



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE
TOSCANA



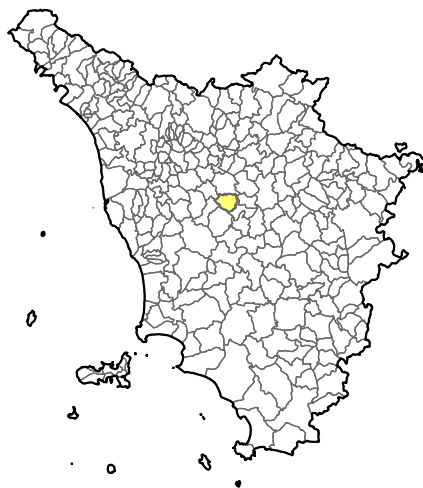
CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa della Carta delle MOPS

Regione Toscana
Comune di Certaldo



Regione Toscana

Soggetto realizzatore



Lungarno Guido Reni n. 55
52027 San Giovanni Valdarno (Ar)
Tel: 055.9155832 – mail: info@ghea.it

Data

20/09/2018

INDICE

Indice	1
Introduzione.....	2
Riferimenti normativi	3
Elaborati prodotti ed Individuazione aree di indagine	4
Definizione della Pericolosità di base e degli Eventi di riferimento	5
Assetto geologico e geomorfologico dell'area.....	10
Dati di base geotecnici e geofisici	14
Modello del sottosuolo.....	15
Interpretazioni ed incertezze.....	18
Metodologie di elaborazione e risultati	22
Elaborati cartografici	27
Carta delle indagini.....	28
Carta delle Frequenze Fondamentali dei depositi.....	29
Carta geologico-tecnica.....	32
Effetti locali di sito per la riduzione del Rischio Sismico	34
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).....	34
Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	37
Procedura semiquantitativa di valutazione della qualità della carta MOPS di Livello 1.....	38
Bibliografia	40
Allegato 1 - Sezioni geologiche	41
Allegato 2 - Verifiche del Potenziale di Liquefazione.....	42

INTRODUZIONE

La presente **Relazione** illustra gli aspetti che concorrono alla definizione delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica in relazione ai centri abitati significativi del territorio comunale di Certaldo.

A seguito dell'incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Certaldo (Provincia di Firenze), con Determinazione n.105 del 02/03/2017, sono in corso di svolgimento e redazione le indagini geologiche di supporto al Piano Strutturale dell'intero territorio comunale, ai sensi del *Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche* (Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 ottobre 2011 n. 53/R pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011).

In relazione agli aspetti sismici, le indagini geologiche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5.

In particolare con Determinazione n.933 del 28/12/2017 sono state condotte le indagini geologiche a supporto dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 ai sensi dell'OCDPC 344/2016, art.2, comma 1, lett. A), per le quali, con Decreto Dirigenziale di G.R.T. n.16585 del 06/11/2017, pubblicato sul BURT n. 47 parte III del 22.11.2017, il Comune di Certaldo è stato individuato, a seguito di scorrimento di graduatoria, quale ente ammesso al finanziamento.

Lo studio di microzonazione ha riguardato i principali centri abitati e congrui intorni, oggetto delle previsioni più significative, così come concordato con l'Ufficio tecnico del Genio Civile della Regione Toscana. I centri abitati oggetto degli studi di microzonazione sismica sono stati i seguenti: Certaldo e zone industriali, Fiano, Gorgognano, Marcialla, Sciano. Le suddette aree sono localizzate ed individuate negli elaborati cartografici.

Il livello 1 di Microzonazione Sismica costituisce un livello propedeutico caratterizzato essenzialmente da una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e di ulteriori informazioni, finalizzata alla suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

La presente relazione tecnica illustrativa descrive nel dettaglio tutti gli elementi caratterizzanti gli elaborati che costituiscono lo studio di microzonazione, indicandone le problematiche, le metodologie di indagine, le procedure di analisi ed elaborazione utilizzate ed infine i risultati prodotti, attenendosi a quanto prescritto nella Deliberazione 5 febbraio 2015 n. 144 L.R. 58/2009 - *OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A - Studi di microzonazione sismica. Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e prescrizioni per le analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza.*

RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stato condotto secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo.

- DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011, pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011, Allegato A, §2. Punto B.7 e C.5;
- DGRT n. 261 del 18.04.2011, recepimento a livello regionale dell' OPCM n. 3907/2010 con riferimento all'Allegato A che individua i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di Microzonazione Sismica, le modalità di predisposizione delle specifiche tecniche per la realizzazione dei suddetti studi e le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase pianificatoria;
- DGRT n. 144 del 5 febbraio 2015, Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica (ultima versione);
- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS), approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011;
- Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC) e Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ);
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 OPCM 3907/2010) - Versione 4.1 (ottobre 2017).

ELABORATI PRODOTTI ED INDIVIDUAZIONE AREE DI INDAGINE

Per lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- Carta delle indagini
- Dati di base
- Carta geologico-tecnica
- Sezioni geologico-tecniche
- Carta delle frequenze fondamentali
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica
- Relazione illustrativa della Carta delle MOPS

Gli elaborati, sono stati redatti solo in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi, così come concordato con l'Ufficio tecnico del Genio Civile della Regione Toscana, secondo le specifiche tecniche di cui al §1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL ed i criteri definiti al §3.4.2 degli ICMS. In particolare, i centri abitati oggetto degli studi di microzonazione sismica sono stati i seguenti: Certaldo e zone industriali, Fiano, Gorgognano, Marcialla, Sciano.

Le suddette aree sono localizzate ed individuate negli elaborati cartografici.

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Gli effetti locali prodotti da eventi sismici assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

La Regione Toscana con Deliberazione G.R.T. n.421 del 26/05/2014 ha approvato la vigente classificazione sismica del territorio regionale. Tale classificazione, suddivide il territorio regionale in 4 classi in base all'accelerazione massima del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Il Comune di Certaldo, secondo i modelli di calcolo dell'I.N.G.V., ricade in una porzione territoriale caratterizzata da un'accelerazione sismica compresa fra 0.125g e 0.150g, quindi in classe sismica 3 (Figure 1 e 2); secondo la nuova mappa di aggiornamento della classificazione sismica regionale, il territorio comunale è stato confermato in zona 3.

Il Comune di Certaldo è stato interessato storicamente da vari eventi sismici. Consultando il catalogo parametrico dei terremoti italiani dal 1000 al 2014 (CPTI15) dell'istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV sono stati registrati 23 eventi sismici, direttamente o indirettamente interessanti il territorio comunale, dal 1869 al 2003 (Figura 3). Sempre consultando i database dell'Istituto INGV, è stato possibile mettere in evidenza in totale 49 terremoti accaduti in un raggio di 30 km dal centro del Comune di Certaldo, con magnitudo superiore a 3.

Nel complesso il comune di Certaldo è stato interessato da eventi sismici (diretti o indiretti) con intensità media inferiore a 5. Questo dato è confermato dal grafico di disaggregazione sul nodo di Certaldo del modello matematico elaborato dall'INGV che riporta, come principale contributo alla pericolosità locale, una magnitudo media di 4.760 per un evento sismico ricadente a circa 7.8 Km dal nodo di riferimento (Figura 4).

Gli eventi sismici più significativi avvertiti a Certaldo sono stati quelli del 1869 (ML 5.5) localizzato in Valle dell'Elsa, del 1895 (ML 5) localizzato nel Fiorentino, del 1909 (ML 5) localizzato a Murlo e del 1920 (ML 5) localizzato in Garfagnana.

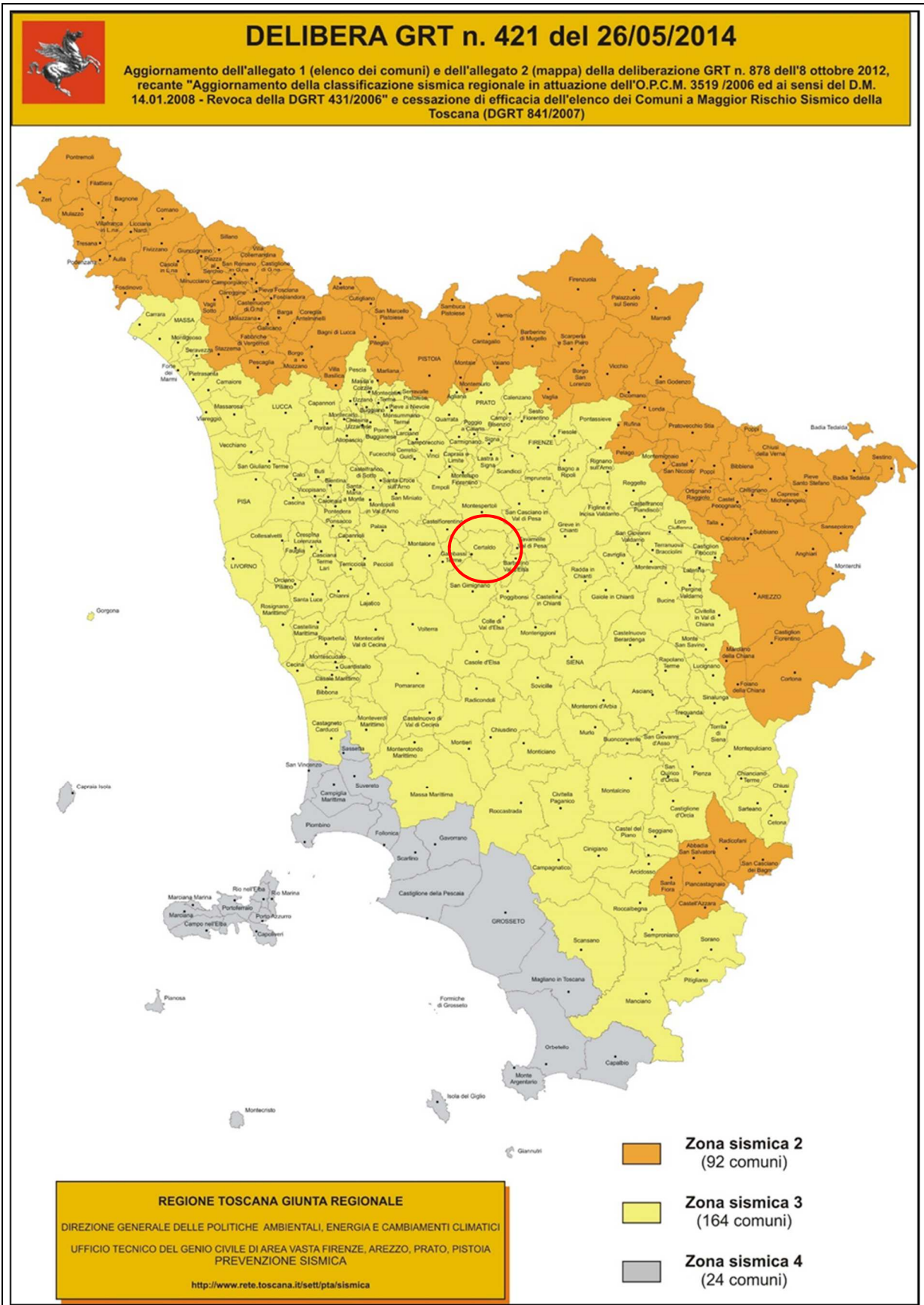


Figura 1 - Carta della classificazione sismica della Toscana, con evidenziato il Comune di Certaldo.

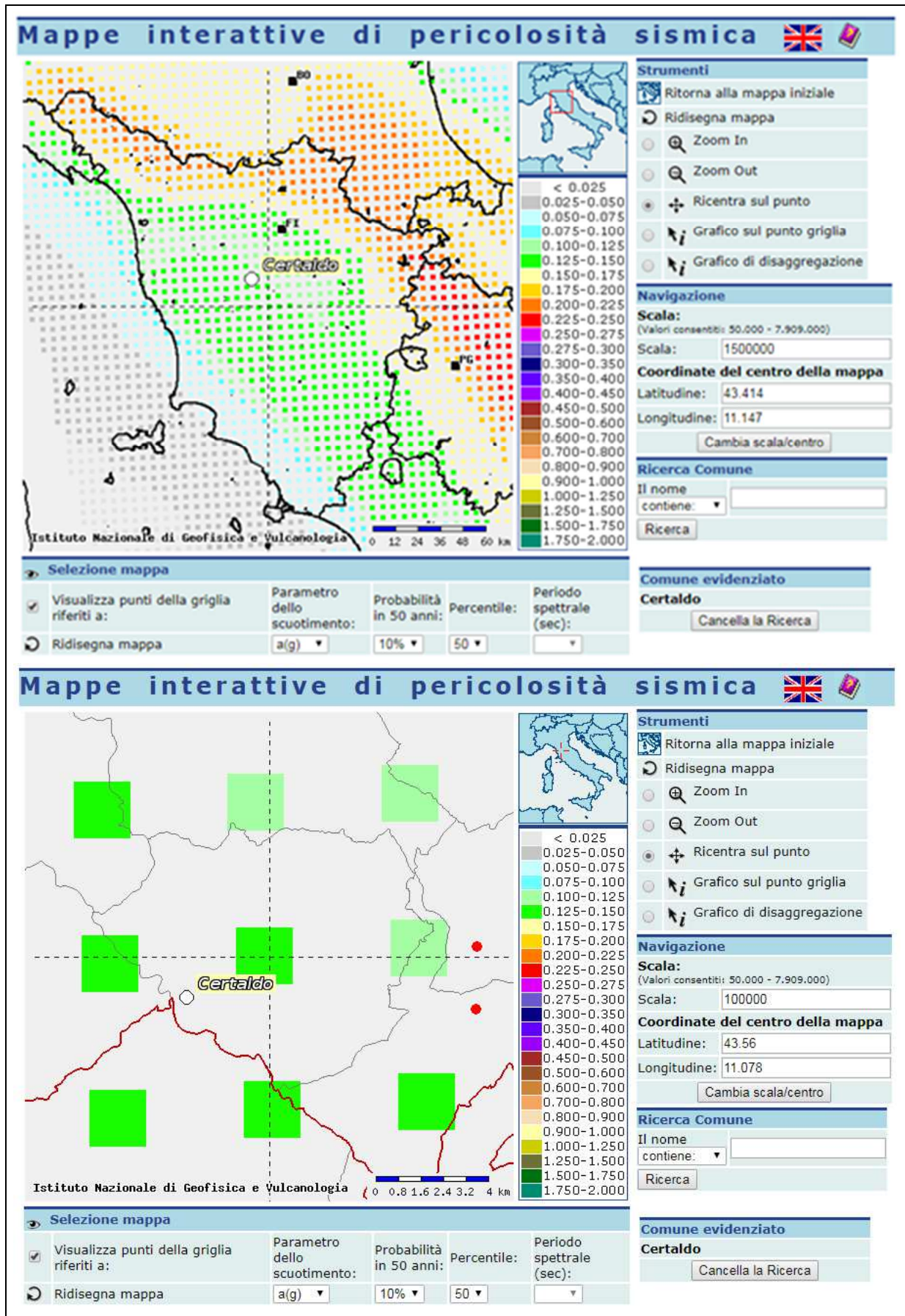


Figura 2 - Mappe di pericolosità sismica (fonte INGV), con evidenziato il Comune di Certaldo.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1869	09	26	20	45		Valdelsa	9	6-7	4.98
3	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6	4.47
5	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
5	1895	10	25	00	24	5	Chianti	36	5-6	4.51
4-5	1897	05	22	02	05		Valdelsa	23	5	4.26
NF	1897	07	27	09	02	1	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27
NF	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
NF	1897	12	18	07	24	2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
4	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
5	1901	09	22	21	42	1	Valdelsa	35	6	4.68
F	1906	12	20	02	38		Valdelsa	28	4	3.96
5	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
4-5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
2	1916	08	02	07	30		San Gimignano	2	4-5	3.93
5	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1929	07	18	21	02		Mugello	56	6-7	4.96
NF	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
NF	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
2	1959	03	24	10	24		Fiorentino	28	7	4.85
NF	1970	02	09	07	39		Appennino forlivese	30	5-6	4.50
3	1984	04	22	17	39	2	Costa pisano-livornese	39	6	4.61
NF	1993	08	06	07	51	4	Colline Metallifere	35	5-6	4.03
3	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24

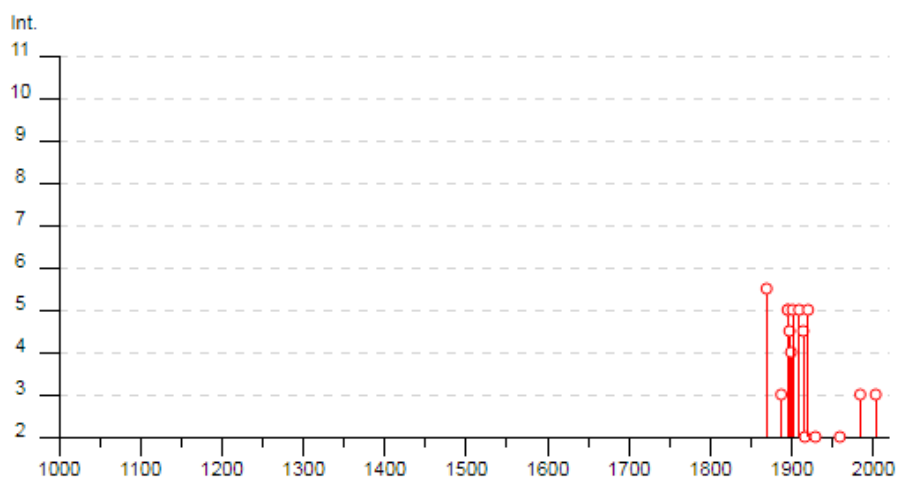
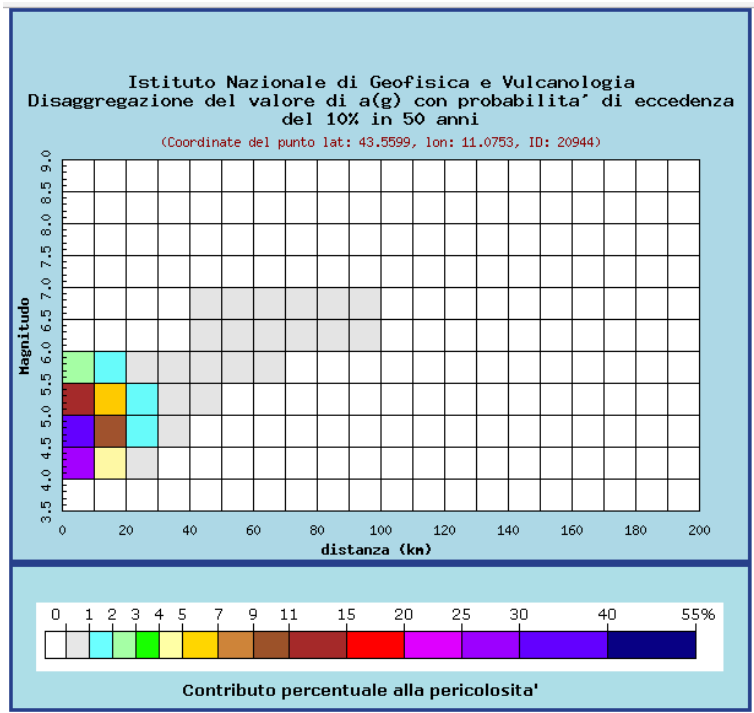


Figura 3 - Elenco degli eventi sismici registrati a Certaldo dal 1000 al 2014. *Intensity* (intensità registrata a Certaldo), (Anno, mese, giorno, ora, minuti e secondi dell'evento sismico), *Area epicentrale* (zona dove ricade l'epicentro), *NMDP* (numero di dati puntuali macrosismici), *Io* (intensità all'epicentro), *Mw* (magnitudo all'epicentro). - Grafico di distribuzione degli eventi sismici dal 1000 al 2014 (fonte INGV).



Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.5599, lon: 11.0753, ID: 20944)											
Distanza in km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	25.900	34.100	11.400	2.360	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.820	9.840	5.750	1.690	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.107	1.050	1.390	0.575	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.011	0.237	0.181	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.011	0.097	0.098	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.157	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.070	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.760	7.870	0.843

Figura 4 - Grafico e tabella di disaggregazione del Comune di Certaldo (fonte INGV).

ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Il Comune di Certaldo ricade all'interno del bacino della Val d'Elsa, che costituisce un segmento di una lunga fossa di origine neogenica ad andamento appenninico ovvero nord ovest-sud est che, dalla Valle del Serchio si estende verso sud-sud est, con una lunghezza complessiva di circa 60 km e una larghezza di 25 km. Esso è limitato a nord dai rilievi di Montecatini Terme, ad est dal Monte Albano - Colline dell'Impruneta e dal Chianti, a sud dal rilievo di Monte Maggio ed ad ovest dalla Dorsale di Iano, facente parte della Dorsale medio-toscana, che giunge sino alla Montagnola Senese.

Il territorio comunale appartiene alla fascia centrale della catena orogenica dell'Appennino settentrionale, parte integrante della fascia di deformazione perimediterranea sviluppatasi prevalentemente in tempi neogenici e costituita da una struttura complessa di falde e thrust formatasi in relazione a più fasi tettoniche.

A partire dal Tortoniano terminale - Messiniano si instaura una tettonica distensiva legata all'apertura del Bacino Tirrenico, caratterizzata da faglie normali immergenti verso ovest, che porta alla formazione di una serie di depressioni tettoniche sul margine continentale (bacini intermontani). In ordine progressivo di attivazione si hanno il bacino della Val di Fine - Val di Cecina, di Viareggio - Val di Magra, formati nel Tortoniano - Messiniano, seguiti poi dal bacino dell'Era e dell'Elsa sviluppati dal Pliocene Inferiore, quelli della Lunigiana, Garfagnana e Valdarno - Val di Chiana che risalgono al Pliocene Superiore. Infine nel Pleistocene inferiore si sono formati i bacini di Firenze - Prato - Pistoia, del Mugello, del Casentino e dell'Alta Val Tiberina.

I suddetti bacini sono caratterizzati da ampi volumi di riempimenti neogenici-quadernari. L'analisi di questi riempimenti ha evidenziato una alternanza di sedimenti marini e continentali, un pattern sedimentario dipendente dalle variazioni del livello del mare, a sua volta regolato a livello globale dalle eustasie e dai cambiamenti climatici che hanno caratterizzato il passaggio fra il tardo Neogene e il Quaternario (*Benvenuti M.*, 1999), (*Martini I. &*, 1993), (*Benvenuti M. et al.*, 2014) e non per ultimo dalla tettonica regionale. In particolare, proprio l'interazione fra tettonica regionale e processi eustatici ha portato all'assetto litostratigrafico dei bacini della Toscana settentrionale caratterizzati da una alternanza ciclica di depositi marini e continentali fluvio-lacustri.

Il bacino della Val d'Elsa è il prodotto della tettonica distensiva in atto tardo miocenica a seguito dell'apertura del bacino Tirrenico e i sedimenti pliocenici che lo caratterizzano sono riconducibili a fasi trasgressive come ipotizzato da *Dainelli G. & Videssot P.*, 1930 e riconfermato da vari studi recenti su aree ristrette (*Bossio et al.*, 1993-8, 2001; *Capazzuoli et al.*, 2005).

In merito alle variazioni eustatiche che hanno caratterizzato e controllato i cicli deposizionali alternati (depositi marini e depositi continentali) dei bacini neogenici della Toscana tirrenica, di recente è stato realizzato uno studio dettagliato dei riempimenti deposizionali dei suddetti bacini (*Benvenuti M. et al.*, 2014), con particolare riferimento al bacino della Val d'Elsa. Nel suddetto studio sono stati messi in evidenza, a partire dal Zancleano (piano inferiore del Pliocene) fino ad arrivare al Gelasiano (piano inferiore del Pleistocene), 7 sintemi che includono depositi fluvio-deltizi e marini, differenziati sulla base della litologia, struttura e contenuto o meno di fossili (indici di ambiente di sedimentazione, marino o continentale, nonché marcatori temporali). Nel bacino della Val d'Elsa nello

Zancleano e Gelasiano le sequenze deposizionali erano principalmente controllate da assottigliamento crostale, mentre durante il Piacenziano è stato registrato un segnale eustatico.

In linea di massima nell'intervallo temporale preso a riferimento dallo studio è possibile mettere in evidenza una trasgressione marina molto estesa a partire dal Pliocene inferiore che si è protratta per quasi tutto il Pliocene. La linea di costa del mare pliocenico ha quasi raggiunto l'attuale spartiacque fra il torrente Pesa e il fiume Greve. Successivamente, al netto di oscillazioni eustatiche minori, si è verificata una emersione progressiva dei depositi marini (Pliocene superiore), con conseguente attivazione dei fenomeni erosivi e seguito nell'area da una fase di stasi perdurata per tutto il Villafranchiano. Successivamente sono ripresi i movimenti di sollevamento, avvenuti in maniera non uniforme, ma per blocchi separati da faglie dirette, le più importanti delle quali presentano direzione appenninica, mentre le minori presentano andamento anti-appenninico. L'attività tettonica prosegue anche allo stato attuale con attività sismica modesta.

In particolare, il Comune di Certaldo presenta, da un punto di vista geologico, una dicotomia evidente all'interno del suo limite territoriale. Le aree di fondovalle del fiume Elsa e dei suoi principali affluenti sono caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali attuali e recenti, con uno spessore massimo di circa 20 m (fondovalle del fiume Elsa) poggianti su un substrato pliocenico. Le aree collinari invece presentano una prevalente alternanza di depositi limoso/argillosi e sabbioso/ghiaiosi di origine prevalentemente marina (pliocene) e subordinatamente fluvio-lacustre continentale (pliocene/villafranchiano) aventi uno spessore complessivo di centinaia di metri.

I corsi d'acqua presenti sul territorio comunale sono allineati secondo due direzioni prevalenti: in direzione circa appenninica (ovest-nord ovest / est-sud est) i principali corsi d'acqua (Valle dell'Elsa); con allineamento antiappenninico (nord-nord est / sud-sud ovest), cioè ortogonalmente alla direzione appenninica, i corsi d'acqua minori.

Tutto ciò testimonia chiaramente un controllo strutturale sul reticolo idrografico, caratterizzato da una serie di dislocazioni che, evidentemente anche in epoca recente, si sono mobilitate secondo le due direzioni principali di sforzo tettonico (appenninico ed antiappenninico), creando linee di faglia e di frattura che hanno costituito una via preferenziale per l'impostazione delle linee di deflusso superficiale.

La successione stratigrafica dell'area in esame è costituita dalle seguenti unità geolitologiche, dall'alto verso il basso:

Depositi Olocenici:

Depositi alluvionali in evoluzione (b - Olocene)

Depositi recenti talora continui, talora di forma lenticolare prevalentemente incoerenti o pseudocoerenti, quali sabbie, ciottoli e ghiaie, in alcuni casi intercalati con livelli a granulometria minore quali argille-limi e sabbie fini, testimonianza diretta di forti eventi di esondazione (sedimenti più grossolani) e dei successivi periodi deposizionali di fine piena (materiali più fini). Esiste una distinzione fra due tipi di sedimenti alluvionali (quelli dei fondovalle principali o comunque dotati di buone e/o medie caratteristiche geotecniche e quelli dei tributari minori dotati di caratteristiche peggiori)

che è dovuta essenzialmente alla diversa consistenza degli stessi, maggiore per quelli del Fiume Elsa e degli altri corsi principali, come il Torrente Agliena, e nettamente minore per quelli dei tributari laterali, così come peraltro confermato dall'analisi dei dati di base. Tali diversi comportamenti possono essere ascritti alla difficoltà propria delle vallecole laterali a stabilire un buon drenaggio della falda, con la presenza quindi di sedimenti spesso saturi fino al livello del p.c..

Depositi alluvionali terrazzati (bna e bnb - Olocene)

Depositi Continentali Villafranchiani:

I depositi continentali villafranchiani sono terreni di origine prevalentemente fluvio-lacustre caratterizzati da un ampio range granulometrico che spazia dalle argille, argille limose, passando per i limi fino ad arrivare alle sabbie e alle ghiaie. Tali depositi poggiano su depositi marini pliocenici.

Sabbie e conglomerati (VILe)

Sabbie e conglomerati; spesso la componente fine è scarsa o concentrata in livelli sottili e diventano predominanti i terreni grossolani contenenti ciottoli e ghiaie di natura prevalentemente calcarea. L'assetto è sub-orizzontale, con evidenti segni di basculamento verso ovest.

Sabbie e sabbie argillose (VILb)

Sabbie e sabbie argillose; sabbie medio fini e limi sabbioso argillosi giallastri.

Conglomerati (VILa)

Conglomerati e ciottolami poligenici, ciottolami polimodali a tessitura clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa.

Depositi marini pliocenici:

Sabbie e arenarie gialle (PLIs)

Sabbie medio-fini e limi sabbiosi giallastri massicci, talora laminati piani. Si tratta di sabbie grigie e gialle di ambiente litorale ben classate a composizione mineralogica mista; talora risultano stratificate, con livelli cementati e intercalazioni limo-argillose e/o ciottoloso-ghiaiose. Sono presenti lenti con accumuli di macrofossili e la giacitura è sub-orizzontale, con uno spessore di circa 100 m.

Conglomerati marini poligenici (PLIb)

Sabbie medio-fini giallastre massive e subordinati corpi lenticolari ciottolosi.

Calcareni e calciruditi bioclastiche (PLIc)

Ciottoli polimodali a tessitura clastosostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa in strati amalgamati, massicci, e sabbie medio-grossolane talora a laminazione piana o inclinata.

Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere (FAA)

Affioranti generalmente nelle parti basali dei versanti e ubicate nella porzione occidentale del Comune di Certaldo, rappresentano la base della sequenza pliocenica nel bacino della Val d'Elsa. Sono costituite da depositi prevalentemente fini dal caratteristico colore turchino e presentano talora intercalazioni più grossolane (sabbie limose) di spessore variabile, solitamente sede di piccoli acquiferi. Presentano frequenti eteropie laterali ed hanno giacitura suborizzontale; la sedimentazione è schiettamente marina di piana abissale, con spessori mal valutabili, ma che si possono stimare in 600

- 700 metri in base alle risultanze di perforazioni profonde. È frequente una vasta fauna di lamelli-branchi e gasteropodi, spesso sedimentati in livelli; la giacitura orizzontale. (Zancleano finale-Piacenziano inferiore).

Argille sabbiose e limi da nocciola a grigi (FAAb - Piacenziano)

Il territorio comunale può quindi essere distinto in un'area nord occidentale ad argille dominanti con le loro tipiche forme di evoluzione, sia mammellari che a calanchi, ed in un'area centrale e meridionale, posta a sud di Certaldo, in cui i versanti hanno caratteri di colline dominate da litologie alternate, prevalentemente sabbiose plioceniche; la porzione nord orientale, sul crinale da Marcialla a Fiano e Lucardo, invece è contraddistinta da litologie resistenti dominanti, quali sabbie e conglomerati villafranchiani.

Per quanto riguarda il dominio collinare, esso è caratterizzato principalmente da forme geomorfologiche sia come frane attive o quiescenti, aree a franosità diffusa ed erosione superficiale, talvolta di notevole estensione e profondità. I centri abitati di Certaldo Alto e Marcialla sono stati interessati da fenomeni franosi della tipologia di crollo.

Le forme geomorfologiche riportate nello studio di microzonazione sismica derivano dall'inquadramento geomorfologico presente nei vigenti strumenti urbanistici comunali e dal database dell'I.F.F.I. aggiornato e modificato a seguito di sopralluoghi congiunti eseguiti con i tecnici dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale e del Genio Civile.

DATI DI BASE GEOTECNICI E GEOFISICI

Ai fini dell'aggiornamento delle indagini geognostiche effettuate sul territorio comunale, in funzione della ricostruzione dettagliata del Modello geologico di sottosuolo e della stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), è stata realizzata una approfondita ricerca bibliografica ed in rete dei dati geotecnici e geofisici presenti negli areali oggetto di studio:

In particolare sono stati consultati:

- Archivi comunali e indagini geologico-tecniche di supporto ai previgenti Piani Strutturali, anche dei comuni limitrofi;
- Portale del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA), in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo (L. 464/84)' e l'archivio 'Faglie capaci (ITHACA)';
- Consultazione degli archivi della Regione Toscana, in particolare della Banca Dati del sottosuolo (LaMMA), della Banca Dati indagini geotematiche (BDIG) e della Banca Dati stratigrafica della Toscana (SIRA).

In totale sono stati raccolti, catalogati ed archiviati digitalmente i dati relativi a n. 858 verticali puntuali di indagine e n. 71 indagini lineari sull'intero territorio comunale.

Le indagini geognostiche sono costituite variamente da sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, prove penetrometriche, sia statiche che dinamiche che con punta elettrica, analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche con varie metodologie.

Le indagini specifiche ex-novo per la Microzonazione Sismica, eseguite in accordo con i tecnici della Regione Toscana, sono state invece svolte in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi, secondo le specifiche tecniche di cui al §1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL e secondo i criteri definiti al §3.4.2 degli ICMS.

Le indagini utilizzate per la microzonazione sismica in corrispondenza dei centri abitati significativi sono rispettivamente n. 301 indagini puntuali e n. 47 indagini lineari, catalogate ed archiviate secondo gli Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica e riportate nella Carta delle Indagini.

Tra queste sono annoverate le indagini specifiche svolte ex-novo, costituite da:

- n. 30 misure di sismica passiva con tecnica a 'stazione singola' (HVSR);
- n. 2 misure di sismica passiva acquisite con *array* bidimensionali elaborati in modalità ESAC;
- n. 5 misure di sismica attiva acquisita con *array* monodimensionale e tecnica a rifrazione;
- n. 17 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTU).

MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il contesto geologico del Comune di Certaldo è quello tipico di bacino sedimentario neogenico, caratterizzato da una successione di depositi marini e/o continentali fluvio-lacustri depositi, per tutto il periodo del Pliocene e in parte anche nel Pleistocene, su un substrato pre-neogenico/terziario caratterizzato da unità geolitologiche appartenenti al Dominio Ligure e/o al Dominio Toscano. L'alternanza di sedimentazione di depositi marini o continentali è associabile alla ripetuta alternanza di processi di trasgressione e regressione del livello marino che hanno caratterizzato tutto il periodo suddetto (Pliocene). Al di sopra di questo ambiente marino/continentale pliocenico/villafranchiano hanno operato una serie di processi, naturali ed antropici, che hanno portato alla definizione della morfologia attuale.

Nelle porzioni oggetto di studio riferibili ai centri abitati significativi ed a un loro congruo intorno si possono distinguere i seguenti contesti geologici, da cui scaturiscono diversi modelli di sottosuolo:

- Fondovalle;
- Collina Villafranchiano;
- Collina settentrionale Pliocene;
- Collina meridionale Pliocene.

I vari modelli di sottosuolo sono meglio esplicitati nelle sezioni geologico-tecniche allegate (Allegato 1 e Carta delle Sezioni geologico-tecniche).

Fondovalle

Il contesto geologico di fondovalle lungo l'asta fluviale dell'Elsa è costituito da uno spessore massimo di circa 20-25 metri di depositi alluvionali recenti o attuali che poggiano su un substrato costituito da depositi pliocenici corrispondenti a quelli individuati nel dominio collinare (FAA e/o PLIs).

I depositi alluvionali presenti nel fondovalle del fiume Elsa presentano un pattern stratigrafico di area vasta uniforme da sud a nord: al di sotto di uno spessore variabile di depositi alluvionali a granulometria variabile da argillosa a ghiaiosa con una prevalenza della componente limosa vi è uno strato di spessore medio di circa 5 m costituito da depositi prevalentemente ghiaiosi in matrice a granulometria variabile, che ne rappresenta, nel contesto alluvionale del fiume Elsa, il letto. Da un punto di vista geotecnico i depositi alluvionali mostrano una consistenza o un grado di addensamento da scarso a medio con occasionali livelli maggiormente compatti/addensati.

Il passaggio fra depositi alluvionali e substrato marino pliocenico è evidenziato soprattutto nelle stratigrafie dei sondaggi e nelle prove penetrometriche, ed in misura minore nelle indagini geofisiche, in particolare gli stendimenti sismici a rifrazione con onde P ed SH (ST02, ST04 e ST05), in subordine nelle indagini sismiche puntuali HVSR eseguite all'interno della piana alluvionale.

Questo passaggio non denota rilevanti contrasti di impedenza: in alcune misure H/V si evidenzia comunque una leggera amplificazione sismica intorno a circa 2/3 Hz, in alcuni casi più accentuata verso i 3/3.5 Hz, corrispondenti a circa 20 m di profondità (T1, T2, T4, T7, T9, T17).

Le aree di fondovalle che presentano depositi alluvionali prevalentemente sottofalda, suscettibili di liquefazione, sono state analizzate stimandone il potenziale di liquefazione mediante metodi semplificati che utilizzano prove penetrometriche statiche, in particolare il metodo di Robertson e Wride (1998), basato sulla determinazione della resistenza al taglio mobilitata dai valori di resistenza alla punta delle suddette prove. A tal proposito si allega un "elaborato" con la stima del potenziale eseguito per alcune prove penetrometriche eseguite per la microzonazione sismica (CPTU).

Dalle risultanze analitiche non sono emerse problematiche di suscettibilità alla liquefazione (Allegato 2); tale risultato era già comunque evidenziato dalle stesse prove CPTU, i cui diagrammi risultanti presentano una granulometria, seppur variabile, ma con prevalenza della componente coesiva (*clay*).

Collina Villafranchiano

Il contesto collinare nord-orientale e orientale (Fiano e Marciolla) mostra una stratigrafia caratterizzata da una alternanza di strati coesivi e incoerenti con presenza anche rilevante di depositi sabbiosi e ghiaiosi, principalmente di genesi continentale (depositi villafranchiani - VILe, VILa, VILb), che poggiano su depositi marini pliocenici (PLIs).

Le stratigrafie dei sondaggi evidenziano la presenza di ciottoli calcarei e ghiaie in matrice sabbiosa con limi sabbiosi e sabbie medio-fini, parzialmente diagenizzate, molto consistenti; oppure, in altri casi, limi sabbiosi e limi argillosi con livelli di ghiaie e ciottolami.

Le caratteristiche geotecniche risultano da buone a molto buone.

In alcune misure H/V si evidenzia una certa amplificazione sismica intorno a circa 0.9 Hz ed a 4.8-6.8 Hz (T26, T29), che potrebbero essere correlabili al passaggio fra livelli conglomeratici più consistenti (per il contrasto superficiale) ed al passaggio a depositi pliocenici più compatti (per il contrasto più profondo), in quanto i depositi marini pliocenici presentano uno spessore, nel loro complesso, di svariate centinaia di metri, dimostrando ampiamente l'assenza di un substrato geologico rigido a profondità superficiali; nessuna indagine nel territorio comunale identifica con certezza la profondità esatta del bacino neogenico.

Le uniche informazioni, affidabili, derivano da studi indiretti e da perforazioni dirette eseguite negli anni '70 a scopi di ricerca di gas/metano da AGIP nella zona del Terrafino nel Comune di Empoli che evidenziano la presenza del letto del bacino neogenico ad una profondità di circa -1800 m da p.c.

Collina settentrionale Pliocene

Il contesto collinare settentrionale, a nord del Torrente Agliena, è caratterizzato prevalentemente dalla formazione delle Argille Azzurre (FAA), passanti verso quote collinari superiori alle Argille sabbiose e limi (FAAb) ed alle Sabbie e arenarie gialle (PLIs). Tali litologie danno origine alle caratteristiche forme calanchive della porzione settentrionale del territorio comunale.

Le stratigrafie delle indagini evidenziano la presenza prevalente di litologie limoso-argillose coesive con livelli debolmente sabbiosi o sabbioso-limosi, molto consistenti, con comportamento geotecnico buono.

Dalle misure H/V non si evidenziano contrasti ed amplificazioni degni di nota.

Collina meridionale Pliocene

Il contesto collinare meridionale, a sud del Torrente Agliena, è caratterizzato prevalentemente dalla formazione delle Sabbie e arenarie gialle (PLIs), passanti verso l'alto alle Argille Azzurre (FAA) ed alle Argille sabbiose e limi (FAAb).

Le stratigrafie dimostrano una maggiore alternanza di strati sabbioso limosi o limoso sabbiosi e strati argilloso-limosi o limoso argillosi, con caratteristiche geotecniche anche in questo caso buone.

Dalle misure H/V non si evidenziano nel complesso contrasti ed amplificazioni degni di nota; soltanto alcune misure mostrano un picco più significativo a frequenze nell'ordine di circa 0.3 Hz (T18, T19, T20): è da escludersi qualsiasi correlazione con la presenza di un substrato litoide rigido, sono piuttosto associabili probabilmente a livelli di depositi marini pliocenici con elevata consistenza.

INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Come precedentemente esplicitato il contesto geologico del Comune di Certaldo è quello tipico di bacino sedimentario neogenico, riempito da sedimenti marini pliocenici e fluvio-lacustri villafranchiani, aventi uno spessore nell'ordine di centinaia di metri.

Nessuna indagine realizzata nel territorio comunale identifica con certezza la profondità esatta del bacino neogenico.

Le perforazioni o sondaggi più profondi, anche a scopo geotermico, spinti fino a profondità dell'ordine dei 100 metri, sia in contesto collinare che di fondovalle, dimostrano l'assenza di un substrato litoide rigido a profondità superficiali.

Le uniche informazioni, affidabili, derivano da studi indiretti e da perforazioni dirette eseguite negli anni '70 a scopi di ricerca di gas/metano da AGIP nella zona del Terrafino nel Comune di Empoli che evidenziano la presenza del letto del bacino neogenico ad una profondità di circa -1800 m da p.c. (Figura 5). Altre informazioni derivano dalle linee sismiche consultabili nel progetto VIDEPI (Figure 6, 7 e 8).

Dalle misure H/V non si evidenziano nel complesso contrasti ed amplificazioni rilevanti.

Alcune eccezioni sono date da alcune indagini ubicate in particolare:

- nel contesto di fondovalle si evidenzia una leggera amplificazione sismica intorno a circa 2/3 Hz, in alcuni casi più accentuata verso i 3/3.5 Hz, corrispondenti a circa 20 m di profondità (T1, T2, T4, T7, T9, T17);
- nel contesto collinare meridionale, in prossimità della piana del Torrente Agliena, che mostrano un picco più significativo a frequenze nell'ordine di circa 0.3 Hz (T18, T19, T20);
- nel contesto collinare villafranchiano, in corrispondenza dell'abitato di Fiano, che evidenziano una certa amplificazione sismica intorno a circa 0.9 Hz ed a 4.8-6.8 Hz (T26, T29), che potrebbero essere correlabili al passaggio fra livelli conglomeratici più consistenti (per il contrasto superficiale) ed al passaggio a depositi pliocenici più compatti (per il contrasto più profondo);
- ESAC E1 ed E2, rispettivamente a Fiano e Gorgognano, che raggiungono velocità assimilabili ad un 'bedrock' sismico intorno a profondità variabili da 50 a 150 m.

Tuttavia, in nessuno di questi casi può essere stimata una profondità del substrato litoide neogenico: per quanto riguarda il contrasto di impedenza superficiale (profondità circa 20/30 m) esso, essendo riscontrabile solo nelle indagini sismiche di piana alluvionale, corrisponde al passaggio fra depositi alluvionali e depositi pliocenici; gli altri sono tutti assimilabili a contrasti dovuti a litologie più consistenti all'interno del 'dominio pliocenico'.

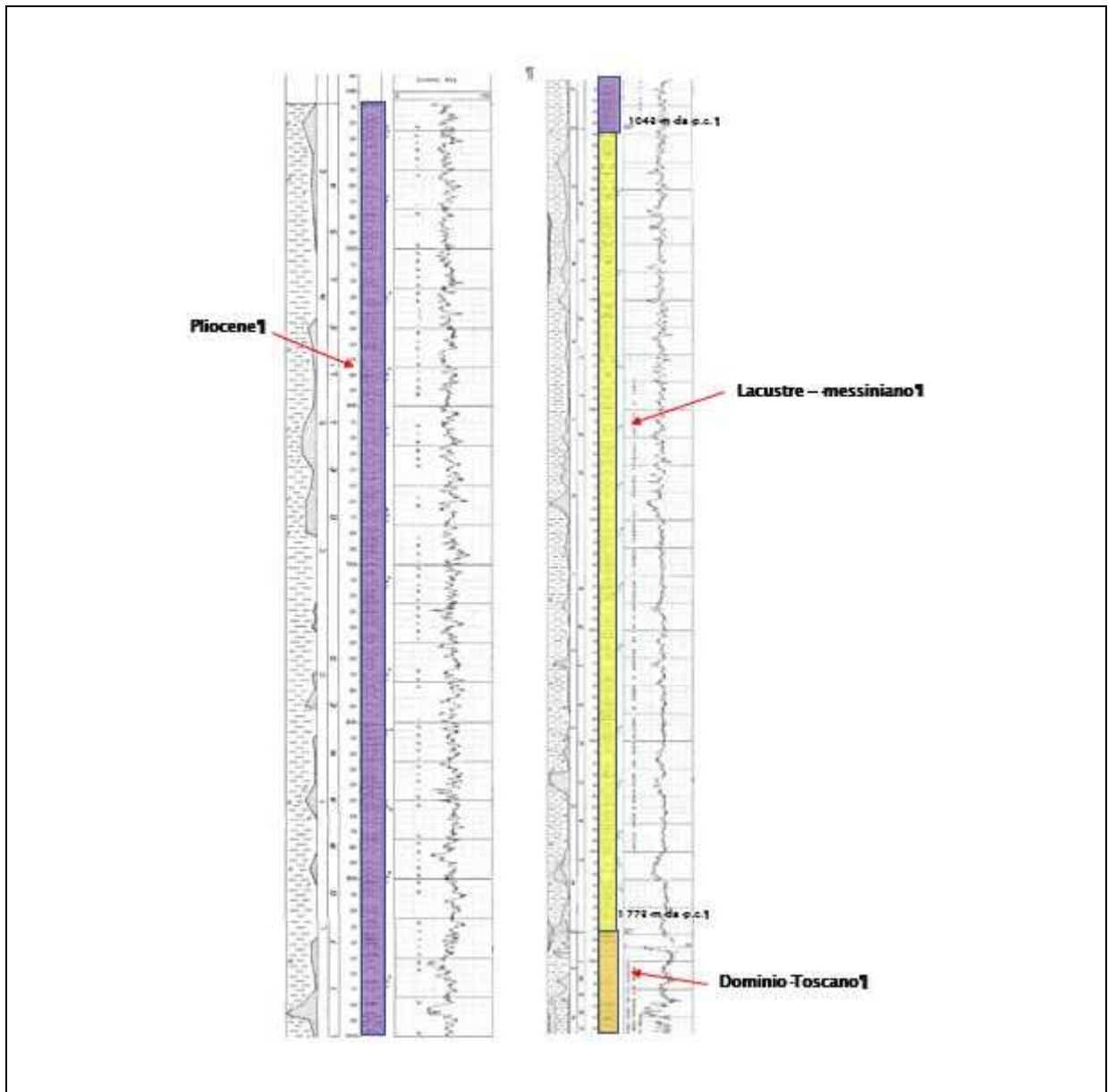


Figura 5 - Schema riassuntivo della stratigrafia riscontrata lungo la verticale del pozzo "Certaldo 004" (fonte UNMIG - <http://unmig.mise.gov.it/>).

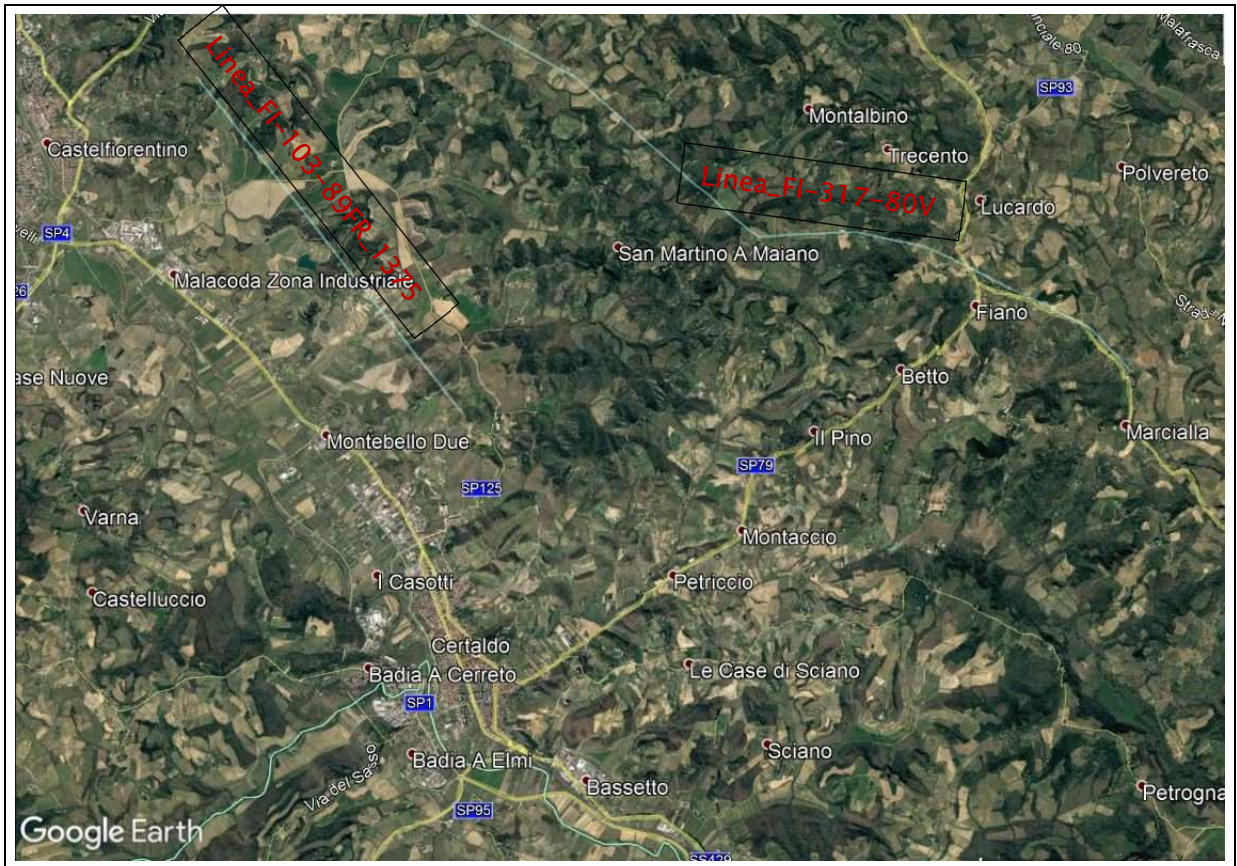


Figura 6 - Ubicazione delle linee sismiche profonde su estratto da Google Earth, non in scala.

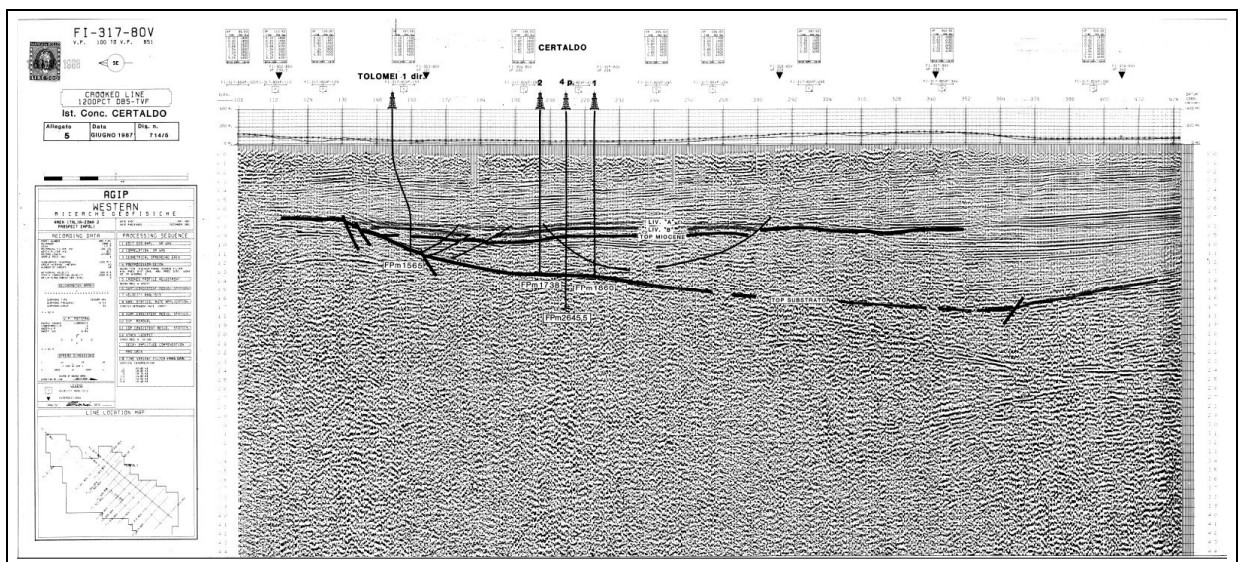


Figura 7 - Linee sismica profonda FI-317-80V, non in scala.

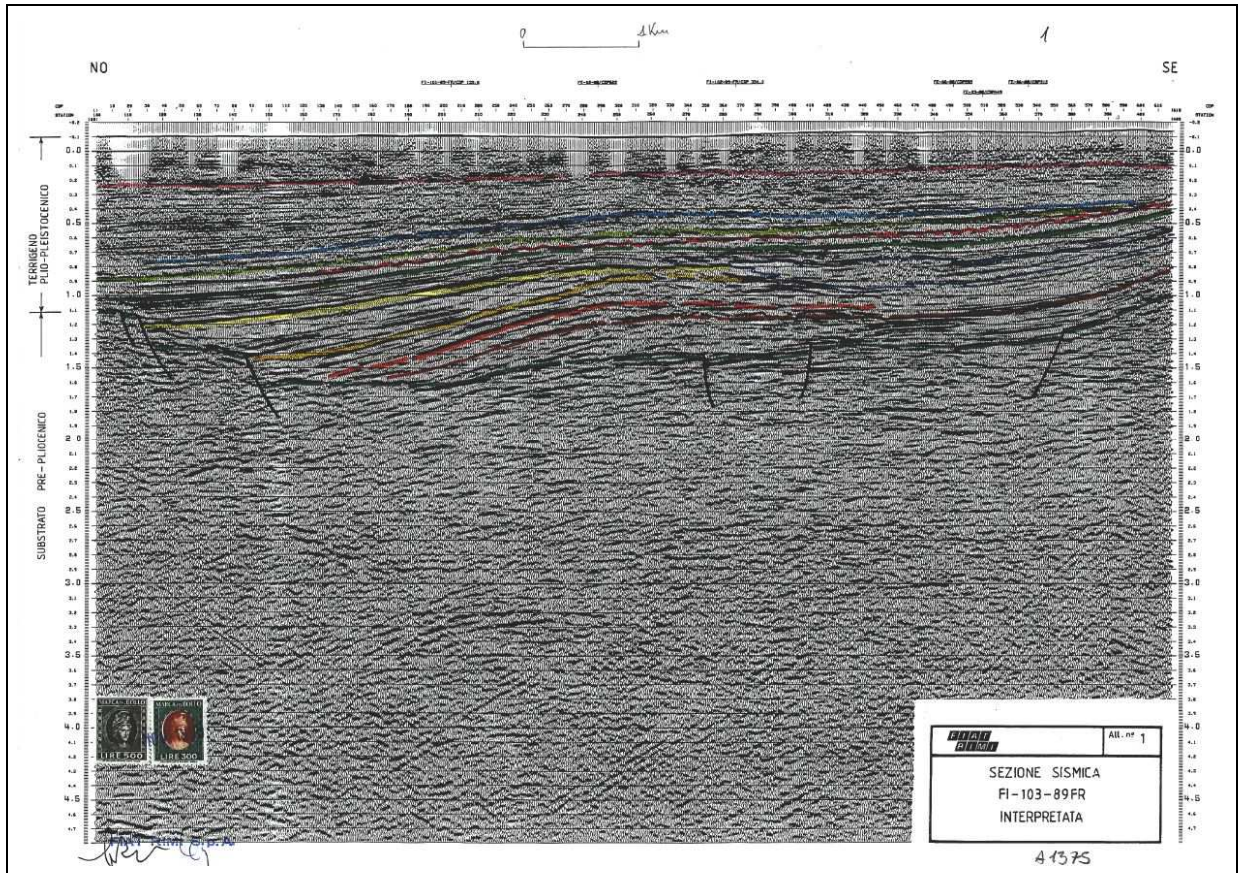


Figura 8 - Linee sismica profonda FI-103-89FR_1375, non in scala.

METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

A supporto del presente studio è stata eseguita una campagna di indagine geotecnica e geofisica ex-novo e sono stati raccolti tutti i certificati di indagine presenti negli archivi del Comune di Certaldo e ricadenti nelle porzioni territoriali di interesse.

Per quanto riguarda le indagini specifiche svolte ex-novo, sono state eseguite le seguenti indagini così differenziate:

- n. 30 misure di sismica passiva con tecnica a 'stazione singola' (HVSr);
- n. 2 misure di sismica passiva acquisite con *array* bidimensionali elaborati in modalità ESAC;
- n. 5 misure di sismica attiva acquisita con *array* monodimensionale e tecnica a rifrazione;
- n. 17 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTU).

SISMICA PASSIVA CON TECNICA A 'STAZIONE SINGOLA' (HVSr)

In questa tecnica vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superficie del terreno. In particolare viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSr ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") [Bard., 1998].

Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno. In particolare è possibile individuare la frequenza f di questa vibrazione definita di "risonanza". Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno e la velocità media delle onde sismiche nel sottosuolo (ricavata per esempio dai metodi con antenna), attraverso le misure HVSr è possibile risalire allo spessore di questo strato.

Il massimo della curva HVSr indica la frequenza fondamentale di risonanza del sito.

Questa tipologia di misure può contribuire, inoltre, a ridurre la variabilità dovuta alla non unicità della soluzione del problema inverso realizzando una procedura d'inversione congiunta della curva di dispersione ricavata con le antenne sismiche e della curva HVSr [Pileggi et al., 2011].

Per le misure a "stazione singola" (HVSr) è stato impiegato un tromografo digitale modello Tromino zero 3G (Micromed). I dati di vibrazioni ambientali acquisiti con questa tecnica d'indagine, sono stati successivamente elaborati con il software "Grilla" in dotazione al tromografo, e catalogati in base ai criteri proposti da Albarello e Mucciarelli pubblicati nel volume "Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", di supplemento alla rivista "Ingegneria Sismica", nel numero 2 del 2011.

L'ubicazione dei punti di misura è stata concordata con i tecnici della struttura regionale competente, al fine di indagare le varie unità litostratigrafiche ed i principali passaggi fra esse, e garantire la copertura dei principali centri abitati.

Le misure eseguite su terreno libero, sono caratterizzate da una durata di 40 minuti ciascuna, per verificare che una durata inferiore dell'acquisizione non condizionasse la presenza o meno di picchi significati a frequenze molto inferiori a 1 Hz.

Tutte le acquisizioni sono state analizzate secondo il protocollo formulato da Picozzi et al. (2005). In particolare, il segnale della singola traccia è stato diviso in finestre non sovrapposte di 20

secondi, su ciascuna delle quali è stata rimossa la deriva lineare eventualmente presente (*detrending*) ed applicato un *tapering coseno* per una frazione del 5% della durata totale della finestra. Gli spettri ricavati sulle diverse componenti sono stati lisciati con una finestra mobile triangolare d'estensione pari al 10% della frequenza centrale. Si è quindi costruita, in ogni finestra, una curva HVSR, combinando le due componenti spettrali orizzontali in media geometrica. Rimosse manualmente le finestre affette da marcati fenomeni transienti, tali curve sono state combinate, ottenendo una curva HVSR media, con il relativo intervallo di confidenza al 95%.

Ogni misura è stata inserita in una delle seguenti 3 classi di appartenenza:

- Classe A: registrazione affidabile ed interpretabile che può essere utilizzata anche da sola
- Classe B: registrazione sospetta da utilizzare con cautela ed in presenza di altre misure ottenute nelle vicinanze
- Classe C: registrazione scadente e di difficile interpretazione

In base ai criteri di classificazione tutte le 30 misure sono state ritenute affidabili. I valori delle misure H/V sono serviti per la realizzazione delle carte delle frequenze, dove sono rappresentate le frequenze fondamentali.

Dalle misure H/V non si evidenziano nel complesso contrasti ed amplificazioni rilevanti.

Alcune eccezioni sono date da alcune indagini ubicate in particolare:

- nel contesto di fondovalle si evidenzia una leggera amplificazione sismica intorno a circa 2/3 Hz, in alcuni casi più accentuata verso i 3/3.5 Hz, corrispondenti a circa 20 m di profondità (T1, T2, T4, T7, T9, T17);
- nel contesto collinare meridionale, in prossimità della piana del Torrente Agliena, che mostrano un picco più significativo a frequenze nell'ordine di circa 0.3 Hz (T18, T19, T20);
- nel contesto collinare villafranchiano, in corrispondenza dell'abitato di Fiano, che evidenziano una certa amplificazione sismica intorno a circa 0.9 Hz ed a 4.8-6.8 Hz (T26, T29), che potrebbero essere correlabili al passaggio fra livelli conglomeratici più consistenti (per il contrasto superficiale) ed al passaggio a depositi pliocenici più compatti (per il contrasto più profondo).

SISMICA PASSIVA CON METODOLOGIA SU "ANTENNA SISMICA" (ESAC)

La metodologia consiste nel valutare i tempi di arrivo delle diverse onde sismiche a un insieme di sensori (geofoni) posti alla superficie del terreno. Questi sensori possono essere distribuiti secondo geometrie variabili fino a coprire distanze dell'ordine delle decine di metri (antenna sismica). Il segnale registrato, dovuto alle Vibrazioni Ambientali, risulta un insieme articolato di fasi sismiche dove tuttavia le onde superficiali (Sw) rappresentano la fase energeticamente prevalente e dunque più facilmente analizzabile. Oggetto di studio di tali metodi sono proprio le Sw, dunque, ed in particolare la loro caratteristica propagazione dispersiva in mezzi stratificati.

In termini qualitativi, la dispersione delle onde Sw può essere spiegata come segue. Onde superficiali di diversa frequenza (f) si propagano interessando volumi di terreno fino ad una profondità circa pari alla loro lunghezza d'onda (λ). La velocità di propagazione (v) sarà strettamente dipendente

dalle proprietà fisiche degli strati coinvolti. Giacché f e λ sono correlate da una semplice relazione, si ha che onde Sw ad alta frequenza avranno tendenzialmente una minore lunghezza d'onda e si propagheranno nei livelli di terreno più superficiali, viceversa onde a bassa frequenza interesseranno strati più profondi. Ne deriva anche che differenti componenti armoniche delle onde superficiali avranno diverse velocità di propagazione. La funzione che associa la velocità di propagazione alla frequenza è detta curva di dispersione; essa è univocamente correlata alla struttura meccanico-stratigrafica del sito e può essere ricavata attraverso differenti metodologie di elaborazione dei dati acquisiti in campagna (ESAC, FK, HR) [Ohori et al., 2002].

Le 2 registrazioni su "antenna sismica" bidimensionale (ARRAY 2D) sono state realizzate con un sismografo a 24 canali e 24 bit (Seismograph ECHO 12-24/2010 - Ambrogeo). Per la ricostruzione delle curve di dispersione è stata utilizzata in fase di elaborazione la metodologia ESAC [Ohori et al., 2002], mentre per la stima dei profili V_s , sono state realizzate una serie di inversioni congiunte (Curva ESAC-HVSR) con misure di H/V realizzate nello stesso sito utilizzando la procedura agli "algoritmi genetici". Ciascuna procedura di inversione ha permesso di identificare un profilo compatibile con le osservazioni di campagna e che meglio soddisfa il match con le curve di dispersione e H/V sperimentali.

L'ubicazione dei punti di misura è stata concordata con i tecnici della struttura regionale competente. Le misurazioni ed elaborazioni effettuate ESAC E1 ed E2, rispettivamente a Fiano e Gorgognano, raggiungono velocità assimilabili ad un 'bedrock' sismico intorno a profondità variabili da 50 a 150 m, il quale però non è riscontrabile dalle stratigrafie note.

SISMICA ATTIVA CON METODOLOGIA SISMICA A "RIFRAZIONE"

L'indagine sismica consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione di onde di volume (P) e sollecitazioni dinamiche orizzontali per la generazione di onde di taglio (SH) e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale ed orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali:

- individuazione del primo arrivo per ogni traccia, sui sismogrammi registrati;
- ricostruzione delle relative dromocrone;
- interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- sistema sorgente;
- sistema di ricezione;
- sistema di acquisizione dati;
- trigger.

Sorgente onde P:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili, con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione,

es. grave in caduta libera (massa da 110 kg), in alternativa è possibile utilizzare un cannoncino a cartucce industriali o una mazza di 8 kg adoperata per colpire una piastra di alluminio appoggiata sul terreno.

Sorgente onde SH:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Tale sorgente è costituita da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpita lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. È importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia nel momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

L'accoppiamento parallelepipedo-terreno è fatto per "contatto" e non per "infrisione".

I profili sismici a rifrazione sono realizzati energizzando ad intervalli regolari lungo stendimenti di sensori detti geofoni: ciascuno stendimento multicanale viene denominato base sismica.

Sistema di ricezione:

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente verticale per le onde P, con frequenza propria di circa 14 Hz e 24 geofoni a componente orizzontale per le onde SH, con frequenza propria di circa 10 Hz. Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il puntale di cui sono dotati.

Sistema di acquisizione dati:

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale con 24 canali a 16 bit, si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica. Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

Trigger:

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Interpretazione dei profili sismici:

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone. L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, ha permesso di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di volume e di taglio.

Risultati:

Le indagini di sismica a rifrazione sono state eseguite sia nell'ambito di fondovalle che nell'ambito collinare. Dall'elaborazione dei dati acquisiti si sono ottenuti elaborati tomografici dell'andamento delle velocità delle onde di taglio v_s e delle onde di volume v_p , oltre alle relative sezioni sismostratigrafiche che schematizzano gli spessori individuati.

Per quanto riguarda l'ambito di fondovalle è possibile riscontrare il passaggio graduale fra depositi alluvionali e depositi marini/continentali pliocenici/villafranchiani, associabile al progressivo aumento di velocità delle onde S. Per quanto riguarda il contesto collinare, le indagini di sismica a rifrazione non hanno mostrato contrasti di impedenza evidenti fino alle profondità indagate.

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA (CPTU)

La prova penetrometrica statica elettrica permette di effettuare in continuo, ogni cm di avanzamento, la misura dei valori di resistenza alla punta (q_c) e dell'attrito laterale locale (f_s). La punta elettrica standard può essere dotata di un trasduttore di pressione che permette di acquisire il valore della pressione neutra (U) del terreno attraversato (CPTU). Tale sensore è alloggiato in una cavità posta nella parte anteriore della sonda e comunicante con l'esterno attraverso un filtro bronzo poroso. La misura dei valori di resistenza alla punta (q_c), dell'attrito laterale locale (f_s), della pressione interstiziale (U) e l'inclinazione della punta durante l'avanzamento nel terreno, vengono determinati e visualizzati in continuo su una centralina di acquisizione, spesso in questo caso si parla semplicemente di piezocono.

Le misure CPTU sono state realizzate tutte in ambito alluvionale. Esse hanno mostrato alcuni aspetti rilevanti: i depositi alluvionali sono costituiti, complessivamente da due macrostrati, uno superficiale di circa 10/15 m di spessore costituito prevalentemente da materiale coesivo (argilla e limo) ed uno profondo di spessore di circa 5 m costituito prevalentemente da materiale incoerente (sabbie e ghiaie). Nel complesso i depositi alluvionali hanno uno spessore totale di circa 20-25 m ed una resistenza alla punta di circa 2/3 MPa. Da un punto di vista idrogeologico, tali depositi presentano una falda contenuta all'interno dei depositi incoerenti (10/15 m da p.c.) con risalita della stessa in pressione fino a valori di circa 2/5 m da p.c.

ELABORATI CARTOGRAFICI

La ricostruzione del modello del sottosuolo (basato a sua volta sull'analisi delle informazioni geologiche e strutturali presenti in letteratura e sulla raccolta dei dati di base esistenti o realizzati ex-novo), unita allo studio geologico e geomorfologico dell'area, ha permesso, sulla base degli standard di rappresentazione e archiviazione informatica approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (versione 4.1 - Ottobre 2017), di classificare le porzioni di territorio comunale di interesse in Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.).

Per lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- Carta delle indagini
- Dati di base
- Carta geologico-tecnica
- Sezioni geologico-tecniche
- Carta delle frequenze fondamentali
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica
- Relazione illustrativa della Carta delle MOPS

Gli elaborati, sono stati redatti solo in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi, così come concordato con l'Ufficio tecnico del Genio Civile della Regione Toscana, secondo le specifiche tecniche di cui al §1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL ed i criteri definiti al §3.4.2 degli ICMS. In particolare, i centri abitati oggetto degli studi di microzonazione sismica sono stati i seguenti: Certaldo e zone industriali, Fiano, Gorgognano, Marcialla, Sciano.

Le suddette aree sono localizzate ed individuate negli elaborati cartografici.

CARTA DELLE INDAGINI

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nella Carta delle indagini, realizzata sia in formato cartaceo che digitale in scala 1:5.000. I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

I dati sono identificati univocamente con un numero o una sigla progressivi cui corrisponde il documento disponibile correlato mediante il software SoftMS; le indagini sono rappresentate con ubicazioni puntuali e/o lineari per ogni singola verticale di indagine, come indicato nelle specifiche tecniche, rimandando comunque, per una ubicazione di dettaglio, agli estratti contenuti nelle singole schede corrispondenti.

Le indagini geognostiche sono costituite variamente da sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, prove penetrometriche, sia statiche che dinamiche con punta elettrica, analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche con varie metodologie.

Le indagini specifiche ex-novo per la Microzonazione Sismica, eseguite in accordo con i tecnici della Regione Toscana, sono state invece svolte in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi, secondo le specifiche tecniche di cui al §1.B.1.2 delle Istruzioni Tecniche del Programma VEL e secondo i criteri definiti al §3.4.2 degli ICMS.

Le indagini in corrispondenza dei centri abitati significativi sono rispettivamente n. 301 indagini puntuali e n. 47 indagini lineari, catalogate ed archiviate secondo gli Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica e riportate nella Carta delle Indagini.

Tra queste sono annoverate le indagini specifiche svolte ex-novo, costituite da:

- n. 30 misure di sismica passiva con tecnica a 'stazione singola' (HVSR);
- n. 2 misure di sismica passiva acquisite con *array* bidimensionali elaborati in modalità ESAC;
- n. 5 misure di sismica attiva acquisita con *array* monodimensionale e tecnica a rifrazione;
- n. 17 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTU).

CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

Dalle indagini specifiche di natura geofisica per lo studio di Microzonazione Sismica è stata inoltre realizzata, in corrispondenza dei medesimi abitati significativi, la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, in scala 1:10.000. Tale elaborato riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR), con i relativi valori della frequenza fondamentale (f_0) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali (A_0).

Per le metodologie di indagine ed i risultati completi relativi alle indagini geofisiche si rimanda per completezza ai report sulle Indagini geofisiche.

La campagna di misure strumentali è stata realizzata in corrispondenza dei centri abitati significativi individuati e distribuita in maniera uniforme, tenendo conto della distribuzione delle altre indagini pregresse disponibili e delle condizioni litostratigrafiche e geologiche del sito.

La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza, secondo la legenda tipo riportata nell'Appendice 3 dell'Allegato A della Deliberazione 5 febbraio 2015 n. 144 L.R. 58/2009 - *OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A - Studi di microzonazione sismica. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica*; ad uno stesso punto di misura sono stati talvolta associati più cerchi a seconda del numero di picchi fondamentali individuati.

Lo scopo di tale indagine è stato quello di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza.

Inoltre l'elaborazione dei risultati ottenuti ha fornito indicazioni e conferme ai fini della ricostruzione del Modello geologico di sottosuolo per la stesura delle MOPS, con particolare riferimento al confronto tra lo spessore delle coperture stimate e le frequenze fondamentali (*Albarello et al.*, 2010).

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali di vibrazione di un deposito.

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione denominata frequenza fondamentale di risonanza, che dipende dallo spessore H della copertura e dalla velocità media delle V_s della stessa secondo la relazione:

$$v = V_s/4H$$

L'interpretazione delle misure eseguite consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza fra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e le variazioni litologiche presenti nel sottosuolo.

L'interpretazione delle misure H/V deve essere sempre tarata sulla base di indagini dirette, che consentano una correlazione con la stratigrafia di sottosuolo.

Come emerge dai risultati ottenuti le misure sismiche realizzate, sia HVSR che ESAC, rispecchiano in generale l'assetto geologico del sottosuolo e collimano con il modello stratigrafico emerso dai dati geognostici acquisiti.

Dalle misure H/V non si evidenziano nel complesso contrasti ed amplificazioni rilevanti.

Alcune eccezioni sono date da alcune indagini ubicate in particolare:

- nel contesto di fondovalle si evidenzia una leggera amplificazione sismica intorno a circa 2/3 Hz, in alcuni casi più accentuata verso i 3/3.5 Hz, corrispondenti a circa 20 m di profondità (T1, T2, T4, T7, T9, T17);
- nel contesto collinare meridionale, in prossimità della piana del Torrente Agliena, che mostrano un picco più significativo a frequenze nell'ordine di circa 0.3 Hz (T18, T19, T20);
- nel contesto collinare villafranchiano, in corrispondenza dell'abitato di Fiano, che evidenziano una certa amplificazione sismica intorno a circa 0.9 Hz ed a 4.8-6.8 Hz (T26, T29), che potrebbero essere correlabili al passaggio fra livelli conglomeratici più consistenti (per il contrasto superficiale) ed al passaggio a depositi pliocenici più compatti (per il contrasto più profondo);
- ESAC E1 ed E2, rispettivamente a Fiano e Gorgognano, che raggiungono velocità assimilabili ad un 'bedrock' sismico intorno a profondità variabili da 50 a 150 m.

Tuttavia, in nessuno di questi casi può essere stimata una profondità del substrato litoide neogenico: per quanto riguarda il contrasto di impedenza superficiale (profondità circa 20/30 m) esso, essendo riscontrabile solo nelle indagini sismiche di piana alluvionale, corrisponde al passaggio fra depositi alluvionali e depositi pliocenici; gli altri sono tutti assimilabili a contrasti dovuti a litologie più consistenti all'interno del 'dominio pliocenico'.

Lo studio delle frequenze fondamentali dei depositi può fornire anche indicazioni di supporto ingegneristico per la progettazione e la salvaguardia dell'edificato.

Infatti la frequenza caratteristica di risonanza del sito rappresenta un parametro fondamentale per un corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale; confrontando infatti la frequenza naturale del terreno con la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio è possibile capire se, in caso di sisma, la struttura possa essere a rischio o meno.

Qualora venga riscontrata la condizione per cui la frequenza di risonanza di un edificio sia pari o analoga alla frequenza naturale del terreno sottostante, può verificarsi una situazione potenzialmente pericolosa, conosciuta come fenomeno della 'doppia risonanza', per il quale si ha la massima amplificazione in caso di sisma, con aumento considerevole delle sollecitazioni sull'edificio.

Da un punto di vista empirico la frequenza di risonanza di un edificio dipende principalmente dalla sua altezza e può essere quindi approssimativamente calcolata con la formula (cfr. es. Pratt):

$$f_{\text{frequenza di risonanza edificio}} = 10\text{Hz} / \text{Numero di piani}$$

La misurazione diretta HVSR fornisce dati precisi ed attendibili sulle frequenze di vibrazione.

Ai sensi della normativa vigente (§7.3.3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), si riportano valutazioni in merito, nel caso di un'analisi lineare statica, ovvero una analisi lineare dinamica semplificata in cui non si effettua l'analisi dinamica della costruzione per determinare i modi di vibrare 'naturali' della stessa, e si ipotizza un modo di vibrare principale caratterizzato da un periodo T_1 calcolato in maniera approssimata e da spostamenti linearmente crescenti con l'altezza dal piano di fondazione, ai quali corrisponde la distribuzione di forze statiche da applicare alla costruzione.

Per costruzioni civili e industriali che non superino 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza, T_1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, con la formula seguente:

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

dove H è l'altezza della costruzione in metri dal piano di fondazione e C_1 è un coefficiente funzione del tipo di struttura.

Valutazioni di questo tipo consentono una progettazione tenendo conto anche delle frequenze di vibrazione, che possono dar luogo ad una combinazione degli effetti sismici su edifici generalmente caratterizzati da periodi del moto di vibrazione simili a quelli del terreno.

CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Sulla base di una accurata revisione delle cartografie di base, in particolare di quelle geologiche, geomorfologiche, unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, nonché ad un controllo in situ mediante rilevamento, è stata elaborata e redatta la Carta geologico-tecnica in scala 1:5.000, quale carta di sintesi ed elaborato propedeutico alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La Carta geologico-tecnica è stata realizzata utilizzando la simbologia prevista dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Nell'ambito di tale revisione è stata posta particolare attenzione alla mappatura dei depositi di copertura, alla ricostruzione dettagliata delle forme geomorfologiche, dei fenomeni gravitativi di versante e/o delle aree instabili.

Per quanto riguarda la presenza di orli di terrazzi fluviali questi non hanno altezze tali da considerarli dal punto di vista dell'amplificazione sismica; le scarpate morfologiche di altezze più rilevanti sono individuabili immediatamente a valle di Fiano e Marcialla e localmente nella parte alta di Certaldo (Certaldo Alto). Sono stati inoltre riportati gli assi di paleoalveo relativi alle evoluzioni dell'alveo dell'Elsa. Non sono presenti faglie da considerarsi potenzialmente attive e capaci.

Sono stati indicati anche elementi puntuali geologici quali la giacitura degli strati in corrispondenza dei depositi marini pliocenici e fluvio-lacustri villafranchiani e l'indicazione della profondità dei sondaggi o pozzi, nessuno dei quali raggiunge il substrato rigido, nonché la profondità della falda limitatamente alle zone di pianura alluvionale.

Per quanto riguarda i terreni di copertura, questi sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale che li ha originati.

Il substrato geologico rigido, come spiegato in precedenza, non è riscontrabile nell'area in esame; quindi tutti i depositi marini o continentali fluvio-lacustri affioranti, differenziati nelle varie classi granulometriche (da argille a ghiaie) e sulla base del grado di consistenza (da scarsamente consistenti a consistenti o molto consistenti), presentano nel loro complesso un comportamento sismico omogeneo tale per cui sono classificabili come "copertura".

Sono stati dunque distinti i seguenti gruppi, secondo la classificazione proposta dalle Specifiche Tecniche Regionali, riportati in Figura 9.

In particolare, *Smtm* e *CLtm* sono ascrivibili ai depositi marini pliocenici, rispettivamente alle sabbie (PLIs) ed alle argille azzurre (FAA e FAAb); invece *GMfl* e *SCfl* sono ascrivibili ai depositi villafranchiani, a seconda della prevalenza della componente conglomeratica, infine *CLpi* è ascrivibile ai depositi alluvionali di fondovalle.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alle forme e processi geomorfologici legati alla dinamica di versante, questi sono stati analizzati e cartografati relativamente al loro stato di attività, ai sensi del Regolamento Regionale 53/R, e riportati analogamente alla Carta Geomorfologica:

- stato attivo, qualora siano presenti evidenze morfologiche di movimento che, non avendo esaurito la loro evoluzione, possono considerarsi recenti, riattivabili nel breve periodo con frequenza e/o con carattere stagionale;
- stato quiescente, qualora siano presenti evidenze morfologiche che, non avendo esaurito la loro evoluzione, hanno la possibilità di riattivarsi;

Le aree di fondovalle che presentano depositi alluvionali prevalentemente sottofalda, suscettibili di liquefazione, sono state analizzate stimandone il potenziale di liquefazione mediante metodi semplificati che utilizzano prove penetrometriche statiche, in particolare il metodo di Robertson e Wride (1998), basato sulla determinazione della resistenza al taglio mobilitata dai valori di resistenza alla punta delle suddette prove. A tal proposito si allega un "elaborato" con la stima del potenziale eseguito per alcune prove penetrometriche eseguite per la microzonazione sismica (CPTU).

Dalle risultanze analitiche non sono emerse problematiche di suscettibilità alla liquefazione (Allegato 2); tale risultato era già comunque evidenziato dalle stesse prove CPTU, i cui diagrammi risultanti presentano una granulometria, seppur variabile, ma con prevalenza della componente coesiva (*clay*).

Sono state infine evidenziate aree di potenziale instabilità e di attenzione per cedimenti differenziali, corrispondenti ad aree antropiche caratterizzate da presenza di rilevanti orizzonti superficiali di riporto aventi caratteristiche geotecniche scadenti.

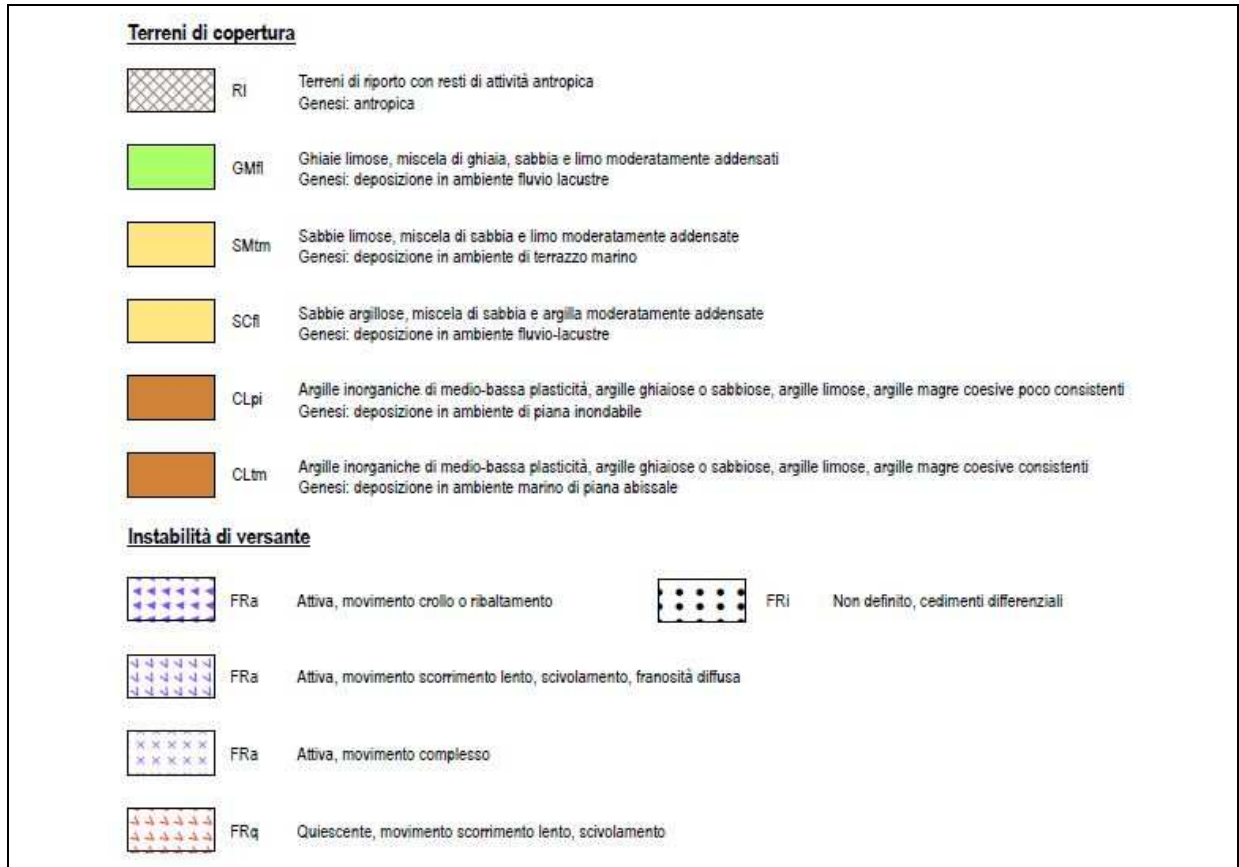


Figura 9 - Legenda Carta geologico-tecnica.

EFFETTI LOCALI DI SITO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

In relazione alla riduzione del rischio sismico gli elementi evidenziati per la valutazione degli effetti locali e di sito, sono stati quelli ritenuti utili alle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica riferite alla realizzazione o verifica dell'edificato. A tal fine, oltre all'acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, sono stati acquisiti elementi per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti (mediante la raccolta delle indagini che costituiscono la Carta delle Indagini), sia in termini di parametrizzazione dinamica principalmente in relazione a misure dirette delle V_{sh} e di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dell'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici, le microzone ove possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

In particolare nella valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico è stata posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- ricostruzione del Modello geologico-tecnico dell'area;
- individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido, accompagnata da una stima approssimativa della profondità ed una stima del contrasto di impedenza sismica atteso;
- individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte;
- presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
- contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- accentuazione della instabilità dei pendii;
- terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

L'elaborazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) è stata realizzata solo sui principali centri abitati, oggetto delle previsioni più significative, così come concordato con l'Ufficio tecnico del Genio Civile della Regione Toscana.

In particolare i centri abitati oggetto degli studi di microzonazione sismica sono stati i seguenti: Certaldo e zone industriali, Fiano, Gorgognano, Marcialla, Sciano. Le suddette aree sono localizzate ed individuate negli elaborati cartografici.

La carta è stata redatta sia in formato cartaceo che vettoriale (GIS), tenendo conto delle indicazioni fornite negli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, nelle Specifiche Tecniche Regionali e nel rispetto degli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.1, Ottobre 2017).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua e caratterizza:

1. Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.
2. Zone di Attenzione per le instabilità: zone suscettibili di riattivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fogliazioni superficiali).

Come precedentemente esplicitato, nel territorio oggetto di studio non sono presenti zone stabili, in quanto non affiora il substrato rigido.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

All'interno di questa classe sono state raggruppate tutte le zone caratterizzate prevalentemente dalla presenza di depositi marini/continentali fluvio/lacustri e alluvionali, suddivisi in base alle differenze litologico-tecniche prevalenti ed agli spessori, ai fini di un possibile effetto di amplificazione sismica locale.

Per ogni zona è stata redatta una colonna stratigrafica e sono descritte in legenda le litologie prevalenti (Figura 10).

La zona **2001** è la zona di fondovalle caratterizzata da uno strato superficiale di depositi alluvionali con spessore massimo di circa 20-25 m, poggianti su un substrato pliocenico caratterizzato da un'alternanza di depositi coesivi e incoerenti (PLIs e/o FAA).

La zona **2002**, posta in corrispondenza della località Fiano nel contesto collinare villafranchiano, è contraddistinta dalla presenza dei depositi villafranchiani sabbioso-ciottolosi, per spessori anche rilevanti, fino a circa 80-150 m, poggianti sui depositi marini pliocenici (PLIs).

La zona **2004**, posta in corrispondenza del contesto collinare villafranchiano, in località Marcialla, è contraddistinta dalla presenza dei depositi villafranchiani sabbioso-ciottolosi, per spessori anche rilevanti, fino a circa 80-100 m, poggianti sui depositi marini pliocenici (PLIs/FAA), con una intercalazione di spessore massimo di circa 30-50 m costituita da depositi villafranchiani più argillosi (SCfl), caratteristica che la differenzia dalla zona 2002.

La zona **2003**, in località Gorgognano, è caratterizzata dalla presenza di depositi marini pliocenici prevalentemente argilloso limosi, con intercalazioni sabbiose (FAAb e FAA), con la presenza al tetto di depositi pliocenici prevalentemente sabbiosi (PLIs), per uno spessore massimo di circa 20 m.

La zona **2005**, posta nel contesto collinare meridionale, presenta una stratigrafia invertita rispetto alla zona 2003, ovvero è caratterizzata da depositi prevalentemente limoso-argillosi (FAA), poggianti su quelli pliocenici sabbiosi (PLIs).

Analogamente, la zona **2007** è caratterizzata da depositi prevalentemente limoso-argillosi (FAA e FAAb), con spessori massimi di circa 30-50 m, poggianti su quelli pliocenici sabbiosi (PLIs).

Nella zona **2006** prevalgono nettamente i depositi marini pliocenici sabbioso-limosi (PLIs), mentre nella zona **2008** quelli argillosi e limoso-argillosi (FAA), poste rispettivamente a sud ed a nord del Torrente Agliena.

Zone di attenzione per le instabilità

Infine sono state individuate le zone di attenzione per le instabilità ($Z_{A_{FR}}$), corrispondenti a quelle 'instabili', cartografate nella Carta geomorfologica ed in quella Geologico-Tecnica come frane attive FR_A (raggruppando in queste anche i soliflussi), frane quiescenti FR_Q .

Sono state inoltre individuate le zone di attenzione per cedimenti differenziali ($Z_{A_{CD}}$), riconducibili essenzialmente ad aree antropiche caratterizzate da presenza di rilevanti orizzonti superficiali di riporto aventi caratteristiche geotecniche scadenti.

Non sono state individuate zone caratterizzate da depositi soggetti a liquefazione, sulla base delle risultanze di alcune indagini geognostiche costituenti i dati di base, che escludono, viste le caratteristiche granulometriche ed il grado di addensamento dei depositi, la possibilità di liquefazione. Le aree di fondovalle che presentano depositi alluvionali prevalentemente sottofalda, suscettibili di liquefazione, sono state comunque rianalizzate stimandone il potenziale di liquefazione mediante metodi semplificati che utilizzano prove penetrometriche statiche, in particolare il metodo di Robertson e Wride (1998), basato sulla determinazione della resistenza al taglio mobilitata dai valori di resistenza alla punta delle suddette prove. A tal proposito si allega un "elaborato" con la stima del potenziale eseguito per alcune prove penetrometriche eseguite per la microzonazione sismica (CPTU).

Dalle risultanze analitiche non sono emerse problematiche di suscettibilità alla liquefazione (Allegato 2); tale risultato era già comunque evidenziato dalle stesse prove CPTU, i cui diagrammi risultanti presentano una granulometria, seppur variabile, ma con prevalenza della componente coesiva (*clay*).

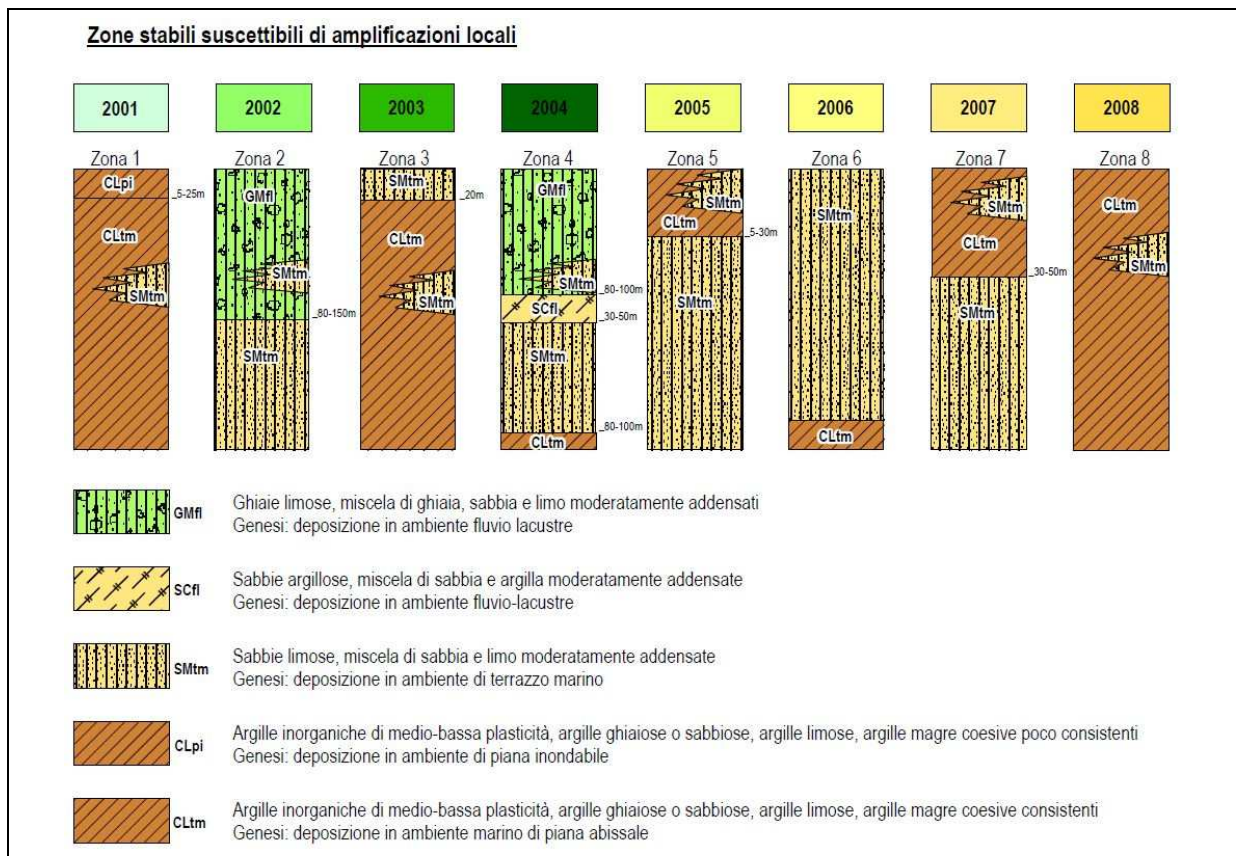


Figura 10 - Legenda Carta MOPS.

CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Allo stato delle conoscenze attuali, non si evidenziano danni né lievi né rilevanti alle strutture esistenti o passate, associate ad eventi sismici che hanno interessato il comune di Certaldo.

Memorie storiche riportano danni in occasione del terremoto storico del 1920 con epicentro in Garfagnana. La sequenza sismica recente degli ultimi anni non ha riportato danneggiamenti documentati.

PROCEDURA SEMIQUANTITATIVA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO 1

La procedura con cui si è valutato, in via semiquantitativa, la qualità della Carta di sintesi MOPS ottenuta è quella indicata dagli ICMS, mediante il foglio di calcolo messo a disposizione on-line dal servizio sismico della regione.

La procedura ha previsto 4 fasi:

1. E' stato costruito un reticolato di celle quadrate orientate N-S e E-W, con lato di 250 m, sulle aree indagate;
2. E' stata compilata la tabella che prevede 6 parametri ai quali viene assegnato un peso;
3. Si è applicata la formula (sommatoria) indicata per determinare il Fattore di qualità FQ;
4. Si è associata al Fattore di qualità la corrispondente Classe di qualità.

Di seguito si riporta la scheda di valutazione. Il risultato finale è pari a circa 71.5%, corrispondente ad una qualità B, per la quale *"Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri"*.

Il punteggio ottenuto risente ovviamente del fatto di non riscontrare, per l'intero territorio comunale, il bedrock sismico rigido a profondità tali (oltre alcune centinaia di metri) da poter essere raggiunto con le indagini geognostiche necessarie.

Per il motivo sopra menzionato, la carta non migliorerebbe la qualità anche incrementando i punti di indagini o agendo su qualcuno dei parametri, considerata anche l'omogeneità del territorio per grandi estensioni. Inoltre le indagini a disposizione risultano in numero rilevante e ben distribuite sul territorio.

FOGLIO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA DEL LIVELLO DI MICROZONAZIONE SISMICA SULLA BASE DELLE INDAGINI PREGRESSE E/O NUOVE						
a	Parametro	4				
						Inserire il valore <i>val</i> nelle celle colorate in viola
b	Carta Geologica tecnica	1	Anno Rilevamenti	Progetto	Scala	
	<i>Punteggi indicatori</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	
	<i>Pesi indicatori</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
c	Sondaggi a distruzione	0,5	Numero sondaggi	% celle occupate	um. Sondaggi bedrock	
	<i>Punteggi indicatori</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
	<i>Pesi indicatori</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	um. Sondaggi bedrock	
	<i>Punteggi indicatori</i>	<i>1</i>	<i>0,66</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
	<i>Pesi indicatori</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
e	Indagini geofisiche	0,5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock	
	<i>Punteggi indicatori</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
	<i>Pesi indicatori</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
f	Prove geotecniche	0,25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock	
	<i>Punteggi indicatori</i>	<i>1</i>	<i>0,66</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
	<i>Pesi indicatori</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
g	Misure Frequenze	0,75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità	
	<i>Punteggi indicatori</i>	<i>1</i>	<i>0,66</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
	<i>Pesi indicatori</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	<i>0,33</i>	
a	25		punteggi parziali	CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
b	1,00	25,0		A	≥ 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
c	0,16	4,1		B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
d	0,66	16,4		C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
e	0,38	9,6		D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana
f	0,16	4,1				
g	0,49	12,3				
Tot	71,5	71,5	Classe B			

Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggi)			
			Nulla (0)	Bassa (0,33)	Media (0,66)	Alta (1)
Carta geologica tecnica (1)	0,33	Anno rilevamento	No data	< 2000		> 2000
	0,33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
Sondaggi a distruzione (0,5)	0,33	Scala rilevamento	No data	50.000-20.000	25.000-11.000	10.000-2.000
	0,33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
Indagini geofisiche (0,5)	0,33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0,25)	0,33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0,33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0,75)	0,33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0,33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0,33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
				Classe A = 33%	Classe A = 34-66%	Classe A = >66%

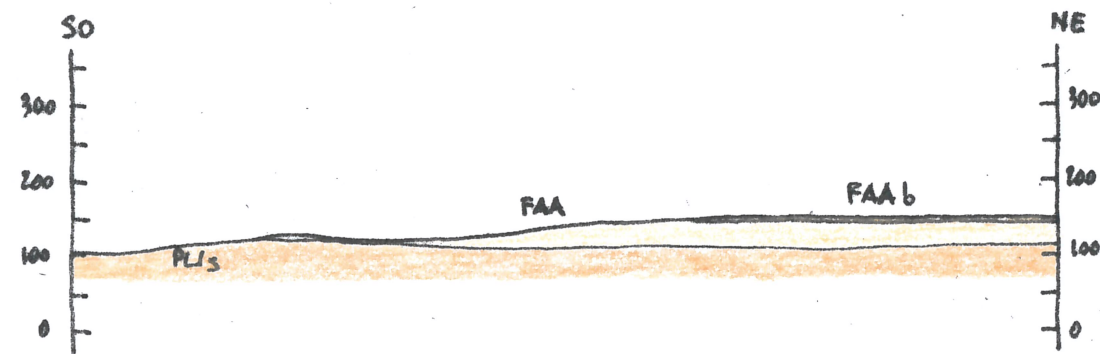
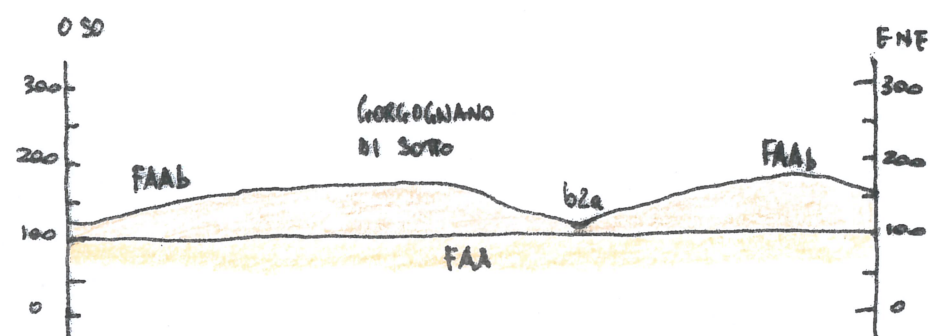
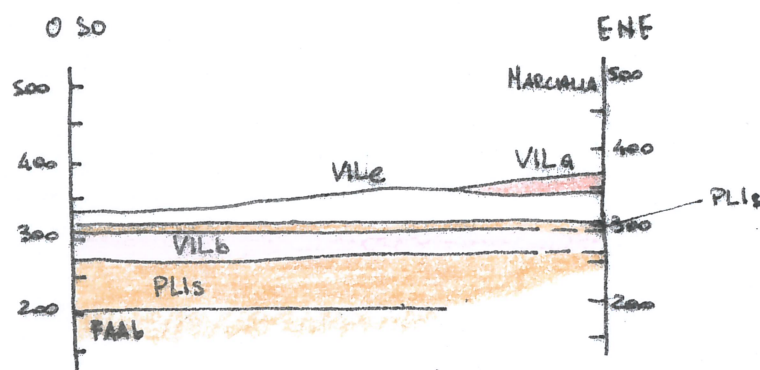
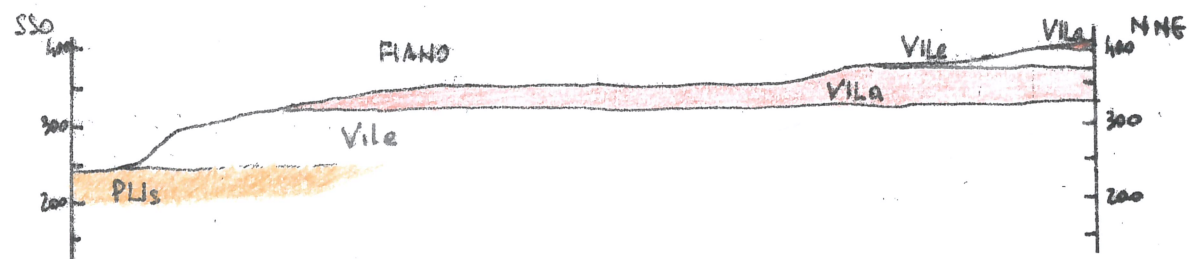
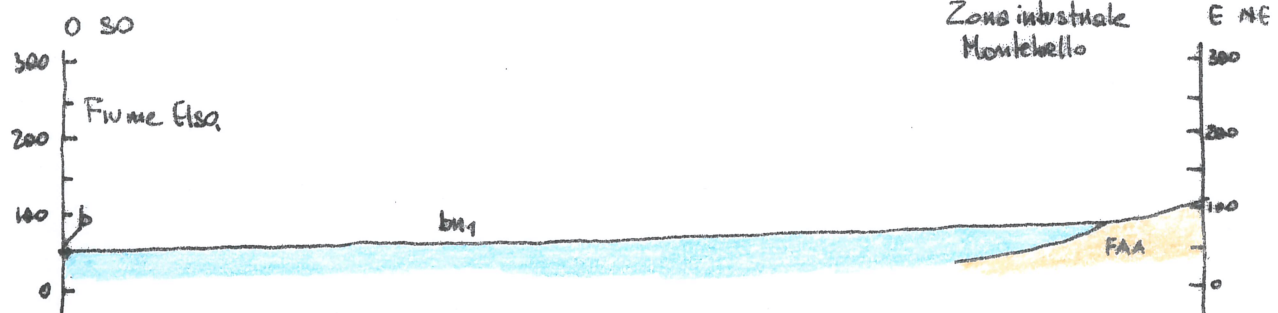
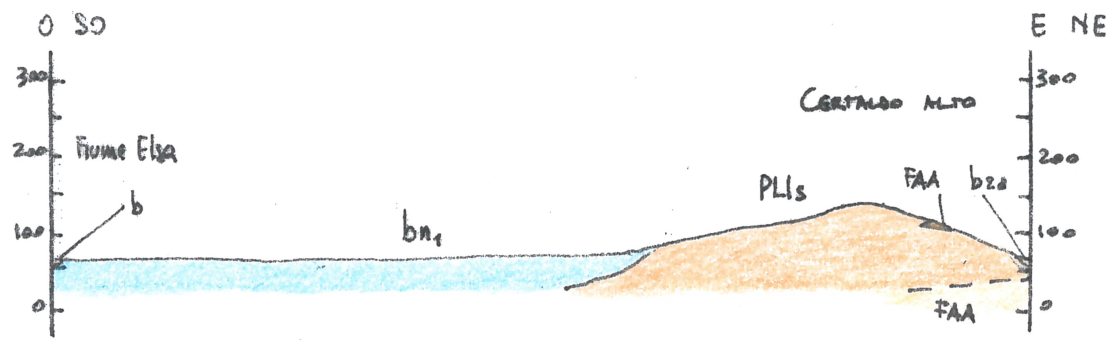
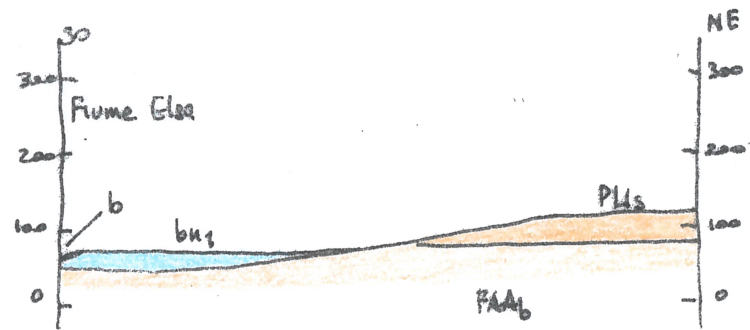
* 01. Albasile, C. Cosi, V. Falchi, F. Giacomini, E. Landolfi, E. Paolucci, D. Poggi, L.M. Piccini - Esercizio del corso per la microzonazione di due macrotre attraversa in stampa su Boll. Geofis. Ter. Appl.

Figura 11 - Scheda di valutazione della qualità della Carta del livello di Microzonazione sismica.

BIBLIOGRAFIA

- Benvenuti M. et al., 2. (2014). "Hinterland basin development and infilling through tectonic and eustatic processes: latest Messinian-Gelasian Valdelsa Basin, Northern Apennines, Italy." *Basin Research*, 387-402.
- Benvenuti M., P. M. (1999). "Sedimentary facies analysis in paleoclimatic reconstructions. Examples from the Upper Miocene-Pliocene successions of south-central Tuscany (Italy)." *Hominoid Evolution and Climatic Change in Europe. Vol. 1: Climatic and Environmental Changes in the Neogene of Europe*, 355-377.
- Bonini, M. &. (2002). "Extension and compression in the Northern Apennines (Italy) hinterland: evidence from the Late Miocene-Pliocene Siena-Radicofani Basin and relations with basement structures." *Tectonics*, 1-28.
- Carmignani, L. &. (1990). "Crustal extension in the Northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex." *Tectonics*, 1257-1303.
- Carmignani, L. D. (1994). "Tertiary extensional tectonics in Tuscany (Northern Apennines, Italy)." *Tectonophysics*, 295-315.
- Decandia, F. L. (1998). "The Crop03 traverse: insights on postcollisional evolution of Northern Apennines." *Società Geologica Italiana - Memorie*, 427-439.
- Sani, F. B. (2009). "Late Pliocene-Quaternary evolution of outermost hinterland basins of the Northern Apennines (Italy) and their relevance to active tectonics." *Tectonophysics*, 336-356.
- Dainelli G. & Videssot P. "Il mare pliocenico nella Toscana settentrionale". *Mem. Geol. e Geograf. di Dainelli G.* 1, v. 125-214, 1930.
- Bossio A., Mazzei R., Salvatorini G. e Sandrelli F. "Nuovi dati sui depositi Mio-Pliocenici del settore meridionale del Bacino del Fiume Elsa". *Paleopelagos* 3, v. 97-108, 1993.
- Bossio A., Mazzei R., Salvatorini G. e Sandrelli F. "Geologia dell'area compresa tra Siena e Poggibonsi". *Atti Società Toscana di Scienze Naturali Memorie serie A*, v. 69-95, 2001.
- Capazzuoli E., Foresi L.M., Salvatorini G. e Sandrelli F. "New data on the Middle Pliocene sedimentation in the southern Valdelsa Basin". *Boll. Soc. Geol. It. Volume Speciale n. 4*, v. 95-103, 2005.
- Albarelo D., Mucciarelli M. "Contributi per l'aggiornamento degli 'Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica." *Ingegneria Sismica*, nel numero 2 del 2011.
- Bard P.Y., "Microtremor Measurements: A Tool For Site Effect Estimation?", *Manuscript for Proc. of 2nd International Symposium on the Effect of Surface Geology on Seismic Motion*, Yokohama, Japan, 1-3 Dec, 1998.
- Ohori M., Nobata A. and Wakamatsu K, "A Comparison of ESAC and FK Methods of Estimating Phase Velocity Using Arbitrarily Shaped Microtremor Arrays", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 92, No. 6, pp. 2323-2332, August 2002.
- Pileggi D., Rossi D., Lunedei E., Albarello D., "Seismic characterization of rigid sites in the ITACA database by ambient vibration monitoring and geological surveys", *Bulletin of Earthquake Engineering*, Volume 9, Number 6, 1839-1854, DOI: 10.1007/s10518-011-9292-0, June 2011.

ALLEGATO 1 - SEZIONI GEOLOGICHE



ALLEGATO 2 - VERIFICHE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

INSERIMENTO DATI:



H_{falda} (m) = 4

a_{max}/g = 0,27

M_w = 5,5

R (km) = 6

DIAMETRO PERFORAZIONE (ϕ)= 70 (mm)

Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU5

Località: Certaldo sud Prov.: Fi

Oggetto: Studio Geologico

Metodi Empirici

Kishida (1969)

Ohsaki (1969-1970)

Durville et al. (1985)

Law et al. (1990)

Metodi Tabellari

Sherif e Ishibashi (1978)

Youd e Perkins (1978)

Iwasaki et al., (1982)

Youd et al. (1979)

Metodi Semplificati

Da Prove SPT

ATTIVA SCELTA

Da Prove CPT

ATTIVA SCELTA

Da Prove Sismiche

ATTIVA SCELTA

Da Prove DTM/SDTM

ATTIVA SCELTA

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DAI INSEKIII

H_{falda} = **4**

a_{max}/g **0,27**

R = **6**

M_w = **5,5**

TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)



DATI CPT INSERITI

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
1	0,20		
2	0,40	40,2	2,17
3	0,60	20,6	1,53
4	0,80	17,5	1,45
5	1,00	22	1,97
6	1,20	16,5	1,31
7	1,40	17,5	1,44
8	1,60	14	1,22
9	1,80	11	0,79
10	2,00	11,5	0,88
11	2,20	11,6	0,86
12	2,40	11,8	0,72
13	2,60	14,2	0,78
14	2,80	20,5	1,64
15	3,00	20,1	1,60
16	3,20	19,9	1,63
17	3,40	20,7	1,81
18	3,60	21,1	1,70
19	3,80	18,7	1,55
20	4,00	16,1	1,68
21	4,20	12,7	1,43
22	4,40	10,8	1,31
23	4,60	9,8	1,11
24	4,80	9,6	0,95
25	5,00	6,5	0,66

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
26	5,20	5,8	0,57
26	5,40	5,7	0,48
28	5,60	6,9	0,46
29	5,80	8,1	0,37
30	6,00	5,3	0,55
31	6,20	8,1	0,47
32	6,40	6,5	0,49
33	6,60	8,9	0,46
34	6,80	5,4	0,43
35	7,00	5,6	0,42
36	7,20	6,7	0,45
37	7,40	6,7	0,39
38	7,60	5,9	0,44
39	7,80	8,1	0,67
40	8,00	8	0,63
41	8,20	6,7	0,58
42	8,40	8,3	,57
43	8,60	17,3	0,56
44	8,80	7,1	0,45
45	9,00	6,1	0,41
46	9,20	5,4	0,35
47	9,40	12	0,51
48	9,60	6,9	0,31
49	9,80	8,8	0,44
50	10,00	8,5	0,60

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
51	10,20	7,9	0,48
52	10,40	7,3	0,46
53	10,60	7,9	0,43
54	10,80	7,2	0,40
55	11,00	7,7	0,41
56	11,20	7,5	0,37
57	11,40	7,9	0,48
58	11,60	29,7	0,54
59	11,80	41,6	0,58
60	12,00	50	0,88
61	12,20	39	0,87
62	12,40	63,6	0,71
63	12,60	47,5	0,60
64	12,80	46,7	0,91
65	13,00	39,2	0,59
66	13,20	25,8	0,47
67	13,40	26,5	0,93
68	13,60	106,5	1,01
69	13,80	90,6	1,56
70	14,00	70,1	0,58
71	14,20	60,5	0,56
72	14,40		
73	14,60		
74	14,80		
75	15,00		

Int.	0,2		
n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
76	15,20		
77	15,40		
78	15,60		
79	15,80		
80	16,00		
81	16,20		
82	16,40		
83	16,60		
84	16,80		
85	17,00		
86	17,20		
87	17,40		
88	17,60		
89	17,80		
90	18,00		
91	18,20		
92	18,40		
93	18,60		
94	18,80		
95	19,00		
96	19,20		
97	19,40		
98	19,60		
99	19,80		
100	20,00		

Committente: **Comune di Certaldo (Fi)**

Riferimento: **CPTU5**

Località: **Certaldo sud**

Oggetto: **Studio Geologico**

Prov. **Fi**

[INSERIMENTO DATI CPT](#)

[ANALISI](#)

[HOME](#)

[GRAFICI](#)

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



FORMULE:

$$CRR = 0,883 \cdot \left[\frac{(q_{c1m})_{CS}}{1000} \right]^{+0,05}$$

Per $0 < (q_{c1m})_{CS} < 50$

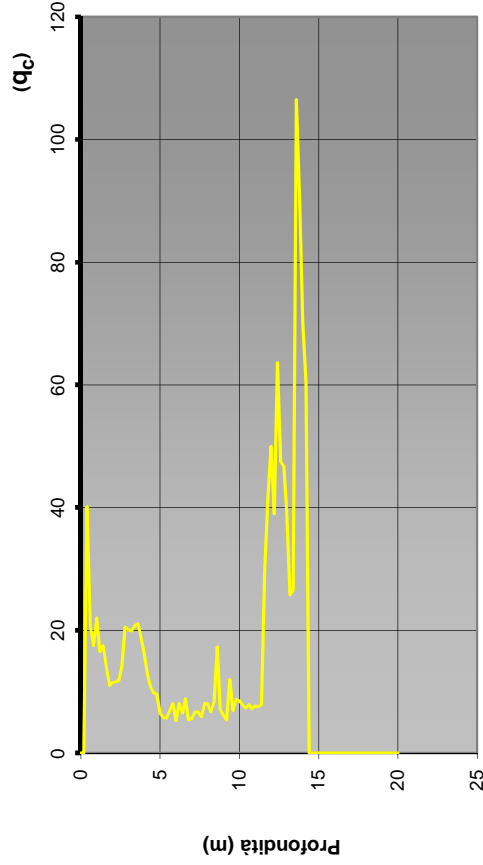
Per $50 < (q_{c1m})_{CS} < 160$

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1m})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

$$CSR = \frac{\tau_{ov}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot a_{max} \cdot \frac{\sigma'_{vz}}{g} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

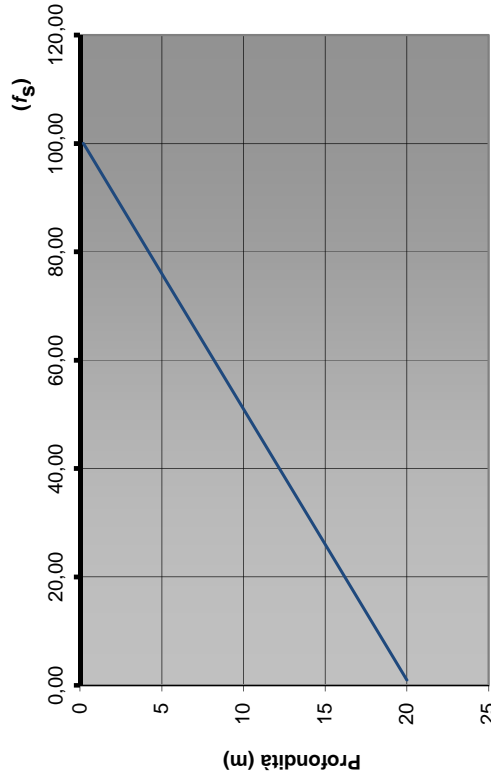
M = 5,5

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA



— Resistenza alla punta (qc)

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA LATERALE



— Resistenza laterale (fs)

Committente:

Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento:

CPTU5

Località:

Certaldo sud

Oggetto:

Studio Geologico

Prov.:

FI

DATI CPT

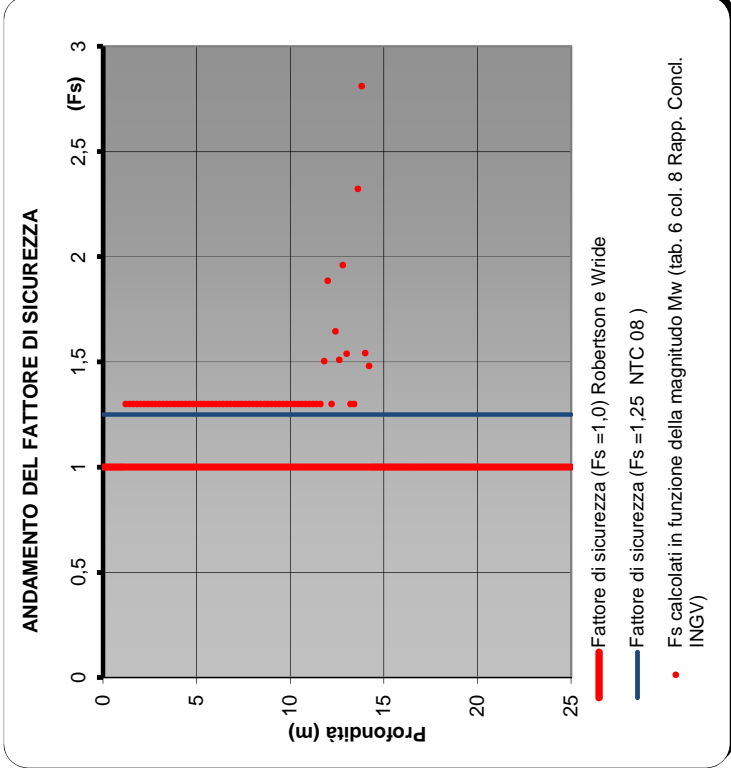
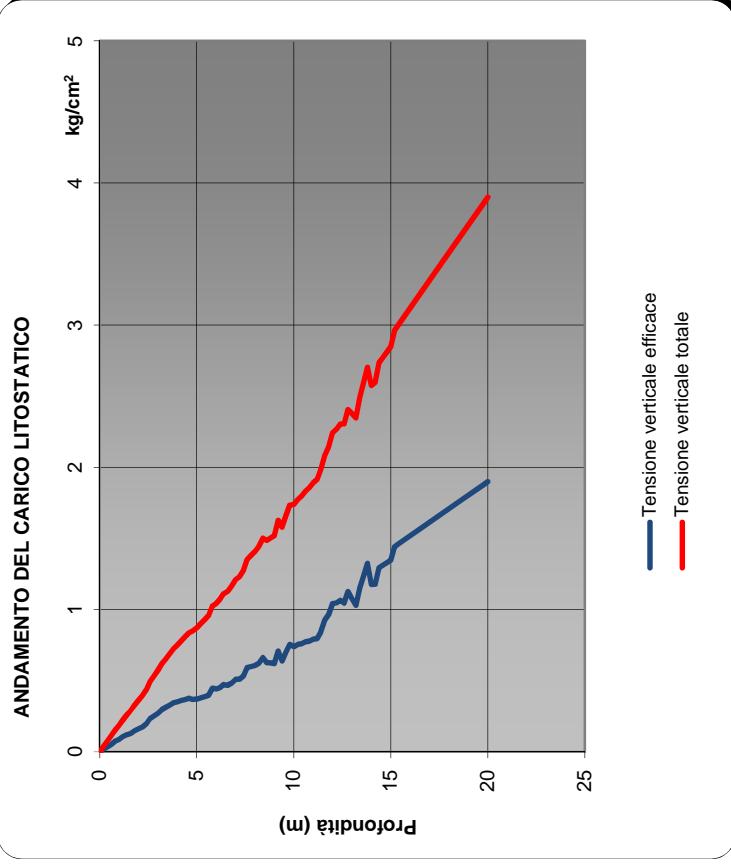
INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

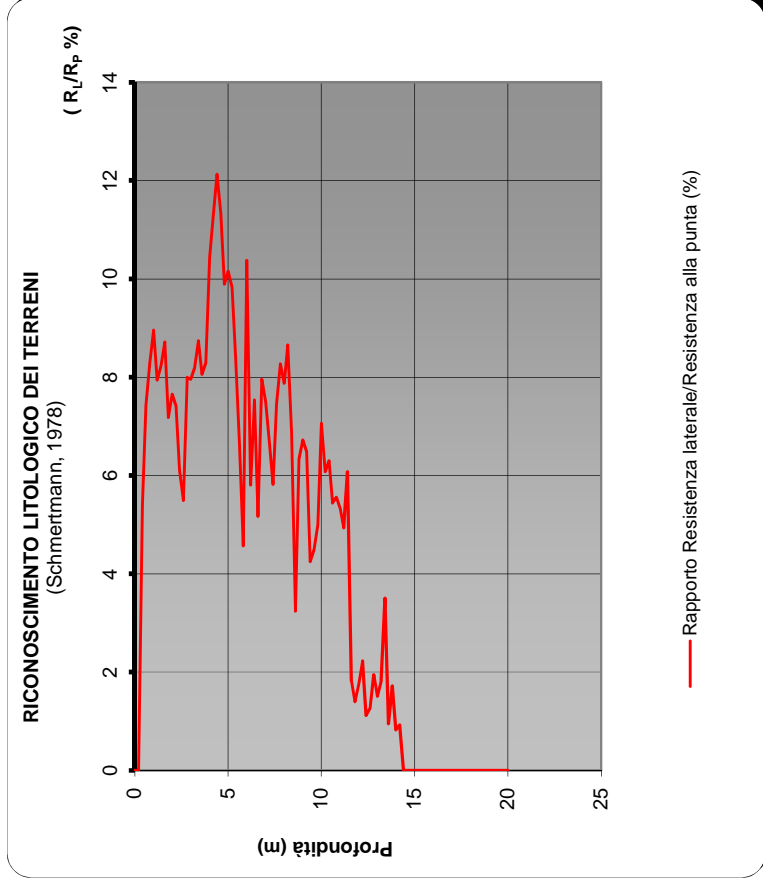
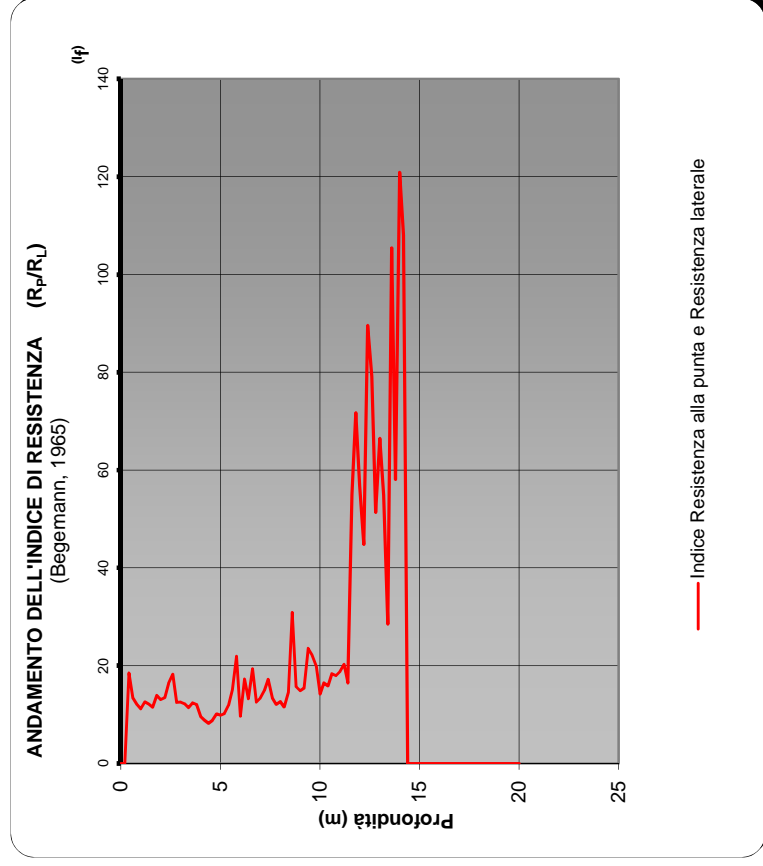


Committente:	Comune di Certaldo (Fi)
Riferimento:	CPTU5
Località:	Certaldo sud
Oggetto:	Studio Geologico
	Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU5

Località: Certaldo sud

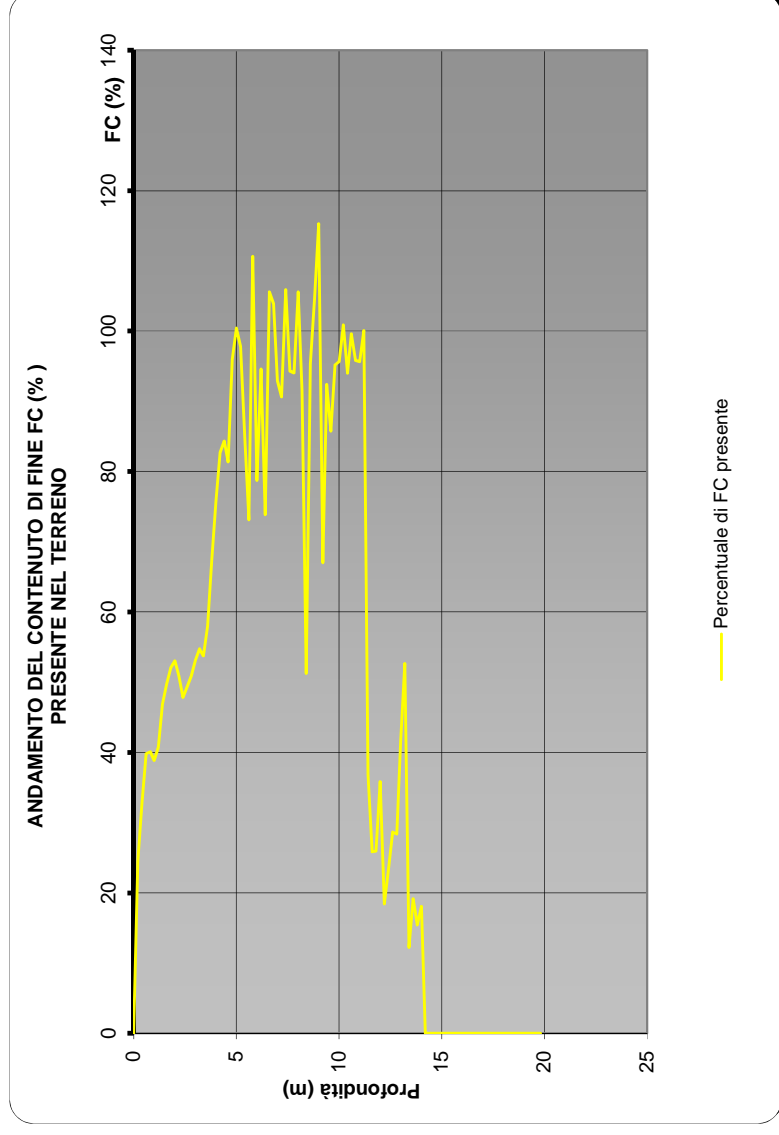
Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU5

Località: Certaldo sud

Oggetto: Studio Geologico

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

INSERIMENTO DATI:



H_{falda} (m) = 3

a_{max}/g = 0,27

M_w = 5,5

R (km) = 6

DIAMETRO PERFORAZIONE (ϕ)= 70 (mm)

Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU8

Località: Certaldo Prov.: Fi

Oggetto: Studio Geologico

Metodi Empirici

Kishida (1969)

Ohsaki (1969-1970)

Durville et al. (1985)

Law et al. (1990)

Metodi Tabellari

Sherif e Ishibashi (1978)

Youd e Perkins (1978)

Iwasaki et al., (1982)

Youd et al. (1979)

Metodi Semplificati

Da Prove SPT

ATTIVA SCELTA

Da Prove CPT

ATTIVA SCELTA

Da Prove Sismiche

ATTIVA SCELTA

Da Prove DTM/SDTM

ATTIVA SCELTA

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DAI INSEKIII

H_{falda} = **3**

a_{max}/g

0,27

R = **6**

M_w = **5,5**

TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

DATI CPT INSERITI

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
1	0,20		
2	0,40	17,7	0,73
3	0,60	15,7	0,55
4	0,80	32,3	2,10
5	1,00	16,4	2,09
6	1,20	12,4	0,98
7	1,40	16,6	11,60
8	1,60	14,2	0,95
9	1,80	12,4	0,71
10	2,00	15	0,74
11	2,20	14,2	0,94
12	2,40	9,8	0,73
13	2,60	5,8	0,61
14	2,80	6,7	0,72
15	3,00	10	0,69
16	3,20	9,6	0,84
17	3,40	10,8	1,03
18	3,60	9,6	1,13
19	3,80	8,8	0,89
20	4,00	6,2	0,79
21	4,20	5,4	0,57
22	4,40	6,5	0,56
23	4,60	6,7	0,51
24	4,80	9,7	0,56
25	5,00	7,4	0,74

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
26	5,20	7	0,50
26	5,40	8,1	0,57
28	5,60	7,5	0,56
29	5,80	7,7	0,55
30	6,00	7,7	0,53
31	6,20	6,9	0,39
32	6,40	7	0,37
33	6,60	7,8	0,50
34	6,80	8,7	0,54
35	7,00	7,9	0,52
36	7,20	8,3	0,43
37	7,40	8,5	0,66
38	7,60	9,6	0,64
39	7,80	8,6	0,64
40	8,00	6,9	0,65
41	8,20	6,9	0,44
42	8,40	6,5	0,46
43	8,60	6,8	0,68
44	8,80	6,6	0,66
45	9,00	13,4	0,48
46	9,20	8,7	0,55
47	9,40	8,9	0,40
48	9,60	16,7	0,46
49	9,80	11,6	0,39
50	10,00	9,9	0,40

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
51	10,20	32,7	0,71
52	10,40	9,8	0,59
53	10,60	8,5	0,45
54	10,80	9,1	0,31
55	11,00	9,3	0,48
56	11,20	11,6	0,42
57	11,40	12,3	0,69
58	11,60	11,1	0,65
59	11,80	9,8	0,62
60	12,00	8,3	0,38
61	12,20	7,5	0,32
62	12,40	7,9	0,35
63	12,60	8	0,38
64	12,80	9,1	0,36
65	13,00	9,1	0,34
66	13,20	14,6	0,41
67	13,40	9,8	0,41
68	13,60	10,6	0,40
69	13,80	11,6	0,35
70	14,00	9,4	0,37
71	14,20	10	0,38
72	14,40	10,8	0,39
73	14,60	10,8	0,40
74	14,80	14,2	0,42
75	15,00	11	0,43

Int.	0,2		
n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
76	15,20	10,2	0,41
77	15,40	13	0,62
78	15,60	10,8	0,38
79	15,80	12,15	0,81
80	16,00		
81	16,20		
82	16,40		
83	16,60		
84	16,80		
85	17,00		
86	17,20		
87	17,40		
88	17,60		
89	17,80		
90	18,00		
91	18,20		
92	18,40		
93	18,60		
94	18,80		
95	19,00		
96	19,20		
97	19,40		
98	19,60		
99	19,80		
100	20,00		

Committente: **Comune di Certaldo (Fi)**

Riferimento: **CPTU8**

Località: **Certaldo**

Oggetto: **Studio Geologico**

Prov. **Fi**

[INSERIMENTO DATI CPT](#)

[ANALISI](#)

[HOME](#)

[GRAFICI](#)

Committente: **Comune di Certaldo (Fi)**
 Riferimento: **CPTU8**
 Località: **Certaldo**
 Oggetto: **Studio Geologico**

Fi

Prov.:

ANALISI

Metodi che utilizzano Prove Statiche (CPT)	Fattore di sicurezza (Fs)	Magnitudo di riferimento (Mw)	Indice del Potenziale di Liquefazione (PL)	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
Robertson e Wride (1998)	> 1,0 (NTC 08)	5,50	0,000	Molto Basso



Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)		Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)		Ic utilizzato		Fs valore
	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	
0,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	2,56	Granuloso	2,56	NPGranulare	2,57	N.C.	2,56	N.L.	1,70
0,40	2,13	Granulato	2,47	NPGranulare	2,29	N.C.	3,33	Argiloso	3,33	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
0,60	2,22	Granulato	2,53	NPGranulare	2,37	N.C.	3,36	Argiloso	3,36	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
0,80	2,34	Granulato	2,56	NPGranulare	2,44	N.C.	3,21	Argiloso	3,21	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
1,00	2,78	Granulato	3,00	N.L.	N.L.	N.C.	3,32	Argiloso	3,32	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
1,20	2,74	Argiloso	2,96	N.L.	N.L.	N.L.	3,12	Argiloso	3,12	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
1,40	3,49	Argiloso	3,64	N.L.	N.L.	N.L.	3,23	Argiloso	3,23	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
1,60	2,72	Argiloso	2,91	N.L.	N.L.	N.L.	3,29	Argiloso	3,29	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
1,80	2,75	Argiloso	2,93	N.L.	N.L.	N.L.	3,38	Argiloso	3,38	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
2,00	2,68	Argiloso	2,84	N.L.	N.L.	N.L.	3,37	Argiloso	3,37	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
2,20	2,82	Argiloso	2,96	N.L.	N.L.	N.L.	3,41	Argiloso	3,41	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
2,40	2,99	Argiloso	3,13	N.L.	N.L.	N.L.	3,39	Argiloso	3,39	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
2,60	3,31	Argiloso	3,44	N.L.	N.L.	N.L.	3,41	Argiloso	3,41	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
2,80	3,30	Argiloso	3,41	N.L.	N.L.	N.L.	3,30	Argiloso	3,30	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
3,00	3,05	Argiloso	3,15	N.L.	N.L.	N.L.	3,29	Argiloso	3,29	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
3,20	3,15	Argiloso	3,24	N.L.	N.L.	N.L.	2,99	Argiloso	2,99	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
3,40	3,15	Argiloso	3,23	N.L.	N.L.	N.L.	3,29	Argiloso	3,29	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
3,60	3,26	Argiloso	3,34	N.L.	N.L.	N.L.	3,23	Argiloso	3,23	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
3,80	3,25	Argiloso	3,33	N.L.	N.L.	N.L.	3,13	Argiloso	3,13	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
4,00	3,47	Argiloso	3,54	N.L.	N.L.	N.L.	3,31	Argiloso	3,31	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
4,20	3,45	Argiloso	3,55	N.L.	N.L.	N.L.	3,28	Argiloso	3,28	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
4,40	3,34	Argiloso	3,42	N.L.	N.L.	N.L.	3,23	Argiloso	3,23	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
4,60	3,31	Argiloso	3,38	N.L.	N.L.	N.L.	3,24	Argiloso	3,24	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
4,80	3,10	Argiloso	3,17	N.L.	N.L.	N.L.	3,05	Argiloso	3,05	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
5,00	3,37	Argiloso	3,43	N.L.	N.L.	N.L.	3,25	Argiloso	3,25	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
5,20	3,31	Argiloso	3,37	N.L.	N.L.	N.L.	3,30	Argiloso	3,30	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
5,40	3,25	Argiloso	3,31	N.L.	N.L.	N.L.	3,24	Argiloso	3,24	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
5,60	3,31	Argiloso	3,37	N.L.	N.L.	N.L.	3,25	Argiloso	3,25	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
5,80	3,30	Argiloso	3,35	N.L.	N.L.	N.L.	3,41	Argiloso	3,41	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.	N.L.
6,00	3,30	Argiloso	3,34	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
6,20	3,29	Argiloso	3,34	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
6,40	3,27	Argiloso	3,32	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
6,60	3,30	Argiloso	3,34	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
6,80	3,26	Argiloso	3,29	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,00	3,32	Argiloso	3,35	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,20	3,23	Argiloso	3,27	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,40	3,36	Argiloso	3,38	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,60	3,27	Argiloso	3,29	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,80	3,36	Argiloso	3,38	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,00	3,54	Argiloso	3,55	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,20	3,42	Argiloso	3,44	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,40	3,49	Argiloso	3,51	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,60	3,56	Argiloso	3,58	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,80	3,59	Argiloso	3,60	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,00	3,01	Argiloso	3,01	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,20	3,36	Argiloso	3,36	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,40	3,25	Argiloso	3,26	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,60	2,87	Argiloso	2,88	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,80	3,07	Argiloso	3,07	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
10,00	3,21	Argiloso	3,20	N.L.	N.L.	N.L.	N.C.	Argiloso	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.

N.C. = Non Calcolabile
 N.L. = Non Liquefacibile
 Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico
 NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulata
 Argiloso = Terreno Argiloso
 C.Chinese = Criteri Chinese
 Granulare = Terreno Granulare
 -- = Nessun Criterio

[HOME](#)
[INSERIMENTO DATI CPT](#)

[DATI CPT](#)
[GRAFICI](#)

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



FORMULE:

$$CRR = 0,883 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right]^{+0,05}$$

Per $0 < (q_{c1n})_{cs} < 50$

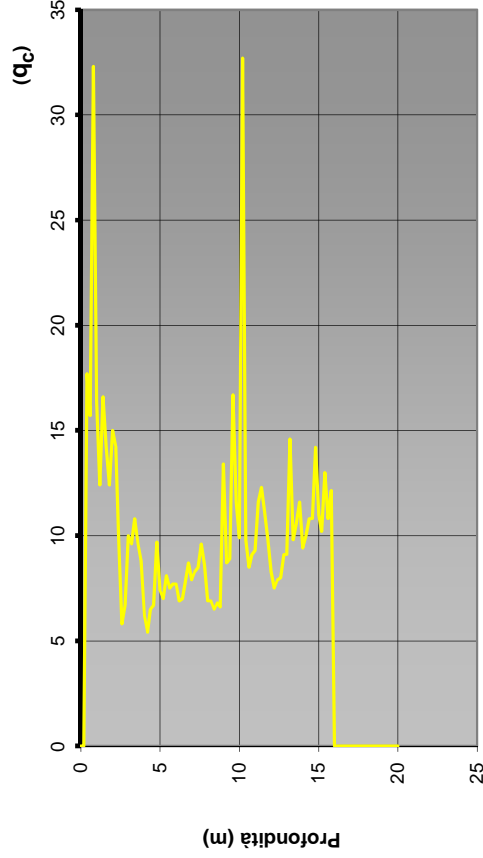
Per $50 < (q_{c1n})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

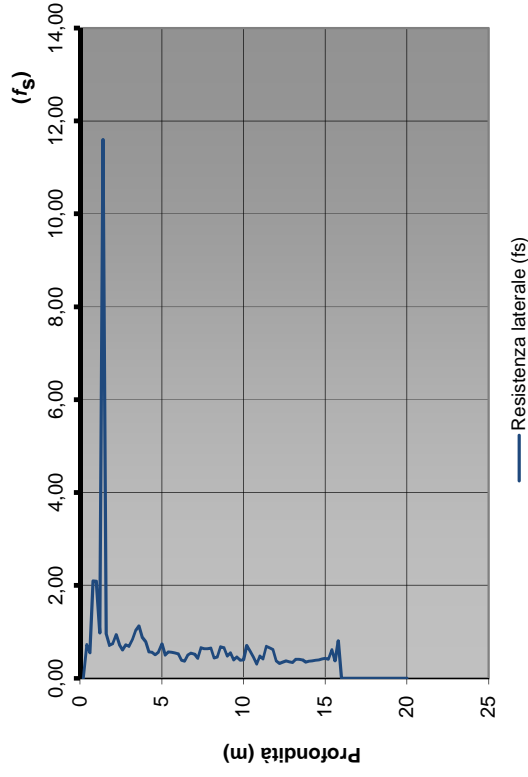
$$CSR = \frac{\tau_{ov}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot a_{max} \cdot \frac{\sigma'_{vz}}{g} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

M = 5,5

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA



ANDAMENTO DELLA RESISTENZA LATERALE



Committente:

Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento:

CPTU8

Località:

Certaldo

Oggetto:

Studio Geologico

Prov.:

FI

DATI CPT

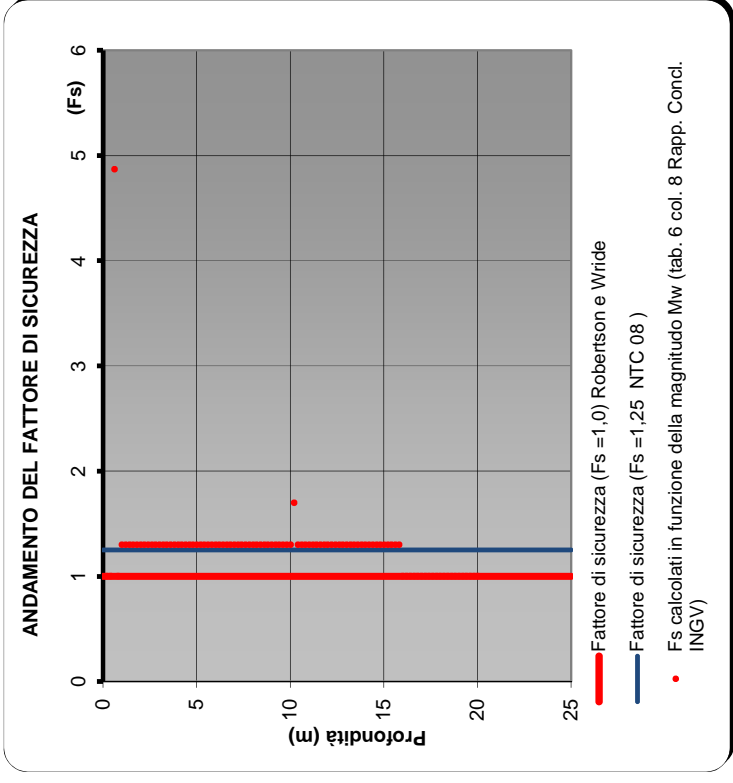
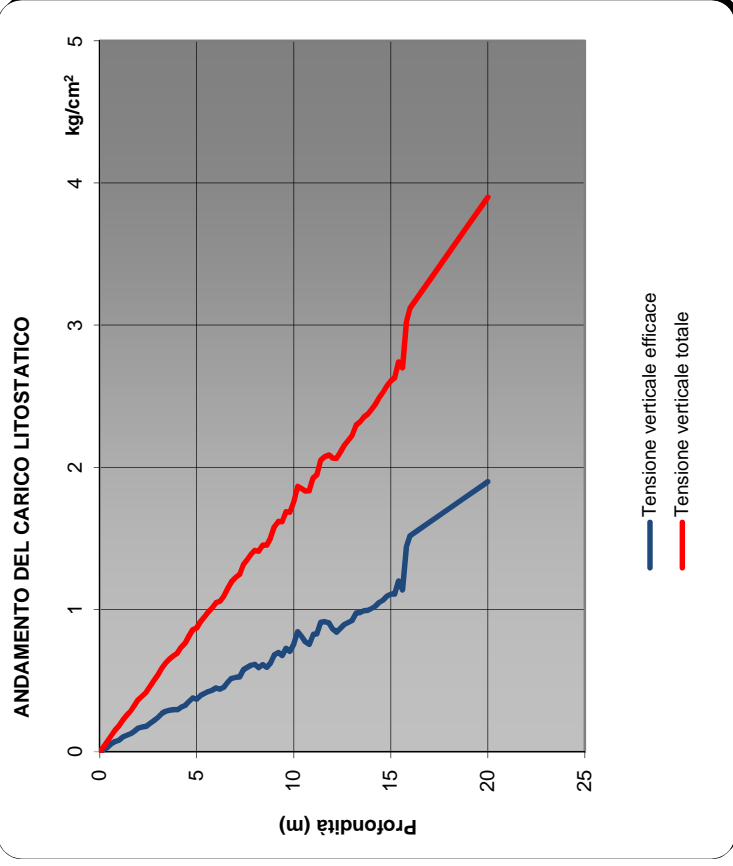
INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU8

Località: Certaldo

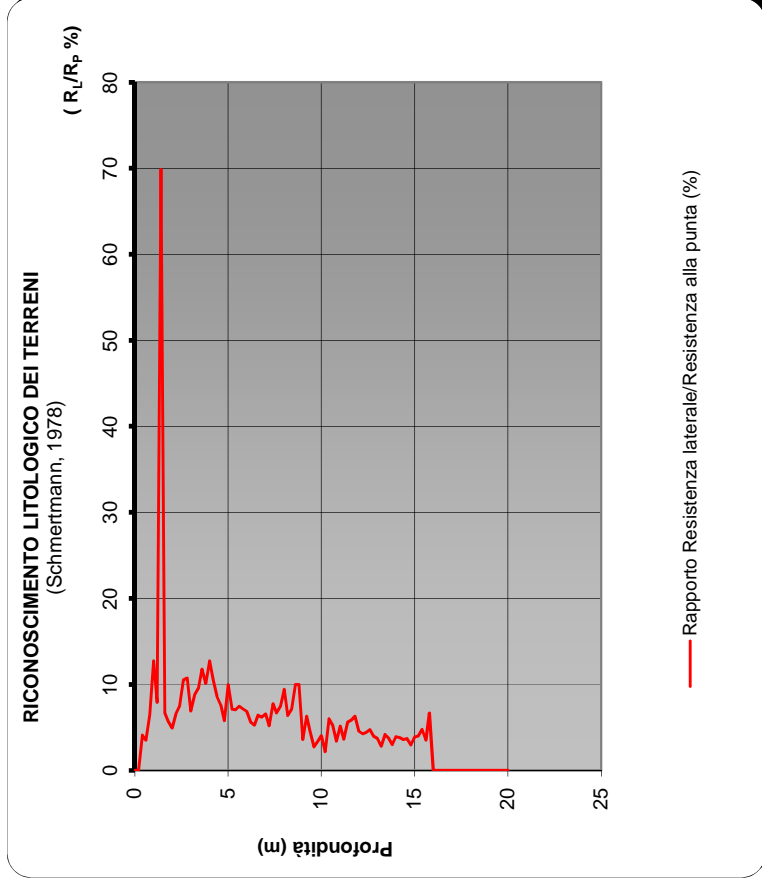
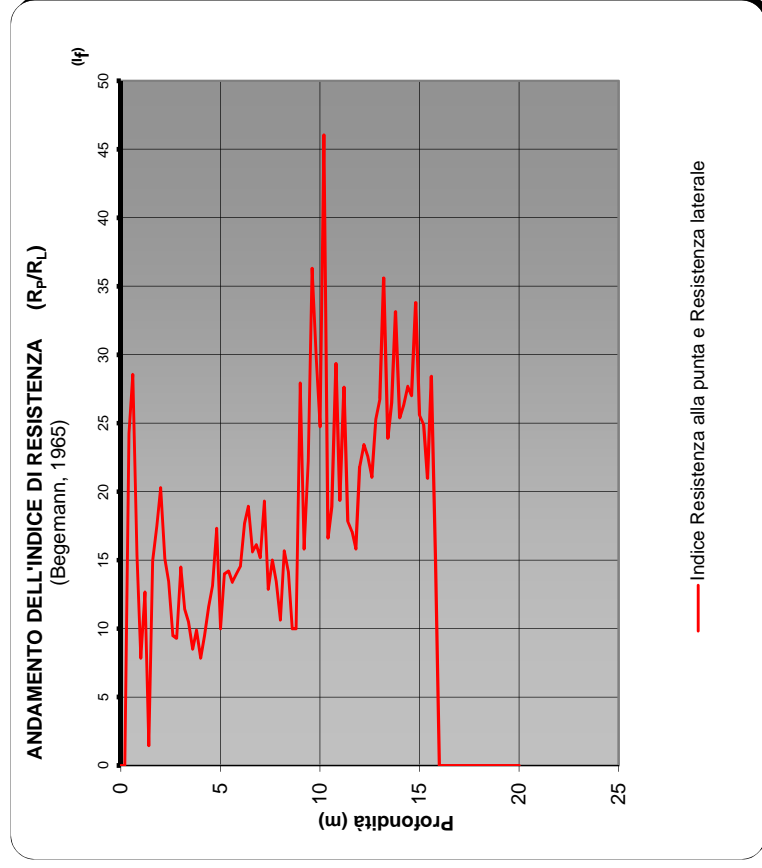
Oggetto: Studio Geologico

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU8

Località: Certaldo

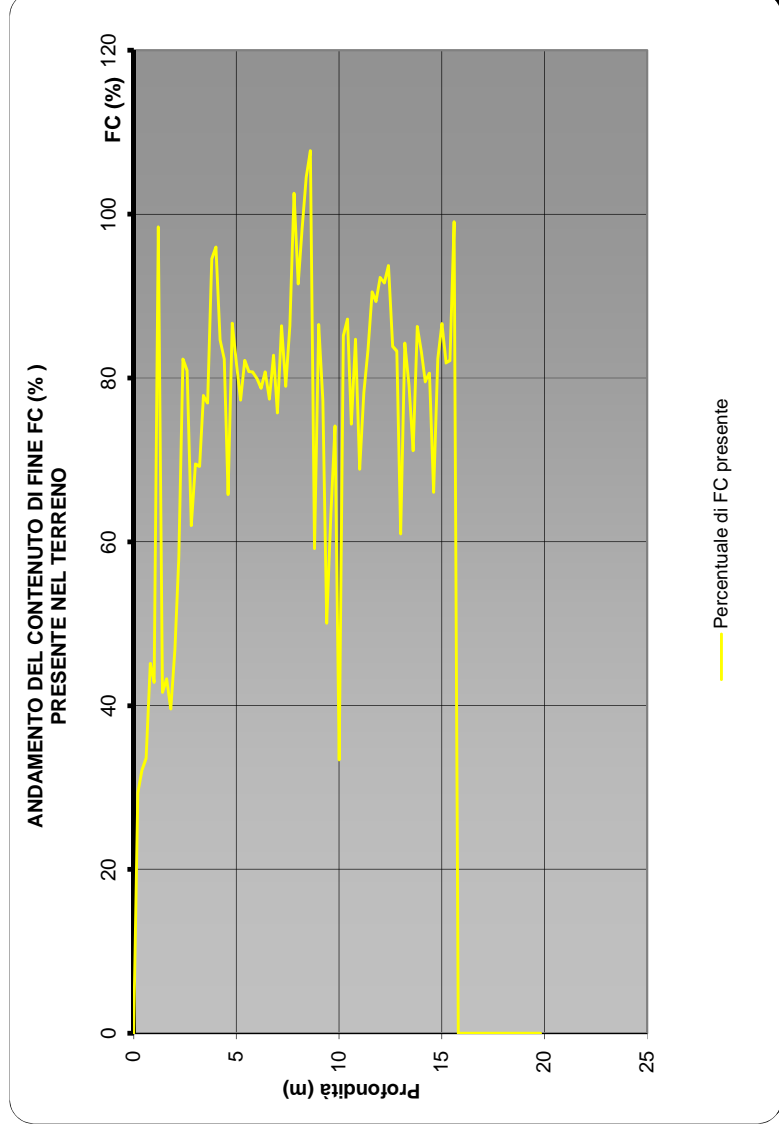
Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU8

Località: Certaldo

Oggetto: Studio Geologico

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

INSERIMENTO DATI:



H_{falda} (m) = 6

a_{max}/g = 0,27

M_w = 5,5

R (km) = 6

DIAMETRO PERFORAZIONE (ϕ)= 70 (mm)

Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU14

Località: Certaldo Prov.: Fi

Oggetto: Studio Geologico

Metodi Empirici

Kishida (1969)

Ohsaki (1969-1970)

Durville et al. (1985)

Law et al. (1990)

Metodi Tabellari

Sherif e Ishibashi (1978)

Youd e Perkins (1978)

Iwasaki et al., (1982)

Youd et al. (1979)

Metodi Semplificati

Da Prove SPT

ATTIVA SCELTA

Da Prove CPT

ATTIVA SCELTA

Da Prove Sismiche

ATTIVA SCELTA

Da Prove DTM/SDTM

ATTIVA SCELTA

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSEKIII

H_{falda} = **6**

a_{max}/g **0,27**

R = **6**

M_w = **5,5**

TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIE (1998)



DATI CPT INSERITI

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
1	0,20		
2	0,40	41,7	1,81
3	0,60	22,1	1,81
4	0,80	19,8	1,57
5	1,00	26	1,13
6	1,20	28,4	0,67
7	1,40	13,8	1,09
8	1,60	9,4	1,20
9	1,80	6,1	0,63
10	2,00	10,8	0,64
11	2,20	14,2	1,28
12	2,40	10	0,97
13	2,60	12	0,92
14	2,80	12,2	0,81
15	3,00	36,8	0,86
16	3,20	11,6	0,84
17	3,40	17,1	0,90
18	3,60	9,3	0,97
19	3,80	9,3	0,98
20	4,00	7,7	1,02
21	4,20	9,4	0,58
22	4,40	11,2	0,94
23	4,60	11,4	0,85
24	4,80	12	0,96
25	5,00	9,6	0,93

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
26	5,20	6,7	0,78
26	5,40	8,3	0,71
28	5,60	5,9	0,60
29	5,80	8,5	0,73
30	6,00	6,7	0,68
31	6,20	6,1	0,56
32	6,40	8,5	0,77
33	6,60	9,6	0,72
34	6,80	7,5	0,66
35	7,00	6,1	0,53
36	7,20	13,2	1,04
37	7,40	12,9	0,95
38	7,60	14,4	0,76
39	7,80	10,2	1,03
40	8,00	12,4	0,69
41	8,20	8,9	0,90
42	8,40	8,9	0,72
43	8,60	9,6	0,65
44	8,80	13,6	0,76
45	9,00	15	0,92
46	9,20	10,7	0,91
47	9,40	8,9	0,73
48	9,60	9,2	0,64
49	9,80	9,1	0,63
50	10,00	13,4	0,95

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
51	10,20	14	1,02
52	10,40	12	1,10
53	10,60	13,8	0,91
54	10,80	14,6	0,92
55	11,00	15,4	1,11
56	11,20	13,5	0,98
57	11,40	9,3	0,71
58	11,60	15,9	0,55
59	11,80	44,7	0,69
60	12,00	60,8	0,70
61	12,20	67,1	0,71
62	12,40		
63	12,60		
64	12,80		
65	13,00		
66	13,20		
67	13,40		
68	13,60		
69	13,80		
70	14,00		
71	14,20		
72	14,40		
73	14,60		
74	14,80		
75	15,00		

Int.	0,2		
n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
76	15,20		
77	15,40		
78	15,60		
79	15,80		
80	16,00		
81	16,20		
82	16,40		
83	16,60		
84	16,80		
85	17,00		
86	17,20		
87	17,40		
88	17,60		
89	17,80		
90	18,00		
91	18,20		
92	18,40		
93	18,60		
94	18,80		
95	19,00		
96	19,20		
97	19,40		
98	19,60		
99	19,80		
100	20,00		

Committente: **Comune di Certaldo (Fi)**

Riferimento: **CPTU14**

Località: **Certaldo**

Oggetto: **Studio Geologico**

Prov. **Fi**

[INSERIMENTO DATI CPT](#)

[HOME](#)

[ANALISI](#)

[GRAFICI](#)

Committente: **Comune di Certaldo (Fi)**
 Riferimento: **CPTU14**
 Località: **Certaldo**
 Oggetto: **Studio Geologico**

Prov.:

Fi

ANALISI

Metodi che utilizzano Prove		Fattore di sicurezza (Fs)		Magnitudo di riferimento (Mw)		Indice del Potenziale di Liquefazione (IP _L)		Rischio liquefazione	
Statiche (CPT)	Robertson e Wride (1998)	> 1,0	> 1,25 (NTC 08)	> 1,0	5,50	0,000	Iwasaki et al. (1978)	Molto Basso	



Prof.	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)		Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)		Fs	
	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore	valore
0,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.L.	N.L.
0,40	2,00	Granulare	2,27	NPGranulare	2,12	N.L.	2,27	Argiloso	3,41	N.L.	2,27	Argiloso	N.L.	N.L.
0,60	2,45	Granulare	2,70	Plimoso	2,57	C.Chinese	2,57	Argiloso	3,25	N.L.	2,57	Argiloso	N.L.	N.L.
0,80	2,62	Granulare	2,76	Plimoso	2,64	C.Chinese	2,64	Argiloso	3,22	N.L.	2,64	Argiloso	N.L.	N.L.
1,00	2,29	Granulare	2,52	NPGranulare	2,40	N.C.	2,52	Argiloso	3,24	N.L.	2,40	Argiloso	N.L.	N.L.
1,20	2,10	Granulare	2,32	NPGranulare	2,21	N.L.	2,32	Argiloso	3,30	N.L.	2,21	Argiloso	N.L.	N.L.
1,40	2,75	Argiloso	2,95	N.L.	N.L.	N.L.	2,95	Argiloso	3,49	N.L.	2,95	Argiloso	N.L.	N.L.
1,60	3,07	Argiloso	3,24	N.L.	N.L.	N.L.	3,24	Argiloso	3,03	N.L.	3,24	Argiloso	N.L.	N.L.
1,80	3,16	Argiloso	3,34	N.L.	N.L.	N.L.	3,34	Granulare	2,41	NPGranulare	2,45	Granulare	2,41	1,81
2,00	2,84	Argiloso	3,00	N.L.	N.L.	N.L.	3,00	Granulare	2,23	NPGranulare	2,27	Granulare	2,23	1,79
2,20	2,93	Argiloso	3,06	N.L.	N.L.	N.L.	3,06	Granulare	2,17	NPGranulare	2,21	Granulare	2,17	1,81
2,40	3,08	Argiloso	3,21	N.L.	N.L.	N.L.	3,21	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
2,60	2,98	Argiloso	3,09	N.L.	N.L.	N.L.	3,09	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
2,80	2,95	Argiloso	3,06	N.L.	N.L.	N.L.	3,06	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
3,00	2,30	Granulare	2,39	NPGranulare	2,35	N.L.	2,39	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
3,20	3,04	Argiloso	3,12	N.L.	N.L.	N.L.	3,12	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
3,40	2,84	Argiloso	2,91	N.L.	N.L.	N.L.	2,91	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
3,60	3,26	Argiloso	3,33	N.L.	N.L.	N.L.	3,33	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
3,80	3,29	Argiloso	3,35	N.L.	N.L.	N.L.	3,35	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
4,00	3,44	Argiloso	3,49	N.L.	N.L.	N.L.	3,49	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
4,20	3,16	Argiloso	3,21	N.L.	N.L.	N.L.	3,21	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
4,40	3,21	Argiloso	3,24	N.L.	N.L.	N.L.	3,24	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
4,60	3,18	Argiloso	3,21	N.L.	N.L.	N.L.	3,21	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
4,80	3,20	Argiloso	3,22	N.L.	N.L.	N.L.	3,22	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
5,00	3,35	Argiloso	3,37	N.L.	N.L.	N.L.	3,37	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
5,20	3,56	Argiloso	3,58	N.L.	N.L.	N.L.	3,58	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
5,40	3,40	Argiloso	3,41	N.L.	N.L.	N.L.	3,41	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
5,60	3,60	Argiloso	3,61	N.L.	N.L.	N.L.	3,61	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
5,80	3,42	Argiloso	3,42	N.L.	N.L.	N.L.	3,42	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
6,00	3,58	Argiloso	3,57	N.L.	N.L.	N.L.	3,57	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
6,20	3,60	Argiloso	3,59	N.L.	N.L.	N.L.	3,59	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
6,40	3,47	Argiloso	3,45	N.L.	N.L.	N.L.	3,45	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
6,60	3,37	Argiloso	3,35	N.L.	N.L.	N.L.	3,35	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,00	3,62	Argiloso	3,60	N.L.	N.L.	N.L.	3,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,20	3,29	Argiloso	3,26	N.L.	N.L.	N.L.	3,26	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,40	3,28	Argiloso	3,25	N.L.	N.L.	N.L.	3,25	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,60	3,15	Argiloso	3,11	N.L.	N.L.	N.L.	3,11	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
7,80	3,48	Argiloso	3,45	N.L.	N.L.	N.L.	3,45	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,00	3,23	Argiloso	3,20	N.L.	N.L.	N.L.	3,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,20	3,55	Argiloso	3,51	N.L.	N.L.	N.L.	3,51	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,40	3,49	Argiloso	3,45	N.L.	N.L.	N.L.	3,45	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,60	3,41	Argiloso	3,37	N.L.	N.L.	N.L.	3,37	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
8,80	3,22	Argiloso	3,18	N.L.	N.L.	N.L.	3,18	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,00	3,22	Argiloso	3,17	N.L.	N.L.	N.L.	3,17	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,20	3,46	Argiloso	3,41	N.L.	N.L.	N.L.	3,41	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,40	3,53	Argiloso	3,48	N.L.	N.L.	N.L.	3,48	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,60	3,47	Argiloso	3,42	N.L.	N.L.	N.L.	3,42	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
9,80	3,48	Argiloso	3,43	N.L.	N.L.	N.L.	3,43	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
10,00	3,34	Argiloso	3,28	N.L.	N.L.	N.L.	3,28	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.

N.C. = Non Calcolabile
 N.L. = Non Liquefacibile
 Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico
 NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare

Argiloso = Terreno Argiloso
 C.Chinese = Criteri Chinese
 Granulare = Terreno Granulare
 -- = Nessun Criterio

HOME

INSERIMENTO DATI CPT

DATI CPT

GRAFICI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



FORMULE:

$$CRR = 0,883 \cdot \left[\frac{(q_{c1m})_{CS}}{1000} \right]^{+0,05}$$

Per $0 < (q_{c1m})_{cs} < 50$

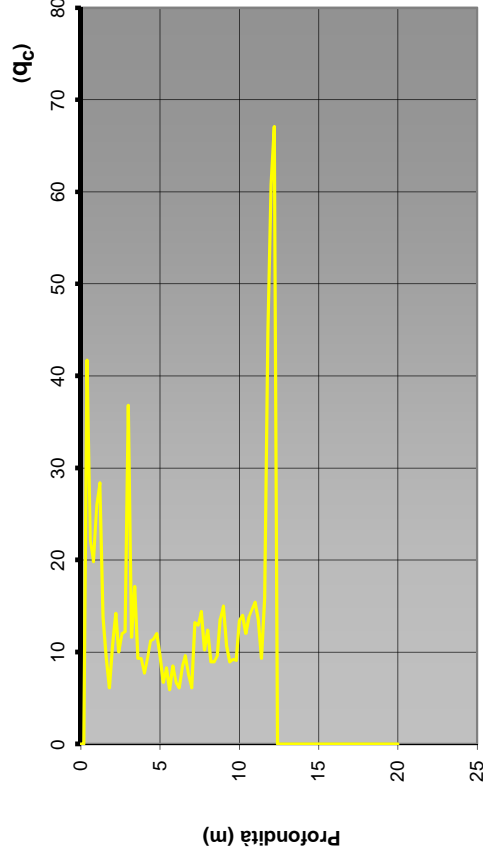
Per $50 < (q_{c1m})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1m})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

$$CSR = \frac{\tau_{ov}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot a_{max} \cdot \frac{\sigma'_{vo}}{g} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

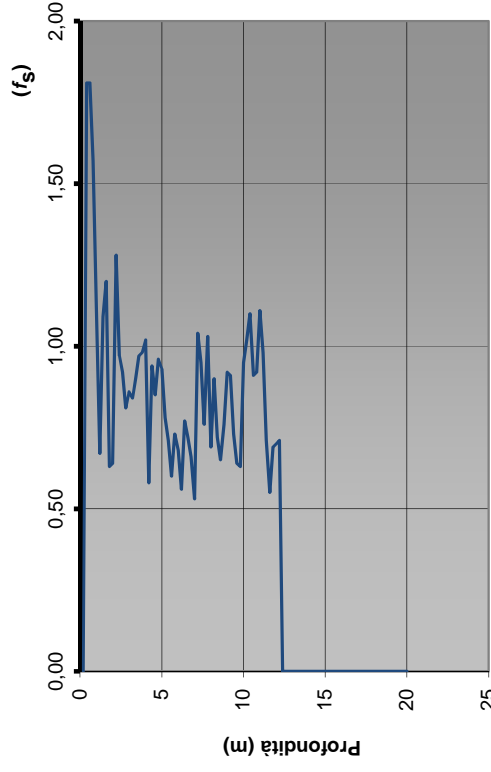
M = 5,5

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA



— Resistenza alla punta (qc)

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA LATERALE



— Resistenza laterale (fs)

Committente:

Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento:

CPTU14

Località:

Certaldo

Oggetto:

Studio Geologico

Prov.:

FI

DATI CPT

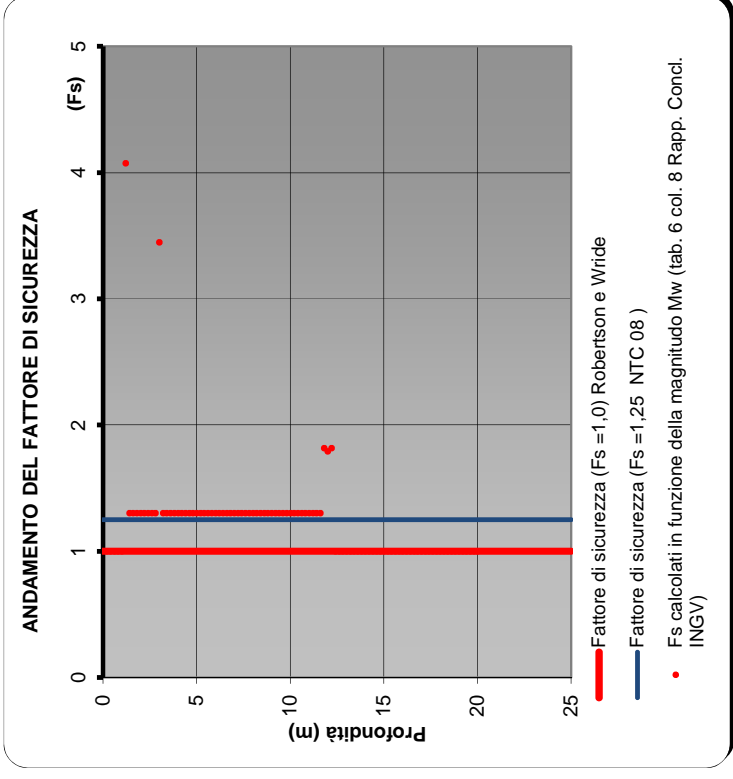
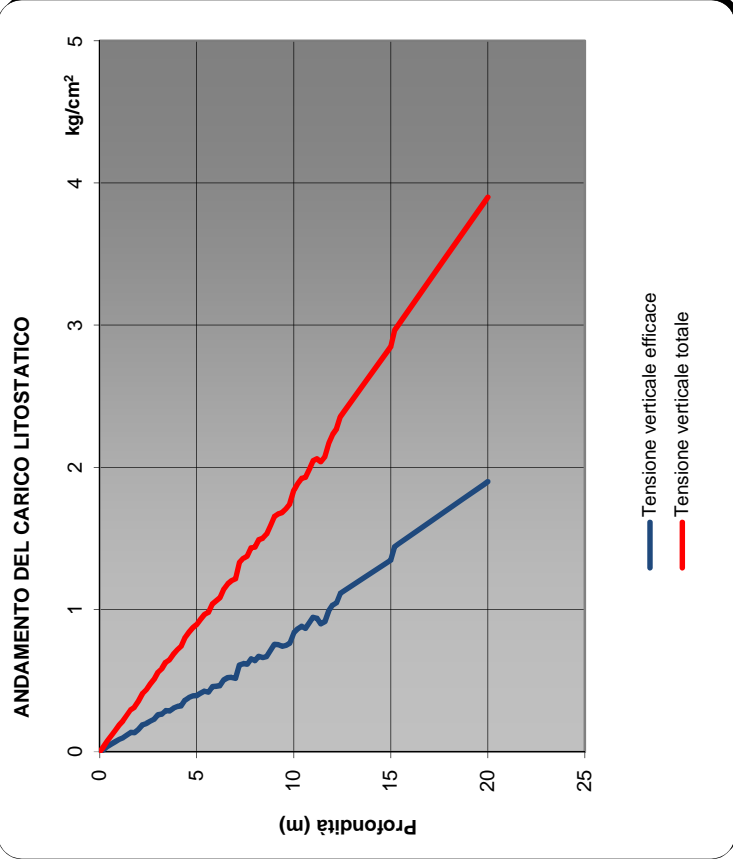
INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU14

Località: Certaldo

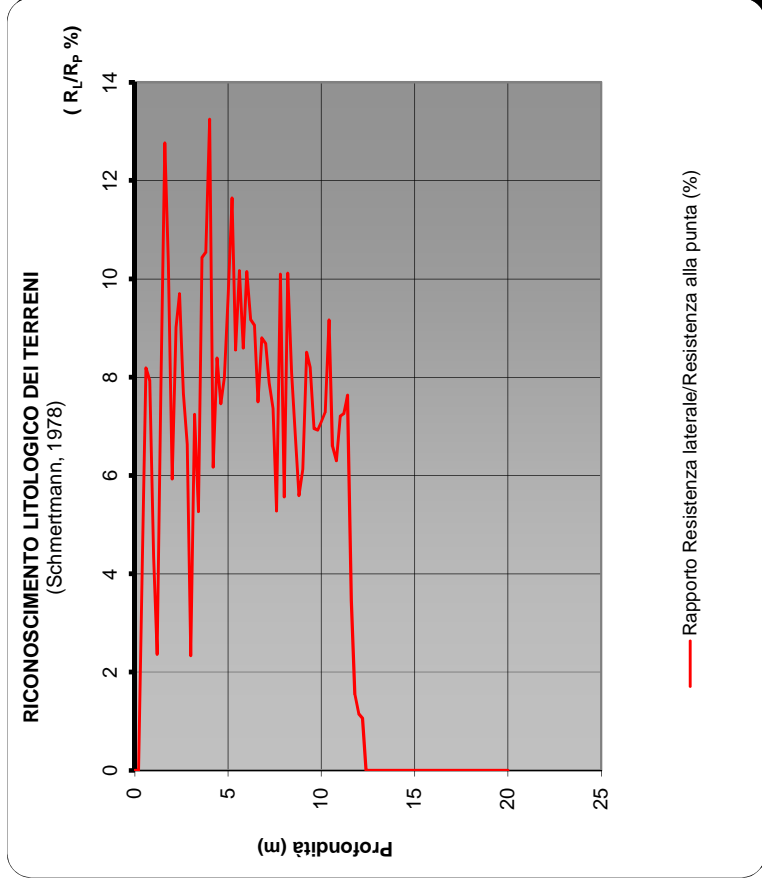
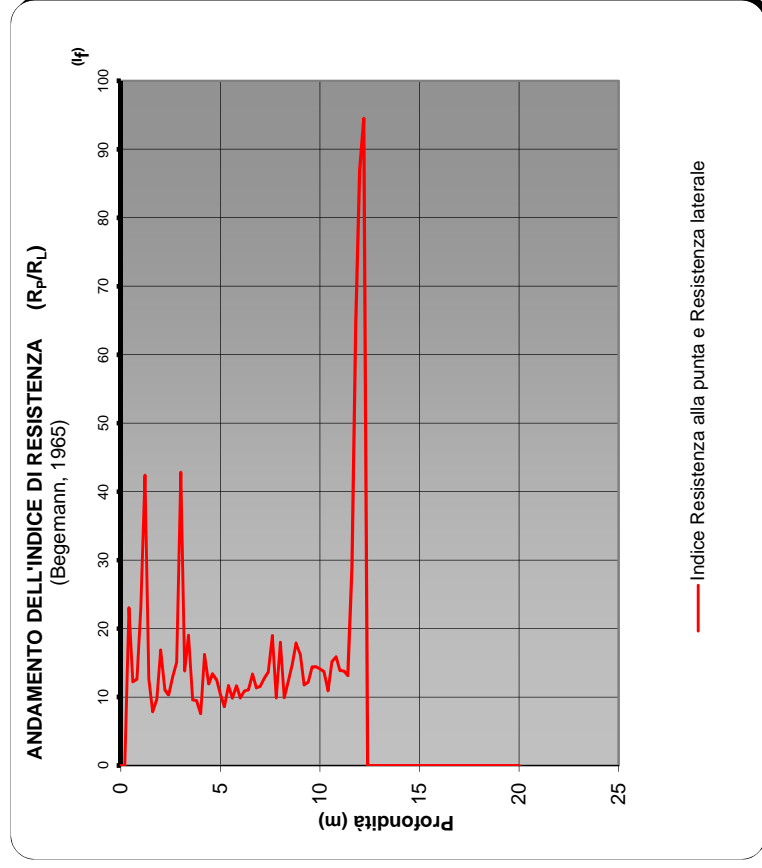
Oggetto: Studio Geologico

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU14

Località: Certaldo

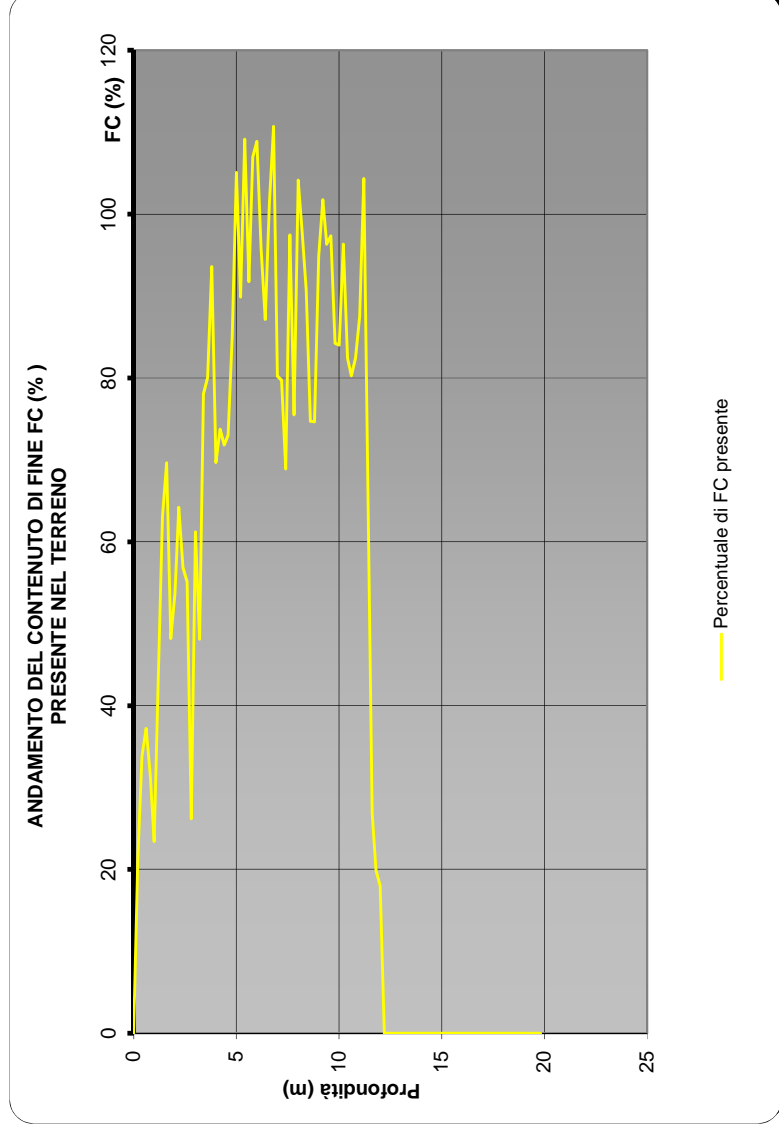
Oggetto: SIAUO GEOLOGICO

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU14

Località: Certaldo

Oggetto: Studio Geologico

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

INSERIMENTO DATI:



H_{falda} (m) = 3

a_{max}/g = 0,27

M_w = 5,5

R (km) = 6

DIAMETRO PERFORAZIONE (ϕ)= 70 (mm)

Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU17

Località: Certaldo Prov.: Fi

Oggetto: Studio Geologico

Metodi Empirici

Kishida (1969)

Ohsaki (1969-1970)

Durville et al. (1985)

Law et al. (1990)

Metodi Tabellari

Sherif e Ishibashi (1978)

Youd e Perkins (1978)

Iwasaki et al., (1982)

Youd et al. (1979)

Metodi Semplificati

Da Prove SPT

ATTIVA SCELTA

Da Prove CPT

ATTIVA SCELTA

Da Prove Sismiche

ATTIVA SCELTA

Da Prove DTM/SDTM

ATTIVA SCELTA

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DAI INSEKIII

H_{falda} = **3**

a_{max}/g **0,27**

R = **6**
M_w = **5,5**



TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIE (1998)

DATI CPT INSERITI

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
1	0,20		
2	0,40	43,5	1,19
3	0,60	10,8	0,20
4	0,80	3,9	0,71
5	1,00	16,4	2,09
6	1,20	11,5	1,01
7	1,40	16,4	1,16
8	1,60	12,4	0,88
9	1,80	12,4	0,98
10	2,00	15	0,92
11	2,20	7,5	1,21
12	2,40	9,6	0,94
13	2,60	9,4	1,04
14	2,80	7,5	0,90
15	3,00	6,3	0,81
16	3,20	6,9	0,81
17	3,40	4,7	0,88
18	3,60	3,5	0,57
19	3,80	1,8	0,53
20	4,00	0,8	0,31
21	4,20	0,18	0,18
22	4,40	0,8	0,16
23	4,60	3,2	0,39
24	4,80	2,6	0,50
25	5,00	3,5	0,38

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
26	5,20	1,8	0,33
26	5,40	5,3	0,46
28	5,60	4,9	0,45
29	5,80	2,6	0,38
30	6,00	3,4	0,29
31	6,20	4,7	0,38
32	6,40	5,8	0,50
33	6,60	7,1	0,55
34	6,80	3,5	0,34
35	7,00	2,2	0,13
36	7,20	6,3	0,22
37	7,40	3,2	0,20
38	7,60	3,2	0,18
39	7,80	5,5	0,35
40	8,00	4,5	0,46
41	8,20	7,3	0,35
42	8,40	3,4	0,22
43	8,60	3,4	0,23
44	8,80	5	0,38
45	9,00	3,9	0,41
46	9,20	3,5	0,31
47	9,40	6,7	0,29
48	9,60	17,5	0,28
49	9,80	5,9	0,32
50	10,00	7,5	0,64

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
51	10,20	3,9	0,40
52	10,40	5,6	0,13
53	10,60	6,5	0,38
54	10,80	5,1	0,45
55	11,00	5,1	0,23
56	11,20	6,9	0,38
57	11,40	7,9	0,32
58	11,60	6,1	0,31
59	11,80	7,9	0,20
60	12,00	8,9	0,39
61	12,20	7,7	0,28
62	12,40	20,9	0,30
63	12,60	34,1	0,24
64	12,80	3,4	0,22
65	13,00	6,3	0,20
66	13,20	39,8	0,84
67	13,40	32,1	0,31
68	13,60	74,2	0,38
69	13,80	88,2	0,46
70	14,00	35,8	0,47
71	14,20	39	0,62
72	14,40	41,5	0,17
73	14,60	108,9	0,42
74	14,80		
75	15,00		

Int.	0,2		
n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm ²)	Resistenza laterale fs (kg/cm ²)
76	15,20		
77	15,40		
78	15,60		
79	15,80		
80	16,00		
81	16,20		
82	16,40		
83	16,60		
84	16,80		
85	17,00		
86	17,20		
87	17,40		
88	17,60		
89	17,80		
90	18,00		
91	18,20		
92	18,40		
93	18,60		
94	18,80		
95	19,00		
96	19,20		
97	19,40		
98	19,60		
99	19,80		
100	20,00		

Committente: **Comune di Certaldo (Fi)**

Riferimento: **CPTU17**

Località: **Certaldo**

Oggetto: **Studio Geologico**

Prov. **Fi**

[INSERIMENTO DATI CPT](#)

[HOME](#)

[ANALISI](#)

[GRAFICI](#)

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



FORMULE:

$$CRR = 0,883 \cdot \left[\frac{(q_{c1m})_{CS}}{1000} \right]^{+0,05}$$

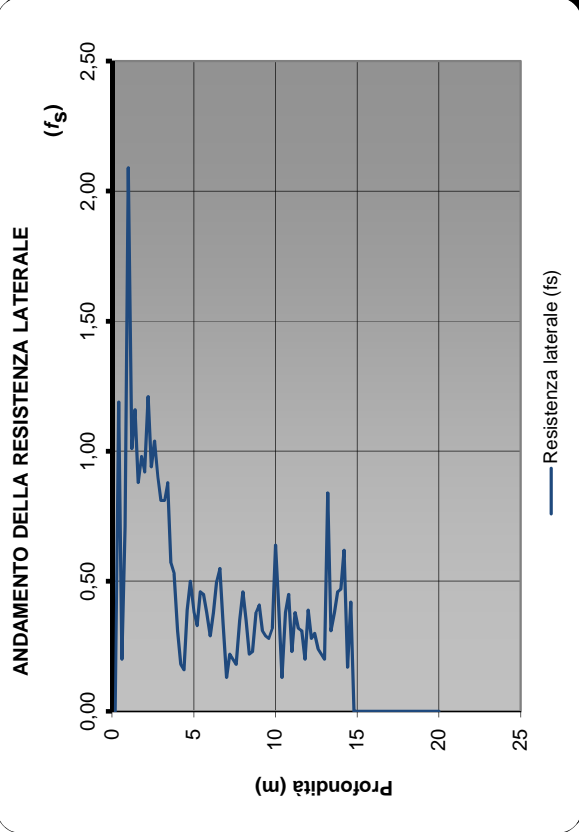
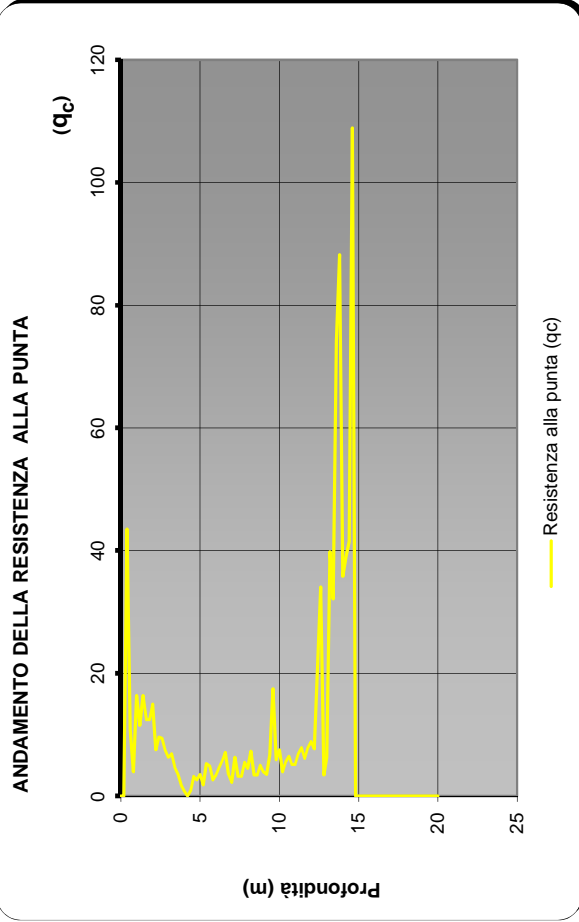
$$\text{Per } 0 < (q_{c1m})_{CS} < 50$$

$$\text{Per } 50 < (q_{c1m})_{CS} < 160$$

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1m})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

$$CSR = \frac{\tau_{ov}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot a_{max} \cdot \frac{\sigma_{vz}}{g} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

$$M = 5,5$$



Committente: Comune di Certaldo (Fi)
Riferimento: CPTU17
Località: Certaldo
Oggetto: Studio Geologico

Prov.: FI

DATI CPT

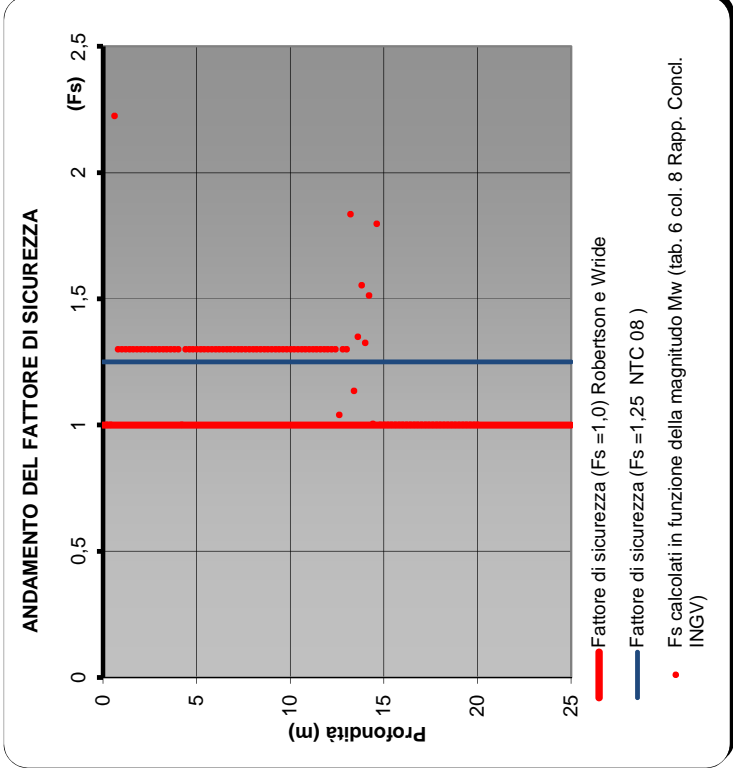
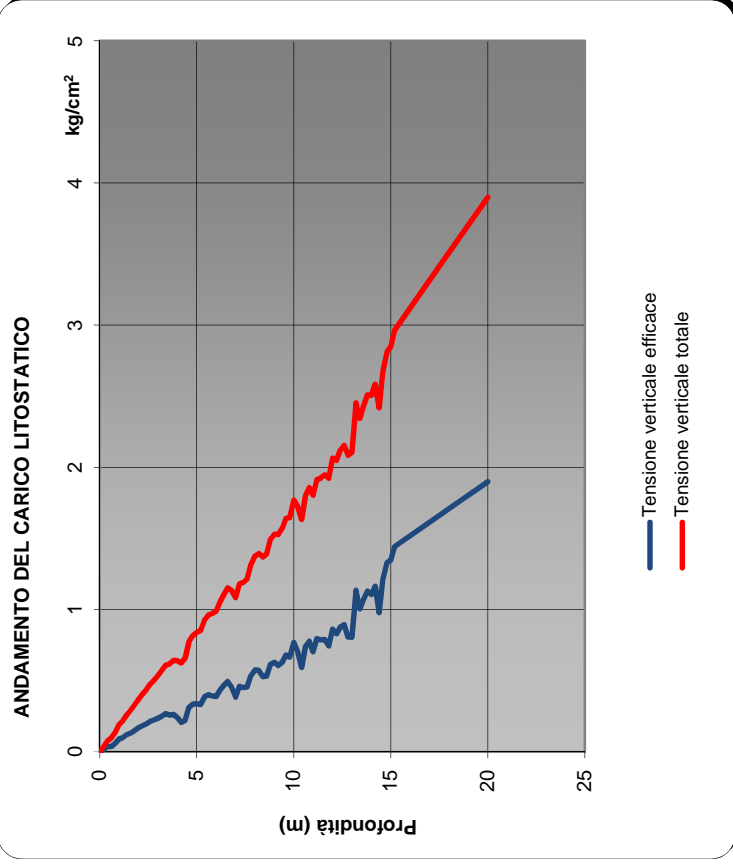
INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU17

Località: Certaldo

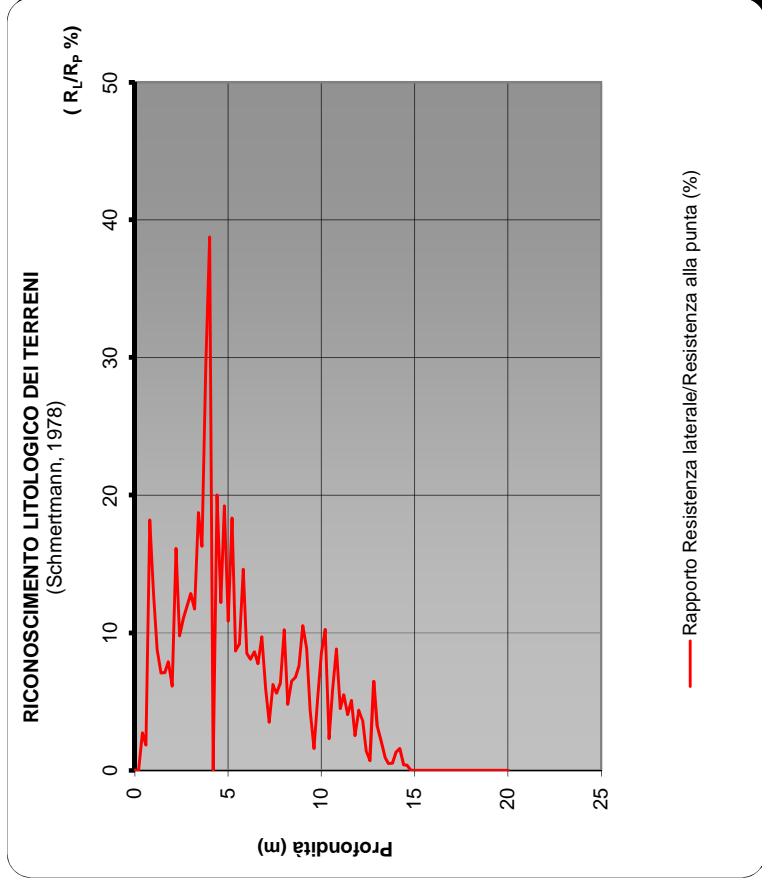
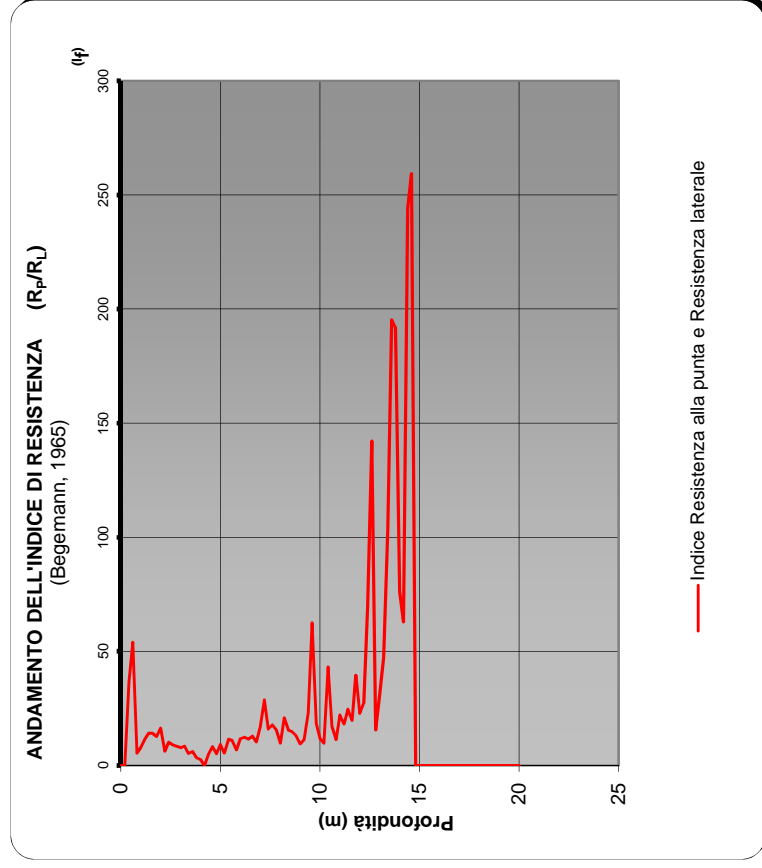
Oggetto: Studio Geologico

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU17

Località: Certaldo

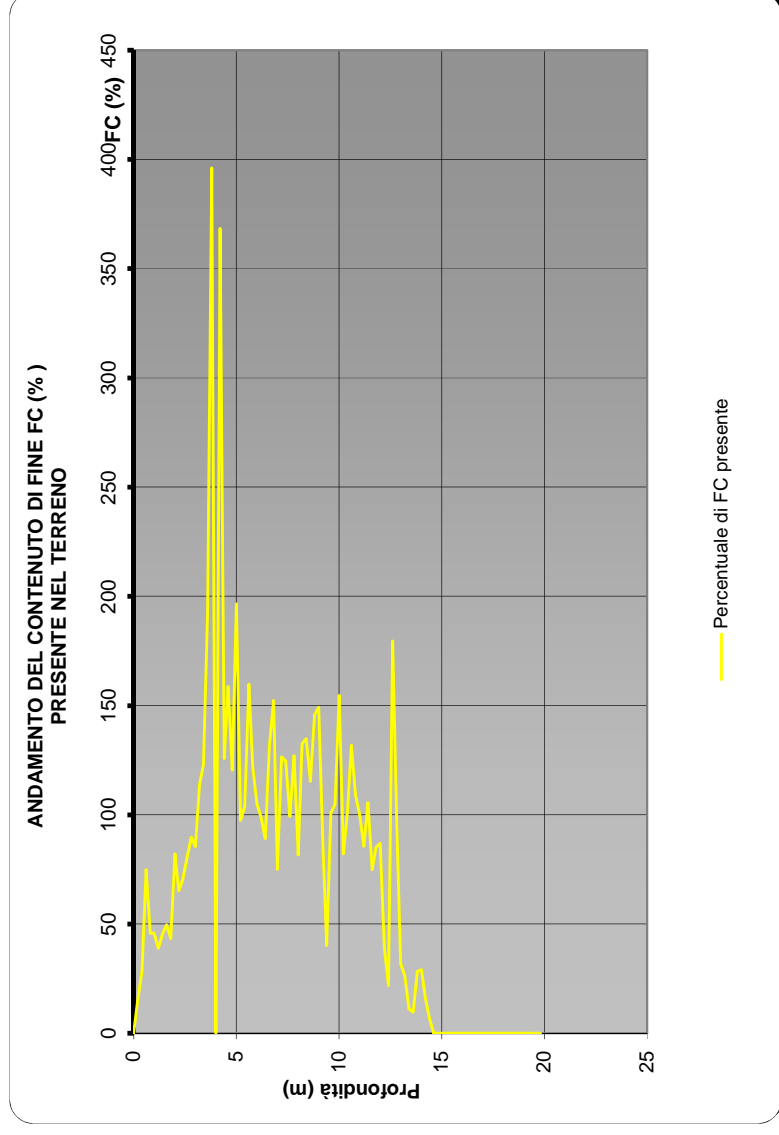
Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

Prov.: FI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



Committente: Comune di Certaldo (Fi)

Riferimento: CPTU17

Località: Certaldo

Oggetto: Studio Geologico

Prov.: FI