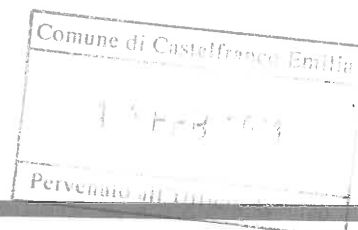


REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI CASTELFRANCO EMILIA



RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA

ai sensi del DM del 11/03/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni ecc.";
Circolare Ministero LL PP del 24/09/1988 n. 30483; DPR 554/1999; DPR 328/2001; OPCM n. 3274 del 20/03/2003;
Delibera di Giunta Regionale DGR RER n. 1677 del 24/10/2005; DAL Delibera Assemblea legislativa RER 112/2007;
DM 14/01/2008 Nuove Norme Tecniche per le costruzioni;
Circolare LL.PP. n. 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni".

Progetto

P. U. A. BERNARDI

Localita'

MANZOLINO, VIA CIMITERO

Committente

BERNARDI

Tecnico incaricato

DOTT. GEOL. CLAUDIO PRECI



Data

GENNAIO 2010

di Claudio Preci e C.
Consulenze e Servizi per la Geologia e l'Ambiente
Via Cesare Costa n. 101 - 41100 Modena
Tel - fax 059.823020 Cell 339.8264394
e-mail precigeo@virgilio.it
www.geowork.biz

1. Premessa

Il presente studio è stato eseguito per conto della committenza, al fine di verificare le caratteristiche geologico-sismiche di un'area sita in località Manzolino ed individuata nel PSC del Comune di Castelfranco come ambito n. 81.4, in relazione alla trasformazione attuativa disciplinata da POC/PUA secondo le disposizioni del PSC (L.R. 20/2000):

Ambito n. 81 Manzolino – residenziale	AC.b
<i>Politica generale d'ambito: consolidare e riqualificare il sistema insediativo residenziale, rafforzare il centro dell'abitato.</i>	

Localizzazione e caratteri insediativi

Il borgo è il più antico di tutto il territorio comunale, di fondazione alto medievale, anche se si è persa la chiarezza organica.

La periferia si è sviluppata verso il collegamento con Castelfranco, lungo la via Sauro e Manzolino Ovest; la parte pianificata è situata tra le vie Sauro e Case Nuove.

Una recente espansione residenziale ad est, realizzata per consentire la costruzione di una struttura convenzionata per anziani, è scarsamente collegata al resto dell'abitato.

Il centro della frazione soffre dell'assenza di spazi pubblici, in particolare la scuola elementare e la chiesa non hanno spazi pedonali di pertinenza adeguati.

Su via Sauro sono presenti gli esercizi commerciali di vicinato.





L'assetto degli impianti sportivi attuale richiede un progetto di ricollocazione.

La Scuola Elementare, a cui fa riferimento un bacino di utenza che si estende alle frazioni di Riolo e Rastellino, appare sottodimensionata rispetto alle dinamiche demografiche e alle previsioni insediative contenute nel Piano, il Piano Pluriennale degli investimenti prevede l'adeguamento della struttura scolastica con un progetto per la realizzazione di due cicli elementari completi.

Il canale al quale faceva riferimento l'antico mulino è stato tombinato ed oggi è un percorso ciclopedonale.

Sub ambiti – Parametri urbanistici dello stato attuale edificato

n.	Tipo	ST (mq)	Abitanti (31/12/07)	Densità (ab/ha ST)	Trasformazione attuativa
81.1	AC.b	297.685	1246	42,3	RUE
81.2	AC.b	5.996	0	0,0	POC/ PUA
81.3	AC.b	2.368	0	0,0	POC/ PUA
81.4	AC.b	4.724	0	0,0	POC/ PUA

Sub ambito	81.4	Trasformazione attuativa disciplinata da POC/PUA
A seguito dell'applicazione delle prescrizioni di cui al punto 3B contenute nell'intesa rilasciata dalla Provincia di Modena con Del. di GP 162 del 27/03/2009, l'attuazione del subambito è subordinata all'inserimento nel POC.		
Obiettivi specifici del sub ambito:		
• realizzazione di un parcheggio a servizio dell'impianto cimiteriale.		
Approfondimenti in materia di sismica:		
In sede di POC sarà necessario elaborare i rapporti geologici adeguati alle disposizioni vigenti anche in relazione alla riduzione del rischio sismico		
Indice di utilizzazione:	0,15 mq di SC / mq di ST	
Destinazioni d'uso:	residenziale - commerciale/terziario	
Cessione di aree per attrezzature e spazi collettivi – quantità minime:	Art. 5.5.16 comma 5 del RUE	
Indicazioni grafiche per la localizzazione degli standard e per le aree di cessione		
<div><div><div>*****</div><div>-----</div><div></div><div></div><div></div></div><div><div>infrastrutture per il collettamento dei reflui</div><div>percorsi ciclopedonali</div><div>viabilità</div><div>parcheggi pubblici</div><div>aree di cessione</div></div></div> <div></div>		

Dal confronto con gli elaborati del PSC comunale (Sistema Ambientale, TAV 1.4 "Manzolino-Riolo"), non emerge nessuna condizione di criticità e/o rischio ambientale né vulnerabilità delle risorse per l'area in esame, che attualmente risulta mantenuta a terreno agricolo. Di fatto è inserita nel tessuto urbano, essendo prossima a vari edifici residenziali.

Secondo il DM 14/01/2008 Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica devono essere esposti in una specifica relazione geologica e le analisi di progetto devono essere basate su modelli geotecnici dedotti da specifiche indagini e prove, che il progettista deve definire in base alle scelte tipologiche dell'opera o dell'intervento e alle previste modalità esecutive. Le scelte progettuali, il programma e i risultati delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica, unitamente ai calcoli per il dimensionamento geotecnico delle opere e alla descrizione delle fasi e modalità costruttive, devono essere illustrati in una successiva e specifica relazione geotecnica.

I risultati delle indagini geognostiche e geofisiche, i sopralluoghi diretti e la conoscenza della zona maturata dallo scrivente, hanno permesso di esaminare e definire i seguenti argomenti:

- indicazioni sulla geologia, geomorfologia e idrogeologia della zona,
- caratterizzazione litostratigrafica e geomeccanica dei terreni dell'area in esame,
- caratterizzazione sismica del sito in esame:
- eventuali prescrizioni.

Le indagini geognostiche e la presente relazione sono conformi a quanto disposto nelle normative seguenti:

- AGI Associazione Geotecnica italiana "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" (1977);
- DM del 11/03/1988 "Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni ecc.";
- Circolare Ministero LL PP del 24/09/1988 n. 30483;
- DPR 554/1999;
- DPR 328/2001;
- OPCM n. 3274 del 20/03/2003;
- Delibera di Giunta Regionale DGR RER n. 1677 del 24/10/2005
- DAL Delibera Assemblea legislativa RER 112/2007;
- DM 14/01/2008 Nuove Norme Tecniche per le costruzioni;
- Circolare LL.PP. n. 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni".

2. Inquadramento dell'area

L'area oggetto d'indagine, facente parte del comune di Castelfranco Emilia, è situata in località Manzolino in via Cimitero; ad una quota di circa 34 m s.l.m. Nell'archivio cartografico della Regione Emilia Romagna è rappresentata nella Carta Topografica a scala 1:25.000 nella Tavola 220 NO "Castelfranco Emilia" e nei CTR a scala 1:5.000 nell'elemento n. 220024 "Manzolino" (allegati A/B). Inoltre tale area è censita nell'archivio NCT del comune di Castelfranco Emilia nel Foglio n. 59, mappali n. 638/643/645 e altri (allegato C).

3. Caratteri geolitologici, geomorfologici ed idrogeologici

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



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

di Claudio Preci e C. - c.f./p.iva 03109940365 - Registro delle imprese di Modena n. 03109940365 - REA n. 359298
via. C. Costa n. 101, 41123 Modena - tel./fax 059/823020 - cell. 339/8264394 - e-mail precigeo@virgilio.it - www.geowork.biz

messa in posto delle unità, periodi di minor piovosità hanno portato all'alterazione dei depositi con conseguente formazione dei suoli e all'erosione delle unità determinando la formazione di scarpate e incisioni fluviali. All'interno della pianura alluvionale sono state distinte, sulla base di sequenze litostratigrafiche tipiche determinate dalle stratigrafie dei pozzi idrici, due macro-ambienti deposizionali: la piana pedemontana, contraddistinta da depositi a sequenze prevalentemente grossolane (ghiaie) e la piana alluvionale vera e propria, caratterizzata da sequenze generalmente fini (sabbie, limi, argille). Questo tipo di pianura presenta una crescita di tipo verticale, dovuta prevalentemente a processi di tracimazione e rotta fluviale che hanno portato alla deposizione di strati suborizzontali a geometria lenticolare, probabilmente riferibili a singoli eventi alluvionali.

Il sito in esame insiste su depositi distali della conoide alluvionale del fiume Panaro e su terreni più recenti dovuti alla dinamica fluviale del Torrente Samoggia, che ha deposto una sedimentazione alluvionale in paleoalvei e ventagli di esondazione, accumulatisi sui terreni più antichi. In generale la litologia superficiale è formata da alternanze di litotipi limo-argillosi e limi argilloso-sabbiosi.

Il bacino principale di provenienza dei sedimenti è quello del fiume Panaro la cui conoide, che si sviluppa tutta sul fianco destro del suo corso attuale, presenta i suoi limiti intermedio (olocene) e distale (pleistocene medio e sup) qualche chilometro a valle di Castelfranco Emilia, lungo la linea Redù - Manzolino, dove raggiunge uno spessore superiore ai 250 m.

La conoide del fiume Panaro, in rappresentazione planimetrica, mostra l'usuale forma subtriangolare con l'apice che si raccorda con il solco vallivo ad una quota di 130-150 m presso Vignola e Marano, mentre la zona frontale è situata a nord del tracciato della Via Emilia, nei pressi di Castelfranco Emilia. Nel suo complesso risulta dalla sovrapposizione di più corpi alluvionali di diversa età: quelli più antichi sono databili al Pleistocene medio e superiore, mentre i più recenti, che ricoprono quasi totalmente i precedenti, sono riconducibili all'olocene post-glaciale. Il substrato su cui poggia la conoide affiora presso il margine collinare ed è costituito da formazioni marine argillose e argilloso-arenacee del pliocene-pleistocene medio: le formazioni delle Argille Azzurre e delle Sabbie Gialle, suddivise anche in Unità di Bazzano e Unità di Vignola, che per motivi strutturali vengono rapidamente sepolte, a nord di Vignola, dalle alluvioni fluviali. Da Vignola a S. Cesario i depositi alluvionali di conoide risultano costituiti quasi esclusivamente da ghiaie pulite o ghiaie con matrice fine coesiva; più a nord sono presenti anche intercalazioni limo-argillose, che procedendo verso la Via Emilia si fanno sempre più consistenti (zona intermedia e distale). Oltre la quota di 25 m s.l.m. le ghiaie scompaiono e sono sostituite da sabbie in sottili livelli intercalati entro sequenze limo-argillose prevalenti (zona di piana alluvionale). Lo spessore dei depositi alluvionali è di qualche metro fino alle decine di metri a Vignola dove, a seguito della fase erosiva degli ultimi decenni dovuta anche all'escavazione di inerti all'interno dell'alveo, l'incisione fluviale ha portato all'affioramento del substrato. A Spilamberto la conoide alluvionale presenta uno spessore di circa 100 m, a Manzolino di oltre 250 m. Dall'analisi geomorfologica della media pianura, è possibile rendersi conto delle divagazioni che i corsi d'acqua maggiori e minori hanno subito, fino in tempi recentissimi. La transizione tra le aree di conoide fluviale e la media pianura è molto graduale e mal distinguibile anche per i secolari effetti dell'antropizzazione ed è marcata solitamente da una notevole diminuzione della pendenza della superficie topografica. Questo causa una diminuzione dell'energia fluviale di corsi d'acqua, provocando il passaggio ai tracciati degli alvei fluviali meandrici, tipici della piana alluvionale a nord della via Emilia. L'andamento rettilineo attuale di alcuni torrenti e canali è dovuto ad opere antropiche spesso iniziate già a partire dall'Età Romana. Il drenaggio delle acque superficiali nell'intorno significativo dell'area studiata è prevalentemente esercitato da fossi scolatori artificiali che rimarcano, insieme al sistema viario, il reticolato della centuriazione romana. Questi estesi depositi di conoide alluvionale, per le caratteristiche di elevata permeabilità e trasmissività, costituiscono un'unità idrogeologica ben definita che appartiene al grande sistema acquifero

della Pianura Padana, rispetto al quale occupa una posizione marginale, essendo situato al margine meridionale dell'alta pianura ai piedi dei primi rilievi della catena appenninica. L'unità idrogeologica della conoide del fiume Panaro, alimentata essenzialmente dal fronte freatico dell'alta pianura con flusso diretto verso nord-est, rappresenta uno dei più ricchi acquiferi dell'Emilia Romagna e alimenta gli acquedotti di S. Giovanni in Persiceto, Castelfranco ed in parte di Modena e Ferrara. Il livello della prima falda libera superficiale si attesta alla profondità di circa -1.40 m dal piano campagna. In queste zone, fino ad alcuni decenni fa, erano attivi numerosi fontanili, oggi praticamente scomparsi a causa dell'abbassamento progressivo del livello piezometrico. Si trattava di risalite di acqua sotterranee che spontaneamente raggiungevano la superficie del suolo e si presentavano sotto forma di depressioni subcircolari nel terreno sul fondo delle quali sgorgavano le acque sorgive attraverso numerosi punti. I fontanili possono essere considerati come gli sfioratori di complessi sistemi acquiferi sotterranei, essendo legati alla presenza di un fronte di ostruzione che blocca la circolazione idrica dell'acqua che, dotata di una certa pressione in quanto la zona di alimentazione si trova a monte a quote maggiori, tende a risalire in superficie spontaneamente.

4. Metodologia d'indagine

L'indagine geognostica di campagna, condotta per la caratterizzazione dei terreni ed eseguita il giorno 21/01/2010 all'interno dell'area in esame, è consistita nell'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche CPT che hanno raggiunto la profondità massima di -15 m rispetto all'attuale piano campagna.

Inoltre è stata svolta nel sito un'indagine geofisica, basata sulla registrazione a stazione singola del microtremore sismico con strumentazione TROMINO, per ottenere la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, valutare i possibili effetti sismici di sito e definire l'andamento della V_{s30} , come richiesto dalle normative vigenti.

E' stata rilevata la presenza della prima falda libera superficiale, per risalita all'interno dei fori di prova, alla profondità di -1.40 m rispetto al piano campagna. L'ubicazione delle indagini è riportata nell'allegato G.

4.1 Prove penetrometriche statiche CPT

Per l'esecuzione dell'indagine di campagna si è utilizzato un penetrometro statico TG64/100KN, attrezzato con punta meccanica Begemann, (punta conica standard \varnothing 3.57 cm e angolo d'apertura 60°, con manicotto mobile di 150 cm², infissa nel terreno ad una velocità costante di 2 cm/sec).

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

- R_p , resistenza alla punta in Kg/cm²
- R_{lt} , resistenza laterale totale (punta+manicotto) in Kg/cm²
- R_l , resistenza laterale locale (al manicotto) in Kg/cm²

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

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

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

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

- Peso specifico naturale ed efficace (γ_t , γ'_t); questo parametro è determinato partendo dal valore medio di R_p ed applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della pianura Padana e Veneta. Definito γ_t il peso specifico naturale per il terreno sotto falda e γ_w il peso specifico dell'acqua, è stata applicata la seguente relazione: $\gamma'_t = \gamma_t - \gamma_w$ che considera la spinta di Archimede dovuta all'elemento liquido.
- Pressione litostatica efficace (σ'_v); il calcolo della pressione litostatica efficace è effettuato applicando la relazione: $\sigma'_v = \sum \sigma'_{ti} \cdot h'_{im} + \sum \sigma_{ti} \cdot h_{im}$; questa relazione è riferita alla pressione relativa al punto medio dello strato considerato (h_m). E' ovviamente considerata la falda freatica se presente.
- Coesione non drenata (C_u); per collegare al valore di R_p quello della C_u , si è utilizzata la relazione di De Beer, che consente di calcolare per i livelli coesivi saturi, la coesione non drenata apparente, cioè la resistenza al taglio dei terreni, a comportamento coerente in situ.
- Angolo d'attrito (φ°); la determinazione dell'angolo d'attrito delle sabbie avviene seguendo la metodologia proposta da Durgunoglu e Mitchell, applicando un'equazione del tipo: $\varphi^\circ = f(R_p; \sigma'_v)$
- Densità relativa (D_r); per questa parametrizzazione si è utilizzato il diagramma proposto da Jamiolkowski mod.
- Coefficiente di compressibilità di volume (M_v); per la determinazione di M_v si sono utilizzate le relazioni derivate dalle correlazioni di Buisman e riprese dal Sanglerat ed altri che collegano il parametro al valore della resistenza alla punta del penetrometro statico.
- Modulo di reazione orizzontale (K_o); è ricavato utilizzando la relazione: $K_o = Ch \cdot R_p / C_k$ dove Ch varia fra 0.1 a 0.3 e C_k dipende dal tipo di terreno e varia da 1 a 4.
- Calcolo della permeabilità (K_p); questo parametro è determinato partendo dai dati di campagna ed in particolare i parametri di q_c e di F_r , applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della pianura Padana e Veneta. Campo di validità da $10E-2$ cm/sec per le sabbie e $10E-8$ cm/sec per le argille.
- Liquefazione; per i terreni coerenti non viene effettuata nessuna verifica per la suscettibilità alla liquefazione. Per i terreni incoerenti vengono calcolati il coefficiente C_2 (rapporto di sforzo ciclico del terreno) ed il coefficiente C_1 (relativo alla curva di magnitudo in caso di evento sismico). Per $C_1 > C_2$ non si ha la liquefazione, viceversa il livello di terreno esaminato è suscettibile alla liquefazione (metodo Seed-Idriss).

5. Caratterizzazione e parametrizzazione geotecnica dei terreni

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

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica media CPT n. 1

Prof. Terreno ml	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec
0.40 Sabbia limosa sciolta	1650	1650	0.066	0.000	27	31	INF	0.4000	2.5e-2
1.00 Argilla limosa plastica	1767	1767	0.172	0.550	0	0	0.0182	1.1000	7.1e-6
7.80 Limo argil-sabbioso scio	1766	766	0.693	0.544	0	0	0.0148	0.7255	3.3e-3
8.60 Limo argilloso molto sof	1664	664	0.746	0.275	0	0	0.0225	0.3667	1.7e-4
11.40 Limo argil-sabbioso scio	1743	743	0.954	0.468	0	0	0.0159	0.6238	4.5e-3
15.00 Limo argil-sabbioso adde	1840	840	1.256	0.892	0	0	0.0149	1.1889	5.7e-4

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica media CPT n. 2

Prof. Terreno ml		Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec
1.20	Argilla limosa plastica	1763	1763	0.212	0.533	0	0	0.0181	1.0667	4.0e-5
4.60	Limo argil-sabbioso scio	1770	770	0.473	0.559	0	0	0.0147	0.7451	2.0e-3
4.80	Limo argilloso soffice	1737	737	0.488	0.450	0	0	0.0162	0.6000	2.3e-4
10.00	Limo argil-sabbioso scio	1773	773	0.890	0.571	0	0	0.0146	0.7615	2.2e-3
11.20	Limo argilloso soffice	1703	703	0.974	0.358	0	0	0.0186	0.4778	5.1e-4
15.00	Limo argilloso plastico	1840	840	1.294	0.897	0	0	0.0150	1.1965	2.7e-4

Interpretazione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica media CPT n. 3

Prof. Terreno ml		Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz kg/cm3	Perm. cm/sec
0.40	Limo argil-sabbioso scio	1700	1700	0.068	0.350	0	0	0.0189	0.4667	3.9e-3
1.80	Limo argilloso soffice	1747	747	0.173	0.479	0	0	0.0157	0.6381	1.9e-4
6.40	Limo argil-sabbioso scio	1768	768	0.526	0.552	0	0	0.0148	0.7362	3.2e-3
7.00	Sabbia argilloso-limosa	1650	650	0.565	0.000	21	15	0.0341	0.9778	5.8e-3
11.60	Limo argil-sabbioso scio	1738	738	0.904	0.452	0	0	0.0162	0.6029	1.9e-3
15.00	Limo argilloso plastico	1828	828	1.186	0.826	0	0	0.0144	1.1020	3.4e-4

Sulla base dell'indagine di campagna e delle successive discretizzazioni è stato possibile schematizzare i valori medi di Rp resistenza alla punta, Rl resistenza laterale, espressi in kg/cm² ed il rapporto qc/fs.

Dati medi prova discretizzata CPT n. 1

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.40	8.00	0.18	44.80
1.00	11.00	0.87	12.60
7.80	10.88	0.38	28.38
8.60	5.50	0.30	18.48
11.40	9.36	0.31	30.17
15.00	17.83	0.83	21.40

Dati medi prova discretizzata CPT n. 2

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
1.20	10.67	0.69	15.36
4.60	11.18	0.43	25.95
4.80	9.00	0.48	18.90
10.00	11.42	0.43	26.40
11.20	7.17	0.34	21.25
15.00	17.95	0.93	19.29

Dati medi prova discretizzata CPT n. 3

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.40	7.00	0.24	29.40
1.80	9.57	0.52	18.46
6.40	11.04	0.39	28.22
7.00	14.67	0.46	31.88
11.60	9.04	0.35	25.87
15.00	16.53	0.83	19.90

Dalle discretizzazioni effettuate è possibile ricavare una stratigrafia indicativa dei terreni dell'area:

- Il primo, compreso tra il piano campagna e quota -11.0 m circa, è formato da alternanze di limi argilloso-sabbiosi sciolti ($C_u = 0.450 \div 0.559$ kg/cm²) e limi argillosi soffici ($C_u = 0.275 \div 0.358$ kg/cm²).
- Il secondo, da -11m a -15 m circa, è composto da limi argilloso-sabbiosi mediamente addensati ($C_u = 0.892$ kg/cm²) e limi argillosi plastici ($C_u = 0.897$ kg/cm²).

Il livello della falda libera superficiale è stato individuato alla profondità di -1.40 m dal piano campagna (gennaio 2010).

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

6. Categoria sismica e suscettibilità alla liquefazione dei terreni incoerenti

L'elaborazione dell'indagine di campagna fornisce un'interpretazione della categoria sismica dei terreni ed una valutazione della suscettibilità alla liquefazione dei terreni incoerenti, individuati con la discretizzazione dei dati delle prove penetrometriche. Il calcolo viene eseguito secondo le modalità riportate nel par. 4.1, considerando un evento sismico avente una magnitudo pari al grado 5 della scala Richter, compatibile con i dati storici esistenti per l'area in esame (INGV - CPTI, Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani).

Caratteristiche sismiche CPT n. 1

Prof. Terreno	Classific.	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
0.40 Sabbia limosa sciolt	D	0.3096	0.0975	no
1.00 Argilla limosa plastica	D	Terreno coerente		
7.80 Limo argil-sabbioso scio	D	Terreno coerente		
8.60 Limo argilloso molto sof	D	Terreno coerente		
11.40 Limo argil-sabbioso scio	D	Terreno coerente		
15.00 Limo argil-sabbioso adde	C	Terreno coerente		

Caratteristiche sismiche CPT n. 2

Prof. Terreno	Classific.	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
1.20 Argilla limosa plastica	D	Terreno coerente		
4.60 Limo argil-sabbioso scio	D	Terreno coerente		
4.80 Limo argilloso soffice	D	Terreno coerente		
10.00 Limo argil-sabbioso scio	D	Terreno coerente		
11.20 Limo argilloso soffice	D	Terreno coerente		
15.00 Limo argilloso plastico	C	Terreno coerente		

Caratteristiche sismiche CPT n. 3

Prof. Terreno	Classific.	Coeff 1	Coeff 2	Liquefazione
0.40 Limo argil-sabbioso scio	D	Terreno coerente		
1.80 Limo argilloso soffice	D	Terreno coerente		
6.40 Limo argil-sabbioso scio	D	Terreno coerente		
7.00 Sabbia argilloso-limosa	D	0.2185	0.2114	no
11.60 Limo argil-sabbioso scio	D	Terreno coerente		
15.00 Limo argilloso plastico	C	Terreno coerente		

Sulla base dei parametri geotecnici dedotti dall'indagine geognostica, è possibile affermare che la verifica effettuata nel complesso non evidenzia livelli di terreno incoerente soggetti a fenomeni di liquefacibilità con le ipotesi sopra riportate.

7. Indicazioni sulla capacità portante del terreno

I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti attraverso l'interpretazione dei risultati di analisi di laboratorio e/o prove e misure in sito. Nel modello geotecnico si intende rappresentare uno schema indicativo delle condizioni stratigrafiche e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni comprese nel volume significativo considerato e finalizzato all'analisi quantitativa dello specifico problema geotecnico. In questo ambito, il valore caratteristico di un parametro geotecnico è costituito da una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. La scelta della tipologia di fondazione sarà subordinata ai calcoli ingegneristici competenti al progettista e relativi ai carichi della struttura. Viste le caratteristiche dei terreni studiati potranno essere adottate fondazioni superficiali continue. In fase esecutiva si renderà

necessario procedere ad ulteriori verifiche dello Stato Limite Ultimo SLU geotecnico e degli Stati Limite di Esercizio SLE in base ai dati strutturali definitivi forniti dal progettista.

8. Caratterizzazione e classificazione sismica dell'area

La valutazione del rischio sismico in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la macrozonazione sismica, definita come l'individuazione di aree che possono essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità. All'interno di queste aree si possono valutare, con maggiore dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedimenti di microzonazione sismica. Tale procedimento è volto a prevedere e mitigare gli effetti di un evento sismico in una zona di dimensioni urbane, considerando la morfologia superficiale e del substrato, la sua costituzione, la presenza e la profondità della falda freatica e l'eventuale presenza di faglie. Questa analisi recepisce le indicazioni applicative della Delibera di Giunta Regionale n. 1677 del 24/10/2005 attualmente in vigore. Si considera inoltre la classificazione sismica dei comuni della Regione Emilia Romagna riportata nella OPCM n. 3274 del 20/03/2003, secondo cui il comune di Castelfranco Emilia rientra nella zona 3 quindi "zona a bassa sismicità". L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del VII grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS). Si riporta di seguito un elenco degli eventi sismici più significativi per la storia sismica del Comune di Castelfranco Emilia, localizzati nell'area emiliana:

Anno	Me	Gi	Or	Mi	AREA	Imx	Io	Maw
1505	1	3	2		Bologna	70	70	5.47
1586	1	12	12		SPILAMBERTO		60	4.83
1666	4	14	18	58	BOLOGNA		60	4.83
1779	6	4	7		Bolognese	70	65	4.97
1780	2	6	4		Bolognese	65	55	4.85
1796	10	22	4		Emilia orientale	70	70	5.63
1801	10	8			BOLOGNA	55	55	4.63
1811	7	15	22	44	SASSUOLO	70	70	5.24
1834	10	4	19		Bologna	60	55	4.63
1850	9	18	6	10	MODENA	60	60	4.83
1864	3	15			ZOCCA	65	65	5.03
1869	6	25			VERGATO	75	75	5.32
1878	3	12	21	26	Bolognese	60	60	4.83
1881	1	24	16	4	Bolognese	70	65	5.14
1889	3	8	2	47	BOLOGNA	60	60	4.83
1895	8	7	19	49	FANANO		60	4.83
1896	12	8	17	6	FANANO		60	4.83
1908	6	2	22	30	FRIGNANO	45	45	4.69
1922	5	24	21	17	CENTO	45	35	4.5
1923	6	28	15	12	FORMIGINE	60	60	5.21
1929	4	20	1	9	Bolognese	80	70	5.55
1931	6	10	17	2	MODENESE	40	40	4.84

1934	9	18	9	37	VIGNOLA	40	40	4.5
1951	10	29	22	48	VALLE DEL PANARO	50	50	4.6
1957	8	27	11	54	ZOCCA	60	60	5.06
1966	5	26	18	7	MONTEVEGLIO		60	4.83
1967	10	1	22	45	FORMIGINE		50	4.52
1970	5	5	12	49	PAVULLO		60	4.83
1996	10	15	9	55	CORREGGIO	70	70	5.44
1999	7	7	17	16	FRIGNANO	55	50	4.73

(Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 - CPTI04 - INGV, Bologna)

8.1 Misura a stazione singola del microtremore sismico

Una strategia efficace di difesa dai terremoti necessita di accurate valutazioni preventive della vulnerabilità sismica, determinata essenzialmente dall'instabilità dei suoli (frane, liquefazione dei terreni) e dagli effetti di sito. Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche, che portano al fenomeno della risonanza del terreno.

Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella propria degli edifici (fenomeno della doppia risonanza), si produce un'amplificazione delle onde sismiche molto grande e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo: l'amplificazione sismica è infatti la prima causa di danno e distruzione durante un terremoto.

Il rumore sismico generato dai fenomeni atmosferici (moti oceanici, del vento ecc.) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre; è detto anche microtremore, poichè riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Interessante è il fatto che il rumore di fondo agisce da funzione di eccitazione per le risonanze specifiche degli edifici e del sottosuolo, rendendole chiaramente visibili nello spettro di rumore, analogamente a quanto avviene durante un terremoto, che si può immaginare come un episodio di rumore fortissimo con ampiezze sino a 10^{10} volte maggiori del microtremore.

La metodologia proposta di misura a stazione singola del microtremore sismico, mediante una strumentazione quale il TROMINO®, permette la misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre a stimare in maniera rapida la stratigrafia superficiale e la Vs30, come richiesto dalle normative antisismiche vigenti.

La tecnica maggiormente consolidata per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico generato in un sito, è quella dell'analisi dei rapporti spettrali tra le componenti del moto sismico orizzontali e verticali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSr o H/V - Nogoshi e Igarashi, 1970). Il codice utilizzato per la creazione di curve H/V sintetiche si basa sulla simulazione del campo di onde di superficie di Rayleigh e Love in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (Aki, 1964 - Ben-Menahem e Singh, 1981), considerando che l'onda sismica viene parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa due mezzi (litotipi) a rigidità differente, con la determinazione di un contrasto di impedenza. L'onda riflessa interferisce con quelle incidenti sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza), quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o multipli dispari) lo spessore H del primo strato: la frequenza fondamentale di risonanza F relativa alle onde S risulta pari a $F = V_s / 4H$. L'elaborazione dei dati, acquisiti con tempi di registrazione di 14 min con una frequenza di campionamento di 128 Hz, permette di evidenziare, sottoforma di picchi nello spettro del rapporto H/V, i contrasti di impedenza tra litotipi a rigidità diversa che determinano possibili fenomeni di amplificazione delle onde sismiche.

Nel TROMINO 1 si individua un aumento dell'ampiezza del rapporto H/V nell'intervallo compreso tra 1-2 Hz di frequenza, con una frequenza media di risonanza del terreno a 1.5 Hz, in corrispondenza di un passaggio litologico alla profondità di -20 m circa. Pertanto in caso di evento sismico, per evitare la risonanza terreno-struttura con conseguenti fenomeni di amplificazione sismica, sarà opportuna una progettazione degli edifici che preveda frequenze di oscillazione delle strutture non comprese nell'intervallo individuato.

Determinata la velocità delle onde "S" dei vari strati, si ottiene il dato di $V_{s30} = 195$ m/s, pertanto è possibile classificare il substrato dell'area d'indagine come appartenente alla categoria C che comprende "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

8.2 Azione Sismica

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

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;
- Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:
- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

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

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

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

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

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

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Di seguito vengono riportati i dati sismici ottenuti in relazione alle caratteristiche dell'opera considerate. Nell'allegato I sono riportati i grafici degli spettri elastici.

Coordinate geografiche della località in esame - loc. 16283				
	LON	LAT	Tolleranza	
	[°]	[°]	[°]	[km]
Località	11,104	44,595	0,001	0,137
Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
16283	11,103	44,611	0,016	1,783
16284	11,174	44,612	0,053	5,861
16505	11,105	44,561	0,034	3,785
16506	11,176	44,562	0,061	6,788

VITA DELLA STRUTTURA			
Vita nominale	V _N	50	[anni]
Classe d'uso	C _U	II	
Vita di riferimento	V _R	50	[anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO		
Topografia		T1
Coeff. topografico	S_T	1,0
Categoria suolo		C

	SL	P _{VR}	T _R	a _g	F ₀	T _C *	S	T _b	T _C	T _D	F _V
sle	Operatività	81%	30	0,495	2,48	0,26	1,00	0,14	0,43	3,58	0,75
sle	Danno	63%	50	0,609	2,52	0,27	1,20	0,15	0,44	1,84	0,84
slu	Salv. Vita	10%	475	1,638	2,44	0,29	1,20	0,15	0,46	2,26	1,33
slu	Collasso	5%	975	2,142	2,45	0,30	1,20	0,15	0,46	2,46	1,53

	SL	P _{VR}	T _R	T _C	T _C *	C _C	S	S _T	S _S
sle	Operatività	81%	30	0,43	0,26	1,653	1,00	1	1
sle	Danno	63%	50	0,44	0,27	1,629	1,20	1	1,20
slu	Salv. Vita	10%	475	0,46	0,29	1,586	1,20	1	1,20
slu	Collasso	5%	975	0,46	0,30	1,533	1,20	1	1,20

coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_S = S/S_T$; coefficiente $C_C = T_C/T_C^*$

T _R =30			T _R =50			T _R =72			T _R =101			T _R =140		
a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *
0,489	2,48	0,26	0,601	2,52	0,27	0,708	2,49	0,28	0,832	2,46	0,28	0,976	2,43	0,28
T _R =201			T _R =475			T _R =975			T _R =2475					
a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *			
1,147	2,44	0,28	1,641	2,46	0,28	2,153	2,47	0,29	2,998	2,41	0,30			

SMORZAMENTO E FATTORE DI STRUTTURA	
Smorzamento viscoso equivalente : $x =$	5,0
Behavior factor adottato (sisma orizzontale): $q =$	2,50
Behavior factor adottato (sisma verticale): $q =$	1,50

(DM 14/01/2008 Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, allegato A "pericolosità sismica" e allegato B "tabelle che definiscono l'azione sismica"; dati pubblicati a cura dell'Istituto Nazionale di Vulcanologia e Geofisica INGV)

9. Considerazioni conclusive

Sono state esaminate le caratteristiche geologiche e sismiche dei terreni di un'area sita in località Manzolino ed individuata nel PSC del Comune di Castelfranco come ambito n. 81.4, in relazione alla trasformazione attuativa disciplinata da POC/PUA secondo le disposizioni del PSC (L.R. 20/2000). Lo studio è stato eseguito in base alle normative vigenti nazionali e regionali e ai dati relativi al territorio comunale contenuti nel PSC vigente.

Mediante indagini geognostiche (n. 3 prove penetrometriche CPT) e sismiche (misura a stazione singola del microtremore sismico - TROMINO) è stato possibile definire la situazione geologica e sismica dell'area in oggetto e trarre le seguenti conclusioni:



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali

di Claudio Preci e C. - c.f./p.iva 03109940365 - Registro delle imprese di Modena n. 03109940365 - REA n. 359298
via. C. Costa n. 101, 41123 Modena - tel./fax 059/823020 - cell. 339/8264394 - e-mail precigeo@virgilio.it - www.geowork.biz

- dal confronto con gli elaborati del PSC comunale (Sistema Ambientale, TAV 1.4 "manzolino-Riolo"), non emerge nessuna condizione di criticità e/o rischio ambientale né vulnerabilità delle risorse per l'area in esame, che attualmente risulta mantenuta a terreno agricolo ed è prossima a edifici residenziali.
- i terreni dell'area appartengono ai depositi distali della conoide alluvionale del fiume Panaro, costituiti da alternanze di litotipi limo-argillosi e limi argilloso-sabbiosi.
- Nel sito è stata riscontrata la presenza di terreni con discrete caratteristiche meccaniche.
- Al momento dell'esecuzione dell'indagine è stata rilevata la presenza della falda libera superficiale alla profondità di circa -1.40 m dal piano campagna (gennaio 2010).
- In base ai parametri geotecnici dedotti dalle indagini geognostiche, è possibile affermare che la verifica effettuata non ha riscontrato livelli di terreno incoerente soggetti a fenomeni di liquefacibilità con le ipotesi riportate nel par. 6.
- La registrazione del microtremore sismico a stazione singola TROMINO, individua un aumento dell'ampiezza del rapporto H/V nell'intervallo compreso tra 1-2 Hz di frequenza, con una frequenza media di risonanza del terreno a 1.5 Hz, in corrispondenza di un passaggio litologico alla profondità di -20 m circa.
- In relazione alla classificazione sismica l'area rientra nella zona 3, classificata "zona a bassa sismicità". In base ai dati di V_{s30} ottenuti, è possibile classificare il substrato dell'area d'indagine come appartenente alla categoria C che comprende "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

Dalle condizioni geologiche e sismiche sopra riportate, si ritiene che il sito in esame risulti idoneo all'edificabilità. In fase esecutiva si renderanno comunque necessarie ulteriori indagini geognostiche in corrispondenza dei fabbricati in progetto e approfondimenti di III livello per quanto riguarda la stima dei cedimenti attesi.

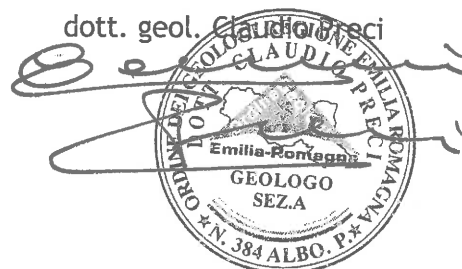
I dati della presente relazione geologico-sismica, nonché gli elementi geotecnici dedotti dall'indagine a supporto, dovranno essere integrati in funzione delle soluzioni tecniche progettuali definitive.

ALLEGATI

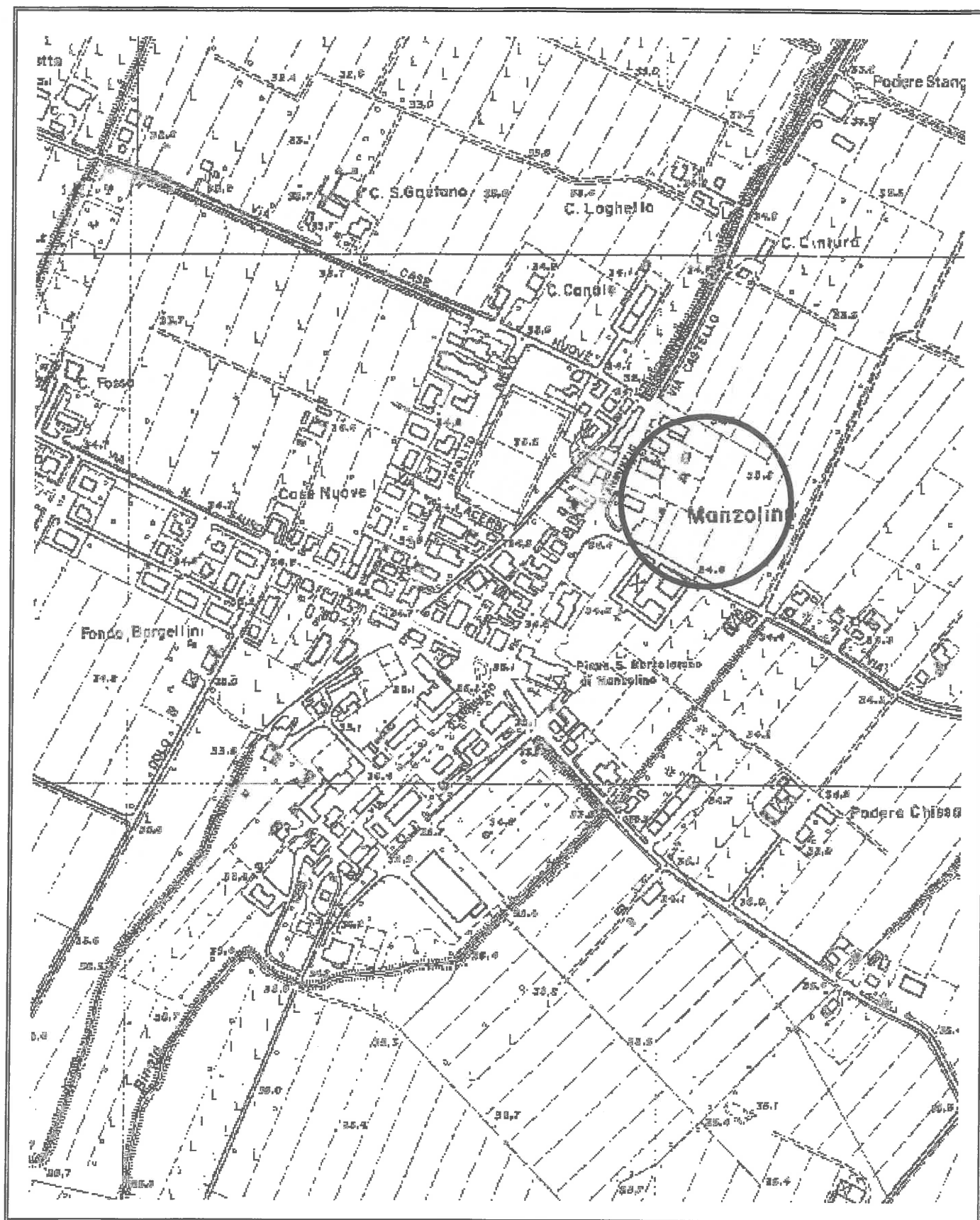
- A. Inquadramento topografico CTR a scala 1:5.000
- B. Inquadramento aerofotografico
- C. Inquadramento catastale
- D. Conoide del Fiume Panaro
- E. Carta geologica schematica
- F. Carta geomorfologica
- G. Ubicazione schematica indagini geognostiche e geofisiche
- H. Certificati ed elaborati delle indagini geognostiche
- I. Elaborati TROMINO
- J. Azione sismica di progetto - spettri elastici SLU/SLE
- K. PSC di Castelfranco Emilia - TAV 1.4

Modena, 28 gennaio 2009

dott. geol. Claudio Preci



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali



AREA IN ESAME

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO - CTR A SCALA 1:5.000



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel.fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO A

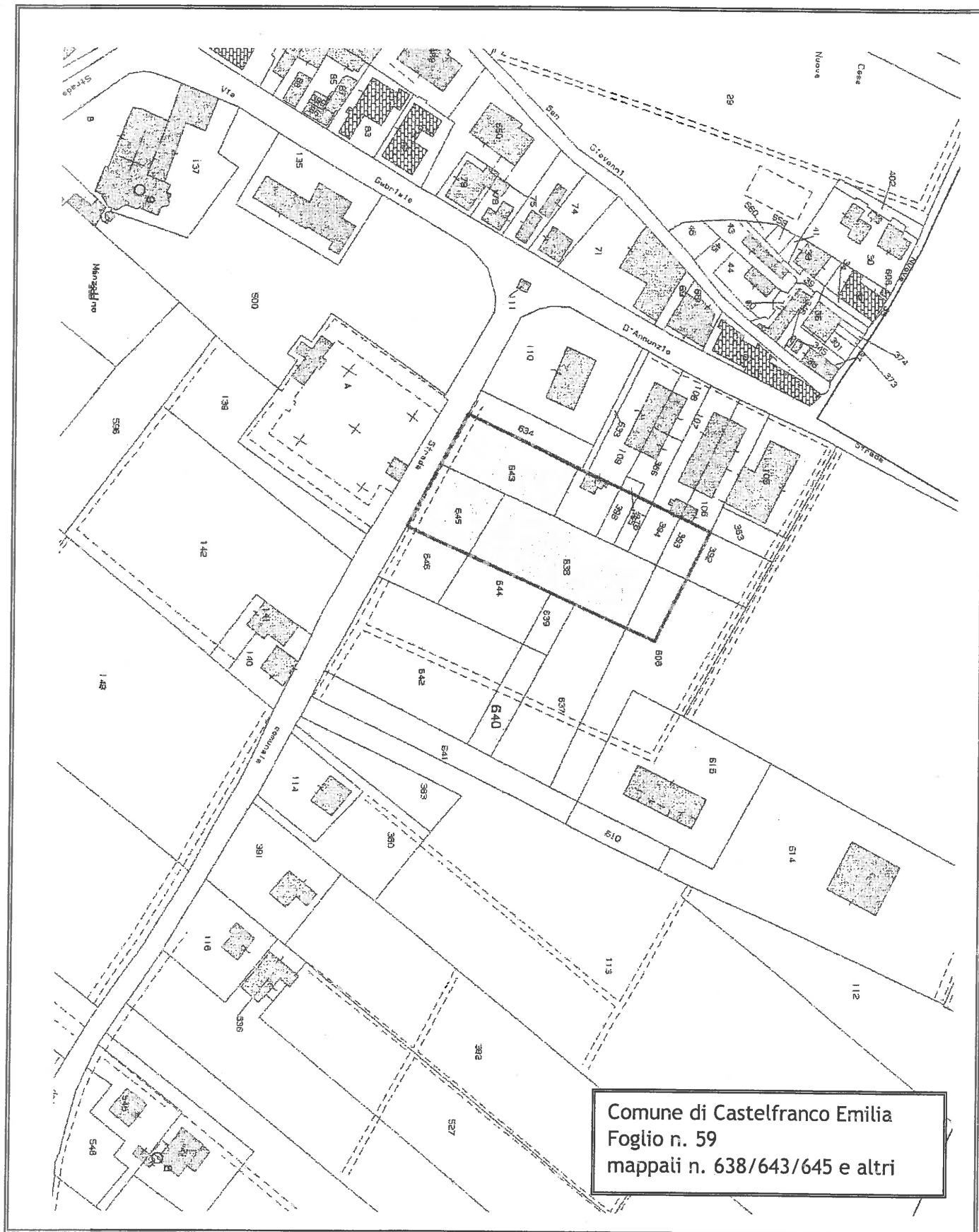


INQUADRAMENTO AEROFOTOGRAFICO



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel.fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO B

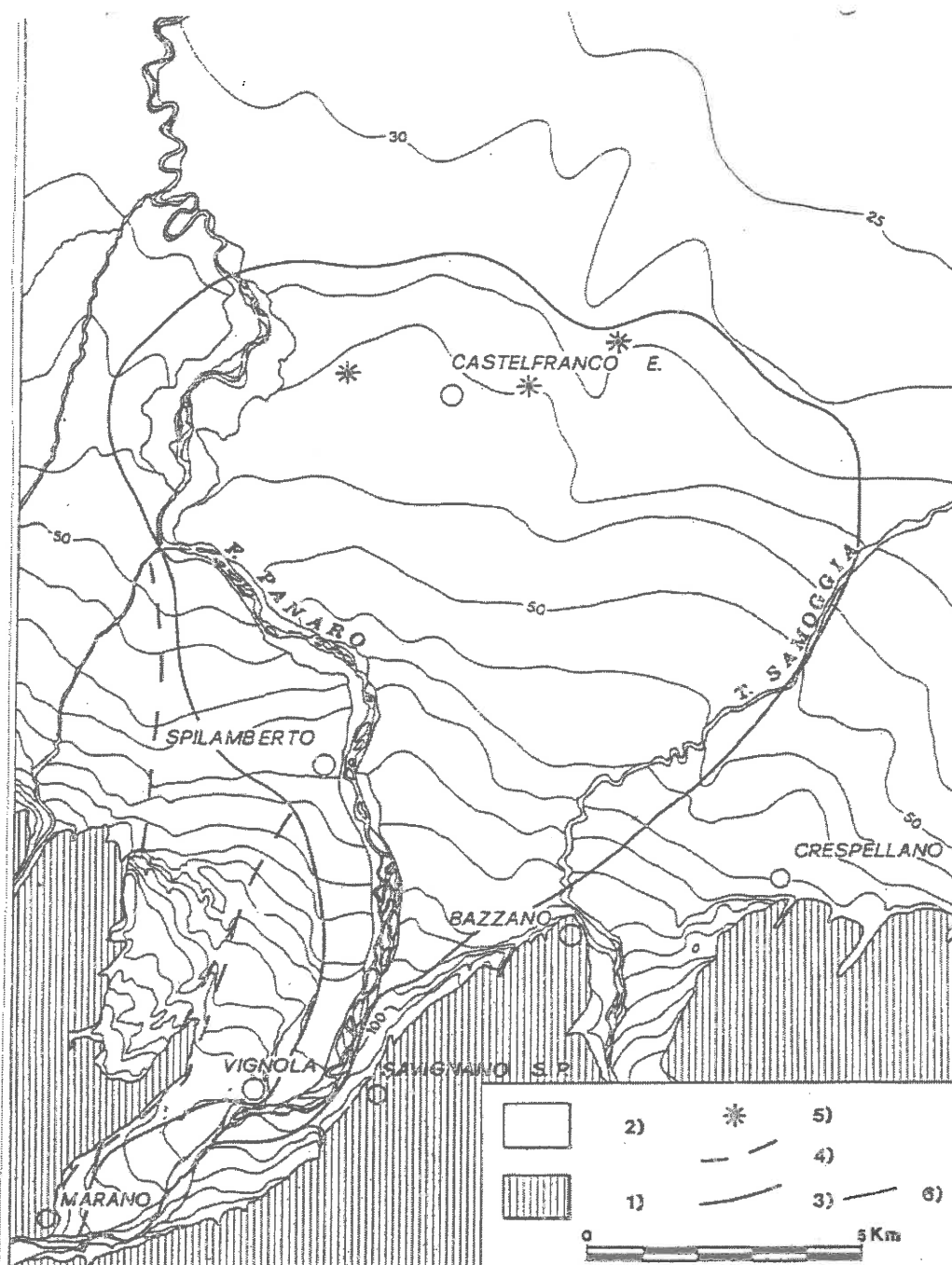


INQUADRAMENTO CATASTALE



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel. fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO C



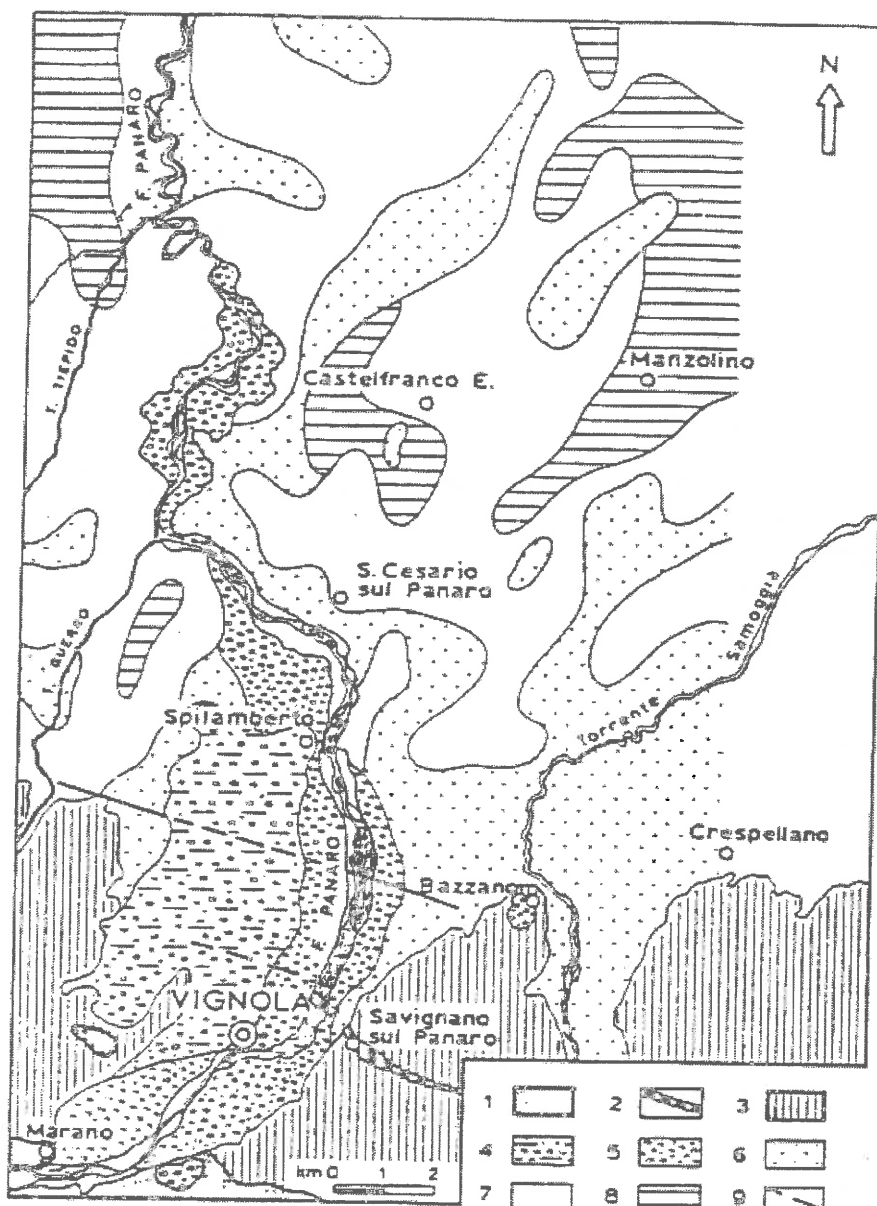
LEGENDA: 1) Formazioni marine prevalentemente impermeabili di età portuense e pre-pleistocenica; 2) ghiaie, sabbie, limi e argille dei depositi alluvionali di pianura, di fondovalle e degli alvei attuali; 3) limite della conoide würmiana; 4) limite delle conoidi pre-würmiane; 5) ubicazione dei fontanili, oggi praticamente scomparsi; 6) isoipse con equidistanza di 5 m (nella sola zona di pianura) (da Pellegrini et alii, 1978).

RAPPRESENTAZIONE PLANIMETRICA DELLA CONOIDE DEL FIUME PANARO



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel.fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO D



LEGENDA

Formazioni marine

1. prevalentemente argillose dei complessi liguri alloctoni (Cretaceo sup.-Eocene) presso Marano S.P.;
2. argillose e arenaceo-calcaree dei complessi semiautoctoni (Miocene inferiore e medio) presso Savignano;
3. prevalentemente argillose del Pliocene e Pleistocene inferiore e delle facies di transizione e continentali del Pleistocene inf.-med.

Depositi alluvionali (Pleistocene med.sup.-Olocene):

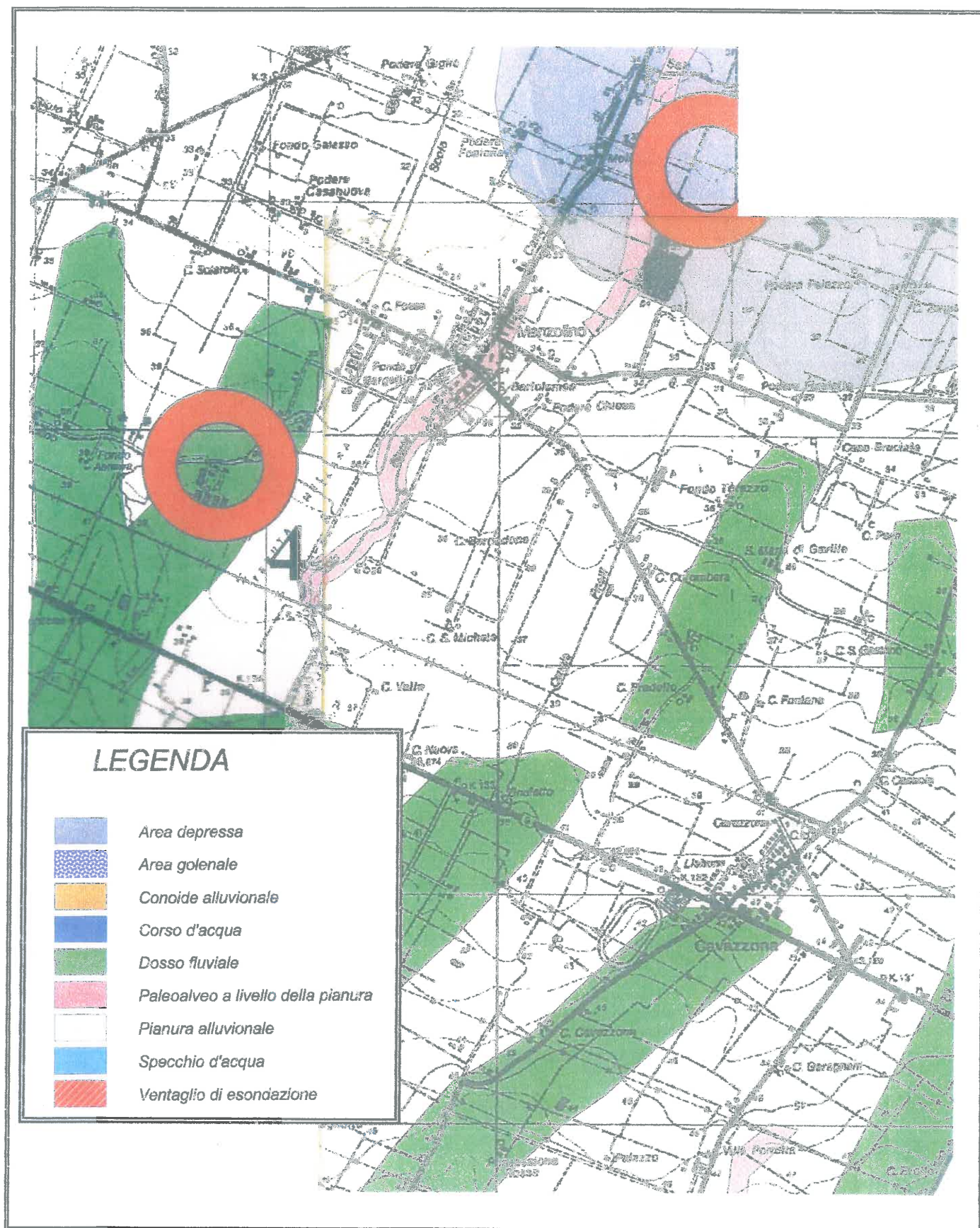
4. ghiaie con paleosuoli bruno-rossastri (Würm);
5. ghiaie a matrice sabbiosa e/o limosa; mescolanze di sabbie, limi e argille, prevalentemente
6. sabbiose, 7. limose, 8. argillose; 9. faglie preoloceniche.

GEOLOGIA SCHEMATICA DELLA CONOIDE DEL FIUME PANARO



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel.fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO E

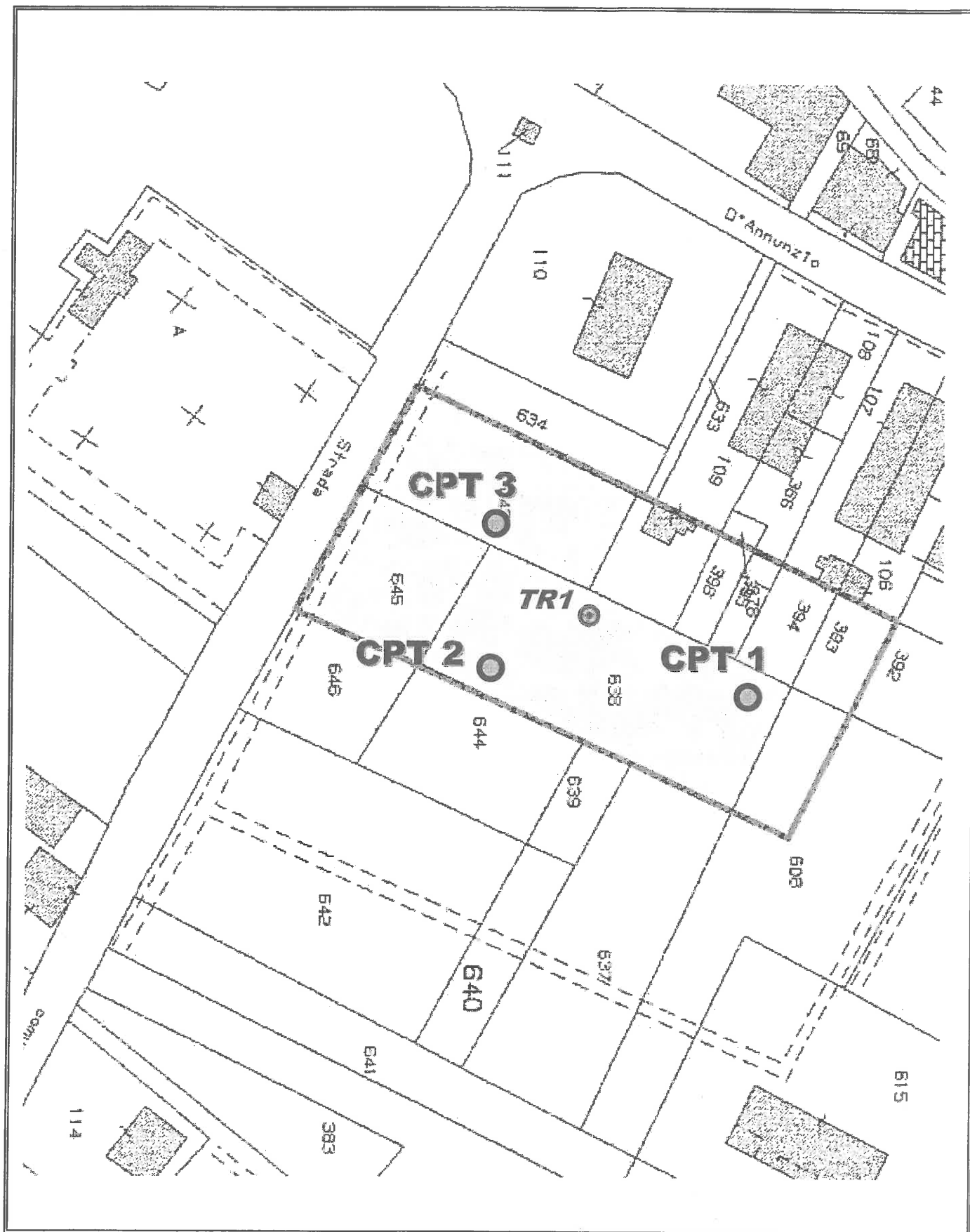


CARTA GEOMORFOLOGICA



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
 via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel. fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO F



UBICAZIONE SCHEMATICA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
 via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel.fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO G

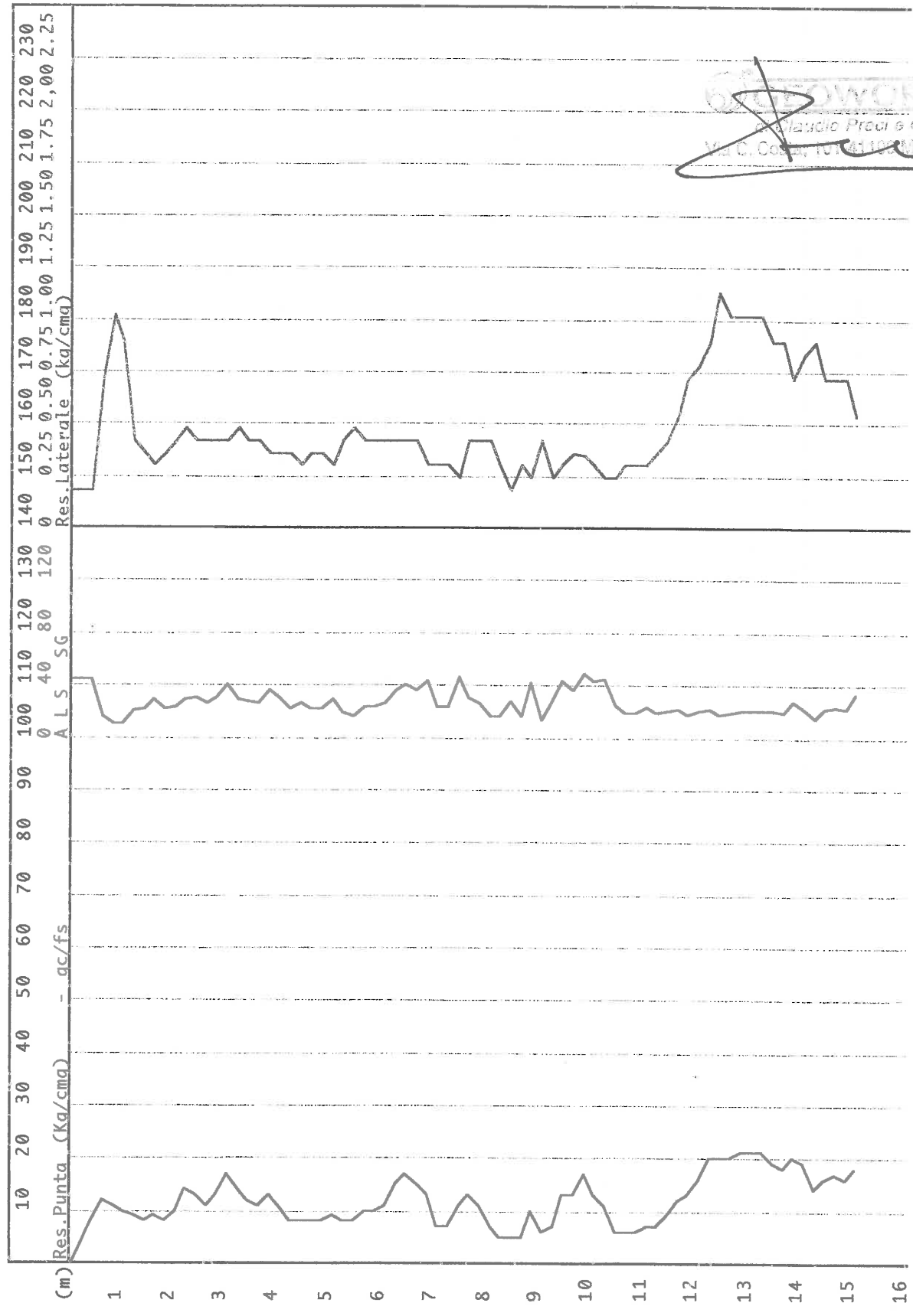
CERTIFICATI ED ELABORATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel.fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO H

CPT n°1 data:21/01/2010 Gw Certificato n°352
 Cantiere: Manzolino - Castelfranco Emilia
 Committente: Bernardi



GEOWORK SAS
 Studio Proci & C.
 Via C. Cassa, 101 41100 MODENA

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

[illegible]

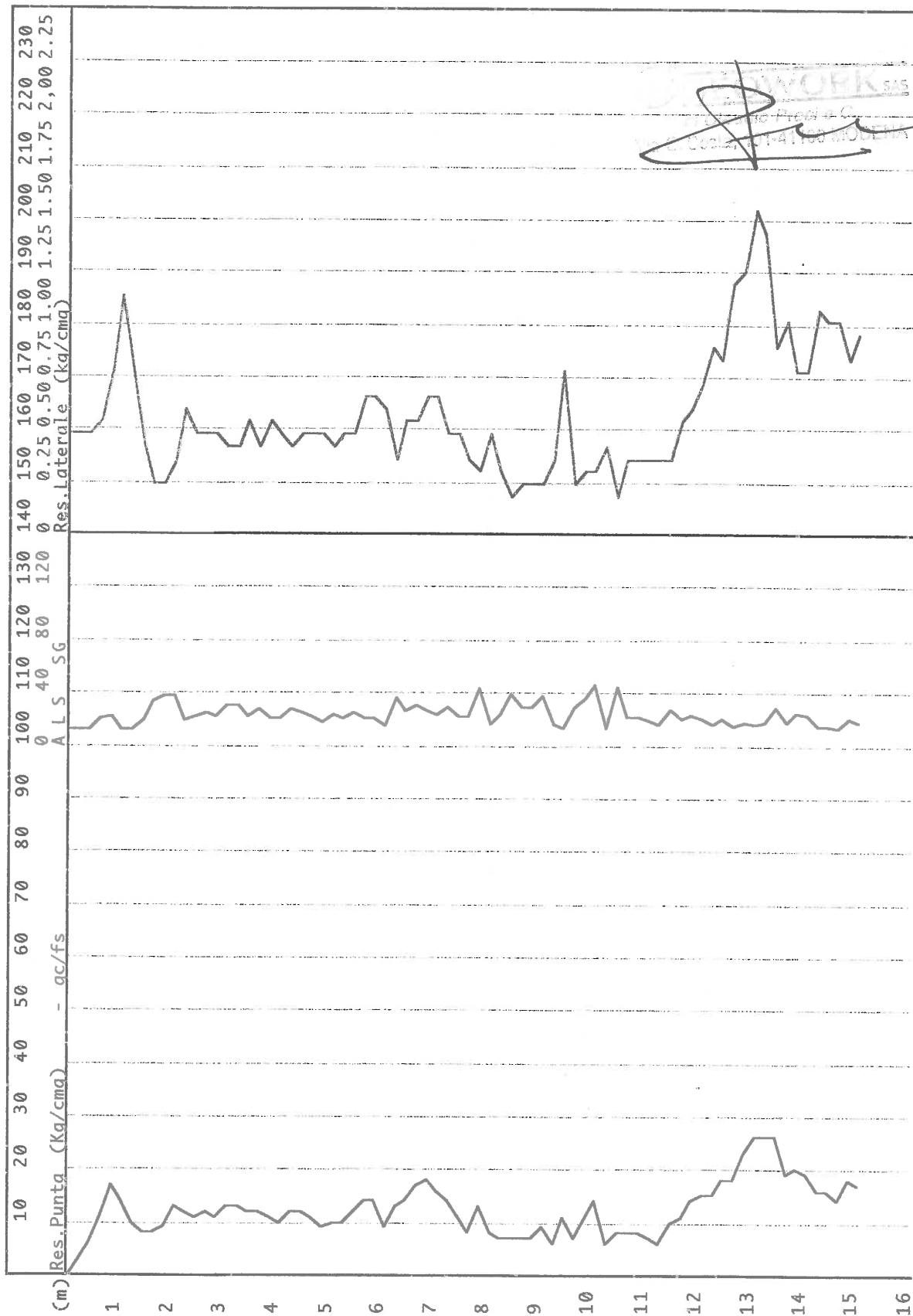
RELAZIONE TECNICA

CPT n°1 data: 21/01/2010 GW Certificato n°352
 Cantiere: Manzolino - Castelfranco Emilia
 Committente: Bernardi
 Quota livello di falda: 1.40
 Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.40	8.00	0.18	44.80
0.60	12.00	0.71	16.80
0.80	11.00	1.01	10.87
1.00	10.00	0.89	11.20
1.20	9.00	0.42	21.60
1.40	8.00	0.36	22.40
1.60	9.00	0.30	30.24
1.80	8.00	0.36	22.40
2.00	10.00	0.42	24.00
2.20	14.00	0.48	29.40
2.40	13.00	0.42	31.20
2.60	11.00	0.42	26.40
2.80	13.00	0.42	31.20
3.00	17.00	0.42	40.80
3.20	14.00	0.48	29.40
3.40	12.00	0.42	28.80
3.60	11.00	0.42	26.40
3.80	13.00	0.36	36.40
4.00	11.00	0.36	30.80
4.20	8.00	0.36	22.40
4.40	8.00	0.30	26.88
4.60	8.00	0.36	22.40
4.80	8.00	0.36	22.40
5.00	9.00	0.30	30.24
5.20	8.00	0.42	19.20
5.40	8.00	0.48	16.80
5.60	10.00	0.42	24.00
5.80	10.00	0.42	24.00
6.00	11.00	0.42	26.40
6.20	15.00	0.42	36.00
6.40	17.00	0.42	40.80
6.60	15.00	0.42	36.00
6.80	13.00	0.30	43.68
7.00	7.00	0.30	23.52
7.20	7.00	0.30	23.52
7.40	11.00	0.24	46.20
7.60	13.00	0.42	31.20
7.80	11.00	0.42	26.40
8.00	7.00	0.42	16.80
8.20	5.00	0.30	16.80
8.40	5.00	0.18	28.00
8.60	5.00	0.30	16.80
8.80	10.00	0.24	42.00
9.00	6.00	0.42	14.40
9.20	7.00	0.24	29.40
9.40	13.00	0.30	43.68
9.60	13.00	0.36	36.40
9.80	17.00	0.34	50.00
10.00	13.00	0.30	43.33
10.20	11.00	0.24	45.83
10.40	6.00	0.24	25.20
10.60	6.00	0.30	20.16
10.80	6.00	0.30	20.16
11.00	7.00	0.30	23.52
11.20	7.00	0.36	19.60
11.40	9.00	0.42	21.60
11.60	12.00	0.54	22.40
11.80	13.00	0.71	18.20
12.00	16.00	0.77	20.68
12.20	20.00	0.89	22.40
12.40	20.00	1.13	17.68
12.60	20.00	1.01	19.76
12.80	21.00	1.01	20.75
13.00	21.00	1.01	20.75
13.20	21.00	1.01	20.75
13.40	19.00	0.89	21.28
13.60	18.00	0.89	20.16
13.80	20.00	0.71	28.00
14.00	19.00	0.83	22.80
14.20	14.00	0.89	15.68
14.40	16.00	0.71	22.40
14.60	17.00	0.71	23.80
14.80	16.00	0.71	22.40
15.00	18.00	0.54	33.60

GW certificato n°353

CPT n°2 data:21/01/2010
Cantiere: Manzolino - Castelfranco Emilia
Committente: Bernardi



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

Prof m	Strati	Tipologia	Gamma kg/m ³	Gamma' kg/m ³	Sigma'V kg/cm ²	CU kg/cm ²	FI °	DR %	Mv cm ² /Kg	K oriz Kg/cm ³	Perm. cm/sec
1.20		Argilla limosa plastica	1763	1763	0.212	0.533	0	0	0.018145	1.0667	4.0e-5
		Limo argil-sabbioso sciolto									
4.60	4.80	Limo argil-sabbioso sciolto	1770	770	0.473	0.559	0	0	0.014696	0.7451	1.8e-3
		Limo argil-sabbioso sciolto									
10.00	11.20	Limo argilloso soffice	1703	703	0.972	0.358	0	0	0.018625	0.4778	5.1e-4
		Limo argilloso plastico									
15.00		Limo argilloso plastico	1840	840	1.291	0.897	0	0	0.014984	1.1965	2.7e-4
		Limo argilloso plastico									

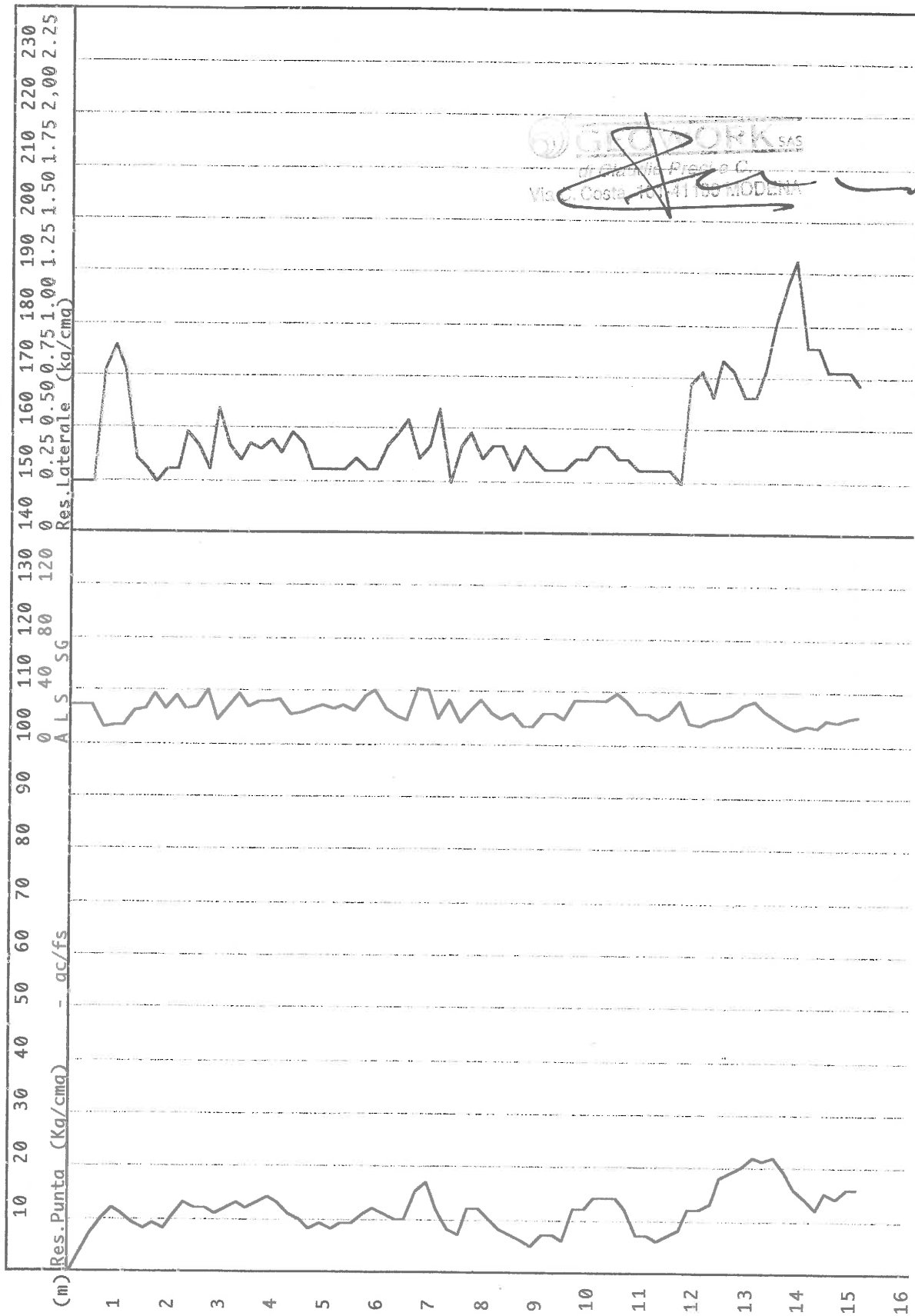
RELAZIONE TECNICA

CPT n°2 data:21/01/2010 GW certificato n°353
 Cantiere: Manzolino - Castelfranco Emilia
 Committente: Bernardi
 Quota livello di falda: 1.60
 Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.40	6.00	0.48	12.60
0.60	11.00	0.54	20.53
0.80	17.00	0.77	21.97
1.00	14.00	1.13	12.38
1.20	10.00	0.77	12.92
1.40	8.00	0.42	19.20
1.60	8.00	0.24	33.60
1.80	9.00	0.24	37.80
2.00	13.00	0.34	38.24
2.20	12.00	0.60	20.16
2.40	11.00	0.48	23.10
2.60	12.00	0.48	25.20
2.80	11.00	0.48	23.10
3.00	13.00	0.42	31.20
3.20	13.00	0.42	31.20
3.40	12.00	0.54	22.40
3.60	12.00	0.42	28.80
3.80	11.00	0.54	20.53
4.00	10.00	0.48	21.00
4.20	12.00	0.42	28.80
4.40	12.00	0.48	25.20
4.60	11.00	0.48	23.10
4.80	9.00	0.48	18.90
5.00	10.00	0.42	24.00
5.20	10.00	0.48	21.00
5.40	12.00	0.48	25.20
5.60	14.00	0.65	21.38
5.80	14.00	0.65	21.38
6.00	9.00	0.60	15.12
6.20	13.00	0.36	36.40
6.40	14.00	0.54	26.13
6.60	17.00	0.54	31.73
6.80	18.00	0.65	27.49
7.00	16.00	0.65	24.44
7.20	14.00	0.48	29.40
7.40	11.00	0.48	23.10
7.60	8.00	0.36	22.40
7.80	13.00	0.30	43.68
8.00	8.00	0.48	16.80
8.20	7.00	0.30	23.52
8.40	7.00	0.18	39.20
8.60	7.00	0.24	29.40
8.80	7.00	0.24	29.40
9.00	9.00	0.24	37.80
9.20	6.00	0.36	16.80
9.40	11.00	0.77	14.22
9.60	7.00	0.24	29.40
9.80	11.00	0.30	36.96
10.00	14.00	0.30	46.67
10.20	6.00	0.42	14.40
10.40	8.00	0.18	44.80
10.60	8.00	0.36	22.40
10.80	8.00	0.36	22.40
11.00	7.00	0.36	19.60
11.20	6.00	0.36	16.80
11.40	10.00	0.36	28.00
11.60	11.00	0.54	20.53
11.80	14.00	0.60	23.52
12.00	15.00	0.71	21.00
12.20	15.00	0.89	16.80
12.40	18.00	0.83	21.60
12.60	18.00	1.19	15.12
12.80	23.00	1.25	18.40
13.00	26.00	1.55	16.80
13.20	26.00	1.43	18.20
13.40	26.00	0.89	29.12
13.60	19.00	1.01	18.78
13.80	20.00	0.77	25.85
14.00	19.00	0.77	24.55
14.20	16.00	1.07	14.93
14.40	16.00	1.01	15.81
14.60	14.00	1.01	13.84
14.80	18.00	0.83	21.60
15.00	17.00	0.95	17.85

CPT n°3 data:21/01/2010
Cantiere: Manzolino - Castelfranco Emilia
Committente: Bernardi

GW certificato n°354



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

Prof ml	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma' kg/cm2	CU kg/cm2	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz Kg/cm3	Perm. cm/sec
0.40		Limo argil-sabbioso Limo argilloso soffice	1700	1700	0.068	0.350	0	0	0.018921	0.4667	3.9e-3
			1747	747	0.173	0.479	0	0	0.015711	0.6381	1.9e-4
1.80		Limo argil-sabbioso sciolto									
			1768	768	0.526	0.552	0	0	0.014760	0.7362	3.3e-3
6.40		Sabbia argilloso-limosa sciolta	1650	650	0.565	0.000	21	15	0.034091	0.9778	6.0e-3
7.00		Limo argil-sabbioso sciolto									
			1738	738	0.904	0.452	0	0	0.016179	0.6029	2.0e-3
11.60		Limo argilloso plastico									
			1828	828	1.186	0.826	0	0	0.014354	1.1020	3.4e-4
15.00											

RELAZIONE TECNICA

CPT n°3 data:21/01/2010 GW certificato n°354
 Cantiere: Manzolino - Castelfranco Emilia
 Committente: Bernardi
 Quota livello di falda: 1.60
 Dati prova penetrometrica statica

Prof.	Resistenza di Punta	Resistenza Laterale	Rapp. qc/fs
0.40	7.00	0.24	29.40
0.60	10.00	0.77	12.92
0.80	12.00	0.89	13.44
1.00	11.00	0.77	14.22
1.20	9.00	0.36	25.20
1.40	8.00	0.30	26.88
1.60	9.00	0.24	37.80
1.80	8.00	0.30	26.88
2.00	11.00	0.30	36.96
2.20	13.00	0.48	27.30
2.40	12.00	0.42	28.80
2.60	12.00	0.30	40.32
2.80	11.00	0.60	18.48
3.00	12.00	0.42	28.80
3.20	13.00	0.34	38.24
3.40	12.00	0.42	28.57
3.60	13.00	0.40	32.50
3.80	14.00	0.44	31.82
4.00	13.00	0.38	34.21
4.20	11.00	0.48	22.92
4.40	10.00	0.42	23.81
4.60	8.00	0.30	26.67
4.80	9.00	0.30	30.24
5.00	8.00	0.30	26.88
5.20	9.00	0.30	30.24
5.40	9.00	0.36	25.20
5.60	11.00	0.30	36.96
5.80	12.00	0.30	40.32
6.00	11.00	0.42	26.40
6.20	10.00	0.48	21.00
6.40	10.00	0.54	18.67
6.60	15.00	0.36	42.00
6.80	17.00	0.42	40.80
7.00	12.00	0.60	20.16
7.20	8.00	0.24	33.60
7.40	7.00	0.42	16.80
7.60	12.00	0.48	25.20
7.80	12.00	0.36	33.60
8.00	10.00	0.42	24.00
8.20	8.00	0.42	19.20
8.40	7.00	0.30	23.52
8.60	6.00	0.42	14.40
8.80	5.00	0.36	14.00
9.00	7.00	0.30	23.52
9.20	7.00	0.30	23.52
9.40	6.00	0.30	20.16
9.60	12.00	0.36	33.60
9.80	12.00	0.36	33.60
10.00	14.00	0.42	33.60
10.20	14.00	0.42	33.60
10.40	14.00	0.36	39.20
10.60	12.00	0.36	33.60
10.80	7.00	0.30	23.52
11.00	7.00	0.30	23.52
11.20	6.00	0.30	20.16
11.40	7.00	0.30	23.52
11.60	8.00	0.24	33.60
11.80	12.00	0.71	16.80
12.00	12.00	0.77	15.51
12.20	13.00	0.65	19.85
12.40	18.00	0.83	21.60
12.60	19.00	0.77	24.55
12.80	20.00	0.65	30.55
13.00	22.00	0.65	33.60
13.20	21.00	0.77	27.14
13.40	22.00	1.01	21.74
13.60	19.00	1.19	15.96
13.80	16.00	1.31	12.22
14.00	14.00	0.89	15.68
14.20	12.00	0.89	13.44
14.40	15.00	0.77	19.38
14.60	14.00	0.77	18.09
14.80	16.00	0.77	20.68
15.00	16.00	0.71	22.40

ELABORATI TROMINO



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel.fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO I

P.U.A. BERNARDI - MANZOLINO

Start recording: 21/01/10 13:19:05 End recording: 21/01/10 13:33:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

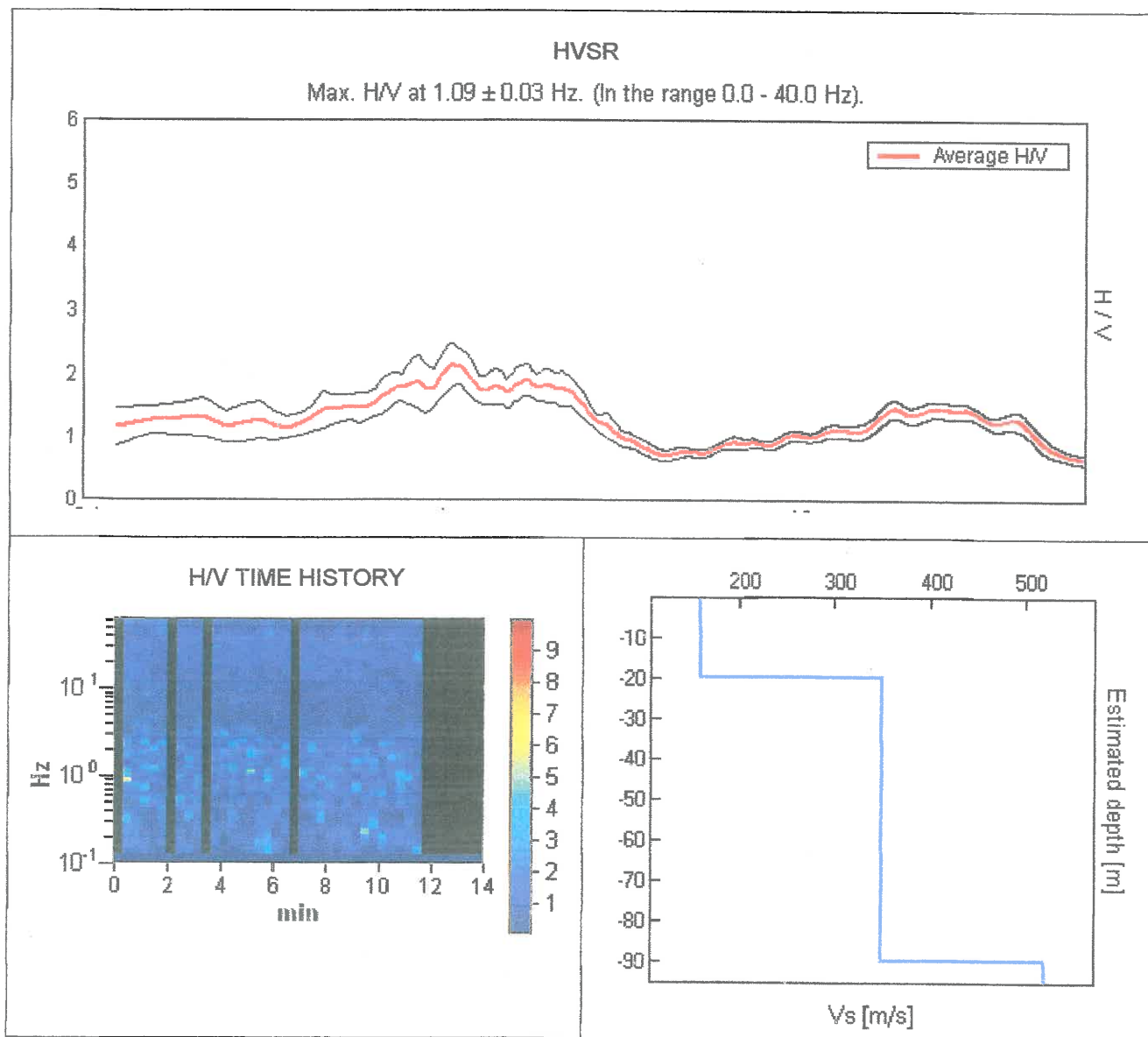
Trace length: 0h14'00". Analyzed 74% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

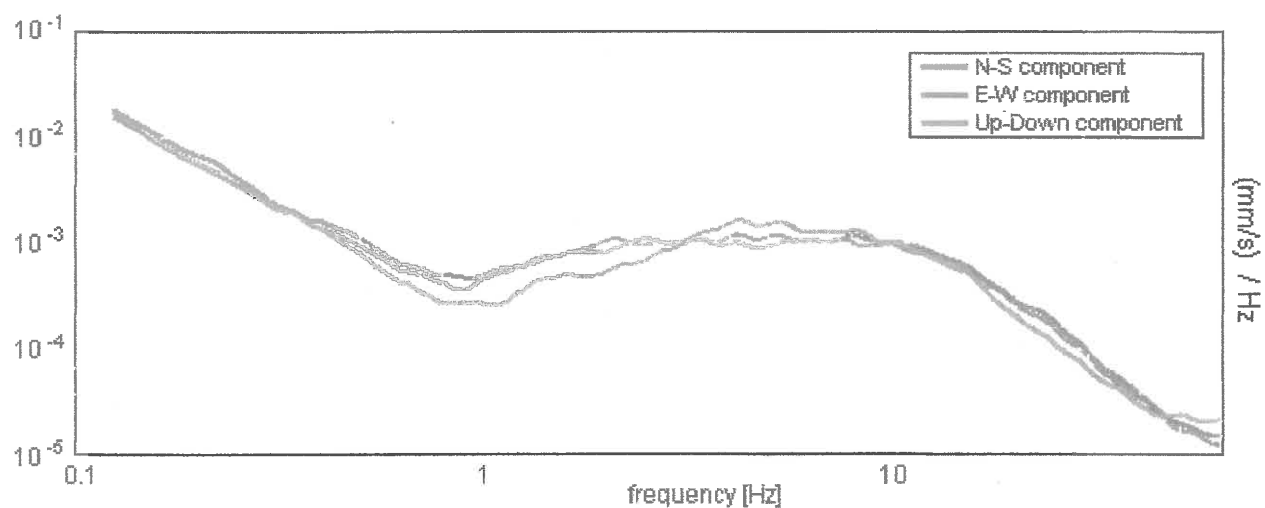
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

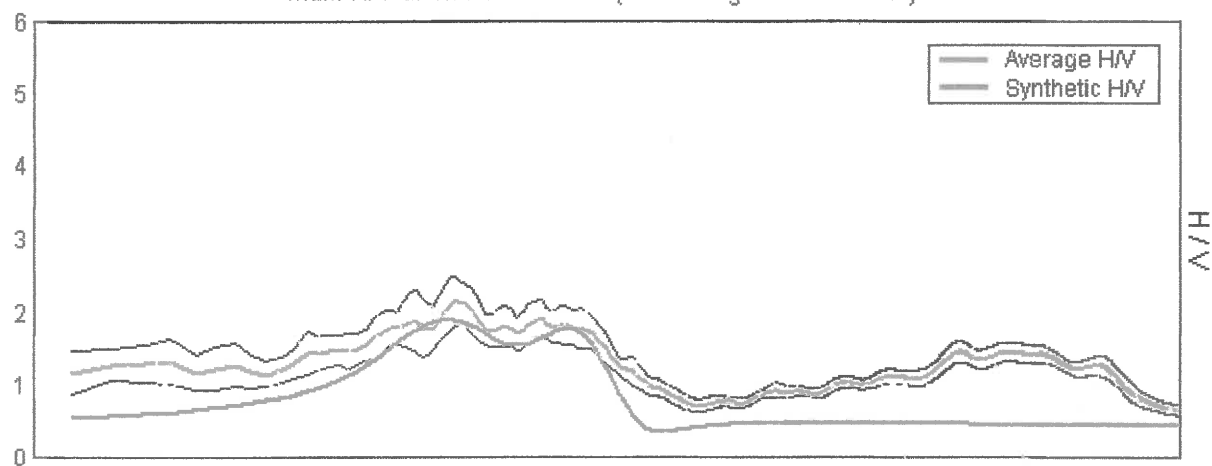


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL V_s - SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.09 ± 0.03 Hz. (In the range 0.0 - 40.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	V_s [m/s]
20.00	20.00	160
90.00	70.00	350
inf.	inf.	520

$V_{s30} = 195 \text{ m/s}$

[According to the Sesame, 2005 guidelines]

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.09 > 0.50$	
$n_c(f_0) > 200$	$678.1 > 200$	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 54 times	

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	3.094 Hz
$A_0 > 2$	$2.14 > 2$
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01466 < 0.05$
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01603 < 0.10938$
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1583 < 1.78$

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
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ 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 $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

AZIONE SISMICA DI PROGETTO - SPETTRI ELASTICI SLU/SLE



Indagini e Consulenze Geologiche - Geotecniche - Geofisiche - Idrogeologiche - Ambientali
via. C. Costa n. 101 - 41100 Modena tel.fax 059/823020 cell 339/8264394 e-mail precigeo@virgilio.it

ALLEGATO J

SPETTRI ELASTICI SLU

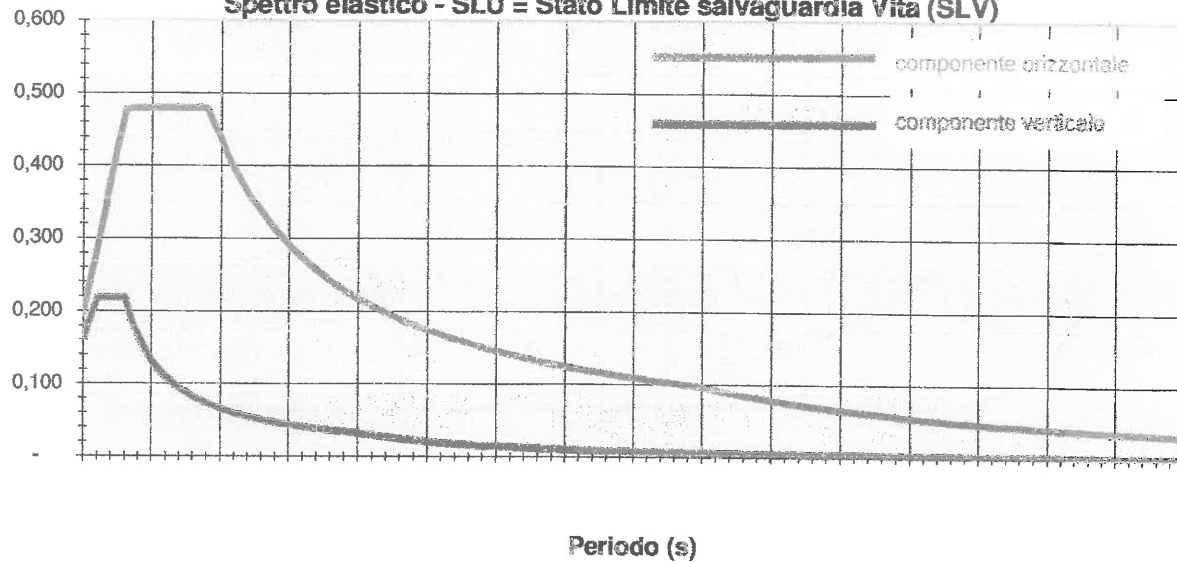
Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)

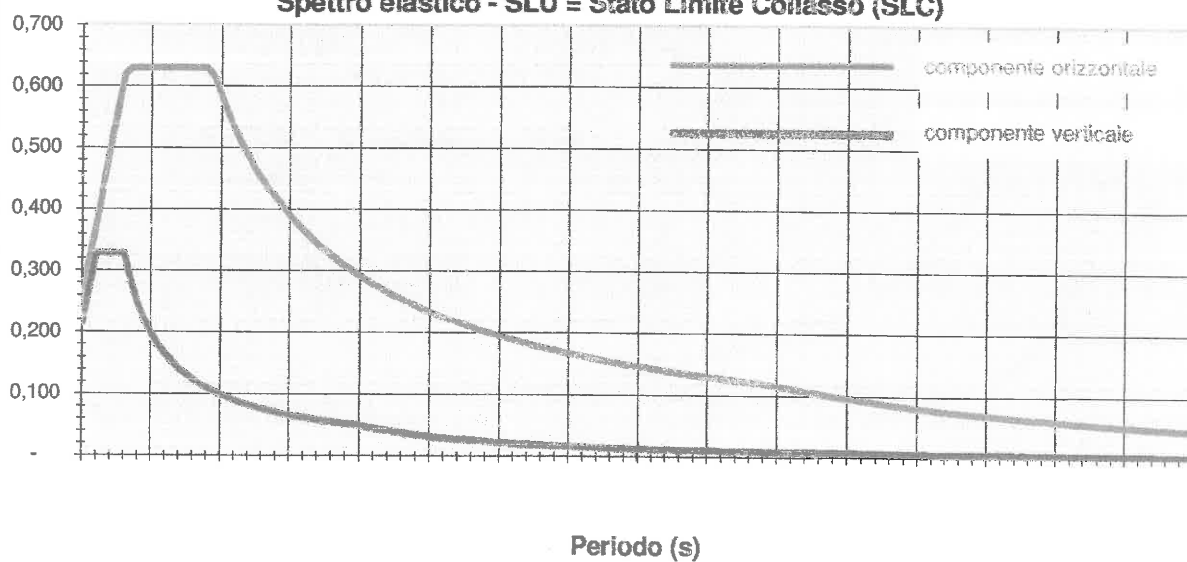
Spettro normalizzato S_d/g (accelerazione/gravità)



Spettro elastico - SLU = Stato Limite salvaguardia Vita (SLV)



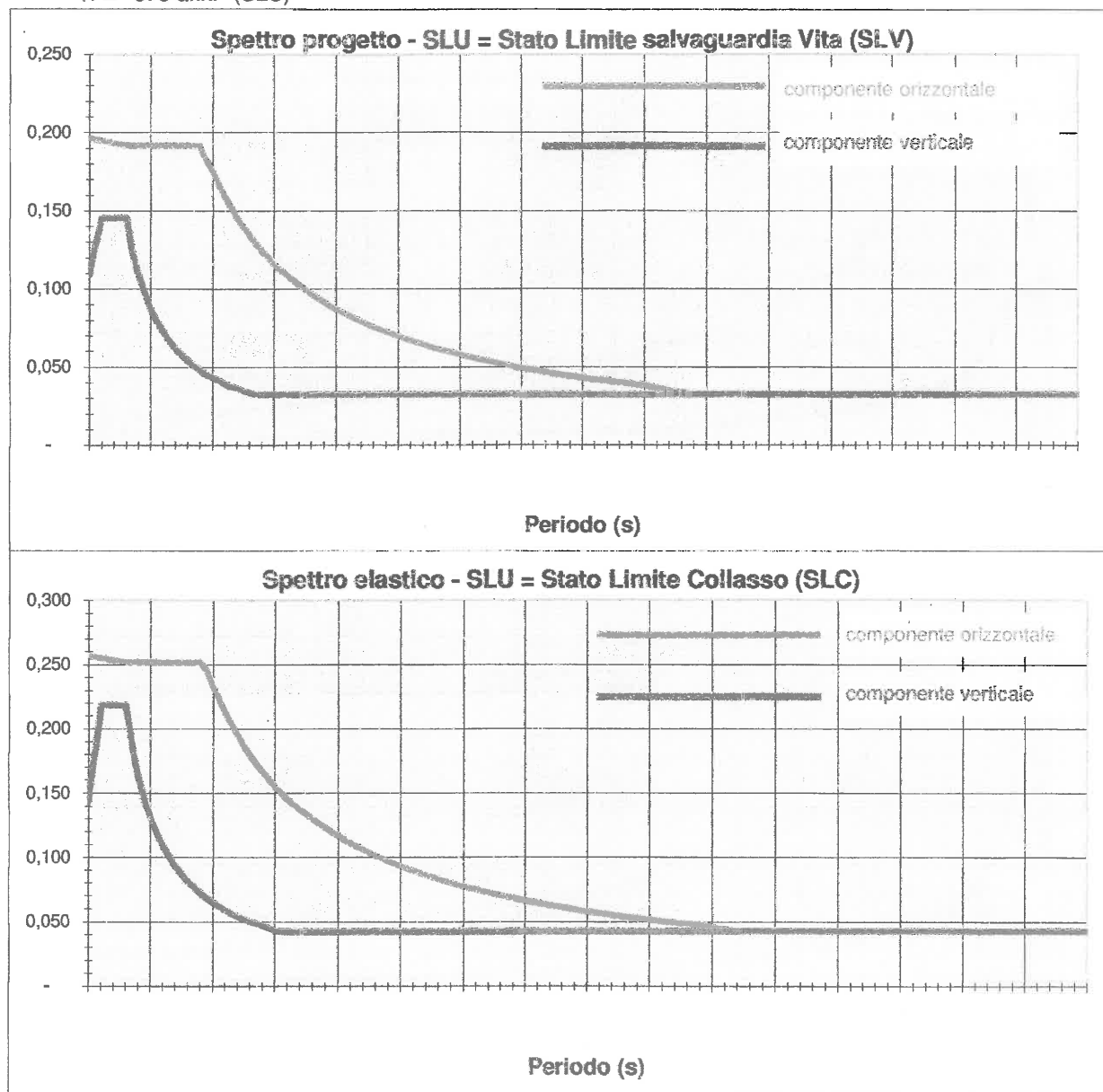
Spettro elastico - SLU = Stato Limite Collasso (SLC)



SPETTRI ELASTICI SLU DI PROGETTO

Tr = 475 anni (SLV)
Tr = 975 anni (SLC)

Spettro normalizzato S_d/g (accelerazione/gravità)

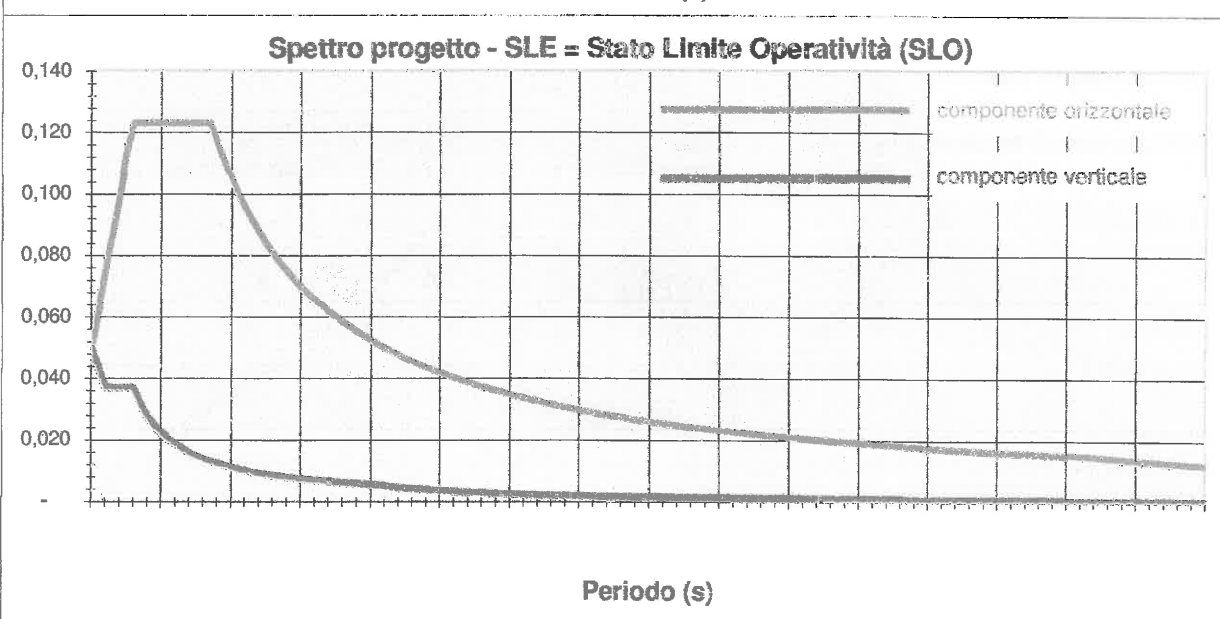
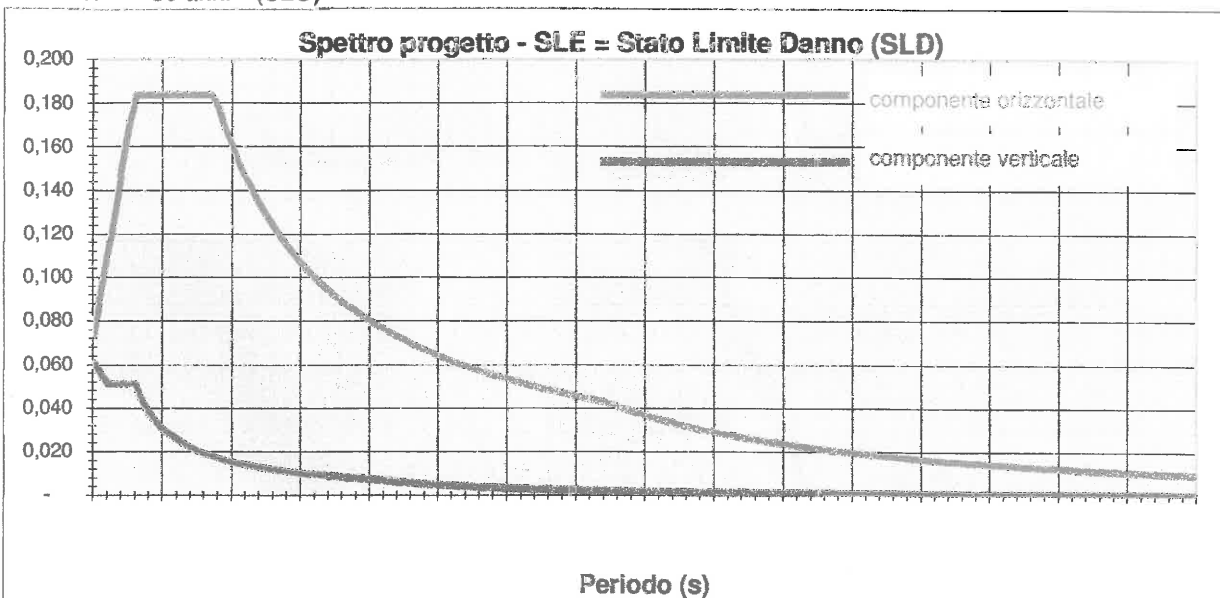


SPETTRI ELASTICI SLE DI PROGETTO

Tr = 50 anni (SLD)

Tr = 30 anni (SLO)

Spettro normalizzato S_d/g (accelerazione/gravità)



GEOWORK

ALLEGATO K