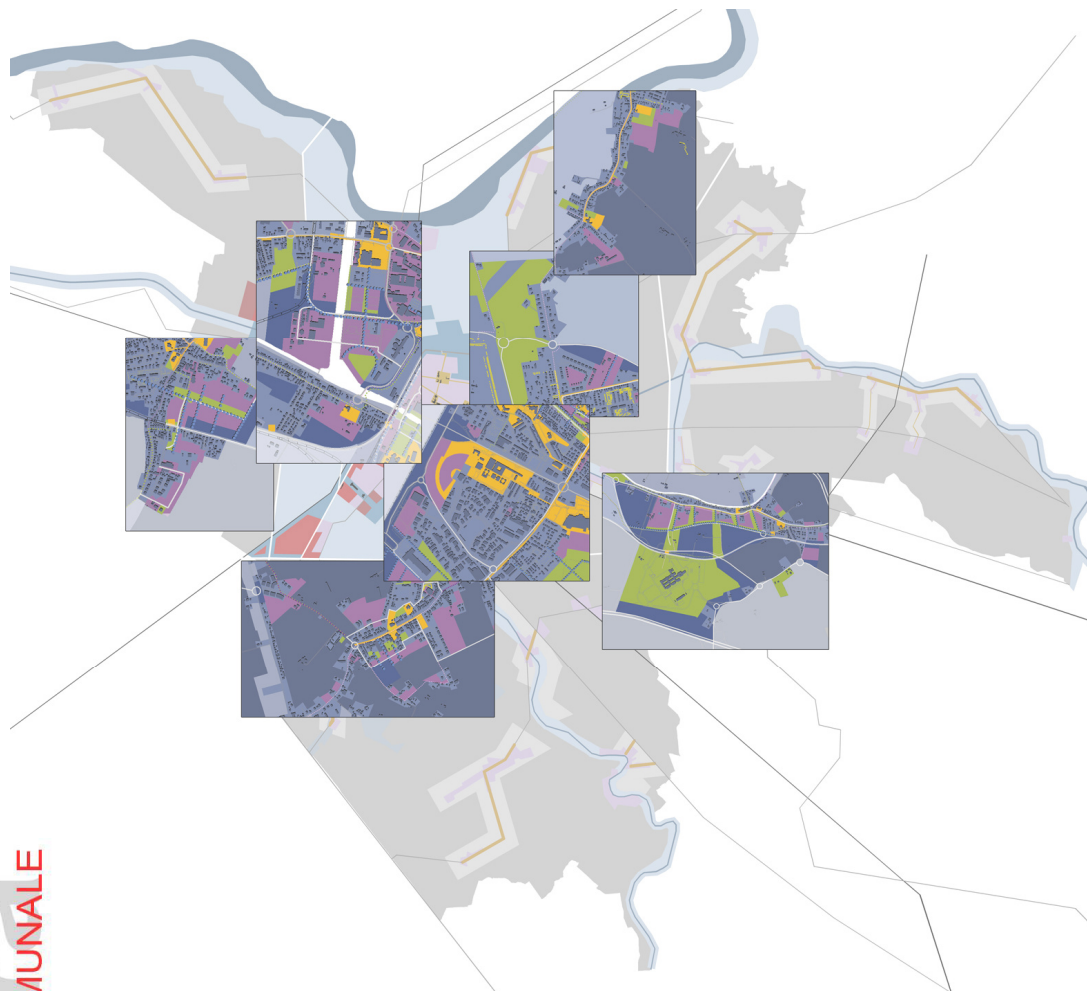




COMUNE DI FERRARA
Città Patrimonio dell'Umanità



POC ferrara
PIANO OPERATIVO COMUNALE

PIANO OPERATIVO COMUNALE

Elaborato QC1.1.1 - STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO - relazione

adottato il 28/10/2013 con delibera consiliare PG. 82532/13



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI
FERRARA**

&



CONSORZIO FERRARA RICERCHE

Via G. Saragat, 1 – 44122 FERRARA

Comune di Ferrara

Studio di Microzonazione Sismica di Terzo Livello

Attuazione dell'Articolo 11 della

Legge 2 giugno 2009 n.77, dell'O.P.C.M 4007/2012

e della

Delibera della Giunta Regionale

dell'Emilia-Romagna, 1302-2012

Università degli studi di Ferrara

Dipartimento di Ingegneria

Gruppo Geotecnico:

Prof. Ing. Vincenzo Fioravante, Ph.D.

Ing. Daniela Giretti, Ph.D.



SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	5
1.1 FINALITÀ DELLO STUDIO	5
1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'AREA	6
1.3 ARCHIVI CONSULTATI E CARTOGRAFIA DI BASE	6
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	8
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	10
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	13
4.1 INDAGINI PREGRESSE	13
4.1.1 Indagini geotecniche	13
4.1.2 Indagini geofisiche.....	13
4.2 INDAGINI REALIZZATE EX NOVO	14
4.2.1 Indagini geotecniche	14
4.2.2 Indagini geofisiche.....	14
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	15
5.1 FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI.....	15
5.2 VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO DA PROVE SCPTU	17
5.3 VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO DA PROVE ESAC	18
5.4 PROFONDITÀ DEI “CONTRASTI DI IMPEDENZA SIGNIFICATIVI.....	19
5.5 MODELLO STRATIGRAFICO LOCALE DA PROVE PENETROMETRICHE STATICHE	20
5.6 SEZIONI LITOTECNICHE E MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	22
5.7 PROFONDITÀ DELLE SABBIE SUPERFICIALI	24
6. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE.....	26
6.1 EFFETTI DI SITO ATTESI	26
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	27
7.1 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DI SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (ANALISI SEMPLIFICATA)	27



7.2 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DA SIMULAZIONI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE PER LE ANALISI DI TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	28
7.2.1 Sequenze litostratigrafiche, peso dell'unità di volume e velocità di propagazione delle onde di taglio	29
7.2.2 Curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del damping	30
7.2.3 Accelerogrammi di input.....	30
7.2.3 Risultati	30
7.3 SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE (LIVELLO 3)	32
7.3.1 Profilo CSR(z).....	32
7.3.2 Profilo CRR(z)	33
7.3.3 Fattore di sicurezza FL(z) e indice del potenziale di liquefazione	35
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	37
8.1 CARTA DELLE INDAGINI	37
8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	37
8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	38
8.4 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA (LIVELLO 2).....	39
8.4 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA (LIVELLO 3).....	39
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI..	40
10. BIBLIOGRAFIA.....	41
ALLEGATI	43
ALLEGATO 1 – FIGURE	44
ALLEGATO 2 – TABELLE	45
ALLEGATO 3 - CARTE.....	46



1. Introduzione

1.1 Finalità dello studio

Oggetto della presente relazione è lo “Studio di Microzonazione Sismica di Terzo Livello” del Comune di Ferrara, in attuazione dell’Articolo 11 della Legge 2, giugno 2009, n.77, dell’O.P.C.M. 4007/2012 e della Delibera della Giunta Regionale dell’Emilia-Romagna, 1302-2012.

Lo studio descritto nel seguito, oggetto di una convenzione fra l’Amministrazione Comunale di Ferrara ed il Consorzio Ferrara Ricerche, è stato svolto dal Gruppo Geotecnico della Facoltà di Ingegneria dell’Università degli Studi di Ferrara, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Fisiche, della terra e dell’Ambiente dell’Università di Siena, e ha avuto l’obiettivo di realizzare la Microzonazione sismica del territorio urbanizzato e urbanizzabile del comune.

Lo studio è stato condotto in accordo alle più recenti disposizioni normative (O.P.C.M. 3274/2003, D.M. 14/09/2005, Delibera Regionale 102-2007, D.M. 14/01/2008, I.C.M.S 2009).

Le attività di ricerca sono state articolate come segue:

1. definizione della pericolosità sismica di base e degli eventi sismici di riferimento per il Comune di Ferrara;
2. inquadramento geologico, geomorfologico e litologico dell’area in esame;
3. raccolta di indagini geotecniche e geofisiche pregresse da utilizzare per le analisi di primo, secondo e terzo livello;
4. pianificazione ed esecuzione di una campagna di 14 prove penetrometriche statiche con piezocono sismico (SCPTU), di 39 misure del rumore ambientale con metodo a stazione singola (HVSr) e di 4 misure della velocità delle onde di superficie mediante array di geofoni (ESAC);
5. realizzazione di una banca dati contenente tutte le indagini geognostiche disponibili in accordo agli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la microzonazione sismica versione 2.0”;
6. interpretazione in chiave litostratigrafica di 643 prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT), elettriche (CPTE), con piezocono (CPTU), con piezocono e modulo sismico SCPTU e di 59 sondaggi (di tipo a carotaggio continuo o pozzi per idrocarburi);
7. interpretazione di 99 prove geofisiche (HVSr e ESAC) ai fini della definizione del bedrock sismico;
8. definizione, per ogni verticale penetrometrica analizzata, del profilo geotecnico di riferimento e dei principali parametri meccanici, validi sia nel campo delle sollecitazioni statiche che dinamiche;



9. classificazione sismica e valutazione del fattore di amplificazione del moto sismico in ogni sito di realizzazione di prova SCPTU;
10. verifica, per ogni verticale penetrometrica, della suscettibilità dei terreni a liquefare in caso di sisma, secondo procedure di calcolo riconosciute nella letteratura geotecnica ed in accordo alle normative tecniche vigenti;
11. valutazione, per ogni verticale penetrometrica, della suscettibilità dei terreni a manifestare eccessivi cedimenti per addensamento e/o riconsolidazione indotti da sisma;
12. stima della possibile amplificazione sismica locale per 11 siti definiti dall'Amministrazione Comunale di importanza strategica ai fini della Condizione Limite per l'Emergenza CLE;
13. stima della possibile amplificazione sismica locale per 3 aree di espansione di proprietà dell'Amministrazione Comunale;
14. redazione degli elaborati elencati di seguito, secondo gli standard di rappresentazione grafica e archiviazione informatica previsti dagli "Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica" approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e dal Dipartimento di Protezione Civile, secondo quanto previsto dall'OPCM 4007/2012:
 - ✓ Carta delle Indagini
 - ✓ Carta Geologico-Tecnica
 - ✓ Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di livello 1
 - ✓ Carte di Microzonazione Sismica di livello 2 e livello 3 (Microzonazione Sismica con approfondimenti)
 - ✓ Carta delle frequenze naturali dei terreni
 - ✓ Carta della velocità di propagazione delle onde di taglio
 - ✓ Carta degli elementi del sottosuolo che possono modificare il moto sismico in superficie
15. Integrazione delle carte di rischio sismico del Piano Strutturale Comunale (PSC) vigente.

1.2 Descrizione generale dell'area

Il Comune di Ferrara (codice ISTAT 038008) si trova in Provincia di Ferrara e ha una superficie di 405.16 km². In Figura 1.1 è riportata un'immagine del territorio comunale con stralcio della Carta Tecnica Regionale, CTR alla scala 1:5000.

1.3 Archivi consultati e cartografia di base

Le prove utilizzate per il presente studio appartengono in parte al database di prove geognostico della Regione Emilia Romagna (N. 312) e in parte al database del Comune di Ferrara (N. 364). Le



restanti sono state realizzate appositamente per questo studio. Le diverse tipologie di prove analizzate sono descritte nel dettaglio nel Capitolo 4.

La cartografia di base utilizzata è la seguente:

1. Carta Geologica di Pianura (Regione Emilia Romagna, RER, 1999)
2. Carta geomorfologica comunale (Bondesan e Gargini 2003)
3. Carta comunale delle litologie di superficie (Bartolomei et al. 1975)
4. Carta comunale del tetto della falda freatica (Amministrazione Provinciale 1982)
5. Carte della falda freatica dicembre 2002-luglio 203 (Gargini e Bondesan 2003)
6. Riserve idriche sotterranee della Provincia di Ferrara
7. Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Il territorio del comune di Ferrara si trova all'interno della zona 912 della zonazione sismogenica ZS9 (Meletti e Valensise 2004), come rappresentato in Figura 2.1. La massima magnitudo attesa nella zona è $M = 6.14$ ("Indirizzi e criteri per microzonazione sismica", I.C.M.S. 2009).

La lista dei principali eventi sismici occorsi nell'area in esame fino al 2011, dedotta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI11 (Rovida et al. 2011) è riportata in Tabella 2.1; tutti i terremoti elencati sono caratterizzati da Magnitudo inferiore a 5.5. In Figura 2.2 sono ubicati alcuni degli epicentri dei terremoti storici più significativi.

La sequenza sismica che nel maggio-giugno 2012 ha interessato i comuni delle provincie di Ferrara e Modena a ovest del territorio oggetto di studio è invece sintetizzata in Tabella 2.2, dove sono riportati gli eventi sismici di magnitudo superiore a 3.5; l'ubicazione degli epicentri, aggiornata al 7 giugno 2012, è rappresentata in Figura 2.3. La sequenza è stata caratterizzata da due eventi principali di Magnitudo 5.9 e 5.8 (20 e 29 maggio); le Figure 2.4 e 2.5 rappresentano le mappe di scuotimento in termini di intensità macrosismica e massima accelerazione orizzontale in superficie relative ai due eventi principali. Si noti che il territorio del Comune di Ferrara è stato interessato da intensità macrosismica di grado ≤ 5 e da accelerazioni orizzontali massime inferiori a 0.1g.

In Figura 2.6 è riportata la carta di disaggregazione per il Comune di Ferrara elaborata dall'INGV, la quale evidenzia che i terremoti più probabili (probabilità compresa tra il 15% e il 20%) attesi nell'area hanno una Magnitudo compresa tra 4.5. e 5 e distanze epicentrali inferiori a 10 km, ma sono possibili terremoti di Magnitudo maggiore di 5.5 e distanze epicentrali inferiori a 10 km (probabilità inferiore al 7%). Queste indicazioni sono in buon accordo con quanto avvenuto durante la sequenza sismica maggio-giugno 2012.

Alla luce delle informazioni disponibili per l'area in esame e anche in accordo alle indicazioni riportate negli I.C.M.S. 2009, il valore di riferimento della magnitudo assunto per le analisi descritte nel seguito è il valore massimo previsto per la zona sismogenica 912, $M = 6.14$.

Per quanto riguarda le accelerazioni di progetto per il territorio del Comune di Ferrara, in Figura 2.7 sono rappresentate le accelerazioni massime attese su suolo rigido (PGA_0) di riferimento secondo le Norme Tecniche Italiane, NTC 2008, relative ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ovvero tempo di ritorno pari a $T_r = 475$ anni: si notino accelerazioni attese variabili tra 0.1g e 0.175g. In Figura 2.8 è rappresentato lo spettro di risposta in accelerazione rappresentativo del moto sismico atteso per il comune di Ferrara, per un periodo di ritorno di 475 anni e su suolo di riferimento rigido, secondo gli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-

Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”. Lo spettro è ancorato a una $PGA_0 = 0.132g$. Tale valore è stato assunto come valore di input per le analisi descritte nel seguito.

Infine, come segnali di riferimento per il calcolo della risposta sismica locale, sono stati utilizzati gli accelerogrammi previsti per l’area in esame dagli “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”. Tali segnali, rappresentati in Figura 2.9, sono rappresentativi dello scuotimento atteso su suolo rigido di riferimento. In Tabella 2.3 sono elencate le seguenti caratteristiche degli stessi:

- PGA = valore massimo di accelerazione registrato al suolo durante lo scuotimento sismico;
- PGV = valore massimo di velocità registrato al suolo durante lo scuotimento sismico;
- PGD = valore massimo di spostamento registrato al suolo durante lo scuotimento sismico;
- $I_a = \frac{\pi}{2g} \int_0^{T_d} a^2(t) dt$ = Intensità Arias;

dove: $a(t)$ = accelerazione al tempo t ;

- T_d = durata totale dell’accelerogramma;
- d_{90} = intervallo temporale del segnale accelerometrico nel quale il moto sismico risulta “significativo”, valutato in base alla funzione di Arias normalizzata rispetto al valore massimo I_{max} : la durata è pari all’intervallo temporale t_2-t_1 , dove $I(t_1) = 0.05$ e $I(t_2) = 0.95$;
- $SI = \int_{0.1}^{2.5} PSV(T, \xi) dT$ = Intensità Housner

dove: PSV = spettro di risposta di pseudo-velocità;

T = periodo;

ξ = smorzamento strutturale assunto pari al 5%;

- $SI_{05} = \int_{0.1}^{0.5} PSV(T, \xi) dT$ = Intensità Housner calcolata nell’intervallo $T = [0.1, 0.5]$;
- $SI_{15} = \int_{0.5}^{1.5} PSV(T, \xi) dT$ = Intensità Housner nell’intervallo $T = [0.5, 1.5]$;



3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Il territorio del Comune di Ferrara si trova nella Pianura Padana, una depressione tettonica formatasi fra le Alpi e gli Appennini, quando tali catene montuose si sollevarono ed emersero dal mare in seguito a fenomeni orogenetici, e colmata da depositi di materiali sciolti di origine marina e fluvio-deltizia.

L'area in particolare è situata sulla verticale delle Pieghe Ferraresi, archi dell'orogene appenninico costituiti da due fasci di anticlinali, pieghe-faglie e ricoprimenti, generalmente vergenti verso nord e con assi allungati in direzione WNW-ESE. Le spinte tangenziali che hanno dato origine a queste strutture si sono prodotte prevalentemente a partire dal Miocene. Nel Pliocene e nel Quaternario si sono verificati movimenti verticali che hanno inizialmente portato all'emersione delle culminazioni e ad un'accentuata sedimentazione nelle depressioni. Nel Quaternario, ha prevalso la subsidenza con conseguente seppellimento anche delle creste (Gargini e Bondesan 2003). Le strutture delle Pieghe Ferraresi sono responsabili dei terremoti che si sono verificati in passato nell'area in esame. Per quanto riguarda i terreni di copertura, nella pianura del comune di Ferrara, in superficie affiorano in modo uniforme sedimenti olocenici di piana alluvionale e deltizia che si spingono in profondità per diversi di metri. Seguono, all'aumentare della profondità, depositi più antichi di età plio-quaternaria di origine continentale, marina, lagunare e fluviopalustre e infine la roccia lapidea, di età pre-pliocenica.

Entro i primi 30-35 m di profondità, si trovano in successione sedimenti olocenici (mediamente primi 20-30 metri di profondità), dovuti ad accumulo detritico di tipo alluvionale e deltizio (sedimentazione di bassa pianura), seguiti da depositi sabbiosi di età fine-Pleistocene/primo-Olocene (sabbie würmiane, ambiente di steppa-taiga glaciale di media pianura) diffusi con continuità in tutto il territorio comunale e più superficiali a nord, dove il tetto delle sabbie glaciali si trova tra i 18 e i 25 m di profondità, più approfonditi a sud, dove il tetto si spinge fino a oltre 30 m (Gargini et al. 2003).

La deposizione di tipo fluviale in epoca olocenica, avvenuta in modo non uniforme, ha avuto come conseguenza diretta un'estrema eterogeneità granulometrica dei sedimenti presenti entro i primi 20-30 m di profondità, sia in senso verticale che areale, per cui l'assetto stratigrafico della zona risulta abbastanza complesso. L'area oggetto di studio era infatti interessata dall'apparato deltizio del Po, i cui rami erano liberi di espandere le proprie acque di piena nelle zone circostanti. Nelle sponde naturali dell'alveo e nelle aree immediatamente circostanti venivano depositati i materiali più grossolani (che essendo meno compressibili hanno originato quelle che oggi sono le fasce morfologicamente più elevate del territorio), mentre i sedimenti più fini e compressibili si

distribuiscono lontano, nelle aree situate tra un alveo e l'altro, dando origine a bacini depressi rispetto ai corsi d'acqua. Gli interventi antropici di regimentazione dei corsi d'acqua hanno accentuato il dislivello tra i fiumi e canali e la campagna circostante.

Nel territorio del comune si possono quindi distinguere entro i primi 20-30 m di profondità tre ambienti morfologici - deposizionali principali:

- ambiente dei paleoalvei, caratterizzato dalla presenza di corpi sabbiosi inclusi in macrostrati di terreni fini. Tali corpi sabbiosi, talvolta affioranti, spesso sepolti, si sviluppano linearmente seguendo i corsi degli alvei fluviali attivi o estinti.
- ambiente dei bacini interfluviali, costituito dalle aree di sedimentazione delle frazioni più fini. Tale ambito è caratterizzato dalla prevalenza di argille inorganiche, argille limose, limi argillosi laminati, argille organiche, con frequenti intercalazioni torbose.
- ambiente di transizione dalle zone di paleoalveo a quelle dei bacini interfluviali, caratterizzato da alternanze di materiali fini e lenti sabbiose.

Tali ambienti deposizionali sono ben evidenziati nella Carta Geologica di Pianura (RER 1999). Lo stralcio della carta relativo al territorio comunale è riportato in Figura 3.1: si distinguono depositi di palude costituiti da limi e limi argillosi; depositi di canale distributore e argine costituiti da sabbie da medie a fini; depositi di piana a meandri, costituiti da sabbie medie e grossolane; aree interfluviali e depositi di palude costituiti da argille limose, argille e limi argillosi laminati; depositi di argine distale costituiti da limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e depositi di canale e argine prossimale, costituiti da sabbie medie e fini.

Nella carta geomorfologica sovrapposta in Figura 3.2 alla carta geologica di pianura (Bondesan e Gargini, 2003) è invece rappresentato il complesso reticolo di antichi corsi d'acqua che hanno originato gli ambienti deposizionali descritti. La carta evidenzia la presenza di varie forme morfologiche rilevanti: i paleoalvei principali di tipo dossivo (paleoalveo del Po di Ferrara, paleoalveo del Po di Volano, paleoalveo del Po Morto di Primaro, paleoalveo o "paleodelta" del fiume Reno, paleoalveo del Canal Ladino, situato a Sud di Porotto, forse formato dal Reno o dal Panaro in età antica), i paleoalvei secondari non dossivi, i ventagli e canali di rotta, che si dipartono dai paleoalvei principali, e varie forme esclusivamente antropiche quali argini fluviali, tratti artificiali d'alveo, argini e terrapieni interni al territorio, canali attuali e canali abbandonati. La sovrapposizione tra carta geologica e geomorfologica mostra che la distribuzione areale dei diversi ambienti deposizionali è funzione della storia morfologica del territorio ferrarese. I materiali più grossolani (sabbie) sono concentrati nelle aree di paleoalveo e nelle loro immediate vicinanze, i terreni a grana fine si sono depositati invece nelle zone più distanti.



La distribuzione litologica dei sedimenti più superficiali (primi 80 cm dal piano campagna locale) è anch'essa legata alla dinamica delle divagazioni fluviali del reticolo idrografico che caratterizzava la zona. La Carta Comunale delle Litologie di Superficie (Bartolomei et al. 1975) rappresentata in Figura 3.3 evidenzia un'estrema variabilità dei litotipi affioranti e in generale una prevalenza di sedimenti sabbiosi e di miscele equilibrate di argilla, sabbia, limo in corrispondenza dei paleoalvei, e delle argille e argille limose lontano da essi (zone di bacino interfluviale).

Infine, come evidenziato dalla Carta della profondità del tetto della falda freatica riportata in Figura 3.4 (Amministrazione Provinciale 1982) e come confermato dalla relazione idrogeologica allegata al quadro conoscitivo del PSC del Comune (Gargini e Bondesan 2003), la falda freatica ha superficie libera sempre molto prossima al piano campagna. Generalmente presenta degli "alti" in corrispondenza dei paleoalvei, e dei "bassi" relativi in corrispondenza dei catini interfluviali. Le escursioni della superficie libera tra periodo invernale e periodo estivo sono mediamente inferiori a 1 m. Come evidenziato nella relazione idrogeologica citata, la falda freatica, nella zona studiata, non è interpretabile come un corpo d'acqua continuo ma piuttosto come un insieme di corpi idrici, separati e fluenti nei litosomi sabbiosi e sabbio-limosi, separati da orizzonti argillosi o limoso-argillosi ove è più corretto parlare di zona di saturazione e non di falda vera e propria.

4. Dati geotecnici e geofisici

Le diverse tipologie di indagini geotecniche e geofisiche utilizzate nel presente studio, ed il relativo numero, sono elencate nel seguito. Sono stati complessivamente analizzati i risultati di 812 indagini geognostiche. Di queste, 136 sono state appositamente realizzate per lo studio di microzonazione sismica di terzo livello mentre le restanti 676 provengono dalla banca dati di indagini geognostiche della Regione Emilia-Romagna (N. 312 indagini) o dalla banca dati del Comune di Ferrara (N. 364 indagini). In Figura 4.1 è rappresentata l'ubicazione di tutte le prove analizzate.

4.1 Indagini pregresse

(vedi Tabella 4.1; in questa Tabella, e nelle successive, il campo ID_SPU indica il nuovo identificativo della prova, assegnato in accordo agli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 2.0, mentre il campo Codice indica l'identificativo nel database di provenienza)

4.1.1 Indagini geotecniche

- N. 285 prove penetrometriche meccaniche, CPT, con misura della resistenza alla punta q_c e dell'attrito laterale f_s
- N. 4 prove penetrometriche elettriche, CPTE, con misura della resistenza alla punta q_c e dell'attrito laterale f_s
- N. 187 prove penetrometriche elettriche con piezocono, CPTU, con misura della resistenza alla punta q_t (resistenza q_c corretta per tener conto della pressione interstiziale che agisce sulla corona circolare dove alloggia il filtro), dell'attrito laterale f_s e delle pressioni interstiziali u
- N. 74 prove penetrometriche elettriche con piezocono e modulo sismico SCPTU, con misura della resistenza alla punta q_t , dell'attrito laterale f_s , delle pressioni interstiziali u e della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s
- N. 41 sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- N. 18 pozzi per idrocarburi

4.1.2 Indagini geofisiche

- N. 67 misure di rumore ambientale a stazione singola HVSR, con misura di frequenza e ampiezza delle vibrazioni del suolo, f e A



4.2 Indagini realizzate ex novo

(Tabella 4.2)

4.2.1 Indagini geotecniche

N. 93 prove penetrometriche elettriche con piezocono e modulo sismico SCPTU, con misura della resistenza alla punta q_t , dell'attrito laterale f_s , delle pressioni interstiziali u e della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . Come evidenziato nelle Tabelle 4.3 e 4.4, di queste 93 prove, 11 sono state realizzate in corrispondenza di edifici strategici ai fini della Condizione Limite per l'Emergenza, CLE (evidenziati in Figura 4.2), le restanti nei comparti di nuova costruzione previsti dal Piano Operativo Comunale, POC.

4.2.2 Indagini geofisiche

- N. 39 misure di rumore ambientale a stazione singola HVSR, con misura di frequenza e ampiezza delle vibrazioni del suolo, f e A (vedi Tabelle 4.2 e 4.4), di cui 11 realizzate in corrispondenza di edifici strategici ai fini della CLE (rappresentati in Figura 4.2)
- N. 4 array sismici di tipo ESAC, con misura della velocità di propagazione delle onde di superficie V_R , di cui 2 realizzati in corrispondenza di edifici strategici ai fini della CLE (vedi Tabelle 4.2 e 4.4)

5. Modello del sottosuolo

5.1 Frequenze naturali dei depositi

In Figura 5.1 è rappresentata l'ubicazione delle misure di rumore ambientale a stazione singola HVSR complessivamente utilizzate per questo studio (Albarello et al. 2013). In Tabella 5.1 sono elencate le due frequenze principali individuate nell'intervallo di interesse (0.1-2 Hz) e le rispettive ampiezze. Tutte le misure sono rappresentate nella carta delle frequenze riportato in allegato. Sulla base dei risultati ottenuti e, in particolare, delle forme delle curve H/V relative ai diversi siti, è stato possibile suddividere l'area di studio in 4 zone: Zona Sud, Zona Est, Zona Centro e Zona Nord (Fig. 5.1), quest'ultima a sua volta suddivisa in sotto quattro zone N1, N2, N3, N4 (Albarello et al. 2013). Nelle Figure dalla 5.2 alla 5.8 sono riportate le curve HVSR relative alle diverse zone.

Zona sud

Le curve H/V sono caratterizzate dalla presenza di due massimi relativi: uno a bassissima frequenza (circa 0.2 Hz) ed uno, poco meno ampio, in bassa frequenza (0.8-0.9 Hz). Si noti la totale mancanza di massimi al di sopra di 1 Hz.

Zona Est

Anche in questo caso, tutte le curve HVSR sono caratterizzate dalla presenza di due massimi in bassissima (0.25 Hz) e bassa frequenza (0.7 – 1.1 Hz). Due le differenze rispetto alla zona Sud. La prima è il lieve ma chiaro spostamento del massimo in bassissima frequenza da 0.2 a 0.25 Hz circa. Le due stime “esagerate” per l'ampiezza di questo massimo nelle misure di Aguscello e Quartesana devono essere viste con sospetto. Un'altra differenza è la maggiore “larghezza” del massimo in bassa frequenza, che in alcuni casi copre un intervallo di frequenze più ampio di quello osservabile nella Zona Sud. Almeno nel caso di Baura, la parte in più alta frequenza del massimo sembra essere caratterizzata da una marcata anisotropia, che farebbe pensare ad un artefatto (sorgente antropica) anche se non ci sono elementi chiari in proposito.

Zona Centro

Tutte le curve HVSR mostrano un andamento simile, con due massimi ben distinguibili, uno in bassissima frequenza (0.2-0.3 Hz) e uno (con un andamento talvolta più complesso e piuttosto variabile) in bassa frequenza (0.7-1.0 Hz). Si nota anche la presenza di disturbi di chiara origine antropica (probabilmente industriale) che però non interessano il campo delle frequenze di risonanza osservate.



Zona Nord1

Le curve HVSR di questa zona, che arriva dal confine con il Comune di Bondeno fino alla località di Porporana sono caratterizzate da un picco in bassissima frequenza (0.4 – 0.5 Hz) e uno in bassa frequenza (0.9 – 1 Hz).

Zona Nord2

Le curve HVSR di questa zona, che da Porporana arriva fino alla località di Casaglia, sono caratterizzate da un solo massimo in bassa frequenza (0.8 – 0.9 Hz) di ampiezza molto significativa.

Zona Nord3

Le curve HVSR di questa zona, che da Casaglia arriva fino alla località di Francolino, sono caratterizzate da due massimi uno in bassissima frequenza (circa 0.4 Hz) e uno in bassa frequenza (circa 0.8 Hz).

Zona Nord4

Le curve HVSR di questa zona, che va dalla località di Francolino fino alla località di Fossa D'Albero presentano caratteristiche analoghe a quelle della Zona N3, ma il massimo in bassissima frequenza è localizzato a 0.3 Hz.

Solo in alcune curve HVSR dell'insieme di misure della zona N è possibile constatare la presenza di picchi a frequenze più elevate, comprese tra 5 e 11 Hz e con ampiezze pari a 2-3, presumibilmente dovute a caratteristiche a piccola scala del sottosuolo.

Sulla base degli andamenti delle curve HVSR ottenute dalle misure a stazione singola, è possibile trarre alcune conclusioni di massima a carattere qualitativo. In nessuno dei siti di misura (con l'eccezione di due località della zona Est: Baura e Quartesana) è stato possibile osservare fenomeni di risonanza sismica nel campo delle frequenze superiori a 1 Hz. Nella maggior parte dell'area,

sono osservabili due massimi della curva HVSR: uno in bassa frequenza (0.7-1 Hz) ed uno in

bassissima frequenza (0.2-0.3 Hz). Utilizzando l'abaco semplificato descritto da Albarello e

Castellaro (2011), le interfacce potenzialmente responsabili di questi massimi potrebbero collocarsi

a profondità dell'ordine del centinaio di metri. Il massimo a più bassa frequenza tende a spostarsi a frequenze maggiori nella Zona Nord, con una progressione da sud verso nord, suggerendo ciò un progressivo avvicinamento alla superficie della relativa interfaccia risonante. Il massimo in bassa

frequenza, invece, rimane circa nello stesso intervallo di frequenze (0.7-1.0 Hz) sull'intera area e,

nella Zona Nord, viene via via "assorbito" (o mascherato) dalla progressiva risalita dell'interfaccia più profonda. Si noti che i massimi della curva HVSR raggiungono in questa zona valori assai elevati, comunque molto maggiori di quelli osservati in tutta la restante parte dell'area esplorata.

5.2 Velocità di propagazione delle onde di taglio da prove SCPTU

Per la classificazione sismica dei terreni presenti nell'area in esame sono stati analizzati i risultati di 167 prove SCPTU con misura della velocità di propagazione delle onde di taglio.

In accordo alle Norme Tecniche Nazionali per le Costruzioni, NTC 2008, i terreni sono stati classificati sulla base della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio misurata nei primi 30 m di profondità, definita come:

$$(5.1) \quad V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo;

V_{si} = velocità di propagazione delle onde di taglio misurata nello strato i -esimo.

Per le prove SCPTU che sono state spinte fino ad una profondità H inferiore a 30 m, è stata calcolata la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro la massima profondità indagata, $V_{s,H}$.

In Tabella 5.2 sono riportati i valori della velocità equivalente (genericamente indicata $V_{s,H}$) dedotta dalle prove SCPTU. Tutte le misure sono anche rappresentate nella carta delle V_s rappresentata in Figura 5.9 e riportata in allegato.

È possibile notare come la $V_{s,H}$ sia generalmente compresa tra 150 e 250 m/s, con un valore medio pari a circa 180 m/s. Questo implica che i terreni presenti sono tutti di categoria D o C secondo la classificazione prevista dalle NTC2008, riportata in Tabella 5.3, tranne quelli ove risultano presenti i fattori predisponenti la liquefazione che ricadono nella categoria S2. Si può inoltre osservare come

le misure più elevate corrispondano in genere agli ambienti di paleoalveo o transizione, dove sono presenti strati di terreni a grana grossa, mentre le misure più basse corrispondano alle aree interfluviali, dove prevale la matrice fine, spesso intercalata da argille organiche o torba (vedi Capitolo 3).

Alcune misure particolarmente significative, riportate nelle Figure 5.10 e 5.11, sono state utilizzate per costruire dei profili di riferimento della velocità di propagazione delle onde di taglio con la profondità (i terreni presenti sono prevalentemente a grana fine fino a 15-20 m di profondità da piano campagna, e prevalentemente a grana grossa a profondità superiori). Le Figure evidenziano che i valori di V_S nei primi 30-50 m di profondità da piano campagna sono generalmente non superiori ai 200 m/s per i terreni fini e variabili tra 200-250 m/s a $z = 15 - 20$ m e 400 m/s a $z = 30 - 50$ m, per le sabbie. I rispettivi andamenti possono essere interpolati con delle semplici funzioni lineari della V_S con la profondità (anche se, in terreni omogenei, V_S cresce all'incirca con la radice quarta della profondità), di equazione:

$$(5.2) \quad V_S(z) = 120 + 4.7 \cdot z \text{ (m/s)} \quad \text{per i terreni fini}$$

$$(5.3) \quad V_S(z) = 150 + 5.0 \cdot z \text{ (m/s)} \quad \text{per le sabbie}$$

Tali funzioni sono rappresentate con linee tratteggiate nelle figure 5.10 e 5.11; le linee continue rappresentano i corrispondenti valori medi.

5.3 Velocità di propagazione delle onde di taglio da prove ESAC

Come riportato nelle Tabelle 4.2 e 4.4, nell'ambito di questo studio sono state eseguite N.4 misure di sismica passiva di tipo ESAC, realizzate nelle località di Cona (antenna A1), Marrara (A2), Ferrara, Piazza XXIV Maggio (A3) e Pescara (A4) (Albarello et al. 2013).

Le misure delle onde di Rayleigh ottenute dalle 4 misure ESAC sono state utilizzate per definire, mediante tecnica di inversione basata sugli algoritmi genetici e congiuntamente alle curve HVSr ottenute tramite stazione singola, dei profili della velocità delle onde di taglio fino a profondità molto elevate. Nel caso delle misure A1 e A3, le inversioni sono state vincolate, nei primi 30 m di profondità, alle misure ottenute da prove SCPTU realizzate nello stesso sito. I risultati ottenuti sono rappresentati nelle Figure dalla 5.12 alla 5.15 ed in Tabella 5.4.

Per le antenne A3 ed A4 il salto di velocità responsabile del picco a più alta frequenza delle corrispondenti curve HVSr è localizzato all'incirca a 100 m, mentre quello relativo al picco a bassissima frequenza corrisponde a profondità di 800-900 m circa.

La situazione è meno limpida per il sito dell'antenna A2: il primo salto di velocità pare collocarsi fra 65 e 90 metri di profondità, ma la sottostante inversione suggerisce anche la possibilità che

possa trovarsi a profondità maggiori, fino a 170 m. La seconda interfaccia si trova a circa 450 m di profondità, valore un po' inferiore alle altre stime, ma anche meno affidabile di queste, considerando la cattiva riproduzione del picco della curva HVSR in bassissima frequenza generata da questo profilo stratigrafico e mostrata in Figura 5.13: poiché il picco sintetico (curva rossa) si colloca a frequenza più bassa di quello sperimentale (curva blu), è plausibile che la profondità del corrispondente salto di velocità sia in effetti superiore al valore ottenuto.

Di più difficile lettura sono i risultati relativi all'antenna A1. Il picco della curva HVSR pare attribuito, anziché ad un singolo contrasto d'impedenza, ad una serie di piccoli salti di velocità dislocati fra 15 e 95 m di profondità, valori solo parzialmente compatibili coi precedenti. Più chiara appare l'esistenza del salto di velocità a profondità maggiore, per il quale può valere una valutazione simile a quella dell'antenna A2 (si veda la riproduzione del picco in bassissima frequenza in Figura 5.12), che porta a ritenerne plausibile una sottostima della profondità di localizzazione. Si ritiene poco realistica l'inversione di velocità a quasi 1000 m di profondità, da considerarsi quindi un artefatto.

5.4 Profondità dei “contrastati di impedenza significativi

L'insieme di tutte le misure di sismica passiva analizzate (HVSR e ESAC, Albarello et al. 2013) evidenzia la presenza nell'area in esame di due possibili interfacce risonanti. La prima, più superficiale e morfologicamente uniforme in tutta l'area di studio (caratterizzata da frequenza compresa tra 0.7 e 1 Hz), è stata osservata in larga parte della Pianura Padana (soprattutto nella zona ad ovest di Ferrara, interessata dai recenti fenomeni sismici) e potrebbe essere associata alla base dell'ultimo ciclo alluvionale del Pleistocene Medio (Martelli et al., 2013), generalmente tra 70 e 120 m di profondità. Le velocità delle onde di taglio al di sopra di questa interfaccia non superano 600 m/s e sono comprese fra 150 e 300 m/s nelle prime decine di metri dalla superficie. Al di sotto di questa interfaccia, le V_s raggiungono valori mediamente più elevati, dell'ordine dei 600 m/s.

La seconda interfaccia (frequenza compresa tra 0.2 e 0.5 Hz), che potrebbe corrispondere al tetto delle sabbie marine del Quaternario inferiore (Martelli et al., 2013), ha generalmente una profondità piuttosto elevata nella Zona Sud, Est e Centro (profondità dell'ordine di parecchie centinaia di metri, massime a Sud e appena minori nelle Zone Est e Centro) ma è caratterizzata da un brusco innalzamento a nord-ovest della città di Ferrara (dove potrebbe essere associata al tetto delle Marne Mioceniche, Martelli et al., 2013), dove raggiunge quote dell'ordine del centinaio di metri nella località di Casaglia e si confonde con l'interfaccia più superficiale (le curve HVSR sono caratterizzate da un unico picco di ampiezza elevata). Inoltre, i risultati delle acquisizioni HVSR

realizzate lungo l'argine del Po a ovest e a est di Casaglia, sembrano indicare una forma di struttura anticlinale che in direzione SSE si incunea fra il Po (Zona N3) e la cinta muraria rinascimentale dove comincia ad immergersi nuovamente. I valori di velocità delle onde S che caratterizzano i terreni al di sotto di questa seconda interfaccia sono maggiori di 800 m/s, con contrasti d'impedenza significativi rispetto ai materiali più superficiali, che rendono questa interfaccia potenzialmente responsabile di maggiori fenomeni di amplificazione del moto, quand'essa s'avvicina alla superficie, come avviene nella Zona Nord dell'area indagata.

5.5 Modello stratigrafico locale da prove penetrometriche statiche

Tutte le prove penetrometriche (spinte a profondità variabile tra 15 e 40 m) sono state interpretate per ricostruire la sequenza litostratigrafica locale utilizzando le carte di classificazione proposte da Robertson (1990) riportate nelle Figure 5.16(a) e (b), e tenendo conto delle modifiche al metodo introdotte da Robertson e Wride (1998) e Robertson (2004). Tali carte consentono di stimare la sequenza litostratigrafica in base ai valori della resistenza alla punta, q_t (resistenza alla punta corretta per tenere conto della pressione interstiziale che agisce sulla corona circolare dove alloggia il filtro del piezocono) dell'attrito laterale, f_s e della pressione interstiziale, u misurati da prove CPT elettriche con piezocono e normalizzati rispetto allo stato tensionale. Anche se le correlazioni utilizzate sono calibrate per prove con punta elettrica (CPTE e CPTU), esse sono state utilizzate anche per prove eseguite con punta meccanica. Per le prove CPT e CPTE la classificazione litologica dei terreni è stata condotta utilizzando solo l'abaco in Figura 5.16(a) e assumendo $q_t = q_c$ misurata.

Gli abachi sono suddivisi in 9 zone a cui corrispondono diversi tipi di comportamenti del terreno (o Soil behaviour types). Nell'abaco bi-logaritmico di Figura 5.16, le curve che delimitano le zone dalla 2 alla 7 sono distinte in funzione del valore assunto dall'Indice di Classificazione del terreno I_c (vedi anche la Tabella 5.5):

$$(5.4) \quad I_c = \sqrt{[3.47 - \log_{10} Q]^2 + [\log_{10} F + 1.22]^2}$$

dove:

$$(5.5) \quad Q = [(q_t - \sigma_{v0})/p'_a]/[p'_a/(\sigma_{v0} - u_0)]^n = q_{tIN};$$

$$(5.6) \quad F = f_s/(q_t - \sigma_{v0}) \times 100\%;$$

σ_{v0} e σ'_{v0} = tensioni verticali totali ed efficaci agenti alle profondità di interesse;

u_0 = pressione interstiziale idrostatica.

$p'_a = 100 \text{ kPa} = 0.1 \text{ MPa} = 1 \text{ bar}$ = pressione atmosferica (da utilizzare con la stessa unità di misura di q_t e σ_{v0});

n = esponente dello stato tensionale, funzione del tipo di terreno da valutare iterativamente, come descritto nel dettaglio nel Capitolo 7.

Per utilizzare gli abachi di Figura 5.16, i valori della resistenza alla punta q_t , dell'attrito laterale f_s e della pressione interstiziale u misurati alle diverse profondità, devono essere normalizzati secondo le espressioni che seguono:

$$(5.7) \quad Q_t = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

$$(5.8) \quad F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} = F$$

$$(5.9) \quad B_q = (u - u_0)/(q_t - \sigma_{v0})$$

Il profilo con la profondità delle tensioni geostatiche totali σ_{v0} è stato determinato adottando un peso dell'unità stimato utilizzando l'abaco semplificato di Robertson (2010), rappresentato in Figura 5.17.

Per la valutazione delle pressioni interstiziali idrostatiche, u_0 , e quindi delle tensioni efficaci agenti alle profondità di misura, σ'_{v0} , la profondità della falda è stata assunta cautelativamente pari a 1 m da piano campagna locale nel caso delle prove CPT. Nel caso delle indagini SCPTU, la posizione della superficie libera della falda è stata desunta dalle misure della pressione interstiziale u con la profondità. Si ricorda che nel territorio del comune di Ferrara la falda ha superficie libera sempre poco profonda e non è interpretabile come un corpo d'acqua continuo ma piuttosto come un insieme di corpi idrici, separati e fluenti nei depositi sabbiosi e sabbio-limosi, separati da strati argillosi e limo-argillosi, ove è più corretto parlare di zona di saturazione e non di falda vera e propria. Pertanto, in molti dei siti analizzati sono state individuate due diverse profondità:

- i. la profondità della superficie libera della falda, corrispondente alla quota piezometrica relativa ai depositi sabbiosi (sia superficiali – paleoalvei – sia profondi – sabbie glaciali)
- ii. la profondità del livello di saturazione, più superficiale della falda vera e propria, corrispondente alla quota al di sotto della quale i terreni fini possono essere considerati saturi.

In caso di falda molto superficiale le due profondità sono state assunte coincidenti. A favore di sicurezza, lo stato tensionale efficace è stato calcolato assumendo come quota di riferimento la profondità del livello di saturazione.

Per le prove SCPTU, il profilo con la profondità della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s ricavato dalle prove DH, ha concorso alla definizione del profilo litostratigrafico. Una volta stimata, per ogni punto di indagine analizzato, la natura dei terreni presenti, essi sono stati suddivisi

in macro-unità stratigrafiche caratterizzate dallo stesso tipo litologico prevalente, alle quali sono stati associati valori medi di riferimento di q_t , f_s , u e V_s (u e V_s solo nel caso delle prove SCPTU).

Sulla base dei valori medi di q_t , f_s , u_2 e V_s assunti, le macro-unità e le eventuali sotto-unità sono state caratterizzate geotecnicamente definendone le proprietà meccaniche di interesse.

Tutte le prove analizzate confermano quanto esposto nel Capitolo 3. I terreni presenti entro i primi 30-40 m di profondità da piano campagna sono caratterizzati da estrema eterogeneità. Le litologie prevalenti variano dalle argille, argille limose alle sabbie limose e sabbie (zone 3, 4 5 e 6 degli abachi di Figura 5.16). Non sono presenti ghiaie.

Nelle aree di paleoalveo, entro i 10 m di profondità sono presenti strati significativi di terreni limo-sabbioso, di spessore e profondità molto variabile, caratterizzati da resistenza alla punta medio bassa e da penetrazione generalmente drenata, inglobati in un'unità prevalentemente fine argillosa presente fino a 15-20 m di profondità. Seguono sabbie addensate, caratterizzate da resistenza alla punta elevata e penetrazione prevalentemente drenata.

Nelle aree interfluviali prevalgono invece le litologie più fini, spesso intercalate da argille organiche e torba, caratterizzate da resistenza alla punta molto bassa (inferiore a 1 MPa) e da elevate sovrappressioni interstiziali indotte dalla penetrazione. Localmente le argille insistono su sabbie addensate profonde.

5.6 Sezioni litotecniche e modello del sottosuolo

Le prove geotecniche disponibili (sondaggi e prove penetrometriche) sono state utilizzate per realizzare due sezioni litotecniche da confrontare con i modelli geologico e geomorfologico del territorio comunale disponibili (Capitolo 3). In Figura 5.18 sono riportate le tracce planimetriche utilizzate per ricostruire le sezioni litotecniche. Sono state impiegate 28 prove per la sezione A-A e 31 prove per la sezione B-B. Le due sezioni, riportate in allegato, possono essere così descritte.

• SEZIONE A-A

La sezione, orientata N-S lungo il Canale Boicelli (e in parte corrispondente agli argini del canale) può essere divisa in tre settori.

Procedendo da nord verso sud, nei primi 4 km (fino a quando il canale Boicelli interseca il Po di Ferrara) emergono a partire da piano campagna 3 macro-unità litologiche, presenti con continuità lungo tutto il tratto, ma caratterizzate da profondità del tetto e spessori piuttosto variabili.

(I) La prima unità, di spessore variabile ma mediamente compreso tra 5 e 10 metri (tranne nella primissima parte della sezione dove l'unità è quasi assente) risulta piuttosto eterogenea e

costituita da alternanze di argille limose e limi argillosi, con inclusioni, talora significative e localmente affioranti, di limi sabbiosi e sabbie limose. Localmente e in superficie sono presenti materiali di riporto per uno spessore generalmente non superiore al metro. I livelli più grossolani sono sede della falda freatica. La caratteristica geometrica dominante dei termini più grossolani, è l'aspetto lentiforme dei corpi e la mancanza di una chiara continuità spaziale, sia in senso orizzontale che verticale

(II) La seconda macro-unità, presente con continuità nei primi 4 km della sezione, è costituita da terreni argille e argille limose, con locale presenza di sottili lenti di sabbia. Lo spessore di questo livello varia tra 3 e 12 m e mediamente si attesta sui 10 metri.

(III) La terza macro-unità è costituita da sabbie (sabbie würmiane), localmente limose, talora intercalate da argille, presenti con continuità a partire da profondità variabili tra 11 e 20 m e fino ad almeno 30 m da piano campagna locale (anche se lungo la sezione, alla massima profondità raggiunta, il letto non è individuabile).

Questa unità è il Complesso Acquifero A1 del Gruppo Acquifero A di Di Dio et al. (1998), sede del primo acquifero in pressione. La massima profondità del letto, dovrebbe trovarsi a attorno ai 40-45 metri da piano campagna. Non risulta in continuità con l'alveo fluviale del Po.

Il secondo settore caratteristico della sezione A-A è localizzato nella zona in corrispondenza della quale il Canale Boicelli sfocia nel Po di Volano, a cavallo del km 4. In questa zona, la II unità scompare e le sabbie würmiane profonde tendono a risalire in superficie fino ad amalgamarsi alla I unità, all'interno della quale le sabbie limose e i limi sabbiosi prevalgono sulle frazioni più fini.

Nel terzo settore la prima macro unità tende ad essere assorbita dalle argille limose che divengono la litologia prevalente nei primi 20 m. Il tetto delle sabbie würmiane tende progressivamente ad approfondire, fino a superare i 30 m di profondità.

• SEZIONE B-B

La sezione B-B risulta particolarmente complessa. Procedendo da ovest verso est sono presenti nel tratto iniziale, fino al km 1.5, tre macro-unità principali.

(I) La prima unità risulta piuttosto eterogenea e costituita da alternanze di limi argillosi, argille limose e localmente sabbie limose; essa emerge in superficie ed ha uno spessore di 3-4 m. I livelli più grossolani sono sede della falda freatica.

(II) La seconda macro-unità, è costituita da argille e argille limose, con locale presenza di sottili lenti di sabbia e si estende fino alla profondità di circa 20m.

(III) La terza macro-unità è costituita da sabbie (sabbie würmiane), localmente limose, presenti fino ad almeno 30 m.

Intorno al km 2.5 sono presenti da piano campagna fino a circa 15 m di profondità sabbie e sabbie limose, sede di falda freatica seguite da argille e argille limose presenti fino a circa 30 m di profondità.

Dal km 4 al km 8 la stratigrafia torna simile a quella incontrata nel tratto iniziale, anche se localmente le sabbie che costituiscono la III unità emergono fino al piano campagna (km 4.8 e km 8).

Nel tratto terminale, in superficie prevalgono sabbie e sabbie limose fino a profondità variabili tra 8 e 18 m, seguono argille e argille limose (II unità) con locali inclusioni di sabbia fino alla profondità di 30-35, oltre la quale tornano a prevalere le sabbie profonde (würmiane).

Le principali unità litostratigrafiche riscontrate lungo le due sezioni analizzate hanno origini analoghe. La prima macro-unità (limi argillosi e limi con locale presenza di limi sabbiosi e sabbie limose) può essere considerata come il prodotto della dinamica alluvionale recente dell'area, sviluppata in tempi storici; i livelli e le lenti sabbiose e limoso-sabbiose sono in relazione alla divagazione di paleo-canali minori, di canali e ventagli di rotta dell'apparato deltizio del Po. In corrispondenza dei paleo-alvei maggiori (Po di Ferrara) le sabbie sono prevalenti e sono di maggiore spessore, e arrivano localmente ad amalgamarsi con terza macro-unità prevalentemente sabbiosa.

La II macro-unità corrisponde ad una fase di bassa energia, con prevalenza di depositi fini, che precede la progradazione dell'apparato deltizio recente. Le sabbie würmiane, sede del primo acquifero in pressione appartengono alla dinamica deposizionale della media pianura fredda del Pleistocene Superiore, con apparati distributori ad elevata competenza di trasporto ed elevata continuità areale del litotipo sabbioso.

5.7 Profondità delle sabbie superficiali

Le prove geotecniche disponibili state utilizzate per ricostruire l'andamento della profondità del tetto dei livelli sabbiosi, sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi presenti entro i primi 20 m di profondità da piano campagna, i quali potrebbero influenzare il moto in superficie durante un evento sismico, ovvero essere soggetti a grandi deformazioni indotte dalla liquefazione. In particolare sono stati presi in considerazione non solo gli strati prevalentemente sabbiosi più profondi (unità III nelle sezioni A-A e B-B) ma anche gli strati limosi e sabbiosi più superficiali e localmente affioranti (I



macro-unità). Per la ricostruzione areale del tetto di tali depositi, sono state utilizzate 643 stratigrafie derivate dall'interpretazione delle prove penetrometriche statiche. L'andamento rappresentato in Figura 5.19, è stato determinato mediante interpolazione. L'interpolazione, estesa a tutto il territorio comunale, è stata realizzata utilizzando un raggio piuttosto ridotto (500 m) per evitare di estrapolare eccessivamente i risultati di prove puntuali in aree poco investigate.

Dall'analisi della carta si osserva che in generale i depositi sabbiosi, sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi sono più superficiali in corrispondenza dei paleoalvei (tetto compreso tra 0 e 5 m di profondità principali) e si approfondiscono (fino a superare i 20 m) allontanandosi dagli stessi. Sono presenti tuttavia estese aree del territorio comunale, dove, pur prevalendo le litologie più fini, si riscontra la presenza di strati sabbiosi superficiali (entro i primi 20 m di profondità). In genere tali strati hanno spessori dell'ordine di 2 -3 m.



6. Interpretazione e incertezze

6.1 Effetti di sito attesi

Sulla base delle informazioni di natura geologica, geomorfologica e geotecnica precedentemente esposte, e seguendo le indicazioni per l'individuazione delle condizioni locali che possono determinare effetti di sito nel territorio dell'Emilia-Romagna fornite dalla normativa regionale di riferimento per la pianificazione, sono state svolte alcune considerazioni di tipo qualitativo circa il comportamento sotto sollecitazione dinamica dei terreni che caratterizzano il territorio del comune di Ferrara.

L'area in esame è un bacino sedimentario caratterizzato dalla presenza di strati di terreno molto deformabili (depositi fluvio-deltizi) sovrastanti un substrato di più elevata rigidità: in queste condizioni il moto sismico risultante in superficie può differire notevolmente dal moto in ingresso al basamento, a causa dell'azione filtrante esercitata dai depositi di terreni sciolti, con possibilità di esaltazione dell'ampiezza e della durata del moto sismico. Non esistono dunque zone stabili e tutta l'area è potenzialmente suscettibile di effetti stratigrafici di amplificazione delle sollecitazioni e del moto sismico.

In corrispondenza dei paleoalvei principali, dei paleoalvei secondari e dei ventagli e depositi di rotta e tracimazione, sono presenti corpi di materiale limoso-sabbioso sottofalda, da profondità variabili a seconda dell'epoca di origine (più o meno recente) del ramo fluviale e dell'eventuale epoca di estinzione. Questi corpi sabbiosi risultano potenzialmente liquefacibili e addensabili in caso di sisma, anche se l'occorrenza di tali fenomeni è fortemente condizionata dall'entità dello scuotimento sismico. Nelle zone di transizione le lenti sabbiose sono potenzialmente liquefacibili e addensabili. Tutte le zone di paleoalveo e di transizione sono quindi considerate potenzialmente instabili.

Queste considerazioni hanno contribuito alla definizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica cui si rimanda per maggiori dettagli (Capitolo 8).

7. Metodologie di elaborazione e risultati

7.1 Fattori di amplificazione sismica per le analisi di secondo livello di approfondimento (analisi semplificata)

Gli Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna indicano come valutare i fattori di amplificazione stratigrafica dell'azione sismica in un sito stabile e potenzialmente soggetto a fenomeni di amplificazione sismica locale, sulla base del particolare ambito geomorfologico, geologico e geotecnico in cui ricade l'area in esame e del valore della $V_{S,30}$.

In base alle considerazioni svolte nel Capitolo 5, il territorio del comune di Ferrara è stato considerato appartenente all'ambito definito PIANURA 2, ovvero ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie di spessore anche di decine di metri, con substrato profondo più di 100 m da piano campagna, cui corrispondono, in funzione della $V_{S,30}$, i fattori di amplificazione riportati in Tabella 7.1 (occorre sottolineare che in questo studio, il substrato è stato assimilato ad un'interfaccia caratterizzata da velocità di propagazione delle onde di taglio dell'ordine di 800 m/s). A valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio inferiori a 300 m/s, corrisponde un fattore di amplificazione costante pari a 1.5. Di conseguenza, in base ai valori di V_S misurati dalle prove SCPTU sempre inferiori a 250 m/s (166 prove su 167, vedi Tabella 5.2) si è scelto di associare a tutto il territorio comunale considerato stabile un fattore di amplificazione stratigrafica dell'accelerazione massima attesa su suolo di riferimento rigido, $P.G.A.$, $F.A._{P.G.A.} = 1.5$, e un fattore di amplificazione dell'intensità spettrale per periodi T compresi tra 0.1 s e 0.5 s $F.A._{si,01.-0.5} = 1.8$.

Come evidenziato in Tabella 5.2 in alcuni siti (16 su 167) la velocità equivalente delle onde di taglio è risultata compresa tra 200 e 250 m/s: questi siti ricadono tutti in aree potenzialmente suscettibili di liquefazione, ovvero zone di paleoalveo o di transizione (vedi Capitoli 5 e 8). Alle aree contenenti tali siti è stato associato è stato pertanto associato un fattore di amplificazione dell'intensità spettrale per periodi T compresi tra 0.5 s e 1 s, $F.A._{si,05.-1} = 2.3$. Alle restanti aree, stabili e potenzialmente suscettibili di amplificazioni locali e caratterizzate da $V_{S,30}$ minori di 200 m/s, è stato pertanto associato un fattore di amplificazione dell'intensità spettrale per periodi T compresi tra 0.5 s e 1 s, $F.A._{si,05.-1} = 2.5$, che corrisponde a velocità equivalenti inferiori a 200 m/s.

Per quanto riguarda le aree instabili (potenzialmente suscettibili di liquefazione), sono stati assunti gli stessi valori di $F.A.$ adottati per le aree stabili; solo in corrispondenza dei siti dove la velocità equivalente delle onde di taglio è risultata compresa tra 200 e 250 m/s, il fattore di amplificazione dell'intensità spettrale per periodi T compresi tra 0.5 s e 1 s è stato assunto pari a $F.A._{si,05.-1} = 2.3$.

7.2 Fattori di amplificazione da simulazioni di risposta sismica locale per le analisi di terzo livello di approfondimento

In corrispondenza di 14 siti indicati dall'Amministrazione Comunale di Ferrara (11 aree in cui sorgono edifici di importanza strategica ai fini della condizione limite per l'emergenza e 3 aree di espansione di proprietà del Comune di Ferrara, elencate nelle Tabelle 4.3 e 4.4) sono state realizzati studi di risposta sismica locale con l'obiettivo di definire, attraverso simulazioni numeriche della propagazione del moto sismico dal basamento roccioso di origine alla superficie, gli accelerogrammi attesi a piano campagna, i relativi spettri di risposta ed i parametri sismici rappresentativi. Occorre sottolineare che tutti gli edifici in oggetto, tranne l'ospedale di Cona, si trovano in aree potenzialmente instabili perché suscettibili alla liquefazione.

Lo studio di risposta sismica locale è stato condotto utilizzando il codice di calcolo ProShake (Schnabel et al., 1972; Idriss e Sun, 1992), che consente di eseguire simulazioni di propagazione monodimensionale del moto sismico in depositi di terreno stratificati orizzontalmente ed in condizioni di campo libero. Il modello di strati orizzontali e paralleli è stato ritenuto ben rappresentativo delle reali condizioni del sottosuolo in corrispondenza dei siti oggetto di studio.

Il codice ProShake opera nel dominio delle frequenze trasformando, attraverso l'algoritmo FFT (Fast Fourier Transformer), una storia temporale generica di input in una somma di sollecitazioni armoniche di ampiezza, frequenza e fase variabile, e valutando la risposta del deposito di terreno alla sollecitazione casuale applicata come somma delle risposte alle singole sollecitazioni armoniche. In particolare, attraverso la soluzione teorica del modello a strati continui e paralleli, il codice calcola la funzione di trasferimento tra strati successivi; lo spettro di Fourier del moto allo strato i -esimo è ottenuto dalla convoluzione tra lo spettro di Fourier del moto di input e la funzione di trasferimento; infine tramite l'algoritmo IFFT lo spettro di Fourier dell' i -esimo strato è trasformato nel corrispondente accelerogramma.

Il comportamento non lineare e dissipativo del terreno (riduzione della rigidezza a taglio, G e incremento dello smorzamento, D all'aumentare delle deformazioni di taglio, γ indotte dal sisma) è tenuto in conto attraverso un approccio lineare equivalente, ovvero il codice esegue una serie di analisi lineari complete in tensioni totali aggiornando iterativamente la rigidezza e lo smorzamento del terreno al crescere delle deformazioni, fino al raggiungimento di un prefissato criterio di convergenza. È pertanto importante determinare sperimentalmente con la massima accuratezza possibile la rigidezza iniziale di ogni strato di terreno, le curve di decadimento del modulo $G(\gamma)$ e di incremento del damping $D(\gamma)$.

I parametri di input necessari all'esecuzione di un'analisi di risposta sismica locale attraverso il codice ProShake sono:

- la sequenza stratigrafica e la profondità del substrato sismico;
- per ogni strato il peso dell'unità di volume γ_n e la rigidità a taglio iniziale G_0 (determinabile dalla velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , tramite la relazione $G_0 = \rho_n V_s^2$, dove $\rho_n = \gamma_n / g$ = densità del terreno, valida per i mezzi elastici lineari e isotropi,);
- per ogni strato le curve di decadimento del modulo di taglio, $G(\gamma)$ e di incremento del damping, $D(\gamma)$, dove γ = deformazione a taglio ;
- gli accelerogrammi di input.

7.2.1 Sequenze litostratigrafiche, peso dell'unità di volume e velocità di propagazione delle onde di taglio

Le sequenze litostratigrafiche utilizzate per le simulazioni sono state dedotte per i primi 30 m di profondità da p.c. locale dalla descrizione litologica desunta dalle prove SCPTU appositamente realizzate per questo studio e per profondità superiori utilizzando sondaggi o perforazioni per ricerca idrocarburi appartenenti alla banca dati della Regione Emilia-Romagna. In alcuni casi è stato fatto riferimento a sezione geologiche profonde realizzate nell'ambito dei progetti "Riserve idriche sotterranee della Provincia di Ferrara" e "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna". I terreni presenti in corrispondenza dei siti oggetti di studio sono stati suddivisi in 3 gruppi litologici:

- argille, argille limose e argille con limo (A-AL);
- limi, limi argillosi e limi con argilla (L-LA);
- sabbie, sabbie limose e sabbie con limo (S-SL).

Le Tabelle dalla 7.2 alla 7.15 riportano la sintesi delle sequenze stratigrafiche (SL) di riferimento. In particolare nelle tabelle sono elencate: le quote delle macro-unità litologiche presenti, i valori del peso dell'unità di volume γ_n e della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s assunti. Il peso dell'unità di volume è stato sempre assunto pari a 18 kN/m^3 negli strati sovrastanti il bedrock sismico e pari a 20 kN/m^3 in corrispondenza di quest'ultimo. La velocità delle onde di taglio è stata desunta dalle misure effettuate nel corso delle SCPTU fino a 30 m di profondità, mentre per profondità superiori, in assenza di misure dirette, sono state utilizzate le relazioni per terreni a grana fine e a grana grossa di cui al Paragrafo 5.2. Il bedrock sismico (non coincidente con il substrato rigido che, nei siti oggetto di analisi, si trova a profondità elevate, è stato identificato con il primo strato in corrispondenza del quale la V_s calcolata è risultata maggior e di 800 m/s.

7.2.2 Curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del damping

Le curve di decadimento del modulo $G(\gamma)$ e di incremento del damping $D(\gamma)$ utilizzate per le analisi di risposta sismica locale sono state definite a partire dai risultati di prove di colonna risonante realizzate su campioni indisturbati di terreno prelevati nei siti lungo il canale Boicelli e lungo il Po di Volano, nell'ambito di altri progetti curati dagli scriventi.

Le Figure 7.1, 7.2 e 7.3 riportano le curve granulometriche dei provini analizzati, distinti in base alla litologia prevalente (prevalentemente argillosi, limosi, sabbiosi). Nelle Figure dalla 7.4 alla 7.6 sono riportati i corrispondenti risultati delle prove di colonna risonante. I valori misurati della rigidità a taglio normalizzata (G/G_0 , con G_0 valore massimo misurato a piccolissime deformazioni) e del damping (D), rappresentati in funzione della deformazione a taglio γ , sono interpolati nelle Figure da curve medie (linee continue), assunte nelle simulazioni numeriche per ciascuno dei tre litotipi prevalenti.

I valori puntuali delle curve interpolatrici sono riportati nelle Tabelle 7.16, 7.17 e 7.18.

7.2.3 Accelerogrammi di input

Sono stati utilizzati come moti di input (applicati su affioramento rigido e deconvolti al basamento sismico attraverso il codice ProShake) i tre accelerogrammi forniti per l'area in esame dagli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"; le storie temporali dell'accelerazione e le principali caratteristiche di tali segnali sono riportati in Figura 2.9 e in Tabella 2.3. Gli spetti di risposta in pseudoaccelerazione sono rappresentati in Figura 7.8.

7.2.3 Risultati

I risultati delle analisi di risposta sismica locale sono rappresentati nel seguito in termini di parametri caratteristici dei moti sismici calcolati in superficie, spettri di risposta di pseudoaccelerazione PSA dei moti sismici calcolati in superficie e fattori di amplificazione del moto sismico, definiti come:

$$(7.1) \quad FA_{0.1-0.5} = \frac{SI_{0.1-0.5}(PSV_{output})}{SI_{0.1-0.5}(PSV_{input})}$$

$$(7.2) \quad FA_{0.5-1.5} = \frac{SI_{0.5-1.5}(PSV_{output})}{SI_{0.5-1.5}(PSV_{input})}$$

$$(7.3) \quad FH_{0.1-0.5} = \frac{SI_{0.1-0.5}(PSA_{output})}{SI_{0.1-0.5}(PSA_{input})}$$

$$(7.4) \quad FH_{0.5-1.5} = \frac{SI_{0.5-1.5}(PSA_{output})}{SI_{0.5-1.5}(PSA_{input})}$$

dove:

PSV output = spettro di risposta di pseudo-velocità del moto sismico calcolato in superficie;

PSV input = spettro di risposta di pseudo-velocità del moto sismico di input;

PSA output = spettro di risposta di pseudo-accelerazione del moto sismico, calcolato in superficie;

PSA input = spettro di risposta di pseudo-accelerazione del moto sismico di input. Tali risultati sono organizzati secondo lo schema che segue:

Sequenza stratigrafica	Parametri caratteristici dei moti sismici calcolati in superficie	Spettri di risposta di pseudo-accelerazione	Fattori di amplificazione del moto sismico
	Tabella	Figura	Tabella
1	7.19	7.9	7.20
2	7.21	7.10	7.22
3	7.23	7.11	7.24
4	7.25	7.12	7.26
5	7.27	7.13	7.28
6	7.29	7.14	7.30
7	7.31	7.15	7.32
8	7.33	7.16	7.34
9	7.35	7.17	7.36
10	7.37	7.18	7.38
11	7.39	7.19	7.40
12	7.41	7.20	7.42
13	7.43	7.21	7.44
14	7.45	7.22	7.46

Infine, in Figura 7.23 ed in Tabella 7.47 sono riportati gli spettri medi calcolati per le 14 sequenze litostratigrafiche e i relativi fattori di amplificazione medi. In particolare in Tabella sono riportati anche i fattori di amplificazione medi dell'accelerazione, $F.A._{PGA}$, valutati come:

$$(7.5) \quad FA_{PGA} = \frac{PGA(output)}{PGA(input)}$$

7.3 Suscettibilità alla liquefazione (Livello 3)

In corrispondenza di ogni verticale penetrometrica analizzata, sono state eseguite verifiche di suscettibilità alla liquefazione (643 verifiche in totale). Le verifiche sono state eseguite utilizzando un metodo di tipo semplificato. Il grado di sicurezza nei confronti della liquefazione ad una generica profondità z è stato valutato in termini di coefficiente di sicurezza F_L , definito come rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione a quella profondità e la corrispondente sollecitazione indotta dall'azione sismica, entrambe normalizzate rispetto allo stato tensionale:

$$(7.6) \quad F_L = \frac{CRR}{CSR} = \frac{\frac{\tau_L}{\sigma'_{v0}}}{\frac{\tau_S}{\sigma'_{v0}}}$$

dove:

τ_L = tensione tangenziale necessaria per causare la liquefazione del terreno in sito alla profondità z di interesse (stato di sforzo critico associato alla condizione di liquefazione o al manifestarsi di grandi deformazioni plastiche);

CRR = rapporto di resistenza ciclica alla profondità z ;

σ'_{v0} = tensione verticale efficace agente alla profondità z ;

τ_S = tensione tangenziale ciclica che il terremoto induce nel terreno alla profondità z ;

CSR = rapporto di sollecitazione ciclica alla profondità z .

7.3.1 Profilo CSR(z)

Per la determinazione del profilo del rapporto CSR con la profondità è stato seguito il metodo proposto da Seed e Idriss (1971) basato sul modello di colonna di terreno saturo di sezione unitaria che oscilla come un corpo rigido sotto l'azione di un terremoto, come rappresenta la Figura 7.24.

Dalla Figura 7.24, per l'equilibrio alla traslazione orizzontale si ottiene l'espressione che segue:

$$(7.7) \quad \tau_{S,max}(z) = \frac{\gamma}{g} \cdot z \cdot a_{max} = \frac{\sigma_{v0}(z)}{g} \cdot a_{max}$$

Poichè:

$$(7.8) \quad CSR(z) = \frac{\tau_S(z)}{\sigma'_{v0}(z)}$$

con: $\tau_S(z) = 0.65 \tau_{S,max}(z)$

risulta:

$$(7.9) \quad CSR(z) = 0.65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}(z)}{\sigma'_{v0}(z)}$$

Per tener conto della deformabilità della colonna di terreno il profilo $CSR(z)$ calcolato è stato corretto attraverso un fattore empirico riduttivo degli sforzi di taglio con la profondità, r_d . Si ottiene pertanto:

$$(7.10) \quad CSR(z) = 0.65 \cdot S \cdot \frac{a_g}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}(z)}{\sigma'_{v0}(z)} \cdot r_d$$

con: $r_d = 1 - 0.015z$ (z in m). $PGA = 0.132g$ = accelerazione su suolo rigido di riferimento prevista per il Comune di Ferrara dalla normativa regionale di riferimento, per un tempo di ritorno $T_r = 475$ anni. Il fattore di amplificazione della PGA è stato assunto sempre pari a 1.5 come per le ragioni indicate nel Paragrafo 7.1; solo nei 14 siti in cui è stata eseguita una specifica analisi di risposta sismica locale, il fattore di amplificazione dell'accelerazione è stato assunto pari al valore medio calcolato (vedi Tabella 7.47).

7.3.2 Profilo CRR(z)

La procedura adottata per il calcolo del rapporto di resistenza ciclica CRR da prova CPT ad una generica profondità z è di tipo iterativo ed è basata su correlazioni semi-empiriche ed osservazioni dirette di fenomeni post-sisma.

CRR è stato ricavato utilizzando il metodo di Robertson e Wride (1998) nella versione recentemente aggiornata (Robertson 2004). Occorre sottolineare che il metodo è stato calibrato per prove realizzate con piezocono o punta elettrica, ma in questa sede è stato impiegato anche per interpretare prove penetrometriche realizzate con punta meccanica. Secondo tale metodo, basato su una serie di osservazioni sperimentali relative a terremoti di magnitudo $M=7.5$, il rapporto di resistenza ciclica $CRR_{7.5}$ alla profondità z può essere stimato con le seguenti relazioni:

$$(7.11) \quad \begin{cases} CRR_{7.5} = 93 \left[\frac{(q_{t1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 & \text{se } 50 \leq (q_{t1N})_{cs} \leq 160 \\ CRR_{7.5} = 0.833 \left[\frac{(q_{t1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 & \text{se } (q_{t1N})_{cs} < 50 \end{cases}$$

in cui:

$(q_{t1N})_{cs} = K_c(q_{t1N})$ = resistenza alla punta normalizzata equivalente di una sabbia pulita;

$$q_{t1N} = \left(\frac{q_t - \sigma_{v0}}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n = \text{resistenza alla punta normalizzata};$$

q_t = resistenza alla punta misurata alla profondità z ;

σ'_{v0} = tensione verticale efficace alla profondità di misura z ;

$p_a = p_{atm}$ = pressione di riferimento;

n = esponente empirico che dipende da un indice di classificazione del terreno come di seguito descritto.

Il fattore K_c è introdotto perché è stato sperimentalmente osservato che le correlazioni per stimare $CRR_{7.5}$ per una sabbia limosa o per una sabbia pulita sono differenti, e risulta quindi necessario introdurre un fattore correttivo che tenga conto del contenuto di fine. Si tratta di una correzione approssimata dal momento che il valore della resistenza alla punta dipende, oltre che dal contenuto di fine, anche dalla mineralogia, dall'età del terreno e dalla sua storia tensionale.

Il coefficiente K_c può essere calcolato in funzione dell'indice di classificazione del terreno I_c :

$$(7.12) \quad \begin{cases} K_c = 1 & \text{se } I_c \leq 1.64 \\ K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88 \end{cases}$$

con:

$$I_c = \left[(3.47 - \log Q)^2 + (\log F + 1.22)^2 \right]^{0.5};$$

$$Q = q_{tIN} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{p_a} \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n = \text{resistenza alla punta normalizzata};$$

$$F = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v0}} = \text{resistenza laterale normalizzata};$$

q_t = resistenza alla punta misurata alla profondità z ;

σ_{v0} = tensione verticale totale alla profondità di misura z ;

σ'_{v0} = tensione verticale efficace alla profondità di misura z ;

$p_a = p_{atm}$.

Come già detto, l'esponente empirico n dipende dall'indice di classificazione del terreno I_c . Esso varia da 0.5 per le sabbie pulite a 1 per le argille e va calcolato iterativamente secondo la seguente procedura:

$$\begin{cases} n = 0.5 & \text{se } I_c < 1.64 \\ n = 1 & \text{se } I_c > 3.3 \\ n = 0.3(I_c - 1.64) + 0.5 & \text{se } 1.64 < I_c < 3.3 \\ n = 1 & \text{se } \sigma'_{v0} > 300 \text{ kPa} \end{cases}$$

Si assume un primo valore di $n=1$, con il quale si calcolano, per la generica profondità di misura z , Q , F e il valore risultante di I_c ; in funzione del valore calcolato di I_c si aggiorna il valore di n e si

itera fin quando risulti $\Delta n < 0.01$. Con il valore trovato di n si calcolano q_{c1N} , $(q_{c1N})_{cs}$ e $CRR_{7.5}$. La procedura iterativa di calcolo tiene conto anche del fatto che non tutti i terreni sono liquefacibili. Il valore di $I_c=2.6$ rappresenta, nel metodo di Robertson e Wride, una soglia tra i terreni considerati potenzialmente liquefacibili ($I_c < 2.6$) da quelli non potenzialmente liquefacibili ($I_c > 2.6$). La procedura iterativa di calcolo è sintetizzata nel diagramma di flusso riportate in Figura 7.25. Essa deve essere ripetuta per ogni profondità z di misura della q_c per ricavare il profilo $CRR_{7.5}(z)$.

Per valutare il profilo di $CRR(z)$ che compete ad un terremoto atteso di magnitudo M diversa da $M=7.5$, il profilo $CRR_{7.5}(z)$ calcolato attraverso la procedura iterativa deve essere corretto attraverso un fattore MSF , ovvero:

$$(7.13) \quad CRR_M(z) = CRR_{7.5}(z) \cdot MSF$$

Per il Comune di Ferrara, il valore del coefficiente correttivo da adottare è stato ottenuto a partire dai valori di MSF consigliati dalla normativa regionale riportati nella Tabella 7.48 attraverso una procedura di interpolazione lineare. Per la magnitudo $M=6.14$ è risultato $MSF = 1.28$.

7.3.3 Fattore di sicurezza $FL(z)$ e indice del potenziale di liquefazione

Il profilo del fattore di sicurezza alla liquefazione con la profondità z è stato calcolato come segue:

Negli strati in cui $F_L < 1$, il terreno è stato considerato suscettibile di liquefazione.

Per quantificare in corrispondenza di ogni verticale di indagine il livello di rischio connesso alla suscettibilità a liquefazione è stato calcolato l'indice del potenziale di liquefazione I_L (Iwasaki et al. 1982) definito come segue:

$$(7.13) \quad I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui: z = profondità dal piano campagna in metri;

$w(z) = 10 - 0.5z$, $z < 20$ m;

$F(z) = 1 - F_L(z)$ se $F_L(z) \leq 1$, $F(z) = 0$ altrimenti.

Il livello di rischio connesso al verificarsi del fenomeno della liquefazione è stato associato al valore assunto da I_L :

se $I_L \leq 2$ il potenziale di rottura è stato considerato basso,

se $2 \leq I_L \leq 5$ il potenziale di rottura è stato considerato moderato

se $5 < I_L \leq 15$ il potenziale di rottura è stato considerato elevato

se $I_L > 15$ il potenziale di rottura è stato considerato estremamente elevato



Nella Tabella 7.49 sono riportati i valori dell'indice del potenziale di liquefazione calcolati per ogni verticale penetrometrica analizzata.

8. Elaborati cartografici

Tutte le carte sono riportate in allegato

8.1 Carta delle Indagini

Le 812 indagini geotecniche e geofisiche complessivamente utilizzate per questo studio sono descritte nel Capitolo 4. Di queste, 676 sono indagini pregresse e le restanti 136 sono state appositamente realizzate per questo studio. Tutte le prove utilizzate sono rappresentate nella Carta delle Indagini, riportata in allegato ed archiviate nel database associato. La carta e il database sono stati realizzati secondo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica versione 2.0.

8.2 Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica

La cartografia di base utilizzata per realizzare la carta geologico-tecnica è costituita dalla Carta Geologica di Pianura e dalla Carta Geomorfologica Comunale rappresentate nelle Figure 3.1 e 3.2. Come evidenziato nel Capitolo 5, il substrato non rigido e il substrato rigido sono presenti a profondità sempre superiori a 70-100 m, fino anche a centinaia di metri, pertanto non sono rappresentati nella carta, dove sono riportati solo i terreni di copertura più superficiali e le forme geomorfologiche rilevanti. In particolare, la Carta Geologica di Pianura evidenzia la presenza dei seguenti depositi affioranti:

- Limi e limi argillosi – Depositi di palude
- Sabbie da medie a fini – Depositi di canale distributore e argine
- Sabbie medie e grossolane – Depositi di piana a meandri
- Argille limose, argille e limi argillosi laminati – Area interfluviale e depositi di palude
- Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose – Depositi di argine distale
- Sabbie medie e fini – Depositi di canale e argine prossimale

mentre la Carta Geomorfologica Comunale evidenzia la presenza delle seguenti forme geomorfologiche rilevanti ai fini della microzonazione:

- Paleoalvei dossivi alti
- Paleoalvei dossivi bassi
- Paleoalvei non dossivi
- Forme di esondazione

Secondo gli standard di rappresentazione di riferimento, rappresentati in Figura 8.1, i depositi di superficie e le forme geomorfologiche rilevanti presenti nel territorio comunale sono stati catalogati come segue:

- Limi e limi argillosi – Depositi di palude = ML
- Sabbie da medie a fini – Depositi di canale distributore e argine = SM
- Sabbie medie e grossolane – Depositi di piana a meandri = SM
- Argille limose, argille e limi argillosi laminati – Area interfluviale e depositi di palude = CL
- Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose – Depositi di argine distale = MH
- Sabbie medie e fini – Depositi di canale e argine prossimale = SM
- Paleoalvei dossivi alti, Paleoalvei dossivi bassi, Paleoalvei non dossivi, Forme di esondazione = SP

Inoltre le aree in cui sono presenti i paleoalvei dossivi alti, i paleoalvei dossivi bassi, i paleoalvei non dossivi e le forme di esondazione sono state indicate come potenzialmente suscettibili di liquefazione, a causa della presenza di strati di terreno prevalentemente granulare e generalmente in falda (Capitolo 3). I depositi di tipo ML e CL sono stati definiti “poco consistenti” (secondo le indicazioni riportate in Tabella 8.1), i depositi di tipo MH e SM sono definiti “sciolti”, i depositi di tipo SP sono stati definiti “poco addensati”.

Sulla carta sono stati infine rappresentati i 41 sondaggi a carotaggio (Tabella 8.2) continuo e le 18 perforazioni per ricerca idrocarburi (Tabella 8.3) considerati in questo studio: dei sondaggi/perforazioni che non hanno raggiunto il substrato rigido è indicata la massima profondità raggiunta; dei sondaggi/perforazioni che hanno raggiunto il substrato rigido è indicata la profondità di quest’ultimo.

8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Come descritto nel Capitolo 6, i depositi presenti nel territorio del comune di Ferrara sono suscettibili di effetti di sito, e in particolare tutto il territorio è suscettibile di fenomeni di amplificazione litostratigrafica del moto sismico e le aree di paleoalveo o prossime ai paleoalvei e le aree in cui sono presenti depositi di rotta e tracimazione sono potenzialmente suscettibili di liquefazione a causa della presenza di sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi in falda.

Tali informazioni, sintetizzate nella Carta geologico-tecnica come descritto nel Paragrafo 8.2, hanno concorso alla definizione di microzone a omogeneo comportamento sismico come descritto nel seguito.

Aree stabili

Le aree in cui sono presenti terreni di copertura di tipo CL e ML sono considerate aree stabili suscettibili di amplificazioni locali (zona 1 e zona 2, rispettivamente) nella carta.

Aree instabili

Le aree in cui sono presenti terreni di copertura di tipo MH, SM e SP (paleoalvei, depositi di rotta e tracimazione, depositi di argine distale, depositi di canale e argine prossimale, depositi di canale distributore e argine e depositi di piana a meandri) sono state considerate aree instabili suscettibili di liquefazione.

8.4 Carta di microzonazione sismica (livello 2)

Alle aree stabili e instabili perimetrate nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica sono associati, nella carta di microzonazione sismica di livello 2, i fattori di amplificazione valutati con metodi semplificati descritti nel Paragrafo 7.1. In particolare nello strato “Stab” riportato nella carta i fattori di amplificazione sono archiviati come di seguito descritto:

F.A._{P.G.A.} = campo F_x

F.A._{si,01,-0.5} = campo F_y

F.A._{si,05,-1} = campo F_z

8.4 Carta di microzonazione sismica (livello 3)

Aree stabili

Rispetto alla carta di secondo livello, alcune aree stabili sono state ridimensionate a causa della presenza locale di prove che hanno evidenziato la presenza del rischio di liquefazione.

Aree instabili

Le aree in cui sono presenti terreni di copertura di tipo MH, SM e SP (paleoalvei, depositi di rotta e tracimazione, depositi di argine distale, depositi di canale e argine prossimale, depositi di canale distributore e argine e depositi di piana a meandri) sono state considerate aree instabili suscettibili di liquefazione. Il rischio è stato quantificato localmente sulla base dei risultati puntuali delle verifiche di suscettibilità a liquefazione. In base a tali risultati, le aree instabili sono state suddivise in tre classi:

- aree caratterizzate da $I_L \leq 2$ ovvero da rischio di liquefazione basso
- aree caratterizzate da $2 \leq I_L \leq 5$ ovvero da rischio di liquefazione moderato
- aree caratterizzate da $I_L \geq 5$ ovvero da rischio di liquefazione elevato e localmente molto elevato

La carta risulta dalla sovrapposizione di informazioni di natura molto diversa, ovvero informazioni areali di tipo qualitativo e indicazioni puntuali di tipo quantitativo, per cui contiene necessariamente delle approssimazioni. Nell'associare alle aree potenzialmente instabili una stima del rischio è generalmente prevalso il principio di cautela.



9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati

In Figura 9.1 la Carta di microzonazione sismica di terzo livello, con evidenziate le zone stabili e quelle potenzialmente instabili, è confrontata con i risultati di tutti i sopralluoghi speditici e AEDES effettuati a seguito degli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 aventi esito di tipo B, C ed E. La carta è riportata anche in allegato.

Nella carta, gli edifici caratterizzati da esiti di tipo B e C sono rappresentati con dei punti magenta, quelli con esito di tipo E con dei punti viola.

Premesso che il territorio del Comune di Ferrara è stato interessato da accelerazioni sismiche in superficie relativamente basse rispetto a quelle di progetto (vedi Capitolo 2) e che i danni sono concentrati nelle aree più vulnerabili dell'abitato (centro medioevale) a causa principalmente delle carenze strutturali delle murature antiche, si osserva tuttavia un'ottima corrispondenza tra le valutazioni svolte (perimetrazione delle aree potenzialmente instabili) e la distribuzione del danno. Infatti molti degli edifici danneggiati si trovano in corrispondenza delle aree considerate a rischio di liquefazione a causa della presenza di depositi sottofalda di terreni a grana grossa.

Questo potrebbe significare che durante gli eventi del 20 e 29 maggio, le sollecitazioni sismiche, seppur ridotte, hanno comunque indotto delle sovrappressioni interstiziali nei terreni sabbiosi-limosi saturi. Tali sovrappressioni non hanno generato liquefazione perché inferiori alle tensioni efficaci agenti, ma potrebbero aver comunque indotto deformazioni temporanee significative, tali da amplificare i danni sugli edifici dovuti alle sole sollecitazioni dinamiche sulle strutture.



10. Bibliografia

Albarello, D. Lunedei, E. e Paolucci, E. (2013). Misure di sismica passiva nell'area comunale di Ferrara.

Albarello D., Castellaro S., 2011. Tecniche sismiche passive. *Ingegneria Sismica*, Anno XXVII, 2, (Suppl.), 32-63.

Bartolomei G., Bondesan M., Dal Cin R., Mase' G. & Vuillermin F., 1975 - Studio geologico coordinato per la pianificazione territoriale del Comune di Ferrara. *Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. 14, pp.165-205.

Bondesan, M. e Gargini, A. (2003). Carta Geomorfologica del Comune di Ferrara.

Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, Commissione protezione civile, Sottocommissione 8, Attuazione della normativa sismica; Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione civile (2009). *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica ICMS*.

D.G.R. 2007. *Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*.

Gargini, A. e Bondesan, M. (2003). *Supporto tecnico geologico-idrogeologico alla procedura di valutazione e sostenibilità ambientale per il nuovo piano regolatore del comune di Ferrara zona via Bologna – direttrice per Cona, Ferrara Nord-Pontelagoscuro*.

Martelli L., P. Severi, G. Biavati, S. Rosselli, R. Camassi, E. Ercolani, A. Marcellini, A. Tento, D. Gerosa, D. Albarello, F. Guerrini, E. Lunedei, D. Pileggi, F. Pergalani, M. Compagnoni, V. Fioravante, D. Giretti, (2013). *Analysis of the local seismic hazard for the stability tests of the main bank of the Po river (Northern Italy)*. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, in stampa.

Meletti, C. & Valenise, G. (2004). *Zonazione sismogenetica ZS) – App.2 al Raporto Conclusivo*.

Norme Tecniche per le Costruzioni (2008).

Provincia di Ferrara (1982). *Carta della falda freatica*.

Provincia di Ferrara, Regione Emilia-Romagna, Università degli Studi di Ferrara. *Risorse Idriche sotterranee della Provincia di Ferrara*.



Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>

Regione Emilia Romagna, Eni-Agip, (1998). Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna. A cura di G. Di Dio. S.EL.CA. (Firenze)

Regione Emilia-Romagna (1999). Carta Geologica di Pianura

Robertson, P.K., 1990. Soil Classification using the CPT. Canadian Geotechnical Journal. 27(1), 151-158.

Robertson, P.K. and Wride, C.E., 1998. Cyclic Liquefaction and its Evaluation based on the CPT Canadian Geotechnical Journal, 1998, Vol. 35.

Robertson, P.K. (2004). Evaluating Soil Liquefaction and Post-earthquake deformations using the CPT.

P.K. Robertson and K.L. Cabal (2010). Estimating soil unit weight from CPT.

Seed, H. B., and Idriss, I. M. 1971. Simplified procedure for evaluation soil liquefaction potential. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 97(SM9): 1249-1273.

Seed, H. B., and Idriss, I. M. 1982. Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute, p.134.



ALLEGATI



ALLEGATO 1 – FIGURE

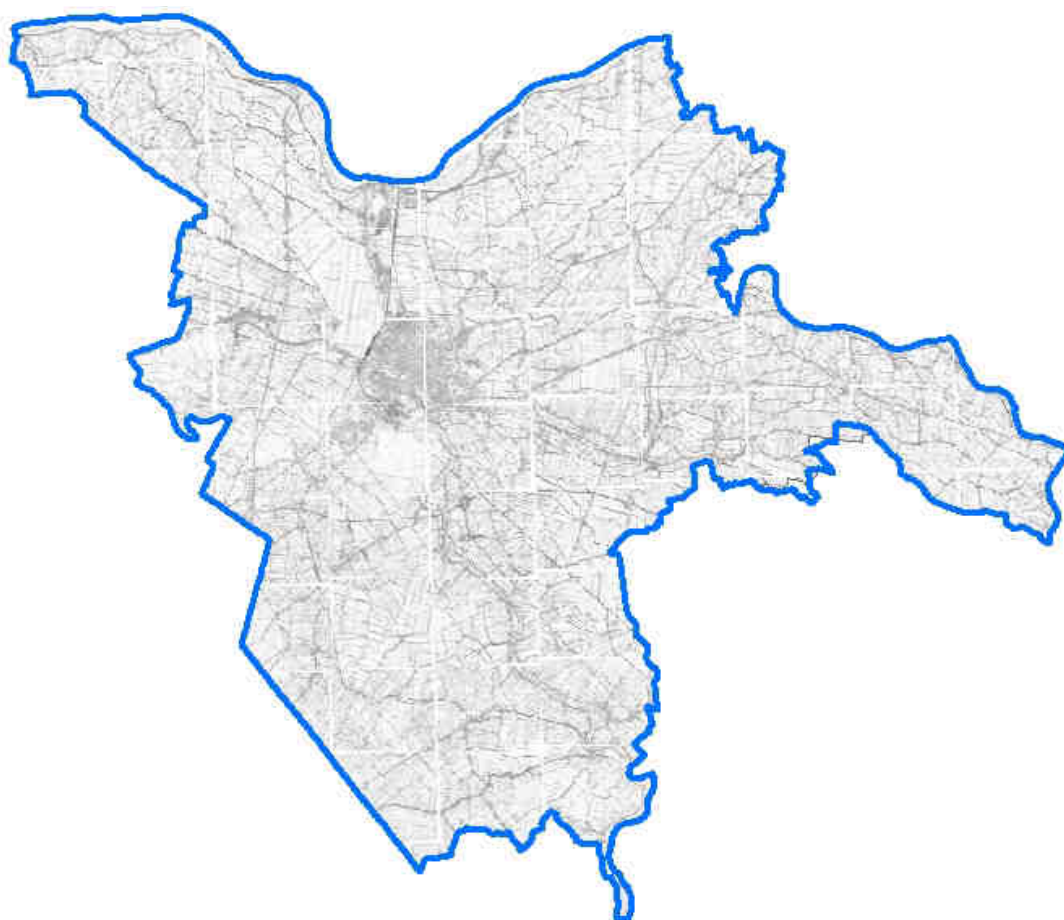


Figura 1.1 Comune di Ferrara e stralcio della CTR.

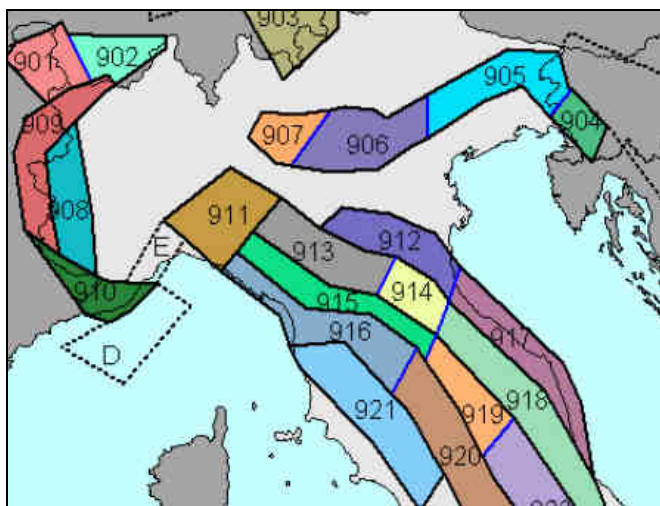


Figura 2.1 Zonazione ZS9.

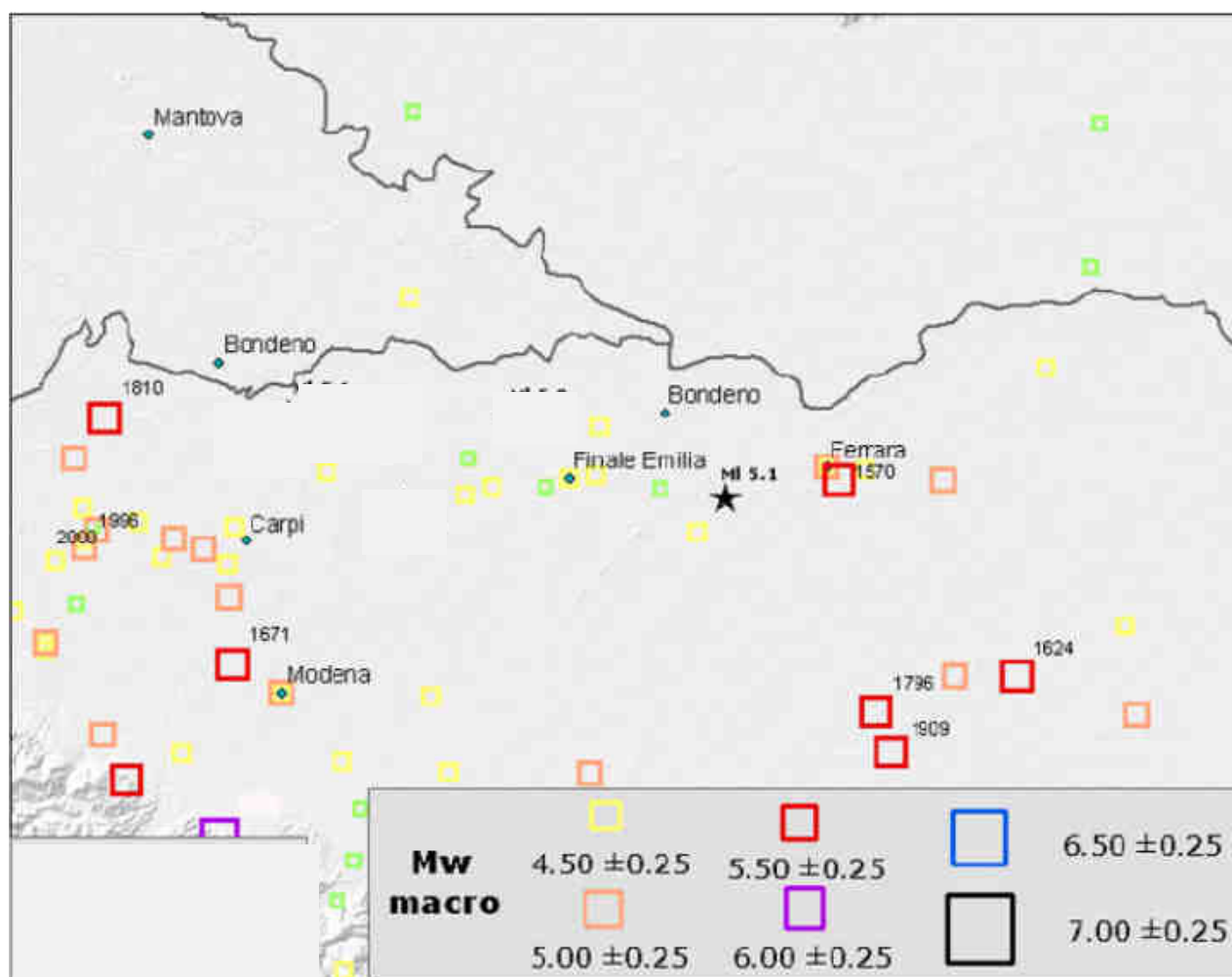


Figura 2.2 Epicentri di alcuni eventi storici.

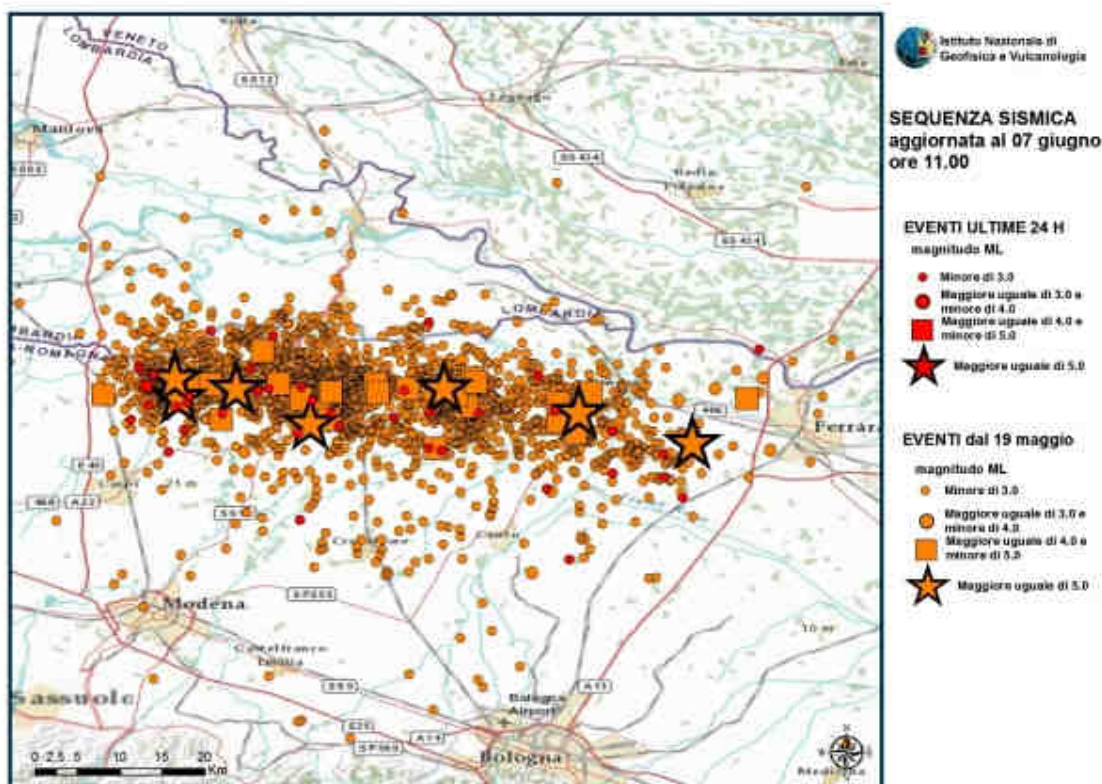
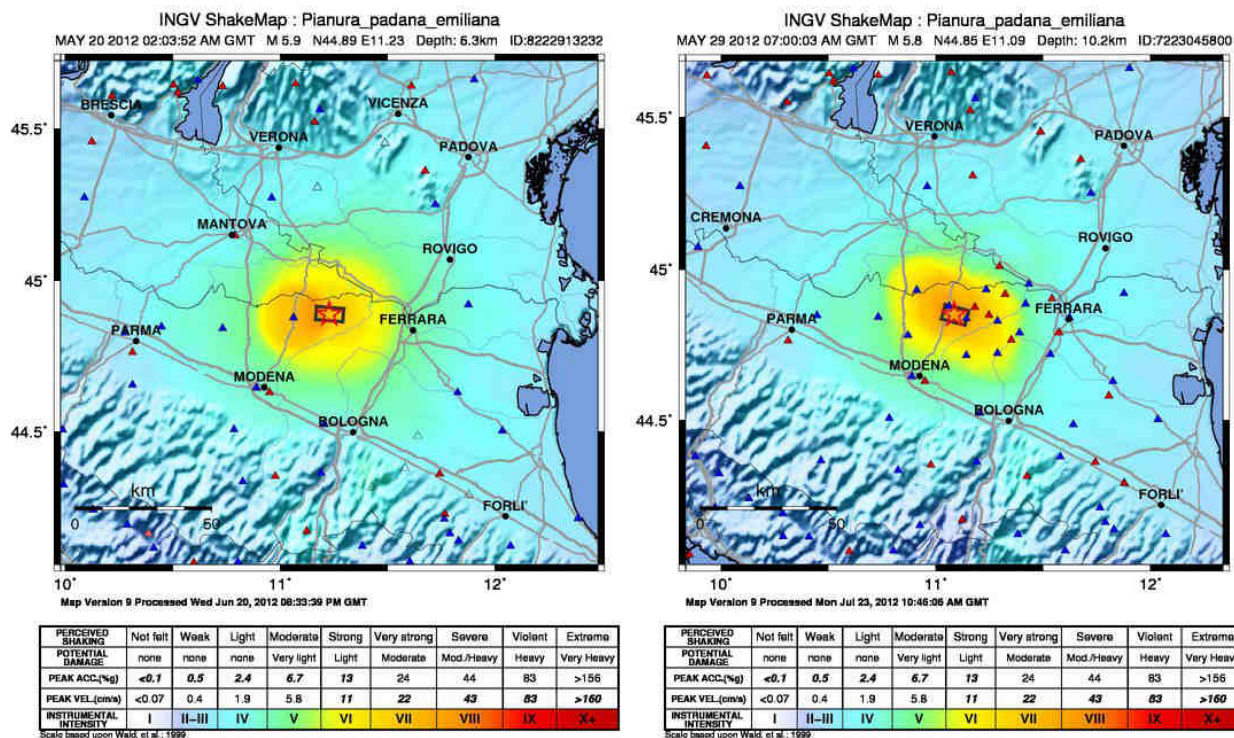


Figura 2.3 Sequenza sismica maggio-giugno 2012: ubicazione degli epicentri.



(a)

(b)

Figura 2.4 Mappe di scuotimento in Intensità macrosismica per gli eventi del (a) 20 e (b) 29 maggio 2012

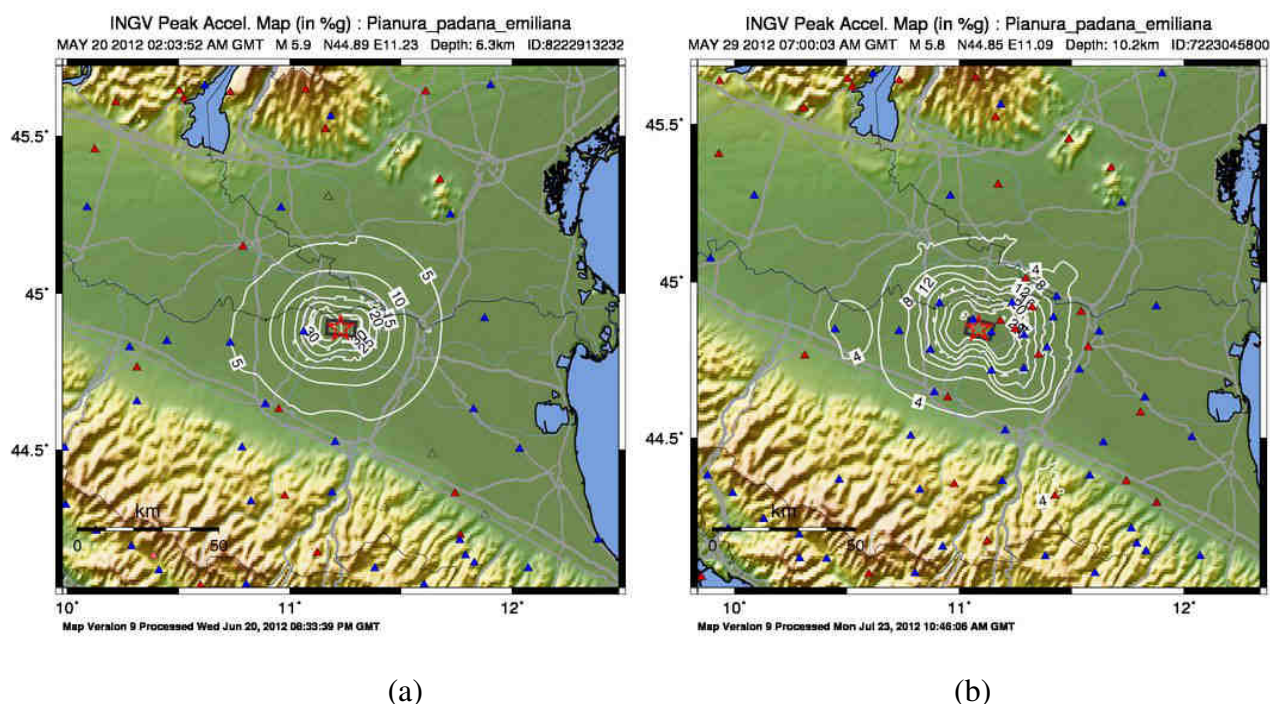


Figura 2.5 Mappe di scuotimento in termini accelerazione orizzontale massima per gli eventi del (a) 20 e (b) 29 maggio 2012

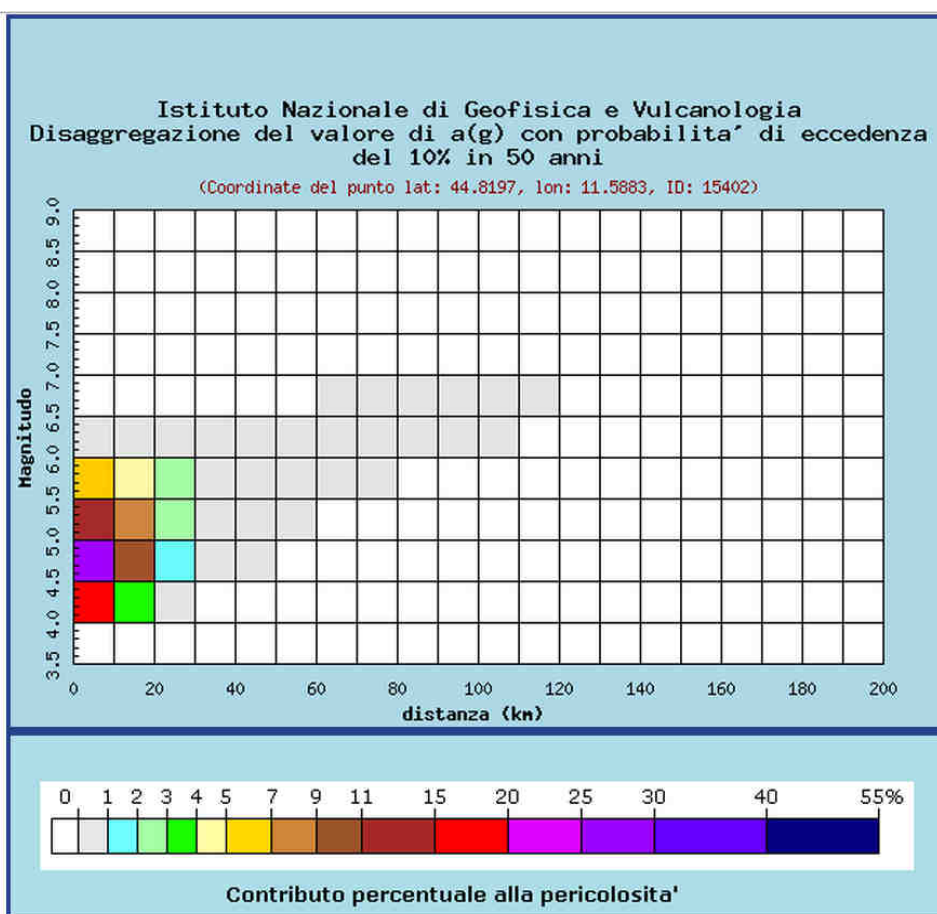


Figura 2.6 Carta di disaggregazione per il Comune di Ferrara.

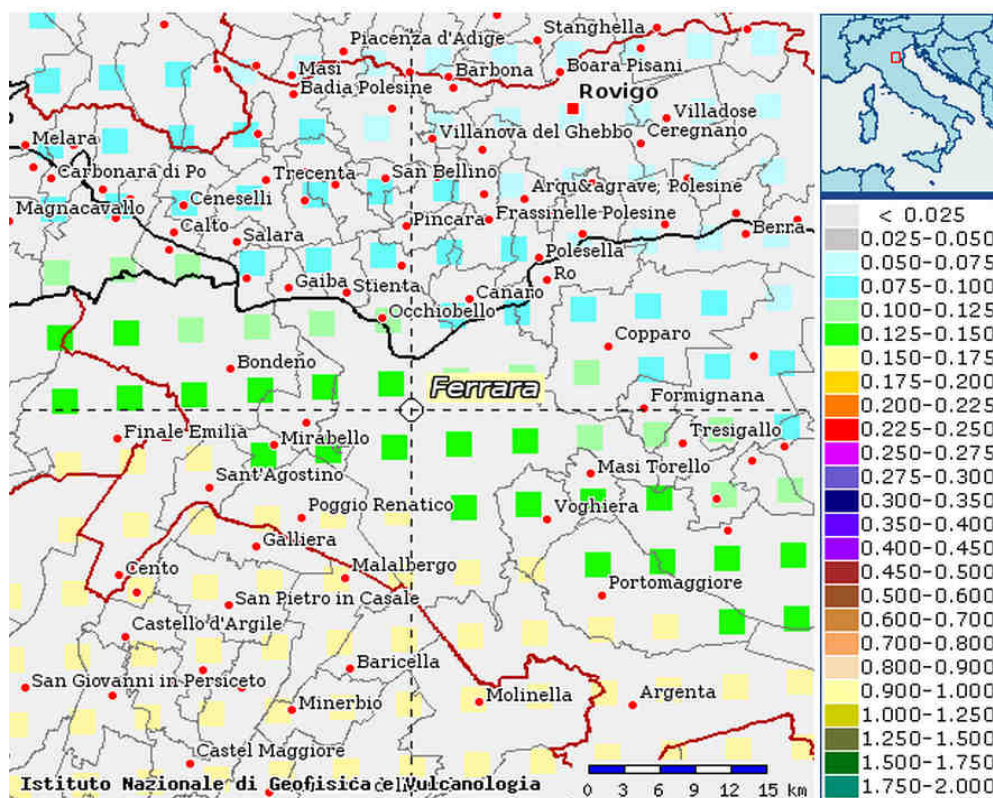


Figura 2.7 Accelerazioni massime su suolo rigido attese per il Comune di Ferrara ($T_r = 475$ anni).

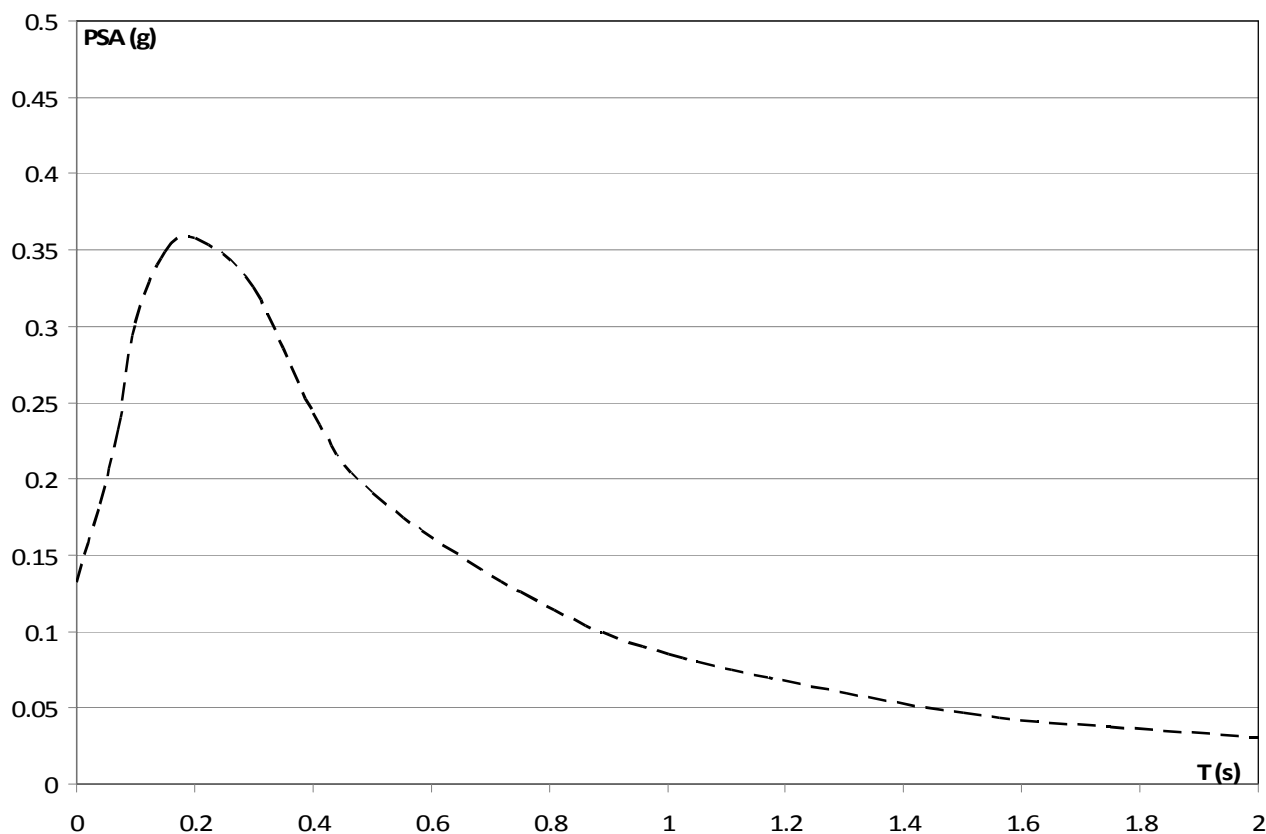


Figura 2.8. Spettro di risposta per il comune di Ferrara per gli studi di microzonazione sismica.

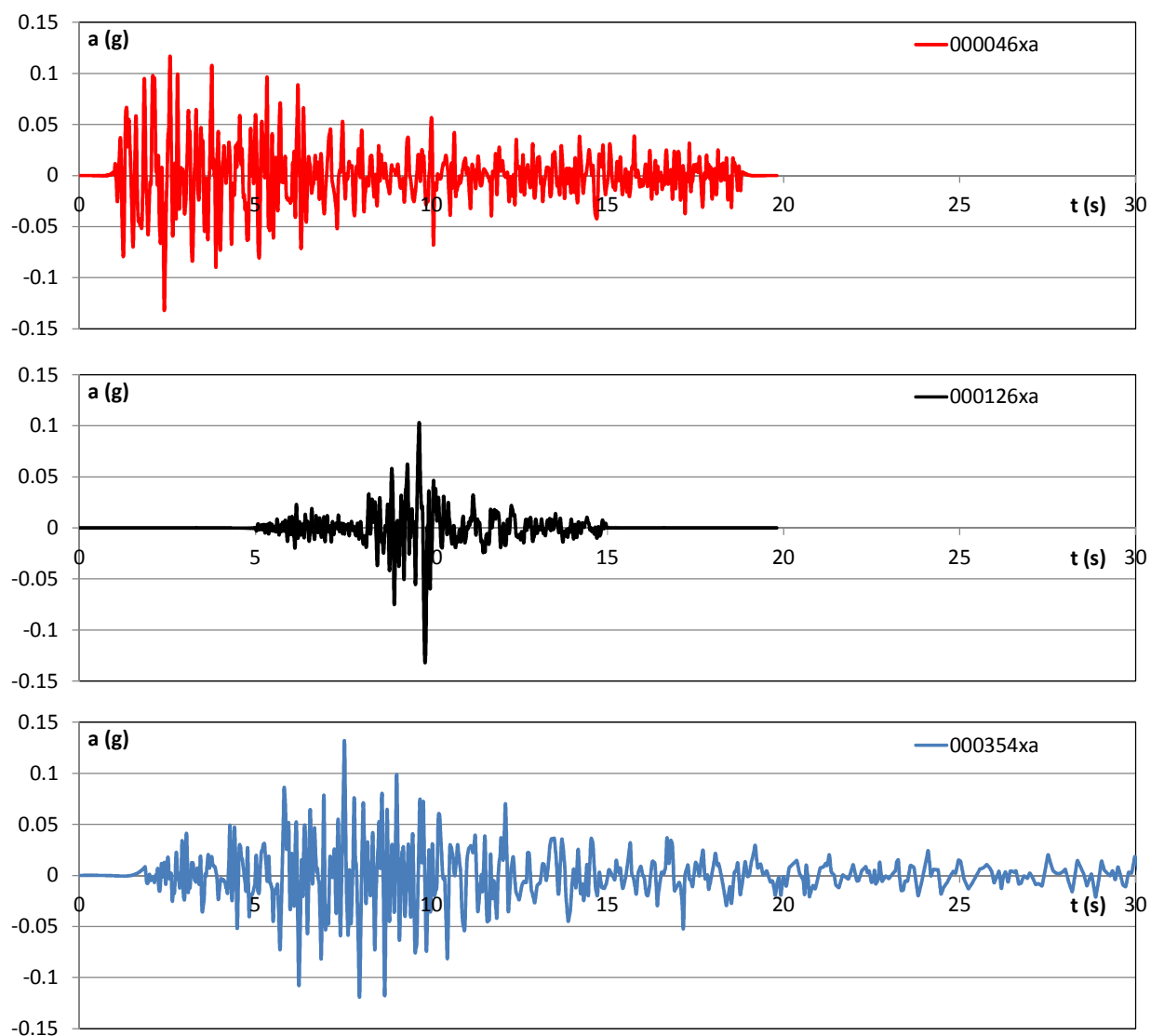
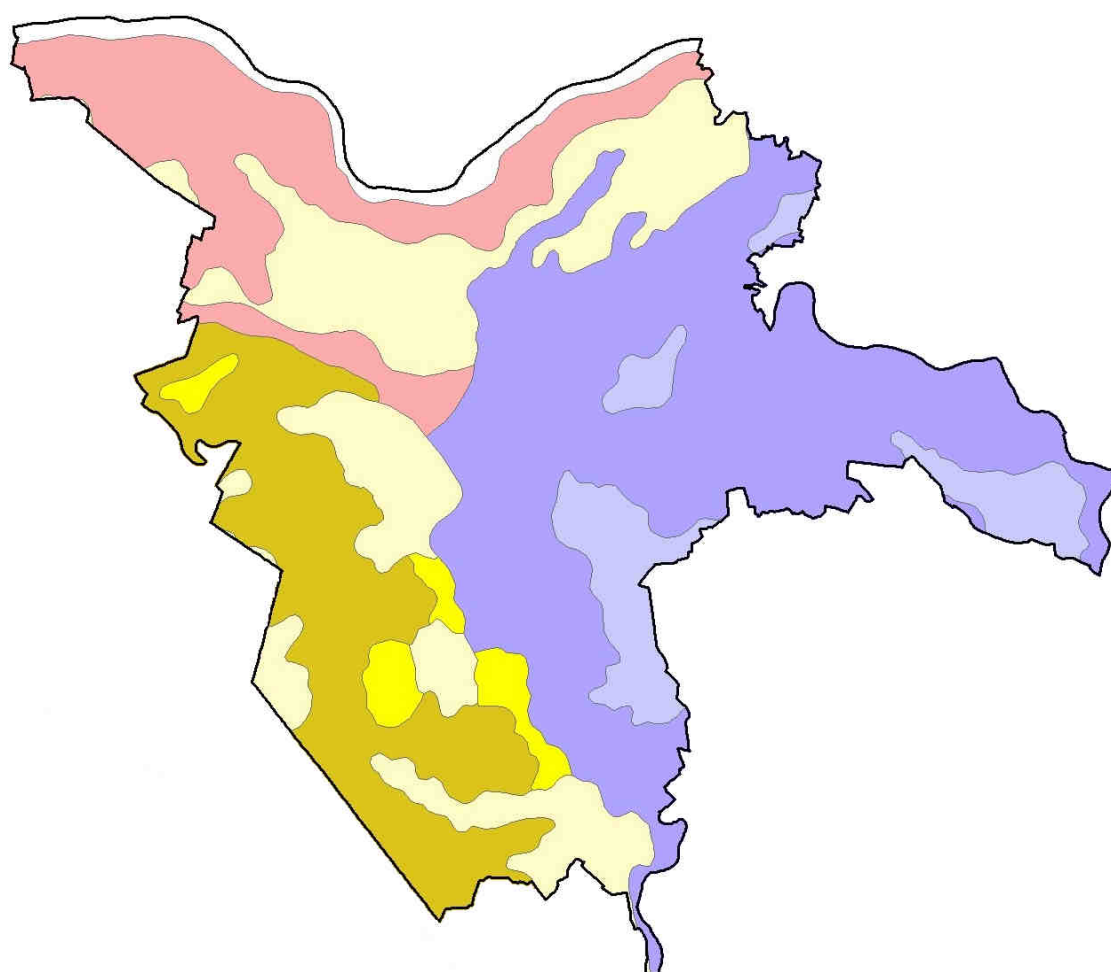


Figura 2.9 Accelerogrammi dei segnali sismici di riferimento.



	Sabbie medie e fini – Depositi di canale e argine prossimale
	Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose – Depositi di argine distale
	Argille limose, argille e limi argillosi laminati – Area interfluviale e depositi di palude
	Sabbie medie e grossolane – Depositi di piana a meandri
	Sabbie da medie a fini – Depositi di canale distributore e argine
	Limi e limi argillosi - Depositi di palude

Figura 3.1 – Stralcio della carta geologica di pianura (RER 1999)

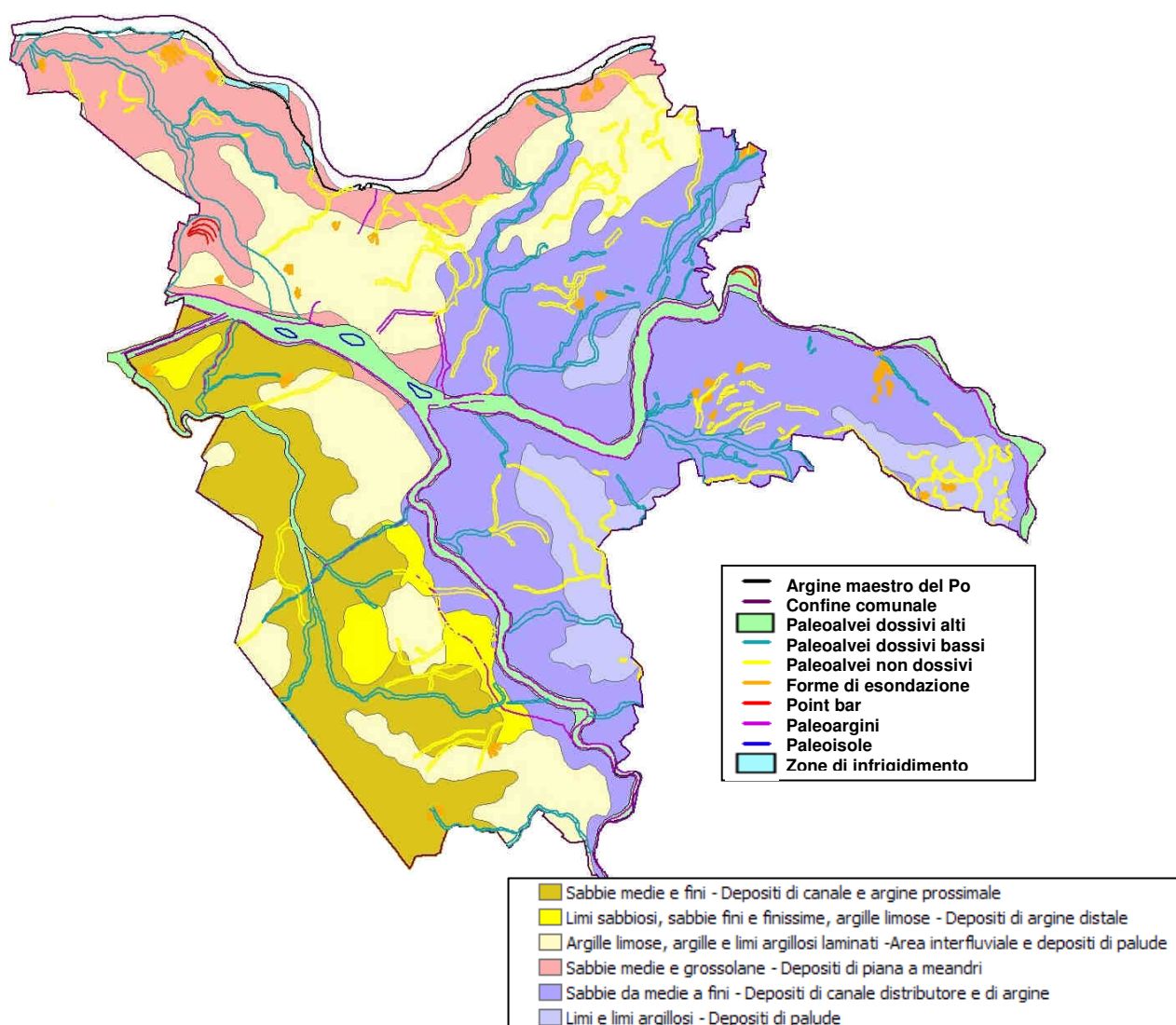


Figura 3.2 – Sovrapposizione della carta geologica di pianura e della carta geomorfologica comunale (RER 1999, Bondesan e Gargini, 2003)

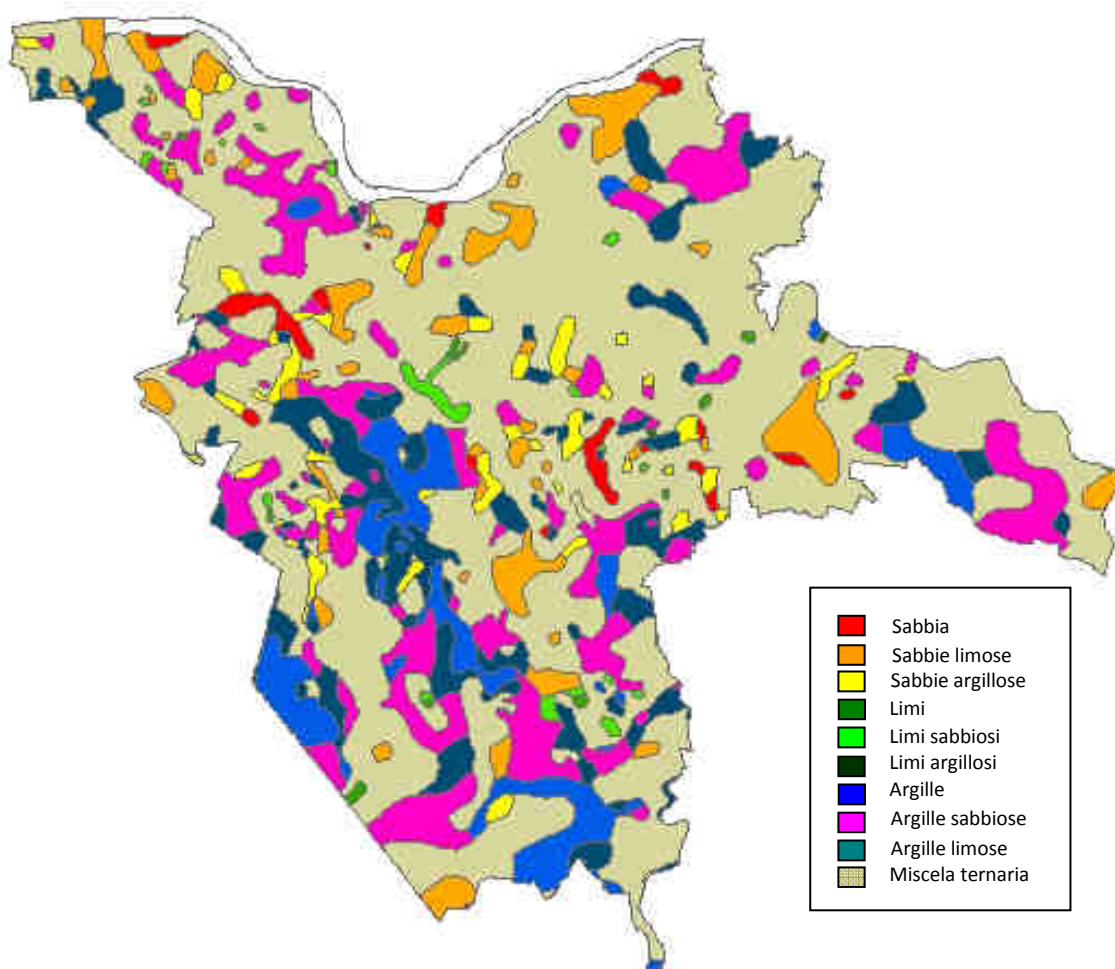


Figura 3.3 – Carta comunale delle litologie di superficie (Bartolomei at al. 1975)

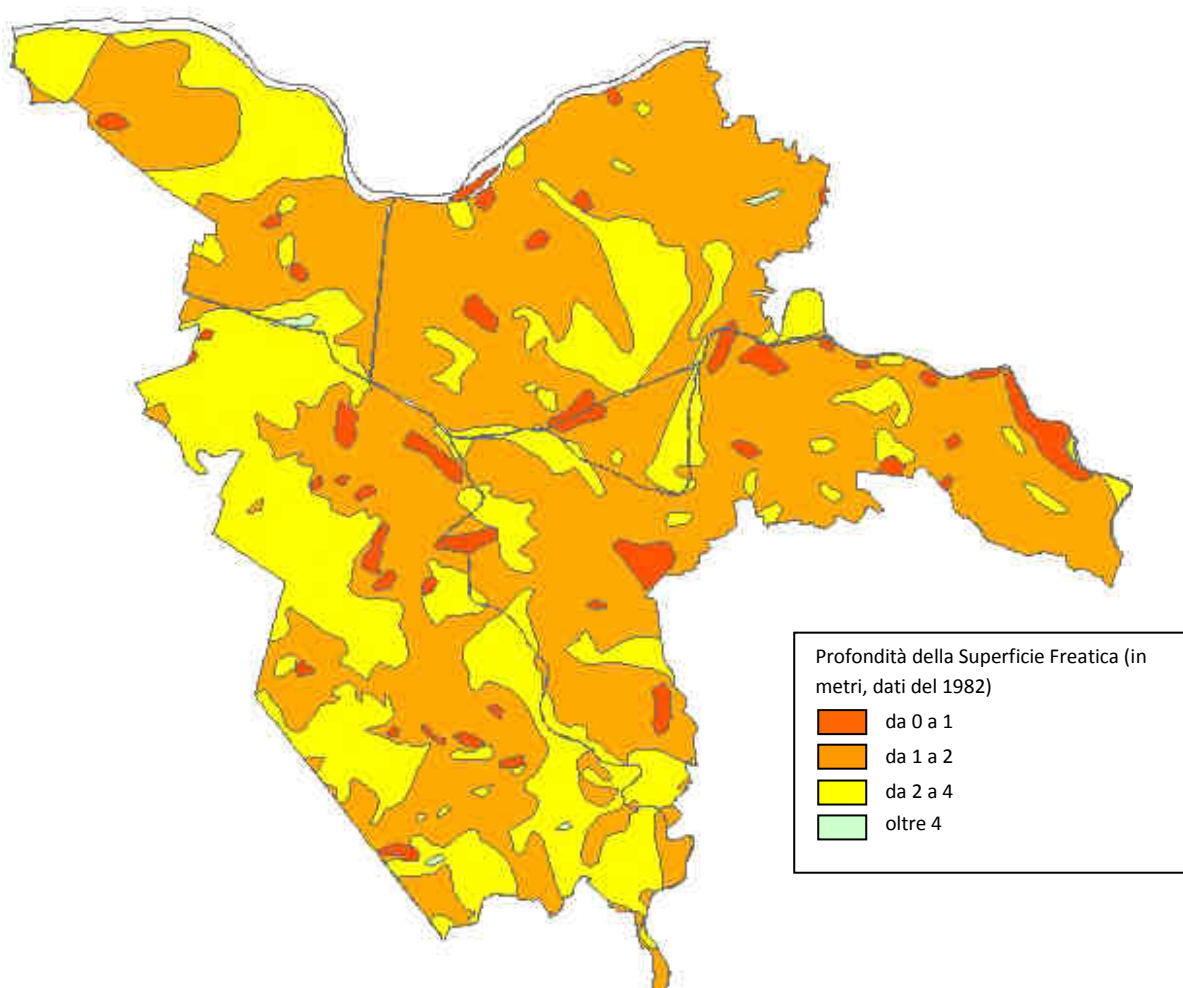


Figura 3.4 Carta comunale del tetto della falda freatica (Amministrazione Provinciale, 1982)



Ind_pu_ex_novo

- ESAC
- HVSR
- SCPTU

Ind_pu_pregresse

- CPT
- CPTE
- CPTU
- HVSR
- PI
- S
- SCPTU

Figura 4.1 Ubicazione delle indagini geognostiche analizzate.

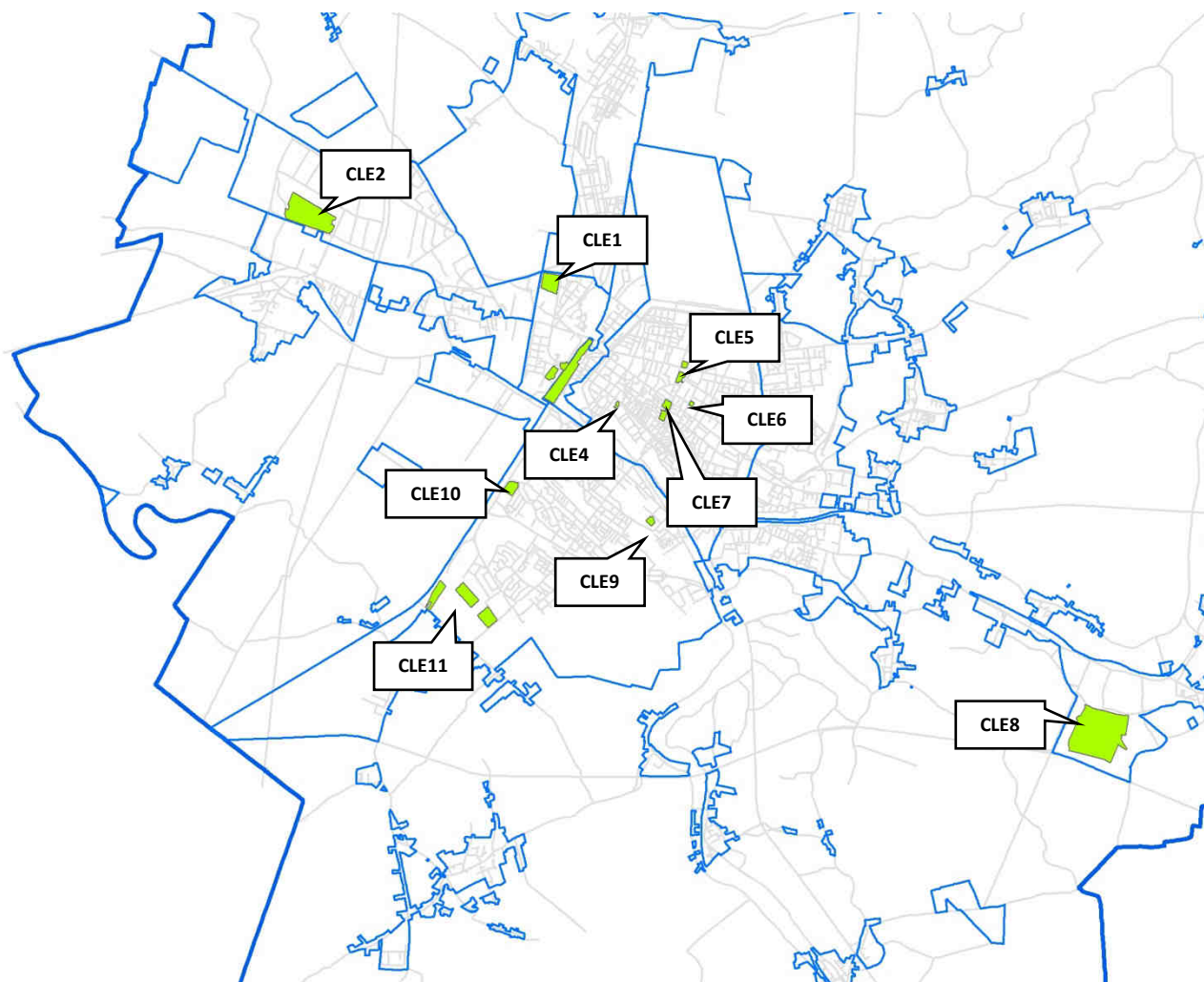


Figura 4.2 Ubicazione Edifici strategici ai finni della CLE.

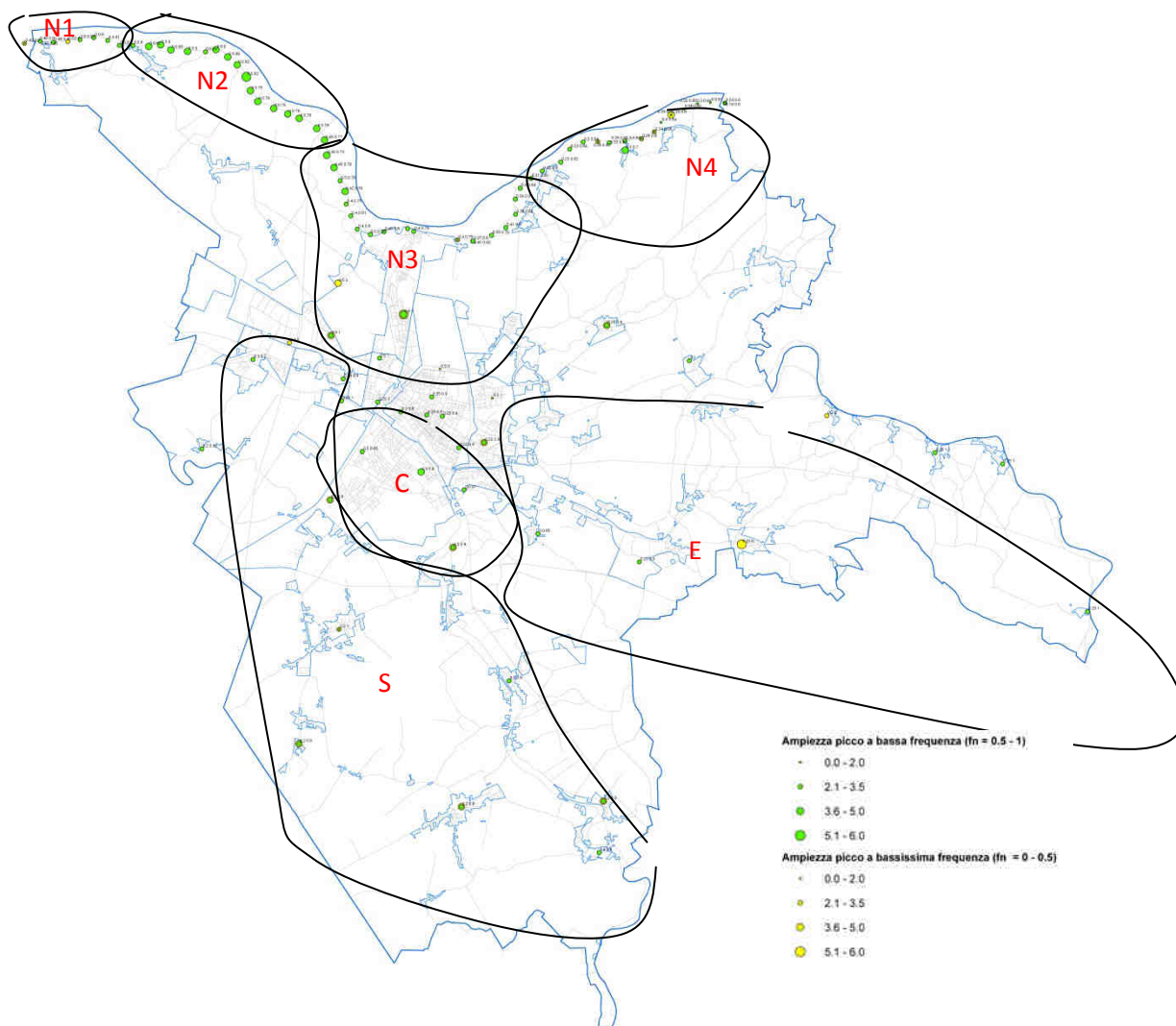


Figura 5.1 Punti di misura HVSR.

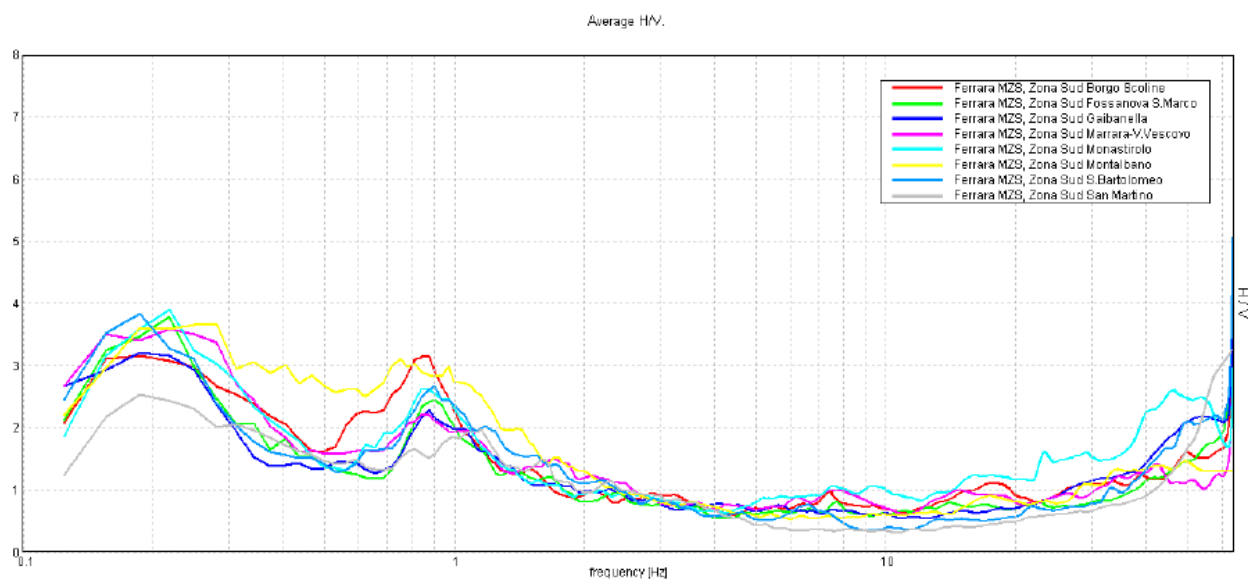


Figura 5.2 Curve HVSR Zona Sud.

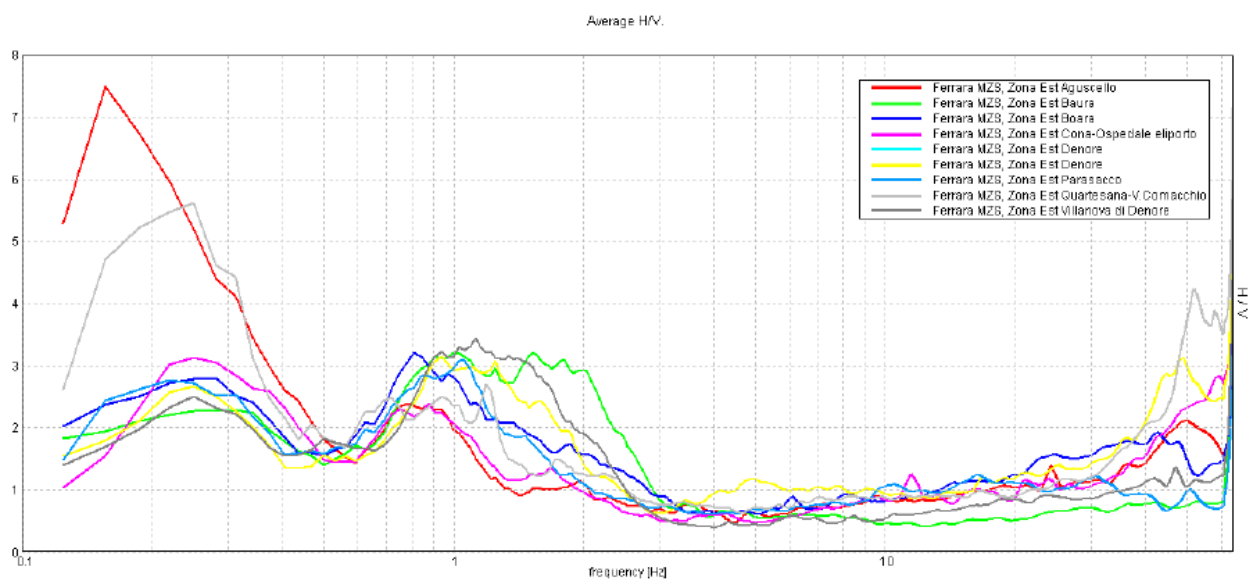


Figura 5.3 Curve HVSR Zona Est.

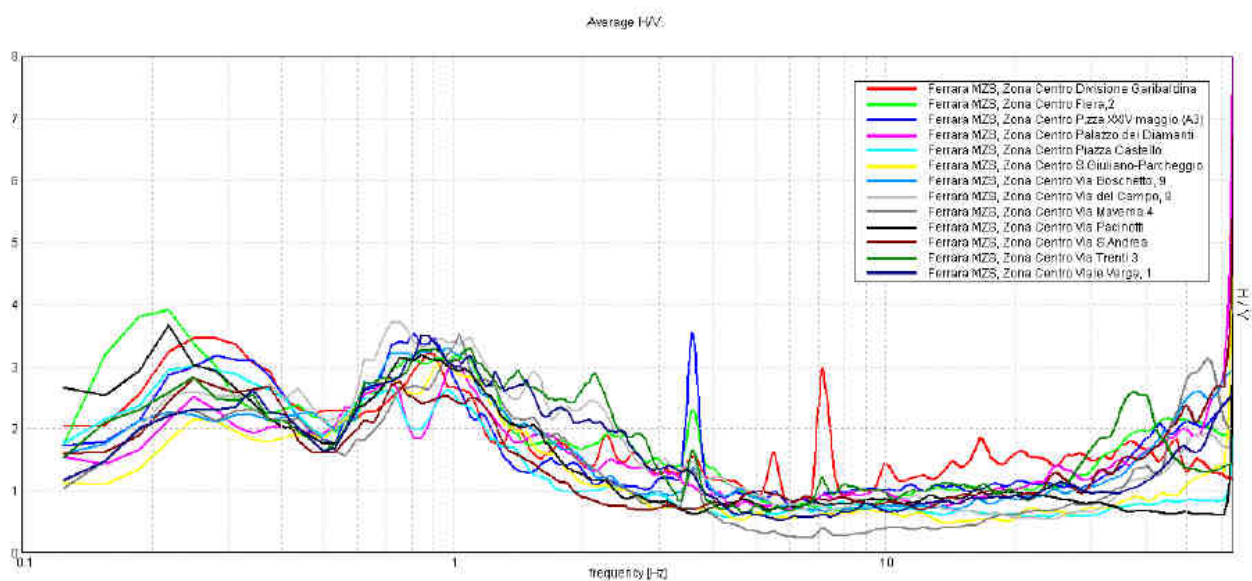


Figura 5.4 Curve HVSR Zona Centro.

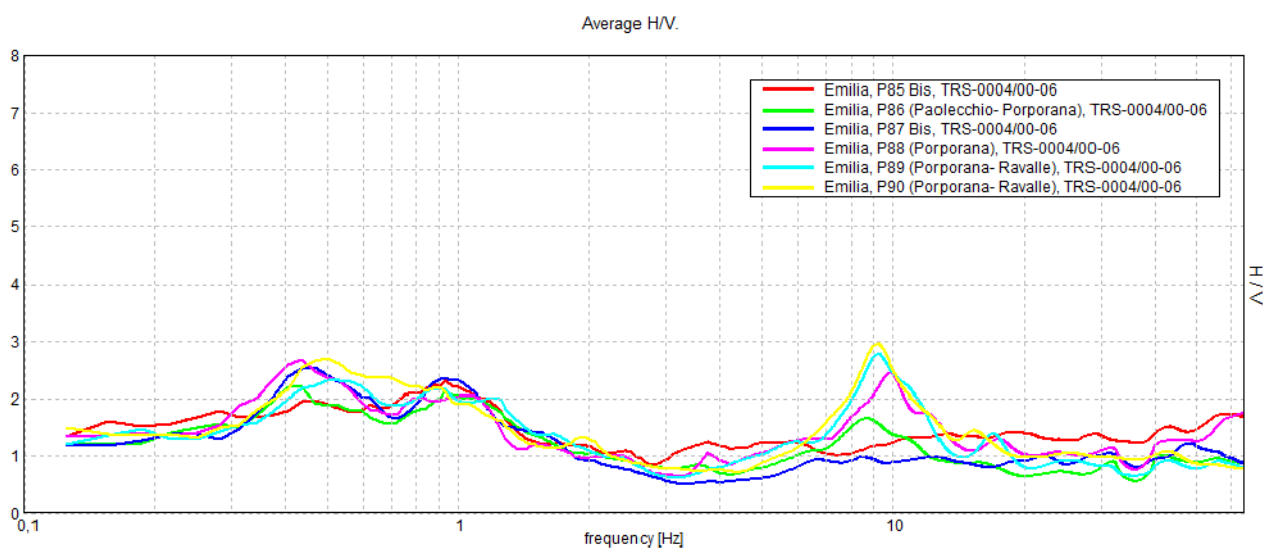


Figura 5.5 Curve HVSR Zona Nord1.

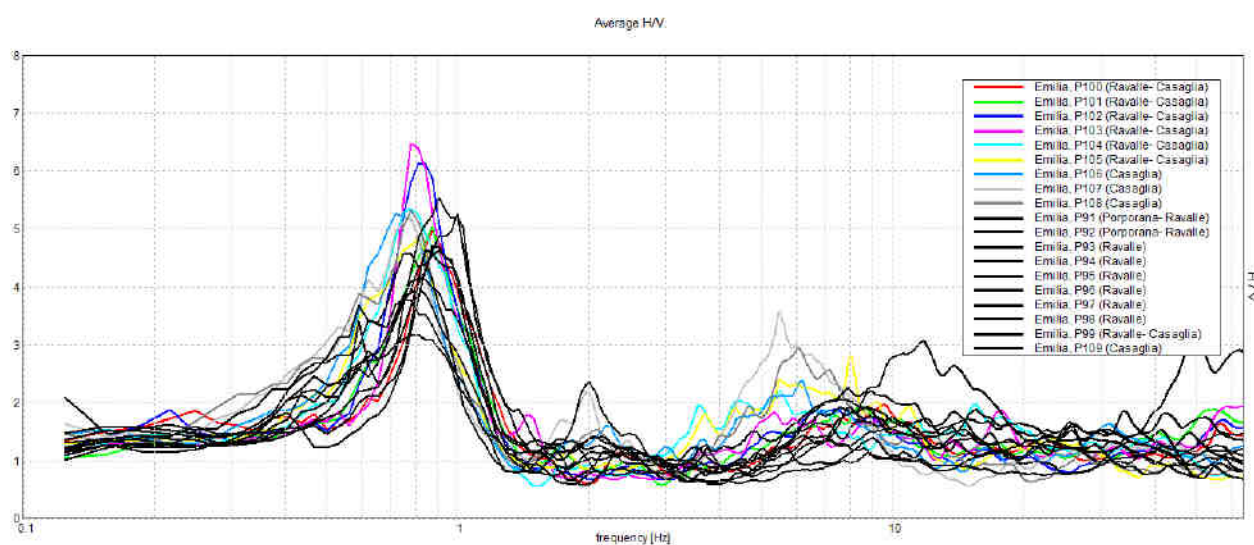


Figura 5.6 Curve HVSR Zona Nord2.

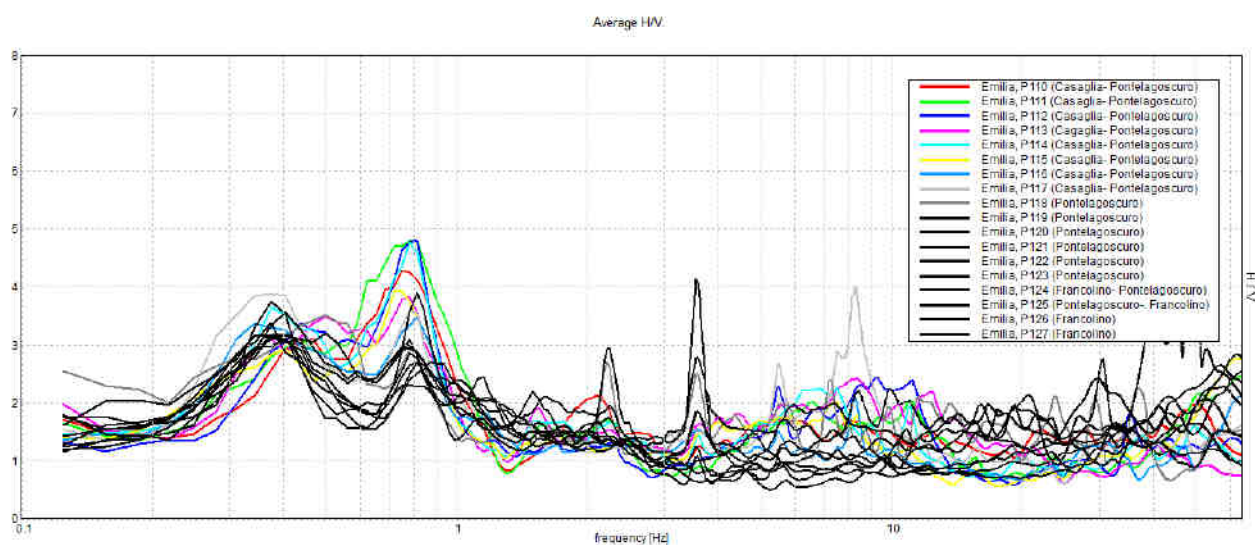


Figura 5.7 Curve HVSR Zona Nord3.

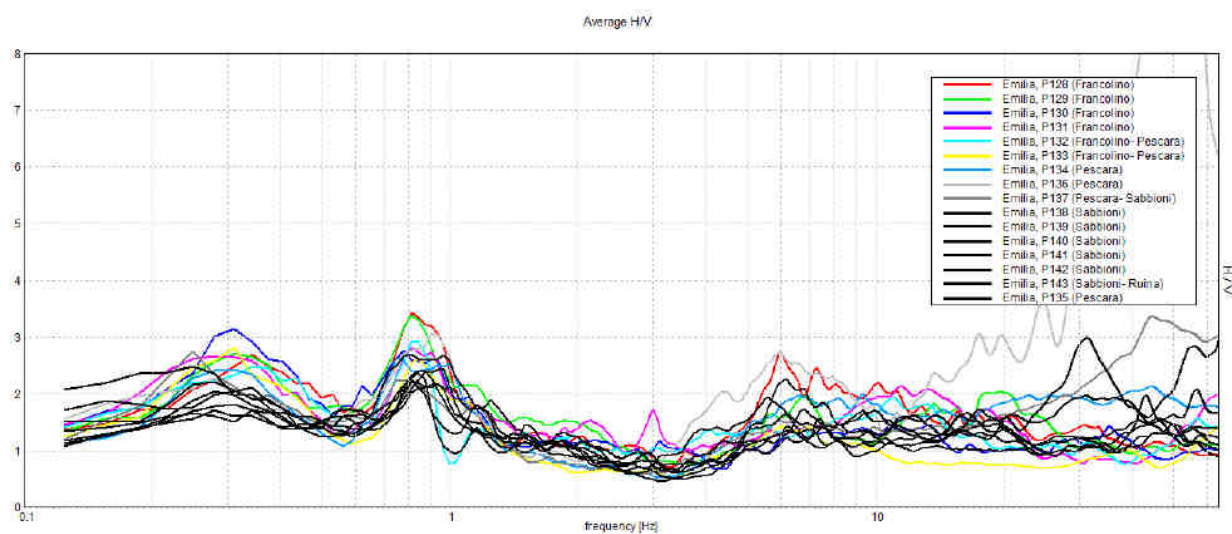


Figura 5.8 Curve HVSR Zona Nord4.

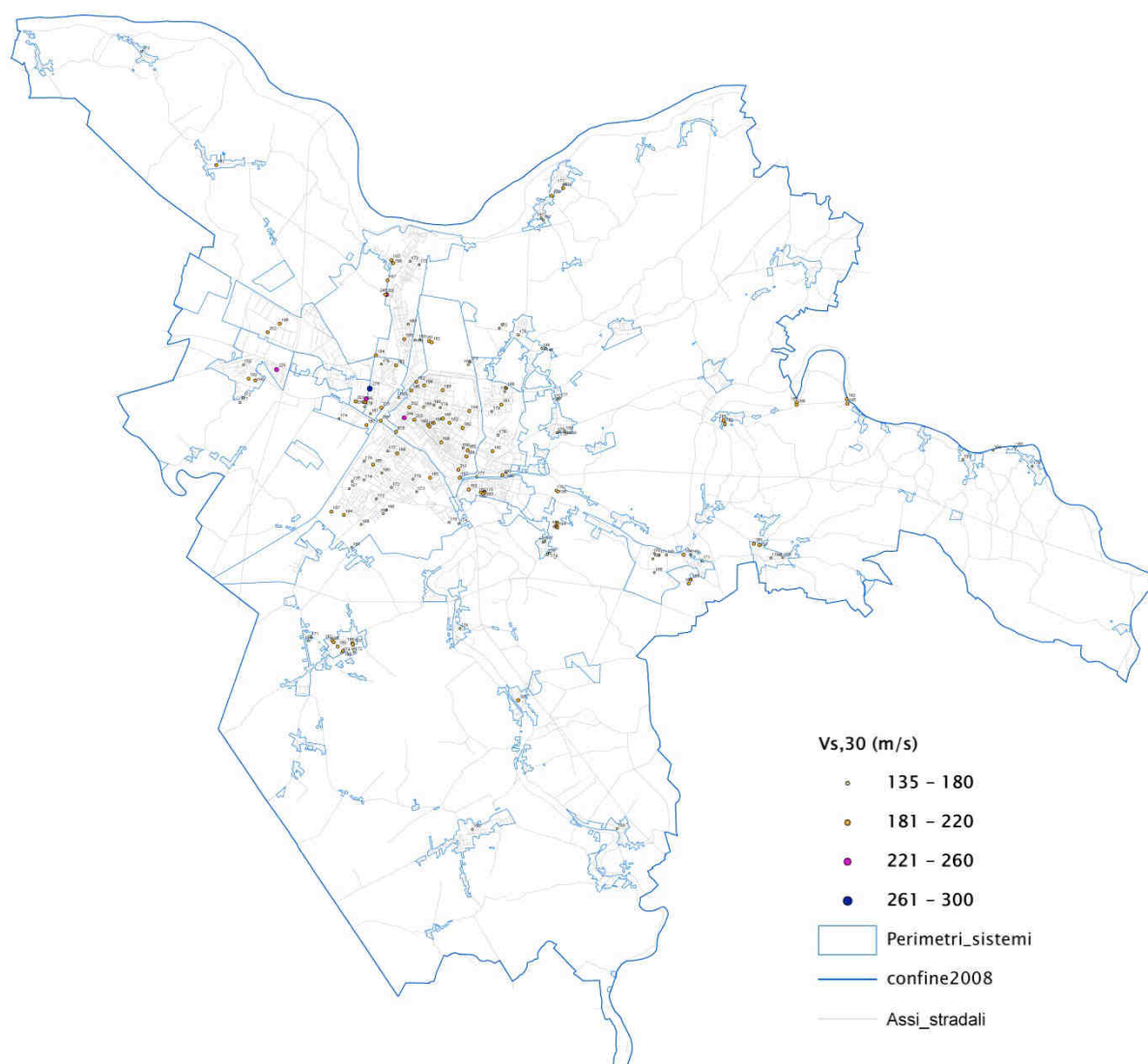


Figura 5.9 Velocità equivalente delle onde di taglio.

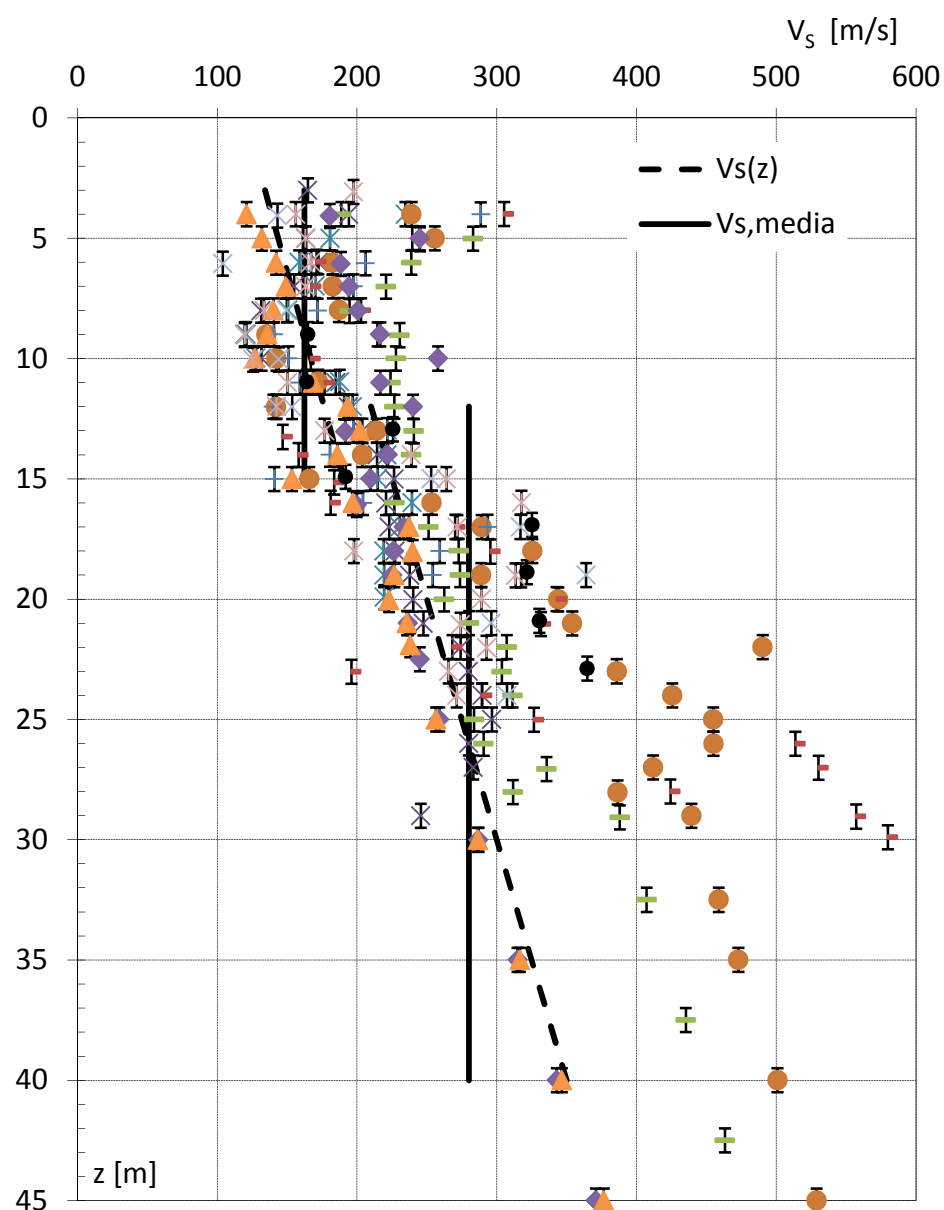


Figura 5.10. Velocità di propagazione delle onde di taglio misurata in corrispondenza degli attraversamenti del canale Boicelli nella città di Ferrara (z = profondità da p.c. locale).

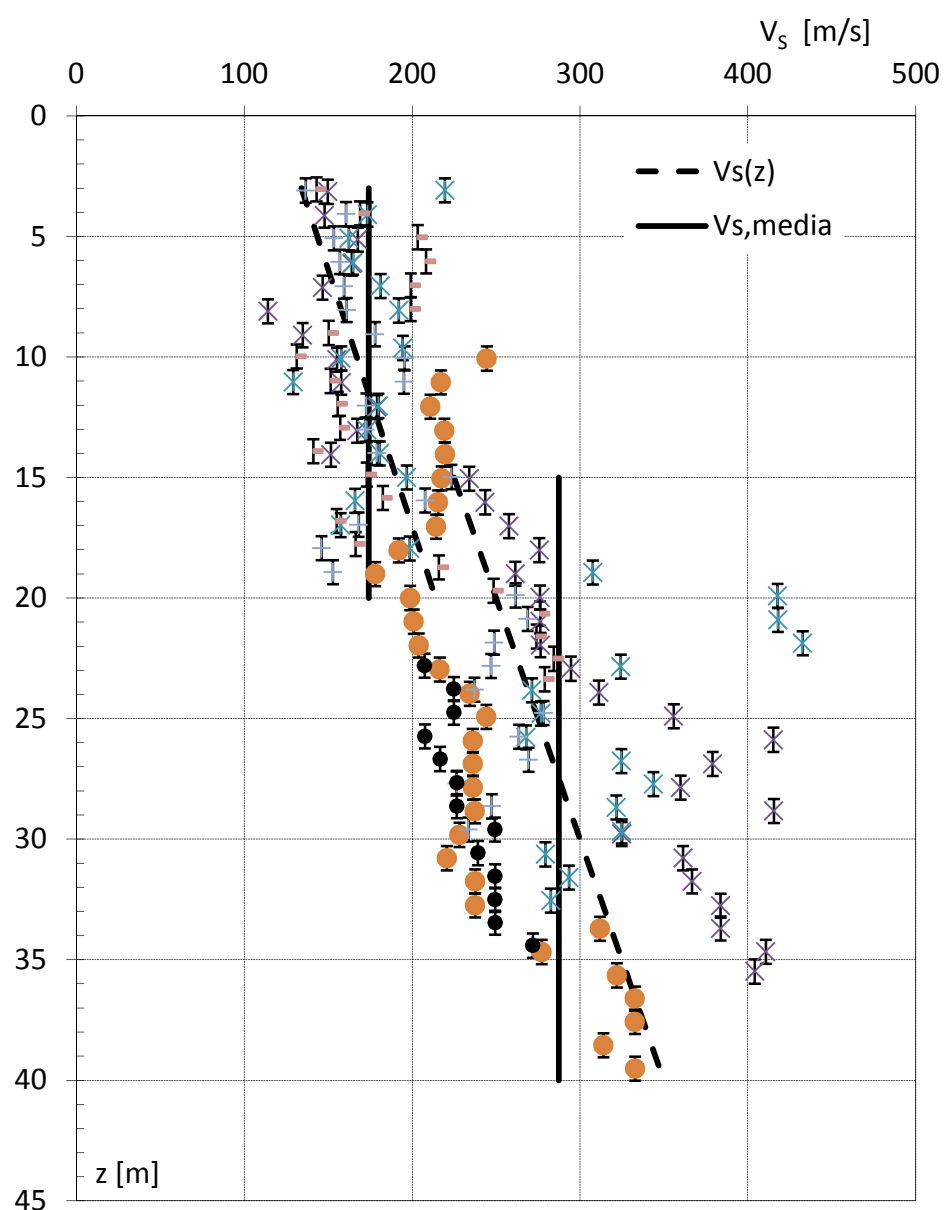


Figura 5.11 Velocità di propagazione delle onde di taglio misurata in corrispondenza degli attraversamenti del Po di Volano nella città di Ferrara, (z = profondità da p.c. locale).

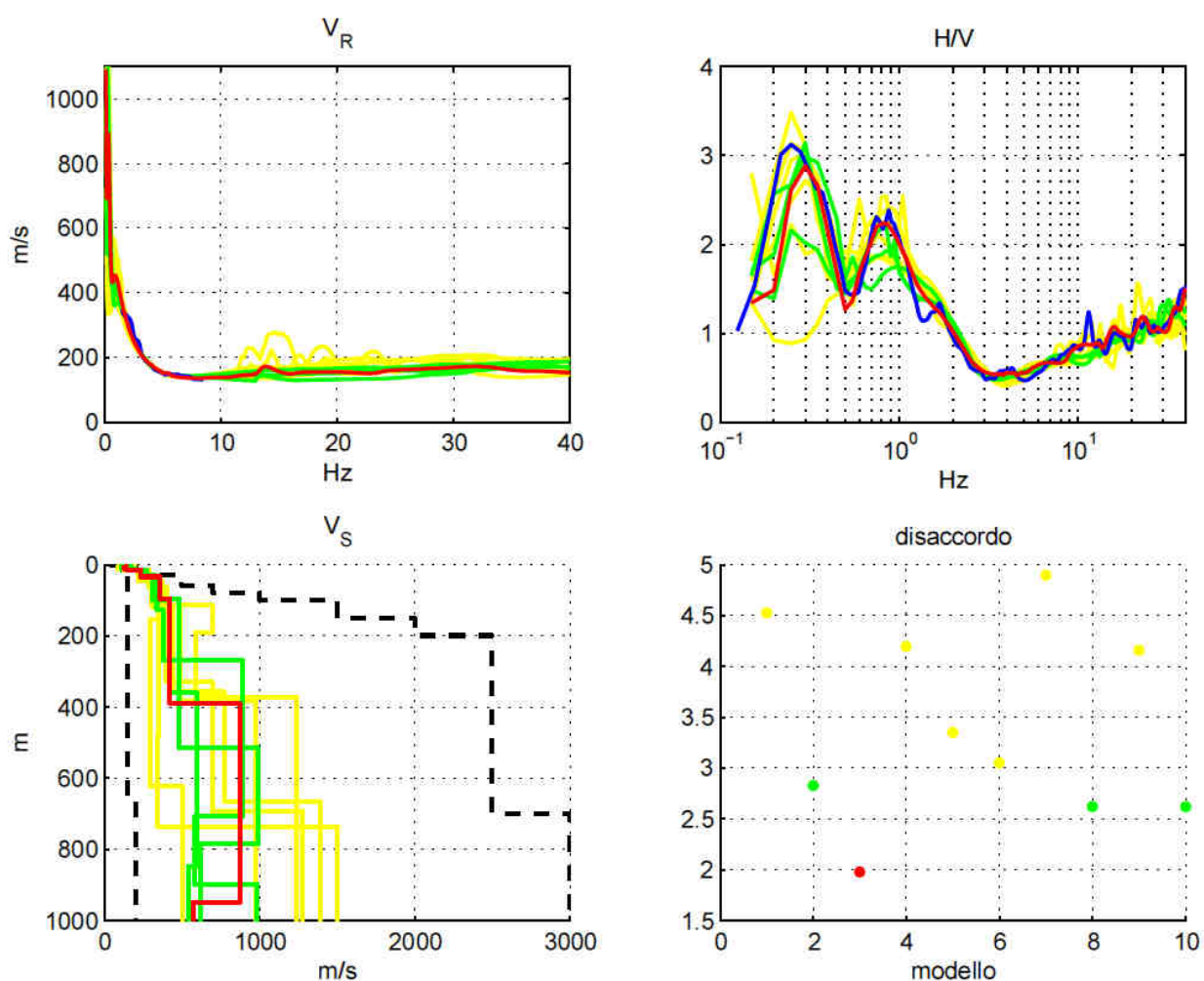


Figura 5.12 Risultati dell'inversione in località Cona (antenna A1).

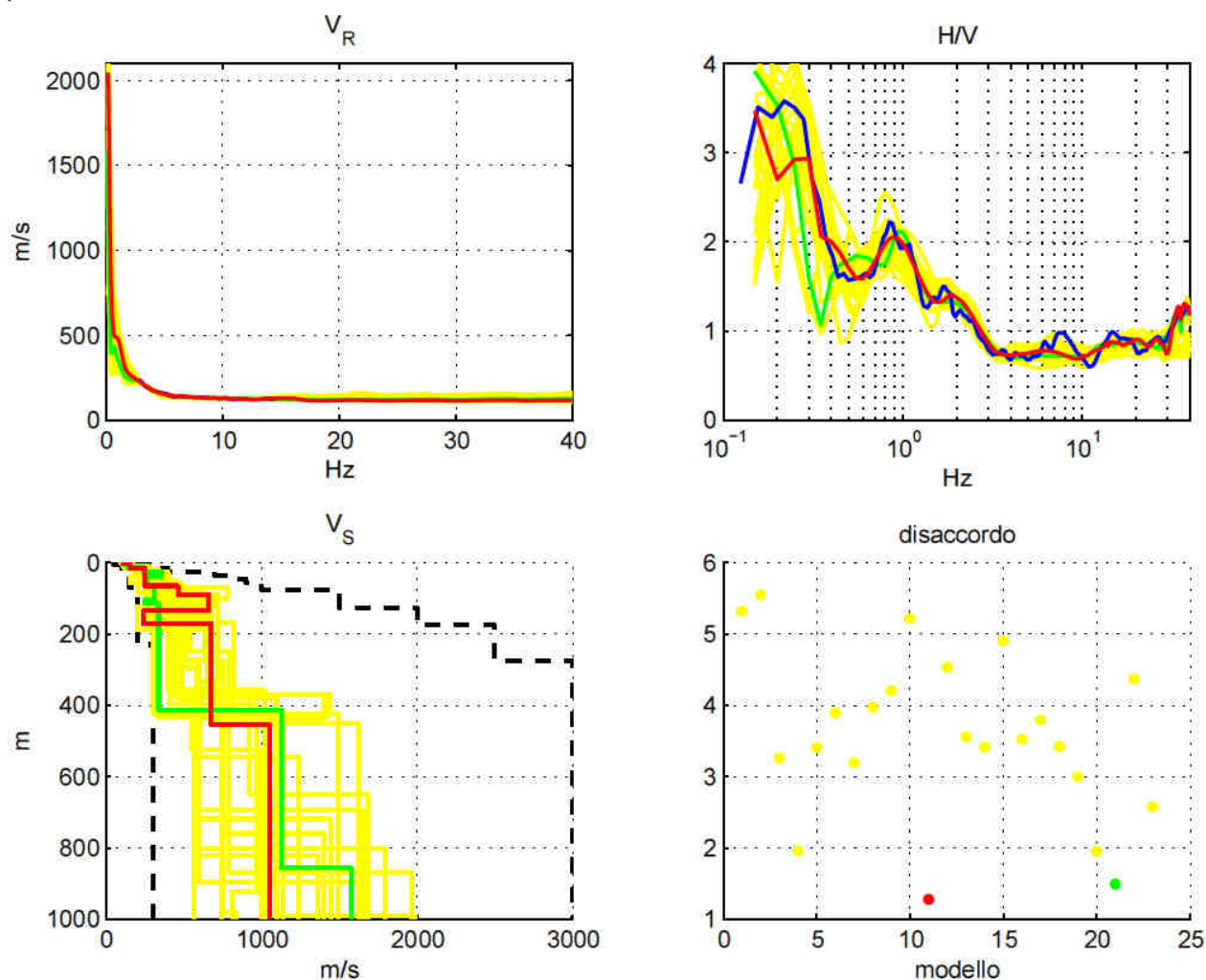


Figura 5.13 Risultati dell'inversione in località Marrara (antenna A2).

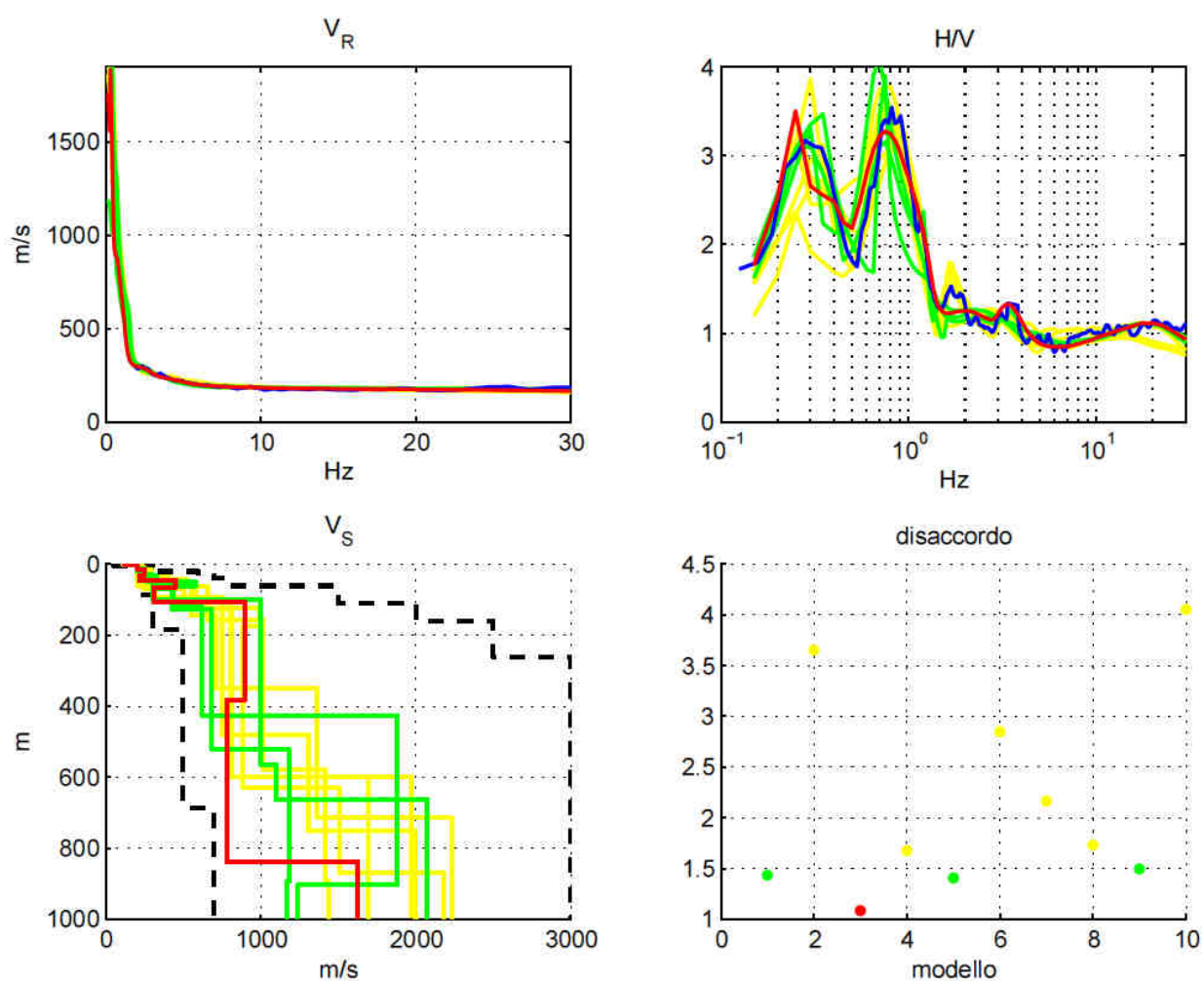


Figura 5.14 Risultati dell'inversione a Ferrara Piazza XXIV Maggio (antenna A3).

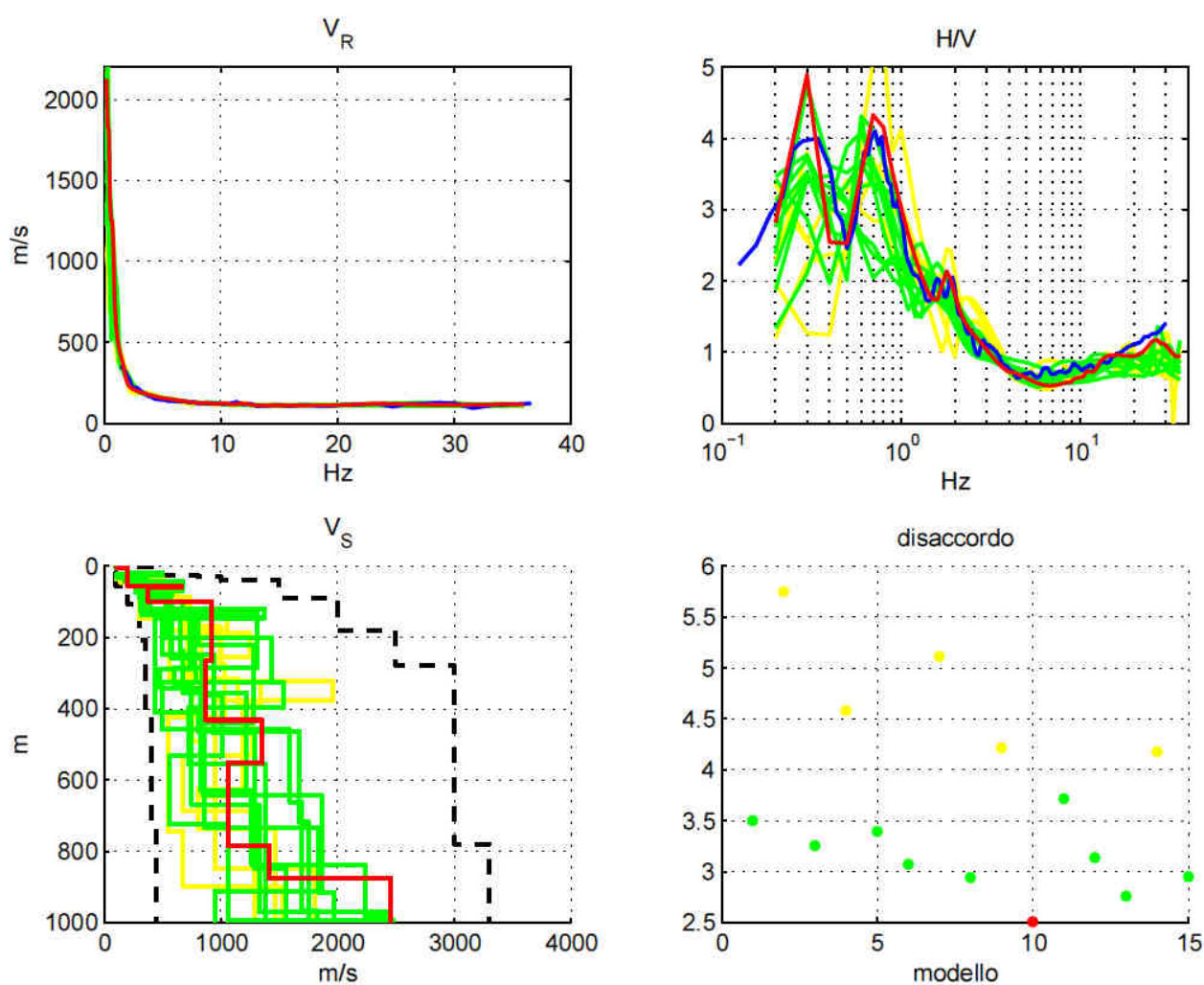


Figura 5.15 Risultati dell'inversione in località Pescara (antenna A4).

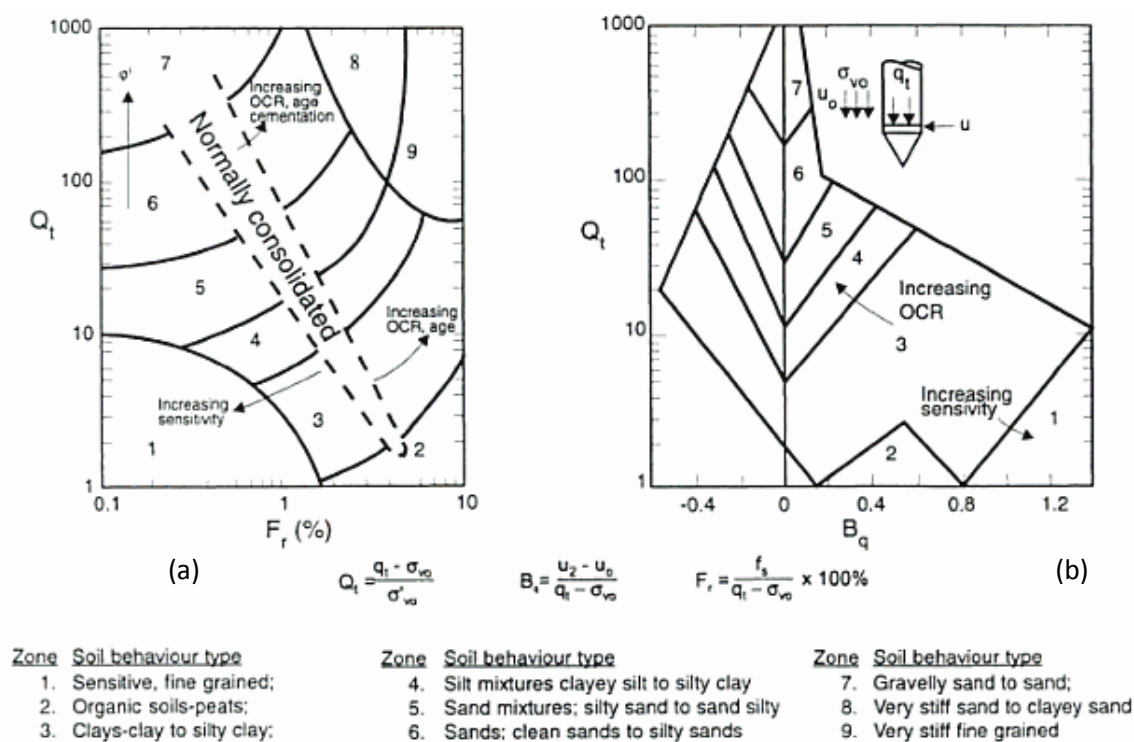


Figura 5.16 Carte di classificazione di Robertson (1990).

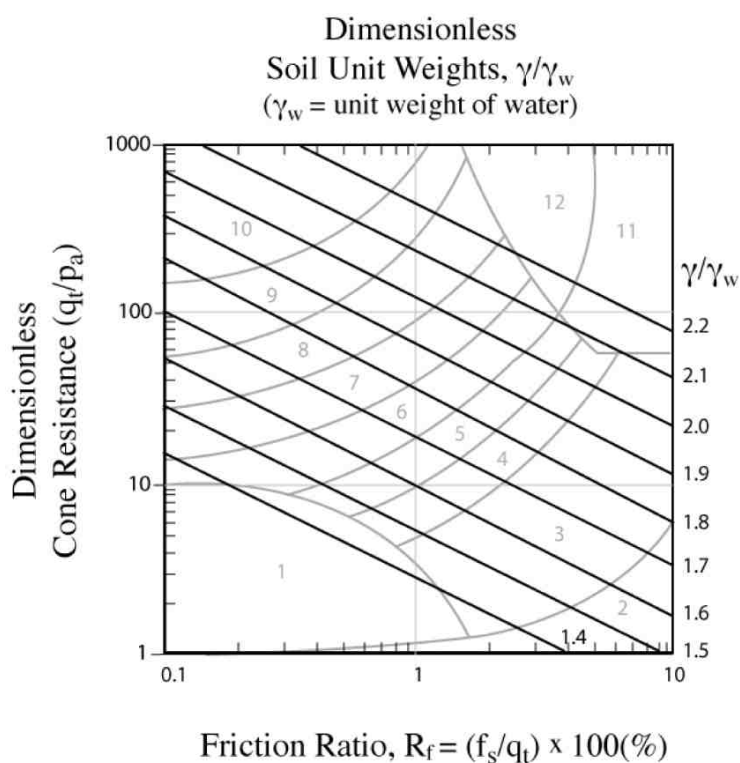


Figura 5.17 Peso dell'unità di volume secondo Robertson (2010).

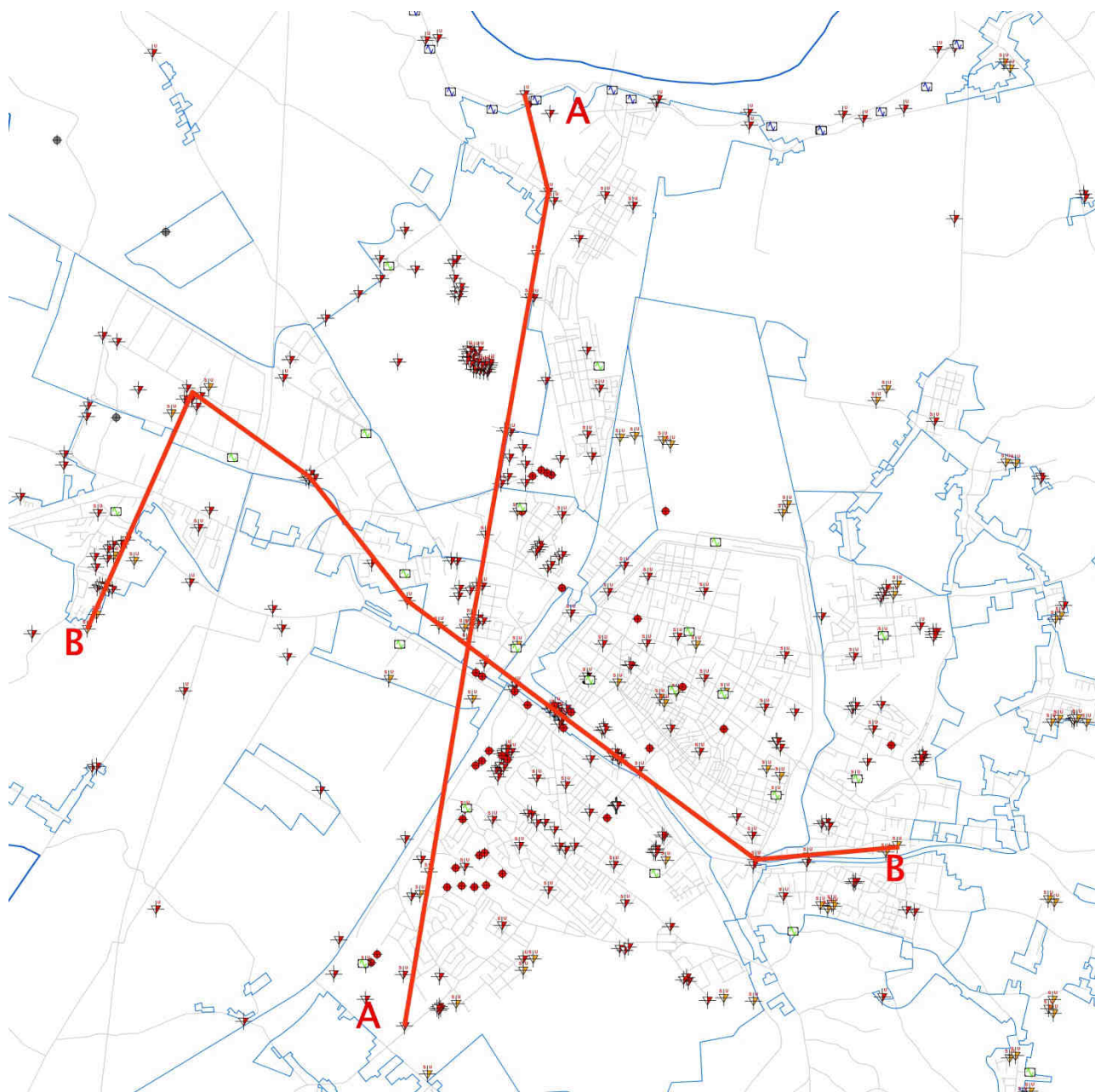


Figura 5.18 Tracce delle sezioni litotecniche A-A e B-B.

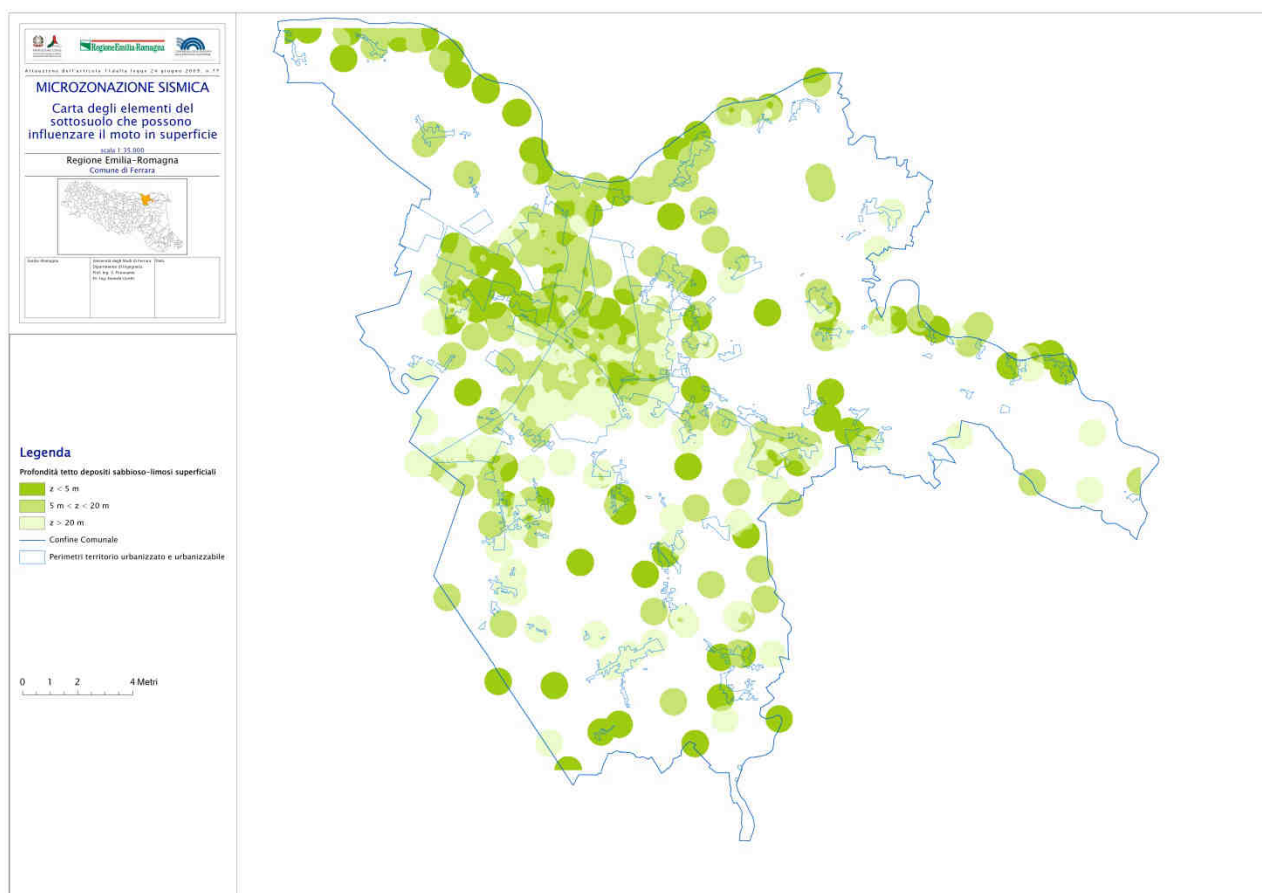


Figura 5.19 Tetto dei depositi sabbioso-limosi entro i primi 20 m di profondità.

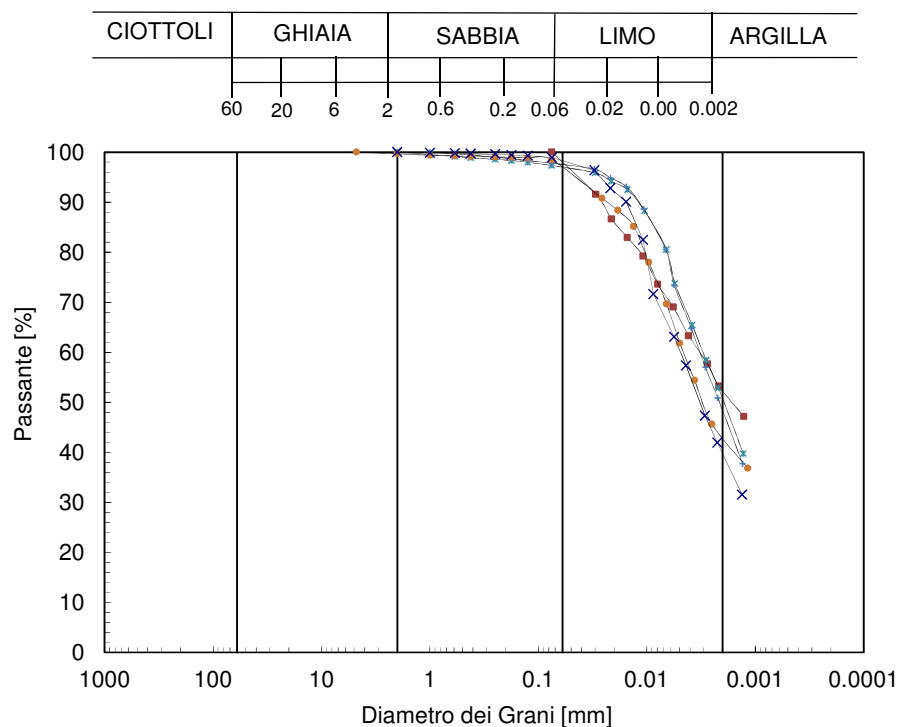


Figura 7.1 Granulometrie dei campioni indisturbati prelevati in terreni prevalentemente argillosi.

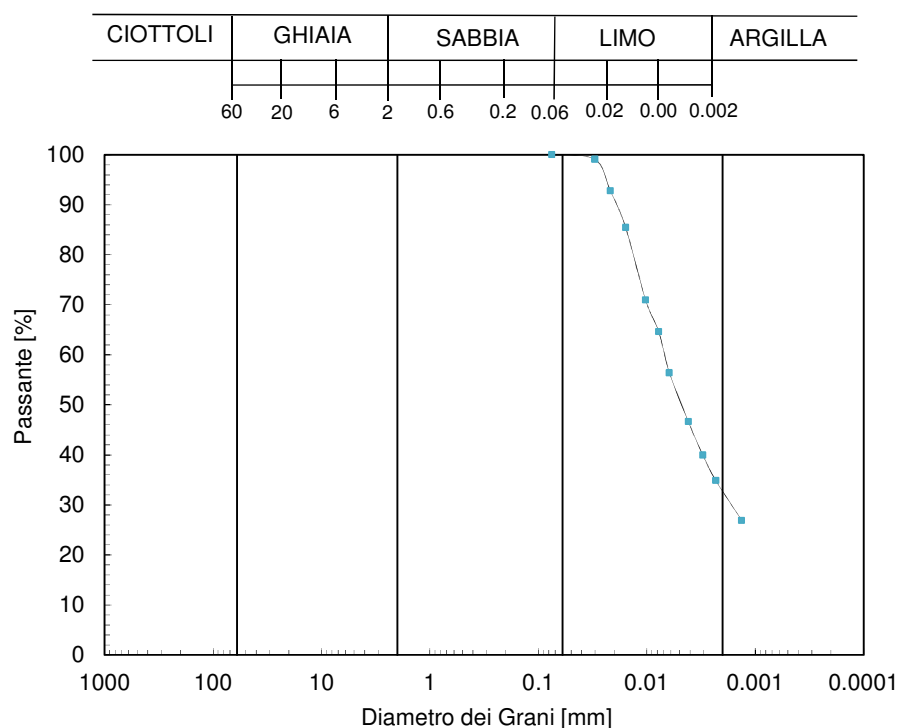


Figura 7.2 Granulometria di un campione indisturbato prevalentemente limoso.

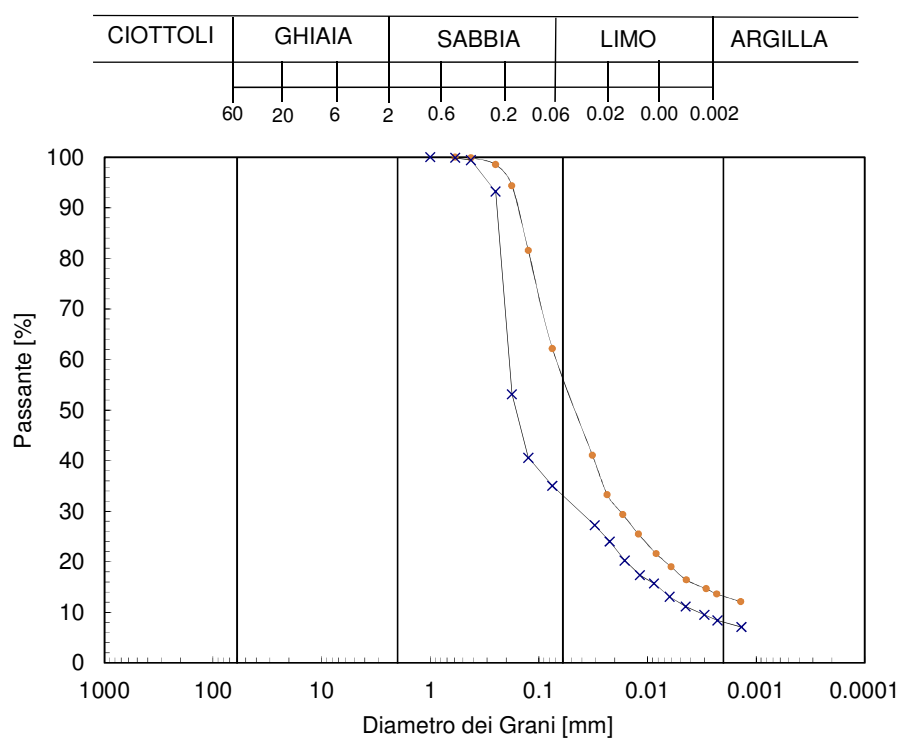


Figura 7.3 Granulometrie dei campioni indisturbati prelevati in terreni prevalentemente sabbiosi.

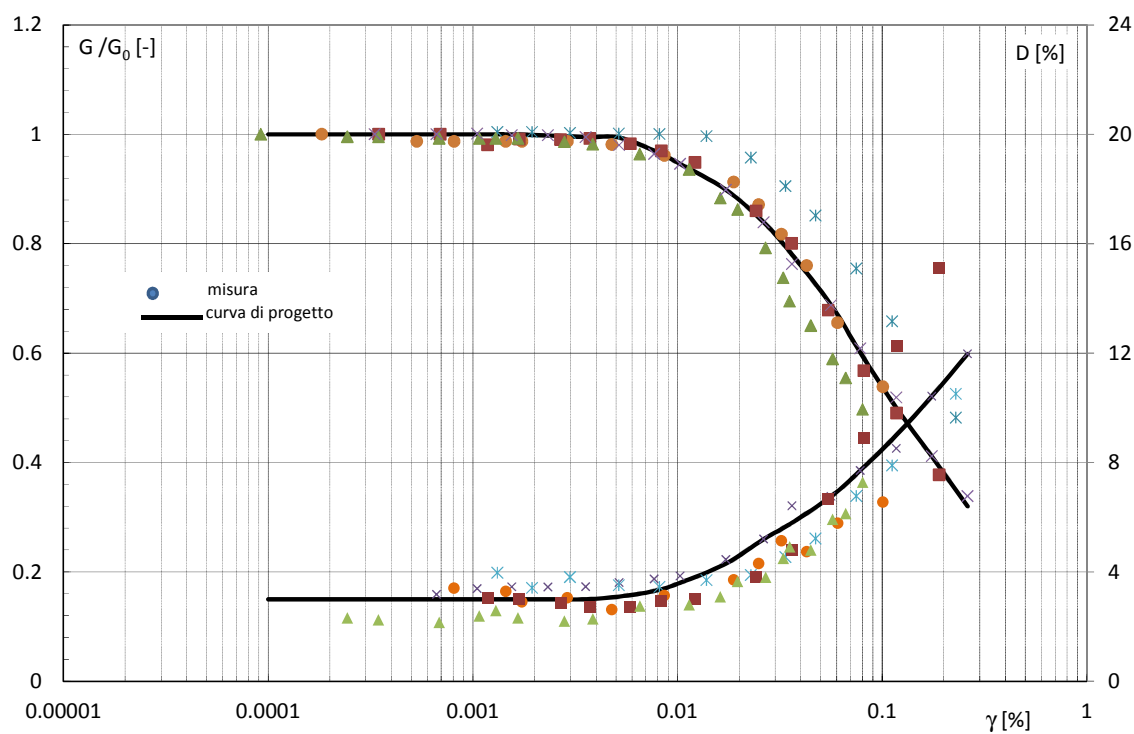


Figura 7.4 Terreni prevalentemente argillosi: curve di decadimento del modulo G normalizzate e curve di incremento del damping D . In nero: curve interpolatrici.

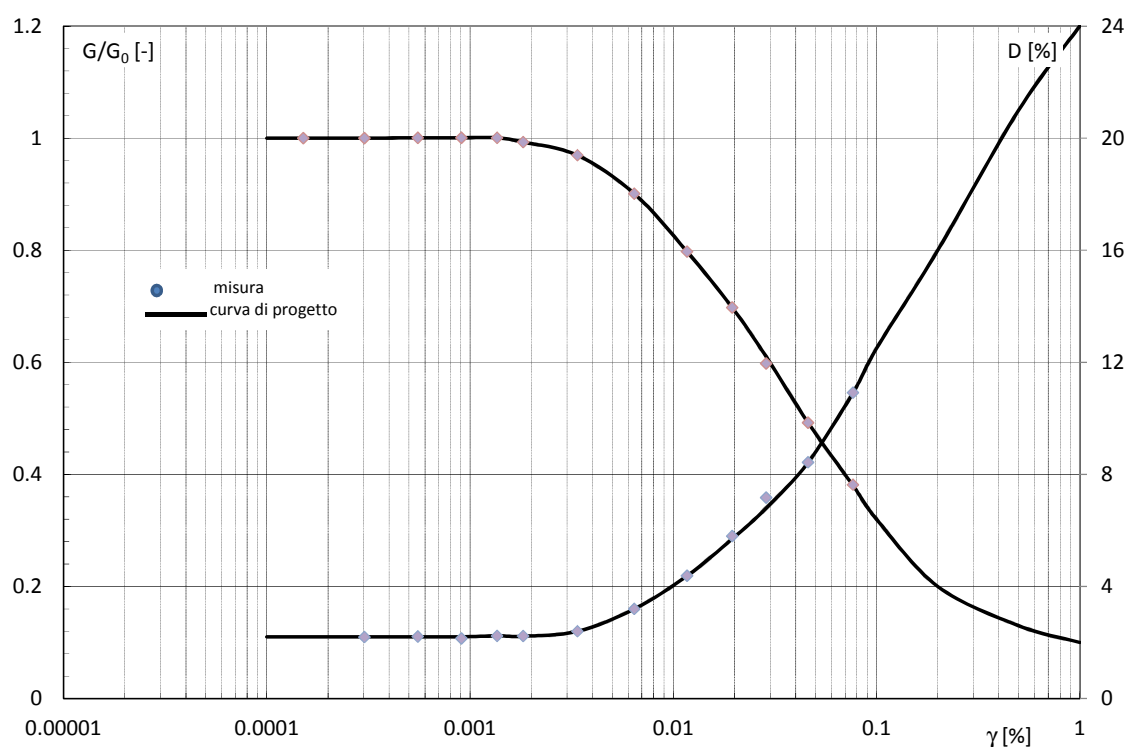


Figura 7.5 Terreni prevalentemente limosi: curve di decadimento del modulo G normalizzate e curve di incremento del damping D . In nero: curve interpolatrici.

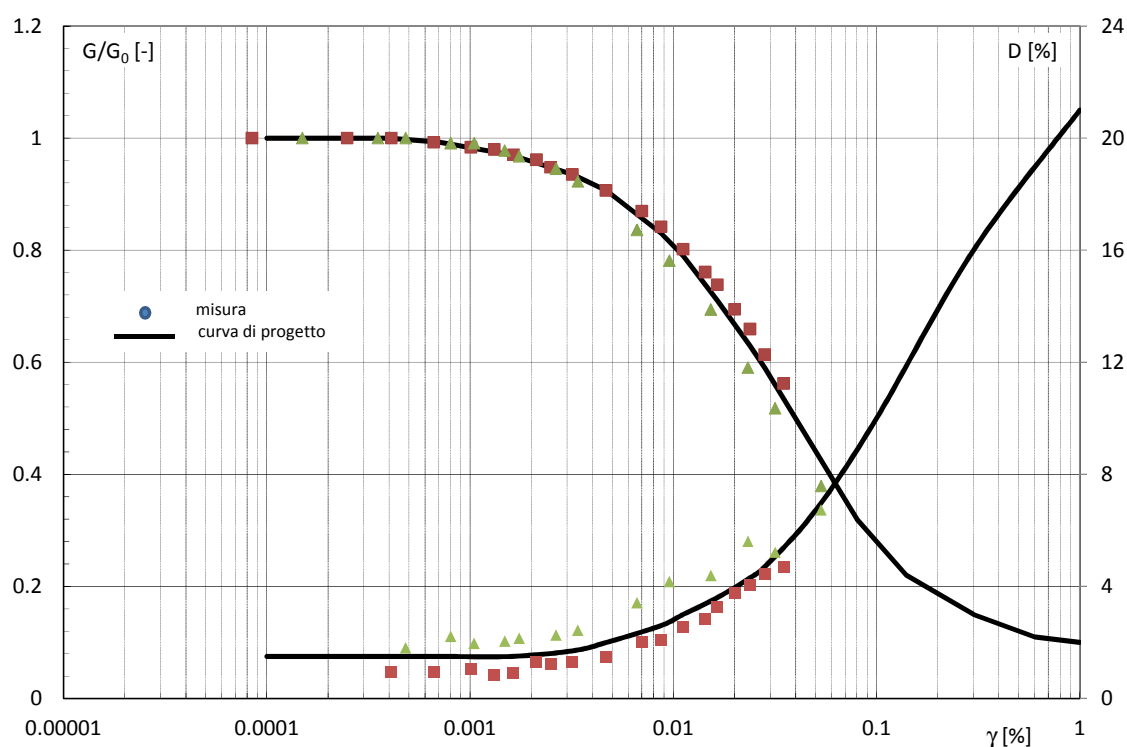


Figura 7.6 Terreni prevalentemente sabbiosi: curve di decadimento del modulo G normalizzate e curve di incremento del damping D . In nero: curve interpolatrici.

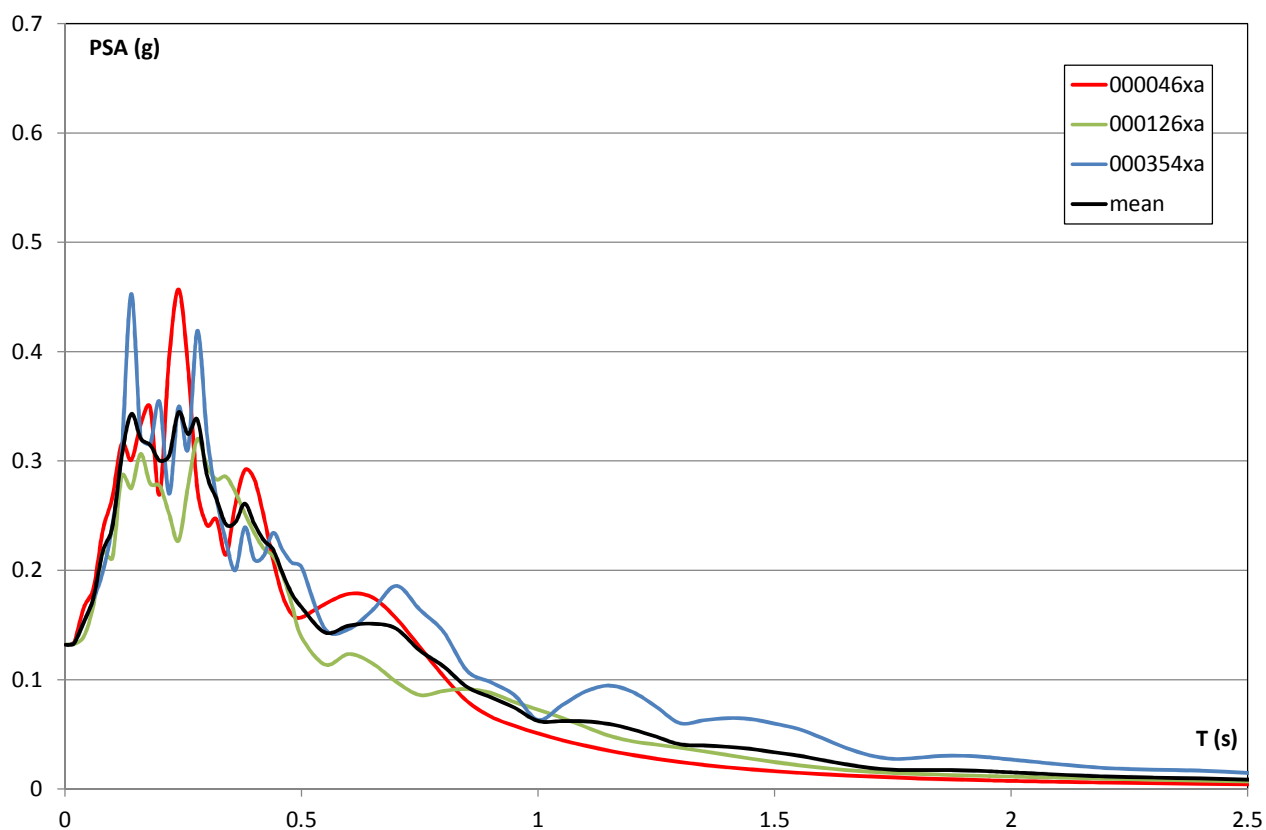


Figura 7.8 Spettri di risposta degli accelerogrammi di input utilizzati per le simulazioni di risposta sismica locale.

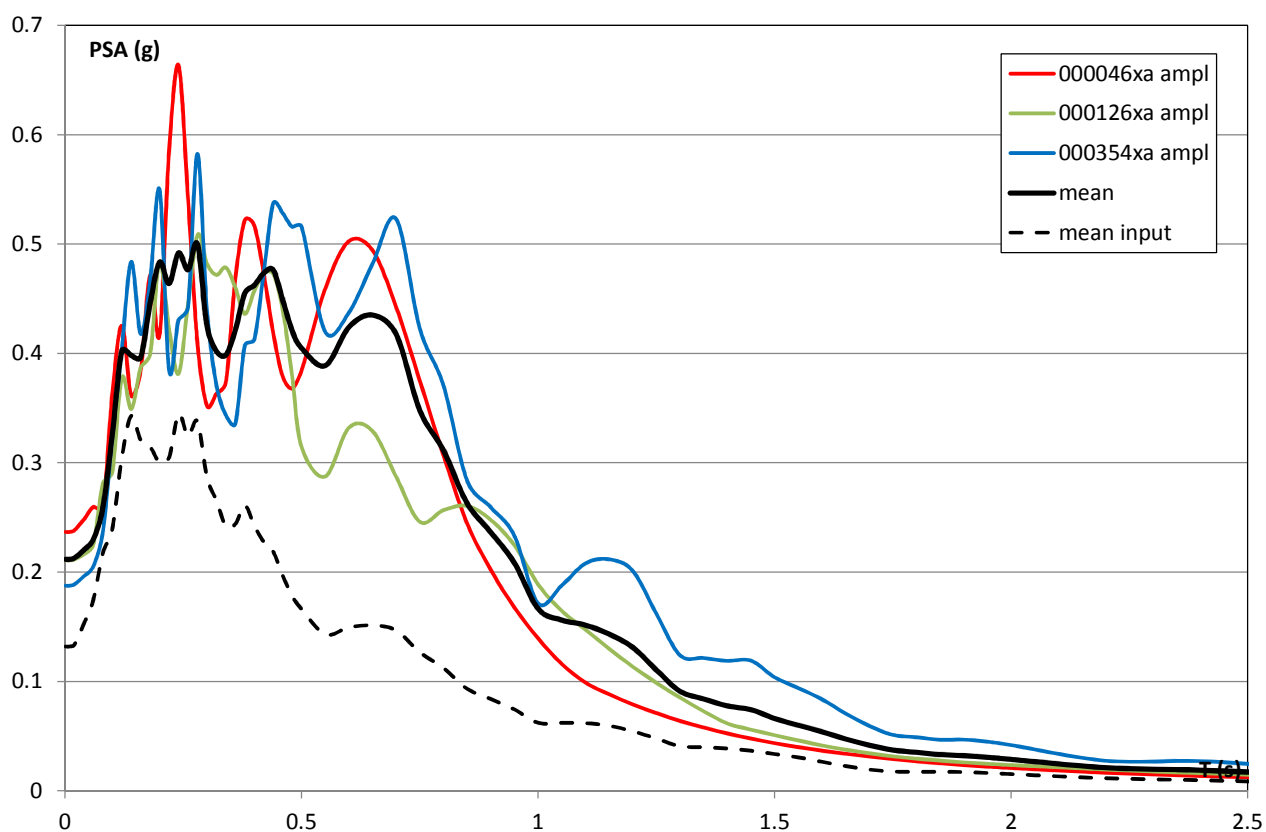


Figura 7.9 Sequenza litostratigrafica 1, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

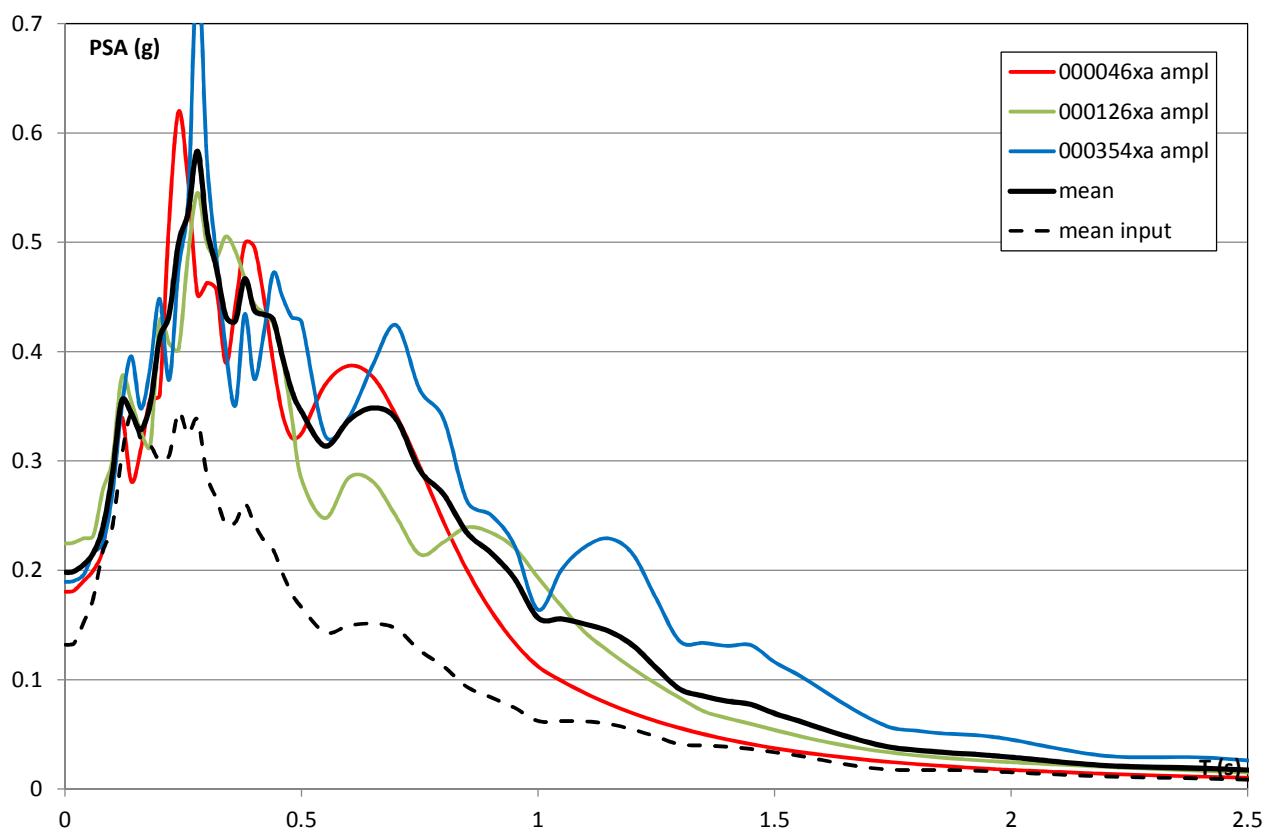


Figura 7.10 Sequenza litostratigrafica 2, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

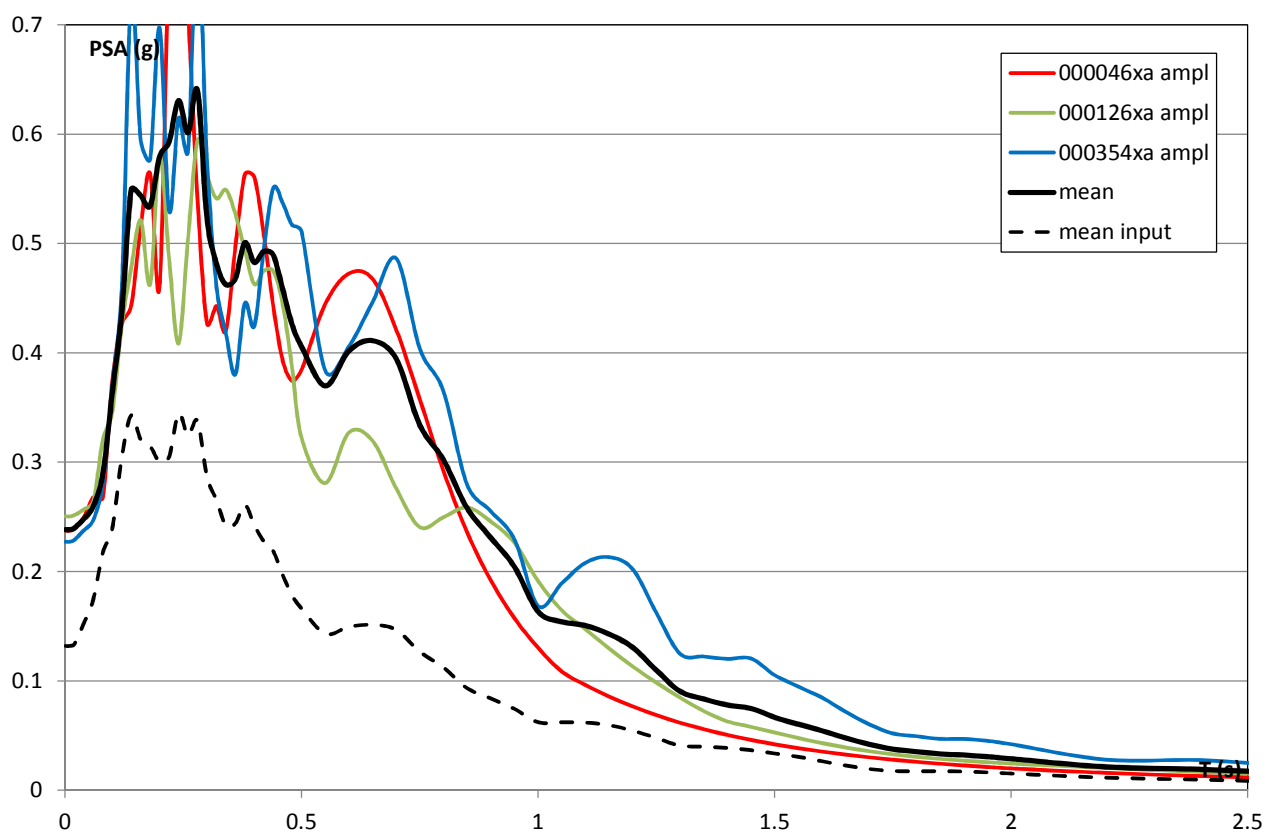


Figura 7.11 Sequenza litostratigrafica 3, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

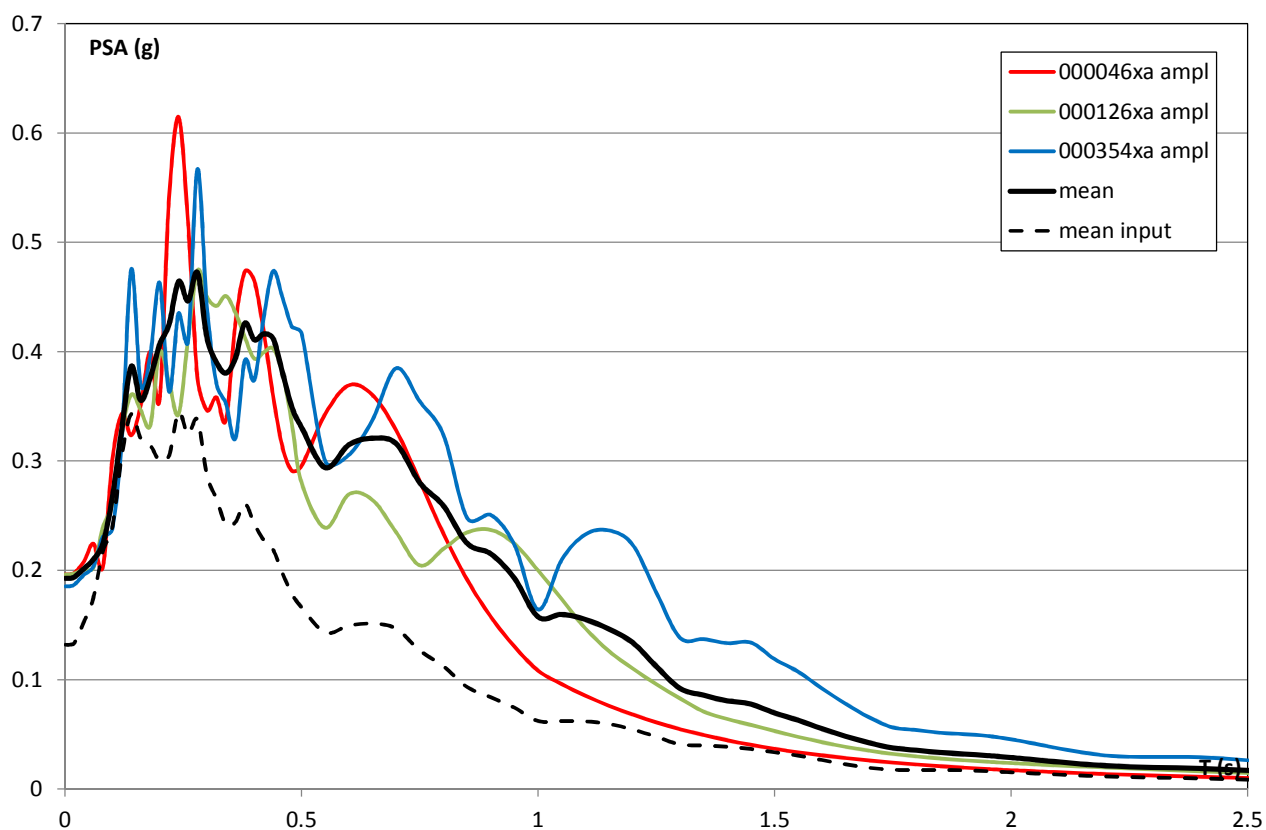


Figura 7.12 Sequenza litostratigrafica 4, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

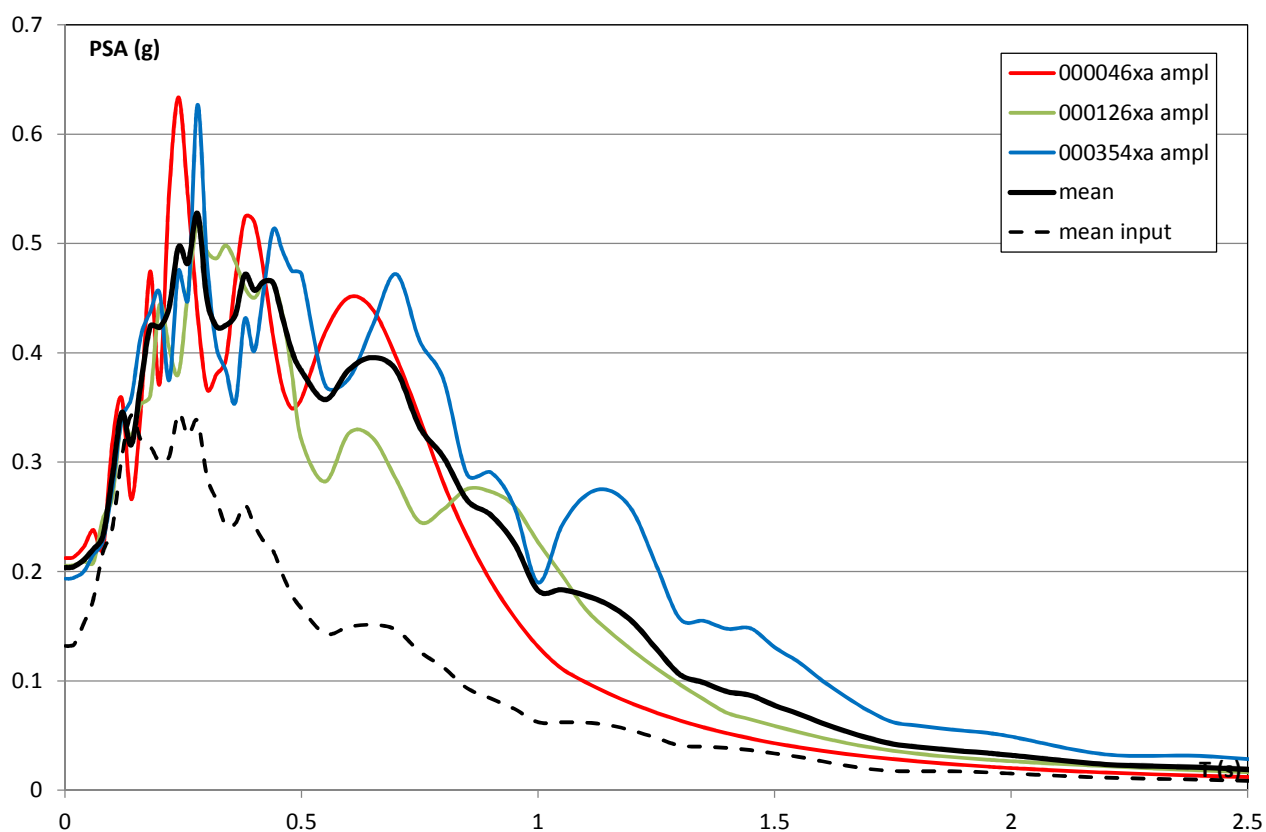


Figura 7.13 Sequenza litostratigrafica 5, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

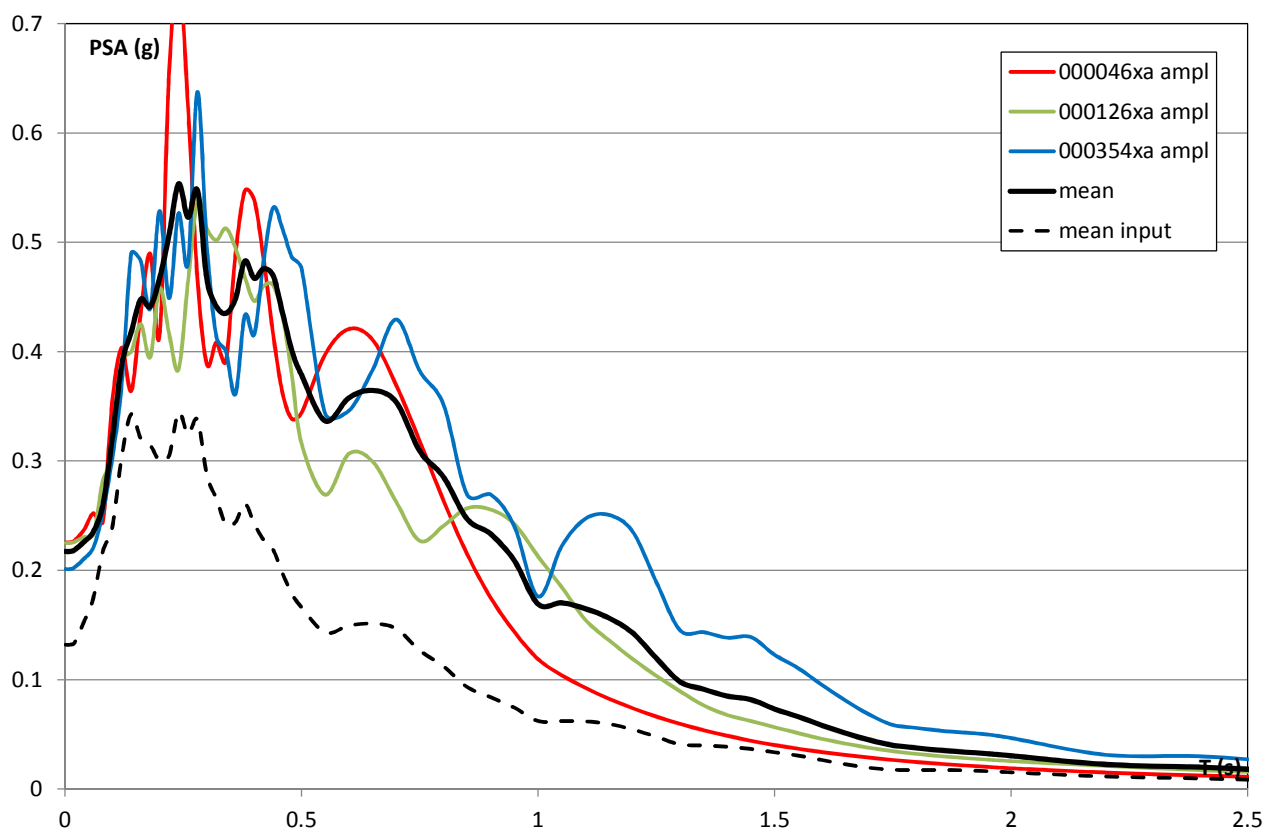


Figura 7.14 Sequenza litostratigrafica 6, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

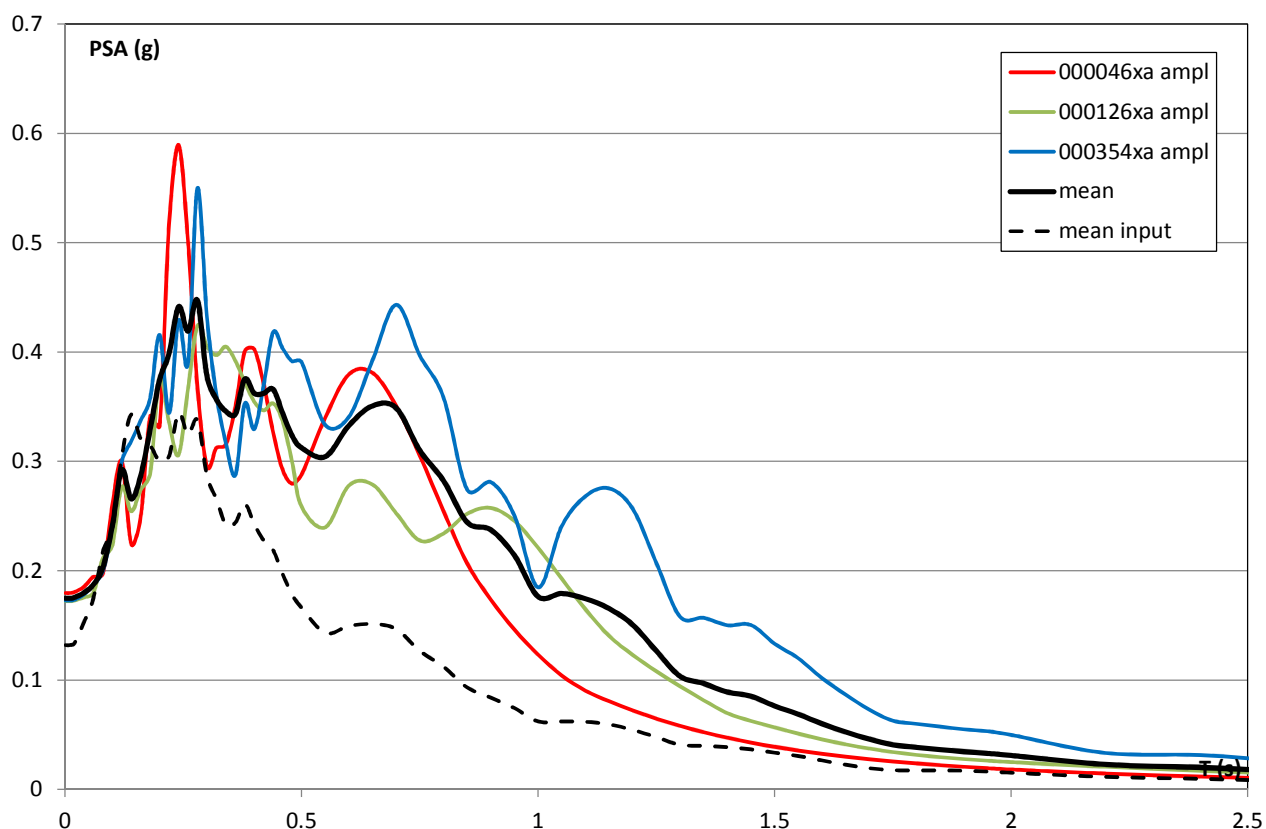


Figura 7.15 Sequenza litostratigrafica 7, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

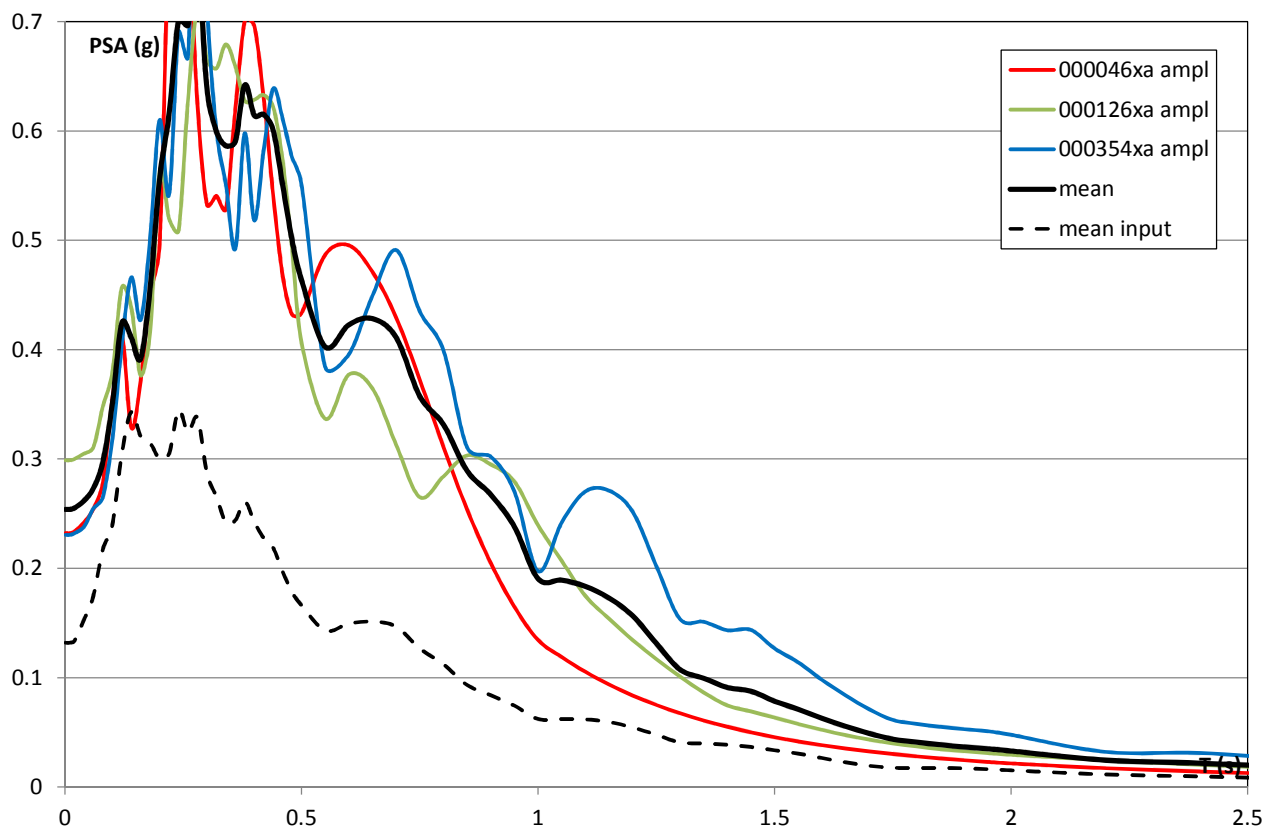


Figura 7.16 Sequenza litostratigrafica 8, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

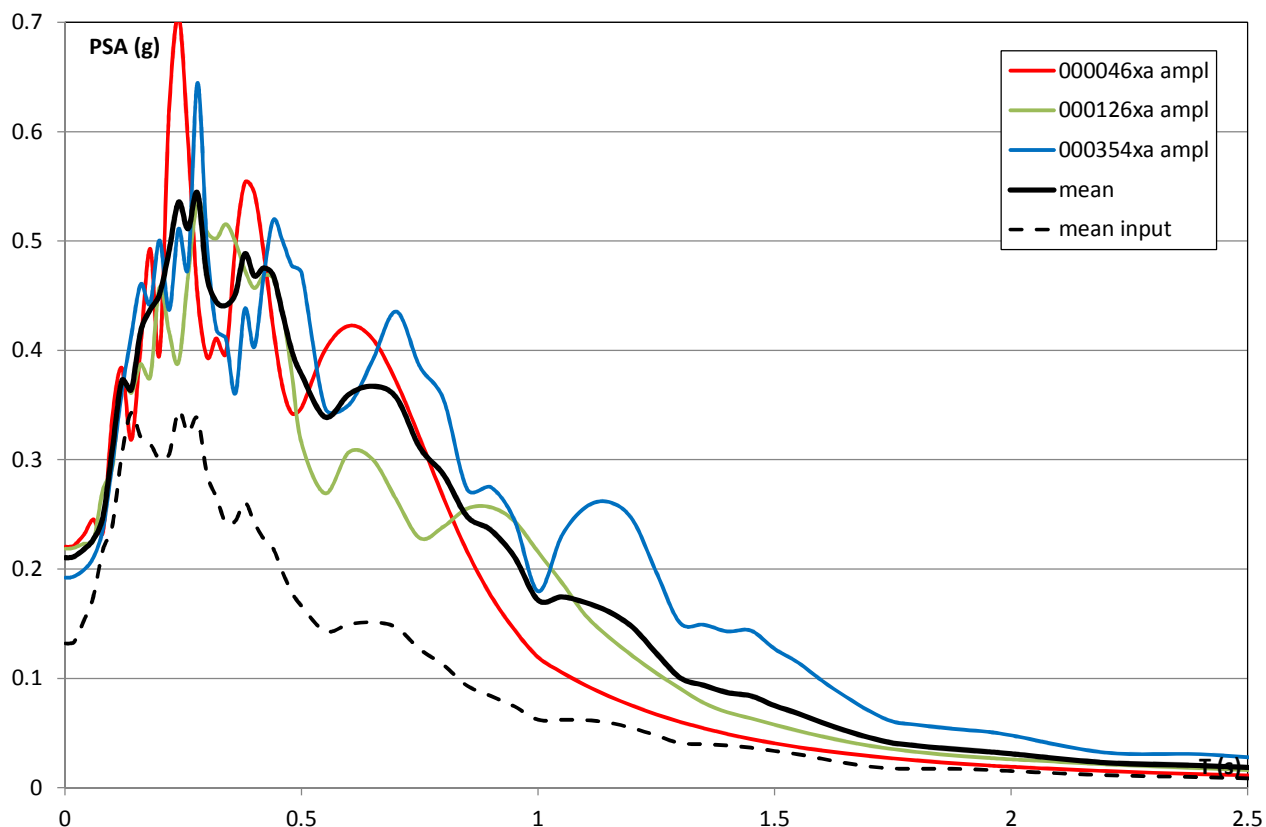


Figura 7.17 Sequenza litostratigrafica 9, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

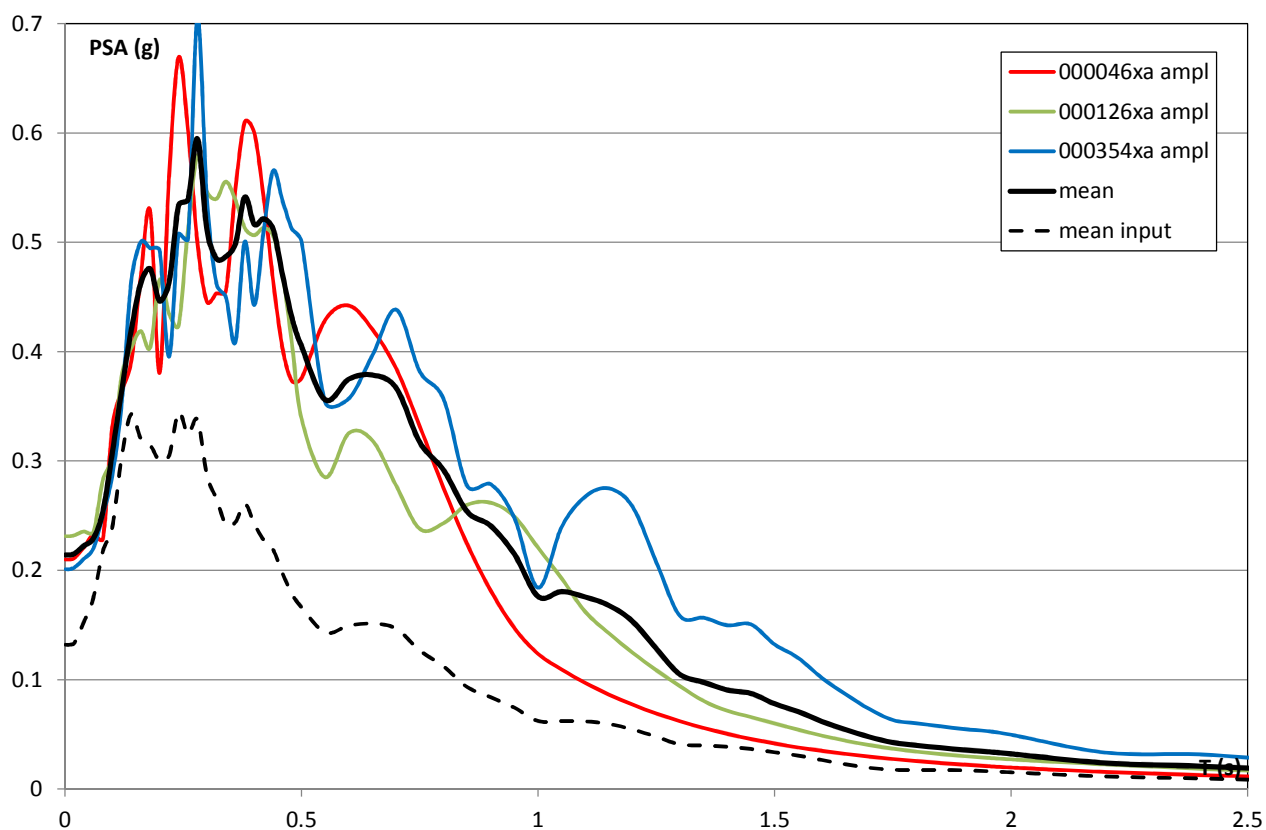


Figura 7.18 Sequenza litostratigrafica 10, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

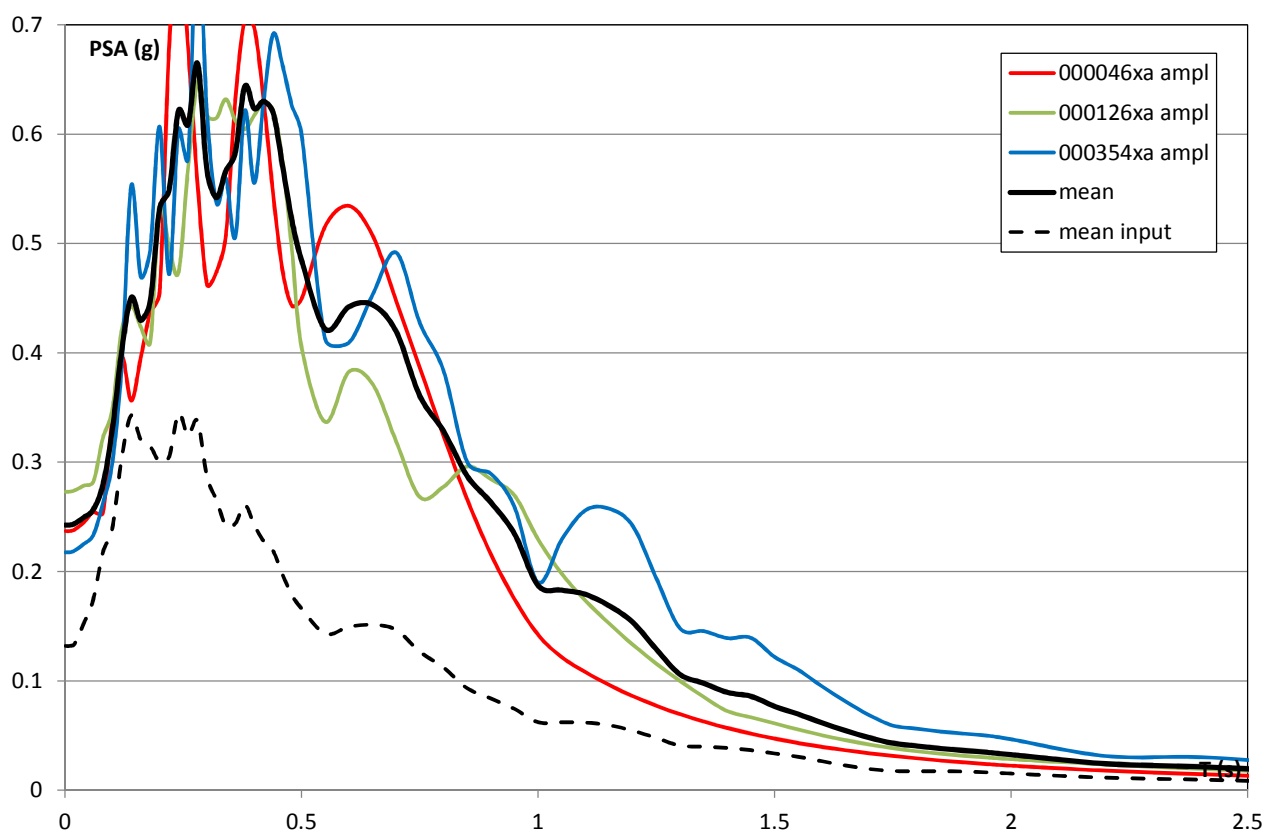


Figura 7.19 Sequenza litostratigrafica 11, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

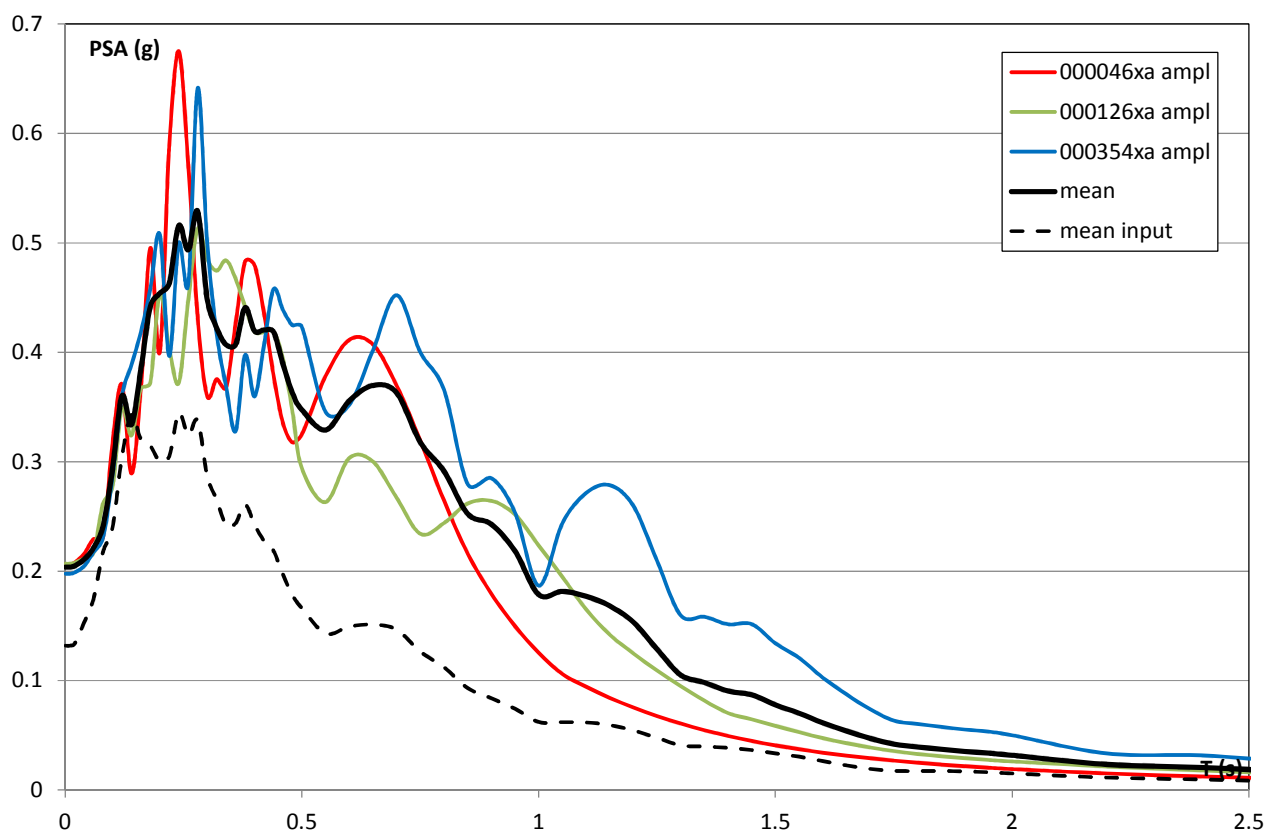


Figura 7.20 Sequenza litostratigrafica 12, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

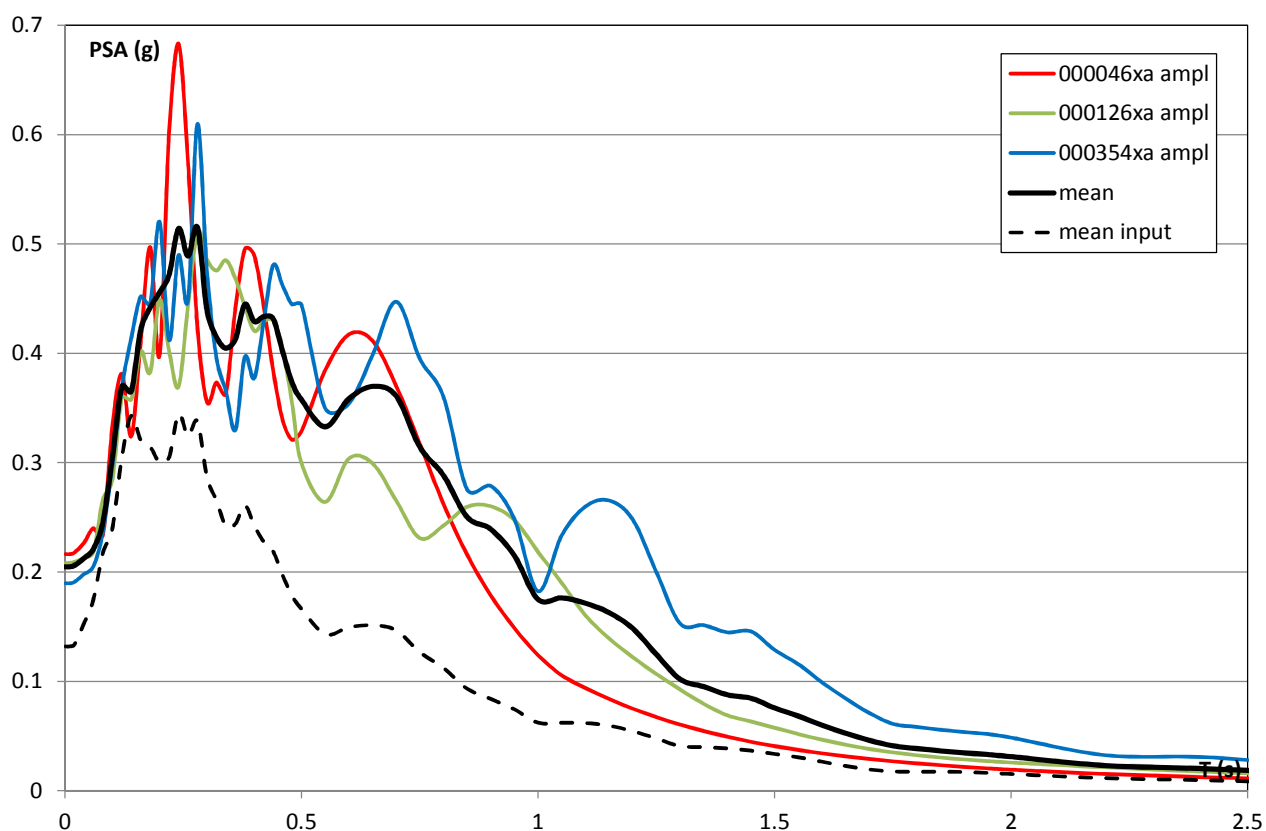


Figura 7.21 Sequenza litostratigrafica 13, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

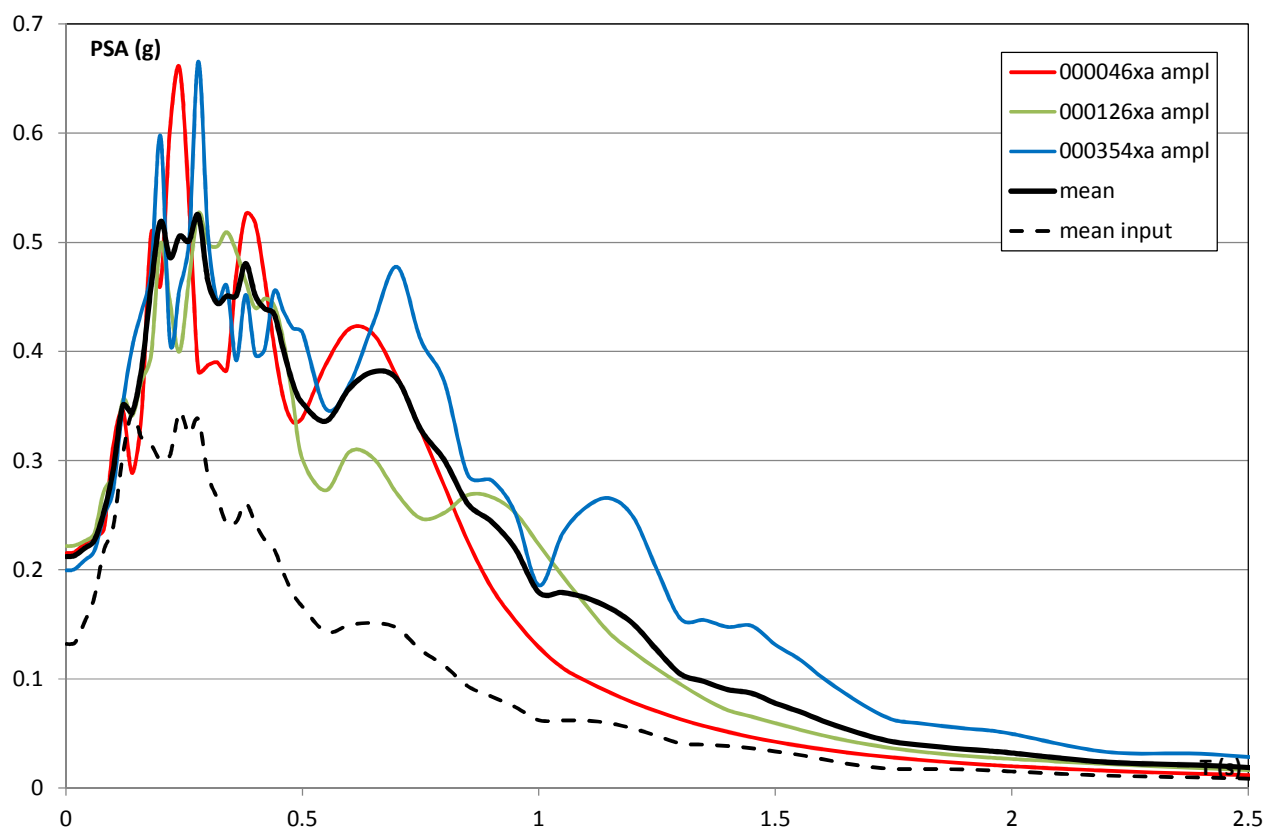


Figura 7.22 Sequenza litostratigrafica 14, spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie.

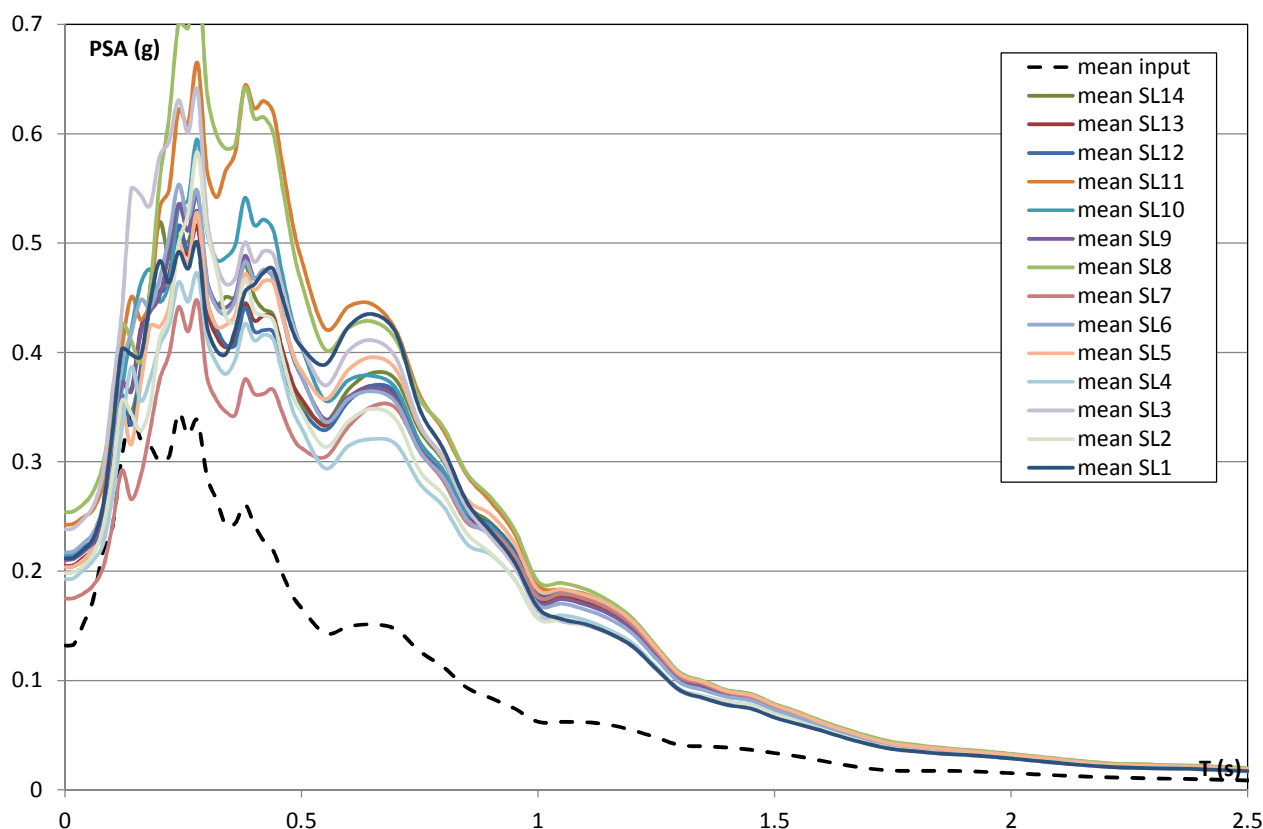


Figura 7.23 Spettri di risposta in pseudo-accelerazione in superficie medi per le 14 sequenze litostratigrafiche.

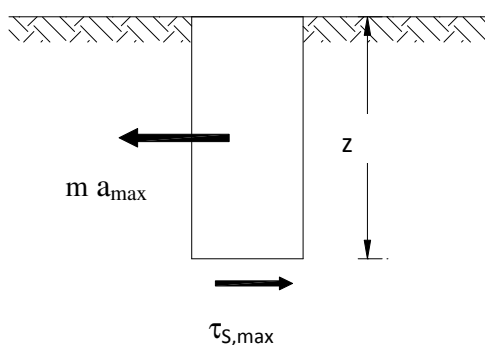


Figura 7.24 Colonna modello

dove: m = massa della colonna di terreno saturo; $a_{\max} = F.A. \cdot PGA$ = sollecitazione sismica di progetto; $F.A.$ = fattore di amplificazione dell'accelerazione; PGA = accelerazione orizzontale massima su suolo di riferimento; $\tau_{S,\max}$ = tensione tangenziale massima agente.

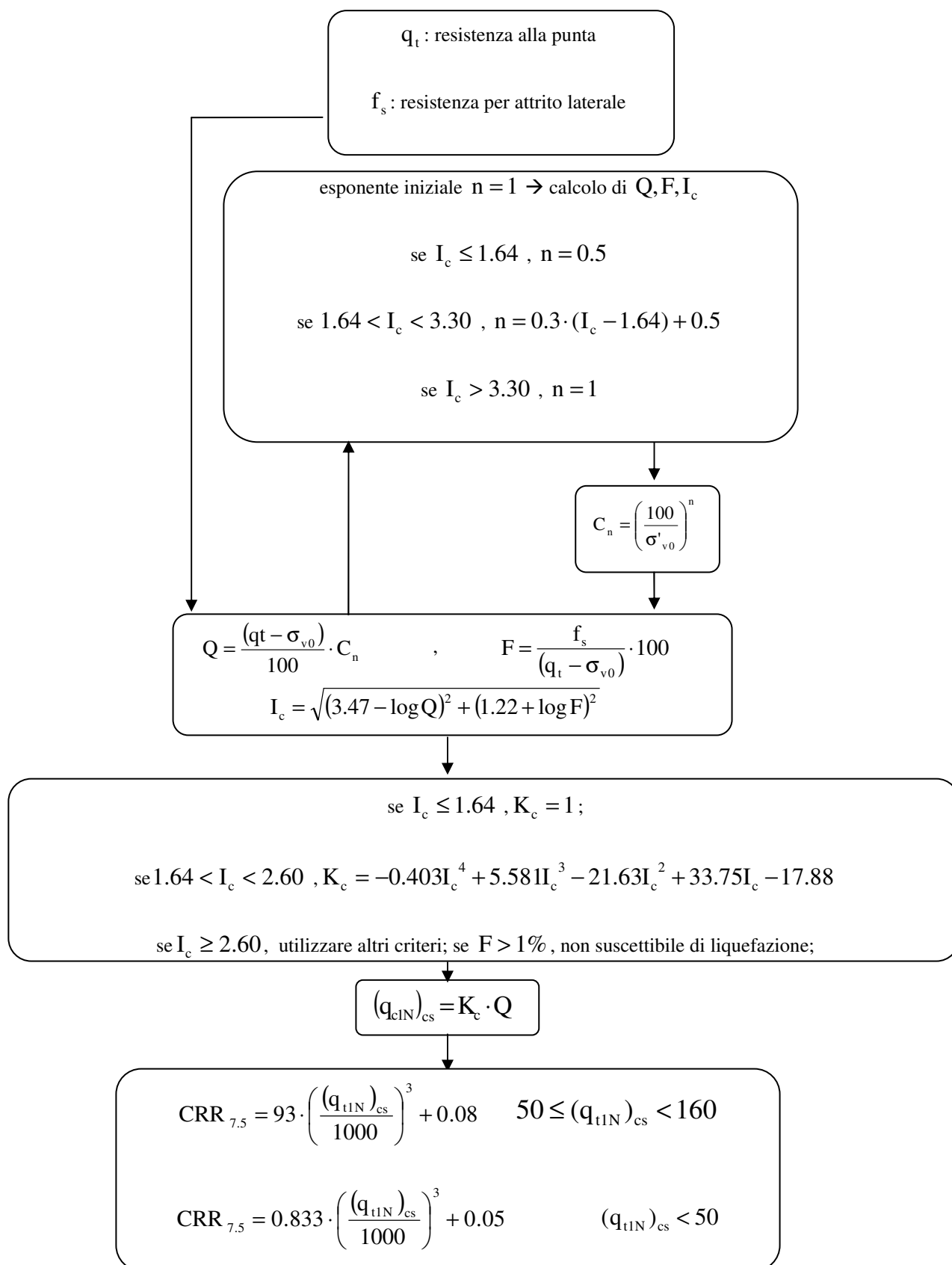


Figura 7.25 Procedura per la valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR

Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

Figura 8.1 Legenda della Carta geologico-tecnica per le microzonazione sismica: terreni di copertura

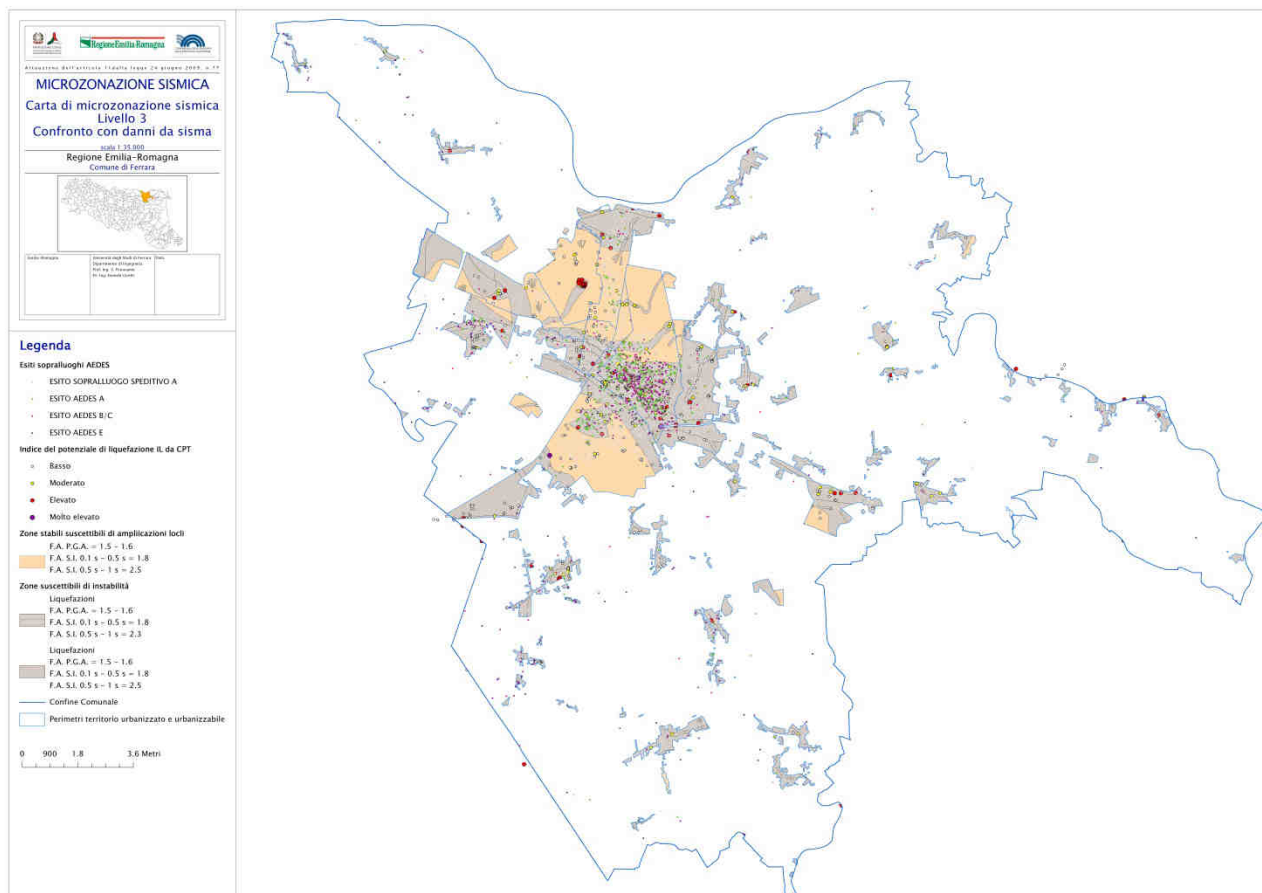


Figura 9.1 Risultati sopralluoghi AEDES confrontati con la carta di microzonazione sismica di terzo livello



ALLEGATO 2 – TABELLE



Tabella 2.1. Elenco terremoti storici nell'area in esame.

Anno	Area dei maggiori effetti	Lat	Lon	Magnitudo momento M_w
1234	FERRARA	44.836	11.618	5.14
1249	Modena	44.647	10.925	4.93
1285	FERRARA	44.836	11.618	5.14
1323	Bologna	44.572	11.133	4.30
1339	Ferrara	44.836	11.618	4.72
1346	Ferrara	44.836	11.618	4.93
1409	Ferrara	44.836	11.618	4.72
1410	FERRARA	44.836	11.618	4.93
1411	Ferrara	44.836	11.618	5.14
1425	FERRARA SUD	44.833	11.667	4.72
1474	MODENA	44.647	10.925	4.30
1483	FERRARA	44.836	11.618	4.51
1505	Bolognese	44.508	11.231	5.57
1508	FERRARA SUD	44.833	11.667	4.72
1561	Ferrara	44.781	11.454	4.51
1570	Ferrara	44.824	11.632	5.46
1574	FINALE EMILIA	44.833	11.294	4.72
1586	SPILAMBERTO	44.583	11.000	4.72
1624	Argenta	44.642	11.848	5.47
1666	Bolognese	44.641	11.113	4.30
1695	FERRARA	44.836	11.618	4.51
1743	FERRARA	44.836	11.618	4.93
1780	Bolognese	44.568	11.309	5.13
1787	Ferrara	44.836	11.618	4.51
1796	Emilia orientale	44.615	11.670	5.61
1850	Modenese	44.572	11.133	4.30
1895	COMACCHIO	44.685	11.987	4.74
1895	Villanova Marchesana	45.008	11.960	4.11
1898	Romagna settentrionale	44.645	11.771	4.79
1901	POGGIO RUSCO	45.000	11.100	4.72
1908	Finale Emilia	44.835	11.329	4.27
1909	BASSA PADANA	44.579	11.688	5.53
1910	Bassa modenese	44.821	11.162	4.30
1922	Ferrarese	44.821	11.408	3.87
1931	Ferrarese	44.821	11.764	4.81
1931	Modenese	44.541	11.021	4.13
1956	ARGENTA	44.919	11.899	4.72
1963	Finale Emilia	44.826	11.265	4.09
1967	BASSA PADANA	44.604	11.997	5.11
1970	Bassa modenese	44.853	11.167	4.09
1978	Bassa mantovana	44.845	10.990	4.52
1986	BONDENO	44.879	11.334	4.70
1987	Bassa modenese	44.828	11.197	4.65



Tabella 2.2. Sequenza sismica maggio-giugno 2012: eventi di magnitudo superiore a 3.5.

Data	Lat	Lon	Profondità	Magnitudo momento M_w
19/06/2012	44.903	11.033	6.6	3.5
15/06/2012	44.893	11.324	3.1	3.7
15/06/2012	44.874	11.271	7.5	3.6
14/06/2012	44.917	11.002	6.1	3.6
04/06/2012	44.926	10.98	5	3.8
03/06/2012	44.899	10.943	9.2	5.1
03/06/2012	44.896	10.981	6.9	3.8
01/06/2012	44.948	10.914	2.3	3.5
01/06/2012	44.877	10.986	6.7	3.6
31/05/2012	44.891	10.98	8.7	4.2
31/05/2012	44.899	10.988	2.8	3.6
31/05/2012	44.872	11.262	4.5	3.6
30/05/2012	44.931	10.937	5	3.8
29/05/2012	44.921	10.947	2.7	3.9
29/05/2012	44.882	11.068	20.6	3.9
29/05/2012	44.903	11.049	24.8	3.7
29/05/2012	44.692	11.32	10	3.8
29/05/2012	44.876	11.076	15	4
29/05/2012	44.879	10.947	5.4	5.2
29/05/2012	44.873	10.95	11	4.9
29/05/2012	44.888	11.008	6.8	5.3
29/05/2012	44.877	11.109	8	3.6
29/05/2012	44.892	11.053	1.2	4.2
29/05/2012	44.859	11.023	11	3.5
29/05/2012	44.917	11.035	10	3.5
29/05/2012	44.892	10.962	5.3	4.2
29/05/2012	44.892	10.978	10.5	3.6
29/05/2012	44.857	11.055	10	3.7
29/05/2012	44.854	11.106	10	4.7
29/05/2012	44.901	10.943	3.2	4.5
29/05/2012	44.879	11.079	10.3	3.8
29/05/2012	44.88	11.131	5	3.9
29/05/2012	44.888	11.12	5.9	3.7
29/05/2012	44.885	11.062	5	3.6
29/05/2012	44.874	10.934	11	3.6
29/05/2012	44.915	11.085	8	3.6
29/05/2012	44.927	11.11	10	3.6
29/05/2012	44.926	11.036	10.4	4.1
29/05/2012	44.854	10.992	10	4
29/05/2012	44.851	11.086	10.2	5.8
27/05/2012	44.892	11.15	4.1	3.8
27/05/2012	44.882	11.158	4.7	4
26/05/2012	44.838	11.166	10.4	3.8
25/05/2012	44.883	11.108	10	4
25/05/2012	44.861	11.258	6.1	3.9



23/05/2012	44.868	11.251	4.8	4.3
23/05/2012	44.866	11.184	9.7	3.7
22/05/2012	44.85	11.265	14.9	3.8
22/05/2012	44.85	11.074	6.9	3.7
21/05/2012	44.867	11.251	14.8	3.5
21/05/2012	44.847	11.259	16.7	3.6
21/05/2012	44.851	11.348	10.4	4.1
21/05/2012	44.839	11.256	15	3.5
21/05/2012	44.879	11.12	5	3.5
20/05/2012	44.868	11.355	5	3.7
20/05/2012	44.836	11.479	5	3.6
20/05/2012	44.95	11.251	10	3.5
20/05/2012	44.876	11.382	3.2	4.5
20/05/2012	44.879	11.329	5.3	3.7
20/05/2012	44.882	11.383	2.4	4.1
20/05/2012	44.831	11.49	4.7	5.1
20/05/2012	44.866	11.366	2.2	3.9
20/05/2012	44.887	11.345	1.2	3.5
20/05/2012	44.915	11.132	5.2	3.8
20/05/2012	44.879	11.241	3.1	4.2
20/05/2012	44.875	11.1	6.6	3.6
20/05/2012	44.925	11.093	10	3.5
20/05/2012	44.886	11.514	9.2	3.5
20/05/2012	44.859	11.295	9.2	3.7
20/05/2012	44.876	11.16	3.7	3.7
20/05/2012	44.86	11.095	10	4.9
20/05/2012	44.778	11.341	10	3.8
20/05/2012	44.85	11.412	2.2	3.6
20/05/2012	44.894	11.261	5.2	4
20/05/2012	44.856	11.191	10	3.7
20/05/2012	44.876	11.548	10	4
20/05/2012	44.923	11.265	10	3.8
20/05/2012	44.874	11.475	10	3.5
20/05/2012	44.872	11.412	5	3.6
20/05/2012	44.871	11.348	10	4
20/05/2012	44.892	11.155	5	4.1
20/05/2012	44.905	11.395	10	3.8
20/05/2012	44.823	11.218	20.4	4.3
20/05/2012	44.84	11.367	7.8	4.3
20/05/2012	44.863	11.37	5	5.1
20/05/2012	44.886	11.189	7.7	4.8
20/05/2012	44.889	11.228	6.3	5.9
19/05/2012	44.898	11.258	6.2	4.1



Tabella 2.3 Principali caratteristiche dei segnali sismici di riferimento.

codice	PGA	PGV	PGD	d_{90}	I_a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008	0.132	0.060	0.006	13.480	0.197	0.168	0.048	0.094
000126xa_038008	0.132	0.075	0.006	3.525	0.054	0.180	0.045	0.096
000354xa_038008	0.132	0.065	0.014	15.355	0.212	0.279	0.048	0.143



Tabella 4.1 Indagini geognostiche pregresse.

ID_SPU	Codice	Tipo Prova
038008P102	203030U023 Cispadana CPTU451	CPTU
038008P101	203030U022 Cispadana CPTU452	CPTU
038008P99	203030U020 Cispadana CPTU453	CPTU
038008P100	203030U021 Cispadana CPTU454	CPTU
038008P96	203030U017 Cispadana CPTU455	CPTU
038008P95	203030U016 Cispadana CPTU456	CPTU
038008P98	203030U019 Cispadana CPTU457	CPTU
038008P97	203030U018 Cispadana CPTU458	CPTU
038008P94	203030U015 Cispadana CPTU459	CPTU
038008P93	203030U014 Cispadana CPTU460	CPTU
038008P92	203030U013 Cispadana CPTU461	CPTU
038008P90	203030U011 Cispadana CPTU462	CPTU
038008P89	203030U010 Cispadana CPTU463	CPTU
038008P88	203030U009 Cispadana CPTU464	CPTU
038008P86	203030U007 Cispadana CPTU465	CPTU
038008P85	203030U006 Cispadana CPTU466	CPTU
038008P87	203030U008 Cispadana CPTU467	CPTU
038008P84	203030U005 Cispadana CPTU469	CPTU
038008P83	203030U004 Cispadana CPTU468	CPTU
038008P82	203030U003 Cispadana CPTU470	CPTU
038008P81	203030U002 Cispadana CPTU471	CPTU
038008P80	203030U001 Cispadana CPTU472	CPTU
038008P91	203030U012 Cispadana CPTU661	CPTU
038008P505	203030U051 Cispadana96 CPTU1	CPTU
038008P506	203030U052 Cispadana96 CPTU2	CPTU
038008P507	203030U048 Cispadana96 CPTU3	CPTU
038008P508	203030U049 Cispadana96 CPTU4	CPTU
038008P601	Cispadana96 CPTU5	CPTU
038008P509	203030U050 Cispadana96 CPTU6	CPTU
038008P510	203030U053 Cispadana96 CPTU18	CPTU
038008P511	203030U054A Cispadana96 CPTU19	CPTU
038008P512	203030U054B Cispadana96 CPTU20	CPTU
038008P513	203030U055 Cispadana96 CPTU21	CPTU
038008P514	203030U057 Cispadana96 CPTU22	CPTU
038008P515	203030U410 Cispadana96 CPTU23	CPTU
038008P103	185060U517 U168FE	CPTU
038008P104	185060U519 U170FE	CPTU
038008P105	185060U521 U173FE	CPTU
038008P106	185060U523 U177FE	CPTU
107038008P	185060U525 U179FE	CPTU
038008P108	185070U503 U180FE	CPTU
038008P109	185070U505 U182FE	CPTU



038008P110	185070U506 U183FE	CPTU
038008P111	185070U508 U185FE	CPTU
038008P112	185070U509 U186FE	CPTU
038008P113	185070U511 U188FE	CPTU
038008P114	185070U512 U189FE	CPTU
038008P115	185070U514 U191FE	CPTU
038008P116	185070U516 U194FE	CPTU
038008P117	185110U502 U195FE	CPTU
038008P118	185070U517 U198FE	CPTU
038008P119	185070U519 U200FE	CPTU
038008P120	185070U520 U201FE	CPTU
038008P121	185070U522 U203FE	CPTU
038008P122	185120U502 U204FE	CPTU
038008P123	185120U504 U206FE	CPTU
038008P124	185120U505 U207FE	CPTU
038008P125	185120U507 U209FE	CPTU
038008P126	185110U504 U210FE	CPTU
038008P127	185150U503 U211FE	CPTU
038008P128	185150U504 U212FE	CPTU
038008P129	185120U508 U213FE	CPTU
038008P130	185120U510 U215FE	CPTU
038008P131	185120U511U216FE	CPTU
038008P132	185120U513 U218FE	CPTU
038008P133	185120U514U219FE	CPTU
038008P134	185120U516 U221FE	CPTU
038008P135	185120U517 U222FE	CPTU
038008P136	185120U519 U224FE	CPTU
137038008P	185120U520 U225FE	CPTU
038008P138	185120U522 U227FE	CPTU
038008P139	186090U502 U228FE	CPTU
038008P140	186130U504 U229FE	CPTU
038008P141	186130U505U230FE	CPTU
038008P142	185080U503 U233FE	CPTU
038008P143	185080U505 U236FE	CPTU
038008P144	186050U502 U237FE	CPTU
038008P145	186050U504 U239FE	CPTU
038008P146	186050U505 U240FE	CPTU
038008P147	186050U507 U242FE	CPTU
038008P148	186050U508 U243FE	CPTU
038008P149	186050U510 U245FE	CPTU
038008P655	186090U503 U246FE	CPTU
038008P656	186090U504 U247FE	CPTU
038008P657	186050U512 U251FE	CPTU
038008P620	ADBPO CPTU20	CPTU
038008P621	ADBPO CPTU21	CPTU



038008P615	186050U511 CPTU28	CPTU
038008P1	ADBPO U248 CO	CPTU
038008P551	1ACS08 SCPTU1	SCPTU
038008P552	1ACS08 SCPTU2	SCPTU
038008P553	1ACS23 SCPTU1	SCPTU
038008P554	1ACS23 SCPTU 2	SCPTU
038008P555	2ANS01 SCPTU1	SCPTU
038008P556	2ANS01 SCPTU2	SCPTU
038008P557	4ANS01 SCPTU1	SCPTU
038008P558	4ANS01 SCPTU2	SCPTU
038008P559	4ANS02 SCPTU1	SCPTU
038008P560	4ANS02 SCPTU2	SCPTU
038008P561	4ASPCN01 SCPTU1	SCPTU
038008P562	4ASPCN01 SCPTU2	SCPTU
038008P563	4ASPCN02 SCPTU1	SCPTU
038008P564	4ASPCN02 SCPTU2	SCPTU
038008P565	5ANS01 5ANS03 SCPTU1	SCPTU
038008P566	5ANS01 5ANS03 SCPTU2	SCPTU
038008P567	5ANS02 SCPTU1	SCPTU
038008P568	5ANS02 SCPTU2	SCPTU
038008P569	6ANS 01 SCPTU1	SCPTU
038008P570	6ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P571	7ANS01 SCPTU1	SCPTU
038008P572	7ANS01 SCPTU2	SCPTU
038008P573	7 ANS02 SCPTU1	SCPTU
038008P574	7 ANS02 SCPTU2	SCPTU
038008P575	7ANS 03 SCPTU1	SCPTU
038008P576	7ANS 03 SCPTU2	SCPTU
038008P577	7ANS04 SCPTU1	SCPTU
038008P578	7ANS04 SCPTU2	SCPTU
038008P579	8ANS01 SCPTU1	SCPTU
038008P580	8ANS01 SCPTU2	SCPTU
038008P581	8ANS02 SCPTU1	SCPTU
038008P582	8ANS02 SCPTU2	SCPTU
038008P583	10ANS 01 SCPTU1	SCPTU
038008P584	10ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P585	10ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P586	10ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P587	12AR 01 SCPTU1	SCPTU
038008P588	12AR 01 SCPTU2	SCPTU
038008P589	14 ANS 01 SCPTU1	SCPTU
038008P590	14 ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P591	14 ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P592	14 ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P593	18 ANS 01 SCPTU1	SCPTU



038008P594	18 ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P595	18 ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P596	18 ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P597	18 ANS 03 SCPTU1	SCPTU
038008P598	18 ANS 03 SCPTU2	SCPTU
038008P599	18ANS 04 18ANS 05 SCPTU1	SCPTU
038008P600	18ANS 04 18ANS 05 SCPTU2	SCPTU
038008P519	19ANS 01 SCPTU1	CPTU
038008P520	19ANS 01 SCPTU2	CPTU
038008P521	21ANS 01 SCPTU1	CPTU
038008P522	21ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P523	21ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P524	21ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P525	25AAP2 01 SCPTU1	SCPTU
038008P526	25AAP2 01 SCPTU2	SCPTU
038008P527	25AVN 01 SCPTU1	SCPTU
038008P528	25AVN 01 SCPTU2	SCPTU
038008P529	6ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P530	6ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P531	21ANS 03 SCPTU1	SCPTU
038008P532	21ANS 03 SCPTU2	SCPTU
038008P533	25AVP 01 SCPTU1	SCPTU
038008P534	25AVP 01 SCPTU2	CPTU
038008P535	25AVP 01 SCPTU3	CPTU
038008P536	1ACS26 01 SCPTU1	CPTU
038008P537	1ACS26 01 SCPTU2	SCPTU
038008P538	21 ANS 04_12 SCPTU1	SCPTU
038008P539	21 ANS 04_13 SCPTU2	SCPTU
038008P540	21 ANS 04_12 SCPTU2	SCPTU
038008P541	21 ANS 04_13 SCPTU1	SCPTU
038008P542	18ANS 06 SCPT1	SCPTU
038008P543	18ANS 06 SCPT2	SCPTU
038008P544	18ANS 06 SCPT3	SCPTU
038008P545	18ANS 06 SCPT4	CPTU
038008P546	ex caserma SCPTU1	SCPTU
038008P547	ex caserma SCPTU2	CPTU
038008P548	SCPTU 01 San Bartolomeo in Bosco	SCPTU
038008P3	SCPTU 02 Quaratesana	CPTU
038008P549	SCPTU 03 Scuola Materna Guido Rossa	SCPTU
038008P550	SCPTU 04 via Bellonci via Serao	SCPTU
038008P4	SCPTU 05 Palazzo delle Palestre	CPTU
038008P150	SCPTU 06 Mura di Porta Po	CPTU
038008P151	SCPTU 07 via Bagaro	CPTU
038008P152	SCPTU 08 Liceo Ariosto	CPTU
038008P153	SCPTU 09 scuola media Tasso Boario	CPTU



038008P154	SCPTU 10 Piazzale Giordano Bruno	CPTU
038008P155	SCPTU 11 viale Costituzione	CPTU
038008P156	SCPTU 12 C.Govoni	CPTU
038008P157	SCPTU 13	CPTU
038008P158	SCPTU 15 Biblioteca Ariostea	CPTU
038008P159	SCPTU 17 Istituto Compensivo Cosmè Tura	CPTU
038008P160	SCPTU 18 Scuola Materna Ponte	CPTU
038008P161	SCPTU 19 Via Lana	CPTU
038008P162	SCPTU 20 Via Cattaneo	CPTU
038008P163	SCPTU 21 Scuola Elementare Manzoni	CPTU
038008P2	SCPTU 22 Casaglia	CPTU
038008P164	SCPTU 24 via Renata di Francia	CPTU
038008P165	SCPTU 25 via dei Cedri	CPTU
038008P166	SCPTU 26 Monestirolo	CPTU
038008P167	SCPTU 27 Denore	CPTU
038008P168	SCPTU 28 Scuola media D. Alighieri	CPTU
038008P169	SCPTU 29 Cona	CPTU
038008P170	SCPTU 30 Fiera	CPTU
038008P171	SCPTU 31 Palaspost comunale	CPTU
038008P172	SCPTU 32 Ravalle	CPTU
038008P173	SCPTU 33 via Pacinotti	CPTU
038008P174	SCPTU 34 Scuola materna Satellite	CPTU
038008P175	SCPTU 35 Scuola materna Jovine	CPTU
038008P176	SCPTU 36 Fossanova San Marco	CPTU
038008P177	SCPTU 37 Scuola d'infanzia La Mongolfiera	CPTU
038008P178	SCPTU 38 Scuola elementare B. Rossetti	CPTU
038008P179	SCPTU 39 Gaibanella	CPTU
038008P180	SCPTU 40 Scuola elementare Guarini	CPTU
038008P181	SCPTU 41 Scuola elementare Leopardi	CPTU
038008P182	SCPTU 42 Scuola elementare Francolino	CPTU
038008P183	SCPTU 43 Malborghetto di Boara	CPTU
038008P184	SCPTU 44 Scuola elementare Bombonati	CPTU
038008P185	SCPTU 45 Villanova di Denore	CPTU
038008P186	SCPTU 46 Scuola elementare Tumiatì	CPTU
038008P187	SCPTU 47 via Bologna	CPTU
038008P188	SCPTU 48 I Girasoli	CPTU
038008P189	SCPTU 49 Nido Cavallari	CPTU
038008P190	SCPTU 50 Scuola materna l'Aquilone	CPTU
038008P191	SCPTU 51 Scuola Ugo Costa	CPTU
038008P192	SCPTU 52 Nido Il Ciliegio	CPTU
038008P193	SCPTU 53 Scuola materna Benzi	CPTU
038008P194	Confortino CPTU 05	CPTU
038008P195	Confortino CPTU 06	CPTU
038008P196	Mizzana CPTU 08	CPTU
038008P198	Bardella SCPTU 01	CPTU



038008P199	Bardella SCPTU 02	CPTU
038008P200	Betto SCPTU 03	CPTU
038008P197	Betto SCPTU 04	CPTU
038008P628	Mizzana SCPTU 07	CPTU
038008P622	FS SCPTU 09	CPTU
038008P484	FS SCPTU 10	CPTU
038008P485	Area attracco SCPTU 11	CPTU
038008P486	Area attracco SCPTU 12	CPTU
038008P487	Prog. 1250 SCPTU 13	CPTU
038008P488	Resistenza SCPTU 14	CPTU
038008P489	Prog. 3800 SCPTU 15	CPTU
038008P490	San Giacomo CPTU 17	CPTU
038008P491	Pace CPTU 19	CPTU
038008P654	San Giorgio CPTU22	CPTU
038008P493	San Giacomo SCPTU 16	CPTU
038008P208	Pace SCPTU 18	CPTU
038008P209	Porta Reno SCPTU 20	CPTU
038008P210	San Giorgio SCPTU 21	CPTU
038008P211	Caldirola SCPTU 24	CPTU
038008P212	Caldirola SCPTU 23	CPTU
038008P213	Addolorata SCPTU1	CPTU
038008P214	Addolorata SCPTU2	CPTU
038008P215	Addolorata CPTU3	CPTU
038008P216	Fossalta SCPTU1	CPTU
038008P217	Fossalta CPTU2	CPTU
038008P218	Fossalta SCPTU3	CPTU
038008P219	SABB CPTU 01	CPTU
038008P220	SABB SCPTU 02	CPTU
038008P221	SABB BIS SCPTU 01	CPTU
038008P222	SABB BIS CPTU 02	CPTU
038008P223	185060U504	CPTU
038008P224	185070U502	CPTU
038008P225	185110U501	CPTU
038008P226	185120U501	CPTU
038008P227	185150U501	CPTU
038008P228	185150U502	CPTU
038008P229	185160U501	CPTU
038008P230	185160U502	CPTU
038008P231	185160U503	CPTU
038008P629	185160U504	SCPTU
038008P630	186090U501	SCPTU
038008P631	186130U501	SCPTU
038008P632	186130U502	SCPTU
038008P633	186130U503	SCPTU
038008P634	186140U501	SCPTU



038008P635	203030U502	SCPTU
038008P636	203030U507	SCPTU
038008P637	203040U501	SCPTU
038008P638	203040U503	SCPTU
038008P639	203040U502	SCPTU
038008P640	203040U505	SCPTU
038008P641	203040U506	SCPTU
038008P642	203040U507	SCPTU
038008P643	203040U508	CPTE
038008P644	203040U509	CPTE
038008P645	203070U508	CPTE
038008P646	203080U501	CPTE
038008P232	203080U502	CPT
038008P233	203080U503	CPT
038008P234	203080U504	CPT
038008P237	203080U505	CPT
038008P238	203080U506	CPT
038008P239	203080U507	CPT
038008P240	203080U509	CPT
038008P241	203120U509	CPT
038008P242	204010U504	CPT
038008P243	204010U507	CPT
038008P244	204010U508	CPT
038008P245	204010U515	CPT
038008P246	204010U511	CPT
038008P247	204010U512	CPT
038008P248	204020U509	CPT
038008P249	204030U501	CPT
038008P250	204030U502	CPT
038008P251	204050U501	CPT
038008P252	204050U502	CPT
038008P253	204050U504	CPT
038008P254	204050U505	CPT
038008P255	204050U512	CPT
038008P256	186150U503	CPT
038008P257	186140U502	CPT
038008P258	204050U511X	CPT
038008P259	203030U504	CPT
038008P260	203070U502	CPT
038008P261	185110U510 Incubatore CPTU1	CPT
038008P262	185110U511 Incubatore CPTU2	CPT
038008P263	185110U512 Incubatore CPTU3	CPT
038008P264	185110U513 Incubatore CPTU4	CPT
038008P265	185110U514 Incubatore CPTU5	CPT
038008P266	185160U505 Ex Riseria CPTU1	CPT



038008P7	185160U506 Ex Riseria CPTU2	CPT
038008P6	185160U507 Ex Riseria CPTU3	CPT
038008P5	185160U508 Ex Riseria CPTU4	CPT
038008P270	185160U509 Ex Riseria CPTU5	CPT
038008P271	SEF1	CPT
038008P272	SEF2	CPT
038008P273	SEF3	CPT
038008P274	SEF4	CPT
038008P275	SEF5	CPT
038008P276	SEF6	CPT
038008P277	SEF7	CPT
038008P278	SEF8	CPT
038008P279	SEF9	CPT
038008P280	SEF10	CPT
038008P281	SEF11	CPT
038008P282	SEF13	CPT
038008P283	SEF14	CPT
038008P284	SEF15	CPT
038008P285	SEF16	CPT
038008P286	SEF17	CPT
038008P287	SEF18	CPT
038008P288	SEF19	CPT
038008P289	SEF20	CPT
038008P290	SEF22	CPT
038008P291	SEF23	CPT
038008P292	SEF24	CPT
038008P293	SEF25	CPT
038008P294	SEF26	CPT
038008P308	PG 76663/06 CPTE2	CPT
038008P309	PG 76663/06 CPTE3	CPT
038008P310	PG 76663/06 CPTE4	CPT
038008P311	PG 76663/06 CPTE5	CPT
038008P312	SvincoloCona	CPT
038008P313	PIP Exedil cptu15	CPT
038008P314	PIP Exedil cptu18	CPT
038008P315	1A CPT1	CPT
038008P316	2A CPT1-185110C453	CPT
038008P317	2A CPT2-185110C158	CPT
038008P318	2A CPT3-185110C454	CPT
038008P319	5A CPT1	CPT
038008P320	5A CPT2	CPT
038008P321	5A CPT3	CPT
038008P322	5A CPT4	CPT
038008P323	6A CPT1	CPT
038008P324	6A CPT2	CPT



038008P325	6A CPT3	CPT
038008P326	6A CPT4	CPT
038008P327	7A CPT1	CPT
038008P328	7A CPT2	CPT
038008P329	7A CPT3	CPT
038008P330	7A CPT4	CPT
038008P331	7A CPT5	CPT
038008P332	7A CPT6	CPT
038008P333	7A CPT7	CPT
038008P334	7A CPT8	CPT
038008P335	3A CPT1	CPT
038008P336	3A CPT2	CPT
038008P337	3A CPT3	CPT
038008P338	3A CPT4	CPT
038008P339	3A CPT5	CPT
038008P340	3A CPT6	CPT
038008P341	3A CPT7	CPT
038008P342	4A CPT7	CPT
038008P343	4A CPT8	CPT
038008P344	4A CPT9	CPT
038008P345	9A CPT8	CPT
038008P346	9A CPT9	CPT
038008P347	9A CPT10	CPT
038008P348	9A CPT11	CPT
038008P349	9A CPT12	CPT
038008P350	10A CPT1-204050C022	CPT
038008P351	10A CPT2-204050C023	CPT
038008P352	10A CPT3-204050C024	CPT
038008P353	10A CPT4-204050C025	CPT
038008P354	10A CPT5-204050C026	CPT
038008P355	10A CPT6-204050C027	CPT
038008P356	10A CPT7-204050C028	CPT
038008P357	10A CPT8-204050C029	CPT
038008P358	11A CPT1	CPT
038008P359	11A CPT2	CPT
038008P360	11A CPT3	CPT
038008P361	11A CPT4	CPT
038008P362	11A CPT5	CPT
038008P363	12A CPT1-185110C161	CPT
038008P364	12A CPT2-185110C162	CPT
038008P365	12A CPT3-185110C163	CPT
038008P366	13A CPT1	CPT
038008P367	13A CPT2	CPT
038008P368	13A CPT3	CPT
038008P369	13A CPT4	CPT



038008P370	13A CPT5	CPT
038008P371	15A CPT1	CPT
038008P372	15A CPT2	CPT
038008P373	15A CPT3	CPT
038008P374	14A Elletipi CPT1	CPT
038008P375	14A Sandon CPT1	CPT
038008P376	14A Sandon CPT2	CPT
038008P377	21A CPT2	CPT
038008P378	21A CPT3	CPT
038008P379	16A CPT1	CPT
038008P380	17A CPT1	CPT
038008P381	17A CPT2	CPT
038008P382	17A CPT3	CPT
038008P383	17A CPT4	CPT
038008P384	17A CPT5	CPT
038008P385	17A CPT6	CPT
038008P386	17A CPT13	CPT
038008P387	17A CPT14	CPT
038008P388	17A CPT15	CPT
038008P389	17A CPT16	CPT
038008P390	19A CPT1	CPT
038008P391	20A CPT1	CPT
038008P392	20A CPT2	CPT
038008P393	20A CPT3	CPT
038008P394	20A CPT4	CPT
038008P395	20A CPT5	CPT
038008P396	22A CPT3	CPT
038008P397	22A CPT4	CPT
038008P398	22A CPT5	CPT
038008P399	22A CPT6	CPT
038008P400	VIA WAGNER CPT1	CPT
038008P401	VIA WAGNER CPT2	CPT
038008P402	VIA WAGNER CPT3	CPT
038008P403	PAROFIN CPT1	CPT
038008P404	PAROFIN CPT2	CPT
038008P405	Tangenziale CPT1	CPT
038008P406	Tangenziale CPT2	CPT
038008P407	Tangenziale CPT3	CPT
038008P408	Tangenziale CPT4	CPT
038008P409	Tangenziale CPT5	CPT
038008P410	Tangenziale CPT6	CPT
038008P411	PG 63985/05 CPT1-185150C067	CPT
038008P412	PG 63985/05 CPT2-185150C068	CPT
038008P413	PG 63985/05 CPT3-185150C069	CPT
038008P414	PG 63985/05 CPT4-185150C070	CPT



038008P415	PG 63985/05 CPT5-185150C071	CPT
038008P416	PG 63985/05 CPT6-185150C072	CPT
038008P417	PG 95709/06 CPT1	CPT
038008P419	PG 49114/06	CPT
038008P420	PG 68300/07	CPT
038008P421	PG 61476/07 CPT1	CPT
038008P422	PG 61476/07 CPT2	CPT
038008P423	PG 49380/07 CPT1	CPT
038008P424	PG 49380/07 CPT2	CPT
038008P425	PG 49380/07 CPT3	CPT
038008P430	PG 82081/07 CPT1	CPT
038008P431	PG 82081/07 CPT2	CPT
038008P432	PG 82081/07 CPT3	CPT
038008P433	PG 82081/07 CPT4	CPT
038008P434	PG 59512/07 CPT1	CPT
038008P435	PG 59512/07 CPT2	CPT
038008P436	PG 101560/07 CPT2	CPT
038008P437	PG 60335/07 CPT1	CPT
038008P438	PG 60335/07 CPT2	CPT
038008P439	PG 34282/05 CPT1	CPT
038008P440	PG 34282/05 CPT2	CPT
038008P441	PG 34282/05 CPT3	CPT
038008P442	PG 34282/05 CPT4	CPT
038008P443	PG 34282/05 CPT5	CPT
038008P444	PG 47754/07 CPT1	CPT
038008P445	PG 47754/07 CPT3	CPT
038008P446	PG 1737/07 CPT1	CPT
038008P447	PG 1737/07 CPT2	CPT
038008P448	PG 1737/07 CPT3	CPT
038008P449	PG 93015/06 CPT1	CPT
038008P450	PG 93015/06 CPT2	CPT
038008P451	PG 93015/06 CPT3	CPT
038008P452	PG 60327/07 CPT1	CPT
038008P453	PG 60327/07 CPT2	CPT
038008P454	PG 30041/07 CPT1	CPT
038008P455	PG 30041/07 CPT2	CPT
038008P456	PG 30041/07 CPT3	CPT
038008P457	PG 30041/07 CPT4	CPT
038008P458	PG 30041/07 CPT5	CPT
038008P459	PG 80944/05 CPT1	CPT
038008P460	PG 80944/05 CPT2	CPT
038008P461	PG 80944/05 CPT3	CPT
038008P462	PG 62907/07 CPT1	CPT
038008P463	PG 62907/07 CPT2	CPT
038008P464	PG 62907/07 CPT3	CPT



038008P465	58124/07 CPT1	CPT
038008P466	58124/07 CPT2	CPT
038008P467	PG 80473/07 CPT1	CPT
038008P468	PG 33679/07 CPT1	CPT
038008P469	PG 33679/07 CPT2	CPT
038008P470	PG 85821/07 CPT1	CPT
038008P471	PG 85821/07 CPT2	CPT
038008P472	PG 85821/07 CPT4	CPT
038008P473	PG 85821/07 CPT5	CPT
038008P474	PG 52093/05 CPT1	CPT
038008P619	PG 52093/05 CPT2	CPT
038008P475	PG 52093/05 CPT3	CPT
038008P476	PG 52093/05 CPT4	CPT
038008P477	PG 14659/07 CPT1	CPT
038008P478	PG 14659/07 CPT2	CPT
038008P479	PG 58703/06 CPT1	CPT
038008P480	PG 58703/06 CPT2	CPT
038008P481	PG 58703/06 CPT3	CPT
038008P482	PG 64126/06 CPT1	CPT
038008P483	PG 64126/06 CPT2	CPT
038008P494	PG 64126/06 CPT3	CPT
038008P495	PG 64126/06 CPT4	CPT
038008P496	PG 84423/05 CPT1	CPT
038008P497	PG 82272/05 CPT1	CPT
038008P498	PG 34097/06 CPT1	CPT
038008P499	PG 34097/06 CPT2	CPT
038008P500	PG 30732/06 CPT1	CPT
038008P501	PG 45238/05 CPT1	CPT
038008P502	PG 45238/05 CPT2	CPT
038008P503	PG 97763/04 CPT1	CPT
038008P504	PG 97763/04 CPT2	CPT
038008P516	PG 48032/06 CPT1 lotto1	CPT
038008P517	PG 48032/06 CPT2 lotto1	CPT
038008P518	PG 48032/06 CPT1 lotto6	CPT
038008P235	PG 48032/06 CPT2 lotto6	CPT
038008P236	PG 65636/05 CPT1	CPT
038008P610	PG 65636/05 CPT2	CPT
038008P603	2026/06 CPT1	CPT
038008P604	PG 41101/07 CPT1	CPT
038008P605	PG 33900/05 CPT1	CPT
038008P606	PG 54671/05 CPT1	CPT
038008P607	PG 54671/05 CPT2	CPT
038008P608	PG 54671/05 CPT3	CPT
038008P609	PG 54671/05 CPT4	CPT
038008P201	PG 6522/07 CPT1	CPT



038008P202	PG 6522/07 CPT2	CPT
038008P203	PG 6522/07 CPT3	CPT
038008P204	PG 6522/07 CPT4	CPT
038008P205	PG 70615/05 CPT1	CPT
038008P206	PG 70615/05 CPT2	CPT
038008P207	PG 89318/05 CPT1	CPT
038008P418	PG 4783/06 CPT1	CPT
038008P648	PG 4783/06 CPT2	CPT
038008P649	PG 4783/06 CPT3	CPT
038008P650	PG 55576/03 CPT1	CPT
038008P651	PG 55576/03 CPT2	CPT
038008P652	PG 55576/03 CPT3	CPT
038008P653	PG 55576/03 CPT4	CPT
038008P658	204010G005	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P659	204050G009	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P660	186140G027	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P661	186130G029	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P662	186130G030	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P663	186090G044	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P664	185110G148	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P705	204050G006	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P706	185110G149	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P820	BAURA001	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P821	CASCINA NUOVA001	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P822	CONA001	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P823	CONA002	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P824	FERRARA001	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P825	FRANCOLINO001	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P826	GAIBANA001	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P827	PAVONARA001	perforazione per ricerca idrocarburi
038008P828	POROTTO001	perforazione per ricerca



		idrocarburi
038008P665	185160P4025	sondaggio a carotaggio continuo
038008P666	185160P4026	sondaggio a carotaggio continuo
038008P667	185160P4062	sondaggio a carotaggio continuo
038008P668	185160P4063B	sondaggio a carotaggio continuo
038008P669	185160P4064A	sondaggio a carotaggio continuo
038008P670	185160P4064B	sondaggio a carotaggio continuo
038008P671	185160P4104	sondaggio a carotaggio continuo
038008P672	185160P413	sondaggio a carotaggio continuo
038008P673	185120P505	sondaggio a carotaggio continuo
038008P674	204050P513X	sondaggio a carotaggio continuo
038008P675	185120P404	sondaggio a carotaggio continuo
038008P676	185120P405	sondaggio a carotaggio continuo
038008P677	185120P4401	sondaggio a carotaggio continuo
038008P678	185120P4402	sondaggio a carotaggio continuo
038008P679	185120P4403	sondaggio a carotaggio continuo
038008P680	185160P4019	sondaggio a carotaggio continuo
038008P681	185160P4020	sondaggio a carotaggio continuo
038008P682	185160P4029	sondaggio a carotaggio continuo
038008P683	185160P4030	sondaggio a carotaggio continuo
038008P684	185160P4034	sondaggio a carotaggio continuo
038008P685	185160P4061A	sondaggio a carotaggio continuo
038008P686	185160P4061B	sondaggio a carotaggio continuo
038008P687	185160P4084	sondaggio a carotaggio continuo
038008P688	185160P4108	sondaggio a carotaggio continuo



038008P689	185160P4109	sondaggio a carotaggio continuo
038008P690	185160P414	sondaggio a carotaggio continuo
038008P691	185160P424	sondaggio a carotaggio continuo
038008P692	185160P425	sondaggio a carotaggio continuo
038008P693	185160P426	sondaggio a carotaggio continuo
038008P694	185160P427	sondaggio a carotaggio continuo
038008P695	185160P435	sondaggio a carotaggio continuo
038008P696	185160P407	sondaggio a carotaggio continuo
038008P697	185160P4079	sondaggio a carotaggio continuo
038008P698	185160P454	sondaggio a carotaggio continuo
038008P699	185160P473	sondaggio a carotaggio continuo
038008P700	185160P484	sondaggio a carotaggio continuo
038008P701	185160P488	sondaggio a carotaggio continuo
038008P702	185160P495	sondaggio a carotaggio continuo
038008P703	185160P499	sondaggio a carotaggio continuo
038008P704	186130P407	sondaggio a carotaggio continuo
038008P707	185070P501	sondaggio a carotaggio continuo
038008P708	P86	HVSR
038008P709	P87	HVSR
038008P710	P87BIS	HVSR
038008P711	P88	HVSR
038008P712	P89	HVSR
038008P713	P90	HVSR
038008P714	P91	HVSR
038008P715	P92	HVSR
038008P716	P93	HVSR
038008P717	P94	HVSR
038008P718	P95	HVSR
038008P719	P96	HVSR
038008P720	P97	HVSR
038008P721	P98	HVSR



038008P722	P99	HVSR
038008P723	P100	HVSR
038008P724	P101	HVSR
038008P725	P102	HVSR
038008P726	P103	HVSR
038008P727	P104	HVSR
038008P728	P105	HVSR
038008P729	P106	HVSR
038008P730	P107	HVSR
038008P731	P108	HVSR
038008P732	P109	HVSR
038008P733	P110	HVSR
038008P734	P111	HVSR
038008P735	P112	HVSR
038008P736	P113	HVSR
038008P737	P114	HVSR
038008P738	P115	HVSR
038008P739	P116	HVSR
038008P740	P117	HVSR
038008P741	P118	HVSR
038008P742	P119	HVSR
038008P743	P120	HVSR
038008P744	P121	HVSR
038008P745	P122	HVSR
038008P746	P123	HVSR
038008P747	P123BIS	HVSR
038008P748	P124	HVSR
038008P749	P125	HVSR
038008P750	P126	HVSR
038008P751	P127	HVSR
038008P752	P128	HVSR
038008P753	P129	HVSR
038008P754	P130	HVSR
038008P755	P131	HVSR
038008P756	P132	HVSR
038008P757	P133	HVSR
038008P758	P134	HVSR
038008P759	P135	HVSR
038008P760	P136	HVSR
038008P761	P136BIS	HVSR
038008P762	P137	HVSR
038008P763	P138	HVSR
038008P764	P139	HVSR
038008P765	P140	HVSR
038008P766	140BIS	HVSR



038008P767	P141	HVSR
038008P768	P142	HVSR
038008P769	P142BIS	HVSR
038008P770	P143	HVSR
038008P771	P144	HVSR
038008P772	P144BIS	HVSR
038008P829	Casaglia Picozzi-Albarelo	HVSR
038008P830	Cascina Nuova-Santarato	HVSR

Tabella 4.2 Indagini geognostiche ex-novo.

ID_SPU	Codice	Tipo Prova
038008P8	1ACS08 SCPTU1	SCPTU
038008P9	1ACS08 SCPTU2	SCPTU
038008P12	1ACS23 SCPTU1	SCPTU
038008P13	1ACS23 SCPTU 2	SCPTU
038008P48	2ANS01 SCPTU1	SCPTU
038008P49	2ANS01 SCPTU2	SCPTU
038008P10	4ANS01 SCPTU1	SCPTU
038008P11	4ANS01 SCPTU2	SCPTU
038008P50	4ANS02 SCPTU1	SCPTU
038008P51	4ANS02 SCPTU2	SCPTU
038008P616	4ASPCN01 SCPTU1	SCPTU
038008P617	4ASPCN01 SCPTU2	SCPTU
038008P14	4ASPCN02 SCPTU1	SCPTU
038008P15	4ASPCN02 SCPTU2	SCPTU
038008P16	5ANS01 5ANS03 SCPTU1	SCPTU
038008P17	5ANS01 5ANS03 SCPTU2	SCPTU
038008P52	5ANS02 SCPTU1	SCPTU
038008P53	5ANS02 SCPTU2	SCPTU
038008P18	6ANS 01 SCPTU1	SCPTU
038008P19	6ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P20	7ANS01 SCPTU1	SCPTU
038008P21	7ANS01 SCPTU2	SCPTU
038008P22	7ANS02 SCPTU1	SCPTU
038008P23	7ANS02 SCPTU2	SCPTU
038008P26	7ANS 03 SCPTU1	SCPTU
038008P27	7ANS 03 SCPTU2	SCPTU
038008P28	7ANS04 SCPTU1	SCPTU
038008P29	7ANS04 SCPTU2	SCPTU
038008P30	8ANS01 SCPTU1	SCPTU
038008P31	8ANS01 SCPTU2	SCPTU
038008P54	8ANS02 SCPTU1	SCPTU
038008P55	8ANS02 SCPTU2	SCPTU
038008P32	10ANS 01 SCPTU1	SCPTU



038008P33	10ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P34	10ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P35	10ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P56	12AR 01 SCPTU1	SCPTU
038008P57	12AR 01 SCPTU2	SCPTU
038008P36	14 ANS 01 SCPTU1	SCPTU
038008P37	14 ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P38	14 ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P39	14 ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P58	18 ANS 01 SCPTU1	SCPTU
038008P59	18 ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P40	18 ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P41	18 ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P42	18 ANS 03 SCPTU1	SCPTU
038008P43	18 ANS 03 SCPTU2	SCPTU
038008P60	18ANS 04 18ANS 05 SCPTU1	SCPTU
038008P61	18ANS 04 18ANS 05 SCPTU2	SCPTU
038008P62	19ANS 01 SCPTU1	SCPTU
038008P63	19ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P64	21ANS 01 SCPTU1	SCPTU
038008P65	21ANS 01 SCPTU2	SCPTU
038008P44	21ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P45	21ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P24	25AAP2 01 SCPTU1	SCPTU
038008P25	25AAP2 01 SCPTU2	SCPTU
038008P46	25AVN 01 SCPTU1	SCPTU
038008P47	25AVN 01 SCPTU2	SCPTU
038008P67	6ANS 02 SCPTU2	SCPTU
038008P66	6ANS 02 SCPTU1	SCPTU
038008P72	21ANS 03 SCPTU1	SCPTU
038008P73	21ANS 03 SCPTU2	SCPTU
038008P612	25AVP 01 SCPTU1	SCPTU
038008P613	25AVP 01 SCPTU2	SCPTU
038008P614	25AVP 01 SCPTU3	SCPTU
038008P74	1ACS26 01 SCPTU1	SCPTU
038008P75	1ACS26 01 SCPTU2	SCPTU
038008P68	21 ANS 04_12 SCPTU1	SCPTU
038008P71	21 ANS 04_13 SCPTU2	SCPTU
038008P69	21 ANS 04_12 SCPTU2	SCPTU
038008P70	21 ANS 04_13 SCPTU1	SCPTU
038008P76	18ANS 06 SCPT1	SCPTU
038008P77	18ANS 06 SCPT2	SCPTU
038008P78	18ANS 06 SCPT3	SCPTU
038008P79	18ANS 06 SCPT4	SCPTU
038008P626	ex caserma SCPTU1	SCPTU



038008P627	ex caserma SCPTU2	SCPTU
038008P629	Uffici Comune settore LLPP via Marconi*	SCPTU
038008P630	Impinati HERA*	SCPTU
038008P631	Ex Macello SCPTU3	SCPTU
038008P632	Via Arginone SCPTU4	SCPTU
038008P633	Uffici Comune SIT e Tributi via Maverna*	SCPTU
038008P634	Uffici Provincia C.so Isonzo*	SCPTU
038008P635	Uffici Questura e Prefettura C.so Ercole I d'Este (Canonici Mattei)*	SCPTU
038008P636	Uffici Guardia di Finanza, P.S.Guglielmo*	SCPTU
038008P637	Castello estense, uffici Provincia, Uffici Comune piazza Repubblica*	SCPTU
038008P638	Ospedale Cona*	SCPTU
038008P639	Caserma Carabinieri via del Campo*	SCPTU
038008P640	Caserma VVF via Verga*	SCPTU
038008P641	Uffici Provincia - Casa del Pellegrino - Fiera*	SCPTU
038008P642	Via Finati SCPTU14	SCPTU
038008P777	P. XXIV MAGGIO*	HVSR
038008P778	AGUSCELLO	HVSR
038008P779	CONA*	HVSR
038008P780	DIVISIONE GARIBALDINA	HVSR
038008P781	FIERA*	HVSR
038008P782	FOSSANOVA S MARCO	HVSR
038008P783	GAIBANELLA	HVSR
038008P784	MARRARA	HVSR
038008P785	MONESTIROLO	HVSR
038008P786	MONTALBANO	HVSR
038008P787	PARASACCO	HVSR
038008P788	QUARTESANA	HVSR
038008P789	S.BARTOLOMEO	HVSR
038008P790	VIA BOSCHETTO	HVSR
038008P791	VIA DEL CAMPO*	HVSR
038008P792	VIA MAVERNA*	HVSR
038008P793	VIA TRENTI	HVSR
038008P794	VVF VIA VERGA*	HVSR
038008P795	PESCARA	HVSR
038008P796	S.MARTINO	HVSR
038008P797	BORGO SCOLINE	HVSR
038008P798	DENORE	HVSR
038008P799	VILLANOVA DENORE	HVSR
038008P800	VICONOVO	HVSR
038008P801	BAURA	HVSR



038008P802	BOARA	HVSR
038008P803	CASSANA-POROTTO	HVSR
038008P804	VIA DIANA- IMPIANTI HERA*	HVSR
038008P805	VIA ERIDANO	HVSR
038008P806	VIA XXI GIUGNO	HVSR
038008P807	VIA MARCONI*	HVSR
038008P808	VIA BATTISTELLI	HVSR
038008P809	VIA BACCHELLI	HVSR
038008P810	VIA PACINOTTI	HVSR
038008P811	VIA S.ANDREA	HVSR
038008P812	S.GUGLIELMO PARCHEGGIO*	HVSR
038008P813	PIAZZA REPUBBLICA*	HVSR
038008P814	PALAZZO DIAMANTI*	HVSR
038008P815	VIA BELLONCI	HVSR
038008P773	A1 CONA*	ESAC
038008P774	A4 XXIV MAGGIO*	ESAC
038008P775	A3 PESCARA	ESAC
038008P776	A2 MARRARA	ESAC

* Realizzate per edifici strategici CLE

Tabella 4.3 Prove SCPTU realizzate in corrispondenza dei comparti POC.

COMPARTO	N. PROVE
1ACS08	2
1ACS23	2
2ANS01	2
4ANS01	2
4ANS02	2
4ASPCN01	2
4ASPCN02	2
5ANS01-5ANS03	2
5ANS02	2
6ANS01	2
7ANS01	2
7ANS02	2
7ANS03	2
7ANS04	2
8ANS01	2
8ANS02	2
10ANS01	2
10ANS02	2
12AR01	2
14ANS01	2
14ANS01	2
18ANS01	2



18ANS02	2
18ANS03	2
18ANS04	2
19ANS01	2
21ANS01	2
21ANS02	2
25AAP201	2
25AVN01	2
6ANS02	2
21ANS03	2
25AVP01	3
1ACS2601	2
21ANS04_13	2
21ANS04_13	2
18ANS06	4
ex caserma	2
Ex Macello*	1
Via Arginon e *	1
Via Finati*	1

* aree di proprietà del Committente in cui sono stati realizzati studi di amplificazione sismica locale

Tabella 4.4 Prove SCPTU, HVSR e ESAC realizzate in corrispondenza degli edifici strategici per la CLE.

EDIFICI STRATEGICI CLE	N. PROVE SCPTU	N. PROVE HVSR	N. PROVE ESAC
1. Uffici Comune Settore LLPP via Marconi	1	1	
2. Impianti HERA	1	1	
3. Uffici Comune SIT e Tributi via Maverna	1	1	
4. Uffici Provincia C.so Isonzo	1	1	1
5. Uffici Questura e Prefettura C.so Ercole I d'Este (Canonici Mattei)	1	1	
6. Uffici Guardia di Finanza P. S. guglielmo	1	1	
7. Castello Estense, uffici Provincia, Uffici Comune P.Repubblica	1	1	
8. Ospedale Cona	1	1	1
9. Caserma Carabinieri	1	1	
10. Caserma VVF	1	1	
11. Uffici Provincia - Casa del pellegrino	1	1	



Tabella 5.1. Frequenze e ampiezze da misure HVSR.

ID_SPU	Codice	f1 Hz	f2 Hz	A1 -	A2 -
038008P708	P86	0.42	0.9	2.1	2
038008P709	P87	0.46	0.9	2.9	2.1
038008P710	P87BIS	0.47	0.95	2.8	2.1
038008P711	P88	0.46	0.9	2.8	2.2
038008P712	P89	0.52	1	2.5	2.1
038008P713	P90	0.5	0.95	2.6	2.2
038008P714	P91		0.8		2.8
038008P715	P92		0.81		3.4
038008P716	P93		0.8		3.5
038008P717	P94		0.8		3.5
038008P718	P95		0.88		4
038008P719	P96		0.9		4
038008P720	P97		0.88		3.9
038008P721	P98		0.9		4.9
038008P722	P99		0.94		4.3
038008P723	P100		0.9		4.2
038008P724	P101		0.86		4.2
038008P725	P102		0.82		5
038008P726	P103		0.82		5.5
038008P727	P104		0.78		4.5
038008P728	P105		0.78		4
038008P729	P106		0.75		4.8
038008P730	P107		0.78		4.4
038008P731	P108		0.78		4.4
038008P732	P109		0.78		4
038008P733	P110	0.45	0.77	2.6	3.9
038008P734	P111	0.45	0.73	2.9	4.5
038008P735	P112	0.45	0.78	2.9	4.1
038008P736	P113	0.5	0.76	3	3.2
038008P737	P114	0.42	0.78	3	4
038008P738	P115	0.4	0.75	2.3	3.3
038008P739	P116	0.4	0.81	2.9	3
038008P740	P117	0.4	0.8	3.2	2.9
038008P741	P118	0.5	0.78	3	2.7
038008P742	P119	0.45	0.8	2.9	2.7
038008P743	P120	0.42	0.78	2.9	2.7
038008P744	P121	0.4	0.79	2.9	2.7
038008P745	P122	0.4	0.79	2.8	2
038008P746	P123	0.37	0.8	2.8	2.4
038008P747	P123BIS	0.41	0.82	2.8	2.4
038008P748	P124	0.38	0.79	2.9	2.4



038008P749	P125	0.41	0.9	2.5	2.2
038008P750	P126	0.38	0.82	2.5	2.2
038008P751	P127	0.39	0.81	2.5	3.2
038008P752	P128	0.4	0.84	2.2	3
038008P753	P129	0.31	0.81	2.2	3
038008P754	P130	0.32	0.8	2.9	2.3
038008P755	P131	0.23	0.82	2.2	2.5
038008P756	P132	0.23	0.84	2.3	2.6
038008P757	P133	0.3	0.84	2.3	2.2
038008P758	P134	0.29	0.85	2.1	2
038008P759	P135	0.33	0.85	1.6	2.4
038008P760	P136	0.26	0.9	2	2.5
038008P761	P136BIS	0.3	0.84	1.6	2.5
038008P762	P137	0.24	0.8	2.1	2
038008P763	P138	0.24	0.88	2.1	1.9
038008P764	P139	0.3	0.84	1.6	2
038008P765	P140	0.29	0.8	2	1.9
038008P766	140BIS	0.28	0.9	5	2
038008P767	P141	0.28	0.81	1.8	1.9
038008P768	P142	0.3	0.91	1.6	2
038008P769	P142BIS	0.22	0.85	1.9	1.9
038008P770	P143		0.91		2
038008P771	P144	0.18	0.9	2	1.5
038008P772	P144BIS	0.24	0.8	1.8	2.3
038008P829	Casaglia Picozzi-Albarelo		0.86		4
038008P830	Cascina Nuova-Santarato	0.5	0.75	1.7	2.46
038008P777*	P. XXV MAGGIO**	0.3	0.8	3.1	3.5
038008P778*	AGUSCELLO		0.85		2.5
038008P779*	CONA - OSPEDALE**	0.25	0.9	3.1	2.2
038008P780*	DIVISIONE GARIBALDINA	0.28	0.9	3.5	3.1
038008P781*	FIERA**	0.2	0.9	3.9	3.1
038008P782*	FOSSANOVA S MARCO	0.2	0.9	3.8	2.5
038008P783*	GAIBANELLA	0.2	0.9	3.2	2.4
038008P784*	MARRARA	0.2	0.9	3.5	2.1
038008P785*	MONESTIROLO	0.2	0.9	3.9	2.5
038008P786*	MONTALBANO	0.2	0.9	3.7	2.9
038008P787*	PARASACCO	0.25	1	2.8	3
038008P788*	QUARTESANA	0.25		5.5	
038008P789*	S.BARTOLOMEO	0.2	0.9	3.7	2.7
038008P790*	VIA BOSCHETTO		0.97		3.1
038008P791*	VIA DEL CAMPO**	0.3	0.8	2.9	3.9
038008P792*	VIA MAVERNA**	0.25	1	2.1	3.5
038008P793*	VIA TRENTI	0.25	1	2.9	3.1
038008P794*	VVF**	0.3	0.85	2.4	3.5
038008P795*	PESCARA	0.3	0.7	4	4



038008P796*	S.MARTINO	0.2	1	2.5	1.9
038008P797*	BORGO SCOLINE	0.2	0.85	3.1	3.2
038008P798*	DENORE	0.25	1	2.8	3
038008P799*	VILLANOVA DENORE	0.25	1.1	2.6	3.2
038008P800*	VICONOVO	0.2		3.2	
038008P801*	BAURA		1		3.1
038008P802*	BOARA	0.25	0.8	3.8	3.1
038008P803*	CASSANA-POROTTO	0.3	0.7	3.5	2.8
038008P804*	VIA DIANA-HERA**	0.4		2.5	
038008P805*	VIA ERIDANO	0.6	1	4.1	3
038008P806*	VIA XXI GIUGNO	0.6	1	5.9	3.8
038008P807*	VIA MARCONI**	0.6	1	3.1	2.9
038008P808*	VIA BATTISTELLI	0.5		4.5	
038008P809*	VIA BACCHELLI	0.6			5
038008P810*	VIA PACINOTTI	0.22	0.8	3.8	3.2
038008P811*	VIA S.ANDREA	0.25	0.8	2.9	2.8
038008P812*	S.GUGLIELMO PARCHEGGIO**	0.25	0.9	2.2	3
038008P813*	PIAZZA REPUBBLICA**	0.25	0.8	3	2.8
038008P814*	PALAZZO DIAMANTI**	0.25	0.9	2.6	2.5
038008P815*	VIA BELLONCI	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

* realizzate ex novo per questo studio

** realizzate per edifici strategici CLE



Tabella 5.2 Velocità equivalente delle onde di taglio.

ID_SPU	Codice	V _{s,H}
038008P8	1ACS08 SCPTU1	182
038008P9	1ACS08 SCPTU2	197
038008P12	1ACS23 SCPTU1	173
038008P13	1ACS23 SCPTU 2	166
038008P48	2ANS01 SCPTU1	179
038008P49	2ANS01 SCPTU2	180
038008P10	4ANS01 SCPTU1	157
038008P11	4ANS01 SCPTU2	135
038008P50	4ANS02 SCPTU1	169
038008P51	4ANS02 SCPTU2	168
038008P616	4ASPCN01 SCPTU1	174
038008P617	4ASPCN01 SCPTU2	176
038008P14	4ASPCN02 SCPTU1	169
038008P15	4ASPCN02 SCPTU2	180
038008P16	5ANS01 5ANS03 SCPTU1	179
038008P17	5ANS01 5ANS03 SCPTU2	188
038008P52	5ANS02 SCPTU1	180
038008P53	5ANS02 SCPTU2	200
038008P18	6ANS 01 SCPTU1	183
038008P19	6ANS 01 SCPTU2	183
038008P20	7ANS01 SCPTU1	160
038008P21	7ANS01 SCPTU2	156
038008P22	7 ANS02 SCPTU1	176
038008P23	7 ANS02 SCPTU2	173.3
038008P26	7ANS 03 SCPTU1	148
038008P27	7ANS 03 SCPTU2	148
038008P28	7ANS04 SCPTU1	177
038008P29	7ANS04 SCPTU2	177
038008P30	8ANS01 SCPTU1	174
038008P31	8ANS01 SCPTU2	176
038008P54	8ANS02 SCPTU1	175
038008P55	8ANS02 SCPTU2	177
038008P32	10ANS 01 SCPTU1	167
038008P33	10ANS 01 SCPTU2	167
038008P34	10ANS 02 SCPTU1	177
038008P35	10ANS 02 SCPTU2	201
038008P56	12AR 01 SCPTU1	203
038008P57	12AR 01 SCPTU2	196
038008P36	14 ANS 01 SCPTU1	172
038008P37	14 ANS 01 SCPTU2	177
038008P38	14 ANS 02 SCPTU1	190
038008P39	14 ANS 02 SCPTU2	192
038008P58	18 ANS 01 SCPTU1	185
038008P59	18 ANS 01 SCPTU2	186



038008P40	18 ANS 02 SCPTU1	187
038008P41	18 ANS 02 SCPTU2	185
038008P42	18 ANS 03 SCPTU1	168
038008P43	18 ANS 03 SCPTU2	165
038008P60	18ANS 04 18ANS 05 SCPTU1	169
038008P61	18ANS 04 18ANS 05 SCPTU2	171
038008P62	19ANS 01 SCPTU1	185
038008P63	19ANS 01 SCPTU2	185
038008P64	21ANS 01 SCPTU1	166
038008P65	21ANS 01 SCPTU2	171
038008P44	21ANS 02 SCPTU1	177
038008P45	21ANS 02 SCPTU2	172
038008P24	25AAP2 01 SCPTU1	177
038008P25	25AAP2 01 SCPTU2	172
038008P46	25AVN 01 SCPTU1	196
038008P47	25AVN 01 SCPTU2	175
038008P67	6ANS 02 SCPTU2	182
038008P66	6ANS 02 SCPTU1	176
038008P72	21ANS 03 SCPTU1	182
038008P73	21ANS 03 SCPTU2	185
038008P612	25AVP 01 SCPTU1	187
038008P613	25AVP 01 SCPTU2	181
038008P614	25AVP 01 SCPTU3	194
038008P74	1ACS26 01 SCPTU1	181
038008P75	1ACS26 01 SCPTU2	182
038008P68	21 ANS 04_12 SCPTU1	186
038008P71	21 ANS 04_13 SCPTU2	193
038008P69	21 ANS 04_12 SCPTU2	174
038008P70	21 ANS 04_13 SCPTU1	186
038008P76	18ANS 06 SCPT1	165
038008P77	18ANS 06 SCPT2	169
038008P78	18ANS 06 SCPT3	176
038008P79	18ANS 06 SCPT4	171
038008P626	ex caserma SCPTU1	182
038008P627	ex caserma SCPTU2	169
038008P551	SCPTU 01 San Bartolomeo in Bosco	163
038008P552	SCPTU 02 Quaratesana	179
038008P553	SCPTU 03 Scuola Materna Guido Rossa	192
038008P554	SCPTU 04 via Bellonci via Serao	191
038008P555	SCPTU 05 Palazzo delle Palestre	182
038008P556	SCPTU 06 Mura di Porta Po	186
038008P557	SCPTU 07 via Bagaro	196
038008P558	SCPTU 08 Liceo Ariosto	180
038008P559	SCPTU 09 scuola media Tasso Boario	166
038008P560	SCPTU 10 Piazzale Giordano Bruno	202



038008P561	SCPTU 11 viale Costituzione	180
038008P562	SCPTU 12 C.Govoni	244
038008P563	SCPTU 13	196
038008P564	SCPTU 15 Biblioteca Ariostea	188
038008P565	SCPTU 17 Istituto Compensivo Cosmè Tura	172
038008P566	SCPTU 18 Scuola Materna Ponte	175
038008P567	SCPTU 19 Via Lana	177
038008P568	SCPTU 20 Via Cattaneo	195
038008P569	SCPTU 21 Scuola Elementare Manzoni	179
038008P570	SCPTU 22 Casaglia	181
038008P571	SCPTU 24 via Renata di Francia	184
038008P572	SCPTU 25 via dei Cedri	178
038008P573	SCPTU 26 Monestirolo	180
038008P574	SCPTU 27 Denore	178
038008P575	SCPTU 28 Scuola media D. Alighieri	188
038008P576	SCPTU 29 Cona	194
038008P577	SCPTU 30 Fiera	194
038008P578	SCPTU 31 Palaspost comunale	174
038008P579	SCPTU 32 Ravalle	173
038008P580	SCPTU 33 via Pacinotti	190
038008P581	SCPTU 34 Scuola materna Satellite	173
038008P582	SCPTU 35 Scuola materna Jovine	185
038008P583	SCPTU 36 Fossanova San Marco	179
038008P584	SCPTU 37 Scuola d'infanzia La Mongolfiera	225
038008P585	SCPTU 38 Scuola elementare B. Rossetti	211
038008P586	SCPTU 39 Gaibanella	195
038008P587	SCPTU 40 Scuola elementare Guarini	182
038008P588	SCPTU 41 Scuola elementare Leopardi	185
038008P589	SCPTU 42 Scuola elementare Francolino	186
038008P590	SCPTU 43 Malborghetto di Boara	179
038008P591	SCPTU 44 Scuola elementare Bombonati	192
038008P592	SCPTU 45 Villanova di Denore	155
038008P593	SCPTU 46 Scuola elementare Tumiatì	179
038008P594	SCPTU 47 via Bologna	172
038008P595	SCPTU 48 I Girasoli	173
038008P596	SCPTU 49 Nido Cavallari	180
038008P597	SCPTU 50 Scuola materna l'Aquilone	185
038008P598	SCPTU 51 Scuola Ugo Costa	180
038008P599	SCPTU 52 Nido Il Ciliegio	150
038008P600	SCPTU 53 Scuola materna Benzi	183
038008P522	Bardella SCPTU 01	199
038008P523	Bardella SCPTU 02	193
038008P524	Betto SCPTU 03	245
038008P525	Betto SCPTU 04	202
038008P526	Mizzana SCPTU 07	278
038008P527	FS SCPTU 09	246



038008P528	FS SCPTU 10	206
038008P529	Area attracco SCPTU 11	176
038008P530	Area attracco SCPTU 12	161
038008P531	Prog. 1250 SCPTU 13	187
038008P532	Resistenza SCPTU 14	194
038008P533	Prog. 3800 SCPTU 15	\
038008P537	San Giacomo SCPTU 16	203
038008P538	Pace SCPTU 18	218
038008P539	Porta Reno SCPTU 20	\
038008P540	San Giorgio SCPTU 21	187
038008P541	Caldirolo SCPTU 24	\
038008P542	Caldirolo SCPTU 23	177
038008P543	Addolorata SCPTU1	189
038008P544	Addolorata SCPTU2	188
038008P546	Fossalta SCPTU1	192
038008P548	Fossalta SCPTU3	195
038008P549	SABB SCPTU 02	180
038008P550	SABB BIS SCPTU 01	160
038008P629	Via Marconi SCPTU1	179
038008P630	HERA SCPTU2	202
038008P631	Ex Macello SCPTU3	174
038008P632	Via Arginone SCPTU4	187
038008P633	Via Maverna SCPTU5	220
038008P634	C.so Isonzo SCPTU6	215
038008P635	C.so Ercole I d'Este (Canonici Mattei) SCPTU7	178
038008P636	Parcheggio S. Guglielmo SCPTU8	182
038008P637	P. Repubblica SCPTU9	198
038008P638	Ospedale Cona SCPTU10	166
038008P639	Carabinieri SCPTU11	181
038008P640	VVF SCPTU12	179
038008P641	Fiera SCPTU13	187
038008P642	Via Finati SCPTU14	189

Tabella 5.3 Categorie di sottosuolo da NTC 2008.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 5.4

ID_SPU	038008P773		038008P774		038008P775		038008P776	
CODICE	A1 CONA		A4 XXIV MAGGIO		A3 PESCARA		A2 MARRARA	
	h (m)	V _S (m/s)	4	109	1	121	4	110
	5	141	2	121	13	205	11	155
	4	137	20	200	17	250	50	249
	2	126	30	197	14	218	25	462
	4	143	5	667	20	450	44	662
	19	234	38	370	41	311	36	242
	61	358	166	923	276	896	283	674
	294	420	168	872	456	784	784	1051
	560	873	∞	>1000	∞	>1600	∞	>1900
	528	574						
	∞	>1100						



Tabella 5.5. Spoil behaviour types secondo Robertson (1990) e successive aggiornamenti.

Soil behaviour type index, I_c	Zone	Soil behaviour type, SBT
$I_c < 1.31$	7	gravelly sand to dense sand
$1.31 < I_c < 2.05$	6	sands: clean sand to silty sand
$2.05 < I_c < 2.60$	5	sand mixture: silty sand to sandy silt
$2.60 < I_c < 2.95$	4	silt mixture: clayey silt to silty clay
$2.95 < I_c < 3.60$	3	clays: silty clay to clay
$I_c > 3.60$	2	organic soil: peats



Tabella 7.1 Fattori di amplificazione per analisi di amplificazione sismica di secondo livello

F.A. P.G.A.

Vs_{30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

Vs_{30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

Vs_{30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Tabella 7.2 Sequenza litostratigrafica 1.

Uffice Comune Settore LLPP Via Marconi

z da [m]	a [m]	LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	6	L	18	160
6	14	A	18	140
14	18	S	18	220
18	22	S	18	280
22	45	S	18	320
45	60	A	18	370
60	85	S	18	515
85	100	A	18	557
100	120	S	18	700
120	150	A	18	754
>150		S	20	800

Tabella 7.3 Sequenza litostratigrafica 2.

Impianti HERA

z da [m]	a [m]	LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	6	L	18	180
6	12	A	18	150
12	30	S	18	260
30	42	A	18	290
42	48	S	18	370
46	103	A	18	470
103	160	A	18	740
>160		S	20	800

Tabella 7.4 Sequenza litostratigrafica 3.

Uffici Comune SIT e Tributi Via Maverna

z da [m]	a [m]	LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	4	L	18	130
4	16	S	18	200
16	19	A	18	200
19	27	S	18	270
27	50	S	18	345
50	72	S	18	455
72	95	S	18	570
95	100	A	18	580
100	120	S	18	700
120	150	A	18	754
>150		S	20	800

Tabella 7.5 Sequenza litostratigrafica 4.

Uffici Provincia C.so Isonzo

z da [m] a [m]		LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	6	S	18	220
6	12	A	18	180
12	15	S	18	220
15	20	A	18	180
20	30	S	18	270
30	56	S	18	365
56	78	A	18	435
78	97	S	18	588
97	126	A	18	646
>126		S	20	800

Tabella 7.6 Sequenza litostratigrafica 5.

Uffici Questura e Prefettura C.so Ercole I d'Este (Canonici mattei)

z da [m] a [m]		LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	4	S	18	160
4	15	A	18	135
15	30	S	18	260
30	56	S	18	365
56	78	A	18	435
78	97	S	18	588
97	126	A	18	646
>126		S	20	800

Tabella 7.7 Sequenza litostratigrafica 6.

Uffici guardia di Finanza P. S. Guglielmo

z da [m] a [m]		LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	17	A	18	155
17	22	S	18	250
22	26	A	18	230
26	28	S	18	290
28	30	A	18	250
30	56	S	18	365
56	78	A	18	435
78	97	S	18	588
97	126	A	18	646
>126		S	20	800

Tabella 7.8 Sequenza litostratigrafica 7.

Castello Estense, Uffici Provincia, Uffici Comune P. Repubblica

z da [m] a [m]		LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	18	L	18	170
18	22	S	18	280
22	30	L	18	250
30	56	S	18	30
56	78	A	18	56
78	97	S	18	78
97	126	A	18	97
>126		S	20	800

Tabella 7.9 Sequenza litostratigrafica 8.

Ospedale Cona

z da [m] a [m]		LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	6	L	18	120
6	16	A	18	150
16	30	A	18	225
30	35	A	18	270
35	50	S	18	360
50	65	S	18	440
65	85	A	18	470
85	120	S	18	665
120	140	A	18	730
>140		S	20	800

Tabella 7.10 Sequenza litostratigrafica 9.

Caserma Carabinieri via del Campo

z da [m] a [m]		LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	4	L	18	150
4	17	A	18	150
17	21	L	18	260
21	30	A	18	230
30	55	A	18	320
55	80	S	18	490
80	103	A	18	550
103	125	S	18	710
>125		S	20	800

Tabella 7.11 Sequenza litostratigrafica 10.

Caserma VVF via Verga

z da [m]	a [m]	LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	15	A	18	140
15	22	S	18	280
22	25	A	18	210
25	27	S	18	250
27	30	A	18	220
30	40	S	18	325
40	50	S	18	375
50	65	S	18	392
65	75	A	18	449
75	90	S	18	565
90	110	A	18	590
110	125	S	18	735
125	140	A	18	745
>140		A	20	800

Tabella 7.12 Sequenza litostratigrafica 11.

Fiera Uffici Provincia Casa del Pellegrino

z da [m]	a [m]	LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	8	L	18	130
8	15	S	18	200
15	30	A	18	250
30	37.5	S	18	320
37.5	40.5	A	18	303
40.5	43	S	18	360
43	44.5	A	18	327
44.5	65	S	18	425
65	75	A	18	449
75	90	S	18	565
90	110	A	18	590
110	125	S	18	735
125	140	A	18	745
>140		A	20	800

Tabella 7.13 Sequenza litostratigrafica 12.

Ex Macello

z da [m]	a [m]	LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	18	A	18	145
18	22	L	18	270
22	30	S	18	250
30	54	S	18	360
54	78	A	18	430
78	96	S	18	585
96	110	A	18	604
110	120	S	18	725
120	136	A	18	722
$z > 136$		S	20	800

Tabella 7.14 Sequenza litostratigrafica 13.

Via Arginone

z da [m]	a [m]	LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	18	A	18	150
18	30	S	18	265
30	54	S	18	360
54	78	A	18	430
78	96	S	18	585
96	110	A	18	604
110	120	S	18	725
120	136	A	18	722
$z > 136$		S	20	800

Tabella 7.15 Sequenza litostratigrafica 14.

Via Finati

z da [m]	a [m]	LITOLOGIA	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]
0	6	A	18	120
6	16	S	18	185
16	30	S	18	250
30	54	S	18	360
54	78	A	18	430
78	96	S	18	585
96	110	A	18	604
110	120	S	18	725
120	136	A	18	722
$z > 136$		S	20	800

Tabella 7.16 Curve di decadimento del modulo G normalizzate e curve di incremento del damping D di progetto per i terreni prevalentemente argillosi.

γ [%]	G/G_0 [MPa]	D [%]
0.0001	1	3
0.001	1	3
0.0015	1	3
0.0023	0.998	3
0.0036	0.995	3
0.0052	0.994	3.1
0.0077	0.97	3.3
0.0103	0.946	3.6
0.0172	0.899	4.3
0.0264	0.839	5.2
0.0363	0.78	5.8
0.0563	0.688	6.76
0.0782	0.6009	7.71
0.1173	0.5	9
0.1748	0.411	10.42
0.2615	0.32	11.97

Tabella 7.17 Curve di decadimento del modulo G normalizzate e curve di incremento del damping D di progetto per i terreni prevalentemente limosi.

γ [%]	G/G_0 [MPa]	D [%]
0.0001	1	2.2
0.0002	1	2.2
0.0003	1	2.2
0.0006	1	2.2
0.0009	1	2.2
0.0014	1	2.235
0.0018	0.993	2.222
0.0034	0.969	2.397
0.0064	0.901	3.198
0.0117	0.798	4.377
0.0195	0.698	5.7
0.0287	0.61	6.8
0.0461	0.492	8.43
0.0767	0.38	10.916
0.1	0.32	12.5
0.2	0.2	16
0.5	0.13	21
1	0.1	24

Tabella 7.18 Curve di decadimento del modulo G normalizzate e curve di incremento del damping D di progetto per i terreni prevalentemente sabbiosi.

γ [%]	G/G_0 [MPa]	D [%]
0.0001	1	1.5
0.0004	1	1.5
0.0007	0.993	1.5
0.0016	0.97	1.5
0.0032	0.935	1.7
0.0047	0.906	2
0.0087	0.83	2.6
0.0112	0.79	3
0.0165	0.71	3.6
0.0238	0.63	4.3
0.0282	0.59	4.7
0.08	0.32	8.7
0.14	0.22	12
0.3	0.15	16
0.6	0.11	19
1	0.1	21
0.0001	1	1.5
0.0004	1	1.5

Tabella 7.19 Sequenza litostratigrafica 1, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d_{90}	I_a	SI	SI_{05}	SI_{15}
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.232	0.155	0.016	13.260	0.429	0.415	0.081	0.261
000126xa_038008_ampl	0.211	0.136	0.016	3.760	0.164	0.415	0.080	0.252
000354xa_038008_ampl	0.188	0.133	0.021	19.340	0.661	0.589	0.083	0.357

Tabella 7.20 Sequenza litostratigrafica 1, fattori di amplificazione.

codice	$FA_{0.1-0.5}$	$FA_{0.5-1.5}$	$FH_{0.1-0.5}$	$FH_{0.5-1.5}$
000046xa_038008	1.756	1.681	2.780	1.579
000126xa_038008	1.597	1.792	2.635	1.699
000354xa_038008	1.421	1.717	2.495	1.584
media	1.591	1.730	2.637	1.621

Tabella 7.21 Sequenza litostratigrafica 2, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.179	0.134	0.014	13.300	0.369	0.350	0.077	0.211
000126xa_038008_ampl	0.223	0.137	0.017	3.480	0.134	0.401	0.078	0.235
000354xa_038008_ampl	0.187	0.123	0.022	18.820	0.574	0.579	0.082	0.336

Tabella 7.22 Sequenza litostratigrafica 2, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.354	1.598	2.253	1.471
000126xa_038008	1.693	1.752	2.459	1.655
000354xa_038008	1.417	1.698	2.345	1.554
media	1.488	1.683	2.352	1.560

Tabella 7.23 Sequenza litostratigrafica 3, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.237	0.160	0.016	13.280	0.578	0.413	0.093	0.249
000126xa_038008_ampl	0.245	0.133	0.017	3.520	0.200	0.425	0.088	0.250
000354xa_038008_ampl	0.223	0.140	0.021	18.420	0.826	0.595	0.097	0.348

Tabella 7.24 Sequenza litostratigrafica 3, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.798	1.929	2.658	1.840
000126xa_038008	1.859	1.985	2.613	1.928
000354xa_038008	1.693	2.009	2.430	1.921
media	1.783	1.974	2.567	1.897

Tabella 7.25 Sequenza litostratigrafica 4, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.196	0.117	0.014	13.260	0.337	0.336	0.072	0.203
000126xa_038008_ampl	0.196	0.129	0.016	3.520	0.122	0.389	0.071	0.232
000354xa_038008_ampl	0.185	0.112	0.022	18.900	0.515	0.570	0.075	0.332

Tabella 7.26 Sequenza litostratigrafica 4, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.481	1.490	2.162	1.399
000126xa_038008	1.481	1.602	2.430	1.518
000354xa_038008	1.402	1.569	2.315	1.444
media	1.455	1.554	2.303	1.454

Tabella 7.27 Sequenza litostratigrafica 5, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.208	0.143	0.017	13.260	0.394	0.395	0.080	0.243
000126xa_038008_ampl	0.205	0.139	0.018	3.660	0.153	0.445	0.079	0.270
000354xa_038008_ampl	0.191	0.127	0.024	19.220	0.626	0.644	0.081	0.386

Tabella 7.28 Sequenza litostratigrafica 5, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.576	1.653	2.595	1.530
000126xa_038008	1.555	1.781	2.831	1.662
000354xa_038008	1.446	1.687	2.693	1.529
media	1.526	1.707	2.707	1.574

Tabella 7.29 Sequenza litostratigrafica 6, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.226	0.140	0.015	13.280	0.463	0.379	0.085
000126xa_038008_ampl	0.224	0.137	0.018	3.560	0.160	0.426	0.082
000354xa_038008_ampl	0.198	0.127	0.022	18.860	0.649	0.613	0.086

Tabella 7.30 Sequenza litostratigrafica 6, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.709	1.759	2.417	1.663
000126xa_038008	1.697	1.831	2.650	1.740
000354xa_038008	1.503	1.792	2.502	1.659
media	1.636	1.794	2.523	1.687

Tabella 7.31 Sequenza litostratigrafica 7, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.179	0.123	0.015	13.260	0.268	0.345	0.065	0.216
000126xa_038008_ampl	0.172	0.130	0.017	3.440	0.107	0.406	0.063	0.252
000354xa_038008_ampl	0.170	0.118	0.024	19.260	0.509	0.621	0.069	0.373

Tabella 7.32 Sequenza litostratigrafica 7, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.356	1.344	2.300	1.254
000126xa_038008	1.303	1.419	2.636	1.332
000354xa_038008	1.289	1.430	2.604	1.307
media	1.316	1.398	2.513	1.298

Tabella 7.33 Sequenza litostratigrafica 8, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.225	0.170	0.018	13.260	0.650	0.446	0.105	0.265
000126xa_038008_ampl	0.299	0.163	0.021	3.440	0.235	0.507	0.106	0.296
000354xa_038008_ampl	0.228	0.159	0.023	18.740	0.908	0.679	0.108	0.397

Tabella 7.34 Sequenza litostratigrafica 8, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.703	2.182	2.824	1.993
000126xa_038008	2.264	2.382	3.098	2.205
000354xa_038008	1.731	2.240	2.772	2.020
media	1.899	2.268	2.898	2.072

Tabella 7.35 Sequenza litostratigrafica 9, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.216	0.137	0.016	13.260	0.442	0.380	0.084	0.228
000126xa_038008_ampl	0.216	0.140	0.018	3.620	0.154	0.430	0.081	0.255
000354xa_038008_ampl	0.192	0.128	0.023	18.880	0.634	0.624	0.084	0.367

Tabella 7.36 Sequenza litostratigrafica 9, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.640	1.739	2.438	1.626
000126xa_038008	1.635	1.826	2.667	1.716
000354xa_038008	1.456	1.753	2.564	1.610
media	1.577	1.772	2.556	1.651

Tabella 7.37 Sequenza litostratigrafica 10, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.206	0.147	0.016	13.260	0.503	0.397	0.090	0.237
000126xa_038008_ampl	0.231	0.145	0.019	3.700	0.174	0.449	0.088	0.264
000354xa_038008_ampl	0.201	0.131	0.024	18.820	0.692	0.649	0.090	0.379

Tabella 7.38 Sequenza litostratigrafica 10, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.558	1.859	2.530	1.714
000126xa_038008	1.752	1.971	2.761	1.849
000354xa_038008	1.523	1.880	2.646	1.711
media	1.611	1.903	2.646	1.758

Tabella 7.39 Sequenza litostratigrafica 11, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.235	0.181	0.018	13.240	0.593	0.458	0.101	0.277
000126xa_038008_ampl	0.267	0.156	0.021	3.640	0.228	0.496	0.102	0.292
000354xa_038008_ampl	0.218	0.151	0.022	18.840	0.882	0.666	0.108	0.390

Tabella 7.40 Sequenza litostratigrafica 11, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.779	2.094	2.960	1.893
000126xa_038008	2.020	2.289	3.062	2.117
000354xa_038008	1.648	2.239	2.721	2.000
media	1.816	2.207	2.914	2.003

Tabella 7.41 Sequenza litostratigrafica 12, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.202	0.133	0.016	13.260	0.386	0.373	0.077	0.228
000126xa_038008_ampl	0.203	0.140	0.018	3.500	0.143	0.431	0.076	0.261
000354xa_038008_ampl	0.198	0.126	0.024	18.880	0.608	0.639	0.079	0.380

Tabella 7.42 Sequenza litostratigrafica 12, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.532	1.601	2.428	1.511
000126xa_038008	1.534	1.705	2.727	1.614
000354xa_038008	1.498	1.633	2.651	1.517
media	1.521	1.646	2.602	1.547

Tabella 7.43 Sequenza litostratigrafica 13, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.216	0.130	0.016	13.280	0.403	0.374	0.078	0.228
000126xa_038008_ampl	0.208	0.136	0.018	3.560	0.148	0.426	0.077	0.257
000354xa_038008_ampl	0.187	0.124	0.023	18.920	0.611	0.626	0.080	0.371

Tabella 7.44 Sequenza litostratigrafica 13, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.639	1.624	2.428	1.543
000126xa_038008	1.579	1.728	2.687	1.642
000354xa_038008	1.419	1.663	2.589	1.545
media	1.546	1.672	2.568	1.577

Tabella 7.45 Sequenza litostratigrafica 14, caratteristiche dei moti in superficie.

codice	PGA	PGV	PGD	d ₉₀	I _a	SI	SI ₀₅	SI ₁₅
	[g]	[m/s]	[m]	[s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
000046xa_038008_ampl	0.211	0.136	0.017	13.260	0.401	0.385	0.080	0.235
000126xa_038008_ampl	0.218	0.145	0.018	3.280	0.151	0.440	0.080	0.264
000354xa_038008_ampl	0.195	0.135	0.024	18.920	0.647	0.638	0.083	0.376

Tabella 7.46 Sequenza litostratigrafica 14, fattori di amplificazione.

codice	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}
000046xa_038008	1.648	2.505	1.532	2.474
000126xa_038008	1.796	2.761	1.700	2.729
000354xa_038008	1.722	2.627	1.605	2.593
media	1.722	2.631	1.613	2.599

Tabella 7.47 Fattori di amplificazione medi per le 14 sequenze litostratigrafiche.

SL	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1.5}	FH _{0.1-0.5}	FH _{0.5-1.5}	FA _{PGA}
1	1.730	2.637	1.621	2.677	1.591
2	1.683	2.352	1.560	2.342	1.488
3	1.974	2.567	1.897	2.598	1.783
4	1.554	2.303	1.454	2.273	1.455
5	1.707	2.707	1.574	2.685	1.526
6	1.794	2.523	1.687	2.509	1.636
7	1.398	2.513	1.298	2.459	1.316
8	2.268	2.898	2.072	2.909	1.899
9	1.772	2.556	1.651	2.536	1.577
10	1.903	2.646	1.758	2.628	1.611
11	2.207	2.914	2.003	2.941	1.816
12	1.646	2.602	1.547	2.562	1.521
13	1.672	2.568	1.577	2.539	1.546
14	1.722	2.631	1.613	2.599	1.577
media	1.788	2.601	1.665	2.590	1.596



Tabella 7.48 - Magnitudo Scaling Factors

Magnitudo	MSF*
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19

* Seed e Idriss (1982)



Tabella 7.49 Indice del potenziale di liquefazione calcolato in corrispondenza di ogni verticale penetrometrica analizzata.

ID_SPU	Codice	I _L [-]
038008P1	ADBPO U248 CO	7.987516
038008P10	4ANS01 SCPTU1	0.321767
038008P100	203030U021 Cispadana CPTU454	0.278701
038008P101	203030U022 Cispadana CPTU452	1.114079
038008P102	203030U023 Cispadana CPTU451	1.291027
038008P103	185060U517 U168FE	0.442509
038008P104	185060U519 U170FE	0.401066
038008P105	185060U521 U173FE	0.118685
038008P106	185060U523 U177FE	0.322003
038008P107	185060U525 U179FE	2.099223
038008P108	185070U503 U180FE	0.102372
038008P109	185070U505 U182FE	0.380434
038008P11	4ANS01 SCPTU2	0.308869
038008P110	185070U506 U183FE	2.051008
038008P111	185070U508 U185FE	3.930183
038008P112	185070U509 U186FE	5.245374
038008P113	185070U511 U188FE	1.482645
038008P114	185070U512 U189FE	3.405685
038008P115	185070U514 U191FE	4.928697
038008P116	185070U516 U194FE	1.727794
038008P117	185110U502 U195FE	1.993834
038008P118	185070U517 U198FE	0.236688
038008P119	185070U519 U200FE	0.006216
038008P12	1ACS23 SCPTU1	3.454419
038008P120	185070U520 U201FE	4.879886
038008P121	185070U522 U203FE	0.449742
038008P122	185120U502 U204FE	2.827868
038008P123	185120U504 U206FE	0.328984
038008P124	185120U505 U207FE	0.371146
038008P125	185120U507 U209FE	0.860637
038008P126	185110U504 U210FE	2.003828
038008P127	185150U503 U211FE	2.784153
038008P128	185150U504 U212FE	0
038008P129	185120U508 U213FE	2.337301
038008P13	1ACS23 SCPTU 2	3.951233
038008P130	185120U510 U215FE	0.63489
038008P131	185120U511U216FE	5.366427
038008P132	185120U513 U218FE	1.035808
038008P133	185120U514U219FE	1.08653
038008P134	185120U516 U221FE	4.554206
038008P135	185120U517 U222FE	0.006959
038008P136	185120U519 U224FE	3.918853
038008P137	185120U520 U225FE	1.237879



038008P138	185120U522 U227FE	0.633818
038008P139	186090U502 U228FE	1.134527
038008P14	4ASPCN02 SCPTU1	0
038008P140	186130U504 U229FE	9.997679
038008P141	186130U505U230FE	10.38941
038008P142	185080U503 U233FE	1.745588
038008P143	185080U505 U236FE	9.832822
038008P144	186050U502 U237FE	1.136413
038008P145	186050U504 U239FE	0.078116
038008P146	186050U505 U240FE	0.489674
038008P147	186050U507 U242FE	1.208573
038008P148	186050U508 U243FE	1.010165
038008P149	186050U510 U245FE	0.63379
038008P15	4ASPCN02 SCPTU2	1.67551
038008P150	185060U504	1.988
038008P151	185070U502	6.589306
038008P152	185110U501	3.761858
038008P153	185120U501	4.26815
038008P154	185150U501	2.606418
038008P155	185150U502	5.414845
038008P156	185160U501	0.736173
038008P157	185160U502	1.70144
038008P158	185160U503	2.909581
038008P159	185160U504	0.003771
038008P16	5ANS01 5ANS03 SCPTU1	0.171842
038008P160	186090U501	5.444345
038008P161	186130U501	3.082052
038008P162	186130U502	1.792274
038008P163	186130U503	6.940184
038008P164	203030U502	3.879997
038008P165	203030U507	8.223
038008P166	203040U501	5.062619
038008P167	203040U503	1.684139
038008P168	203040U502	6.564246
038008P169	203040U505	1.912548
038008P17	5ANS01 5ANS03 SCPTU2	2.962726
038008P170	203040U506	1.212988
038008P171	203040U507	13.97521
038008P172	203040U508	11.26944
038008P173	203040U509	7.792287
038008P174	203070U508	9.312853
038008P175	203080U501	3.522179
038008P176	203080U502	3.120549
038008P177	203080U503	0.532545
038008P178	203080U504	4.809172
038008P179	203080U505	2.812377



038008P18	6ANS 01 SCPTU1	1.864967
038008P180	203080U506	6.776678
038008P181	203080U507	3.822877
038008P182	203080U509	1.309481
038008P183	203120U509	6.362837
038008P184	204010U504	6.526888
038008P185	204010U507	1.429728
038008P186	204010U508	3.533374
038008P187	204010U515	7.321082
038008P188	204010U511	2.684132
038008P189	204010U512	5.077542
038008P19	6ANS 01 SCPTU2	1.17273
038008P190	204020U509	10.00313
038008P191	204030U501	2.388984
038008P192	204030U502	4.85022
038008P193	204050U501	2.484282
038008P194	204050U502	2.313179
038008P195	204050U504	2.445365
038008P196	204050U505	9.613804
038008P197	204050U511X	4.461469
038008P198	204050U512	6.489778
038008P199	186150U503	0.179337
038008P2	186140U501	0.044277
038008P20	7ANS01 SCPTU1	0.952944
038008P200	186140U502	0.180148
038008P201	12A12cpt02	0.529039
038008P202	12H3cpt02	2.447436
038008P203	12L14cpt6	0.961144
038008P204	12L15cpt3	1.660186
038008P205	12M8cpt1	1.701542
038008P206	12N10cpt3	0.161228
038008P207	12N12CPT1	6.498616
038008P208	SEF1	7.913667
038008P209	SEF2	5.865147
038008P21	7ANS01 SCPTU2	2.299805
038008P210	SEF3	5.005166
038008P211	SEF4	6.388323
038008P212	SEF5	3.941957
038008P213	SEF6	2.960332
038008P214	SEF7	3.442869
038008P215	SEF8	5.112569
038008P216	SEF9	6.723815
038008P217	SEF10	5.854638
038008P218	SEF11	5.245872
038008P219	SEF13	6.266079
038008P22	7 ANS02 SCPTU1	6.185983



038008P220	SEF14	5.239111
038008P221	SEF15	5.095994
038008P222	SEF16	3.581808
038008P223	SEF17	5.279011
038008P224	SEF18	4.734411
038008P225	SEF19	3.845434
038008P226	SEF20	8.045981
038008P227	SEF22	5.81141
038008P228	SEF23	5.067284
038008P229	SEF24	5.369685
038008P23	7 ANS02 SCPTU2	4.003202
038008P230	SEF25	6.223965
038008P231	SEF26	5.704223
038008P232	SvincoloCona	0.748334
038008P233	PIP Exedil cptu15	0.023267
038008P234	PIP Exedil cptu18	0
038008P235	BRETELLA CPT1	0.017897
038008P236	BRETELLA CPT2	0.970975
038008P237	1A CPT1	0.262498
038008P238	2A CPT1-185110C453	0
038008P239	2A CPT2-185110C158	0.558251
038008P24	25AAP2 01 SCPTU1	2.131521
038008P240	2A CPT3-185110C454	0
038008P241	5A CPT1	0
038008P242	5A CPT2	0.375369
038008P243	5A CPT3	0.000924
038008P244	5A CPT4	0.103844
038008P245	6A CPT1	1.237591
038008P246	6A CPT2	1.146269
038008P247	6A CPT3	0.235868
038008P248	6A CPT4	0.015754
038008P249	7A CPT1	0.847532
038008P25	25AAP2 01 SCPTU2	6.520182
038008P250	7A CPT2	2.097052
038008P251	7A CPT3	0
038008P252	7A CPT4	1.210938
038008P253	7A CPT5	0.487822
038008P254	7A CPT6	0.843672
038008P255	7A CPT7	1.211686
038008P256	7A CPT8	2.479159
038008P257	3A CPT1	0.070619
038008P258	3A CPT2	0.345125
038008P259	3A CPT3	0.285559
038008P26	7ANS 03 SCPTU1	8.035484
038008P260	3A CPT4	0.078723
038008P261	3A CPT5	0.297275



038008P262	3A CPT6	0.383442
038008P263	3A CPT7	0.362527
038008P264	4A CPT7	0
038008P265	4A CPT8	0
038008P266	4A CPT9	0
038008P27	7ANS 03 SCPTU2	2.45238
038008P270	9A CPT11	2.022226
038008P271	9A CPT12	0
038008P272	10A CPT1-204050C022	0.536845
038008P273	10A CPT2-204050C023	0.871874
038008P274	10A CPT3-204050C024	0.350808
038008P275	10A CPT4-204050C025	0.670122
038008P276	10A CPT5-204050C026	0.278068
038008P277	10A CPT6-204050C027	1.07924
038008P278	10A CPT7-204050C028	0.311567
038008P279	10A CPT8-204050C029	1.090528
038008P28	7ANS04 SCPTU1	3.289641
038008P280	11A CPT1	0.368203
038008P281	11A CPT2	0.321729
038008P282	11A CPT3	0.027568
038008P283	11A CPT4	8.66E-05
038008P284	11A CPT5	0.634951
038008P285	12A CPT1-185110C161	1.150121
038008P286	12A CPT2-185110C162	0.221353
038008P287	12A CPT3-185110C163	0.014461
038008P288	13A CPT1	0.315562
038008P289	13A CPT2	0
038008P29	7ANS04 SCPTU2	2.589063
038008P290	13A CPT3	0
038008P291	13A CPT4	0
038008P292	13A CPT5	0.008772
038008P293	15A CPT1	2.193139
038008P294	15A CPT2	0.733191
038008P295	15A CPT3	0
038008P296	14A Elletipi CPT1	1.405044
038008P297	14A Sandon CPT1	0
038008P298	14A Sandon CPT2	1.059388
038008P299	21A CPT2	0.448984
038008P3	SABB CPTU 01	3.190049
038008P30	8ANS01 SCPTU1	0.276334
038008P300	21A CPT3	0.185666
038008P301	16A CPT1	0.656732
038008P302	17A CPT1	0
038008P303	17A CPT3	2.275225
038008P304	17A CPT4	2.401607
038008P305	17A CPT5	2.949103



038008P306	17A CPT6	0.965691
038008P307	17A CPT13	3.164936
038008P308	17A CPT14	1.153247
038008P309	17A CPT15	0.978455
038008P31	8ANS01 SCPTU2	1.262742
038008P310	17A CPT16	0.213403
038008P311	19A CPT1	0.490426
038008P312	20A CPT1	1.310994
038008P313	20A CPT2	0.263204
038008P314	20A CPT3	2.025987
038008P315	20A CPT4	2.003181
038008P316	20A CPT5	0.103952
038008P317	22A CPT3	1.058357
038008P318	22A CPT4	0.310474
038008P319	22A CPT5	3.833529
038008P32	10ANS 01 SCPTU1	3.430961
038008P320	22A CPT6	1.311775
038008P321	VIA WAGNER CPT1	0.083606
038008P322	VIA WAGNER CPT2	0.246432
038008P323	VIA WAGNER CPT3	0.498592
038008P324	PAROFIN CPT1	0
038008P325	PAROFIN CPT2	0
038008P326	Tangenziale CPT1	0
038008P327	Tangenziale CPT2	0.674947
038008P328	Tangenziale CPT3	0.325155
038008P329	Tangenziale CPT4	0.375559
038008P33	10ANS 01 SCPTU2	1.905213
038008P330	Tangenziale CPT5	0.957355
038008P331	Tangenziale CPT6	0.32144
038008P332	PG 63985/05 CPT1-185150C067	0.932918
038008P333	PG 63985/05 CPT2-185150C068	1.027155
038008P334	PG 63985/05 CPT3-185150C069	1.542787
038008P335	PG 63985/05 CPT4-185150C070	1.420468
038008P336	PG 63985/05 CPT5-185150C071	1.807841
038008P337	PG 63985/05 CPT6-185150C072	2.23191
038008P338	PG 95709/06 CPT1	0.863943
038008P339	PG 49114/06	0.798749
038008P34	10ANS 02 SCPTU1	2.555543
038008P340	PG 68300/07	0.802499
038008P341	PG 61476/07 CPT1	1.609596
038008P342	PG 61476/07 CPT2	2.035463
038008P343	PG 49380/07 CPT1	0.857419
038008P344	PG 49380/07 CPT2	1.647706
038008P345	PG 49380/07 CPT3	0
038008P346	PG 82081/07 CPT1	0.000365
038008P347	PG 82081/07 CPT2	0.328719



038008P348	PG 82081/07 CPT3	0
038008P349	PG 82081/07 CPT4	0
038008P35	10ANS 02 SCPTU2	0.775353
038008P350	PG 59512/07 CPT1	2.257055
038008P351	PG 59512/07 CPT2	5.806337
038008P352	PG 101560/07 CPT2	0.701065
038008P353	PG 60335/07 CPT1	1.520321
038008P354	PG 60335/07 CPT2	0.604496
038008P355	PG 34282/05 CPT1	0.901516
038008P356	PG 34282/05 CPT2	0.311861
038008P357	PG 34282/05 CPT3	0.37647
038008P358	PG 34282/05 CPT4	0.877729
038008P359	PG 34282/05 CPT5	1.219195
038008P36	14 ANS 01 SCPTU1	0.643299
038008P360	PG 47754/07 CPT1	1.196899
038008P361	PG 47754/07 CPT3	2.155348
038008P362	PG 1737/07 CPT1	1.504486
038008P363	PG 1737/07 CPT2	1.527171
038008P364	PG 1737/07 CPT3	1.242623
038008P365	PG 93015/06 CPT1	0
038008P366	PG 93015/06 CPT2	0.513689
038008P367	PG 93015/06 CPT3	0.008107
038008P368	PG 60327/07 CPT1	1.273424
038008P369	PG 60327/07 CPT2	0.417904
038008P37	14 ANS 01 SCPTU2	1.73177
038008P370	PG 30041/07 CPT1	0
038008P371	PG 30041/07 CPT2	0
038008P372	PG 30041/07 CPT3	0
038008P373	PG 30041/07 CPT4	0.066478
038008P374	PG 30041/07 CPT5	0.591829
038008P375	PG 80944/05 CPT1	0.09398
038008P376	PG 80944/05 CPT2	0.086018
038008P377	PG 80944/05 CPT3	0.033811
038008P378	PG 62907/07 CPT1	0.214063
038008P379	PG 62907/07 CPT2	0
038008P38	14 ANS 02 SCPTU1	0.875906
038008P380	PG 62907/07 CPT3	0.34772
038008P381	58124/07 CPT1	0
038008P382	58124/07 CPT2	0.407325
038008P383	PG 80473/07 CPT1	0.532801
038008P384	PG 33679/07 CPT1	1.385777
038008P385	PG 33679/07 CPT2	3.397748
038008P386	PG 85821/07 CPT1	0.64611
038008P387	PG 85821/07 CPT2	0.869895
038008P388	PG 85821/07 CPT4	1.610467
038008P389	PG 85821/07 CPT5	0.087258



038008P39	14 ANS 02 SCPTU2	0.586938
038008P390	PG 52093/05 CPT1	0.710721
038008P391	PG 52093/05 CPT2	0.087
038008P392	PG 52093/05 CPT3	0.021438
038008P393	PG 52093/05 CPT4	0.339909
038008P394	PG 14659/07 CPT1	0
038008P395	PG 14659/07 CPT2	0
038008P396	PG 58703/06 CPT1	0.169828
038008P397	PG 58703/06 CPT2	1.65
038008P398	PG 58703/06 CPT3	0.753934
038008P399	PG 64126/06 CPT1	0.104295
038008P4	SABB BIS CPTU 02	10.4385
038008P40	18 ANS 02 SCPTU1	0.444349
038008P400	PG 64126/06 CPT2	0.191008
038008P401	PG 64126/06 CPT3	0.462908
038008P402	PG 64126/06 CPT4	0.300159
038008P403	PG 84423/05 CPT1	0
038008P404	PG 82272/05 CPT1	1.724536
038008P405	PG 34097/06 CPT1	0.844221
038008P406	PG 34097/06 CPT2	0.159845
038008P407	PG 30732/06 CPT1	0.630734
038008P408	PG 45238/05 CPT1	1.63968
038008P409	PG 45238/05 CPT2	2.933855
038008P41	18 ANS 02 SCPTU2	3.186507
038008P410	PG 97763/04 CPT1	1.287538
038008P411	PG 97763/04 CPT2	0.719016
038008P412	PG 48032/06 CPT1 lotto1	1.002521
038008P413	PG 48032/06 CPT2 lotto1	0.498609
038008P414	PG 48032/06 CPT1 lotto6	1.139285
038008P415	PG 48032/06 CPT2 lotto6	0.956765
038008P416	PG 65636/05 CPT1	0.230453
038008P417	PG 65636/05 CPT2	0.884968
038008P418	30730/06	1.048948
038008P419	2026/06 CPT1	0.067412
038008P42	18 ANS 03 SCPTU1	3.594831
038008P420	PG 41101/07 CPT1	0.247553
038008P421	PG 33900/05 CPT1	6.457913
038008P422	PG 54671/05 CPT1	1.433512
038008P423	PG 54671/05 CPT2	0.622477
038008P424	PG 54671/05 CPT3	0.901752
038008P425	PG 54671/05 CPT4	0.999774
038008P43	18 ANS 03 SCPTU2	1.3431
038008P430	PG 6522/07 CPT1	4.532294
038008P431	PG 6522/07 CPT2	2.283983
038008P432	PG 6522/07 CPT3	0.916827
038008P433	PG 6522/07 CPT4	1.189375



038008P434	PG 70615/05 CPT1	0.623278
038008P435	PG 70615/05 CPT2	0.198611
038008P436	PG 89318/05 CPT1	0.883457
038008P437	PG 4783/06 CPT1	0.186805
038008P438	PG 4783/06 CPT2	0
038008P439	PG 4783/06 CPT3	0.138503
038008P44	21ANS 02 SCPTU1	0.14198
038008P440	PG 55576/03 CPT1	0.954514
038008P441	PG 55576/03 CPT2	0.417221
038008P442	PG 55576/03 CPT3	0.236053
038008P443	PG 55576/03 CPT4	0.009365
038008P444	PG 55576/03 CPT5	0.000773
038008P445	PG 78959/05 CPT1	0.343208
038008P446	PG 17204/04 CPT 1	1.457618
038008P447	PG 17204/04 CPT 2	1.707469
038008P448	PG 17204/04 CPT 3	0.091326
038008P449	PG 101756/06 CPT1	0.988541
038008P45	21ANS 02 SCPTU2	0.018751
038008P450	PG 37024/07 CPT1	0.247104
038008P451	PG 35267/04 CPT1	0.396443
038008P452	PG 35267/04 CPT2	0.62054
038008P453	PG 35267/04 CPT3	0.464578
038008P454	PG 35267/04 CPT4	0.008019
038008P455	PG 95162/05 CPT1	1.986649
038008P456	PG 95162/05 CPT2	0.52515
038008P457	PG 78111/07 CPT 1	0
038008P458	PG 78111/07 CPT 2	0.26094
038008P459	PG 78111/07 CPT 3	0.895025
038008P46	25AVN 01 SCPTU1	3.697158
038008P460	PG 86878/09 CPT1	0.073573
038008P461	PG 65879 CPT1	0
038008P462	PG 55211/09 CPT1	3.54579
038008P463	PG 36608/09 CPT1	0
038008P464	PG 12612/10 CPT1	1.450614
038008P465	PG 58168/09 CPT1	1.496823
038008P466	PG 104882/09 CPT3	0.02566
038008P467	PG 70295/09 CPT1	0.119698
038008P468	PG 70295/09 CPT6	1.137436
038008P469	PG 24202/08 CPT3	0
038008P47	25AVN 01 SCPTU2	4.988047
038008P470	Mizzana CPT 1	0.401536
038008P471	Mizzana CPT 2	0.547427
038008P472	Ex Distilleria CPT 9	0.04714
038008P473	Ex Distilleria CPT 10	0.520355
038008P474	FS CPT 3	0.426891
038008P475	FS CPT 1	0



038008P476	Ippodromo CPT1	1.192139
038008P477	Ippodromo CPT2	1.188857
038008P478	Ippodromo CPT3	1.350731
038008P479	Ippodromo CPT4	0.522873
038008P48	2ANS01 SCPTU1	2.817006
038008P480	Torre Fossa CPT1	0
038008P481	Torre Fossa CPT2	0
038008P482	Torre Fossa CPT3	0
038008P483	Corlo CPT1	0
038008P484	185110U510 Incubatore CPTU1	0.255193
038008P485	185110U511 Incubatore CPTU2	0.07473
038008P486	185110U512 Incubatore CPTU3	0.998875
038008P487	185110U513 Incubatore CPTU4	2.836267
038008P488	185110U514 Incubatore CPTU5	0.099794
038008P489	185160U505 Ex Riseria CPTU1	2.092267
038008P49	2ANS01 SCPTU2	2.874251
038008P490	185160U506 Ex Riseria CPTU2	0.755819
038008P491	185160U507 Ex Riseria CPTU3	1.37129
038008P493	185160U509 Ex Riseria CPTU5	3.192664
038008P494	Archeologico CPT4	3.658628
038008P495	Archeologico CPT12	1.342474
038008P496	Archeologico CPT14	0.940743
038008P497	Archeologico CPT27	2.608117
038008P498	Agea Termo CPT1	0.901414
038008P499	IdrovBaura CPT1	1.399525
038008P5	9A CPT10	0.897376
038008P50	4ANS02 SCPTU1	1.263541
038008P500	IdrovBaura CPT2	1.399054
038008P501	IdrovBaura CPT3	1.395528
038008P502	IdrovBaura CPT4	2.907797
038008P503	Ospedale Cona CPT1	1.578669
038008P504	Ospedale Cona CPT2	1.444195
038008P505	203030U051 Cispadana96 CPTU1	0.749945
038008P506	203030U052 Cispadana96 CPTU2	0.927839
038008P507	203030U048 Cispadana96 CPTU3	0.244284
038008P508	203030U049 Cispadana96 CPTU4	5.318699
038008P509	203030U050 Cispadana96 CPTU6	0.144191
038008P51	4ANS02 SCPTU2	0.243694
038008P510	203030U053 Cispadana96 CPTU18	0.240738
038008P511	203030U054A Cispadana96 CPTU19	1.230687
038008P512	203030U054B Cispadana96 CPTU20	1.135353
038008P513	203030U055 Cispadana96 CPTU21	1.149946
038008P514	203030U057 Cispadana96 CPTU22	1.394492
038008P515	203030U410 Cispadana96 CPTU23	0.556253
038008P516	78843 CPT1	0.02196
038008P517	Scuola Baura	1.528681



038008P518	Nido Salice	0.329732
038008P519	Confortino CPTU 05	0.981682
038008P52	5ANS02 SCPTU1	0.533271
038008P520	Confortino CPTU 06	0.524088
038008P521	Mizzana CPTU 08	2.812049
038008P522	Bardella SCPTU 01	2.098716
038008P523	Bardella SCPTU 02	7.514508
038008P524	Betto SCPTU 03	0.414
038008P525	Betto SCPTU 04	2.505948
038008P526	Mizzana SCPTU 07	6.813198
038008P527	FS SCPTU 09	8.814003
038008P528	FS SCPTU 10	2.236799
038008P529	Area attracco SCPTU 11	1.466054
038008P53	5ANS02 SCPTU2	9.230252
038008P530	Area attracco SCPTU 12	1.826482
038008P531	Prog. 1250 SCPTU 13	1.20838
038008P532	Resistenza SCPTU 14	1.064034
038008P533	Prog. 3800 SCPTU 15	2.041539
038008P534	San Giacomo CPTU 17	1.574943
038008P535	Pace CPTU 19	2.296002
038008P536	San Giorgio CPTU22	15.41222
038008P537	San Giacomo SCPTU 16	2.746158
038008P538	Pace SCPTU 18	2.762616
038008P539	Porta Reno SCPTU 20	9.340868
038008P54	8ANS02 SCPTU1	1.485213
038008P540	San Giorgio SCPTU 21	10.04846
038008P541	Caldirolo SCPTU 24	11.934
038008P542	Caldirolo SCPTU 23	7.734833
038008P543	Addolorata SCPTU1	4.146
038008P544	Addolorata SCPTU2	4.30332
038008P545	Addolorata CPTU3	3.43576
038008P546	Fossalta SCPTU1	1.249973
038008P547	Fossalta CPTU2	3.635
038008P548	Fossalta SCPTU3	18.431
038008P549	SABB SCPTU 02	15.35374
038008P55	8ANS02 SCPTU2	2.9387
038008P550	SABB BIS SCPTU 01	21.23068
038008P551	SCPTU 01 San Bartolomeo in Bosco	2.296254
038008P552	SCPTU 02 Quartesana	3.076216
038008P553	SCPTU 03 Scuola Materna Guido Rossa	0.711653
038008P554	SCPTU 04 via Bellonci via Serao	1.395474
038008P555	SCPTU 05 Palazzo delle Palestre	2.757522
038008P556	SCPTU 06 Mura di Porta Po	3.052845
038008P557	SCPTU 07 via Bagaro	4.735709
038008P558	SCPTU 08 Liceo Ariosto	1.158368
038008P559	SCPTU 09 scuola media Tasso Boario	0.564536



038008P56	12AR 01 SCPTU1	0.421607
038008P560	SCPTU 10 Piazzale Giordano Bruno	4.300842
038008P561	SCPTU 11 viale Costituzione	7.066951
038008P562	SCPTU 12 C.Govoni	5.559849
038008P563	SCPTU 13	1.996072
038008P564	SCPTU 15 Biblioteca Ariostea	4.976151
038008P565	SCPTU 17 Istituto Compensivo Cosmè Tura	1.562871
038008P566	SCPTU 18 Scuola Materna Ponte	0.989187
038008P567	SCPTU 19 Via Lana	1.331283
038008P568	SCPTU 20 Via Cattaneo	2.979397
038008P569	SCPTU 21 Scuola Elementare Manzoni	1.618219
038008P57	12AR 01 SCPTU2	0.401273
038008P570	SCPTU 22 Casaglia	5.432838
038008P571	SCPTU 24 via Renata di Francia	2.53207
038008P572	SCPTU 25 via dei Cedri	0.81
038008P573	SCPTU 26 Monestirolo	4.702749
038008P574	SCPTU 27 Denore	7.187822
038008P575	SCPTU 28 Scuola media D. Alighieri	5.536806
038008P576	SCPTU 29 Cona	6.069085
038008P577	SCPTU 30 Fiera	0.214576
038008P578	SCPTU 31 Palaspost comunale	5.136527
038008P579	SCPTU 32 Ravalle	2.038851
038008P58	18 ANS 01 SCPTU1	0.867297
038008P580	SCPTU 33 via Pacinotti	6.084389
038008P581	SCPTU 34 Scuola materna Satellite	0.929744
038008P582	SCPTU 35 Scuola materna Jovine	1.113988
038008P583	SCPTU 36 Fossanova San Marco	0.576079
038008P584	SCPTU 37 Scuola d'infanzia La Mongolfiera	6.913599
038008P585	SCPTU 38 Scuola elementare B. Rossetti	6.453035
038008P586	SCPTU 39 Gaibanella	6.295684
038008P587	SCPTU 40 Scuola elementare Guarini	2.062587
038008P588	SCPTU 41 Scuola elementare Leopardi	2.278399
038008P589	SCPTU 42 Scuola elementare Francolino	0.751093
038008P59	18 ANS 01 SCPTU2	1.705057
038008P590	SCPTU 43 Malborghetto di Boara	0.662682
038008P591	SCPTU 44 Scuola elementare Bombonati	6.345401
038008P592	SCPTU 45 Villanova di Denore	1.170718
038008P593	SCPTU 46 Scuola elementare Tumiatì	1.109653
038008P594	SCPTU 47 via Bologna	5.051531
038008P595	SCPTU 48 I Girasoli	1.142396
038008P596	SCPTU 49 Nido Cavallari	2.423791
038008P597	SCPTU 50 Scuola materna l'Aquilone	3.275946
038008P598	SCPTU 51 Scuola Ugo Costa	0.523123
038008P599	SCPTU 52 Nido Il Ciliegio	1.570124
038008P6	9A CPT9	0
038008P60	18ANS 04 18ANS 05 SCPTU1	3.116621



038008P600	SCPTU 53 Scuola materna Benzi	3.655094
038008P601	Cispadana96 CPTU5	0.282118
038008P603	186140 34CPT9	1.657407
038008P604	186140 35CPT1	0.167056
038008P605	186140 36CPT2	0.167056
038008P606	186140 37CPT3	0.167056
038008P607	186140 38CPT4	0.123793
038008P608	186140 39CPT5	0
038008P609	186140 41CPT7	0.501802
038008P61	18ANS 04 18ANS 05 SCPTU2	1.778003
038008P610	186140 33CPT8	1.967399
038008P612	25AVP 01 SCPTU1	2.62
038008P613	25AVP 01 SCPTU2	3.980903
038008P614	25AVP 01 SCPTU3	2.41319
038008P615	186050U511 CPTU28	3.606141
038008P616	4ASPCN01 SCPTU1	0.747604
038008P617	4ASPCN01 SCPTU2	1.347774
038008P619	FS CPT 2	0
038008P62	19ANS 01 SCPTU1	5.686437
038008P620	ADBPO CPTU20	0.602941
038008P621	ADBPO CPTU21	0.955152
038008P622	203070U502	7.325914
038008P626	ex caserma SCPTU1	1.099104
038008P627	ex caserma SCPTU2	0.767801
038008P628	203030U504	1.952851
038008P629	Uffici Comune settore LLPP	5.400899
038008P63	19ANS 01 SCPTU2	1.296144
038008P630	Impinati HERA	5.782188
038008P631	Ex Macello SCPTU3	0.033292
038008P632	Via Arginone SCPTU4	0.918116
038008P633	Uffici Comune SIT e Tributi	6.168935
038008P634	Uffici provincia	4.742445
038008P635	Uffici Questura e Prefettura	4.3729
038008P636	Uffici Guardia di finanza	1.716387
038008P637	Castello estense, uffici Provincia, Uffici Comune	21.78882
038008P638	Ospedale Cona	1.532924
038008P639	Caserma Carabinieri	3.299332
038008P64	21ANS 01 SCPTU1	0.729748
038008P640	Caserma VVF	2.175497
038008P641	Uffici Provincia - Casa del Pellegrino	15.04429
038008P642	Via Finati SCPTU14	13.14811
038008P643	PG 76663/06 CPTE2	2.290081
038008P644	PG 76663/06 CPTE3	2.772069
038008P645	PG 76663/06 CPTE4	5.566384
038008P646	PG 76663/06 CPTE5	8.049811
038008P647	17A CPT2	1.282634



038008P648	Cispadana 2001 CPT2	0
038008P649	Cispadana 2001 CPT1	0.121621
038008P65	21ANS 01 SCPTU2	6.377084
038008P650	203030 80 CPT4	0.261499
038008P651	203030 81 CPT3	7.852106
038008P652	203030 82 CPT2	0
038008P653	203030 83 CPT1	9.398201
038008P654	185160U508 Ex Riseria CPTU4	2.792159
038008P655	186090U503 U246FE	8.409064
038008P656	186090U504 U247FE	4.033713
038008P657	186050U512 U251FE	0.682786
038008P66	6ANS 02 SCPTU1	1.063015
038008P67	6ANS 02 SCPTU2	1.263054
038008P68	21 ANS 04_12 SCPTU1	6.019372
038008P69	21 ANS 04_12 SCPTU2	7.413622
038008P7	9A CPT8	1.313203
038008P70	21 ANS 04_13 SCPTU1	2.308479
038008P71	21 ANS 04_13 SCPTU2	2.004031
038008P72	21ANS 03 SCPTU1	1.389648
038008P73	21ANS 03 SCPTU2	0.2678
038008P74	1ACS26 01 SCPTU1	2.487389
038008P75	1ACS26 01 SCPTU2	1.062349
038008P76	18ANS 06 SCPT1	14.44993
038008P77	18ANS 06 SCPT2	0.338408
038008P78	18ANS 06 SCPT3	4.412428
038008P79	18ANS 06 SCPT4	5.485058
038008P8	1ACS08 SCPTU1	1.953461
038008P80	203030U001 Cispadana CPTU472	13.02233
038008P81	203030U002 Cispadana CPTU471	8.026204
038008P82	203030U003 Cispadana CPTU470	6.250063
038008P83	203030U004 Cispadana CPTU468	1.718957
038008P84	203030U005 Cispadana CPTU469	6.250063
038008P85	203030U006 Cispadana CPTU466	4.74864
038008P86	203030U007 Cispadana CPTU465	6.821379
038008P87	203030U008 Cispadana CPTU467	5.553925
038008P88	203030U009 Cispadana CPTU464	0.049564
038008P89	203030U010 Cispadana CPTU463	1.14076
038008P9	1ACS08 SCPTU2	3.962902
038008P90	203030U011 Cispadana CPTU462	1.905859
038008P91	203030U012 Cispadana CPTU661	1.745997
038008P92	203030U013 Cispadana CPTU461	0.054916
038008P93	203030U014 Cispadana CPTU460	2.278983
038008P94	203030U015 Cispadana CPTU459	0.91533
038008P95	203030U016 Cispadana CPTU456	0.686874
038008P96	203030U017 Cispadana CPTU455	6.937883
038008P97	203030U018 Cispadana CPTU458	0.748565



038008P98	203030U019	Cispadana CPTU457	0.955852
038008P99	203030U020	Cispadana CPTU453	1.777848



Tabella 8.1 Stato di addensamenti/consistenza dei terreni di copertura.

Stato	Prove manuali	Descrizione aggiuntiva in legenda	Stato
Stato di addensamento	Non è sufficiente la pala per scavarlo	Addensato	11
	Può essere scavato con la pala con molta difficoltà	Moderatamente addensato	12
	Può essere scavato con la pala con difficoltà	Poco addensato	13
	Può essere scavato con la pala	Sciolto	14
Stato di consistenza	Può essere scalfito con difficoltà con l'unghia del pollice	Coesivo estremamente consistente	21
	Può essere scalfito con l'unghia del pollice. Non può essere modellato con le dita	Coesivo molto consistente	22
	Non può essere modellato con le dita	Coesivo consistente	23
	Può essere modellato solo con forte pressione delle dita	Coesivo moderatamente consistente	24
	Può essere facilmente modellato con le dita	Coesivo poco consistente	25
	Cede acqua se compresso con le dita	Coesivo privo di consistenza	26
Substrato geologico rigido molto fratturato			31



Tabella 8.2 Sondaggi a carotaggio continuo.

ID_SPU	Codice	Massima profondità raggiunta [m]	Profondità substrato rigido [m]
038008P665	185160P4025	60	-
038008P666	185160P4026	60	-
038008P667	185160P4062	50	-
038008P668	185160P4063B	60	-
038008P669	185160P4064A	50	-
038008P670	185160P4064B	60	-
038008P671	185160P4104	55	-
038008P672	185160P413	50	-
038008P673	185120P505	50	-
038008P674	204050P513X	180	-
038008P675	185120P404	34.5	-
038008P676	185120P405	30.5	-
038008P677	185120P4401	35	-
038008P678	185120P4402	30.3	-
038008P679	185120P4403	30.2	-
038008P680	185160P4019	35.3	-
038008P681	185160P4020	35	-
038008P682	185160P4029	30	-
038008P683	185160P4030	30	-
038008P684	185160P4034	30	-
038008P685	185160P4061A	37.8	-
038008P686	185160P4061B	34.2	-
038008P687	185160P4084	35	-
038008P688	185160P4108	30	-
038008P689	185160P4109	40	-
038008P690	185160P414	32.1	-
038008P691	185160P424	35.5	-
038008P692	185160P425	35	-
038008P693	185160P426	35	-
038008P694	185160P427	35.5	-
038008P695	185160P435	35.2	-
038008P696	185160P407	37.6	-
038008P697	185160P4079	30	-
038008P698	185160P454	34	-
038008P699	185160P473	31	-
038008P700	185160P484	35.7	-
038008P701	185160P488	30	-
038008P702	185160P495	35	-
038008P703	185160P499	29.8	-
038008P704	186130P407	29.6	-



038008P707 185070P501 132.5 130

Tabella 8.3 Sondaggi perforazioni per ricerca idrocarburi.

ID_SPU	Codice	Massima profondità raggiunta [m]	Profondità substrato rigido [m]
038008P658	204010G005	500	-
038008P659	204050G009	500	-
038008P660	186140G027	500	-
038008P661	186130G029	500	-
038008P662	186130G030	500	-
038008P663	186090G044	500	-
038008P664	185110G148	1960	500
038008P705	204050G006	500	280
038008P706	185110G149	500	200
038008P820	BAURA001	1304	1030
038008P821	CASCINA NUOVA001	3419	150
038008P822	CONA001	1050	485
038008P823	CONA002	1003	320
038008P824	FERRARA001	4743	480
038008P825	FRANCOLINO001	956	336
038008P826	GAIBANA001	700	-
038008P827	PAVONARA001	984	660
038008P828	POROTTO001	1602	250



ALLEGATO 3 - CARTE