

COMUNE DI CARPI

Provincia di Modena

Oggetto

PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA DENOMINATO B_bis 5 POSTO IN CARPI, VIA DUE PONTI

Relazione

REL. 7 - RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA SISMICA

Progettisti

Geom. Nicola Mistrorigo
Viale Trento e Trieste, 26 - 41124 Modena (Mo)

Arch. Federica Gozzi
Viale della Cittadella, 41/1 - 41123 Modena (Mo)

TIMBRO E FIRMA

Proprietà

Martinelli Costantino
Martinelli Anna Maria
Martinelli Carolina
Arca Immobiliare S.R.L.
Barbieri Olivo
Barbieri Emilia

FIRMA

Collaboratori

SPAZIO RISERVATO
UFFICIO TECNICO COMUNALE

Scala

Data Settembre 2023

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI CARPI

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA

ai sensi del DM del 11/03/1988; Circolare Ministero LL PP del 24/09/1988 n. 30483; DPR 554/1999; DPR 328/2001;
OPCM n. 3274 del 20/03/2003; DGR RER n. 1677 del 24/10/2005; DGR 2193/2015;
DM 17/01/2018 Norme Tecniche per le costruzioni;

Progetto

PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA P.P.I.P. DUE PONTI

Localita'

CARPI - VIA DUE PONTI/VIA CALIUMI

Committente

MARTINELLI/BARBIERI

Tecnico incaricato

DOTT. GEOL. CLAUDIO PRECI

Data

GENNAIO 2019

Studio Preci
Geologia, Geotecnica, Geofisica, Idrogeologia, Ambiente
Via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena
Tel: 059.823020 - Cell: 3398264394
e-mail: precigeo@virgilio.it

INDICE

1. Premessa.....	2
2. Modellazione geologica del sito.....	5
3. Metodologia d'indagine delle prove in sito.....	13
3.1 Indagini geognostiche - Prove penetrometriche statiche CPT.....	13
3.2 Indagine geofisica - Misura del microtremore sismico.....	15
4. Modellazione geotecnica del volume significativo di terreno.....	15
5. Modellazione sismica e pericolosità sismica di base del sito.....	18
5.1 Suscettibilità alla liquefazione dei terreni incoerenti.....	25
5.2 Misura del microtremore sismico.....	28
5.3 Azione Sismica.....	34
6. Considerazioni conclusive.....	38
Allegato A - Elaborati delle indagini geognostiche.....	40

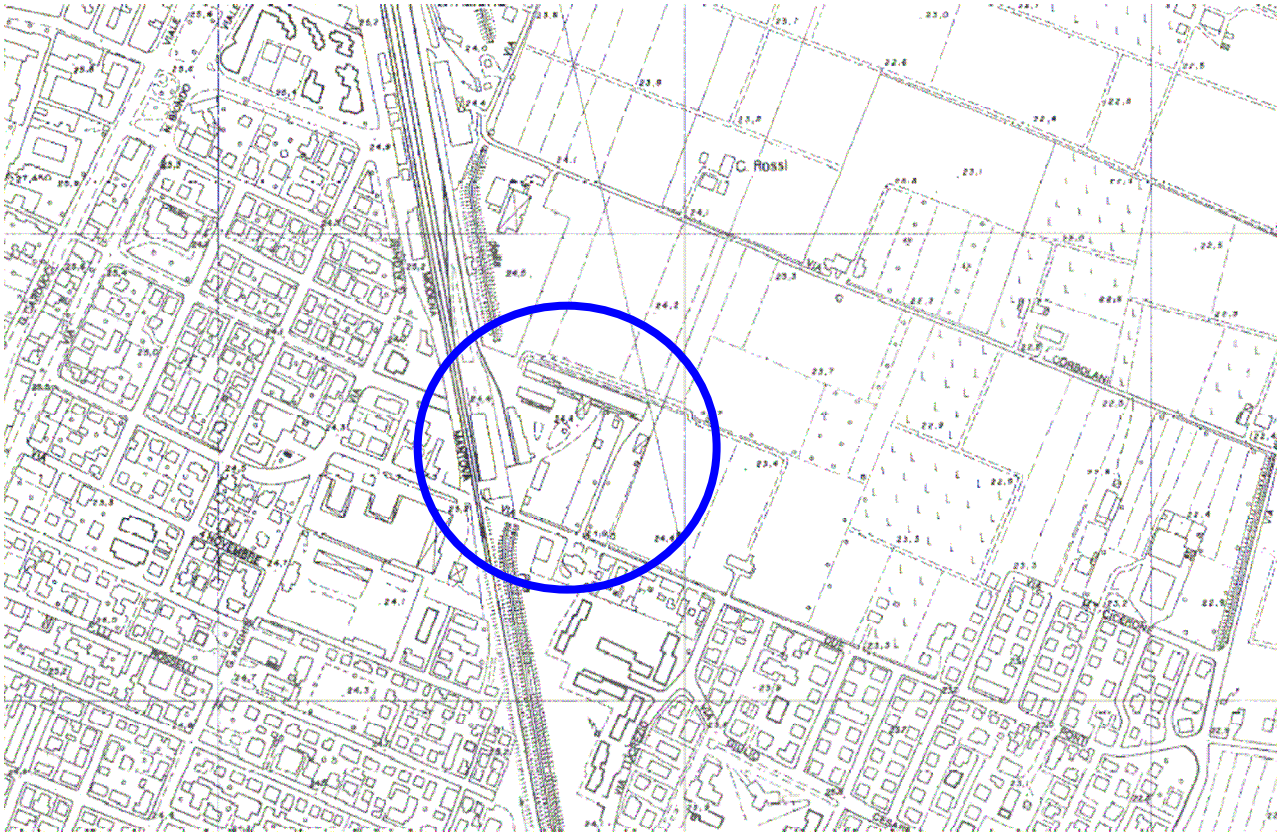
1. Premessa

La presente relazione è stata eseguita per conto della committenza al fine di verificare le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di un'area del Comune di Carpi, interessata da un Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata.

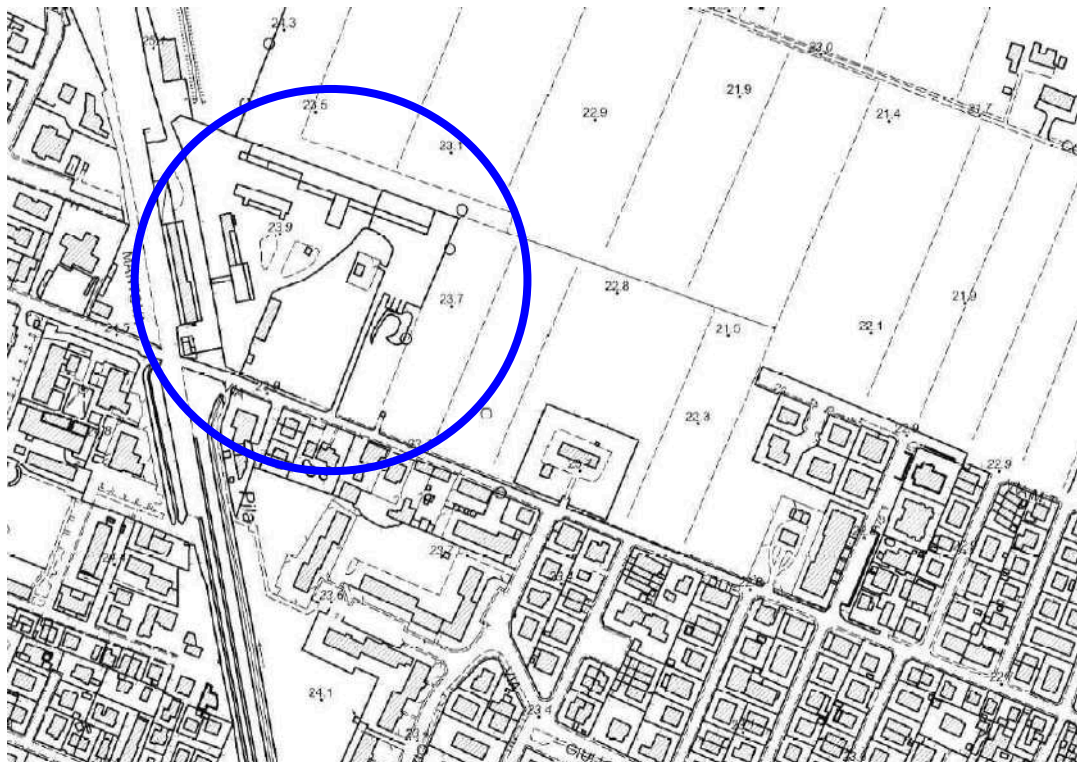


Secondo il DM 17/01/2018 Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. Nella presente relazione vengono riportate la modellazione geologica e sismica dell'area in oggetto e la modellazione geotecnica sulle indagini geognostiche eseguite in sito. Le indagini geognostiche e la presente relazione sono conformi a quanto disposto nelle normative seguenti:

- AGI Associazione Geotecnica Italiana "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" (1977);
- DM del 11/03/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni ecc.";
- Circolare Ministero LL PP del 24/09/1988 n. 30483;
- DPR 554/1999;
- DPR 328/2001;
- OPCM n. 3274 del 20/03/2003;
- Delibera di Giunta Regionale DGR RER n. 1677 del 24/10/2005;
- Delibera di Giunta Regionale DGR RER n. 2193 del 21/12/2015;
- DM 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni (Testo aggiornato delle NTC; sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008).



L'area oggetto d'indagine è ubicata nel nucleo urbano di Carpi, nel quartiere Due Ponti a est del centro storico ed è compresa tra via Due Ponti, via Caliumi e l'asse ferroviario Modena-Verona, a una quota media di 24 m slm. Nell'archivio cartografico della Regione Emilia Romagna è rappresentata nella Carta Topografica a scala 1:25'000 nella Tavola 201 NE "Carpi" e nei CTR a scala 1:5'000 nell'elemento n. 201031 "Carpi Est". Inoltre è censita nell'archivio NCT comunale nel foglio n. 123.

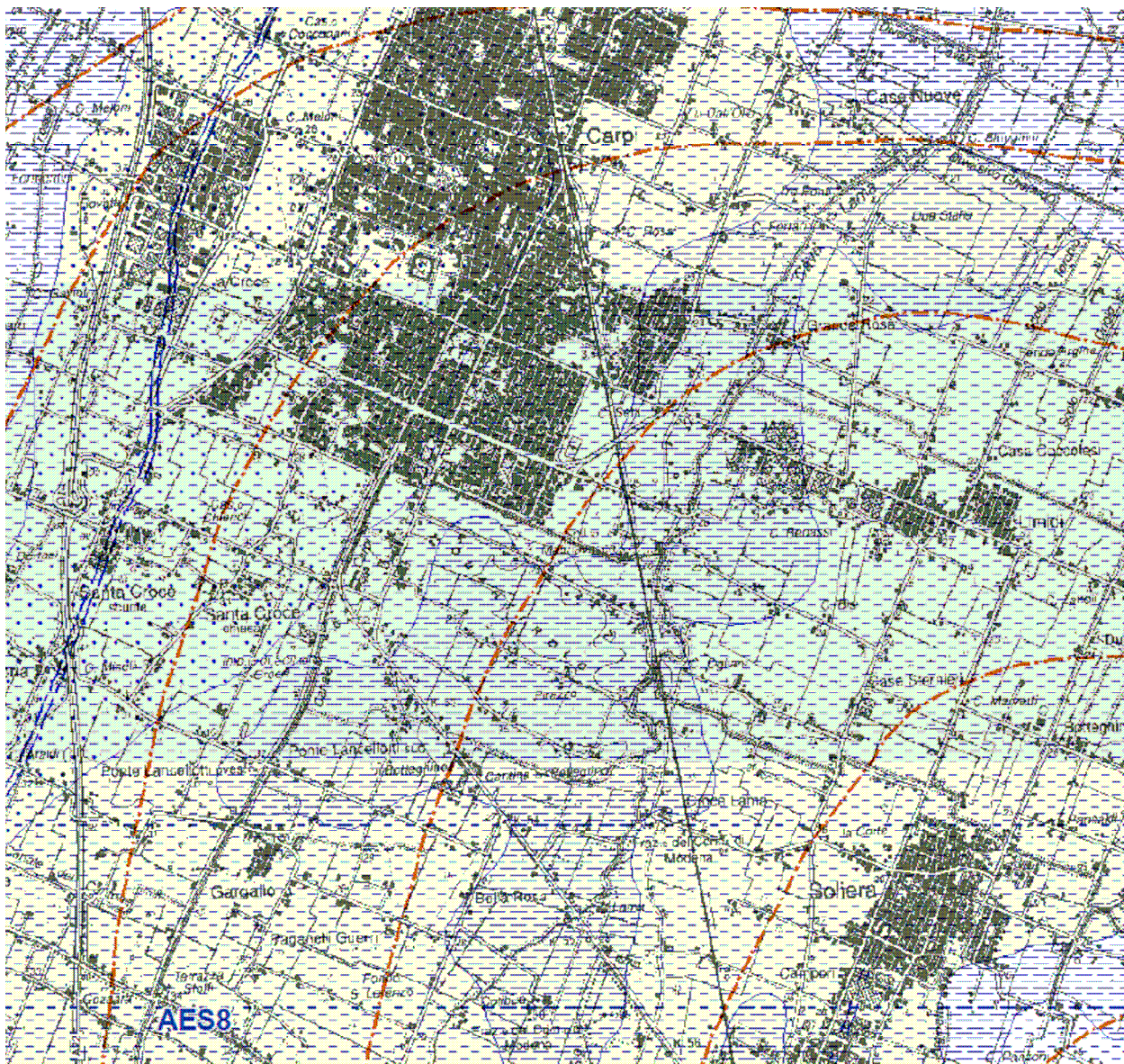




2. Modellazione geologica del sito

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

La Pianura Padana nel suo complesso costituisce un grande bacino sedimentario che, sin dal mesozoico, è stato caratterizzato da una notevole subsidenza con grande accumulo di sedimenti, raggiungendo i massimi apporti nel pliocene e nel quaternario, prima con sedimentazione marina e successivamente, dal pleistocene medio, con sedimentazione continentale. La messa in posto depositi più antichi è riconducibile all'idrodinamica fluviale determinata dall'alternarsi di fasi erosive e deposizionali, causate dalle variazioni climatiche che si sono succedute nel tempo ed in particolare del periodo interglaciale pre-Wurm (pleistocene superiore). Periodi umidi hanno portato alla deposizione dei sedimenti e alla messa in posto delle unità, periodi di minor piovosità hanno portato all'alterazione dei depositi con conseguente formazione dei suoli e all'erosione delle unità determinando la formazione di scarpate e incisioni fluviali.



dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel 059/823020 - cell 339/8264394 - e-mail precigeo@virgilio.it

== traccia di alveo fluviale abbandonato
certa

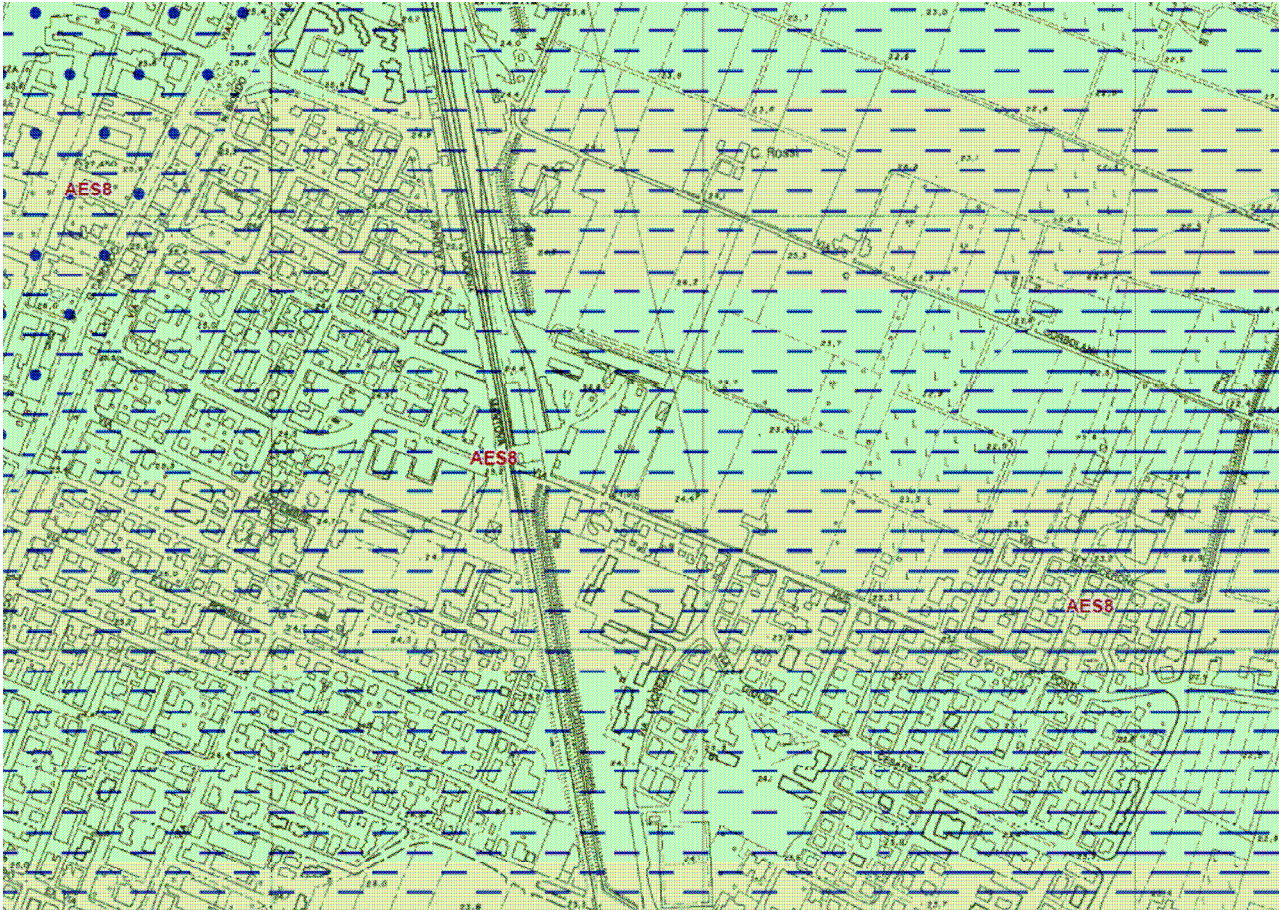
== traccia di alveo fluviale abbandonato
incerta

— ventaglio di esondazione certo

▲ sovrascorrimento profondo post-
tortoniano dedotto

AES8 - Sistema emiliano-romagnolo
superiore - Subsistema di Ravenna

AES8a - Sistema emiliano-romagnolo
superiore - Subsistema di Ravenna - unità
di Modena



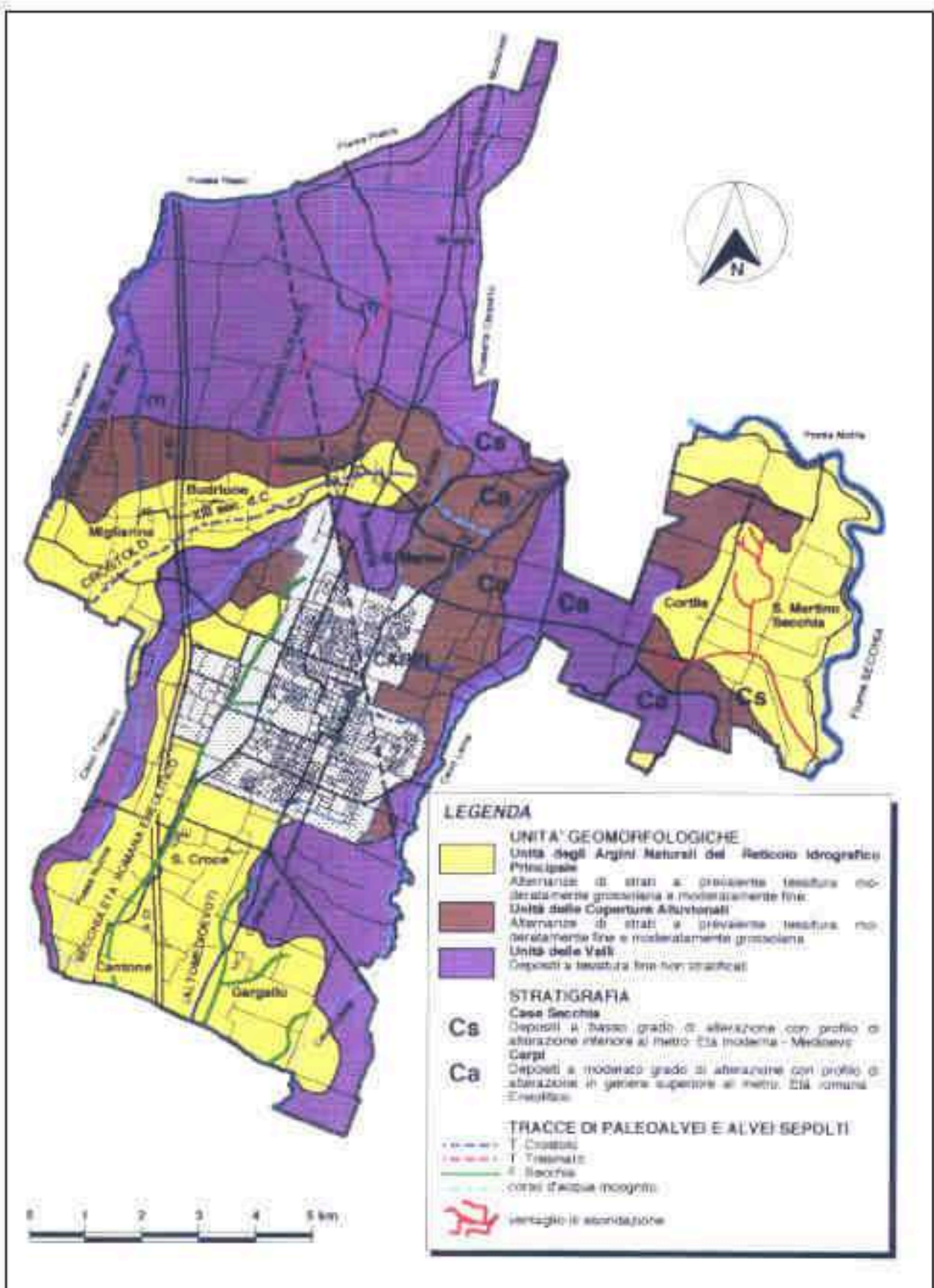
All'interno della pianura alluvionale sono state distinte, sulla base di sequenze litostratigrafiche tipiche, due macro-ambienti deposizionali: la piana pedemontana, contraddistinta da depositi a sequenze prevalentemente grossolane e la piana alluvionale vera e propria, caratterizzata da sequenze generalmente fini con litotipi limo-argillosi e limo-sabbiosi prevalenti. Questo tipo di pianura presenta una crescita di tipo verticale, dovuta prevalentemente a processi di tracimazione e rotta fluviale che hanno portato alla deposizione di strati suborizzontali a geometria lenticolare, riferibili a singoli eventi alluvionali.

In particolare l'area in esame è ubicata su depositi alluvionali del ciclo quaternario continentale, attribuibili al Subsistema di Ravenna (AES8) e Unità di Modena (AES8a).

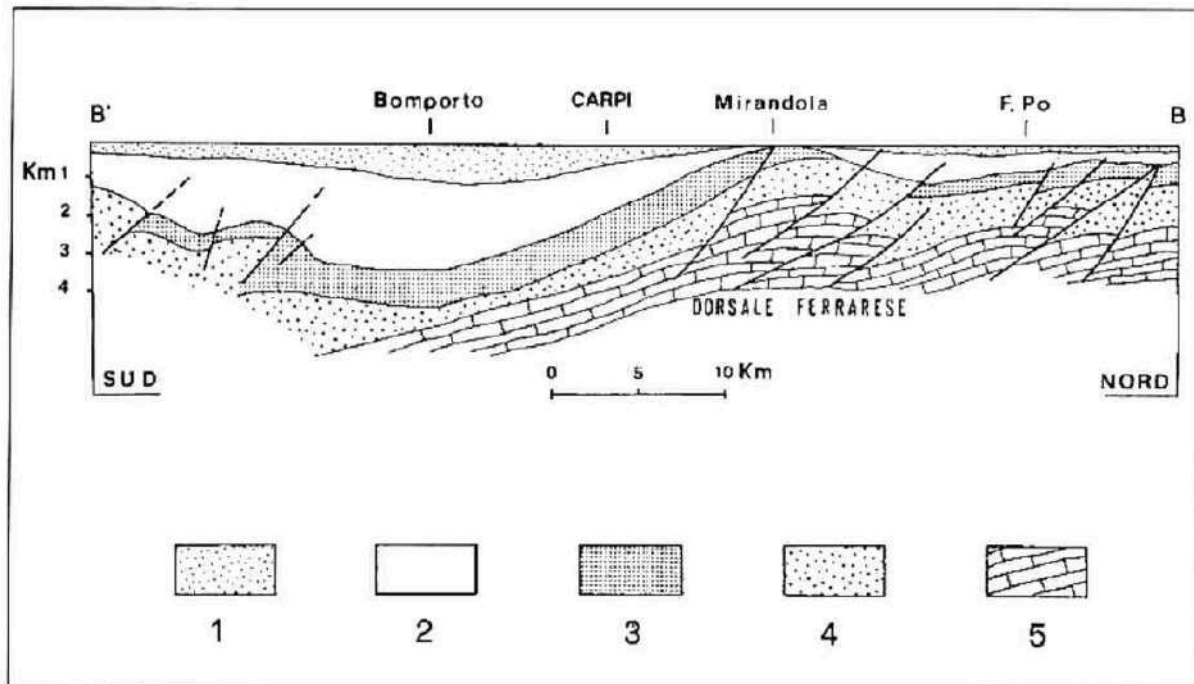
Subsistema di Ravenna - AES8 (quaternario): depositi continentali ghiaioso-sabbiosi o limosi nei terrazzi fluviali, copertura limosa e argillosa alla base dei versanti. Al tetto suoli e paleosuoli alterati. Il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.

Unità di Modena - AES8a (olocene recente): depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

L'attuale aspetto della media pianura appare essere in diretta dipendenza dell'evoluzione dovuta a variazioni di corso subite dai fiumi Po, Secchia e dai loro affluenti e mostra una morfologia formata da diverse zone relativamente depresse o rilevate, dipendenti probabilmente da processi di costipamento differenziale nei terreni più prossimi alla superficie,



Dal punto di vista strutturale, il substrato profondo di questa parte della pianura alluvionale è caratterizzata da strutture tettoniche con asse parallelo alla catena appenninica, che ne rappresentano la continuazione sepolta. Le recenti ricerche avviate dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, sintetizzate nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna” (2004), hanno messo in evidenza gli elementi strutturali del territorio, riconosciuti sulla base di dati morfologici e geologici. La fascia di alta pianura si inserisce in un contesto geodinamico caratterizzato da una tettonica a stile compressivo, che ha determinato un generale raccorciamento del margine appenninico e dell’edificio padano. Tale raccorciamento si è prodotto attraverso due importanti fasci paralleli di strutture di embricazione sepolte aventi direzione NW-SE e vergenza verso NE, le cui superfici di distacco interessano la copertura mesozoica e terziaria. Il fascio più settentrionale, denominato Fronte di accavallamento esterno (External Thrust Front = ETF), appartiene all’arco delle “Pieghie Emiliane e Ferraresi” che costituiscono il fronte della catena appenninica, sepolto dai sedimenti quaternari padani, che circa all’altezza del Po sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta. Partendo dal margine appenninico, dove affiorano le formazioni argillose di età pliocenica, procedendo verso NE, si ha un rapido abbassamento dei terreni marini del substrato: all’altezza della Via Emilia la base del Pliocene è posta a profondità che può raggiungere i -3000 m, mentre quella del Quaternario i -1500 m.



1. depositi alluvionali.
2. sedimenti marini, Pliocene sup – Quaternario
3. sedimenti marini, Pliocene inf.
4. sedimenti marini, Paleogene – Miocene
5. formazioni calcaree marine del Mesozoico

A nord di questa zona, separata da una faglia diretta longitudinale, si sviluppa la vasta struttura sinclinale di Reggio Emilia-Bologna, che costituisce una delle più profonde depressioni della Pianura Padana: nell’area di Bompporto la base delle unità plioceniche è posta alla profondità di -6000 m, mentre quella delle unità quaternarie a -2000 m. Il fianco nord della sinclinale si sviluppa sino alla zona di Concordia, Mirandola e S. Felice sul Panaro, determinando un progressivo innalzamento fino a costituire una struttura notevolmente sollevata denominata Dorsale Ferrarese. Questa dorsale, il cui asse si sviluppa lungo la linea S. Felice sul Panaro,

Mirandola, Concordia e Novi, è costituita da una serie di pieghe associate a faglie e determina il sollevamento del substrato marino miocenico, sottostante la copertura quaternaria, anche a -80 metri dalla superficie topografica. Altre strutture positive, che accompagnano la dorsale principale, si riscontrano nella zona di Quarantoli e presso Sermide, nel mantovano. In generale il substrato marino di età pliocenica e plio-pleistocenica, è interessato da un complicato reticolato di faglie e tutta quest'area costituisce uno degli alti strutturali più elevati della zona assiale della Pianura Padana. La coltre alluvionale di copertura risente anch'essa della situazione profonda, sia per il suo spessore notevolmente variabile, sia per gli effetti di movimenti neotettonici.

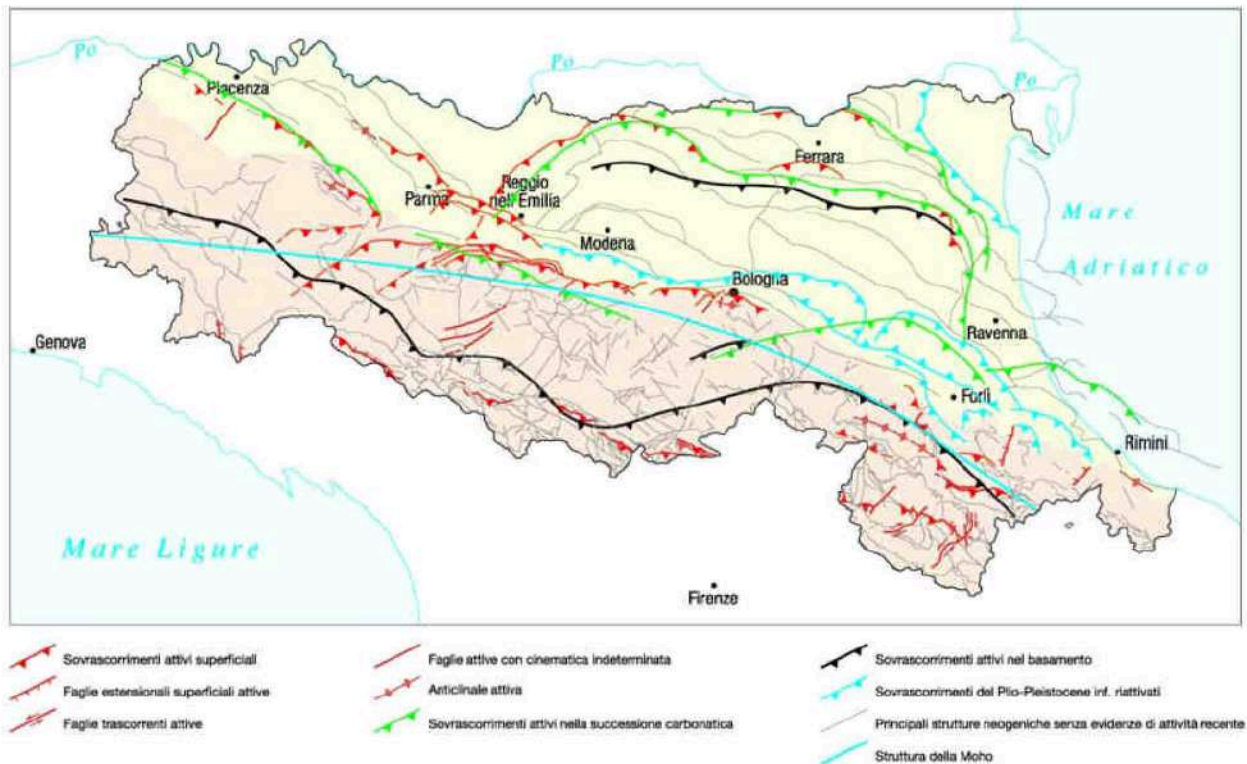


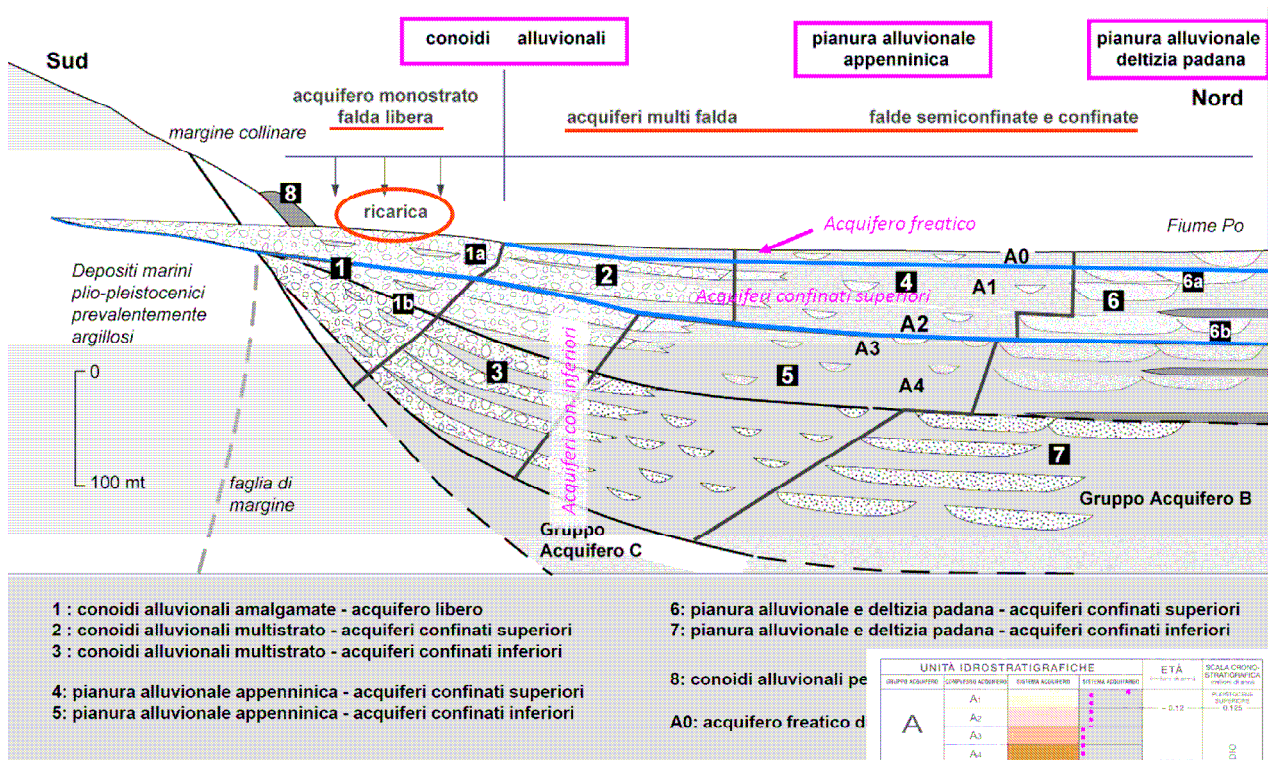
Figura 1 - Attività neotettonica in Emilia-Romagna (da: "Note illustrative - Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna" - Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna - 2004)

Anche questo fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni corsi d'acqua appenninici, che delimitano settori a diverso comportamento tettonico-sedimentario. L'attività recente ed attuale di tale struttura si manifesta nella morfologia, determinando il tilting di paleosuperfici (sia verso la pianura che verso i rilievi) e modificazioni sull'andamento idrografico locale. Infatti durante il sollevamento tettonico, mentre i corsi d'acqua principali mantengono il loro andamento originario, mostrando quindi relazioni di antecedenza rispetto all'anticlinale, i corsi d'acqua minori sono notevolmente influenzati dalla crescita dell'anticlinale. Di conseguenza tali corsi d'acqua subiscono talvolta deflessioni, mentre in altri casi si osserva una inversione di drenaggio locale, con piccoli torrenti costretti a scorrere verso sud prima di essere catturati dal corso d'acqua principale.

In "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" (RER), si definisce Unità Idrostratigrafico-Sequenziale (UIS) una particolare sottoclasse di Unità Idrostratigrafiche i cui componenti sono costituiti da una o più Sequenze Deposizionali (cf. Bottino et Al., 1994) e sono comprensivi di un livello geologico basale, scarsamente permeabile (acquitardo) o impermeabile (acquicludo), arealmente continuo (la continuità areale va intesa in senso geologico e non letterale).

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE				
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO			
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	UNITS DI CA' DI SOLA	SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A1			
	DILUVIUM p.p.						SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	A2		
								FORMAZIONE FLUVIO - LAOUSTRE	A3	
									A4	
FORMAZIONE DI CLAMATTELLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	B	B1					
UNITA' DI VILLA DEL BOSCO					B2					
UNITA' DI BORGO PANIGALE	CHIZZANTE DI FOSCOLO				B3					
					B4					
QUATERNARIO MARINO	MILAZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p.	SUPER SISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	~0.65	PLEISTOCENE INFERIORE	C	C1			
	SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.						C2			
	MILAZIANO e CALABRIANO p.p.						SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	~0.8	0.89	C3
	SABBIE di CASTELVETRO p.p.									C4
	SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.						SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	~1.0	1.72	C5
CALABRIANO p.p.	SUPER SISTEMA DEL PLOCENE MEDIO-SUPERIORE	~2.2	3.55	ACQUITARDI BASALE						
CALABRIANO p.p.	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	~3.3-3.6	FLIOCENE MEDIO - SUPERIORE							
P ₂	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	~3.9	FLIOCENE INFERIORE MIOCENE							

Una UIS è un corpo geologico complesso, formato da gruppi di strati con geometrie e caratteri petrofisici variabili ma depositi in ambienti sedimentari contigui ed in continuità di sedimentazione: le superfici di strato possono toccare ma non intersecare i limiti di una UIS. Le Unità Idrostratigrafiche che si distinguono nella pianura emiliana, derivano dalle suddivisioni effettuate tra le unità stratigrafiche esistenti.



La differenziazione gerarchica si basa sul volume complessivo di acquiferi utili e su spessore, continuità ed estensione areale del livello acquitardo o impermeabile di ciascuna Unità. Viene definito Acquitardo Basale l'insieme delle Unità complessivamente impermeabili, che, estendendosi nel sottosuolo della pianura ed affiorando sul Margine Appenninico Padano, costituiscono il limite della circolazione idrica sotterranea. Tra le varie unità litostratigrafiche che lo compongono, le principali sono la Formazione plio-pleistocenica delle Argille Azzurre e le peliti dei Pliocene intrappenninico.

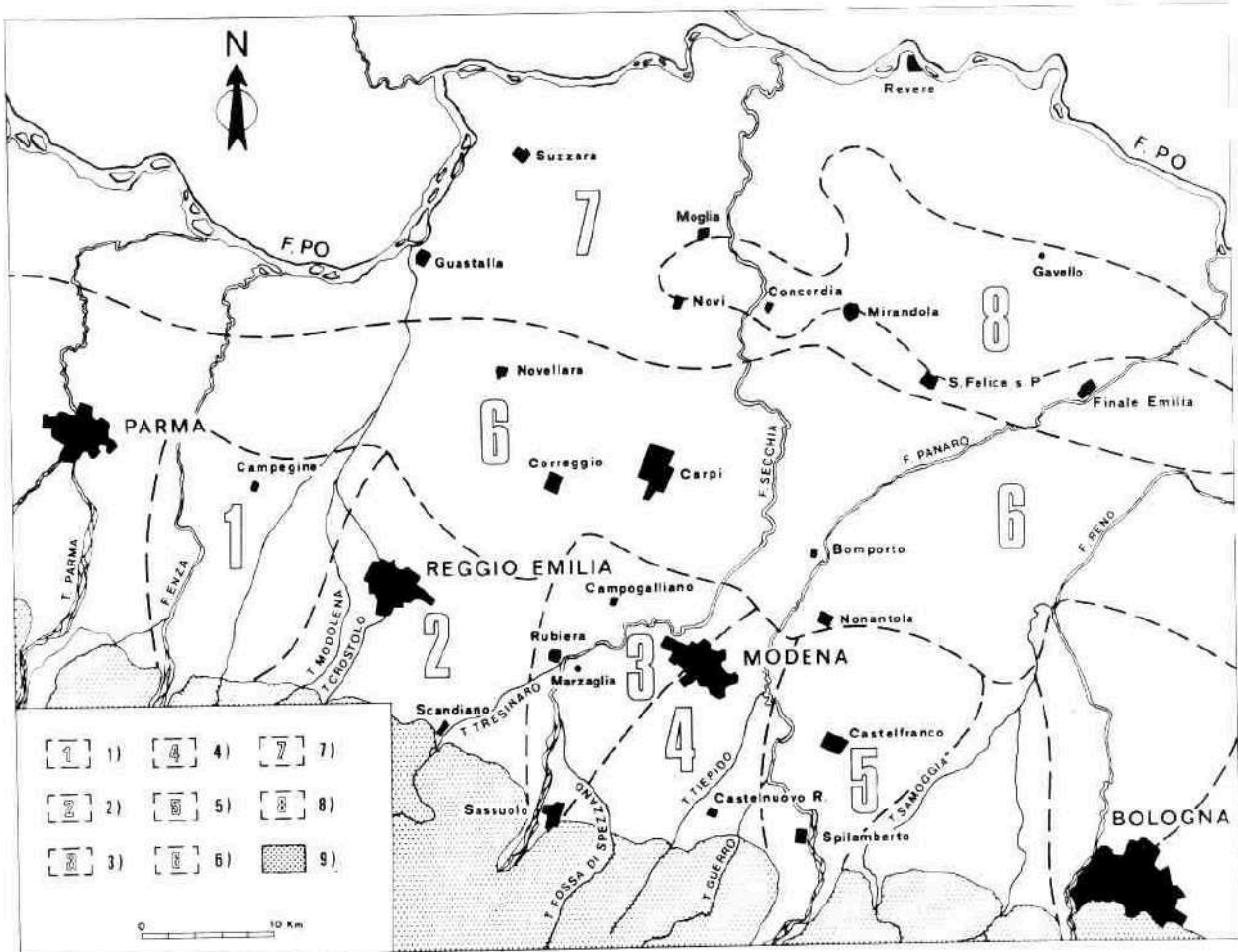


Fig. 1 - Carta indice dell'area studiata. Legenda: 1) conoide del F. Enza; 2) conoidi dei torrenti minori tra il F. Enza e il F. Secchia; 3) conoide del F. Secchia; 4) conoidi dei torrenti minori tra il F. Secchia e il F. Panaro; 5) conoide del F. Panaro; 6) settore di media pianura; 7) settore di bassa pianura con falde acquifere alimentate dal F. Po; 8) idem, con acque ad elevato contenuto alogenico, connesse con la struttura sepolta della «Dorsale ferrarese»; 9) margine collinare: affioramenti di formazioni marine prevalentemente argillose di età pleistocenica e pre-pleistocenica.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, il territorio circostante l'area in esame è posto al limite tra l'unità idrogeologica della media pianura, costituita dai livelli sabbiosi dei corpi acquiferi principali e della bassa pianura, costituita dai depositi alluvionali del fiume Po con spessi corpi sabbiosi intercalati a lenti limo-argillose. L'acquifero presenta un sistema monostrato compartimentato, con spessori che raggiungono i 750 m, dove la connessione idraulica tra falda e corsi d'acqua è resa possibile da un contatto quasi continuo tra le sabbie dell'acquifero e l'alveo, posto a quote più basse delle coperture superficiali caratterizzate da ridotti valori di permeabilità. La maggior parte del territorio appartiene al sistema acquifero individuato con la prima unità idrogeologica, in cui si può distinguere tra le falde freatiche, presenti nei primi 30-40 m e quelle più profonde in pressione, nelle quali le caratteristiche idrogeologiche sono diverse. Normalmente le acque superficiali non presentano una caratterizzazione idrochimica individuabile e i valori sono notevolmente variabili e legati a

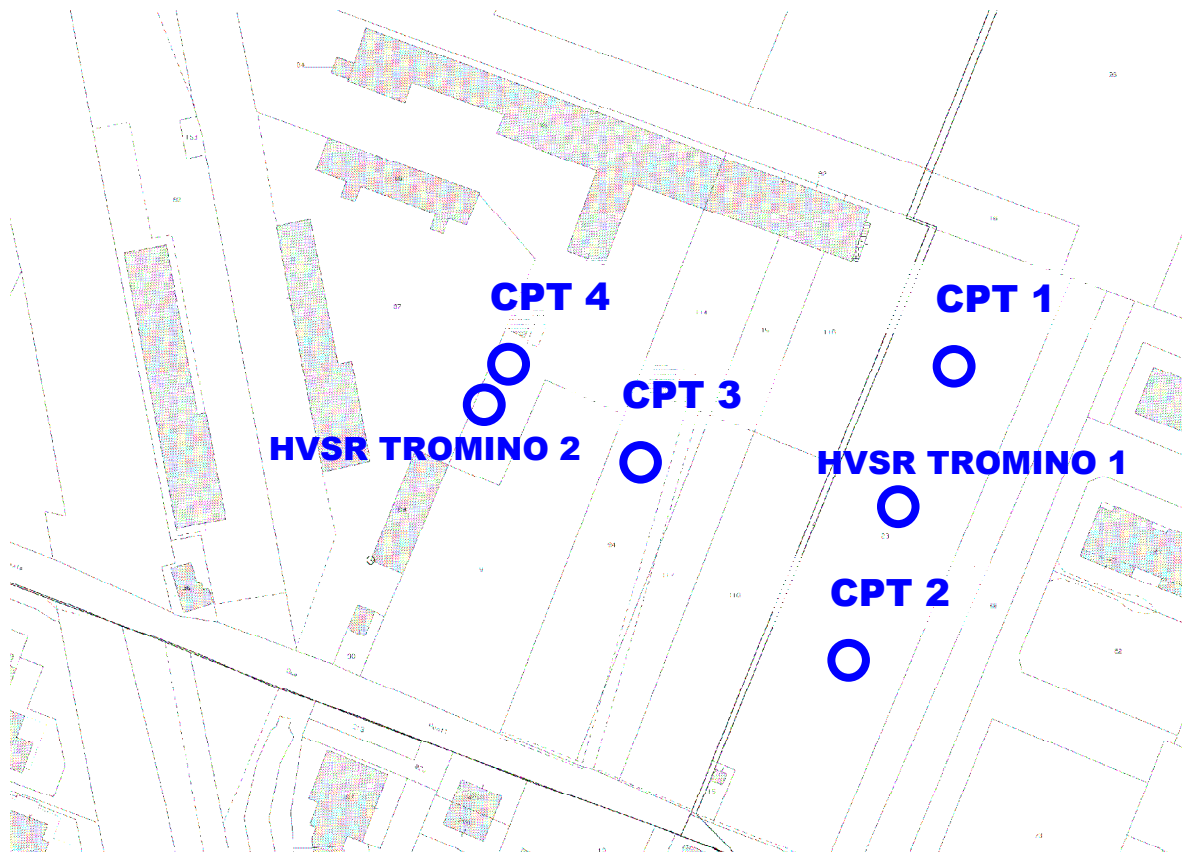
situazioni idrogeologiche locali e ai tempi brevi di ricambio e permanenza nel suolo. La loro alimentazione deriva dagli apporti meteorici e dalle infiltrazioni dalla rete idrica superficiale e per questo la loro qualità ai fini idropotabili è generalmente scarsa. Le falde più profonde risentono della risalita di acque salmastre e fortemente mineralizzate, associate alla presenza della Dorsale Ferrarese. Il livello medio della falda è controllato da quello del fiume Po, pensile rispetto al piano campagna, che alimenta le falde con cicli di ricarica-discarda sulle sponde conseguenti alle variazioni delle quote idrometriche. Gli elementi idraulici più importanti presenti nel territorio sono il Fiume Po, i torrenti Tresinaro e Crostolo, il Canale di Migliarina, la Fossa Nuova, il Canale della Gusmea e il collettore principale della rete di bonifica delle Acque Basse Reggiane. Questi corsi d'acqua ricadono nel comprensorio della bonifica Parmigiana Moglia Secchia che ne stabilisce, a seconda delle esigenze stagionali, la regimazione idraulica.

3. Metodologia d'indagine delle prove in sito

L'indagine geognostica di campagna per la caratterizzazione dei terreni è stata eseguita il giorno 04/12/2018 all'interno dell'area interessata dall'intervento in progetto, mediante n. 4 prove penetrometriche statiche CPT che hanno raggiunto la profondità massima di -20 m circa rispetto all'attuale piano campagna.

Il livello della prima falda libera superficiale, per risalita nei fori di prova, si attesta a una profondità variabile tra -2.40 m e 2.60 m dal piano campagna.

Inoltre sono state eseguite nel sito n. 2 indagini geofisiche, basata sulla registrazione del microtremore sismico con strumentazione TROMINO, per misurare la frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, valutare i possibili effetti sismici di sito e definire l'andamento della Vs, come richiesto dalle normative vigenti.



3.1 Indagini geognostiche - Prove penetrometriche statiche CPT

Per l'esecuzione dell'indagine di campagna si è utilizzato un penetrometro statico PAGANI TG63, attrezzato con punta meccanica Begemann (punta conica standard \varnothing 3.57 cm e angolo d'apertura 60° , con manicotto mobile di 150 cm^2 , infissa nel terreno ad una velocità costante di 2 cm/sec).

I dati acquisiti attraverso una cella estensimetrica di carico hanno permesso di determinare:

- R_p resistenza alla punta in Kg/cm^2
- R_{lt} resistenza laterale totale (punta+manicotto) in Kg/cm^2
- R_l resistenza laterale locale (al manicotto) in Kg/cm^2

Successivamente il processo di discretizzazione dei parametri di campagna, ha permesso la determinazione di:

- classificazione litologica (Begemann - Schmestron)
- peso specifico medio del terreno naturale
- peso specifico efficace
- pressione litostatica eff. al centro dello strato
- coesione non drenata
- angolo d'attrito
- densità relativa
- coefficiente di compressibilità di volume
- modulo di reazione orizzontale
- permeabilità
- liquefazione

I grafici delle curve di R_p e R_l sono riportati nell'allegato A.

Di seguito si descrivono alcune delle modalità seguite per la determinazione delle grandezze fisiche considerate.

- Peso specifico naturale ed efficace (γ_t , γ'_t)

Questo parametro è determinato in base al valore medio di R_p applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della pianura Padana. Definito γ_t il peso specifico naturale per il terreno sotto falda e γ_w il peso specifico dell'acqua, si applica la relazione $\gamma'_t = \gamma_t - \gamma_w$, che considera la spinta di Archimede dovuta all'elemento liquido.

- Pressione litostatica efficace (σ'_v)

Il calcolo della pressione litostatica efficace è effettuato applicando la relazione:

$\sigma'_v = \sum \gamma_{ti} \cdot h_{im} + \sum \gamma_{ti} \cdot h_{im}$ riferita alla pressione relativa al punto medio dello strato considerato (h_m). È considerata la falda freatica se presente. Infatti si ha ($\sigma'_v = \sigma - u$) dove "σ" è il carico totale (= $\gamma \cdot z$ in condizioni idrostatiche) e "u" è la pressione interstiziale (= $\gamma_w \cdot z_w$ in condizioni idrostatiche).

- Coesione non drenata (C_u)

Si utilizza la relazione di De Beer che consente il calcolo della C_u in base al valore di R_p per i livelli coesivi saturi (coesione non drenata apparente, cioè la resistenza al taglio dei terreni a comportamento coerente in situ).

- Angolo d'attrito (θ°)

La determinazione dell'angolo d'attrito per i terreni incoerenti segue la metodologia di Durgunoglu e Mitchell, applicando l'equazione $\theta^\circ = f(R_p; \sigma'_v)$. Per i terreni coerenti in condizioni non drenate si utilizza la relazione (Durgunoglu): $\theta^\circ = 14.4 + 4.8 \ln(q_c) - 4.5 \ln(\sigma'_v)$.

- Densità relativa (D_r)

Per questo parametro si utilizza il diagramma proposto da Jamiolkowski mod.

- Coefficiente di compressibilità di volume (M_v)

Si utilizzano le correlazioni di Buisman e Sanglerat che collegano il parametro al valore di R_p .

- Modulo di reazione orizzontale (K_o)

È ricavato utilizzando la relazione: $K_o = C_h \cdot R_p / C_k$ dove C_h varia fra 0.1 a 0.3 e C_k dipende dal tipo di terreno e varia da 1 a 4.

- Calcolo della permeabilità (K_p)

Questo parametro è determinato in base ai parametri di q_c e di F_r , applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della pianura Padana. Campo di validità da 10^{-2} cm/s per le sabbie e 10^{-8} cm/s per le argille.

- Liquefazione

Per la verifica alla suscettibilità alla liquefazione si utilizza il metodo di Seed e Idriss (1982), che confronta le caratteristiche meccaniche dei terreni ottenute in base ai risultati delle prove in

sito e l'eventuale potenzialità nel medesimo sito del fenomeno della liquefazione, a seguito di una sollecitazione sismica stimata attraverso la massima accelerazione attesa in superficie. Per la valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR il metodo prevede l'utilizzo di un abaco, in cui in ordinata è riportato il rapporto tensionale ciclico CSR (carico sismico) e in ascissa la resistenza del terreno stimata mediante le prove in sito. Per i terreni coerenti non viene effettuata nessuna verifica per la suscettibilità alla liquefazione. Per i terreni incoerenti vengono calcolati il coefficiente C_2 (rapporto di sforzo ciclico del terreno) ed il coefficiente C_1 (relativo alla curva di magnitudo in caso di evento sismico). Per $C_1 > C_2$ non si ha la liquefazione, viceversa il livello di terreno esaminato è suscettibile alla liquefazione.

3.2 Indagine geofisica - Misura del microtremore sismico

Una strategia efficace di difesa dai terremoti necessita di accurate valutazioni preventive della vulnerabilità sismica, determinata essenzialmente dall'instabilità dei suoli (frane, liquefazione dei terreni) e dagli effetti di sito. Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche, che portano al fenomeno della risonanza del terreno. Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella propria degli edifici (fenomeno della doppia risonanza), si produce un'amplificazione delle onde sismiche molto grande e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo: l'amplificazione sismica è infatti la prima causa di danno e distruzione durante un terremoto. Il rumore sismico generato dai fenomeni atmosferici (moti oceanici, del vento ecc.) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre; è detto anche microtremore, poichè riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Il rumore di fondo agisce da funzione di eccitazione per le risonanze specifiche degli edifici e del sottosuolo, rendendole chiaramente visibili nello spettro di rumore, analogamente a quanto avviene durante un terremoto, che si può immaginare come un episodio di rumore fortissimo con ampiezze sino a 10^{10} volte maggiori del microtremore. La metodologia di misura del microtremore sismico mediante strumentazione TROMINO[®], permette la misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre a stimare in maniera rapida la stratigrafia superficiale e la V_s , come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. La tecnica maggiormente consolidata per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico generato in un sito, è quella dell'analisi dei rapporti spettrali tra le componenti del moto sismico orizzontali e verticali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr o H/V - Nogoshi e Igarashi, 1970). Il codice utilizzato per la creazione di curve H/V sintetiche si basa sulla simulazione del campo di onde di superficie di Rayleigh e Love in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (Aki, 1964 - Ben-Menahem e Singh, 1981), considerando che l'onda sismica viene parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa due mezzi (litotipi) a rigidità differente, con la determinazione di un contrasto di impedenza. L'onda riflessa interferisce con quelle incidenti sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza), quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o multipli dispari) lo spessore H del primo strato: la frequenza fondamentale di risonanza F relativa alle onde S risulta pari a $F = V_s / 4H$.

4. Modellazione geotecnica del volume significativo di terreno

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente espone e commentate in una relazione geologica, che comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi. La relazione geologica definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche. Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo. Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla

costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. Ai fini dell'analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti i valori dei parametri geotecnici e valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito.

L'elaborazione dei dati ottenuti dall'indagine di campagna ha permesso di effettuare un riconoscimento di massima dei terreni attraversati e di ottenere indicazioni sulla parametrizzazione geotecnica dei terreni studiati, di seguito riportata.

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica CPT n. 1

Prof. Terreno ml		Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU FI kg/cm2	DR °	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec	
1.60	Argilla limosa consisten	1838	1838	0.294	0.867	27	0	0.0113	1.7625	1.1e-5
2.00	Limo argilloso soffice	1745	1745	0.364	0.457	23	0	0.0158	0.6333	9.0e-5
2.80	Limo argil-sabbioso adde	1839	1189	0.459	0.865	25	0	0.0149	1.1833	3.0e-3
4.40	Limo argilloso soffice	1759	1109	0.636	0.487	20	0	0.0151	0.6917	3.2e-4
10.40	Limo argilloso plastico	1822	1172	1.339	0.725	19	0	0.0142	1.0556	1.5e-4
10.80	Limo argil-sabbioso adde	1881	1231	1.389	1.106	21	0	0.0142	1.5667	2.0e-3
11.40	Argilla limosa soffice	1732	1082	1.454	0.361	15	0	0.0187	0.8667	3.2e-5
20.00	Limo argilloso plastico	1823	1173	2.462	0.673	16	0	0.0142	1.0620	6.1e-5

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica CPT n. 2

Prof. Terreno ml		Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU FI kg/cm2	DR °	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec	
1.00	Limo argilloso plastico	1814	1814	0.181	0.741	29	0	0.0140	1.0000	2.2e-4
1.80	Argilla limosa consisten	1862	1862	0.330	1.021	27	0	0.0096	2.0750	1.6e-5
2.20	Sabbia argil-limosa adde	1700	1700	0.398	0.000	23	25	0.0370	1.2000	5.7e-3
3.20	Limo argilloso soffice	1759	1109	0.509	0.495	22	0	0.0151	0.6933	1.4e-4
4.60	Limo argil-sabbioso scio	1792	1142	0.669	0.617	21	0	0.0141	0.8667	1.7e-3
9.20	Limo argilloso plastico	1815	1165	1.205	0.696	19	0	0.0140	1.0087	2.2e-4
10.60	Limo argil-sabbioso scio	1802	1152	1.366	0.625	18	0	0.0140	0.9238	3.4e-3
11.40	Limo argilloso soffice	1733	1083	1.453	0.365	15	0	0.0165	0.5833	1.6e-4
16.00	Argilla limosa plastica	1810	1160	1.987	0.633	16	0	0.0136	1.4652	3.5e-5
19.00	Limo argilloso plastico	1837	1187	2.343	0.760	16	0	0.0148	1.1689	7.7e-5

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica CPT n. 3

Prof. Terreno ml		Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU FI kg/cm2	DR °	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec	
1.40	Limo argilloso consisten	1837	1837	0.257	0.866	28	0	0.0148	1.1714	6.6e-5
2.00	Sabbia argilloso-limosa	1650	1650	0.356	0.000	22	15	0.0395	0.8444	9.9e-3
2.60	Limo argilloso plastico	1800	1800	0.464	0.660	23	0	0.0140	0.9111	5.4e-4
4.40	Limo argil-sabbioso scio	1772	1122	0.666	0.533	21	0	0.0146	0.7556	2.2e-3
7.80	Limo argilloso plastico	1798	1148	1.057	0.624	19	0	0.0140	0.9020	6.8e-5
8.20	Argilla limosa soffice	1700	1050	1.099	0.295	15	0	0.0204	0.7000	1.6e-5
11.40	Limo argil-sabbioso adde	1880	1230	1.492	1.097	20	0	0.0142	1.5625	1.3e-3
12.40	Argilla limosa soffice	1734	1084	1.601	0.360	15	0	0.0186	0.8800	2.2e-5
19.80	Limo argilloso plastico	1844	1194	2.484	0.796	16	0	0.0153	1.2270	2.0e-4

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica CPT n. 4

Prof. Terreno ml		Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU FI kg/cm2	DR °	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec	
1.00	Argilla limosa plastica	1765	1765	0.176	0.531	27	0	0.0182	1.0800	9.8e-6
2.20	Limo argil-sabbioso scio	1780	1780	0.390	0.580	24	0	0.0144	0.8000	2.5e-3
2.80	Limo argilloso soffice	1753	1103	0.456	0.477	22	0	0.0154	0.6667	1.6e-4
3.80	Limo argil-sabbioso scio	1767	1117	0.568	0.522	21	0	0.0148	0.7333	1.9e-3
11.00	Limo argilloso plastico	1810	1160	1.403	0.663	18	0	0.0140	0.9778	2.5e-4
12.60	Argilla limosa soffice	1727	1077	1.576	0.340	15	0	0.0189	0.8375	1.2e-5
18.00	Limo argilloso plastico	1837	1187	2.217	0.765	17	0	0.0148	1.1679	1.0e-4

Si è proceduto alla parametrizzazione dell'indagine geognostica CPT secondo il metodo di Searle, che permette una definizione più dettagliata dei vari livelli di terreno studiati.

Sulla base dell'indagine di campagna e delle successive discretizzazioni è stato possibile schematizzare i valori medi di resistenza alla punta R_p e resistenza laterale R_l , espressi in kg/cm^2 , e il rapporto q_c/f_s .

Dati medi prova discretizzata CPT n. 1

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. q_c/f_s
1.60	17.62	1.48	11.88
2.00	9.50	0.57	16.76
2.80	17.75	0.63	28.03
4.40	10.38	0.52	19.76
10.40	15.83	0.89	17.72
10.80	23.50	0.90	26.11
11.40	8.67	0.58	15.00
20.00	15.93	1.01	15.83

Dati medi prova discretizzata CPT n. 2

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. q_c/f_s
1.00	15.00	0.80	18.75
1.80	20.75	1.75	11.86
2.20	18.00	0.57	31.76
3.20	10.40	0.59	17.73
4.60	13.00	0.51	25.28
9.20	15.13	0.81	18.64
10.60	13.86	0.49	28.53
11.40	8.75	0.48	18.10
16.00	14.65	1.00	14.69
19.00	17.53	1.07	16.37

Dati medi prova discretizzata CPT n. 3

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. q_c/f_s
1.40	17.57	1.10	16.04
2.00	12.67	0.36	35.62
2.60	13.67	0.64	21.21
4.40	11.33	0.43	26.38
7.80	13.53	0.84	16.05
8.20	7.00	0.50	14.00
11.40	23.44	0.97	24.25
12.40	8.80	0.61	14.35
19.80	18.41	0.99	18.54

Dati medi prova discretizzata CPT n. 4

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. q_c/f_s
1.00	10.80	0.83	13.06
2.20	12.00	0.44	27.00
2.80	10.00	0.56	18.00
3.80	11.00	0.43	25.78
11.00	14.67	0.77	19.04
12.60	8.38	0.62	13.40
18.00	17.52	1.03	16.97

In base alle elaborazioni dell'indagine effettuata, la stratigrafia dell'area in esame in generale risulta costituita da litotipi prevalentemente coesivi con alternanze di terreni limo-argillosi da soffici a plastici e limi argilloso-sabbiosi da sciolti a mediamente addensati, con rare intercalazioni sabbiose.

I terreni più superficiali, al di sopra del livello di falda, si presentano lievemente sovraconsolidati per effetto dell'essiccamento.

Il livello della prima falda libera superficiale, per risalita nei fori di prova, si attesta a una profondità variabile tra -2.40 m e - 2.60 m dal piano campagna (dicembre 2018).

Vista la variabilità litologica della stratigrafia dell'area in esame, sia in senso verticale che laterale e poichè la presenza di fabbricati esistenti non ha permesso di ubicare indagini in alcune

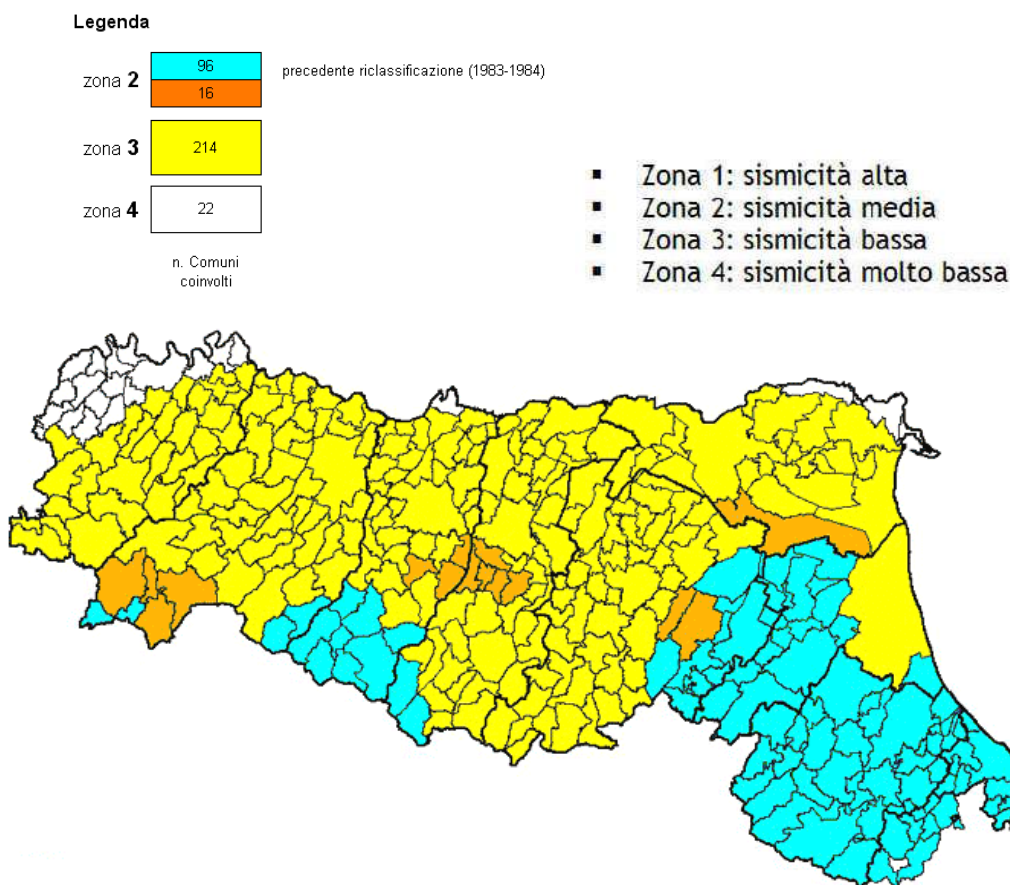
porzioni del sito, in fase di progettazione dei futuri interventi di edificazione si ritiene indispensabile che vengano eseguite opportune indagini geognostiche all'interno dei singoli lotti e finalizzate alla progettazione esecutiva.

5. Modellazione sismica e pericolosità sismica di base del sito

La valutazione del rischio sismico in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la macrozonazione sismica, definita come l'individuazione di aree che possono essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità. All'interno di queste aree si possono valutare, con maggiore dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedimenti di microzonazione sismica. Tale procedimento è volto a prevedere e mitigare gli effetti di un evento sismico in una zona di dimensioni urbane, considerando la morfologia superficiale e del substrato, la sua costituzione, la presenza e la profondità della falda freatica e l'eventuale presenza di faglie.

Questa analisi recepisce le indicazioni applicative della Delibera di Giunta Regionale n. 2193/2015 attualmente in vigore. Si considera inoltre la classificazione sismica dei comuni della Regione Emilia Romagna riportata nella OPCM n. 3274 del 20/03/2003, secondo cui il comune di Carpi rientra in zona 3.

Le 4 categorie di classificazione sono determinate in base alla pericolosità sismica.



L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5.5 e 6 della scala Richter. Si riporta di seguito un elenco degli eventi sismici più significativi per la storia sismica del sito di indagine, oltre alla sequenza degli ultimi importanti eventi sismici del maggio 2012 :

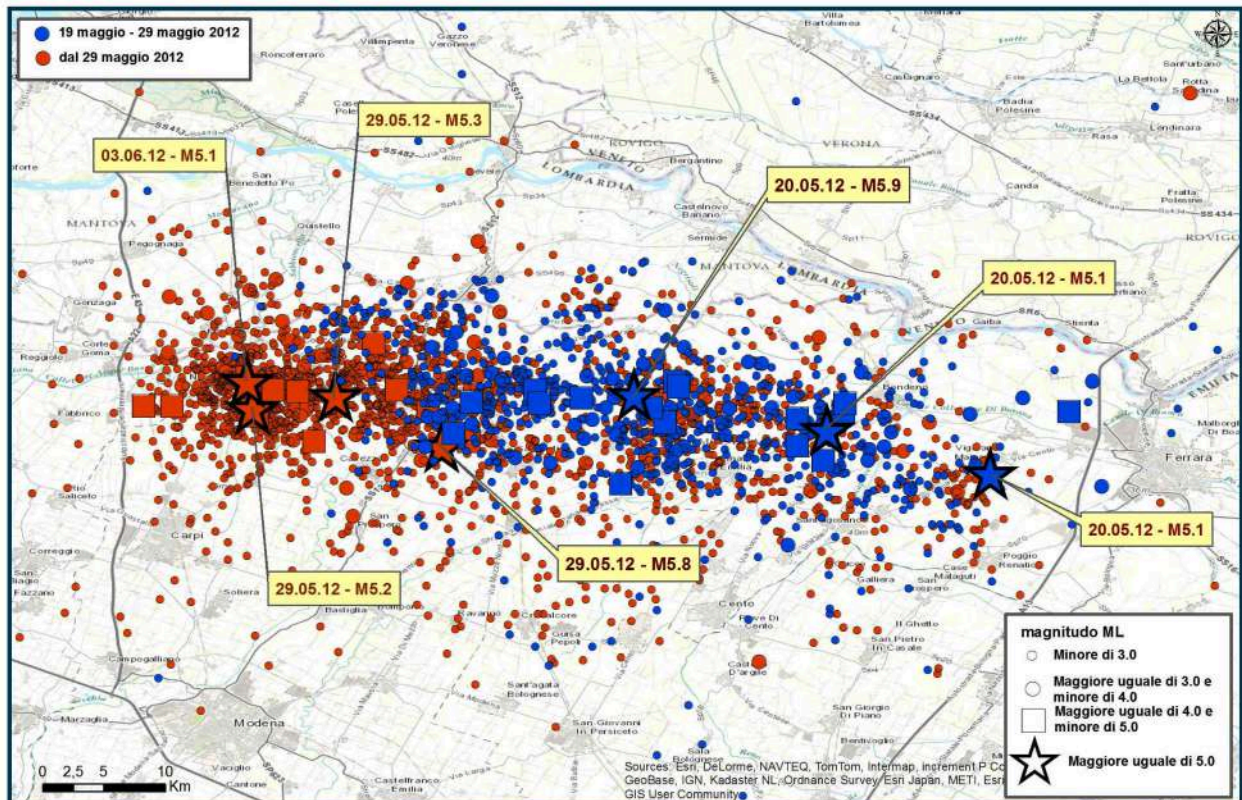
Anno	Me	Gi	AREA	Imx	Io	Lat	Lon	Maw
1547	2	10	REGGIO EMILIA	80	70	44.7	10.63	5.21

1591	5	24	REGGIO EMILIA	60	60	44.697	10.631	4.83
1671	6	20	RUBIERA	70	70	44.709	10.814	5.34
1806	2	12	NOVELLARA	70	70	44.862	10.671	5.26
1810	12	25	NOVELLARA	70	70	44.898	10.712	5.28
1831	9	11	REGGIANO	75	75	44.75	10.55	5.48
1832	3	13	REGGIANO	75	75	44.77	10.47	5.59
1850	9	18	MODENA	60	60	44.614	10.965	4.83
1857	2	1	PARMENSE	65	65	44.749	10.48	5.26
1873	5	16	REGGIANO	65	65	44.612	10.701	5.13
1904	2	25	REGGIANO	70	60	44.48	10.63	5.13
1915	10	10	REGGIO EMILIA	65	60	44.732	10.469	5.01
1923	6	28	FORMIGINE	60	60	44.595	10.799	5.21
1926	6	28	REGGIANO	40	40	44.488	10.487	4.61
1928	6	13	CARPI	70	65	44.797	10.872	4.85
1950	5	6	REGGIANO	40	40	44.731	10.67	4.46
1967	4	3	CORREGGIO		55	44.8	10.75	4.71
1967	10	1	FORMIGINE		50	44.567	10.95	4.52
1987	5	2	REGGIANO	60	60	44.797	10.697	5.05
1996	10	15	CORREGGIO	70	70	44.782	10.683	5.44
2012	1	25	POVIGLIO			44.854	10.538	4.9
2012	5	20	FINALE EMILIA			44.89	11.23	5.9
2012	5	20	FERRARESE			44.831	11.49	5.1
2012	5	29	MEDOLLA/BASSA MODENESE			44.85	11.09	5.8

(Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI- INGV, Bologna)

SEQUENZA Pianura Padana Emiliana

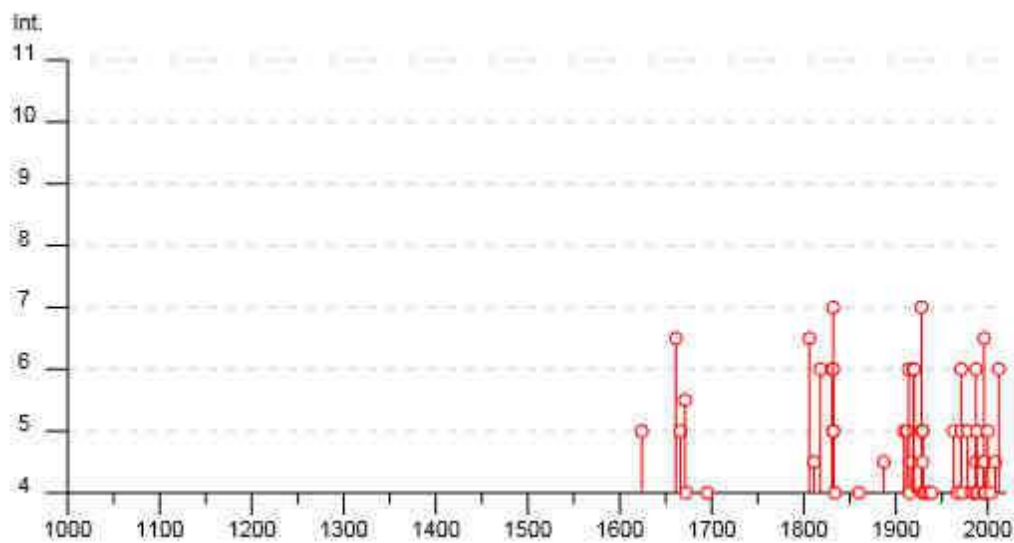
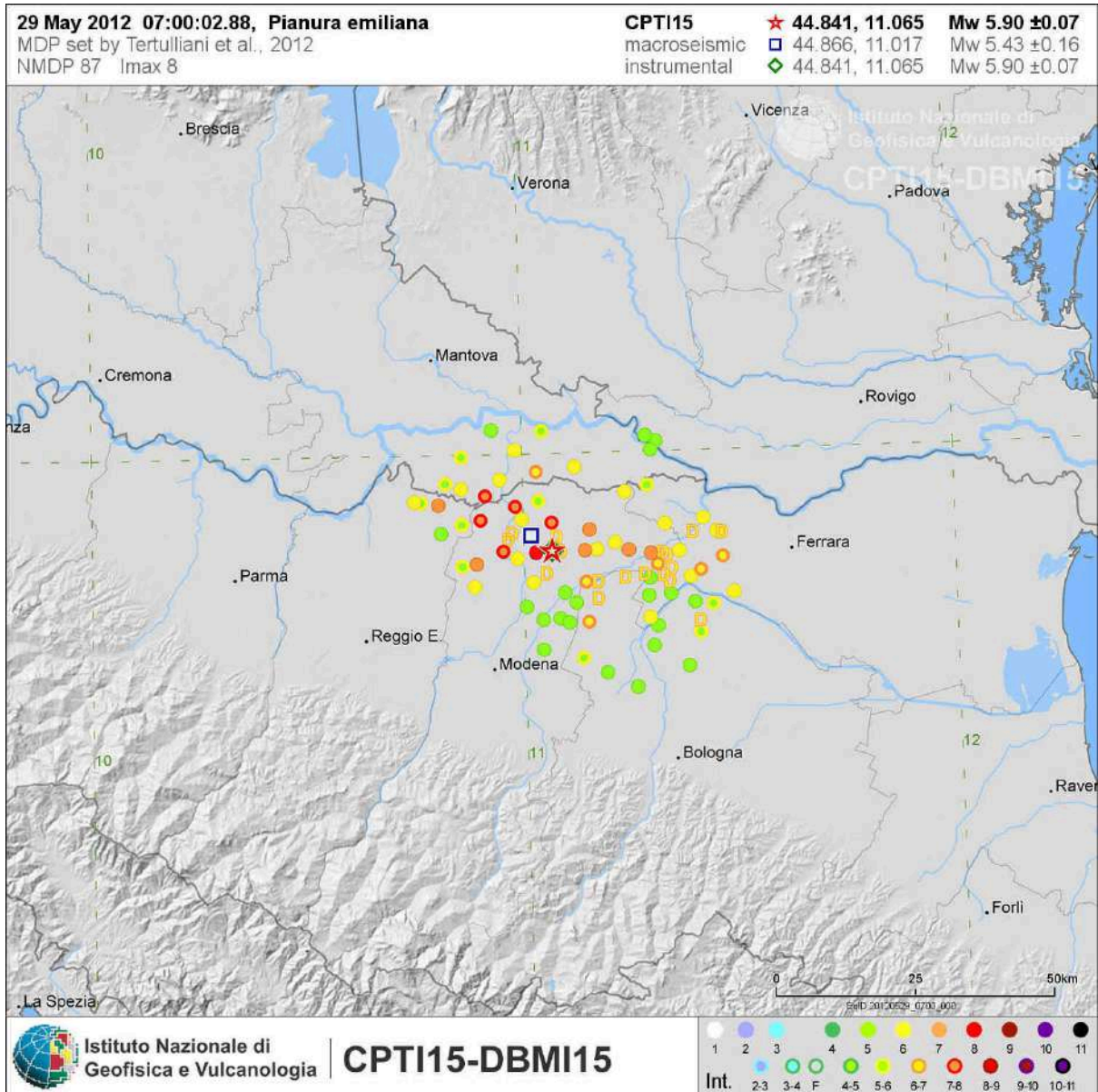
INGV terremoti



dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel 059/823020 - cell 339/8264394 - e-mail precigeo@virgilio.it

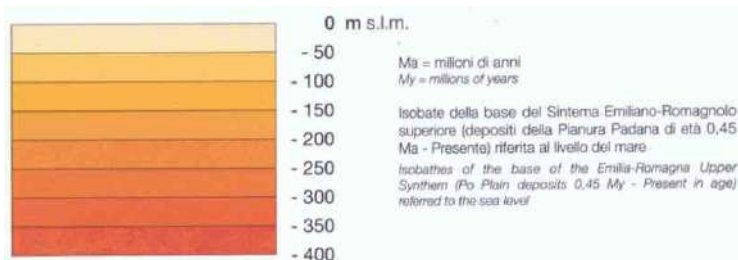


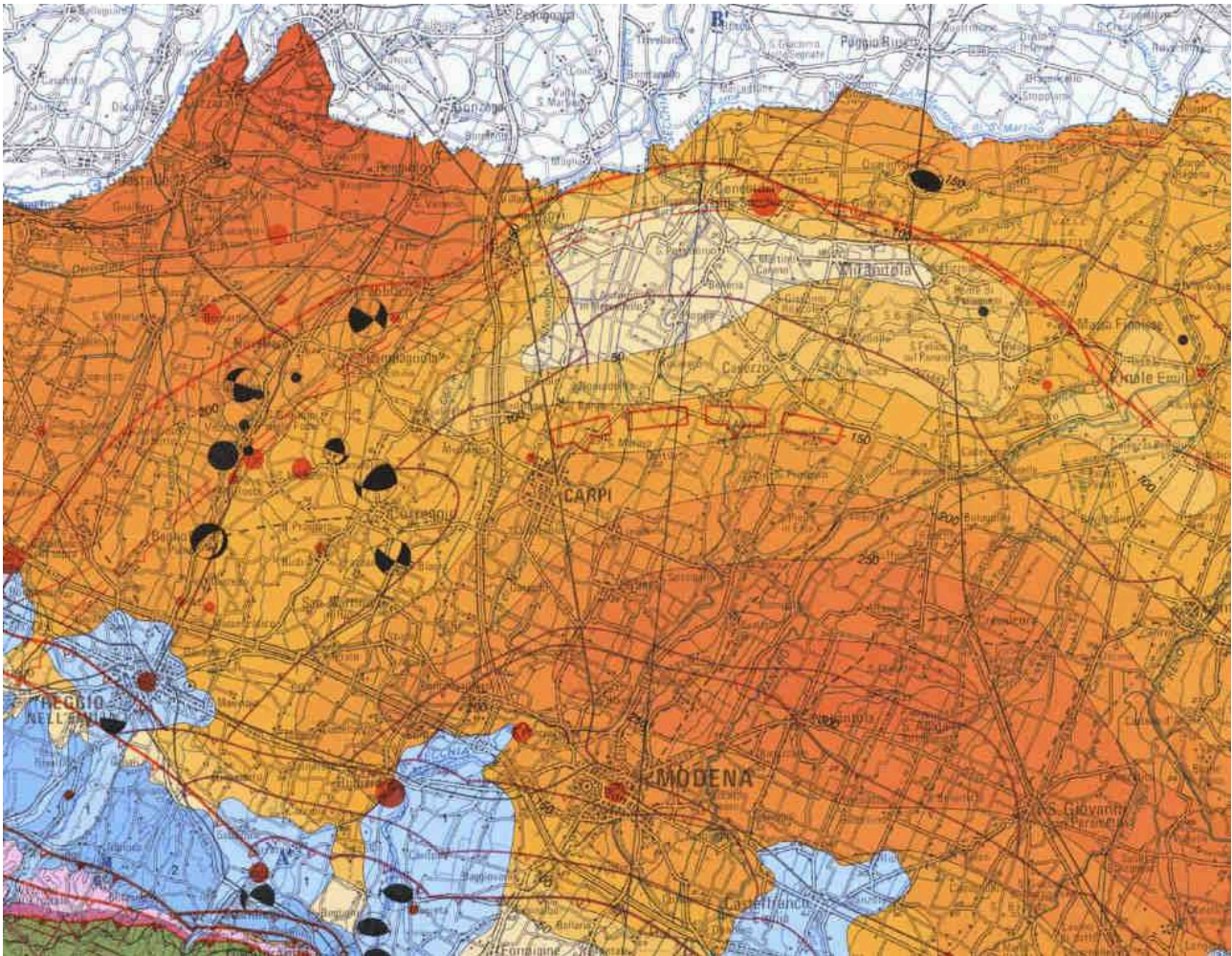
dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

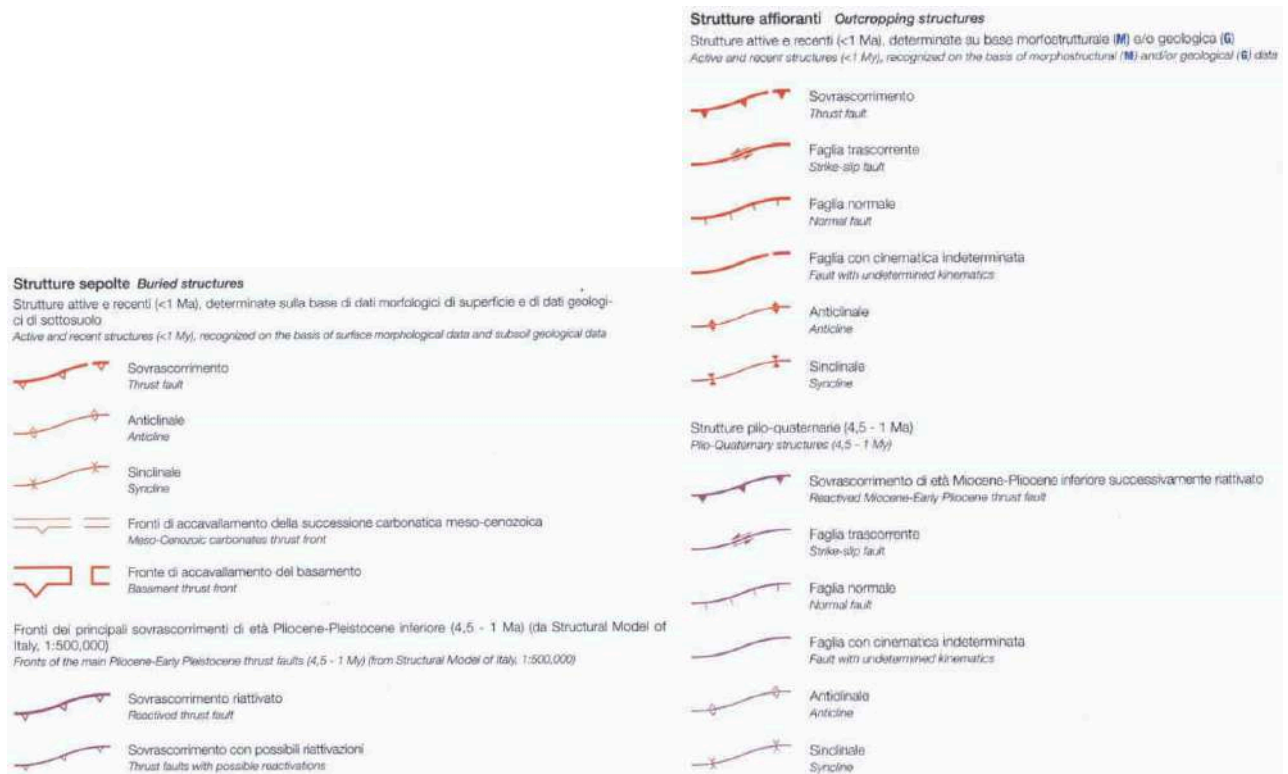
Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel 059/823020 - cell 339/8264394 - e-mail precigeo@virgilio.it

Dal 1999 il DISS Working Group (*DISSWG*) dell'INGV utilizza congiuntamente dati geomorfologici e dati geologico-geofisici del sottosuolo per individuare le sorgenti sismogenetiche della Pianura Padana. Questo approccio multidisciplinare è indispensabile per studiare la tettonica attiva nelle aree di pianura in quanto la quasi totalità delle strutture è sepolta sotto una spessa coltre di sedimenti del Quaternario. Particolare attenzione viene posta allo studio dell'idrografia in quanto essa è l'elemento del paesaggio più sensibile ai lievi cambiamenti della topografia e dei relativi gradienti indotti dall'attività tettonica. Attraverso l'analisi dettagliata del reticolo idrografico dell'intera Pianura Padana, sono state individuate le più importanti anomalie del drenaggio di origine certamente non antropica, che sono state confrontate con la posizione delle anticlinali sepolte note dalla letteratura geologica. Questa analisi ha consentito di ipotizzare l'origine tettonica di parte delle anomalie osservate e di identificare le strutture attive nel sottosuolo. Dall'ulteriore confronto tra la posizione delle strutture attive individuate e la sismicità storica e strumentale è stato possibile affermare che queste strutture non sono solo attive nel senso più generale del termine, ma sono anche sismogenetiche, ossia capaci di generare terremoti. Sono state così caratterizzate le faglie più probabilmente responsabili di quei terremoti storici. Faglie e sistemi di faglie con caratteristiche geologico-geomorfologiche simili a quelle delle faglie responsabili di terremoti noti possono ritenersi altrettanto capaci di generare terremoti. Seguendo questo principio metodologico i geologi hanno mappato numerose strutture sismogenetiche in Pianura Padana e le hanno inserite nel Database of Individual Seismogenic Sources (DISS). Una notevole anomalia del drenaggio in un'area priva di sismicità storica nei pressi di Mirandola fu messa in evidenza già dal 2000, rimarcandone la relazione con la presenza di un'anticlinale riconducibile a una importante faglia attiva sepolta. Poiché la sismicità italiana è caratterizzata da tempi di ricorrenza dei forti terremoti piuttosto lunghi (anche più di 2000 anni), il dato geologico è di fondamentale importanza nella stima della pericolosità sismica. La faglia di Mirandola, ritenuta essere la potenziale sorgente di un terremoto di magnitudo di poco superiore a 6.0, fu inclusa nel DISS 2.0 (Valensise e Pantosti, 2001) e successivamente aggiornata nell'ambito del DISS 3.0 (Basili et al., 2008). La sequenza sismica del maggio 2012, con i forti terremoti del 20 e del 29 maggio, ha riattivato porzioni delle sorgenti identificate come ITCS050-Poggio Rusco-Migliarino e ITCS051-Novi-Poggio Renatico. Queste sorgenti erano state individuate come responsabili del sollevamento delle dorsali di Ferrara e Mirandola, che nel corso di numerose decine di migliaia di anni ha causato la deviazione del corso dei fiumi Po, Secchia, Panaro e Reno. In particolare il terremoto del 29 maggio sembra essere stato generato proprio dalla "ITIS107-Mirandola", come suggerito anche dall'esame della deformazione cosismica del suolo documentata con la tecnica DInSAR. A seguito del terremoto del Molise del 31 ottobre 2002, l'INGV stesso ha ricevuto dal Governo l'incarico di elaborare una nuova Mappa di Pericolosità Sismica di riferimento per il territorio nazionale. Il punto di partenza della Mappa è stata la zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004; Meletti et al., 2008), un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere e i ratei di sismicità attesa zona per zona. Il modello ZS9 si è avvalso delle conoscenze disponibili nel DISS 2.0, inclusa l'estensione esatta dei fronti attivi nella Pianura Padana e la magnitudo massima attesa, che per la zona di Mirandola fu fissata a 6.2. Già dal 2004, con la pubblicazione della Mappa, queste conoscenze hanno contribuito a rendere più stringente la normativa sismica in una zona in cui i terremoti sono troppo rari per lasciare una traccia nella memoria dell'uomo, ma sufficientemente frequenti da lasciare una firma chiara e indelebile nella geologia e nel paesaggio.





CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA



dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel 059/823020 - cell 339/8264394 - e-mail precigeo@virgilio.it

In particolare l'area di Carpi è soggetta alle seguenti strutture sismogenetiche:

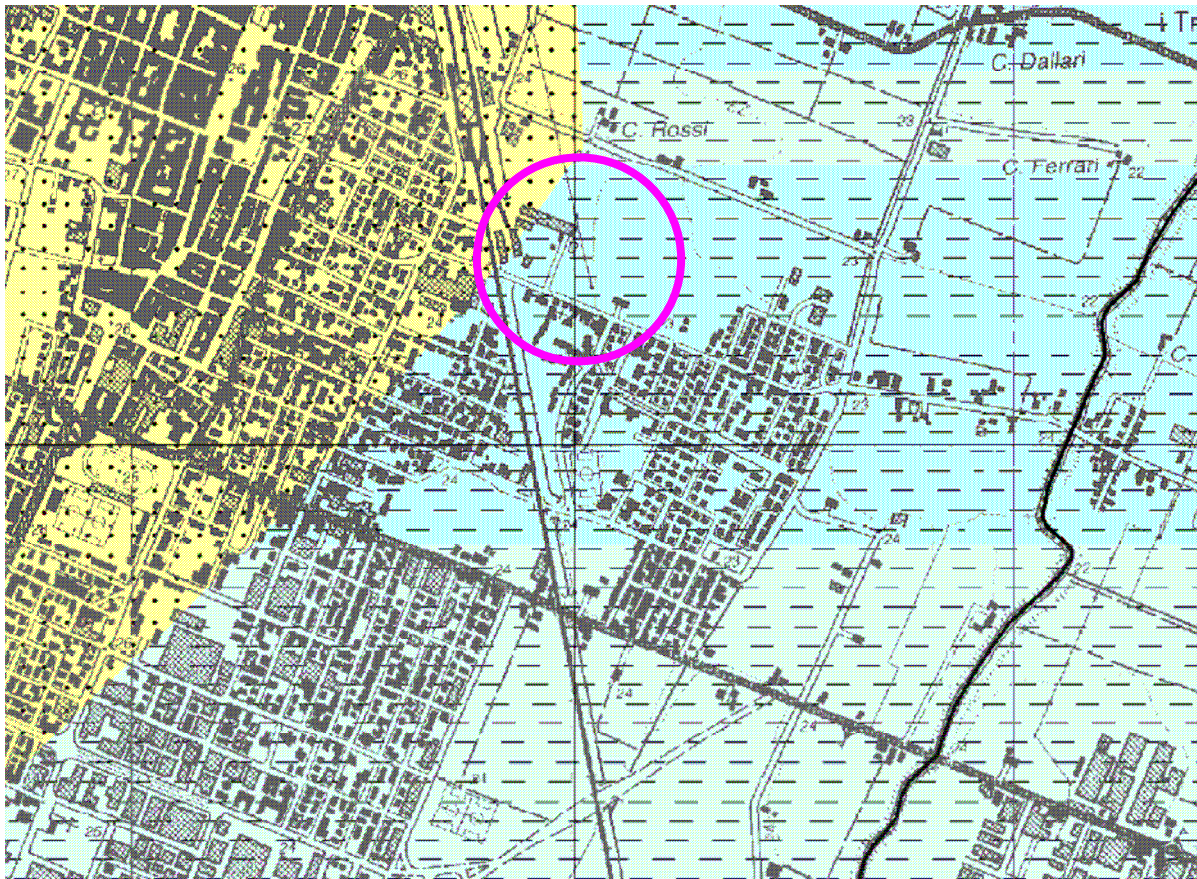
General information	
Region	Central Mediterranean
Code	ITCS049
Name	Reggio Emilia-Rolo
Compiler(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Created	08/01/2005
Updated	17/05/2012

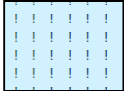
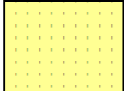
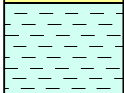
	Parameter
Min Depth (km)	3
Max Depth (km)	10
Strike (deg)	35 - 65
Dip (deg)	30 - 50
Rake (deg)	60 - 90
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 0.25
Max Magnitude (Mw)	5.5

General information	
Region	Central Mediterranean
Code	ITCS051
Name	Novi-Poggio Renatico
Compiler(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Mariano S.(1)
Created	08/01/2005
Updated	30/08/2007

	Parameter
Min Depth (km)	3
Max Depth (km)	10
Strike (deg)	95 - 125
Dip (deg)	25 - 45
Rake (deg)	80 - 100
Slip Rate (mm/y)	0.25 - 0.5
Max Magnitude (Mw)	5.9

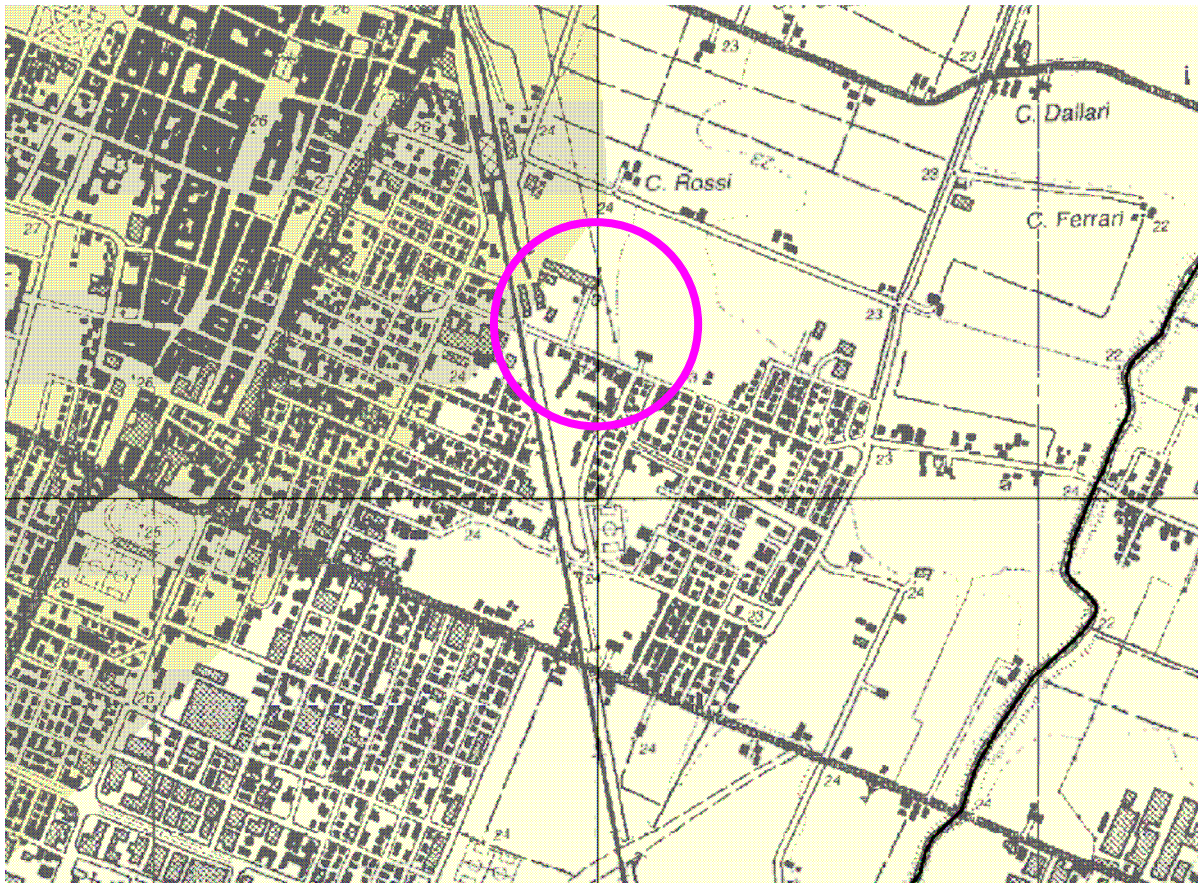
Nel quadro conoscitivo del PTCP della Provincia di Modena, Carta delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali - Tavola 2 a.1 a scala 1:25'000, si indica che l'area in esame insiste prevalentemente su "limi e argille di piana alluvionale". Pertanto in caso di sisma si possono attendere "amplificazione, possibili cedimenti".



Depositi che possono determinare effetti locali	
	ghiaie di conoide effetti attesi: amplificazione; studi: valutazione amplificazione
	sabbie di canale effetti attesi: amplificazione, potenziale liquefazione e cedimenti; studi: valutazione amplificazione, stima del rischio di liquefazione e dei cedimenti attesi
	limi e argille (peliti) di piana alluvionale effetti attesi: amplificazione, possibili cedimenti; studi: valutazione amplificazione e stima dei cedimenti attesi

In relazione al rischio sismico, nelle Carte delle Sicurezze del Territorio del PTCP della Provincia di Modena, Tavola 2.2 a.1 a scala 1:25'000, l'area in esame è classificata prevalentemente come "Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti". Sono pertanto richiesti la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi, con approfondimenti di II livello per la microzonazione sismica e di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.

7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione <u>studi</u> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u> : approfondimenti di III livello.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti <u>studi</u> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u> : sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.



5.1 Suscettibilità alla liquefazione dei terreni incoerenti

Il rischio di liquefazione può essere stimato con metodi semplificati da prove SPT e da prove CPT mediante il calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione LPI (o IL) di Iwasaki et al. (1982). Le prove CPT sono preferibili per la migliore ripetibilità delle misure e per la continuità dei profili penetrometrici. L'indice LPI (o IL) è un parametro di sintesi che quantifica i possibili effetti della liquefazione in superficie, tenendo conto della severità dell'azione sismica e dei parametri di profondità, spessore e valore del fattore di sicurezza degli strati liquefacibili. Le classi di potenziale di liquefazione, secondo la proposta di Sonmez (2003), sono le seguenti:

LPI	potenziale di liquefazione
0	non liquefacibile
$0 < LPI \leq 2$	basso
$2 < LPI \leq 5$	moderato
$5 < LPI \leq 15$	alto
$15 < LPI$	molto alto

L'elaborazione dell'indagine di campagna fornisce una verifica della suscettibilità alla liquefazione dei terreni incoerenti, individuati con la discretizzazione dei dati delle prove penetrometriche. Il calcolo viene eseguito secondo le modalità riportate nel par. 3.1, considerando un evento sismico avente una magnitudo pari al grado 6 della scala Richter, compatibile con i dati storici esistenti per l'area in esame (Servizio Geologico RER - INGV).

Caratteristiche sismiche CPT n. 1

Prof. Terreno	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
1.60 Argilla limosa consisten	Terreno	coerente	
2.00 Limo argilloso soffice	Terreno	coerente	
2.80 Limo argil-sabbioso adde	Terreno	coerente	
4.40 Limo argilloso soffice	Terreno	coerente	
10.40 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	
10.80 Limo argil-sabbioso adde	Terreno	coerente	
11.40 Argilla limosa soffice	Terreno	coerente	
20.00 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	

Caratteristiche sismiche CPT n. 2

Prof. Terreno	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
1.00 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	
1.80 Argilla limosa consisten	Terreno	coerente	
2.20 Sabbia argil-limosa adde	0.1682	0.0975	no
3.20 Limo argilloso soffice	Terreno	coerente	
4.60 Limo argil-sabbioso scio	Terreno	coerente	
9.20 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	
10.60 Limo argil-sabbioso scio	Terreno	coerente	
11.40 Limo argilloso soffice	Terreno	coerente	
16.00 Argilla limosa plastica	Terreno	coerente	
19.00 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	

Caratteristiche sismiche CPT n. 3

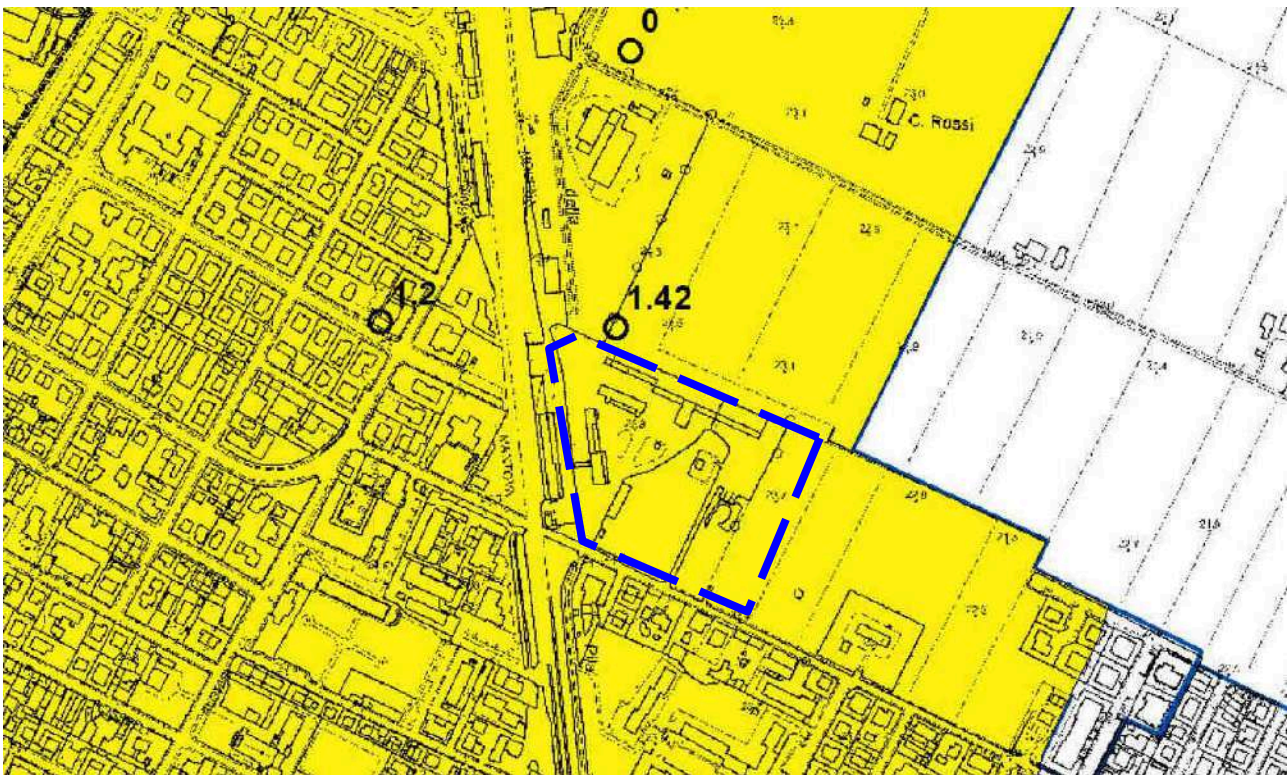
Prof. Terreno	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
1.40 Limo argilloso consisten	Terreno	coerente	
2.00 Sabbia argilloso-limosa	0.1351	0.0975	no
2.60 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	
4.40 Limo argil-sabbioso scio	Terreno	coerente	
7.80 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	
8.20 Argilla limosa soffice	Terreno	coerente	
11.40 Limo argil-sabbioso adde	Terreno	coerente	
12.40 Argilla limosa soffice	Terreno	coerente	
19.80 Limo argilloso plastico	Terreno	coerente	

Caratteristiche sismiche CPT n. 4

Prof. Terreno	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
1.00 Argilla limosa plastica			Terreno coerente
2.20 Limo argil-sabbioso scio			Terreno coerente
2.80 Limo argilloso soffice			Terreno coerente
3.80 Limo argil-sabbioso scio			Terreno coerente
11.00 Limo argilloso plastico			Terreno coerente
12.60 Argilla limosa soffice			Terreno coerente
18.00 Limo argilloso plastico			Terreno coerente

Sulla base dei parametri geotecnici ricavati dall'indagine geognostica e con le ipotesi sopra riportate, la verifica effettuata non evidenzia livelli di terreno incoerente potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefacibilità (LPI = 0).

Nella Carta di microzonazione sismica, livello 3° - Indice del potenziale di liquefazione e cedimenti post-sismici significativi - PS15/MS Tav. B della Variante al PRG in adeguamento al piano per la ricostruzione, l'area in esame è classificata come avente rischio di liquefazione basso:



Aree a uguale "rischio" di liquefazione

- Rischio di liquefazione basso, $0 \leq IPL \leq 2$
- Rischio di liquefazione moderato, $2 < IPL \leq 5$
- Rischio di liquefazione alto, $IPL > 5$

Valore puntuale dell'indice del potenziale di liquefazione

- Rischio di liquefazione basso, $0 \leq IPL \leq 2$
- Rischio di liquefazione moderato, $2 < IPL \leq 5$
- Rischio di liquefazione alto, $IPL > 5$

In base alle NTC, Ordinanza RER 70/2012, DGR 2193/2015, in assenza di condizioni predisponenti alla potenziale liquefazione dei terreni, i fattori di amplificazione sismica per l'area in esame possono essere valutati secondo le tabelle allegate alla DGR 2193/2015.

La valutazione dei cedimenti post-sismici nei terreni alluvionali della Pianura Padana risulta poco significativa, in quanto si tratta di terreni già consolidati per desaturazione sedimentaria e inoltre già sottoposti a diversi eventi sismici. Per produrre un calcolo significativo e realistico di tali cedimenti, sarebbe necessario sottoporre a carichi ciclici crescenti e decrescenti i terreni considerati, mediante prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati in sito. Un'indicazione dei cedimenti post-sismici nel caso di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti o molto soffici, può essere fornita per un generico strato di spessore H , in cui il cedimento di riconsolidazione può essere valutato con l'espressione:

$$\Delta H = \varepsilon_v \cdot H$$

con ε_v (%) deformazione volumetrica post-ciclica determinata dalla formula

$$\varepsilon_v = \alpha C_r \cdot (1 + e_0) \cdot \log(1/1 - r_u)$$

in cui α è una costante sperimentale compresa tra 1 e 1.5, e_0 è l'indice dei vuoti iniziale;

C_r è l'indice di riconsolidazione postciclica che in prima approssimazione può essere posto pari a $C_r = 0.225 \cdot C_c$ dove C_c è l'indice di compressione; r_u è il rapporto di pressione interstiziale

Tabella 2 – Rapporto di pressione interstiziale $r_u = \frac{\Delta u}{\sigma'_0}$ in funzione di γ_{max}

γ_{max} [‰]	r_u
$5 \cdot 10^{-2}$	0.2
$1 \cdot 10^{-1}$	0.4
$2 \cdot 10^{-1}$	0.6
$4 \cdot 10^{-1}$	0.8
5	0.95

Considerando prove edometriche di laboratorio, limiti di Atterberg e analisi granulometriche di terreni aventi le stesse caratteristiche litologiche di quelli del sito in esame, il valore di ε_v può essere stimato in $3 \cdot 10^{-3}$. In base alla formula $\Delta H = \varepsilon_v \cdot H$ considerando uno spessore medio di 10 m, si ottiene un valore teorico stimato massimo di circa 3 cm.

Si riporta anche la Carta di microzonazione sismica, livello 3° - Cedimenti post-sismici - PS15/MS Tav. B della Variante al PRG in adeguamento al piano per la ricostruzione:

Legenda

4.5

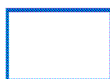


Valore cedimento assoluto post-sismico nei terreni coesivi "soffici" (cm)

4.5



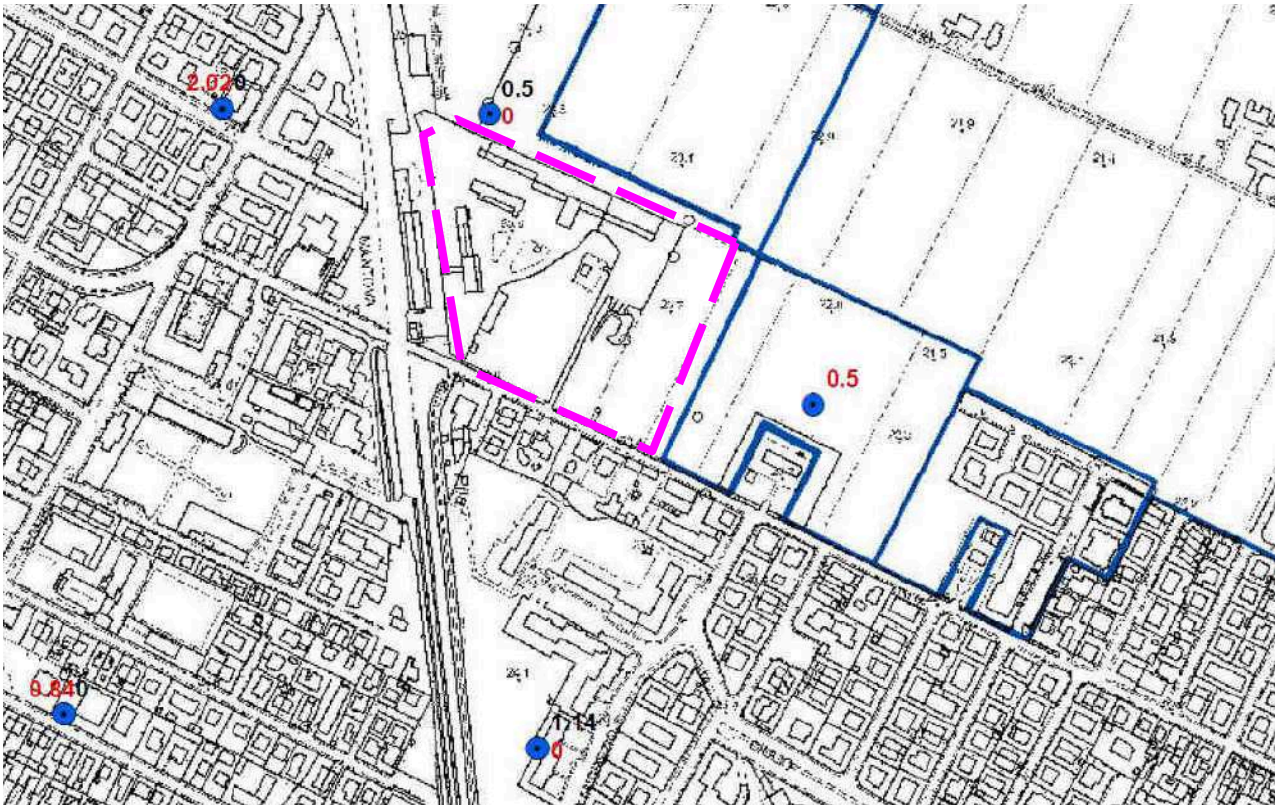
Valore cedimento assoluto post-sismico nei terreni liquefacibili (cm)



Perimetro degli sviluppi considerati

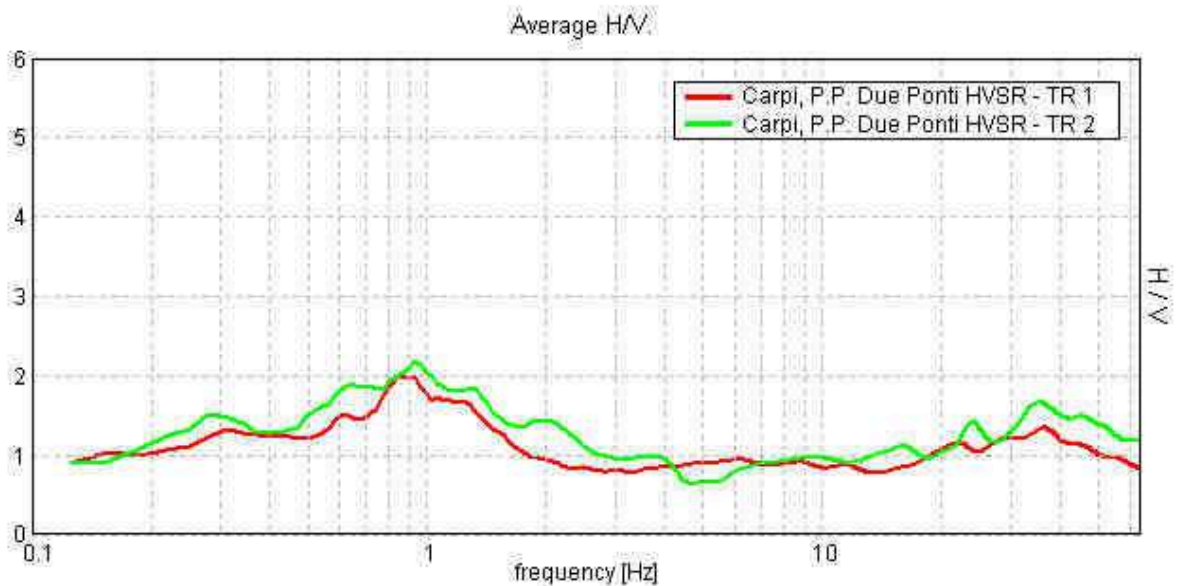


Confine comunale



5.2 Misura del microtremore sismico

La metodologia di misura del microtremore sismico mediante strumentazione TROMINO®, permette la misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre a stimare in maniera rapida la stratigrafia superficiale e la V_s , come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. L'elaborazione dei dati, acquisiti con tempi di registrazione di 14 min con una frequenza di campionamento di 128 Hz, permette di evidenziare, sottoforma di picchi nello spettro del rapporto H/V, i contrasti di impedenza tra litotipi a rigidità diversa che determinano possibili fenomeni di amplificazione delle onde sismiche.



In generale la sovrapposizione dei grafici H/V delle registrazioni effettuate nell'area in esame risulta piuttosto precisa, indice di un substrato particolarmente omogeneo e uniforme dal punto di vista sismico.

HVSR TROMINO 1 – P.P. I.P. via Due Ponti – CARPI

Instrument: TRZ-0011/01-09

Start recording: 04/12/18 12:31:10 End recording: 04/12/18 12:45:11

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h14'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

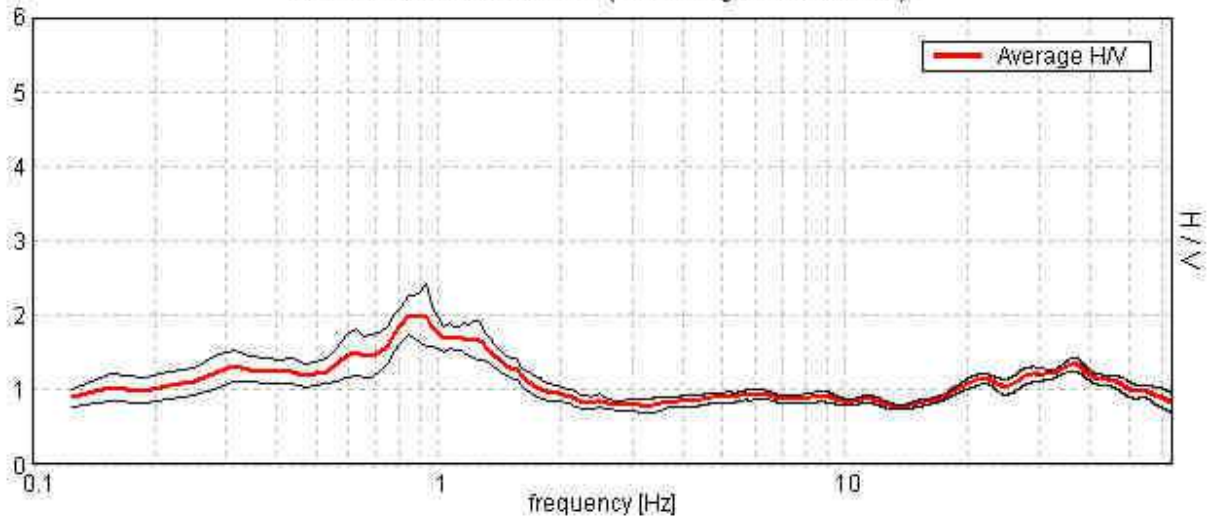
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

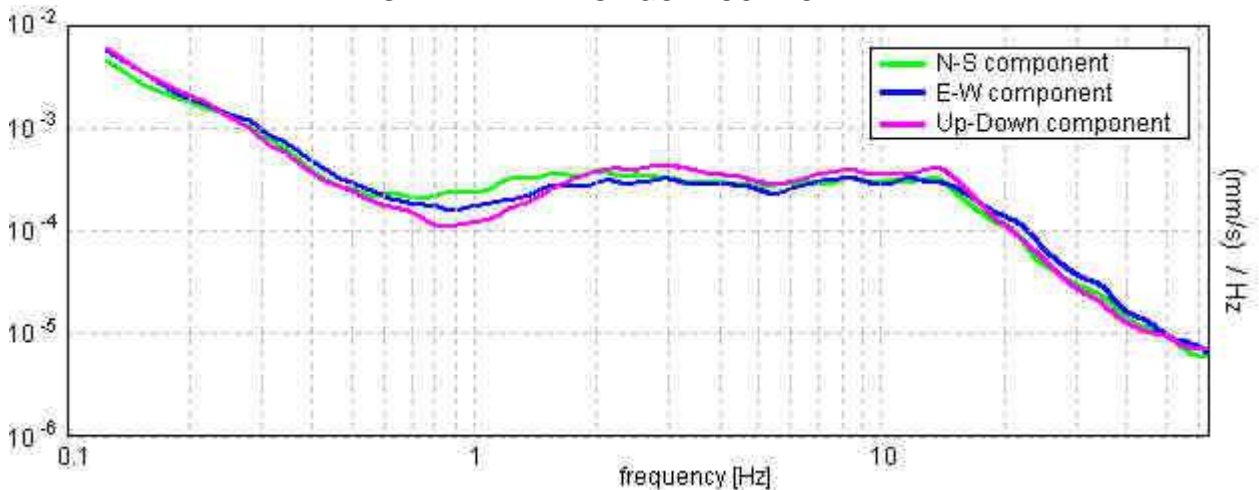
Smoothing: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE – HVSR

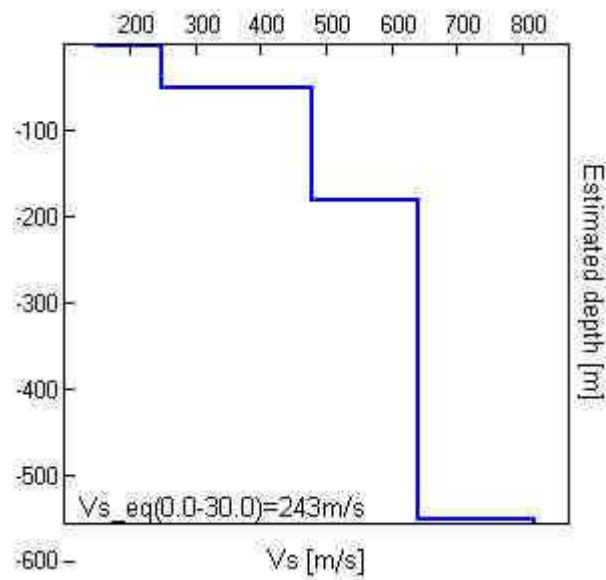
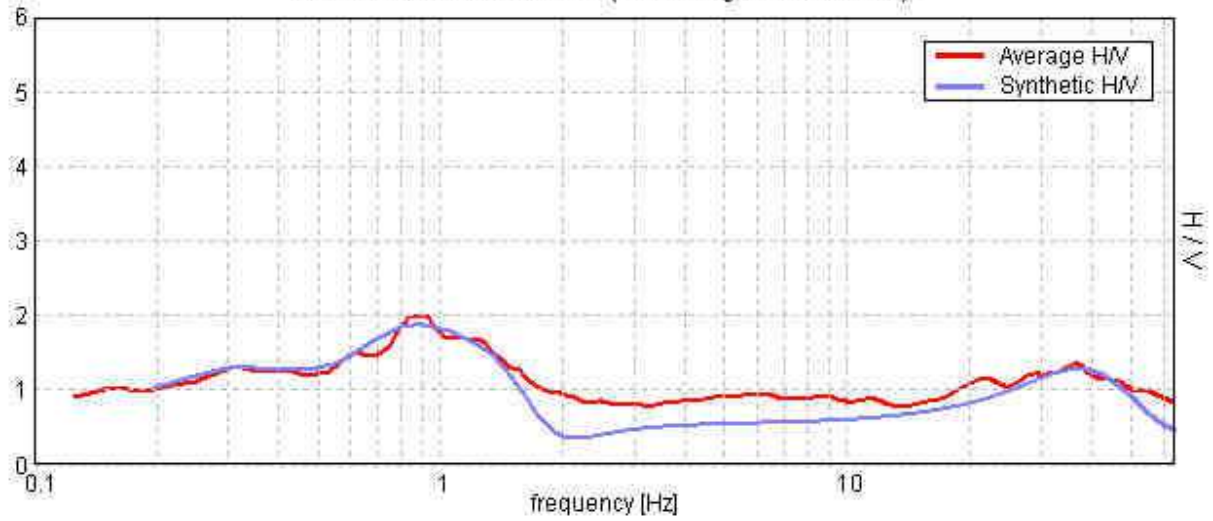
Max. H/V at 0.84 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE - H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.84 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.90	0.90	150
50.00	49.10	248
180.00	130.00	480
550.00	370.00	640
inf.	inf.	820

$V_{SEQ-30} = 243 \text{ m/s}$

HVSR TROMINO 2 – P.P. I.P. via Due Ponti – CARPI

Instrument: TRZ-0011/01-09

Start recording: 04/12/18 14:18:23 End recording: 04/12/18 14:32:24

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

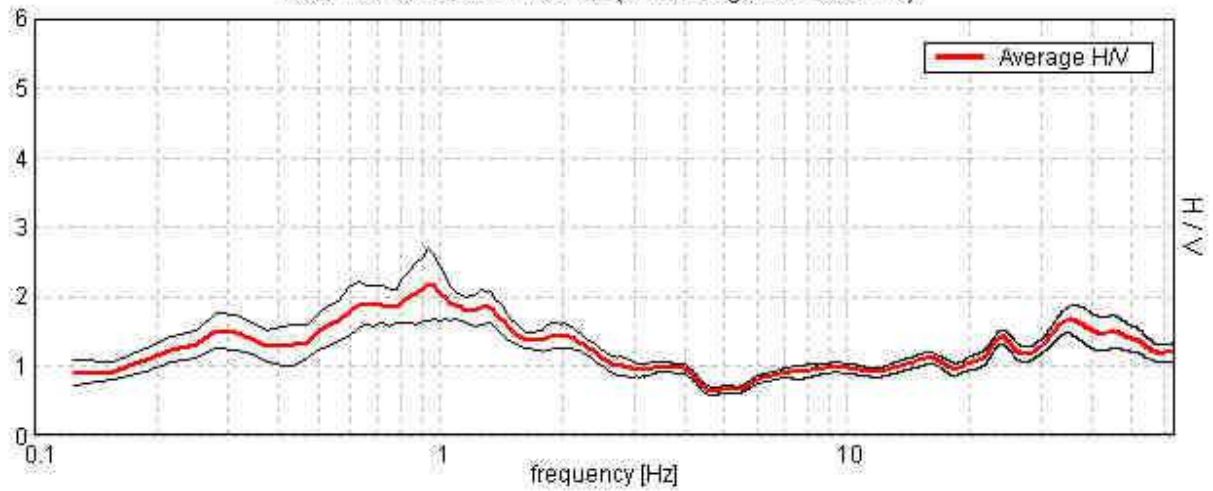
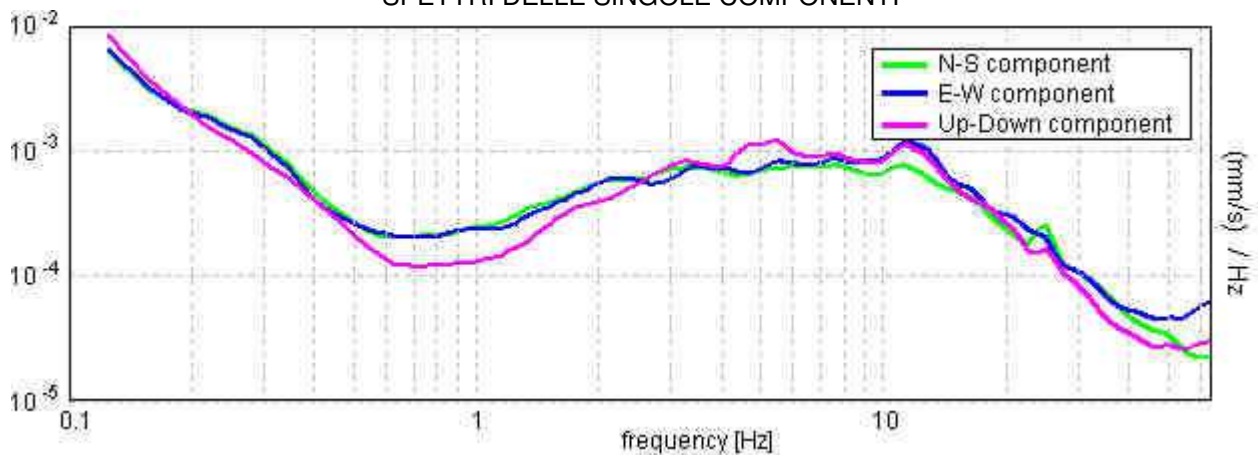
Trace length: 0h14'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)

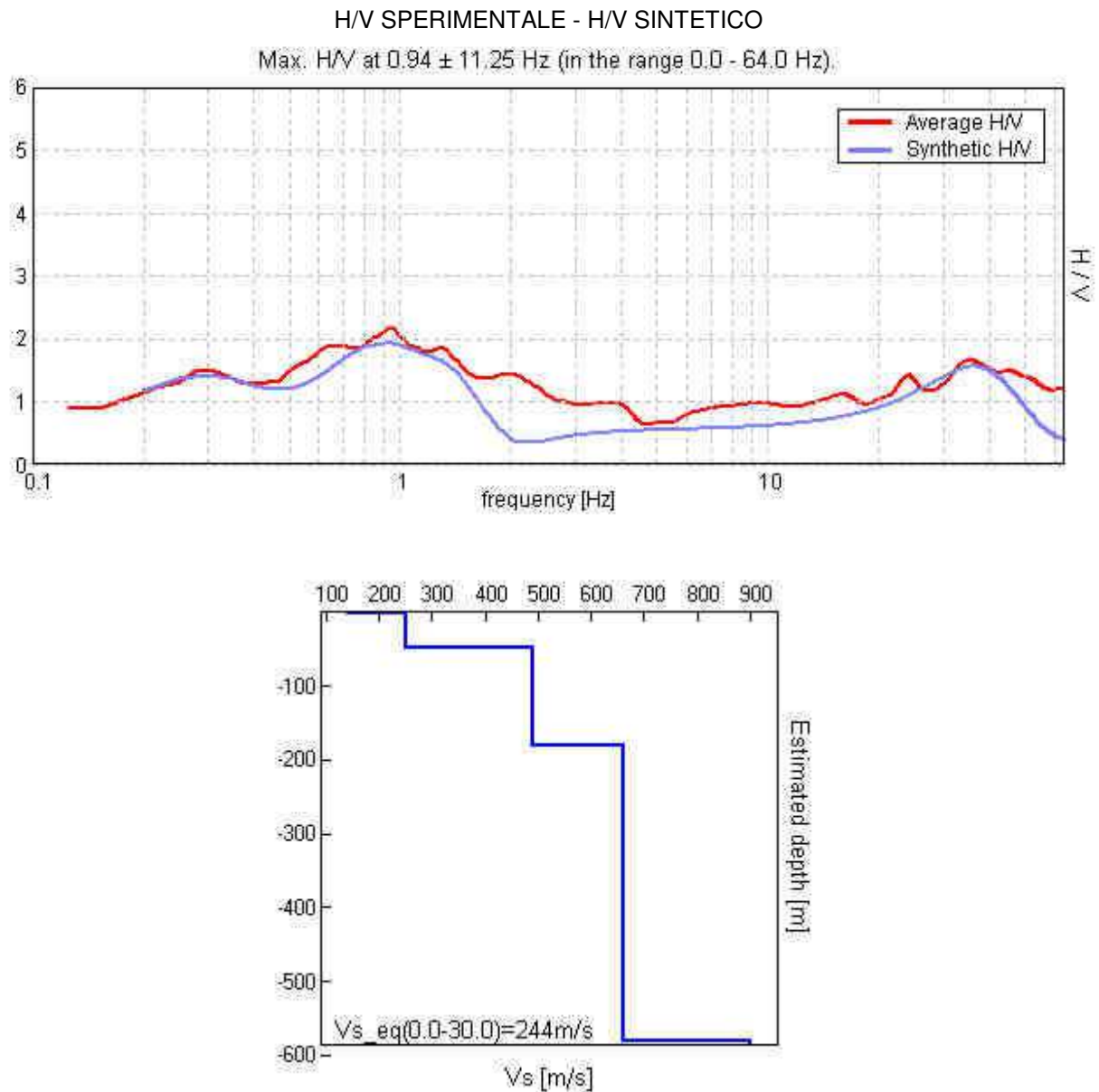
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE – HVSRMax. H/V at 0.94 ± 11.25 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.90	0.90	142
49.00	48.10	250
180.00	131.00	490
580.00	400.00	660
inf.	inf.	900

$$V_{sEQ-30} = 244 \text{ m/s}$$

Dall'elaborazione delle registrazioni effettuate, nei grafici del rapporto H/V si individuano in generale delle frequenze fondamentali di vibrazione del sito per $F < 1$ Hz (0.8/0.9 Hz), come tipico del Bacino Sedimentario Padano.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- h_i - spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ - velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N - numero di strati;
- H - profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite come:

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

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

Determinata la velocità delle onde "S" dei vari strati, si ottengono i dati di $V_{S_{EQ-30}} = 243$ m/s (HVSr TROMINO 1) e di $V_{S_{EQ-30}} = 244$ m/s (HVSr TROMINO 2), pertanto il substrato dell'area d'indagine è riconducibile alla categoria C che comprende "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

5.3 Azione Sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare la vita di riferimento V_R della costruzione, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche. La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Vita nominale per diversi tipi di opere - TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale
Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10 anni
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50 anni
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100 anni

In presenza di azioni sismiche le costruzioni sono suddivise in classi d'uso:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente

pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

CLASSE D'USO			
I	II	III	IV
Coefficiente d'uso C_u			
0.7	1	1.5	2



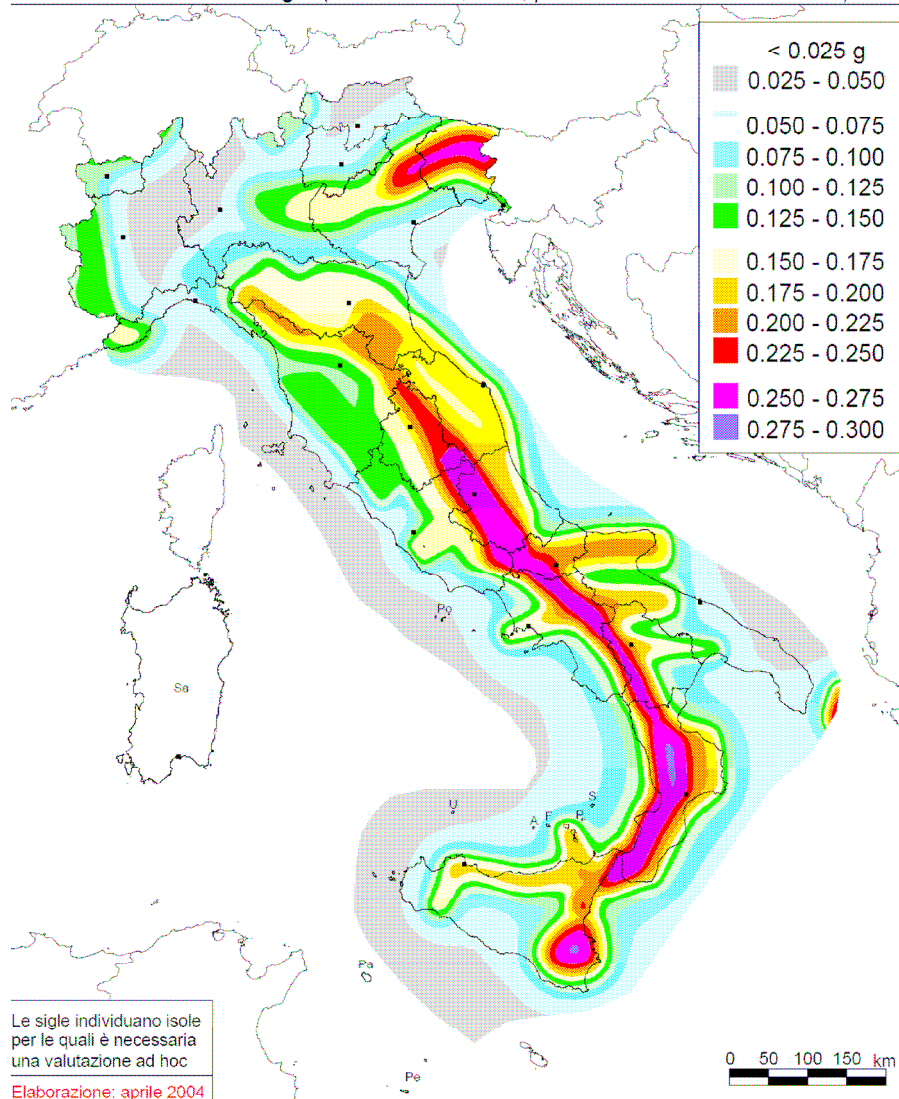
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



Di seguito vengono riportati i dati sismici e i grafici degli spettri elastici SLU, ottenuti in relazione alle caratteristiche di un'opera in classe d'uso II e per un terreno di tipo C.

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio: via W. Tabacchi, 125 - 41123 Modena - tel 059/823020 - cell 339/8264394 - e-mail precigeo@virgilio.it

Coordinate geografiche del punto - tipo di interpolazione: media ponderata

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Latitudine (WGS84): 44,7796700 [°]
 Longitudine (WGS84): 10,8941400 [°]
 Latitudine (ED50): 44,7806100 [°]
 Longitudine (ED50): 10,8951500 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	15614	44,756440	10,886560	2772,10
2	15615	44,757950	10,956840	5483,46
3	15393	44,807930	10,954720	5596,72
4	15392	44,806420	10,884320	2994,12

Parametri di pericolosità sismica per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,495	0,250
SLD	50	0,055	2,501	0,266
SLV	475	0,156	2,584	0,270
SLC	975	0,208	2,524	0,278

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,044	2,496	0,251
SLD	50	0,055	2,516	0,267
SLV	475	0,156	2,588	0,271
SLC	975	0,208	2,524	0,278

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,041	2,547	0,250
SLD	50	0,052	2,510	0,266
SLV	475	0,153	2,591	0,269
SLC	975	0,205	2,530	0,277

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,042	2,528	0,249
SLD	50	0,052	2,516	0,265
SLV	475	0,152	2,582	0,270
SLC	975	0,204	2,526	0,277

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,514	0,250
SLD	50	0,054	2,510	0,266
SLV	475	0,154	2,585	0,270
SLC	975	0,206	2,526	0,278

Categoria sottosuolo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

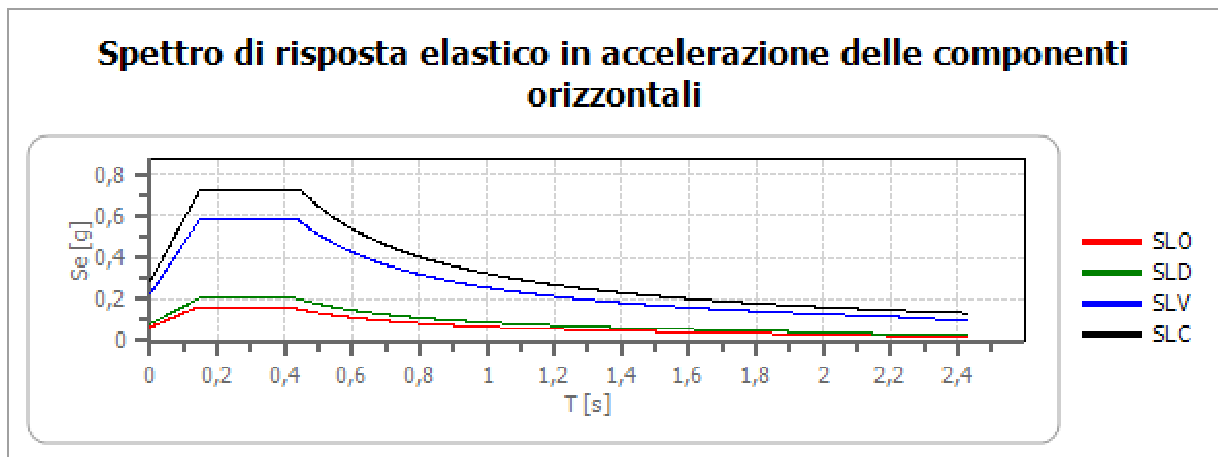
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,016	0,054	0,080
kv	0,006	0,008	0,027	0,040
amax [m/s ²]	0,628	0,792	2,207	2,813
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

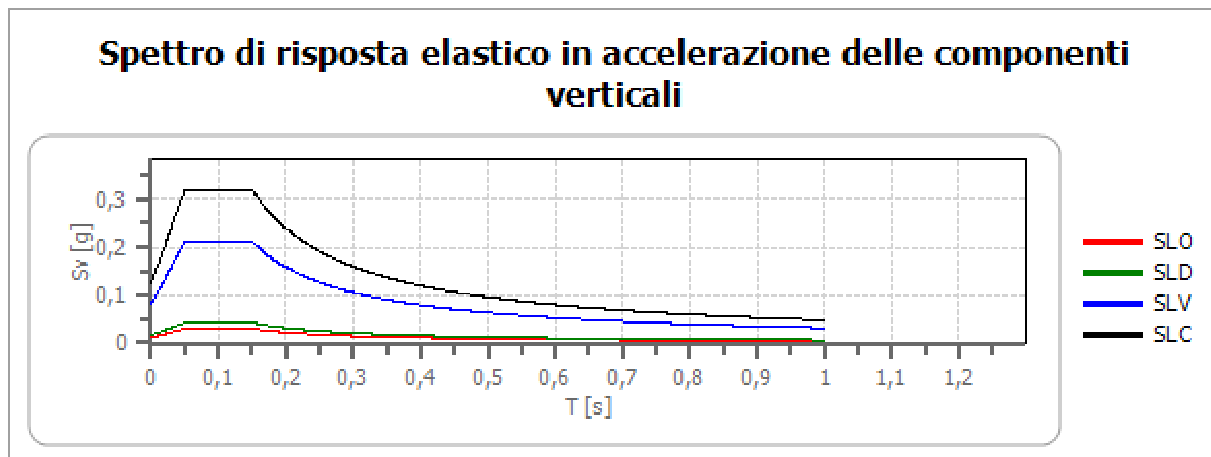
5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$:

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,043	2,514	0,250	1,500	1,660	1,000	1,500	1,000	0,138	0,415	1,771	0,064	0,161
SLD	1,0	0,054	2,510	0,266	1,500	1,630	1,000	1,500	1,000	0,145	0,434	1,815	0,081	0,203
SLV	1,0	0,154	2,585	0,270	1,460	1,620	1,000	1,460	1,000	0,146	0,438	2,217	0,225	0,582
SLC	1,0	0,206	2,526	0,278	1,390	1,600	1,000	1,390	1,000	0,148	0,444	2,425	0,287	0,725



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,043	2,514	0,250	1	1,660	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,030
SLD	1,0	0,054	2,510	0,266	1	1,630	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,017	0,042
SLV	1,0	0,154	2,585	0,270	1	1,620	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,082	0,211
SLC	1,0	0,206	2,526	0,278	1	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,127	0,320

In base alle NTC, Ordinanza RER 70/2012, DGR 2193/2015, in assenza di condizioni predisponenti alla potenziale liquefazione dei terreni, i fattori di amplificazione sismica per l'area in esame possono essere valutati secondo le tabelle allegate alla DGR 2193/2015, relative all'ambito A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA - PIANURA 3.

PIANURA 3: settore di pianura caratterizzato da elevati spessori di sedimenti prevalentemente fini e poco consolidati, alternanze di limi, argille e sabbie di ambiente alluvionale e transizionale, con substrato rigido a profondità non inferiori a 300 m da p.c.;

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.3	1.3	1.3			
F.A. SI1	1.5	1.5	1.5			
F.A. SI2	2.3	2.3	2.2			
F.A. SI3	2.6	2.6	2.4			

Pianura 3. Tabella dei Fattori di Amplificazione PGA, SI1, SI2 e SI3.

Considerando la V_{SEQ} MEDIA del sito pari a $V_{SEQ-30} = 243.5$ m/s, si indicano per l'area in esame i seguenti valori per i fattori di amplificazione:

- F.A. P.G.A. = 1.3
- F.A. SI 1 = 1.5
- F.A. SI 2 = 2.2
- F.A. SI 3 = 2.4

6. Considerazioni conclusive

La presente relazione ha studiato le caratteristiche dei terreni di un'area del Comune di Carpi, interessata da un Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata.

Le indagini geognostiche e geofisiche hanno permesso di definire le caratteristiche geologiche e sismiche dei terreni dell'area in oggetto e trarre le seguenti conclusioni:

- la stratigrafia dell'area in generale risulta costituita da litotipi prevalentemente coesivi con alternanze di terreni limo-argillosi da soffici a plastici e limi argilloso-sabbiosi da sciolti a

mediamente addensati, con rare intercalazioni sabbiose. I terreni più superficiali, al di sopra del livello di falda, si presentano lievemente sovraconsolidati per effetto dell'essiccamento.

- Il livello della prima falda libera superficiale, per risalita nei fori di prova, si attesta a una profondità variabile tra -2.40 m e 2.60 m dal piano campagna (dicembre 2018).
- Vista la variabilità litologica della stratigrafia dell'area in esame, sia in senso verticale che laterale e poiché la presenza di fabbricati esistenti non ha permesso di ubicare indagini in alcune porzioni del sito, in fase di progettazione dei futuri interventi di edificazione si ritiene indispensabile che vengano eseguite opportune indagini geognostiche all'interno dei singoli lotti e finalizzate alla progettazione esecutiva.
- Sulla base dei parametri geotecnici ricavati dall'indagine geognostica e con le ipotesi considerate, la verifica effettuata non evidenzia livelli di terreno incoerente potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefacibilità (LPI = 0).

Dall'elaborazione della registrazione del microtremore sismico, nei grafici H/V si individuano in generale delle frequenze fondamentali di vibrazione del sito per $F < 1$ Hz (0.8/0.9 Hz), come tipico del Bacino Sedimentario Padano.

- In relazione alla classificazione sismica l'area rientra in zona 3 e il profilo stratigrafico del terreno è riconducibile alla categoria C che comprende "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Da quanto sopra riportato, si ritengono sufficientemente documentate le condizioni geologiche geotecniche e sismiche del sito in esame, ai sensi del DM 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni.

ALLEGATI

A. Elaborati delle indagini geognostiche

Modena, 7 gennaio 2019

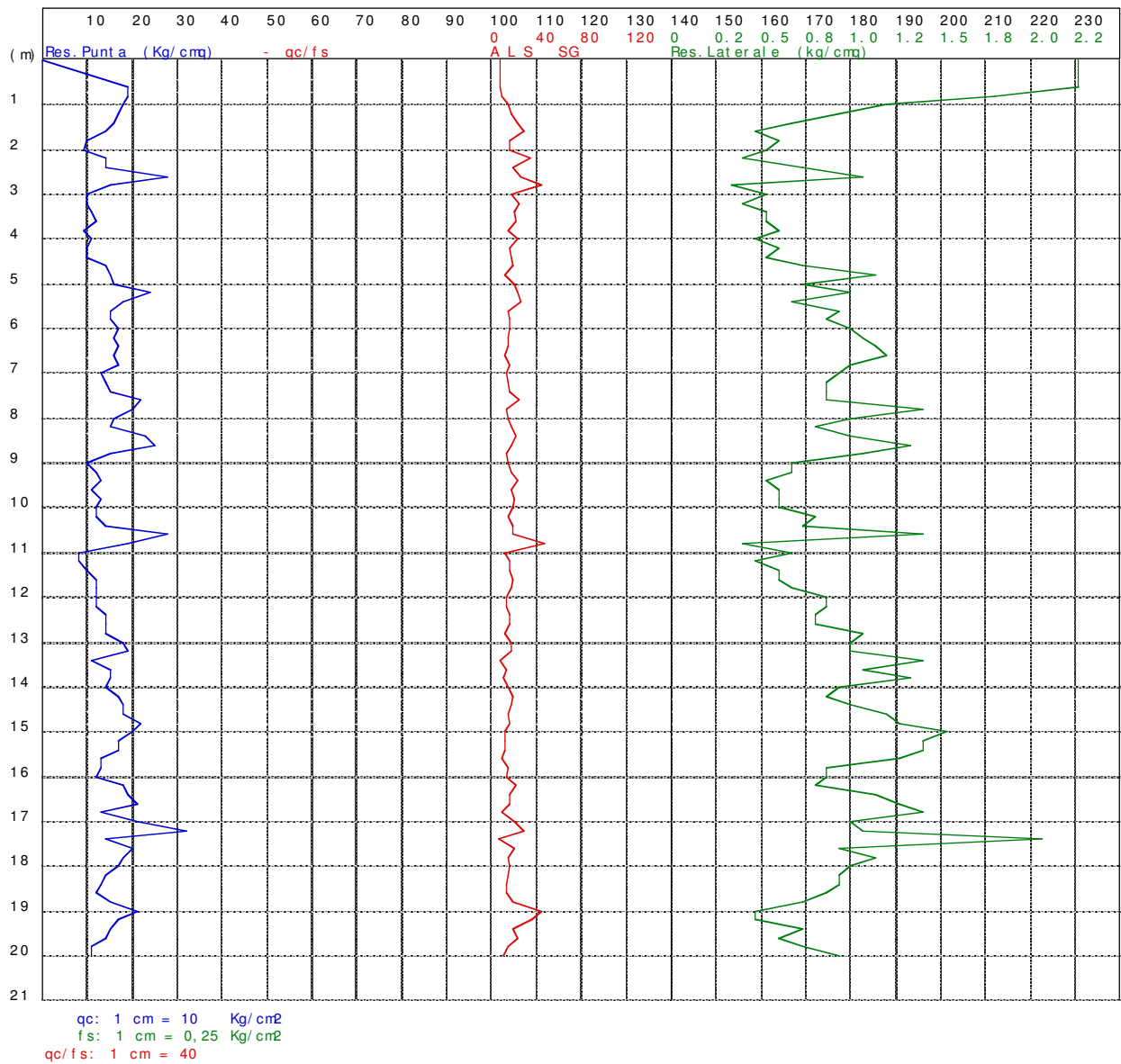
dott. geol. Claudio Preci



ELABORATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

ALLEGATO A

CPT n°1 data: 04/12/2018 elaborato n°184
 Cantiere: P.P.I.P. via Due Ponti - Carpi
 Committenti: Martinelli Barbieri



Prof m	Strati	Ti pol og ia	Gamma kg/ m³	Gamma' kg/ m³	Si gna' V kg/ cm²	CU kg/ cm³	FI %	DR %	Mv cm²/ Kg	K or iz Kg/ cm³	Per m cm' sec
1.60		Argilla limosa consistente	1838	1838	0.294	0.867	27	0	0.011348	1.7625	1.1e-5
2.00		Limo argilloso soffice	1745	1745	0.364	0.457	23	0	0.015770	0.6333	9.0e-5
2.80		Limo argil-sabbioso addensato medio	1839	1189	0.459	0.865	25	0	0.014875	1.1833	3.0e-3
4.40		Limo argilloso soffice	1759	1109	0.636	0.487	20	0	0.015134	0.6917	3.2e-4
10.40		Limo argilloso plastico	1822	1172	1.339	0.725	19	0	0.014166	1.0556	1.5e-4
10.80		Limo argil-sabbioso addensato medio	1881	1231	1.389	1.106	21	0	0.014184	1.5667	2.0e-3
11.40		Argilla limosa soffice	1732	1082	1.454	0.361	15	0	0.018711	0.8667	3.2e-5
20.00		Limo argilloso plastico	1823	1173	2.462	0.673	16	0	0.014188	1.0620	6.1e-5

RELAZIONE TECNICA

CPT n°1 data:04/12/2018 elaborato n°184
 Cantiere: P.P.I.P. via Due Ponti - Carpi
 Committenti: Martinelli Barbieri

Quota livello di falda: 2.60

Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.60	19.00	2.27	8.38
0.80	19.00	1.80	10.56
1.00	18.00	1.20	15.00
1.20	17.00	0.93	18.21
1.40	16.00	0.67	24.00
1.60	14.00	0.47	30.00
1.80	10.00	0.60	16.67
2.00	9.00	0.53	16.88
2.20	14.00	0.40	35.00
2.40	14.00	0.73	19.09
2.60	28.00	1.07	26.25
2.80	15.00	0.33	45.00
3.00	10.00	0.53	18.75
3.20	10.00	0.40	25.00
3.40	11.00	0.53	20.63
3.60	12.00	0.53	22.50
3.80	9.00	0.60	15.00
4.00	11.00	0.47	23.57
4.20	10.00	0.60	16.67
4.40	10.00	0.53	18.75
4.60	14.00	0.73	19.09
4.80	15.00	1.13	13.24
5.00	16.00	0.73	21.82
5.20	24.00	1.00	24.00
5.40	18.00	0.67	27.00
5.60	15.00	0.93	16.07
5.80	15.00	0.87	17.31
6.00	17.00	1.00	17.00
6.20	16.00	1.07	15.00
6.40	17.00	1.13	15.00
6.60	16.00	1.20	13.33
6.80	17.00	1.00	17.00
7.00	13.00	0.93	13.93
7.20	14.00	0.87	16.15
7.40	15.00	0.87	17.31
7.60	22.00	0.87	25.38
7.80	20.00	1.40	14.29
8.00	16.00	1.00	16.00
8.20	15.00	0.80	18.75
8.40	23.00	1.00	23.00
8.60	25.00	1.33	18.75
8.80	15.00	1.07	14.06
9.00	10.00	0.67	15.00
9.20	12.00	0.67	18.00
9.40	13.00	0.53	24.38
9.60	11.00	0.60	18.33
9.80	13.00	0.60	21.67
10.00	12.00	0.60	20.00
10.20	12.00	0.80	15.00
10.40	14.00	0.73	19.09
10.60	28.00	1.40	20.00
10.80	19.00	0.40	47.50
11.00	8.00	0.67	12.00
11.20	8.00	0.47	17.14
11.40	10.00	0.60	16.67
11.60	12.00	0.60	20.00
11.80	12.00	0.67	18.00
12.00	12.00	0.87	13.85
12.20	12.00	0.87	13.85
12.40	14.00	0.80	17.50
12.60	14.00	0.80	17.50
12.80	14.00	1.07	13.13
13.00	18.00	1.00	18.00
13.20	19.00	1.00	19.00
13.40	11.00	1.40	7.86
13.60	15.00	1.07	14.06
13.80	15.00	1.33	11.25

dott. Claudio Preci geologo

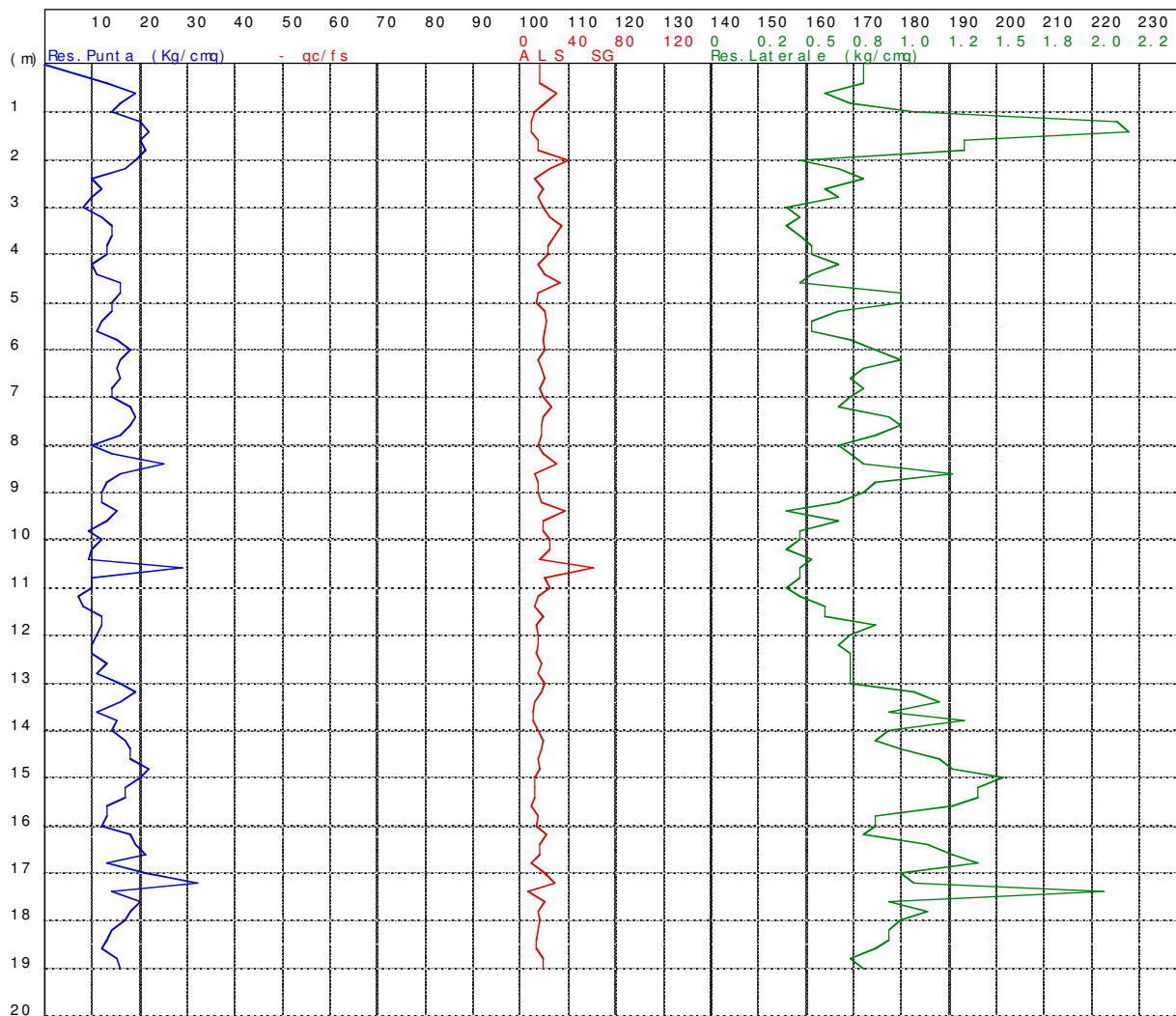
Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio v. W. Tabacchi n° 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 mob. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

14.00	14.00	0.93	15.00
14.20	17.00	0.87	19.62
14.40	18.00	1.00	18.00
14.60	18.00	1.20	15.00
14.80	22.00	1.27	17.37
15.00	20.00	1.53	13.04
15.20	17.00	1.40	12.14
15.40	17.00	1.40	12.14
15.60	13.00	1.27	10.26
15.80	13.00	0.87	15.00
16.00	12.00	0.87	13.85
16.20	18.00	0.80	22.50
16.40	19.00	1.13	16.76
16.60	21.00	1.27	16.58
16.80	13.00	1.40	9.29
17.00	21.00	1.00	21.00
17.20	32.00	1.07	30.00
17.40	14.00	2.07	6.77
17.60	20.00	0.93	21.43
17.80	18.00	1.13	15.88
18.00	17.00	1.00	17.00
18.20	14.00	0.93	15.00
18.40	13.00	0.93	13.93
18.60	12.00	0.87	13.85
18.80	15.00	0.73	20.45
19.00	21.00	0.47	45.00
19.20	17.00	0.47	36.43
19.40	15.00	0.73	20.45
19.60	14.00	0.60	23.33
19.80	11.00	0.73	15.00
20.00	11.00	0.93	11.79



CPT n°2 data: 04/12/2018 elaborato n° 185
 Cantiere: P.P.I.P. via Due Ponti - Carpi
 Committenti: Martinelli Barbieri



qc: 1 cm = 10 Kg/cm²
 fs: 1 cm = 0,25 Kg/cm²
 qc/fs: 1 cm = 40

Prof m	Strati	Ti pol o gi a	Gamma kg/ m³	Gamma' kg/ m³	Si gma' V kg/ cm²	CU kg/ cmq	FI °	DR %	Mv cm²/ Kg	K or iz Kg/ cm³	Per m cm/ sec
1.00		Li mo argil lo so pl asti co	1814	1814	0.181	0.741	29	0	0.014035	1.0000	2.2e-4
1.80		Argi lla li msa con si sten te	1862	1862	0.330	1.021	27	0	0.009639	2.0750	1.6e-5
2.20		Sab bi a argil -li msa ad den sa ta me di a	1700	1700	0.398	0.000	23	25	0.037037	1.2000	5.7e-3
		Li mo argil lo so soffi ce									
		FALDA									
3.20		Li mo argil -sab bi oso sci ol to	1759	1109	0.509	0.495	22	0	0.015119	0.6933	1.4e-4
4.60		Li mo argil lo so pl asti co									
			1815	1165	1.205	0.696	19	0	0.014049	1.0087	2.2e-4
9.20		Li mo argil -sab bi oso sci ol to									
			1802	1152	1.366	0.625	18	0	0.014013	0.9238	3.4e-3
10.60		Li mo argil lo so soffi ce									
			1733	1083	1.453	0.365	15	0	0.016474	0.5833	1.6e-4
11.40		Argi lla li msa pl asti ca									
			1810	1160	1.987	0.633	16	0	0.013650	1.4652	3.5e-5
16.00		Li mo argil lo so pl asti co									
			1837	1187	2.343	0.760	16	0	0.014763	1.1689	7.7e-5
19.00											

RELAZIONE TECNICA

CPT n°2 data:04/12/2018 elaborato n° 185
 Cantiere: P.P.I.P. via Due Ponti - Carpi
 Committenti: Martinelli Barbieri

Quota livello di falda: 2.60

Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.40	13.00	0.80	16.25
0.60	19.00	0.60	31.67
0.80	16.00	0.73	21.82
1.00	14.00	1.07	13.13
1.20	20.00	2.13	9.38
1.40	22.00	2.20	10.00
1.60	20.00	1.33	15.00
1.80	21.00	1.33	15.75
2.00	19.00	0.47	40.71
2.20	17.00	0.67	25.50
2.40	10.00	0.80	12.50
2.60	12.00	0.60	20.00
2.80	10.00	0.67	15.00
3.00	8.00	0.40	20.00
3.20	12.00	0.47	25.71
3.40	14.00	0.40	35.00
3.60	14.00	0.47	30.00
3.80	13.00	0.53	24.38
4.00	13.00	0.53	24.38
4.20	10.00	0.67	15.00
4.40	11.00	0.53	20.63
4.60	16.00	0.47	34.29
4.80	16.00	1.00	16.00
5.00	14.00	1.00	14.00
5.20	14.00	0.67	21.00
5.40	12.00	0.53	22.50
5.60	11.00	0.53	20.63
5.80	15.00	0.73	20.45
6.00	18.00	0.87	20.77
6.20	16.00	1.00	16.00
6.40	15.00	0.80	18.75
6.60	16.00	0.73	21.82
6.80	14.00	0.80	17.50
7.00	14.00	0.73	19.09
7.20	18.00	0.67	27.00
7.40	19.00	0.93	20.36
7.60	18.00	1.00	18.00
7.80	16.00	0.87	18.46
8.00	10.00	0.67	15.00
8.20	14.00	0.73	19.09
8.40	25.00	0.80	31.25
8.60	16.00	1.27	12.63
8.80	13.00	0.87	15.00
9.00	12.00	0.80	15.00
9.20	12.00	0.67	18.00
9.40	15.00	0.40	37.50
9.60	13.00	0.67	19.50
9.80	9.00	0.47	19.29
10.00	12.00	0.47	25.71
10.20	10.00	0.40	25.00
10.40	9.00	0.53	16.88
10.60	29.00	0.47	62.14
10.80	10.00	0.47	21.43
11.00	10.00	0.40	25.00
11.20	7.00	0.47	15.00
11.40	8.00	0.60	13.33
11.60	12.00	0.60	20.00
11.80	12.00	0.87	13.85
12.00	11.00	0.73	15.00
12.20	10.00	0.67	15.00
12.40	10.00	0.73	13.64
12.60	13.00	0.73	17.73
12.80	11.00	0.73	15.00
13.00	16.00	0.73	21.82
13.20	19.00	1.07	17.81
13.40	16.00	1.20	13.33
13.60	11.00	0.93	11.79

dott. Claudio Preci geologo

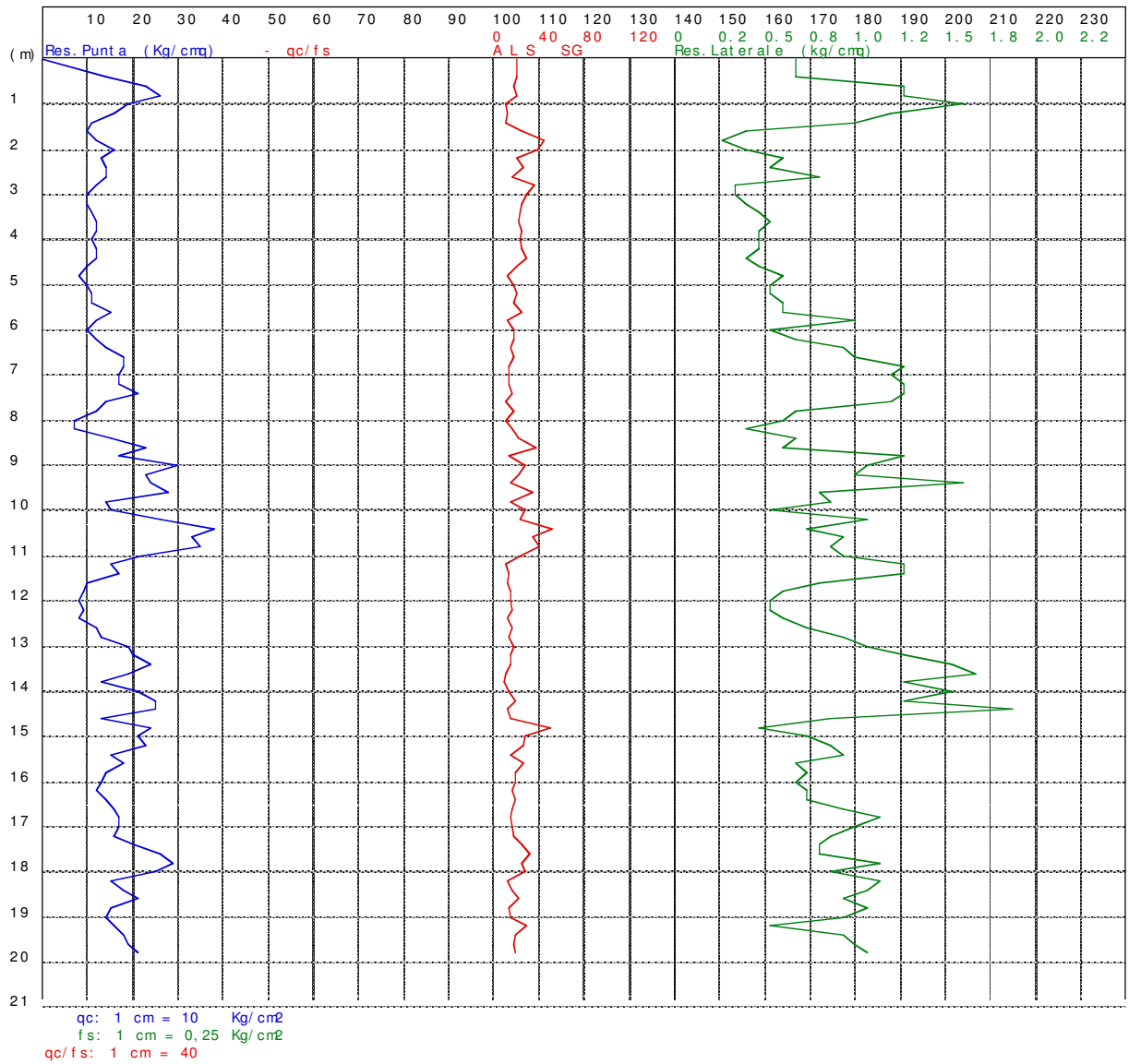
Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio v. W. Tabacchi n° 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 mob. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

13.80	15.00	1.33	11.25
14.00	14.00	0.93	15.00
14.20	17.00	0.87	19.62
14.40	18.00	1.00	18.00
14.60	18.00	1.20	15.00
14.80	22.00	1.27	17.37
15.00	20.00	1.53	13.04
15.20	17.00	1.40	12.14
15.40	17.00	1.40	12.14
15.60	13.00	1.27	10.26
15.80	13.00	0.87	15.00
16.00	12.00	0.87	13.85
16.20	18.00	0.80	22.50
16.40	19.00	1.13	16.76
16.60	21.00	1.27	16.58
16.80	13.00	1.40	9.29
17.00	21.00	1.00	21.00
17.20	32.00	1.07	30.00
17.40	14.00	2.07	6.77
17.60	20.00	0.93	21.43
17.80	18.00	1.13	15.88
18.00	17.00	1.00	17.00
18.20	14.00	0.93	15.00
18.40	13.00	0.93	13.93
18.60	12.00	0.87	13.85
18.80	15.00	0.73	20.45
19.00	16.00	0.80	20.00



CPT n°3 data: 04/12/2018 elaborato n°186
 Cantiere: P.P.I.P. via Due Ponti - Carpi
 Committenti: Martinelli Barberi



Prof mi	Strati	Ti pol o gi a	Gamma kg/ m³	Gamma' kg/ m³	Si gma' V kg/ cm²	CU kg/ cmq	Fl °	DR %	Mv cm²/ Kg	K or iz Kg/ cm³	Per m cm/ sec
1.40		Li mo argilloso consistente	1837	1837	0.257	0.866	28	0	0.014782	1.1714	6.6e-5
2.00		Sabbi a argilloso-limosa sciolta	1650	1650	0.356	0.000	22	15	0.039474	0.8444	9.9e-3
2.60		Li mo argilloso plastico	1800	1800	0.464	0.660	23	0	0.014026	0.9111	5.4e-4
4.40	FALDA	Li mo argil -sabbioso sciolto	1772	1122	0.666	0.533	21	0	0.014625	0.7556	2.2e-3
7.80		Li mo argilloso plastico	1798	1148	1.057	0.624	19	0	0.014039	0.9020	6.8e-5
8.20		Argilla limosa soffice	1700	1050	1.099	0.295	15	0	0.020408	0.7000	1.6e-5
11.40		Li mo argil -sabbioso addensato medio	1880	1230	1.492	1.097	20	0	0.014222	1.5625	1.3e-3
12.40		Argilla limosa soffice	1734	1084	1.601	0.360	15	0	0.018629	0.8800	2.2e-5
19.80		Li mo argilloso plastico	1844	1194	2.484	0.796	16	0	0.015270	1.2270	2.0e-4

RELAZIONE TECNICA

CPT n°3 data:04/12/2018 elaborato n°186
 Cantiere: P.P.I.P. via Due Ponti - Carpi
 Committenti: Martinelli Barbieri

Quota livello di falda: 2.60

Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.40	14.00	0.67	21.00
0.60	23.00	1.27	18.16
0.80	26.00	1.27	20.53
1.00	19.00	1.60	11.88
1.20	16.00	1.20	13.33
1.40	11.00	1.00	11.00
1.60	10.00	0.40	25.00
1.80	12.00	0.27	45.00
2.00	16.00	0.40	40.00
2.20	13.00	0.60	21.67
2.40	14.00	0.53	26.25
2.60	14.00	0.80	17.50
2.80	12.00	0.33	36.00
3.00	10.00	0.33	30.00
3.20	10.00	0.40	25.00
3.40	11.00	0.47	23.57
3.60	12.00	0.53	22.50
3.80	12.00	0.47	25.71
4.00	11.00	0.47	23.57
4.20	12.00	0.47	25.71
4.40	12.00	0.40	30.00
4.60	10.00	0.47	21.43
4.80	8.00	0.60	13.33
5.00	10.00	0.53	18.75
5.20	11.00	0.53	20.63
5.40	11.00	0.60	18.33
5.60	15.00	0.60	25.00
5.80	12.00	1.00	12.00
6.00	10.00	0.53	18.75
6.20	12.00	0.67	18.00
6.40	14.00	0.93	15.00
6.60	18.00	1.00	18.00
6.80	18.00	1.27	14.21
7.00	17.00	1.20	14.17
7.20	17.00	1.27	13.42
7.40	21.00	1.27	16.58
7.60	14.00	1.20	11.67
7.80	12.00	0.67	18.00
8.00	7.00	0.60	11.67
8.20	7.00	0.40	17.50
8.40	15.00	0.67	22.50
8.60	23.00	0.60	38.33
8.80	17.00	1.27	13.42
9.00	30.00	1.07	28.13
9.20	23.00	1.00	23.00
9.40	24.00	1.60	15.00
9.60	28.00	0.80	35.00
9.80	14.00	0.87	16.15
10.00	15.00	0.53	28.13
10.20	26.00	1.07	24.38
10.40	38.00	0.73	51.82
10.60	33.00	0.93	35.36
10.80	35.00	0.87	40.38
11.00	22.00	0.93	23.57
11.20	15.00	1.27	11.84
11.40	17.00	1.27	13.42
11.60	10.00	0.80	12.50
11.80	9.00	0.60	15.00
12.00	8.00	0.53	15.00
12.20	9.00	0.53	16.88
12.40	8.00	0.60	13.33
12.60	12.00	0.73	16.36
12.80	13.00	0.93	13.93
13.00	19.00	1.07	17.76
13.20	20.00	1.27	15.75
13.40	24.00	1.53	15.65
13.60	19.00	1.67	11.40

dott. Claudio Preci geologo

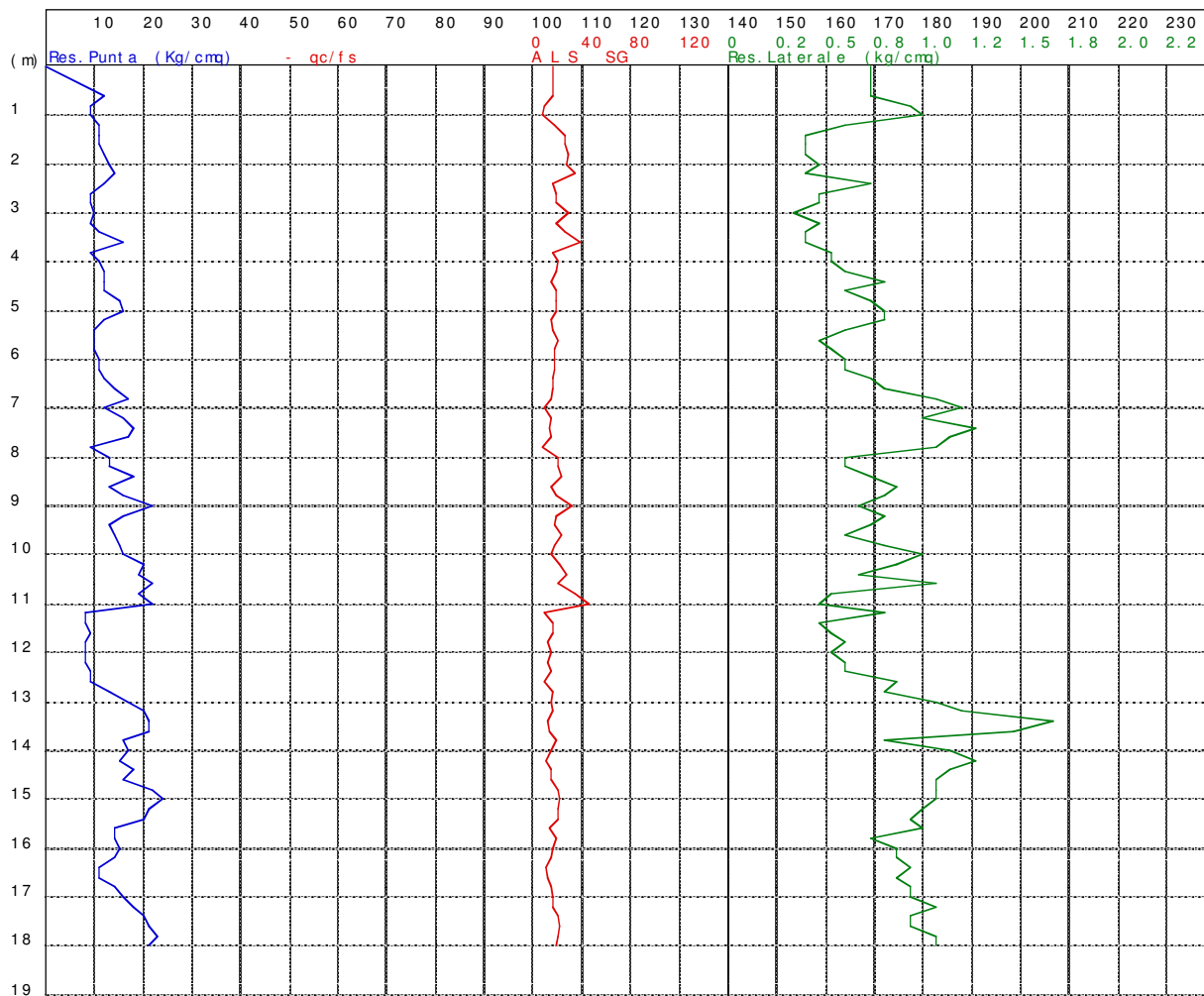
Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio v. W. Tabacchi n° 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 mob. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

13.80	13.00	1.27	10.26
14.00	21.00	1.53	13.70
14.20	25.00	1.27	19.74
14.40	25.00	1.87	13.39
14.60	13.00	0.87	15.00
14.80	24.00	0.47	51.43
15.00	21.00	0.73	28.64
15.20	23.00	0.87	26.54
15.40	15.00	0.93	16.07
15.60	18.00	0.67	27.00
15.80	14.00	0.73	19.09
16.00	13.00	0.67	19.50
16.20	12.00	0.73	16.36
16.40	14.00	0.73	19.09
16.60	16.00	0.93	17.14
16.80	17.00	1.13	15.00
17.00	17.00	1.00	17.00
17.20	16.00	0.87	18.46
17.40	20.00	0.80	25.00
17.60	26.00	0.80	32.50
17.80	29.00	1.13	25.59
18.00	25.00	0.87	28.85
18.20	15.00	1.13	13.24
18.40	18.00	1.07	16.88
18.60	21.00	0.93	22.50
18.80	15.00	1.07	14.06
19.00	14.00	0.93	15.00
19.20	16.00	0.53	30.00
19.40	18.00	0.93	19.29
19.60	19.00	1.00	19.00
19.80	21.00	1.07	19.69



CPT n°4 data: 04/12/2018 elaborato n° 187
 Cantiere: P.P.I.P. via Due Ponti - Carpi
 Committenti: Martinelli Barbieri



qc: 1 cm = 10 Kg/cm²
 fs: 1 cm = 0,25 Kg/cm²
 qc/fs: 1 cm = 40

Prof m	Strati	Ti pol o gi a	Gamma kg/ m³	Gamma' kg/ m³	Si gma' V kg/ cm²	CU kg/ cmg	Fl °	DR %	Mv cm²/ Kg	K or iz Kg/ cm³	Per m cm sec
1.00		Argilla limosa plastica	1765	1765	0.176	0.531	27	0	0.018155	1.0800	9.8e-6
		Lim argil-sabbioso sciolto	1780	1780	0.390	0.580	24	0	0.014368	0.8000	2.5e-3
2.20		Lim argilloso soffice	1753	1103	0.456	0.477	22	0	0.015385	0.6667	1.6e-4
2.80	FALDA	Lim argil-sabbioso sciolto	1767	1117	0.568	0.522	21	0	0.014782	0.7333	1.9e-3
3.80		Lim argilloso plastico	1810	1160	1.403	0.663	18	0	0.014010	0.9778	2.5e-4
11.00		Argilla limosa soffice	1727	1077	1.576	0.340	15	0	0.018915	0.8375	1.2e-5
12.60		Lim argilloso plastico	1837	1187	2.217	0.765	17	0	0.014756	1.1679	1.0e-4
18.00											

RELAZIONE TECNICA

CPT n°4 data:04/12/2018 elaborato n° 187
 Cantiere: P.P.I.P. via Due Ponti - Carpi
 Committenti: Martinelli Barbieri

Quota livello di falda: 2.40

Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.60	12.00	0.73	16.36
0.80	9.00	0.93	9.64
1.00	9.00	1.00	9.00
1.20	11.00	0.60	18.33
1.40	11.00	0.40	27.50
1.60	11.00	0.40	27.50
1.80	12.00	0.40	30.00
2.00	13.00	0.47	27.86
2.20	14.00	0.40	35.00
2.40	12.00	0.73	16.36
2.60	9.00	0.47	19.29
2.80	9.00	0.47	19.29
3.00	10.00	0.33	30.00
3.20	9.00	0.47	19.29
3.40	11.00	0.40	27.50
3.60	16.00	0.40	40.00
3.80	9.00	0.53	16.88
4.00	11.00	0.53	20.63
4.20	12.00	0.60	20.00
4.40	12.00	0.80	15.00
4.60	12.00	0.60	20.00
4.80	15.00	0.73	20.45
5.00	16.00	0.80	20.00
5.20	12.00	0.80	15.00
5.40	10.00	0.60	16.67
5.60	10.00	0.47	21.43
5.80	10.00	0.53	18.75
6.00	11.00	0.60	18.33
6.20	11.00	0.60	18.33
6.40	12.00	0.73	16.36
6.60	14.00	0.80	17.50
6.80	17.00	1.07	15.94
7.00	12.00	1.20	10.00
7.20	16.00	1.00	16.00
7.40	18.00	1.27	14.21
7.60	17.00	1.13	15.00
7.80	9.00	1.07	8.44
8.00	13.00	0.60	21.67
8.20	13.00	0.60	21.67
8.40	18.00	0.73	24.55
8.60	13.00	0.87	15.00
8.80	16.00	0.80	20.00
9.00	22.00	0.67	33.00
9.20	16.00	0.80	20.00
9.40	13.00	0.73	17.73
9.60	14.00	0.60	23.33
9.80	15.00	0.80	18.75
10.00	16.00	1.00	16.00
10.20	20.00	0.87	23.08
10.40	19.00	0.67	28.50
10.60	22.00	1.07	20.63
10.80	19.00	0.53	35.63
11.00	22.00	0.47	47.14
11.20	8.00	0.80	10.00
11.40	8.00	0.47	17.14
11.60	9.00	0.53	16.88
11.80	8.00	0.60	13.33
12.00	8.00	0.53	15.00
12.20	8.00	0.60	13.33
12.40	9.00	0.60	15.00
12.60	9.00	0.87	10.38
12.80	13.00	0.80	16.25
13.00	17.00	1.07	15.94
13.20	20.00	1.20	16.67
13.40	21.00	1.67	12.60
13.60	21.00	1.47	14.32
13.80	16.00	0.80	20.00

dott. Claudio Preci geologo

Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

Studio v. W. Tabacchi n° 125 - 41123 Modena tel. 059/823020 mob. 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

14.00	17.00	1.13	15.00
14.20	15.00	1.27	11.84
14.40	18.00	1.13	15.88
14.60	16.00	1.07	15.00
14.80	22.00	1.07	20.63
15.00	24.00	1.07	22.50
15.20	21.00	1.00	21.00
15.40	20.00	0.93	21.43
15.60	14.00	1.00	14.00
15.80	14.00	0.73	19.09
16.00	15.00	0.87	17.31
16.20	14.00	0.87	16.15
16.40	11.00	0.93	11.79
16.60	11.00	0.87	12.69
16.80	14.00	0.93	15.00
17.00	16.00	0.93	17.14
17.20	18.00	1.07	16.88
17.40	20.00	0.93	21.43
17.60	21.00	0.93	22.50
17.80	23.00	1.07	21.56
18.00	21.00	1.07	19.69

