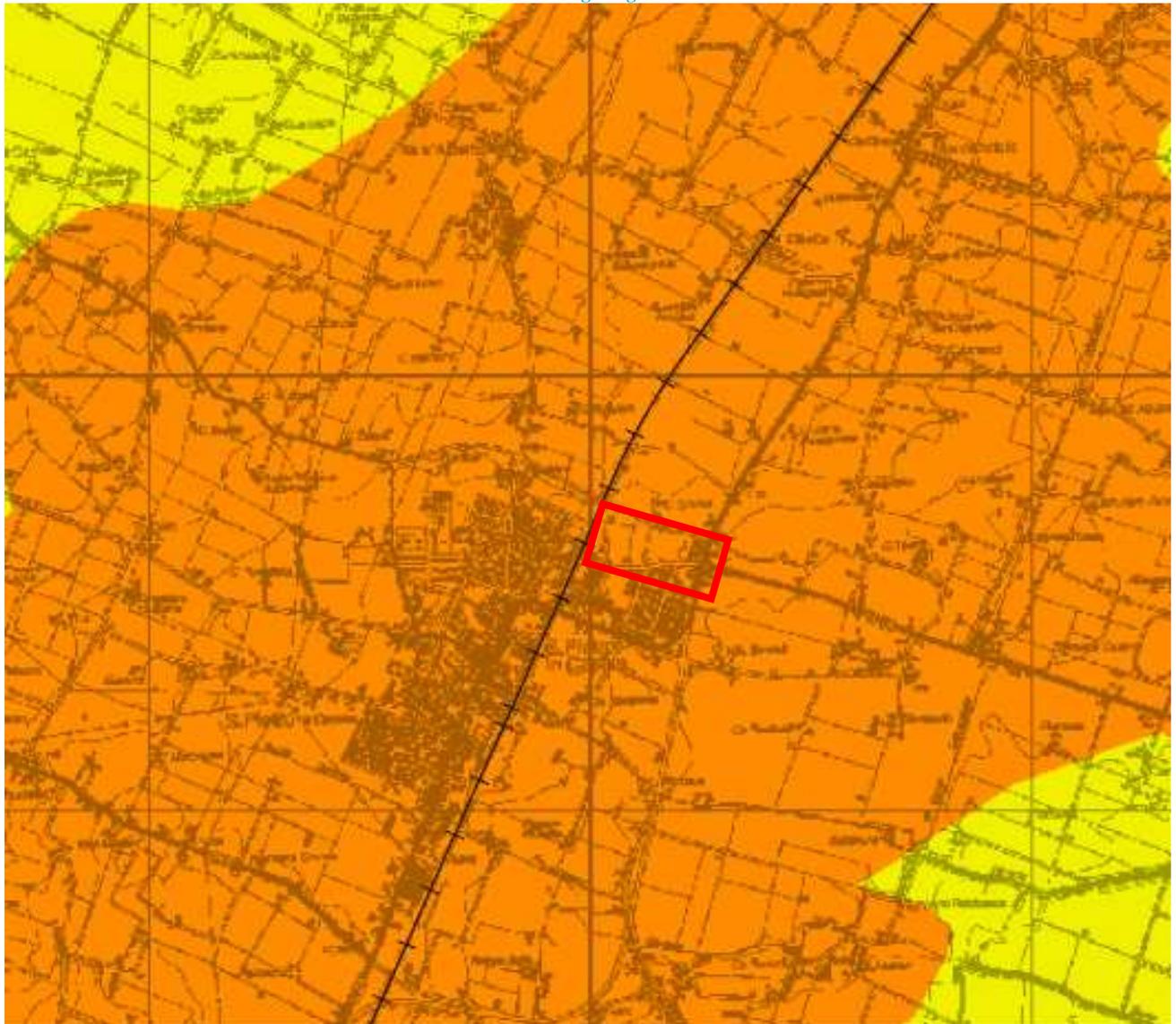
Fig. 15/1: stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. A: Pericolosità Sismica, Tavola Sovracomunale delle Aree Suscettibili di Effetti Locali del P.S.C. Reno, Galliera- Terre di Pianura.

Si è già ampiamente riportato (si veda ulteriormente la Sezione 10/3) come per l'area in esame si possano rilevare presenze granulari sature disposte in lenti/corpi festonati sostanzialmente annegate nella "matrice" argillosa localmente prevalente. La distribuzione di tali lenti (come già ampiamente descritto) è fortemente disomogenea sull'intera area di lottizzazione per cui si ritiene che la fase più corretta nella quale affrontare in maniera corretta tale problematica co- sismica sia quella della caratterizzazione diretta dei singoli lotti o di gruppi di lotti contigui. Allo stato attuale delle conoscenze si è anche in assenza dei dati granulometrici e di plasticità relativi alle deposizioni granulari locali.

Si è perciò a prescrivere che ogni singolo lotto, ovvero ogni gruppo di lotti attigui (eventualmente connessi alla stessa Proprietà e certamente allo stesso singolo intervento edilizio qualora coinvolga più lotti) sia appositamente indagato da indagini del tipo S.C.P.T.U./C.P.T.U. (maggiormente attendibili rispetto alle "normali" C.P.T. relativamente alla corretta definizione della problematica della liquefazione) e che tali indagini indirette siano accompagnate dall'esecuzione di apposito sondaggio (o sondaggi) stratigrafici nei quali raccogliere opportuni campioni di terreni (granulari) sui quali eseguire le apposite analisi di Laboratorio Geotecnico (Limiti di Atterberg, Granulometria- Aerometria, Fusi Liquefacibili ecc.).

Come in precedenza prescritto, oltre ad eseguire apposite ulteriori indagini geofisiche (puntuali o stendimenti) per ogni singolo lotto o gruppi di lotti da edificare (onde determinare con maggior precisione la categoria di suolo sismico puntuale), qualora si dovesse riscontrare, a seguito delle apposite verifiche numeriche, la propensione alla liquefazione dei vari orizzonti granulari, occorrerà eseguire appositi Studi di R.S.L. (come riportato dal DM/NTC).

Oltre alla già precedentemente riportata cartografia di P.S.C. si riporta anche l'ulteriore stralcio che, in conformità a quanto testè prescritto, ribadisce la necessità di eseguire studi di analisi sismica locale ed approfondita (la fase di Pianificazione li chiama di III Livello). Ciò è confermato anche dal P.T.C.P. della Provincia di Bologna che cartografa l'area in esame come ubicata su terreni potenzialmente liquefacibili (come riportato alla seguente figura) e specifica meglio le modalità di intervento (come più oltre riportato per le Aree L1).



- D - Fascia soggetta ad amplificazione e potenziali cedimenti differenziali
- FP - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
- F - Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
- QP - Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografi
- Q - Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
- P50 - Area potenzialmente instabile per scarpate con acclività > 50°
- L1 - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione
- L2 - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione
- G - Area potenzialmente instabile per presenza di cavità sotterranee
- R - Aree incoerenti/incerte per caratteristiche litologiche e morfologiche
- C - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti
- AP - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
- A - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
- P - Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche con acclività 30°-50°
- S - Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali

Fig. 15/2: Stralcio della Tav. 2C: Rischio Sismico, Carta delle aree suscettibili di effetti locali e Legenda. Scala Libera (tratta dall'apposito sito provinciale). L'area in esame è individuata come L1: potenzialmente soggetta ad amplificazione, ed è anche individuata la potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione.

Di seguito si riporta la parte dell'Art. 6.14 relativa alle zone L1, alla quale appartiene l'area in esame secondo la cartografia di cui sopra.

L1. - Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione

Sabbie prevalenti potenziali

Studi geologici con valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e verifica della presenza di caratteri predisponenti la liquefazione (approfondimenti preliminari di III livello nelle fasi di POC e/o di PUA).

Qualora gli esiti degli approfondimenti preliminari condotti in sede di pianificazione comunale confermino la presenza di terreni predisponenti la liquefazione si dovrà assumere come riferimento la successiva zona L2. In caso contrario, tali aree assumeranno le caratteristiche di zone A o C in funzione della pericolosità sismica locale effettivamente rilevata.

5.1 Considerazioni generali circa il fenomeno liquefativo:

Da quanto riportato in relazione, le singole verifiche dovranno essere condotte sulla base di indagini dirette localmente eseguite (come già più volte ribadito, per ogni singolo lotto o per "blocchi" di lotti), preferibilmente S.C.P.T.U./C.P.T.U.-E., adottando gli appositi Metodi di Verifica Semplificati e soprattutto adottando valori di $M_w = 6,14$, si consiglia altresì di ripetere le stesse verifiche anche per i valori di M_w localmente maggiormente attendibili (come da apposito studio di disaggregazione riportato anche alla presente relazione) e di riportare considerazioni circa il corrispondente. Valutando gli eventuali valori dell'ILP (Indice di Potenziale Liquefazione) in relazione al Rischio accettabile, agli spessori potenzialmente liquefacibili ed alle possibilità di mitigazione degli effetti (sostanzialmente cedimenti post- sismici che dovranno essere attentamente valutati nelle loro dimensioni) che potranno mettersi in opera all'atto della progettazione e realizzazione dei singoli interventi edilizi.

Si deve infatti considerare che il Rischio complessivo deriva (secondo quanto universalmente accettato, per esempio nelle nozioni di Protezione Civile e quindi, si deve desumere, anche di pianificazione, ad esempio legata a Studi di MS) dalla seguente equazione:

R = P X V X E, dove:

R= Rischio;

P= Pericolo o Pericolosità;

V= Vulnerabilità;

E= Esposizione.

La Pericolosità ovvero il Pericolo è legato al fenomeno, nel caso in questione al fenomeno co-sismico derivante dalla liquefazione degli orizzonti saturi granulari localmente rilevati.

La Vulnerabilità è connessa alle caratteristiche dell'edificio da realizzare e può essere controllata, nel senso che si può agire sulle fondazioni e sulle strutture in modo tale che subiscano il minor danno possibile qualora l'evento (liquefazione) avvenga.

L'Esposizione dipende dagli oggetti (Vite umane, Cose contenute dagli edifici ecc.).

Evidentemente qualsiasi termine dell'equazione può modificare enormemente il risultato complessivo avvicinando o meno questo risultato a termini che possano essere ritenuti (o meno) accettabili. Ciò però non è nelle possibilità (oneri) dello scrivente. Starà alle Committenze e/o ai Progettisti valutare il Rischio complessivo di ogni singolo intervento edificatorio da realizzarsi.

La Pericolosità locale (connessa al fenomeno) può quindi essere anche ulteriormente ridotta (qualora esista e se i Progettisti/le Committenze lo dovessero ritenere necessario). Si può ad esempio operare sui terreni granulari di fondazione potenzialmente liquefacibili. Pratiche discendenti dalle esperienze di ricostruzione del post sisma dell'Emilia del 2012 presentano metodi di intervento che consentono di operare in tal senso con risultati che possono essere considerati apprezzabili. Ad esempio si possono realizzare compattazioni dei terreni, si possono realizzare fondazioni profonde (pali), si possono eseguire/realizzare apposite iniezioni e/o drenaggi. Ogni eventuale intervento dovrà essere attentamente ed appositamente pensato, progettato, realizzato ed anche, molto importante, testato. Si consideri infatti che esperienze ve ne sono ma la casistica ancora non consente una progettazione scevra dal testare le performances degli interventi realizzati.

Resta poi da capire cosa si intenda, in Pianura Padana per "rischio" (in senso lato e diverso da quello sopra riportato- Rischio- e per riferirsi a ciò, più correttamente da sostituire col termine Pericolo/Pericolosità) da liquefazione, occorre tornare alle basi di applicabilità dei vari metodi di verifica (che non si sono toccati nella presente relazione), nella sostanza questi traggono origine da situazioni 2D dove sostanzialmente un letto sabbioso molto esteso è confinato verso l'alto da depositi argillosi o comunque non liquefacibili. Come ampiamente descritto l'area di Lottizzazione è invece caratterizzata da situazioni "3D", ove le lenti o i corpi festonati granulari cambiano dimensione, spessore, forma e profondità da luogo a luogo, in tali condizioni nessuno (Ricerca, Autori) ha sinora garantito l'applicabilità dei metodi di verifica attualmente disponibili. Ma anche riferendosi alle semplici e non riscontrabili in Pianura Padana situazioni 2D, se il "rischio"/Pericolo fosse insito in cedimenti che possono essere molto rilevanti, in relazione alle spessore dei depositi ed ai meccanismi di veicolazione laterale nelle sabbie e non confinati da "accidenti" stratigrafici quali brusche terminazioni frangiate verso le argille; in tali casi la bibliografia tecnica di riferimento riporta episodi

drammatici di perdite di piano o di tilting (rigido, in dipendenza delle caratteristiche degli edifici) di interi edifici. Durante l'evento sismico dell'Emilia del 2012, non si è però registrato niente di tutto ciò, si è invece assistito a fuoriuscite di liquidi costituiti da sabbie ed acqua, da pozzi o da fratture nel terreno che hanno intasato vani più o meno interrati e/o riempito superfici varie, anche con fenomeni di risalita fluida particolarmente difficili da spiegare. Relativamente ai cedimenti, anche nei luoghi di maggior evidenza del fenomeno (San Carlo, Sant'Agostino ecc.) non si è assistito a cedimenti particolari, se non in casi particolari. In sostanza cedimenti centimetrici e/o cedimenti differenziali particolari hanno interessato solamente pochi edifici. Cosa ci si deve quindi attendere? Infatti Se il "rischio"/Pericolo dovesse ricondursi solamente alla messa in posto di qualche metro cubo di sabbia e/o altri fluidi occorrerà considerare una adeguata protezione anche nei confronti degli impianti tecnologici che saranno ospitati nei vari edifici da realizzarsi e/o di quant'altro contenuto e passibile di danneggiamento, ma nel complesso ciò appare come una situazione sostanzialmente accettabile. La domanda resta in sospeso: cosa ci si deve attendere? (ad oggi nessuna risposta attendibile da parte della Ricerca!).

Oltre a quanto già considerato, si si prescrive di non realizzare alcun pozzo freatico e/o artesiano negli immediati pressi dei lotti ubicati nei pressi delle deposizioni granulari dell'area in esame. Purtroppo allo stato attuale delle conoscenze non si ha la possibilità di prevedere l'insorgenza di aperture nei terreni (dalle quali come detto possono sgorgare fluidi derivanti da liquefazione).

6. CONCLUSIONI

Nei limiti delle indagini eseguite (limiti ampiamente esplicitati in relazione), la presente relazione ha descritto i caratteri afferenti alla Scienza della Terra/Geologia caratteristici dell'area di Lottizzazione in esame (e di un suo significativo intorno), che influenzano/condizionano la possibilità di realizzare l'intervento urbanistico complessivo ed i singoli interventi edificatori (che dovranno comunque essere singolarmente ed attentamente considerati, indagati e progettati). Tali condizioni sono state esplicitate e comunque non impediscono in nessun modo la realizzazione dell'intervento complessivo di urbanizzazione e/o dei singoli interventi edificatori. In relazione si sono riportate anche raccomandazioni/suggerimenti atti a superare i fattori geologici condizionanti gli interventi citati nonchè limiti (di cui sopra) delle indagini realizzate.

Dott. Geol. Raffaele Brunaldi
Via A. Da Brescia 11, 44011 Argenta (FE)
Tel. e fax: 0532852858, cell.:3355373693
e-mail: rabrugeo@gmail.com

Argenta, lì 01/09/2017

Geologo Raffaele Brunaldi

