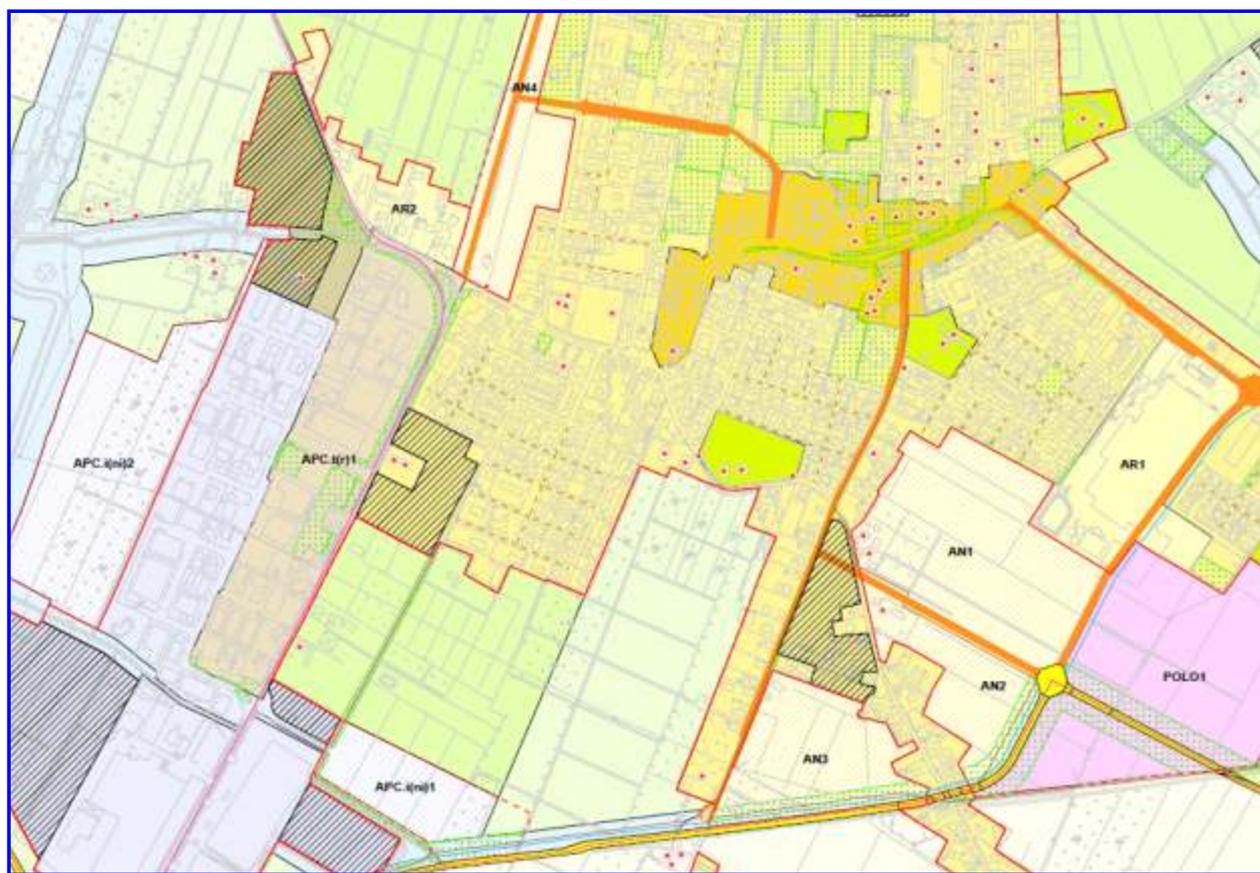


Comune di Medolla

Provincia di Modena

Analisi di Rischio Sismico di n°9 aree
destinate alla trasformazione urbanistica
nell'ambito del PSC del Comune di Medolla

QUADRO CONOSCITIVO



Giugno 2010

Rif. 97/10

Hanno collaborato al presente progetto:
Dott. Geol. **Pier Luigi Dallari**
Dott. Geol. **Monica Mazzoli**
Dott.ssa **Arianna Casarini**

ASSOCIATO



GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019

E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it



AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV
= UNI EN ISO 9001:2008 =

Indice del contenuto

1. PREMESSE.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. METODOLOGIA DI STUDIO.....	4
4. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	5
4.1 Analisi degli strumenti urbanistici: PSC attuale.....	6
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	10
6. SISMICITA' DEL COMUNE DI MEDOLLA.....	13
6.1 Zonazione sismogenetica.....	13
6.2 Classificazione sismica ai sensi del O.P.C.M 3274/2003.....	19
6.3 Classificazione sismica ai sensi del O.P.C.M 3519/2006.....	19
7. SISMICITA' DELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO.....	21
8. INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOFISICHE.....	24
9. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON METODO DEI MICROTREMORI (Re.Mi.).....	24
9.1 Modalità operative.....	25
10. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE - TECNICA "MASW".....	28
10.1 Modalità operative.....	25
11. CLASSIFICAZIONE SISIMICA DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 14/01/08.....	29
12. INDAGINE SISMICA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio-Metodo di Nakamura).....	30
12.1 Risultati di indagini sismiche HVSR.....	31
13. INDAGINI GEOTECNICHE: Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT.....	36
14. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E LITOSTRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO DI OGNI AMBITO.....	39
15. LIVELLO DELLA FALDA NEL SOTTOSUOLO.....	46
16. MICROZONAZIONE SISMICA: Rischio Sismico.....	47
16.1 Primo livello di approfondimento: Carta delle aree suscettibili di effetti locali.....	48
16.2 Secondo livello di approfondimento: Carta di Microzonazione Sismica.....	49
17. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000.....	55
18. STIMA DEI CEDIMENTI PERMANENTI POST-SISMICI.....	62
18.1 Verticale di prova – CPT n. 1.....	66
18.2 Verticale di prova – CPT n. 2.....	66
18.3 Verticale di prova – CPT n. 3.....	67
18.4 Verticale di prova – CPT n. 4.....	68
18.5 Riepilogo Dati dei cedimenti post-sismici.....	69
19. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	70

Tavole

Tav. n. 1: "Carta Corografica"	scala 1: 25.000;
Tav. n. 2.1; 2.2: "Carta Topografica"	scala 1: 10000;
Tav. n. 3: "Ripresa fotografica generale dell'area di interesse"	scala grafica;
Tav. n. 4: "Carta della litologia di superficie"	scala grafica;
Tav. n. 5: "Carta dei depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie PTCP 2009"	scala grafica;
Tav. n. 6: "Aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici PTCP 2009"	scala 1:12500;
Tav. n. 7: "Carta delle aree suscettibili di effetti locali PTCP 2009"	scala 1:12500;
Tav. n. 8: "Indagini geognostiche"	scala 1:12500;
Tav. n. 9.1-9.10: "Carta di microzonazione sismica"	scala grafica.

Allegati

- ALL. n. 1** Prove penetrometriche statiche CPT corredate di interpretazione geotecnica;
- ALL. n. 2** indagini sismiche a rifrazione: stendimento MASW e stendi menti sismici Re.Mi.
e determinazione del parametro Vs30;
- ALL. n. 3** Indagine sismica HVSR;
- ALL. n. 4** Verifica alla liquefazione;
- ALL. n. 5** Analisi di laboratorio di geotecnica;
- ALL. n. 6** Schede di analisi di risposta sismica locale di ogni ambito: approfondimento di 3°
livello: Spettri di risposta rappresentativi;
- ALL. n. 7** Schede degli Ambiti.

1. PREMESSE

Scopo del presente studio è stato quello di analizzare tutti gli aspetti inerenti la riduzione del Rischio Sismico di n°9 aree destinate alla trasformazione urbanistica dal PSC ubicate all'interno del territorio comunale di Medolla, in provincia di Modena.

In corrispondenza di ogni singolo ambito soggetto a nuovo insediamento e/o riqualificazione ai sensi del PRG vigente, verrà attuata un'analisi di pericolosità, di vulnerabilità e dell'esposizione al Rischio Sismico ai sensi della legislazione vigente (Art. A-2 comma 4, L.R. 20/2000, D.A.L. 112/2007; art. 5 L.R. 19/2008 e Titolo 4, art.14 delle Norme del PTCP 2009).

Tale studio ha previsto la realizzazione di una campagna geotecnica-geofisica al fine di caratterizzare da un punto di vista litostratigrafico, geotecnico e sismico il sottosuolo di ogni singolo ambito.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente relazione è stata redatta ai sensi della legislazione vigente:

- *LR 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" art a-2 comma 4 "pianificazione degli ambiti interessati dai rischi naturali";*
- *O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";*
- *O.P.C.M. n°3519/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";*
- *L.R. 30/10/2008 n.19 "Norme per la riduzione del Rischio Sismico";*
- *Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 "indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";*
- *D.M. del 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";*
- *Norme del PTCP 2009 – titolo 4 - Art. 14.*

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it



Figura n. 1.1 – Ubicazione dell'area di interesse sulla base della foto aerea satellitare tratta da archivio informatico interattivo "Google Earth".

3. METODOLOGIA DI STUDIO

La metodologia di studio adottata per definire gli scenari di pericolosità sismica locale delle aree oggetto di studio è stata suddivisa nelle seguenti fasi:

1. Acquisizione e interpretazione dei dati geologici-geotecnici-sismici ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite all'interno di ogni singola area;
2. Creazione di un modello litologico del sottosuolo per individuare i depositi che possono determinare effetti locali;
3. Individuazione di tutte le forme e gli elementi morfologici che possono determinare effetti locali;

GEO GROUP s.r.l.

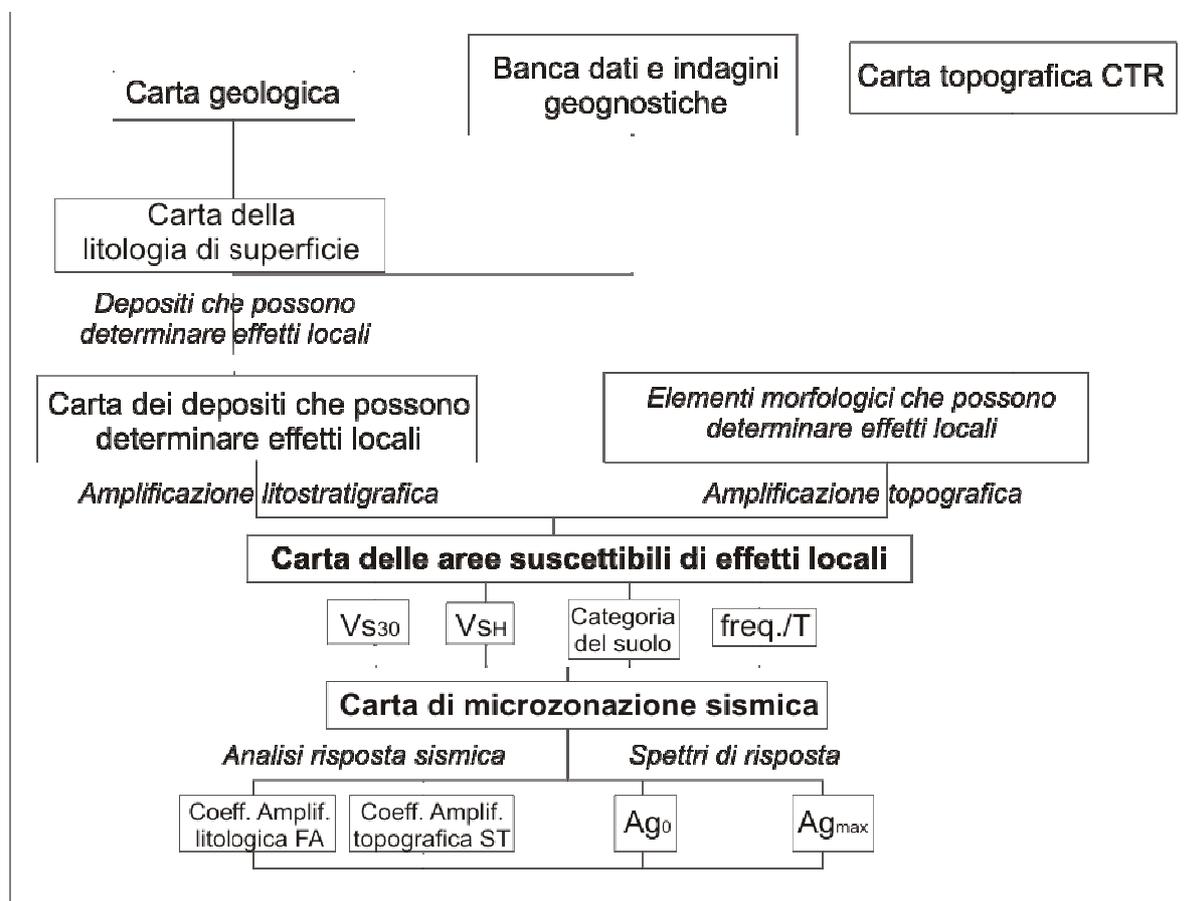
Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

4. Analisi dei dati e redazione della cartografia dettagliata di microzonazione sismica;
5. Approfondimenti di 3° livello: Analisi di risposta sismica locale.

La cartografia è stata redatta seguendo il seguente schema a blocchi:



4. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

All'interno del Comune di Medolla sono state individuate n° 9 aree di nuovo insediamento e/o riqualificazione ai sensi del PRG, che verranno valutate da un punto di vista della pericolosità sismica. L'ubicazione di tali aree è rappresentata schematicamente sulla base grafica della foto aerea tratta da "Google Maps" nella Fig. 1.1, e più nel dettaglio nella cartografia allegata: "Carta corografica" (tav. n. 1), redatta alla scala in scala 1:25.000, tavola CTR n. 184 SO, nella "Carta topografica" (tav. n. 2.1 e 2.2) in scala 1:10.000, sezioni CTR n. 184130,184090, e nella "Ripresa fotografica generale dell'area di interesse" (Tav. n. 3).

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

Delle complessive 9 aree, n°4 sono situate a sud-est del centro abitato di Medolla, n°5 si trovano ad ovest e a sud-ovest del capoluogo.

4.1 Analisi degli strumenti urbanistici: PSC attuale

Le aree oggetto di studio sono identificate all'interno del PSC come "ambiti territoriali da riqualificare" e "ambiti territoriali di nuovo insediamento" sia di tipo residenziale, che produttivo e/o terziario. Si riportano nelle seguenti figure uno stralcio della tavola di PSC vigente del Comune di Medolla e la relativa legenda.

Legenda

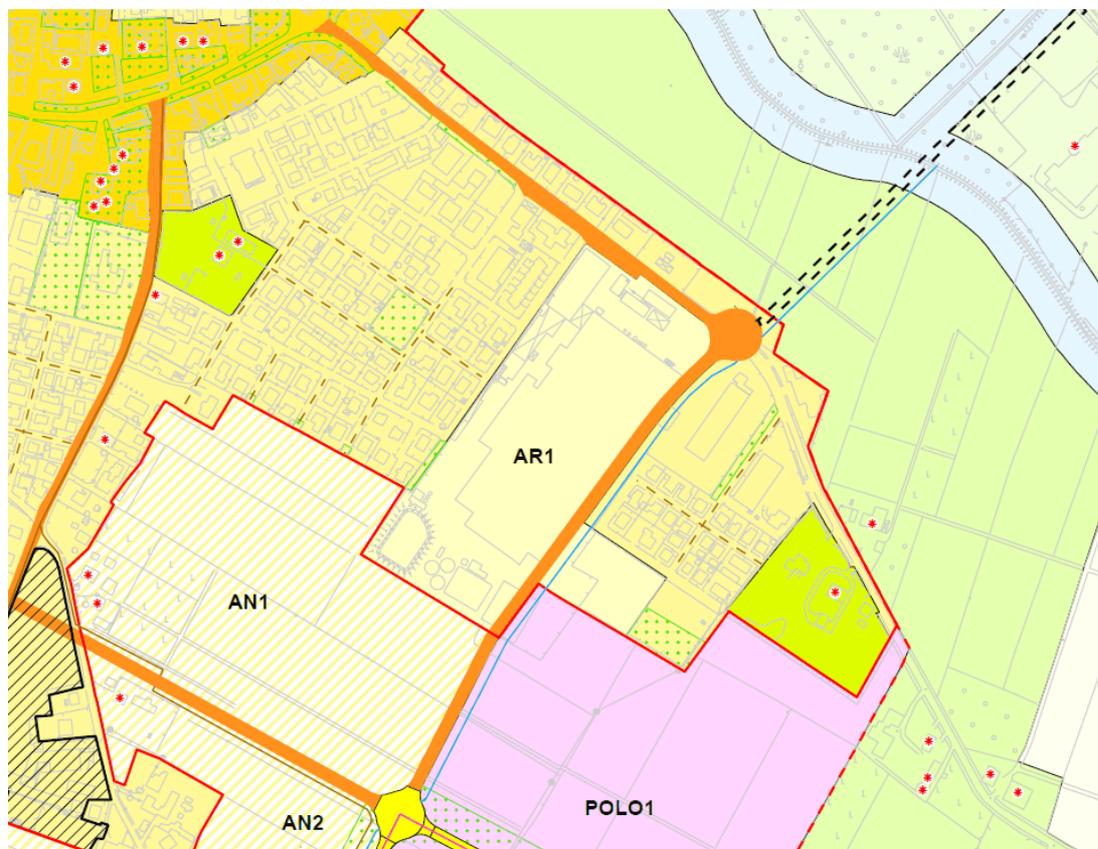
Ambiti PSC

	AC Ambito della città consolidata
	AVC Aree verdi in ambito consolidato
	ARX Ambito di Via Roma
	AR Ambiti residenziali da riqualificare
	AN Ambiti residenziali di nuovo insediamento
	APC.i(s) Ambiti produttivi esistenti consolidati
	APC.i(ni) Ambiti produttivi di nuovo insediamento
	APC.t(s) Ambiti terziari consolidati
	APC.t(r) Ambiti terziari da riqualificare
	AVA Aree di valore naturale e ambientale
	AVP Ambiti agricoli di alto valore produttivo
	ARP Ambiti agricoli di rilievo paesistico
	AAP Ambiti agricoli periurbani
	POLO Polo funzionale
	Piani particolareggiati vigenti
	Dotazioni territoriali

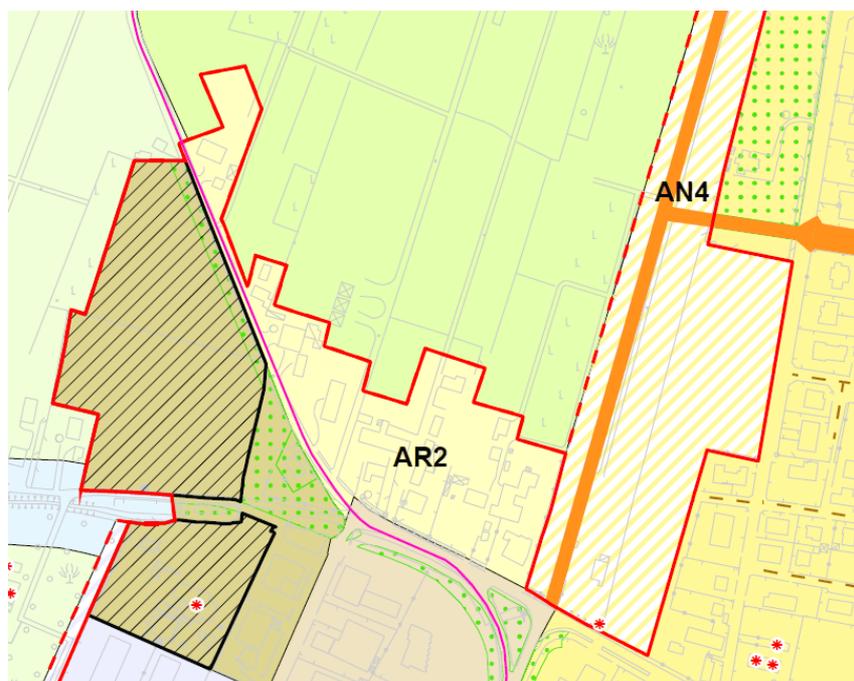
Classificazione delle strade

	Strade di classe B
	Strade di classe C
	Principali assi di ingresso al capoluogo
	Piste ciclabili
	Strade pedonali ex residenti
	Viabilità di progetto
	Corridoi di fattibilità
	Edifici di interesse storico-architettonico
	TU Territorio urbanizzato
	TUZ Territorio urbanizzabile
	Confini comunali

Ambito AR1: "Ex Covalpa" Ambiti residenziali da riqualificare



Ambito AR2: "Bivio" Ambiti residenziali da riqualificare



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 - 41100 Mo - ☎ Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019 -

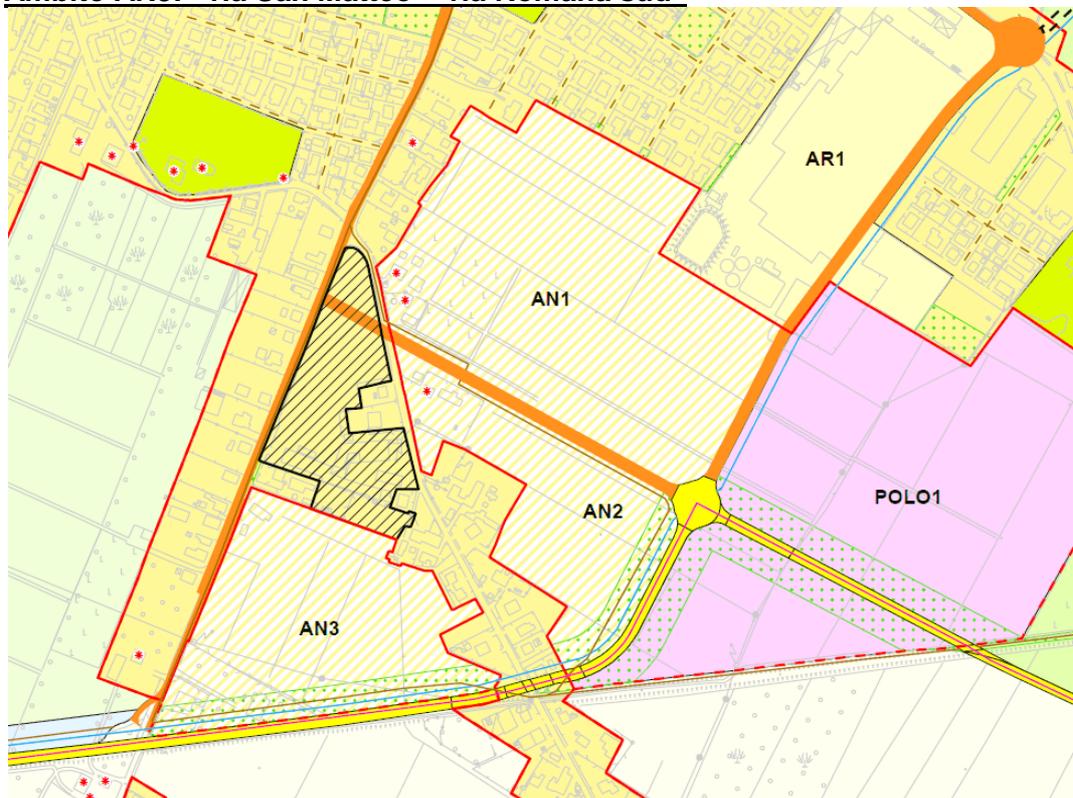
✉ e-mail: geo.group@libero.it

Ambiti residenziali di nuovo insediamento:

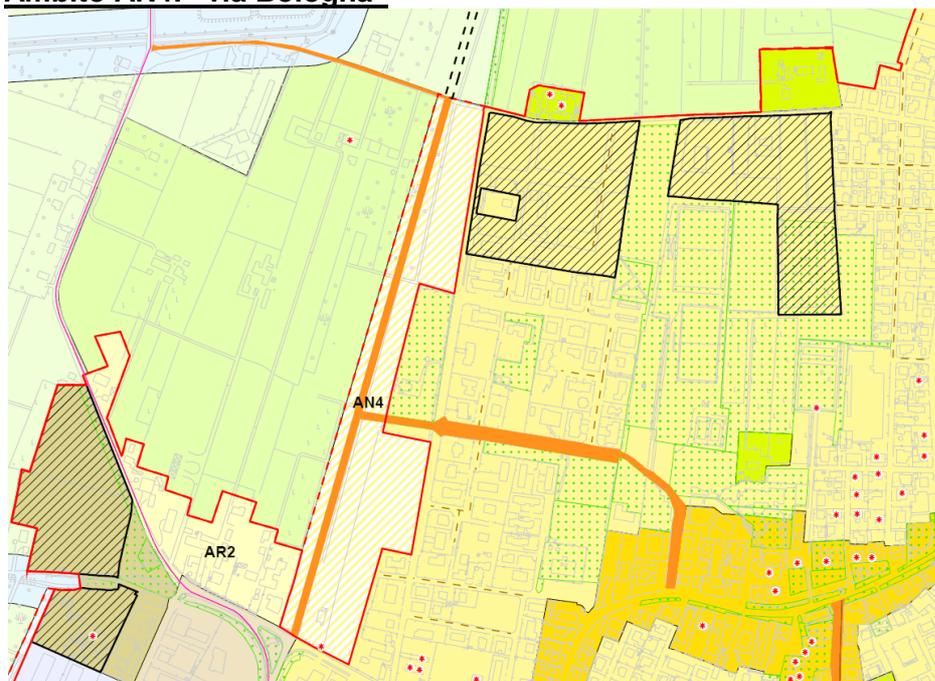
Ambito AN1: “via San Matteo – via Romana nord A”

Ambito AN2: “via San Matteo – via Romana nord B”

Ambito AN3: “via San Matteo – via Romana sud”



Ambito AN4: “via Bologna”



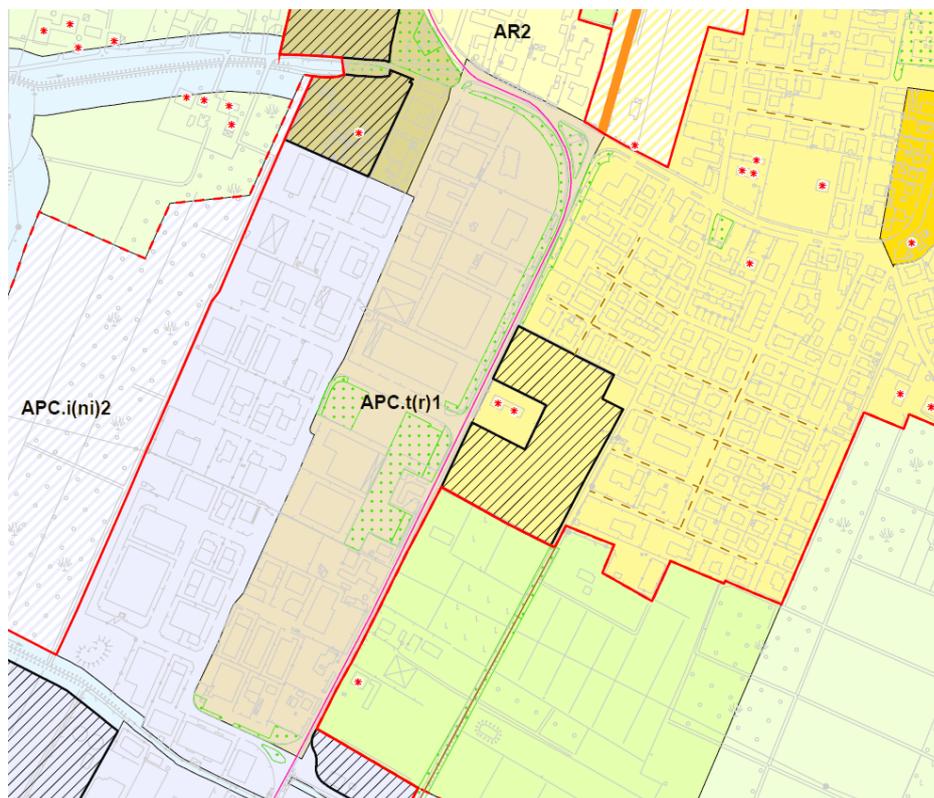
GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

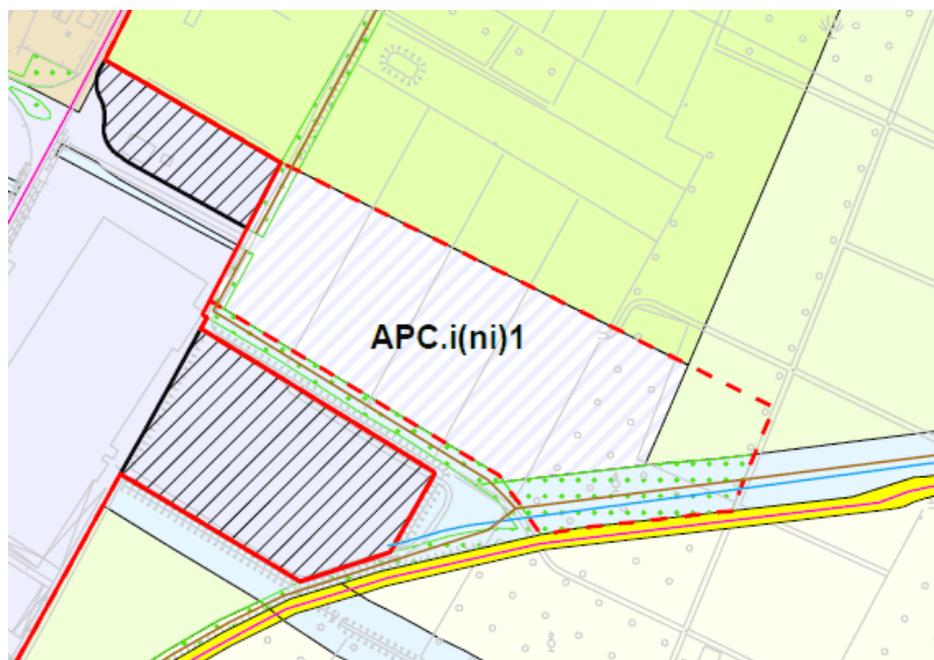
Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – ☎ Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

✉ e-mail: geo.group@libero.it.

Ambito APC.t(r)1 : “S.S. 12 – via Artigiani” Ambiti terziari da riqualificare



Ambito APC.i(ni)1 : “via E. Montale” Ambiti produttivi di nuovo insediamento



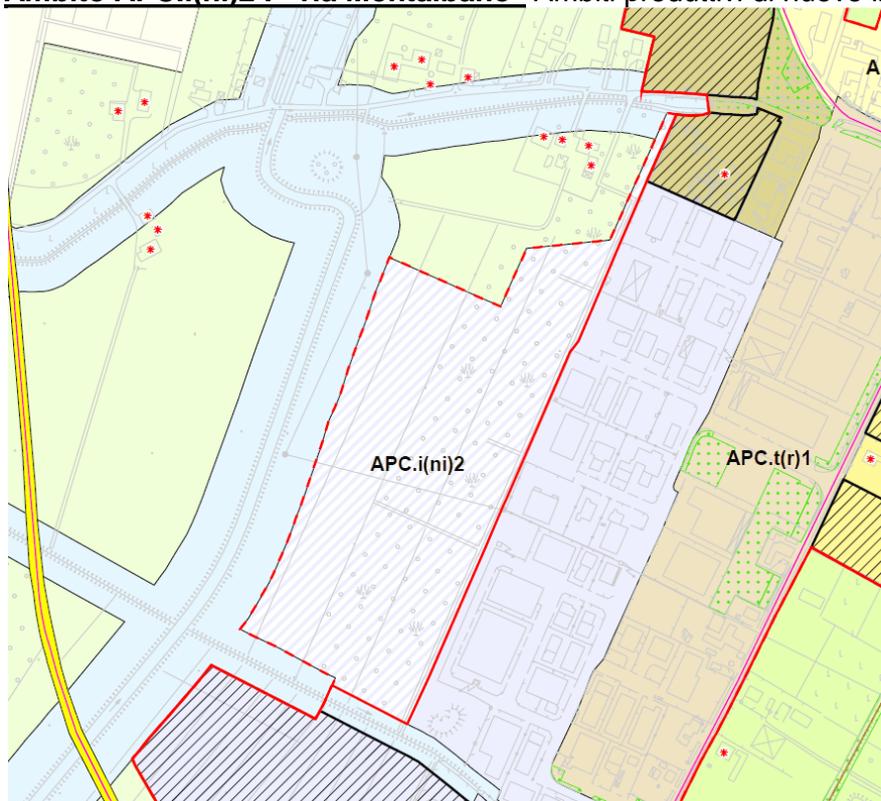
GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it.

Ambito APC.i(ni)2 : “via Montalbano” Ambiti produttivi di nuovo insediamento



5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Come suddetto, le aree in esame si collocano all'interno dell'ambito comunale di Medolla, come si osserva nella "Carta corografica" allegata (**tav. n. 1**). Le aree di studio sono site in prossimità del centro abitato del capoluogo.

L'abitato di Medolla è compreso nella zona della bassa pianura modenese e si trova ad una quota topografica variabile da 19.0 a 21.0 m rispetto al livello del mare.

Dal punto di vista topografico tutte le aree studiate sono completamente sub-pianeggianti; le zone residenziali di nuovo insediamento denominate AN1, AN2, AN3 e AN4, e le zone di ambito produttivo di nuovo insediamento denominate APC.i(ni)1 e APC.i(ni)2 sono per la maggior parte della loro estensione occupate da campi coltivati a seminativo o ad alberi da frutta e vigneti. Le rimanenti aree sono già completamente edificate: in particolare, l'ambito AR1 ricade all'interno dell'area industriale "Ex-Covalpa"; l'ambito AR2 comprende civili abitazioni che hanno accesso da via Statale; infine la zona APC.t(r)1 è una zona a carattere prevalentemente industriale anch'essa completamente edificata.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – ☎ Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

✉ e-mail: geo.group@libero.it

Da un punto di vista geologico generale il sottosuolo della pianura modenese è stato analizzato attraverso le perforazioni profonde e le prospezioni geofisiche effettuate per le ricerche petrolifere dell'AGIP. La ricostruzione del substrato profondo evidenzia, nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola, la prosecuzione della catena appenninica in una serie di thrusts, nord vergenti il cui fronte sepolto corrisponde agli archi di Busseto-Parma-Reggio Emilia e di Reggio-Emilia Correggio, Novi di Modena-Mirandola Bondeno: tra le diverse culminazioni anticlinali si intercalano sinclinali, talora molto accentuate, come quella di Carpi-Bomporto, dove la base del Pliocene, è posta a oltre 6 km di profondità: queste strutture de formative appaiono sigillate in genere dal Pliocene medio-superiore, ma la loro presenza influisce nei depositi soprastanti provocando blende deformazioni e notevole differenziazioni di spessore anche nei depositi tardo pleistocenici ed olocenici (vedi fig.6.2). Il modello deposizionale della Pianura Padana è costituito da un riempimento della depressione avvenuto mediante una serie di cicli sedimentari (fasi di oscillazione relativa del livello marino e della linea di costa) di natura inizialmente marina e successivamente caratterizzati da tendenza regressiva, con la presenza sempre più importante di sedimentazione di tipo continentale sino ai cicli più recenti dominati dalle fluttuazioni glacio-eustatiche quaternarie.

Il risultato di questi processi di sedimentazione è la presenza di spesse successioni marine e continentali-marine nel sottosuolo della Pianura, ricoperte da depositi alluvionali recenti quali argille, limi e sabbie che passano, assottigliandosi, a sabbie e ghiaie verso il margine collinare dove si osservano successioni grossolane di conoide alluvionale (dominio deposizione dei corsi d'acqua appenninici), spostandosi verso nord sono intercalati strati di materiali fini nella media pianura, ancora riferibili a corsi d'acqua appenninici fino alla direttrice Busseto-Novellara-Concordia e Mirandola a nord della quale prevalgono i sedimenti sabbiosi depositi dal Fiume Po, in corrispondenza dei paleoalvei.

Più nel dettaglio, dal punto di vista della litologia di superficie, i depositi affioranti nella zona, visibili nella "Carta della litologia di superficie" in scala 1:5.000 (**tav. n. 4**) tratta da "Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000", possono essere schematizzati come segue:

- **a^s – Argille sabbiose e sabbie argillose:** sono depositi alluvionali di deposizione di ambiente fluviale di litologia in prevalenza argillosa. Tali depositi si trovano in corrispondenza di tutte le aree oggetto di studi;

- **S – Sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi:** sono depositi alluvionali di deposizione di ambiente fluviale di litologia in prevalenza sabbiosa. Tali depositi si trovano a nord-est e a sud-ovest dell'abitato di Medolla;

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

I depositi prevalenti, per l'area in esame, sono costituiti da terreni quaternari continentali: si tratta di depositi alluvionali a granulometria assai variabile sia in senso areale che verticale, dovuti alle deposizioni dei corsi d'acqua appenninici e del fiume Po. Si tratta in generale di alluvioni argillose-limose-sabbiose-ghiaiose, con andamento lenticolare.

Dal punto di vista geomorfologico, dall'analisi della cartografia analizzata e sulla base di un sopralluogo da noi effettuato in corrispondenza dell'aree in studio, non vi sono evidenze geomorfologiche degne di nota.

Le aree sono tutte completamente sub-pianeggianti con una leggera inclinazione in direzione nord-nord est in concordanza con l'andamento generale della Pianura Padana.

Per determinare le caratteristiche del sottosuolo in profondità si è analizzata la cartografia redatta dalla Provincia di Modena nell'ambito del progetto PTCP 2009 in relazione agli studi di microzonazione sismica del territorio provinciale.

In particolare in allegato è rappresentato un estratto della carta "Aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici" **Tav. n. 5**, in cui sono indicate le principali litologie affioranti quali limi e argille di piana alluvionale e sabbie di canale, oltre che la presenza in profondità di sabbie sepolte depositate dal Po. Osservando la carta si nota che in corrispondenza dell'abitato di Medolla vi sono depositi prevalentemente sabbiosi in corrispondenza del centro abitato, ad est e ad ovest di questo; mentre a sud di Medolla si osservano principalmente depositi limo-argillosi. Le sabbie sepolte del Po si ritrovano in una fascia che attraversa l'abitato del capoluogo da nord-ovest a sud-est.

6. SISMICITA' DEL COMUNE DI MEDOLLA

6.1 Zonazione sismogenetica

Per determinare il carattere sismogenetico dell'area del comune di Medolla si è presa in considerazione la pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nella quale è stato mappato il territorio nazionale in zone sismo genetiche: tale zonazione viene chiamata ufficialmente ZS9. La zonazione sismogenetica è basata sul precedente background informativo di ZS4 e recepisce le informazioni delle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 e da studi inerenti le faglie attive regionali. Tale studio considera inoltre le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatesi anche lontani dalla zona in oggetto.

Osservando la carta di zonazione ZS9 si osserva che la sismicità può essere distribuita in zone, ciascuna della quali è associata una magnitudo massima M_{WMAX} 50, che si assume come magnitudo attesa M.

La ZS9 può essere utilizzata, insieme al catalogo di CPTI2 per stimare la "profondità efficace" cioè l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in una zona sorgente.

Osservando la **fig. 6.1**, si nota che il comune di Medolla ricade all'interno della **zona 912**, dove è individuato un regime tettonico debolmente compressivo in atto. I limiti tra le zone sono distinti con il colore nero e il colore blu: quelli neri ridefiniscono i limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, mentre quelli blu definiscono suddivisioni di zone con uno stesso stile de formativo ma con differenti caratteristiche di sismicità. La zona è compresa all'interno di strutture compressive (prevalentemente thrust) responsabili della sismicità, allineate lungo la costa o a breve distanza da essa.

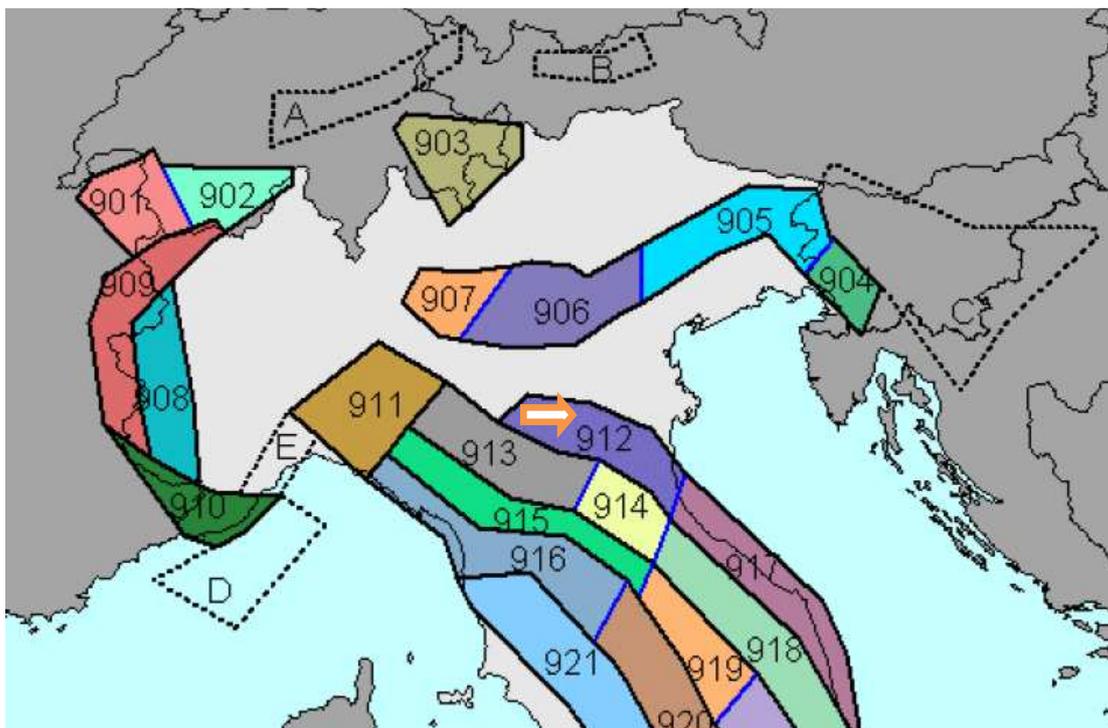
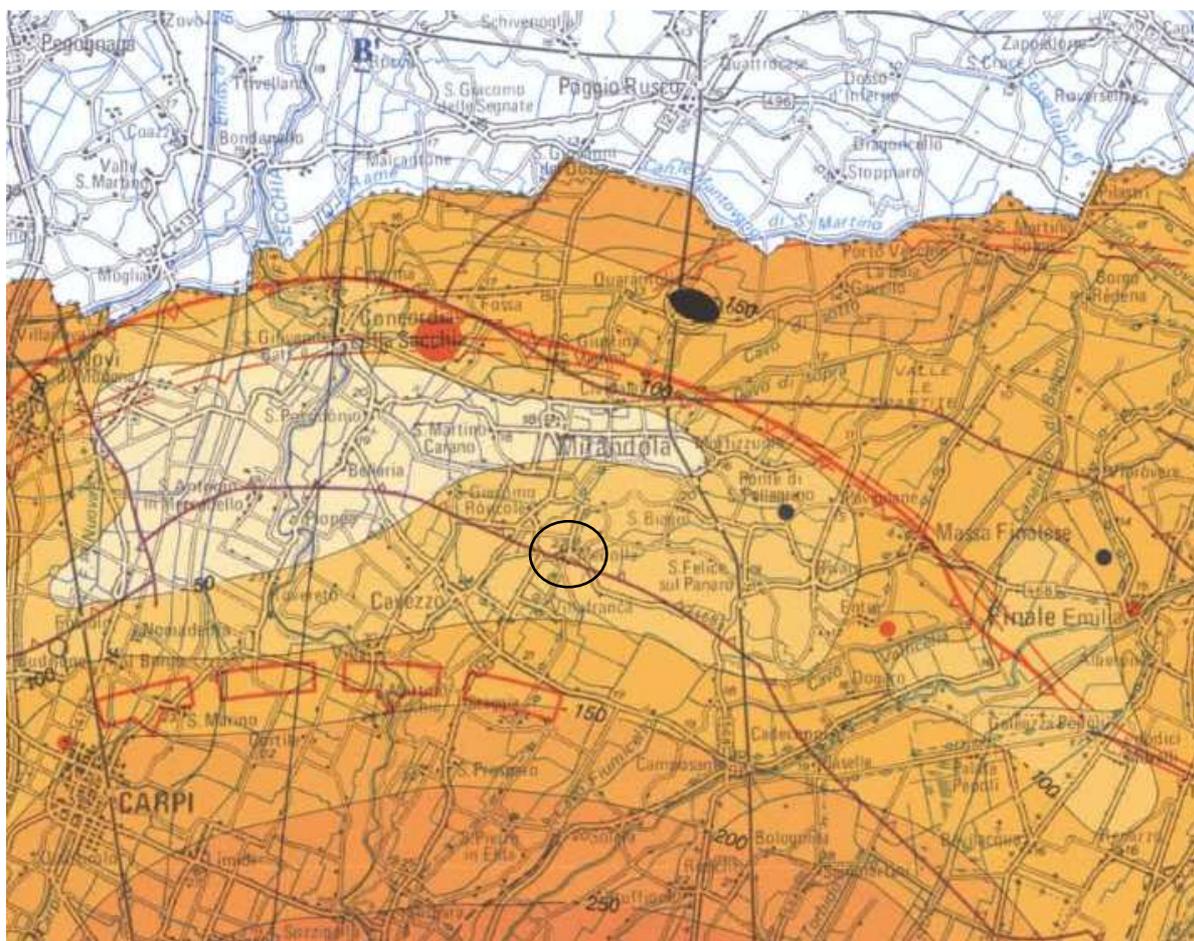


Fig. 6.1 – Zonazione sismogenetica ZS9.

La zona sismogenetica 912 coincide con l'area geologica denominata "Dorsale ferrarese". Al di sotto di una spessa coltre di depositi alluvionali superficiali sciolti è presente un sistema roccioso orogeneticamente legato alla catena appenninica, fagliato da diverse importanti linee sismo tettoniche, la cui genesi è riconducibile alle forze compressive che da sud-ovest spingono verso nord-est. La Dorsale ferrarese rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale.

Nella **figura 6.2** è stato riprodotto uno stralcio della "carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna", e del profilo geologico profondo B-B' della zona in studio. Come suddetto il territorio di Medolla è situato su depositi di piana alluvionale del Sintema Emiliano superiore di spessore pari a 100 m (che ricopre il Pleistocene inf.), del Pliocene medio-sup. e delle formazioni rocciose del Messiniano sup.-Pliocene inf. (6,3-4,1 milioni di anni) sino a circa 1000 e 2500 m di profondità e della Successione Carbonatica Meso-Cenozoica (di età superiore a 250 milioni di anni) oltre i 6000 m da profondità. Vi sono su tutto il territorio rappresentato diffusi sistemi di faglie e sovrascorrimenti che sono all'origine della sismicità della zona.



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

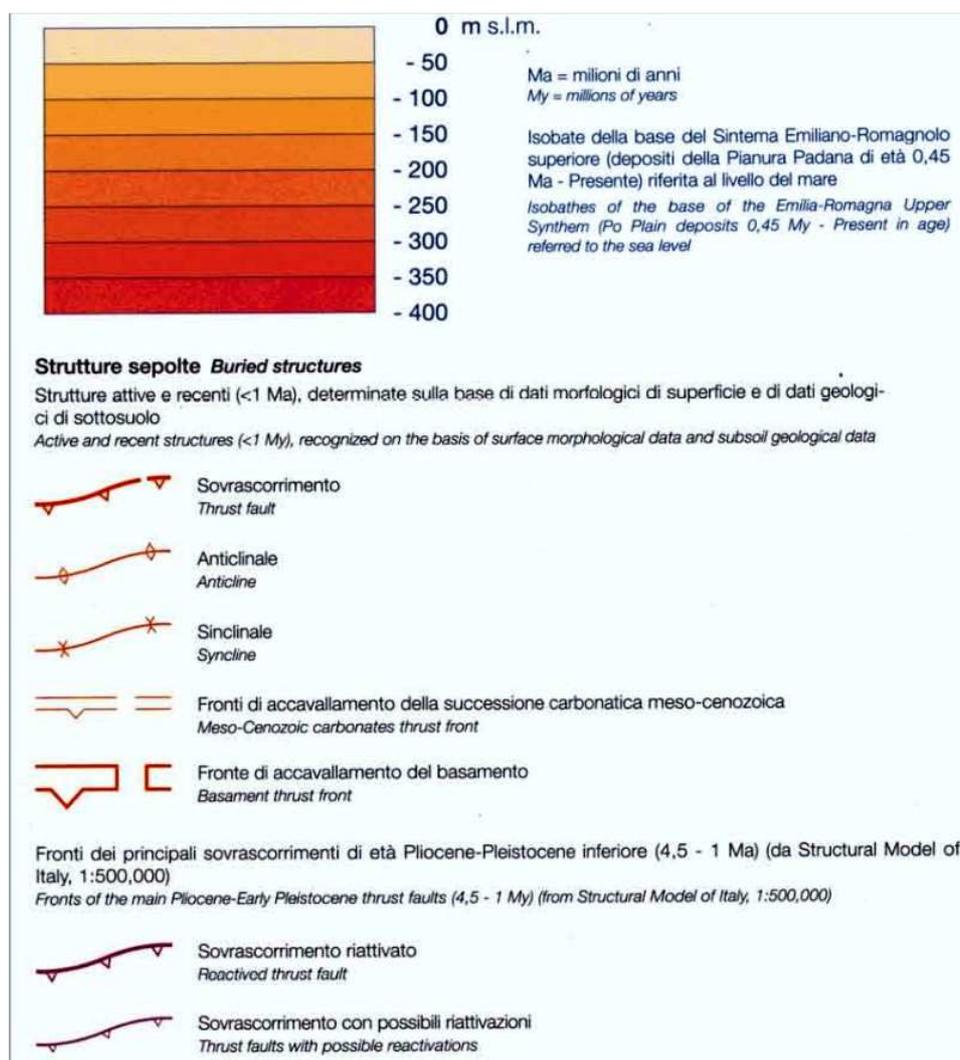
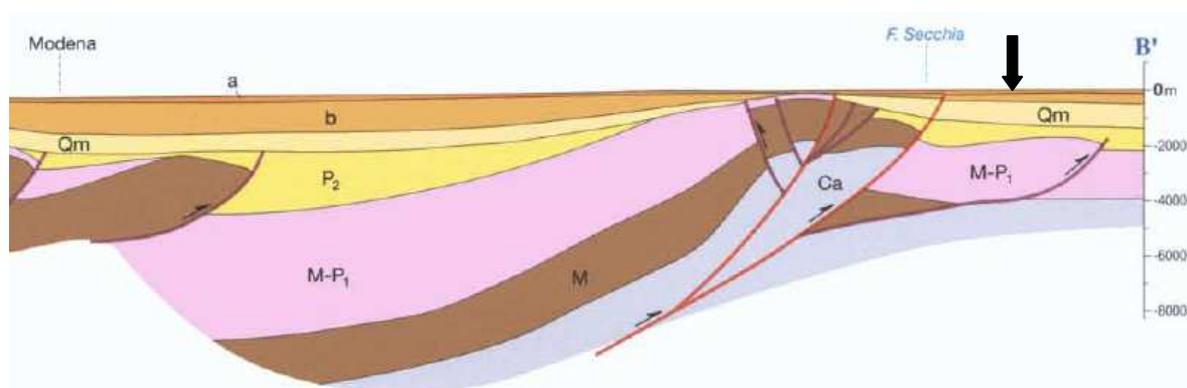


Fig. 6.2 – Estratto della Carta Simotettonica della Regione Emilia-Romagna (CNR) e del profilo geologico profondo B-B'



Legenda: **a)** Pleistocene medio-Olocene (0,45 Ma-Presente); **b)** Pleistocene medio (1-0,45 Ma); **Qm)** Pleistocene inferiore (1,8- 1 Ma); **P₂)** Pliocene medio-superiore (4,1 – 1,8 Ma); **M-P₁)** Messiniano sup. Pliocene inf. (6,3 - 4,1 Ma); **M)** Miocene (24 – 5,4 Ma); **Ca)** Successione Carbonatica (227 – 24 Ma).

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

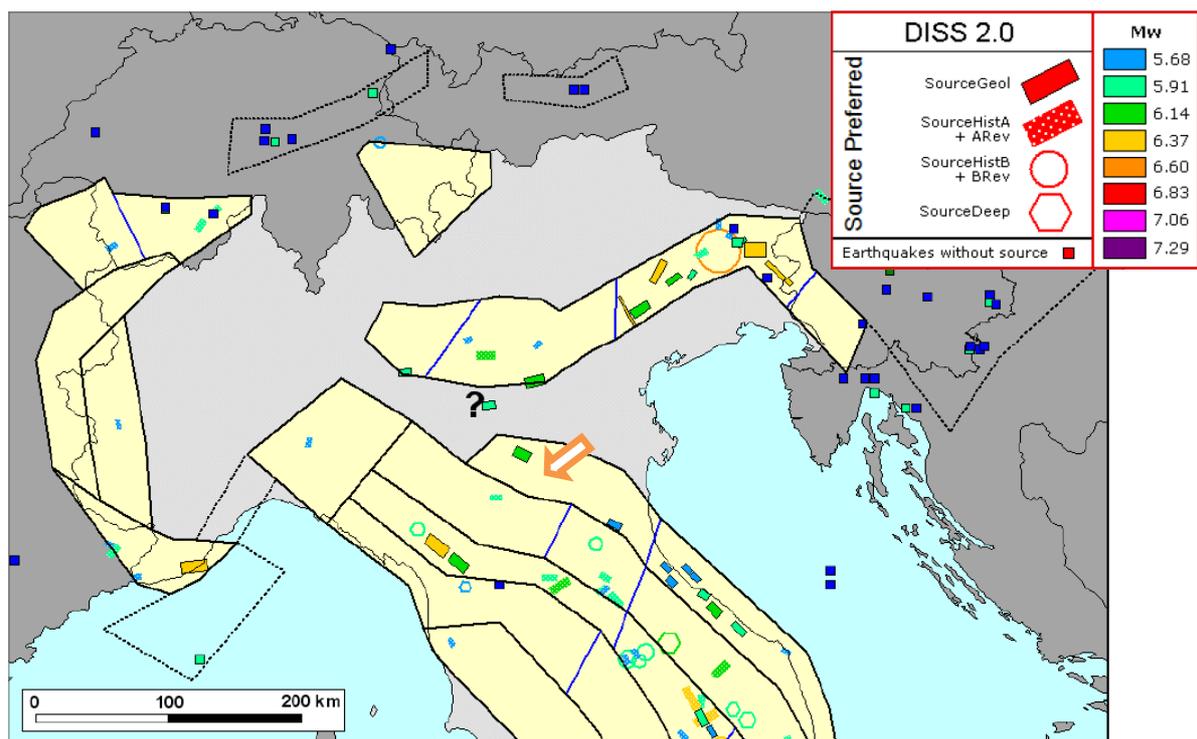


Fig. 6.3 – Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la distribuzione delle sorgenti DISS 2.0. Ogni sorgente è rappresentata utilizzando una scala cromatica che esprime la magnitudo Mw del terremoto atteso per la sorgente stessa.

Tutti i risultati delle analisi di ZS9 pubblicati dal Gruppo di lavoro del INGV evidenziano che per l'area 912 in cui ricade il comune di Medolla, la Magnitudo massima registrata è stata di 4,6 Md, il dettaglio delle misurazioni effettuate è riassunto nella seguente tabella:

zona	N°di eventi Md>2.0	N°di eventi Md>2.5	N°di eventi Md>3.0	Magnitudo massima	Classe di prondità(Km)	Profondità efficace (km)
912	180	141	54	4.6	5-8	7

Nella **figura 6.4** viene riportata la carta strutturale delle strutture attive dell'Emilia Romagna con indicazione delle principali zone di risentimento delle faglie attive. Tale carta è stata redatta dalla Regione in funzione delle strutture tettoniche presenti, in funzione dei terremoti storici, dei dati strumentali degli ultimi decenni, delle manifestazioni naturali associate ai sistemi di faglie. La zona del comune di Medolla ricade appunto in area sensibile.

Tra gli effetti di sito, in fase di sisma, più importanti da analizzare nel contesto geomorfologico e geolitologico dell'area oggetto di studio vi è la "liquefazione delle sabbie"

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

(alvei abbandonati del fiume Po) oltre che probabili deformazioni delle argille sensibili (scarse caratteristiche geotecniche) dei depositi di piana alluvionale.



Fig. 6.2 – Carta della distribuzione delle strutture attive della Regione Emilia-Romagna. Evidenziate in rosso le zone di maggior risentimento degli effetti delle faglie attive.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

6.2 Classificazione sismica ai sensi del O.P.C.M 3274/2003

Si riporta l'attuale classificazione sismica recepita dell'O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003, in cui il territorio nazionale è suddiviso in n. 4 zone sismiche caratterizzate da differenti valori di accelerazione massima orizzontale a_g riferita al suolo di categoria A, con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g.

Il comune di Medolla ricade in "zona sismica 3" tale area ha valori di accelerazione $a_g = 0.15g$.

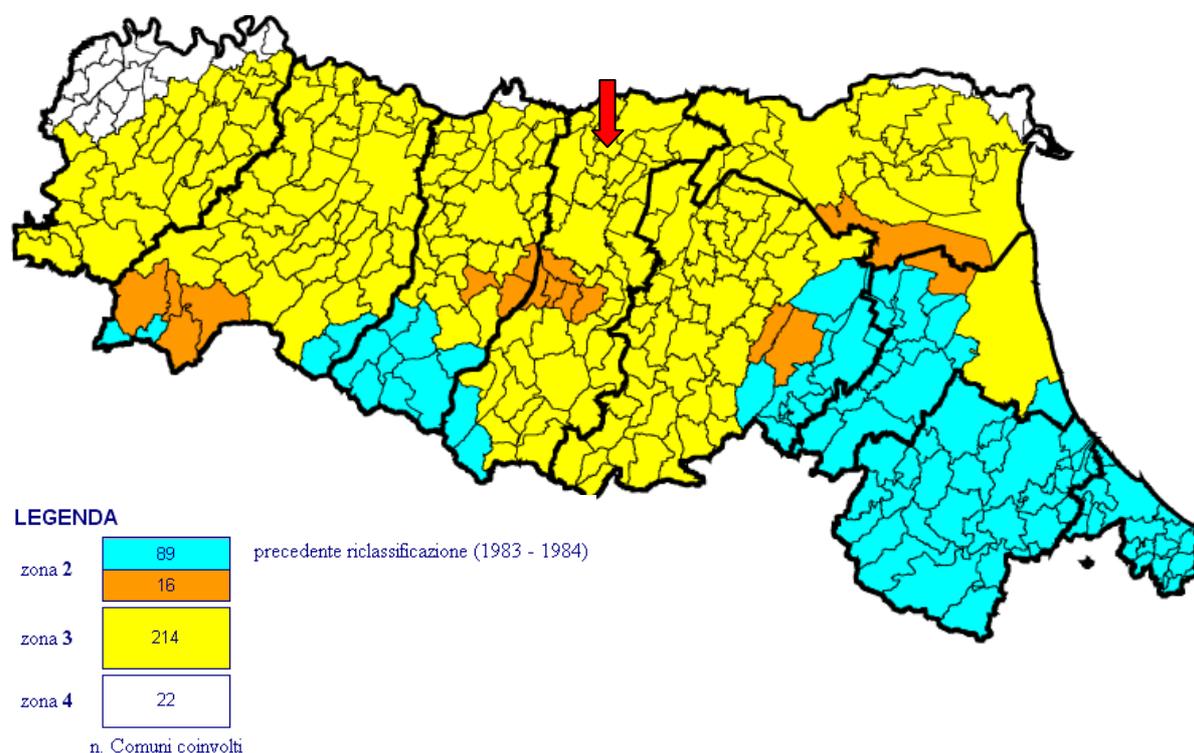


Fig. 6.4 – Classificazione sismica attuale di riferimento – Ordinanza PCM 20/03/2003 n.2374

6.3 Classificazione sismica ai sensi del O.P.C.M 3519/2006

Per la valutazione della pericolosità sismica di base il riferimento principale è la "Carta di pericolosità sismica dell'Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia recepita dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 2006, in cui sono indicati i valori di accelerazione di picco al suolo (a_g) per tutto il territorio nazionale.

Si può osservare in Fig 6.5 che il territorio del comune di Medolla ricade nell'area caratterizzata da valori di accelerazione massima al suolo a_{max} con una probabilità di

superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; CAT. A, All.2, 3.1) compresi tra 0.125 e 0.175 g.

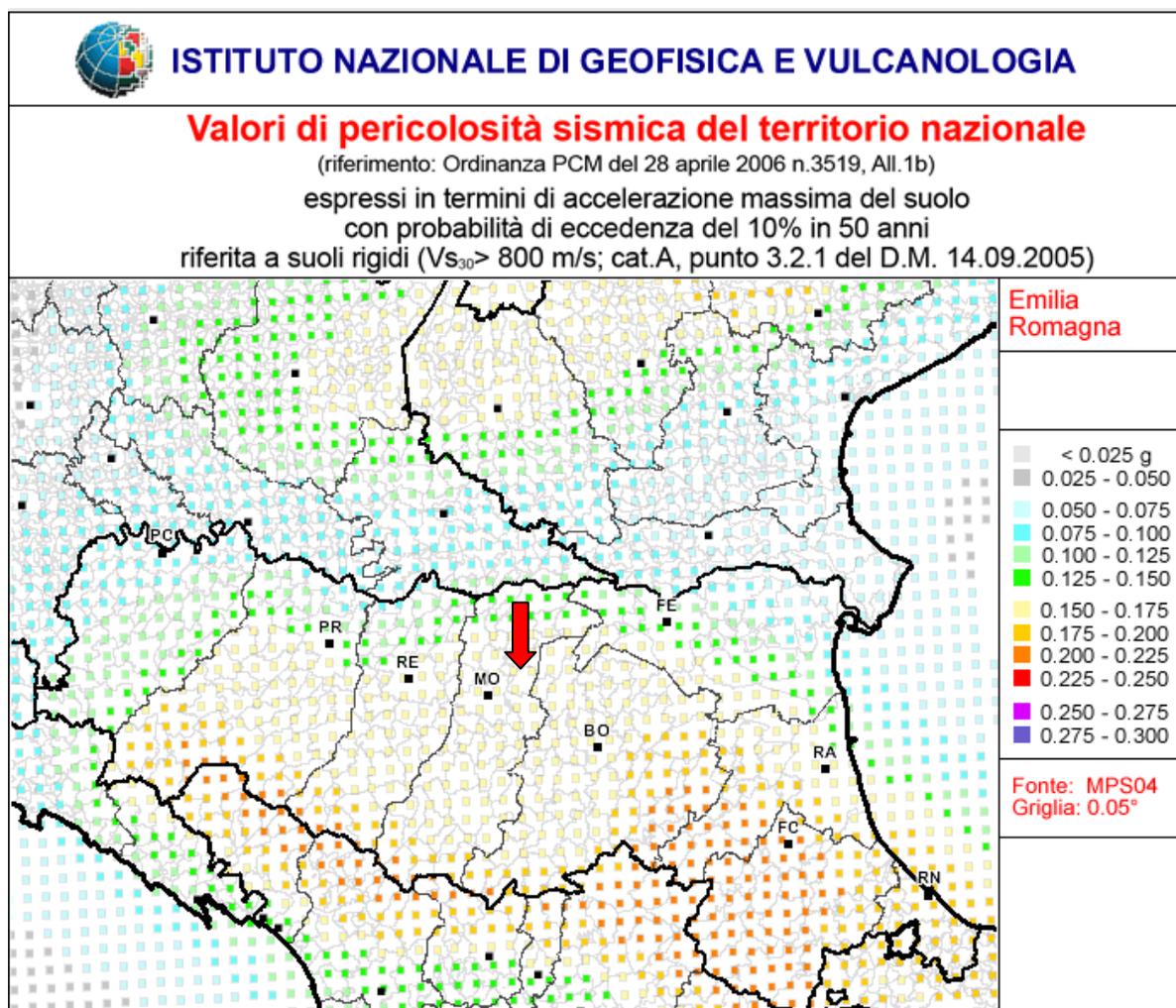


Fig. 6.5 – Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) – Ordinanza PCM 28/04/2006 n.3519

7. SISMICITA' DELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO

In base alla normativa riguardante la situazione sismica del territorio, con riferimento a quanto proposto dal GdL del 1998, il Comune di Medolla (MO), ricadeva in una zona classificata sismica di categoria III°.

Nel mese di Marzo 2003 è stata redatta una bozza al fine di definire un sistema normativo per la progettazione antisismica ed acquisire dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

In riferimento a tale bozza si classifica il comune di Medolla come appartenente alla **classe sismica 3**, indicativa di zona a **bassa pericolosità sismica**.

Con l'entrata in vigore, il 23/10/2005, **dell'OPCM n. 3274/2003 e successive modifiche**, in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e del **D.M. 14/10/2005** recante "Norme tecniche per le costruzioni" e in relazione al **D.M. 14/01/2008** "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", il Comune di Medolla è stato classificato in **classe di sismicità 3** (zona a bassa sismicità).

Nelle nostre verifiche geotecniche consideriamo la classificazione ora vigente che definisce l'area di studio appartenente alla classe di sismicità 3, pertanto il grado di sismicità è pari a **S = 6**. Si procede ora alla verifica del coefficiente di intensità sismica C mediante la formula:

$$C = (S - 2)/100 = (6 - 2)/100 = 0.04 = 4\%$$

Secondo la classificazione del suolo, sulla base delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" (**D.M 14 Gennaio 2008**) e dei dati ottenuti dalle indagini sismiche MASW e Re.Mi. in sito, si determina che tutti gli ambiti ricadono all'interno della **categoria C**. Inoltre sulla base della classificazione nazionale che fa ricadere l'area in esame in **classe 3**, i valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g, da adottare in tale classe erano pari ad $a_g = 0.15g$.

Ora, sulla base dei contenuti del **D.M. 14/01/2008** "Nuove norme tecniche per le costruzioni" è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di 475 anni mediante il software Spettri-NTC ver. 1.0.3; per le aree oggetto di studio sono riassunti nella seguente tabella:

Ambito:	Denominazione:	Coord:Lat. – Long.(°)	a_g (g) rif. bedrock	F_0
AR1	Ex-Covalpa	44.844884; 11.076962;	0.149	2.588
AR2	Bivio	44.848982; 11.061266;	0.149	2.588
AN1	Via San Matteo- Via Romana nord A	44.843783; 11.073028;	0.149	2.588
AN2	Via San Matteo- Via Romana nord B	44.841338; 11.074397;	0.149	2.588
AN3	Via San Matteo- Via Romana sud	44.840600; 11.069710;	0.150	2.588
AN4	Via Bologna	44.850008; 11.063966;	0.149	2.587
APC.t(r)1	S.S. 12 – via Artigiani	44.845117; 11.059346;	0.150	2.588
APC.i(ni)1	via E. Montale	44.840647; 11.060766;	0.150	2.588
APC.i(ni)2	via Montalbano	44.845847; 11.055026;	0.149	2.588

Tab. 7.1 – Valori di accelerazione massima attesa a_g e F_0 calcolato per ogni ambito, mediante il programma SPETTRI – NTC ver. 1.0.3

Poiché il valore di accelerazione sismica orizzontale a_g si riferisce al bedrock, per definire il valore di a_g in superficie si calcola inizialmente il **fattore stratigrafico S_s** , caratteristico dell'area secondo il N.T.C. 2008 - D.M. 14/01/2008. Si ricava quindi il fattore stratigrafico S_s dalla seguente relazione, valida per le aree caratterizzate da suoli in **classe C**:

$$S_s = 1,00 \leq 1,70 - (0,60 \cdot F_0 \cdot a_g/g) \leq 1,50$$

dove:

F_0 = Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore;

a_g/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 475 anni/accelerazione di gravità;

S_s = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico;

In base a tale valore del fattore stratigrafico si procede al calcolo dell' accelerazione massima orizzontale A_{max} :

$$A_{max} = S_s \cdot a_g$$

I valori di accelerazione massima al suolo A_{max} sono riassunti nella seguente tabella:

Ambito:	Denominazione:	S_S	$A_{max}(g)$ al suolo	$A_{max}(m/sec^2)$
AR1	Ex-Covalpa	1.47	0.219	2.148
AR2	Bivio	1.47	0.219	2.148
AN1	Via San Matteo- Via Romana nord A	1.47	0.219	2.148
AN2	Via San Matteo- Via Romana nord B	1.47	0.219	2.148
AN3	Via San Matteo- Via Romana sud	1.47	0.220	2.158
AN4	Via Bologna	1.47	0.219	2.148
APC.t(r)1	S.S. 12 – via Artigiani	1.47	0.220	2.158
APC.i(ni)1	via E. Montale	1.47	0.220	2.158
APC.i(ni)2	via Montalbano	1.47	0.219	2.148

Tab. 7.1 – Valori di accelerazione orizzontale massima in superficie A_{max} attesa al suolo

Dal valore nominale di accelerazione massima A_{max} attesa a_g (g) si trasforma ad a_g (m/sec^2) moltiplicando per 9.81.

8. INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOFISICHE

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia dell'intervento in progetto, la campagna di indagini geognostiche-geofisiche è stata espletata mediante:

- ***n°7 stendimenti sismici metodo a rifrazione***, con tecnica ***Re.Mi.*** per il calcolo della V_{S30} (***Refraction Microtremor***);
- ***n°1 stendimento sismico metodo a rifrazione***, con tecnica ***MASW*** per il calcolo della V_{S30} (***Multichannel Analysis of Surface Waves***);
- ***n°7 indagini sismiche HVSR*** (***Horizontal to Vertical Spectral Ratio***);
- ***n°4 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT.***

L'ubicazione delle indagini geognostiche è riportata nella **tav. n. 8** "Indagini geognostiche".

I tabulati e i diagrammi relativi alle prove penetrometriche CPT eseguite, corredati dell'interpretazione geotecnica, sono riportati in **allegato n. 1**. Nell'**allegato n. 2** è illustrata l'elaborazione ottenuta dalle indagini sismiche realizzate mediante tecnica di sismica a rifrazione con il metodo RE.MI. e MASW per la determinazione del parametro V_{S30} , al fine di caratterizzare il suolo di ogni singola area da un punto di vista sismico ai sensi del D.M. 11/03/2008.

9. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON METODO DEI MICROTREMORI (Re.Mi.)

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni (D.M. 14/01/08) ha introdotto in Italia la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni dal punto di vista sismico richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo delle velocità delle onde di taglio V_s degli strati del terreno presenti nel sito di studio, fino alla profondità di almeno **30 metri** dal piano di posa delle fondazioni.

La normativa, sulla base del suddetto profilo, fornisce una classificazione dei suoli suddivisa nelle tipologie A, B, C, D, E ed S1, S2.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire rilievi in foro di sondaggio meccanico con tecnica down-hole, se si dispone di un foro singolo o cross-hole fra due fori, oppure prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali utilizzando geofoni orizzontali con opportune energizzazioni del terreno o tramite geofoni verticali acquisendo i segnali dei microtremori rifratti ambientali.

Questa tecnica, nota con la sigla Re.Mi. (Refraction Microtremors), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde relative ai rumori sismici locali, rifratte alla superficie.

Nell'approccio teorico si utilizzano le onde superficiali di Rayleigh per la determinazione dei parametri di comportamento meccanico dei terreni a bassi livelli di deformazione, modulo di taglio e coefficiente di smorzamento, e si basa sulle proprietà dispersive che queste onde subiscono durante l'attraversamento di tali terreni.

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde superficiali che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo, e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione "P" e di taglio "S".

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo dispersivo e vengono definite di pseudo-Rayleigh o di superficie.

La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza; le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde Rayleigh, *Velocità/frequenza* può essere convertito mediante opportuno software in profilo *Velocità/profondità*.

Lo studio analitico del metodo Re.Mi. consente di operare favorevolmente in ambienti fortemente inquinati da rumori urbani e/o industriali.

Una volta determinate le velocità delle onde di taglio fino alla massima profondità raggiunta, si calcola una media pesata dei valori delle Vs di ogni strato per una profondità di 30 metri dal piano campagna e con tale parametro è possibile catalogare il sito nella classe di riferimento dell'ordinanza in oggetto.

9.1 Modalità operative

In corrispondenza delle aree denominate AR2, AN1, AN3, AN4, APC.t(r)1, APC.i(ni)1, APC.i(ni)1. sono stati realizzati, in data 17-18/03/2010, n. 7 stendimenti mediante il metodo microtremori Re.Mi. dai quali è stato determinato il parametro V_{s30} . Per l'ambito

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

denominato AN2 è stato utilizzato, per caratterizzare da un punto di vista sismico l'area, uno stendimento realizzato nel marzo 2008 nell'area adiacente a tale comparto.

**Figura 9.1: Ripresa fotografica la strumentazione completa di acquisizione della indagini sismiche:
Sismografo GEODE (giallo); alimentazione batteria 12V;
PC (data logger).
Foto a destra: singolo geofono da 4.5 Hz infisso nel terreno**



Foto n. 9.2 – Stendimento sisimico a rifrazione metodo dei microtremori Re.Mi. eseguito all'interno dell'ambito APC.i(ni)2.



Foto n. 9.3 – Stendimento sisimico a rifrazione metodo dei microtremori Re.Mi. eseguito all'interno dell'ambito AN3.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

L'indagine sismica Re.Mi. è stata eseguita utilizzando 24 geofoni verticali con frequenza naturale di 14.0 Hz, posti sullo stesso allineamento, fissati al terreno ad intervalli regolari di 5 metri per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 115 metri.

I dati sono stati registrati mediante un sismografo "Geode", marca Geometrics, con filtri disinseriti, velocità di campionamento (*sample rate*) di 2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 30 secondi.

Complessivamente sono stati registrati 10 files ad intervalli irregolari nell'arco di circa 1 ora di tempo per n°1 linea totale.

I dati tecnici del sismografo utilizzato sono riportati in allegato.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(fase)/freq.$, può essere convertito nel profilo $Vs/profondità$. Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (indagini geognostiche dirette) onde ricavare il modello reale.

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a circa 30 m di profondità mediante la seguente formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

in allegato (**All. n. 2**) si riportano le immagini relative alle curve di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati, mentre nella **tabella 9.1** seguente sono riassunti i dati di V_{S30} calcolati, suddivisi per ogni ambito oggetto di studio.

Ambito:	Re.Mi	Denominazione:	V_{S30} (m/s)
AR2	N°2	Bivio	206
AN1	N°3	Via San Matteo-Via Romana nord A	214
AN2	N°4	Via San Matteo-Via Romana nord B	200
AN3	N°5	Via San Matteo-Via Romana sud	223
AN4	N°6	Via Bologna	207
APC.t(r)1	N°7	S.S. 12 – via Artigiani	202
APC.i(ni)2	N°8	via Montalbano	207

Tab. 9.1 – Valori di V_{S30} di ogni singola area di ambito.

10. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE - TECNICA "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves)

All'interno dell'area denominata AR1 "Ex-Covalpa" è stata eseguita n. 1 indagine sismica "MASW" - Multichannel Analysis of Surface Waves, l'ubicazione dell'indagine sismica si può osservare nella **tav. n. 8** mentre i risultati e i grafici relativi ai dati ottenuti sono visibili in **allegato n. 2**.

10.1 Modalità operative

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata, tramite un sismografo GEODE della Geometrics a 24 canali (vedi Fig. 8.1). La registrazione di profili sismici è stata eseguita mediante uno stendimento formato da 24 geofoni da 4,5 Hz, equispaziati a 2,0 metri.

I singoli records sono stati acquisiti con un periodo di campionamento di 1 ms e lunghezza 2 secondi.

La procedura di elaborazione adottata per la classificazione dei profili del suolo di fondazione ha utilizzato la tecnica MASW per la determinazione dello spettro di velocità tramite l'inversione della curva di dispersione, con l'utilizzo del software *winMASW 4.1*.

Caratteristiche più specifiche della tecnica MASW ed elaborazione dati sono visibili in **allegato n. 2**.

La procedura MASW può quindi sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1) Acquisizione dei dati di campo;
- 2) Estrazione della curva di dispersione;
- 3) Inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs, che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Le elaborazioni presenti in allegato (MASW n.1 - **All. n. 2**), restituiscono dei grafici che riportano la curva della dispersione del segnale, dalla cui inversione è stato calcolato il "Modello Sismo Stratigrafico" espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs) con un'immagine a colori che mostra i valori di lettura delle Velocità/frequenza ed il profilo delle velocità delle onde di taglio con l'indicazione della V_{s30} calcolata, espressa in metri/secondo.

Tali valori, nell'area indagata, per la classificazione sismica dei terreni di fondazione interessati dall'ambito AR1, seguendo le indicazioni del **D.M. 14 Gennaio 2008**, sono risultate pari a **$V_{s30} = 195$ m/s**.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

11. CLASSIFICAZIONE SISIMICA DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 14/01/08

Nella seguente tabella (**Tab. n. 11.1**) sono riassunti i dati di V_{s30} calcolati sulla base delle indagini sismiche eseguite sopradescritte, suddivisi per ogni ambito oggetto di studio.

Ambito:	Denominazione:	V_{s30} (m/s)
AR1	Ex-Covalpa	195
AR2	Bivio	206
AN1	Via San Matteo-Via Romana nord A	214
AN2	Via San Matteo-Via Romana nord B	200
AN3	Via San Matteo-Via Romana sud	223
AN4	Via Bologna	207
APC.t(r)1	S.S. 12 – via Artigiani	202
APC.i(ni)1	via E. Montale	202*
APC.i(ni)2	via Montalbano	207

Tab. 11.1 – Valori di V_{s30} di ogni singola area di ambito.

* per l'ambito APC.i(ni)1 "via E. Montale" è stata considerata l'indagine geofisica del lotto posto nelle immediate vicinanze APC.t(r)1 "S.S. 12 – via Artigiani".

Secondo la classificazione del suolo, sulla base della nuova normativa sismica per gli edifici (**D.M. 14 Gennaio 2008**) in base ai dati ottenuti dalle indagini geofisiche in sito, mediante indagini sismiche MASW e Re.Mi., si afferma che il terreno di fondazione di tutti i lotti degli ambiti in oggetto investigati appartengono alla categoria **C**, corrispondente a depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina di media consistenza con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra **180 m/s e 360 m/s** (ovvero **15 < $N_{SPT,30}$ < 50** nei terreni a grana grossa e **70 < c_{u30} < 250 KPa** nei terreni a grana fina).

12. INDAGINE SISMICA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio-Metodo di Nakamura)

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di **indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura)** è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di **risonanza di sito**. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellazione sintetica delle **spettro H/V**, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di modi superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai modi superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato.

La tecnica dei rapporti spettrali (**HVSR**) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta **progettazione di edifici antisismici**. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua **versatilità** poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

La tecnica **HVSR** è totalmente **non invasiva, molto rapida**, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un **sismometro digitale** della ditta Sara Electronics di Perugia modello "**SR04HS**" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatto a tali misurazioni.

I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSR sono:

- La **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto **dimensionamento degli edifici antisismici**. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "**doppia risonanza**", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- La **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella

caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la costruzione potrà essere o meno a rischio.

- La **velocità media delle onde di taglio Vs** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'**affidabilità del risultato**, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella **curva H/V**. E' possibile calcolare la **Vs30** e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- La **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la tecnica **HVSR**, in termini di **stratigrafia del sottosuolo**, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un **contrasto d'impedenza**, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

12.1 Risultati ottenuti in sito dall' indagine sismica HVSR

Dalle indagini sismiche HVSR eseguite in sito e visibili in **allegato n. 3** si evidenzia che le n°7 tracce tomografiche, acquisite alla frequenza di 100 Hz, sono state analizzate singolarmente mediante campo di frequenze tra 0,0 e 40 Hz e con finestra di campionamento pari a 5,0 secondi, applicando ai singoli periodi un filtro triangolare di lisciamiento pari al 10%. L'acquisizione mediante frequenze di campionamento pari a 100 Hz attraverso una terna di velocimetri triassiali con frequenza propria di risonanza di 2,0 Hz e convertitore Analogico/Digitale a 24 Bit, ha permesso la condizione ideale di indagine a profondità superiori a 150 m.

L'analisi degli esiti di questa indagine, associata alle conoscenze del sottosuolo (stratigrafia e geomeccanica) ed alle altre misure ottenute dalle indagini geofisiche, ha condotto, grazie anche alla discreta uniformità degli spettri HVSR, visibile nella tavola che raccoglie l'involuppo delle curve H/V, ad una suddivisione stratigrafica di massima dell'ambiente deposizionale tipico della bassa pianura alluvionale padana.

Tali picchi di frequenza di risonanza collocherebbero uno o più contrasti di impedenza nel sottosuolo contraddistinti da depositi alluvionali della pianura padana. Contrasti di cui si può definire la profondità rispetto al piano campagna, infatti, ipotizzando un modello a strati

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

piano-paralleli omogenei dove si osserva la presenza di uno strato più superficiale soffice posto sopra il livello costituito dal bedrock-sismico a differente densità quindi avente diversa velocità di propagazione delle onde sismiche. La frequenza di risonanza f_r dello strato superficiale, relativa alle onde S sia pari a (*“Effetti di sito Vs30: una risposta alla normativa antisismica” autori: Mulargia, Castellaro, Rossi*):

$$f_r = \frac{V_{S_H}}{4H}$$

dove:

f_r = frequenza fondamentale di risonanza di sito;
 V_{S_H} = velocità delle onde Vs nello strato superficiale;
H = spessore del primo strato superficiale.

Conoscendo la frequenza di risonanza di sito e la Vs dello strato interessato si può determinare a grandi linee lo spessore del deposito “soffice” posto a tetto del bedrock sismico.

Dall'analisi dei dati rappresentati in **figura 12.4** seguente e nell'**allegato n°3** tra 0,1 Hz e 30,0 Hz, la maggior parte delle curve mostrano la presenza di blandi picchi di impedenza che rappresentano le discontinuità stratigrafiche di deposizione alluvionale o canale ed argine passanti da granulometrie fini e coesive (limi ed argille) e granulometrie incoerenti francamente sabbiose ($D_r\% > 70$) a diverso grado di consolidazione ed addensamento. Sul grafico le diverse evidenze stratigrafiche e le inversioni delle curve H/V sono evidenziate dalle fasce verticali di colore pastello tra 21 Hz e 2,3 Hz. L'analisi delle situazioni stratigrafiche dei diversi ambiti evidenzia infatti la presenza di limi argillosi ed argille limose alternate ad un banco di sabbia di potenza metrica rinvenuto variabilmente tra 18,0 m e 30,0 m di profondità.

Al di sopra dei 30,0 Hz i picchi riscontrabili possono essere imputati a disturbi di superficie e non sono stati considerati.

Nella **Figura 12.1** e seguenti si evidenzia come le n°7 tracce abbiano tutte il medesimo andamento sotto la frequenza di 8,0 Hz, evidentemente si è in presenza di un'altra fase deposizionale più in profondità e caratterizzata da litotipi a granulometria omogenea e comune a tutti gli areali. La raccolta di stratigrafie profonde di repertorio confermano in tutta l'area comunale la presenza di alluvioni con prevalenza con componente granulare fine.

Il contrasto di impedenza più accentuato è chiaramente distinguibile e coincidente con la frequenza di 0,75 Hz +/- 0,1 Hz. In tale punto la maggior parte delle tracce mostrano la componente verticale del moto sovrastare le componenti sul piano E-W e N-S, segno di un incremento di velocità assumibile come bedrock. Da bibliografia, alla quota di circa 120,0/140,0 m di profondità, è rinvenibile il substrato marino caratterizzato da velocità elevate. Si è implementata anche la conversione dei tracciati tomografici in termini di velocità S (V_s), nella **fig. 12.1** è presente anche il Log delle velocità V_s in m/s e della profondità ricavato dal "fit" vincolato delle curve H/V e dall'inversione delle stesse.

Dall'analisi dell'involuppo delle curve e dalla Trend Line globale si evidenzia uno scostamento pronunciato dell'HVSR n°1 probabilmente dovuto ad una alternanza frequente di sedimenti coerenti ed incoerenti (limi e sabbie) nei primi 30,0 m di terreno.

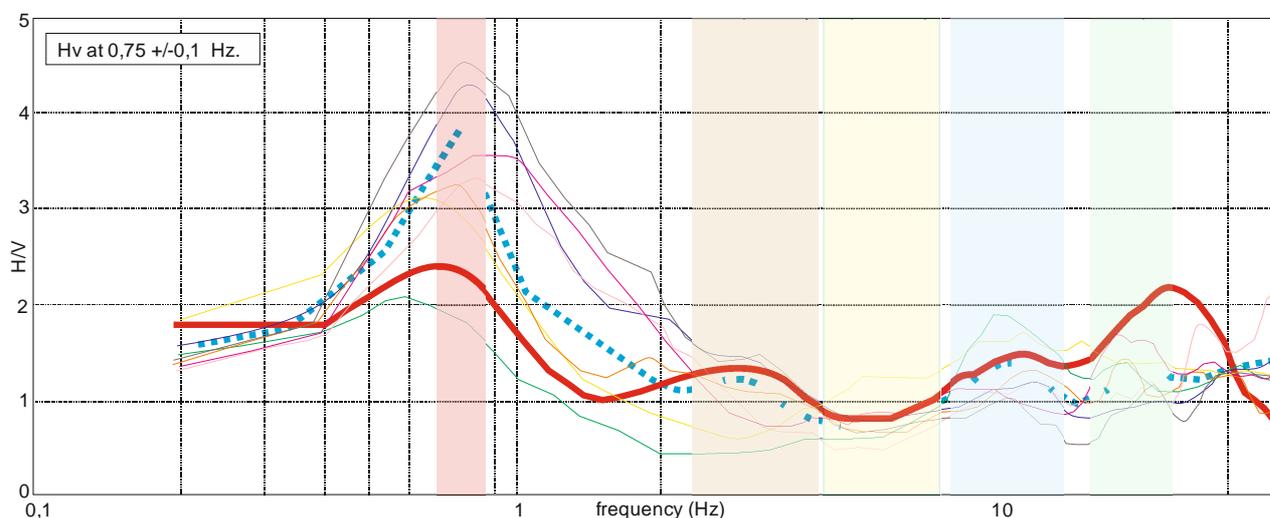


Fig. 12.1 – Curve di H/V messe a confronto, la linea azzurra tratteggiata rappresenta il trend medio delle linee in rosso si evidenzia la curva HVSR n. 1. Lo scostamento pronunciato dell'HVSR n°1 probabilmente dovuto ad una alternanza frequente di sedimenti coerenti ed incoerenti (limi e sabbie) nei primi 30,0 m di terreno

Un'altra differenza è evidenziata dall'HVSR n° 4 dove nei primi 80,0 m la linea H/V non evidenzia inversioni di polarità rispetto alle omologhe evidenziando una sostanziale uniformità dei depositi od una loro consistenza/addensamento pressoché costante.

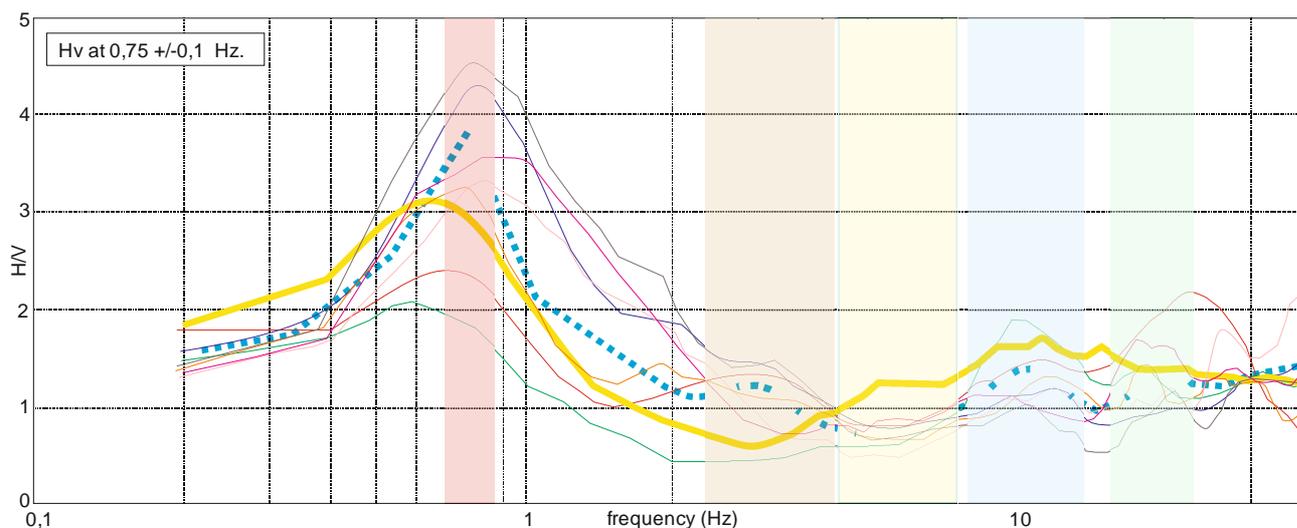


Fig. 12.2 – Curve di H/V messe a confronto, la linea azzurra tratteggiata rappresenta il trend medio di tutte le curve; in giallo si evidenzia la curva HVS n. 4. Non si evidenziano particolari difformità rispetto al trend generale.

L'HVSR n°3 differisce per un picco pronunciato a 10,0 Hz che si riflette probabilmente nella inversione di velocità tra 27,0 e 43,0 m evidenziata anche dall'indagine ad onde passive Re.Mi in sito.

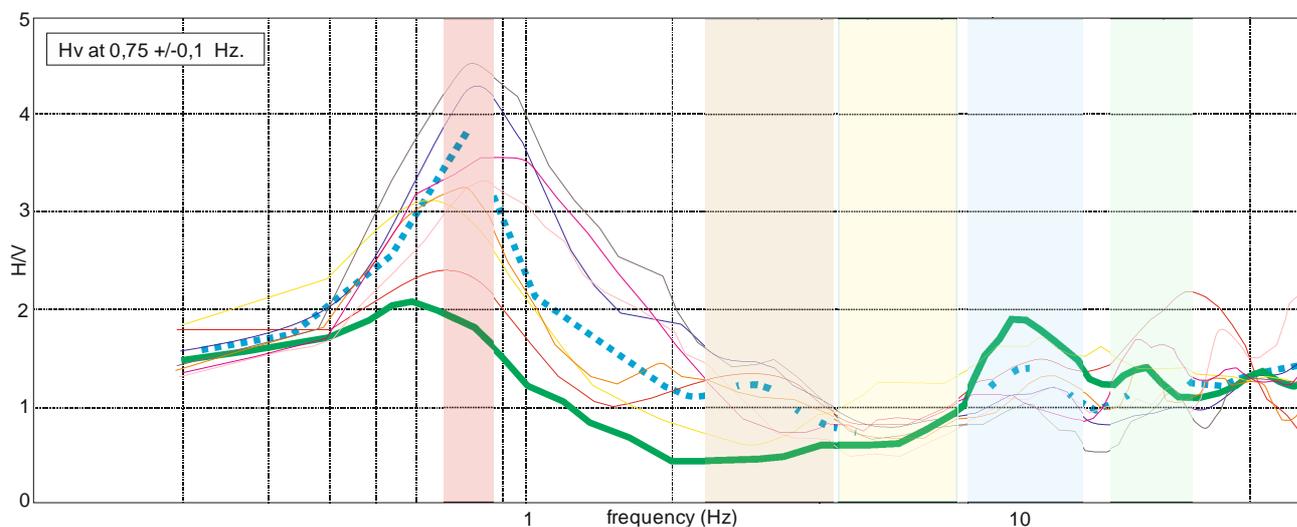
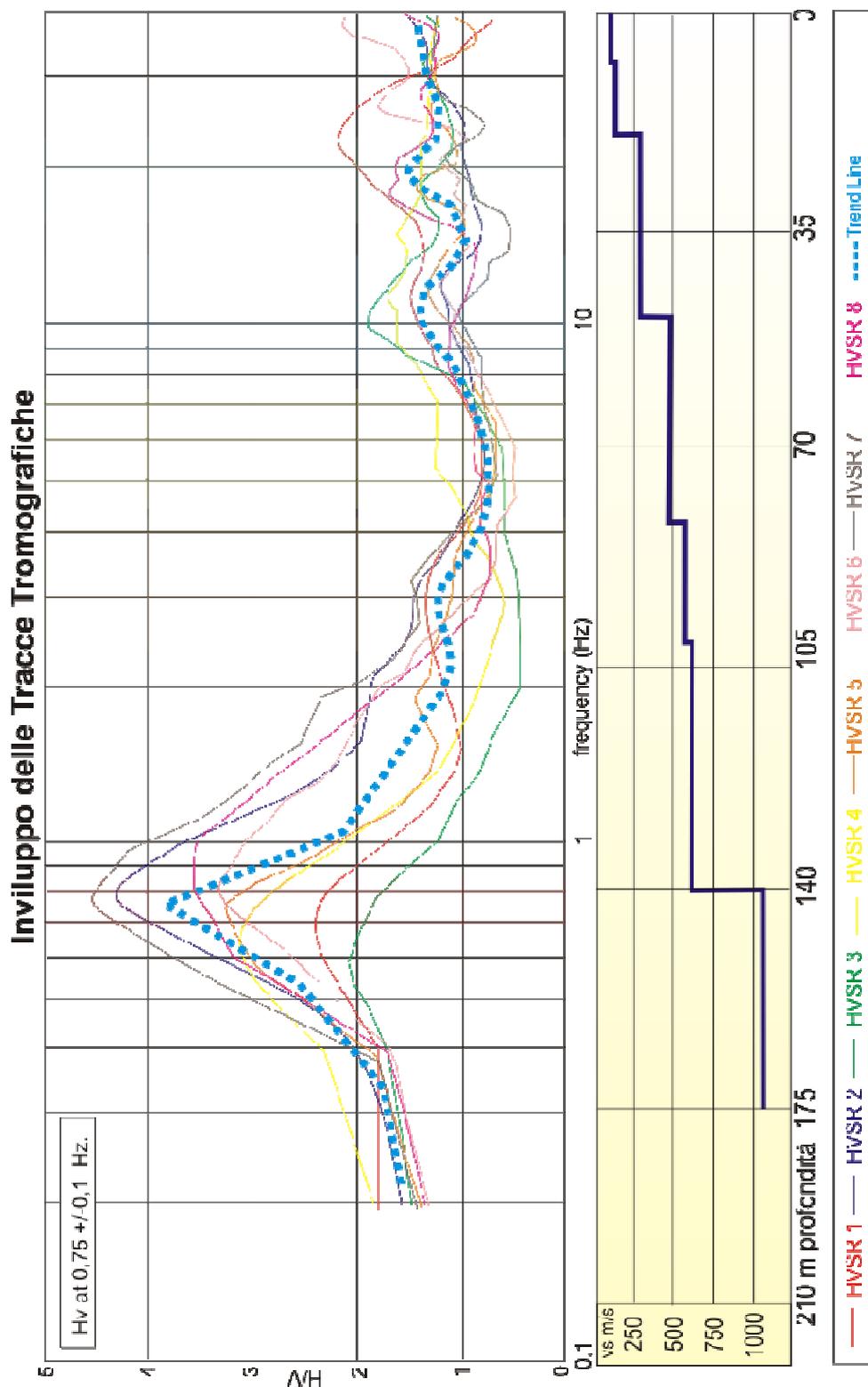


Fig. 12.3 – Curve di H/V messe a confronto, la linea azzurra tratteggiata rappresenta il trend medio delle indagini. Mentre in verde si evidenzia la curva HVSR n. 3 che possiede un picco pronunciato a 10 Hz.

Fig. 12.4– Grafico di comparazione delle trecce H/V, la linea azzurra tratteggiata rappresenta il trend medio. Il grafico di destra mostra il profilo di velocità Vs rispetto alla profondità di indagine.



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

13. INDAGINI GEOTECNICHE: Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

In data 07/04/2010 sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (**CPT**), spinte rispettivamente alla profondità di -20.00 m (CPT n. 1), -25.00 m (CPT n. 2), -27.20 m (CPT n. 3) e di -30.00 m (CPT n. 4) da p.c. dall'attuale piano di campagna.

Il penetrometro utilizzato per realizzare le prove è un GOUDA da 200 kN di spinta, montato su automezzo a trazione integrale. Il dispositivo di misura consiste in una centralina di acquisizione digitale. Il segnale elettrico generato dalla cella di pressione durante l'infissione della CPT viene opportunamente condizionato e amplificato dalla centralina di acquisizione e visualizzato su di un display digitale a quattro cifre.

Le caratteristiche dello strumento impiegato per i sondaggi sono le seguenti:

Punta meccanica	Begemann
Spinta	200 kN
Intervalli di misura	20 cm
Parametri registrati	R_p (resistenza alla punta) RI (resistenza attrito laterale)
Area punta	10 cm²
Angolo alla punta	60°

In allegato (**all. n. 1**) sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove eseguite, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica. Sempre in **allegato n. 1**, tabella dei parametri geotecnici desunti dalle prove penetrometriche statiche CPT, sono visibili gli angoli d'attrito dei terreni attraversati, che si diversificano in base ai diversi autori (es. ϕ **Ca** = Caquot; ϕ **Ko** = Koppejan; ϕ **DB** = De Beer etc.).

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta meccanica Begemann.

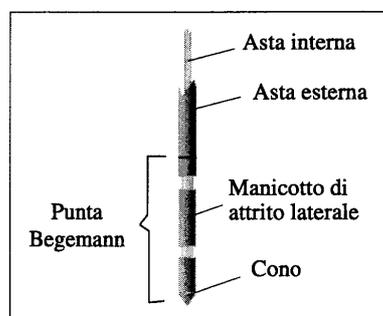


Figura 13.1

La punta (**fig. 13.1**) presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm². Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm².

I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e l'avanzamento dell'insieme punta più aste, verranno registrati ogni 20 cm di avanzamento in profondità.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento (**fig. 13.2**):

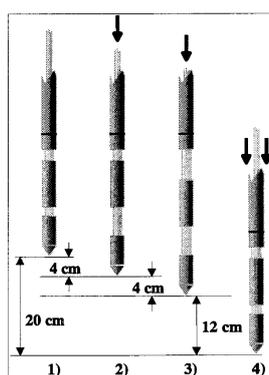


Figura 13.2

- 1) posizione di riposo con punta completamente chiusa;
- 2) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta (Rp);
- 3) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale (RI);
- 4) spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste (Rt).

Nella fase d'avanzamento in cui viene letta la resistenza alla punta, il display restituisce automaticamente il carico unitario di resistenza (Rp) tenuto conto della superficie di infissione di circa 10 cm². Nella fase di avanzamento in cui viene letta la somma delle resistenze alla punta ed al manicotto di frizione il display visualizza il carico assoluto espresso in kg diviso per 10 (RI).

Ad ogni profondità di misura (x), i valori reali della resistenza alla penetrazione della punta "q_c" e dell'attrito laterale locale "f_s" possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$q_c(x) = R_p(x) \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

dove:

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

AP (Area Punta) = 10 cm²

AM (Area Manicotto Laterale) = 150 cm²

$$f_s (X) = (RI(x+1) - Rp(x+1)) \cdot (AP/AM) = (RI(x+1) - Rp(x+1)) / 15$$

La particolare punta utilizzata per la perforazione "Friction Jacket Cone" è servita a determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni investigati: dal rapporto tra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale è infatti possibile risalire, attraverso l'esperienza di **Begemann**, modificata da **Schmertmann** (di seguito descritti), alla granulometria, e di conseguenza alla litologia, dei terreni attraversati dall'indagine.

Metodo di Begemann:

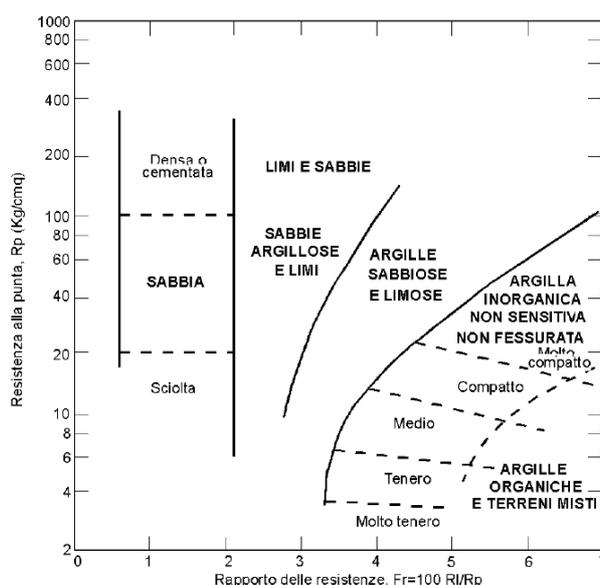
Il metodo di BEGEMANN considera il **rapporto tra Rp e RI** come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto Rp/RI	Litologia
Rp/RI < 15	Argilla organica e torba
15 < Rp/RI < 20	Limo e/o argilla inorganica
30 < Rp/RI < 60	Limo sabbioso e sabbia limosa
Rp/RI > 60	Sabbie o sabbia più ghiaia

Va ricordato che tali correlazioni sono valide solo per terreni immersi in falda.

Metodo di Schmertmann:

Il metodo di SCHMERTMANN considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto delle resistenze **Fr** (con **Fr%=100 RI/Rp**), secondo il grafico seguente:



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 - 41100 Mo - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019 -

e-mail: geo.group@libero.it

14. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E LITOSTRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO DI OGNI AMBITO

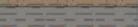
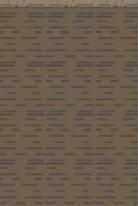
In relazione alla indagini geognostiche effettuate all'interno dei comparti e di repertorio raccolte all'interno del comune di Medolla, sono stati realizzati dei modelli geo-litologici schematici del sottosuolo di ogni comparto qui di seguito descritti.

Si precisa che tali modelli sono da considerarsi indicativi dell'area indagata in questa fase di pianificazione, e dovranno essere verificati con ulteriori indagini geognostiche dirette nella fase successiva di progettazione e nuova edificazione.

1) Ambito AR1: "Ex Covalpa" Ambiti residenziali da riqualificare.

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	-2.40		
	5.00		Limi argillosi a medio-scarso consistenza con sottili livelli sabbiosi
	6.20		Limi argillosi a media consistenza
	7.20		Limi argillosi a scarsa consistenza
	9.40		Sabbie mediamente addensate
	18.00		Limi argillosi a medio-elevata consistenza
	23.00		Sabbie mediamente addensate
	30.00		Limi argillosi ad elevata consistenza

2) Ambito AR2: "Bivio" Ambiti residenziali da riqualificare

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	2.00		Argille limose a medio-scarso consistenza
	5.00		Limi argillosi e sabbiosi a media consistenza
	6.00		Argille limose a scarsa consistenza
	7.40		Limi sabbiosi sciolti
	10.00		Argille limose a scarsa consistenza
	14.00		Limi argillosi debolmente sabbiosi media consistenza
	23.00		Limi argillosi elevata consistenza
	28.00		Sabbie mediamente addensate
	32.00		Limi argillosi elevata consistenza

3) Ambito AN1: "via San Matteo – via Romana nord A" (Ambiti residenziali di nuovo insediamento)

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	2.40		Argille limose sovraconsolidate
	9.00		Limi argillosi e sabbiosi a media consistenza
	15.00		Limi argillosi a elevata consistenza
	25.00		Limi argillosi ad elevata consistenza con sottili livelli sabbiosi
	30.00		Sabbie da mediamente addensate ad addensate

GEO GROUP s.r.l.

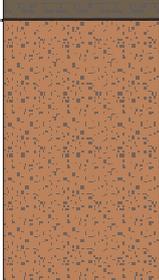
Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

4) Ambito AN2: “via San Matteo – via Romana nord B”

(Ambiti residenziali di nuovo insediamento)

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	-2.80/-2.80		Limi argillosi debolmente sabbiosi a medio scarsa consistenza
	8.50 10.00		Sabbie limose e argillose sciolte Limi argillosi a elevata consistenza con sottili livelli sabbiosi
	24.00 30.00		Sabbie addensate

All'interno dell'ambito AN2 è stata realizzata la prova penetrometrica statica **CPT n. 2** che si è spinta sino alla profondità di -25.00 m da p.c.

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geognostiche eseguite nell'aprile 2010 e illustrate nell'**allegato n. 1**, si evince quanto segue:

la CPT n. 2 ha rilevato la presenza di un primo strato di **depositi argilloso-limosi debolmente sabbiosi a medio-scarsa consistenza**

caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.59 e 2.06 MPa che si approfondiscono sino alla quota di -8.50 m da p.c. Al di sotto di tale livello e sino alla quota di - 10.00 m da p.c. sono presenti **sabbie limose e argillose sciolte (Dr% tra 13 e 26)** caratterizzate da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 1.67 e 2.35 MPa. Proseguendo in profondità si rileva la presenza di **litotipi coesivi limo-argillosi ad elevata consistenza con sottili livelli sabbiosi** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 1.27 e 5.19 MPa sino a - 24.00 m da p.c. Al di sotto di tale livello e sino a - 25.00 m da p.c. (quota di fondo foro) si osservano **depositi granulari sabbiosi addensati (Dr% tra 40 e 63)**.

5) Ambito AN3: “via San Matteo – via Romana sud”

(Ambiti residenziali di nuovo insediamento)

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	-2.80/-2.80		Limi-argillosi a scarsa consistenza con livelli sabbiosi da sciolti a mediamente addensati
	6.40		
	25.00		Limi argillosi ad elevata consistenza (sottili livelli sabbiosi -17.00 m, -22.50 m da p.c.)
	30.00		Sabbie da mediamente addensate ad addensate

All'interno dell'ambito AN3 è stata realizzata la prova penetrometrica statica **CPT n. 4** che è stata spinta sino alla profondità di -30.00 m da p.c.

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geognostiche dirette eseguite nell'aprile 2010, illustrate nell'**allegato n. 1**, si evince quanto segue:

la CPT n. 4 ha rilevato la presenza di un primo strato di **depositi limo-argillosi a scarsa**

consistenza con all'interno livelli sabbiosi da sciolti a mediamente addensati caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.58 e 4.21 MPa che si approfondiscono sino alla quota di -6.40 m da p.c. Proseguendo in profondità si rileva la presenza di **litotipi coesivi limo-argillosi a medio-elevata consistenza** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.88 e 3.92 MPa, sino a -26.00 m da p.c. All'interno di tale livello alla quota di -17.00 m da p.c. e alla quota di -22.50 m da p.c. si rileva la presenza di sottili livelli sabbiosi sciolti. Al di sotto di tale quota e sino a -30.00 m da p.c. (quota di fondo foro) si osservano **depositi granulari sabbiosi addensati (Dr% tra 56 e 82)**.

6) Ambito AN4: "via Bologna"

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	-0.90		
	4.00		Limi argillosi debolmente sabbiosi mediamente consistenti
	6.20		Limi sabbiosi e argillosi sciolti
	8.50		Argille limose a scarsa consistenza
	9.00		Limi sabbiosi deb. argillosi sciolti
	11.60		Argille limose a scarsa consistenza
	14.00		Sabbie mediamente addensate
	16.00		Limi argillosi ad elevata consistenza
	19.00		Limi argillosi e sabbiosi ad elevata consistenza
	30.00		Sabbie addensate

All'interno dell'ambito AN4 è stata realizzata la prova penetrometrica statica **CPT n. 1** che è stata spinta sino alla profondità di -20.00 m da p.c. attuale.

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geognostiche eseguite nell'aprile 2010, illustrate nell'**allegato n. 1**, si evince quanto segue:

la CPT n. 1 ha rilevato la presenza, al di sotto del terreno vegetale (spessore 0.20/0.40

m), di un primo strato di **depositi argilloso-limosi debolmente sabbiosi mediamente consistenti** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.78 e 1.96 MPa che si approfondiscono sino alla quota di -4.00 m da p.c. Al di sotto di tale livello sono presenti **depositi limo sabbiosi e argillosi sciolti (Dr% tra 37 e 63)** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.88 e 2.06 MPa sino alla quota di -6.20 m da p.c. Proseguendo in profondità si rileva la presenza di **litotipi coesivi limo-argillosi a scarsa consistenza** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.39 e 0.98 MPa sino a -8.50 m da p.c. al cui interno si osserva un sottile **livello di limi-sabbiosi sciolti (Dr% tra 20 e 22)**. Al di sotto di tale quota e sino a -14.00 si rileva la presenza di un **livello sabbioso mediamente addensato (Dr% tra 31 e 48)** con valori di **R_p** compresi tra 2.94 MPa e 5.59 MPa mentre sino a -19.00 m da p.c. si osserva la presenza di depositi coesivi **argilloso-limosi e debolmente sabbiosi consistenti** con valori di **R_p** compresi tra 2.45 e 3.82 MPa. Dalla quota di -16.00 m a -20.00 m da p.c. (quota di fondo foro) si osservano **depositi granulari sabbiosi addensati (Dr% tra 37 e 63)**.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 - 41100 Mo - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019 -

e-mail: geo.group@libero.it

7) Ambito APC.t(r)1 : "S.S. 12 – via Artigiani" Ambiti terziari da riqualificare

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	-2.50		Limi argillosi con sottili livelli sabbiosi
	5.00		Limi argillosi a medio-scarso consistenza
	9.00		Limi argillosi a media elevata consistenza con sottili livelli sabbiosi mediamente addensati
	23.50		Sabbie mediamente addensate
	27.00		Limi argillosi a elevata consistenza con sottili livelli sabbiosi
	32.00		

8) Ambito APC.i(ni)1 : "via E. Montale" Ambiti produttivi di nuovo insediamento

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	1.10		Limi argillosi a media consistenza con sottili livelli sabbiosi
	4.00		Argille limose a medio-scarso consistenza
	12.30		Limi argillosi a media elevata consistenza con sottili livelli sabbiosi mediamente addensati
	27.00		Sabbie addensate
	30.00		

All'interno dell'ambito AN3 è stata realizzata la prova penetrometrica statica **CPT n. 3** che è stata spinta sino alla profondità di -27.20 m da p.c. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini eseguite nell'aprile 2010, illustrate nell'**allegato n. 1**, si evince quanto segue: la CPT n. 3 ha rilevato la presenza di un primo strato di **depositi argilloso-limosi con all'interno sottili livelli sabbiosi**

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

a **media consistenza** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.78 e 2.25 MPa che si approfondiscono sino alla quota di -4.00 m da p.c. Al di sotto di tale livello e sino alla quota di - 12.30 m da p.c. sono presenti **depositi coesivi costituiti da argille limose a medio scarsa consistenza** caratterizzate da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.59 e 2.16 MPa. Proseguendo in profondità si rileva la presenza di **litotipi coesivi limo-argillosi a medio-elevata consistenza con sottili livelli sabbiosi** mediamente addensati caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 1.08 e 4.21 MPa, sino a - 27.00 m da p.c. Al di sotto di tale quota e sino a -27.20 m da p.c. (quota di fondo foro) si osservano **depositi granulari sabbiosi addensati (Dr% tra 40 e 63)**.

9) Ambito APC.i(ni)2: "via Montalbano"

Ambiti produttivi di nuovo insediamento

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	-0.90/-1.50 2.00		Argille limose sovraconsolidate
			Limi argillosi a scarsa consistenza
	9.00		Limi argillosi a media consistenza
	14.00		Limi argillosi a media consistenza con sottili livelli sabbiosi
	23.00		Sabbie da mediamente addensate ad addensate
	27.00		Limi argillosi ad elevata consistenza
	32.00		

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – ☎ Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

✉ e-mail: geo.group@libero.it.

15. SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA NEL SOTTOSUOLO

Al termine delle prove penetrometriche CPT in data 07/04/2010 è stata rilevata la soggiacenza della falda freatica all'interno dei fori di sondaggio delle CPT, i valori misurati sono riferiti al livello di piano campagna e sono riassunti nelle seguente tabella. Le misurazioni sono state eseguite mediante freatimetro elettroacustico.

prova penetrometrica	Livello falda (m da p.c.)
CPT n. 1	-0.90
CPT n. 2	-1.00
CPT n. 3	-1.10
CPT n. 4	-3.00

16. MICROZONAZIONE SISMICA: Rischio Sismico

L'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna con Deliberazione n.112 - oggetto n°2131 del 02/05/2007 ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000: "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" e dei suoi allegati.

In tale documento sono forniti i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia ed al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

E' ormai accertato da numerosi studi a livello internazionale che, a parità di magnitudo e localizzazione della sorgente sismica (ipocentro), terreni a caratteristiche fisico-meccaniche diverse subiscono deformazioni di intensità differente. Strumentalmente, ciò è rilevabile attraverso la modifica del moto sismico (*accelerogramma o spettro di risposta elastico*), impressa in termini di accelerazione in un dato periodo di tempo. Il moto sismico, impresso alle particelle, infatti, si propaga in modo continuo nel terreno, ampliandosi o smorzandosi in funzione del grado di addensamento e della viscosità del materiale attraversato, caratterizzandosi per velocità delle onde di taglio (V_s), tanto più veloci quanto più il mezzo attraversato è addensato.

Ciò risulta di primaria importanza per un'attenta analisi della risposta sismica locale, al fine di individuare delle aree soggette ad effetti locali e per orientare un'accurata indagine di campagna finalizzata alla definizione delle proprietà di seguito elencate:

Indagine geologica e geomorfologia classica:

- a) Stratigrafia delle formazioni superficiali, definizione della litostratigrafia, individuazione del contatto tra copertura superficiale e bedrock (*amplificazione litostratigrafica*);
- b) Morfologia di dettaglio dell'area con rilievo delle forme lineari o strutturali che possono generare amplificazione del moto sismico (*amplificazione topografica*).

Studi geofisici specifici:

- c) Profili di velocità delle onde sismiche trasversali V_s nel sottosuolo, determinazione del parametro V_{s30} .

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

✉ Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – ☎ Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

✉ e-mail: geo.group@libero.it.

16.1 Primo livello di approfondimento: Carta delle aree suscettibili di effetti locali

Questa prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti del territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, fenomeni di liquefazione, ecc.).

In particolare il primo livello di approfondimento raggruppa gli studi e la cartografia di base propedeutica alla redazione della “*Carta delle Aree Suscettibili di Effetti Locali*” in cui sono evidenziate le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi.

E' opportuna quindi la realizzazione di un elaborato di sintesi delle conoscenze a livello geologico-geomorfologico e di tipo urbanistico dalla cui integrazione delle informazioni si produce una prima zonizzazione delle aree potenzialmente soggette ad amplificazione di effetto locale a cui si associa un effetto atteso (liquefazione, cedimento, amplificazione del moto etc.).

Tale elaborato di sintesi è propedeutico per la scelta della tipologia di studio e per decidere a quale livello di approfondimento attenersi al fine di meglio caratterizzare una determinata area dal punto di vista sismico (*analisi della microzonazione sismica*).

In allegato sono state riprodotte la “**Carta dei depositi del sottosuolo che possono determinare effetti locali**” (tav n. 5) a scala grafica, e la carta delle “**Aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici**” (tav n. 6) tratte dal PTCP 2009 della Provincia di Modena, nella quale vengono individuati in carta i depositi del sottosuolo che possono determinare effetti locali oltre che la profondità stimata del bedrock. In questa cartografia si rileva quanto segue. Le aree che ricadono in corrispondenza dell'abitato di Medolla e a nord e a ovest di questo si trovano su depositi alluvionali costituiti in prevalenza da **sabbie di canale**: tali depositi sono soggetti ad effetti attesi quali *amplificazione, potenziale liquefazione e cedimenti*, mentre nelle restanti aree a sud e a sud-ovest di Medolla si osservano principalmente litotipi costituiti prevalentemente da **limi e argille** con caratteristiche meccaniche scadenti: tali litotipi sono soggetti ad effetti attesi quali *amplificazione e potenziali cedimenti*. Oltre queste due grandi suddivisioni litologiche si possono individuare nel sottosuolo aree in cui sono presenti **sabbie sepolte del fiume Po**, zone di distribuzione delle sabbie sepolte deposte dal Po prossime alla superficie (profondità <20 m), con tetto della falda acquifera prossimo alla superficie (<15 m), tali condizioni del sottosuolo può essere soggette ad effetti attesi quali: *amplificazione, potenziale liquefazione e possibili cedimenti*.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

Per quanto riguarda la valutazione della **microzonazione sismica** (art.16 - L.R. 20/2000), si ritiene opportuno realizzare approfondimenti di **III livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi** in corrispondenza delle aree caratterizzate dalla presenza di **depositi sabbiosi**, dunque soggette ad amplificazione, a potenziale liquefazione e cedimenti (lotti AN4, AR2, AR1, AN1, AN2, settori settentrionali dei lotti APC.i(ni)2 e APC.t(r)1, settore nord-orientale del lotto AN3).

In corrispondenza delle aree caratterizzate dalla presenza di **depositi limosi e/o argillosi**, dunque soggette ad amplificazione e possibili cedimenti (lotto APC.i(ni)1, settori meridionali dei lotti APC.i(ni)2 e APC.t(r)1, settore sud-occidentale del lotto AN3), si ritiene invece sufficiente realizzare approfondimenti di micro zonazione sismica di **II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico**, mentre sono richiesti approfondimenti di **III livello per la stima di eventuali cedimenti**.

Si veda, a tale proposito, la **tav. n. 7 “Carta delle aree suscettibili di effetti locali”** tratta dalla cartografia del Rischio Sismico della Provincia di Modena redatta nell'ambito del PTCP 2009.

16.2 Secondo livello di approfondimento: Carta di Microzonazione Sismica

Una volta identificati gli scenari che individuano il secondo livello di approfondimento dell'area in oggetto, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione ai sensi del DAL della Regione Emilia Romagna n.112 del 02/05/2007; sarà quindi necessario effettuare studi di microzonazione sismica di dettaglio del territorio indagato.

A tale scopo è stata redatta la “**Carta di Microzonazione Sismica**” (**tav. n. 9**), quale sintesi dei risultati delle indagini della definizione del modello geo-litologico e sismostratigrafico con i profili di velocità di propagazione delle onde di Taglio Vs.

In corrispondenza di ogni ambito è stata redatta una cartografia di dettaglio (alla scala 1:2500 o 1:5000 a seconda delle dimensioni del lotto), nella quale sono ubicate le indagini eseguite, la litologia del sottosuolo affiorante e sepolta all'interno del limite dell'ambito. Per ogni zona e sottozona di ogni area sono indicati il grado di approfondimento sismico e gli effetti locali attesi (potenziale liquefazione e possibili cedimenti). Tale elaborato permetterà di fornire una sintesi della analisi qualitativa e quantitativa della risposta sismica locale di sito.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

Attraverso i profili di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s e la determinazione del parametro V_{s30} , sulla base dei dati bibliografici raccolti e sulla base delle indagini dirette eseguite si è potuto ricostruire un modello geologico che è rappresentabile secondo il *D.A.L. 112 della L.R. 20/2000* come ambito denominato **PIANURA 2** caratterizzato da un *profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di sabbie ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (≥ 100 m da p.c.).*

L'elaborato di **Tav. n. 9 (da 9.1 a 9.10)** riporta, per le aree sismiche zonizzate oggetto di studio, i **coefficienti di amplificazione sismica** rispetto al suolo di riferimento individuato.

Tali coefficienti sono identici per tutte le aree ($V_{s30} \approx 200$ m/s) e valgono:

- **F.A. P.G.A. = 1,5**
- **F.A. SI (0,1<T0<0,5) = 1,8**
- **F.A. SI (0,5<T0<1,0) = 2,5**

Gli effetti topografici sono considerati nulli in quanto non vi sono pendii con inclinazione media inferiore a 15°.

Nelle seguenti schede informative, suddivise per ogni singolo ambito, sono riassunti i principali fattori che possono determinare amplificazione sismica. Le tabelle infatti riassumono in sintesi i parametri utili per la successiva analisi di riposta sismica locale inerente il secondo livello di approfondimento.

AR1 "Ex-Covalpa"

geomorfologia	pianura
litostratigrafia	alluvioni composte in prevalenza da limi-argille al cui interno si individuano a livelli sabbiosi da sciolti ad addensati (sabbie del Po)
fattore di amplificazione topografica	T1=1
substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m slm
categoria del suolo	C
tipo di amplificazione	litostratigrafica
V_{s30}	195 m/s
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5
F.A. Intensità spettrale 0.1s>T0>0.5s	1.8
F.A. Intensità spettrale 0.5s>T0>1.0s	2.5
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149
a max	0.219

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

AR2 "Bivio"

geomorfologia	pianura
litostratigrafia	alluvioni composte in prevalenza da limi-argille al cui interno si individuano a livelli sabbiosi da sciolti ad addensati (sabbie del Po)
fattore di amplificazione topografica	T1=1
substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m slm
categoria del suolo	C
tipo di amplificazione	litostratigrafica
Vs30	206 m/s
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149
a max	0.219

AN1 "Via S. Matteo - via Romana nord A"

geomorfologia	pianura
litostratigrafia	alluvioni composte in prevalenza da limi-argille al cui interno si individuano a livelli sabbiosi da sciolti ad addensati (sabbie del Po)
fattore di amplificazione topografica	T1=1
substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m slm
categoria del suolo	C
tipo di amplificazione	litostratigrafica
Vs30	214 m/s
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149
a max	0.219

AN2 "Via S. Matteo - via Romana nord B"

geomorfologia	pianura
litostratigrafia	alluvioni composte in prevalenza di limi-argille (sabbie del Po)
fattore di amplificazione topografica	T1=1
substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m slm
categoria del suolo	C
tipo di amplificazione	litostratigrafica
Vs30	200 m/s
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149
a max	0.219

AN3 "Via S. Matteo - via Romana sud"

geomorfologia	pianura
litostratigrafia	alluvioni composte in prevalenza di limi-argille. alluvioni composte in prevalenza di limi-argille. (sabbie del Po)
fattore di amplificazione topografica	T1=1
substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m slm
categoria del suolo	C
tipo di amplificazione	litostratigrafica
Vs30	223 m/s
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.150
a max	0.220

AN4 "via Bologna"

geomorfologia	pianura
litostratigrafia	alluvioni composte in prevalenza da limi-argille al cui interno si individuano a livelli sabbiosi da sciolti ad addensati (sabbie del Po)
fattore di amplificazione topografica	T1=1
substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m Vs<800 m/s
categoria del suolo	C
tipo di amplificazione	litostratigrafica
Vs30	207 m/s
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149
a max	0.219

APC.t(r)1 "S.S. 12 via Artigiani"

geomorfologia	pianura
litostratigrafia	alluvioni composte in prevalenza da limi-argille al cui interno si individuano a livelli sabbiosi
fattore di amplificazione topografica	T1=1
substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m Vs<800 m/s
categoria del suolo	C
tipo di amplificazione	litostratigrafica
Vs30	202 m/s
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.15
a max	0.22

APC.i(ni)1 "via E. Montale"

geomorfologia	pianura
litostratigrafia	alluvioni composte in prevalenza di limi-argille
fattore di amplificazione topografica	T1=1
substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m Vs<800 m/s
categoria del suolo	C
tipo di amplificazione	litostratigrafica
Vs30	202 m/s
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.15
a max	0.22

APC.i(ni)2 "via Montalbano"

geomorfologia	pianura
litostratigrafia	alluvioni composte in prevalenza da limi-argille al cui interno si individuano a livelli sabbiosi
fattore di amplificazione topografica	T1=1
substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m Vs<800 m/s
categoria del suolo	C
tipo di amplificazione	litostratigrafica
Vs30	207 m/s
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149
a max	0.219

17. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000

Moto sismico atteso

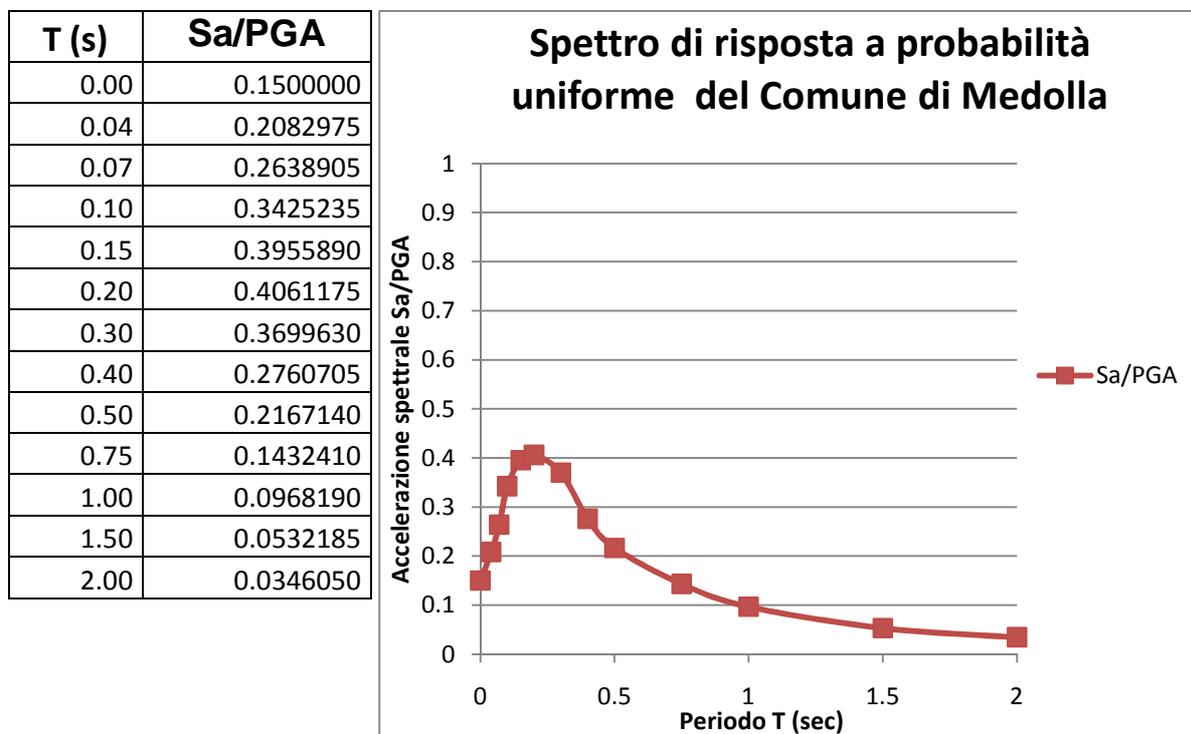
L'analisi approfondita di terzo livello è richiesta in questo caso per le aree nelle quali si intenda localizzare ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento e in cui si siano determinati fattori predisponenti al rischio sismico nei livelli di approfondimento precedenti. In particolare l'area in studio ricade in una zona in cui il primo sottosuolo è costituito da terreni che potrebbero essere soggetti a potenziale liquefazione (se saturi) e a densificazione.

Tale livello di analisi è quindi finalizzato a valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale, pertanto dovrà essere eseguita un'analisi per la riduzione del rischio sismico di terzo livello ai sensi del paragrafo 4.2, lettera D della D.A.L. n.112/07.

La legislazione regionale adotta un'ulteriore classificazione comunale definita ai sensi dell'Allegato 2 della Deliberazione di Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 02/05/2007, in cui sono riportati i valori di a_g (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) per ogni comune dell'Emilia Romagna.

Per il comune di Medolla il valore di accelerazione di picco al suolo ($T=0$), tempo di ritorno = 475 anni, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g è pari a $0.150g$.

Nella stessa norma in Allegato A4 è fornito lo spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari 5%) in Emilia-Romagna. Da tale spettro normalizzato è possibile ottenere lo spettro di risposta a probabilità uniforme del comune di Medolla, moltiplicando i valori di questo (Tab. 1 –All. 4) al valore a_{refg} che è pari a 0.150 (Tab. 2 –All. 4), che viene rappresentato nella seguente figura:



Tab. 17.1 e Fig. 17.1– spettro di risposta a probabilità uniforme del comune di Medolla derivato dallo spettro rappresentativo dell’Emilia Romagna.

Modellazione monodimensionale di amplificazione e risposta sismica

Il modello geologico di sottosuolo e la correlabilità tra gli esiti litologici e meccanici ottenuti dalle prove geognostiche e geofisiche, consentono l'elaborazione di modellazioni numeriche di risposta sismica. A tal fine si è utilizzato il software di calcolo *EERA 2000* (realizzato per verifiche monodimensionali), in grado di raggiungere, tramite una sequenza di analisi lineare completa, valori di rigidezza G e di smorzamento D compatibili con le caratteristiche del modello geo-litologico del sottosuolo di ogni area indagata.

La verifica monodimensionale dell'applicazione locale, tramite l'utilizzo di *EERA 2000* si compone di due fasi: elaborazione del modello e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs). Le stratigrafie che caratterizzano i diversi modelli in relazione alla profondità e alla stima della quota del bedrock sismico derivano dagli esiti delle prove geognostiche e geofisiche eseguite per questo lavoro e di repertorio: le stratigrafie più profonde (oltre 30 m) sono

estrapolate o dai sondaggi della Banca Dati Geognostica della R.E.R., e la quota presunta del bedrock sismico è stata ottenuta dalla cartografia di pianificazione sismica della Provincia di Modena (vedi Tav. n. 5).

Per l'elaborazione del modello di simulazione sismica occorre l'inserimento dei dati (accelerazioni, intervalli di tempo) relativi ai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Motion database" e forniti dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli regionale (Alleg. A4 DAL della Regione Emilia Romagna n.112 del 02/05/2007). Si tratta di sismi verificatisi nel territorio del comune oggetto di studio. Questi tre segnali, già "scalati" rispetto al comune a cui si riferiscono ($a_{refg}=0.15g$), sono rappresentati da tre differenti accelerogrammi di progetto:

- Impulsivo;
- con ampio contenuto in frequenze;
- con componente predominante alle altre frequenze.

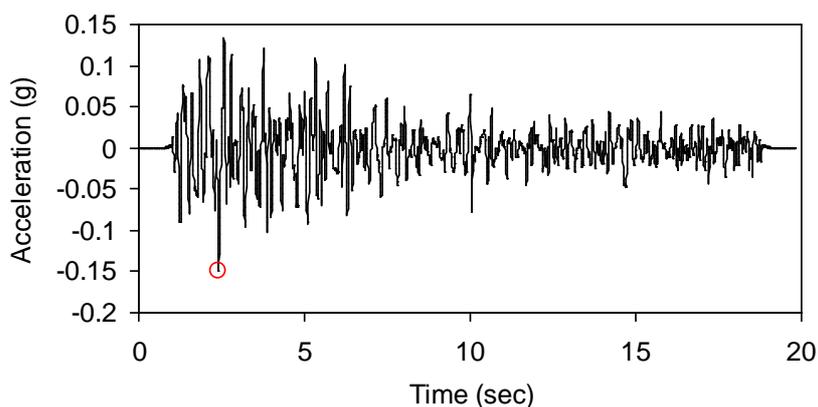


Fig. 17.2 Grafico del segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy

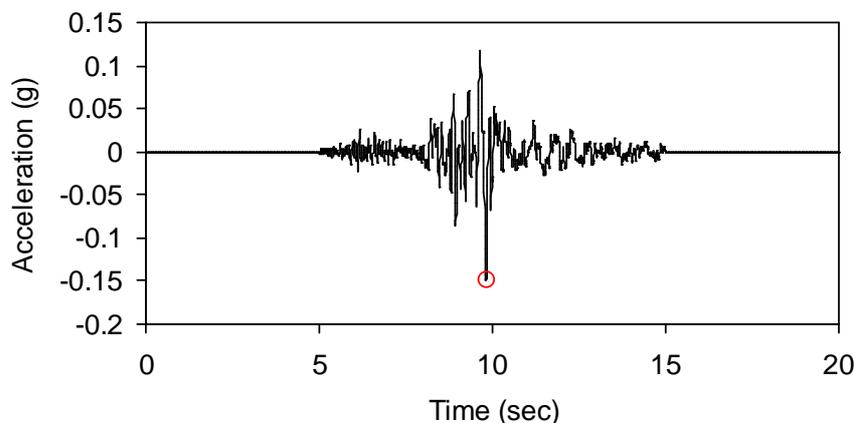


Fig. 17.2 Grafico del segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

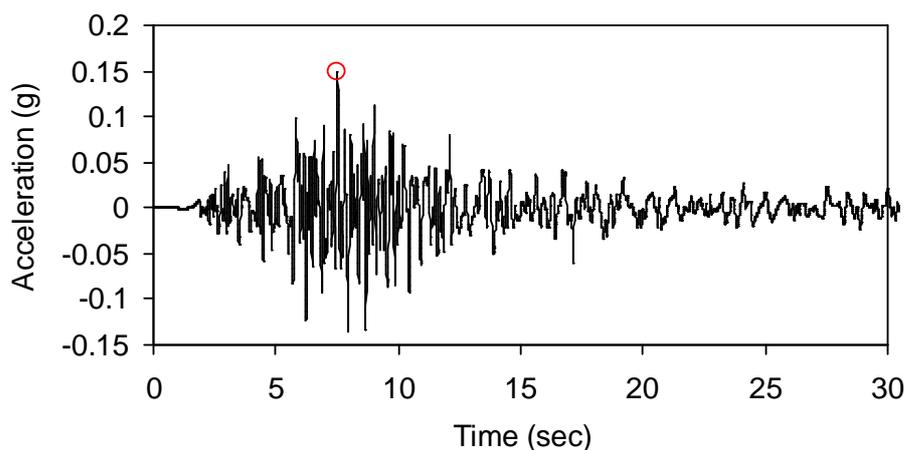


Fig. 17.2 Grafico del segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

La seconda fase di elaborazione permette di ottenere due differenti “spettri di risposta”, ognuno dei quali descrive il diverso comportamento relativo ad ogni singolo strato della colonna litologica tipo, rispetto all’input sismico utilizzato. Questi “spettri” vengono ripresi nell’ambito della progettazione per la verifica sismica delle strutture.

Il primo spettro ottenuto riguarda la PSA. Viene mostrato il comportamento dell’accelerazione spettrale attraverso i diversi strati che compongono la colonna litologica tipo utilizzata nella modellizzazione per diversi valori di periodo: da 0 a 3 secondi (valori equiparabili ad edifici di varia altezza da un piano a torri molto alte).

Il secondo spettro ottenuto riguarda la PSV, ossia la pseudovelocità. Questo mostra il comportamento della velocità spettrale, in funzione del periodo (T) compreso tra 0 e 3 secondi, nei diversi layers della colonna litologica, in base all’input sismico applicato. I risultati di questa analisi sono utilizzabili per il calcolo del fattore SI-Intensità spettrale di Housner, richiesto nel terzo livello di caratterizzazione (Delibera regionale n. 112/2007). L’intensità di Housner-SI è un indicatore della pericolosità sismica ed è definito come l’area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità in un intervallo prefissato di frequenze. Questa grandezza è direttamente correlabile all’energia che viene dissipata nelle strutture durante un terremoto e quindi espressione del possibile grado di danneggiamento subito dagli edifici.

In **allegato n. 6** si riportano i grafici ottenuti dall’elaborazione di ogni singolo ambito individuato da tale progetto del territorio di Medolla. Di seguito si rappresentano a titolo esemplificativo i grafici e i parametri dei fattori di amplificazione ottenuti dalla modellizzazione dei 3 input sismici di sito per il lotto AR1.

Ambito AR1

1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy

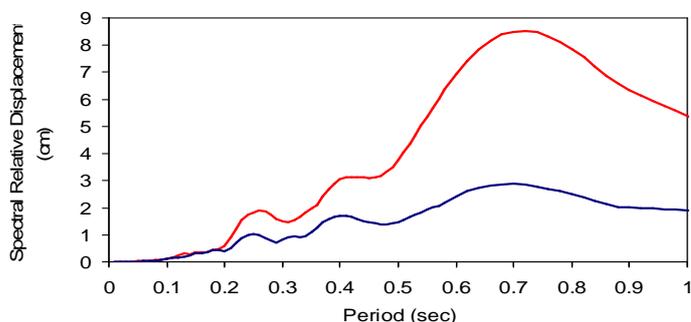
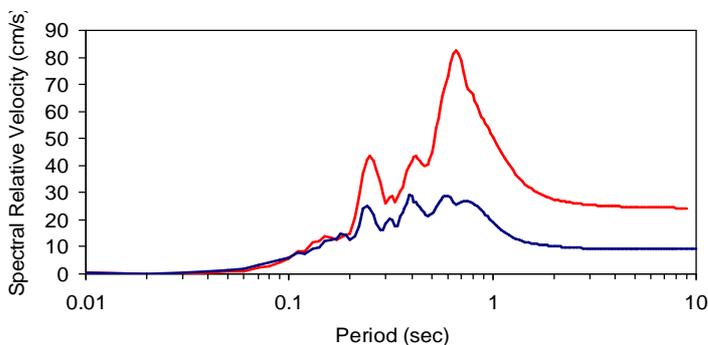
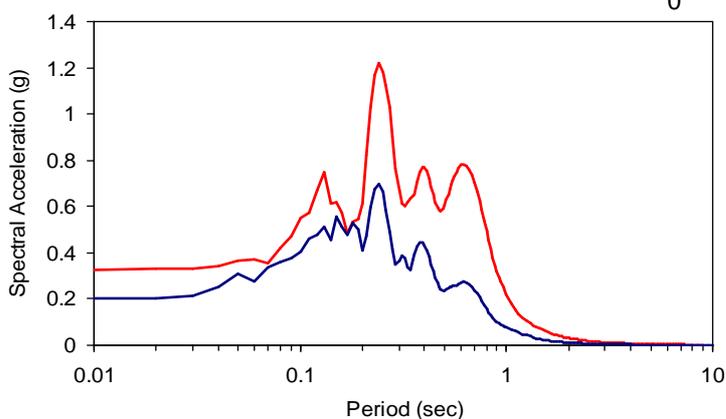
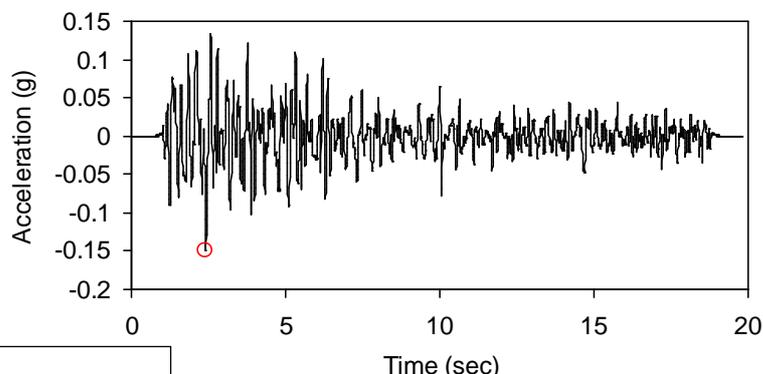
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.22	2.20	2.96



Valutazione del coefficiente di amplificazione litologica, del potenziale liquefazione e dei cedimenti attesi. Approfondimenti di III° LIVELLO

Ambito AR1

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

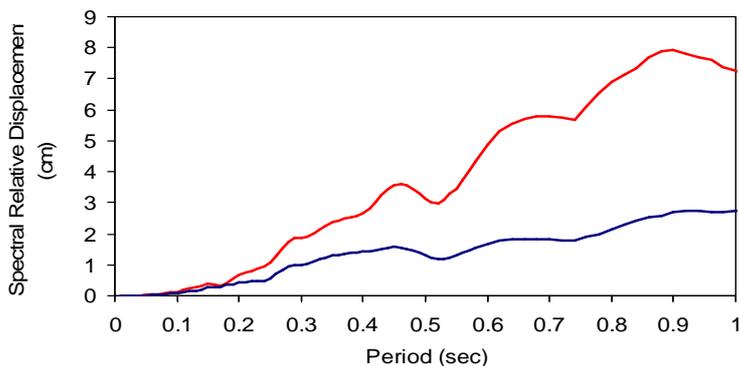
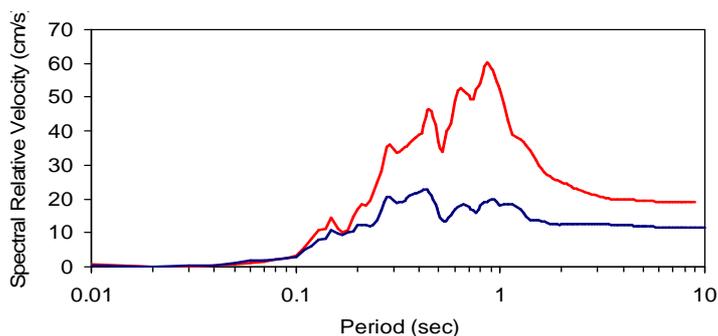
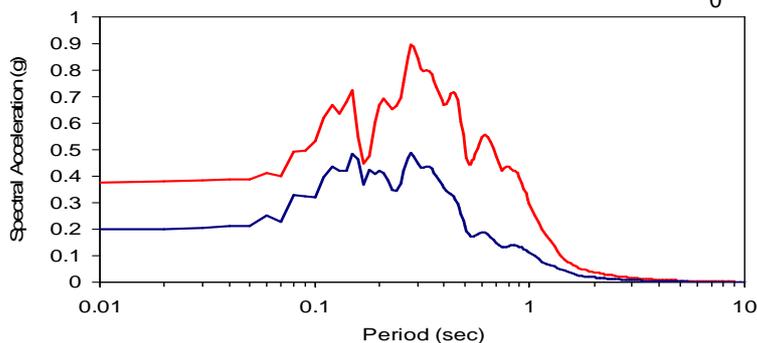
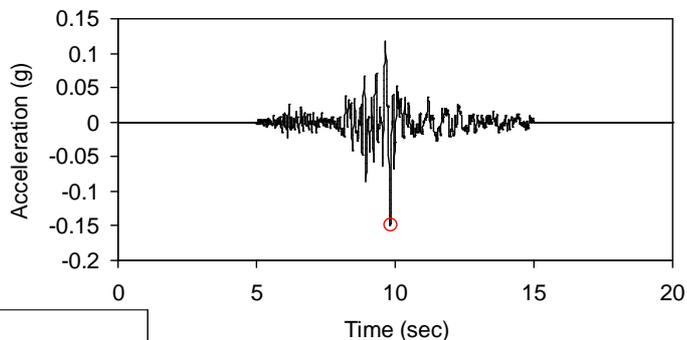
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 1.0\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
0.89	2.29	2.91



Ambito AR1

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

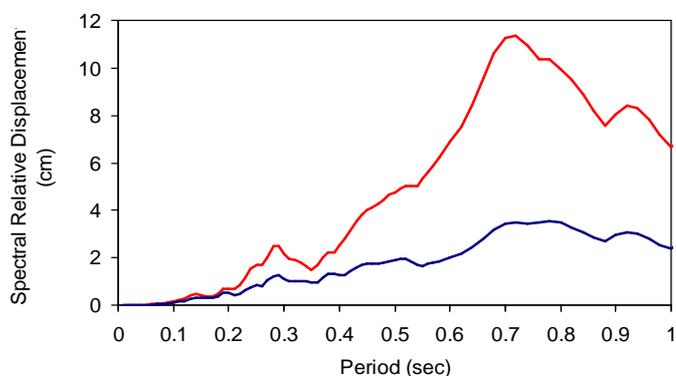
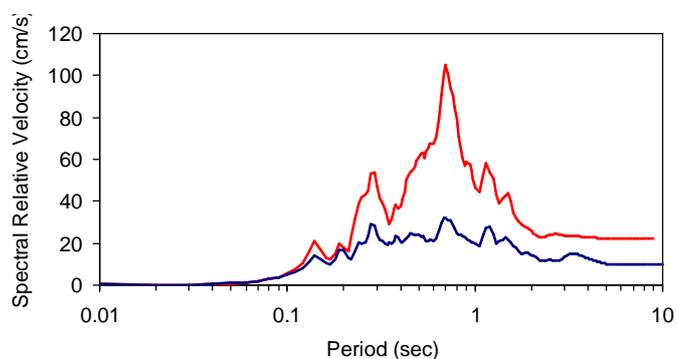
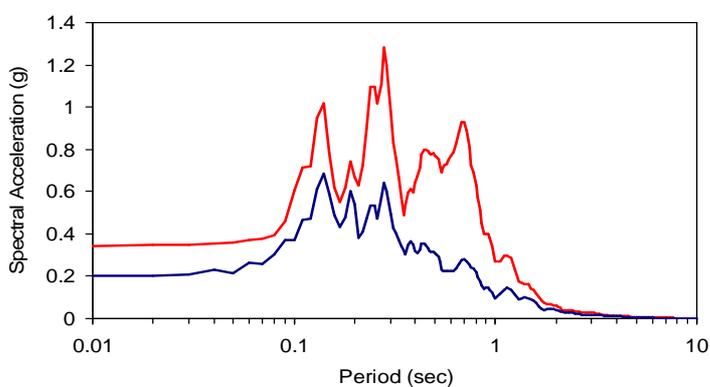
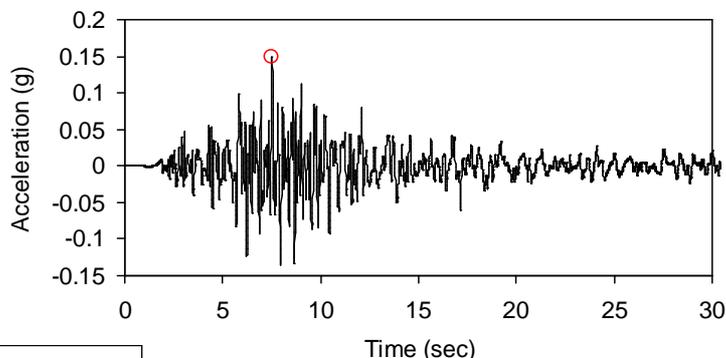
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.28	2.50	3.21



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 - 41100 Mo - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019 -

e-mail: geo.group@libero.it

18. STIMA DEI CEDIMENTI PERMANENTI POST-SISMICI

In accordo con l'art.16, comma 1 della LR 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "***Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica***" (Proposta dalla Giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n.1), è stata eseguita una **stima dei cedimenti permanenti post-sismici** del terreno di fondazione (**Allegato A3** della sopracitata normativa).

Il calcolo dei cedimenti sismici è stato effettuato per ognuna delle n. 4 verticali di prova indagate (CPT 1, CPT 2, CPT 3 e CPT 4), tenendo conto dell'amplificazione locale della risposta sismica.

In particolare, per ogni verticale di prova è stata effettuata una discretizzazione dei depositi incontrati, distinguendoli in:

- depositi granulari saturi;
- depositi granulari non saturi;
- depositi coesivi.

Per ogni strato così individuato è stato eseguito il calcolo dei cedimenti post-sismici.

1 – Terreni granulari saturi non liquefacibili

In particolare, per quanto riguarda i **depositi granulari saturi**, la stima dei cedimenti è stata eseguita in accordo con quanto prescritto al **punto (B)** del citato Allegato A3, tenendo presente però che in questo specifico caso si tratta di **terreni non liquefacibili (FL > 1)**.

L'espressione utilizzata per il calcolo dei cedimenti post-sismici è dunque la seguente:

$$\Delta H = H \frac{\alpha Cr}{1+e_0} \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

dove: H = spessore dello strato considerato;

α = costante sperimentale, assunta, in prima approssimazione, uguale a 1;

e_0 = indice dei vuoti iniziale (da prove edometriche eseguite su analoghi litotipi, prelevati nelle immediate vicinanze del lotto è stato ottenuto il valore di: $e_0 = 0.78$);

Cr = indice di riconsolidazione postciclica: $Cr = 0.225 Cc$;

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – ☎ Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

✉ e-mail: geo.group@libero.it.

Cc = indice di compressione (da prove edometriche eseguite su analoghi litotipi, prelevati nelle immediate vicinanze del lotto è stato ottenuto il valore di: Cc = 0.16);

$\Delta u/\sigma'_o$ = rapporto di pressione interstiziale (r_u) che, per terreni non liquefacibili ($F_L > 1$) come in questo caso, può essere ricavato con la relazione: $\Delta u/\sigma'_o = F_L^{-7}$;

F_L = fattore di sicurezza alla liquefazione, ottenuto dalle "verifiche alla liquefazione"

L'espressione utilizzata per il calcolo dei cedimenti post-sismici dei terreni granulari non liquefacibili diviene dunque:

$$\Delta H = H \frac{0.036}{1.78} \log\left(\frac{1}{1 - F_L^{-7}}\right)$$

2 – Terreni granulari non saturi

Per quanto riguarda i **depositi granulari non saturi**, la stima dei cedimenti è stata eseguita in accordo con quanto prescritto al **punto (D)** del citato Allegato A3.

L'espressione utilizzata per il calcolo dei cedimenti post-sismici è dunque la seguente:

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

dove ε_v (rapporto di compressione volumetrica) è stato determinato sulla base della *Tabella 7* di seguito riportata.

Tabella 7 – Valori del rapporto di compressione volumetrica $\varepsilon_v = \frac{\Delta H}{H}$ in funzione dell'accelerazione a_{max} e del numero dei colpi corretto $(N_1)_{60}$

a_{max} [g]	ε_v	ε_v	ε_v
	$(N_1)_{60} = 10$	$(N_1)_{60} = 20$	$(N_1)_{60} = 40$
0.05	0.02	0.01	-
0.10	0.03	0.015	-
0.15	0.05	0.02	-
0.20	0.07	0.03	0.005
0.25	0.12	0.04	0.007
0.30	0.15	0.05	0.010
0.35	0.18	0.06	0.015
0.40	0.23	0.075	0.02

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

Relativamente ai valori di a_{max} , di seguito si riportano i valori utilizzati per ogni verticale di prova:

Prova	a_{max} [g]
CPT 1	0.219
CPT 2	0.219
CPT 3	0.220
CPT 4	0.220

Per quanto riguarda il numero di colpi corretto:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \cdot C_N$$

con $C_N = (Pa/\sigma_v')^{0.5}$, essendo Pa la pressione atmosferica e σ_v' la pressione efficace verticale.

Si precisa che il valore di N_{SPT} è stato ricavato dai valori di resistenza alla punta q_C del penetrometro statico, mediante la correlazione di *Norme AGI – associazione geotecnica italiana*:

$$q_C = B \cdot N_{SPT}$$

dove, per quanto riguarda la costante "B", si fa riferimento alla seguente Tabella dei fattori di conversione $q_C - N_{SPT}$

B	Descrizione litologica
2	Argilla limosa o sabbiosa
3	Limo sabbioso
4	Sabbia fine
5	Sabbia medio-fine
8	Sabbia medio-grossolana
10	Sabbia grossolana
8-18	Sabbia ghiaiosa
12-18	Ghiaia sabbiosa

3 – Terreni coesivi

Per quanto riguarda infine i **depositi coesivi**, la stima dei cedimenti è stata eseguita in accordo con quanto prescritto al **punto (E)** del citato Allegato A3.

L'espressione utilizzata per il calcolo dei cedimenti post-sismici è dunque la seguente:

$$\Delta H = H \frac{\alpha Cr}{1+e_0} \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

dove: H = spessore dello strato considerato;

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

α = costante sperimentale, assunta, in prima approssimazione, uguale a 1;

e_0 = indice dei vuoti iniziale (da prove edometriche eseguite su analoghi litotipi, prelevati nelle immediate vicinanze del lotto è stato ottenuto il valore di: $e_0 = 0.78$);

C_r = indice di riconsolidazione postciclica: $C_r = 0.225 C_c$;

C_c = indice di compressione (da prove edometriche eseguite su analoghi litotipi, prelevati nelle immediate vicinanze del lotto è stato ottenuto il valore di: $C_c = 0.16$);

$\Delta u/\sigma'_o$ = rapporto di pressione interstiziale (r_u), è stato valutato con la Tabella 2 riportata di seguito, in funzione della deformazione massima τ_{max} indotta dal terremoto, dove

$$T_{max} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF};$$

con:

a_{max} = accelerazione sismica massima;

g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

σ'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;

r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:

$$r_d = 1 - 0.00765z \text{ per } z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \text{ per } 9.15 < z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.774 - 0.008z \text{ per } 23 < z \leq 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0.5 \text{ per } z > 30 \text{ m}$$

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma.

Si precisa che per il calcolo dei cedimenti non è stato considerato il primo metro di profondità (da p.c. a -1,00), in previsione di un futuro intervento edificatorio con fondazioni dirette impostate a -1,00 m di profondità.

Inoltre, il calcolo ha interessato la **profondità massima di 10,00 m** in quanto, in previsione di interventi edificatori, i bulbi di pressione indotti dal carico di eventuali fabbricati interesserebbero soprattutto i primi 10.00 m; a profondità superiori i cedimenti sono trascurabili.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

18.1. Verticale di prova – CPT n. 1

1° STRATO: da -1,00 m a -3,00 m (H = 2,00 m)

Terreni coesivi saturi

Si ottiene un valore di $T_{max} \% = 0,188 \cdot 10^{-3}$, da cui $r_u = 0,4$

Ne consegue: **$\Delta H = 0,887$ cm**

2° STRATO: da -3,00 m a -7,00 m (H = 4,00 m)

Terreni incoerenti saturi con $F_L > 1$

Per lo strato considerato si ottiene un valore di F_L medio = 1,6475, da cui $F_L^{-7} = 0,03$

Ne consegue: **$\Delta H = 0,107$ cm**

3° STRATO: da -7,00 m a -10,00 m (H = 3,00 m)

Terreni coesivi saturi

Si ottiene un valore di $T_{max} \% = 0,246 \cdot 10^{-3}$, da cui $r_u = 0,4$

Ne consegue: **$\Delta H = 1,331$ cm**

In corrispondenza della verticale di prova CPT n. 1 si ottiene un **cedimento totale post-sismico (calcolato da -1,00 a -10,00 m da p.c.) pari a 2,32 cm.**

18.2. Verticale di prova – CPT n. 2

1° STRATO: da -1,00 m a -2,50 m (H = 1,50 m)

Terreni coesivi saturi

Si ottiene un valore di $T_{max} \% = 0,104 \cdot 10^{-3}$, da cui $r_u = 0,4$

Ne consegue: **$\Delta H = 0,6655$ cm**

2° STRATO: da -2,50 m a -6,00 m (H = 3,50 m)

Terreni incoerenti saturi con $F_L > 1$

Per lo strato considerato si ottiene un valore di F_L medio = 1,75, da cui $F_L^{-7} = 0,0199$

Ne consegue: **$\Delta H = 0,061$ cm**

3° STRATO: da -6,00 m a -8,50 m (H = 2,50 m)

Terreni coesivi saturi

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

Si ottiene un valore di $T_{max} \% = 0,245 \cdot 10^{-3}$, da cui $r_u = 0,4$

Ne consegue: **$\Delta H = 1,109 \text{ cm}$**

4° STRATO: da -8,50 m a -10,00 m (H = 1,50 m)

Terreni incoerenti saturi con $F_L > 1$

Per lo strato considerato si ottiene un valore di $F_L \text{ medio} = 1,38$, da cui $F_L^{-7} = 0,105$

Ne consegue: **$\Delta H = 0,144 \text{ cm}$**

In corrispondenza della verticale di prova CPT n. 2 si ottiene un **cedimento totale post-sismico (calcolato da -1,00 a -10,00 m da p.c.) pari a 1,98 cm.**

18.3. Verticale di prova – CPT n. 3

1° STRATO: da -1,00 m a -2,50 m (H = 1,50 m)

Terreni coesivi saturi

Si ottiene un valore di $T_{max} \% = 0,171 \cdot 10^{-3}$, da cui $r_u = 0,4$

Ne consegue: **$\Delta H = 0,6655 \text{ cm}$**

2° STRATO: da -2,50 m a -4,00 m (H = 1,50 m)

Terreni incoerenti saturi con $F_L > 1$

Per lo strato considerato si ottiene un valore di $F_L \text{ medio} = 3,72$, da cui $F_L^{-7} = 0,0001$

Ne consegue: **$\Delta H = 0,0001 \text{ cm}$**

3° STRATO: da -4,00 m a -10,00 m (H = 6,00 m)

Terreni coesivi saturi

Si ottiene un valore di $T_{max} \% = 0,237 \cdot 10^{-3}$, da cui $r_u = 0,4$

Ne consegue: **$\Delta H = 2,662 \text{ cm}$**

In corrispondenza della verticale di prova CPT n. 3 si ottiene un **cedimento totale post-sismico (calcolato da -1,00 a -10,00 m da p.c.) pari a 3,33 cm.**

18.4. Verticale di prova – CPT n. 4

In corrispondenza della CPT n. 4 è stato rilevato un livello piezometrico $D_W = -3.00$ m da p.c.; si tratta tuttavia di un livello anomalo se confrontato con le numerosissime indagini effettuate nelle vicinanze dell'area in esame. Di conseguenza, per la verifica dei cedimenti post-sismici è stato ipotizzato un livello piezometrico $D_W = -1.00$ m da p.c.

1° STRATO: da -1,00 m a -1,80 m (H = 0,80 m)

Terreni incoerenti saturi con $F_L > 1$

Per lo strato considerato si ottiene un valore di F_L medio = 5,68, da cui $F_L^{-7} = 5,243 \cdot 10^{-6}$

Ne consegue: $\Delta H = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ cm} \approx 0 \text{ cm}$

2° STRATO: da -1,80 m a -3,20 m (H = 1,40 m)

Terreni coesivi saturi

Si ottiene un valore di $T_{\max} \% = 0,14 \cdot 10^{-3}$, da cui $r_u = 0,4$

Ne consegue: $\Delta H = 0,621 \text{ cm}$

3° STRATO: da -3,20 m a -4,80 m (H = 1,60 m)

Terreni incoerenti saturi con $F_L > 1$

Per lo strato considerato si ottiene un valore di F_L medio = 2,21, da cui $F_L^{-7} = 0,0039$

Ne consegue: $\Delta H = 0,0054 \text{ cm}$

4° STRATO: da -4,80 m a -10,00 m (H = 5,20 m)

Terreni coesivi saturi

Si ottiene un valore di $T_{\max} \% = 0,2 \cdot 10^{-3}$, da cui $r_u = 0,4$

Ne consegue: $\Delta H = 2,307 \text{ cm}$

In corrispondenza della verticale di prova CPT n. 4 si ottiene un **cedimento totale post-sismico (calcolato da -1,00 a -10,00 m da p.c.) pari a 2,93 cm.**

18.5. Riepilogo dati dei cedimenti post-sismici

Si riassumono di seguito i cedimenti post-sismici permanenti ottenuti dalle verifiche eseguite.

Verticale di prova	Cedimenti post-sismici permanenti	Profondità di calcolo considerata
CPT n. 1	2,32 cm	Da -1,00 a -10,00 m da p.c.
CPT n. 2	1,98 cm	Da -1,00 a -10,00 m da p.c.
CPT n. 3	3,33 cm	Da -1,00 a -10,00 m da p.c.
CPT n. 4	2,93 cm	Da -1,00 a -10,00 m da p.c.

19. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio, con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

I fenomeni di liquefazione interessano i **depositi sabbiosi saturi** e dipendono da:

- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- genesi e storia geologica dei terreni;
- fattori ambientali.

Un **terreno incoerente saturo**, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana).

Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante.

Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento.

Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità.

Di conseguenza, maggiore è la **durata di un terremoto** (maggior numero di cicli), più alta è la possibilità che si arrivi alla liquefazione.

Inoltre, maggiore è l'**ampiezza della vibrazione** e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

Il terreno può essere però soggetto a sforzi di taglio statici dovuti alla presenza di strutture in superficie o alla sua particolare posizione (per es. al di sotto di un versante).

In questo caso l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione dipende, oltre che dalle caratteristiche del sisma, anche dal rapporto che si stabilisce tra le tensioni di taglio indotte da quest'ultimo e quelle statiche preesistenti al terremoto.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il **grado di addensamento** del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Anche la **distribuzione**, la **forma delle particelle** e il **grado di uniformità** influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso.

Per quanto riguarda la **storia delle sollecitazioni sismiche**, si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di riliquefazione.

I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti.

A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo.

Inoltre, la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile e omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

Dopo aver caratterizzato il terreno attraverso l'interpretazione di dati dalla prova penetrometrica statica CPT eseguita, è stata eseguita una stima del rischio di liquefazione di terreni sotto falda in condizioni sismiche, mediante il metodo semplificato di "**Robertson e Wride**".

I metodi semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'*accelerazione sismica orizzontale massima* in superficie e della *magnitudo di riferimento*.

I dati del sisma di progetto sono stati ricavati attraverso l'analisi probabilistica dei dati del Catalogo Sismico Nazionale.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la **resistenza al taglio mobilabile nello strato (R)** e lo **sforzo tangenziale indotto dal sisma (T)**.

In pratica si avrà:

$$F_s = \frac{R}{T}.$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione se il coefficiente di sicurezza F_s sarà minore di 1.

La grandezza **T** dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto).

R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche statiche.

La grandezza **T** viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} r_d \frac{1}{MSF};$$

dove:

a_{\max} = accelerazione sismica massima;

g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

σ_{v0}' = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;

r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:

$$r_d = 1 - 0.00765z \text{ per } z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \text{ per } 9.15 < z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.774 - 0.008z \text{ per } 23 < z \leq 30 \text{ m}$$

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it.

$r_d=0.5$ per $z>30$ m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma.

Il metodo di Robertson e Wride permette di correlare la resistenza al taglio **R** mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica (CPT). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \quad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50 \text{ e}$$

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

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente.

Viene considerato **non** liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1$.

Calcolo dell'indice di liquefacibilità

Una stima del rischio di liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione **IL**.

Tale indice viene definito dalla seguente relazione:

$$IL = \sum_{i=1}^n FW(z) \Delta z$$

dove:

n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;

F = $1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0,5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

In base al valore di IL ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la seguente tabella:

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
$0 < IL \leq 5$	Basso
$5 < IL \leq 15$	Alto
$15 < IL$	Molto alto

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 - 41100 Mo - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019 -

e-mail: geo.group@libero.it

In tutte le verifiche eseguite è stato ottenuto un valore di **IL = 0.0**, indice di un **rischio di liquefazione “molto basso”** e il fattore di sicurezza calcolato ed esposto nel grafico (**Allegato n. 4**) è risultato sempre **Fs >1** considerando una Magnitudo di riferimento **M = 4.6** e un'accelerazione sismica di progetto pari a **a_g = 0.22g** riferita al bedrock, secondo il **D.M. 14 Gennaio 2008**).

20. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

All'interno del Comune di Medolla sono state individuate n°9 aree di nuovo insediamento e/o riqualificazione ai sensi del PRG, denominate rispettivamente: Ambito **AR1** - "Ex Covalpa", Ambito **AR2** - "Bivio", Ambito **AN1** - "via San Matteo – via Romana nord A", Ambito **AN2** - "via San Matteo – via Romana nord B", Ambito **AN3** - "via San Matteo – via Romana sud", Ambito **AN4** - "via Bologna", Ambito **APC.t(r)1** - "S.S. 12 – via Artigiani", Ambito **APC.i(ni)1** - "via E. Montale", Ambito **APC.i(ni)2** - "via Montalbano".

Scopo del presente studio è stato quello di analizzare tutti gli aspetti inerenti la riduzione del Rischio Sismico di queste n°9 aree destinate alla trasformazione urbanistica dal PSC e ubicate all'interno del territorio comunale di Medolla, in provincia di Modena.

In corrispondenza di ogni singolo ambito soggetto a nuovo insediamento e/o riqualificazione ai sensi del PRG vigente, è stata attuata un'analisi di pericolosità, di vulnerabilità e dell'esposizione al Rischio Sismico in conformità con quanto prescritto dalla legislazione vigente (Art. A-2 comma 4, L.R. 20/2000, D.A.L. 112/2007; art. 5 L.R. 19/2008 e Titolo 4, art.14 delle Norme del PTCP 2009).

Le aree oggetto di studio sono identificate all'interno del PSC come "*ambiti territoriali da riqualificare*" e "*ambiti territoriali di nuovo insediamento*" sia di tipo residenziale, che produttivo e/o terziario.

Come suddetto, le aree in esame si collocano all'interno del territorio comunale di Medolla; esse sono dunque comprese nella zona della bassa pianura modenese e si trovano ad una quota topografica variabile da 19.0 a 21.0 m rispetto al livello del mare.

Dal punto di vista della **litologia di superficie**, nelle aree in esame sono presenti depositi alluvionali di deposizione di ambiente fluviale di litologia in prevalenza argillosa, denominati "**a^S – Argille sabbiose e sabbie argillose**" (*tavola n. 4* allegata). Tali litotipi sono disposti in orizzonti lentiformi che sfumano più o meno gradualmente tra loro e che evidenziano una distribuzione non omogenea, ma legata alle passate evoluzioni idrografiche dei fiumi e corsi d'acqua che hanno generato il territorio.

Per quanto riguarda le caratteristiche del **sottosuolo in profondità**, sono state analizzate le carte dei "*Depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie*" (un cui estratto è riportato nella *tavola n. 5* allegata) e delle "*Aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici*" (un cui estratto è riportato nella *tavola n. 6* allegata), redatte dalla Provincia di Modena nell'ambito del progetto PTCP 2009 in relazione agli studi di microzonazione sismica del territorio provinciale. Osservando tali carte si nota che vi sono

depositi prevalentemente sabbiosi nel settore nord-orientale del territorio comunale di Medolla; nel settore sud-occidentale si osservano invece depositi prevalentemente limo-argillosi. Troviamo inoltre le sabbie sepolte del Fiume Po in una fascia che attraversa l'abitato di Medolla e disposta da nord-ovest a sud-est.

Per quanto riguarda la **Zonazione sismogenetica**, si è presa in considerazione la pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nella quale è stato mappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche. secondo tale zonazione (chiamata ufficialmente ZS9), il Comune di Medolla ricade all'interno della **zona 912** (coincidente con l'area geologica denominata "Dorsale ferrarese"), nella quale è individuato un regime tettonico debolmente compressivo in atto, responsabile della sismicità dell'area. Tutti i risultati delle analisi di ZS9 pubblicati dal Gruppo di lavoro del INGV evidenziano che per l'area 912 la Magnitudo massima registrata è stata di 4,6 Md.

Relativamente alla **classificazione sismica** dell'area, ai sensi dell'**O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003**, il comune di Medolla ricade in "*classe sismica 3*" (zona a bassa sismicità), caratterizzata da valori di accelerazione **$a_g = 0.15g$** .

In accordo con quanto prescritto dall'**OPCM n.3519** del 2006, relativamente alla pericolosità sismica di base, il territorio del comune di Medolla ricade in un'area caratterizzata da valori di accelerazione massima al suolo **a_{max}** con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; CAT. A, All.2, 3.1) compresi tra 0.125 e 0.175 g.

Secondo la classificazione del suolo, sulla base delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" (**D.M 14 Gennaio 2008**) e dei dati ottenuti dalle indagini sismiche MASW e Re.Mi. in sito, si determina che tutti gli ambiti in oggetto ricadono all'interno della **categoria C**, corrispondente a depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina di media consistenza con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di **V_{s30}** compresi tra **180 m/s e 360 m/s** (ovvero **$15 < N_{SPT,30} < 50$** nei terreni a grana grossa e **$70 < c_{u30} < 250$ KPa** nei terreni a grana fina).

In accordo con i contenuti del **D.M. 14/01/2008** è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa **a_g** in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di 475 anni mediante il software Spettri-NTC ver. 1.0.3; per le aree oggetto di studio tale parametro è risultato compreso tra **$a_g = 0.149g$** e **$a_g = 0.152g$** (riferito al bedrock).

Per definire il valore di a_g in superficie è stato calcolato inizialmente il **fattore stratigrafico** S_s , caratteristico dell'area, da cui sono stati ricavati i valori di accelerazione massima al suolo mediante la relazione: $A_{max} = S_s \cdot a_g$.

I valori di accelerazione massima al suolo A_{max} ottenuti sono risultati compresi fra $A_{max} = 0.219g$ e $A_{max} = 0.223g$, corrispondenti rispettivamente ad $A_{max} = 2.148 \text{ m/sec}^2$ e $A_{max} = 2.188 \text{ m/sec}^2$.

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alle finalità del lavoro, presso i lotti in oggetto sono state eseguite le **indagini geognostiche** elencate di seguito.

- 1) Ambito **AR1** – “Ex Covalpa”
 - stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica MASW (**MASW n. 1**);
 - indagine sismica HVSR (**HVSR n. 5**).
- 2) Ambito **AR2** - “Bivio”
 - stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica Re.Mi (**Re.Mi n. 2**);
 - indagine sismica HVSR (**HVSR n. 2**).
- 3) Ambito **AN1** - “via San Matteo – via Romana nord A”
 - stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica Re.Mi (**Re.Mi n. 3**);
- 4) Ambito **AN2** - “via San Matteo – via Romana nord B”
 - prova penetrometrica statica CPT (**CPT n. 2**);
 - stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica Re.Mi (**Re.Mi n. 4**);
 - indagine sismica HVSR (**HVSR n. 3**).
- 5) Ambito **AN3** - “via San Matteo – via Romana sud”
 - prova penetrometrica statica CPT (**CPT n. 4**);
 - stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica Re.Mi (**Re.Mi n. 5**);
 - indagine sismica HVSR (**HVSR n. 4**).
- 6) Ambito **AN4** - “via Bologna”
 - prova penetrometrica statica CPT (**CPT n. 1**);
 - stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica Re.Mi (**Re.Mi n. 6**);
 - indagine sismica HVSR (**HVSR n. 1**).
- 7) Ambito **APC.t(r)1** - “S.S. 12 – via Artigiani”
 - stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica Re.Mi (**Re.Mi n. 7**);
- 8) Ambito **APC.i(ni)1** - “via E. Montale”
 - prova penetrometrica statica CPT (**CPT n. 3**);
 - indagine sismica HVSR (**HVSR n. 6**).

9) Ambito **APC.i(ni)2** - "via Montalbano"

- stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica Re.Mi (**Re.Mi n. 8**);
- indagine sismica HVSR (**HVSR n. 7**).

In totale sono dunque stati eseguiti:

- **n7 stendimenti sismici metodo a rifrazione, con tecnica Re.Mi** (*Refraction Microtremor*). Tali indagini hanno permesso di calcolare il valore delle V_{S30} che sono risultate, per le aree indagate, comprese fra $V_{S30} = 200$ e $V_{S30} = 223$ m/s (**All. n. 2**).
- **n1 stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*). Tale indagine ha permesso di calcolare il valore della V_{S30} che è risultata, per l'area indagata: $V_{S30} = 195$ m/s (**Allegato n. 2**);
- **n7 indagini sismiche HVSR** (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). Tali indagini hanno portato all'individuazione delle frequenze caratteristiche di "risonanza di sito" che, per quanto riguarda gli ambiti indagati, sono risultate per lo più comprese fra 0.59 e 0.98 Hz (**Allegato n. 3**);
- **n4 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT**. Tali indagini hanno permesso una caratterizzazione geotecnica e litostratigrafica del sottosuolo indagato (si vedano a tale proposito i **Capitoli n. 13-14** e l'**Allegato n. 1**).

Si riassumono di seguito i contenuti del presente lavoro relativamente agli studi di **microzonazione sismica** presso i lotti esaminati.

1) Primo livello di approfondimento: Carta delle aree suscettibili di effetti locali

Questa prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti del territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, fenomeni di liquefazione, ecc.).

Per quanto riguarda la valutazione della microzonazione sismica (art.16 - L.R. 20/2000), si ritiene opportuno realizzare approfondimenti di III livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi in corrispondenza delle aree caratterizzate dalla presenza di **depositi sabbiosi**, dunque soggette ad amplificazione, a potenziale liquefazione e cedimenti (lotti AN4, AR2, AR1, AN1, AN2, settori settentrionali dei lotti APC.i(ni)2 e APC.t(r)1, settore nord-orientale del lotto AN3).

In corrispondenza delle aree caratterizzate dalla presenza di **depositi limosi e/o argillosi**, dunque soggette ad amplificazione e possibili cedimenti (lotto APC.i(ni)1, settori meridionali dei lotti APC.i(ni)2 e APC.t(r)1, settore sud-occidentale del lotto AN3), si ritiene invece sufficiente realizzare approfondimenti di micro zonazione sismica di **II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico**, mentre sono richiesti approfondimenti di **III livello per la stima di eventuali cedimenti**.

II) Secondo livello di approfondimento: Carta di Microzonazione Sismica

A tale scopo è stata redatta la “**Carta di Microzonazione Sismica**” (tavv. da 9.1 a 9.10), quale sintesi dei risultati delle indagini della definizione del modello geo-litologico e sismostratigrafico con i profili di velocità di propagazione delle onde di Taglio Vs.

In corrispondenza di ogni ambito è stata redatta una cartografia di dettaglio (alla scala 1:2500 o 1:5000 a seconda delle dimensioni del lotto), nella quale sono ubicate le indagini eseguite, la litologia del sottosuolo affiorante e sepolta all'interno del limite dell'ambito. Per ogni zona e sottozona di ogni area sono indicati il grado di approfondimento sismico e gli effetti locali attesi (potenziale liquefazione e possibili cedimenti). Tale elaborato fornisce una sintesi della analisi qualitativa e quantitativa della risposta sismica locale di sito.

Attraverso i profili di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs e la determinazione del parametro Vs₃₀, sulla base dei dati bibliografici raccolti e sulla base delle indagini dirette eseguite si è potuto ricostruire un modello geologico che è rappresentabile secondo il *D.A.L. 112 della L.R. 20/2000* come ambito denominato **PIANURA 2** caratterizzato da un *profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di sabbie ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (>= 100 m da p.c.)*. L'elaborato di **Tav. n. 9 (da 9.1 a 9.10)** riporta, per le aree sismiche zonizzate oggetto di studio, i **coefficienti di amplificazione sismica** rispetto al suolo di riferimento individuato. Tali coefficienti sono identici per tutte le aree (Vs₃₀ ≈ 200 m/s) e valgono:

- **F.A. P.G.A. = 1,5**
- **F.A. SI (0,1<T0<0,5) = 1,8**
- **F.A. SI (0,5<T0<1,0) = 2,5**

Gli effetti topografici sono considerati nulli in quanto non vi sono pendii con inclinazione media inferiore a 15°.

III) Terzo livello di approfondimento ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000

Al fine di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale delle aree in oggetto, nell'ambito della redazione della carta di microzonazione sismica, è stata eseguita un'analisi di Terzo livello di approfondimento ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000.

Di seguito si riportano i grafici e i parametri dei fattori di amplificazione ottenuti dall'elaborazione dei 3 input sismici di sito per ogni singolo ambito, dove:

- PGA accelerazione massima orizzontale alla superficie
- SI indice di Housner
- F.A. 0.1-0.5 (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$);
- F.A. 0.5-1.0 (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 1.0\text{sec}$)

AMBITO	Segnale di riferimento 000046xa_036021Medolla.xy		Segnale di riferimento 000126xa_036021Medolla.xy		Segnale di riferimento 000354xa_036021Medolla.xy	
	PGA		PGA		PGA	
AR1	PGA	1.22	PGA	0.89	PGA	1.28
	IS (0.1-0.5)	2.20	IS (0.1-0.5)	2.29	IS (0.1-0.5)	2.50
	IS (0.5-1.0)	2.96	IS (0.5-1.0)	2.91	IS (0.5-1.0)	3.22
AR2	PGA	1.57	PGA	1.12	PGA	1.46
	IS (0.1-0.5)	3.50	IS (0.1-0.5)	4.84	IS (0.1-0.5)	3.47
	IS (0.5-1.0)	2.17	IS (0.5-1.0)	4.39	IS (0.5-1.0)	4.10
AN1	PGA	1.56	PGA	1.44	PGA	1.25
	IS (0.1-0.5)	5.35	IS (0.1-0.5)	3.25	IS (0.1-0.5)	2.94
	IS (0.5-1.0)	6.05	IS (0.5-1.0)	2.27	IS (0.5-1.0)	2.06
AN2	PGA	1.45	PGA	1.00	PGA	1.20
	IS (0.1-0.5)	2.30	IS (0.1-0.5)	2.33	IS (0.1-0.5)	2.46
	IS (0.5-1.0)	2.65	IS (0.5-1.0)	2.02	IS (0.5-1.0)	2.76
AN3	PGA	1.65	PGA	1.12	PGA	1.50
	IS (0.1-0.5)	4.16	IS (0.1-0.5)	3.77	IS (0.1-0.5)	2.81
	IS (0.5-1.0)	4.28	IS (0.5-1.0)	4.22	IS (0.5-1.0)	4.02
AN4	PGA	1.43	PGA	1.14	PGA	1.43
	IS (0.1-0.5)	4.71	IS (0.1-0.5)	5.85	IS (0.1-0.5)	4.46
	IS (0.5-1.0)	4.35	IS (0.5-1.0)	5.44	IS (0.5-1.0)	4.58
APC.t(r)1	PGA	1.63	PGA	1.07	PGA	1.34
	IS (0.1-0.5)	4.35	IS (0.1-0.5)	5.44	IS (0.1-0.5)	4.44
	IS (0.5-1.0)	4.46	IS (0.5-1.0)	5.19	IS (0.5-1.0)	5.23
APC.i(ni)1	PGA	1.60	PGA	1.03	PGA	1.29
	IS (0.1-0.5)	4.57	IS (0.1-0.5)	5.89	IS (0.1-0.5)	4.88
	IS (0.5-1.0)	4.83	IS (0.5-1.0)	5.05	IS (0.5-1.0)	5.19
APC.i(ni)2	PGA	1.52	PGA	1.17	PGA	1.47
	IS (0.1-0.5)	4.67	IS (0.1-0.5)	6.05	IS (0.1-0.5)	4.01
	IS (0.5-1.0)	4.72	IS (0.5-1.0)	4.81	IS (0.5-1.0)	4.65

In accordo con l'art.16, comma 1 della LR 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "**Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica**" (Proposta dalla Giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n.1), è stata eseguita una **stima dei cedimenti permanenti post-sismici** del terreno di fondazione (**Allegato A3** della sopracitata normativa).

Il calcolo dei cedimenti sismici è stato effettuato per ognuna delle n. 4 verticali di prova indagate (CPT 1, CPT 2, CPT 3 e CPT 4), tenendo conto dell'amplificazione locale della risposta sismica.

Si precisa che per il calcolo dei cedimenti non è stato considerato il primo metro di profondità (da p.c. a -1,00), in previsione di un futuro intervento edificatorio con fondazioni dirette impostate a -1,00 m di profondità. Inoltre, il calcolo ha interessato la **profondità massima di 10,00 m** in quanto, in previsione di interventi edificatori, i bulbi di pressione indotti dal carico di eventuali fabbricati interesserebbero soprattutto i primi 10.00 m; a profondità superiori i cedimenti sono trascurabili.

Si riassumono di seguito i cedimenti post-sismici permanenti ottenuti dalle verifiche eseguite.

Verticale di prova	Cedimenti post-sismici permanenti	Profondità di calcolo considerata
CPT n. 1	2,32 cm	Da -1,00 a -10,00 m da p.c.
CPT n. 2	1,98 cm	Da -1,00 a -10,00 m da p.c.
CPT n. 3	3,33 cm	Da -1,00 a -10,00 m da p.c.
CPT n. 4	2,93 cm	Da -1,00 a -10,00 m da p.c.

Tutto ciò premesso, per quanto riguarda le **prescrizioni geologiche, geotecniche e sismiche** relative a tutti gli ambiti in oggetto, tutte le indagini, i calcoli di stabilità, di capacità portante ecc. dovranno essere condotti facendo riferimento alla normativa antisismica vigente, tenendo conto che il Comune di Medolla è classificato dal punto di vista sismico in zona 3.

Relativamente alle **prescrizioni generali in materia geologica-geotecnica** per l'attuazione degli ambiti, valgono le seguenti prescrizioni generali:

- in fase esecutiva occorrerà produrre uno **studio di approfondimento geologico geotecnico e sismico** corredato da indagini geognostiche con lo scopo di definire il quadro stratigrafico, geotecnico ed idrogeologico dell'area di intervento, conforme al DM 11.3.1988, DM 14.09.2005 e al DM 14 gennaio 2008. Particolare attenzione

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

☒ Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – ☎ Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

✉ e-mail: geo.group@libero.it.

- dovrà essere prestata all'individuazione di eventuali orizzonti a bassa resistenza, comprensibili oppure suscettibili di essere soggetti a liquefazione in condizioni sismiche, nonché alla definizione dell'eventuale falda presente nel primo sottosuolo;
- le **strutture di fondazione** di edifici e manufatti in genere dovranno essere appoggiate su terreni con caratteristiche omogenee evitando in ogni caso il primo orizzonte superficiale alterato e soggetto agli effetti delle variazioni meteorologiche stagionali;
 - occorrerà evitare l'appoggio delle strutture di fondazione su materiali di riporto poco resistenti e/o non costipati;
 - occorrerà evitare che la medesima fondazione appoggi su due o più terreni diversi dal punto di vista geotecnico onde prevenire i cedimenti differenziali ed eventuali fenomeni di instabilità da terremoto o di amplificazione sismica causati dal contrasto di rigidità tra terreni diversi;
 - occorrerà evitare l'adozione di strutture di fondazione miste (ad esempio fondazioni nastriformi superficiali e pali per il medesimo manufatto o edificio) al fine di limitare i cedimenti differenziali e risposte differenziate da parte dell'insieme terreno-struttura in condizioni di scuotimento sismico;
 - occorrerà garantire il controllo delle **acque superficiali**;
 - qualora siano previsti ambienti **interrati o seminterrati** occorrerà valutare preventivamente la condizione idrogeologica del sito e di un suo intorno significativo e, all'occorrenza, prevedere adeguati presidi attivi (impianti dotati di pompe per il sollevamento ed allontanamento di acque di eventuale infiltrazione) e passivi (sistemi di impermeabilizzazione atti ad evitare le infiltrazioni di acque di falda) per evitare infiltrazioni ed allagamenti dei locali sotterranei. Detti presidi dovranno essere progettati in maniera di non ingenerare cedimenti negli edifici circostanti e dovranno essere in ogni caso previsti per parcheggi sotterranei pubblici o ad uso pubblico oppure per quelle situazioni per le quali i dati a disposizione non fossero sufficienti a garantire che le oscillazioni del livello di falda siano tali da interferire con i vani interrati o seminterrati;
 - per quanto riguarda la tutela ambientale occorrerà che sia garantita la realizzazione di **sistemi fognari** a tenuta in maniera di evitare dispersioni al sottosuolo.

Nel dettaglio, per quanto riguarda infine le prescrizioni geologiche, geotecniche e sismiche relative ad ogni ambito, si rimanda all'*allegato n. 7* "**Schede degli ambiti**":

A disposizione per ulteriori chiarimenti, cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.

Modena, 18 Giugno 2010

Hanno collaborato al presente progetto:

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Dott. Geol. Monica Mazzoli

Dott.ssa Arianna Casarini

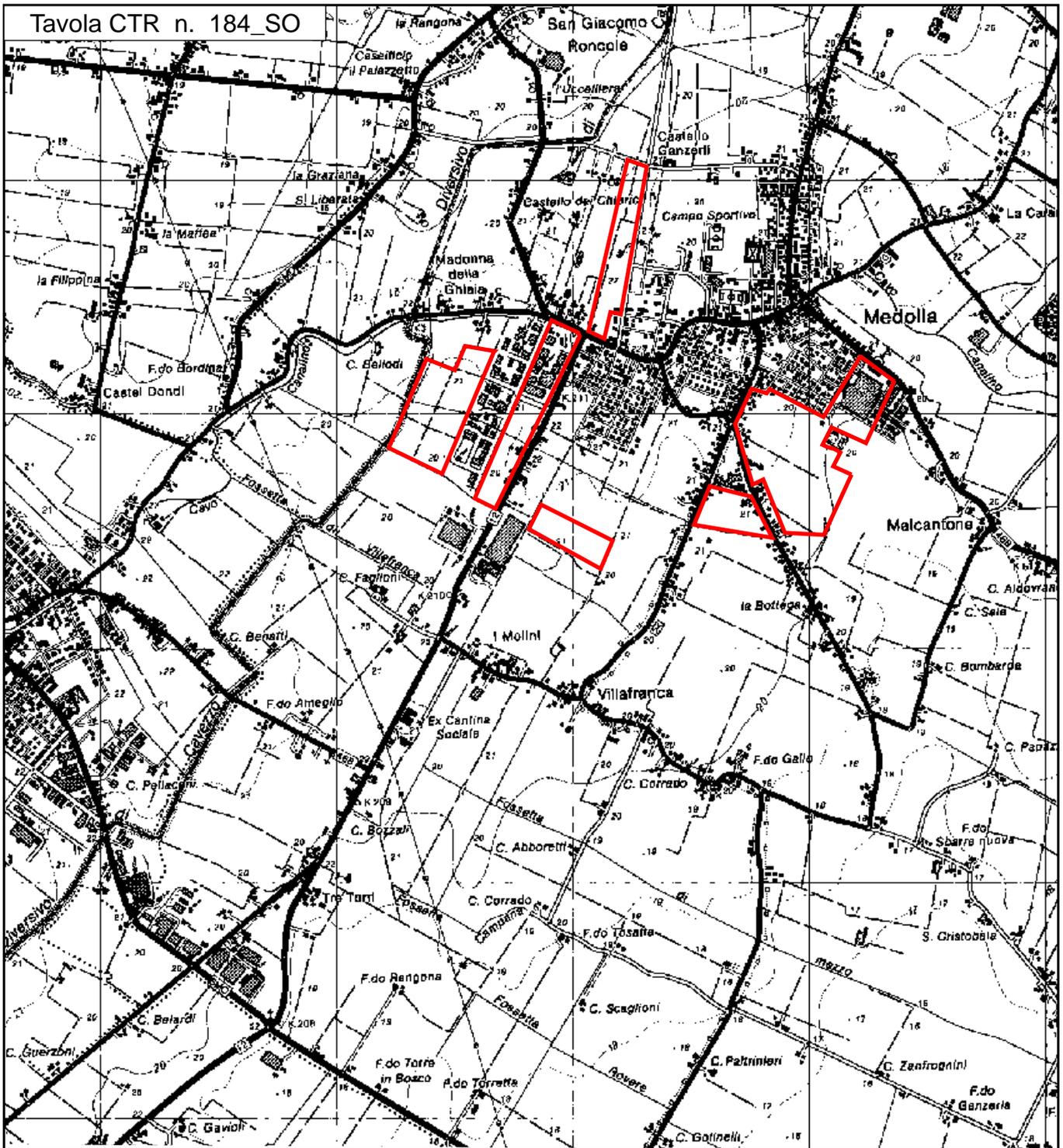
GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

Tavole

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019 - E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 1 "Carta corografica"

Scala 1: 25000



Legenda

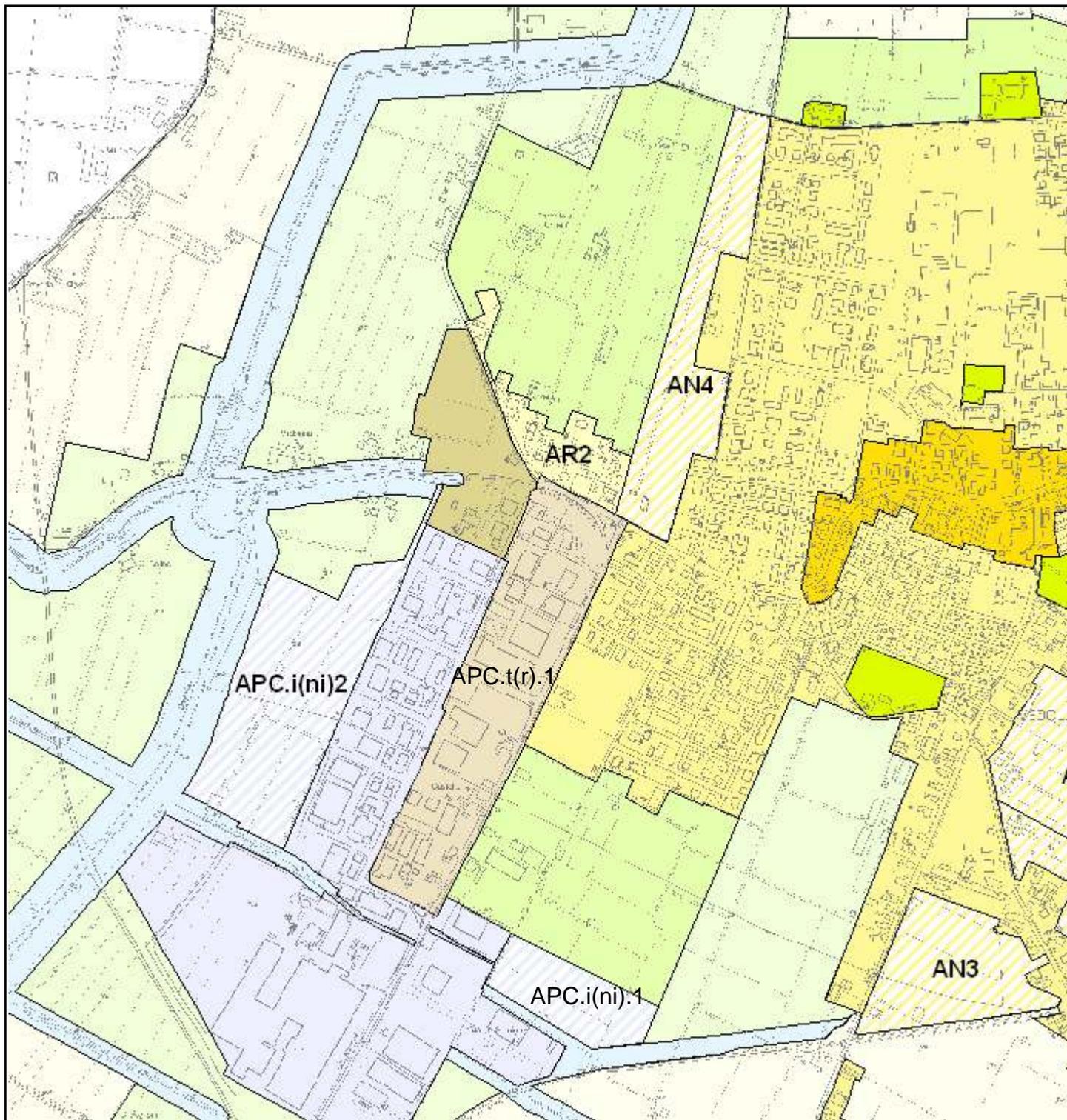


Area di interesse

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



APC.i(ni).1; APC.i(ni)2: Ambiti produttivi di nuovo insediamento

AN4: Ambiti residenziali di nuovo insediamento

APC.t(r).1: Ambiti terziari da riqualificare

AR2: Ambiti residenziali da riqualificare

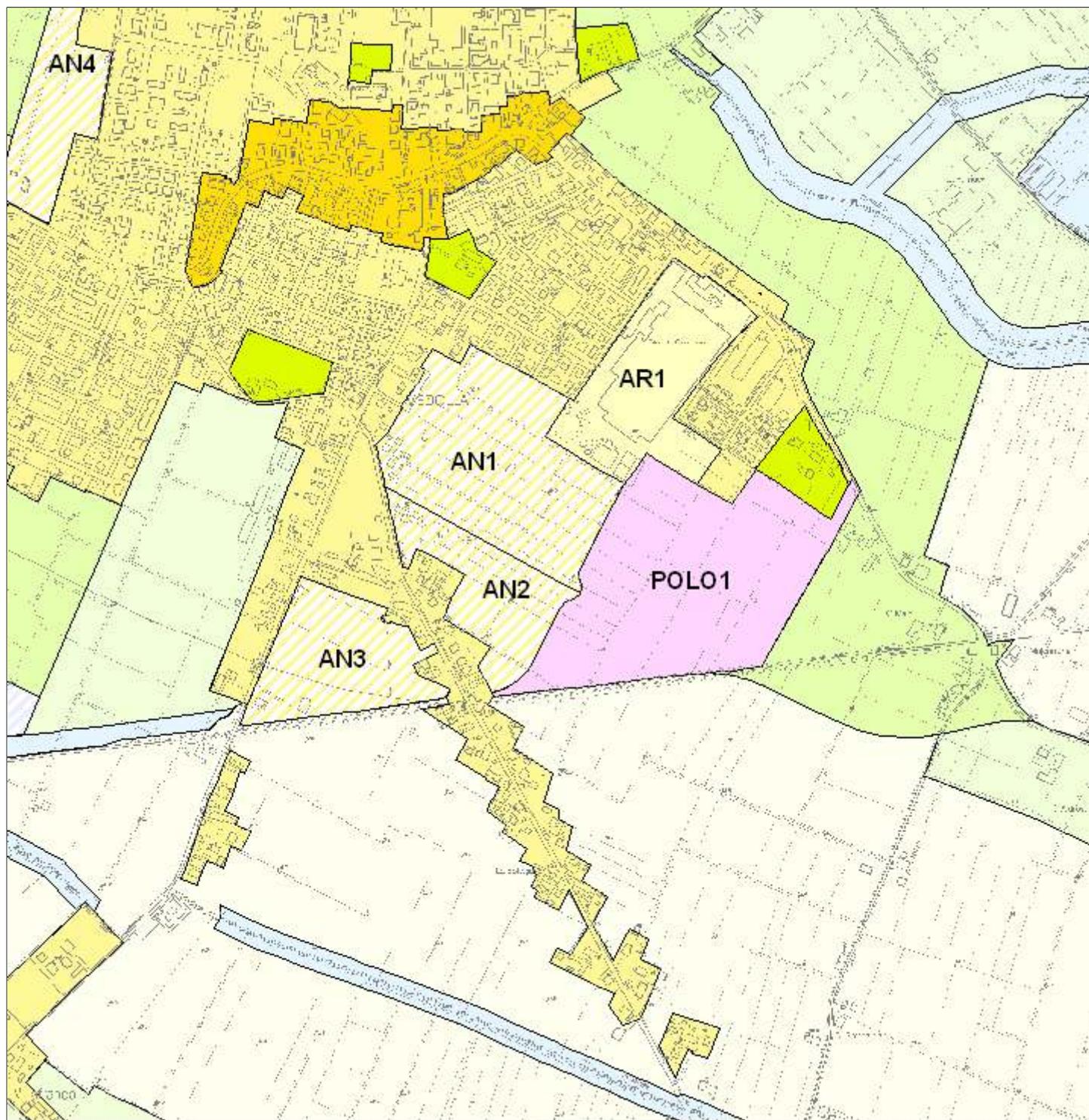
Tav. n. 2.1 "Carta topografica"
scala 1 : 10000



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



AN1; AN2; AN3: Ambiti residenziali di nuovo insediamento
AR1: Ambiti residenziali da riqualificare

Tav. n. 2.2 "Carta topografica"
scala 1 : 10000



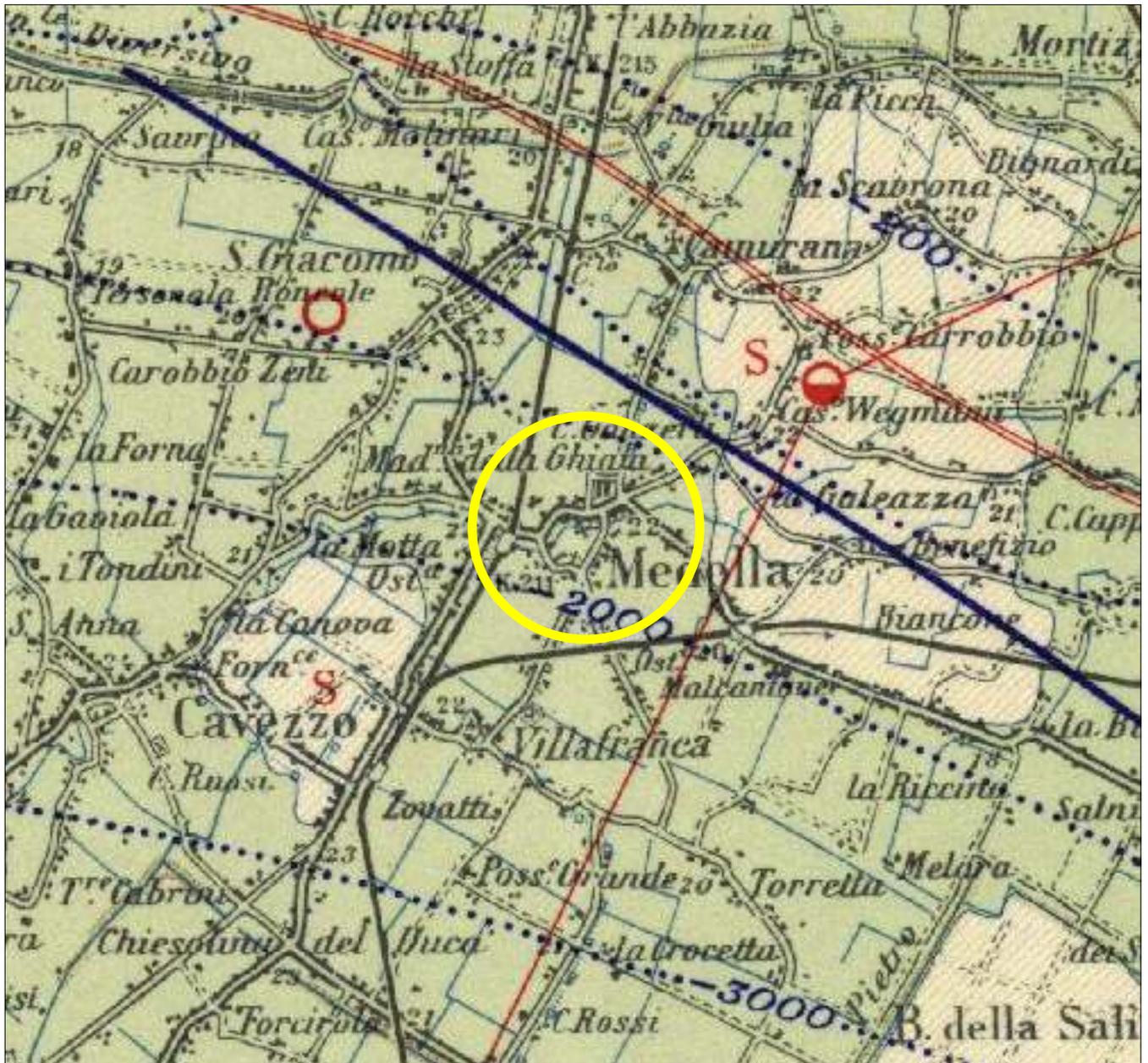


Tav. n. 3 “Ripresa fotografica generale dell’area di interesse”
(tratta da “Google Earth”)
scala grafica

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 4 "Carta della litologia di superficie"

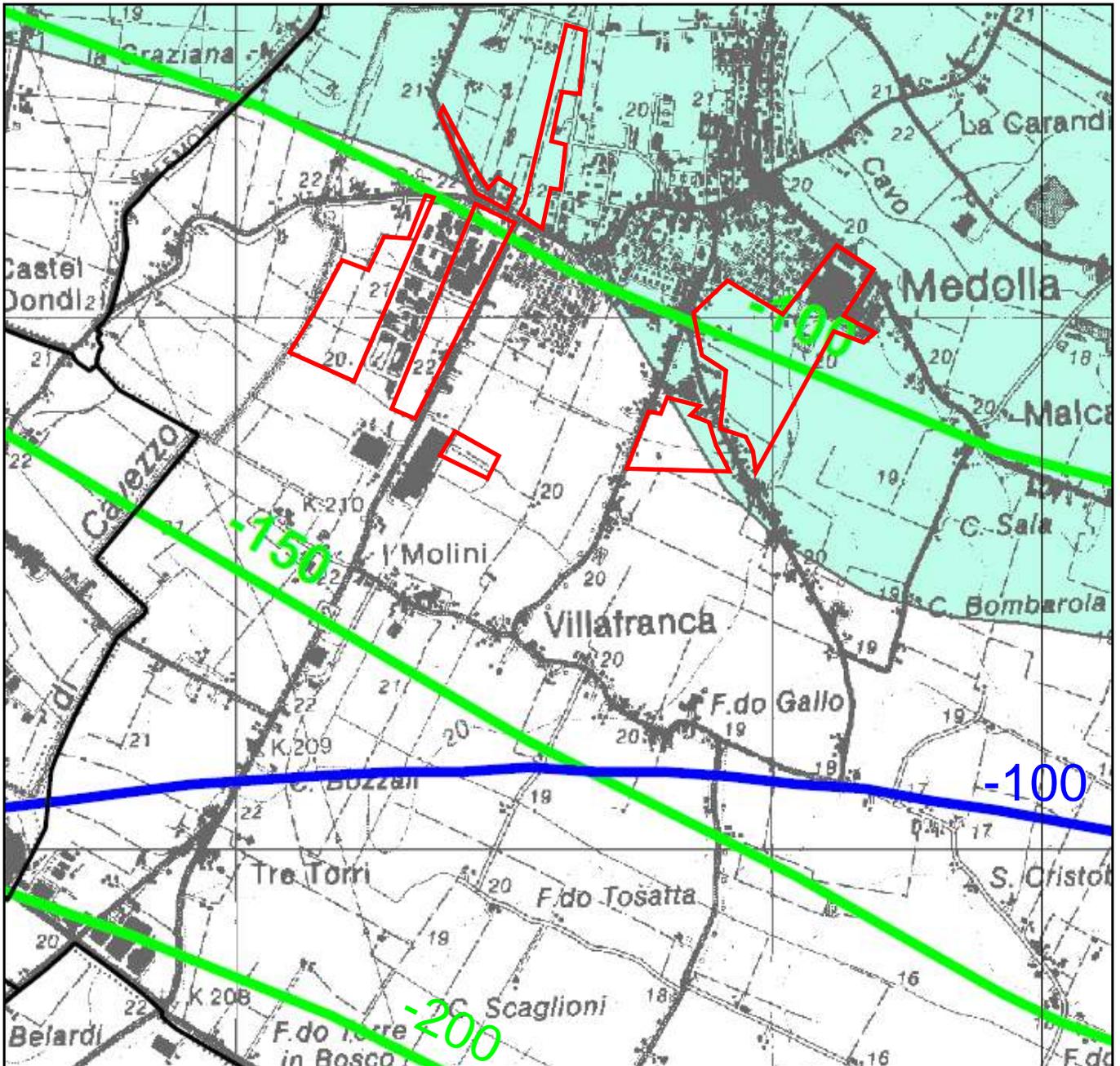
Scala grafica



 Area di interesse

 **a^s**
Argille sabbiose e
sabbie argillose

 **S**
Sabbie e terreni
prevalentemente sabbiosi



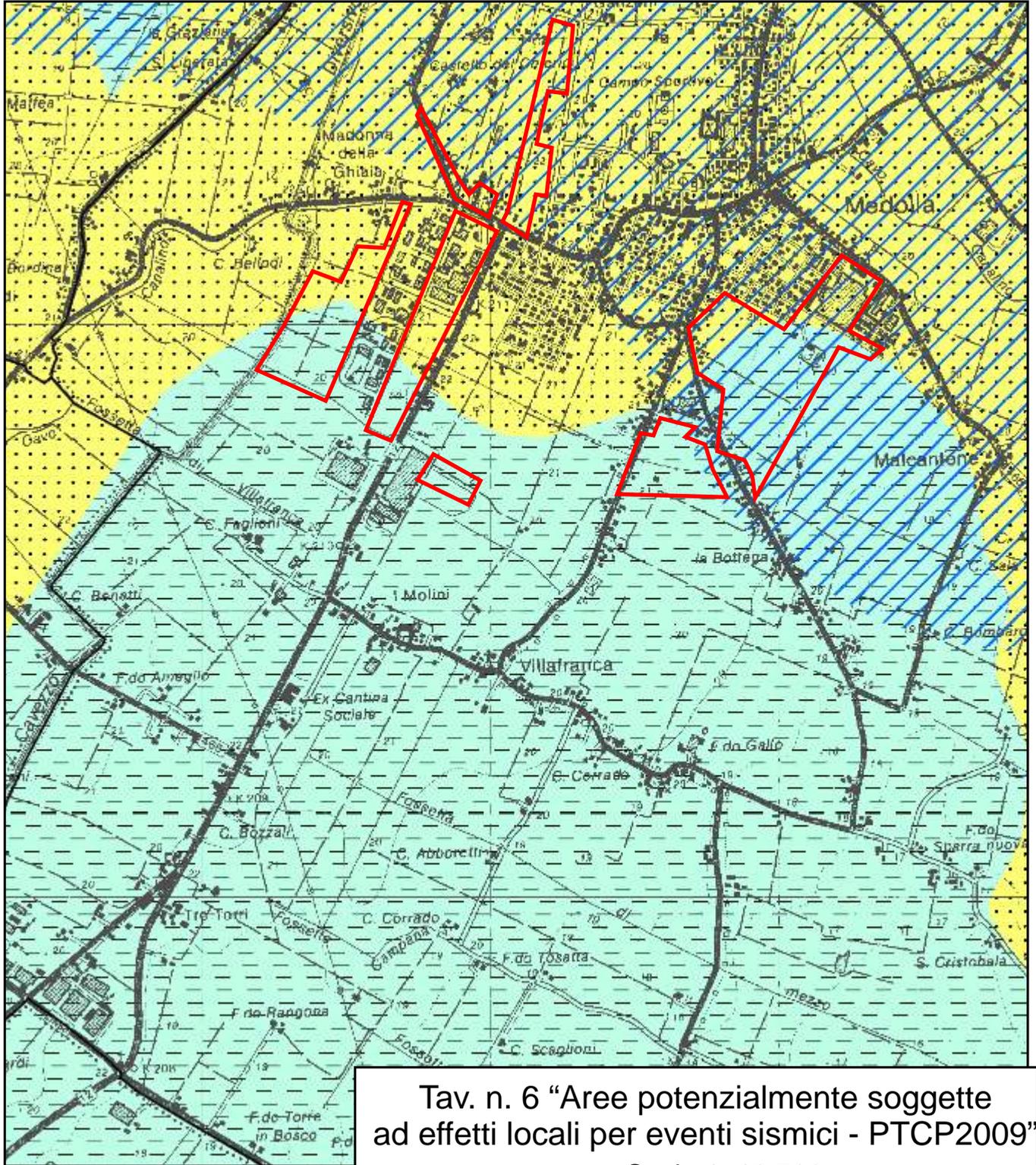
Tav. n. 5 “Carta dei depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie: PTCP 2009”

Scala grafica

	ghiaie affioranti
	ghiaie
	sucessioni alluvionali prevalentemente fini (argille e limi)
	sabbie
	isobate della superficie superiore (con indicazione della quota riferita al livello medio del mare)
	isobate della base del ciclo alluvionale superiore / tetto del ciclo alluvionale inferiore (con indicazione della quota riferita al livello medio del mare)
	isobate della base dei depositi alluvionali / tetto substrato marino (con indicazione della quota riferita al livello medio del mare)




Aree oggetto
di studio



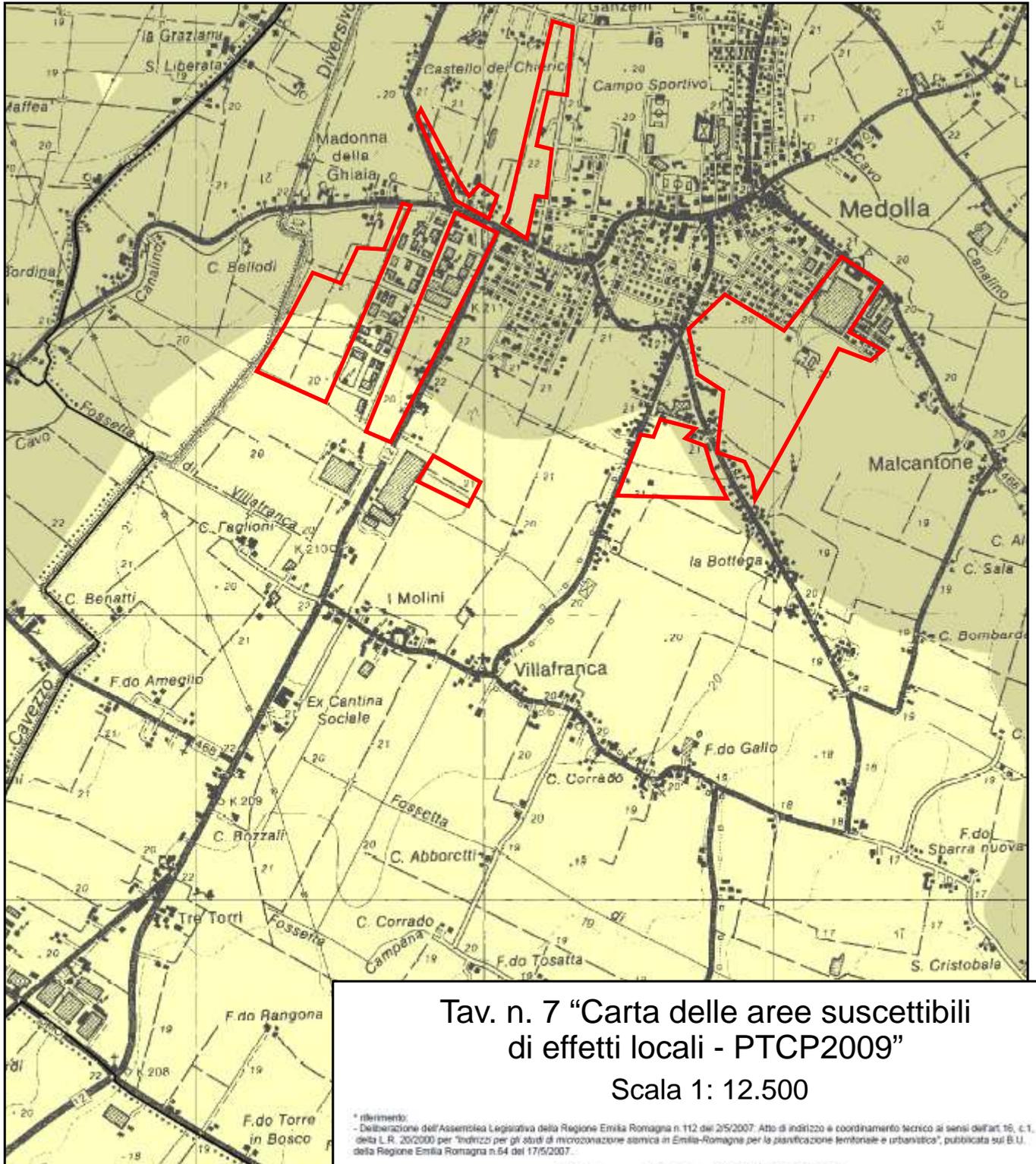
Tav. n. 6 "Aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici - PTCP2009"

Scala 1: 12.500



Aree oggetto di studio

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



Tav. n. 7 "Carta delle aree suscettibili di effetti locali - PTCP2009"

Scala 1: 12.500

* riferimento:
- Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 25/2007. Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L. R. 20/2000 per "indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", pubblicata sul B.U. della Regione Emilia Romagna n.64 del 17/5/2007.

Adottato con D.C.P. n.112 del 22/07/2008
Approvato con D.C.P. n.46 del 18/03/2009

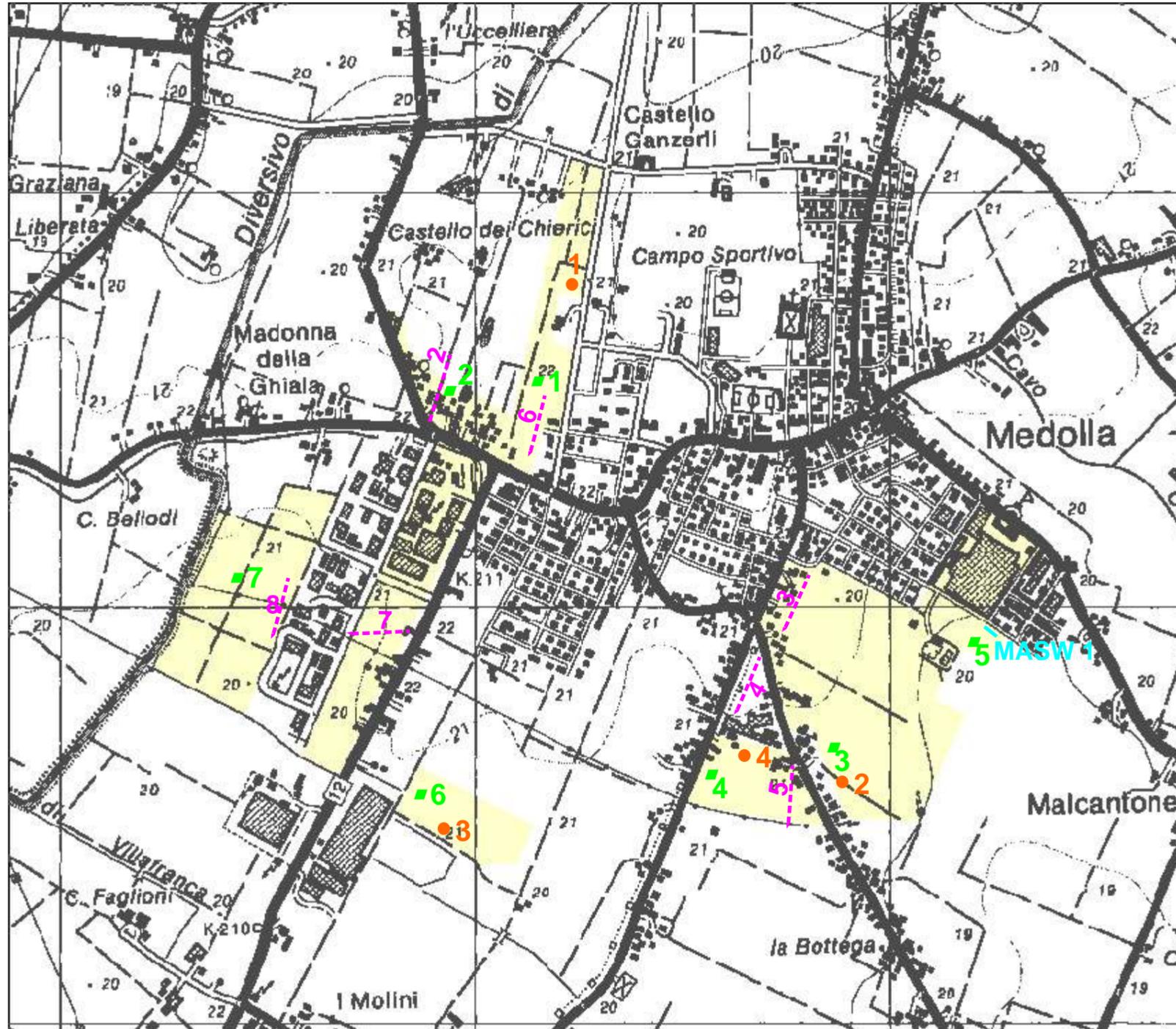


Aree oggetto di studio

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

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Legenda

Indagini geotecniche:

 Prove penetrometriche statiche CPT

Indagini sismiche:

 Stendimenti sismici metodo MASW
(lung. = 46 ml)

 Stendimenti sismici metodo Re.Mi.
(lung. = 115 ml)

 Indagine HVSr
(Horizontal to Vertical Spectral Ratio)



Tav. n. 8 "Indagini geognostiche"

Scala 1: 12 500

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 1

Prove penetrometriche statiche CPT corredate di interpretazione geotecnica

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
GOUDA 200 kN -

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

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

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

CONVERSIONI

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

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

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

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

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

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

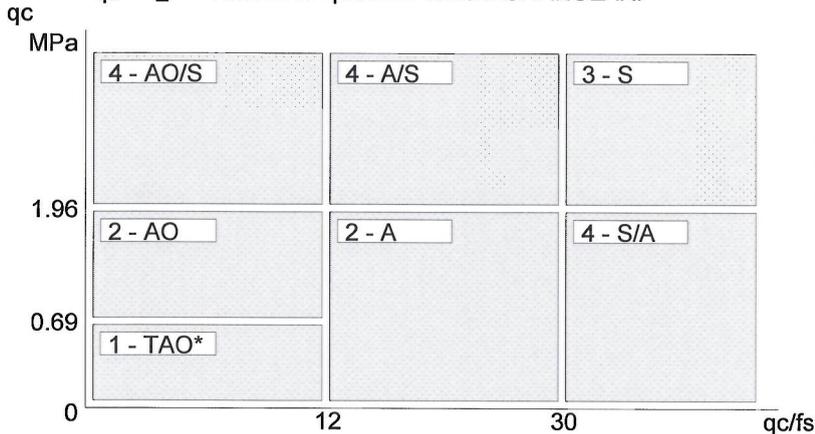
- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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

$qc \leq 1.96$ MPa : possibili terreni COESIVI
 $qc \geq 1.96$ MPa : possibili terreni GRANULARI

anche se $(qc / fs) > 30$
 anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - Rp - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - qc - σ'_{vo})
 ϕ'_{Ca} - Caquot (1948) ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)
 ϕ'_{DB} - De Beer (1965) ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) ϕ'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

referimento

140-2010

certificato n°

04001882

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Zonizzazione sismica**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **07/04/2010**
Pagina: **1/4** Data certificato: **07/04/2010**
Elaborato: **Falda: -0.90 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	14.00	26.00		1.37	39.20	35	2.9	15.20	33.00	50.00		3.23	137.20	24	4.2
0.40	20.00	26.00		1.96	85.26	23	4.4	15.40	39.00	60.00		3.82	183.26	21	4.8
0.60	15.00	28.00		1.47	65.66	22	4.5	15.60	35.00	63.00		3.43	183.26	19	5.3
0.80	10.00	20.00		0.98	51.94	19	5.3	15.80	38.00	66.00		3.72	176.40	21	4.7
1.00	11.00	19.00		1.08	39.20	28	3.6	16.00	28.00	55.00		2.74	124.46	22	4.5
1.20	10.00	16.00		0.98	98.00	10	10.0	16.20	30.00	49.00		2.94	202.86	14	6.9
1.40	12.00	27.00		1.18	39.20	30	3.3	16.40	70.00	101.00		6.86	215.60	32	3.1
1.60	11.00	17.00		1.08	32.34	33	3.0	16.60	54.00	87.00		5.29	228.34	23	4.3
1.80	11.00	16.00		1.08	32.34	33	3.0	16.80	70.00	105.00		6.86	340.06	20	5.0
2.00	13.00	18.00		1.27	51.94	25	4.1	17.00	94.00	146.00		9.21	287.14	32	3.1
2.20	10.00	18.00		0.98	51.94	19	5.3	17.20	81.00	125.00		7.94	320.46	25	4.0
2.40	11.00	19.00		1.08	51.94	21	4.8	17.40	85.00	134.00		8.33	320.46	26	3.8
2.60	11.00	19.00		1.08	51.94	21	4.8	17.60	88.00	137.00		8.62	359.66	24	4.2
2.80	15.00	23.00		1.47	51.94	28	3.5	17.80	28.00	83.00		2.74	169.54	16	6.2
3.00	12.00	20.00		1.18	39.20	30	3.3	18.00	27.00	53.00		2.65	117.60	23	4.4
3.20	9.00	15.00		0.88	32.34	27	3.7	18.20	48.00	66.00		4.70	117.60	40	2.5
3.40	10.00	15.00		0.98	32.34	30	3.3	18.40	56.00	74.00		5.49	247.94	22	4.5
3.60	16.00	21.00		1.57	51.94	30	3.3	18.60	34.00	72.00		3.33	104.86	32	3.1
3.80	11.00	19.00		1.08	19.60	55	1.8	18.80	20.00	36.00		1.96	189.14	10	9.7
4.00	8.00	11.00		0.78	19.60	40	2.5	19.00	60.00	89.00		5.88	39.20	150	0.7
4.20	15.00	18.00		1.47	32.34	45	2.2	19.20	120.00	126.00		11.76	340.06	35	2.9
4.40	18.00	23.00		1.76	51.94	34	2.9	19.40	109.00	161.00		10.68	320.46	33	3.0
4.60	14.00	22.00		1.37	46.06	30	3.4	19.60	125.00	174.00		12.25	326.34	38	2.7
4.80	11.00	18.00		1.08	19.60	55	1.8	19.80	113.00	163.00		11.07	281.26	39	2.5
5.00	21.00	24.00		2.06	51.94	40	2.5	20.00	108.00	151.00		10.58			
5.20	20.00	28.00		1.96	32.34	61	1.7								
5.40	18.00	23.00		1.76	51.94	34	2.9								
5.60	14.00	22.00		1.37	32.34	42	2.4								
5.80	11.00	16.00		1.08	39.20	28	3.6								
6.00	9.00	15.00		0.88	46.06	19	5.2								
6.20	13.00	20.00		1.27	26.46	48	2.1								
6.40	8.00	12.00		0.78	39.20	20	5.0								
6.60	9.00	15.00		0.88	26.46	33	3.0								
6.80	7.00	11.00		0.69	26.46	26	3.9								
7.00	4.00	8.00		0.39	26.46	15	6.8								
7.20	5.00	9.00		0.49	19.60	25	4.0								
7.40	8.00	11.00		0.78	32.34	24	4.1								
7.60	8.00	13.00		0.78	32.34	24	4.1								
7.80	8.00	13.00		0.78	39.20	20	5.0								
8.00	9.00	15.00		0.88	51.94	17	5.9								
8.20	10.00	18.00		0.98	46.06	21	4.7								
8.40	13.00	20.00		1.27	65.66	19	5.2								
8.60	16.00	26.00		1.57	78.40	20	5.0								
8.80	20.00	32.00		1.96	98.00	20	5.0								
9.00	21.00	36.00		2.06	78.40	26	3.8								
9.20	16.00	28.00		1.57	51.94	30	3.3								
9.40	11.00	19.00		1.08	32.34	33	3.0								
9.60	8.00	13.00		0.78	26.46	30	3.4								
9.80	11.00	15.00		1.08	32.34	33	3.0								
10.00	13.00	18.00		1.27	32.34	39	2.5								
10.20	12.00	17.00		1.18	39.20	30	3.3								
10.40	8.00	14.00		0.78	26.46	30	3.4								
10.60	8.00	12.00		0.78	26.46	30	3.4								
10.80	7.00	11.00		0.69	32.34	21	4.7								
11.00	11.00	16.00		1.08	46.06	23	4.3								
11.20	18.00	25.00		1.76	85.26	21	4.8								
11.40	30.00	43.00		2.94	137.20	21	4.7								
11.60	30.00	51.00		2.94	130.34	23	4.4								
11.80	44.00	64.00		4.31	98.00	44	2.3								
12.00	42.00	57.00		4.12	85.26	48	2.1								
12.20	43.00	56.00		4.21	71.54	59	1.7								
12.40	43.00	54.00		4.21	71.54	59	1.7								
12.60	51.00	62.00		5.00	117.60	43	2.4								
12.80	57.00	75.00		5.59	91.14	61	1.6								
13.00	41.00	55.00		4.02	91.14	44	2.3								
13.20	45.00	59.00		4.41	137.20	32	3.1								
13.40	51.00	72.00		5.00	110.74	45	2.2								
13.60	44.00	61.00		4.31	85.26	51	2.0								
13.80	37.00	50.00		3.63	91.14	40	2.5								
14.00	41.00	55.00		4.02	98.00	41	2.4								
14.20	25.00	40.00		2.45	117.60	21	4.8								
14.40	25.00	43.00		2.45	117.60	21	4.8								
14.60	31.00	49.00		3.04	130.34	23	4.3								
14.80	30.00	50.00		2.94	117.60	25	4.0								
15.00	29.00	47.00		2.84	110.74	26	3.9								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

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

nota:

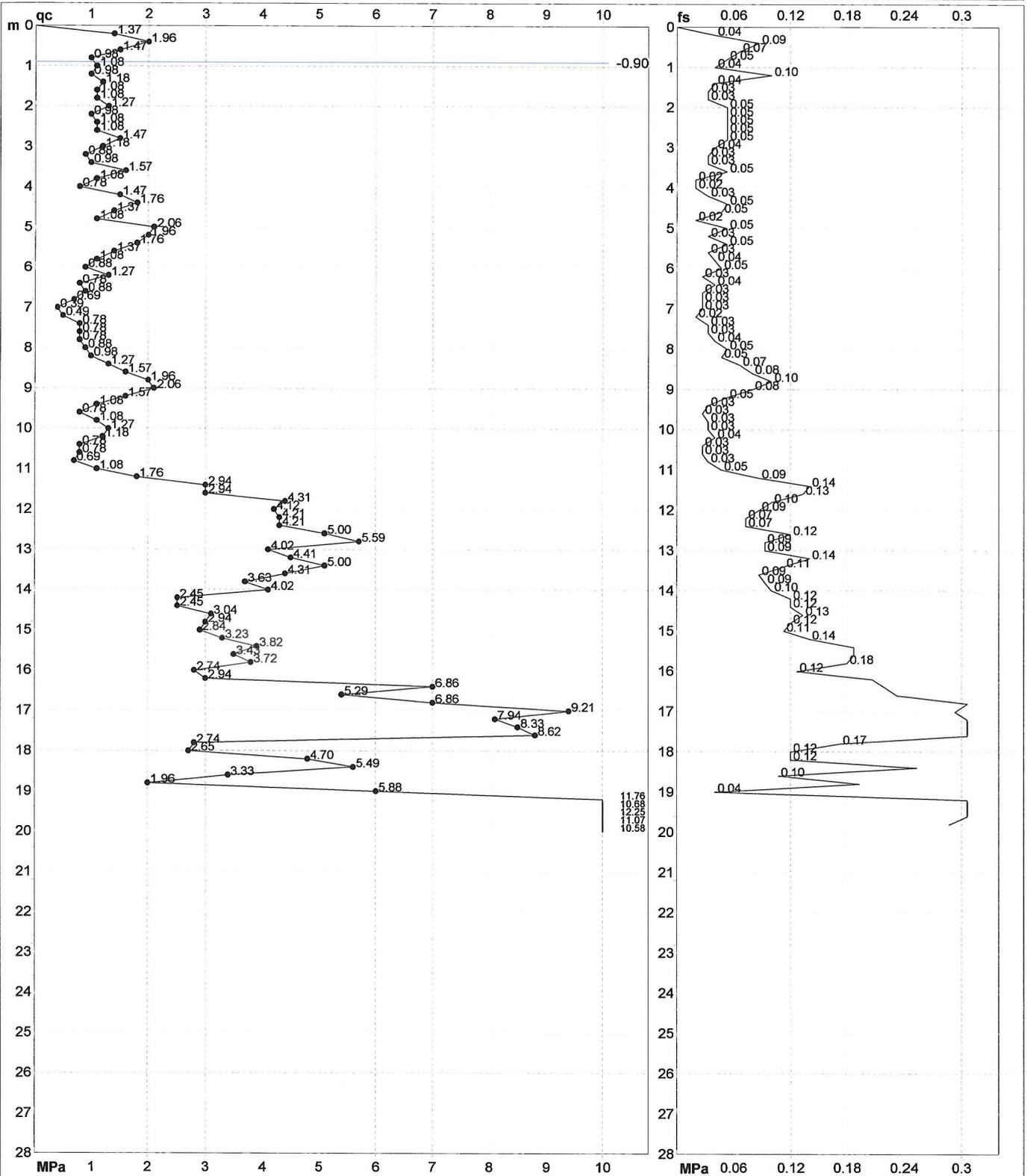
FON019

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
riferimento	140-2010
certificato n°	04001882

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data esec.: 07/04/2010
Cantiere: Zonizzazione sismica	Scala: 1:140	Data certificato: 07/04/2010
Località: Medolla	Pagina: 2/4	Quota inizio: Piano Campagna
	Elaborato:	Falda: -0.90 m da p.c.



Coord. Relative	Coord. Geografiche	Penetrometro: GOUDA 200 kN	Preforo: m
Xr: m	Xg:	Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Yr: m	Yg:	Assistente:	
Zr: m	Zg:		

nota: FON019

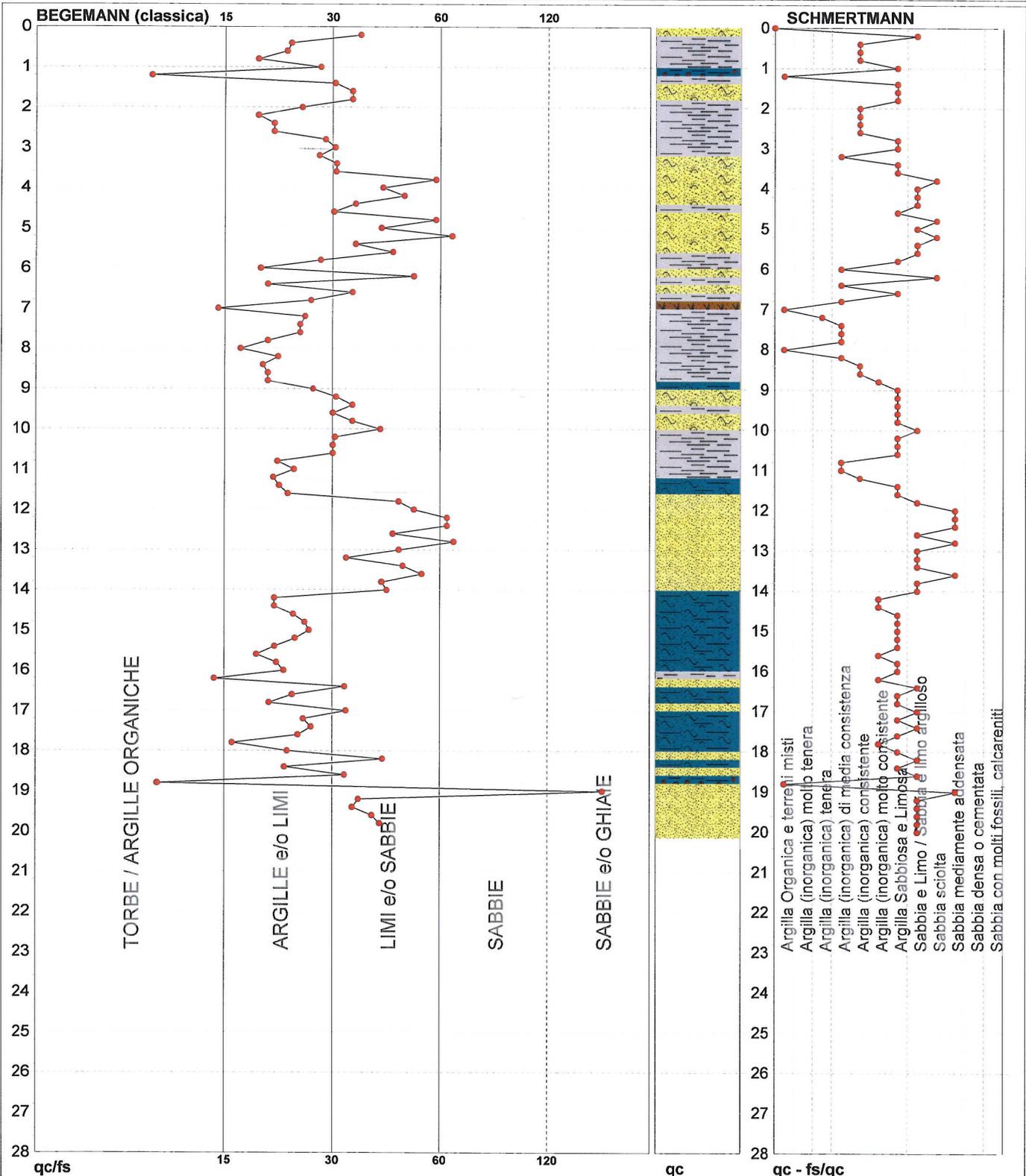
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
referimento	140-2010
certificato n°	04001882

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Zonizzazione sismica**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **07/04/2010**
Scala: **1:140** Data certificato: **07/04/2010**
Pagina: **3/4**
Elaborato: **Falda: -0.90 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	4 punti, 2.88%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 2.88%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	34 punti, 24.46%
Argille e/o Limi :	54 punti, 38.85%	Argilla (inorganica) molto tenera:	0 punti, 0.00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	24 punti, 17.27%
Limi e/o Sabbie :	38 punti, 27.34%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punto, 0.72%	Sabbia sciolta:	4 punti, 2.88%
Sabbie:	2 punti, 1.44%	Argilla (inorganica) media consist.:	10 punti, 7.19%	Sabbia mediamente addensata:	6 punti, 4.32%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punto, 0.72%	Argilla (inorganica) consistente:	10 punti, 7.19%	Sabbia densa o cementata:	0 punti, 0.00%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	6 punti, 4.32%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	0 punti, 0.00%

nota:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	1
riferimento	140-2010
certificato n°	04001882

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data exec.: 07/04/2010
Cantiere: Zonizzazione sismica	Pagina: 4/4	Data certificato: 07/04/2010
Località: Medolla	Elaborato:	Falda: -0.90 m da p.c.

Prof. m	qc MPa	qc/fs	zone	γ' kN/m ³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE												
							Cu kPa	OCR %	Eu50 MPa	Eu25 MPa	Mo MPa	Dr %	σ_{Sc} (°)	σ_{Ca} (°)	σ_{Ko} (°)	σ_{DB} (°)	σ_{DM} (°)	σ_{Me} (°)	F.L.	E'50 MPa	E'25 MPa	Mo MPa		
0.20	1.37	35.00	4	18.5	4	150	62	99.9	10.60	15.90	4.72	84	45	39	37	34	43	26	-	2.29	3.43	4.12		
0.40	1.96	22.99	4	18.9	7	171	78	99.9	13.33	19.99	5.88	79	44	37	35	32	41	27	-	3.27	4.90	5.88		
0.60	1.47	22.39	2	19.1	11	154	65	56.4	11.11	16.66	4.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.80	0.98	18.87	2	18.6	15	132	49	27.5	8.33	12.50	3.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.00	1.08	27.50	2	8.9	17	137	53	26.1	8.94	13.41	4.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.20	0.98	10.00	2	8.8	19	132	49	21.1	8.33	12.50	3.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.40	1.18	30.00	4	8.6	20	141	56	22.4	9.52	14.28	4.37	38	41	30	27	25	34	26	-	1.96	2.94	3.53		
1.60	1.08	33.33	4	8.5	22	137	53	18.7	8.94	13.41	4.16	33	41	29	26	24	33	26	-	1.80	2.70	3.23		
1.80	1.08	33.33	4	8.5	24	137	53	17.0	8.94	13.41	4.16	31	40	29	26	24	33	26	-	1.80	2.70	3.23		
2.00	1.27	24.53	4	9.1	26	145	59	18.0	10.07	15.11	4.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.20	0.98	18.87	2	8.8	27	132	49	13.1	8.33	12.50	3.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.40	1.08	20.75	2	8.9	29	137	53	13.2	8.94	13.41	4.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.60	1.08	20.75	2	8.9	31	137	53	12.2	8.94	13.41	4.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.80	1.47	28.30	2	9.3	33	154	65	14.9	11.11	16.66	4.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.00	1.18	30.00	4	8.6	34	141	56	11.5	9.52	14.28	4.37	25	40	27	24	23	31	26	-	1.96	2.94	3.53		
3.20	0.88	27.27	2	8.6	36	127	44	8.1	8.66	13.00	3.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.40	0.98	30.30	4	8.5	38	132	49	8.7	8.97	13.45	3.92	16	39	26	23	21	29	26	-	1.63	2.45	2.94		
3.60	1.57	30.19	4	8.8	40	137	68	12.4	11.59	17.38	5.08	31	40	28	25	23	32	27	-	2.61	3.92	4.70		
3.80	1.08	55.00	4	8.5	41	137	53	8.5	9.80	14.71	4.16	17	39	26	23	21	29	26	-	1.80	2.70	3.23		
4.00	0.78	40.00	4	8.2	43	121	39	5.6	11.59	17.38	3.45	5	38	24	21	20	27	26	-	1.31	1.96	2.35		
4.20	1.47	45.45	4	8.8	45	154	65	10.1	11.11	16.66	4.85	26	40	27	24	23	31	27	-	2.45	3.68	4.41		
4.40	1.76	33.96	4	8.9	47	164	74	11.1	12.50	18.74	5.50	31	40	28	25	23	32	27	-	2.94	4.41	5.29		
4.60	1.37	29.79	2	9.2	48	150	62	8.6	11.46	17.19	4.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.80	1.08	55.00	4	8.5	50	137	53	6.7	12.78	19.16	4.16	13	39	25	22	21	28	26	-	1.80	2.70	3.23		
5.00	2.06	39.62	3	8.4	52	174	-	-	-	-	-	34	41	28	25	23	32	27	-	3.43	5.15	6.17		
5.20	1.96	60.61	4	9.1	54	171	78	10.1	13.33	19.99	5.88	31	41	28	25	23	31	27	-	3.27	4.90	5.88		
5.40	1.76	33.96	4	8.9	55	164	74	9.0	13.12	19.67	5.50	27	40	27	24	22	31	27	-	2.94	4.41	5.29		
5.60	1.37	42.42	4	8.7	57	150	62	7.0	14.31	21.46	4.72	18	39	26	22	21	29	26	-	2.29	3.43	4.12		
5.80	1.08	27.50	2	8.9	59	137	53	5.5	15.98	23.97	4.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.00	0.88	19.15	2	8.6	61	127	44	4.2	16.92	25.38	3.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.20	1.27	48.15	4	8.6	62	145	59	5.9	16.57	24.86	4.56	13	39	25	21	20	28	26	-	2.12	3.19	3.82		
6.40	0.78	20.00	2	8.4	64	121	39	3.4	17.99	26.99	3.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.60	0.88	33.33	4	8.3	66	127	44	3.8	18.48	27.71	3.70	-	38	23	19	18	26	26	-	1.47	2.21	2.65		
6.80	0.69	25.93	2	8.2	67	115	34	2.7	17.69	26.54	3.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.00	0.39	14.81	1	4.5	68	93	20	1.3	2.51	3.76	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.20	0.49	25.00	2	7.8	70	101	25	1.7	14.09	21.13	2.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.40	0.78	24.24	2	8.4	71	121	39	3.0	19.45	29.17	3.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.60	0.78	24.24	2	8.4	73	121	39	2.9	19.71	29.56	3.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.80	0.78	20.00	2	8.4	75	121	39	2.8	19.95	29.92	3.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.00	0.88	16.98	2	8.6	77	127	44	3.2	21.21	31.81	3.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.20	0.98	21.28	2	8.8	78	132	49	3.5	22.08	33.12	3.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.40	1.27	19.40	2	9.1	80	145	59	4.3	22.38	33.57	4.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.60	1.57	20.00	2	9.4	82	157	68	5.0	22.65	33.97	5.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.80	1.96	20.00	4	9.1	84	171	78	5.8	22.44	33.65	5.88	20	40	25	22	21	29	27	-	3.27	4.90	5.88		
9.00	2.06	26.25	4	9.1	86	174	81	5.8	22.86	34.30	6.17	22	40	26	22	21	29	27	-	3.43	5.15	6.17		
9.20	1.57	30.19	4	8.8	87	157	68	4.6	24.35	36.52	5.08	12	39	24	21	20	27	27	-	2.61	3.92	4.70		
9.40	1.08	33.33	4	8.5	89	137	53	3.2	24.86	37.29	4.16	-	38	22	19	18	25	26	-	1.80	2.70	3.23		
9.60	0.78	29.63	2	8.4	91	121	39	2.2	21.52	32.28	3.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.80	1.08	33.33	4	8.5	93	137	53	3.1	25.52	38.28	4.16	-	38	22	19	18	25	26	-	1.80	2.70	3.23		
10.00	1.27	39.39	4	8.6	94	145	59	3.5	26.58	39.87	4.56	3	38	23	19	18	26	26	-	2.12	3.19	3.82		
10.20	1.18	30.00	4	8.6	96	141	56	3.2	26.69	40.03	4.37	-	38	22	19	18	25	26	-	1.96	2.94	3.53		
10.40	0.78	29.63	2	8.4	98	121	39	2.0	21.94	32.91	3.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.60	0.78	29.63	2	8.4	99	121	39	2.0	22.03	33.04	3.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.80	0.69	21.21	2	8.2	101	115	34	1.6	19.82	29.74	3.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.00	1.08	23.40	2	8.9	103	137	53	2.7	27.07	40.61	4.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.20	1.76	20.69	2	9.6	105	164	74	4.0	29.20	43.81	5.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.40	2.94	21.43	4	9.4	107	199	98	5.7	28.68	43.02	8.82	29	40	26	23	22	30	29	-	4.90	7.35	8.82		
11.60	2.94	22.56	4	9.4	108	199	98	5.5	29.34	44.02	8.82	28	40	26	23	22	30	29	-	4.90	7.35	8.82		
11.80	4.31	44.00	3	8.9	110	230	-	-	-	-	-	41	41	28	25	23	32	31	-	7.19	10.78	12.94		
12.00	4.12	48.28	3	8.9	112	226	-	-	-	-	-	39	41	28	25	23	31	30	-	6.86	10.29	12.35		
12.20	4.21	58.90	3	8.9	114	228	-	-	-	-	-	39	41	28	25	23	31	30	-	7.02	10.54	12.64		
12.40	4.21	58.90	3	8.9	116	228	-	-	-	-	-	39	41	28	25	23	31	30	-	7.02	10.54	12.64		
12.60	5.00	42.50	3	9.0	117	243	-	-	-	-	-	44	42	28	25	24	32	31	-	8.33	12.50	14.99		
12.80	5.59	61.29	3	9.1	119	254	-	-	-	-	-	48	42	29	26	24	33	31	-	9.31	13.97	16.76		
13.00	4.02	44.09	3	8.8	121	224	-	-	-	-	-	36	4											

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	2
riferimento	140-2010
certificato n°	04001883

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 07/04/2010
Cantiere: Zonizzazione sismica	Pagina: 1/4	Data certificato: 07/04/2010
Località: Medolla	Elaborato:	Falda: -1.00 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	8.00	13.00		0.78	46.06	17	5.9	15.20	29.00	51.00		2.84	176.40	16	6.2
0.40	12.00	19.00		1.18	71.54	16	6.1	15.40	31.00	58.00		3.04	196.00	16	6.5
0.60	12.00	23.00		1.18	78.40	15	6.7	15.60	33.00	63.00		3.23	156.80	21	4.8
0.80	12.00	24.00		1.18	78.40	15	6.7	15.80	27.00	51.00		2.65	110.74	24	4.2
1.00	12.00	24.00		1.18	46.06	26	3.9	16.00	26.00	43.00		2.55	110.74	23	4.3
1.20	10.00	17.00		0.98	39.20	25	4.0	16.20	40.00	57.00		3.92	163.66	24	4.2
1.40	12.00	18.00		1.18	46.06	26	3.9	16.40	48.00	73.00		4.70	144.06	33	3.1
1.60	14.00	21.00		1.37	51.94	26	3.8	16.60	38.00	60.00		3.72	130.34	29	3.5
1.80	16.00	24.00		1.57	39.20	40	2.5	16.80	27.00	47.00		2.65	110.74	24	4.2
2.00	14.00	20.00		1.37	51.94	26	3.8	17.00	16.00	33.00		1.57	98.00	16	6.3
2.20	11.00	19.00		1.08	51.94	21	4.8	17.20	16.00	31.00		1.57	91.14	17	5.8
2.40	16.00	24.00		1.57	71.54	22	4.6	17.40	15.00	29.00		1.47	65.66	22	4.5
2.60	14.00	25.00		1.37	58.80	23	4.3	17.60	13.00	23.00		1.27	91.14	14	7.2
2.80	12.00	21.00		1.18	32.34	36	2.8	17.80	19.00	33.00		1.86	85.26	22	4.6
3.00	17.00	22.00		1.67	26.46	63	1.6	18.00	32.00	45.00		3.14	117.60	27	3.8
3.20	11.00	15.00		1.08	46.06	23	4.3	18.20	26.00	44.00		2.55	144.06	18	5.7
3.40	16.00	23.00		1.57	51.94	30	3.3	18.40	26.00	48.00		2.55	144.06	18	5.7
3.60	14.00	22.00		1.37	26.46	52	1.9	18.60	53.00	75.00		5.19	222.46	23	4.3
3.80	11.00	15.00		1.08	26.46	41	2.5	18.80	37.00	71.00		3.63	110.74	33	3.1
4.00	12.00	16.00		1.18	32.34	36	2.8	19.00	42.00	59.00		4.12	183.26	22	4.5
4.20	11.00	16.00		1.08	32.34	33	3.0	19.20	37.00	65.00		3.63	124.46	29	3.4
4.40	11.00	16.00		1.08	58.80	18	5.5	19.40	16.00	35.00		1.57	130.34	12	8.3
4.60	13.00	22.00		1.27	39.20	33	3.1	19.60	33.00	53.00		3.23	124.46	26	3.8
4.80	15.00	21.00		1.47	26.46	56	1.8	19.80	25.00	44.00		2.45	137.20	18	5.6
5.00	12.00	16.00		1.18	19.60	60	1.7	20.00	33.00	54.00		3.23	169.54	19	5.2
5.20	8.00	11.00		0.78	26.46	30	3.4	20.20	45.00	71.00		4.41	196.00	23	4.4
5.40	6.00	10.00		0.59	46.06	13	7.8	20.40	48.00	78.00		4.70	149.94	31	3.2
5.60	19.00	26.00		1.86	39.20	48	2.1	20.60	38.00	61.00		3.72	104.86	36	2.8
5.80	21.00	27.00		2.06	32.34	64	1.6	20.80	29.00	45.00		2.84	156.80	18	5.5
6.00	10.00	15.00		0.98	46.06	21	4.7	21.00	31.00	55.00		3.04	124.46	24	4.1
6.20	14.00	21.00		1.37	58.80	23	4.3	21.20	25.00	44.00		2.45	130.34	19	5.3
6.40	17.00	26.00		1.67	78.40	21	4.7	21.40	26.00	46.00		2.55	137.20	19	5.4
6.60	17.00	29.00		1.67	65.66	25	3.9	21.60	24.00	45.00		2.35	137.20	17	5.8
6.80	16.00	26.00		1.57	51.94	30	3.3	21.80	29.00	50.00		2.84	137.20	21	4.8
7.00	15.00	23.00		1.47	32.34	45	2.2	22.00	23.00	44.00		2.25	124.46	18	5.5
7.20	17.00	22.00		1.67	58.80	28	3.5	22.20	22.00	41.00		2.16	149.94	14	7.0
7.40	16.00	25.00		1.57	65.66	24	4.2	22.40	27.00	50.00		2.65	156.80	17	5.9
7.60	16.00	26.00		1.57	39.20	40	2.5	22.60	27.00	51.00		2.65	144.06	18	5.4
7.80	15.00	21.00		1.47	51.94	28	3.5	22.80	28.00	50.00		2.74	124.46	22	4.5
8.00	12.00	20.00		1.18	51.94	23	4.4	23.00	37.00	56.00		3.63	189.14	19	5.2
8.20	15.00	23.00		1.47	51.94	28	3.5	23.20	33.00	62.00		3.23	156.80	21	4.8
8.40	18.00	26.00		1.76	91.14	19	5.2	23.40	27.00	51.00		2.65	156.80	17	5.9
8.60	20.00	34.00		1.96	71.54	27	3.7	23.60	32.00	56.00		3.14	176.40	18	5.6
8.80	24.00	35.00		2.35	46.06	51	2.0	23.80	34.00	61.00		3.33	183.26	18	5.5
9.00	20.00	27.00		1.96	32.34	61	1.7	24.00	72.00	100.00		7.06	137.20	51	1.9
9.20	17.00	22.00		1.67	51.94	32	3.1	24.20	101.00	122.00		9.90	228.34	43	2.3
9.40	21.00	29.00		2.06	58.80	35	2.9	24.40	100.00	135.00		9.80	359.66	27	3.7
9.60	23.00	32.00		2.25	78.40	29	3.5	24.60	123.00	178.00		12.05	352.80	34	2.9
9.80	24.00	36.00		2.35	51.94	45	2.2	24.80	145.00	199.00		14.21	333.20	43	2.3
10.00	21.00	29.00		2.06	78.40	26	3.8	25.00	136.00	187.00		13.33			
10.20	19.00	31.00		1.86	85.26	22	4.6								
10.40	19.00	32.00		1.86	78.40	24	4.2								
10.60	21.00	33.00		2.06	71.54	29	3.5								
10.80	22.00	33.00		2.16	78.40	28	3.6								
11.00	20.00	32.00		1.96	104.86	19	5.4								
11.20	20.00	36.00		1.96	110.74	18	5.7								
11.40	21.00	38.00		2.06	104.86	20	5.1								
11.60	22.00	38.00		2.16	98.00	22	4.5								
11.80	13.00	28.00		1.27	58.80	22	4.6								
12.00	18.00	27.00		1.76	85.26	21	4.8								
12.20	19.00	32.00		1.86	78.40	24	4.2								
12.40	17.00	29.00		1.67	58.80	28	3.5								
12.60	15.00	24.00		1.47	46.06	32	3.1								
12.80	15.00	22.00		1.47	46.06	32	3.1								
13.00	13.00	20.00		1.27	58.80	22	4.6								
13.20	14.00	23.00		1.37	78.40	18	5.7								
13.40	14.00	26.00		1.37	58.80	23	4.3								
13.60	18.00	27.00		1.76	71.54	25	4.1								
13.80	26.00	37.00		2.55	124.46	20	4.9								
14.00	31.00	50.00		3.04	117.60	26	3.9								
14.20	33.00	51.00		3.23	144.06	22	4.5								
14.40	24.00	46.00		2.35	104.86	22	4.5								
14.60	24.00	40.00		2.35	85.26	28	3.6								
14.80	38.00	51.00		3.72	117.60	32	3.2								
15.00	26.00	44.00		2.55	144.06	18	5.7								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10.00 costante di trasformazione

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

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 2

***Indagini sismiche a rifrazione:
Stendimento sismico MASW e
Stendimento sismici Re.Mi.***



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

Indagine sismica MASW n. 1

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R01388

Committente: **Comune di Medolla**

Località: **Medolla**

Cantiere: **AR1 - ex Covalpa**

Data prova: **17/03/2010**

Data emissione certificato: **18/03/2010**

Lunghezza stendimento (m): **48**

N. geofoni: **24**

Spaziatura geofoni (m): **2**

Offset a (m): **2**

Offset b (m): **5**

Attrezzatura utilizzata

- Sismografo Geode a 24 canali, le cui caratteristiche compaiono nella scheda allegata;
- N. 24 Geofoni "Geospace" da 4.5 Hz;
- Prolunga cavo di trasmissione Trigger – Sismografo Geode Geometrics;
- Cavi elettrici avvolti in due carrelli gommati, provvisti di take-out.

Metodologia di indagine

Le prove MASW consentono un'accurata ricostruzione bidimensionale della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo fino alla profondità di circa 35 m. Le prospezioni sismiche M.A.S.W. forniscono una buona risoluzione e non sono limitati dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre, la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla Vp e dalla densità, è funzione innanzitutto della Vs.

L'analisi MASW viene effettuata utilizzando la strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (4.5 Hz), con tempo di registrazione di 2 sec. Nello specifico si realizza uno stendimento, di lunghezza variabile in relazione alla distanza scelta tra i geofoni, (si consiglia 2 m), costituito da 24 geofoni da 4.5 Hz, utilizzando un tempo di registrazione pari a 2 secondi. Si effettuano battute poste ad offset diversi (es. 2.00 m da geofono 1 e 5.00 m da geofono 1). Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati acquisiti è winMASW4.3 Standard.

Norme di riferimento

- Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure.

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

I TECNICI DI CANTIERE

Dott.ssa Monica Mazzoli

Risultati winMASW Standard: principali dati

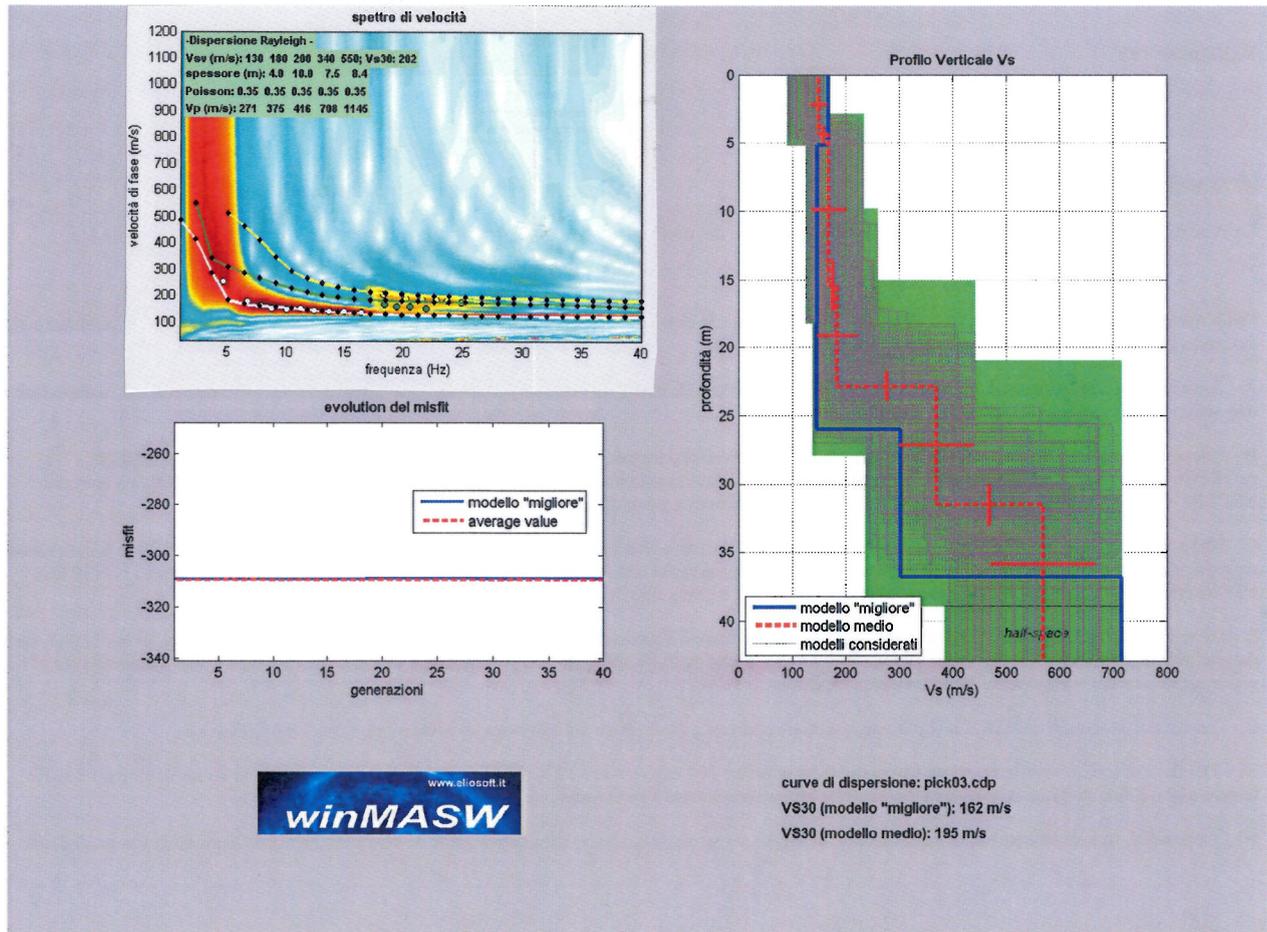
Per ulteriori dati risultanti delle analisi svolte vedi il file "winMASW_report.txt".

www.eliosoft.it

Data: 29 3 2010

Ora: 15 19

Curva analizzata: pick03.cdp



Modello medio

Vs (m/s): 150, 169, 185, 369, 568

Deviazioni Standard (m/s): 16, 33, 37, 68, 97

Spessori (m): 4.4, 11.1, 7.4, 8.7

Deviazioni Standard (m): 0.7, 1.9, 1.1, 1.5

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di V_p , densità e moduli elastici (VEDI MANUALE)

Stima V_p (m/s): 312, 352, 385, 768, 1063

Stima densità (gr/cm³): 1.77, 1.80, 1.82, 1.99, 2.07

Stima modulo di Poisson: 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.30

Stima modulo di taglio (MPa): 40, 51, 62, 271, 667

Stima modulo di compressione (MPa): 119, 155, 187, 812, 1448

Stima modulo di Young (MPa): 108, 139, 168, 732, 1735

Stima modulo di Lamé (MPa): 93, 120, 145, 632, 1003

V_{s30} (m/s): 195

ATTENZIONE

La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale V_s .

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{S30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW Standard

Software per la determinazione dello spettro di velocità, la modellazione, l'inversione delle curve di dispersione e l'analisi delle curve di attenuazione per la stima dei fattori di qualità Q secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

Indagine sismica Re.Mi. n.2

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R01395

Committente: **Comune di Medolla**

Località: **via San Matteo, Medolla (MO)**

Cantiere: **AR2**

Data prova: 18/03/2010

Data emissione certificato: 23/03/2010

Lunghezza stendimento (m): **115**

N. geofoni: **24**

Spaziatura geofoni: **5 m**

Offset (m): **1**

Attrezzatura utilizzata

- Sismografo Geode a 24 canali, le cui caratteristiche compaiono nella scheda allegata;
- N. 24 Geofoni "Geospace" a 14 Hz;
- Stendimento di lunghezza 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m.

Metodologia di indagine

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (14 Hz), con tempo di registrazione (15-30s).

Nello specifico si realizza uno stendimento da 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m, utilizzando un tempo di registrazione pari a 30 secondi, per un totale di 10 campionamenti.

Si sono registrate onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 35 Hz fino a 2 Hz.

L'elaborazione del segnale acquisito in campagna consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica mediante apposito software SeisOptim ReMi Versione 5.0.

Norme di riferimento

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni;
- Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure.

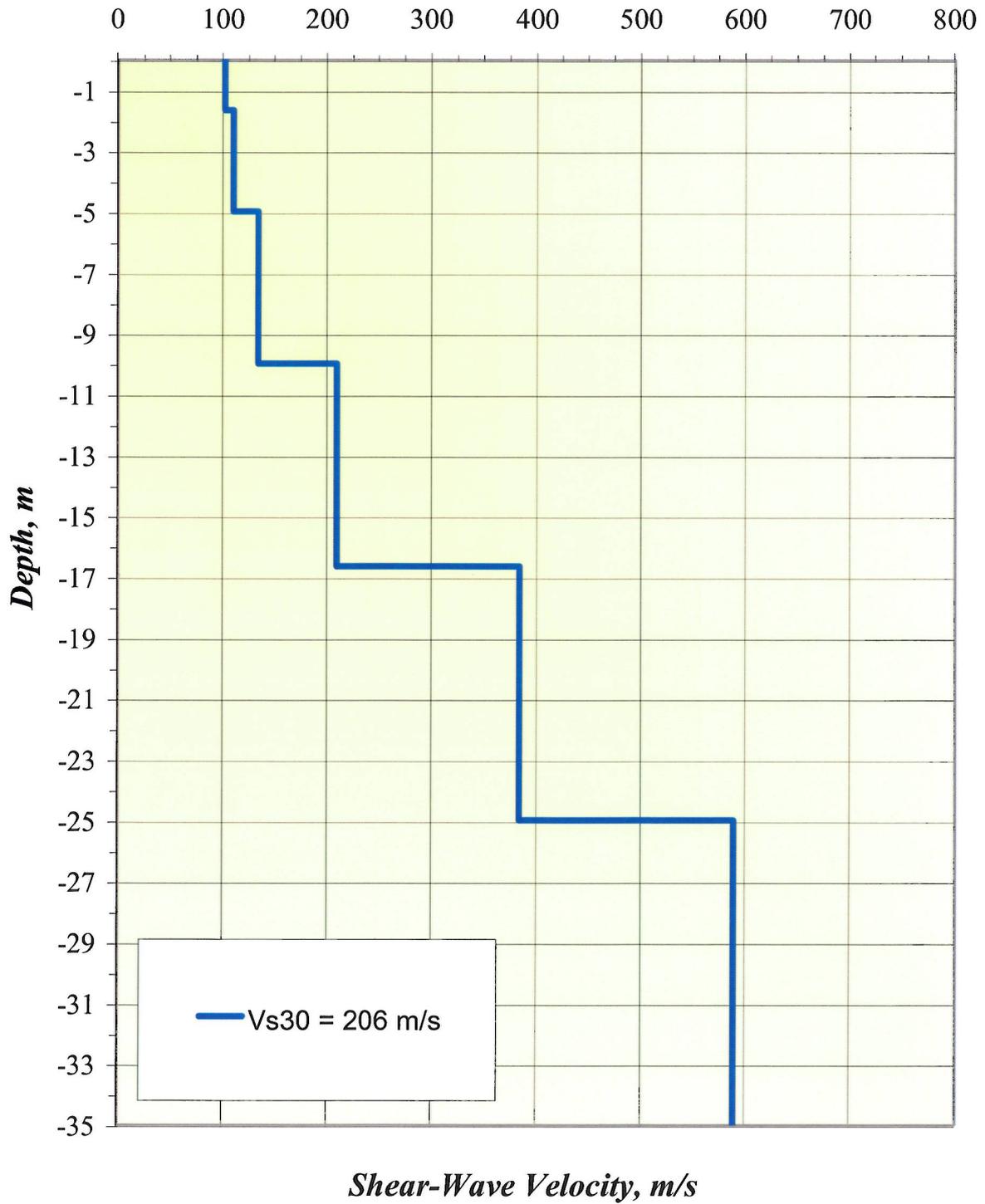
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

IL TECNICO DI CANTIERE

Dott.ssa Geol. Monica Mazzoli

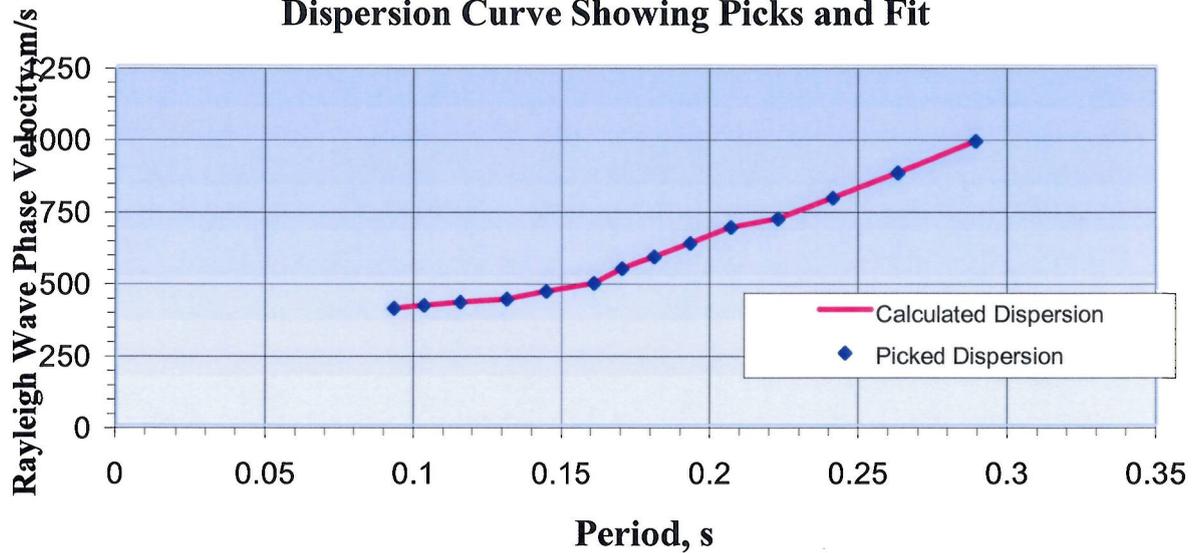
Medolla, AR2 – “Bivio” - 23/03/2010
Vs Model



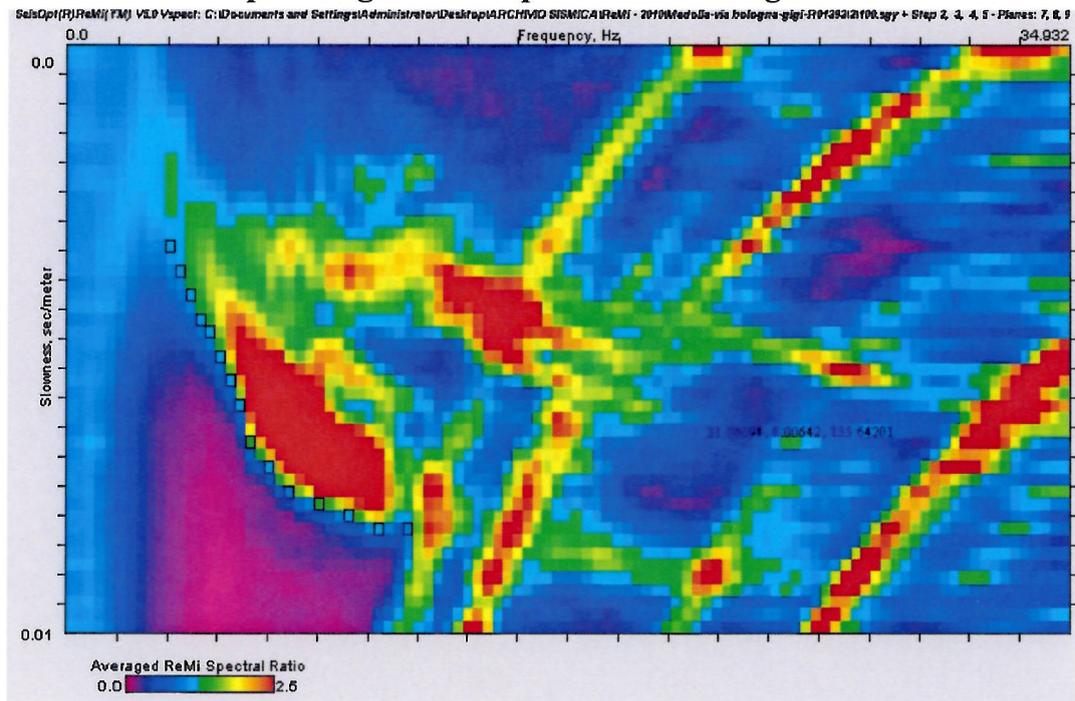
PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Medolla, via Bologna (bis) - 23/03/2010

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



p-f Image with Dispersion Modeling Picks



PROVE PENETROMETRICHE
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

Indagine sismica Re.Mi. n. 3

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R01394

Committente: **Comune di Medolla**

Località: **via San Matteo – Via Romana Nord A, comune di Medolla (MO)**

Cantiere: **Studio terreno di fondazione**

Data prova: **18/03/2010**

Data emissione certificato: **23/03/2010**

Lunghezza stendimento (m): **115**

N. geofoni: **24**

Spaziatura geofoni: **5 m**

Offset (m): **1**

Attrezzatura utilizzata

- Sismografo Geode a 24 canali, le cui caratteristiche compaiono nella scheda allegata;
- N. 24 Geofoni "Geospace" a 14 Hz;
- Stendimento di lunghezza 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m.

Metodologia di indagine

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (14 Hz), con tempo di registrazione (15-30s).

Nello specifico si realizza uno stendimento da 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m, utilizzando un tempo di registrazione pari a 30 secondi, per un totale di 13 campionamenti.

Si sono registrate onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 35 Hz fino a 2 Hz.

L'elaborazione del segnale acquisito in campagna consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica mediante apposito software SeisOptim ReMi Versione 5.0.

Norme di riferimento

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni;
- Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure.

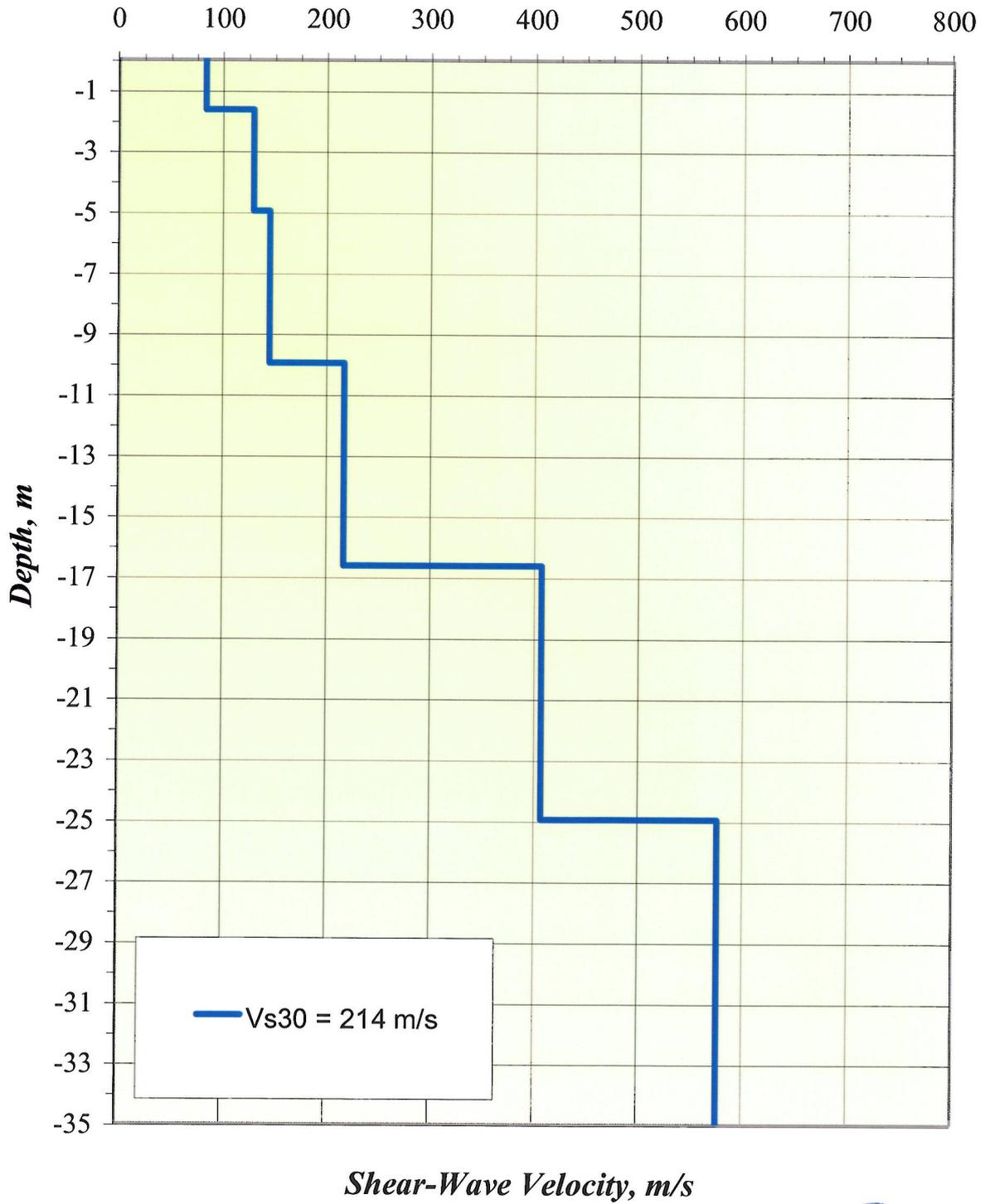
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

IL TECNICO DI CANTIERE

Dott.ssa Monica Mazzoli

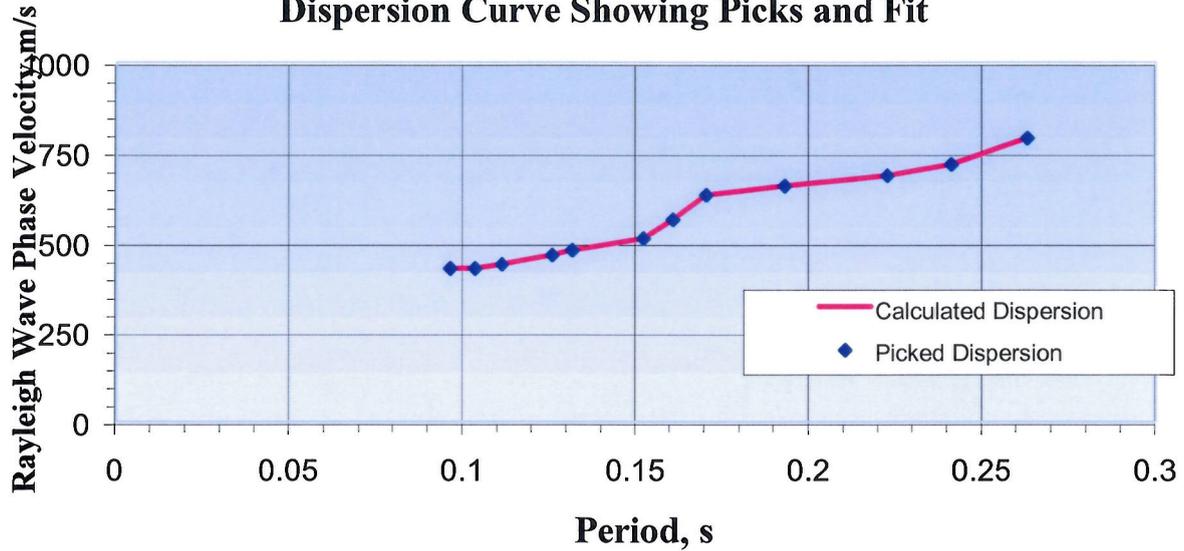
Medolla, AN.1 - 23/03/2010
Vs Model



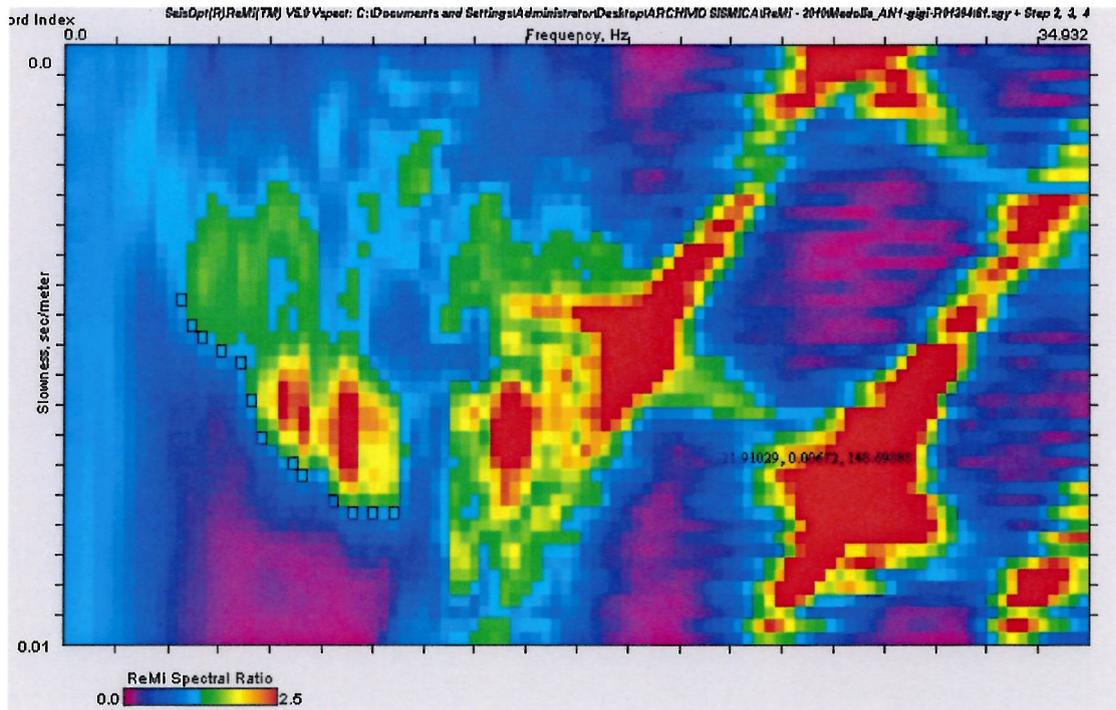
PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Medolla, AN.1 - 23/03/2010

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



p-f Image with Dispersion Modeling Picks



PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via Cesare Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Indagine sismica Re.Mi. n° 4

Lavoro: Piano Particolareggiato di iniziativa Privata “San Matteo”
Località: Via San Matteo – Medolla

Cantiere: **AN2 – via San Matteo – via Romana nord B**

Data 10/03/2008

Lunghezza stendimento (m): 115

N. geofoni: 24

Spaziatura geofoni: 5 m

GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362



GEO GROUP s.r.l.

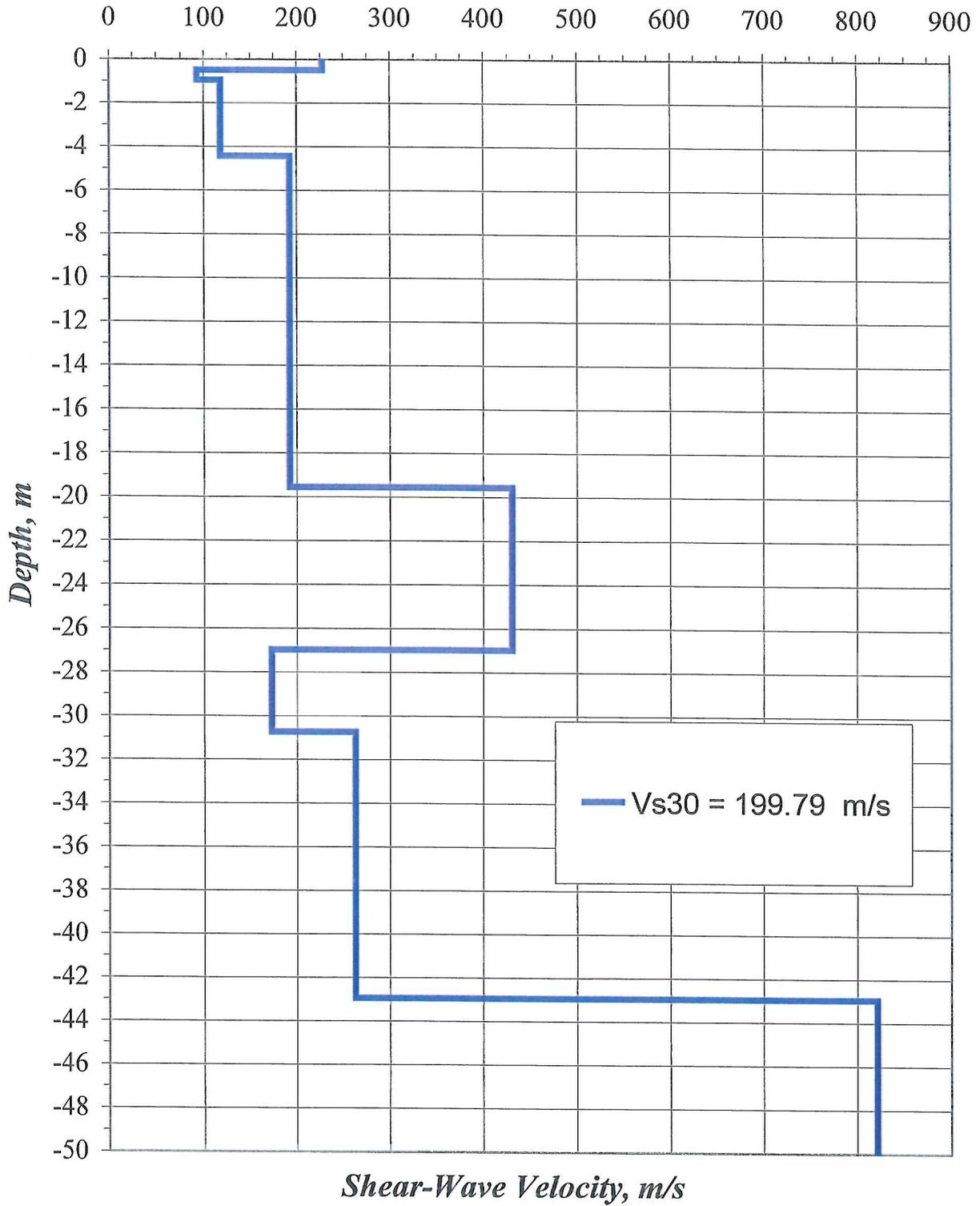
Via Cesare Costa, 182 (Mo)

P.IVA e C.F. 02981500362

Tel. 059-828367/059-3967169; Fax 059-5332019;

Comune di Medolla (MO) - Via San Matteo

10 Marzo 2008





GEO GROUP s.r.l.

Via Cesare Costa, 182 (Mo)

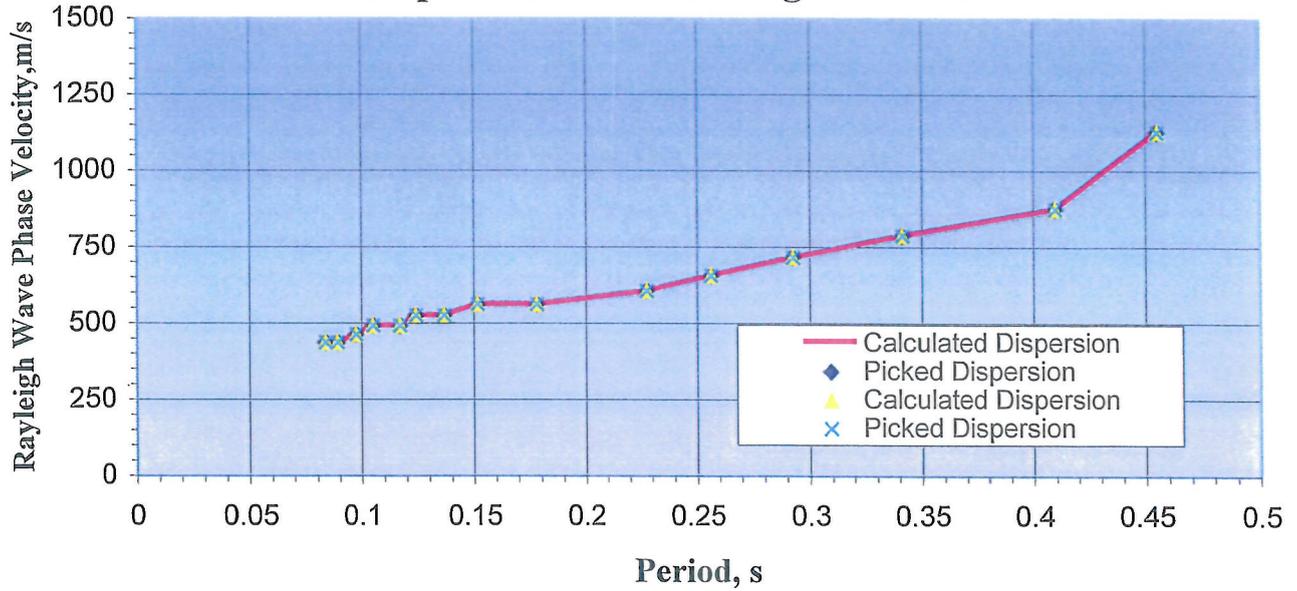
P.IVA e C.F. 02981500362

Tel. 059-828367/059-3967169; Fax 059-5332019;

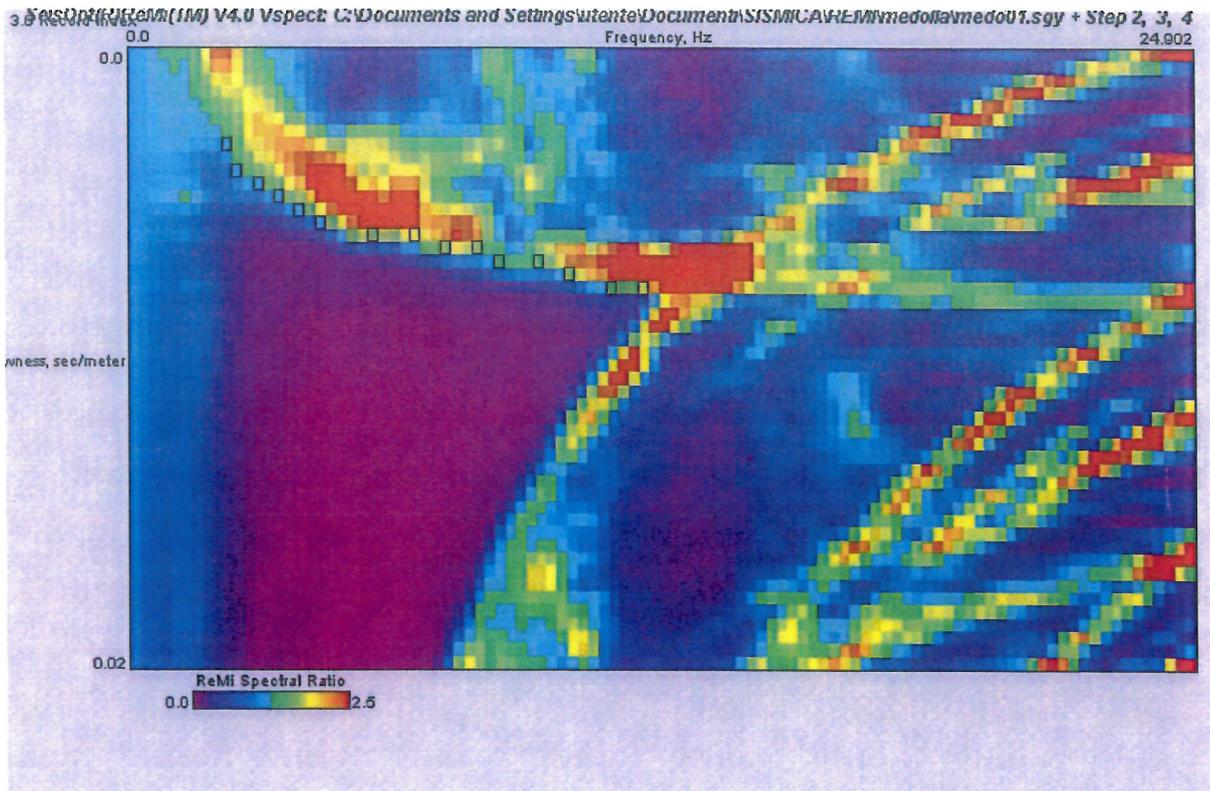
Comune di Medolla (MO) -

10 Marzo 2008

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



p-f Image with Dispersion Modeling Picks

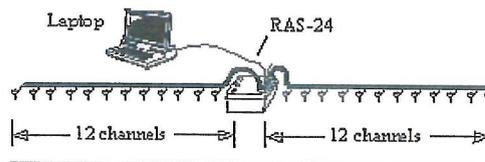


CARATTERISTICHE TECNICHE DEL SISMOGRAFO

ABEM RAS 24



24-channel Layout



Specifications:

Number of Channels:	12 or 24 per RAS module, up to 240 channels per system (10 modules)
Sample Intervals:	0.125, 0.25, 0.5, 1, 2 and 4 ms
Record Length:	4 ms - 64 sec, 2 ms - 32 sec, 1 ms - 16 sec, .5 ms - 8 sec, .25 ms - 4 sec, .125 ms - 2 sec
Multiline Operation:	10 lines
CDP Operation:	2D: Automatic or manual roll of entire spread 3D: Managed by RAS-24 script editor
Stacking:	Vertical stack
Cable:	One 12 takeout cable for 12 channel system. Two for 24 channel system
Laptop to RAS Interval:	1200ft maximum 3 pair wire
RAS to RAS Interval:	5000ft maximum 2 pair wire
Recording Format:	SEG-2, SEG-D 8038, SEG-D 8058
A/D Resolution:	24 bits using Delta-Sigma A/D converters - one per channel
Preamp Gain (PG):	12db, 24db, 36db or 48db, remotely selectable
Frequency Response:	.125 ms: 2 - 3300Hz, .25 ms: 2 - 1650 Hz, .5 ms: 2 - 825 Hz, 1 ms: 2 - 412 Hz, 2 ms: 2 - 206 Hz, 4 ms: 2 - 103 Hz
Dynamic Range:	112db @ 2 ms PG=36db, 117db @ 2 ms PG=12db (typ)
Distortion (THD):	.005% at 25 Hz, 2 ms sample interval (typ)
Crosstalk:	Greater than 90db
CMR:	Greater than 90db @ 60 Hz
Max Input Signal:	880 mVRMS @ 12db, 55 mVRMS @ 36db
Input Noise:	.21 mVRMS @ 2ms PG=36db, 1.6 mVRMS @ 2ms PG=12db (typ)
Anti-Alias Filters:	4 ms 103 Hz, 2 ms 206 Hz, 1 ms 412 Hz, .5 ms 825 Hz, .25ms 1650 Hz, .125ms 3300 Hz
Test Oscillator:	10, 25, 50, 60, 100, 125, 200, 250 Hz Amplitude adjustable in 10 mV steps
Instrument Tests:	Internal digital tests, battery voltage, internal voltage, crosstalk, amplifier pulse, CMR, amplifier noise, dynamic range, gain & phase similarity, system timing, communications, trigger verification
Line Tests:	Geophone pulse, geophone similarity, geophone resistance, cable leakage



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

Indagine sismica Re.Mi. n. 5

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R01395

Committente: **Comune di Medolla**

Località: **via San Matteo, Medolla (MO)**

Cantiere: **AN.3**

Data prova: 18/03/2010

Data emissione certificato: 23/03/2010

Lunghezza stendimento (m): **115**

N. geofoni: **24**

Spaziatura geofoni: **5 m**

Offset (m): **1**

Attrezzatura utilizzata

- Sismografo Geode a 24 canali, le cui caratteristiche compaiono nella scheda allegata;
- N. 24 Geofoni "Geospace" a 14 Hz;
- Stendimento di lunghezza 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m.

Metodologia di indagine

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (14 Hz), con tempo di registrazione (15-30s).

Nello specifico si realizza uno stendimento da 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m, utilizzando un tempo di registrazione pari a 30 secondi, per un totale di 10 campionamenti.

Si sono registrate onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 35 Hz fino a 2 Hz.

L'elaborazione del segnale acquisito in campagna consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica mediante apposito software SeisOptim ReMi Versione 5.0.

Norme di riferimento

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni;
- Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure.

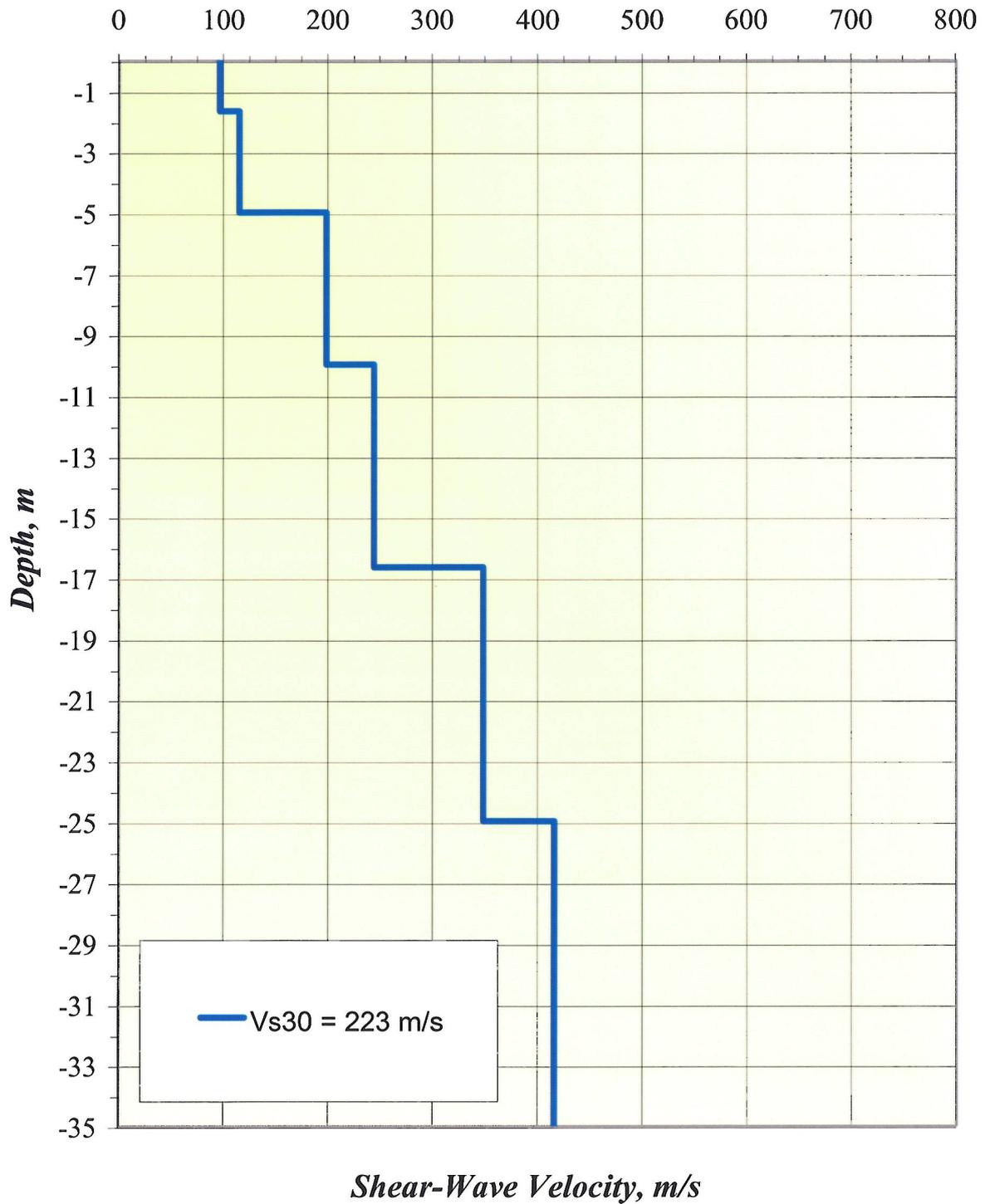
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

IL TECNICO DI CANTIERE

Dott.ssa Geol. Monica Mazzoli

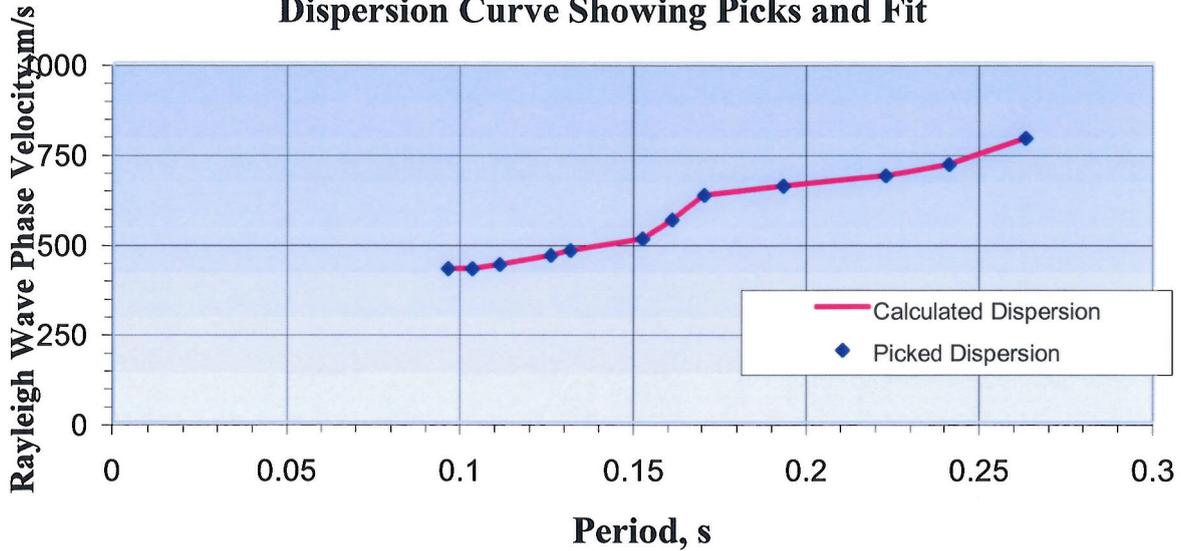
Medolla, AN.3 via San Matteo - 23/03/2010
Vs Model



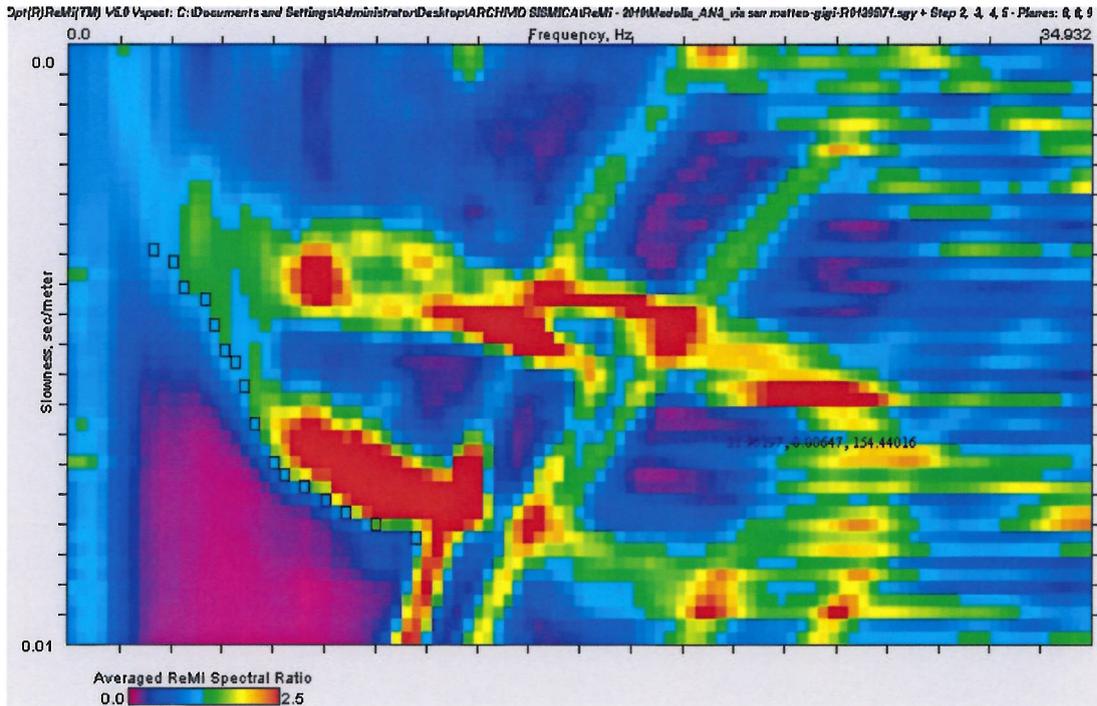
PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Medolla, AN.3 via San Matteo - 23/03/2010

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



p-f Image with Dispersion Modeling Picks



PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

Indagine sismica Re.Mi. n. 6

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R01393

Committente: **Comune di Medolla**

Località: **via Bologna, Medolla (MO)**

Cantiere: **AN4**

Data prova: **18/03/2010**

Data emissione certificato: **23/03/2010**

Lunghezza stendimento (m): **115**

N. geofoni: **24**

Spaziatura geofoni: **5 m**

Offset (m): **1**

Attrezzatura utilizzata

- Sismografo Geode a 24 canali, le cui caratteristiche compaiono nella scheda allegata;
- N. 24 Geofoni "Geospace" a 14 Hz;
- Stendimento di lunghezza 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m.

Metodologia di indagine

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (14 Hz), con tempo di registrazione (15-30s).

Nello specifico si realizza uno stendimento da 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m, utilizzando un tempo di registrazione pari a 30 secondi, per un totale di 10 campionamenti.

Si sono registrate onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 35 Hz fino a 2 Hz.

L'elaborazione del segnale acquisito in campagna consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica mediante apposito software SeisOptim ReMi Versione 5.0.

Norme di riferimento

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni;
- Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure.

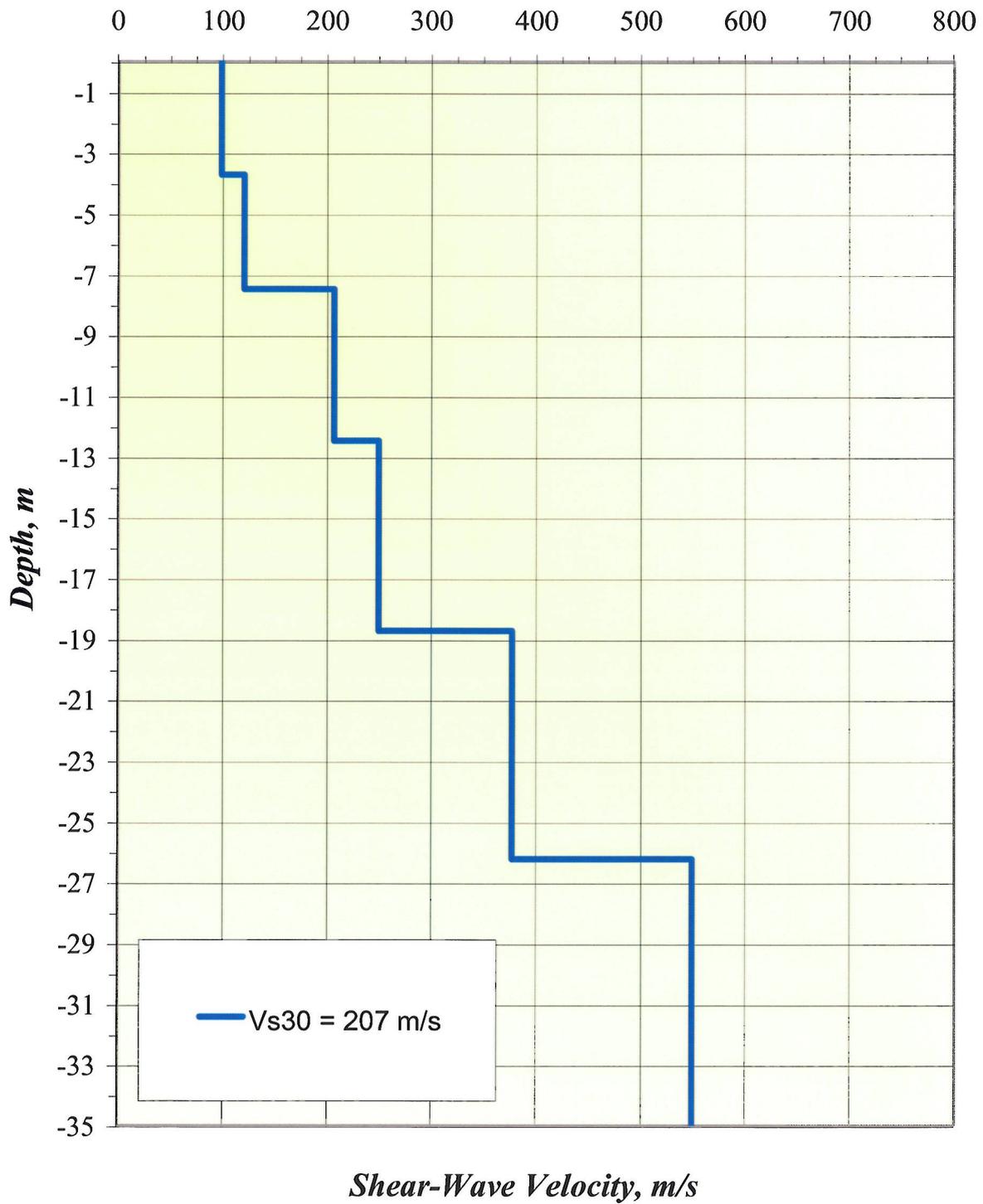
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

IL TECNICO DI CANTIERE

Dott.ssa Geol. Monica Mazzoli

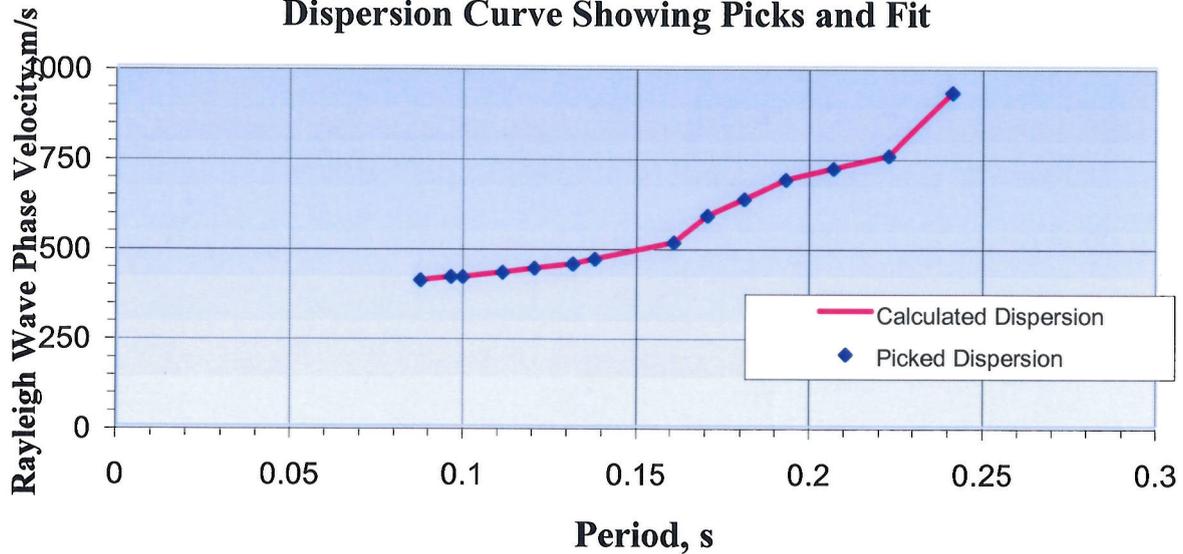
Medolla, via Bologna - 23/03/2010
Vs Model



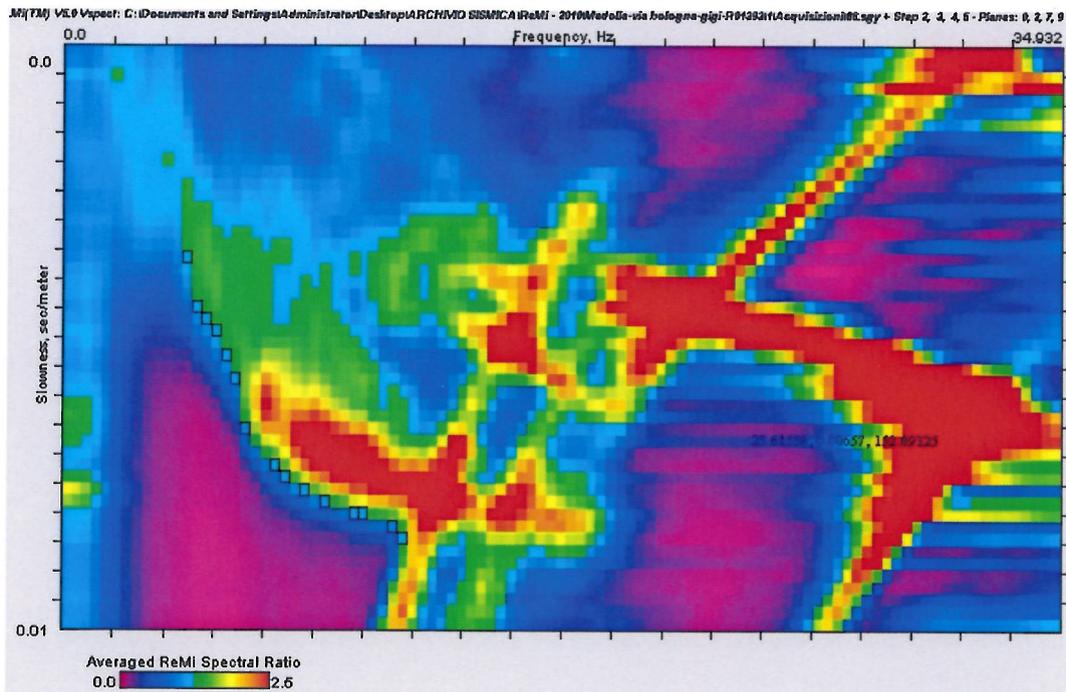
PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Medolla, via Bologna - 23/03/2010

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



p-f Image with Dispersion Modeling Picks



PROVE PENETROMETRICHE srl
 ELABORAZIONE DATI
 IL TECNICO

Sondaggi a carotaggio continuo e trivellazioni-penetrometrie dinamiche DPL, DPH, DPSH, SPT, SCPT
 penetrometrie statiche con piezocono o punta meccanica-prove di permeabilità in sito, piezometri, inclinometri-geofisica



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

Indagine sismica Re.Mi. n. 7

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R01386

Committente: **Comune di Medolla**

Località: **via Artigiani, Medolla (MO)**

Cantiere: **APC.t(r)1**

Data prova: **17/03/2010**

Data emissione certificato: **18/03/2010**

Lunghezza stendimento (m): **115**

N. geofoni: **24**

Spaziatura geofoni: **5 m**

Offset (m): **1**

Attrezzatura utilizzata

- Sismografo Geode a 24 canali, le cui caratteristiche compaiono nella scheda allegata;
- N. 24 Geofoni "Geospace" a 14 Hz;
- Stendimento di lunghezza 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m.

Metodologia di indagine

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (14 Hz), con tempo di registrazione (15-30s).

Nello specifico si realizza uno stendimento da 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m, utilizzando un tempo di registrazione pari a 30 secondi, per un totale di 10 campionamenti.

Si sono registrate onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 35 Hz fino a 2 Hz.

L'elaborazione del segnale acquisito in campagna consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica mediante apposito software SeisOptim ReMi Versione 5.0.

Norme di riferimento

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni;
- Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure.

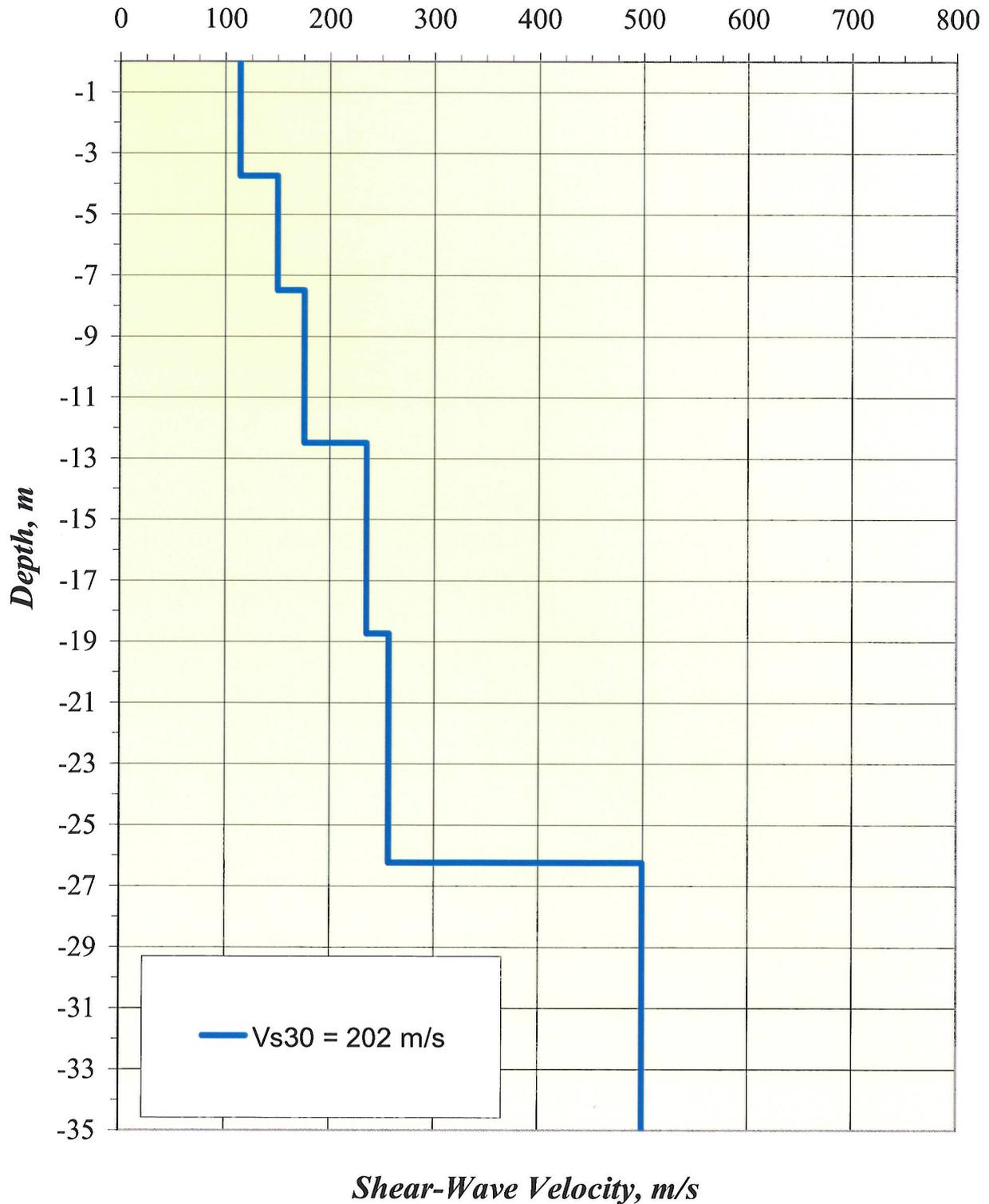
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

IL TECNICO DI CANTIERE

Dott.ssa Geol. Monica Mazzoli

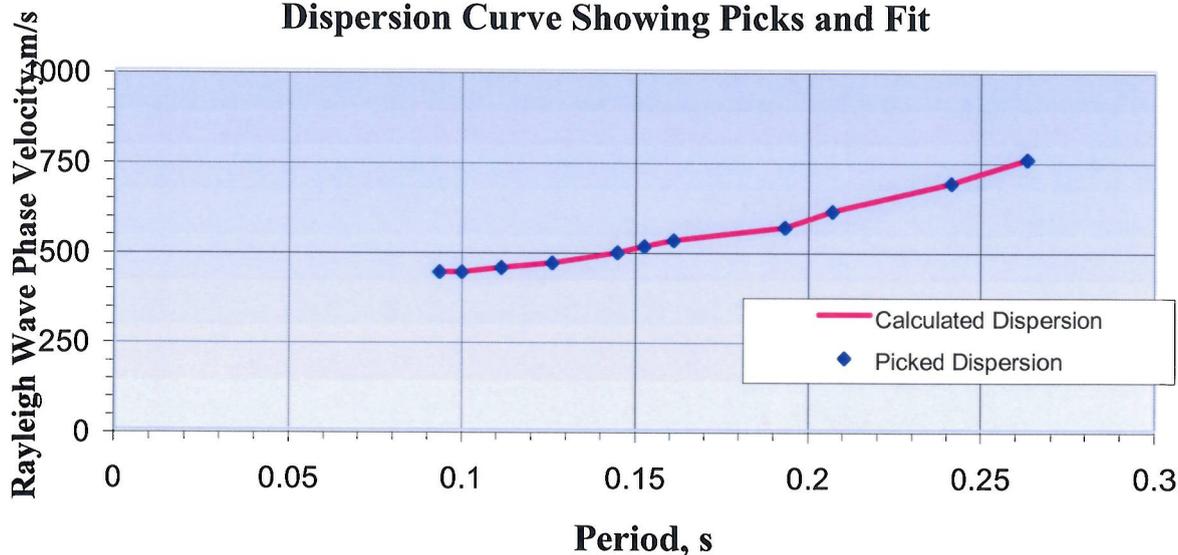
Medolla, via Artigiani (MO) - 18/03/2010
Vs Model



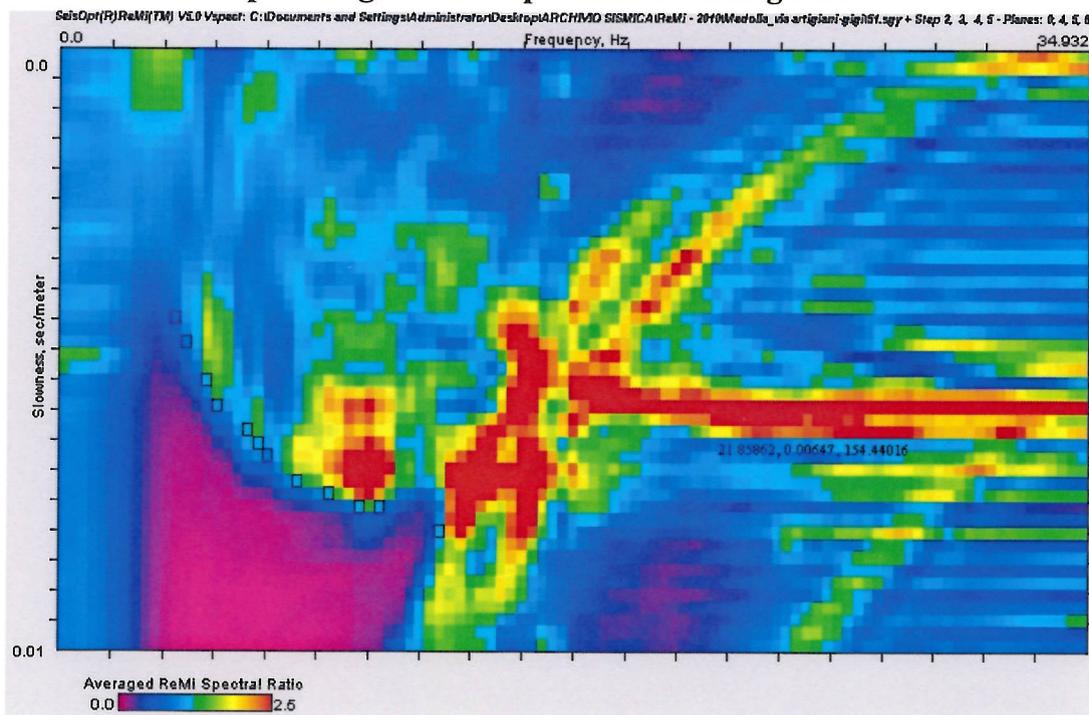
PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Medolla, via Artigiani (MO) - 18/03/2010

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



p-f Image with Dispersion Modeling Picks



PROVE PENETROMETRICHE srl
 ELABORAZIONE DATI
 IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

Indagine sismica Re.Mi. n. 8

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R01387

Committente: **Comune di Medolla**

Località: **via Montalbano, Medolla (MO)**

Cantiere: **APC.Ú(ni) 2**

Data prova: **17/03/2010**

Data emissione certificato: **18/03/2010**

Lunghezza stendimento (m): **115**

N. geofoni: **24**

Spaziatura geofoni: **5 m**

Offset (m): **1**

Attrezzatura utilizzata

- Sismografo Geode a 24 canali, le cui caratteristiche compaiono nella scheda allegata;
- N. 24 Geofoni "Geospace" a 14 Hz;
- Stendimento di lunghezza 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m.

Metodologia di indagine

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, di 24 geofoni a bassa frequenza di risonanza (14 Hz), con tempo di registrazione (15-30s).

Nello specifico si realizza uno stendimento da 115 m, costituito da 24 geofoni da 14 Hz, distanziati 5,0 m, utilizzando un tempo di registrazione pari a 30 secondi, per un totale di 10 campionamenti.

Si sono registrate onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 35 Hz fino a 2 Hz.

L'elaborazione del segnale acquisito in campagna consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica mediante apposito software SeisOptim ReMi Versione 5.0.

Norme di riferimento

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni;
- Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure.

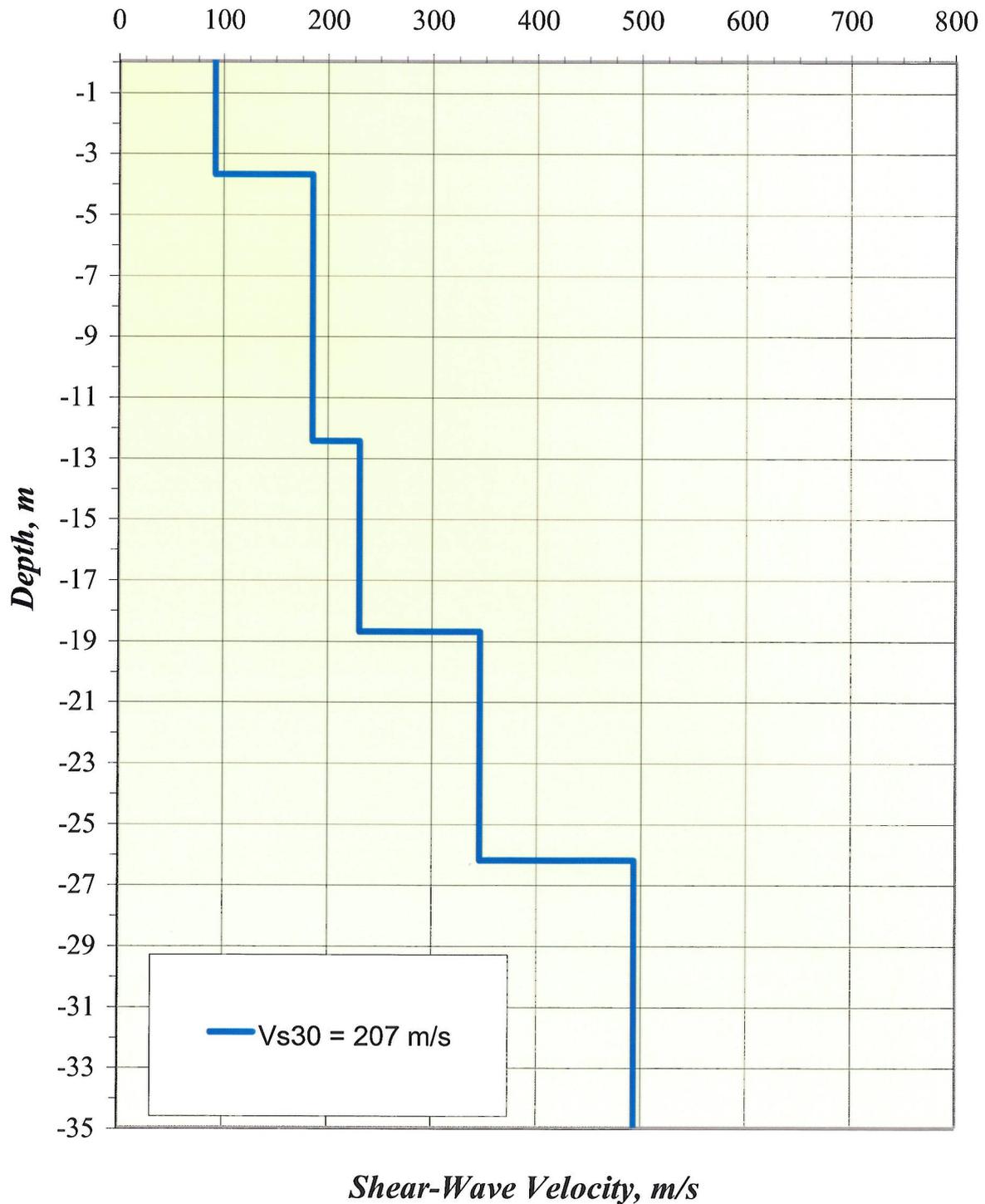
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

IL TECNICO DI CANTIERE

Dott.ssa Geol. Monica Mazzoli

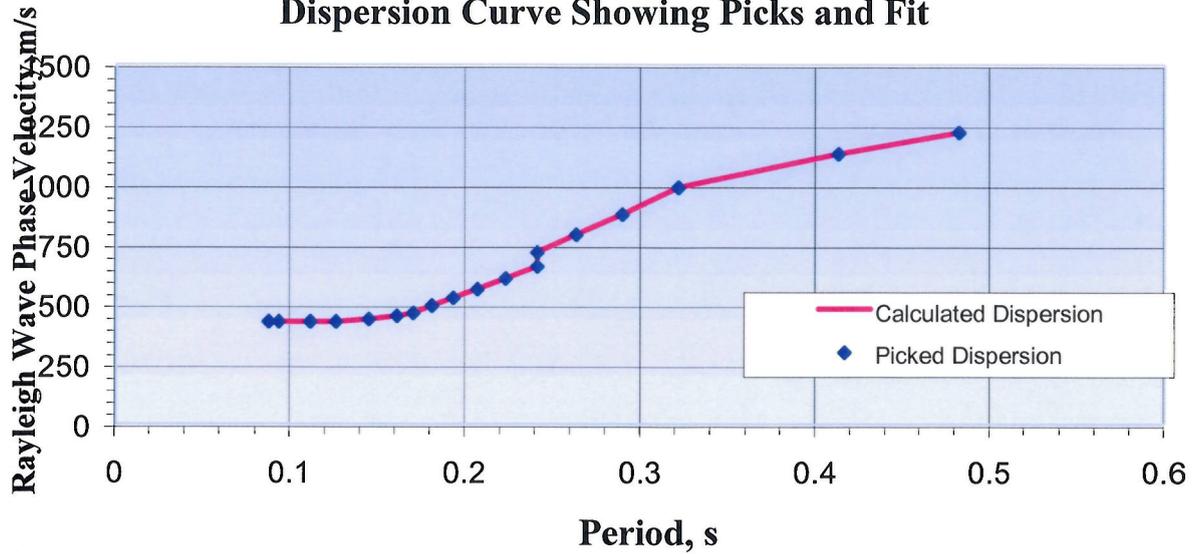
Medolla, via Montalbano - 18/03/2010
Vs Model



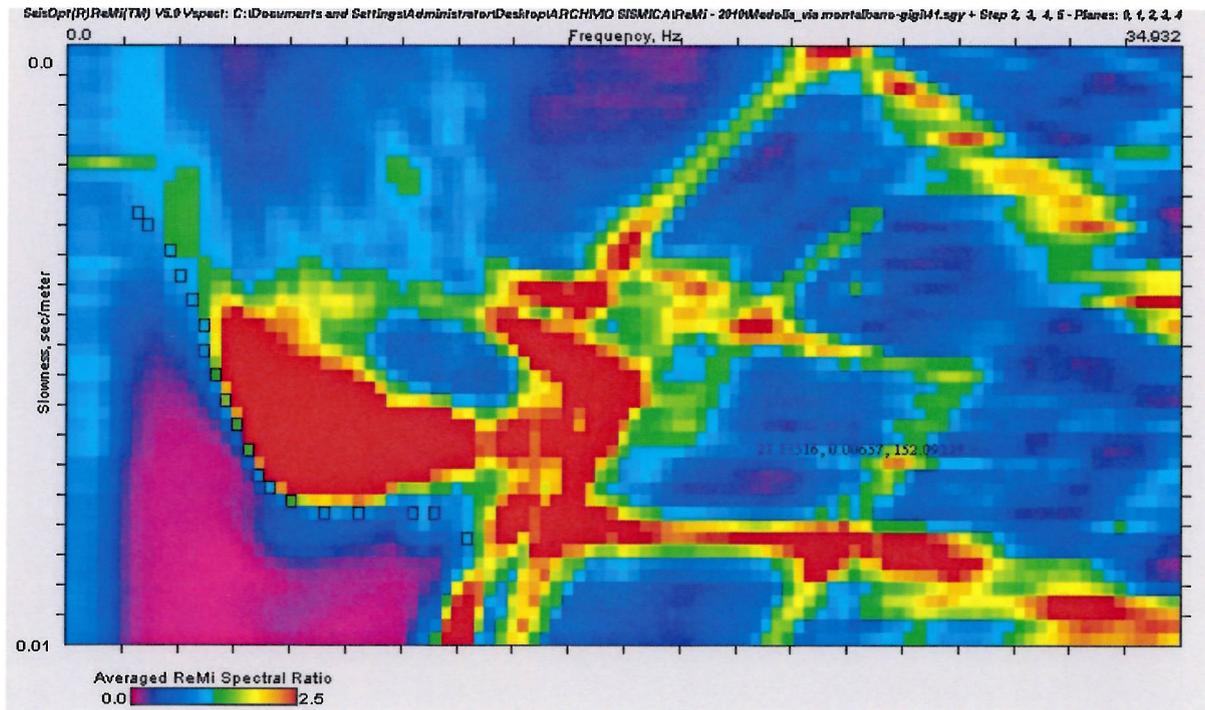
PROVE PENETROMETRICHE s.r.l.
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Medolla, via Montalbano - 18/03/2010

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



p-f Image with Dispersion Modeling Picks



PROVE PENETROMETRICHE srl
 ELABORAZIONE DATI
 IL TECNICO

GEO GROUP s.r.l.

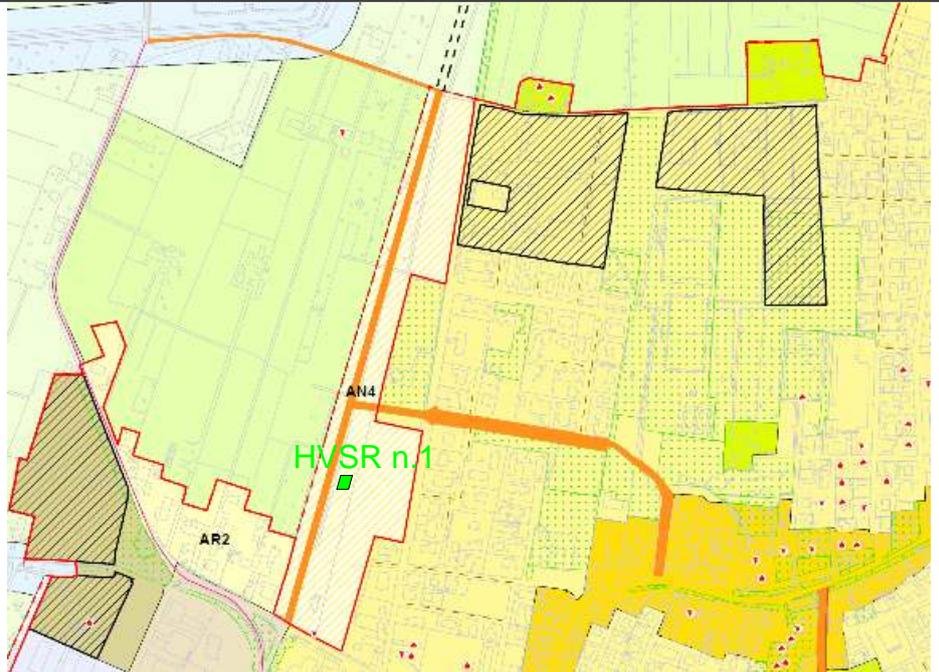
Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N°3

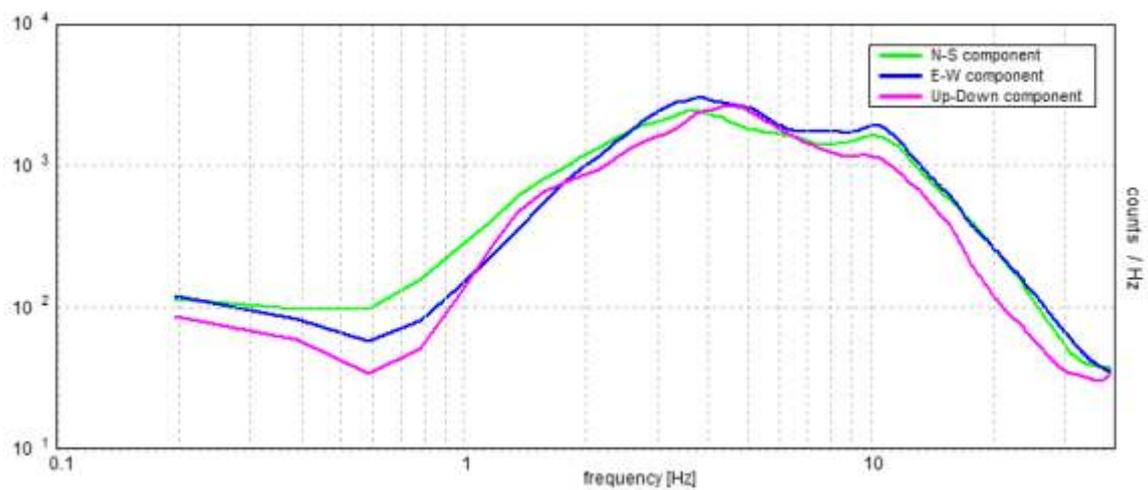
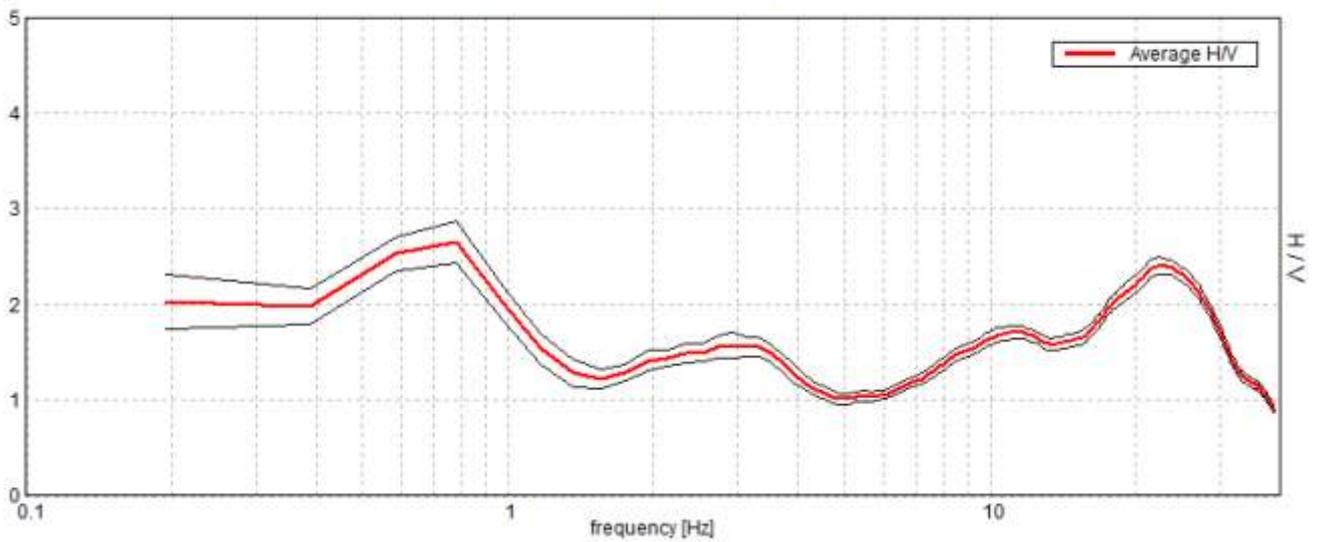
Indagine sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Comune di Medolla
Ambito AN4
"via Bologna"

HVSR n.1



Max. H/V at 0.78 ± 1.09 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).





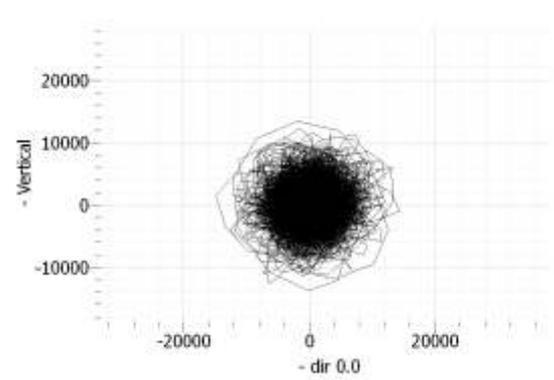
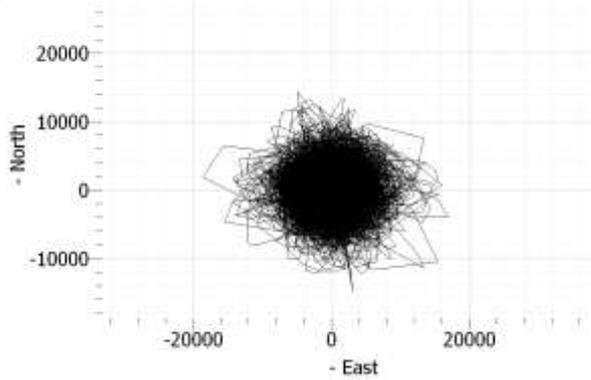
GEO GROUP s.r.l.

Via C. Costa, 182 - 41124 MODENA

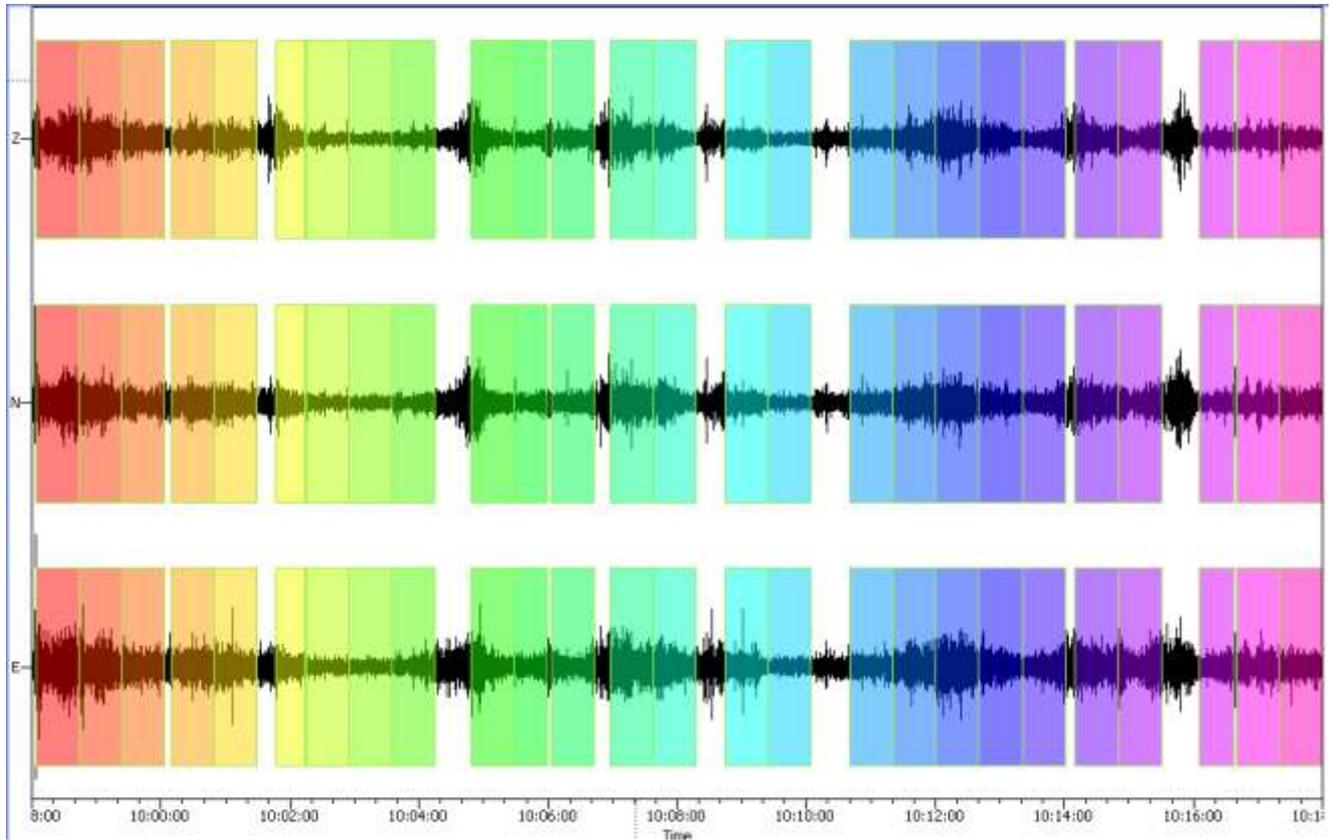
Tel. 059/828367-059/3967169 Fax. 059/5332019 E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it

particle motion:

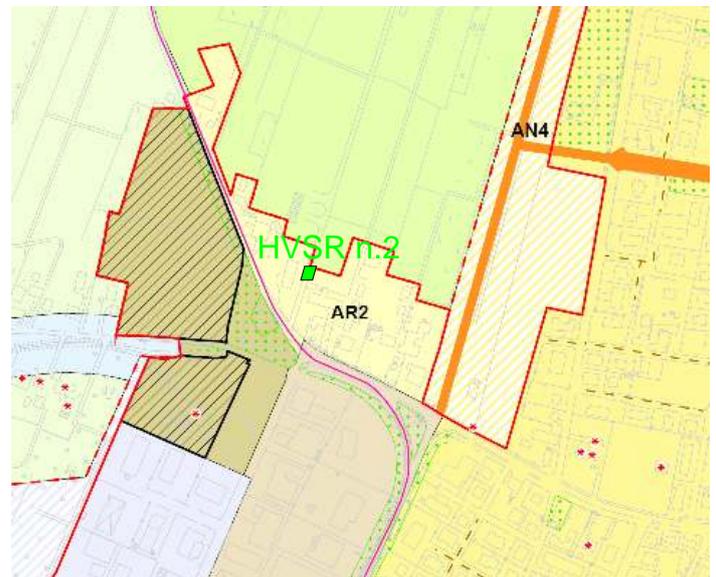


trace: Z, N-S, W-E

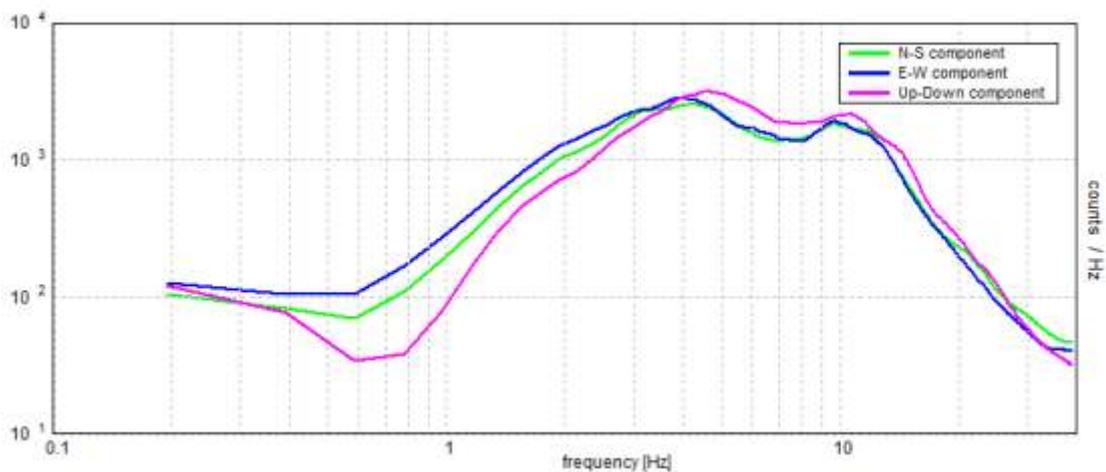
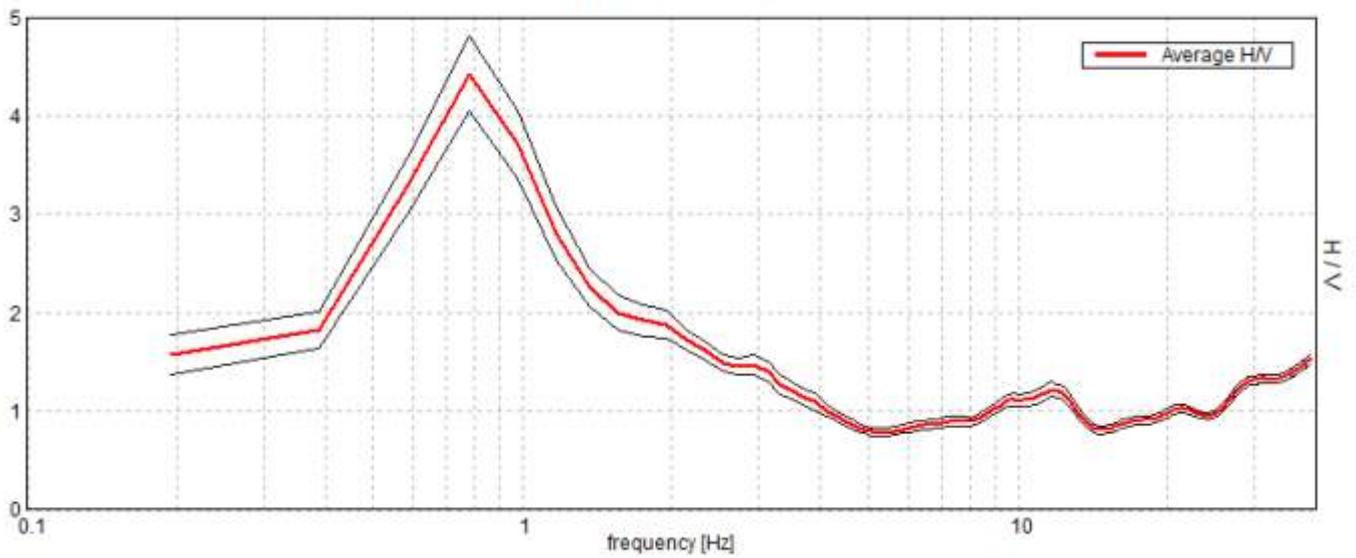


Comune di Medolla
Ambito AR2
"Bivio"

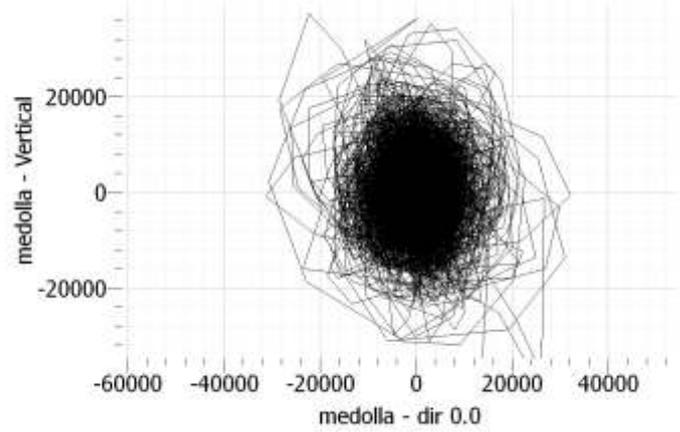
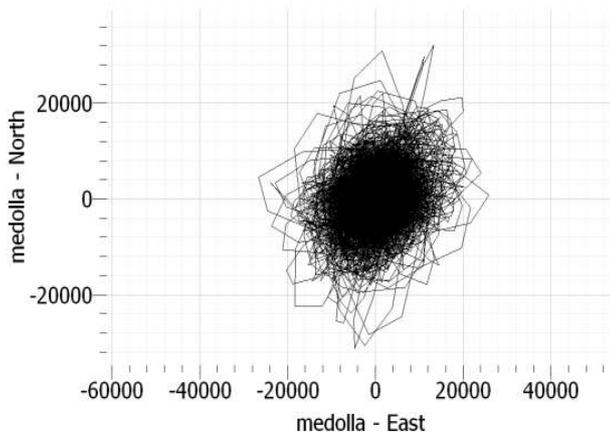
HVSR n.2



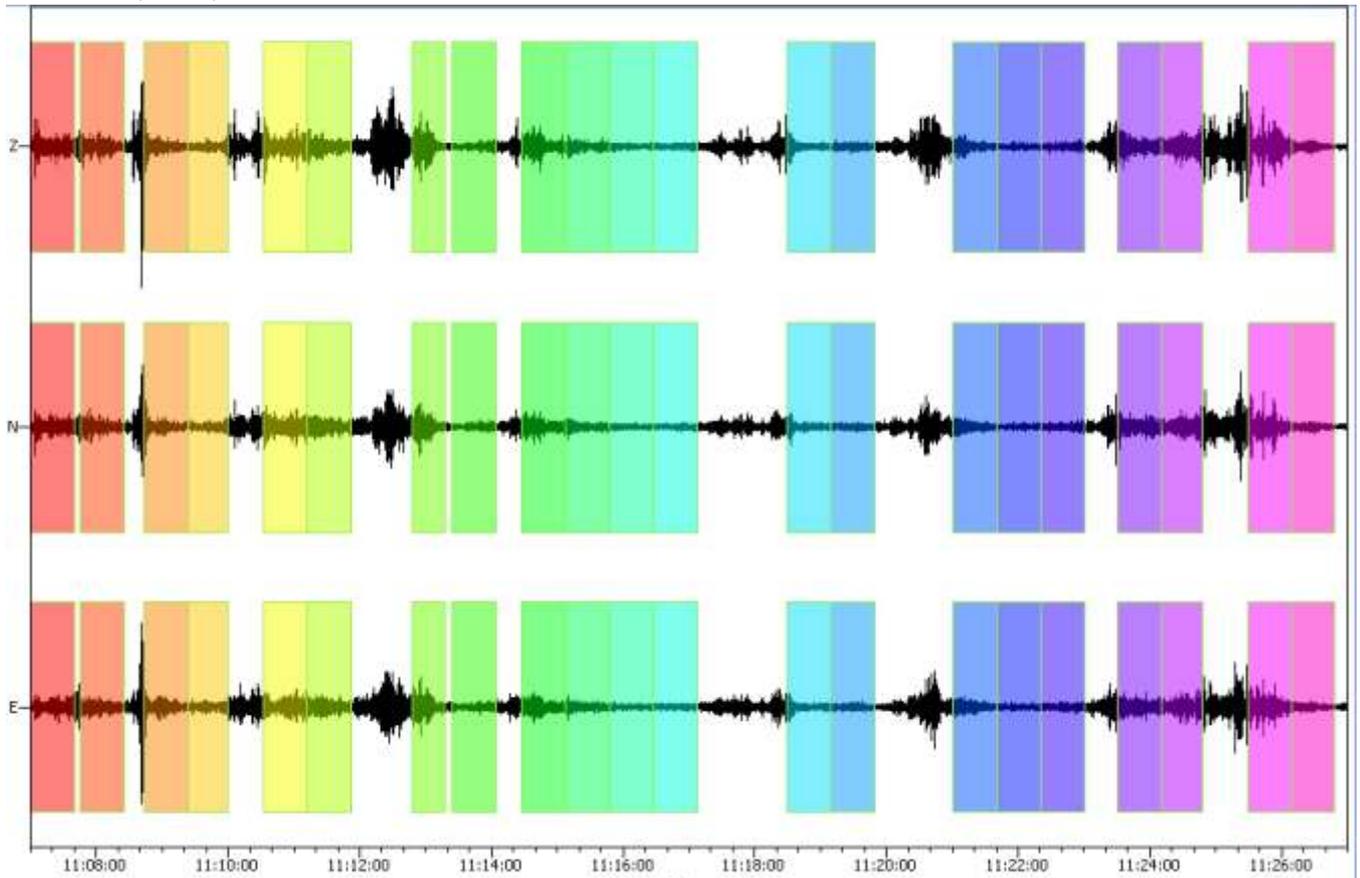
Max. H/V at 0.78 ± 0.0 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



particle motion:

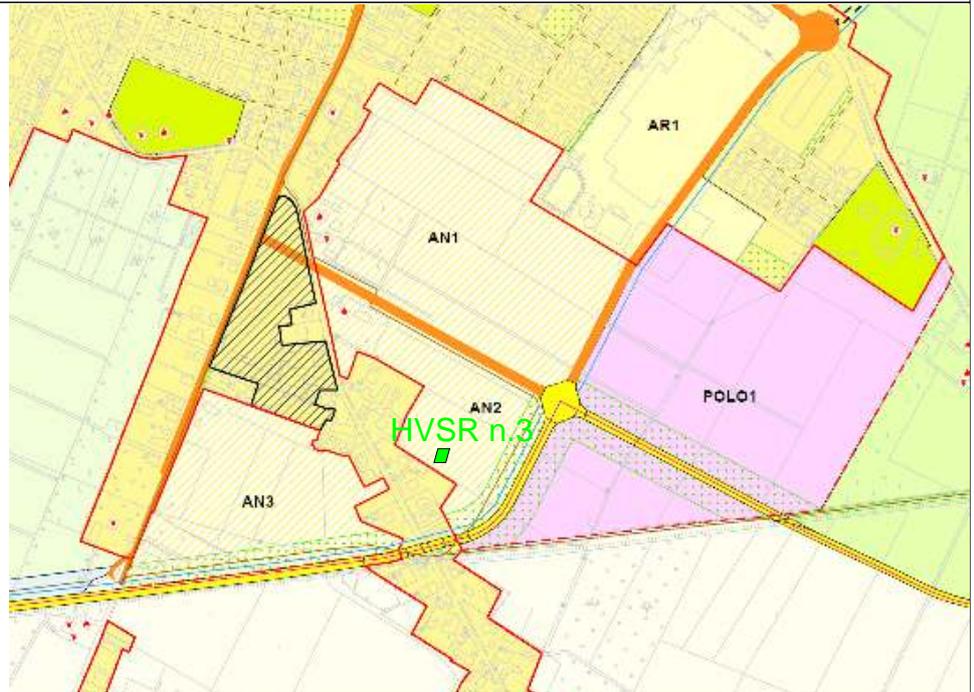


trace: Z, N-S, W-E

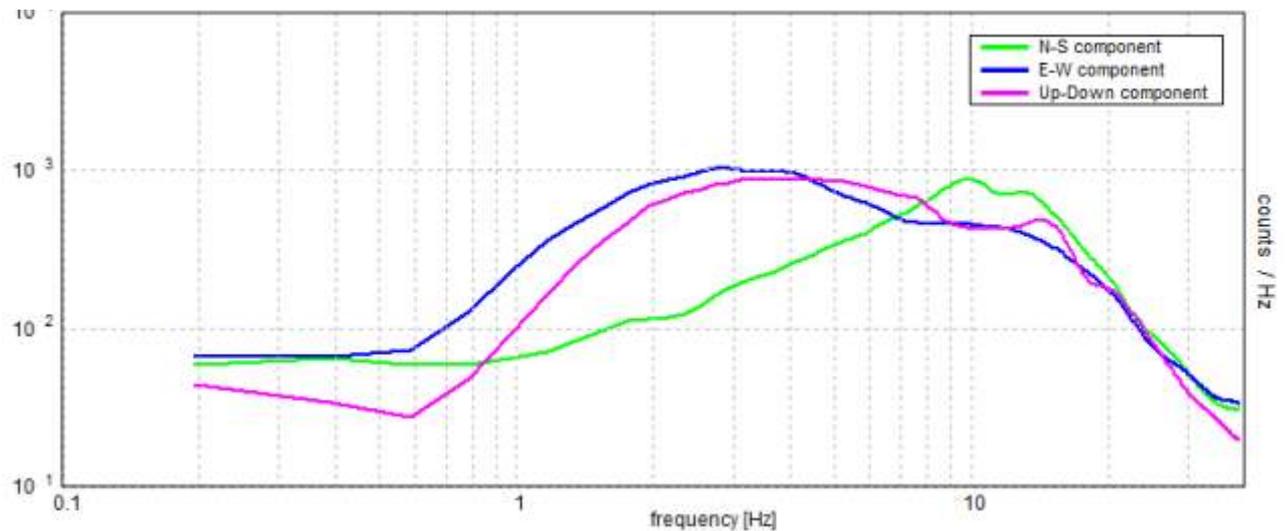
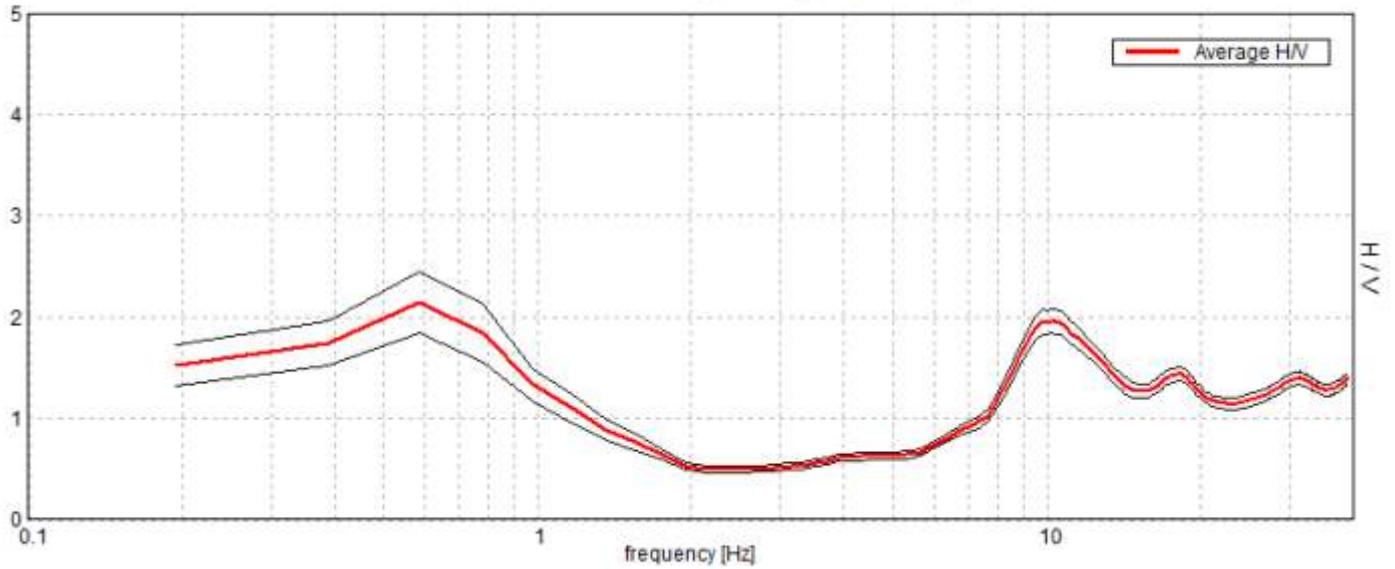


Comune di Medolla
Ambito AN2
"via San Matteo-
via Romana nord"

HVSR n.3



Max. HV at 0.59 ± 0.49 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).





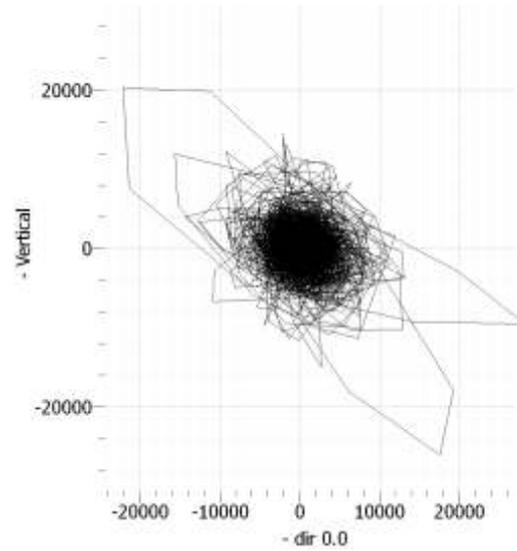
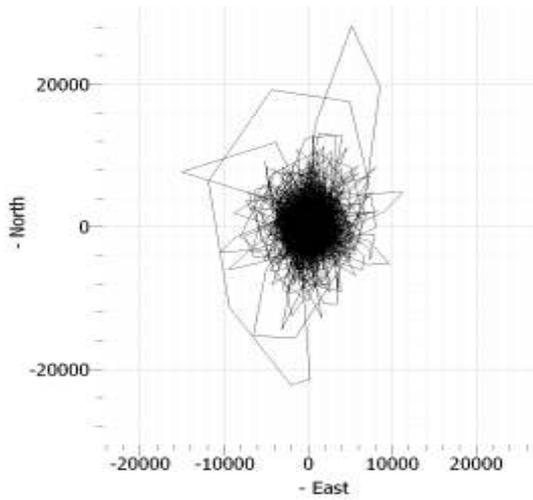
GEO GROUP s.r.l.

Via C. Costa, 182 - 41124 MODENA

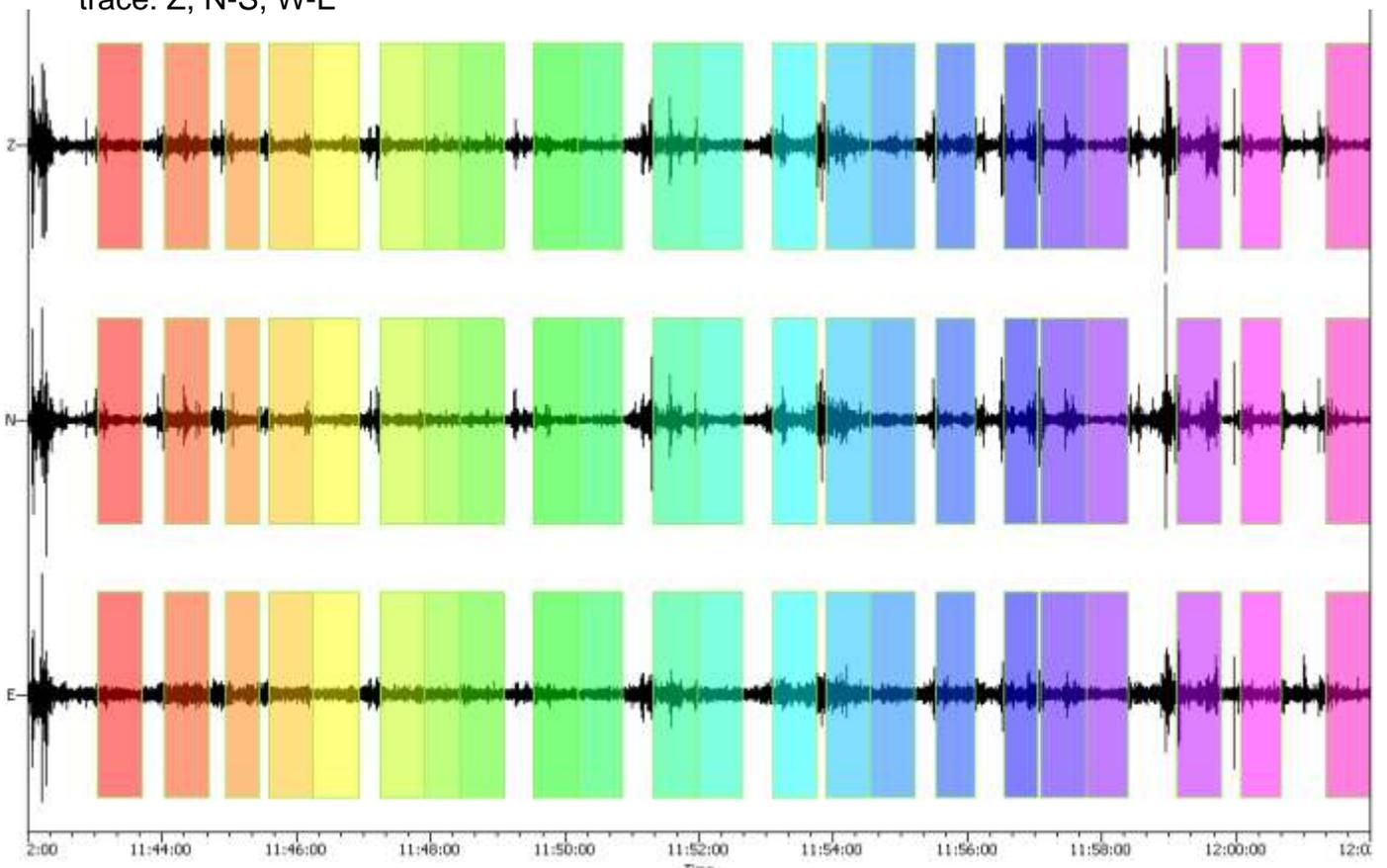
Tel. 059/828367-059/3967169 Fax. 059/5332019 E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it

particle motion:

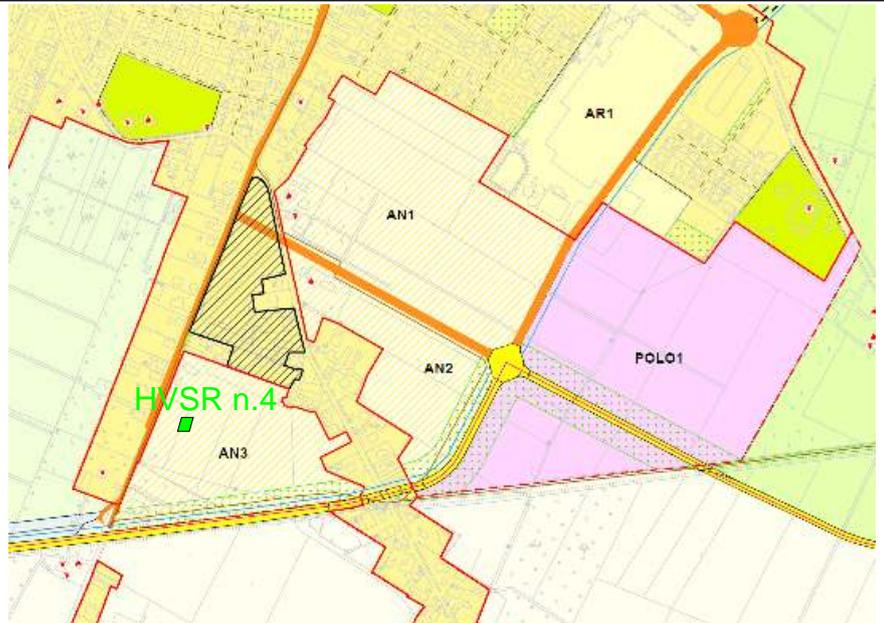


trace: Z, N-S, W-E

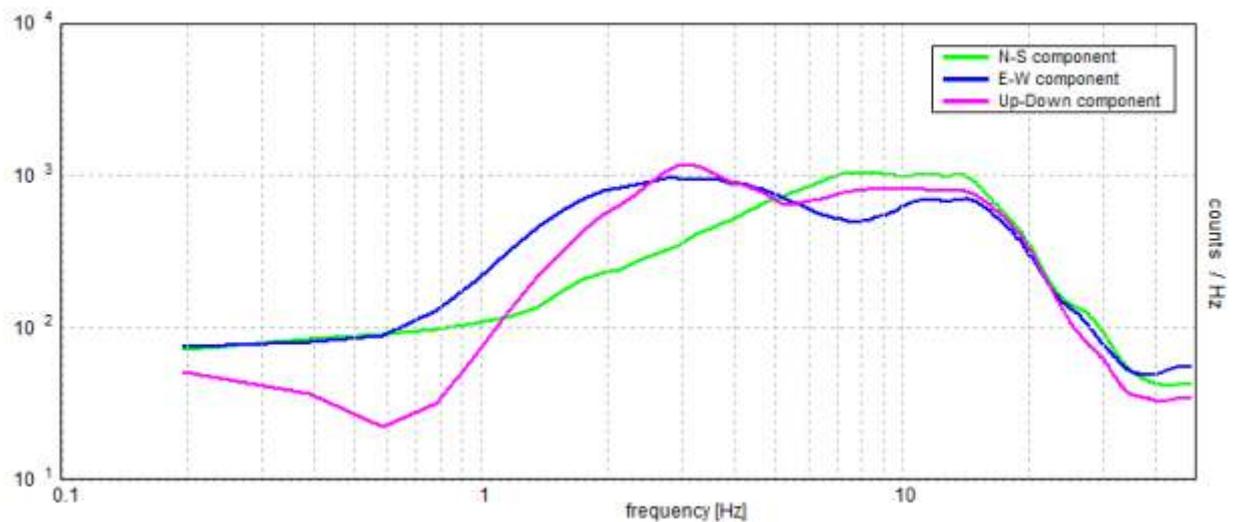
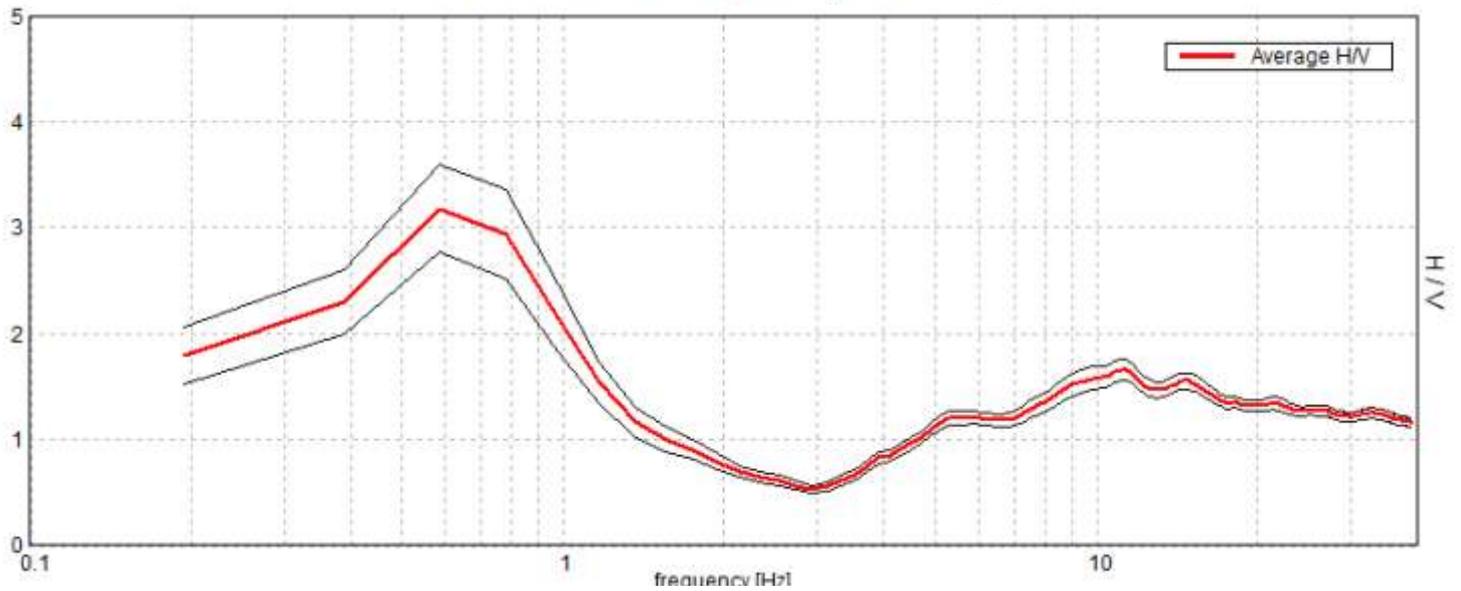


Comune di Medolla
Ambito AN3
"via San Matteo-
via Romana sud"

HVSR n.4



Max. H/V at 0.59 ± 0.0 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).





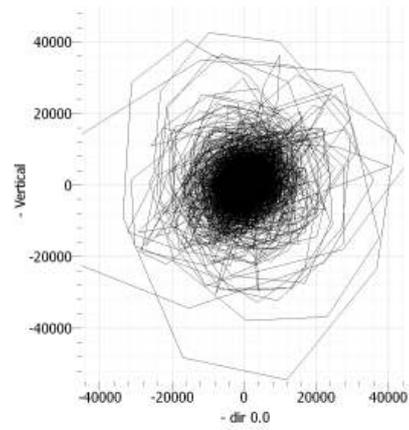
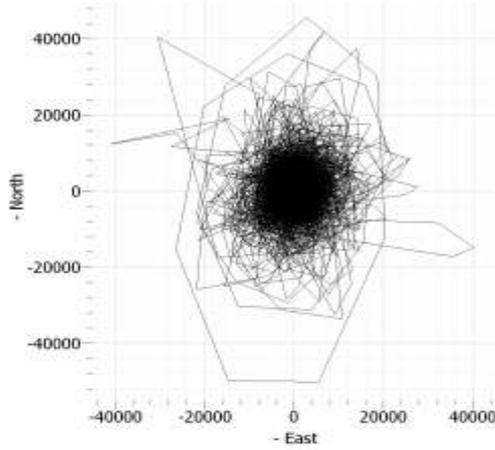
GEO GROUP s.r.l.

Via C. Costa, 182 - 41124 MODENA

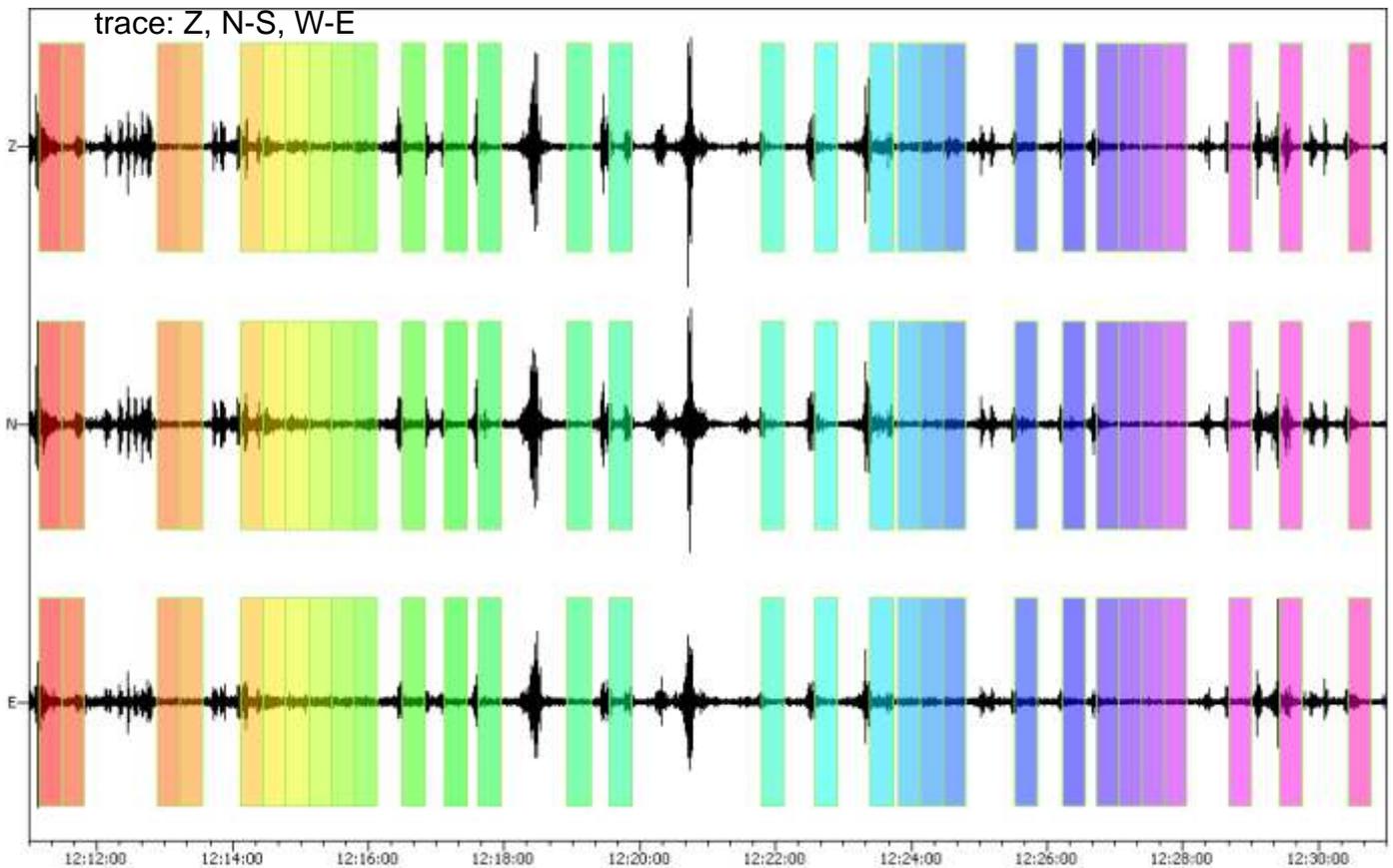
Tel. 059/828367-059/3967169 Fax. 059/5332019 E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it

particle motion:

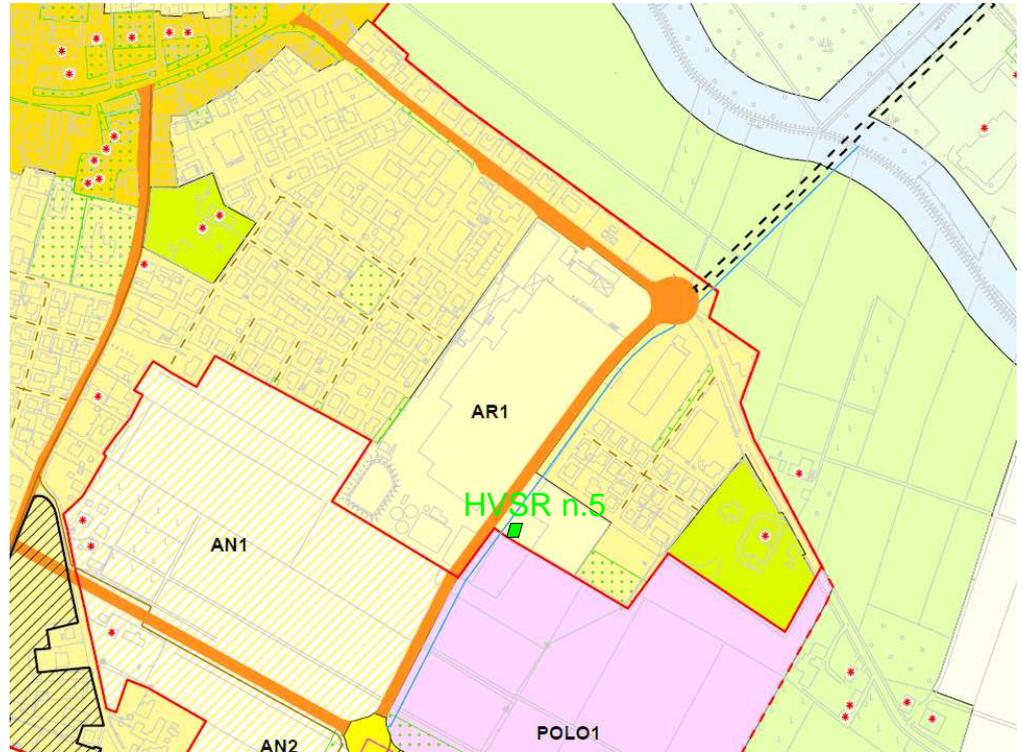


trace: Z, N-S, W-E

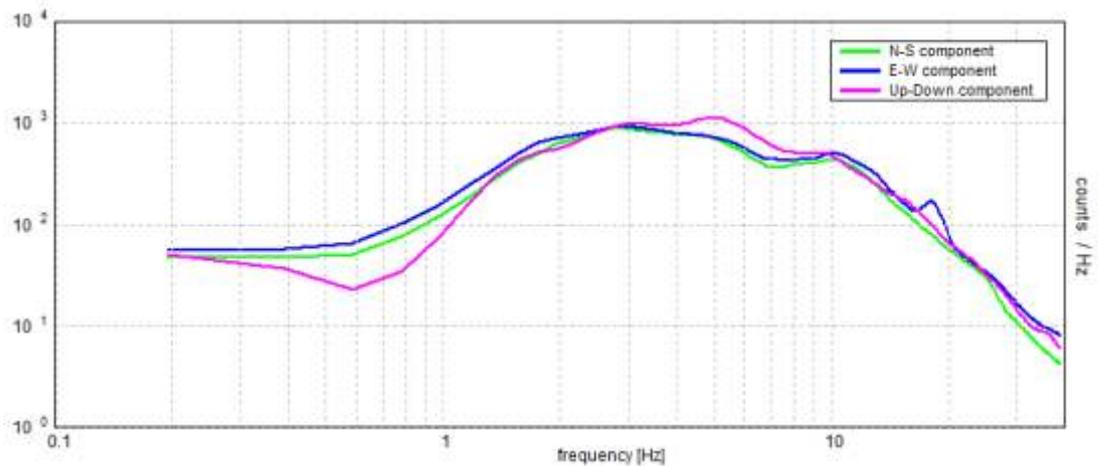
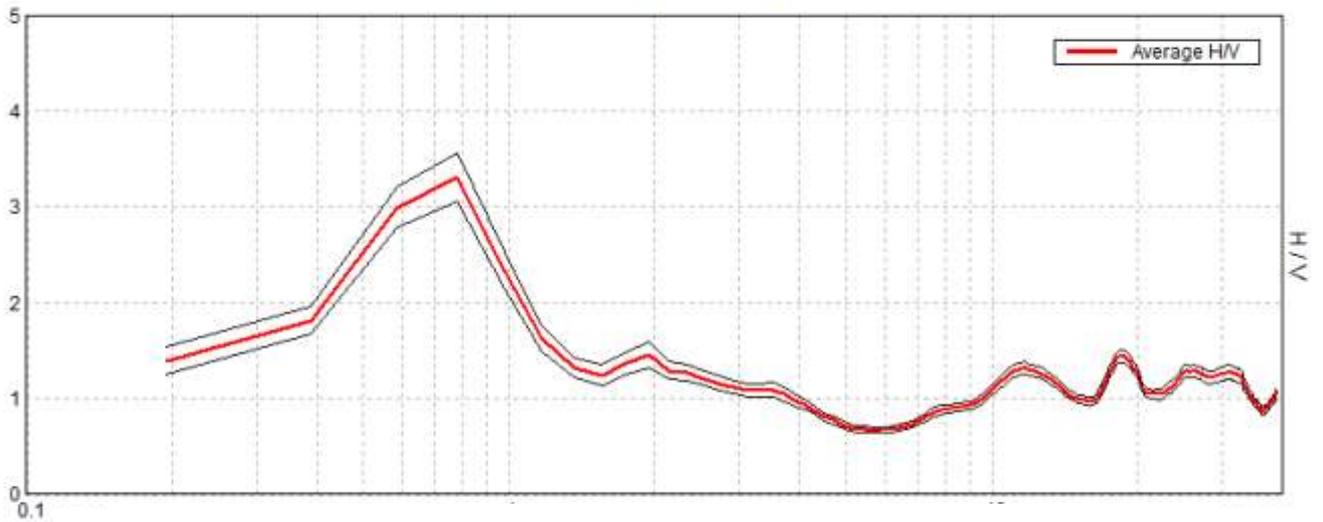


Comune di Medolla
Ambito AR1
"Ex-Covalpa"

HVSR n.5



Max. H/V at 0.78 ± 0.01 Hz. (in the range 0.0 - 30.0 Hz).





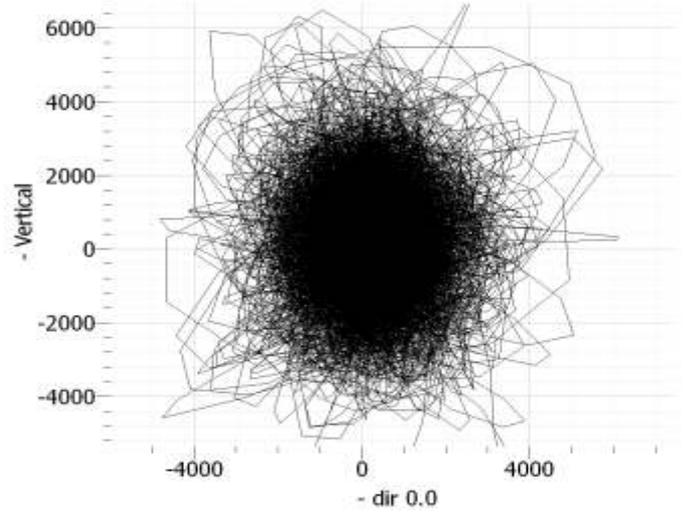
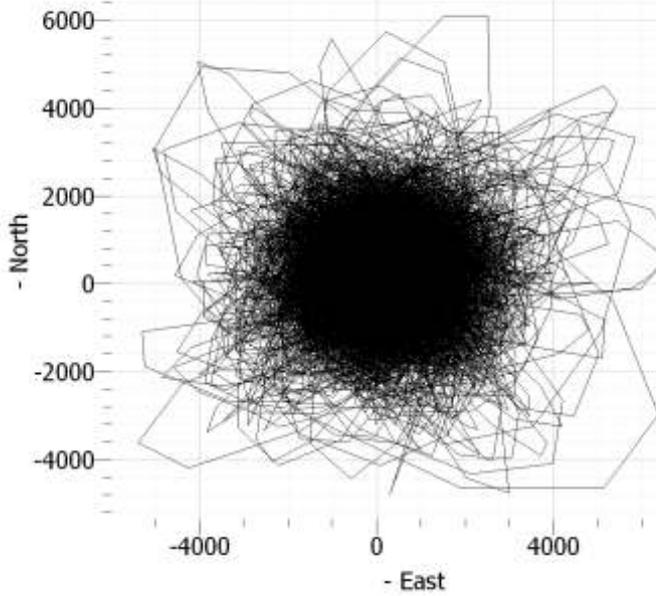
GEO GROUP s.r.l.

Via C. Costa, 182 - 41124 MODENA

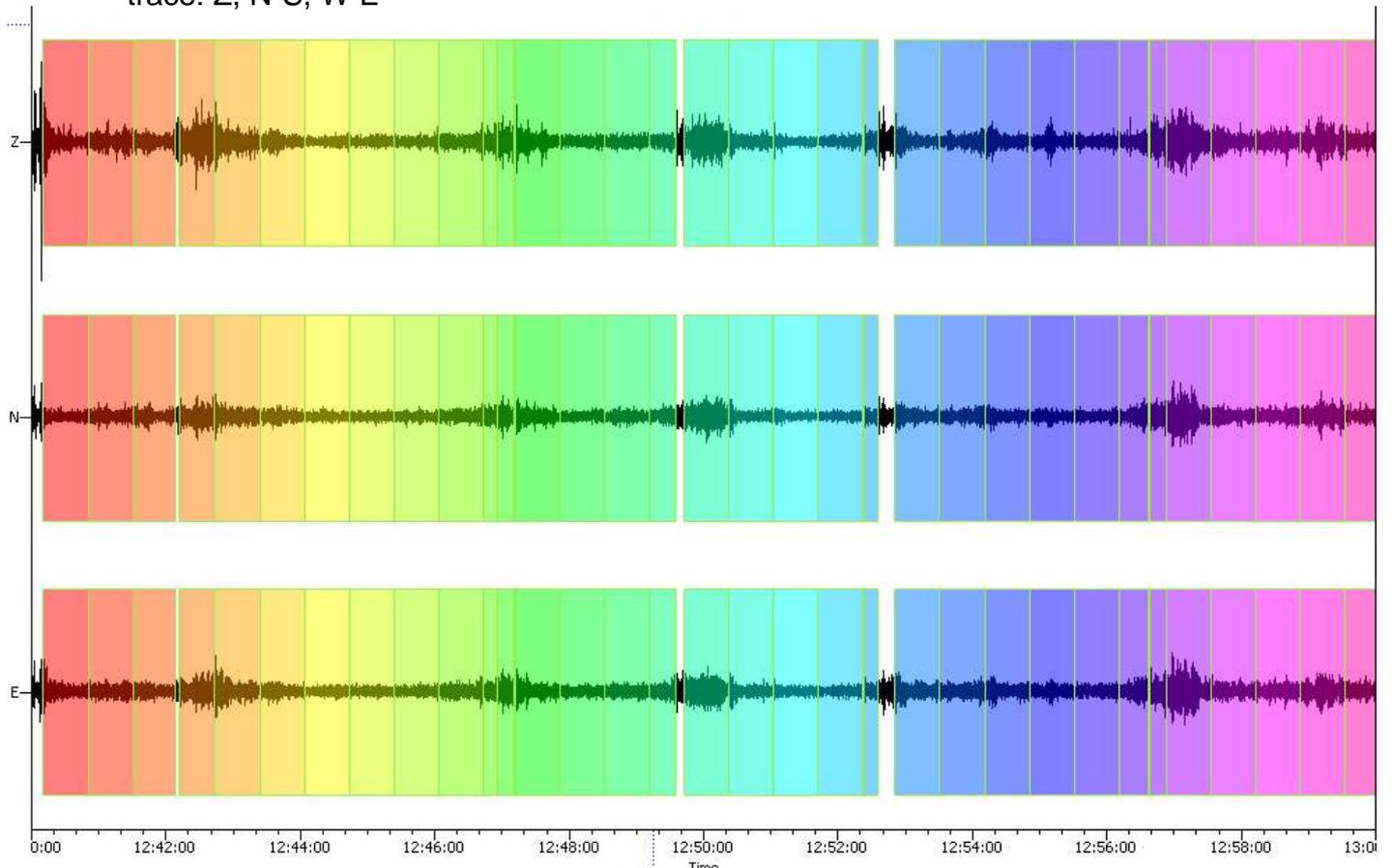
Tel. 059/828367-059/3967169 Fax. 059/5332019 E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it

particle motion:

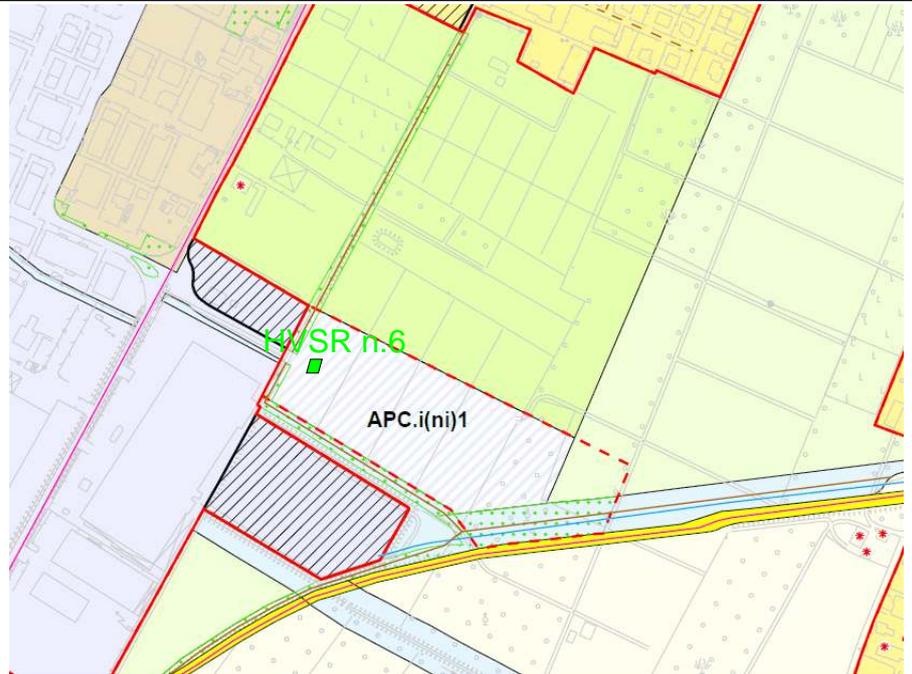


trace: Z, N-S, W-E

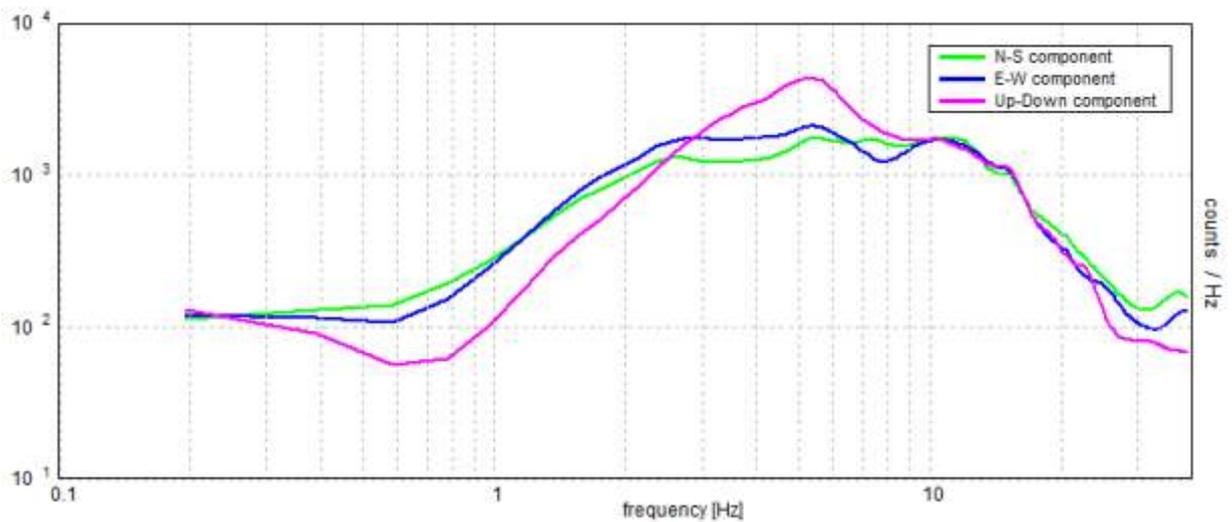
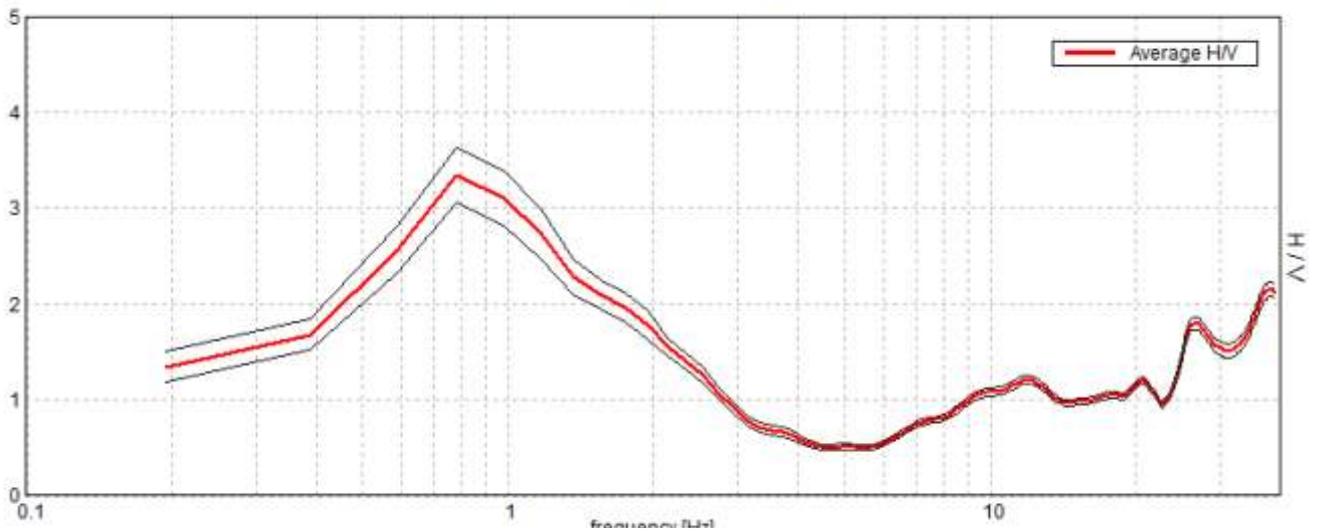


Comune di Medolla
Ambito APC.i(ni)1
"via E. Montale"

HVSR n.6



Max. HV at 0.78 ± 0.01 Hz. (in the range 0.0 - 30.0 Hz).





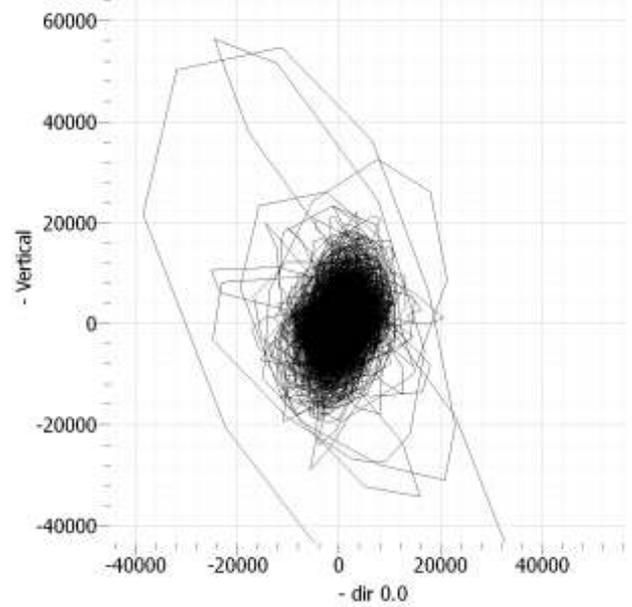
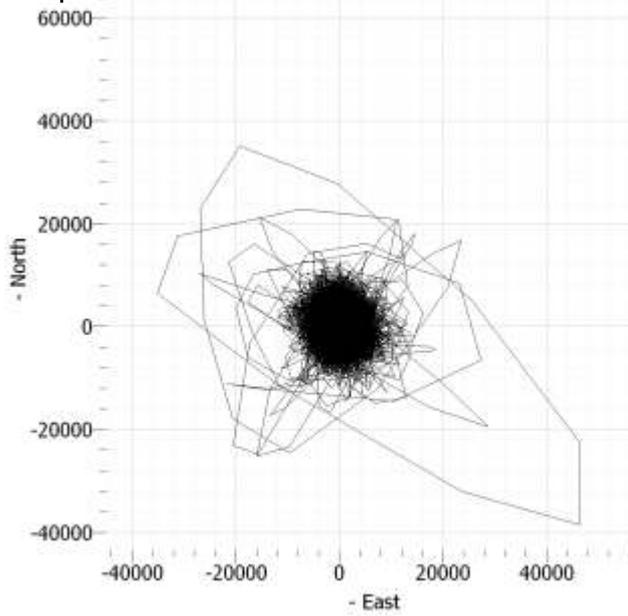
GEO GROUP s.r.l.

Via C. Costa, 182 - 41124 MODENA

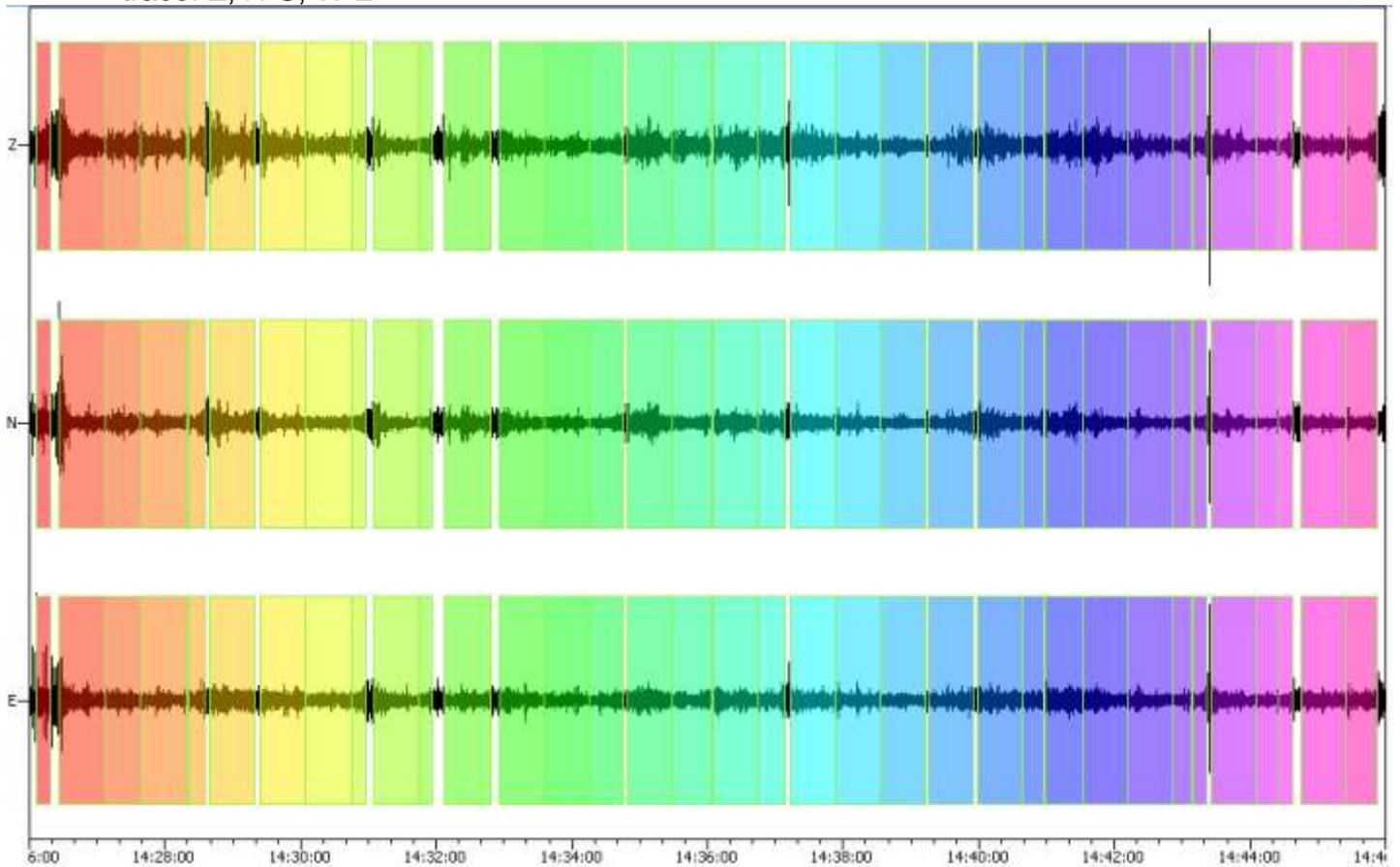
Tel. 059/828367-059/3967169 Fax. 059/5332019 E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it

particle motion:

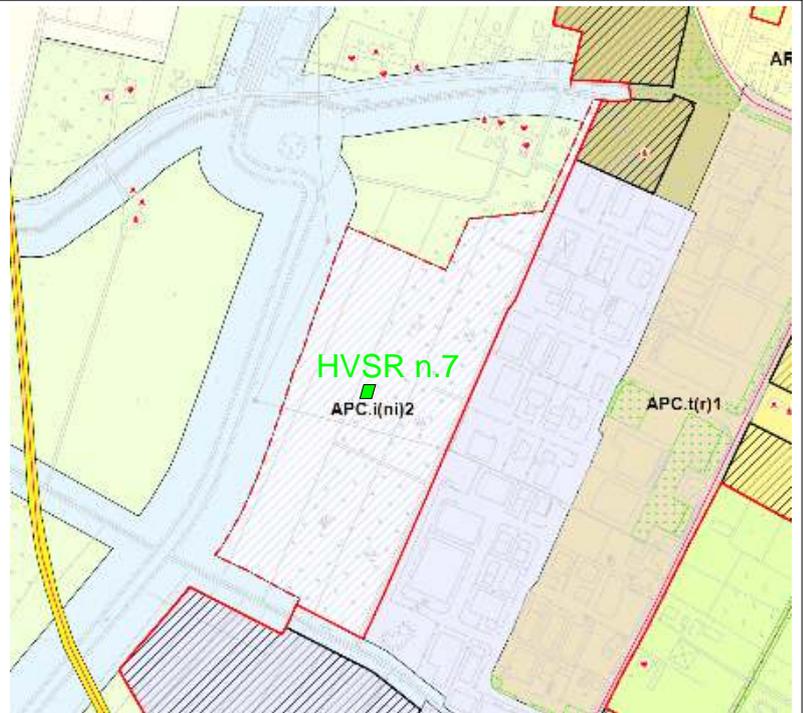


trace: Z, N-S, W-E

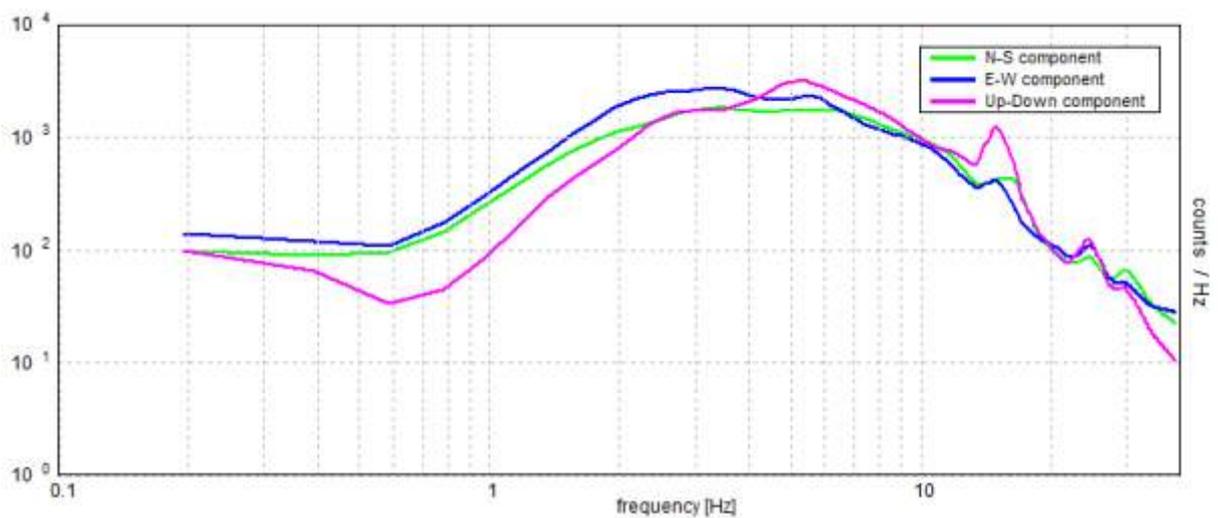
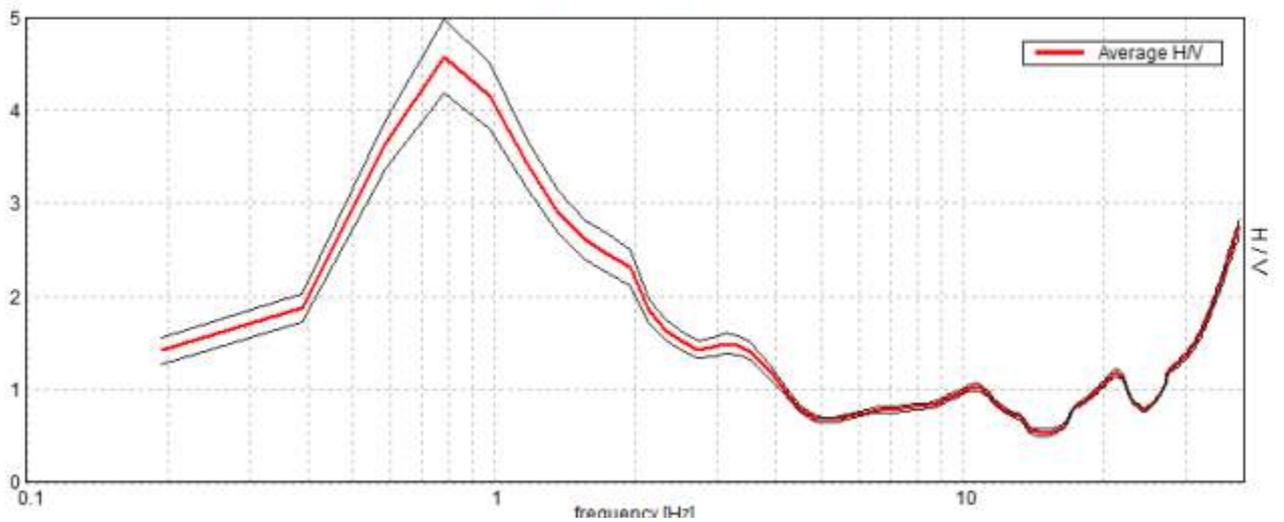


Comune di Medolla
Ambito APC.i(ni)2
"via Montalbano"

HVSR n.7



Max. H/V at 0.78 ± 0.01 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz)





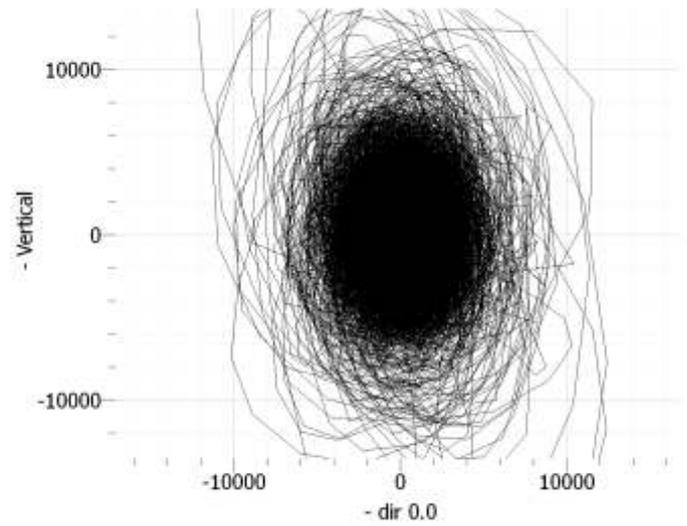
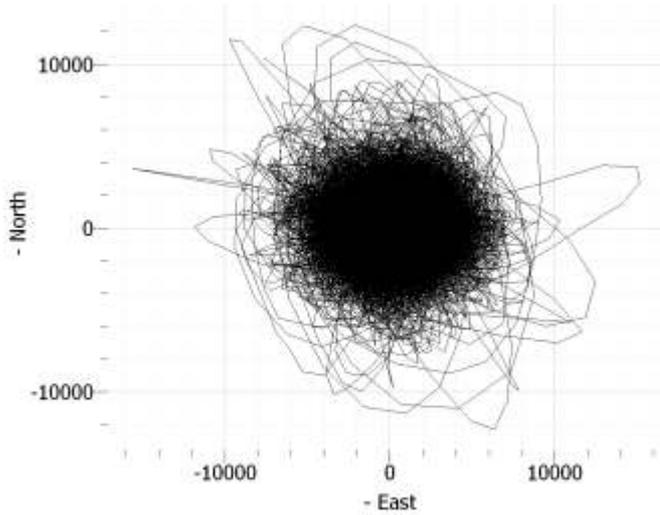
GEO GROUP s.r.l.

Via C. Costa, 182 - 41124 MODENA

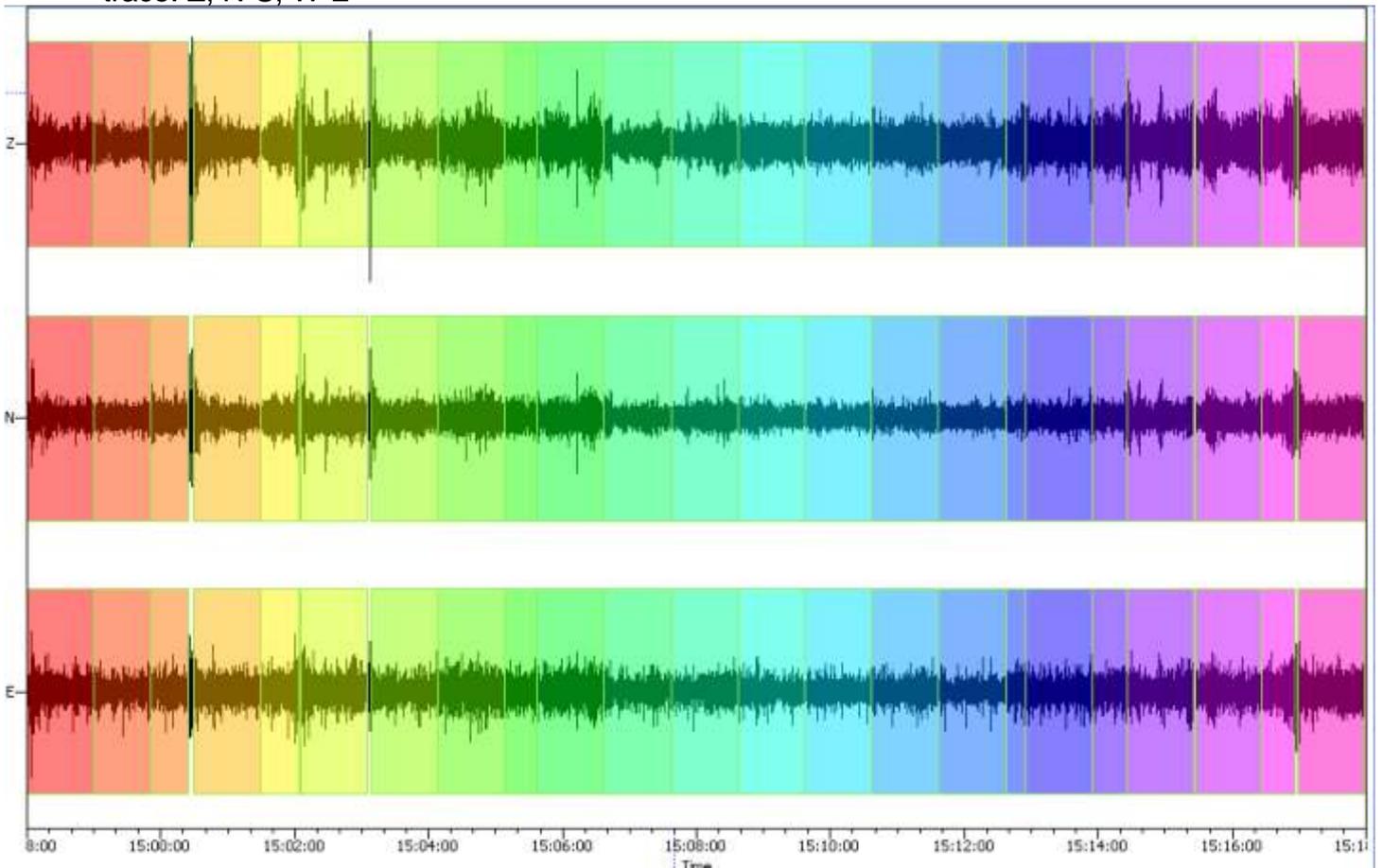
Tel. 059/828367-059/3967169 Fax. 059/5332019 E-mail: geo.group@libero.it

P.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it

particle motion:



trace: Z, N-S, W-E



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 4

Verifica alla liquefazione

Committente: Studio tecnico

Località: Medolla

Note: Falda -0.90 m da p.c.

Intorno CPT n. 1

Descrizione: Zonizzazione sismica

Sigla: 1

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

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
1	11	0.4	1.9	0.142	0.084	2.98
2	13	0.5	0.9	0.171	0.117	3.44
3	12	0.4	0.9	0.204	0.081	1.99
4	8	0.2	0.9	0.222	0.066	1.49
5	21	0.5	0.9	0.233	0.123	2.66
6	9	0.5	0.9	0.239	0.063	1.31
7	4	0.2	0.9	0.244	0.055	1.13
8	9	0.5	0.9	0.247	0.06	1.21
9	20	0.8	0.9	0.248	0.069	1.4
10	13	0.3	0.9	0.248	0.061	1.24
11	11	0.4	0.9	0.243	0.059	1.21
12	41	0.8	0.9	0.238	0.176	3.71
13	40	0.9	0.9	0.232	0.201	4.34
14	40	1	0.9	0.226	0.075	1.67
15	28	1.1	0.9	0.22	0.067	1.52
16	27	1.2	0.9	0.213	0.065	1.53
17	92	2.9	1	0.206	0.645	15.71
18	26	1.1	1	0.199	0.063	1.59
19	59	1.5	1	0.191	0.34	8.91
20	105	2.8	1	0.184	0.611	16.66
30	110	3.4	1	0.162	0.858	26.56

Profondità tetto falda(m): 0.9

Profondità base falda(m): 30

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0.219

Magnitudo di riferimento= 4.6

Indice di liquefazione=0.0 rischio molto basso

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 5.02

Fs = MSF x R / T

Committente: Studio tecnico

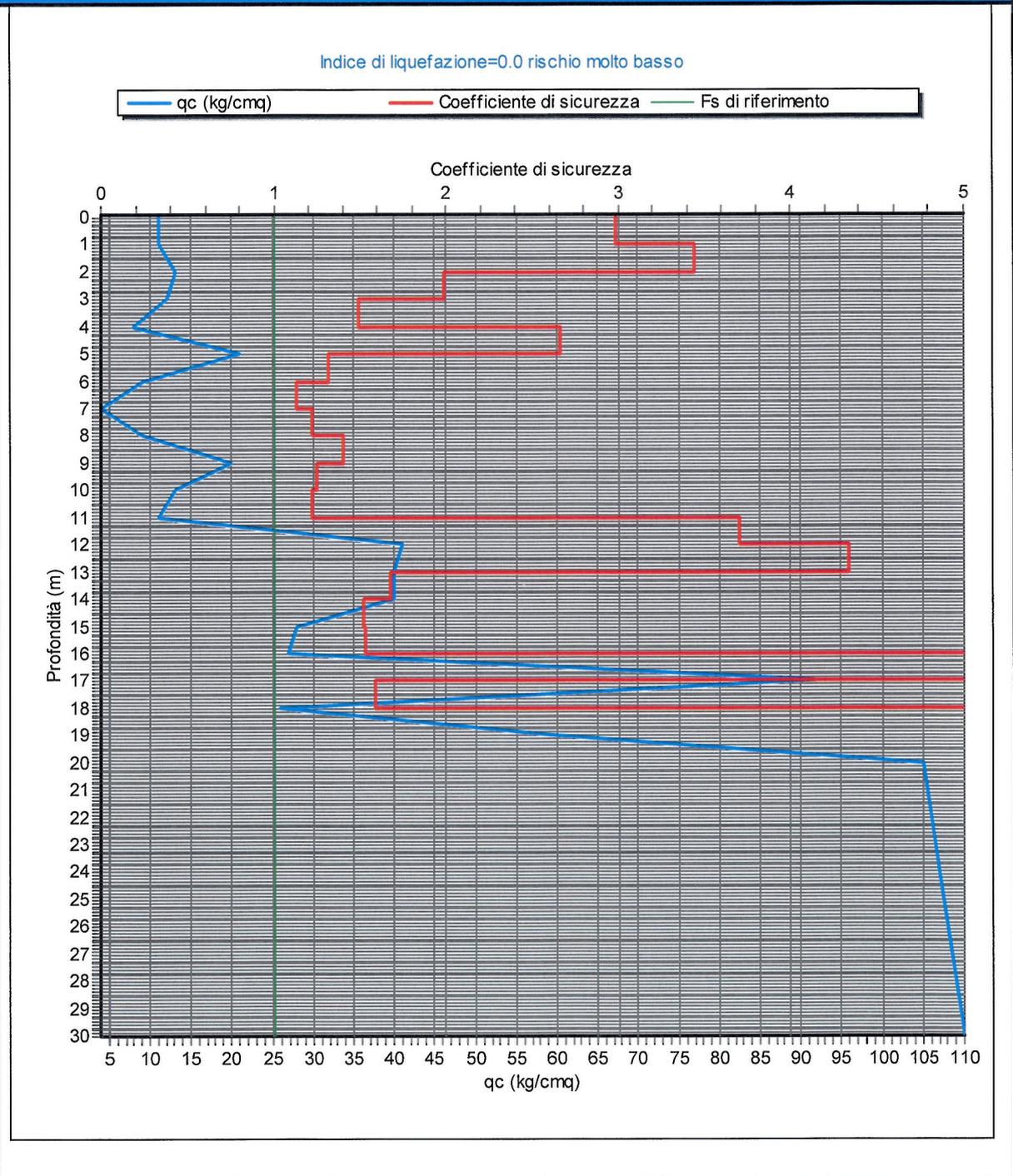
Località: Medolla

Descrizione: Zonizzazione sismica

Note: Falda -0.90 m da p.c.

Sigla: 1

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



Geo Group srl

Via Cesare Costa, 182-41100 Modena-059-3967169

Committente: Studio tecnico

Intorno CPT n. 2

Località: Medolla

Descrizione: Zonizzazione sismica

Note: Falda -1.00 m da p.c.

Sigla: 2

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

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
1	12	0.46	1.9	0.142	0.087	3.08
2	14	0.52	0.9	0.171	0.118	3.48
3	17	0.26	0.9	0.204	0.095	2.34
4	12	0.32	0.9	0.222	0.074	1.67
5	12	0.19	0.9	0.233	0.104	2.24
6	10	0.46	0.9	0.239	0.064	1.34
7	15	0.32	0.9	0.244	0.068	1.4
8	12	0.52	0.9	0.247	0.063	1.28
9	20	0.32	0.9	0.248	0.113	2.28
10	21	0.78	0.9	0.248	0.068	1.38
11	20	1.04	0.9	0.243	0.066	1.36
12	18	0.85	0.9	0.238	0.063	1.34
13	13	0.59	0.9	0.232	0.059	1.27
14	31	1.17	0.9	0.226	0.07	1.55
15	26	1.44	0.9	0.22	0.065	1.49
16	26	1.11	0.9	0.213	0.064	1.52
17	16	0.98	0.9	0.207	0.058	1.42
18	32	1.17	1	0.199	0.066	1.66
19	42	1.83	1	0.192	0.07	1.82
20	33	1.69	1	0.185	0.065	1.76
21	31	1.24	1	0.177	0.063	1.79
22	23	1.24	1	0.17	0.059	1.75
23	37	1.89	1	0.162	0.064	1.99
24	72	2.28	1	0.166	0.076	2.31
25	136	3.33	1	0.164	0.759	23.31
30	145	3.52	1	0.157	0.83	26.55

Profondità tetto falda(m): 1

Profondità base falda(m): 30

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0.219

Magnitudo di riferimento= 4.6

Indice di liquefazione=0.0 rischio molto basso

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 5.02

Fs = MSF x R / T

Certificato n.2-140-2010 del 22/04/2010

Firma

GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362

Committente: Studio tecnico

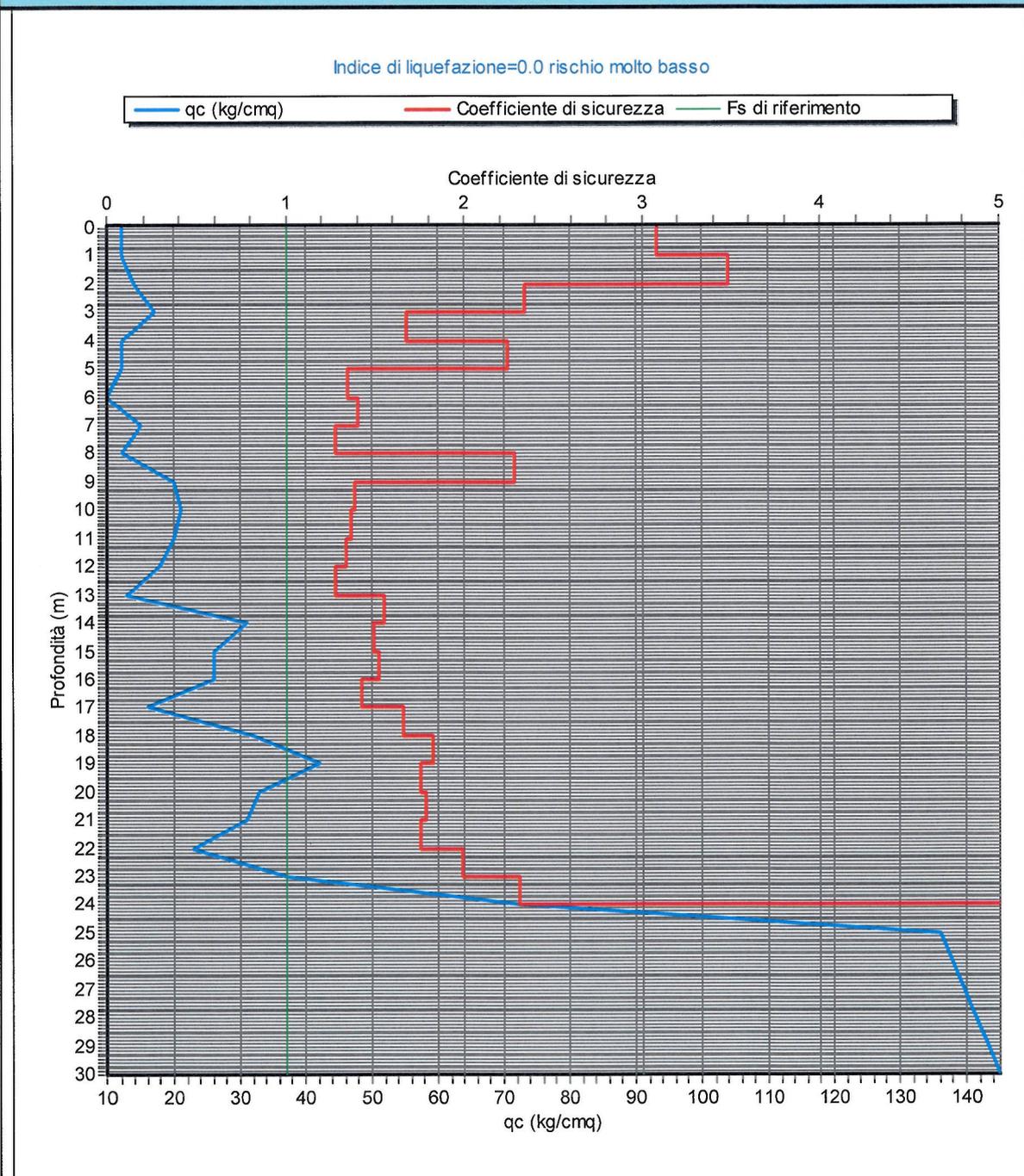
Località: Medolla

Descrizione: Zonizzazione sismica

Note: Falda -1.00 m da p.c.

Sigla: 2

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



Geo Group srl

Via Cesare Costa, 182-41100 Modena-059-3967169

Committente: Studio tecnico

Intorno CPT n. 3

Località: Medolla

Descrizione: Zonizzazione sismica

Note: Falda -1.10 m da p.c.

Sigla: 3

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

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
1	8	0.26	1.9	0.142	0.077	2.72
2	13	0.46	0.9	0.171	0.112	3.28
3	18	0.39	0.9	0.205	0.107	2.61
4	18	0.51	0.9	0.223	0.165	3.72
5	9	0.32	0.9	0.234	0.065	1.39
6	9	0.65	0.9	0.241	0.063	1.31
7	11	0.52	0.9	0.245	0.063	1.3
8	11	0.46	0.9	0.248	0.062	1.25
9	16	1.05	0.9	0.25	0.065	1.32
10	17	0.85	0.9	0.249	0.065	1.31
11	22	1.17	0.9	0.244	0.068	1.39
12	31	1.64	0.9	0.239	0.073	1.53
13	20	0.85	0.9	0.233	0.064	1.37
14	17	0.58	0.9	0.227	0.061	1.34
15	30	1.11	0.9	0.221	0.068	1.54
16	32	1.5	0.9	0.214	0.068	1.59
17	32	0.52	1	0.207	0.067	1.62
18	31	0.71	1	0.2	0.065	1.64
19	11	0.59	1	0.192	0.055	1.44
20	39	1.24	1	0.185	0.067	1.82
21	26	1.24	1	0.177	0.061	1.72
22	29	1.69	1	0.17	0.062	1.82
23	50	1.17	1	0.162	0.069	2.13
24	31	1.5	1	0.166	0.061	1.85
25	14	0.91	1	0.164	0.055	1.68
26	42	1.63	1	0.162	0.064	1.99
27	129	1.37	1	0.159	0.294	9.24
30	142	3	1	0.155	0.679	21.99

Profondità tetto falda(m): 1.1

Profondità base falda(m): 30

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0.22

Magnitudo di riferimento= 4.6

Indice di liquefazione=0.0 rischio molto basso

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 5.02

Fs = MSF x R / T

Committente: Studio tecnico

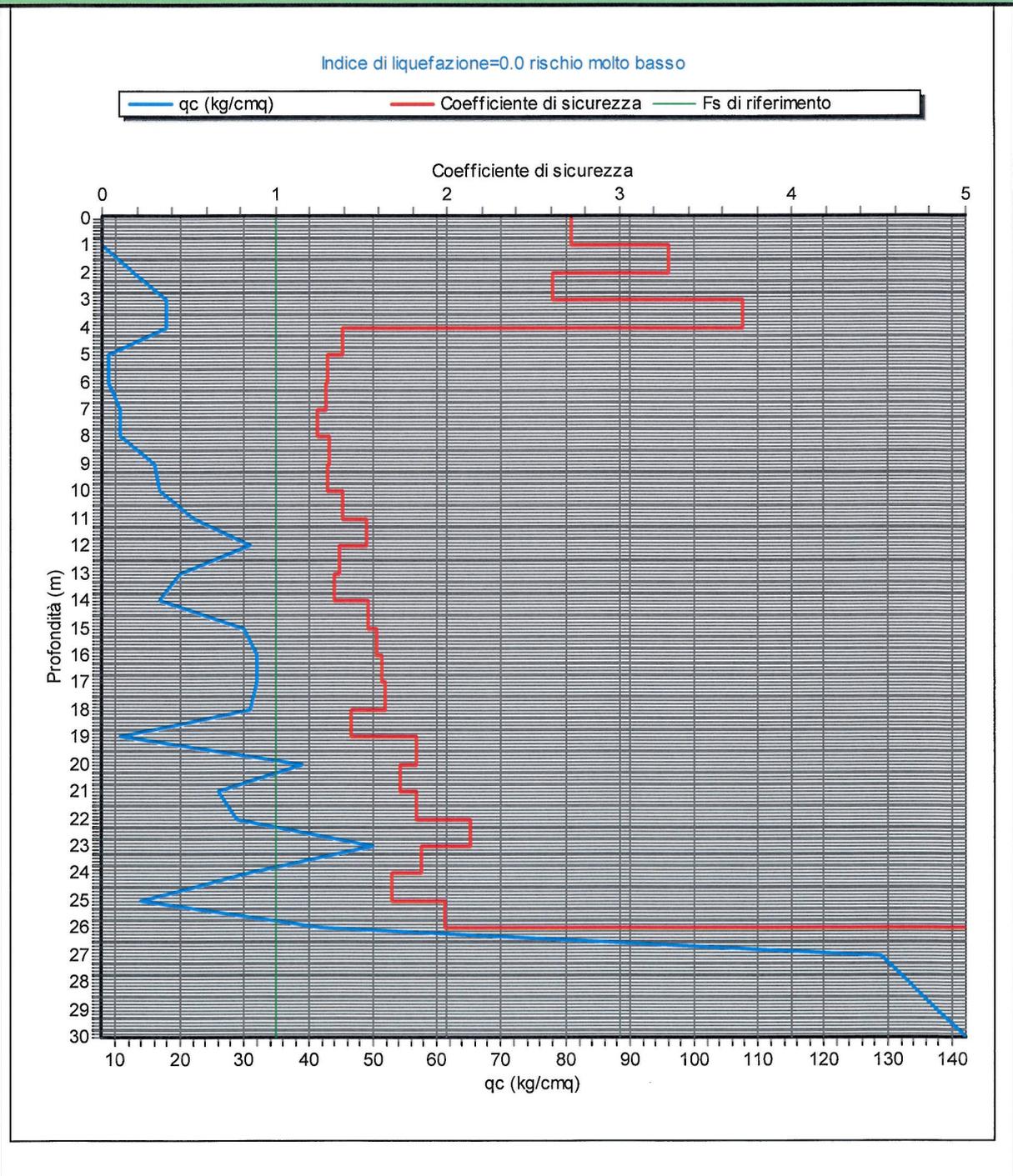
Località: Medolla

Descrizione: Zonizzazione sismica

Note: Falda -1.10 m da p.c.

Sigla: 3

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



Geo Group srl

Via Cesare Costa, 182-41100 Modena-059-3967169

Committente: Studio tecnico

Località: Medolla

Note: Falda -3.00 m da p.c.

Intorno CPT n. 4

Descrizione: Zonizzazione sismica

Sigla: 4

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

Profondità (m)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
1	11	0.46	1.8	0.142	0.086	3.04
2	15	0.71	1.8	0.141	0.16	5.68
3	9	0.52	1.8	0.14	0.067	2.39
4	10	0.26	0.9	0.151	0.064	2.13
5	22	0.85	0.9	0.169	0.077	2.29
6	8	0.32	0.9	0.182	0.059	1.62
7	11	0.78	0.9	0.192	0.061	1.59
8	13	0.71	0.9	0.199	0.061	1.55
9	17	1.05	0.9	0.205	0.064	1.56
10	24	1.3	0.9	0.208	0.068	1.64
11	20	1.17	0.9	0.207	0.064	1.55
12	11	0.65	0.9	0.205	0.057	1.4
13	19	0.78	0.9	0.202	0.061	1.52
14	28	1.3	0.9	0.199	0.066	1.66
15	18	0.85	0.9	0.195	0.06	1.53
16	20	1.3	0.9	0.19	0.06	1.58
17	18	0.65	0.9	0.186	0.059	1.58
18	31	1.69	0.9	0.18	0.064	1.78
19	32	1.96	1	0.175	0.064	1.83
20	22	1.44	1	0.169	0.059	1.75
21	24	1.5	1	0.163	0.059	1.83
22	18	1.17	1	0.157	0.057	1.82
23	22	1.17	1	0.15	0.058	1.93
24	26	1.83	1	0.154	0.059	1.92
25	50	1.89	1	0.153	0.066	2.18
26	85	4.24	1	0.151	0.077	2.55
27	132	2.54	1	0.149	0.553	18.59
28	235	3.4	1	0.148	0.832	28.28
29	192	4.31	1	0.146	1.046	36
30	307	2.81	1	0.144	0.921	32.11

Profondità tetto falda(m): 3

Profondità base falda(m): 30

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0.22

Magnitudo di riferimento= 4.6

Indice di liquefazione=0.0 rischio molto basso

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 5.02

$F_s = MSF \times R / T$

Certificato n.4-140-2010 del 22/04/2010

Firma

GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362

Committente: Studio tecnico

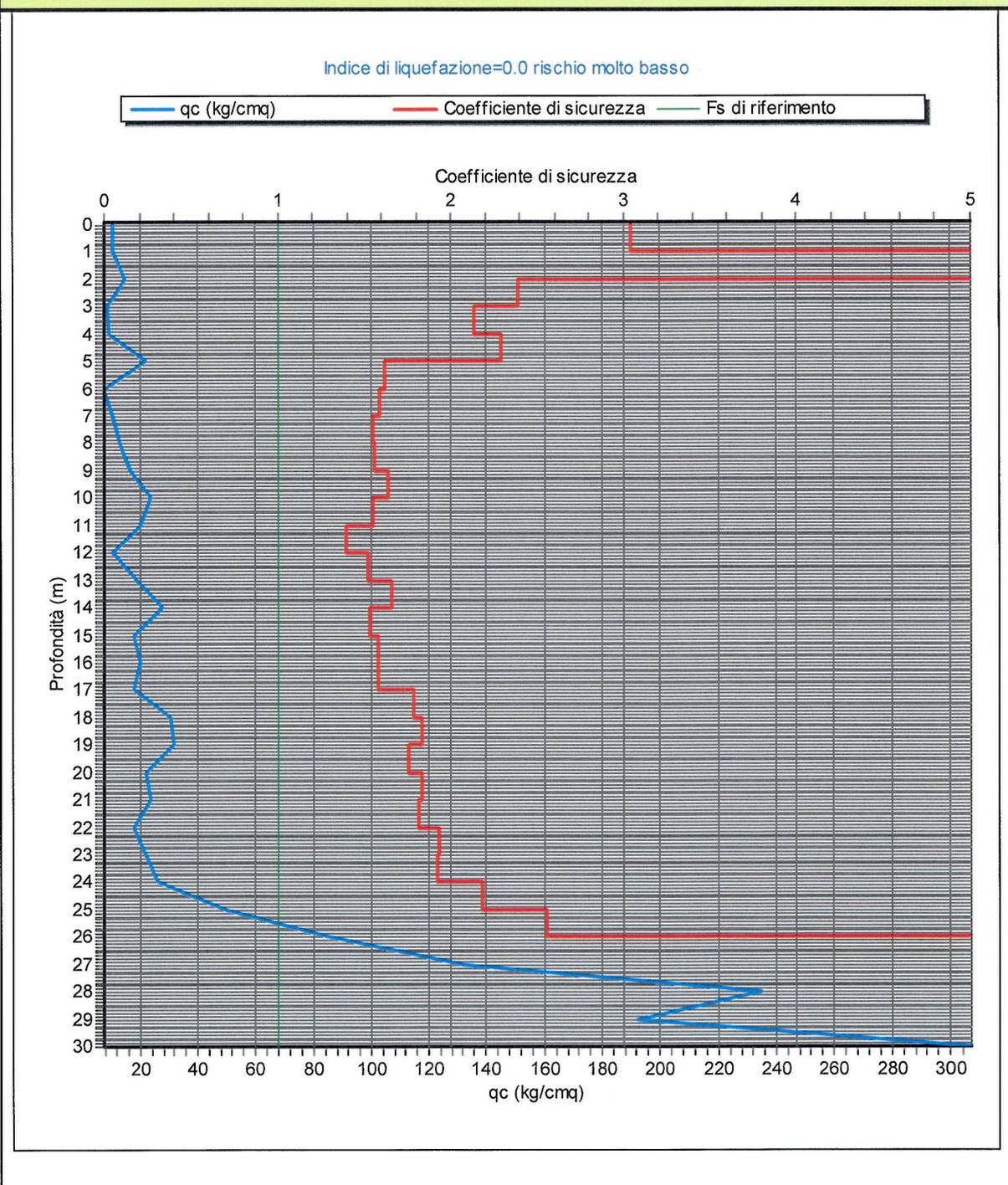
Località: Medolla

Descrizione: Zonizzazione sismica

Note: Falda -3.00 m da p.c.

Sigla: 4

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



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 5

Analisi di laboratorio di geotecnica: Prova edometrica con edometro a fulcro fisso

COMMITTENTE: STUDIO TECNICO
CANTIERE: STUDIO DEL SOTTOSUOLO
LOCALITA': MEDOLLA (MO)
CERTIFICATO: 01

RIFERIMENTO: 01

SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 1
PROF., m:1.20-1.30
PAGINA N. 3

PROVA EDOMETRICA N. 1

PRESSIONE	CEDIMENTI	$\Delta H/H$	INDICE VUOTI	MODULO EDOMETRICO
kPa	cm	%	-	kPa
24.52	0.0364	1.822	0.767	-
49.03	0.0457	2.285	0.759	5185.0
98.07	0.0748	3.738	0.733	3274.6
196.13	0.1288	6.441	0.684	3442.6
392.27	0.2059	10.295	0.615	4663.4
784.53	0.2872	14.361	0.542	8459.1
196.13	0.2631	13.156	0.563	-
98.07	0.2499	12.493	0.575	-

PROPRIETA' GENERALI DEL CAMPIONE

Contenuto in acqua, %	= 24.35
Peso di volume, g/cm ³	= 1.87
Densità secca, g/cm ³	= 1.504
Indice dei vuoti	= 0.80
Porosità	= 45
Peso specifico granuli, g/cm ³	= 2.71
Grado di saturazione, %	= 82.3

Tipo di campione= indisturbato
Altezza iniziale del provino, cm= 2.00

NOTA:

DATA: 11/07/2010

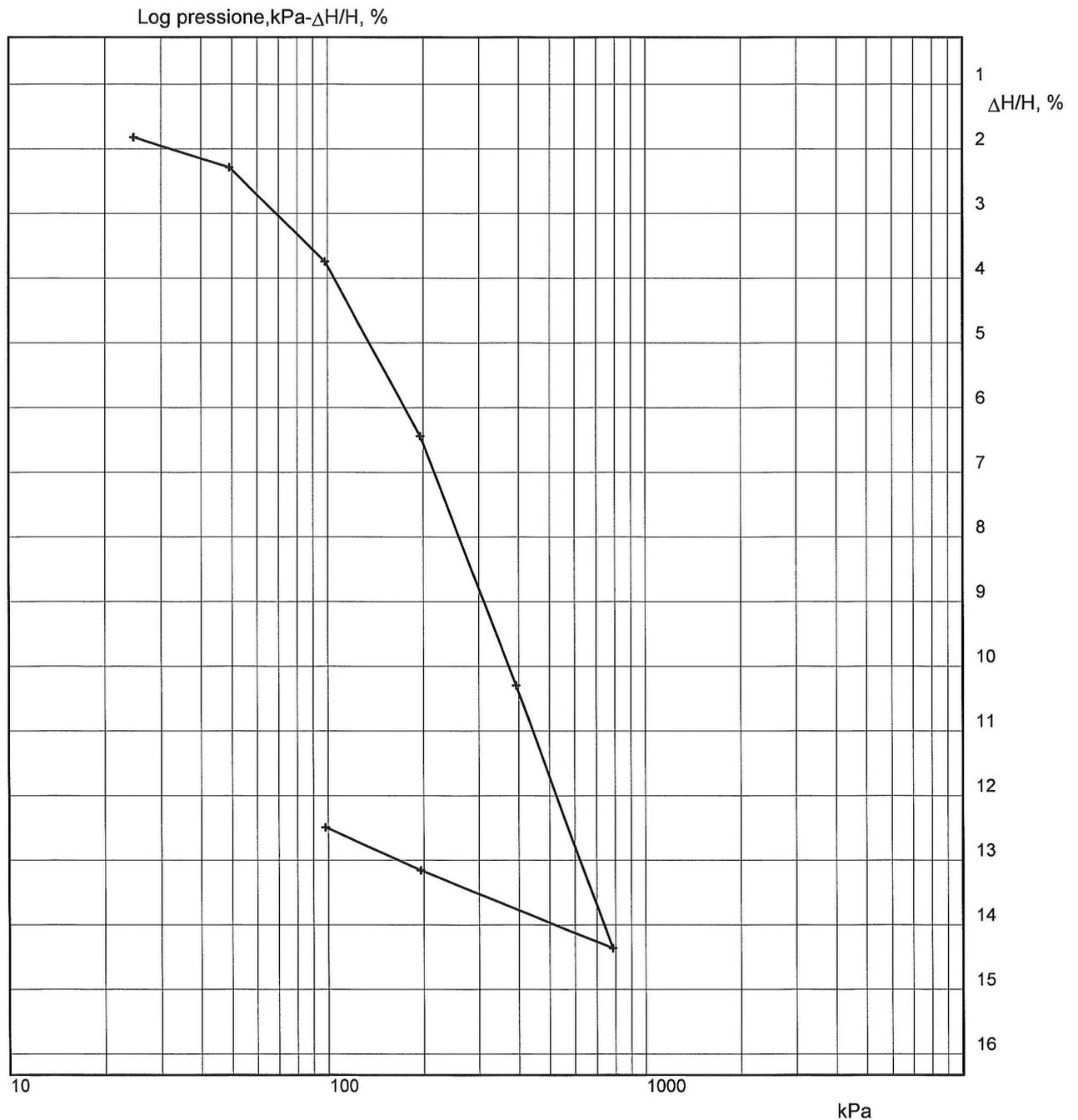
FIRMA:
GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362

COMMITTENTE: STUDIO TECNICO
CANTIERE: STUDIO DEL SOTTOSUOLO
LOCALITA': MEDOLLA (MO)
CERTIFICATO: 01

RIFERIMENTO: 01

SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 1
PROF., m:1.20-1.30
PAGINA N. 1

PROVA EDOMETRICA



NOTA:
DATA: 11/07/2010

FIRMA:
GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362

COMMITTENTE: STUDIO TECNICO
CANTIERE: STUDIO DEL SOTTOSUOLO
LOCALITA': MEDOLLA (MO)
CERTIFICATO: 07ED09

RIFERIMENTO: 02

SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 2
PROF., m: 2.10-2.20
PAGINA N. 3

PROVA EDOMETRICA N. 2

PRESSIONE	CEDIMENTI	$\Delta H/H$	INDICE VUOTI	MODULO EDOMETRICO
kPa	cm	%	-	kPa
24.52	0.0364	1.822	0.728	-
49.03	0.0457	2.285	0.720	5185.0
98.07	0.0748	3.738	0.694	3274.6
196.13	0.1288	6.441	0.647	3442.6
392.27	0.2059	10.295	0.579	4663.4
784.53	0.2872	14.361	0.507	8459.1
196.13	0.2631	13.156	0.528	-
98.07	0.2499	12.493	0.540	-

PROPRIETA' GENERALI DEL CAMPIONE

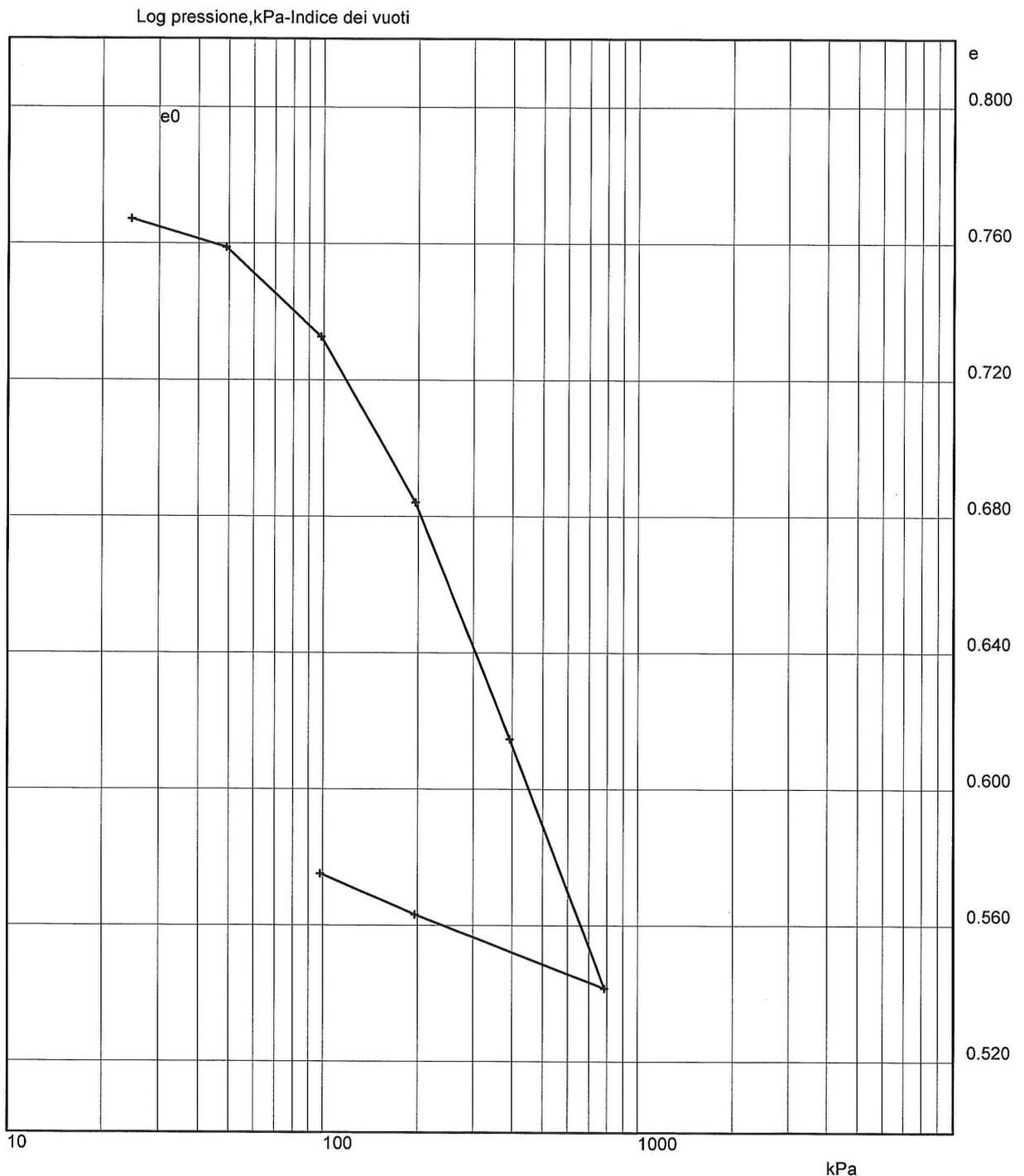
Contenuto in acqua, % = 21.34
Peso di volume, g/cm³ = 1.87
Densità secca, g/cm³ = 1.541
Indice dei vuoti = 0.76
Porosità = 43
Peso specifico granuli, g/cm³ = 2.71
Grado di saturazione, % = 76.2

Tipo di campione= indisturbato
Altezza iniziale del provino, cm= 2.00

NOTA: argille limose giallo nocciola con detriti compatte

DATA: 25/03/2009

FIRMA:
GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362

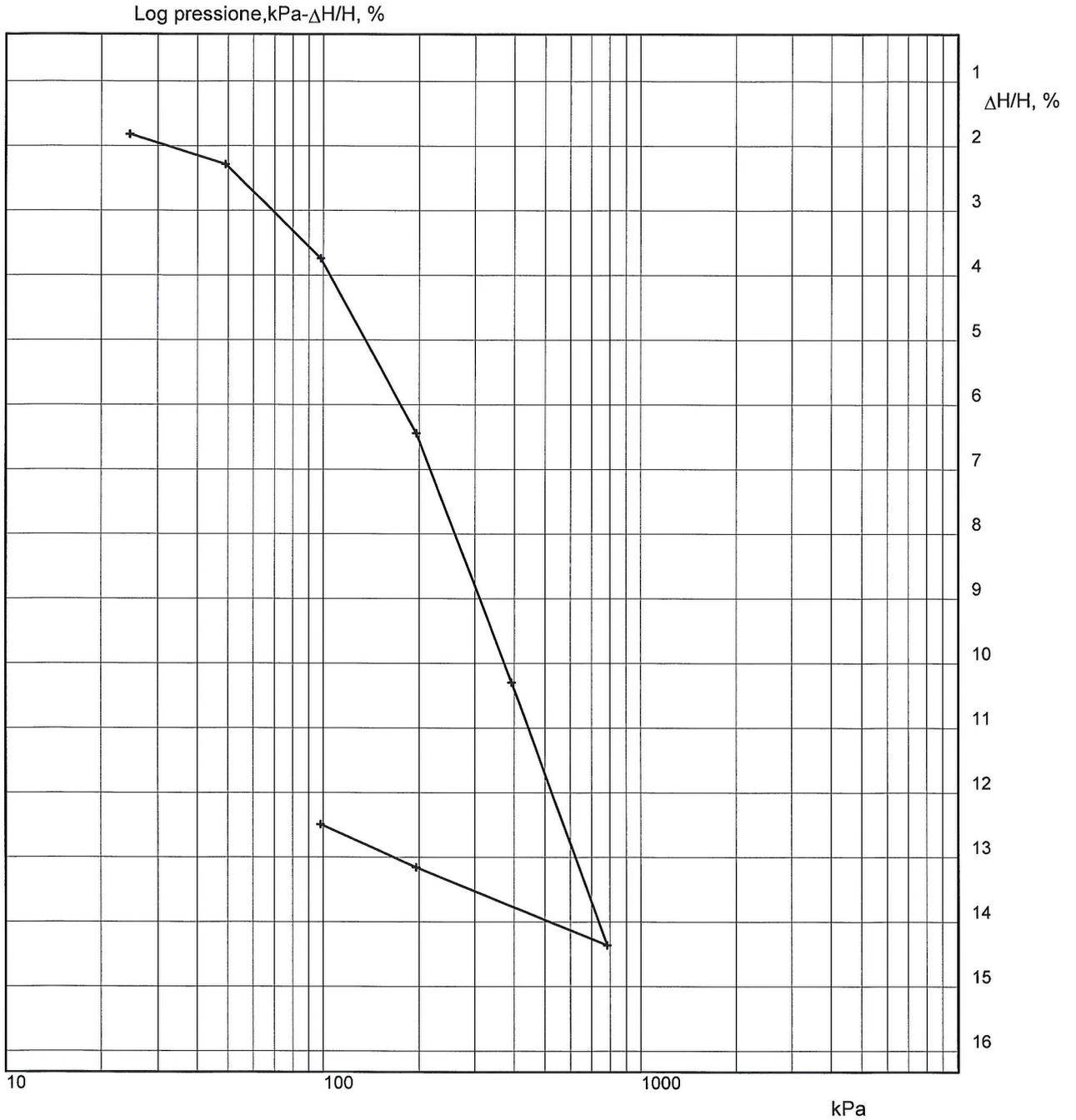
COMMITTENTE: STUDIO TECNICO
CANTIERE: STUDIO DEL SOTTOSUOLO
LOCALITA': MEDOLLA (MO)
CERTIFICATO: 01**RIFERIMENTO:** 01**SONDAGGIO:** 1
CAMPIONE: 1
PROF., m: 1.20-1.30
PAGINA N. 2**PROVA EDOMETRICA****NOTA:**
DATA: 11/07/2010**FIRMA:****GEO GROUP s.r.l.**
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362

COMMITTENTE: STUDIO TECNICO
CANTIERE: STUDIO DEL SOTTOSUOLO
LOCALITA': MEDOLLA (MO)
CERTIFICATO: 07ED09

RIFERIMENTO: 02

SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 2
PROF., m: 2.10-2.20
PAGINA N. 1

PROVA EDOMETRICA



NOTA: argille limose giallo nocciola con detriti compatte

DATA: 25/03/2009

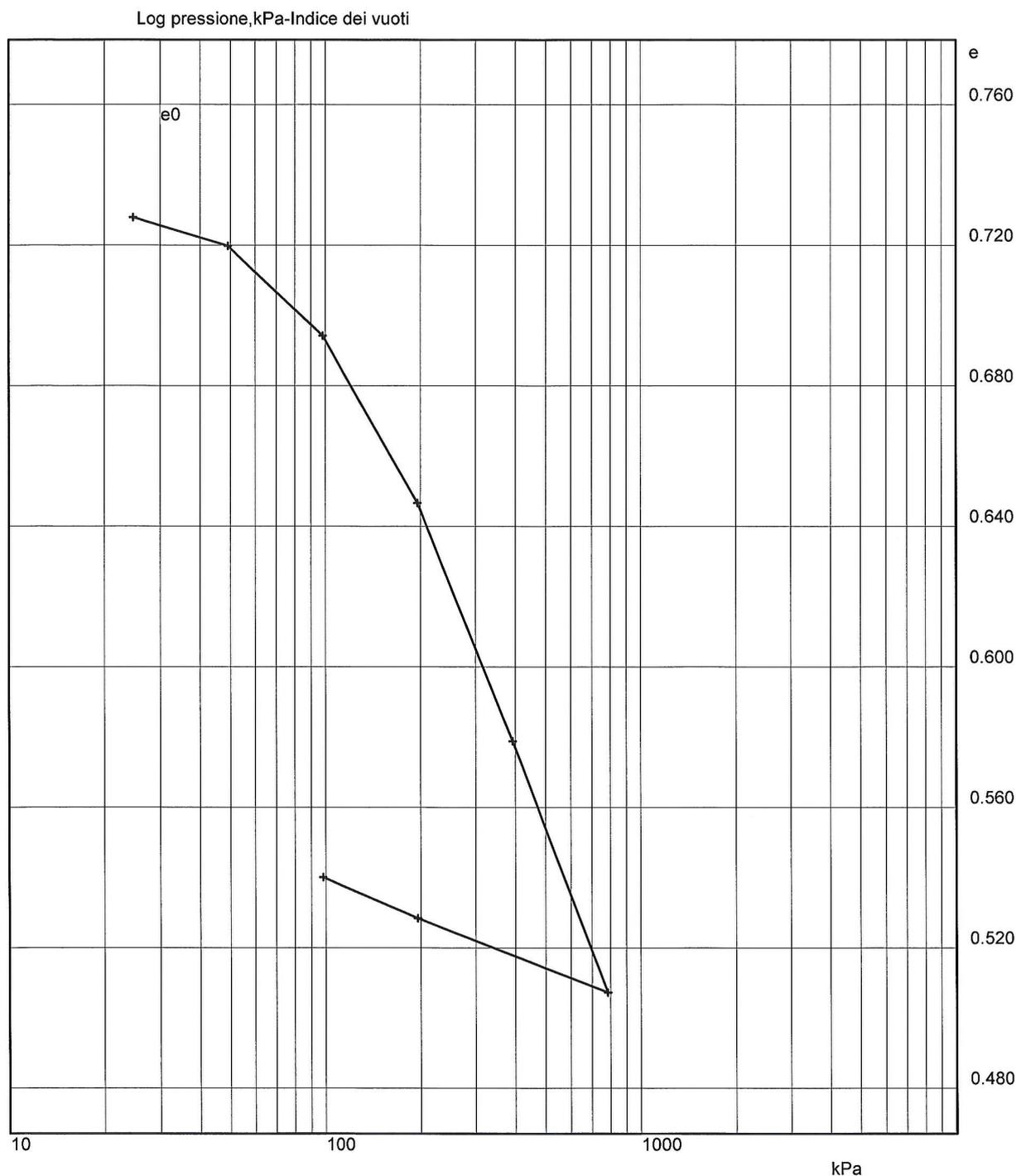
FIRMA:
GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
Tel. 059-39.67.169 - Fax 059-53.32.019

COMMITTENTE: STUDIO TECNICO
CANTIERE: STUDIO DEL SOTTOSUOLO
LOCALITA': MEDOLLA (MO)
CERTIFICATO: 07ED09

RIFERIMENTO: 02

SONDAGGIO: 1
CAMPIONE: 2
PROF., m:2.10-2.20
PAGINA N. 2

PROVA EDOMETRICA



NOTA: argille limose giallo nocciola con detriti compatte

DATA: 25/03/2009

FIRMA:
GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA: 02981500362

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 6

***Schede di Analisi di risposta
sismica locale di ogni Ambito:
Approfondimento di 3°livello
Spettri di risposta rappresentativi***

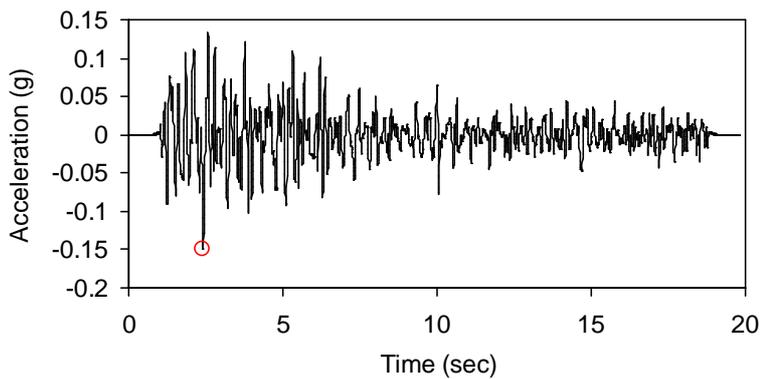


Ambito AR1 Ex-Covalpa

Dati di inserimento

	Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	7,0	27,89		19,00	120		3,5	66,50
	2	2	1,5	43,58		19,00	150		7,8	147,25
	3	1	8,5	62,75		19,00	180		12,8	242,25
	4	2	5,0	81,55		20,00	200		19,5	373,00
	5	1	7,0	249,75		20,00	350		25,5	493,00
	6	1	90,0	709,68		20,00	590		74,0	1463,00
Bedrock	7	0		1651,38	1	20,00	900	Outcrop	119,0	2363,00

1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1sec < T_0 < 0.5sec$)

F.A. (intensità spettrale $0.5sec < T_0 < 0.1sec$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.22	2.20	2.96

sabbiosi
limo-argillosi

Valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale liquefazione e dei cedimenti attesi. Approfondimenti di III° LIVELLO

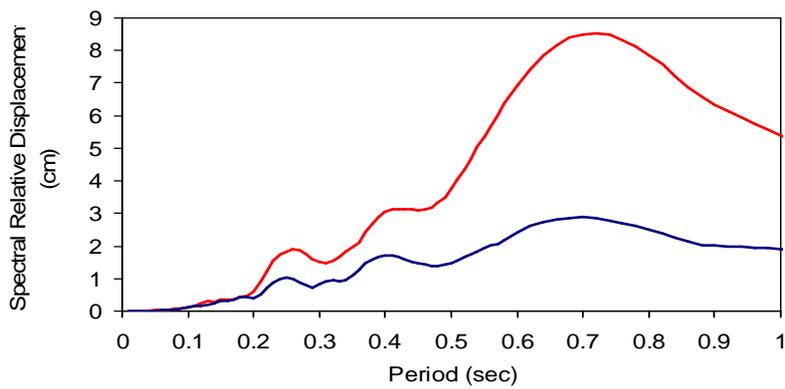
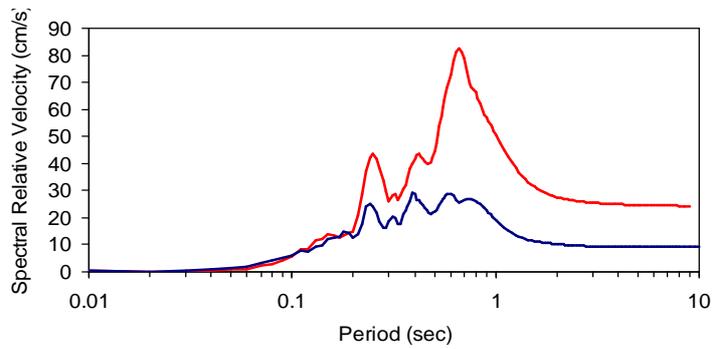
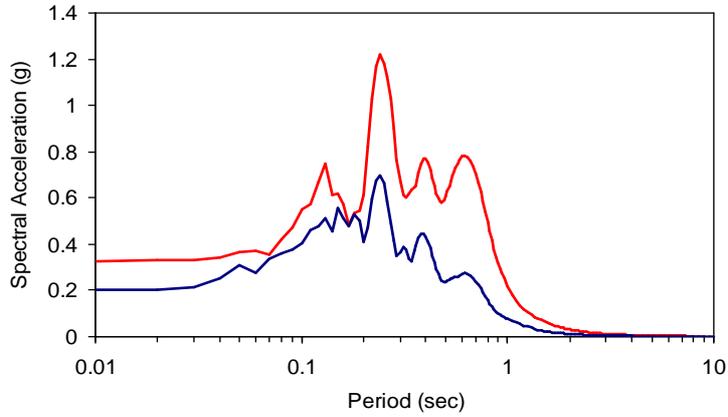


GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it





GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AR1

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

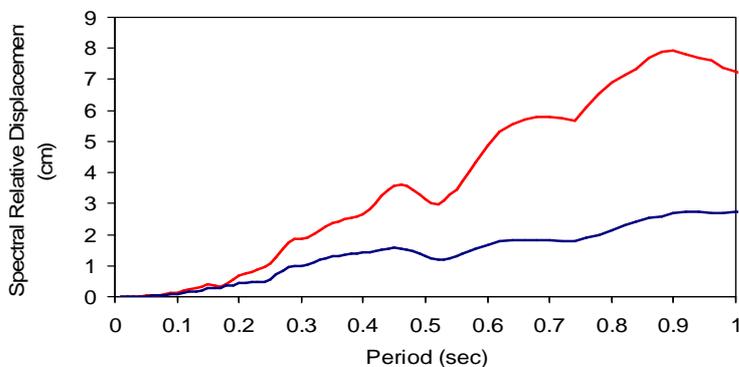
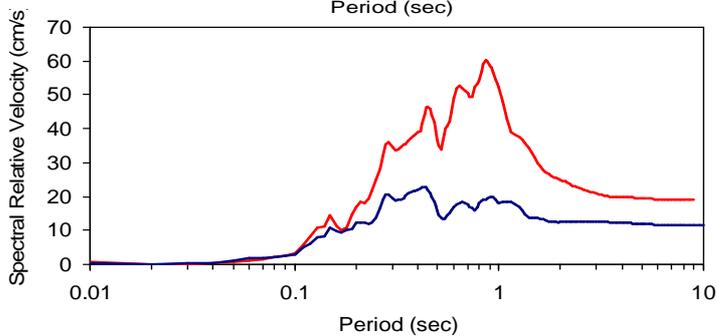
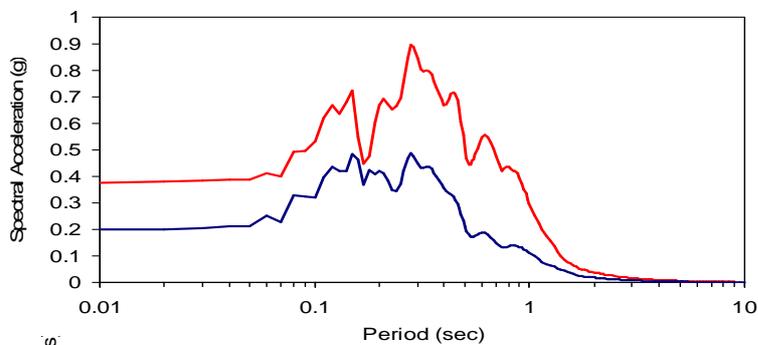
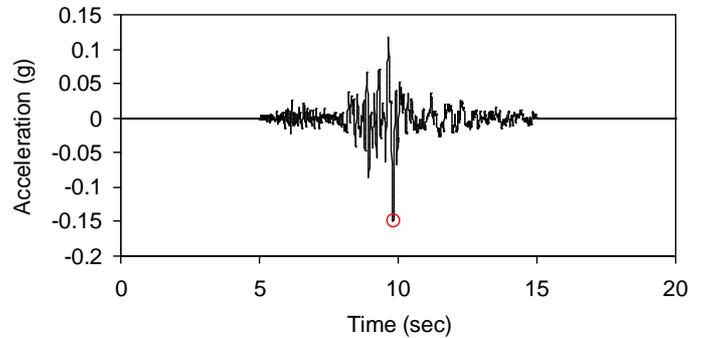
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
0.89	2.29	2.91





GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AR1

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

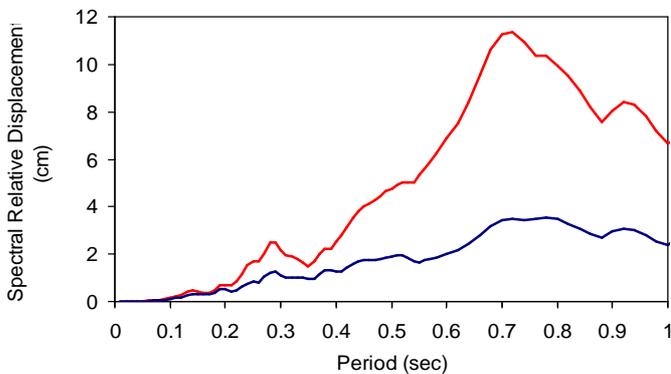
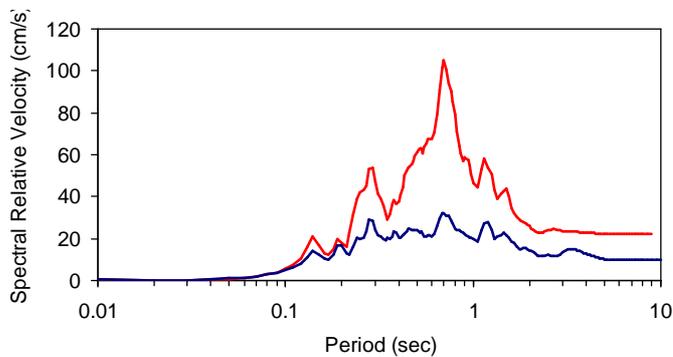
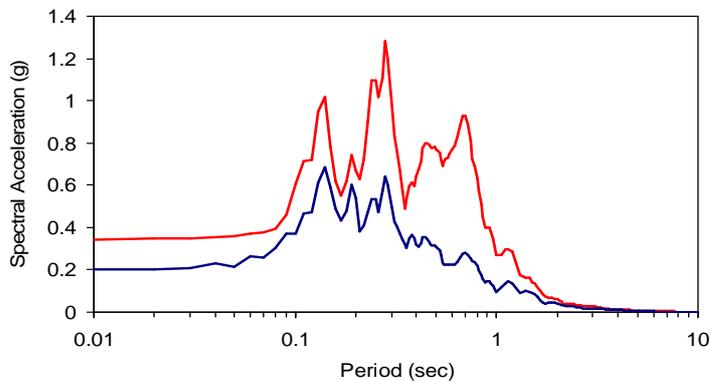
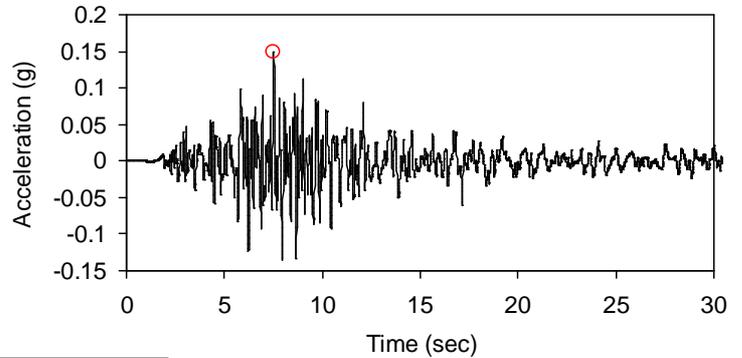
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_o < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_o < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.28	2.50	3.22



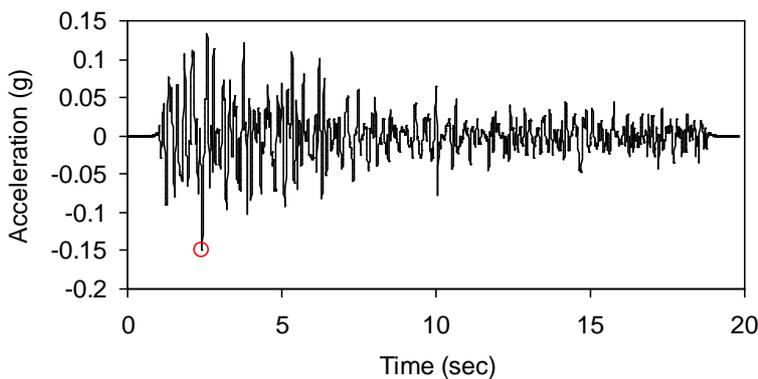


Ambito AR2: BIVIO

Dati di inserimento

	Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	5,0	27,89		19,00	120			2,5	47,50
	2	1	5,0	43,58		19,00	150			7,5	142,50
	3	1	4,0	85,41		19,00	210			12,0	228,00
	4	1	9,0	326,20		20,00	400			18,5	356,00
	5	2	5,0	733,94		20,00	600			25,5	496,00
	6	1	92,0	861,37		20,00	650			74,0	1466,00
Bedrock	7	0		1651,38	1	20,00	900	Outcrop		120,0	2386,00

1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:
 PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie
 F.A. (intensità spettrale $0.1sec < T_0 < 0.5sec$)
 F.A. (intensità spettrale $0.5sec < T_0 < 1.0sec$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.57	3.50	2.17

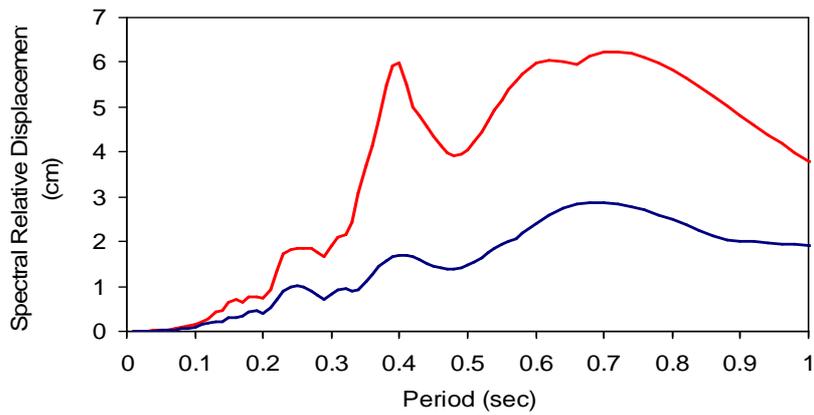
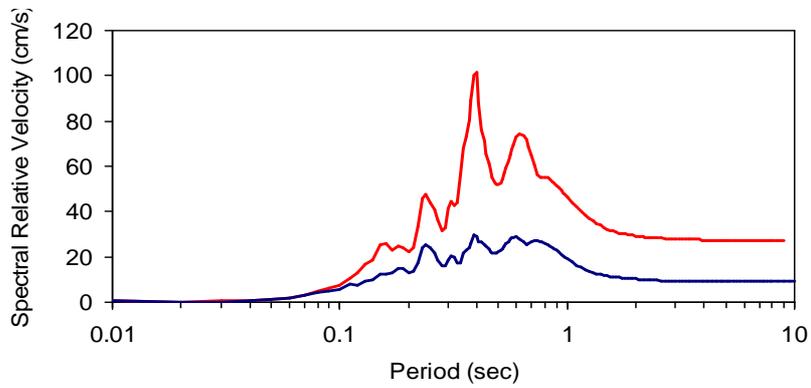
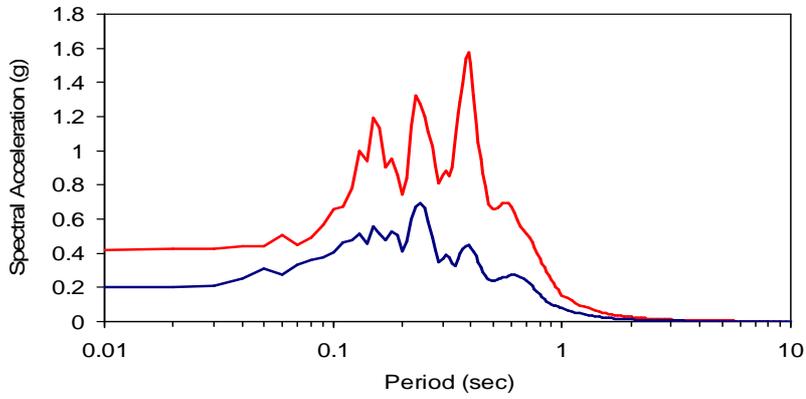


GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it





GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

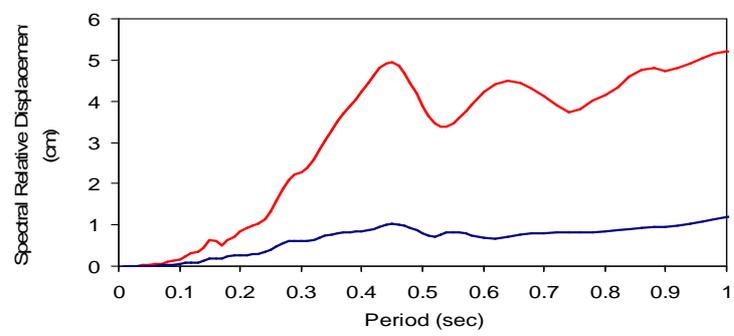
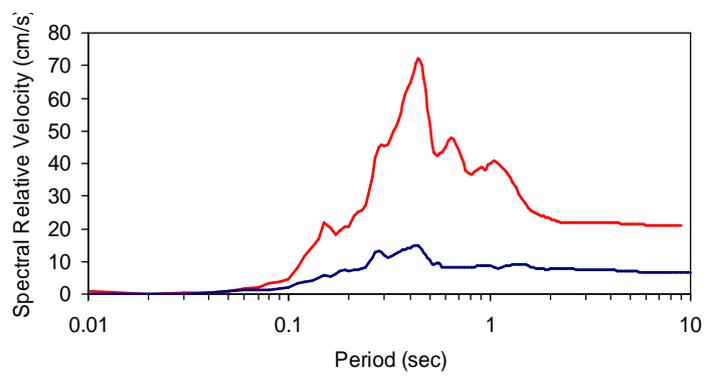
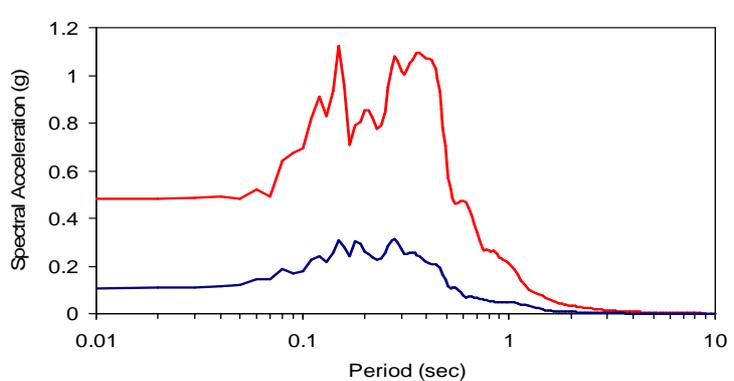
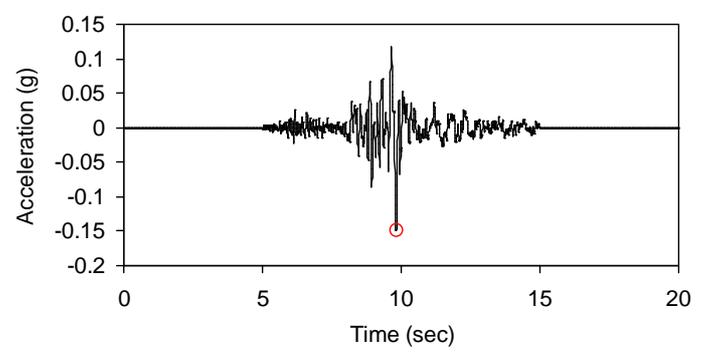
Ambito AR2: Bivio

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

- PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie
- F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)
- F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.12	4.84	4.39





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AR2: Bivio

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

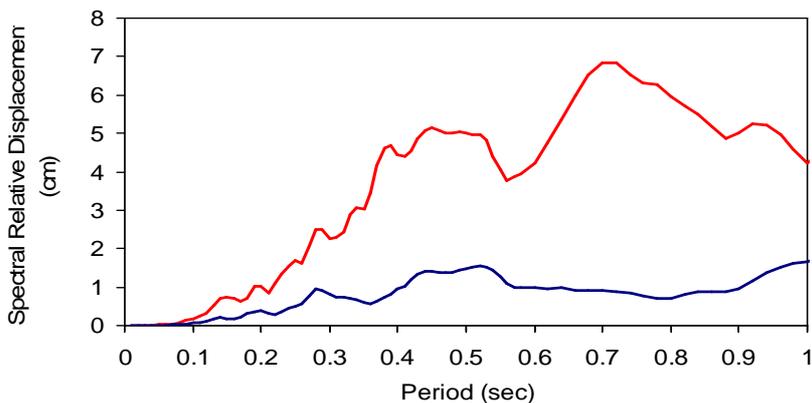
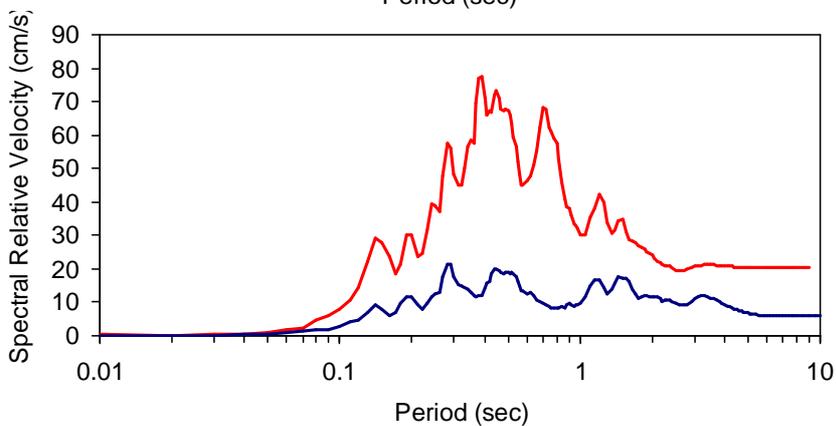
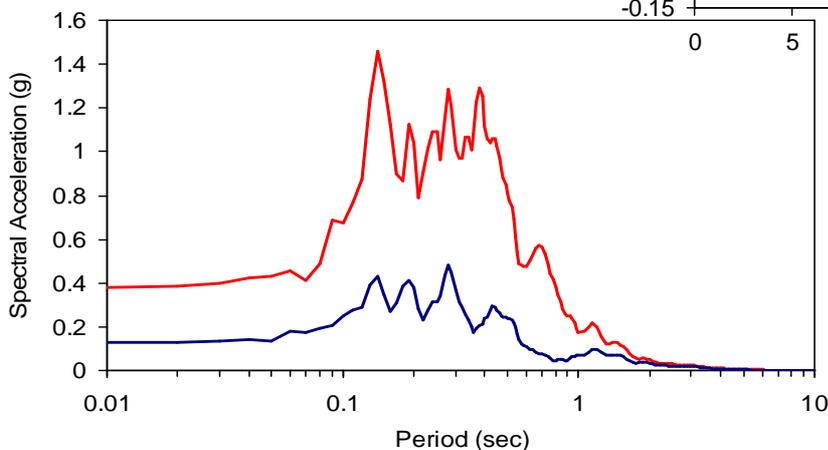
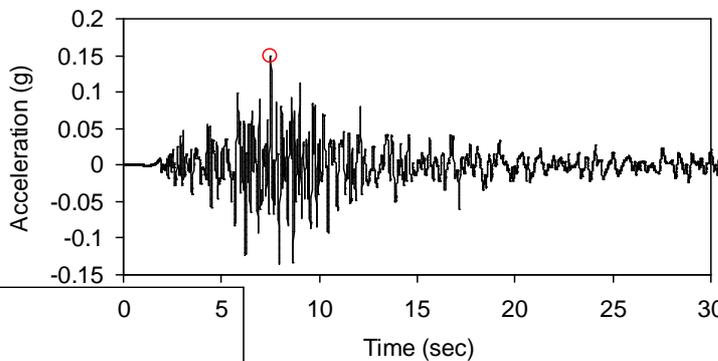
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 1.0\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.46	3.47	4.10



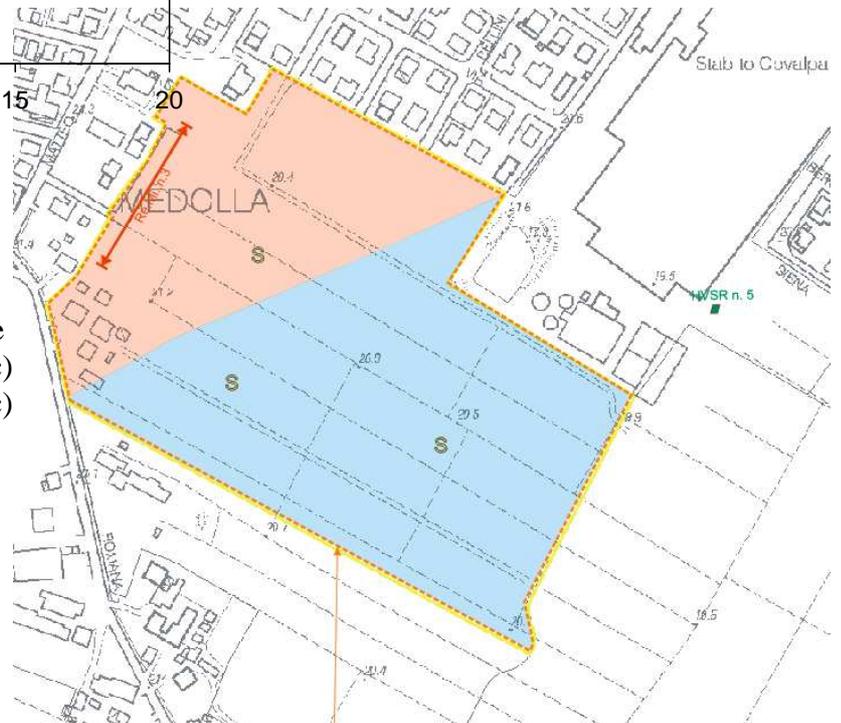
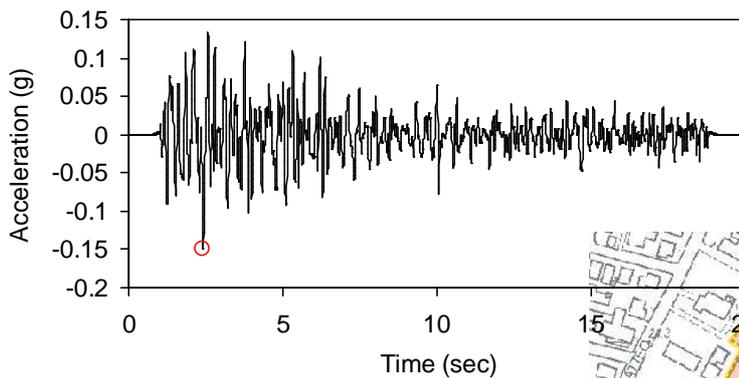


Ambito AN1 “via San Matteo – via Romana nord A

Dati di inserimento

	Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	5,0	27,89		19,00	120			2,5	47,50
	2	1	5,0	77,47		19,00	200			7,5	142,50
	3	1	7,0	102,46		19,00	230			13,5	256,50
	4	1	8,0	326,20		20,00	400			21,0	403,00
	5	2	10,0	733,94		20,00	600			30,0	583,00
	6	1	80,0	1146,79		20,00	750			75,0	1483,00
Bedrock	7	0		2038,74	1	20,00	1000	Outcrop		115,0	2283,00

1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1sec < T_0 < 0.5sec$)

F.A. (intensità spettrale $0.5sec < T_0 < 0.1sec$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.56	5.35	6.05

onali sabbiosi
onali limo-argillosi
e del fiume Po

Valutazione del coefficiente di amplificazione litologico,
del potenziale liquefazione e dei cedimenti attesi.
Approfondimenti di III° LIVELLO

Stendimento sismico Re.MI. n. 3:

$$V_{s30} = \frac{30}{S_h / v_s} = 214 \text{ m/s}$$



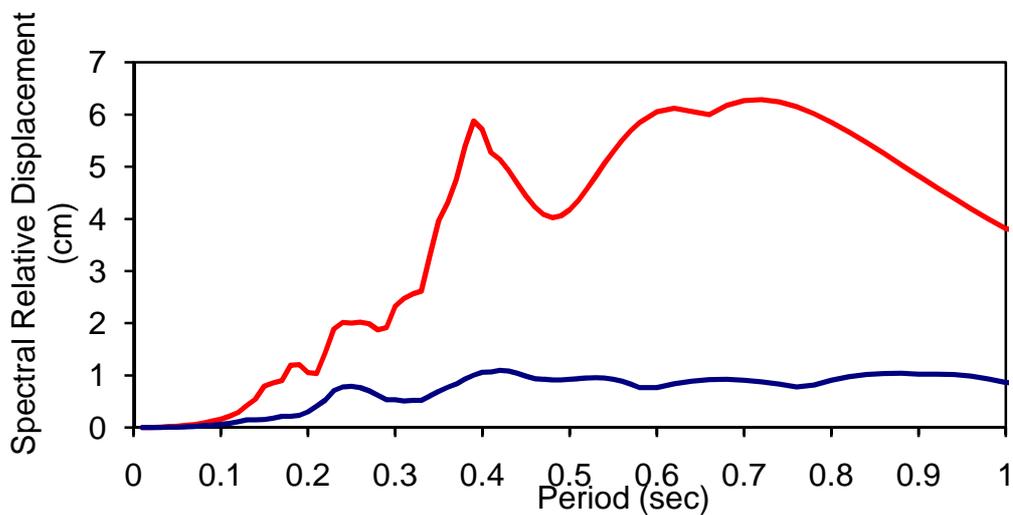
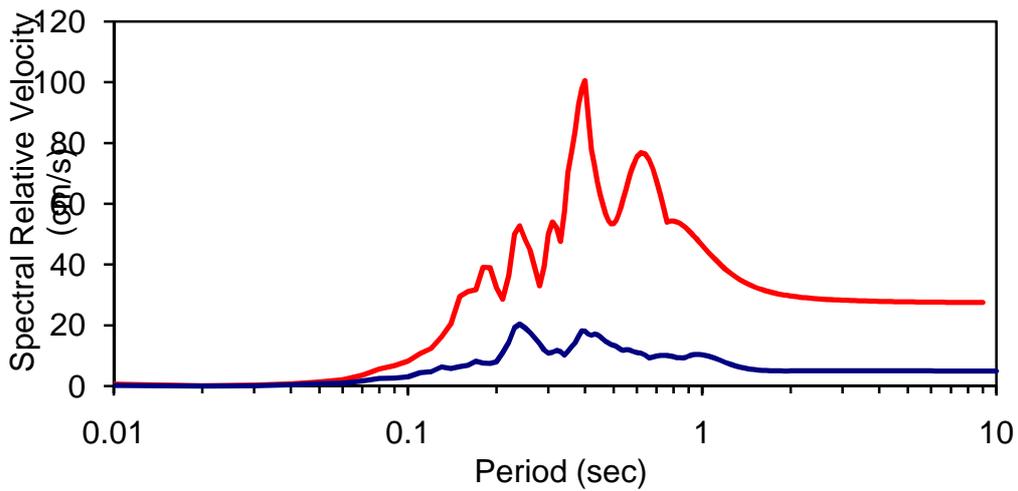
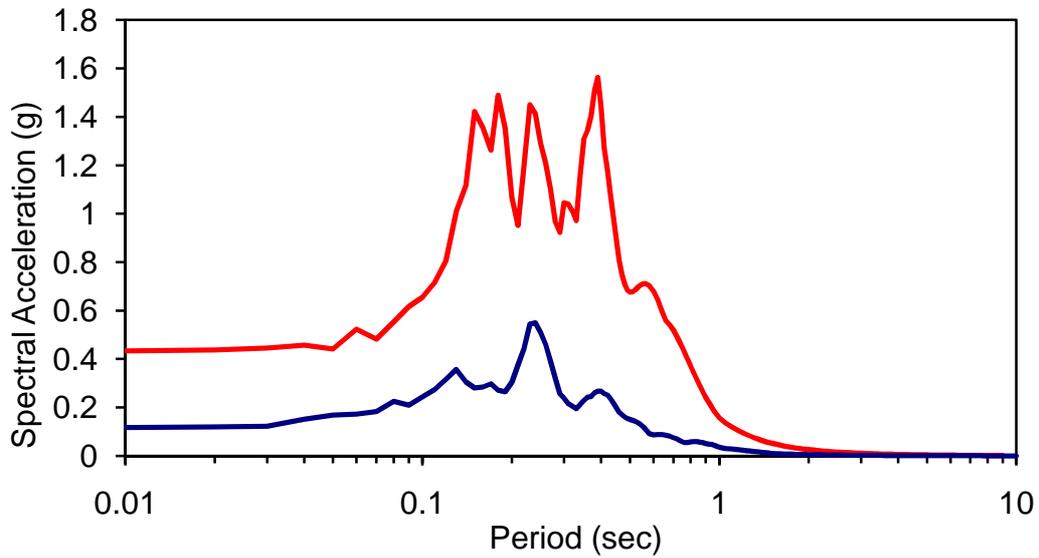
GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AN1 "via San Matteo – via Romana nord A





GEO GROUP s.p.a.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AN1 “via San Matteo – via Romana nord A

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

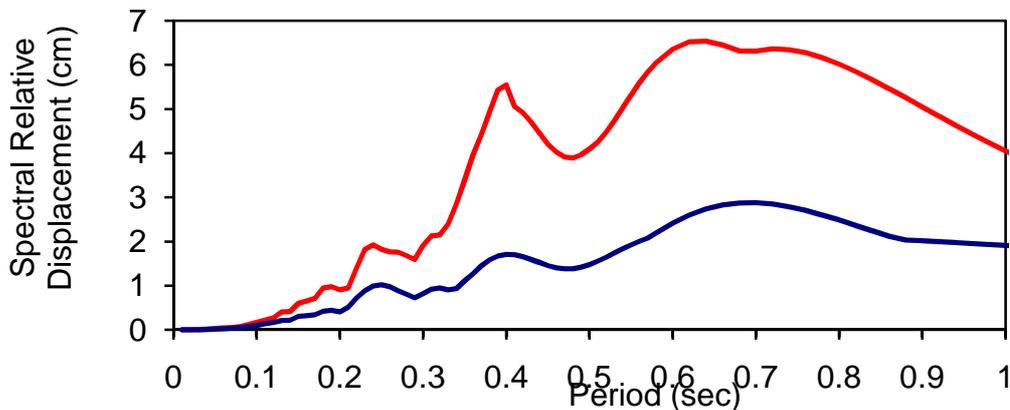
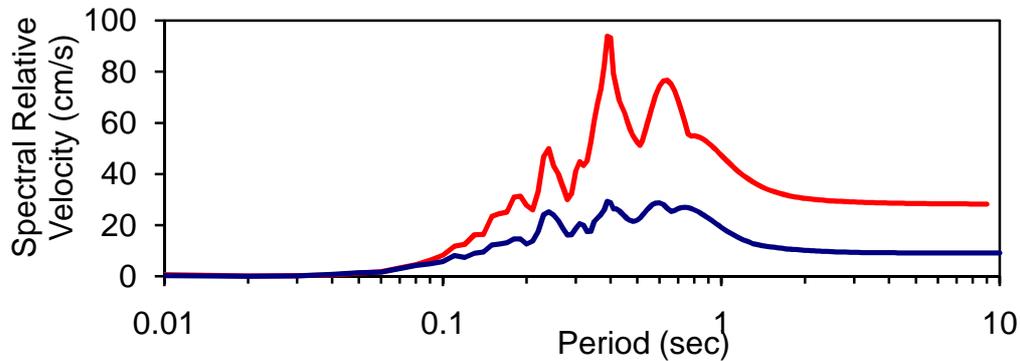
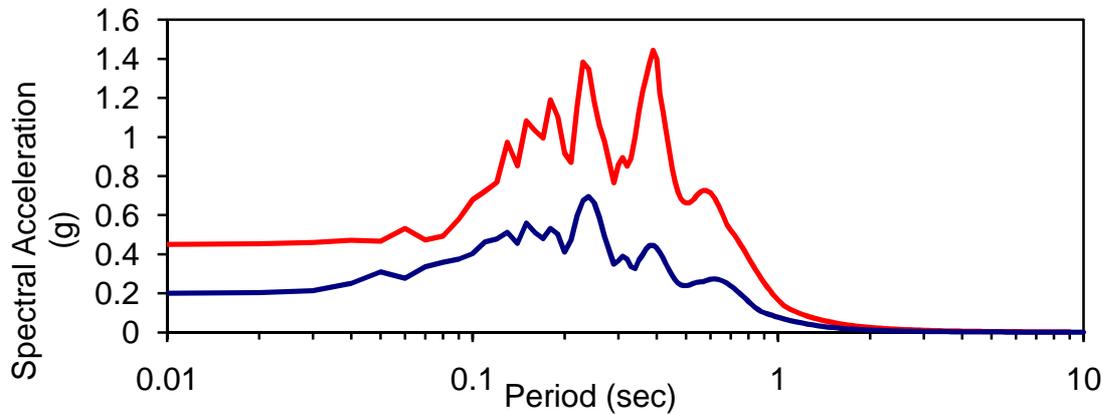
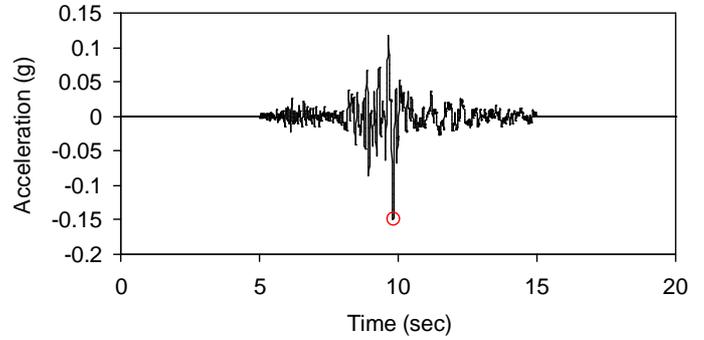
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.44	3.25	2.27





GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AN1 "via San Matteo - via Romana nord A"

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

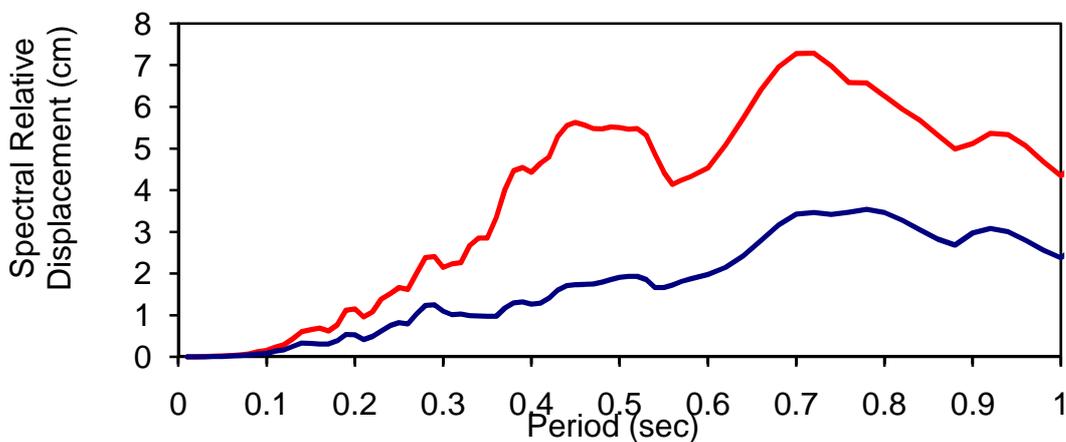
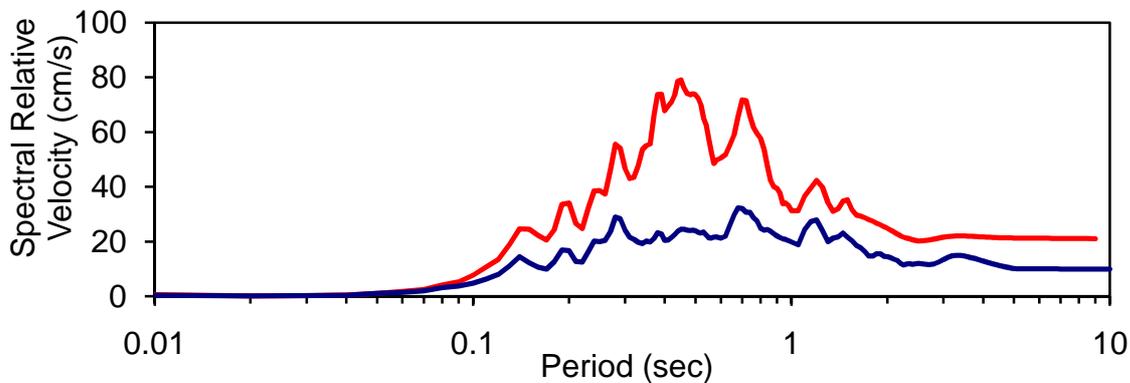
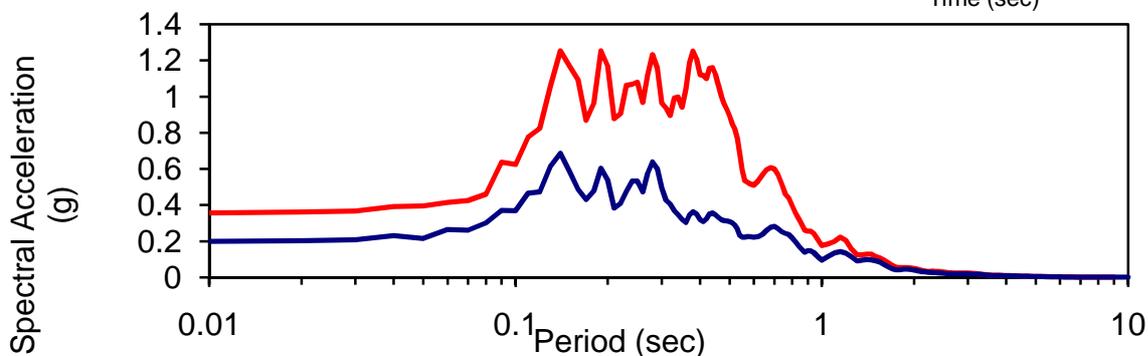
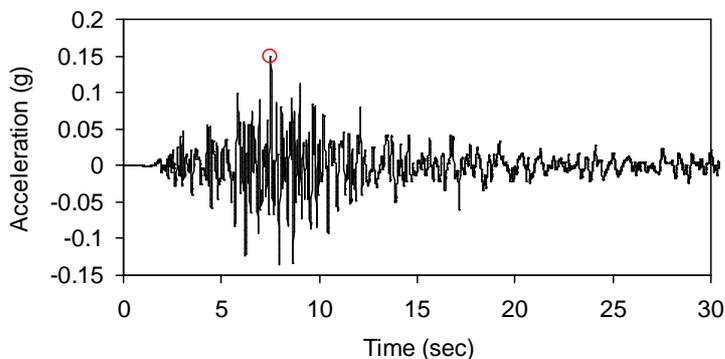
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.25	2.94	2.06



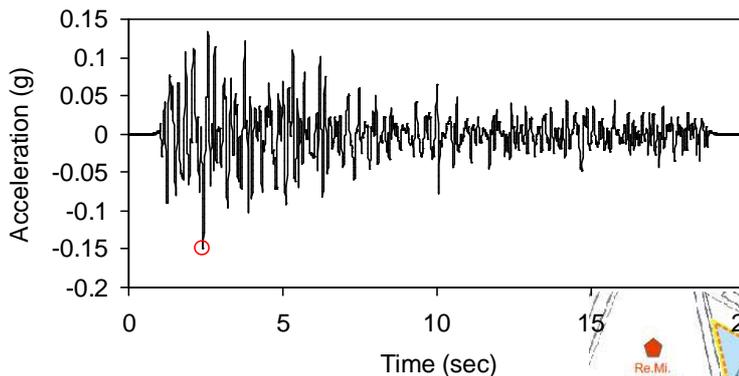


Ambito AN2 “via San Matteo – via Romana nord B

Dati di inserimento

	Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	8,5	62,75		19,00	180		4,3	80,75
	2	1	1,5	77,47		19,00	200		9,3	175,75
	3	1	14,0	102,46		19,00	230		17,0	323,00
	4	1	20,0	309,89		19,00	400		34,0	646,00
	5	2	6,0	1404,49		20,00	830		47,0	896,00
	6	1	50,0	1472,99		20,00	850		75,0	1456,00
Bedrock	7	0	70,0	2038,74	1	20,00	1000	Outcrop	100,0	1956,00

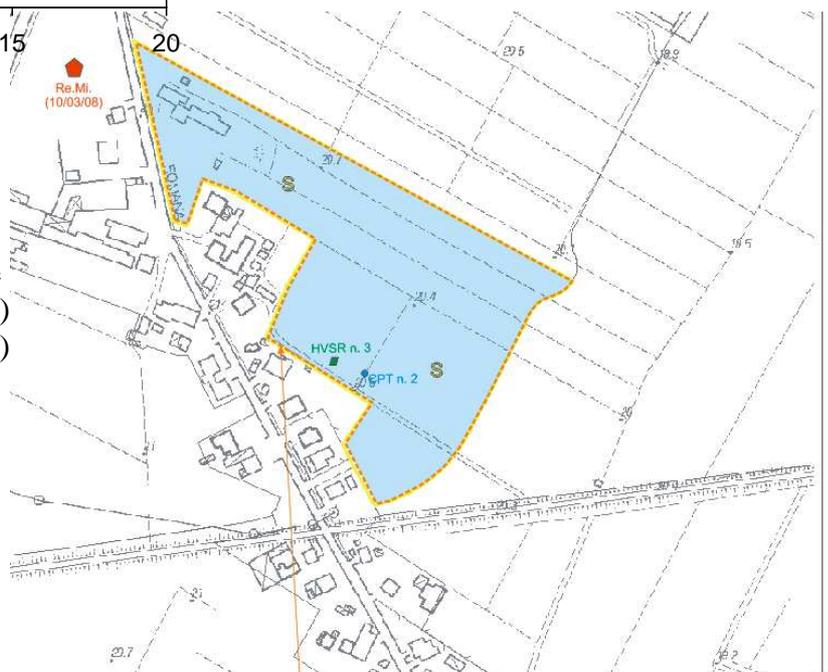
1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie
 F.A. (intensità spettrale $0.1sec < T_0 < 0.5sec$)
 F.A. (intensità spettrale $0.5sec < T_0 < 0.1sec$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.45	2.30	2.65



all'abbiosi
 all'limo-argillosi
 del fiume Po

Valutazione del coefficiente di amplificazione litologico,
 del potenziale liquefazione e dei cedimenti attesi.
 Approfondimenti di III° LIVELLO

Stendimento sismico Re.Mi. n.4 (10/03/2008):

$$V_{s30} = \frac{30}{S_h / v_s} = 200 \text{ m/s}$$



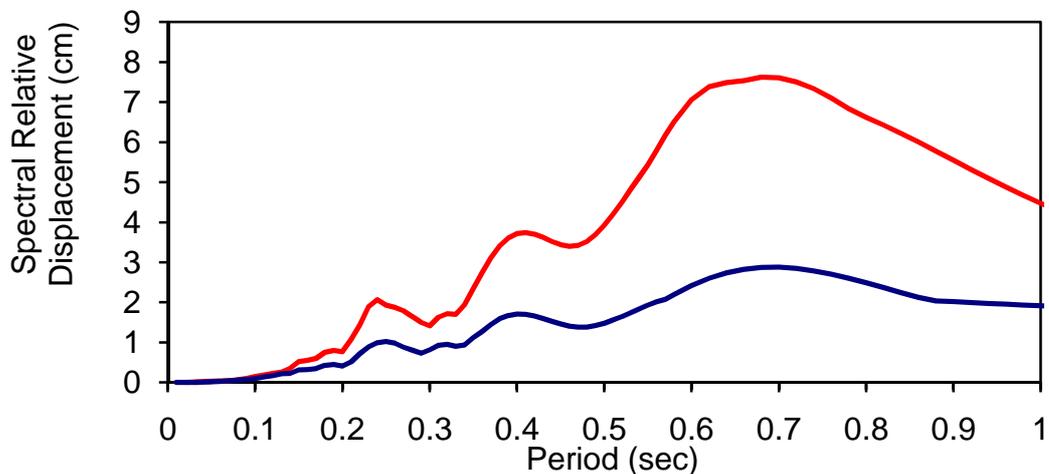
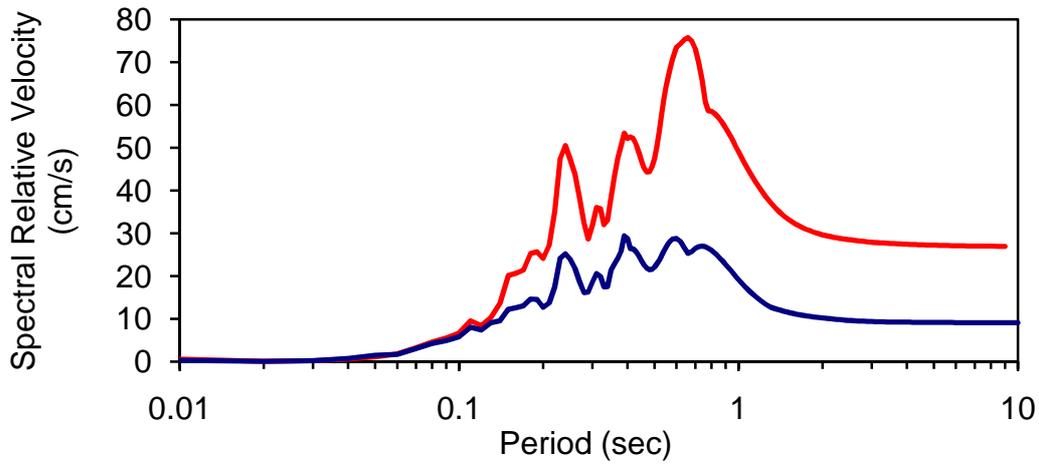
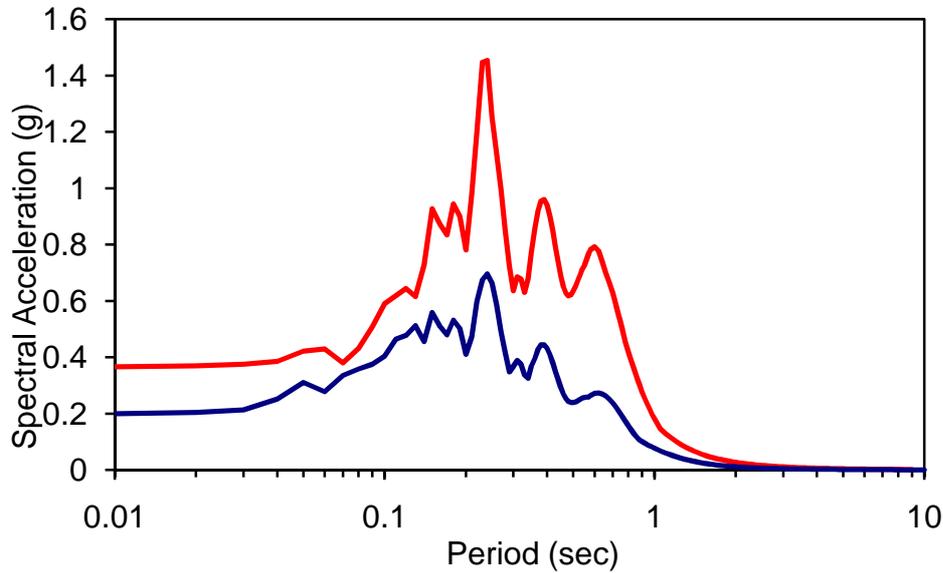
GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AN2 “via San Matteo – via Romana nord B





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AN2 “via San Matteo – via Romana nord B”

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

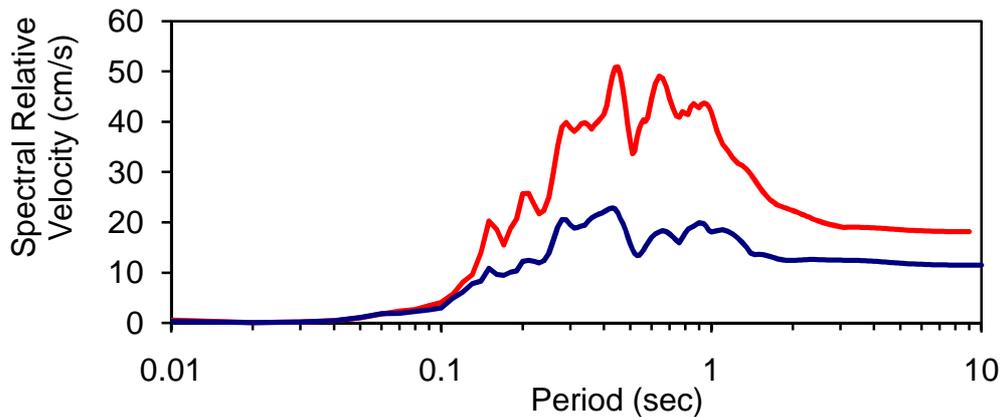
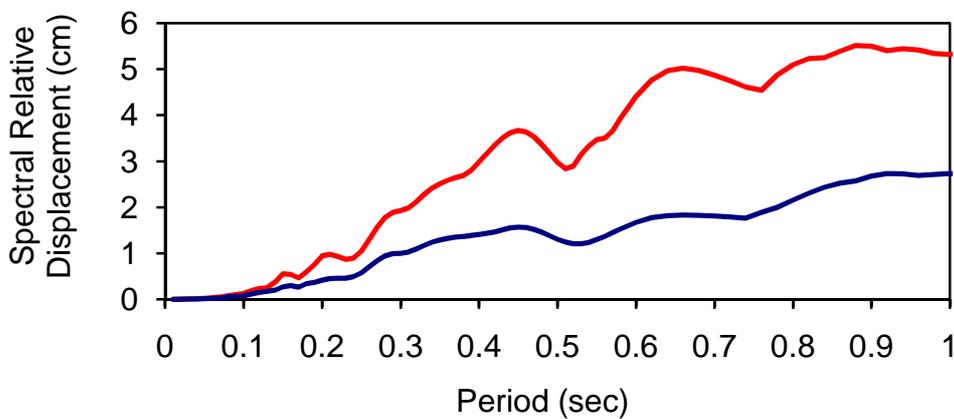
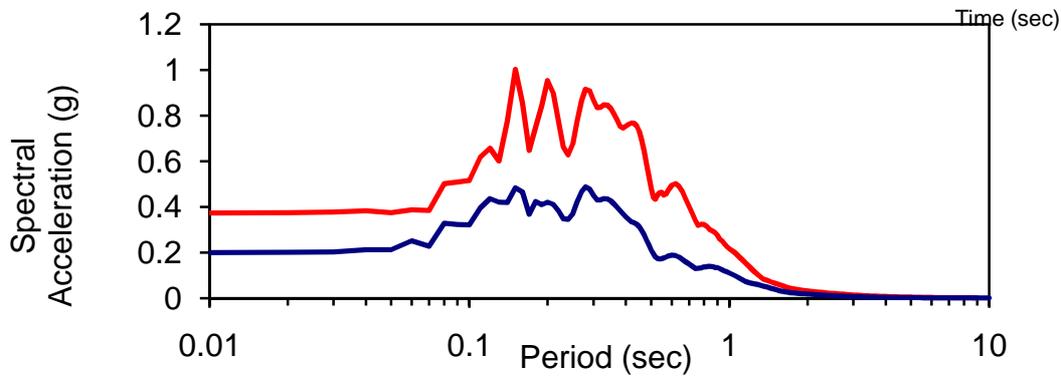
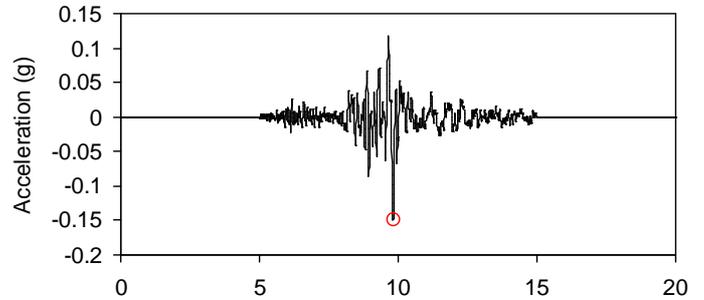
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.00	2.33	2.02





GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AN2 “via San Matteo – via Romana nord B”

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

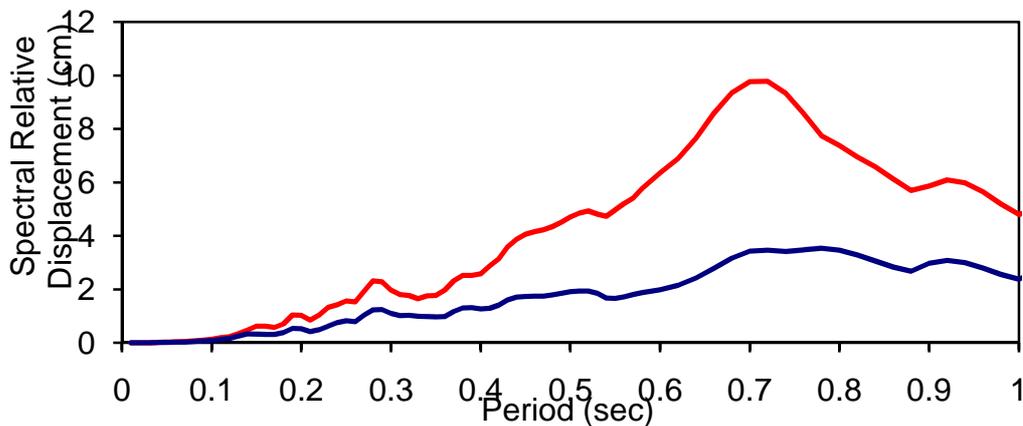
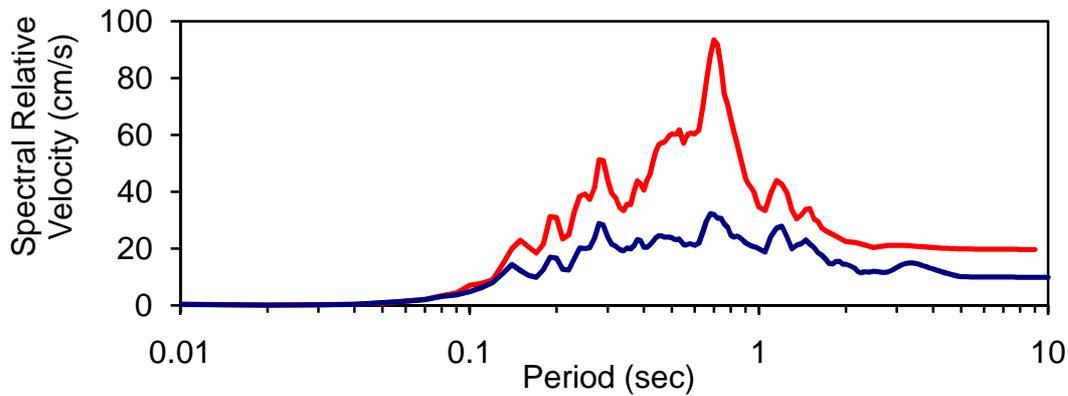
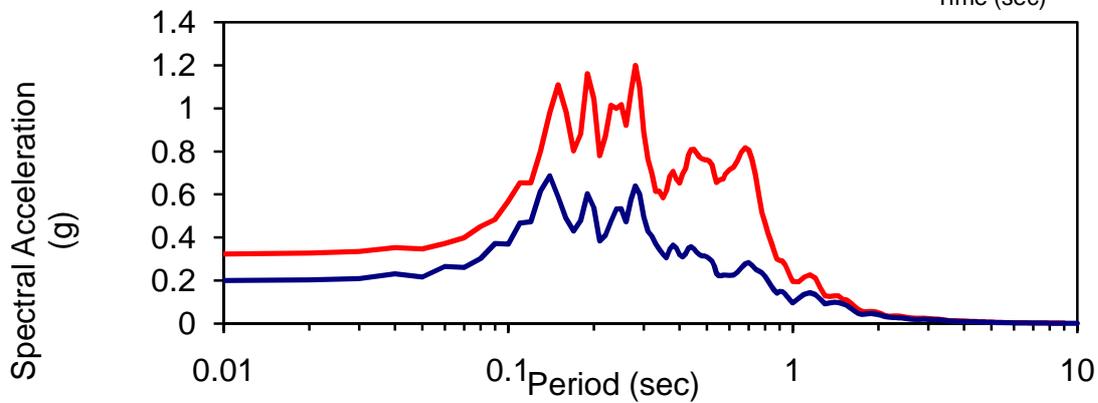
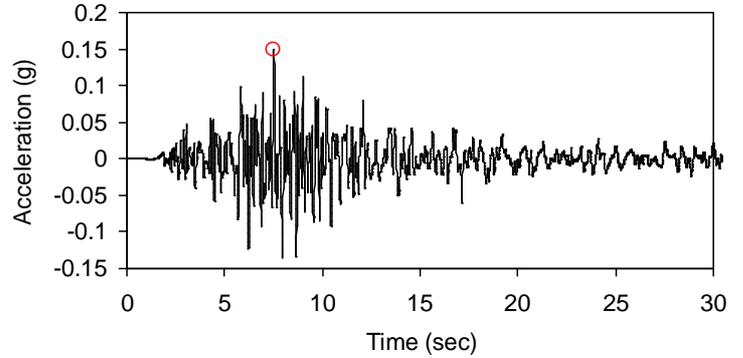
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 1.0\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.20	2.46	2.76



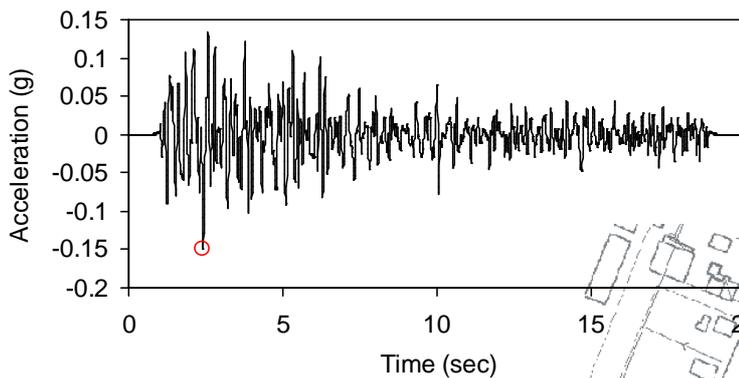


Ambito AN3 “via San Matteo – via Romana Sud”

Dati di inserimento

	Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	5,0	32,73		19,00	130		2,5	47,50
	2	1	5,0	77,47		19,00	200		7,5	142,50
	3	1	7,0	130,93		19,00	260		13,5	256,50
	4	1	8,0	279,10		20,00	370		21,0	403,00
	5	2	10,0	412,84		20,00	450		30,0	583,00
	6	1	85,0	861,37		20,00	650		77,5	1533,00
Bedrock	7	0		1651,38	1	20,00	900	Outcrop	120,0	2383,00

1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy



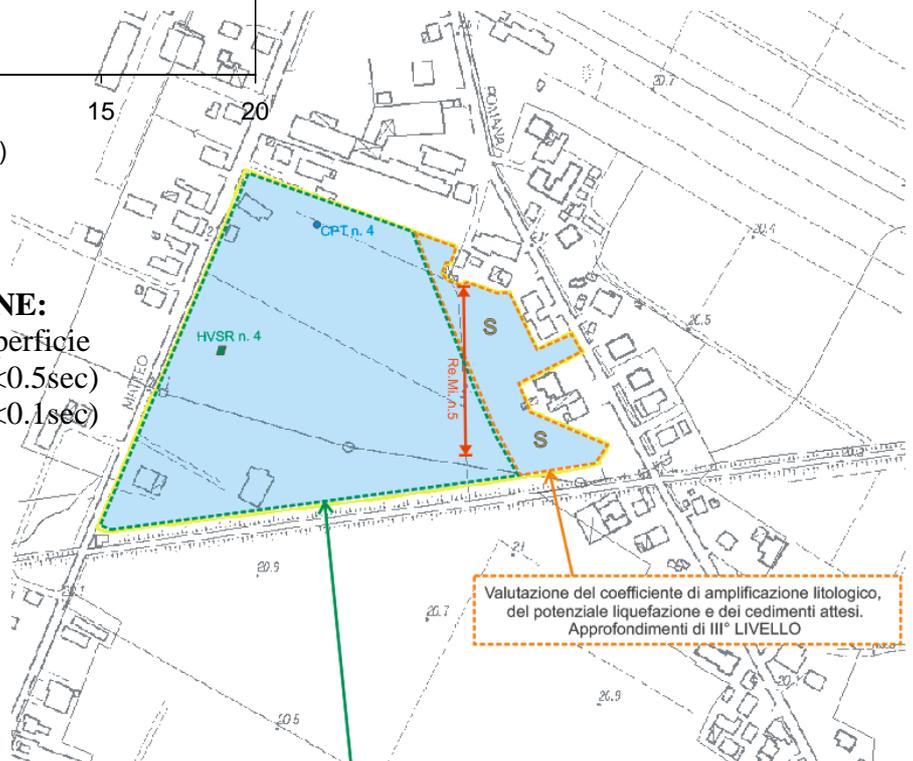
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1sec < T_0 < 0.5sec$)

F.A. (intensità spettrale $0.5sec < T_0 < 0.1sec$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.65	4.16	4.28



terreni sabbiosi
terreni limo-argillosi
litite del fiume Po

Approfondimenti di II° LIVELLO per la stima del coefficiente di amplificazione litologico, Approfondimenti di III° LIVELLO per gli eventuali cedimenti

Stendimento sismico Re.Mi. n. 5
 $V_{S30} = \frac{30}{S \cdot h / v_s} = 223 \text{ m/s}$



GEO GROUP s.p.a.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AN3 “via San Matteo – via Romana Sud

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

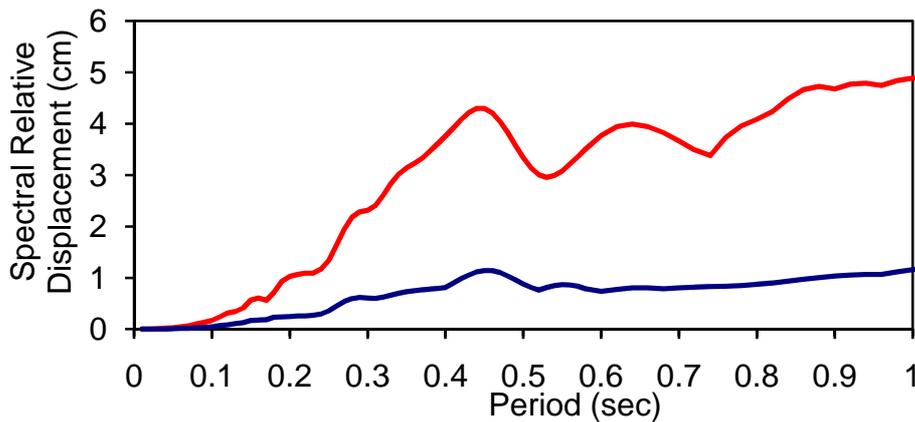
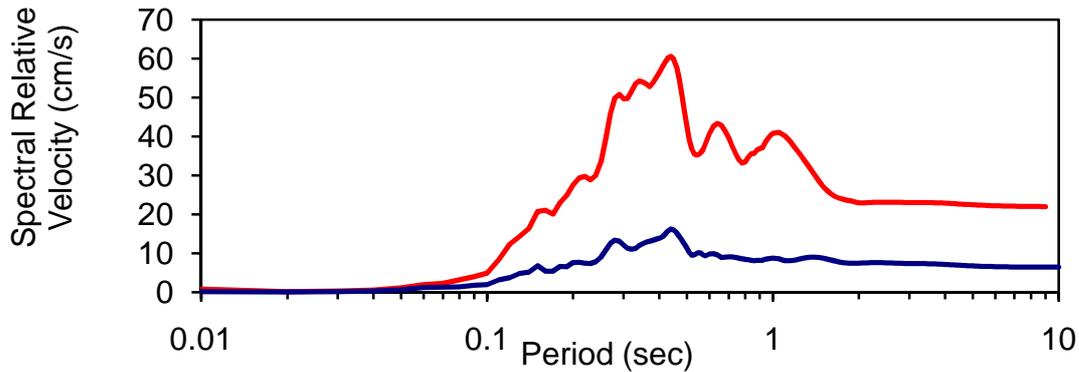
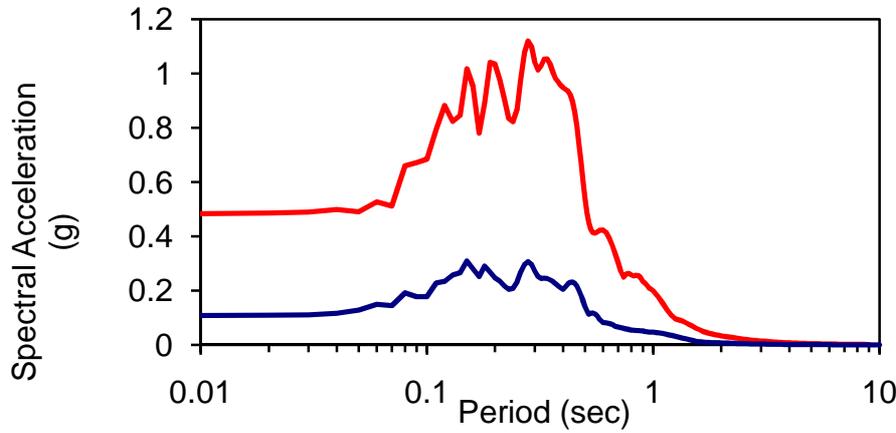
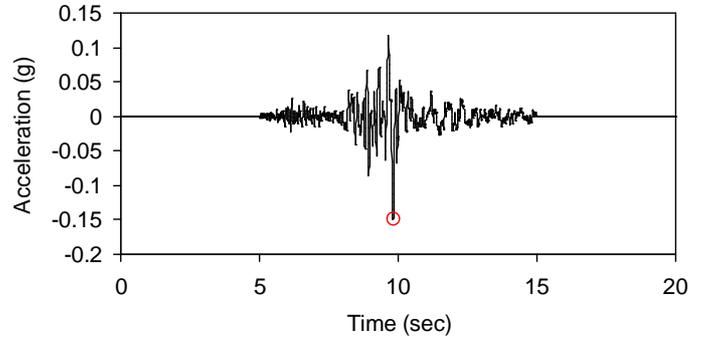
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.12	3.77	4.22





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AN3 “via San Matteo – via Romana Sud

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

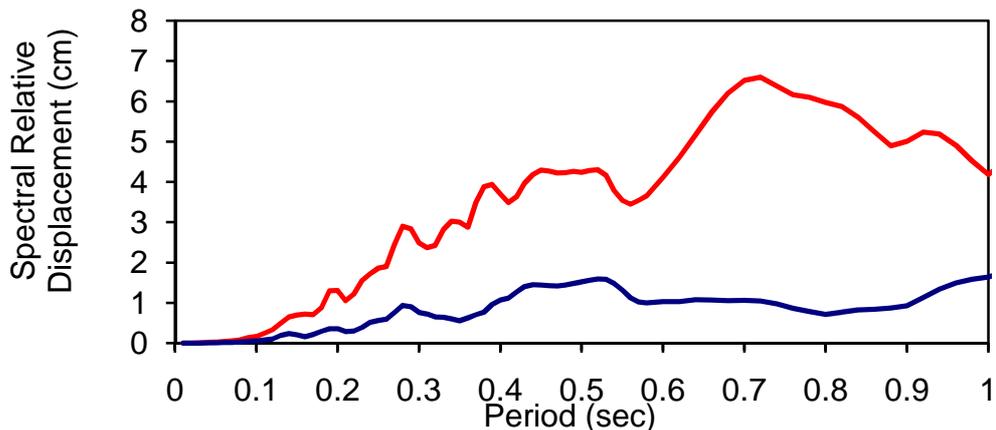
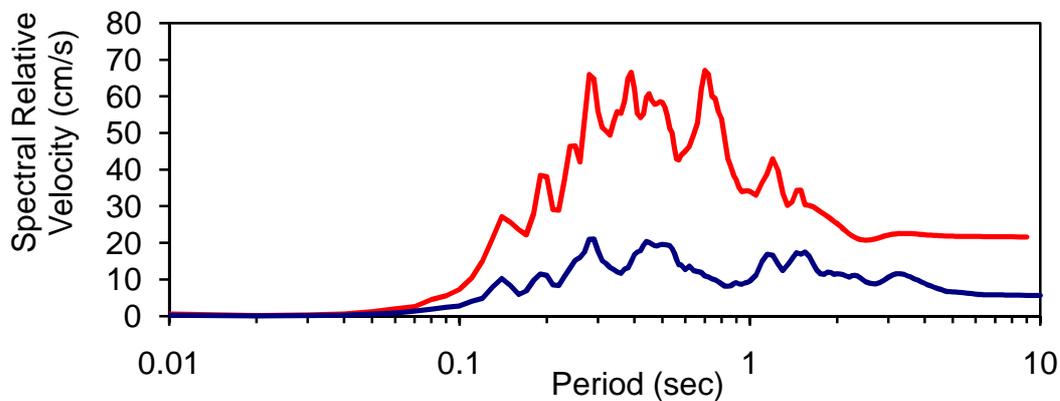
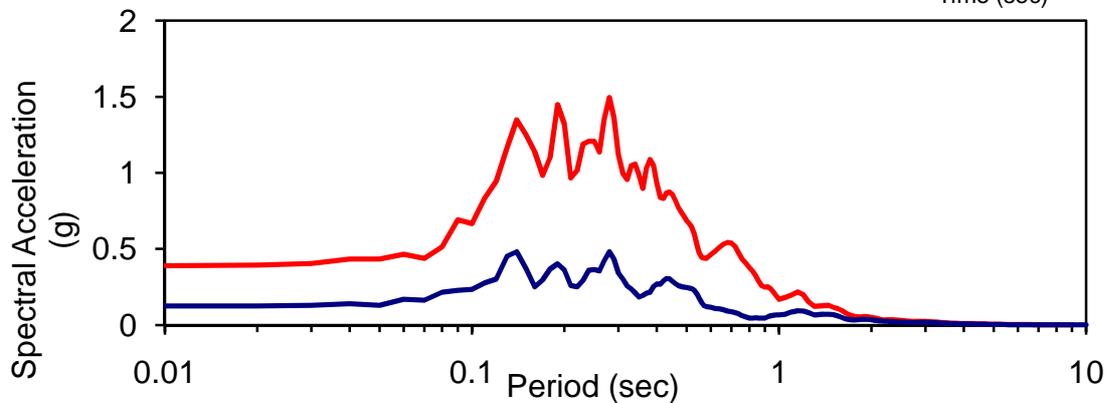
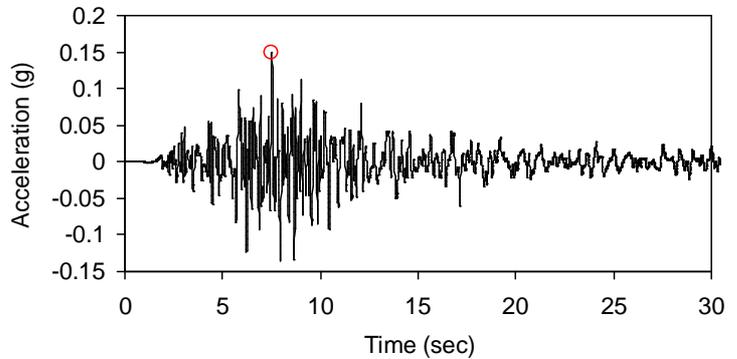
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.50	2.81	4.02



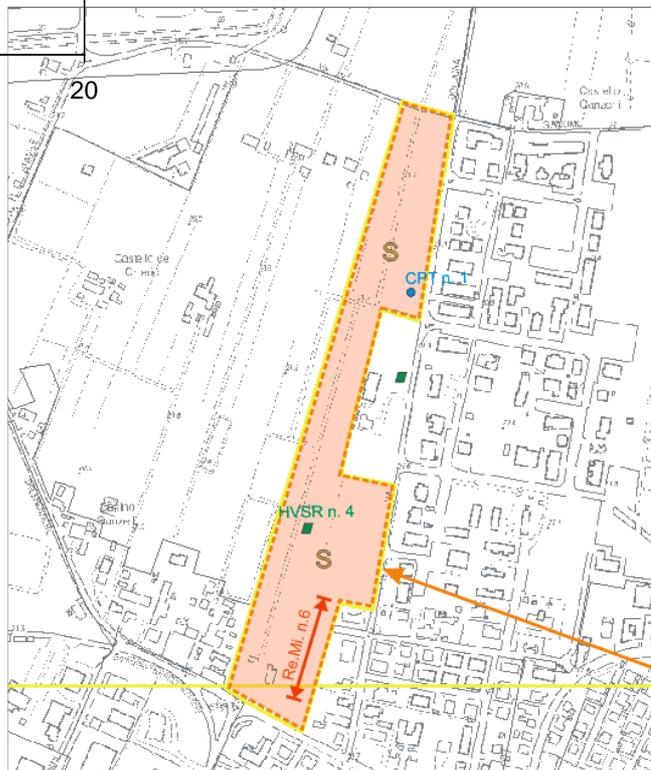
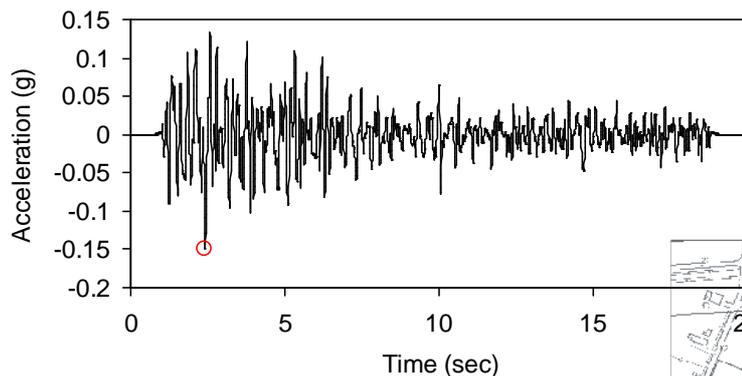


Ambito AN4 “via Bologna”

Dati di inserimento

	Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	8,0	27,89		19,00	120		4,0	76,00
	2	1	4,0	77,47		19,00	200		11,0	209,00
	3	2	4,0	121,05		19,00	250		17,0	323,00
	4	1	10,0	310,09		20,00	390		23,5	450,00
	5	2	20,0	616,72		20,00	550		37,0	720,00
	6	1	85,0	861,37		20,00	650		89,5	1770,00
Bedrock	7	0		1651,38	1	20,00	900	Outcrop	132,0	2620,00

1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1sec < T_0 < 0.5sec$)

F.A. (intensità spettrale $0.5sec < T_0 < 0.1sec$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.43	4.71	4.35

Valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale liquefazione e dei cedimenti attesi.
Approfondimenti di III° LIVELLO

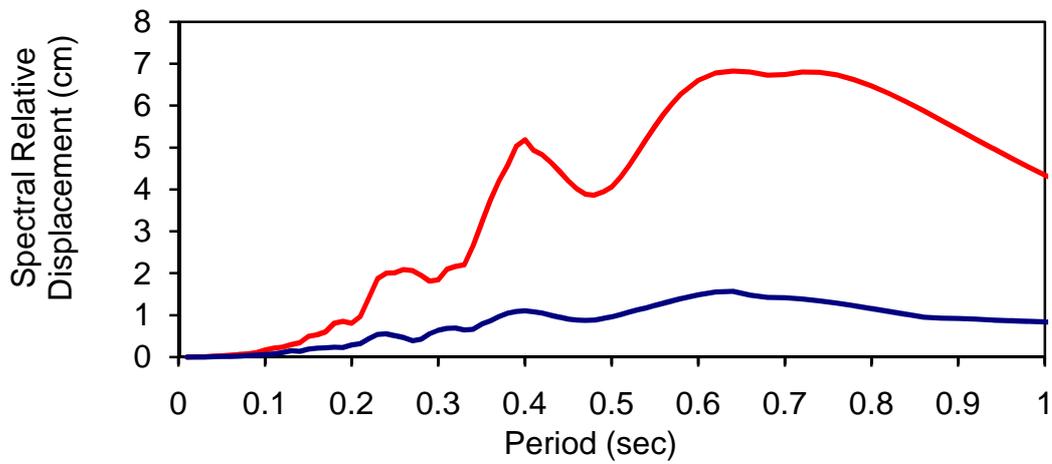
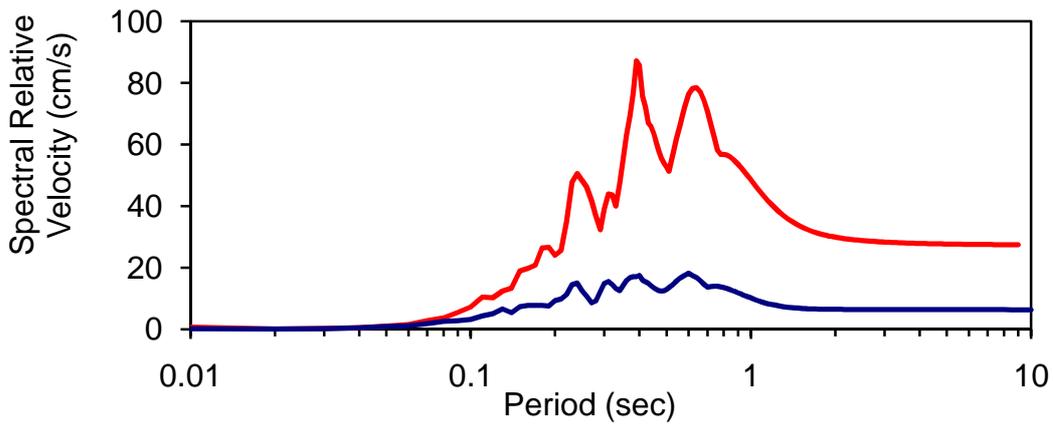
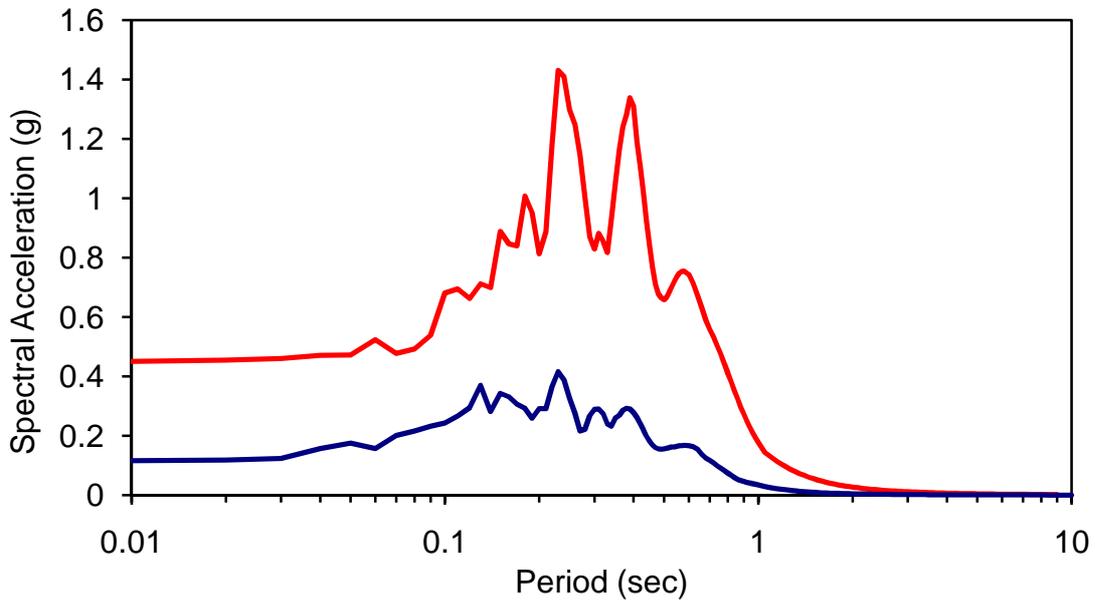


GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito AN4 “via Bologna”

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

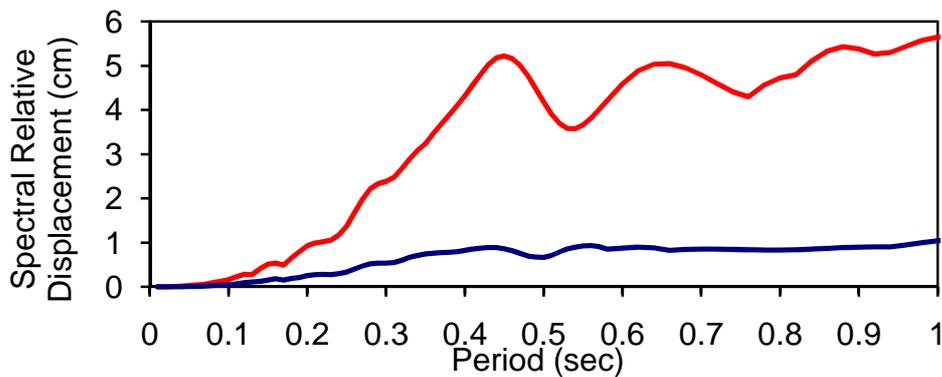
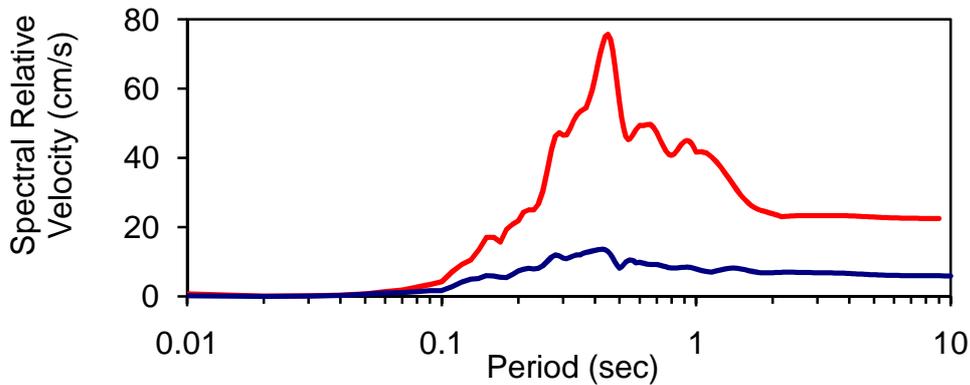
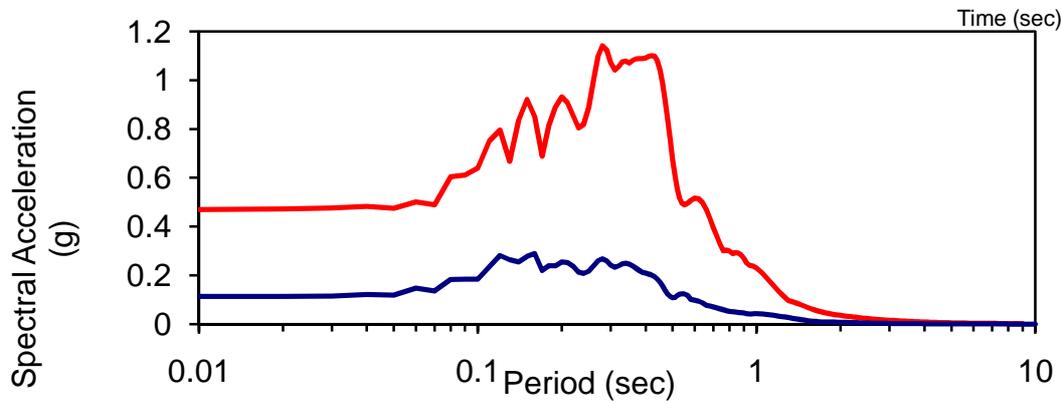
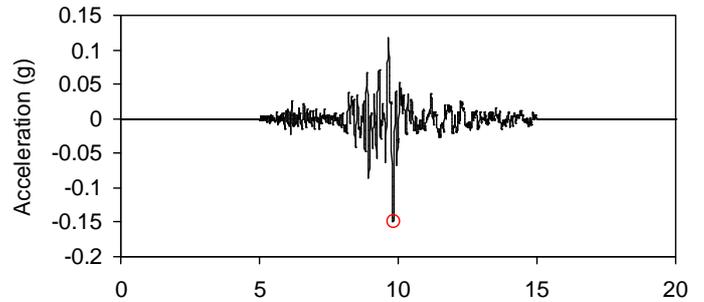
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_o < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_o < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.14	5.85	5.44





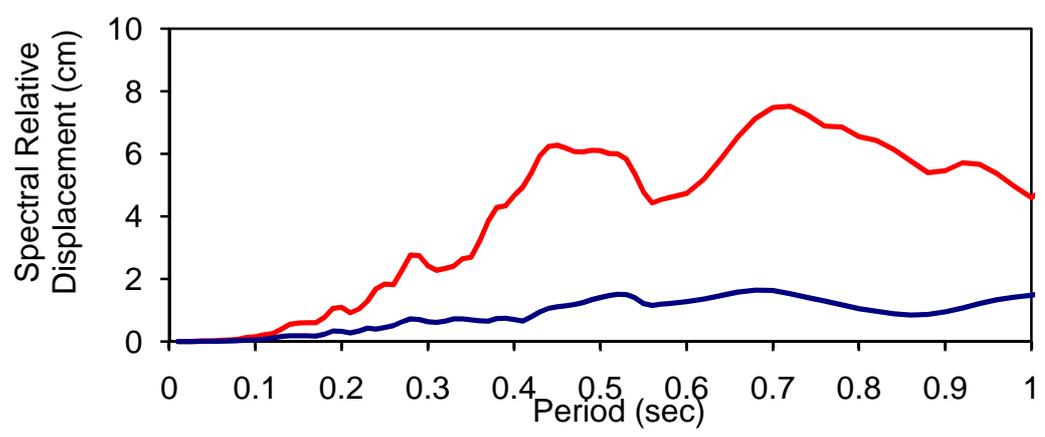
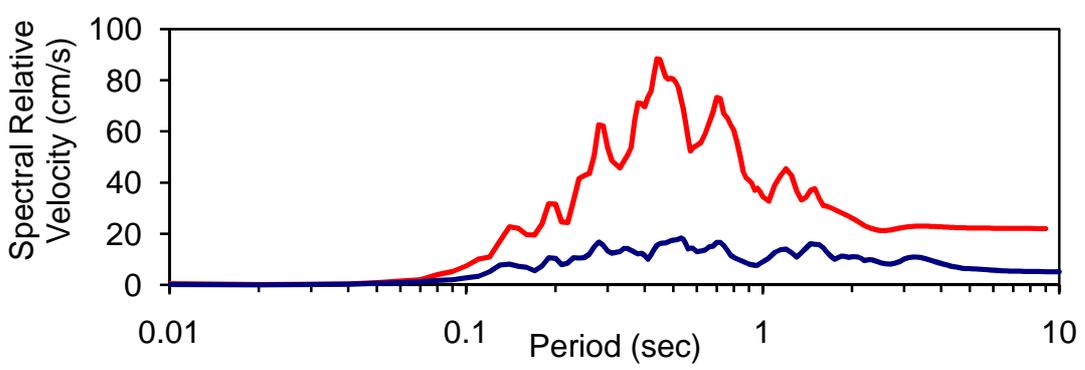
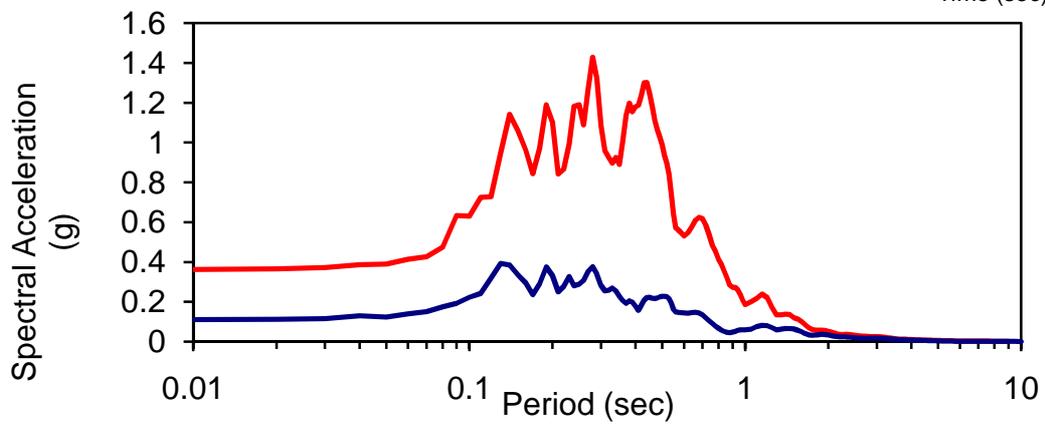
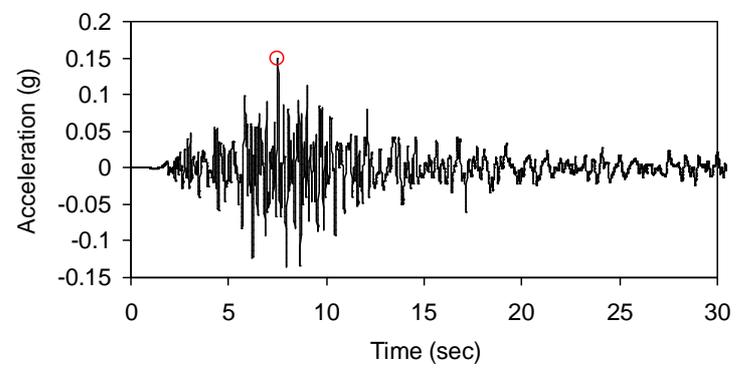
Ambito AN4 "via Bologna"

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie
 F.A. (intensità spettrale $0.1 \text{sec} < T_0 < 0.5 \text{sec}$)
 F.A. (intensità spettrale $0.5 \text{sec} < T_0 < 1.0 \text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.43	4.46	4.58



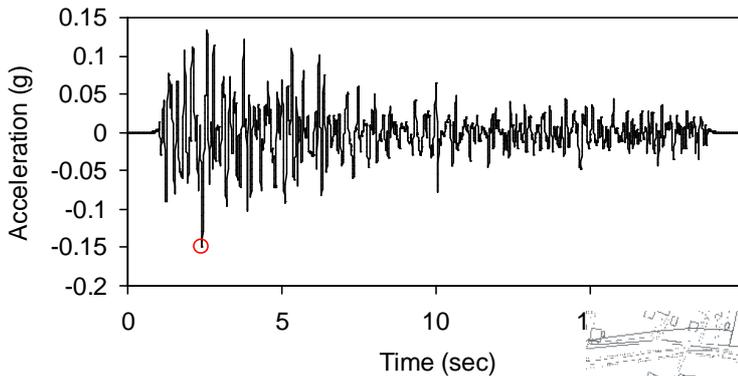


Ambito APC.t(r)1 “S.S. 12 – via Artigiani”

Dati di inserimento

Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
1	1	4,0	27,89		19,00	120		2,0	38,00
2	1	8,0	69,92		19,00	190		8,0	152,00
3	1	11,5	121,05		19,00	250		17,8	337,25
4	2	3,5	127,42		20,00	250		25,3	481,50
5	1	13,0	509,68		20,00	500		33,5	646,50
6	1	80,0	861,37		20,00	650		80,0	1576,50
7	0		1651,38	1	20,00	900	Outcrop	120,0	2376,50

1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy



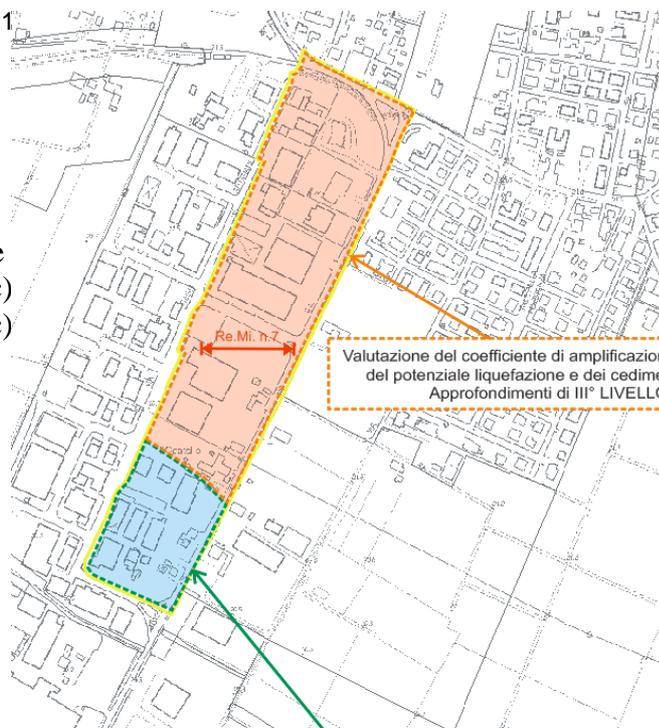
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1sec < T_0 < 0.5sec$)

F.A. (intensità spettrale $0.5sec < T_0 < 1.0sec$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.63	4.35	4.46



Valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale liquefazione e dei cedimenti attesi. Approfondimenti di III° LIVELLO

Approfondimento di II° LIVELLO per la stima del coefficiente di amplificazione litologico, Approfondimenti di III° LIVELLO per gli eventuali cedimenti

sabbiosi
limo-argillosi

Stendimento sismico Re.MI. n. 7

$$V_{s30} = \frac{30}{S h_i / v_s} = 202 \text{ m/s}$$

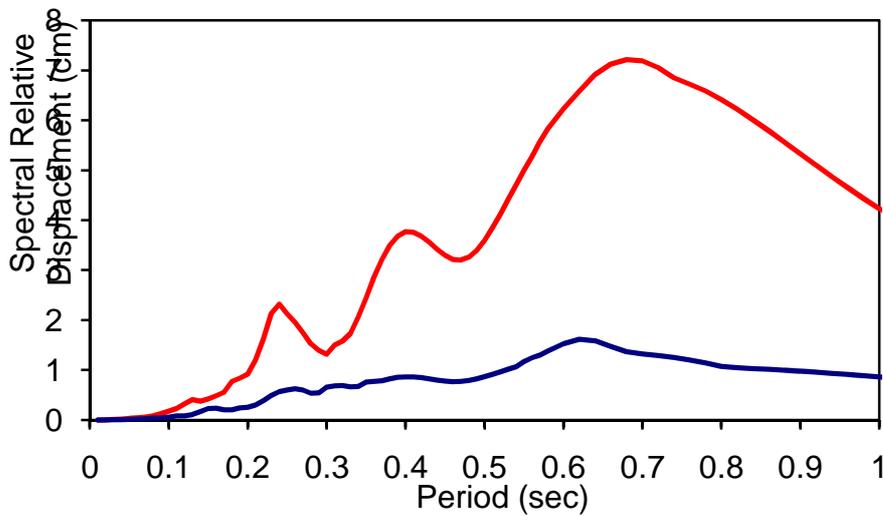
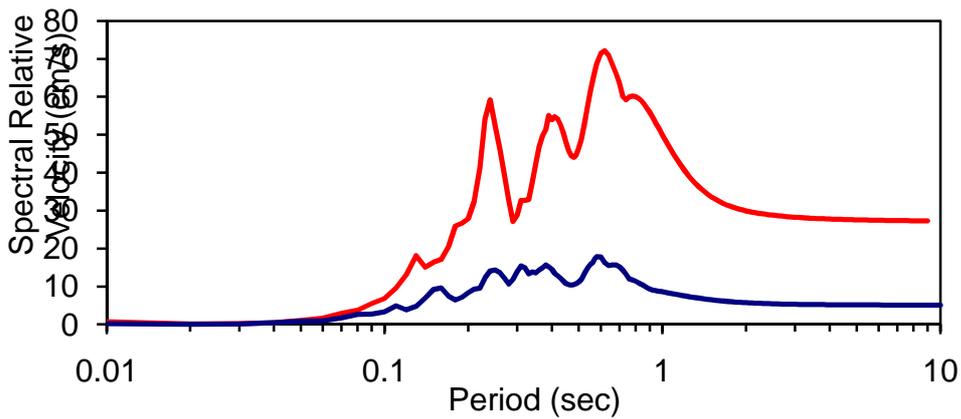
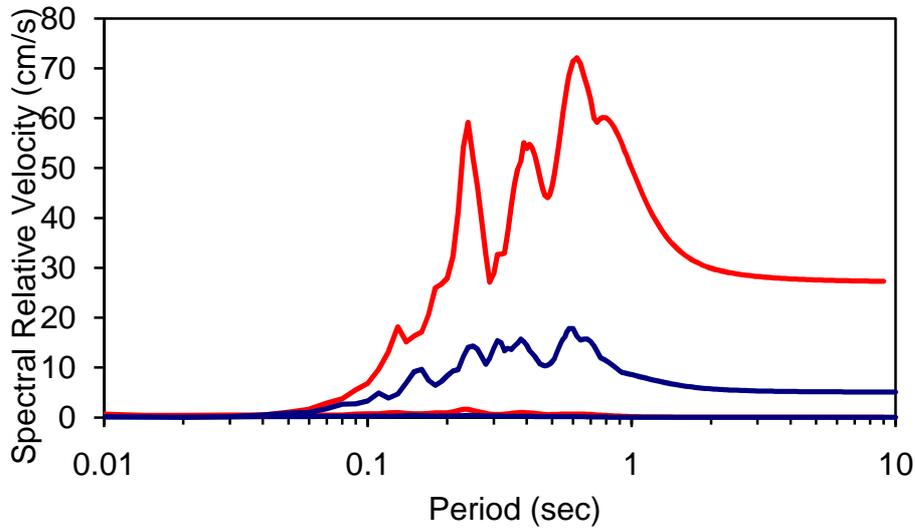


GEO GROUP s.p.a.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it





GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Ambito APC.t(r)1 “S.S. 12 – via Artigiani”

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

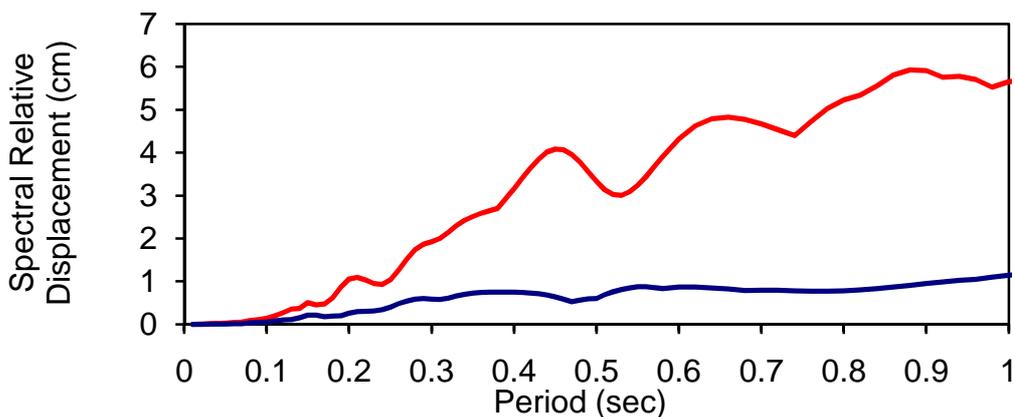
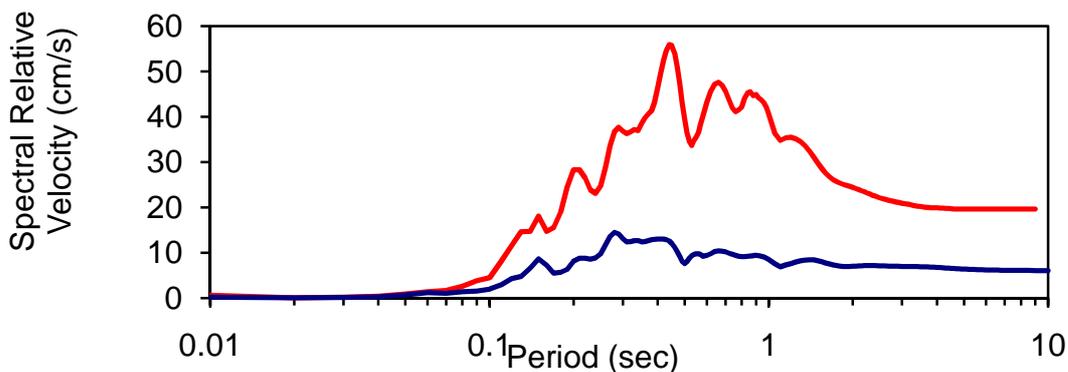
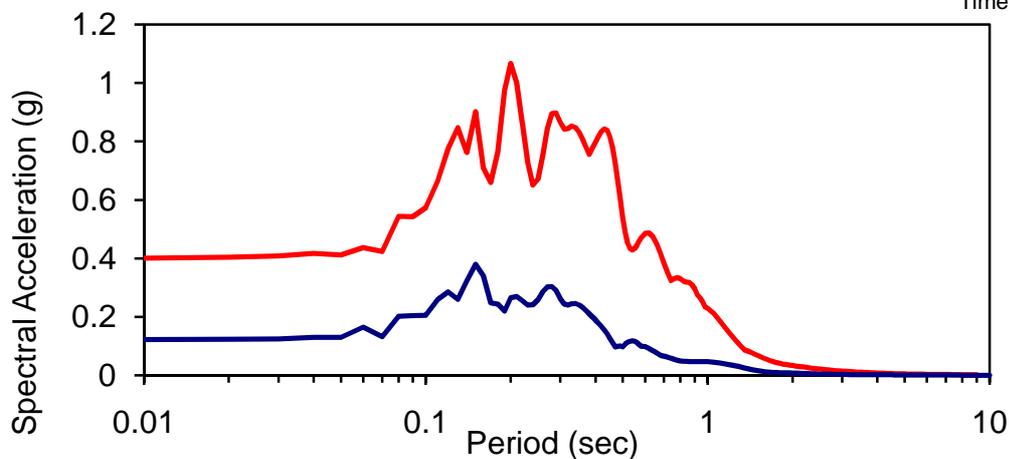
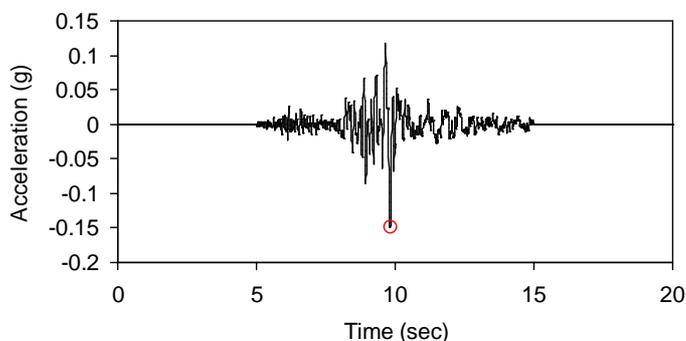
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 1.0\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.07	5.44	5.19





GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Ambito APC.t(r)1 “S.S. 12 – via Artigiani”

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

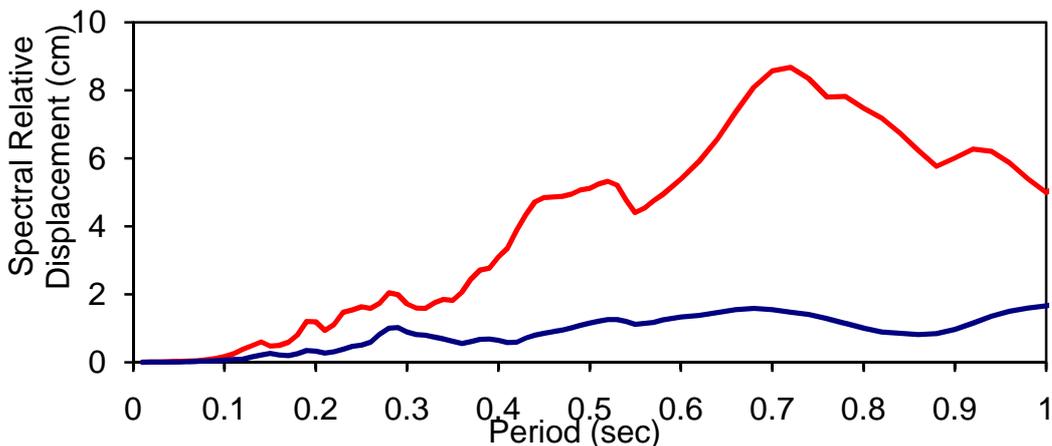
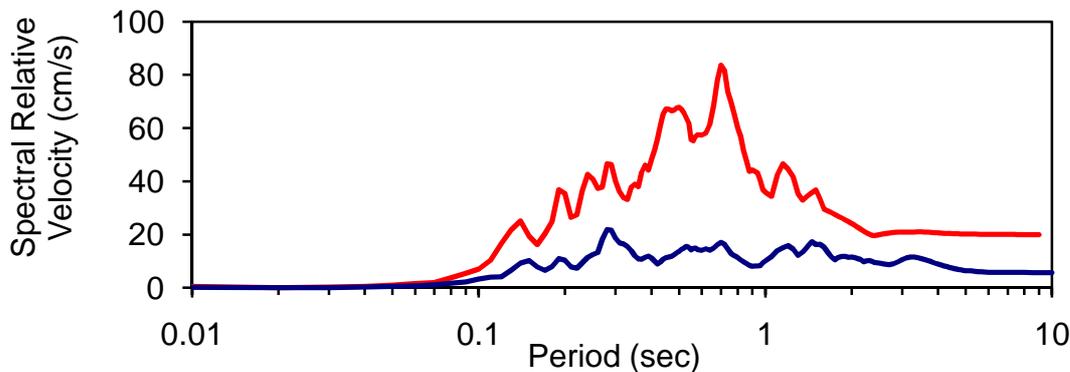
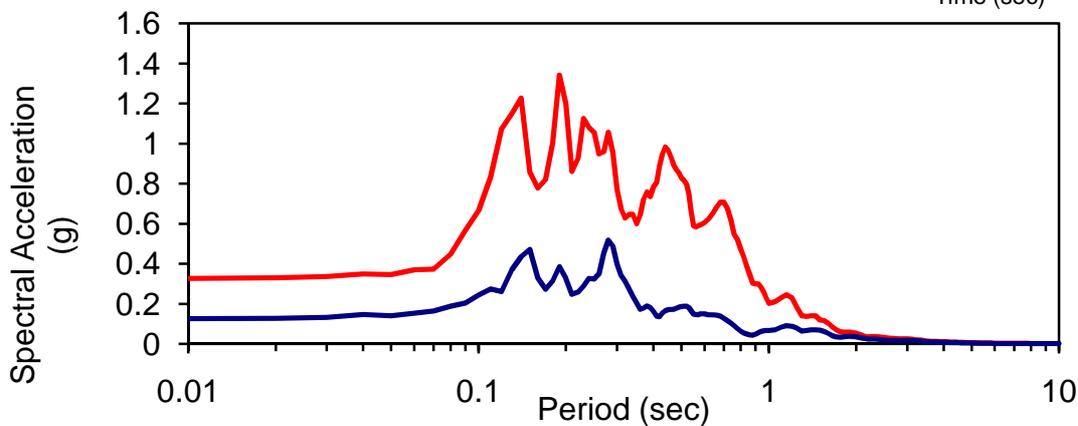
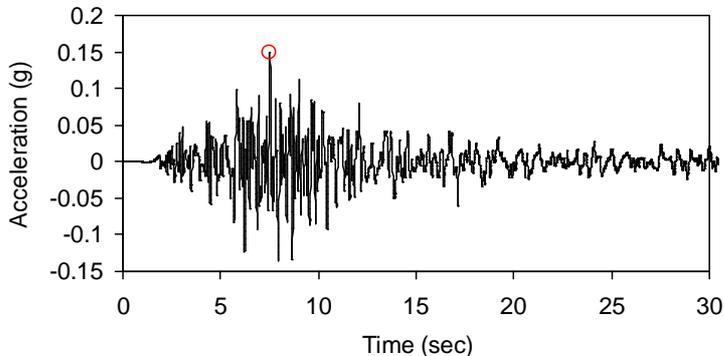
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.34	4.44	5.23



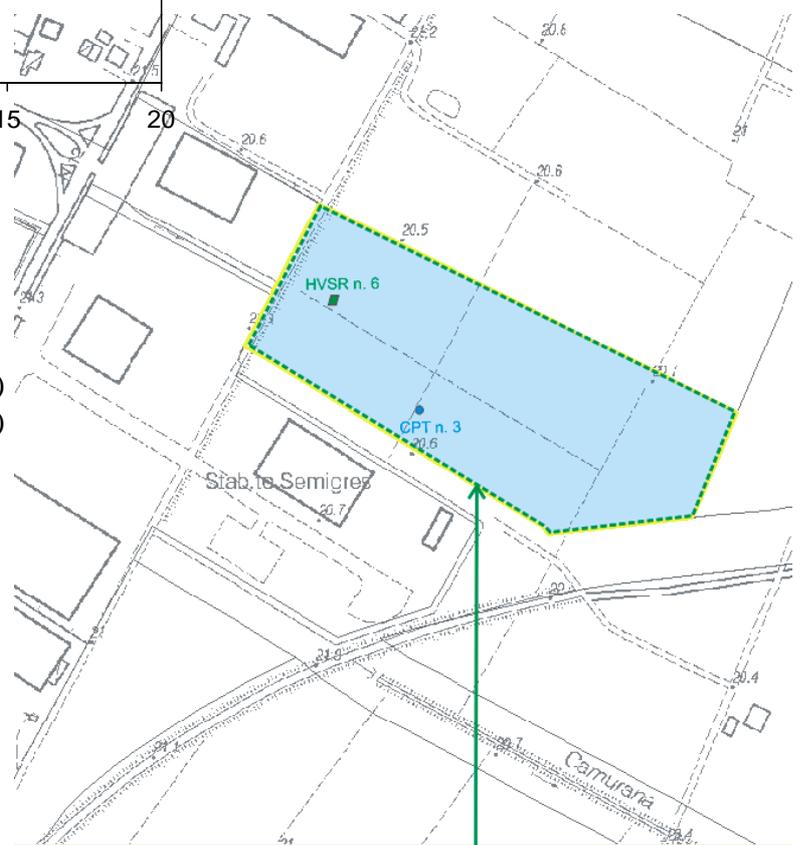
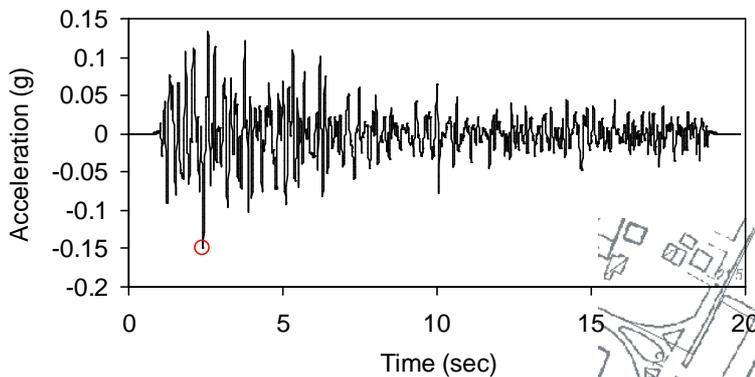


Ambito APC.i(ni)1 “via E. Montale”

Dati di inserimento

Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
1	1	4,0	27,89		19,00	120		2,0	38,00
2	1	8,0	55,97		19,00	170		8,0	152,00
3	1	7,0	102,46		19,00	230		15,5	294,50
4	1	7,0	127,42		20,00	250		22,5	431,00
5	2	9,0	509,68		20,00	500		30,5	591,00
6	1	85,0	861,37		20,00	650		77,5	1531,00
7	0		1651,38	1	20,00	900	Outcrop	120,0	2381,00

1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy



FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1sec < T_0 < 0.5sec$)

F.A. (intensità spettrale $0.5sec < T_0 < 1.0sec$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.60	4.57	4.83

siti alluvionali sabbiosi
siti alluvionali limo-argillosi

Approfondimento di II° LIVELLO per la stima del coefficiente di amplificazione litologica, Approfondimenti di III° LIVELLO per gli eventuali cedimenti

V:



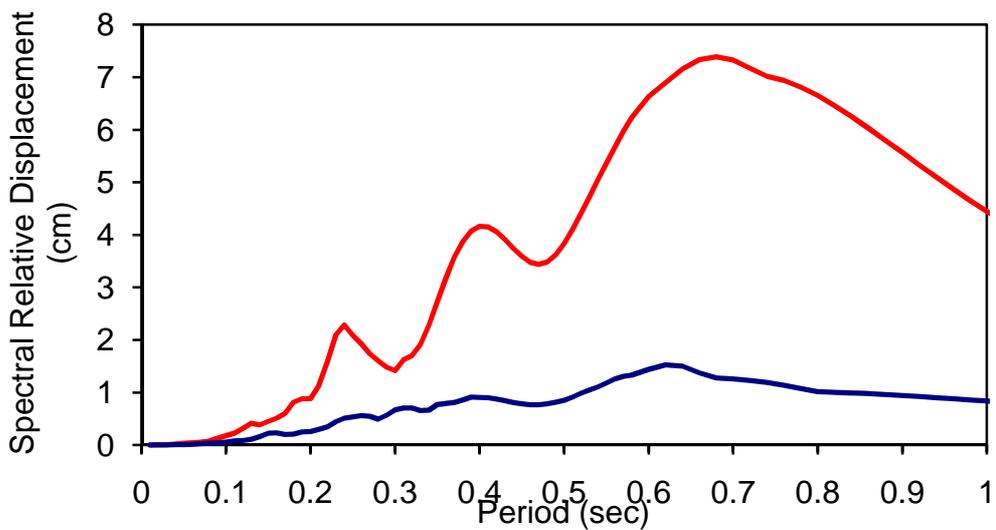
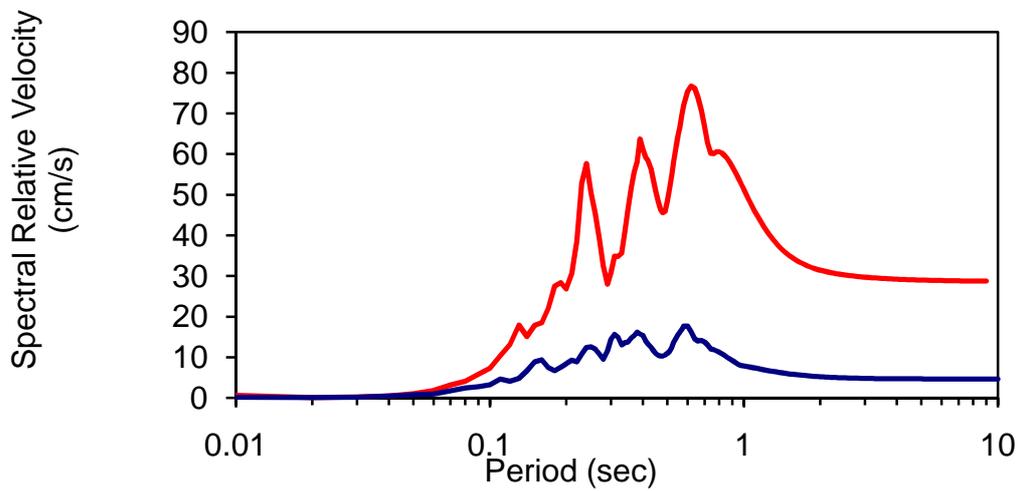
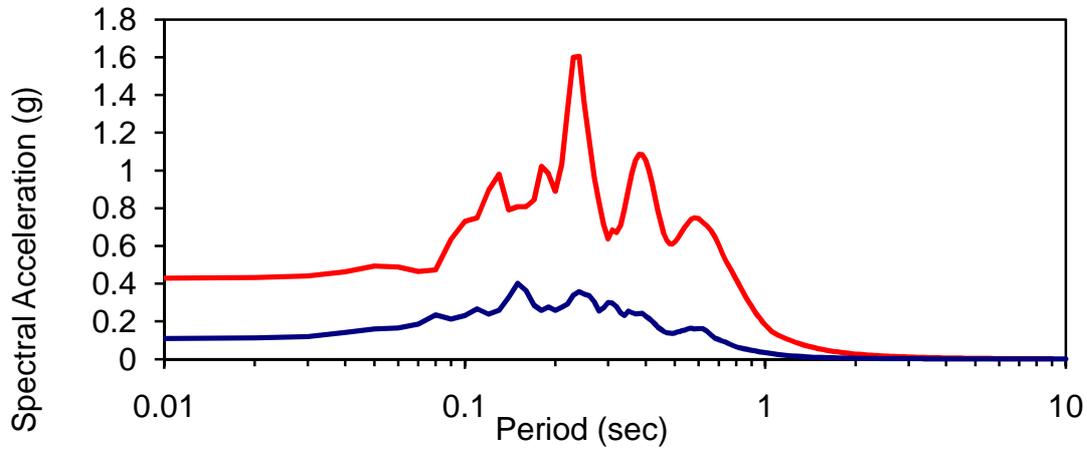
GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito APC.i(ni)1 "via E. Montale"





GEO GROUP s.p.a.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito APC.i(ni)1 “via E. Montale”

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

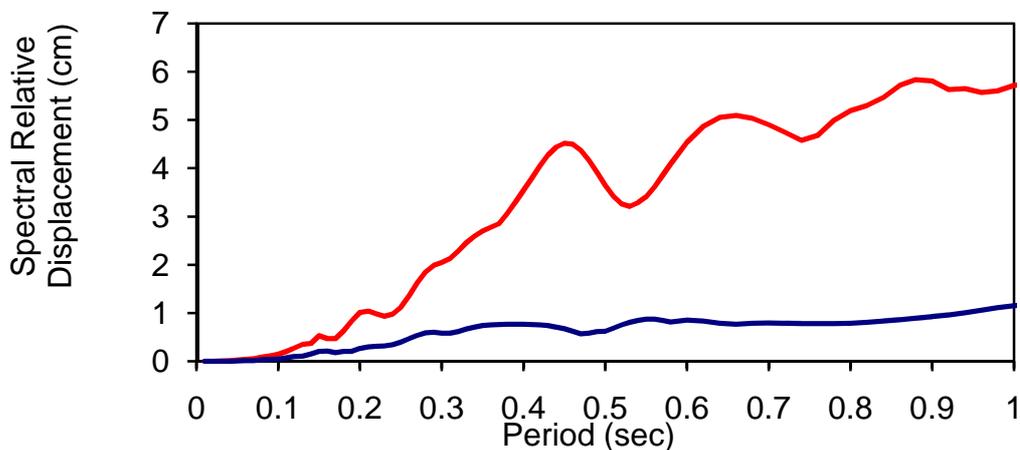
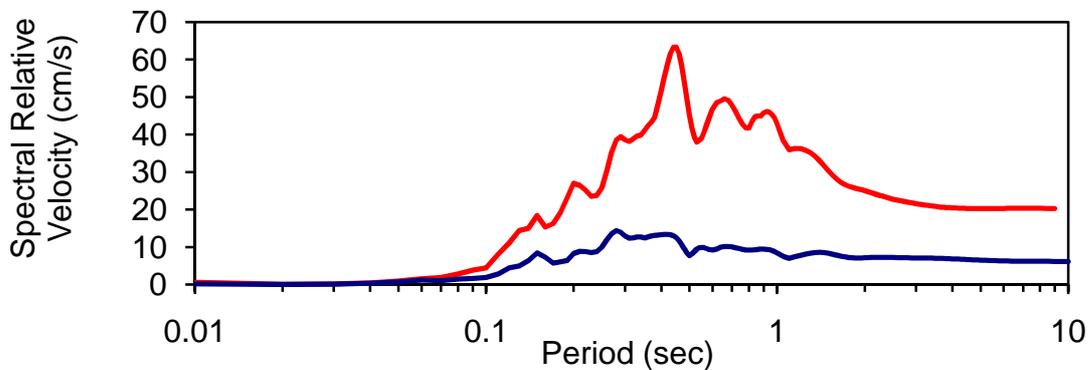
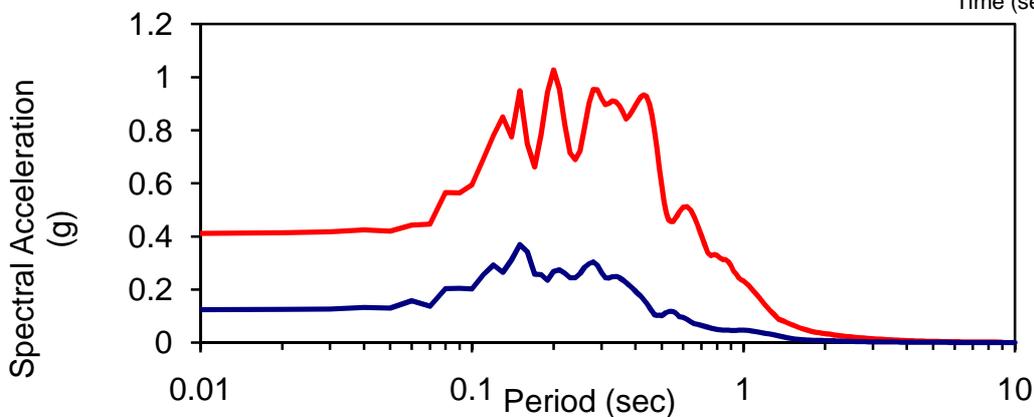
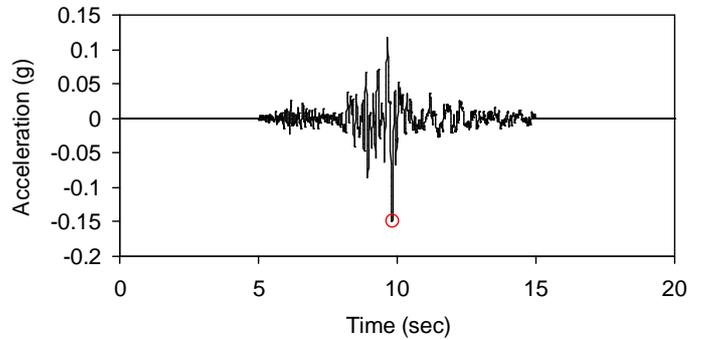
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.03	5.89	5.05





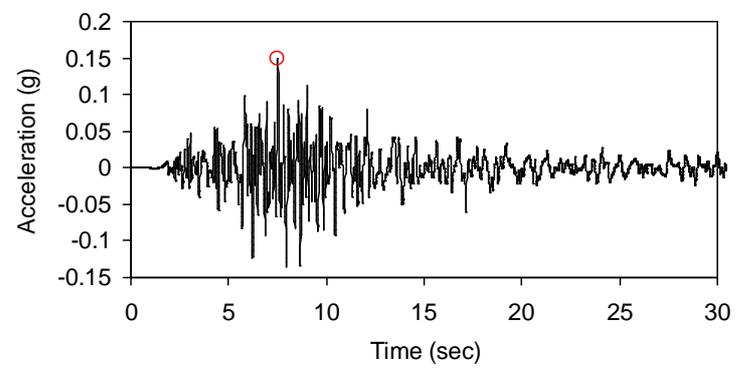
GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

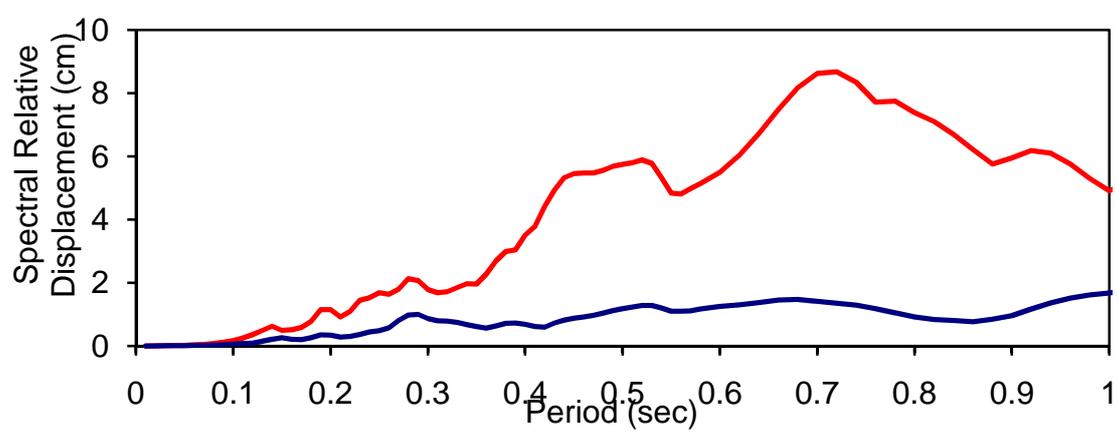
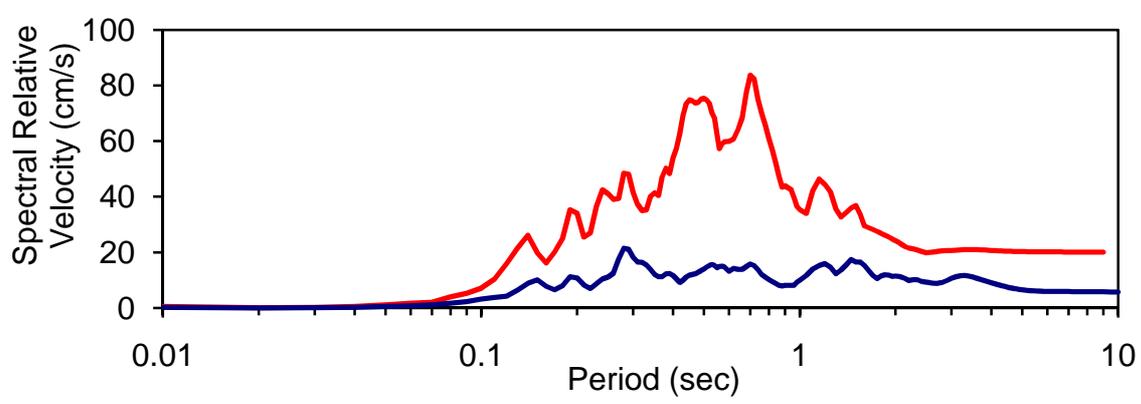
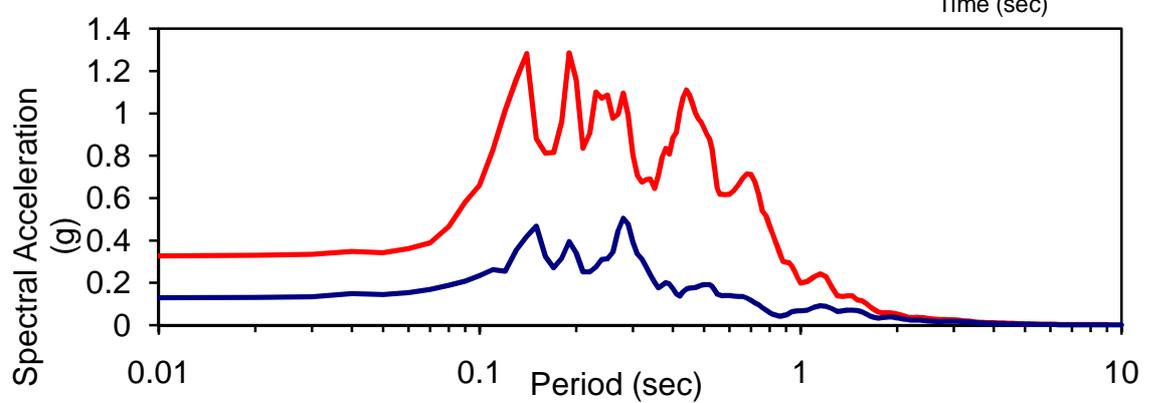
Ambito APC.i(ni)1 “via E. Montale”

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:
 PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie
 F.A. (intensità spettrale $0.1 \text{sec} < T_0 < 0.5 \text{sec}$)
 F.A. (intensità spettrale $0.5 \text{sec} < T_0 < 1.0 \text{sec}$)



PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.29	4.88	5.19



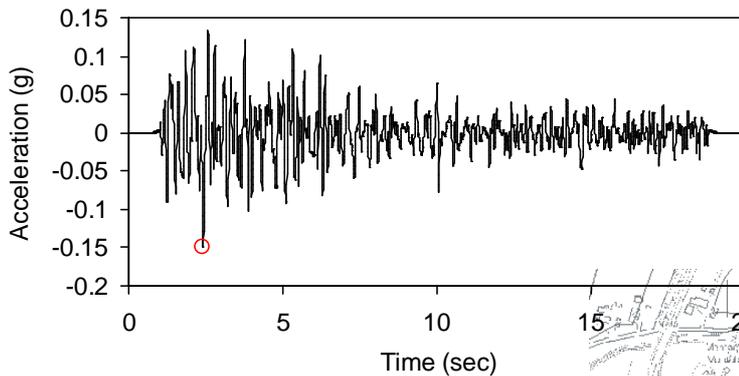


Ambito APC.i(ni)2 “via Montalbano”

Dati di inserimento

Layer Number	Soil Material Type	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
1	1	4,0	23,44		19,00	110		2,0	38,00
2	1	8,0	69,92		19,00	190		8,0	152,00
3	1	7,0	93,74		19,00	220		15,5	294,50
4	2	7,0	249,75		20,00	350		22,5	431,00
5	1	9,0	509,68		20,00	500		30,5	591,00
6	1	85,0	861,37		20,00	650		77,5	1531,00
7	0		1651,38	1	20,00	900	Outcrop	120,0	2381,00

1) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy



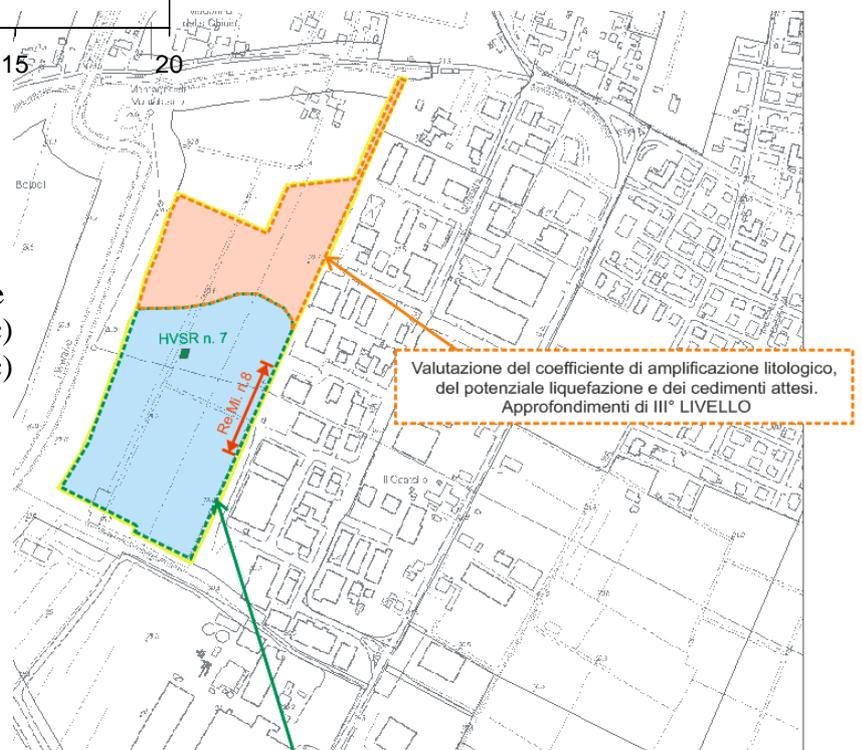
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1sec < T_0 < 0.5sec$)

F.A. (intensità spettrale $0.5sec < T_0 < 0.1sec$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.52	4.67	4.72



Approfondimento di II° LIVELLO per la stima del coefficiente di amplificazione litologico, Approfondimenti di III° LIVELLO per gli eventuali cedimenti

Stendimento sismico Re.Mi. n. 8

$$V_{s30} = \frac{30}{S_h/v_s} = 207 \text{ m/s}$$



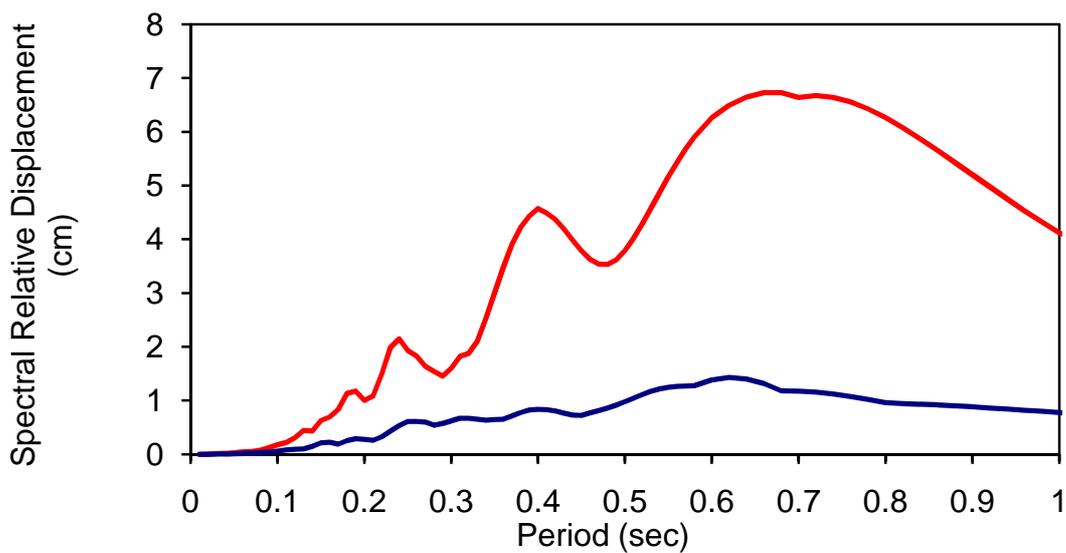
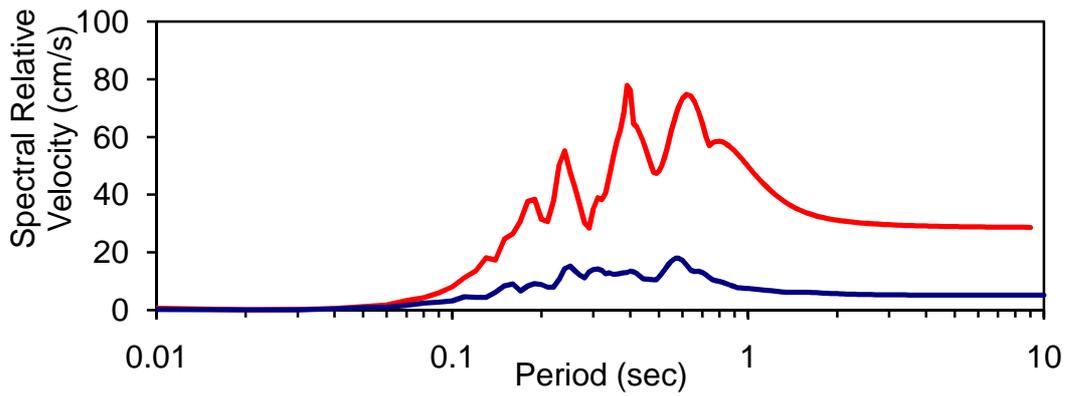
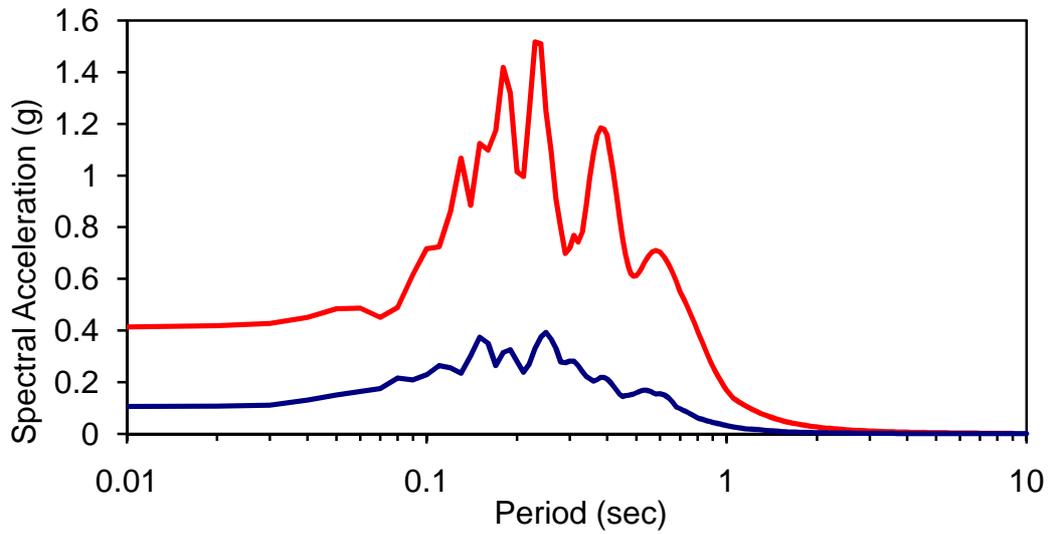
GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito APC.i(ni)2 “via Montalbano”





GEO GROUP S.p.A.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 - E-mail: geo.group@libero.it

Ambito APC.i(ni)2 “via Montalbano”

2) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

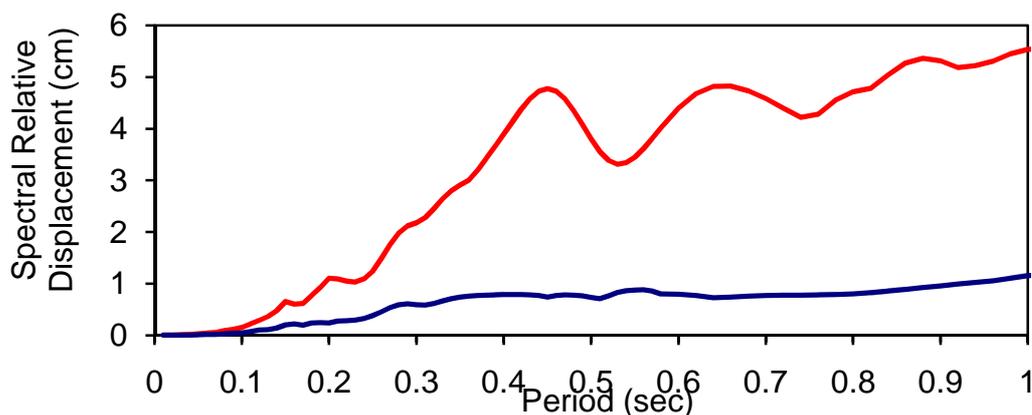
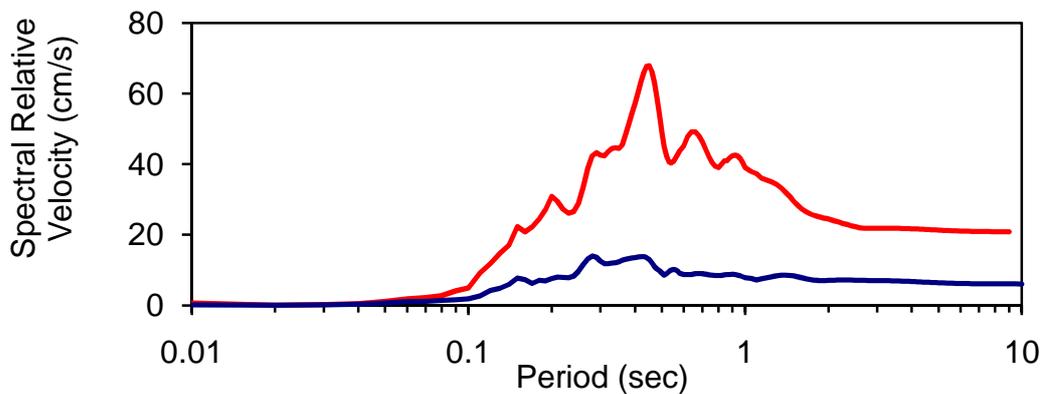
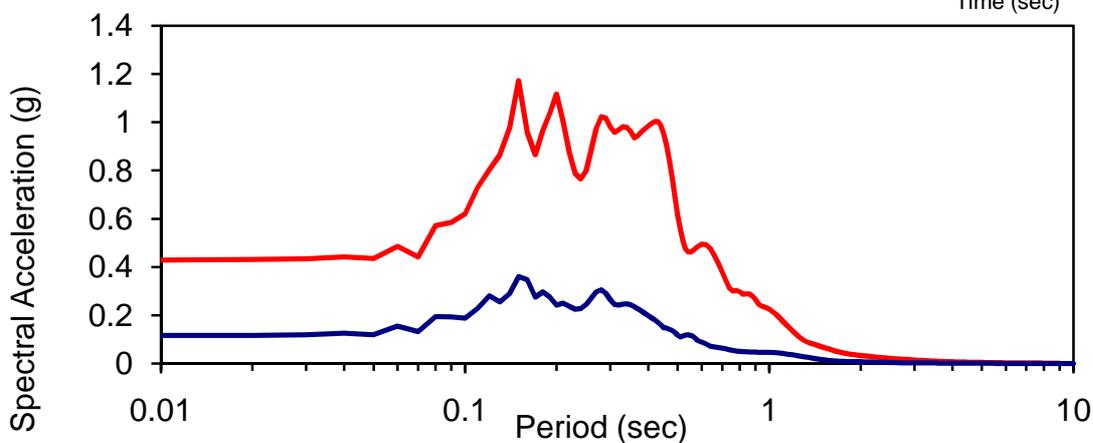
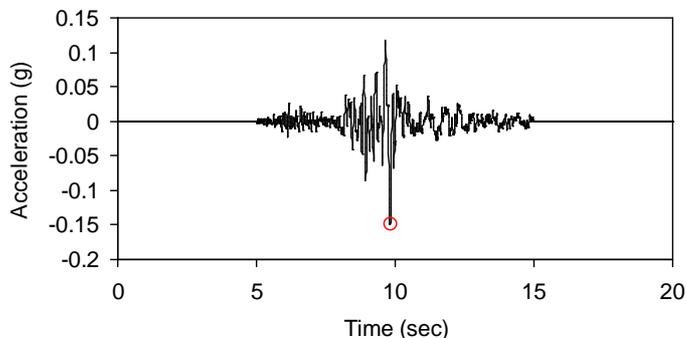
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 0.1\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.17	6.05	4.81





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Ambito APC.i(ni)2 “via Montalbano”

3) segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelero metrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

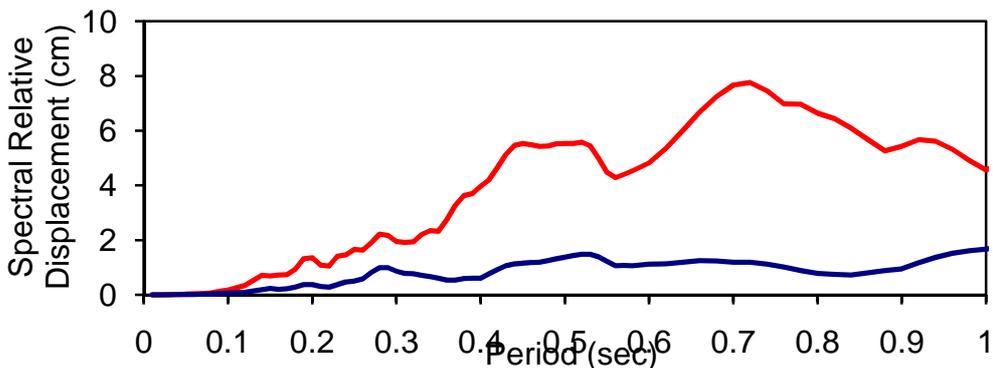
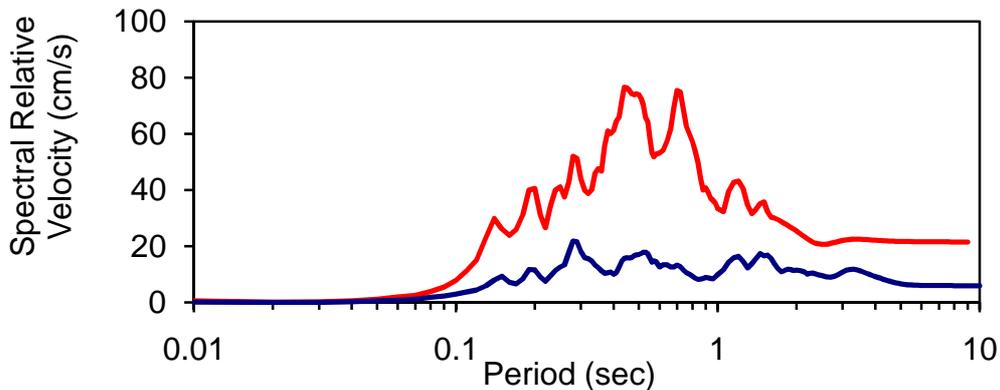
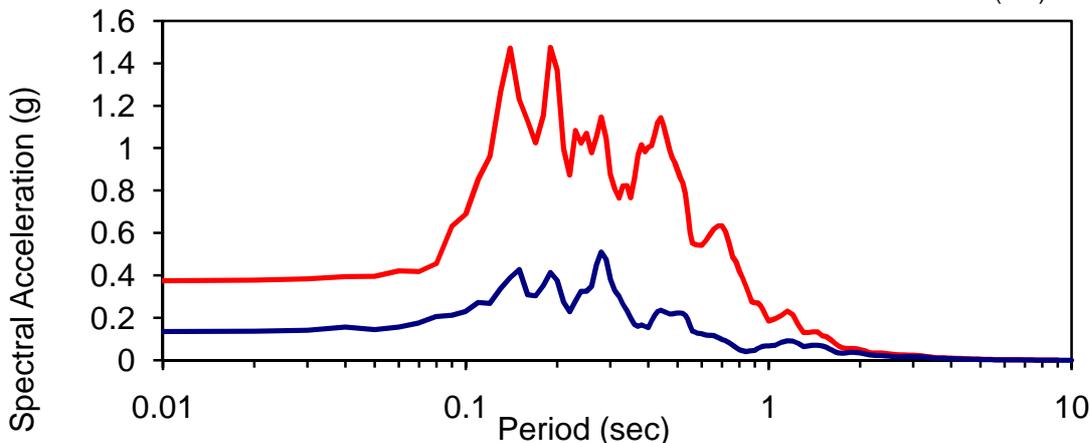
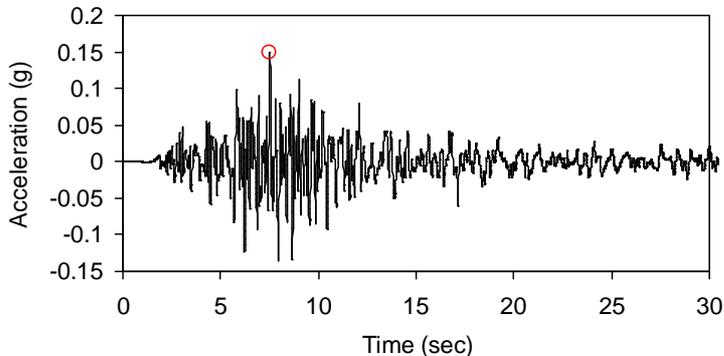
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

F.A. (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)

F.A. (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 1.0\text{sec}$)

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.47	4.01	4.65



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N°7

SCHEDE DEGLI AMBITI

Comune di Medolla Provincia di Modena

SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI

ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	AR1 "Ex-Covalpa"		
	Ambito residenziale da riqualificare		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 20 m s.l.m. Area sulla quale attualmente insistono fabbricati industriali, situata all'interno del centro abitato del capoluogo.		
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.		
Litostratigrafia	Depositati alluvionali composti in prevalenza da limi-argille alternati a livelli di sabbia da fine a grossolana.		
Substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m		
Idrogeologia	alternanza di terreni coesivi e di livelli prevalentemente sabbiosi contenenti livelli acquiferi		
Fattore di amplificazione topografica	T1=1		
categoria sismica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	195 m/s		
<i>F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento</i>			
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5		
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8		
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5		
Classificazione sismica R.E.R. del territorio comunale	O.P.C.M 3274/2003 - Zona 3 - ag= 0.15g -		
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149g		
a max (superficie)	0.219g		
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
<i>F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento</i>			
<i>Terremoto di riferimento 036021Medolla</i>	<i>046xa</i>	<i>0126xa</i>	<i>0354xa</i>
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.22	2.20	2.96
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	0.89	2.29	2.91
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	1.28	2.50	3.22
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
<p>Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio geologico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafico, litologico e geotecnico di dettaglio dell'area di intervento ai sensi della normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'individuazione di orizzonti a bassa resistenza compressibili nella area di influenza del bulbo di pressione dei futuri fabbricati, oltre che l'individuazione di orizzonti sensibili al fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche.</p> <p>Le strutture di fondazione degli edifici dovranno essere impostate su terreni con caratteristiche omogenee, al di sotto del terreno vegetale alterato, al fine di evitare assestamenti differenziali o di amplificazione in fase di terremoto al contatto con terreni a diversa risposta sismica</p> <p>Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque superficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.</p>			

Comune di Medolla Provincia di Modena

SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI

ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	AR2 "Bivio"		
	Ambito residenziale da riqualificare		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 20 m s.l.m. Area sulla quale attualmente insistono fabbricati residenziali e rurali, situata a nord-ovest del centro abitato del capoluogo.		
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.		
Litostratigrafia	Depositati alluvionali composti in prevalenza da limi-argille alternate a livelli di sabbia da fine a grossolana.		
Substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m		
Idrogeologia	alternanza di terreni coesivi e di livelli prevalentemente sabbiosi contenenti livelli acquiferi		
Fattore di amplificazione topografica	T1=1		
categoria sismica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	206 m/s		
<i>F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento</i>			
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5		
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8		
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5		
Classificazione sismica R.E.R. del territorio comunale	O.P.C.M 3274/2003 - Zona 3 - ag= 0.15g -		
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149g		
a max (superficie)	0.219g		
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
<i>F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento</i>			
<i>Terremoto di riferimento 036021Medolla</i>	<i>046xa</i>	<i>0126xa</i>	<i>0354xa</i>
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.57	3.50	2.17
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.12	4.84	4.39
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	1.46	3.47	4.10
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
<p>Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio geologico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafico, litologico e geotecnico di dettaglio dell'area di intervento ai sensi della normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'individuazione di orizzonti a bassa resistenza compressibili nella area di influenza del bulbo di pressione dei futuri fabbricati, oltre che l'individuazione di orizzonti sensibili al fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche.</p> <p>Le strutture di fondazione degli edifici dovranno essere impostate su terreni con caratteristiche omogenee, al di sotto del terreno vegetale alterato, al fine di evitare assestamenti differenziali o di amplificazione in fase di terremoto al contatto con terreni a diversa risposta sismica.</p> <p>Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque superficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.</p>			

Comune di Medolla Provincia di Modena
SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI

ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	AN1 "Via S. Matteo - via Romana nord A"		
	Ambito residenziale di nuovo insediamento		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 20-21 m s.l.m. Area attualmente non edificata, area agricola situata a sud-est del centro abitato del capoluogo.		
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.		
Litostratigrafia	Depositati alluvionali composti in prevalenza da limi-argille alternate a livelli di sabbia da fine a grossolana.		
Substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m		
Idrogeologia	alternanza di terreni coesivi e di livelli prevalentemente sabbiosi contenenti livelli acquiferi		
Fattore di amplificazione topografica	T1=1		
categoria sismica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	214 m/s		
<i>F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento</i>			
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5		
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8		
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5		
Classificazione sismica R.E.R. del territorio comunale	O.P.C.M 3274/2003 - Zona 3 - ag= 0.15g -		
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149g		
a max (superficie)	0.219g		
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
<i>F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento</i>			
<i>Terremoto di riferimento 036021Medolla</i>	<i>046xa</i>	<i>0126xa</i>	<i>0354xa</i>
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.56	5.35	6.05
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.44	3.25	2.27
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	1.25	2.94	2.06
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
<p>Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio geologico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafico, litologico e geotecnico di dettaglio dell'area di intervento ai sensi della normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'individuazione di orizzonti a bassa resistenza compressibili nella area di influenza del bulbo di pressione dei futuri fabbricati, oltre che l'individuazione di orizzonti sensibili al fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche.</p> <p>Le strutture di fondazione degli edifici dovranno essere impostate su terreni con caratteristiche omogenee, al di sotto del terreno vegetale alterato, al fine di evitare assestamenti differenziali o di amplificazione in fase di terremoto al contatto con terreni a diversa risposta sismica.</p> <p>Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque superficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.</p>			

Comune di Medolla Provincia di Modena

SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI

ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	AN2 "Via S. Matteo - via Romana nord B"		
	Ambito residenziale di nuovo insediamento		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 20-21 m s.l.m. Area attualmente non edificata, area agricola situata a sud-est del centro abitato del capoluogo.		
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.		
Litostratigrafia	Depositati alluvionali composti in prevalenza da limi-argille alternate a livelli di sabbia da fine a grossolana.		
Substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m		
Idrogeologia	alternanza di terreni coesivi e di livelli prevalentemente sabbiosi contenenti livelli acquiferi		
Fattore di amplificazione topografica	T1=1		
categoria sismica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	200 m/s		
<i>F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento</i>			
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5		
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8		
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5		
Classificazione sismica R.E.R. del territorio comunale	O.P.C.M 3274/2003 - Zona 3 - ag= 0.15g -		
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149g		
a max (superficie)	0.219g		
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
<i>F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento</i>			
<i>Terremoto di riferimento 036021Medolla</i>	<i>046xa</i>	<i>0126xa</i>	<i>0354xa</i>
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.45	2.30	2.65
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.0	2.33	2.02
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	1.20	2.46	2.76
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
<p>Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio geologico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafico, litologico e geotecnico di dettaglio dell'area di intervento ai sensi della normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'individuazione di orizzonti a bassa resistenza compressibili nella area di influenza del bulbo di pressione dei futuri fabbricati, oltre che l'individuazione di orizzonti sensibili al fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche.</p> <p>Le strutture di fondazione degli edifici dovranno essere impostate su terreni con caratteristiche omogenee, al di sotto del terreno vegetale alterato, al fine di evitare assestamenti differenziali o di amplificazione in fase di terremoto al contatto con terreni a diversa risposta sismica.</p> <p>Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque superficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.</p>			

Comune di Medolla Provincia di Modena
SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI
ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	AN3 "Via S. Matteo - via Romana sud"		
	Ambito residenziale di nuovo insediamento		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 20-21 m s.l.m. Area attualmente non edificata, area agricola situata a sud-est del centro abitato del capoluogo.		
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.		
Litostratigrafia	Depositati alluvionali composti in prevalenza da limi-argillosi alternati a livelli di sabbia da fine a grossolana.		
Substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m		
Idrogeologia	alternanza di terreni coesivi e di livelli prevalentemente sabbiosi contenenti livelli acquiferi		
Fattore di amplificazione topografica	T1=1		
categoria sismica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	223 m/s		
<i>F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento</i>			
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5		
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8		
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5		
Classificazione sismica R.E.R. del territorio comunale	O.P.C.M 3274/2003 - Zona 3 - ag= 0.15g -		
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.15g		
a max (superficie)	0.22g		
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
<i>F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento</i>			
<i>Terremoto di riferimento 036021Medolla</i>	<i>046xa</i>	<i>0126xa</i>	<i>0354xa</i>
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.65	4.16	4.28
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.12	3.77	4.22
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	1.50	2.81	4.02
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
<p>Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio geologico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafico, litologico e geotecnico di dettaglio dell'area di intervento ai sensi della normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'individuazione di orizzonti a bassa resistenza compressibili nella area di influenza del bulbo di pressione dei futuri fabbricati, oltre che l'individuazione di orizzonti sensibili al fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche.</p> <p>Le strutture di fondazione degli edifici dovranno essere impostate su terreni con caratteristiche omogenee, al di sotto del terreno vegetale alterato, al fine di evitare assestamenti differenziali o di amplificazione in fase di terremoto al contatto con terreni a diversa risposta sismica.</p> <p>Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque superficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.</p>			

Comune di Medolla Provincia di Modena
SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI
ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	AN4 "Via Bologna"		
	Ambito residenziale di nuovo insediamento		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 20-21 m s.l.m. Area attualmente non edificata, area agricola situata a nord-ovest del centro storico del capoluogo.		
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.		
Litostratigrafia	Depositati alluvionali composti in prevalenza da limi-argillosi alternati a livelli di sabbia da fine a grossolana.		
Substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m		
Idrogeologia	alternanza di terreni coesivi e di livelli prevalentemente sabbiosi contenenti livelli acquiferi		
Fattore di amplificazione topografica	T1=1		
categoria sismica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	207 m/s		
<i>F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento</i>			
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5		
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8		
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5		
Classificazione sismica R.E.R. del territorio comunale	O.P.C.M 3274/2003 - Zona 3 - ag= 0.15g -		
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149g		
a max (superficie)	0.219g		
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
<i>F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento</i>			
<i>Terremoto di riferimento 036021Medolla</i>	<i>046xa</i>	<i>0126xa</i>	<i>0354xa</i>
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.43	4.71	4.35
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.14	5.85	5.44
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	1.43	4.46	4.58
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
<p>Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio geologico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafico, litologico e geotecnico di dettaglio dell'area di intervento ai sensi della normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'individuazione di orizzonti a bassa resistenza compressibili nella area di influenza del bulbo di pressione dei futuri fabbricati, oltre che l'individuazione di orizzonti sensibili al fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche.</p> <p>Le strutture di fondazione degli edifici dovranno essere impostate su terreni con caratteristiche omogenee, al di sotto del terreno vegetale alterato, al fine di evitare assestamenti differenziali o di amplificazione in fase di terremoto al contatto con terreni a diversa risposta sismica.</p> <p>Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque superficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.</p>			

Comune di Medolla Provincia di Modena
SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI
ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	APC.t(r)1 "S.S. 12 via Artigiani"		
	Ambiti terziari da riqualificare		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 20 m s.l.m. Area attualmente completamente edificata da edifici prevalentemente industriali e terziario situata ad ovest del centro abitato del capoluogo.		
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.		
Litostratigrafia	Depositati alluvionali composti in prevalenza da limi-argille alternate a livelli di sabbia da fine a grossolana.		
Substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m		
Idrogeologia	alternanza di terreni coesivi e di livelli prevalentemente sabbiosi contenenti livelli acquiferi		
Fattore di amplificazione topografica	T1=1		
categoria sismica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	202 m/s		
<i>F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento</i>			
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5		
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8		
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5		
Classificazione sismica R.E.R. del territorio comunale	O.P.C.M 3274/2003 - Zona 3 - ag= 0.15g -		
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.15g		
a max (superficie)	0.22g		
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
<i>F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento</i>			
<i>Terremoto di riferimento 036021Medolla</i>	<i>046xa</i>	<i>0126xa</i>	<i>0354xa</i>
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.63	4.35	4.46
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.07	5.44	5.19
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	1.34	4.44	5.23
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
<p>Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio geologico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafico, litologico e geotecnico di dettaglio dell'area di intervento ai sensi della normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'individuazione di orizzonti a bassa resistenza compressibili nella area di influenza del bulbo di pressione dei futuri fabbricati, oltre che l'individuazione di orizzonti sensibili al fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche.</p> <p>Le strutture di fondazione degli edifici dovranno essere impostate su terreni con caratteristiche omogenee, al di sotto del terreno vegetale alterato, al fine di evitare assestamenti differenziali o di amplificazione in fase di terremoto al contatto con terreni a diversa risposta sismica.</p> <p>Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque superficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.</p>			

Comune di Medolla Provincia di Modena

SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI

ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	APC.i(ni)1 "via E. Montale"		
	Ambiti produttivi di nuovo insediamento		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 20.5 m s.l.m. Area non edificata, area agricola situata a sud del centro abitato del capoluogo.		
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.		
Litostratigrafia	Depositati alluvionali composti in prevalenza da limi-argille alternate a livelli di sabbia da fine a grossolana.		
Substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m		
Idrogeologia	alternanza di terreni coesivi e di livelli prevalentemente sabbiosi contenenti livelli acquiferi		
Fattore di amplificazione topografica	T1=1		
categoria sismica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	202 m/s		
<i>F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento</i>			
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5		
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8		
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5		
Classificazione sismica R.E.R. del territorio comunale	O.P.C.M 3274/2003 - Zona 3 - ag= 0.15g -		
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.15g		
a max (superficie)	0.22g		
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
<i>F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento</i>			
<i>Terremoto di riferimento 036021Medolla</i>	<i>046xa</i>	<i>0126xa</i>	<i>0354xa</i>
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.60	4.57	4.83
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.03	5.89	5.05
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	1.29	4.88	5.19
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
<p>Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio geologico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafico, litologico e geotecnico di dettaglio dell'area di intervento ai sensi della normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'individuazione di orizzonti a bassa resistenza compressibili nella area di influenza del bulbo di pressione dei futuri fabbricati, oltre che l'individuazione di orizzonti sensibili al fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche.</p> <p>Le strutture di fondazione degli edifici dovranno essere impostate su terreni con caratteristiche omogenee, al di sotto del terreno vegetale alterato, al fine di evitare assestamenti differenziali o di amplificazione in fase di terremoto al contatto con terreni a diversa risposta sismica.</p> <p>Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque superficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.</p>			

Comune di Medolla Provincia di Modena
SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI
ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	APC.i(ni)2 "via Montalbano"		
	Ambiti produttivi di nuovo insediamento		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 20-21 m s.l.m. Area non edificata, area agricola situata ad ovest del centro abitato del capoluogo.		
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.		
Litostratigrafia	Depositati alluvionali composti in prevalenza da limi-argille alternate a livelli di sabbia da fine a grossolana.		
Substrato	argilloso marino profondo a prof.>100 m		
Idrogeologia	alternanza di terreni coesivi e di livelli prevalentemente sabbiosi contenenti livelli acquiferi		
Fattore di amplificazione topografica	T1=1		
categoria sismica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	207 m/s		
<i>F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento</i>			
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.5		
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.8		
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	2.5		
Classificazione sismica R.E.R. del territorio comunale	O.P.C.M 3274/2003 - Zona 3 - ag= 0.15g -		
Ago accelerazione max orizzontale di picco	0.149g		
a max (superficie)	0.219g		
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
<i>F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento</i>			
<i>Terremoto di riferimento 036021Medolla</i>	<i>046xa</i>	<i>0126xa</i>	<i>0354xa</i>
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.52	4.67	4.72
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	1.17	6.05	4.81
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	1.47	4.01	4.65
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
<p>Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio geologico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafico, litologico e geotecnico di dettaglio dell'area di intervento ai sensi della normativa vigente. Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'individuazione di orizzonti a bassa resistenza compressibili nella area di influenza del bulbo di pressione dei futuri fabbricati, oltre che l'individuazione di orizzonti sensibili al fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche.</p> <p>Le strutture di fondazione degli edifici dovranno essere impostate su terreni con caratteristiche omogenee, al di sotto del terreno vegetale alterato, al fine di evitare assestamenti differenziali o di amplificazione in fase di terremoto al contatto con terreni a diversa risposta sismica.</p> <p>Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque superficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.</p>			