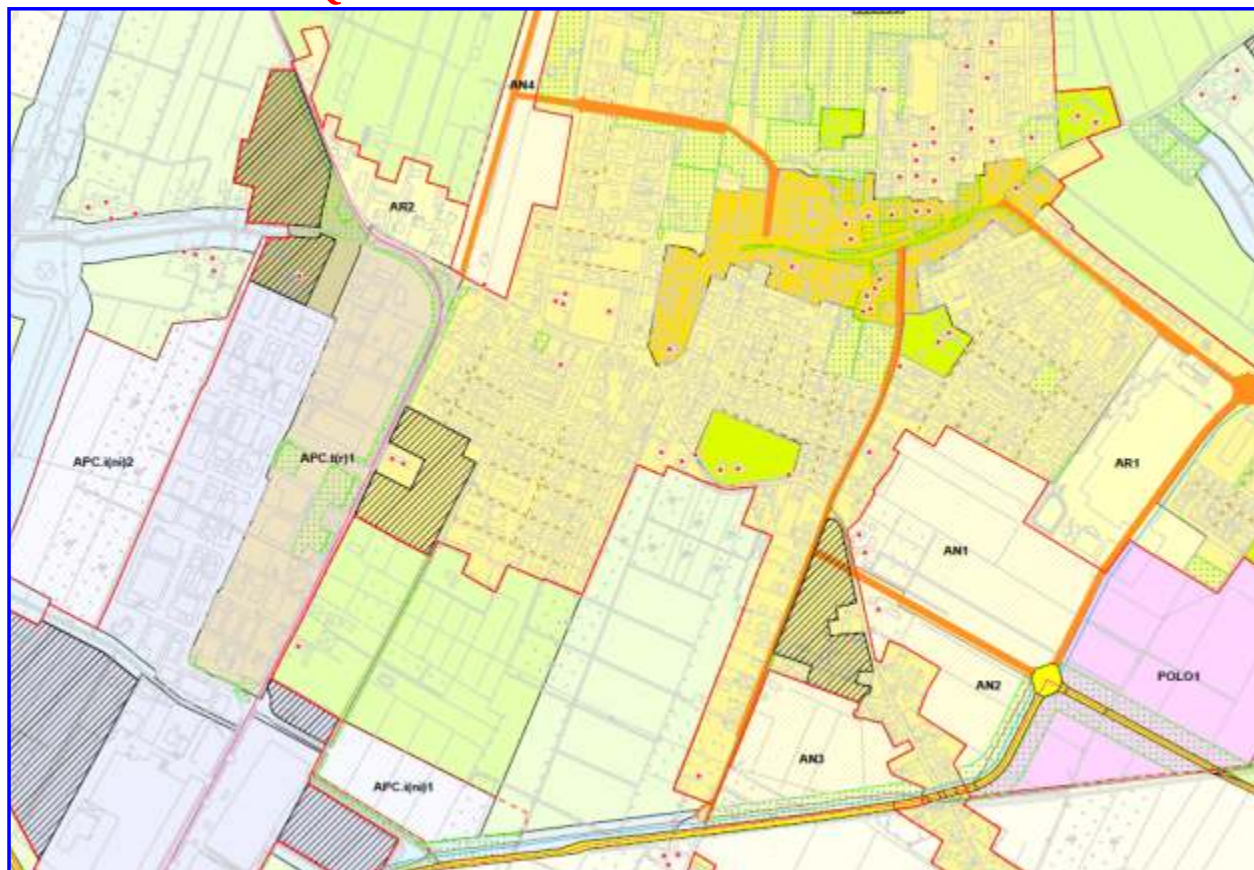


Comune di Medolla

Provincia di Modena

Analisi di Rischio Sismico di n°2 aree
denominate Ambito “via Matteotti nord”
e Ambito “S.S. n°12 - S.P. n°468”
destinate alla trasformazione urbanistica
all’interno del PSC del Comune di Medolla

QUADRO CONOSCITIVO



Ottobre 2010

Rif. 388/10

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

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.....	5
4. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	6
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	6
6. SISMICITA' DEL COMUNE DI MEDOLLA	8
6.1 Zonazione sismogenetica.....	8
6.2 Classificazione sismica ai sensi del O.P.C.M 3274/2003.....	14
6.3 Classificazione sismica ai sensi del O.P.C.M 3519/2006.....	14
7. SISMICITA' DELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO.....	16
8. INDAGINI GEOGNOSTICHE - GEOFISICHE	18
9. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON METODO DEI MICROTREMORI (Re.Mi.).....	19
9.1 Modalità operative.....	20
10. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE - TECNICA “MASW”	21
10.1 Modalità operative.....	202
11. CLASSIFICAZIONE SISIMICA DEI SITI AI SENSI DEL D.M. 14/01/08	23
12. INDAGINE SISMICA HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio-Metodo di Nakamura).....	24
12.1 Risultati di indagini sismiche HVSR	25
13. INDAGINI GEOTECNICHE: Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT	27
14. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E LITOSTRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO DI OGNI AMBITO.....	30
15. LIVELLO DELLA FALDA NEL SOTTOSUOLO	32
16. MICROZONAZIONE SISMICA: Rischio Sismico.....	33
16.1 Primo livello di approfondimento: Carta delle aree suscettibili di effetti locali.....	34
16.2 Secondo livello di approfondimento: Carta di Microzonazione Sismica	35
17. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO ai sensi dell’art. 16, c. 1, della LR 20/2000	37
18. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	44
18. STIMA DEI CEDIMENTI PERMANENTI POST-SISMICI.....	488
18.1 Verticale di prova – CPT n. 1	52
18.2 Verticale di prova – CPT n. 2	52
19. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	53

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°2 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.

Le n°2 aree oggetto di tale studio sono denominate “**Ambito Via Matteotti Nord**” e “**Ambito S.S. n°12 e S.P. n°468**” ; la prima è ubicata a nord del centro abitato di Medolla, mentre la seconda è posta a sud-ovest del capoluogo così come visibile nella cartografia in allegato e nella successiva Fig. 1.1.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *L.R. 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 – 41123 Modena – ☎Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

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



Ambito: “via Matteotti Nord”



Ambito: “S.S. n°12 - S.P. n°468”

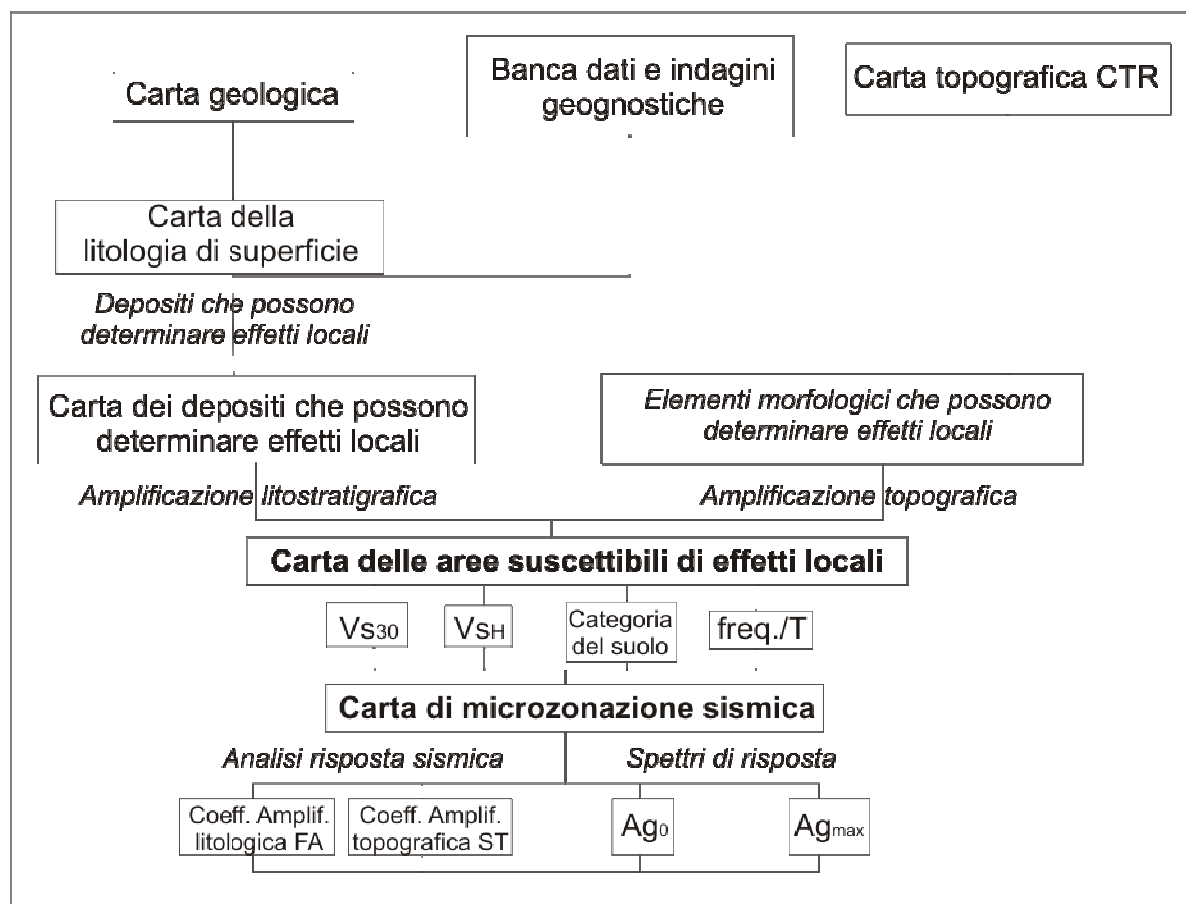
Figura n. 1.1 – Ubicazione dell’area di interesse sulla base della foto aerea satellitare tratta da archivio informatico interattivo “Visual Telespazio”.

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;
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° 2 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**).

L'area denominata “Ambito Via Matteotti nord” è situata a nord del centro abitato di Medolla, mentre l'area denominata “Ambito incrocio S.S. n°12 e S.P. n°468” si trova ubicata a sud-ovest del capoluogo.

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**). L'abitato di Medolla è compreso nella zona della bassa pianura modenese e si trova ad una quota topografica variabile da 20.7 a 21.5 m rispetto al livello del mare.

Dal punto di vista topografico entrambe le aree studiate sono completamente sub-pianeggianti; le zone in studio sono per la maggior parte della loro estensione occupate da campi coltivati a seminativo o ad alberi da frutta e vigneti.

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 blande 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 (*Dossi di pianura*) 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 verificatisi anche lontani dalla zona in oggetto.

Osservando la carta di zonazione ZS9 si osserva che la sismicità può essere distribuita in zone, ciascuna delle quali è associata a 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.

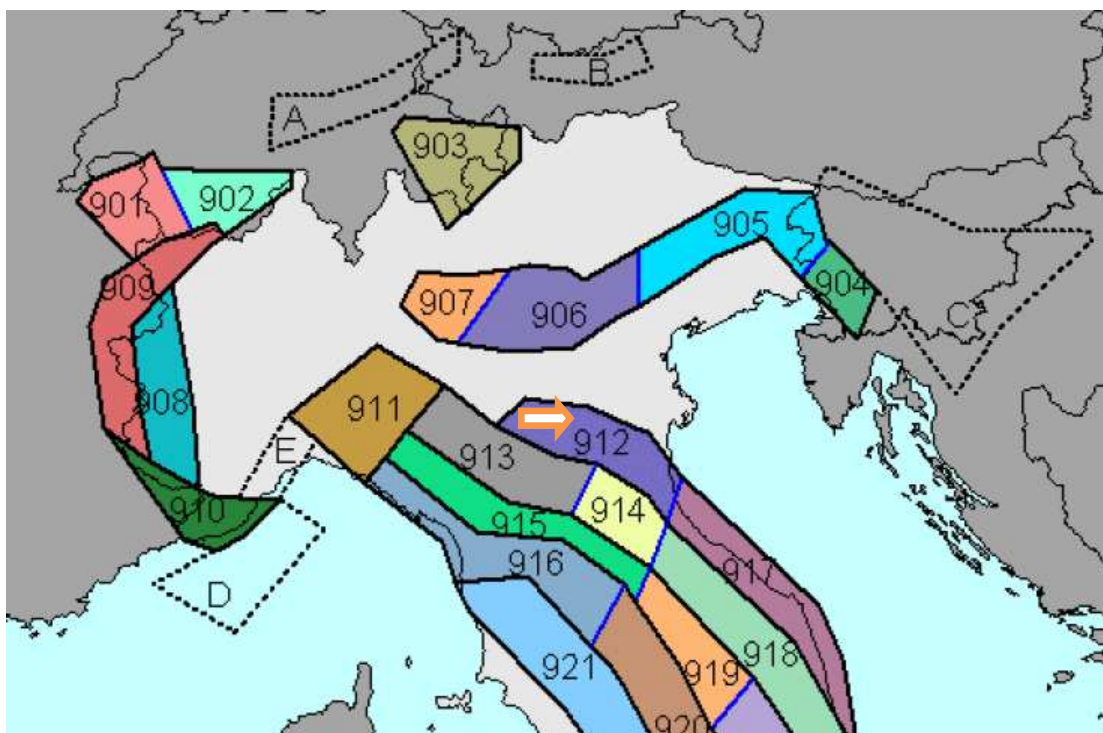
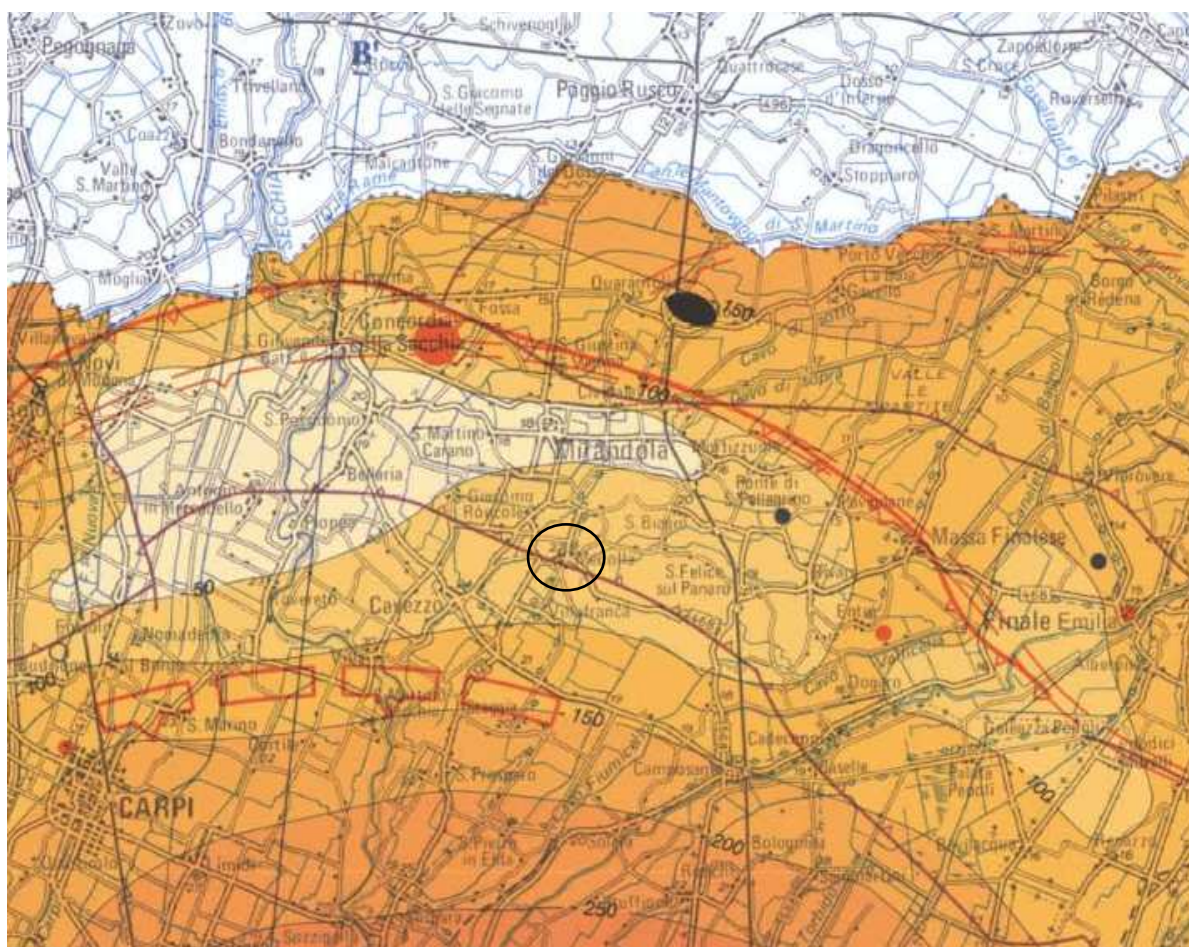


Fig. 6.1 – Zonazione sismogenetica ZS9.

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 di profondità. Vi sono su tutto il territorio rappresentato diffusi sistemi di faglie e sovrascorrimenti che sono all’origine della sismicità della zona.



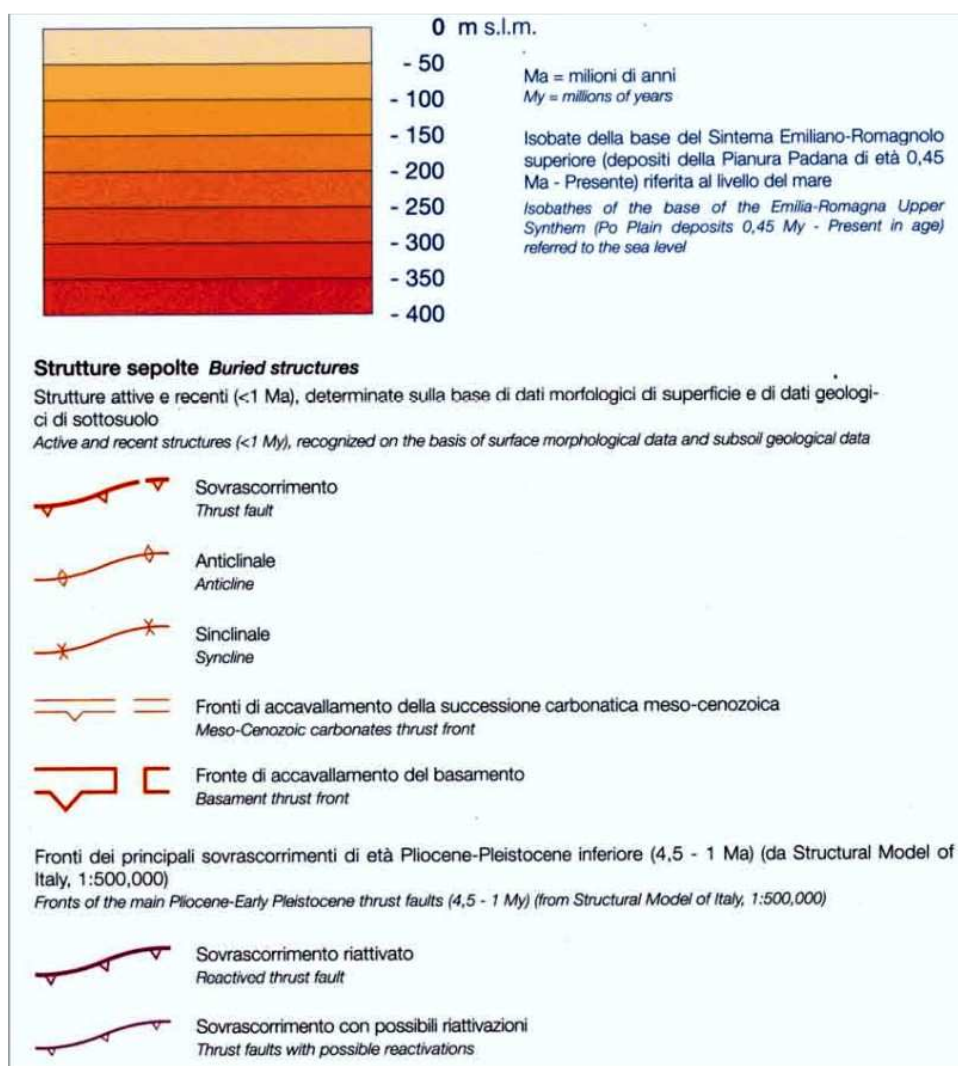
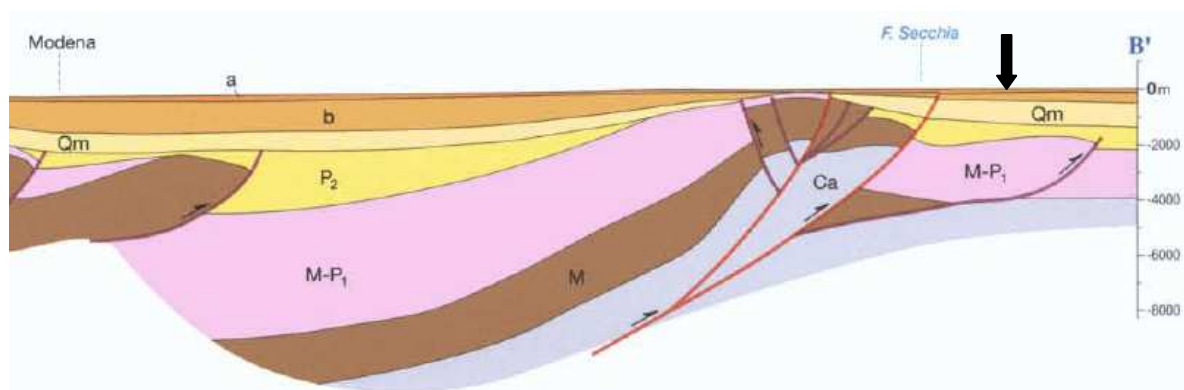


Fig. 6.2 – Estratto della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (CNR) e del profilo geologico profondo B-B'



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 – 41123 Modena – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

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

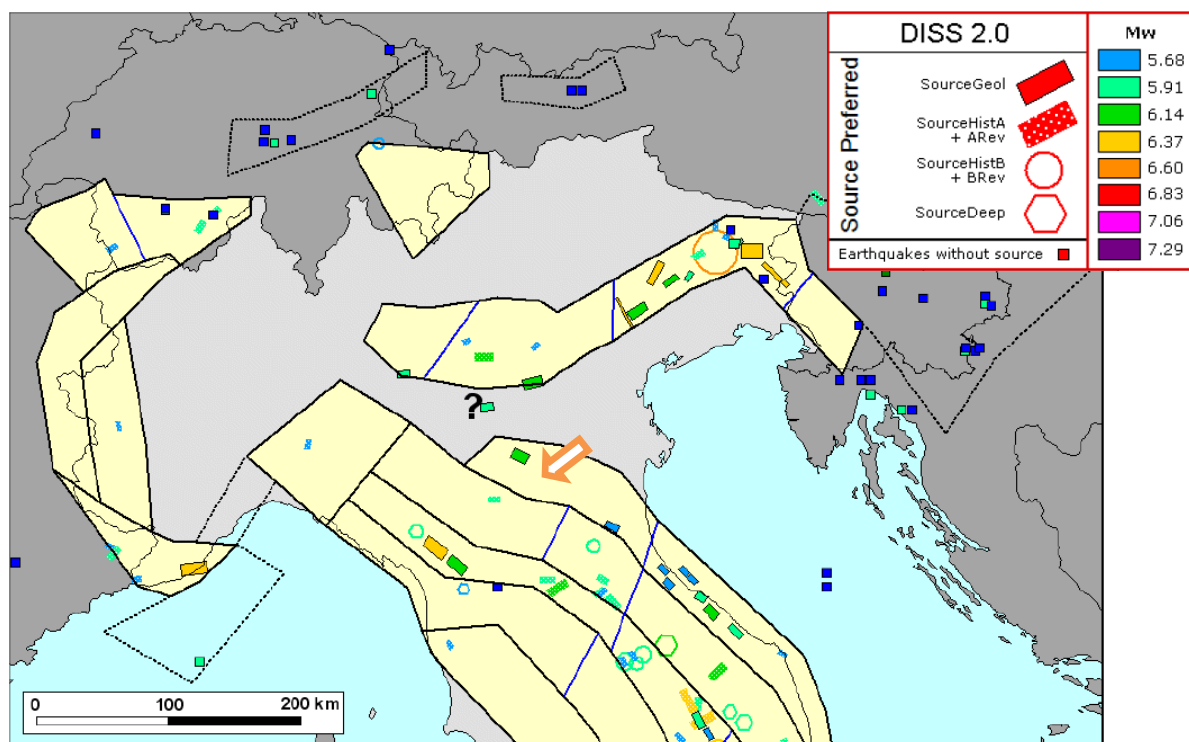


Fig. 6.3 – Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la distribuzione delle sorgenti DISS 2.0. Ogni sorgente è rappresentata utilizzando una scala cromatica che esprime la magnitudo Mw del terremoto atteso per la sorgente stessa.

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”

(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.

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 $a_g = 0.15g$.

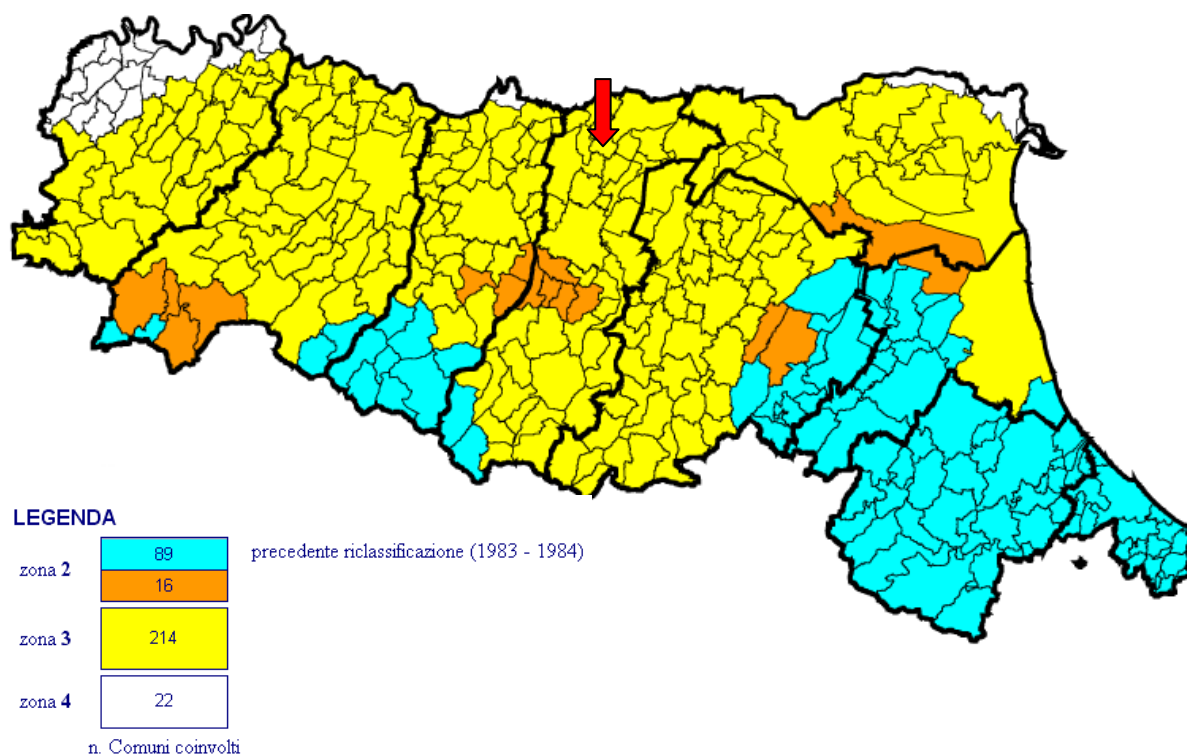


Fig. 6.4 – Classificazione sismica attuale di riferimento – Ordinanza PCM 20/03/2003 n.2374

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.

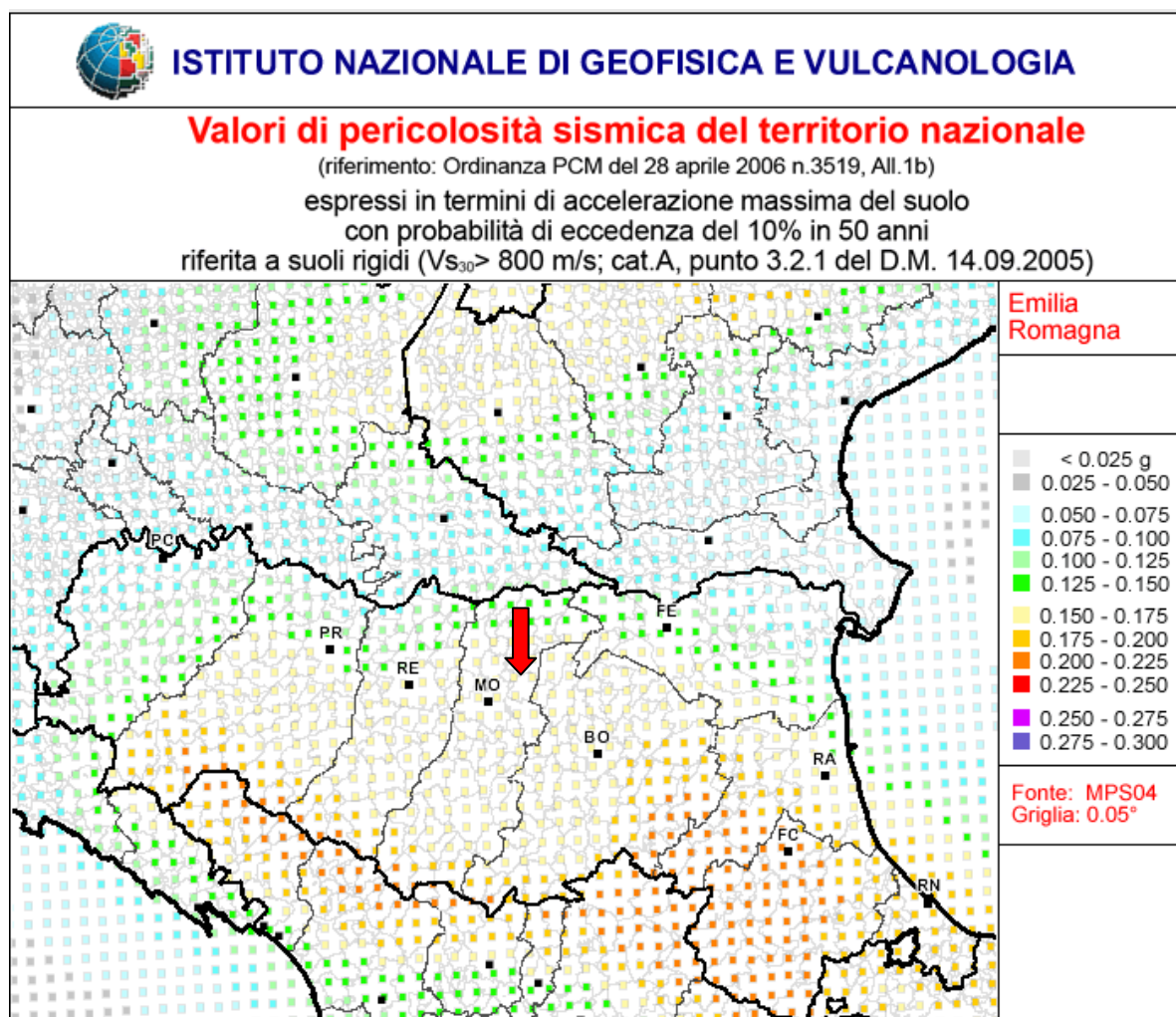


Fig. 6.5 – Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) – Ordinanza PCM 28/04/2006 n.3519

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 = 0.15_g**.

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
1	Via Matteotti nord	44.854560; 11.068743;	0.148	2.587
2	Incrocio S.S. n°12 – S.P n°468	44.833159; 11.050762;	0.151	2.589

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, calcolato tramite la relazione precedente.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si calcola il fattore topografico **S_T** dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	S_T
T1	Pianura e pendio $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Sommità del pendio $\geq 15^\circ$	1.2
T3	Cresta del rilievo	1.2
T4	Cresta del rilievo	1.4

Per entrambe le aree studiate, ricadenti in una zona di pianura, appartenente quindi alla categoria topografica T1, si ottiene un fattore topografico **S_T pari a 1.0** e dove **$S = S_s \cdot S_T$** . In base a tale valore e a quello del fattore stratigrafico si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale A_{max} .

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

Ambito:	Denominazione:	S_S	$A_{max}(g)$ al suolo	$A_{max}(m/sec^2)$
1	Via Matteotti nord	1.47	0.22	2.16
2	Incrocio S.S. n°12 – S.P n°468	1.46	0.22	2.16

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/sec²) 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°1 stendimento sismico 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°2 indagini sismiche **HVSR** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio);***
- ***n°2 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 **Vs** 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.

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 dell’area denominata ambito “S.S. n°12 – S.P. n°468” è stato realizzato, in data 13/10/2010, uno stendimento sismico mediante il metodo microtremori Re.Mi. per poter determinare il parametro V_{s30} .



Foto n. 9.1 – Stendimento sismico a rifrazione metodo dei microtremori Re.Mi. eseguito all’interno dell’ambito SS n°12 – SP n°468.

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 il parametro V_{S30} calcolato seguendo le indicazioni del **D.M. 14 Gennaio 2008**, è risultato pari **$V_{S30} = 217$ m/s**.

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

All’interno dell’area denominata Ambito “Via Matteotti” 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**.



Foto n. 9.2 – Stendimento sismico a rifrazione metodo dei microtremori MASW, eseguito all’interno dell’ambito denominato “Via Matteotti”.

10.1 Modalità operative

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata, tramite un sismografo GEODE della Geometrics a 24 canali. 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 “Via Matteotti nord”, seguendo le indicazioni del **D.M. 14 Gennaio 2008**, sono risultate pari a $V_{s30} = 220$ m/s.

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)
Ambito 1	Via Matteotti nord	220
Ambito 2	S.S. n°12 – S.P. n°468	217

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

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 dei due ambiti 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 tromografiche, 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

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 e Vs30: una risposta alla normativa antisismica” autori: Mulargia, Castellaro, Rossi*):

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

dove:

f_r = frequenza fondamentale di risonanza di sito;
 V_{SH} = 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 nell’**allegato n°3 “Indagine sismica HVSR”**, 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 ($Dr\% > 70$) a diverso grado di consolidazione ed addensamento.

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

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

In data 15/10/2010 sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (**CPT**), spinte entrambe alla profondità di -30.00 m da p.c. dall'attuale piano di campagna.

La CPT n. 1 è stata realizzata all'interno del comparto denominato ambito “S.S. n°12 – S.P. n°468”, mentre la CPT n°2 è stata eseguita all'interno dell'Ambito “Via Matteotti”

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)
	R_l (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.

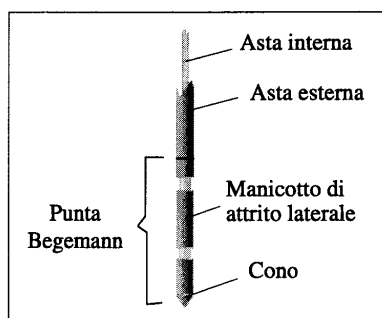


Figura 13.1

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41123 Modena – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

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

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**):

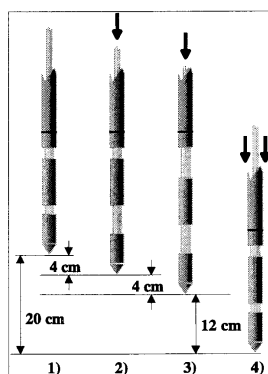


Figura 13.2

- 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:

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:

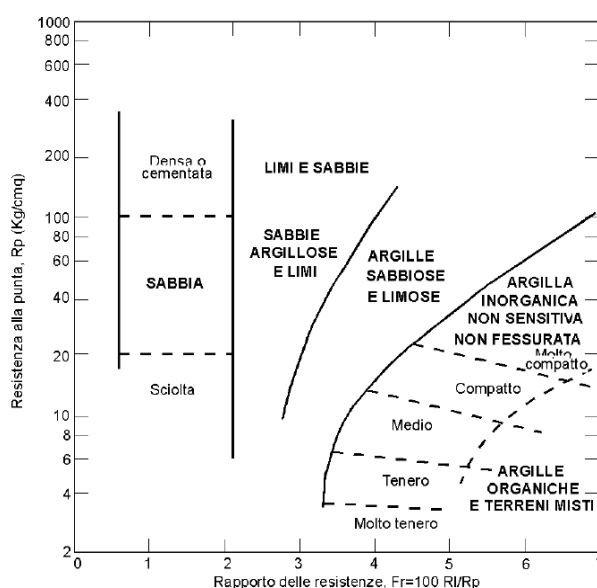
Il metodo di BEGEMANN considera il **rapporto tra Rp e RI** come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l’Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

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 – 41123 Modena – 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: “Via Matteotti Nord”:

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	1.20		Argille limose sovraconsolidate
	-2.40		Argille limose a medio-scarso consistenza con all'interno sottili livelli limo-sabbiosi sciolti
	10.40		
	15.80		Limi argillosi a media consistenza e medio-scarso consistenza intercalati a sottili livelli limo-sabbiosi sciolti
	17.40		Sabbie addensate
	29.60		Limi argillosi a medio-elevata, elevata consistenza intercalati a sottili livelli limo-sabbiosi sciolti
	30.00		Limi sabbiosi e argillosi mediamente addensati

All’interno dell’ambito “Via Matteotti Nord” è stata realizzata la prova penetrometrica statica **CPT n. 2** che si è spinta sino alla profondità di -30.00 m da p.c.

Sulla base dei dati emersi dall’elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geognostiche eseguite nell’ottobre 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**

supraconsolidati caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 3.23 e 4.31 MPa che si approfondiscono sino alla quota di -1.20 m da p.c. Al di sotto di tale livello e sino alla quota di – 10.40 m da p.c. si osservano **litotipi coesivi limo-argillosi a medio-scarso consistenza con sottili livelli limo-sabbiosi sciolti** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.49 e 2.25 MPa. Da – 10.40 m da p.c. a -15.80 m da p.c. si registrano **litotipi coesivi**

limo-argillosi a media consistenza intercalati a livelli sabbiosi sciolti caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 1.37 e 4.12 MPa, seguono sino a – 17.40 m da p.c. **sabbie addensate (Dr% tra 65 e 70)** caratterizzate da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 5.29 e 13.82 MPa. Proseguendo in profondità si rileva la presenza di **litotipi coesivi limo-argillosi a medio-elevata consistenza intercalati a sottili livelli sabbiosi sciolti** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 1.57 e 6.17 MPa sino a – 29.60 m da p.c. Al di sotto di tale livello e sino a -30.00 m da p.c. (quota di fondo foro) si osservano **depositi granulari sabbiosi mediamente addensati (Dr% tra 35 e 50)**.

2) Ambito: “S.S. n°12 – S.P. n°468”:

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
2.80	3.20		Argille limose sovraconsolidate, con all'interno sottili livelli sabbiosi
	9.00		Argille limose a medio-scarso consistenza
	11.00		Argille limose a media consistenza
	13.80		Sabbie sciolte
	19.40		Limi argillosi a medio elevata consistenza intercalati a sottili livelli sabbiosi sciolti
	21.00		Limi argillosi ad elevata consistenza
	25.40		Limi argillosi a media consistenza
	30.00		Limi argillosi ad elevata consistenza intercalati a sottili livelli limo-sabbiosi sciolti

All'interno dell'ambito “S.S. n°12 – S.P. n°468” è stata realizzata la prova penetrometrica statica **CPT n. 1** che si è spinta sino alla profondità di -30.00 m da p.c. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geognostiche eseguite nell'ottobre 2010 e illustrate nell'**allegato n. 1**, si evince quanto segue:

la CPT n. 1 ha rilevato la presenza di un primo strato di **depositi argilloso-limosi**

supraconsolidati con livelli limo sabbiosi caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 1.37 e 2.55 MPa che si approfondiscono sino alla quota di -3.20 m da p.c. Al di sotto di tale livello e sino alla quota di – 9.00 m da p.c. si osservano **litotipi coesivi argilloso-limosi a medio-scarso consistenza** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 0.59 e 1.27 MPa.

Da – 9.00 m da p.c. a -11.00 m da p.c. si registrano **litotipi coesivi argilloso-limosi a media consistenza** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 1.47 e 2.25 MPa, seguono sino a – 13.80 m da p.c. **sabbie sciolte (Dr% tra 11 e 22)** caratterizzate da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 2.25 e 2.74 MPa. Proseguendo in profondità si rileva la presenza di **litotipi coesivi limo-argillosi a medio-elevata consistenza intercalati a sottili livelli sabbiosi sciolti** caratterizzati da valori di resistenza alla punta **R_p** del penetrometro statico compresi fra 1.27 e 5.68 MPa sino a – 19.40 m da p.c. Al di sotto di tale livello e sino a - 21.00 m da p.c. si rilevano **limi-argillosi ad elevata consistenza** con valori di **R_p** compresi fra 2.06 e 2.94 MPa, seguiti da **limi-argillosi a media consistenza** con valori di **R_p** compresi fra 1.37 e 2.45 MPa, mentre dalla quota di -25.40 m da p.c. sino a -30.00 m da p.c. (quota di fondo foro) si osservano **depositi costituiti da limi-argillosi ad elevata consistenza intercalati a sottili livelli limo-sabbiosi sciolti** con valori di **R_p** compresi fra 2.06 e 4.02 MPa.

15. SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA NEL SOTTOSUOLO

Al termine delle prove penetrometriche CPT in data 15/10/2010 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 nella seguente tabella. Le misurazioni sono state eseguite mediante freatimetro elettroacustico.

prova penetrometrica	Livello falda (m da p.c.)
CPT n. 1	-2.80
CPT n. 2	-2.40

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} .

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:

- L’Ambito denominato “via Matteotti nord”, che ricade a nord-ovest dell’abitato di Medolla, si trova su depositi alluvionali costituiti in prevalenza da **sabbie di canale e sabbie sepolte del fiume Po** (zone di distribuzione delle sabbie sepolte deposte dal Po prossime alla superficie - profondità <20 m),. Tali depositi sono soggetti ad effetti attesi quali *amplificazione, potenziale liquefazione e cedimenti*.
- In corrispondenza dell’Ambito denominato “SS n°12 e S.P. n°468” si osservano principalmente litotipi costituiti prevalentemente da **limi e argille** con caratteristiche meccaniche scadenti: tali litotipi sono soggetti ad effetti attesi quali *amplificazione e possibili cedimenti*. Oltre queste due grandi suddivisioni litologiche si possono individuare nel sottosuolo aree in cui sono presenti **sabbie sepolte del fiume Po**, 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*.

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 dell'area denominata Ambito “via Matteotti nord”.

In corrispondenza dell'Ambito denominato “incrocio SS n°12 e S.P. n°468” il sottosuolo è costituito in prevalenza da **depositi limosi e/o argillosi**, dunque soggette ad amplificazione e possibili cedimenti, si ritiene invece sufficiente realizzare approfondimenti di microzonazione 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.

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 9.2)** 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 ($0,1 < T_0 < 0,5$) = 1,8**
- **F.A. SI ($0,5 < T_0 < 1,0$) = 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.

Comune di Medolla Provincia di Modena

SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI

ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	"Via Matteotti Nord"
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 21 m s.l.m. Area prevalentemente agricola.
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.
Litostratigrafia	Depositi 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	220 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	0.147g
a max (superficie)	0.218g
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41123 Modena – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

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

Ambito	AR2 "Bivio"
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 22 m s.l.m. Area prevalentemente agricola.
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.
Litostratigrafia	Depositi 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	220 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	0.146g
a max (superficie)	0.220g
a refg (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g

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

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

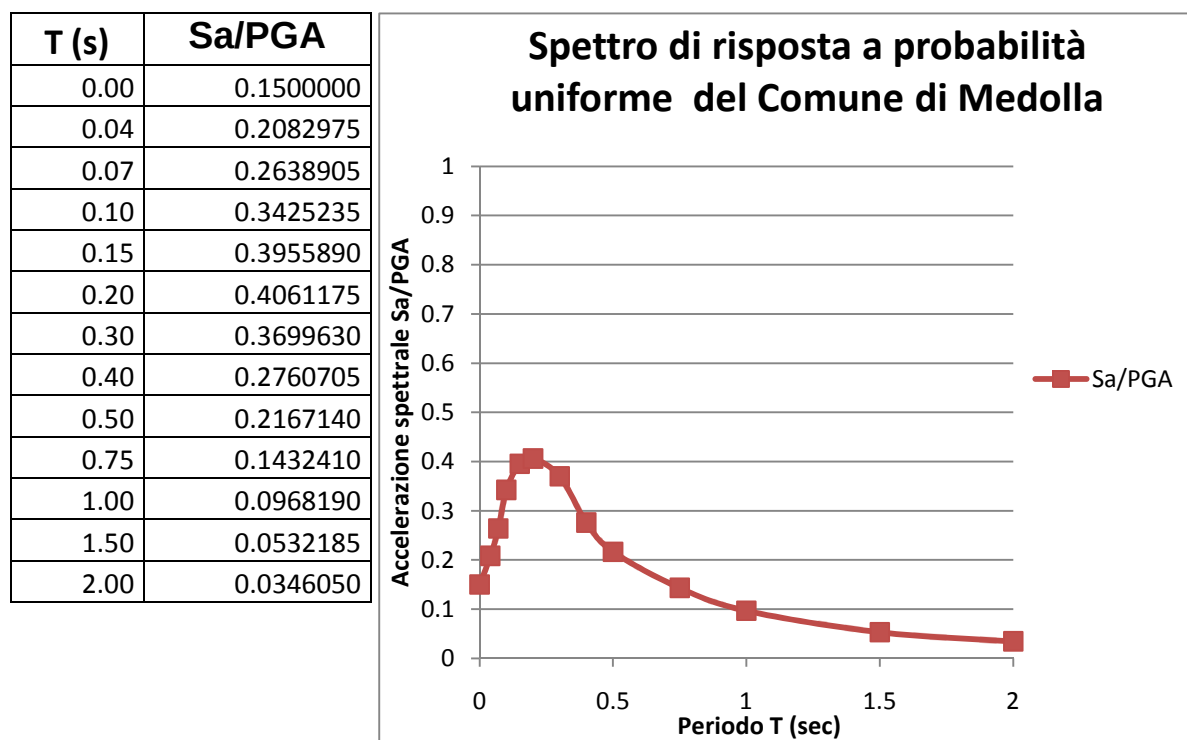
Via C. Costa, 182 – 41123 Modena – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

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

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 (V_s). 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 alte frequenze.

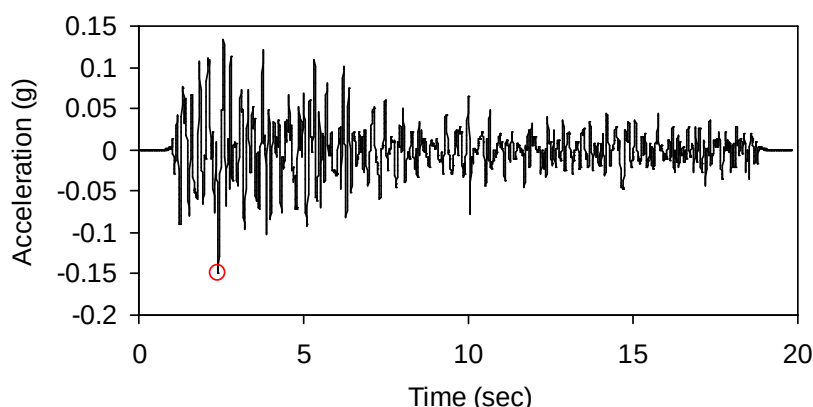


Fig. 17.2 Grafico del segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000046xa_036021Medolla.xy

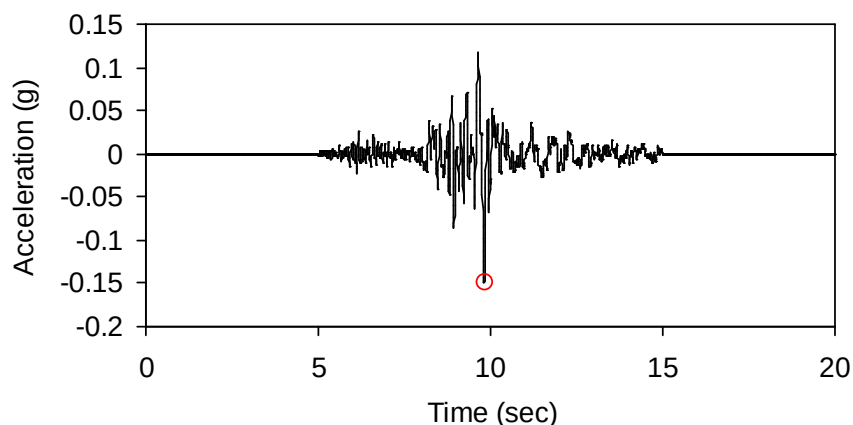


Fig. 17.2 Grafico del segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000126xa_036021Medolla.xy

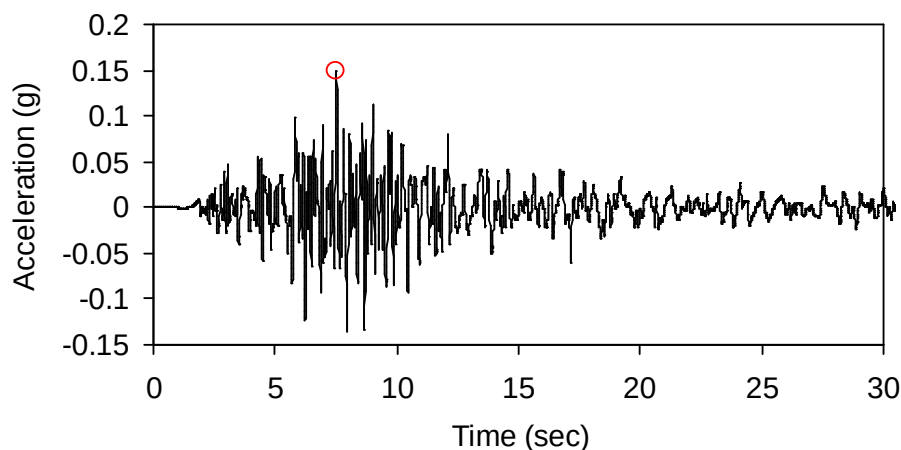


Fig. 17.2 Grafico del segnale di riferimento selezionato dalla banca dati accelerometrica ISED 000354xa_036021Medolla.xy

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.

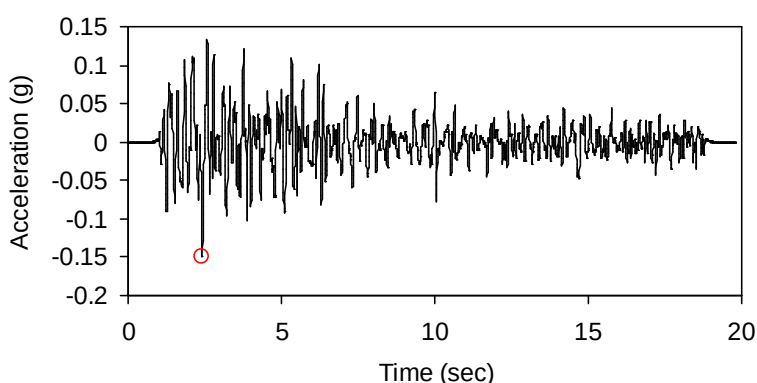
In **allegato n. 6** si riportano i grafici ottenuti dall'elaborazione dell'ambito denominato “Via Matteotti Nord” individuato nel territorio di Medolla. Di seguito si rappresentano a titolo esemplificativo i grafici e i parametri dei fattori di amplificazione ottenuti dalla modellizzazione del primo dei 3 input sismici di sito per l'ambito “Via Matteotti nord” .

Ambito “Via Matteotti Nord”

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	37.96		19.00	140		3.5	66.50
	2	1	4.0	102.46		19.00	230		9.0	171.00
	3	2	8.0	121.05		19.00	200		15.0	285.00
	4	1	8.0	264.22		20.00	360		23.0	441.00
	5	1	13.0	733.94		20.00	600		33.5	651.00
	6	1	50.0	809.17		20.00	630		65.0	1281.00
Bedrock	7	0		2935.78	1	20.00	1200	Outcrop	90.0	1781.00

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



PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.14	4.64	5.76

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

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

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

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

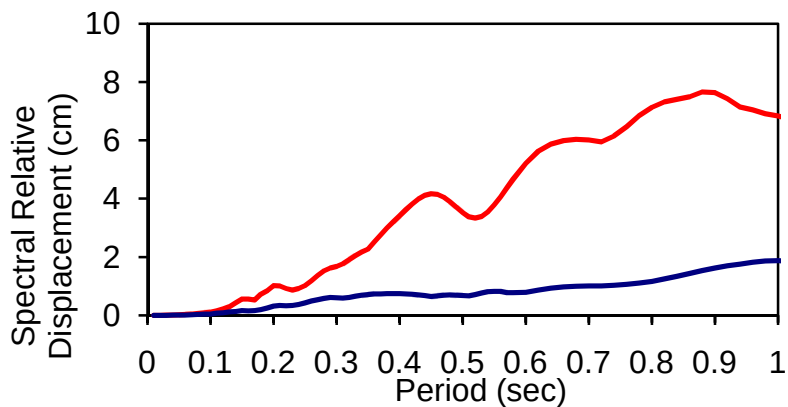
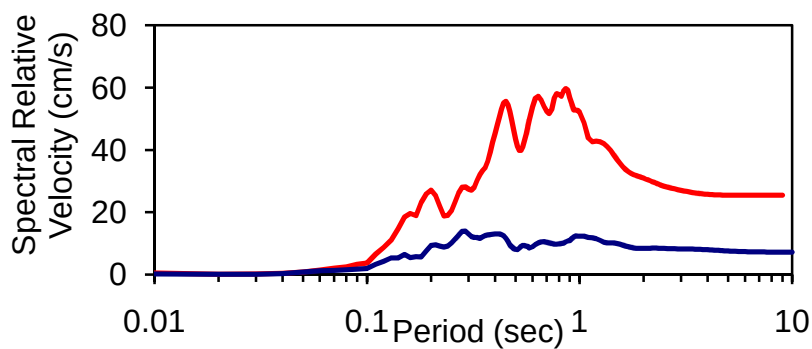
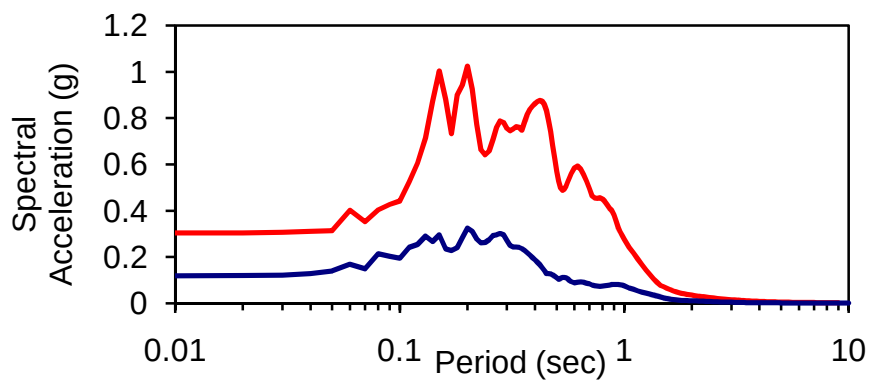
Via C. Costa, 182 – 41123 Modena – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

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



Ambito: “via Matteotti Nord”

Approfondimento di III° LIVELLO per la stima del coefficiente di amplificazione litologico, Approfondimenti di III° LIVELLO per gli eventuali cedimenti



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

Via C. Costa, 182 – 41123 Modena – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5332019 –

e-mail: geo.group@libero.it

18. 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.

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 mobilitabile 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:

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

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

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

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

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma.

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

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 **$F_s > 1$** 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**.

19. 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 ogni singola verticale di prova realizzata rispettivamente nei due ambiti in oggetto (CPT 1, CPT 2), 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:

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

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: $e_0 = 0.78$);

C_r = indice diriconsolidazione 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) 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 $(N_1)_{60}=10$	ε_v $(N_1)_{60}=20$	ε_v $(N_1)_{60}=40$
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

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

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:

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

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: $Cr = 0.225 Cc$;

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

$\Delta u/\sigma'_0$ = 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/s^2 ;

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

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

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

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

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

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

$r_d = 0.5$ 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.

18.1. Verticale di prova – CPT n. 1

1°STRATO: da -1,00 m a -10,00 m (H = 9,00 m)

Terreni coesivi saturi

Si ottiene un valore di $T_{\max} \% = 0,178 \cdot 10^{-3}$, da cui $r_u = 0,4$

Ne consegue: **$\Delta H = 3.99 \text{ cm}$**

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 3.99 cm.**

18.2. Verticale di prova – CPT n. 2

1°STRATO: da -1,00 m a -10,00 m (H = 9,00 m)

Terreni coesivi saturi

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

Ne consegue: **$\Delta H = 3.99 \text{ cm}$**

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 3.99 cm.**

20. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

All'interno del Comune di Medolla sono state individuate n°2 aree di nuovo insediamento e/o riqualificazione ai sensi del PRG, denominate rispettivamente: Ambito “Via Matteotti Nord” e Ambito “S.S. n°12 – S.P. n°468”.

Scopo del presente studio è stato quello di analizzare tutti gli aspetti inerenti la riduzione del Rischio Sismico di queste due 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, 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).

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 20.7 a 21.5 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, 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 entrambi 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 **$a_g = 0.148g$** e **$a_g = 0.151 g$** (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: **$A_{max} = S_s \bullet a_g$** .

Il valore di accelerazione massima al suolo **A_{max}** ottenuto per entrambe le aree è risultato pari a **$A_{max} = 0.22g$** corrispondente ad **$A_{max} = 2.16$ m/sec²**.

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 “Via Matteotti Nord”:

- **n°1 prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT N°2**. La quale ha permesso una caratterizzazione geotecnica e litostratigrafica del sottosuolo indagato (si vedano a tale proposito i **Capitoli n. 13-14** e l'**Allegato n. 1**).
- stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica **MASW**;
- indagine sismica HVSR (**HVSR n. 1**).

2) Ambito “S.S. n°12 – S.P. n°468”:

- **n°1 prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT N°1**. Tale indagine ha permesso una caratterizzazione geotecnica e litostratigrafica del sottosuolo indagato (si vedano a tale proposito i **Capitoli n. 13-14** e l'**Allegato n. 1**).
- stendimento sismico metodo a rifrazione, con tecnica **Re.Mi** ;
- indagine sismica HVSR (**HVSR n. 2**).

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, quindi all'interno dell'Ambito “Via Matteotti Nord” .

In corrispondenza delle aree caratterizzate invece dalla presenza di **depositi limosi e/o argillosi**, dunque soggette ad amplificazione e possibili rilevate in corrispondenza dell'Ambito “S.S. n°12 – S.P. n°468”, 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 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 ($0,1 < T_0 < 0,5$) = 1,8**
- **F.A. SI ($0,5 < T_0 < 1,0$) = 2,5**

Gli effetti topografici sono considerati nulli in quanto non vi sono pendii con inclinazione media superiore 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 dell'Ambito denominato “Via Matteotti Nord”, 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	
via Matteotti Nord	PGA	1.14	PGA	1.02	PGA	1.28
	IS (0.1-0.5)	4.64	IS (0.1-0.5)	5.63	IS (0.1-0.5)	2.62
	IS (0.5-1.0)	5.76	IS (0.5-1.0)	4.08	IS (0.5-1.0)	1.97

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 microzonazione 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. 2 verticali di prova indagate (CPT 1 e CPT 2), 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	3.99 cm	Da -1,00 a -10,00 m da p.c.
CPT n. 2	3.99 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 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 meteo-climatiche 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.

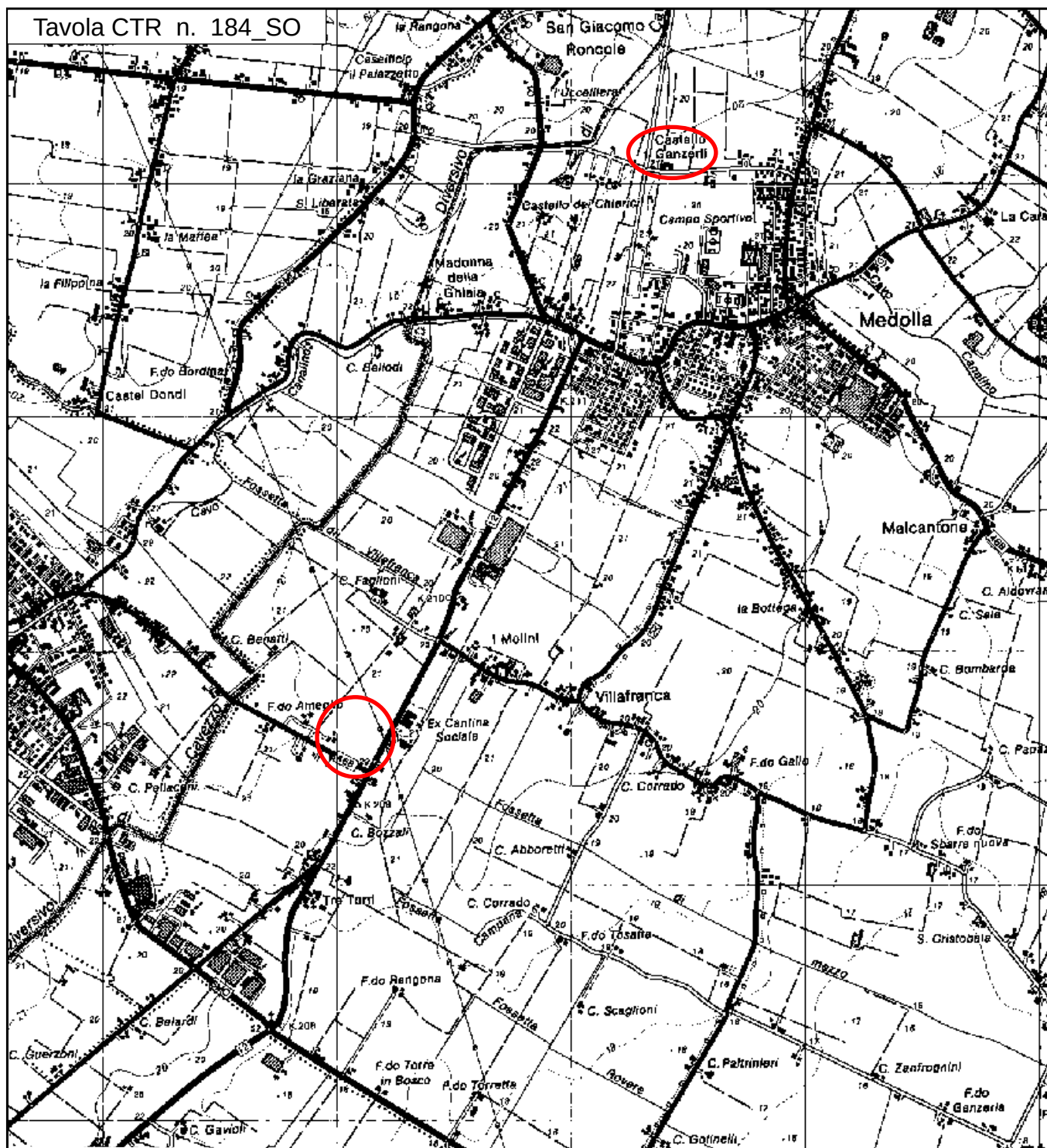
Modena, 20 Ottobre 2010

Hanno collaborato al presente progetto:

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Dott. Geol. Monica Mazzoli

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



Scala 1: 25000

Legenda



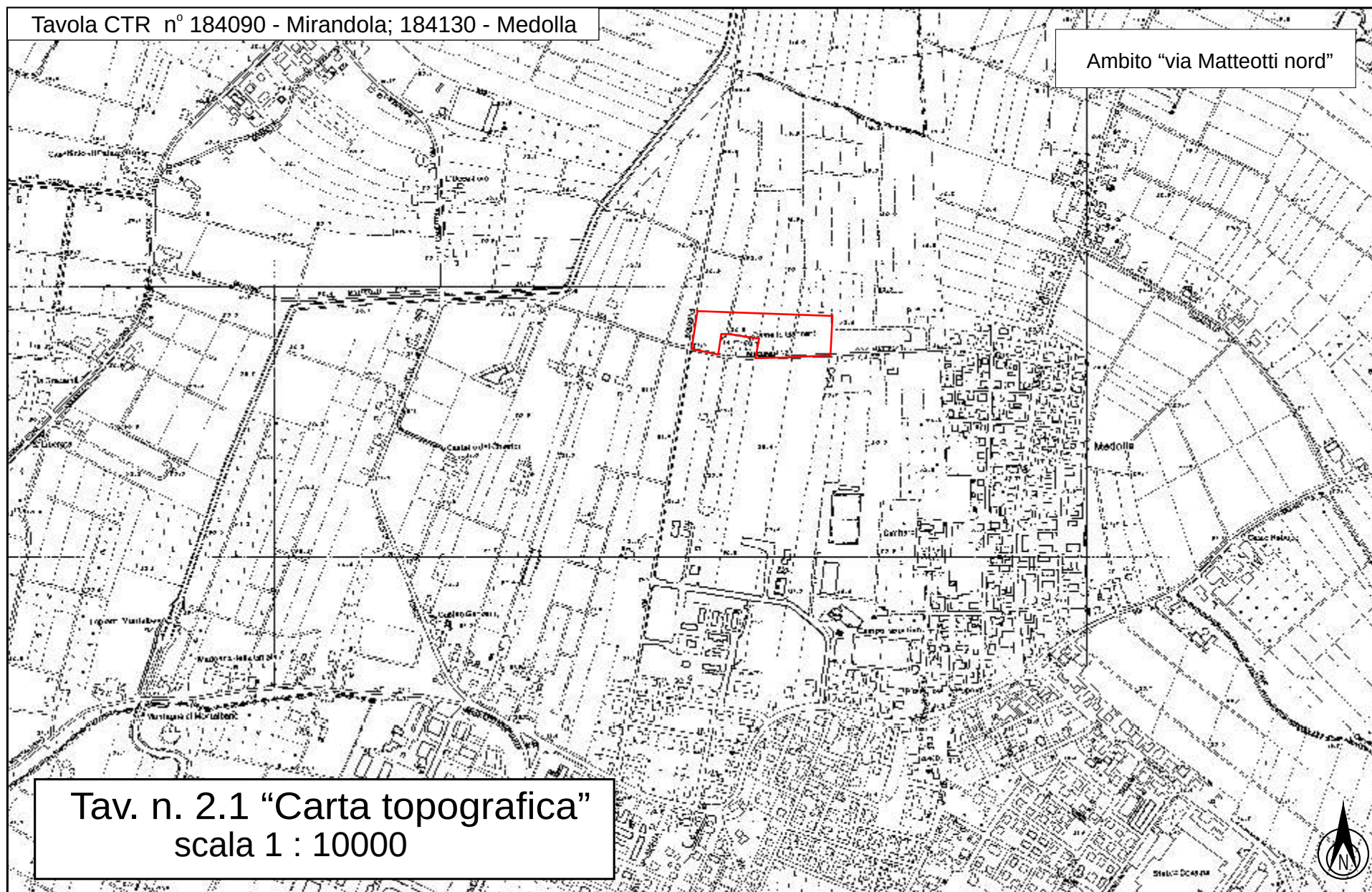
Area di interesse

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

Tavola CTR n° 184090 - Mirandola; 184130 - Medolla

Ambito "via Matteotti nord"



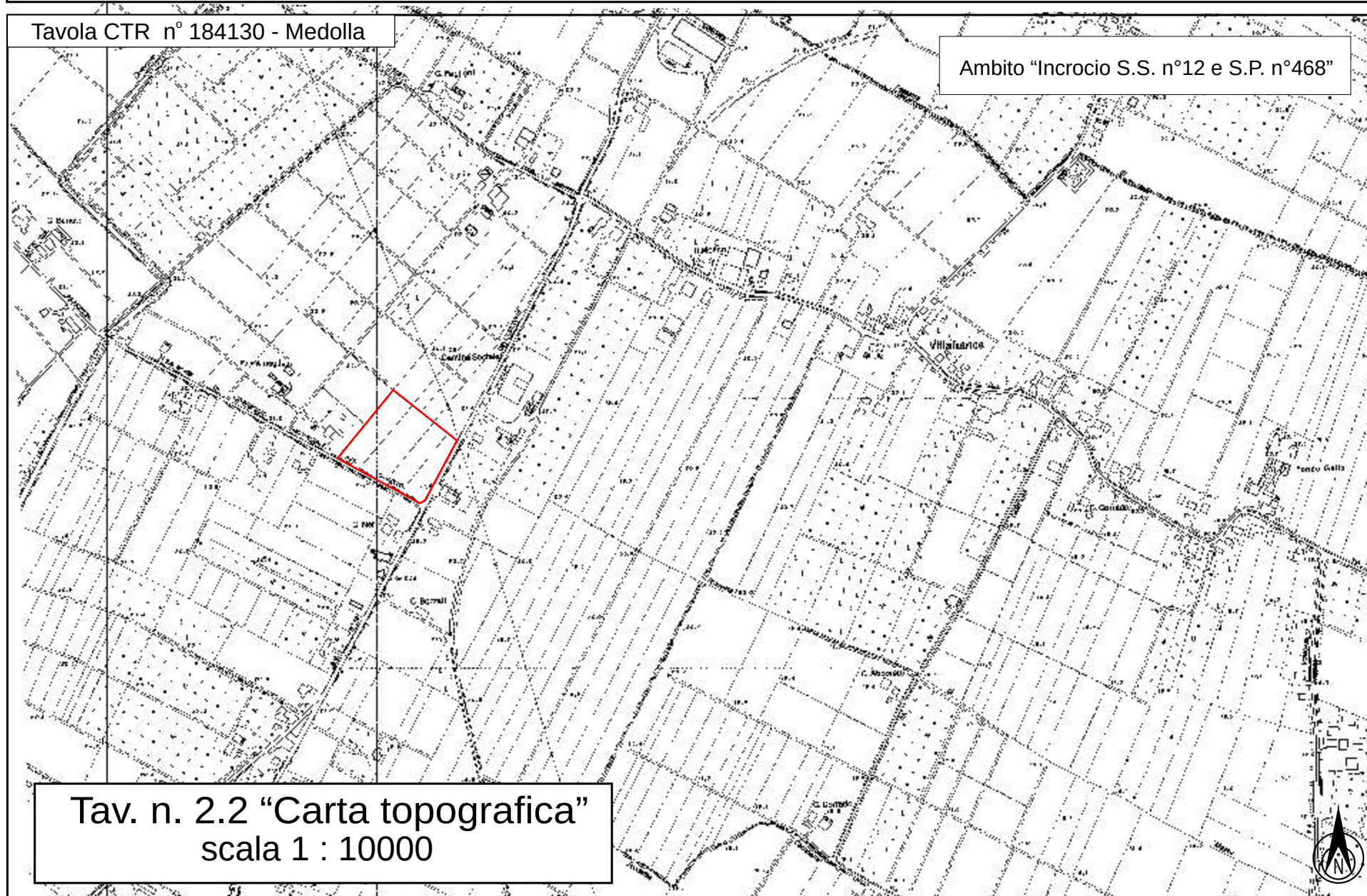
Tav. n. 2.1 "Carta topografica"
scala 1 : 10000

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

Tavola CTR n° 184130 - Medolla

Ambito "Incroccio S.S. n°12 e S.P. n°468"



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

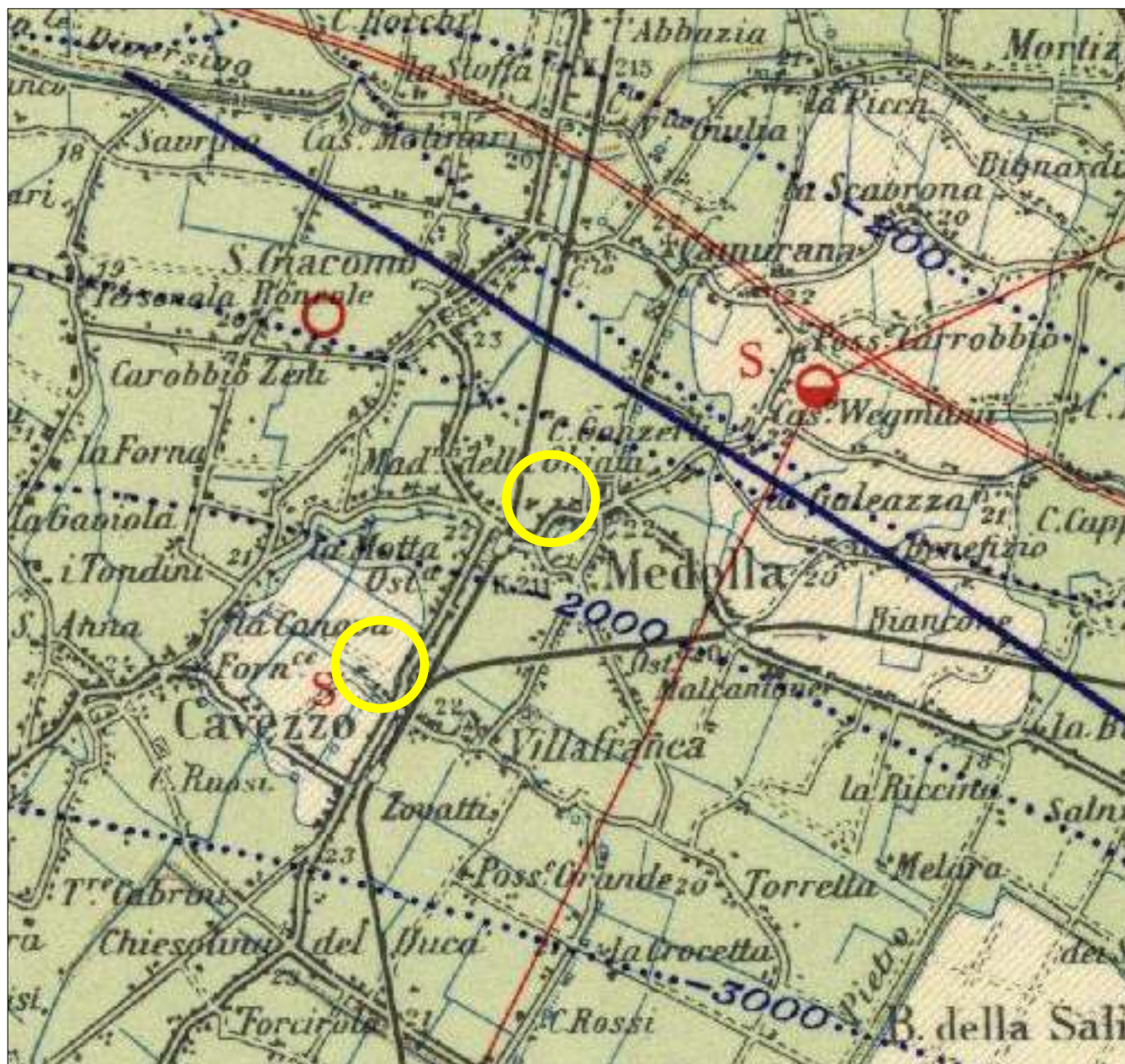


scala grafica

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



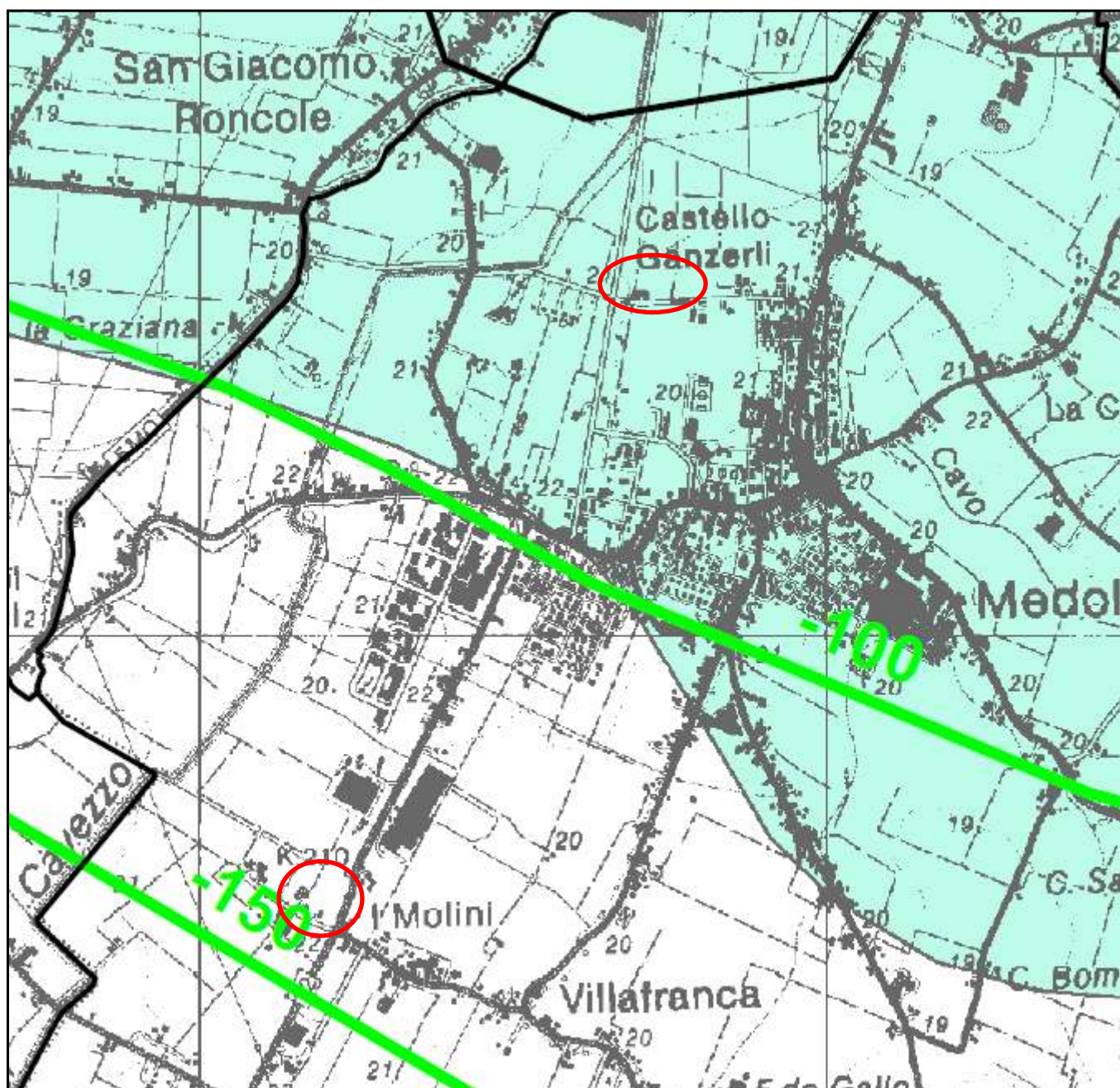
S

Sabbie e terreni
prevalentemente sabbiosi

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



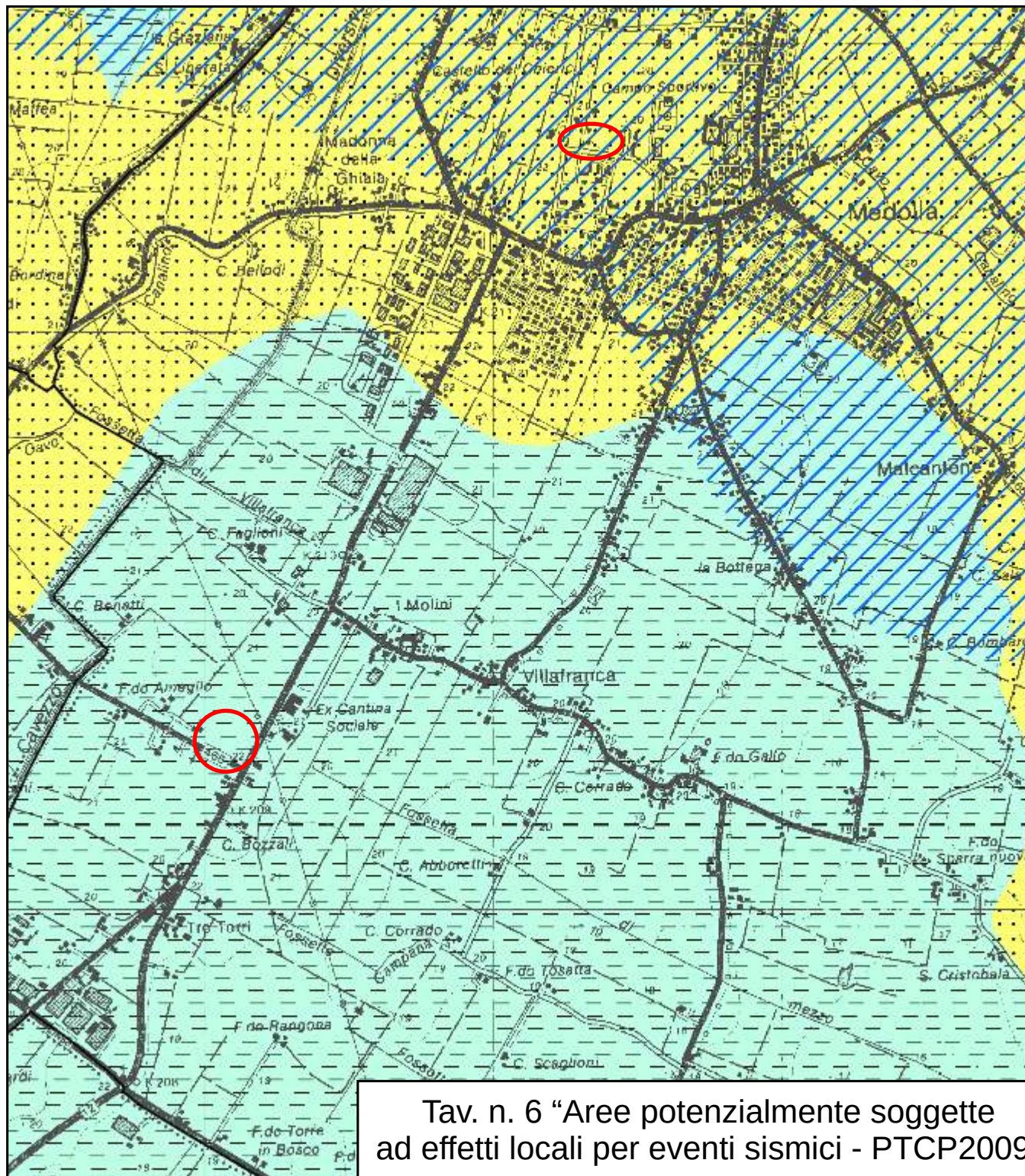
Tav. n. 5 “Carta dei depositi del sottosuolo che influenzano il moto sismico in superficie: PTCP 2009”

Scala grafica

	ghiaie affioranti
	ghiaie
	successioni 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



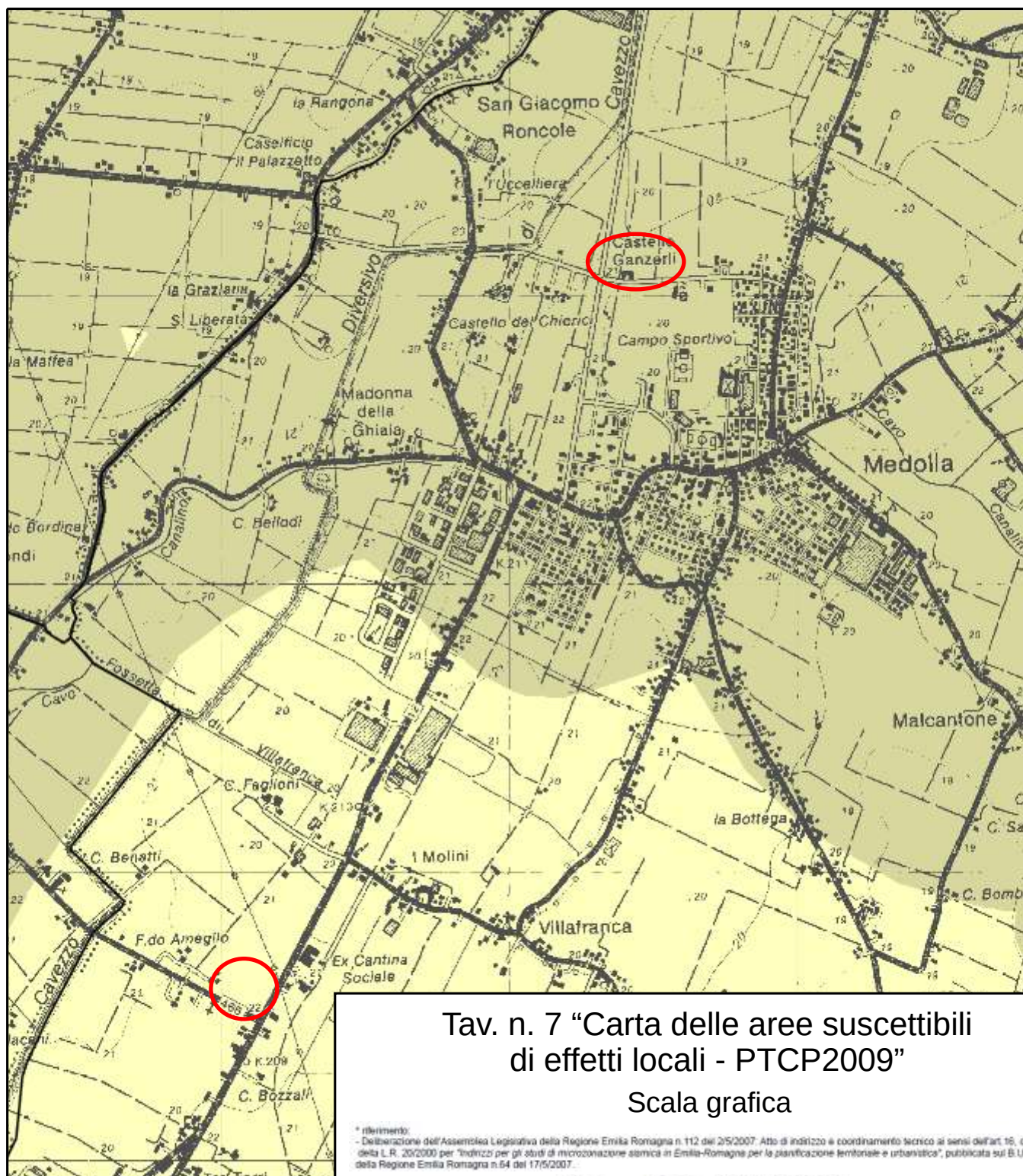
Tav. n. 6 "Aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici - PTCP2009"

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 grafica

* riferimento:
- Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 25/07/2007. 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	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione <u>studi</u> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u> : approfondimenti di III livello.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti <u>studi</u> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; <u>microzonazione sismica</u> : sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.



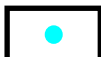
Tav. n. 8 "Indagini geognostiche"



Legenda:

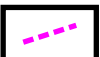
 Aree di interesse

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)

Ambito "VIA MATTEOTTI NORD"

Tav. n. 9.1 "Carta di Microzonazione Sismica"

L.R. 20/2000 D.A.L. 112/07

scala grafica



Ambito: "via Matteotti Nord"

All. A2 Art.16 c.1 della L.R. 20/2000

PIANURA2: 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.)

II° Livello di approfondimento:
FATTORE DI AMPLIFICAZIONE F.A. MEDIO

F.A. PGA = 1.5
(PGA accelerazione massima orizz. alla superficie)
F.A. (intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$) = 1.8
F.A. (intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$) = 2.5

Approfondimento di III° LIVELLO per la stima del coefficiente di amplificazione litologico, Approfondimenti di III° LIVELLO per gli eventuali cedimenti

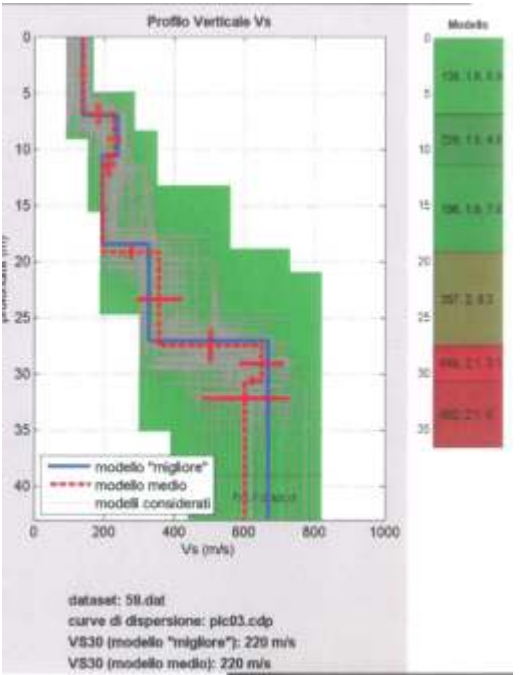
III° Livello di approfondimento:

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE F.A. MEDIO

AMBITO	Segnale di riferimento 000046xa_036021Medolla.xy		Segnale di riferimento 000126xa_036021Medolla.xy		Segnale di riferimento 000354xa_036021Medolla.xy	
	PGA	1.14	PGA	1.02	PGA	1.28
via Matteotti Nord	IS (0.1-0.5)	4.64	IS (0.1-0.5)	5.63	IS (0.1-0.5)	2.62
	IS (0.5-1.0)	5.76	IS (0.5-1.0)	4.08	IS (0.5-1.0)	1.97

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
	1.20		Argille limose sovraconsolidate
	-2.40		Argille limose a medio-scarso consistenza con all'interno sottili livelli limo-sabbiosi sciolti
	10.40		Limi argillosi a media consistenza a medio-scarso consistenza intercalati a sottili livelli limo-sabbiosi sciolti
	15.80		Sabbie addensate
	17.40		Limi argillosi a medio-elevata, elevata consistenza intercalati a sottili livelli limo-sabbiosi sciolti
	29.60		
	30.00		Limi sabbiosi e argillosi mediamente addensati

Modello geo-litologico generale del sottosuolo



Profilo verticale dell'andamento delle onde Vs nel sottosuolo investigato mediante indagini in sito MASW

Stendimento sismico MASW

$$Vs_{30} = \frac{30}{S h_i / v_{si}} = 220 \text{ m/s}$$

Ambito “S.S. n°12 - S.P. n°468”

Tav. n. 9.2 “Carta di Microzonazione Sismica”

L.R. 20/2000 D.A.L. 112/07

scala grafica



Ambito: “S.S. n°12 - S.P. n°468”

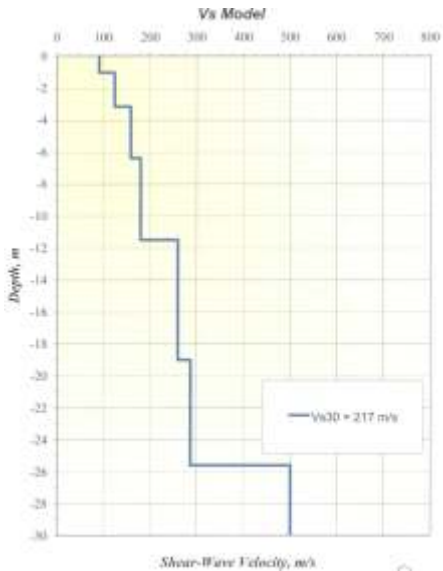
Approfondimento di II° LIVELLO per la stima del coefficiente di amplificazione litologico, Approfondimenti di III° LIVELLO per gli eventuali cedimenti

Stendimento sismico Re.Mi.

$$Vs_{30} = \frac{30}{S h_l / v_{si}} = 217 \text{ m/s}$$

p.c.	Prof. (m)	Litologia	Descrizione:
-2.80	3.20		Argille limose sovraconsolidate, con all'interno sottili livelli sabbiosi
	9.00		Argille limose a medio-scarso consistenza
	11.00		Argille limose a media consistenza
	13.80		Sabbie sciolte
	19.40		Limi argillosi a medio elevata consistenza intercalati a sottili livelli sabbiosi sciolti
	21.00		Limi argillosi ad elevata consistenza
	25.40		Limi argillosi a media consistenza
	30.00		Limi argillosi ad elevata consistenza intercalati a sottili livelli limo-sabbiosi sciolti

Modello geo-litologico generale del sottosuolo



Profilo verticale dell'andamento delle onde Vs nel sottosuolo investigato mediante indagini in sito Re.Mi.

All. A2 Art.16 c.1 della L.R. 20/2000

PIANURA2: 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.)

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE F.A. MEDIO

F.A. PGA = 1.5

(PGA accelerazione massima orizz. alla superficie)

F.A. (intensità spettrale $0.1s < T_0 < 0.5s$) = 1.8

F.A. (intensità spettrale $0.5s < T_0 < 1.0s$) = 2.5

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:

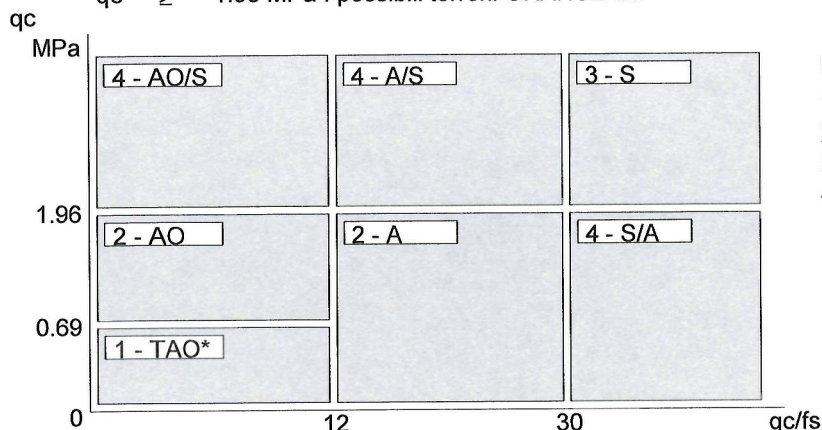
- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

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 :

$qc \leq 1.96 \text{ MPa}$: possibili terreni COESIVI
 $qc \geq 1.96 \text{ MPa}$: 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 - R_p - 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'_{DB} - De Beer (1965)
 - ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)
 - ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)
 - ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 - 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

292-2010

certificato n°

04002123

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa** Data esec.: **15/10/2010**
Pagina: **1/4** Data certificato: **15/10/2010**
Elaborato: **Falda: -2.80 m da p.c.**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	104.86	0		15.20	26.00	37.00		2.55	117.60	22	4.6
0.40	26.00	42.00		2.55	110.74	23	4.3	15.40	28.00	46.00		2.74	85.26	32	3.1
0.60	21.00	38.00		2.06	91.14	23	4.4	15.60	28.00	41.00		2.74	104.86	26	3.8
0.80	24.00	38.00		2.35	124.46	19	5.3	15.80	27.00	43.00		2.65	110.74	24	4.2
1.00	17.00	36.00		1.67	85.26	20	5.1	16.00	30.00	47.00		2.94	117.60	25	4.0
1.20	16.00	29.00		1.57	91.14	17	5.8	16.20	28.00	46.00		2.74	110.74	25	4.0
1.40	14.00	28.00		1.37	104.86	13	7.6	16.40	39.00	56.00		3.82	104.86	36	2.7
1.60	19.00	35.00		1.86	91.14	20	4.9	16.60	19.00	35.00		1.86	65.66	28	3.5
1.80	21.00	35.00		2.06	65.66	31	3.2	16.80	16.00	26.00		1.57	78.40	20	5.0
2.00	16.00	26.00		1.57	110.74	14	7.1	17.00	18.00	30.00		1.76	78.40	23	4.4
2.20	23.00	40.00		2.25	85.26	26	3.8	17.20	18.00	30.00		1.76	65.66	27	3.7
2.40	22.00	35.00		2.16	85.26	25	4.0	17.40	18.00	28.00		1.76	71.54	25	4.1
2.60	19.00	32.00		1.86	65.66	28	3.5	17.60	25.00	36.00		2.45	65.66	37	2.7
2.80	16.00	26.00		1.57	78.40	20	5.0	17.80	26.00	36.00		2.55	85.26	30	3.3
3.00	23.00	35.00		2.25	46.06	49	2.0	18.00	58.00	71.00		5.68	91.14	62	1.6
3.20	21.00	28.00		2.06	51.94	40	2.5	18.20	17.00	31.00		1.67	58.80	28	3.5
3.40	12.00	20.00		1.18	58.80	20	5.0	18.40	13.00	22.00		1.27	58.80	22	4.6
3.60	9.00	18.00		0.88	51.94	17	5.9	18.60	18.00	27.00		1.76	104.86	17	5.9
3.80	10.00	18.00		0.98	58.80	17	6.0	18.80	28.00	44.00		2.74	117.60	23	4.3
4.00	9.00	18.00		0.88	58.80	15	6.7	19.00	30.00	48.00		2.94	91.14	32	3.1
4.20	11.00	20.00		1.08	58.80	18	5.5	19.20	28.00	42.00		2.74	91.14	30	3.3
4.40	12.00	21.00		1.18	51.94	23	4.4	19.40	25.00	39.00		2.45	78.40	31	3.2
4.60	11.00	19.00		1.08	46.06	23	4.3	19.60	23.00	35.00		2.25	85.26	26	3.8
4.80	11.00	18.00		1.08	26.46	41	2.5	19.80	23.00	36.00		2.25	110.74	20	4.9
5.00	6.00	10.00		0.59	19.60	30	3.3	20.00	21.00	38.00		2.06	117.60	18	5.7
5.20	6.00	9.00		0.59	26.46	22	4.5	20.20	26.00	44.00		2.55	124.46	20	4.9
5.40	6.00	10.00		0.59	32.34	18	5.5	20.40	24.00	43.00		2.35	117.60	20	5.0
5.60	8.00	13.00		0.78	32.34	24	4.1	20.60	25.00	43.00		2.45	104.86	23	4.3
5.80	7.00	12.00		0.69	32.34	21	4.7	20.80	21.00	37.00		2.06	85.26	24	4.1
6.00	7.00	12.00		0.69	46.06	15	6.7	21.00	26.00	39.00		2.55	91.14	28	3.6
6.20	10.00	17.00		0.98	46.06	21	4.7	21.20	19.00	33.00		1.86	85.26	22	4.6
6.40	11.00	18.00		1.08	51.94	21	4.8	21.40	18.00	31.00		1.76	91.14	19	5.2
6.60	13.00	21.00		1.27	58.80	22	4.6	21.60	19.00	33.00		1.86	85.26	22	4.6
6.80	12.00	21.00		1.18	58.80	20	5.0	21.80	20.00	33.00		1.96	98.00	20	5.0
7.00	11.00	20.00		1.08	46.06	23	4.3	22.00	20.00	35.00		1.96	104.86	19	5.4
7.20	11.00	18.00		1.08	39.20	28	3.6	22.20	20.00	36.00		1.96	110.74	18	5.7
7.40	11.00	17.00		1.08	51.94	21	4.8	22.40	25.00	42.00		2.45	110.74	22	4.5
7.60	12.00	20.00		1.18	65.66	18	5.6	22.60	22.00	39.00		2.16	110.74	19	5.1
7.80	11.00	21.00		1.08	51.94	21	4.8	22.80	19.00	36.00		1.86	91.14	20	4.9
8.00	13.00	21.00		1.27	51.94	25	4.1	23.00	19.00	33.00		1.86	85.26	22	4.6
8.20	13.00	21.00		1.27	58.80	22	4.6	23.20	18.00	31.00		1.76	91.14	19	5.2
8.40	11.00	20.00		1.08	51.94	21	4.8	23.40	20.00	34.00		1.96	98.00	20	5.0
8.60	10.00	18.00		0.98	51.94	19	5.3	23.60	18.00	33.00		1.76	98.00	18	5.6
8.80	10.00	18.00		0.98	46.06	21	4.7	23.80	15.00	30.00		1.47	71.54	21	4.9
9.00	11.00	18.00		1.08	51.94	21	4.8	24.00	16.00	27.00		1.57	71.54	22	4.6
9.20	15.00	23.00		1.47	85.26	17	5.8	24.20	15.00	26.00		1.47	71.54	21	4.9
9.40	16.00	29.00		1.57	78.40	20	5.0	24.40	15.00	26.00		1.47	65.66	22	4.5
9.60	18.00	30.00		1.76	78.40	23	4.4	24.60	16.00	26.00		1.57	65.66	24	4.2
9.80	18.00	30.00		1.76	91.14	19	5.2	24.80	14.00	24.00		1.37	46.06	30	3.4
10.00	18.00	32.00		1.76	98.00	18	5.6	25.00	19.00	26.00		1.86	78.40	24	4.2
10.20	18.00	33.00		1.76	78.40	23	4.4	25.20	14.00	26.00		1.37	130.34	11	9.5
10.40	16.00	28.00		1.57	71.54	22	4.6	25.40	34.00	54.00		3.33	124.46	27	3.7
10.60	18.00	29.00		1.76	98.00	18	5.6	25.60	35.00	54.00		3.43	124.46	28	3.6
10.80	21.00	36.00		2.06	117.60	18	5.7	25.80	34.00	53.00		3.33	58.80	57	1.8
11.00	23.00	41.00		2.25	91.14	25	4.0	26.00	21.00	30.00		2.06	124.46	17	6.0
11.20	28.00	42.00		2.74	71.54	38	2.6	26.20	23.00	42.00		2.25	117.60	19	5.2
11.40	25.00	36.00		2.45	71.54	34	2.9	26.40	32.00	50.00		3.14	163.66	19	5.2
11.60	24.00	35.00		2.35	58.80	40	2.5	26.60	37.00	62.00		3.63	183.26	20	5.1
11.80	24.00	33.00		2.35	46.06	51	2.0	26.80	37.00	65.00		3.63	196.00	19	5.4
12.00	21.00	28.00		2.06	46.06	45	2.2	27.00	40.00	70.00		3.92	196.00	20	5.0
12.20	23.00	30.00		2.25	58.80	38	2.6	27.20	35.00	65.00		3.43	261.66	13	7.6
12.40	25.00	34.00		2.45	51.94	47	2.1	27.40	36.00	76.00		3.53	183.26	19	5.2
12.60	23.00	31.00		2.25	46.06	49	2.0	27.60	37.00	65.00		3.63	196.00	19	5.4
12.80	19.00	26.00		1.86	51.94	36	2.8	27.80	35.00	65.00		3.43	274.40	13	8.0
13.00	20.00	28.00		1.96	65.66	30	3.4	28.00	36.00	78.00		3.53	202.86	17	5.8
13.20	20.00	30.00		1.96	98.00	20	5.0	28.20	40.00	71.00		3.92	261.66	15	6.7
13.40	31.00	46.00		3.04	91.14	33	3.0	28.40	36.00	76.00		3.53	163.66	22	4.6
13.60	29.00	43.00		2.84	51.94	55	1.8	28.60	37.00	62.00		3.63	117.60	31	3.2
13.80	14.00	22.00		1.37	46.06	30	3.4	28.80	32.00	50.00		3.14	169.54	18	5.4
14.00	13.00	20.00		1.27	58.80	22	4.6	29.00	37.00	63.00		3.63	183.26	20	5.1
14.20	16.00	25.00		1.57	71.54	22	4.6	29.20	37.00	65.00		3.63	189.14	19	5.2
14.40	20.00	31.00		1.96	91.14	22	4.7	29.40	41.00	70.00		4.02	117.60	34	2.9
14.60	33.00	47.00		3.23	137.20	24	4.2	29.60	33.00	51.00		3.23	163.66	20	5.1
14.80	28.00	49.00		2.74	110.74	25	4.0	29.80	38.00	63.00		3.72	130.34	29	3.5
15.00	26.00	43.00		2.55	71.54	36	2.8	30.00	31.00	51.00		3.04			

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

referimento

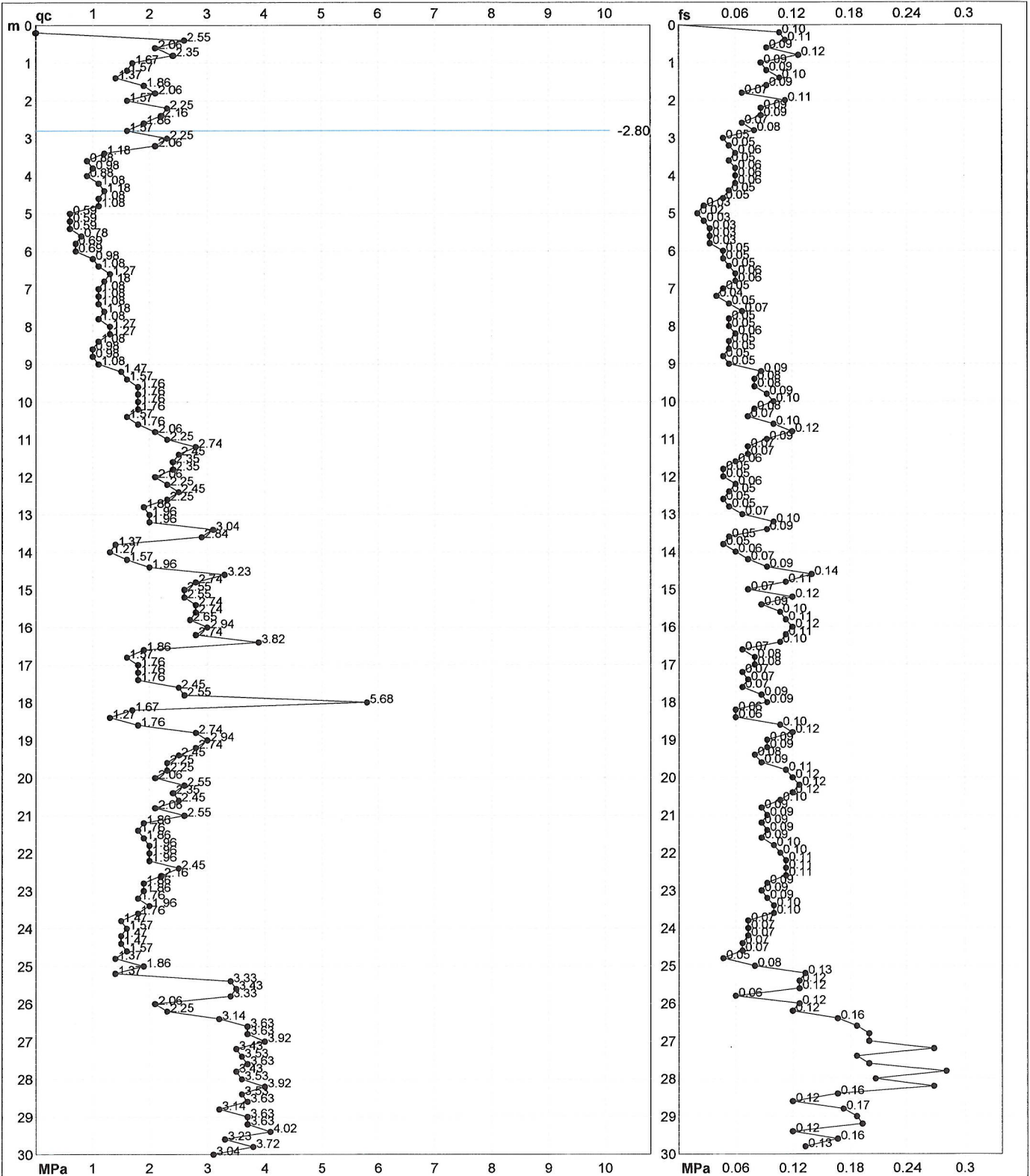
292-2010

certificato n°

04002123

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:150**
Pagina: **2/4**
Elaborato:
Data esec.: **15/10/2010**
Data certificato: **15/10/2010**
Quota inizio:
Falda: **-2.80 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**

riferimento

292-2010

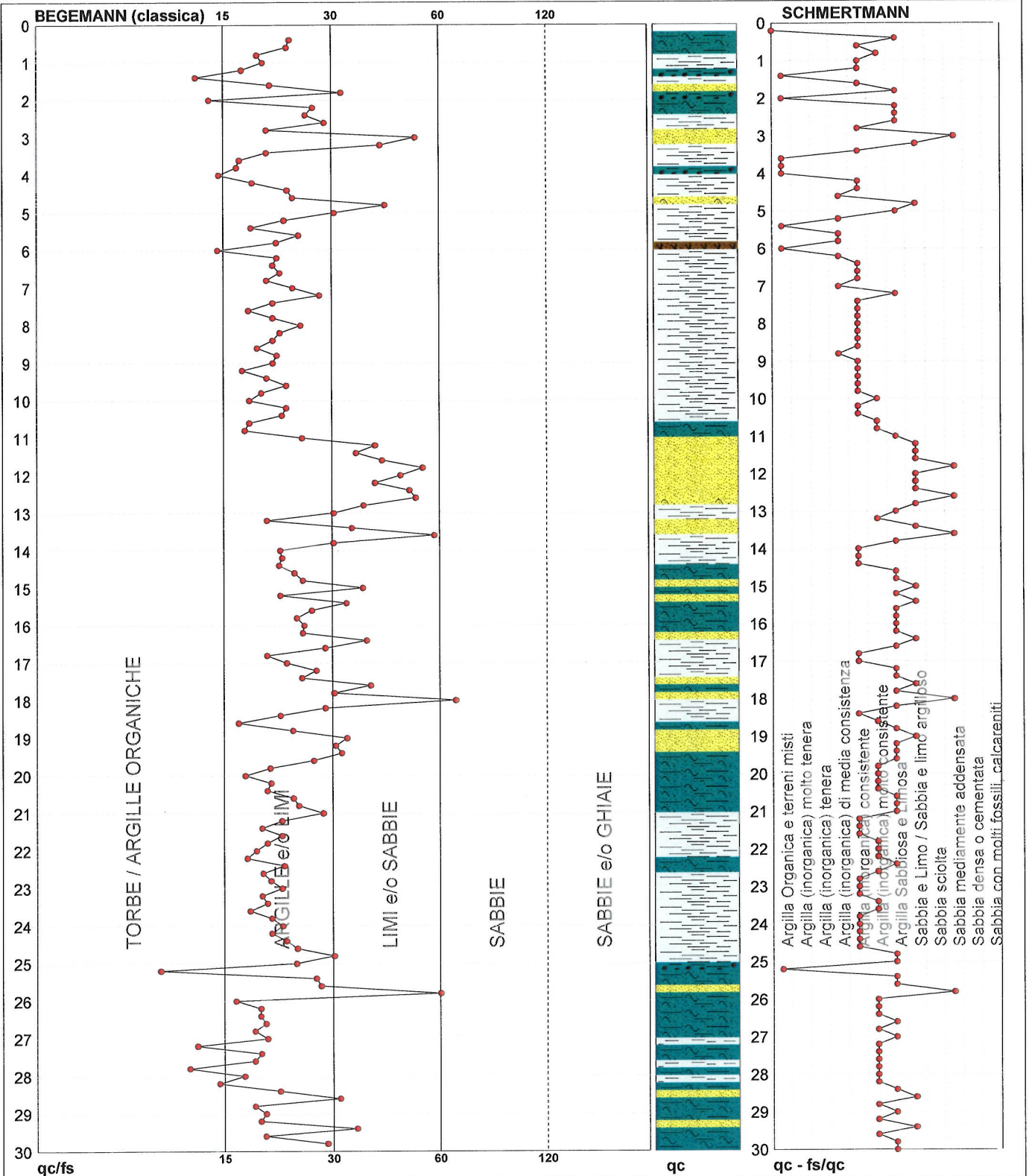
certificato n°

04002123

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:150**
Pagina: **3/4**
Elaborato:

Data eseg.: **15/10/2010**
Data certificato: **15/10/2010**
Falda: **-2.80 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	9 punti, 6.04%	Argilla Organica e terreni misti:	8 punti, 5.37%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	39 punti, 26.17%
Argille e/o Limi :	114 punti, 76.51%	Argilla (inorganica) molto tenera:	0 punti, 0.00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	17 punti, 11.41%
Limi e/o Sabbie :	25 punti, 16.78%	Argilla (inorganica) tenera:	0 punti, 0.00%	Sabbia sciolta:	0 punti, 0.00%
Sabbie:	1 punti, 0.67%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 4.70%	Sabbia mediamente addensata:	6 punti, 4.03%
Sabbie e/o Ghiaie :	0 punti, 0.00%	Argilla (inorganica) consistente:	42 punti, 28.19%	Sabbia densa o cementata:	0 punti, 0.00%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	29 punti, 19.46%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	0 punti, 0.00%

nota:

FON019

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**1**

riferimento

292-2010

certificato n°

04002123

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa**Data esec.: **15/10/2010**Pagina: **4/4**Data certificato: **15/10/2010**

Elaborato:

Falda: **-2.80 m** da p.c.

Prof. m	qc MPa	qc/fs	zone	γ' kN/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										F.L.	E'50 MPa	E'25 MPa	Mo MPa	
							Cu kPa	OCR %	Eu50 MPa	Eu25 MPa	Mo MPa	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)								
0.20	--	--	?	18.1	4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	2.55	23.01	4	19.1	7	189	91	99.9	15.47	23.21	7.64	89	45	39	36	34	42	28	--	--	--	4.25	6.37	7.64		
0.60	2.06	22.58	4	18.9	11	174	81	73.9	13.72	20.58	6.17	71	44	36	33	31	40	27	--	--	--	3.43	5.15	6.17		
0.80	2.35	18.90	4	19.0	15	183	87	56.5	14.81	22.21	7.06	69	43	35	32	30	39	28	--	--	--	3.92	5.88	7.06		
1.00	1.67	19.54	2	19.3	19	161	71	32.8	12.05	18.08	5.30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.20	1.57	17.20	2	19.2	23	157	68	24.8	11.59	17.38	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.40	1.37	13.08	2	19.0	27	150	62	18.3	10.60	15.90	4.72	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.60	1.86	20.43	2	19.5	30	168	76	19.7	12.92	19.38	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	2.06	31.34	3	18.2	34	174	--	--	--	--	--	44	42	30	27	25	34	27	--	--	--	3.43	5.15	6.17		
2.00	1.57	14.16	2	19.2	38	157	68	13.1	11.59	17.38	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	2.25	26.44	4	19.0	42	180	85	15.3	14.46	21.69	6.76	42	41	30	27	25	34	28	--	--	--	3.76	5.64	6.76		
2.40	2.16	25.29	4	18.9	45	177	83	13.3	14.10	21.15	6.47	39	41	29	26	24	33	28	--	--	--	3.59	5.39	6.47		
2.60	1.86	28.36	2	19.5	49	168	76	10.8	12.92	19.38	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	1.57	20.00	2	9.4	51	157	68	9.0	12.15	18.23	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	2.25	48.94	3	8.4	53	180	--	--	--	--	--	37	41	28	25	24	32	28	--	--	--	3.76	5.64	6.76		
3.20	2.06	39.62	3	8.4	55	174	--	--	--	--	--	33	41	28	25	23	32	27	--	--	--	3.43	5.15	6.17		
3.40	1.18	20.00	2	9.0	56	141	56	6.2	14.77	22.15	4.37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	0.88	16.98	2	8.6	58	127	44	4.4	16.23	24.34	3.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	0.98	16.67	2	8.8	60	132	49	4.9	16.59	24.88	3.92	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	0.88	15.00	2	8.6	62	127	44	4.1	17.21	25.82	3.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.20	1.08	18.33	2	8.9	63	137	53	5.0	17.52	26.28	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.40	1.18	22.64	2	9.0	65	141	56	5.2	17.89	26.84	4.37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	1.08	23.40	2	8.9	67	137	53	4.6	18.65	27.98	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.80	1.08	40.74	4	8.5	69	137	53	4.5	19.17	28.75	4.16	5	38	23	20	19	27	26	--	--	--	1.80	2.70	3.23		
5.00	0.59	30.00	4	8.0	70	109	29	2.1	16.29	24.43	2.82	--	38	20	17	16	25	26	--	--	--	0.98	1.47	1.76		
5.20	0.59	22.22	2	8.0	72	109	29	2.1	16.38	24.57	2.82	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	0.59	18.18	2	8.0	74	109	29	2.0	16.47	24.70	2.82	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	0.78	24.24	2	8.4	75	121	39	2.8	20.00	30.00	3.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.80	0.69	21.21	2	8.2	77	115	34	2.3	18.64	27.96	3.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.00	0.69	14.89	1	4.5	78	115	34	2.3	3.97	5.96	1.03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.20	0.98	21.28	2	8.8	80	132	49	3.4	22.38	33.57	3.92	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.40	1.08	20.75	2	8.9	81	137	53	3.6	22.96	34.44	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.60	1.27	21.67	2	9.1	83	145	59	4.1	23.21	34.81	4.56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	1.18	20.00	2	9.0	85	141	56	3.7	23.96	35.94	4.37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.00	1.08	23.40	2	8.9	87	137	53	3.4	24.34	36.51	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.20	1.08	27.50	2	8.9	89	137	53	3.3	24.73	37.10	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.40	1.08	20.75	2	8.9	90	137	53	3.2	25.10	37.65	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.60	1.18	17.91	2	9.0	92	141	56	3.4	25.86	38.79	4.37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.80	1.08	20.75	2	8.9	94	137	53	3.0	25.76	38.64	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.00	1.27	24.53	2	9.1	96	145	59	3.4	26.95	40.42	4.56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.20	1.27	21.67	2	9.1	98	145	59	3.4	27.38	41.07	4.56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.40	1.08	20.75	2	8.9	99	137	53	2.8	26.61	39.92	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.60	0.98	18.87	2	8.8	101	132	49	2.5	25.84	38.76	3.92	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.80	0.98	21.28	2	8.8	103	132	49	2.5	26.02	39.03	3.92	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.00	1.08	20.75	2	8.9	105	137	53	2.7	27.30	40.95	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.20	1.47	17.24	2	9.3	106	154	65	3.4	29.94	44.92	4.85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.40	1.57	20.00	2	9.4	108	157	68	3.5	30.56	45.85	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.60	1.76	22.50	2	9.6	110	164	74	3.8	31.07	46.61	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.80	1.76	19.35	2	9.6	112	164	74	3.7	31.66	47.50	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.00	1.76	18.00	2	9.6	114	164	74	3.6	32.22	48.33	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.20	1.76	22.50	2	9.6	116	164	74	3.5	32.75	49.12	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.40	1.57	21.92	2	9.4	118	157	68	3.2	32.71	49.06	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.60	1.76	18.00	2	9.6	120	164	74	3.4	33.70	50.55	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.80	2.06	17.50	4	9.1	122	174	81	3.8	34.30	51.45	6.17	13	39	24	21	19	27	27	--	--	--	3.43	5.15	6.17		
11.00	2.25	24.73	4	9.2	123	180	85	3.9	34.57	51.86	6.76	16	39	24	21	20	27	28	--	--	--	3.76	5.64	6.76		
11.20	2.74	38.36	3	8.5	125	194	--	--	--	--	--	22	40	25	22	21	29	28	--	--	--	4.57	6.86	8.23		
11.40	2.45	34.25	3	8.5	127	186	--	--	--	--	--	18	39	24	21	20	28	28	--	--	--	4.08	6.13	7.35		
11.60	2.35	40.00	3	8.4	129	183	--	--	--	--	--	16	39	24	21	20	27	28	--	--	--	3.92	5.88	7.06		
11.80	2.35	51.06	3	8.4	130	183	--	--	--	--	--	16	3													

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**1**

riferimento

292-2010

certificato n°

04002123

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa**Data esec.: **15/10/2010**Pagina: **4/4**Data certificato: **15/10/2010**

Elaborato:

Falda: **-2.80 m** da p.c.

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc MPa	qc/fs	zone	γ' kN/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 MPa	Eu25 MPa	Mo MPa	Dr %	ϕ_{Sc} (°)	ϕ_{Ca} (°)	ϕ_{Ko} (°)	ϕ_{DB} (°)	ϕ_{DM} (°)	ϕ_{Me} (°)	F.L. MPa	E'50 MPa	E'25 MPa	Mo MPa	
20.00	2.06	17.50	4	9.1	206	174	81	1.9	45.44	68.17	6.17	--	38	21	18	17	25	27	--	3.43	5.15	6.17	
20.20	2.55	20.47	4	9.3	208	189	91	2.2	49.78	74.67	7.64	7	39	22	19	18	25	28	--	4.25	6.37	7.64	
20.40	2.35	20.00	4	9.2	210	183	87	2.1	48.36	72.54	7.06	4	38	22	18	17	25	28	--	3.92	5.88	7.06	
20.60	2.45	23.36	4	9.2	212	186	89	2.1	49.28	73.92	7.35	6	38	22	19	18	25	28	--	4.08	6.13	7.35	
20.80	2.06	24.14	4	9.1	214	174	81	1.9	45.79	68.68	6.17	--	38	21	18	17	25	27	--	3.43	5.15	6.17	
21.00	2.55	27.96	4	9.3	216	189	91	2.1	50.28	75.42	7.64	6	39	22	19	18	25	28	--	4.25	6.37	7.64	
21.20	1.86	21.84	2	9.7	218	168	76	1.7	43.73	65.60	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
21.40	1.76	19.35	2	9.6	220	164	74	1.6	42.57	63.86	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
21.60	1.86	21.84	2	9.7	221	168	76	1.6	43.86	65.79	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
21.80	1.96	20.00	4	9.1	223	171	78	1.7	45.07	67.61	5.88	--	38	21	17	16	25	27	--	3.27	4.90	5.88	
22.00	1.96	18.69	4	9.1	225	171	78	1.7	45.13	67.70	5.88	--	38	21	17	16	25	27	--	3.27	4.90	5.88	
22.20	1.96	17.70	4	9.1	227	171	78	1.7	45.19	67.79	5.88	--	38	20	17	16	25	27	--	3.27	4.90	5.88	
22.40	2.45	22.12	4	9.2	229	186	89	1.9	50.21	75.31	7.35	4	38	22	18	17	25	28	--	4.08	6.13	7.35	
22.60	2.16	19.47	4	9.1	231	177	83	1.7	47.48	71.22	6.47	--	38	21	17	17	25	28	--	3.59	5.39	6.47	
22.80	1.86	20.43	2	9.7	233	168	76	1.6	44.17	66.26	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.00	1.86	21.84	2	9.7	234	168	76	1.5	44.22	66.34	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.20	1.76	19.35	2	9.6	236	164	74	1.5	43.00	64.50	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.40	1.96	20.00	4	9.1	238	171	78	1.6	45.52	68.29	5.88	--	38	20	17	16	25	27	--	3.27	4.90	5.88	
23.60	1.76	18.00	2	9.6	240	164	74	1.4	43.08	64.62	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
23.80	1.47	20.55	2	9.3	242	154	65	1.2	38.77	58.16	4.85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.00	1.57	21.92	2	9.4	244	157	68	1.3	40.33	60.50	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.20	1.47	20.55	2	9.3	246	154	65	1.2	38.82	58.23	4.85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.40	1.47	22.39	2	9.3	248	154	65	1.2	38.84	58.26	4.85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.60	1.57	23.88	2	9.4	249	157	68	1.2	40.41	60.62	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
24.80	1.37	29.79	2	9.2	251	150	62	1.1	37.24	55.87	4.72	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.00	1.86	23.75	2	9.7	253	168	76	1.4	44.64	66.96	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.20	1.37	10.53	2	9.2	255	150	62	1.1	37.28	55.92	4.72	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
25.40	3.33	26.77	4	9.6	257	209	111	2.2	60.95	91.43	10.00	11	39	23	19	18	26	29	--	5.55	8.33	10.00	
25.60	3.43	27.56	4	9.6	259	211	114	2.3	62.34	93.51	10.29	12	39	23	19	18	26	29	--	5.72	8.58	10.29	
25.80	3.33	56.67	3	8.7	261	209	--	--	--	--	--	11	39	22	19	18	25	29	--	5.55	8.33	10.00	
26.00	2.06	16.54	4	9.1	262	174	81	1.4	47.28	70.91	6.17	--	38	20	17	16	25	27	--	3.43	5.15	6.17	
26.20	2.25	19.17	4	9.2	264	180	85	1.5	49.54	74.31	6.76	--	38	20	17	16	25	28	--	3.76	5.64	6.76	
26.40	3.14	19.16	4	9.5	266	204	105	2.0	58.81	88.21	9.41	8	39	22	19	18	25	29	--	5.23	7.84	9.41	
26.60	3.63	19.79	4	9.7	268	216	121	2.3	65.47	98.20	10.88	13	39	23	19	18	26	30	--	6.04	9.07	10.88	
26.80	3.63	18.50	4	9.7	270	216	121	2.3	65.62	98.43	10.88	13	39	23	19	18	26	30	--	6.04	9.07	10.88	
27.00	3.92	20.00	4	9.8	272	222	131	2.5	69.16	103.74	11.76	16	39	23	20	19	26	30	--	6.53	9.80	11.76	
27.20	3.43	13.11	4	9.6	274	211	114	2.1	63.36	95.05	10.29	11	39	22	19	18	25	29	--	5.72	8.58	10.29	
27.40	3.53	19.25	4	9.7	276	214	118	2.2	64.80	97.20	10.58	12	39	22	19	18	25	30	--	5.88	8.82	10.58	
27.60	3.63	18.50	4	9.7	278	216	121	2.2	66.20	99.30	10.88	12	39	23	19	18	26	30	--	6.04	9.07	10.88	
27.80	3.43	12.50	4	9.6	280	211	114	2.1	63.71	95.56	10.29	10	39	22	19	18	25	29	--	5.72	8.58	10.29	
28.00	3.53	17.39	4	9.7	282	214	118	2.1	65.17	97.75	10.58	11	39	22	19	18	25	30	--	5.88	8.82	10.58	
28.20	3.92	14.98	4	9.8	284	222	131	2.4	70.25	105.38	11.76	15	39	23	19	18	26	30	--	6.53	9.80	11.76	
28.40	3.53	21.56	4	9.7	286	214	118	2.1	65.40	98.10	10.58	11	39	22	19	18	25	30	--	5.88	8.82	10.58	
28.60	3.63	30.83	3	8.7	287	216	--	--	--	--	--	12	39	22	19	18	25	30	--	6.04	9.07	10.88	
28.80	3.14	18.50	4	9.5	289	204	105	1.8	59.80	89.70	9.41	6	39	22	18	17	25	29	--	5.23	7.84	9.41	
29.00	3.63	19.79	4	9.7	291	216	121	2.1	67.08	100.62	10.88	11	39	22	19	18	25	30	--	6.04	9.07	10.88	
29.20	3.63	19.17	4	9.7	293	216	121	2.1	67.20	100.79	10.88	11	39	22	19	18	25	30	--	6.04	9.07	10.88	
29.40	4.02	34.17	3	8.8	295	224	--	--	--	--	--	14	39	23	19	18	26	30	--	6.70	10.05	12.05	
29.60	3.23	19.76	4	9.5	297	207	108	1.8	61.61	92.42	9.70	7	39	22	18	17	25	29	--	5.39	8.09	9.70	
29.80	3.72	28.57	4	9.7	299	218	124	2.1	68.87	103.31	11.17	12	39	22	19	18	25	30	--	6.21	9.31	11.17	
30.00	3.04	--	3	8.6	300	202	--	--	--	--	--	4	38	21	18	17	25	29	--	5.06	7.60	9.11	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

2

referimento

292-2010

certificato n°

04002124

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa**
Pagina: **1/4**
Elaborato:

Data eseg.: **15/10/2010**
Data certificato: **15/10/2010**
Falda: **-2.40 m** da p.c.

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	78.40	0		15.20	54.00	86.00		5.29	242.06	22	4.6
0.40	40.00	52.00		3.92	124.46	31	3.2	15.40	73.00	110.00		7.15	294.00	24	4.1
0.60	38.00	57.00		3.72	169.54	22	4.6	15.60	58.00	103.00		5.68	313.60	18	5.5
0.80	44.00	70.00		4.31	208.74	21	4.8	15.80	56.00	104.00		5.49	247.94	22	4.5
1.00	36.00	68.00		3.53	242.06	15	6.9	16.00	109.00	147.00		10.68	294.00	36	2.8
1.20	33.00	70.00		3.23	242.06	13	7.5	16.20	117.00	162.00		11.47	306.74	37	2.7
1.40	19.00	56.00		1.86	163.66	11	8.8	16.40	123.00	170.00		12.05	320.46	38	2.7
1.60	18.00	43.00		1.76	144.06	12	8.2	16.60	122.00	171.00		11.96	345.94	35	2.9
1.80	11.00	33.00		1.08	78.40	14	7.3	16.80	141.00	194.00		13.82	326.34	42	2.4
2.00	10.00	22.00		0.98	46.06	21	4.7	17.00	113.00	163.00		11.07	215.60	51	1.9
2.20	8.00	15.00		0.78	46.06	17	5.9	17.20	96.00	129.00		9.41	313.60	30	3.3
2.40	12.00	19.00		1.18	91.14	13	7.8	17.40	92.00	140.00		9.02	300.86	30	3.3
2.60	16.00	30.00		1.57	51.94	30	3.3	17.60	27.00	73.00		2.65	189.14	14	7.1
2.80	19.00	27.00		1.86	58.80	32	3.2	17.80	21.00	50.00		2.06	104.86	20	5.1
3.00	11.00	20.00		1.08	58.80	18	5.5	18.00	18.00	34.00		1.76	110.74	16	6.3
3.20	11.00	20.00		1.08	26.46	41	2.5	18.20	33.00	50.00		3.23	124.46	26	3.8
3.40	12.00	16.00		1.18	51.94	23	4.4	18.40	27.00	46.00		2.65	137.20	19	5.2
3.60	8.00	16.00		0.78	32.34	24	4.1	18.60	23.00	44.00		2.25	91.14	25	4.0
3.80	7.00	12.00		0.69	46.06	15	6.7	18.80	20.00	34.00		1.96	85.26	23	4.4
4.00	10.00	17.00		0.98	26.46	37	2.7	19.00	17.00	30.00		1.67	91.14	18	5.5
4.20	5.00	9.00		0.49	32.34	15	6.6	19.20	18.00	32.00		1.76	85.26	21	4.8
4.40	6.00	11.00		0.59	39.20	15	6.7	19.40	18.00	31.00		1.76	78.40	23	4.4
4.60	7.00	13.00		0.69	39.20	18	5.7	19.60	19.00	31.00		1.86	98.00	19	5.3
4.80	11.00	17.00		1.08	39.20	28	3.6	19.80	21.00	36.00		2.06	124.46	17	6.0
5.00	13.00	19.00		1.27	46.06	28	3.6	20.00	26.00	45.00		2.55	130.34	20	5.1
5.20	5.00	12.00		0.49	26.46	19	5.4	20.20	27.00	47.00		2.65	144.06	18	5.4
5.40	11.00	15.00		1.08	39.20	28	3.6	20.40	22.00	44.00		2.16	91.14	24	4.2
5.60	8.00	14.00		0.78	51.94	15	6.6	20.60	22.00	36.00		2.16	71.54	30	3.3
5.80	13.00	21.00		1.27	51.94	25	4.1	20.80	31.00	42.00		3.04	110.74	27	3.6
6.00	16.00	24.00		1.57	65.66	24	4.2	21.00	41.00	58.00		4.02	85.26	47	2.1
6.20	18.00	28.00		1.76	39.20	45	2.2	21.20	35.00	48.00		3.43	91.14	38	2.7
6.40	12.00	18.00		1.18	39.20	30	3.3	21.40	32.00	46.00		3.14	144.06	22	4.6
6.60	7.00	13.00		0.69	39.20	18	5.7	21.60	18.00	40.00		1.76	71.54	25	4.1
6.80	10.00	16.00		0.98	39.20	25	4.0	21.80	21.00	32.00		2.06	71.54	29	3.5
7.00	10.00	16.00		0.98	39.20	25	4.0	22.00	19.00	30.00		1.86	78.40	24	4.2
7.20	10.00	16.00		0.98	46.06	21	4.7	22.20	17.00	29.00		1.67	78.40	21	4.7
7.40	8.00	15.00		0.78	39.20	20	5.0	22.40	16.00	28.00		1.57	78.40	20	5.0
7.60	9.00	15.00		0.88	46.06	19	5.2	22.60	18.00	30.00		1.76	85.26	21	4.8
7.80	13.00	20.00		1.27	71.54	18	5.6	22.80	18.00	31.00		1.76	78.40	23	4.4
8.00	14.00	25.00		1.37	65.66	21	4.8	23.00	19.00	31.00		1.86	78.40	24	4.2
8.20	14.00	24.00		1.37	65.66	21	4.8	23.20	15.00	27.00		1.47	65.66	22	4.5
8.40	12.00	22.00		1.18	51.94	23	4.4	23.40	33.00	43.00		3.23	196.00	17	6.1
8.60	13.00	21.00		1.27	32.34	39	2.5	23.60	58.00	88.00		5.68	58.80	97	1.0
8.80	18.00	23.00		1.76	85.26	21	4.8	23.80	63.00	72.00		6.17	144.06	43	2.3
9.00	15.00	28.00		1.47	58.80	25	4.0	24.00	17.00	39.00		1.67	104.86	16	6.3
9.20	13.00	22.00		1.27	51.94	25	4.1	24.20	15.00	31.00		1.47	110.74	13	7.5
9.40	21.00	29.00		2.06	98.00	21	4.8	24.40	19.00	36.00		1.86	104.86	18	5.6
9.60	23.00	38.00		2.25	78.40	29	3.5	24.60	20.00	36.00		1.96	78.40	25	4.0
9.80	14.00	26.00		1.37	58.80	23	4.3	24.80	19.00	31.00		1.86	78.40	24	4.2
10.00	14.00	23.00		1.37	51.94	26	3.8	25.00	19.00	31.00		1.86	71.54	26	3.8
10.20	14.00	22.00		1.37	58.80	23	4.3	25.20	19.00	30.00		1.86	46.06	40	2.5
10.40	16.00	25.00		1.57	91.14	17	5.8	25.40	17.00	24.00		1.67	91.14	18	5.5
10.60	24.00	38.00		2.35	124.46	19	5.3	25.60	18.00	32.00		1.76	65.66	27	3.7
10.80	26.00	45.00		2.55	104.86	24	4.1	25.80	24.00	34.00		2.35	130.34	18	5.5
11.00	22.00	38.00		2.16	104.86	21	4.9	26.00	22.00	42.00		2.16	117.60	18	5.5
11.20	20.00	36.00		1.96	104.86	19	5.4	26.20	22.00	40.00		2.16	104.86	21	4.9
11.40	19.00	35.00		1.86	85.26	22	4.6	26.40	24.00	40.00		2.35	71.54	33	3.0
11.60	19.00	32.00		1.86	78.40	24	4.2	26.60	20.00	31.00		1.96	163.66	12	8.4
11.80	20.00	32.00		1.96	85.26	23	4.4	26.80	25.00	50.00		2.45	65.66	37	2.7
12.00	17.00	30.00		1.67	78.40	21	4.7	27.00	37.00	47.00		3.63	137.20	26	3.8
12.20	20.00	32.00		1.96	51.94	38	2.7	27.20	26.00	47.00		2.55	144.06	18	5.7
12.40	31.00	39.00		3.04	130.34	23	4.3	27.40	29.00	51.00		2.84	169.54	17	6.0
12.60	22.00	42.00		2.16	85.26	25	4.0	27.60	30.00	56.00		2.94	176.40	17	6.0
12.80	18.00	31.00		1.76	65.66	27	3.7	27.80	29.00	56.00		2.84	169.54	17	6.0
13.00	15.00	25.00		1.47	51.94	28	3.5	28.00	28.00	54.00		2.74	169.54	16	6.2
13.20	14.00	22.00		1.37	91.14	15	6.6	28.20	31.00	57.00		3.04	149.94	20	4.9
13.40	20.00	34.00		1.96	98.00	20	5.0	28.40	23.00	46.00		2.25	137.20	16	6.1
13.60	21.00	36.00		2.06	124.46	17	6.0	28.60	28.00	49.00		2.74	124.46	22	4.5
13.80	42.00	61.00		4.12	156.80	26	3.8	28.80	29.00	48.00		2.84	163.66	17	5.8
14.00	41.00	65.00		4.02	156.80	26	3.9	29.00	30.00	55.00		2.94	183.26	16	6.2
14.20	36.00	60.00		3.53	149.94	24	4.3	29.20	36.00	64.00		3.53	215.60	16	6.1
14.40	23.00	46.00		2.25	144.06	16	6.4	29.40	44.00	77.00		4.31	247.94	17	5.8
14.60	22.00	44.00		2.16	144.06	15	6.7	29.60	41.00	79.00		4.02	287.14	14	7.1
14.80	24.00	46.00		2.35	98.00	24	4.2	29.80	75.00	119.00		7.35	137.20	54	1.9
15.00	74.00	89.00		7.25	208.74	35	2.9	30.00	115.00	136.00		11.27			

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

2

referimento

292-2010

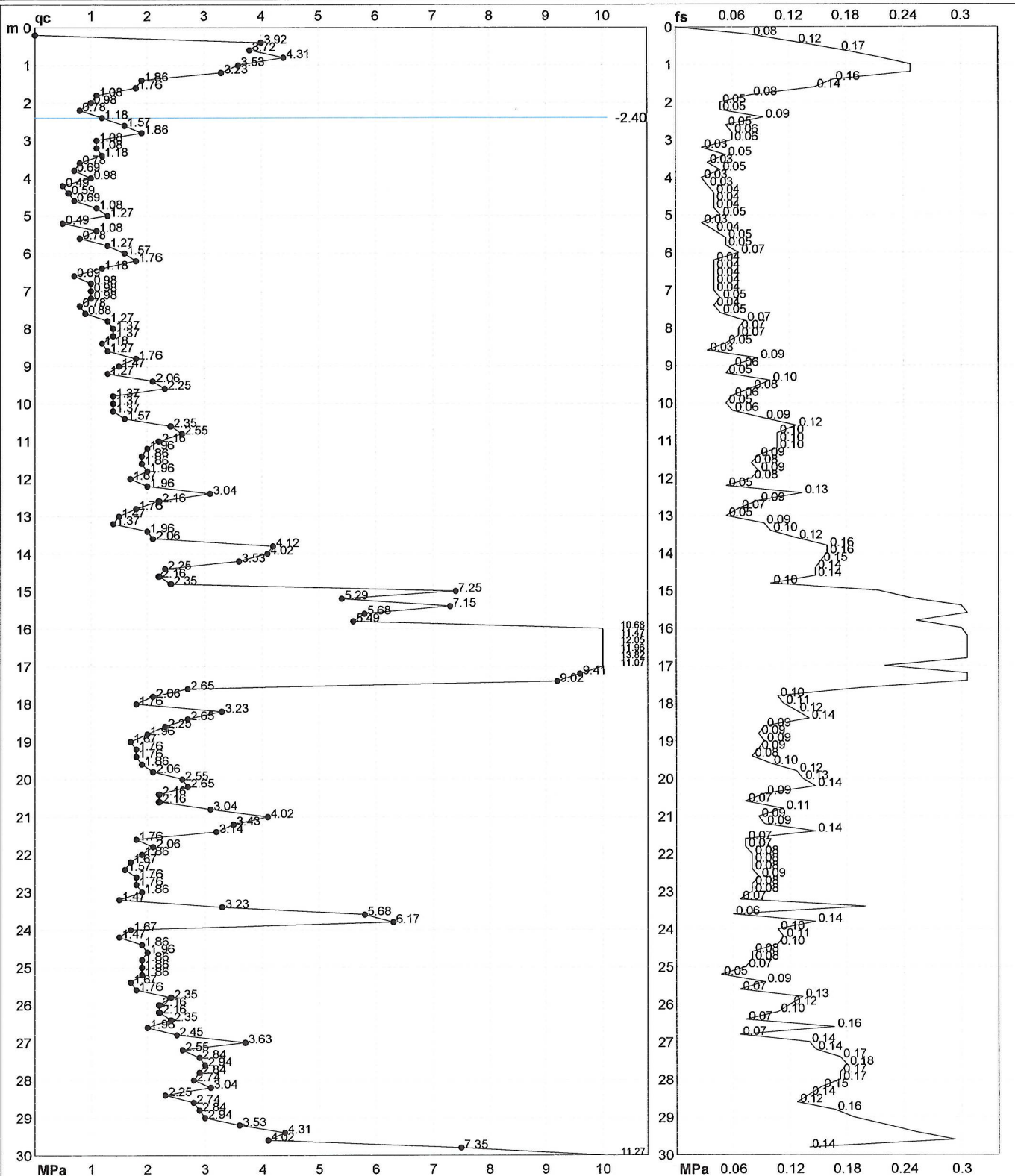
certificato n°

04002124

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:150**
Pagina: **2/4**
Elaborato:

Data esec.: **15/10/2010**
Data certificato: **15/10/2010**
Quota inizio: **Falda: -2.40 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**2**

riferimento

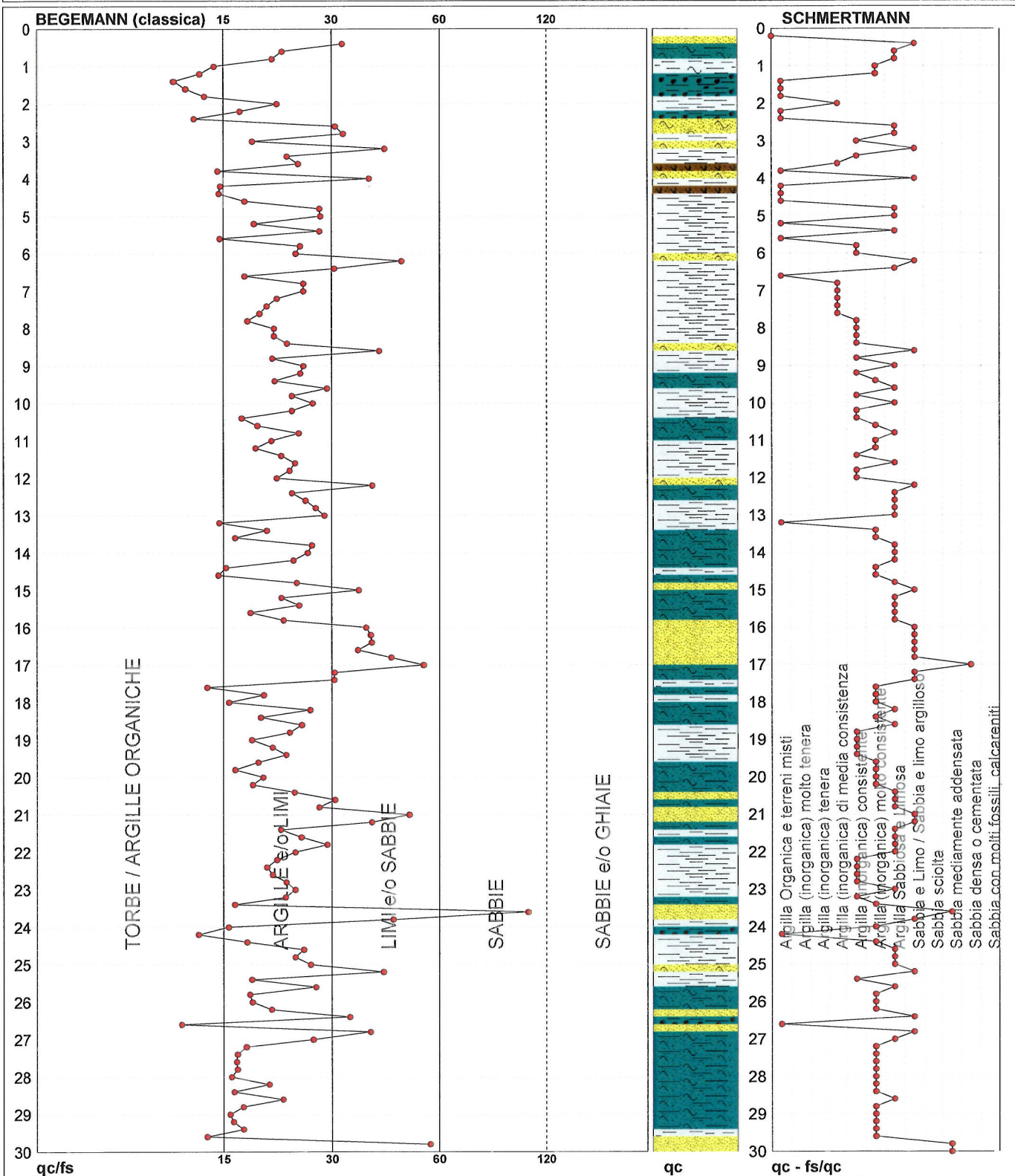
292-2010

certificato n°

04002124

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **15/10/2010**
Scala: **1:150** Data certificato: **15/10/2010**
Pagina: **3/4**
Elaborato: **Falda: -2.40 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	14 punti, 9.40%	Argilla Organica e terreni misti:	15 punti, 10.07%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	41 punti, 27.52%
Argille e/o Limi :	111 punti, 74.50%	Argilla (inorganica) molto tenera:	0 punti, 0.00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	20 punti, 13.42%
Limi e/o Sabbie :	23 punti, 15.44%	Argilla (inorganica) tenera:	0 punti, 0.00%	Sabbia sciolta:	0 punti, 0.00%
Sabbie:	1 punti, 0.67%	Argilla (inorganica) media consist.:	7 punti, 4.70%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 1.34%
Sabbie e/o Ghiaie :	0 punti, 0.00%	Argilla (inorganica) consistente:	26 punti, 17.45%	Sabbia densa o cementata:	1 punti, 0.67%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	36 punti, 24.16%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	0 punti, 0.00%

nota:

FON019

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**2**

riferimento

292-2010

certificato n°

04002124

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa**Data esec.: **15/10/2010**Pagina: **4/4**Data certificato: **15/10/2010**

Elaborato:

Falda: **-2.40 m** da p.c.

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc MPa	qc/fs	zone	γ' kN/m ³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 MPa	Eu25 MPa	Mo MPa	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)	F.L.	E'50 MPa	E'25 MPa	Mo MPa	
0.20	--	--	3	18.1	4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	3.92	31.50	3	18.6	7	222	--	--	--	--	--	100	46	41	38	36	44	30	--	6.53	9.80	11.76	
0.60	3.72	21.97	4	19.5	11	218	124	99.9	21.10	31.65	11.17	92	45	39	36	34	42	30	--	6.21	9.31	11.17	
0.80	4.31	20.66	4	19.6	15	230	144	99.9	24.43	36.65	12.94	89	45	38	35	33	42	31	--	7.19	10.78	12.94	
1.00	3.53	14.57	4	19.5	19	214	118	61.0	19.99	29.99	10.58	77	44	36	33	31	40	30	--	5.88	8.82	10.58	
1.20	3.23	13.36	4	19.3	23	207	108	43.4	18.33	27.49	9.70	69	44	34	32	29	39	29	--	5.39	8.09	9.70	
1.40	1.86	11.38	2	19.5	27	168	76	23.1	12.92	19.38	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.60	1.76	12.24	2	19.4	31	164	74	18.7	12.50	18.74	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	1.08	13.75	2	18.7	34	137	53	10.6	8.94	13.41	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	0.98	21.28	2	18.6	38	132	49	8.6	9.06	13.58	3.92	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	0.78	17.02	2	18.2	42	121	39	5.8	11.19	16.78	3.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	1.18	12.90	2	9.0	44	141	56	8.6	10.35	15.52	4.37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	1.57	30.19	4	8.8	45	157	68	10.4	11.59	17.38	5.08	28	40	27	24	23	31	27	--	2.61	3.92	4.70	
2.80	1.86	31.67	4	9.0	47	168	76	11.4	12.92	19.38	5.70	33	41	28	25	23	32	27	--	3.10	4.66	5.59	
3.00	1.08	18.33	2	8.9	49	137	53	6.9	12.38	18.58	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	1.08	40.74	4	8.5	51	137	53	6.6	13.02	19.52	4.16	12	39	25	22	20	28	26	--	1.80	2.70	3.23	
3.40	1.18	22.64	2	9.0	52	141	56	6.8	13.31	19.96	4.37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	0.78	24.24	2	8.4	54	121	39	4.2	15.13	22.70	3.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	0.69	14.89	1	4.5	55	115	34	3.5	2.99	4.48	1.03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	0.98	37.04	4	8.5	57	132	49	5.2	15.56	23.33	3.92	6	38	24	21	19	27	26	--	1.63	2.45	2.94	
4.20	0.49	15.15	2	7.8	58	101	25	2.1	13.56	20.33	2.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.40	0.59	15.00	1	4.5	59	109	29	2.6	3.20	4.80	0.88	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	0.69	17.50	2	8.2	61	115	34	3.1	16.75	25.12	3.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.80	1.08	27.50	2	8.9	63	137	53	5.0	17.28	25.92	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.00	1.27	27.66	2	9.1	65	145	59	5.6	17.37	26.05	4.56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	0.49	18.52	2	7.8	66	101	25	1.8	13.95	20.92	2.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	1.08	27.50	2	8.9	68	137	53	4.6	18.91	28.36	4.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	0.78	15.09	2	8.4	70	121	39	3.1	19.13	28.69	3.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.80	1.27	24.53	2	9.1	71	145	59	5.0	19.71	29.56	4.56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.00	1.57	23.88	2	9.4	73	157	68	5.7	19.64	29.45	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.20	1.76	45.00	4	8.9	75	164	74	6.1	19.74	29.61	5.50	20	40	25	22	21	29	27	--	2.94	4.41	5.29	
6.40	1.18	30.00	4	8.6	77	141	56	4.2	21.44	32.16	4.37	5	38	23	20	19	27	26	--	1.96	2.94	3.53	
6.60	0.69	17.50	2	8.2	78	115	34	2.2	18.76	28.13	3.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	0.98	25.00	2	8.8	80	132	49	3.4	22.53	33.80	3.92	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.00	0.98	25.00	2	8.8	82	132	49	3.3	22.93	34.39	3.92	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.20	0.98	21.28	2	8.8	84	132	49	3.2	23.30	34.95	3.92	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.40	0.78	20.00	2	8.4	85	121	39	2.4	21.10	31.65	3.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.60	0.88	19.15	2	8.6	87	127	44	2.7	22.82	34.23	3.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.80	1.27	17.81	2	9.1	89	145	59	3.8	25.06	37.58	4.56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.00	1.37	20.90	2	9.2	91	150	62	3.9	25.42	38.14	4.72	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.20	1.37	20.90	2	9.2	93	150	62	3.8	26.05	39.08	4.72	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.40	1.18	22.64	2	9.0	94	141	56	3.3	26.37	39.56	4.37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.60	1.27	39.39	4	8.6	96	145	59	3.4	27.06	40.58	4.56	2	38	23	19	18	26	26	--	2.12	3.19	3.82	
8.80	1.76	20.69	2	9.6	98	164	74	4.4	27.38	41.07	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.00	1.47	25.00	2	9.3	100	154	65	3.7	28.20	42.30	4.85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.20	1.27	24.53	2	9.1	102	145	59	3.2	28.28	42.42	4.56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.40	2.06	21.00	4	9.1	104	174	81	4.6	28.85	43.27	6.17	17	39	25	21	20	28	27	--	3.43	5.15	6.17	
9.60	2.25	28.75	4	9.2	105	180	85	4.8	29.24	43.86	6.76	20	40	25	22	20	28	28	--	3.76	5.64	6.76	
9.80	1.37	23.33	2	9.2	107	150	62	3.2	29.80	44.70	4.72	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.00	1.37	26.42	2	9.2	109	150	62	3.1	30.15	45.22	4.72	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.20	1.37	23.33	2	9.2	111	150	62	3.1	30.48	45.72	4.72	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.40	1.57	17.20	2	9.4	113	157	68	3.3	31.64	47.46	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.60	2.35	18.90	4	9.2	115	183	87	4.5	31.99	47.99	7.06	19	40	25	22	20	28	28	--	3.92	5.88	7.06	
10.80	2.55	24.30	4	9.3	117	189	91	4.6	32.45	48.67	7.64	21	40	25	22	21	28	28	--	4.25	6.37	7.64	
11.00	2.16	20.56	4	9.1	118	177	83	4.0	33.02	49.52	6.47	15	39	24	21	20	27	28	--	3.59	5.39	6.47	
11.20	1.96	18.69	4	9.1	120	171	78	3.7	33.92	50.87	5.88	12	39	24	20	19	27	27	--	3.27	4.90	5.88	
11.40	1.86	21.84	2	9.7	122	168	76	3.5	34.40	51.61	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.60	1.86	23.75	2	9.7	124	168	76	3.4	34.88	52.31	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.80	1.96	22.99	4	9.1	126	171	78	3.5	35.46	53.20	5.88	11	39	23	20	19	27	27	--	3.27	4.90	5.88	
12.00	1.67	21.25	2	9.5	128	161	71	3.0	34.93	52.40	5.30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.20	1.96	37.74	4	9.1	130	171	78	3.4	36.35	54.52	5.88	10	39	23	20	19	26	27	--	3.27	4.90	5.88	
12.40	3.04	23.31	4	9.5																			

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**2**

riferimento

292-2010

certificato n°

04002124

Committente: **Studio Tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Medolla**

U.M.: **MPa**Data esec.: **15/10/2010**Pagina: **4/4**Data certificato: **15/10/2010**

Elaborato:

Falda: **-2.40 m** da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE													
Prof. m	qc MPa	qc/fs	zone	γ' kN/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 MPa	Eu25 MPa	Mo MPa	Dr %	ϕ_{Sc} (°)	ϕ_{Ca} (°)	ϕ_{Ko} (°)	ϕ_{DB} (°)	ϕ_{DM} (°)	ϕ_{Me} (°)	F.L.	E'50 MPa	E'25 MPa	Mo MPa			
20.00	2.55	19.55	4	9.3	206	189	91	2.3	49.63	74.44	7.64	8	39	22	19	18	25	28	--	4.25	6.37	7.64			
20.20	2.65	18.37	4	9.3	208	192	93	2.3	50.46	75.68	7.94	9	39	22	19	18	25	28	--	4.41	6.62	7.94			
20.40	2.16	23.66	4	9.1	210	177	83	2.0	46.59	69.88	6.47	1	38	21	18	17	25	28	--	3.59	5.39	6.47			
20.60	2.16	30.14	3	8.4	212	177	--	--	--	--	--	1	38	21	18	17	25	28	--	3.59	5.39	6.47			
20.80	3.04	27.43	4	9.5	213	202	101	2.5	53.86	80.79	9.11	13	39	23	20	19	26	29	--	5.06	7.60	9.11			
21.00	4.02	47.13	3	8.8	215	224	--	--	--	--	--	22	40	24	21	20	28	30	--	6.70	10.05	12.05			
21.20	3.43	37.63	3	8.7	217	211	--	--	--	--	--	17	39	23	20	19	27	29	--	5.72	8.58	10.29			
21.40	3.14	21.77	4	9.5	219	204	105	2.5	55.46	83.18	9.41	13	39	23	20	19	26	29	--	5.23	7.84	9.41			
21.60	1.76	24.66	2	9.6	221	164	74	1.6	42.61	63.92	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
21.80	2.06	28.77	4	9.1	223	174	81	1.8	46.14	69.22	6.17	--	38	21	17	16	25	27	--	3.43	5.15	6.17			
22.00	1.86	23.75	2	9.7	225	168	76	1.6	43.95	65.93	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
22.20	1.67	21.25	2	9.5	226	161	71	1.5	41.44	62.16	5.30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
22.40	1.57	20.00	2	9.4	228	157	68	1.4	40.07	60.10	5.08	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
22.60	1.76	20.69	2	9.6	230	164	74	1.5	42.86	64.29	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
22.80	1.76	22.50	2	9.6	232	164	74	1.5	42.90	64.35	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
23.00	1.86	23.75	2	9.7	234	168	76	1.5	44.22	66.32	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
23.20	1.47	22.39	2	9.3	236	154	65	1.3	38.69	58.03	4.85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
23.40	3.23	16.50	4	9.5	238	207	108	2.3	58.29	87.43	9.70	12	39	23	19	18	26	29	--	5.39	8.09	9.70			
23.60	5.68	96.67	3	9.1	240	256	--	--	--	--	--	31	41	26	22	21	29	31	--	9.47	14.21	17.05			
23.80	6.17	42.86	3	9.2	242	264	--	--	--	--	--	34	41	26	23	21	29	32	--	10.29	15.44	18.52			
24.00	1.67	15.89	2	9.5	243	161	71	1.3	41.78	62.67	5.30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
24.20	1.47	13.27	2	9.3	245	154	65	1.2	38.81	58.22	4.85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
24.40	1.86	17.76	2	9.7	247	168	76	1.4	44.52	66.78	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
24.60	1.96	25.00	4	9.1	249	171	78	1.5	45.80	68.69	5.88	--	38	20	17	16	25	27	--	3.27	4.90	5.88			
24.80	1.86	23.75	2	9.7	251	168	76	1.4	44.60	66.90	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
25.00	1.86	26.03	2	9.7	253	168	76	1.4	44.64	66.96	5.70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
25.20	1.86	40.43	4	9.0	255	168	76	1.4	44.67	67.01	5.70	--	38	20	16	15	25	27	--	3.10	4.66	5.59			
25.40	1.67	18.28	2	9.5	257	161	71	1.3	41.99	62.98	5.30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
25.60	1.76	26.87	2	9.6	259	164	74	1.3	43.42	65.12	5.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
25.80	2.35	18.05	4	9.2	260	183	87	1.6	50.47	75.70	7.06	--	38	21	17	16	25	28	--	3.92	5.88	7.06			
26.00	2.16	18.33	4	9.1	262	177	83	1.5	48.41	72.61	6.47	--	38	20	17	16	25	28	--	3.59	5.39	6.47			
26.20	2.16	20.56	4	9.1	264	177	83	1.5	48.45	72.68	6.47	--	38	20	17	16	25	28	--	3.59	5.39	6.47			
26.40	2.35	32.88	3	8.4	266	183	--	--	--	--	--	--	38	21	17	16	25	28	--	3.92	5.88	7.06			
26.60	1.96	11.98	4	9.1	268	171	78	1.4	46.17	69.26	5.88	--	38	20	16	15	25	27	--	3.27	4.90	5.88			
26.80	2.45	37.31	3	8.5	269	186	--	--	--	--	--	--	38	21	17	16	25	28	--	4.08	6.13	7.35			
27.00	3.63	26.43	4	9.7	271	216	121	2.3	65.71	98.57	10.88	13	39	23	19	18	26	30	--	6.04	9.07	10.88			
27.20	2.55	17.69	4	9.3	273	189	91	1.6	52.75	79.12	7.64	1	38	21	17	17	25	28	--	4.25	6.37	7.64			
27.40	2.84	16.76	4	9.4	275	197	96	1.7	55.41	83.11	8.53	4	38	21	18	17	25	29	--	4.74	7.11	8.53			
27.60	2.94	16.67	4	9.4	277	199	98	1.7	56.27	84.40	8.82	5	38	22	18	17	25	29	--	4.90	7.35	8.82			
27.80	2.84	16.76	4	9.4	279	197	96	1.7	55.53	83.30	8.53	4	38	21	18	17	25	29	--	4.74	7.11	8.53			
28.00	2.74	16.19	4	9.4	281	194	95	1.6	54.75	82.13	8.23	3	38	21	18	17	25	28	--	4.57	6.86	8.23			
28.20	3.04	20.26	4	9.5	283	202	101	1.7	58.02	87.02	9.11	6	38	22	18	17	25	29	--	5.06	7.60	9.11			
28.40	2.25	16.43	4	9.2	284	180	85	1.4	49.98	74.97	6.76	--	38	20	17	16	25	28	--	3.76	5.64	6.76			
28.60	2.74	22.05	4	9.4	286	194	95	1.6	54.91	82.36	8.23	2	38	21	18	17	25	28	--	4.57	6.86	8.23			
28.80	2.84	17.37	4	9.4	288	197	96	1.6	55.81	83.72	8.53	3	38	21	18	17	25	29	--	4.74	7.11	8.53			
29.00	2.94	16.04	4	9.4	290	199	98	1.6	56.69	85.03	8.82	4	38	21	18	17	25	29	--	4.90	7.35	8.82			
29.20	3.53	16.36	4	9.7	292	214	118	2.0	65.76	98.64	10.58	10	39	22	19	18	25	30	--	5.88	8.82	10.58			
29.40	4.31	17.39	4	9.8	294	230	144	2.6	75.52	113.28	12.94	17	39	23	20	19	26	31	--	7.19	10.78	12.94			
29.60	4.02	13.99	4	9.8	296	224	134	2.3	72.44	108.66	12.05	14	39	23	19	18	26	30	--	6.70	10.05	12.05			
29.80	7.35	53.57	3	9.4	298	282	--	--	--	--	--	35	41	26	22	21	29	32	--	12.25	18.38	22.05			
30.00	11.27	--	3	10.0	300	331	--	--	--	--	--	50	42	28	25	23	32	35	--	18.78	28.18	33.81			

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 Re.Mi.
Stendimento sismico MASW***



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

35.00

Indagine sismica Re.Mi. n. 1

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R01870

Committente: **Geo Group Srl**

Località: **Medolla (MO)**

Cantiere: **SP 468 via Per Cavezzo**

Data prova: 13/10/2010

Data emissione rapporto di prova: 14/10/2010

Lunghezza stendimento (m): **115**

Sostegni in acciaio: **no**

N. geofoni: **24**

Spaziatura geofoni: **5 m**

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.

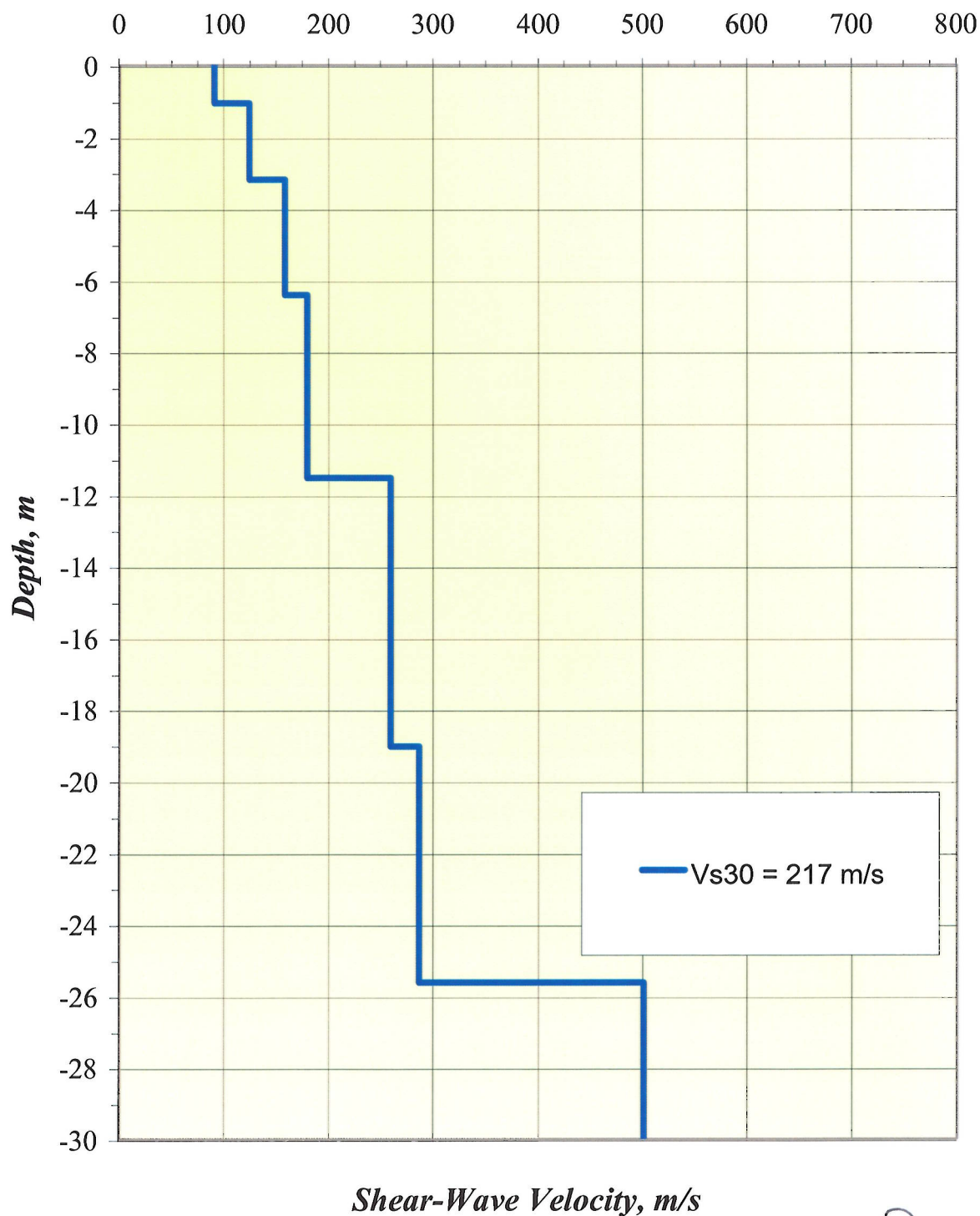
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

I TECNICI DI CANTIERE

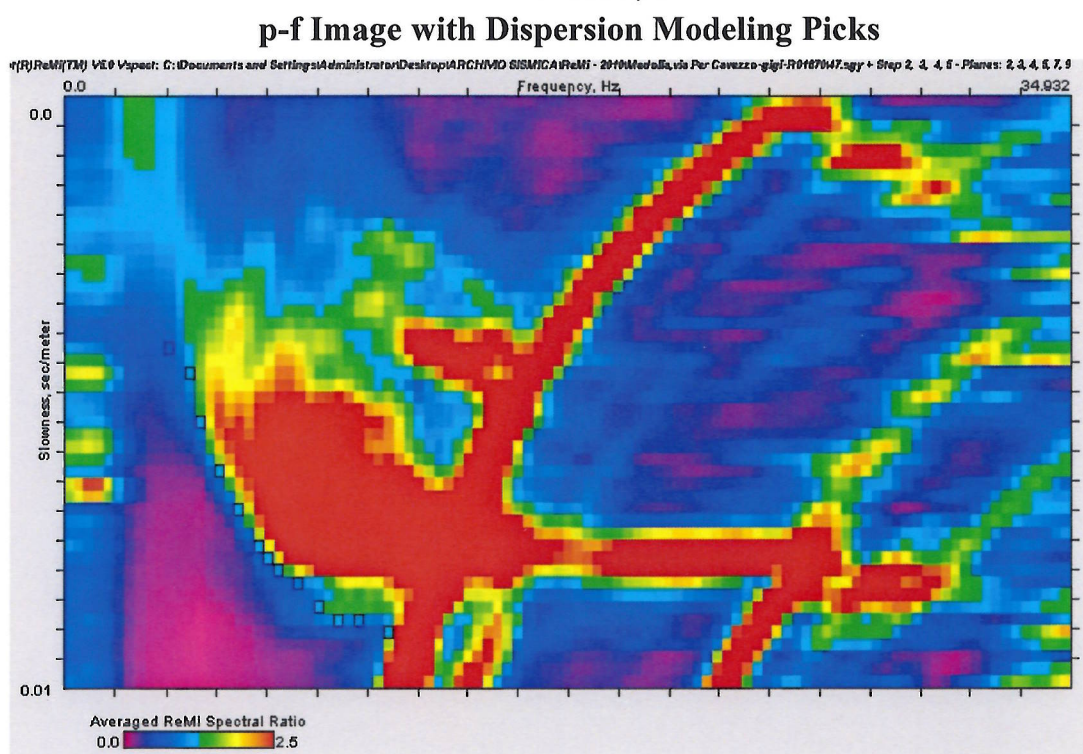
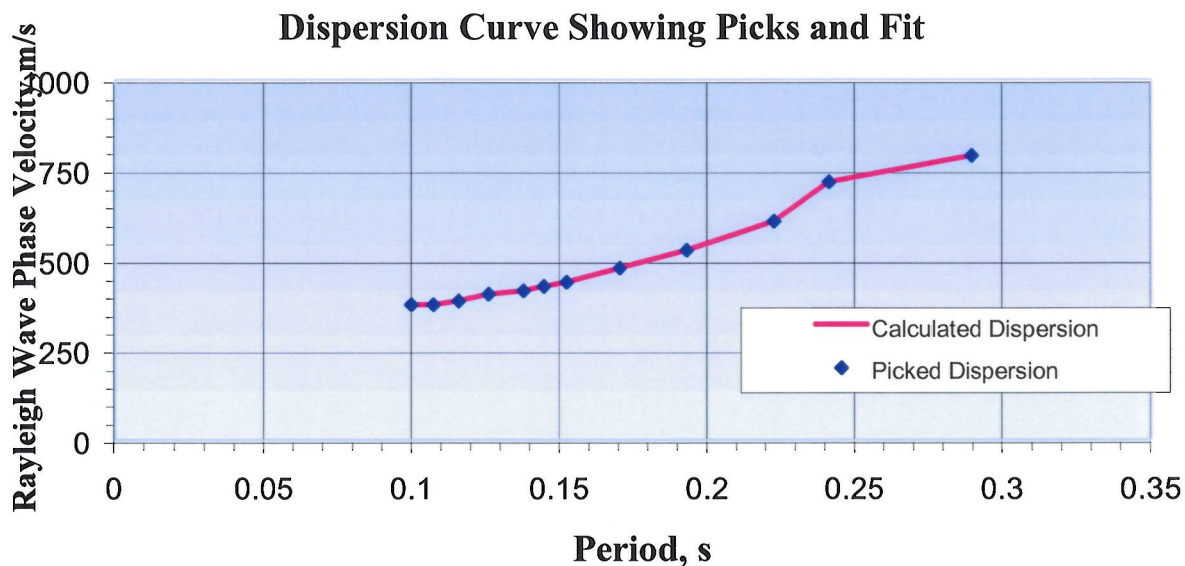
Dott. Gianni Lorici – Dott.ssa Silvia Baraldi

Medolla (MO), SP 468 via Per Cavezzo - 13/10/2010
Vs Model



PROVE PENETROMETRICHE srl
ELABORAZIONE DATI
IL TECNICO

Medolla (MO), SP 468 via Per Cavezzo - 13/10/2010



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 Castelnovo R. (MO) Tel. 059/535046 – Fax 059/539166 e-mail: provepenetrometriche@alice.it www.provepenetrometriche.com	35.00
---	---	--------------

<u>Indagine sismica MASW n. 1</u>	Pagina 1/2
--	-------------------

RAPPORTO DI PROVA N. R01871

Committente: **Geo Group Srl**

Località: **Medolla (MO)**

Cantiere: **via Matteotti**

Data prova: 13/10/2010

Data emissione rapporto di prova: 14/10/2010

Lunghezza stendimento (m): **48**

Sostegni in acciaio: **no**

N. geofoni: **24**

Spaziatura geofoni (m): **2**

Offset a (m): **5**

Offset b (m): **2**

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

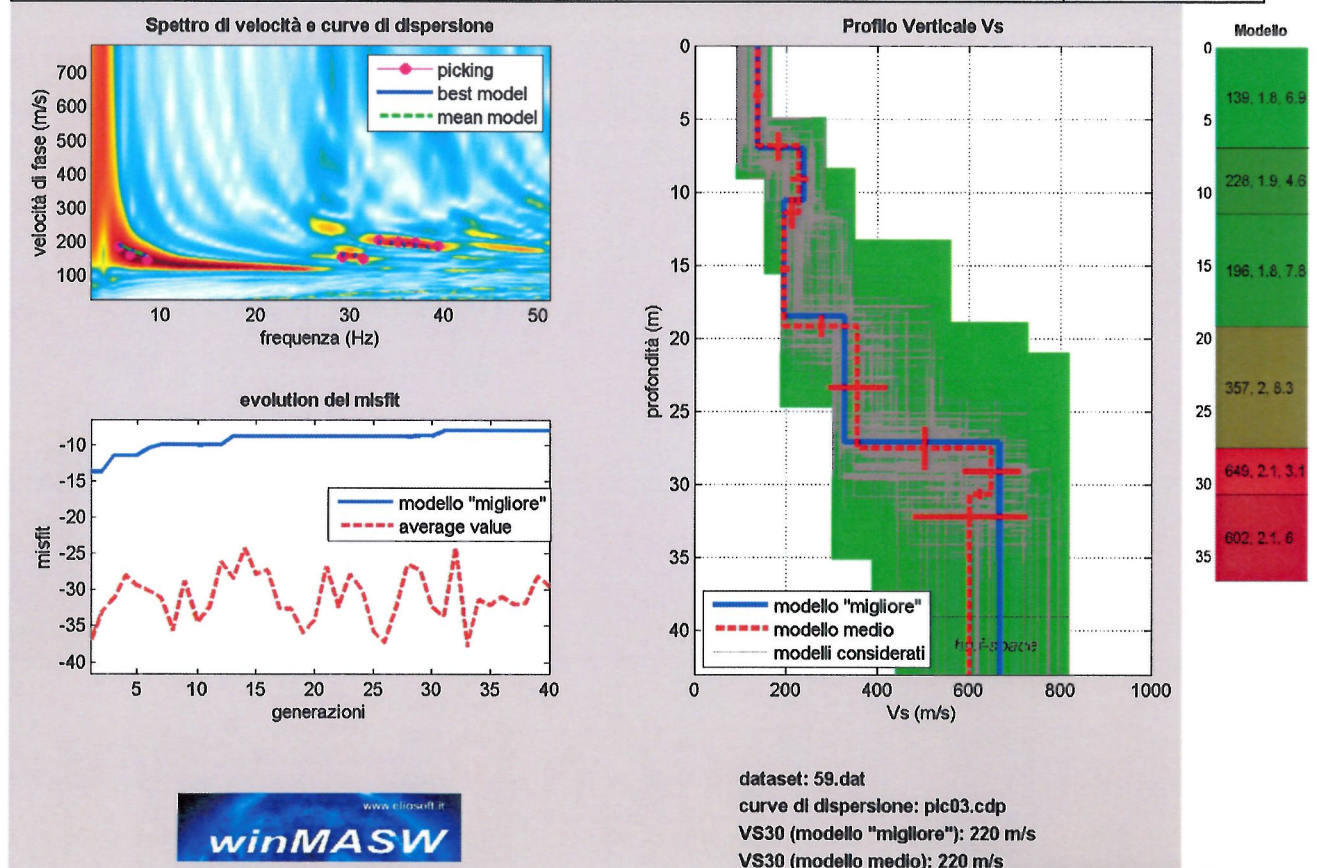
Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure.

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

I TECNICI DI CANTIERE

Dott. Gianni Loricci – Dott.ssa Silvia Baraldi



Vs30 (m/s): 220

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 VS30 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 VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositì 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 VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositì 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 VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ 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 $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositì di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ 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 - Depositì di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Rapporto di prova R01871 del 13/10/2010 pag. 2/2



Geode Ultra-Light Exploration Seismograph

3 YEAR WARRANTY

- ❑ Multi-purpose seismic recorder: refraction, reflection, earthquake monitoring, VSP, blast and vibration measurements
- ❑ Light-weight (8 lb/3.6 kg), in-field module plugs in to your laptop¹ for small surveys or connects to Geometrics' new StrataVisor NZ series seismographs for use in harsh environments
- ❑ Available with 3 to 24 channels per module; connect more modules to build low cost distributed systems up to 1000 channels
- ❑ Data transmitted from Geode to host computer digitally, reducing long, expensive analog cables. Separate boxes over 1 km using lightweight, rugged fiber-optic cable.
- ❑ 24-bit dynamic range, low distortion and built-in geophone² and line testing², noise monitor
- ❑ 20 kHz bandwidth provides ultra-high resolution or low frequencies for earthquake monitoring
- ❑ Standby low-power means light batteries, long life
- ❑ Powerful applications software gives quick answers:
 - Model local geology and display travel-time curves so you know what to expect
 - Pick breaks on site and view travel-time curves on site for optimum shot positioning
 - Display an in-field preliminary cross section and ray coverage plots to see what you have missed
 - Undertake a comprehensive analysis back at the office and easily compare results with several interpretation methods



The new 24-bit Geode seismic recorder is the most versatile and flexible seismograph available today. Small and lightweight enough throw in your suitcase for an evaluation survey. Instantly expandable for full-scale 2-D and 3-D surveys at a cost your accountant will love. And when you are not using the Geode for reflection, refraction downhole or tomography surveys, use it for monitoring earthquakes, quarry blasts or vibration from heavy equipment.

For light-duty applications, you can use your laptop to view, record and process your data. In harsh conditions, control your Geodes with Geometrics' StrataVisor™ NZ series seismographs. You can connect Geodes together to build systems over 1000 channels on multiple lines. Geodes are shock-proof, dust-proof, submersible and withstand extreme temperatures

Geode modules deploy right in the field close to your geophones to improve signal quality and reduce cable costs. Data are transmitted digitally using industry-standard Ethernet eliminating expensive, hard to configure interface cards. Geodes can even be installed on your office network.

The Geode comes with a 3-year warranty backed by Geometrics, now in our 32nd year of prompt, knowledgeable customer support. Additional Geodes are available for rent to quickly expand your capabilities.

Geodes operate from either your laptop or from Geometrics StrataVisor NZ field computer



The StrataVisor NZ has a daylight visible color screen, built-in plotter and is weather and shock resistant



Specifications:

Configurations: 3, 6, 8, 12, 16 or 24 channels in waterproof field deployable Geode module. Geode is operated from either Windows 95/98/ME/NT4 based laptop¹ or by Geometrics' ruggedized StrataVisor NZ field computer. Single Geodes are operated using SGOS software, which contains basic seismograph functions used for engineering surveys. Multiple Geodes can be connected together to build systems with many channels and many lines using MGOS software.

A/D Conversion: 24-bit result using Crystal Semiconductor sigma-delta converters and Geometrics proprietary over sampling.

Dynamic Range: 144 dB (system), 110 dB (instantaneous, measured) at 2 ms, 24 dB.

Distortion: 0.0005% @ 2 ms, 1.75 to 208 Hz.

Bandwidth: 1.75 Hz to 20 kHz. Low corner frequency option available.

Common Mode Rejection: > 100dB at <= 100 Hz, 36 dB.

Crosstalk: -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms.

Noise Floor: 0.20 uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz.

Stacking Trigger Accuracy: 1/32 of sample interval.

Maximum Input Signal: 2.8V PP, 0 dB.

Input Impedance: 20 kOhm, 0.02 uF.

Preamplifier Gains: Software selectable between 24 or 36 dB. Can be jumpered to allow software selection of 12 or 24 dB or jumpered to 0 dB².

Anti-alias Filters: -3 dB at 83% of Nyquist frequency, down 90 dB.

Acquisition and Display Filters:

Low Cut: OUT, 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz, 24 or 48 dB/octave, Butterworth.
Notch: 50, 60, 150, 180 Hz and OUT, with the 50 dB rejection bandwidth 2% of center frequency.
High Cut: OUT, 250, 500 or 1000 Hz, 24 or 48 dB/octave.

Sample Interval: 0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 ms.

Correlation: Optional high-speed hardware correlator available in each Geode for fast cycle time with vibrators and pseudo-random (MiniSosie) sources².

Record Length: 16,384 samples standard, 65,536 samples optional².

Pre-trigger Data: Up to 4,096 Samples.

Delay: 0 to 9999 ms in steps of 1 sample interval.

Data Transmission: Uses Ethernet transmission standard over CAT 5 copper or multimode fiber-optic cable. Distance between boxes: CAT 5 cable up to 250m; fiber-optic cable up to 1500m.

Auxiliary Channels: All Geode channels can be programmed as either AUX or DATA. Fixed data and aux channels available in StrataVisor NZ.

Roll Along: Built-in, no external roll box required.

Line Testing: Real time noise monitor displays real-time output from geophones. Optional geophones pulse test helps identify bad geophones and shorted or broken cables².

Instrument Tests: Optional built-in daily, weekly and monthly testing available². External laboratory quality test system available to measure noise, crosstalk, dynamic range, gain similarity and trigger accuracy to factory specification.

Data Formats: SEG-2 standard with SGOS. SEG-D and SEG-Y available².

System Software:

Single Geode Operating Software (SGOS): Includes full compliment of acquisition, display, plotting, filtering and storage features.

Multiple Geode Operating Software (MGOS): Optional package that allows single laptop to control multiple Geodes and adds additional preamp gains, correlation, expanded record length, tape writing, geophone pulse test, expanded test and diagnostics and roll along capability.

Bundled Applications Software:

- SIPQC delay time refraction software from Rimrock Geophysics
 - [Survey@2D](#) simulated annealing refraction software from Optim
 - SeisImager refraction modeling and analysis software from OYO
 - WinSeis-Lite reflection processing software from Kansas G.S.
- Application software packages are configured for preliminary in-field analysis. Full desktop versions of these packages are available either from Geometrics or directly from the manufacturer.

Data Storage: Stores data locally in SEG-2 on laptop/PC media. Drivers available for tape/disk storage in SEG2/D/Y².

Plotters: Drives a variety of Windows™ compatible printers including Printrex 4, 8 and 12 inch plotters. Consult factory.

Triggering: Positive, negative or contact closure, software adjustable threshold.

Power: Requires 12V external battery. Uses 0.65 W/channel during acquisition, sleep mode reduces power consumption by 70% while in standby.

Environmental: -30 to 70 degrees C. Waterproof and submersible. Withstands a 1 m drop onto concrete on 6 sides and 8 corners.

Physical: 10"L x 12"W x 7"D (25.4cm L x 30.5cmW x 17.75cmD). Weighs 8 lb. (3.6 kg).

Operating System: Windows 95/98/ME/NT4.

1- Laptop computers are NOT field devices. They are easily damaged by harsh treatment or exposure to extreme environments. They have a short battery life. Geometrics StrataVisor NZ is designed to operate in harsh conditions for extended periods and should be used with the Geode for professional surveys when reliability is important.

2 - Available with MGOS software only.

g:\datashts\...\geode6.doc 2/16/01

GEOMETRICS, INC.

2190 Fortune Drive, San Jose, CA 95131, USA.
(408) 954-0522 - Fax (408) 954-0902 - Email: sales@mail.geometrics.com

GEOMETRICS Europe

Manor Farm Cottage, Galley Lane, Great Brickhill, Bucks, England MK17 9AB
44-1525-261874 - Fax 44-1525-261867 - Email: chris-leech@geometrics-europe.swinternet.co.uk

GEOMETRICS, China

Laurel Industrial Company Inc., Beijing Office, Room 2509-2511 Full Link Plaza
#18 Chaoyangmenwai Dajie, Chaoyang District, Beijing, China 100020
10-6588-1126 (1127...1130) - 10-6588-1132 - Fax 10-6588-1162



www.geometrics.com

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)

HVSR n°1

MEDOLLA-VIA-MATTEOTTI,

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Start recording: 13/10/10 11:32:38

End recording: 13/10/10 11:52:38

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 300 Hz

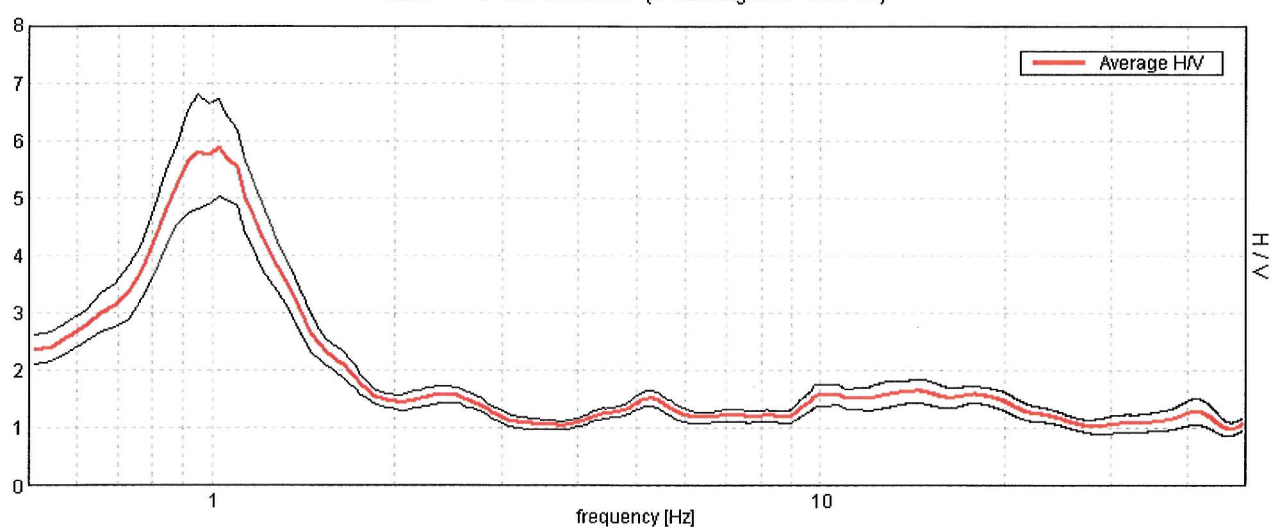
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

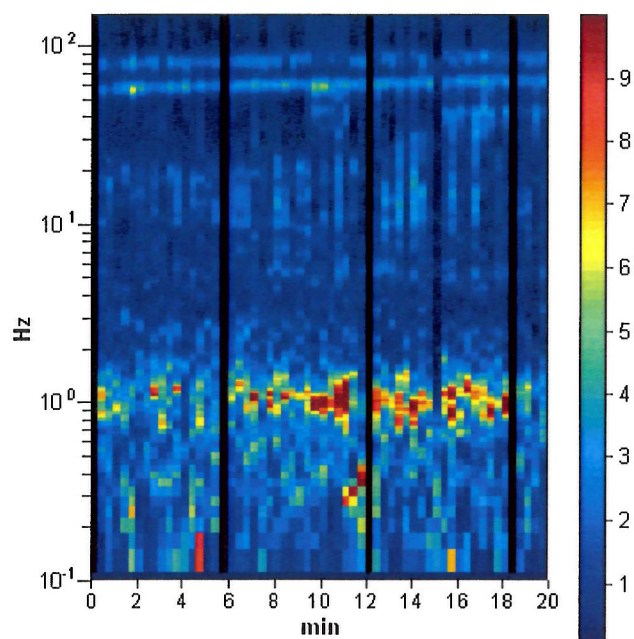
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

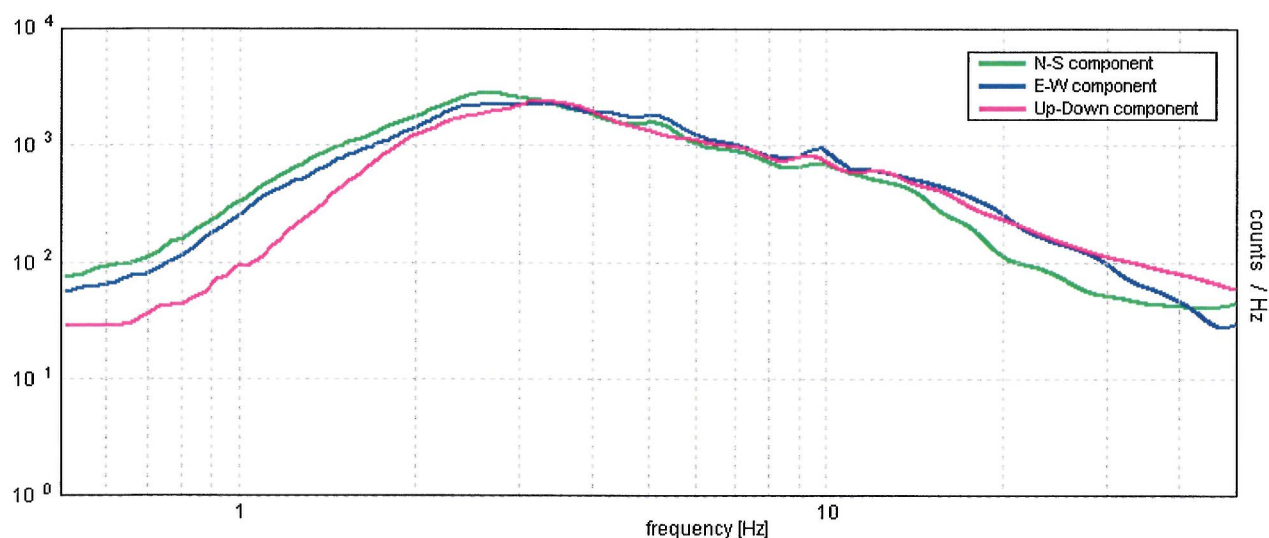
Max. H/V at 1.03 ± 0.02 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

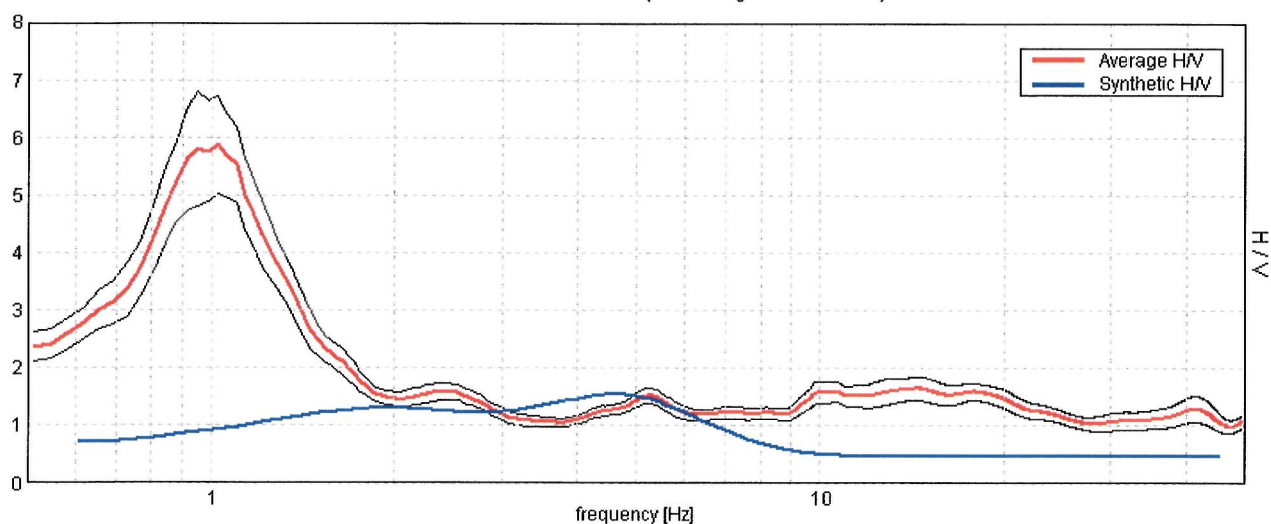


SINGLE COMPONENT SPECTRA



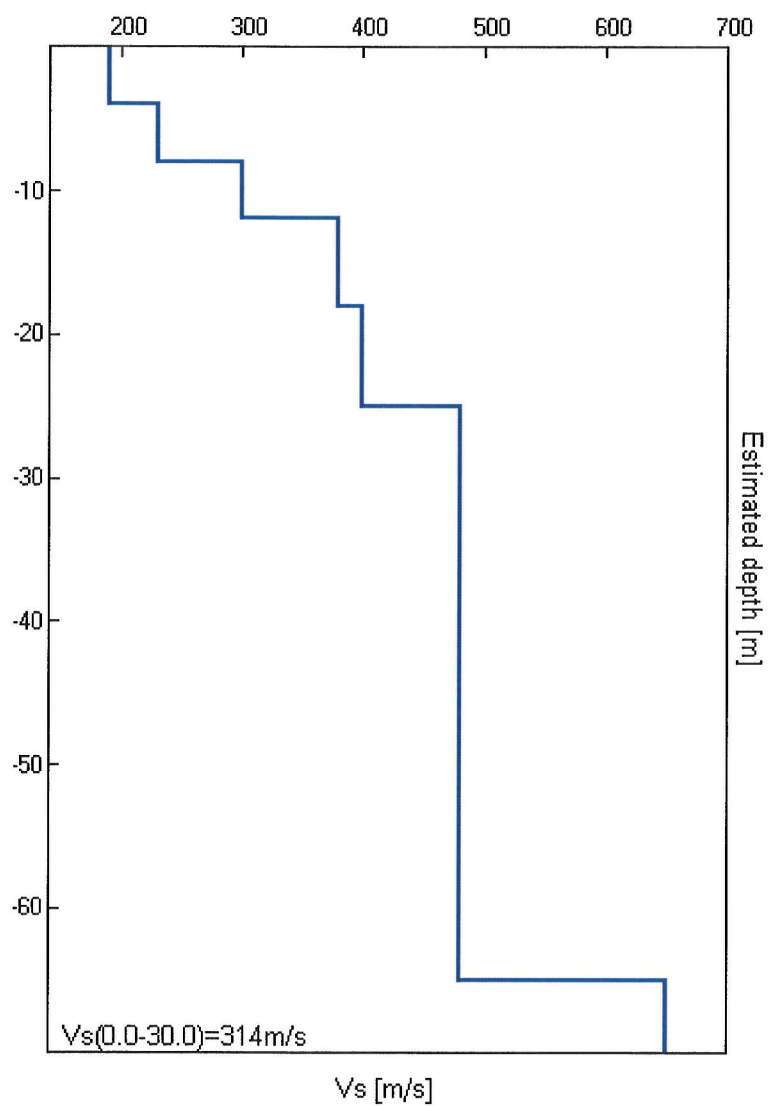
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.03 ± 0.02 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	190	0.35
8.00	4.00	230	0.38
12.00	4.00	300	0.35
18.00	6.00	380	0.35
25.00	7.00	400	0.35
65.00	40.00	480	0.35
inf.	inf.	650	0.35

$V_s(0.0-30.0)=314\text{m/s}$



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.03 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.03 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1148.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 43 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.623 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.428 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.87 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00961 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00985 < 0.10254$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4199 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

HVSR n°2

MEDOLLA-VIA-CAVEZZO,

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Start recording: 13/10/10 09:34:06

End recording: 13/10/10 09:04:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 98% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 300 Hz

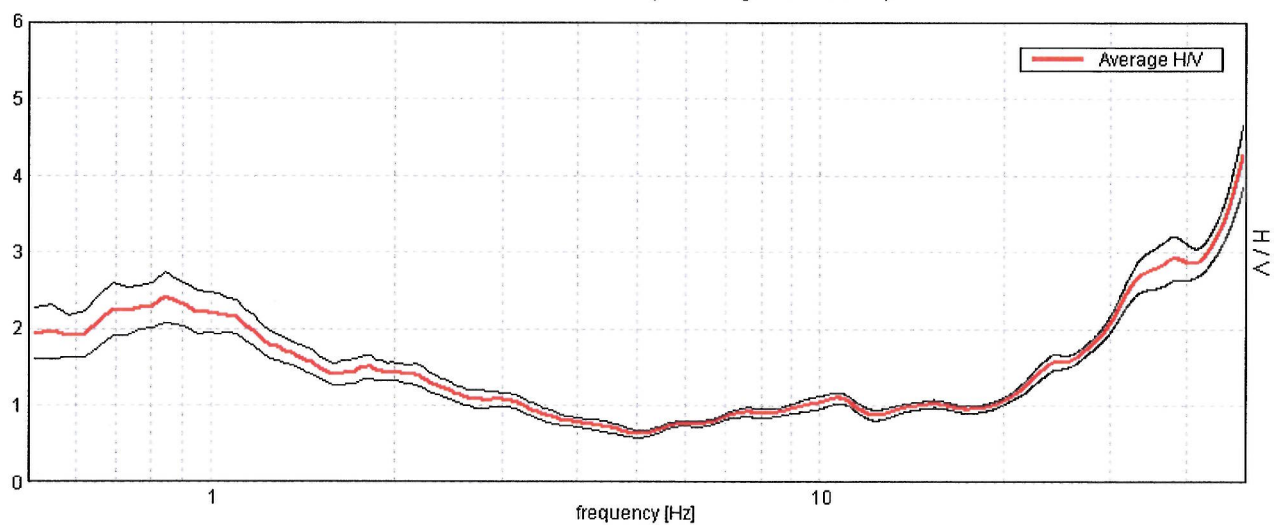
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

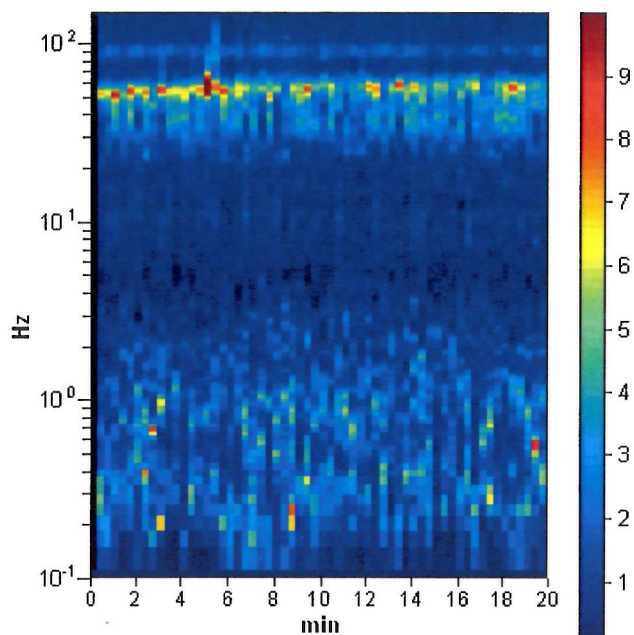
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

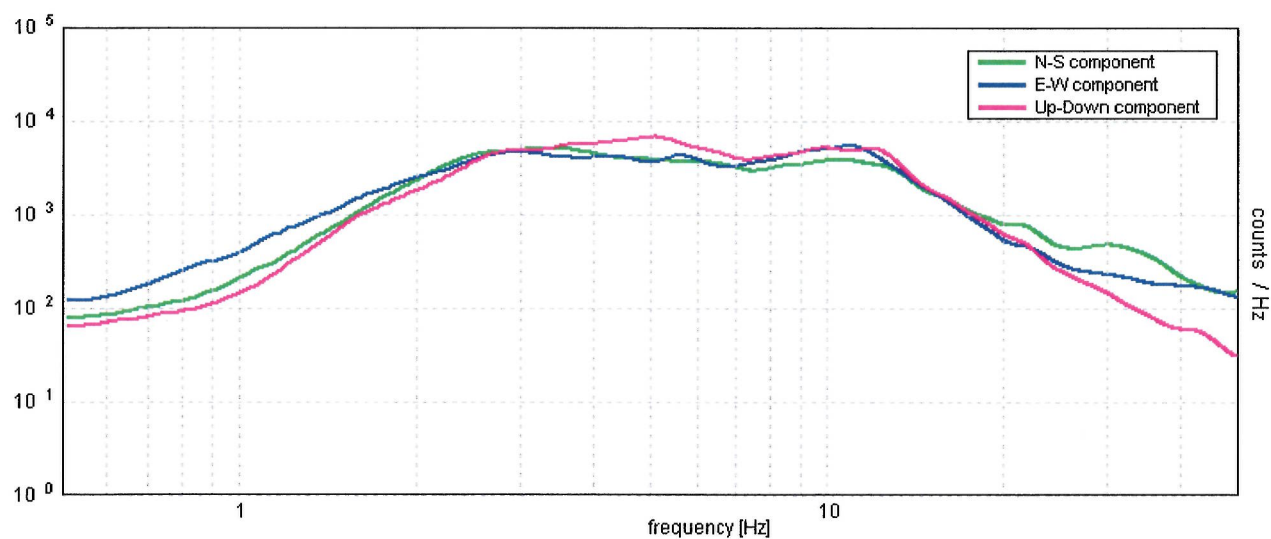
Max. H/V at 38.34 ± 3.69 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

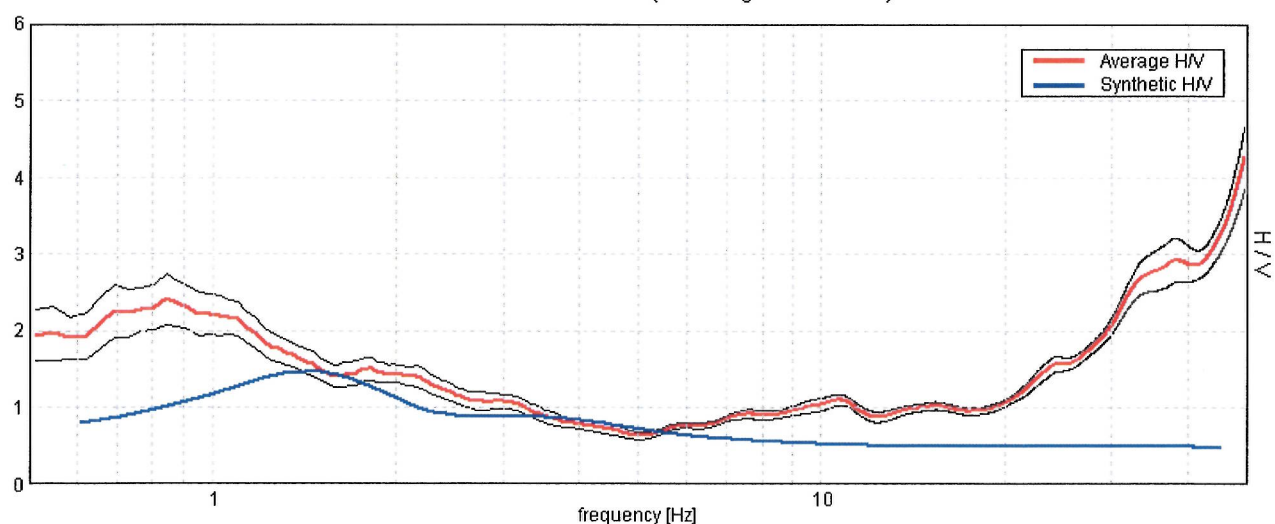


SINGLE COMPONENT SPECTRA



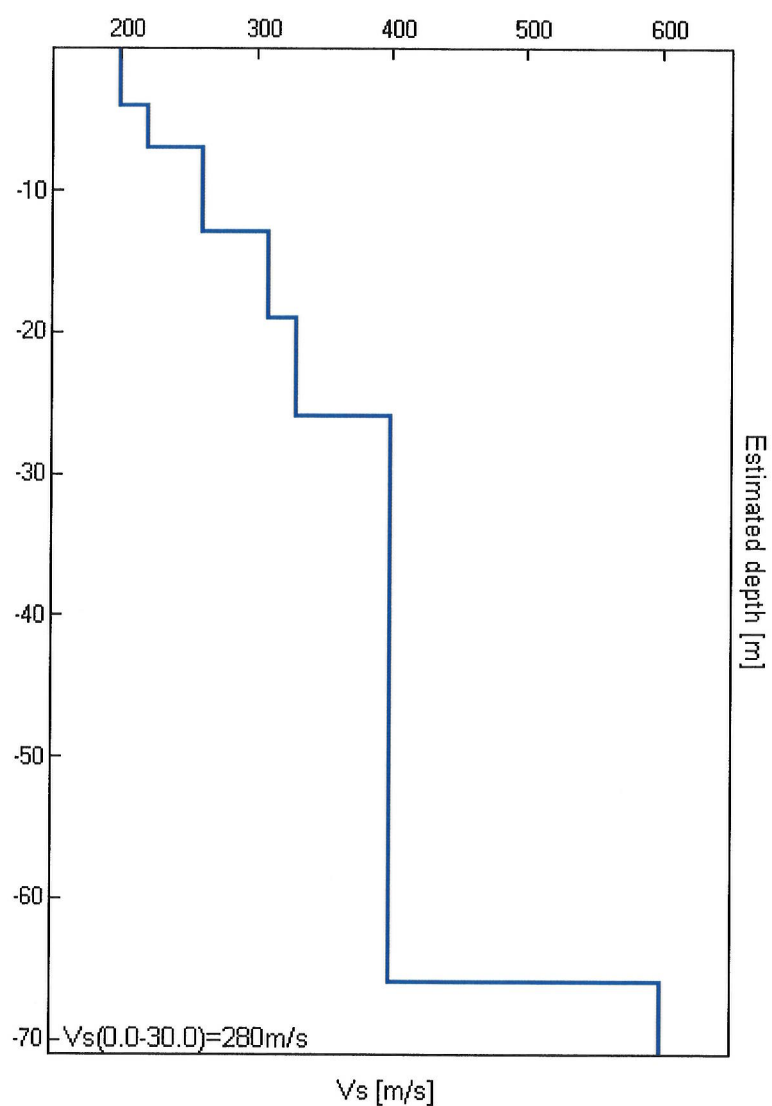
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 38.34 ± 3.69 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	200	0.30
7.00	3.00	220	0.35
13.00	6.00	260	0.35
19.00	6.00	310	0.35
26.00	7.00	330	0.35
66.00	40.00	400	0.35
inf.	inf.	600	0.35

$V_s(0.0-30.0)=280\text{m/s}$



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 38.34 ± 3.69 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve
[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$38.34 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$45243.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1572 times	OK	

Criteria for a clear HVSR peak
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	23.181 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	69.067 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.92 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04764 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.82652 < 1.91711$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.139 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

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



GEO GROUP SRL

v. Cesare Costa, 182-Modena-059/3967169

INTORNO CPT 1

Committente: Comune di Medolla

Località: Via S.S 12

Descrizione: Studio del terreno di fondazione

Note: Falda rilevata a -2.80 da p.c.

Sigla: 01

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

Profondità (m)	qc(kg/cm ²)	fs(kg/cm ²)	Gamma(t/mc)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cm ²)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cm ²)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
1	17	0.85	1.8	0.142	0.185	6.51
2	16	1.1	1.8	0.141	0.099	
3	23	0.46	0.8	0.14	0.113	4.04
4	9	0.58	0.8	0.154	0.066	
5	6	0.19	0.8	0.175	0.059	
6	7	0.46	0.8	0.19	0.059	
7	11	0.46	0.8	0.202	0.063	
8	13	0.52	0.8	0.211	0.064	
9	11	0.52	0.8	0.217	0.06	
10	18	0.98	0.8	0.221	0.066	
11	23	0.91	0.8	0.22	0.068	
12	21	0.46	0.8	0.218	0.066	
13	20	0.66	0.8	0.215	0.064	
14	13	0.59	0.8	0.212	0.058	
15	26	0.72	0.8	0.208	0.066	
16	30	1.17	0.8	0.203	0.067	
17	18	0.78	0.9	0.198	0.06	
18	30	0.91	0.9	0.192	0.065	
19	30	1.17	0.9	0.186	0.065	
20	21	1.17	0.9	0.179	0.06	
21	26	0.91	0.9	0.173	0.061	
22	20	1.04	0.9	0.166	0.058	
23	19	0.85	0.9	0.159	0.058	
24	16	0.71	0.9	0.164	0.056	
25	19	0.78	0.9	0.162	0.057	
26	21	1.24	0.9	0.16	0.057	
27	40	1.96	0.9	0.158	0.064	
28	36	2.02	0.9	0.156	0.062	
29	37	1.83	0.9	0.155	0.062	
30	38	1.3	0.9	0.153	0.062	

Profondità tetto falda(m): 2.8

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

Certificato n.01 del 20/10/10

Firma

GEO GROUP s.r.l.

Geologia e Ambiente

Via C. Costa n. 182 - 41100 MODENA

Tel. 059/3967169 - Fax 059/5332019

P. IVA e C. F. 02981500362

www.geogroupmodena.it



GEO GROUP SRL

v. Cesare Costa, 182-Modena-059/3967169

Committente: Comune di Medolla

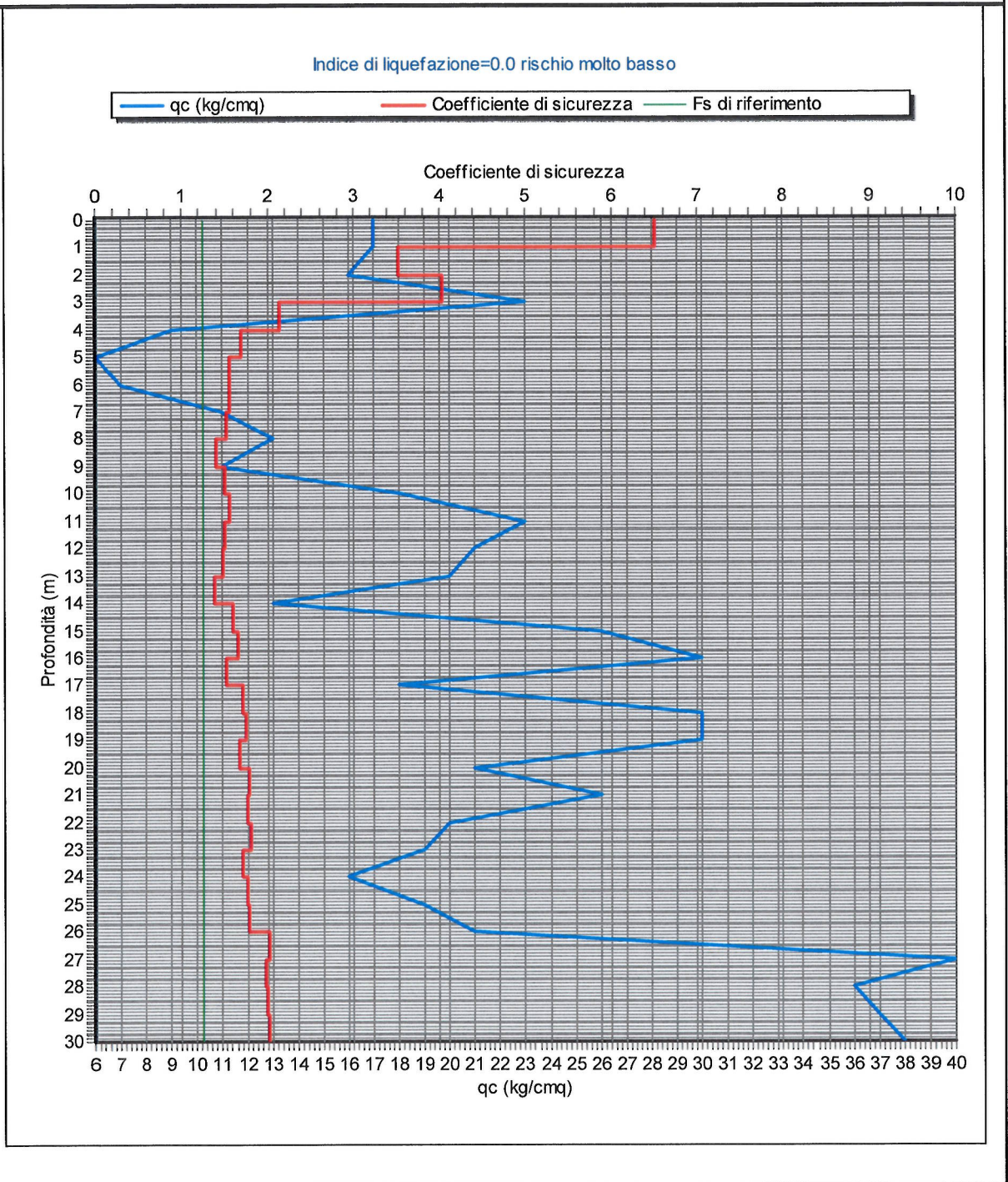
Località: Via S.S 12

Descrizione: Studio del terreno di fondazione

Note: Falda rilevata a -2.80 da p.c.

Sigla: 01

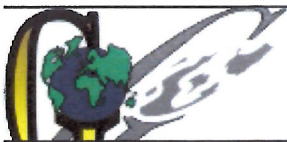
Stima del rischio di liquefazione con il metodo di Robertson e Wride (1997)



Certificato n.01 del 20/10/10

GEO GROUP s.r.l.

Firma: **Geologia e Ambiente**
Via C. Costa n. 182 - 41100 MODENA
Tel. 059/3967169 - Fax 059/5332019
P. IVA e C. F. 02981500362
www.geogroupmodena.it



GEO GROUP SRL

v. Cesare Costa, 182-Modena-059/3967169

INTORNO CPT2

Committente: Comune di Medolla

Località: Ambito via Matteotti Nord

Descrizione: Studio del terreno di fondazione

Note: tetto falda rilavata a -2.40 m da p.c.

Sigla: 01

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	36	2.42	1.8	0.142	0.914	32.19
2	10	0.46	1.8	0.141	0.081	
3	11	0.59	0.8	0.158	0.073	
4	10	0.26	0.8	0.183	0.067	
5	13	0.46	0.8	0.2	0.069	
6	16	0.66	0.8	0.212	0.071	
7	10	0.39	0.8	0.221	0.062	
8	14	0.66	0.8	0.227	0.065	
9	15	0.59	0.8	0.232	0.064	
10	14	0.52	0.8	0.234	0.062	
11	22	1.04	0.8	0.232	0.068	
12	17	0.78	0.8	0.229	0.063	
13	15	0.52	0.8	0.225	0.06	
14	41	1.56	0.8	0.221	0.077	
15	54	2.08	0.8	0.216	0.083	
16	56	2.94	0.8	0.211	0.082	
17	96	2.15	0.8	0.205	0.424	10.37
18	21	1.1	0.8	0.199	0.061	
19	18	0.91	0.8	0.193	0.059	
20	26	1.3	0.9	0.186	0.062	
21	41	0.85	0.9	0.179	0.068	
22	19	0.78	0.9	0.172	0.058	
23	19	0.78	0.9	0.165	0.058	
24	17	1.04	0.9	0.169	0.057	
25	19	0.71	0.9	0.167	0.057	
26	22	1.17	0.9	0.165	0.058	
27	29	1.37	0.9	0.163	0.06	
28	28	1.69	0.9	0.161	0.059	
29	30	1.83	0.9	0.158	0.06	
30	75	1.37	0.9	0.156	0.334	10.71

Profondità tetto falda(m): 2.4

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

Certificato n.01 del 20/10/10

GEO GROUP s.r.l.
Geologia e Ambiente
Via C. Costa n. 182 - 41100 MODENA
Tel. 059/3967169 - Fax 059/5332019
P. IVA e C.F. 02981500362
www.geogroupmodena.it



GEO GROUP SRL

v. Cesare Costa, 182-Modena-059/3967169

Committente: Comune di Medolla

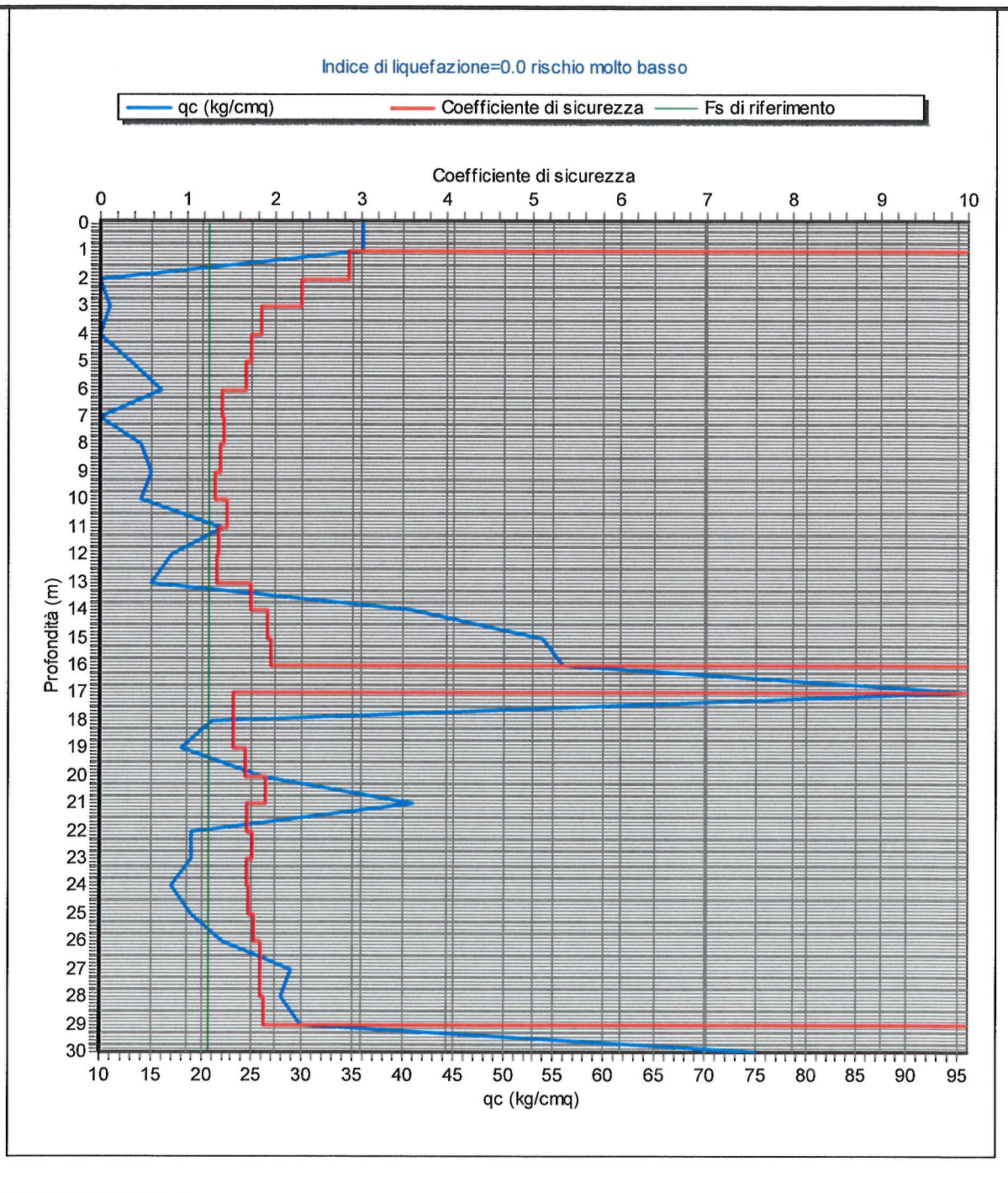
Località: Ambito via Matteotti Nord

Descrizione: Studio del terreno di fondazione

Note: tetto falda rilavata a -2.40 m da p.c.

Sigla: 01

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



Certificato n.01 del 20/10/10

GEO GROUP S.r.l.
Firma: Geologia e Ambiente
Via C. Costa n. 182 - 41100 MODENA
tel. 059/3967169 - Fax 059/5332019
P.IVA e C.F. 02981500362
www.geogroupmodena.it

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/cm³ = 1.87
Densità secca, g/cm³ = 1.504
Indice dei vuoti = 0.80
Porosità = 45
Peso specifico granuli, g/cm³ = 2.71
Grado di saturazione, % = 82.3

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

NOTA:

DATA: 11/07/2010

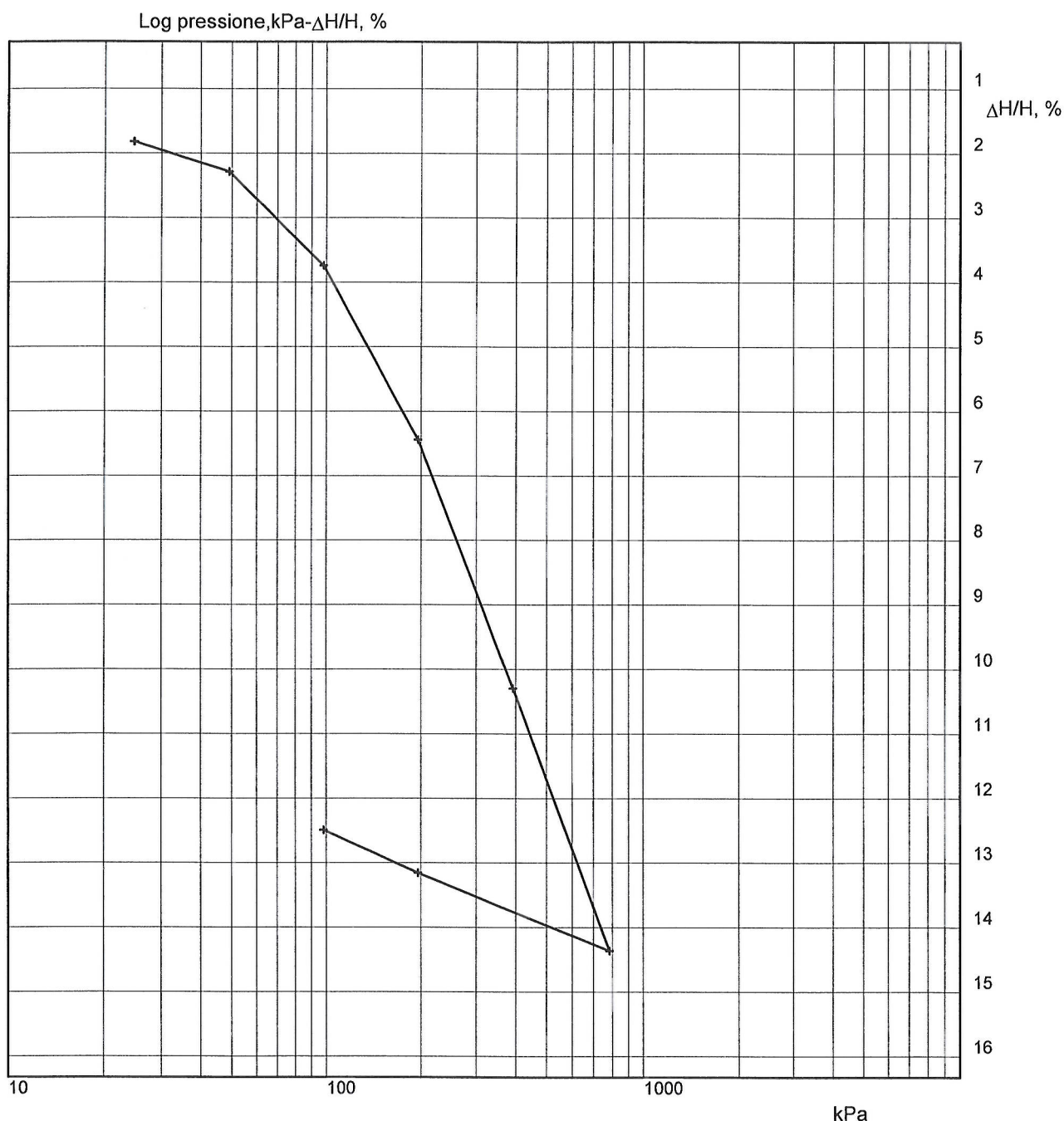
FIRMA:
GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362

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

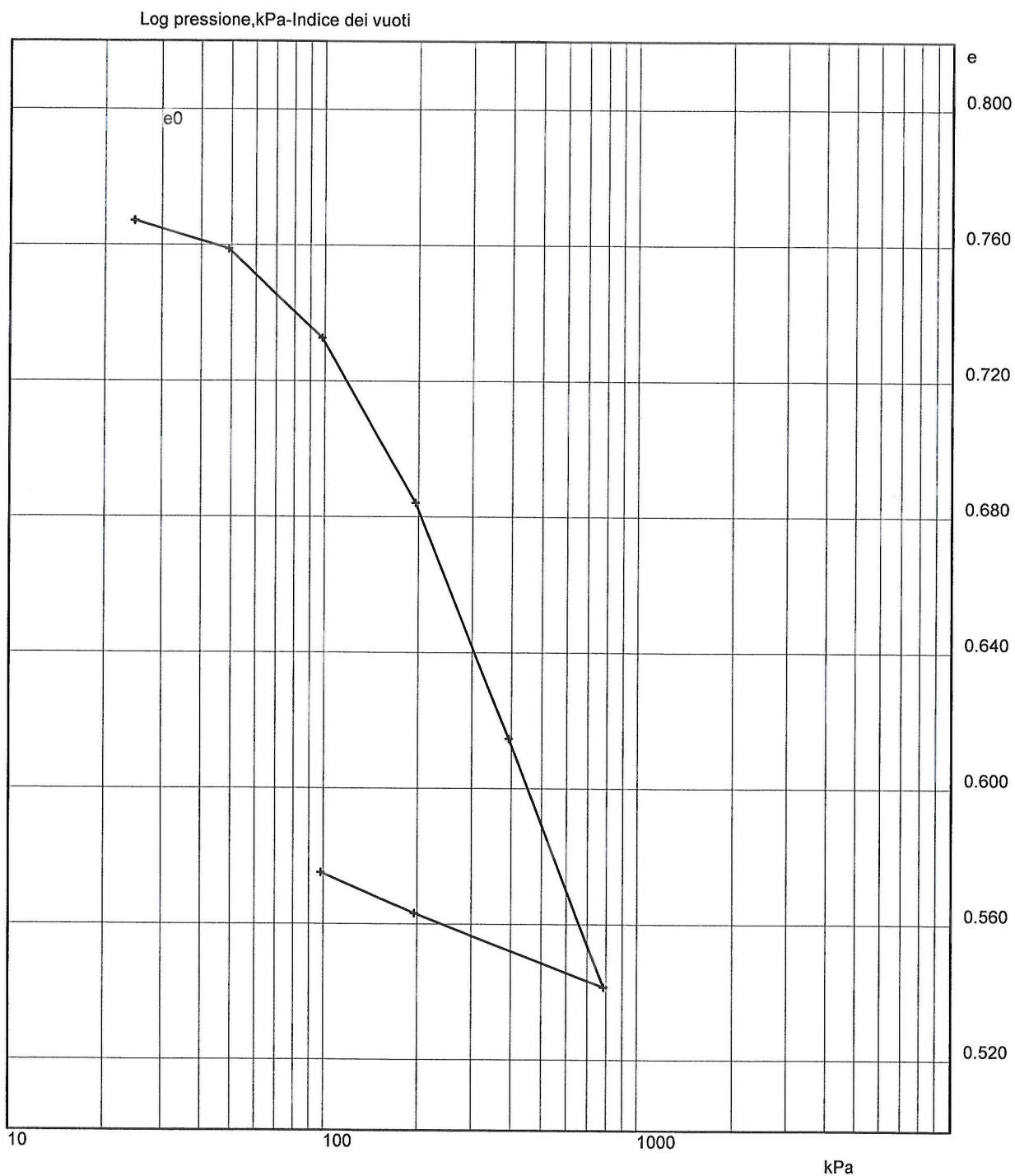
FIRMA:
GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362

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:**

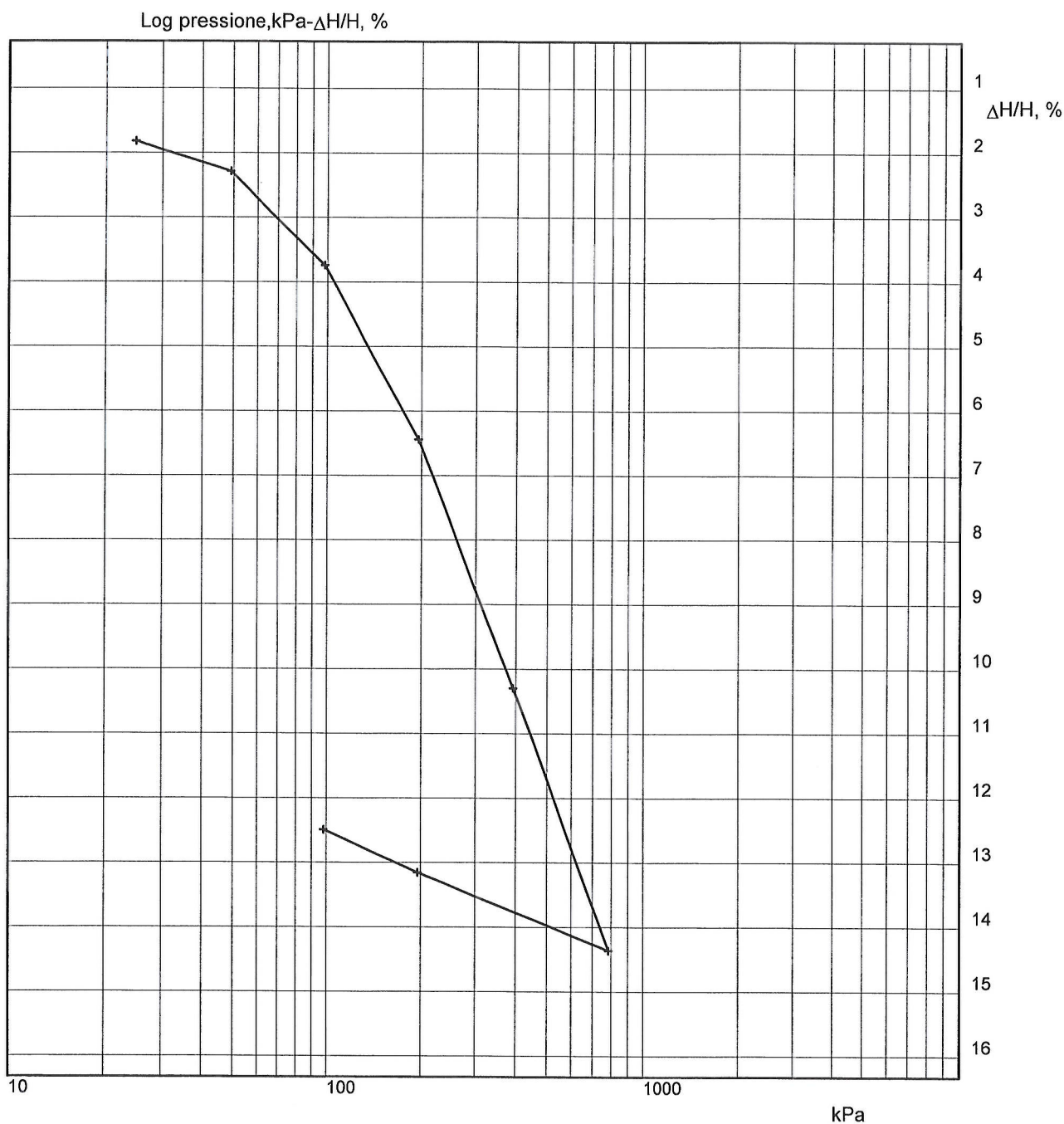
GEO GROUP s.r.l.
via C. Costa, 182 - 41100 MODENA
P. IVA 02981500362

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

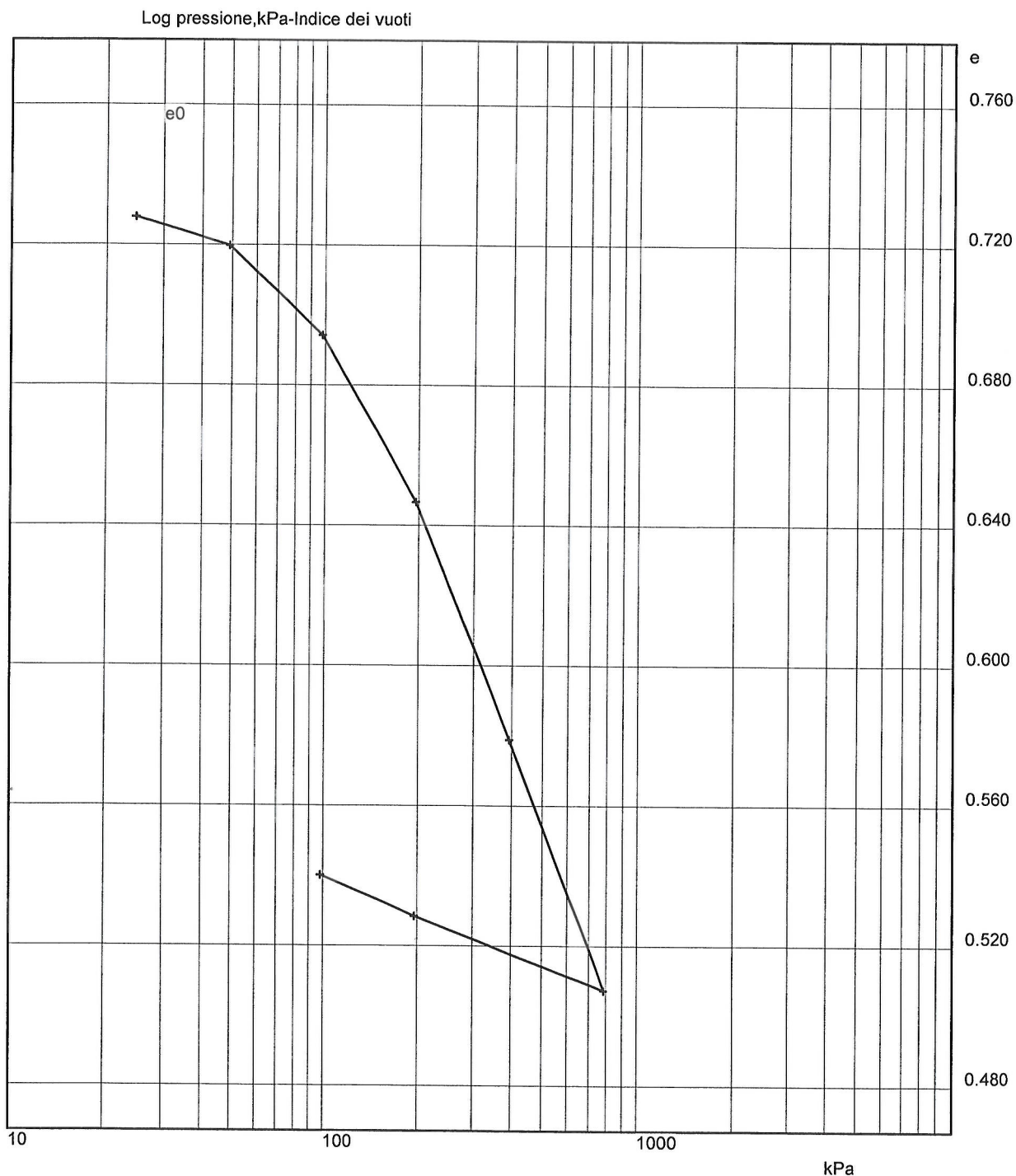
FIRMA:
GEO GROUP s.r.l.
via per Modena, 12 - 41051 Castelnuevo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

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***

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***



GEO GROUP S.p.A.

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

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

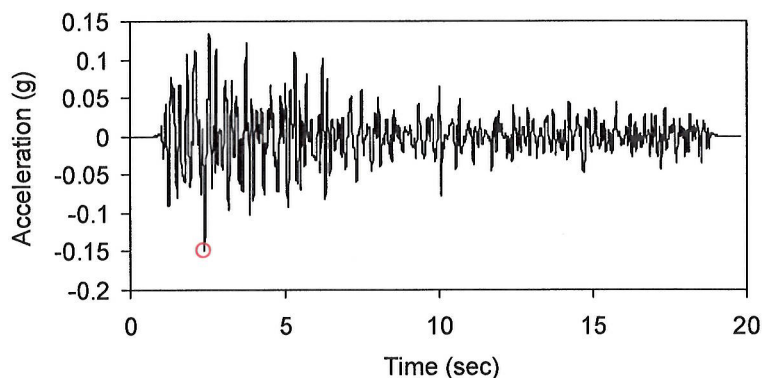
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019 - p.IVA e C.F. 02981500362 – E-mail: geo.group@libero.it

Ambito “Via Matteotti Nord”

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	37.96		19.00	140		3.5	66.50
	2	1	4.0	102.46		19.00	230		9.0	171.00
	3	2	8.0	121.05		19.00	200		15.0	285.00
	4	1	8.0	264.22		20.00	360		23.0	441.00
	5	1	13.0	733.94		20.00	600		33.5	651.00
	6	1	50.0	809.17		20.00	630		65.0	1281.00
Bedrock	7	0		2935.78	1	20.00	1200	Outcrop	90.0	1781.00

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



PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.14	4.64	5.76

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 $0.5\text{sec} < T_0 < 1.0\text{sec}$)



Ambito: “via Matteotti Nord”

Approfondimento di III° LIVELLO per la stima
del coefficiente di amplificazione litologico,
Approfondimenti di III° LIVELLO per gli eventuali cedimenti

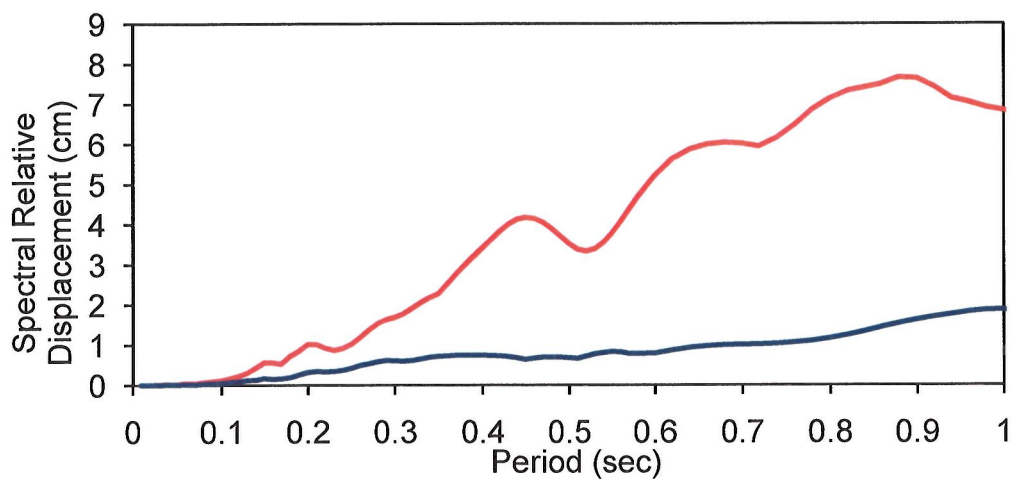
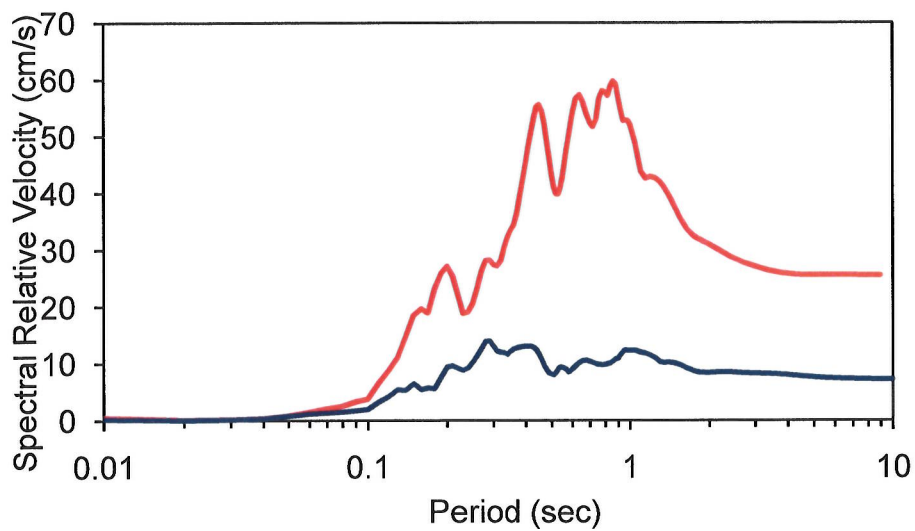
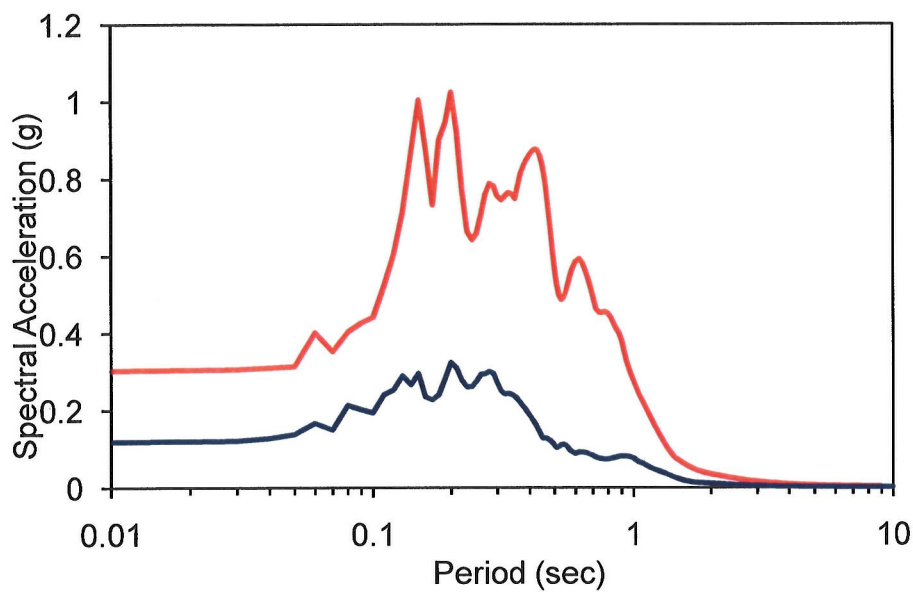


GEO GROUP S.p.A.

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

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo 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 Castelnovo 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 “Via Matteotti Nord”

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

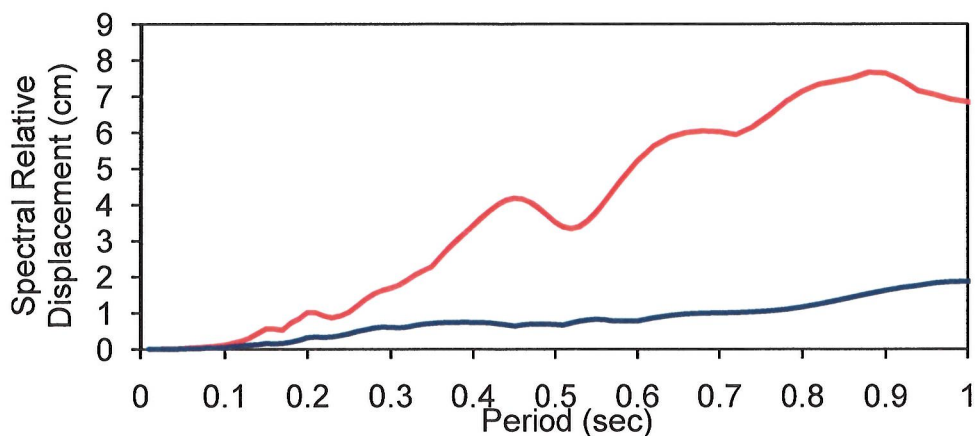
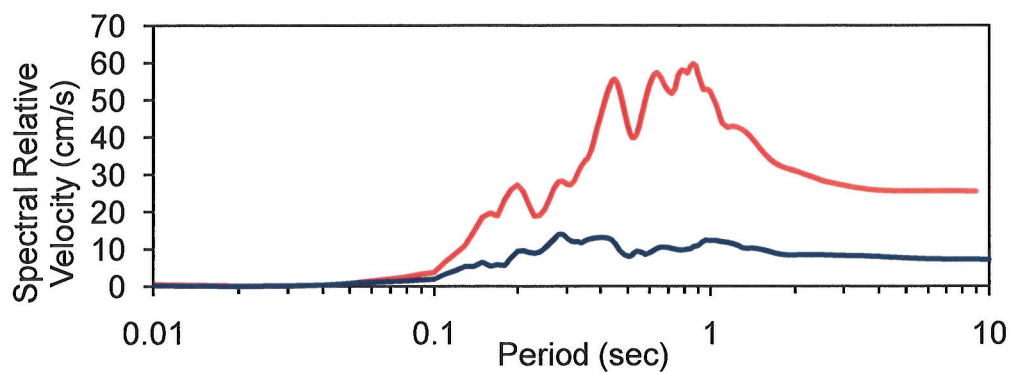
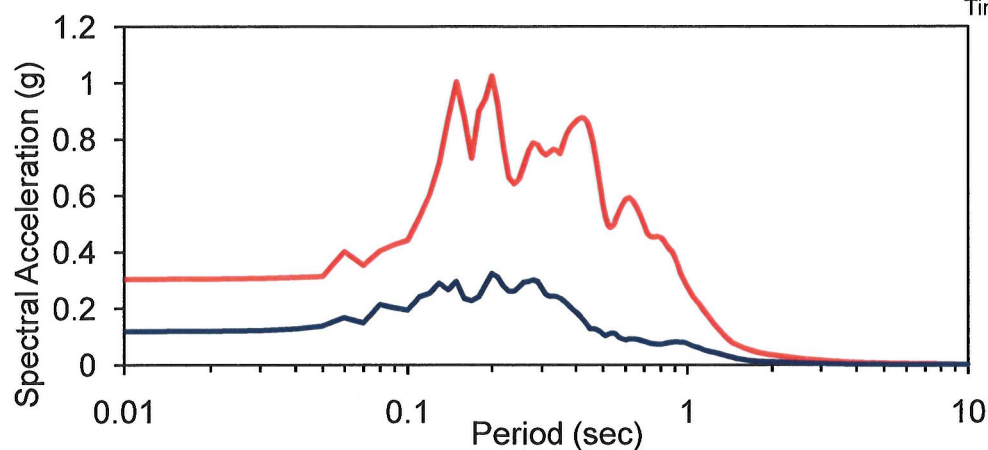
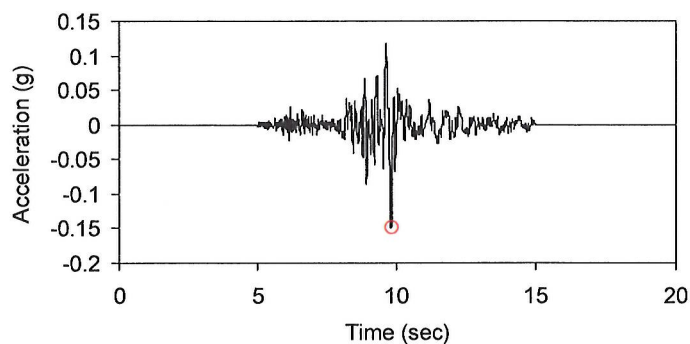
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

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

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

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.02	5.63	4.08





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 “Via Matteotti Nord”

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

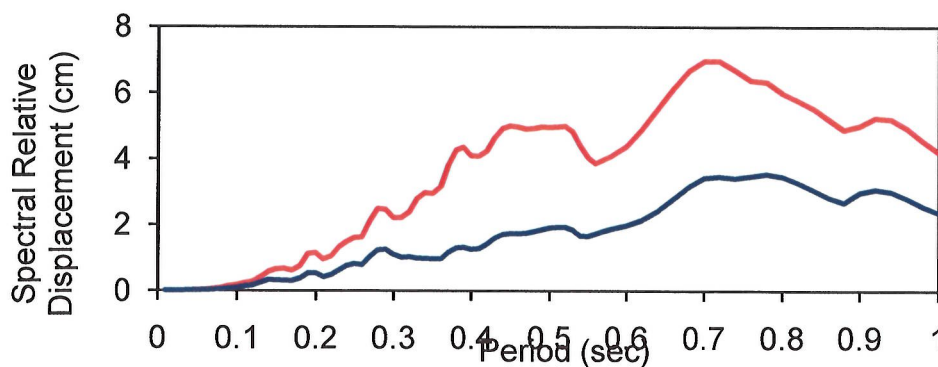
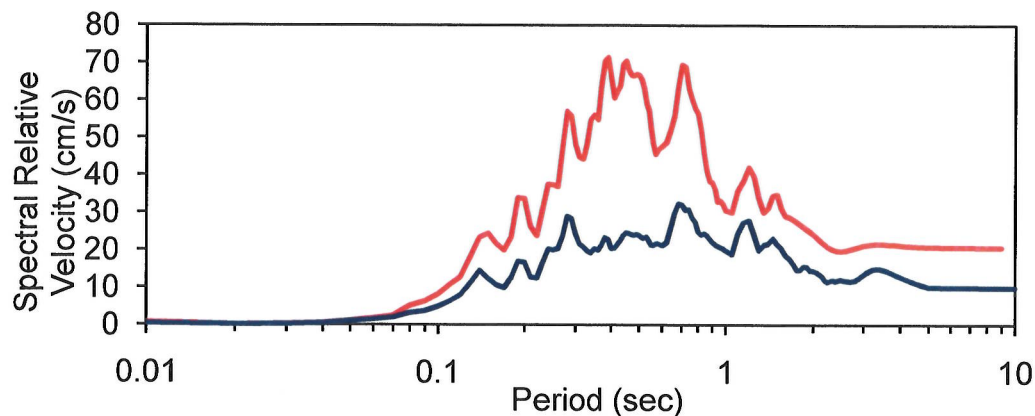
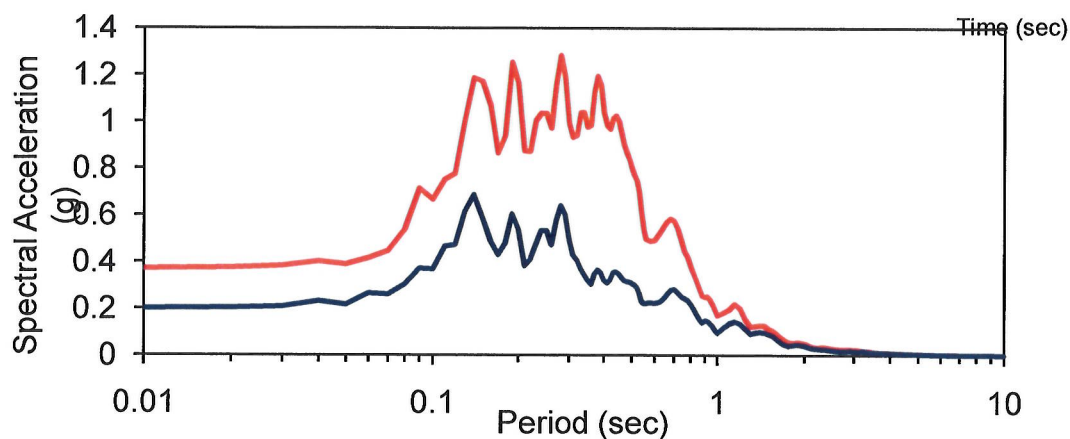
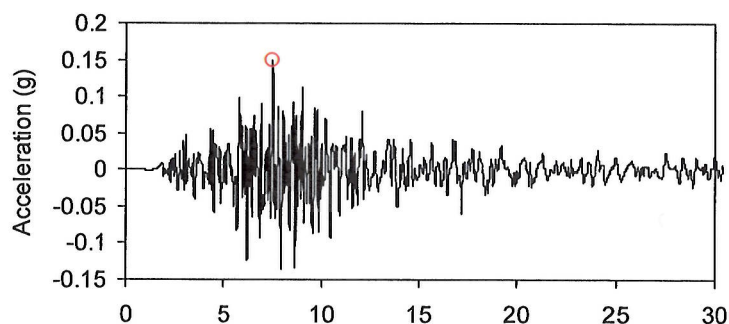
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE:

PGA acceleraz. max. orizz. alla superficie

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

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

PGA	FA IS 0,1 - 0,5	FA IS 0,5 - 1,0
1.28	2.62	1.97



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	"Via Matteotti Nord"		
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 21 m s.l.m. Area prevalentemente agricola.		
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 sisimica del suolo	C		
tipo di amplificazione	litostratigrafica		
Vs30	220 m/s		
F.A. PGA (All.A2 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) - Secondo livello di approfondimento			
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	0.147g		
a max (superficie)	0.218g		
a reft (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000)	0.15g		
F.A. PGA (All.A4 - Art.16, c1, L.R. 20/2000) -Terzo livello di approfondimento			
Terremoto di riferimento 036021Medolla	046xa	0126xa	0354xa
fattore di amplificazione F.A. PGA	1.14	1.02	1.28
F.A. Intensità spettrale 0.1s>To>0.5s	4.64	5.63	2.62
F.A. Intensità spettrale 0.5s>To>1.0s	5.76	4.08	1.97
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica			
Prescrizioni: in fase esecutiva occorrerà produrre per ogni singolo progetto uno studio gelogico-geotecnico e sismico allo scopo di definire il quadro stratigrafivo, 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 liquefezione in condizioni simiche. 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 sisimica Occorrerà garantire il controllo e lo smaltimento delle acque supeficiali. Essendo in gran parte il territorio vulnerabile da un punto di vista idrogeologico occorrerà che sia garantita la realizzazione di sistemi fognari a tenuta.			

Comune di Medolla Provincia di Modena

SCHEDE DI SINTESI DEGLI AMBITI

ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - AZIONE SISMICA

Ambito	"S.S. n°12 – S.P. n°468"
Topografia	Bassa Pianura Modenese. Sub-pianeggiante. 22 m s.l.m. Area prevalentemente agricola.
Geomorfologia	Forme e depositi di Pianura alluvionale.
Litostratigrafia	Depositi 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	220 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	0.146g
a max (superficie)	0.220g
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>	
Condizioni e limiti della fattibilità geologica e sismica	
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. 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. 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.	