

FONDAZIONE PER LO SPORT Comune di Reggio Emilia (RE)



Oggetto: **"Affidamento di servizi tecnici per la redazione di Relazioni Geologiche e Pericolosità sismica di base per strutture esistenti adibite a tribune presso n° 6 (sei) impianti sportivi comunali CIG: Z3E2BEC823" - Campo di Calcio "MELATO"**



STUDIO GEOLOGICO

(D.M. 17/01/2018)

RELAZIONE GEOLOGICA G.1

GEOLOGO
dr. Raffaele TROCCHIA



INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	4
2. UBICAZIONE E CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO.....	6
4. DESCRIZIONE GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO	10
4.1 UNITA' DELLE CONOIDI PROSSIMALI.....	11
4.2 UNITA' DELL'ALTA PIANURA	12
4.3 UNITA' DEI DOSSI FLUVIALI.....	12
5. IDROGRAFIA E IDROLOGIA	14
5.1 DOMINIO DEL T. CROSTOLO.....	14
5.2 DOMINIO DEL F. SECCHIA.....	15
5.3 PALEOALVEI E TRACCE DI PALEOALVEI	15
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO.....	16
6.1 PIEZOMETRICA.....	20
6.2 PERMEABILITA'	23
7. INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO DELLA PIANURA PADANA.....	24
8. INQUADRAMENTO STRUTTURALE DELLA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA	29
9. SISMICITA' DELL'AREA	31
10. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO DI REGGIO EMILIA (RE).....	38
11. ANALISI DEL PIANO STRALCIO DELL'AUTORITA' DI BACINO.....	40
12. INDAGINI ESEGUITE, DESCRIZIONI E FOTO ESECUZIONE.....	43
13. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO.....	46
13.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	48
13.2 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA.....	48
13.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	48
13.4 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	49
14. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	49
15. SOMMARIO E CONCLUSIONI.....	52
➤ G.2 - RELAZIONE GEOFISICA E DI MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO	
➤ G.3 - INDAGINI ESEGUITE	

ALLEGATI

- **TAV. 01 - UBICAZIONE AREA DI INDAGINE da CTR scala 1:5000**
- **TAV. 02 - UBICAZIONE AREA DI INDAGINE GOOGLE EARTH**
- **TAV. 03 - STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA 0 – 1 m scala 1:20000**
- **TAV. 04 - STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA 0 – 10 m scala 1:20000**
- **TAV. 05 - STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA – SOGGIACENZA FALDA scala 1:20000**
- **TAV. 06 - STRALCIO DELLA CARTA DELLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI scala 1:20000**
- **TAV. 07 - STRALCIO DELLA CARTA DEL RISCHIO SISMICO (P9b) scala 1:25000**
- **TAV. 08 - STRALCIO DELLA CARTA DEGLI EFFETTI ATTESI (P9a) scala 1:25000**
- **TAV. 09 - UBICAZIONE PROVE ESEGUITE**

1. PREMESSA

Con determinazione n° 2019/016 del 12/03/2020, il Direttore della Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia ha incaricato il sottoscritto, Dott. Geol. Raffaele Trocchia iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania al n° 2706, con studio professionale in Camposano (NA) alla via campo n° 19/B, 80030, di effettuare uno studio geologico per la ***“Redazione di relazioni geologiche e pericolosità sismica di base per strutture esistenti adibite a tribune presso n° 6 (sei) impianti sportivi comunali” - C.I.G.: Z3E2BEC823 - Campo di Calcio “MELATO”.***

Vengono inoltre, considerate tutte le condizioni di stabilità del sito e definite le caratteristiche stratigrafiche, geologiche e morfologiche dello stesso. Lo studio è stato esteso alle aree limitrofe per evidenziare se vi sono forme di dissesto a grande scala, o condizioni d'instabilità tali da influenzare la solidità del sito d'indagine. Alla stesura del presente lavoro si è giunti previa un'indagine di campagna e raccolta bibliografica nell'area di studio articolata così come segue:

- ✓ Rilevamento geologico di superficie esteso anche alle zone limitrofe a quelle strutturate in esame.
- ✓ Studio bibliografico dell'area e la consultazione di indagini pregresse eseguite per altri lavori.

Scopo del presente studio sarà quello di riportare le caratteristiche geomorfologiche del sito, di conoscere la successione stratigrafica del substrato, definire al meglio le caratteristiche fisico-meccaniche più significativi dei terreni e sulla **modellazione sismica del sito (O.P.C.M. 3274/2003, O.P.C.M. 3519/2006, D.M. 14.01.2008 e D.M. 17.01.2018).**

A tal fine la seguente relazione è stata così strutturata;

- ✓ Ubicazione e morfologia dell'area;
- ✓ Indagini eseguite;
- ✓ Inquadramento geologico
- ✓ Idrogeologico;
- ✓ Modellazione sismica del sito;
- ✓ Considerazioni Geotecniche e Modello geologico del sito;
- ✓ Sommario e Conclusioni.

1.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".
- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti “ICMS”);
- L 64/74 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- D.M. 11/3/88 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.

2.UBICAZIONE E CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

La base cartografica utilizzata nell'ambito del presente studio per la rappresentazione delle singole tematiche studiate è costituita dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000 della Regione Emilia Romagna in formato vettoriale. Gli elementi cartografici della C.T.R. utilizzati sono i seguenti rappresentati in figura: L'area in oggetto di studio, appartenente alla vasta superficie pianeggiante della media pianura, è situata ad N di Reggio nell'Emilia. Più precisamente, il terreno in esame, posto alla quota di 52 m s.l.m., è ubicato all'interno dell'impianto sportivo "Melato", via Olimpia n° 25, Reggio Emilia (RE), da cui si accede (stralcio dalla C.T.R. – elementi n° 200121 in scala 1:5.000 – **Fig. 1** e immagine Google Earth – **Fig. 2**). Il suolo alluvionale qui presente, parzialmente asportato e ricoperto da una coltre di materiale di riporto, è un entisuolo, a prevalente tessitura limosa e limo sabbiosa, a seguito delle prolungate pratiche agricole, presenta una potenza di circa 40 cm. Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale.



Fig. 1- Stralcio CTR 200121 - Area di studio





Fig. 2 –Foto area di indagine Google Earth

3.INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO

L'area di indagine è situata nel territorio del Comune di Reggio Emilia (RE) il quale ricade nella parte centro-meridionale della Pianura Padana propriamente detta, bacino subsidente (pliocene-quaternario), di tipo sedimentario, che comincia a delinearsi sin dall'inizio del Triassico. La subsidenza differenziata ha caratterizzato il bacino sia nel tempo che nello spazio, in diversi periodi Mesozoico, Cenozoico, ma soprattutto Pliocene e Quaternario, con movimenti verticali controllati dai caratteri strutturali presenti in profondità. L'assetto geologico strutturale profondo della Pianura Padana è noto soprattutto grazie ai dati emersi in seguito alle perforazioni profonde ed alle prospezioni geofisiche, effettuate a partire dagli anni '50, per la ricerca di idrocarburi, esposti nelle pubblicazioni di PIERI & GROPPi (1981) e CASSANO ed altri (1986), nelle quali viene aggiornata la sintesi stratigrafica e strutturale dell'area e specificati l'andamento, l'evoluzione e la cronologia degli eventi tettonici che si sono attuati nei diversi comparti del bacino. L'area studiata ricade nella fascia della media pianura reggiana. Queste zone, di media e bassa pianura, sono

caratterizzate in generale da depositi continentali di origine fluviale, spesso poche centinaia di metri, ad assetto sub-orizzontale o debolmente inclinato verso nord. I terreni, di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene, poggiano su un substrato costituito da formazioni marine (pre-Pleistocene medio) affioranti a sud, lungo il margine collinare, che per motivi strutturali vengono ribassate e ricoperte dapprima dalle conoidi alluvionali dei corsi d'acqua appenninici e, procedendo verso nord, dai termini limoso-argillosi di colmamento della pianura. Questa parte di pianura assume quindi un andamento morfologico uniformemente pianeggiante, litologicamente dominato dalla presenza di materiali prevalentemente fini e, in misura minore, da sabbie e ghiaie. La differenziazione litologica dei materiali presenti risulta essere funzione delle variazioni di energia dei corsi d'acqua, oltre che dell'alternarsi di fasi erosive e di sedimentazione. I principali eventi geologici che, durante il Quaternario, hanno conferito al territorio reggiano la configurazione attuale e che tuttora sono riconoscibili nella valle del T. Crostolo, possono essere così sintetizzati: alla chiusura del bacino marino collocabile circa 1 milione di anni fa si imposta un ambiente continentale con la deposizione di sedimenti fluvio-lacustri; essi sono rilevabili all'altezza della Vasca Corbelli, subito a monte del limite comunale. Dopo la fase di colmamento del bacino fluvio-lacustre hanno avuto inizio le fasi fluviali rissiane alle quali hanno fatto seguito i potenti terrazzamenti rissiani del Ghiardo, della Razza e di Fogliano. Nell'interglaciale Riss-Wurm si ha la formazione del paleosuolo e, successivamente, l'incisione dei terrazzi rissiani da parte dei diversi corsi d'acqua. L'incisione maggiore viene determinata ovviamente dai corsi d'acqua principali quali il T. Modolena, il T. Crostolo e il T. Rodano. Con le fasi fluviali del Wurm si ha la deposizione delle alluvioni tardo-pleistoceniche e antiche, corrispondenti ai terrazzi antichi. Durante la successiva fase cataglaciale si ha una ripresa dell'erosione che si sviluppa in misura tale da fare affiorare i depositi fluvio-lacustri di base e formare a valle depositi sabbiosi in corrispondenza degli alvei ora sepolti. Nell'Olocene si verifica un nuovo sovralluvionamento che porta alla deposizione delle alluvioni medio-recenti e alla formazione dei bassi terrazzi marginali ai corsi d'acqua principali. La successiva fase erosiva e la deposizione delle alluvioni recenti sono da considerare la fase finale del ciclo, nonché la fase di raccordo con i depositi di bassa pianura. Infine si passa all'attuale fase di erosione e canalizzazione, attribuibile in gran parte agli interventi antropici. Generalmente, la litologia di superficie, entro i primi 20 - 25 metri di profondità è costituita da depositi alluvionali del Pleistocene superiore che si presentano come fitte alternanze lentiformi di argille e limi; tali terreni si presentano mescolati, disordinatamente, con materiale vario sabbioso-limoso alterato; la parte più alta è per lo più costituita da un mantello argilloso impuro. I cicli deposizionali sono

costituiti da depositi grossolani ghiaioso - sabbiosi alla base e più fini al tetto. In particolare, le unità geologiche affioranti nell'area in esame possono essere raggruppate all'interno del ciclo Quaternario Continentale, denominato Supersistema Emiliano-Romagnolo (equivalente all'Allogruppo Emiliano-Romagnolo di R.E.R., ENI-AGIP, 1998) nel quale sono state individuate due unità principali: un'unità inferiore, detta *Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore* (equivalente all'*Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore* della pubblicazione citata) ed un'unità superiore, detta *Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore* (equivalente all'*Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore* della pubblicazione citata). Nell'area in esame il Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore non è affiorante, mentre sono presenti i depositi del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES - Pleistocene medio-Olocene) è stato suddiviso in cinque subsistemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche: si tratta infatti di conoidi alluvionali terrazzate, le cui superfici deposizionali relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano un'evoluzione pedostratigrafica differente; in ordine crescente di età si trova:

-Subsistema di Ravenna (AES8);

- Subsistema di Villa Verucchio (AES7)

- Subsistema di Agazzano (AES3);

- Subsistema di Maiatico (AES2);

- Subsistema di Monterlinzana (AES1)

Nell'area di indagine affiora il subsistema di Ravenna (AES8) e nello specifico l'Unità di Modena (AES8a) descritto nei paragrafi successivi (le descrizioni sono tratte dalle note illustrative della Carta Geologica CARG disponibile sul sito <http://geo.regione.emiliaromagna.it>.)

Subsintema di Ravenna (AES8)

In contesto intravallivo e in pianura l'unità è rappresentata da depositi di conoide alluvionale, terrazzati, costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con locali intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi, ricoperte da una coltre limoso-argillosa di spessore variabile. Localmente sono presenti limi e limi sabbiosi prevalenti: depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore. Il contatto di base è erosivo e discordante con tutte le altre unità, mentre il limite di tetto è una superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente alla superficie topografica. Il fronte di alterazione del tetto è di moderato spessore (da qualche decina di cm fino ad 1 m) ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbo- natati o parzialmente decarbonatati. Il profilo è costituito dagli orizzonti A-Bw- Bk (C); Hue degli orizzonti B 2,5Y-10YR. E' sede di attività agricola diffusa, di insediamenti produttivi e di nuclei abitativi. Nell'area studiata il Subsintema di Ravenna raggiunge lo spessore massimo di circa 20 m. Sulla base delle datazioni radiometriche ottenute nelle successioni "continue" e in base alle datazioni radiometriche e geoarcheologiche disponibili è possibile datare la base del Subsintema di Ravenna a circa 20.000 anni B.P. Età: Pleistocene superiore (post circa 20.000 anni B.P.) – Olocene. Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, viene distinta, all'interno del Subsintema di Ravenna, l'Unità di Modena.

- Unità di Modena (AES8a)

L'unità è costituita da ghiaie prevalenti con livelli e lenti di sabbie, ricoperte da una coltre limosa e/o limoso-sabbiosa discontinua: depositi di conoide alluvionale, terrazzati, adiacenti all'alveo di piena degli attuali corsi d'acqua, sia in contesto intravallivo, sia di pianura. La scarpata che la separa dal Subsintema di Ravenna non supera mai i 2 -3m di altezza. Il fronte di alterazione della superficie di tetto è di limitato spessore (poche decine di cm) ed il profilo pedologico è di tipo A-C (Entisuoli) e, localmente, A-Bw-C (Inceptisuoli); Hue dell'orizzonte Bw 10YR-2,5Y. Nella zona di alta pianura l'unità è sede principalmente di attività agricola e solo localmente di insediamenti produttivi e di nuclei abitativi. Verso la zona di bassa pianura i principali corsi d'acqua sono stati arginati artificialmente, e anche le superfici terrazzate riferibili all'Unità di Modena risultano intensamente urbanizzate (per esempio la città di Parma). Lo spessore massimo dell'unità è di circa 10 metri. In base alle datazioni geo- archeologiche disponibili nell'area del Foglio 199, all'unità di Modena è attribuita un'età post-romana, probabilmente post IV-VII sec. d.C. Olocene (post IV-VII sec. d.C.).

4. DESCRIZIONE GEOMORFOLOGICA DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Reggio Emilia ricade nell'ambito della Pianura Padana, ed in particolare in quella fascia posta ai piedi dell'Appennino che viene indicata come alta e media pianura. L'area è caratterizzata da uno spessore di alcune decine di metri di depositi continentali, fluviali, di età relativamente recente e/o recentissima, ad assetto sub orizzontale o debolmente inclinato verso Nord. Al di sotto di questi abbiamo depositi marini assai potenti (migliaia di m) coinvolti nelle fasi ultime dell'orogenesi appenninica. Nelle aree meridionali del comune affiorano i depositi più antichi del territorio risalenti alle ultime fasi glaciali che, a partire da circa un milione d'anni, hanno interessato l'emisfero settentrionale. Questi sedimenti, dopo la loro deposizione, sono stati coinvolti assieme all'Appennino da sollevamento, per cui ora costituiscono basse colline incise da piccoli corsi d'acqua. A Nord di queste colline si sviluppano i depositi recenti, alcuni dei quali si sono formati in epoca storica, legati ai vari corsi d'acqua che scendono dal vicino Appennino. Questi depositi sono caratterizzati da una forma pianeggiante, inclinata di pochi gradi verso Nord, interrotta solo dai solchi della rete idrografica attuale. Sotto il profilo strettamente geomorfologico, si osserva la presenza di antichi sistemi terrazzati, morfologicamente ben distinti rispetto alle aree con sedimenti più recenti, situate nella porzione settentrionale dell'area comunale. Complessivamente si tratta di depositi di origine fluviale, la cui distribuzione territoriale, in funzione della granulometria, evidenzia l'estrema dinamicità idraulica che ha caratterizzato l'evoluzione nel tempo dei corsi d'acqua principali del bacino Reggiano. La zona di alta pianura è rappresentata dai terreni pleistocenici dei sistemi terrazzati che costituiscono quella che era denominata "Struttura del Ghiardo": si tratta di una serie di rilievi allungati con direzione SW-NE che in seguito ad eventi tettonici hanno acquistato una configurazione ad anticlinale. La caratteristica morfologica prevalente è rappresentata da sommità sub-pianeggianti o a debole curvatura interrotte da scarpate piuttosto ripide di raccordo ai terreni sotto stanti. Alla formazione di un tale assetto morfologico hanno contribuito, come anzi accennato, ripetuti eventi tettonici anche recenti, i quali hanno determinato vere e proprie scarpate di faglia ed il rinnovamento del ciclo erosivo dei locali corsi d'acqua. Tuttavia, la presenza di vallecole piuttosto strette con versanti ripidi e percorse da incisioni fluviali in prevalente fase erosiva. Il territorio comunale di Reggio Emilia costituisce un riferimento esemplare, didattico, della modalità di formazione dell'ambiente fisico del margine appenninico-padano e delle dinamiche insediative lungo l'asse della Via Emilia. Nel territorio si possono, infatti, distinguere tre principali unità fisiografiche, omogenee dal punto di vista della storia geologica, della morfologia e della pedologia:

- *i terrazzi pedemontani;*
- *i conoidi;*
- *la pianura alluvionale.*

Da un punto di vista più generale si può affermare che il territorio di Reggio Emilia è organicamente connesso con l'ambiente fisico dei conoidi dell'alta pianura, zona di transizione tra il settore collinare ben delineato, posto al di fuori del territorio comunale e quello della pianura in senso stretto, il cui limite marca le propaggini settentrionali del comune al di là della "linea delle risorgive", grossomodo coincidente con l'asse della Via Emilia. La fascia dei conoidi è compresa tra la collina ed il limite di affioramento della parte distale dei conoidi stessi, contraddistinto da forma prevalentemente di erosione ed un ambito dell'alta pianura per la restante parte del territorio, segnato da forme di deposito. Tale posizione differenzia nettamente due ambienti genetici: uno in cui sono prevalsi fenomeni di trasporto ed erosione ed uno in cui sono oggi manifesti soprattutto quelli di deposito di materiali fini con evidenti implicazioni e condizionamenti che avremo modo di sviluppare anche negli altri capitoli della relazione, ma che riguardano principalmente l'assetto insediativo storico e la vulnerabilità del sistema acquifero sotterraneo. I limiti e le suddivisioni delle unità geologiche di paesaggio individuate rispecchiano quindi questa realtà fisica anche nel confronto con le altre caratteristiche territoriali, sia biologiche, che storiche ed insediative. Le unità geologiche di paesaggio descritte nel seguito verranno esaminate procedendo da Sud verso Nord percorrendo un ideale cammino di formazione delle stesse, con due importanti avvertenze: i limiti tracciati tra le varie unità individuate non devono intendersi come "lineari" bensì identificativi di una zona di transizione; la distribuzione tra unità geologiche di paesaggio diverse è sempre stata condotta attraverso l'analisi delle caratteristiche e delle immagini zenitali utilizzate.

4.1 Unità delle conoidi prossimali

Si tratta di una ristretta fascia che sutura la parte meridionale del territorio comunale e la cui continuità è interrotta dagli assi vallivi, in particolare dei torrenti Enza, Crostolo e Tresinaro. La superficie topografica ha un andamento complessivamente ondulato con variazioni di pendenza comprese tra 1 e 10%. La tessitura dei campi può essere definita minuta ed orientata secondo direzioni radiali irregolari che si sviluppano lungo una superficie tronco-conica che si adatta alla morfologia dei luoghi. Soprattutto nella parte occidentale si hanno incisioni torrentizie relativamente profonde e strette che esaltano gli andamenti crinalici perpendicolari alla

Via Emilia. Tali incisioni delimitano le caratteristiche, ampie superfici, dei terreni pedecollinari che ricomprendono le zone del Ghiardo, delle Tibbie, di Rivalta e di Fogliano. Si tratta di sedimenti di ambiente pluviale e lacustre depositatisi tra 700.000 e 150.000 anni fa circa, poi ricoperti da coltri di terreni più fini (loess), dislocati e sollevati da successivi movimenti tettonici.

4.2 Unità dell'alta pianura

Nonostante la denominazione, tale unità non coincide con la definizione classica di "alta pianura" ricomprendendo tutto il territorio comunale di Reggio Emilia fino alle estreme propaggini settentrionali, e quindi ben al di là dell'asse della Via Emilia o del sistema delle risorgive. Tale scelta è stata condotta in armonia con le caratteristiche riscontrate nelle immagini zenitali, anche se tale unità al suo interno è in realtà suddivisibile in base alla variazione di uno o più dei parametri presi in considerazione (tono, tessitura, pattern); variazione che tuttavia non modifica i caratteri di omogeneità complessivamente osservabili. Si assiste infatti ad una modificazione della tessitura da Ovest (grossolana) verso Est (fine) e ad una variazione del pattern da Sud (rettilineo) verso Nord (ondulato e circolare). Nell'unità dell'alta pianura sono riscontrabili elementi residuali della centuriazione romana, in gran parte cancellata da eventi alluvionali più recenti e da pratiche agricole "meccanizzate" che hanno modificato profondamente la struttura fondiaria in queste zone, nonché numerosissimi paleoalvei testimonianti la profonda evoluzione subita dal reticolo idrografico superficiale.

4.3 Unità dei dossi fluviali

Si differenziano altimetricamente e litologicamente dal contesto circostante, hanno un andamento prevalentemente Nord/Est - Sud/Ovest ed il loro "apice" è generalmente marcato da insediamenti lineari come ad esempio le strade statali già presenti in epoca storica, in quanto zone più rilevate e salvaguardate dalle frequenti, passate inondazioni. La tessitura dei campi esalta infine un andamento topografico altrimenti difficilmente percepibile, testimoniano un profilo di equilibrio non ancora raggiunto o quanto meno rinnovato dalla neotettonica in continua evoluzione. Questi sistemi terrazzati si estendono con continuità dall'estremo bordo meridionale del territorio comunale fino all'altezza del Canale di Secchia, oltre il quale affiorano solamente le alluvioni recenti della media pianura. La parte che si sviluppa a Nord della "Struttura del

Ghiardo" descritta, si estende per un'ampiezza di circa 10 km e denota complessivamente un dislivello altimetrico assai modesto (circa 30 m). Si tratta di una porzione del territorio caratterizzata da una morfologia piuttosto pianeggiante uniforme, dominata in gran parte da sedimenti fini (limi e argille) e in misura inferiore da sabbie e ghiaie. La diversa distribuzione areale e la differenziazione litologica dei materiali rappresentati é da correlare direttamente alle variazioni di energia delle correnti fluviali nonché all'alternarsi di eventi erosivi a fasi di sedimentazione. Questi fenomeni hanno prodotto terrazzamenti dei sedimenti, più modesti di quelli del Ghiardo, ancora visibili lungo la valle del Torrente Crostolo a monte della città. Procedendo verso Nord, questi sfumano rapidamente e già a valle della Via Emilia non sono più rilevabili morfologicamente. La Via Emilia coincide, grossomodo, con il passaggio fra i termini sabbioso-ghiaiosi di monte ed i materiali limo-argillosi tipici dell'ambiente di medio-bassa pianura. Un'indagine geomorfologica ad una scala maggiore rispetto a quella sopra descritta, colloca la porzione nord del territorio comunale nel macro-ambiente deposizionale della "Piana a copertura alluvionale", che verrà denominata dal punto di vista idrogeologico "Unità Idrogeologica della piana alluvionale appenninica". Questa è contraddistinta dalla presenza di depositi a sequenze prevalentemente fini (sabbie, limi, argille), dovuti ad una crescita di tipo verticale, data da processi di tracimazione e rotta fluviale, che hanno portato alla deposizione di strati sub-orizzontali a geometria lenticolare, probabilmente riferibili a singoli eventi alluvionali. In queste aree a pendenze basse ed energia di trasporto altrettanto modesta, i corsi d'acqua, in condizioni naturali, esplicano principalmente un'azione di deposito, selezionando granulometricamente i sedimenti in funzione delle modeste, ma presenti, differenze di energia di trasporto fra l'ambiente di "canale" e quello di "valle" con acque stagnanti. Lo stesso colmamento della pianura è avvenuto a seguito delle frequenti modifiche e divagazioni degli alvei fluviali dovute alle ricorrenti rotte e tracimazioni dei corsi d'acqua, che dopo aver stazionato per un certo periodo in una posizione, diventano pensili a seguito dei continui apporti sedimentari, che costituiscono veri e propri argini naturali. Nel caso di rotte e tracimazioni, le acque inondano i territori adiacenti l'alveo, depositando sedimenti più grossolani (sabbie e sabbie limose) nelle vicinanze dello stesso e sedimenti più fini al diminuire della capacità di trasporto. L'azione di deposito provoca un graduale accrescimento dell'area, con innalzamento progressivo del canale rispetto alle zone circostanti, dove giungono acque di esondazione a carico solido già ridotto. Inevitabilmente e per svariate cause, il corso d'acqua abbandona il proprio alveo, trasferendosi in aree più depresse, per poi ricominciare l'innalzamento di un nuovo manufatto pensile. Il continuo avvicinarsi nel tempo delle situazioni sopra descritte, determina quindi il sovrapporsi di depositi a diversa granulometria, in

lenti e livelli orientati prevalentemente nel senso di scorrimento delle correnti. Il modello di pianura alluvionale precedentemente descritto, trova riscontro oltre che nella distribuzione litologica di superficie e del primo sottosuolo, anche nell'assetto morfologico della pianura.

5. IDROGRAFIA E IDROLOGIA

Nel presente paragrafo viene esaminata la situazione idrografica del territorio comunale, descrivendo sia la rete idrografica presente ed "attiva", sia i paleoalvei di cui vi è certezza storica ed anche quelli di cui se ne individuata solo la traccia geomorfologia. Sono inoltre indicate e descritte le zone umide presenti sul territorio e i fenomeni di risorgiva. Essendo la rete idrografica funzione dell'assetto morfologico e litologico del substrato, il reticolo di superficie rivela percorsi e sviluppi differenti a seconda delle caratteristiche geologiche specifiche che il territorio comunale possiede. Infatti, si riscontra l'esistenza di due domini prevalenti di appartenenza:

- **Dominio del Torrente Crostolo**, che comprende un'ampia porzione del conoide del Torrente Enza, il settore centrale e occidentale, fino all'asse Gavasseto-Massenzatico-Bagnolo.
- **Dominio del F.Secchia**, di più modeste dimensioni e con caratteristiche idrauliche differenti, relative al restante settore orientale del comune.

5.1 Dominio del T. Crostolo

Comprende un'ampia porzione di territorio di alta pianura ed una discreta porzione di medio-bassa pianura. Questo settore comprende le principali aste di deflusso presenti nell'ambito comunale costituite dal T.Modolena, dal T.Crostolo e dal T.Rodano, ai quali confluiscono una serie di affluenti e subaffluenti ordinati secondo una configurazione di tipo dendritico che confluisce verso Nord, e che appartengono a ciò che nella "Calia geomorfologica" viene indicato come il reticolo idrografico secondario. In particolare i tributari del T.Modolena che si rinvencono nella porzione sud-occidentale del territorio comunale, incidono gli antichi terreni pleistocenici dei sistemi terrazzati, mettendo in luce nelle incisioni le strutture sedimentarie ed a tratti il substrato roccioso.

5.2 Dominio del F. Secchia

Questo settore possiede caratteristiche assai diverse dal precedente, in quanto il corso del fiume non attraversa l'ambito comunale reggiano; inoltre, il conoide relativo a questo corso d'acqua si chiude rapidamente nei pressi di Rubiera, occupando solo una posizione "marginale" all'interno del territorio. Ne risulta che anche l'aspetto litologico e morfologico dell'area ne viene fortemente condizionato: se nel dominio del T.Crostolo i corsi d'acqua principali hanno prodotto terreni con notevole componente ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa, a cui si associano corrugamenti di origine neotettonica, nella zona di influenza del F.Secchia il profilo topografico risulta in gran parte pianeggiante e composto da sedimenti fini. L'idrografia di superficie risente di questa configurazione e si presenta priva di corsi d'acqua importanti e sprovvista di una ordinata gerarchia fluviale. A tale situazione hanno ovviato le opere idrauliche antropiche, regimando e collegando principali corsi d'acqua naturali con gli altri artificiali, creando un complesso sistema di canalizzazioni ben articolate che svolgono funzioni irrigue e scolanti, come appartenenti al reticolo idrografico secondario. In questo modo viene restituita anche la rete idraulica presente nelle aree in aree pianeggianti che è garanzia all'occorrenza del deflusso di queste porzioni di territorio.

5.3 Paleoalvei e tracce di paleoalvei

Per quanto riguarda, le tracce di paleoalvei relative ai principali corsi d'acqua (T. Enza, T.Crostolo, T.Tresinaro) rappresentano una unità fisiografica di particolare importanza nell'ambito della pianura Reggiana. La loro individuazione nasce dal confronto di numerosi elementi di tipo morfologico (presenza di dossi elevati), litologico (aree a litologia sabbioso-ghiaiosa delimitate da zone argillose), oppure riguardante lo sviluppo più o meno irregolari di insediamenti urbani, della viabilità locale nonché della parcellizzazione agricola.

Gli antichi alvei tuttora ravvisabili non costituiscono un carattere morfologico omogeneo e continuo. I principali paleoalvei presenti nel territorio comunale sono:

- **Paleoalveo del T.Enza:** interessa la porzione compresa fra Gaida e Cadé. Questo passando fra Montecchio Emilia e Bibbiano scendeva in direzione Calemo-Campegine. E' di età medievale.

- **Paleoalvei del T.Crostolo:** è ben visibile quello posto in corrispondenza dell'asse Reggio-Pratofontana-Bagnolo in Piano. Esistono però numerosi altri paleo- alvei morfologicamente distinguibili e riferibili storicamente all'Alto Medioevo che dalla conoide del T.Crostolo si dipartono a raggiera in direzione Nord-Est.

- **Paleoalvei del T.Tresinaro:** sebbene nel XIII secolo il corso d'acqua sia stato deviato artificialmente nel Fiume Secchia a Sud di Rubiera, sono ancora evidenti alcuni antichi percorsi, dei quali uno passa per Masone-Castellazzo.

Un altro paleoalveo, più ad Est del precedente, è visibile sull'asse Corticella-Ospedaletto. Nel territorio si sono individuate "aree a difficoltà di deflusso superficiale"; questo tipo di problematica risulta concentrato principalmente nel settore centro- occidentale in cui le acque vengono convogliate quasi esclusivamente verso Nord. La presenza, in uno spazio relativamente ristretto, di tre ostacoli (la via Emilia, la ferrovia BO-MI e l'autostrada A1) perpendicolari alla direzione di deflusso e paralleli fra di loro, danno luogo ad allagamenti in occasione di intensi eventi meteorici e le difficoltà di drenaggio e di rifluimento provocano ristagni prolungati. Tale configurazione non emerge invece nel settore orientale; qui infatti la distanza fra la via Emilia, la FF.SS. e la A1 risulta maggiore e il territorio è morfologicamente uniforme e servito in modo efficiente da una fitta e regolare rete idraulica di superficie. In questa porzione di territorio sono anche ridotte le aree con drenaggio difficoltoso. Al piede delle aree di conoide del T.Enza e dei corsi d'acqua minori si evidenzia la presenza di alcune aree caratterizzate da fenomeni di artesianesimo, nelle quali le acque hanno comportamento perenne, in altre, invece, possiedono andamento stagionale. Complessivamente la loro presenza tende a ridursi arealmente nel tempo, a causa di un generale impoverimento degli acquiferi.

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO

Il sistema acquifero della pianura emiliano-romagnola, che appartiene al sistema padano, si è costituito per progressivo riempimento di un bacino ad opera di sedimenti alluvionali di apporto padano e appenninico. Per la descrizione della struttura dell'acquifero si fa riferimento alle numerose pubblicazioni presenti in

bibliografia la cui validità, da un punto di vista strettamente idrogeologico di insieme, resta valida anche accettando il modello deposizionale proposto da Parea (1987) per i depositi quaternari tardo-plesitocenici: la base dell'acquifero dovrebbe corrispondere all'interfaccia acque dolci-acque di fondo ad elevata salinità, che non coincide con un limite fisico-geologico ben preciso, ma che è solamente controllato da fenomeni di "spremitura" differenziata, indotta dalle strutture tettoniche sepolte, le cosiddette "pieghe appenniniche". Si nota, infatti, una correlazione tra strutture geologiche profonde e l'andamento delle isobate dell'interfaccia idrica tra acque a contenuto salino differenziato; nell'alta pianura di Reggio questa profondità, più o meno crescente da sud a nord, è compresa tra 100 m (margine collinare, con la sola eccezione di Monticelli dove le acque di fondo sub affiorano) e 600 m (zona di Bagnolo-Cadelbosco). Le acque dolci saturano acquiferi a permeabilità significativa, di spessore di poche decine di metri, allo sbocco in pianura dei solchi vallivi intramontani; al limite nord dell'alta pianura raggiungono e superano i 300 metri di profondità, come nella zona di Rubiera cioè lungo il tracciato della Via Emilia. La litologia e la forma dei depositi nel sotto suolo appare strettamente controllata dalle capacità di trasporto e deposito dei corsi di acqua che scendono dal retrostante Appennino (T.Enza, F.Secchia, T.Tresinaro e T.Crostolo); lo spessore e l'ampiezza degli orizzonti ghiaiosi a granulometria più grossolana disposti in lenti dipendono dalla competenza del corso d'acqua a cui appartengono. Durante la costruzione dell'edificio sedimentario della pianura, i corsi d'acqua non essendo arginati avevano la possibilità di divagare, spostando il tracciato del loro alveo ed andavano a colmare le aree altimetricamente più depresse. Con il progressivo abbandono dei materiali trasportati l'alveo si innalzava divenendo pensile, e in occasione di una piena si verificava lo spostamento dello stesso in una zona più depressa; da qui il fenomeno, quindi, ricominciava. Il risultato è oggi una struttura complessa del materasso alluvionale che costituisce il sistema acquifero della pianura emiliano-romagnola, con alternanze irregolari tra i depositi più grossolani e quelli più fini e con le falde interconnesse fra loro che vanno, quindi, a costituire un sistema multifalda. Facendo riferimento alla pubblicazione *Alta Pianura e Appennino della Provincia di Reggio Emilia* (Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento) "Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi 4), si evince come nella Pianura Reggiana, ed in particolare nel territorio comunale di Reggio E., siano identificabili tre serbatoi principali, geneticamente legati ai torrenti sopra menzionati, che determinano le unità idrogeologiche (vedi Tav.5), cioè delle aree con ben definite caratteristiche idrogeologiche, distinguibili da quelle adiacenti esse sono:

- ***Unità Idrogeologica del Torrente Enza;***
- ***Unità Idrogeologica dei corsi d'acqua minori (T.Crostolo, Modolena, Tresinaro);***
- ***Unità Idrogeologica della piana alluvionale appenninica;***

In particolare, nella parte orientale dell'alta pianura reggiana, la conoide del Secchia presenta una estensione areale assai limitata, in quanto essa non raggiunge mai il chilometro di ampiezza dall'alveo attuale del fiume sviluppandosi infatti quasi interamente nella limitrofa pianura modenese. Mentre il fronte del T. Crostolo arriva a tangere appena la città di Reggio Emilia, i depositi grossolani dei piccoli corsi d'acqua compresi tra quest'ultimo torrente e il fiume Secchia, verso nord hanno uno sviluppo assai limitato.

- Unità Idrogeologica del Torrente Enza

L'unità idrogeologica del T. Enza si sviluppa da S. Polo fino a nord della via Emilia ed ha uno spessore variabile da zero metri in corrispondenza del margine collinare fino a 250 metri presso la Via Emilia, interessando, quindi, la porzione occidentale il territorio comunale. La presenza della conoide del T.Enza influenza, però, decisamente l'assetto idrogeologico della zona:infatti, l'antico percorso sepolto é rappresentato in prevalenza da litotipi a granulometria grossolana, soprattutto ghiaie, ad elevata permeabilità, Nella zona compresa fra Quercioli, Villa Cella ed il limite Ovest del Comune, si osservano profondità della falda che variano da 10m (in corrispondenza della via Emilia) fino a 20 m ed oltre verso il confine Sud del territorio.A Nord della via Emilia la falda freatica risale rapidamente giungendo a sfiorare il piano campagna dando origine alla fascia delle risorgive, con prevalenza di 1,5 m circa nel periodo di massima ricarica. L'alimentazione dell'acquifero avviene per infiltrazione delle acque meteoriche e irrigue laddove affiorano o sub affiorano ghiaie e sabbie, cioè l'acquifero e per dispersione da alvei di corsi d'acqua e canali derivate.A descrizione del moto della falda, sulla base di alcune caratteristiche geo- metriche delle linee isopotenziali, si possono notare situazioni assai significative dal punto di vista idrogeologico: Rapporti idraulici (prevalentemente di dispersione dagli alvei) tra falda e fiume competono, allo sbocco in pianura dei solchi vallivi e nella parte apicale delle conoidi, ai T. Crostolo, Tresinaro e al F. Secchia. Relativamente a questo corso d'acqua l'andamento delle isofreatiche rappresenterebbe, anche secondo la Carta della Vulnerabilità della contigua pianura modenese, connessioni idrauliche complesse: nella parte più strettamente apicale si materializzerebbe un drenaggio della falda dalla sponda sinistra (di Reggio), per poi verificarsi condizioni

inverse a nord di Salvaterra, fino poco a nord di Rubiera (località Bosco Fontana, limite approssimativo delle possibilità di scambio fiume-falda. I gradienti relativamente elevati che competono alla falda nella parte apicale delle conoidi, a ridosso del rilievo collinare, dove l'acquifero presenta per lo più una struttura indifferenziata ed affiora, determinando tipiche condizioni di falda libera. Da ricordare che in questa zona della pianura si hanno quasi ovunque falde sospese, tributarie della sottostante falda principale, per le quali, in relazione alla loro discontinuità areale non è possibile ricostruire la forma.

- ***Unità Idrogeologica dei corsi d'acqua minori*** (T. Crostolo, Modolena, Tresinaro)

Verrà di seguito descritta l'unità idrogeologica del T.Crostolo, in quanto la principale fra quelle dei corsi minori: essa comprende il settore centrale e occidentale, fino all'asse Gavasseto-Massenzatico-Bagnolo del territorio comunale sviluppandosi fino a sud della via Emilia comprendendo una discreta porzione di medio-bassa pianura. L'intera struttura idrogeologica è caratterizzata dalla presenza di ripetute alternanze di depositi grossolani e fini di spessore pluridecametrico; in particolare, lo spessore e la continuità laterale di corpi grossolani decresce in modo sostanziale a favore di un analogo aumento dei depositi fini, che occupano la gran parte delle successioni. In senso verticale i depositi ghiaiosi sono presenti quasi esclusivamente nelle parti sommitali delle alternanze, dando luogo a depositi tabulari poco estesi; la zona di amalgamazione delle ghiaie è sostanzialmente assente così come la presenza di ghiaie sulla superficie. La ricarica dell'acquifero ivi presente avviene su ambiti limitati e principalmente per infiltrazione dalla superficie topo grafica. In relazione a queste caratteristiche geologiche l'intera unità si presenta compartimentata e caratterizzata quasi esclusivamente da condizioni di falda in pressione. Verso valle i gradienti diminuiscono notevolmente (0.2% circa) per l'insorgere di condizioni di confinamento della falda, secondo le quali il transfert di pressioni diventa prevalente su quello di massa; moto delle linee a basso raggio di curvatura o che tendono a chiudersi devono interpretarsi, per i motivi già accennati, tipiche di condizioni dinamiche, cioè di misure disturbate dal funzionamento di pozzi circonvicini (a NO di Reggio E. tra Mancasale e Roncocesi). Anche il marcato asse di drenaggio che si individua ad ovest di Reggio E. con decorso SO a NE è con tutta probabilità di origine artificiale, dovuto a prelievi idrici concentrati, in condizioni di bassa trasmissività.

- ***Unità Idrogeologica della piana alluvionale appenninica.***

La porzione nord ed est del territorio comunale ricade nell'unità idrogeologica denominata Piana Alluvionale, caratterizzata dall'assenza di ghiaia e da dominanza di depositi fini. Questa unità si estende, indifferenziata al suo interno, a partire dalla pianura reggiana fino al limite orientale interponendosi tra i depositi grossolani delle conoidi appenniniche a sud ed i depositi padani a nord. Si sottolinea che nel settore romagnolo tale unità a volte si viene a trovare a diretto contatto con il margine appenninico, costituendo le zone di interconoide. La profondità della falda freatica è qui compresa fra il piano campagna e 6 m; si tratta di acquiferi di modesta entità sospesi entro orizzonti di depositi fini. A causa della loro vicinanza con la superficie e di conseguenza del loro grado di inquinamento non sono più utilizzati per usi idropotabili; infatti, queste falde vengono alimentate quasi esclusivamente per infiltrazione di acque meteoriche che percolando trasportano in profondità le sostanze inquinanti presenti sul terreno (liquami e concimi). Dalle misure effettuate, mediante diverse campagne di rilievi freaticimetrici, è emerso che l'escursione stagionale ha un valore medio di 2 m. Esaminando i dati freaticimetrici relativi al marzo 1984 (Studio generale effettuato a corredo del P.R.G) e confrontandoli con i valori emersi dalla campagna di rilievi di settembre/ottobre '92, marzo-aprile '93, si evince che i livelli statici riguardanti la prima falda superficiale denotavano un generale e discreto innalzamento rispetto ad una decina di anni fa.

6.1 Piezometrica

Dall'analisi dei gradienti idraulici si rileva una netta diminuzione del gradiente idraulico dalle zone a monte dell'abitato di Reggio Emilia, corrispondente alla porzione mediana della conoide del Crostolo, a quella a valle in corrispondenza dell'unità della piana alluvionale appenninica. L'esame dei caratteri idrogeologici della falda freatica più prossima alla superficie si è avvalsa di dati esistenti che sono stati aggiornati mediante integrazione con i più recenti dati freaticimetrici di alcuni pozzi facenti parte della rete di controllo ARPA presenti nel territorio comunale. I pozzi a vario uso presenti nel territorio comunale sono circa 400. Si osserva fra questi una netta prevalenza di pozzi a camicia (per uso domestico) rispetto ai pozzi trivellati (per uso domestico e irriguo). Per quanto riguarda la profondità dei pozzi censiti si possono distinguere due categorie:

- *pozzi a camicia*: l'aggiungono profondità variabili tra 10m e 20 m; soltanto nella zona del Ghiardo si incontrano pozzi di questo tipo profondi oltre 30 metri;
- *pozzi trivellati*: generalmente raggiungono profondità comprese fra 50 m e 100 m, mentre più raramente si rinvenivano profondità di oltre 100 metri.

Le captazioni presenti a sud della Via Emilia sono dovute al grande sviluppo di aziende agricole e industriali ove la scarsità di acque superficiali e la possibilità di reperire a profondità discrete falde con buone caratteristiche qualitative e quantitative, hanno determinato un incremento dello sfruttamento degli acquiferi contribuendo all'impoverimento delle falde stesse. Mentre si osserva una minore concentrazione industriale e scarsità di acquiferi significativi nella zona a nord della Via Emilia, però anche in questa zona per sopperire alla scarsità d'acqua nelle stagioni più secche, si è avuto un incremento di pozzi che vengono trivellati sempre più profondi. In altri termini si assiste ad un generale impoverimento delle falde anche in questo settore, poiché, come nell'altra zona, viene a crearsi uno squilibrio fra entità dell'emungimento e ricarica delle risorse idriche sotterranee. Il primo effetto di questa situazione consiste nella riduzione o scomparsa dei fenomeni di artesianesimo che persistono solo poco più a Nord della conoide dell'Enza e poco oltre gli apici di ingresso delle conoidi del Crostolo e del Tresinaro nel territorio comunale. Le strutture morfologiche e litologiche superficiali e profonde permettono di controllare la distribuzione degli acquiferi, almeno fino alla profondità di 25-30 m dal piano campagna, dove si osserva una buona corrispondenza fra andamento geomorfologico e geolitologico dei sedimenti e la geometria dell'acquifero. Esaminando i dati freaticometrici relativi al 1993 (Studio generale effettuato a corredo del P.R.G.) e confrontandoli con i valori emersi dall'attuale elaborazione della tavola piezometrica e della soggiacenza, si evince che i livelli statici riguardanti la prima falda superficiale denotano una progressiva diminuzione in questi ultimi 20 anni, ciò in riferimento alle necessità sempre più crescenti di consumi idrici e anche in considerazione del mutato regime degli apporti meteorici stagionali. Passando ad analizzare quanto emerso dai più recenti rilevamenti piezometrici della rete ARPA, si nota come la falda nella zona orientale del territorio comunale, e riferita alla struttura del Ghiardo, si incontra ad una quota compresa fra 0 e 10 m dal p. c. con una oscillazione stagionale media di 5 m circa. Dopo aver oltrepassato l'asse di drenaggio nord-sud rappresentato dalla paleconoide s.s. del T. Crostolo in cui si ravvisano valori costanti di -10 m in corrispondenza del capoluogo urbano, si giunge progressivamente verso occidente, alla zona diretta competenza della paleconoide recente del T.Enza. La struttura sedimentaria

influenza decisamente l'assetto idrogeologico della zona; si osservano profondità della falda che aumentano via via, variando da 10 m (in corrispondenza della via Emilia) fino a 20 m ed oltre verso il confine Sud del territorio. Gli antichi percorsi sepolti del T. Crostolo e del T. Enza sono rappresentati in prevalenza da litotipi a granulometria grossa, soprattutto ghiaie, con elevata permeabilità contrastano nettamente con i litotipi più fini che si rinvenivano nella piana alluvionale. Infatti, a Nord della via Emilia la falda freatica risale rapidamente giungendo a sfiorare il piano campagna dando origine alla fascia delle risorgive, con prevalenza di 1,5 m circa nel periodo di massima ricarica. In particolare, i dati freaticimetrici relativi al campo acquifero di Roncocesi confermano tale assetto. Infatti, pur considerando i notevoli volumi emunti a scopo acquedottistico si rivela nell'area una risalita della piezometrica, che in determinati periodi dell'anno possiamo considerare "coincidente al piano campagna". Dalle misure a disposizione è emerso che la risalita della falda corrisponde con il passaggio dalle competenze sedimentarie di conoide a quelle esclusive della piana alluvionale, dove probabilmente la falda passa da pelo libero a in pressione. La risalita è quanto più importante quanto maggiore è l'aspetto di ricarica e di permeabilità dell'acquifero di riferimento, che nel caso specifico esso va interpretato con il più ampio bacino di ricarica del F. Enza rispetto agli altri corsi d'acqua appenninici che attraversano il territorio comunale. In generale, considerando anche i corpi idrici più profondi della pianura, la distribuzione della piezometria evidenzia il caratteristico andamento del livello delle acque sotterranee, con valori elevati nelle zone di margine appenninico che si attenuano poi passando dalle conoidi libere, che rappresentano la zona di ricarica diretta delle acque sotterranee profonde da parte dei corsi d'acqua, alle zone di pianura alluvionale, fino ad arrivare a quote negative (entro i -5 m) nella zona costiera. Questo andamento generale, con gradienti piezometrici differenti, più elevati nelle zone delle conoidi emiliane rispetto a quelle romagnole, è interrotto dalla conoide Reno-Lavino, che presenta in prossimità del margine appenninico valori di piezometria negativi, anche nella porzione libera di conoide, raggiungendo valori fino a -10 m. Questa depressione piezometrica si amplia arealmente con la profondità, ovvero negli acquiferi liberi e confinati inferiori. Ciò costituisce l'impatto, ancora oggi molto evidente, prodotto dai consistenti prelievi effettuati negli anni 50-60 del secolo scorso nella conoide medesima. La distribuzione della soggiacenza evidenzia situazioni molto meno accentuate rispetto a quella del Reno anche in altre conoidi, come ad esempio, per l'area di interesse, quella del Secchia, frutto di prelievi per i diversi usi della risorsa.

6.2 Permeabilità

L'analisi della permeabilità dei terreni affioranti nel territorio è stata effettuata sulla base delle caratteristiche litologiche riscontrate. Per consentire un migliore dettaglio ed una immediata visualizzazione del dato tecnico è stata prodotta la Carta della Permeabilità. Trattandosi sempre di terreni sciolti, le differenti classi granulometriche sono state raggruppate in quattro categorie principali, sulla base del coefficiente di permeabilità loro caratteristico, cioè ad ogni categoria è stato attribuito, indicativamente, un intervallo di variabilità del coefficiente di permeabilità "K" relativo a quella classe.

Le classi granulometriche sono riferite al sistema UNI – CNR:

- **Aree con terreni a permeabilità praticamente nulla (0 da 0,0001 a 0,005 mm.):** Sono le aree caratterizzate da terreni in cui prevalgono i termini a granulometria più fine (argille), il cui coefficiente di permeabilità "K" risulta compreso fra 10^{-8} e 10^{-6} cm/sec. In altri termini, la propagazione di un fluido in terreni di questo tipo procede con una velocità media variabile da 3 cm a 30 cm l'anno.
- **Aree con terreni a permeabilità molto ridotta (0 da 0,005 a 0,05 mm.):** Si tratta di aree caratterizzate da terreni con prevalenza di materiali la cui granulometria risulta leggermente maggiore dei precedenti (limi). Il coefficiente di permeabilità "K" è compreso fra 10^{-6} e 10^{-5} cm/sec; ciò corrisponde alla velocità media di propagazione di un fluido compresa fra 30 cm e 300 centimetri all'anno.
- **Aree con terreni a permeabilità discreta (da 0,05 a 0,2 mm.):** Sono aree la cui litologia prevalente è rappresentata da materiali con abbondante matrice sabbiosa fine. Il coefficiente di permeabilità "K" relativo a questi terreni è compreso fra 10^{-5} e 10^{-3} cm/sec: a tale valore di K corrisponde la velocità media di propagazione di un fluido variabile fra 3 metri e 300 metri all'anno.
- **Aree con terreni a permeabilità elevata (0,2 mm.):** Sono quelle zone nelle quali affiorano ghiaie e sabbie, il cui coefficiente di permeabilità "K" è compreso fra 10^{-3} e 10^{-2} cm/sec. In questi terreni la velocità media di propagazione di un fluido è praticamente immediata, coprendo distanze elevate, ossia da centinaia di metri a chilometri all'anno.

7. INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO DELLA PIANURA PADANA

La geologia sepolta della Pianura Padana è molto articolata e complessa ed è sostanzialmente costituita da vere e proprie montagne ammantate da gran di quantità di sedimenti di origine marina e fluviale. Questi sedimenti hanno spessori molto variabili, tra diverse migliaia di metri e poco più di 100 metri, e nascondono alla semplice osservazione le strutture tettoniche sottostanti, che possono però essere rilevate grazie alle numerose prospezioni geofisiche rese disponibili dall'esplorazione petrolifera a partire dal secondo dopoguerra. La Pianura Padana rappresenta dunque un unicum geologico perché i suoi sedimenti nascondono la zona di contatto tra i thrust (cioè faglie con movimento di tipo inverso) delle Alpi Meridionali, a nord, e quelli dell'Appennino Settentrionale, a sud. (**Fig. 3**)

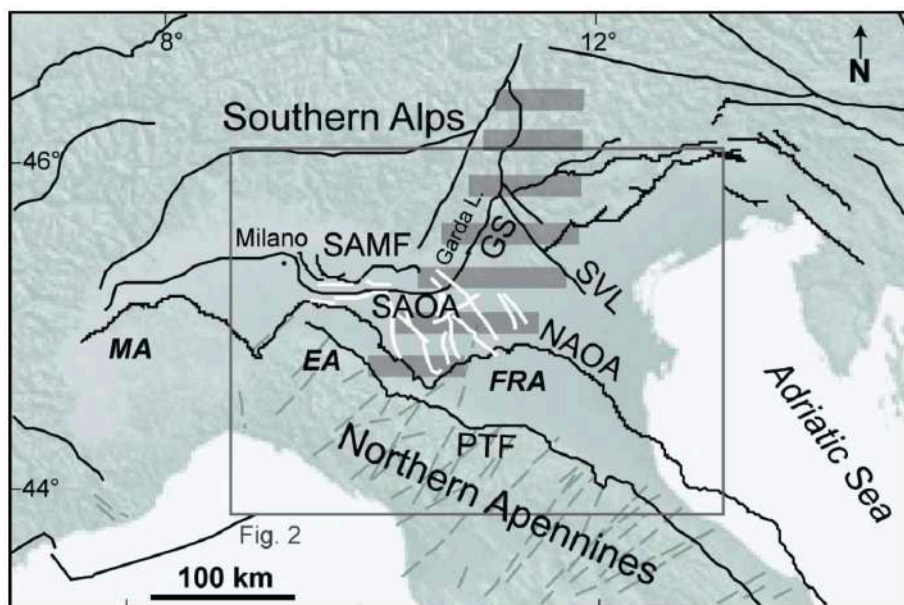


Fig. 3 - Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana. Linee nere: principali elementi tettonici; linee bianche: faglie ereditate; SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; NAOA: arco esterno dell'Appennino Settentrionale; PTF: fronte pedeappenninico; MA: arco del Monferrato; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo

Attraverso alcuni milioni di anni il progressivo moto di avvicinamento della Placca Africana e della Placca Europea ha determinato prima la nascita delle Alpi e degli Appennini, attraverso il progressivo corrugamento di migliaia di metri di sedimenti originariamente depositi in un antico oceano noto come Tetide, sviluppatisi a partire da circa 250 milioni di anni fa tra il Permiano ed il Triassico inferiore; poi ne ha sollevato le porzioni assiali creando il paesaggio montuoso attuale, secondo un meccanismo ancora attivo alla velocità di 1-3 metri

per millennio. L'avvicinamento di Alpi e Appennini secondo una direttrice circa N-S, e quindi il raccorciamento della Pianura Padana, è tuttora in atto. In profondità questo raccorciamento si trasforma in uno sforzo di caricamento di faglie di tipo compressivo localizzate sia al piede delle Alpi Meridionali, sia al piede dell'Appennino Settentrionale. Al di sotto dei sedimenti della Pianura Padana esistono quindi strutture tettoniche attive e capaci di generare terremoti, come testimonia sia la sismicità strumentale dell'area, sia il verificarsi di importanti terremoti storici. Identificare e parametrizzare le faglie responsabili dei principali terremoti della Pianura Padana – ossia le sorgenti sismogenetiche – richiede che si prenda in dovuta considerazione la loro profondità, geometria e cinematica, sia rispetto all'assetto delle due catene montuose attualmente “in avvicinamento” (le Alpi e gli Appennini), sia rispetto all'assetto paleogeografico preesistente. L'avvicinamento delle due catene è infatti fortemente condizionato dalla presenza di un contesto geologico “ereditato”, caratterizzato da antiche piattaforme carbonatiche e depositi di bacini marini profondi separati da faglie estensionali sviluppatesi durante l'apertura della Tetide. Questa articolata paleogeografia controlla fortemente lo sviluppo, l'evoluzione e la forma dei fronti montuosi sepolti al di sotto dei depositi della pianura. La conoscenza della paleogeografia dell'area oggi occupata dalla Pianura Padana è quindi molto importante per individuarne e caratterizzarne le sorgenti sismogenetiche. (Fig. 4)

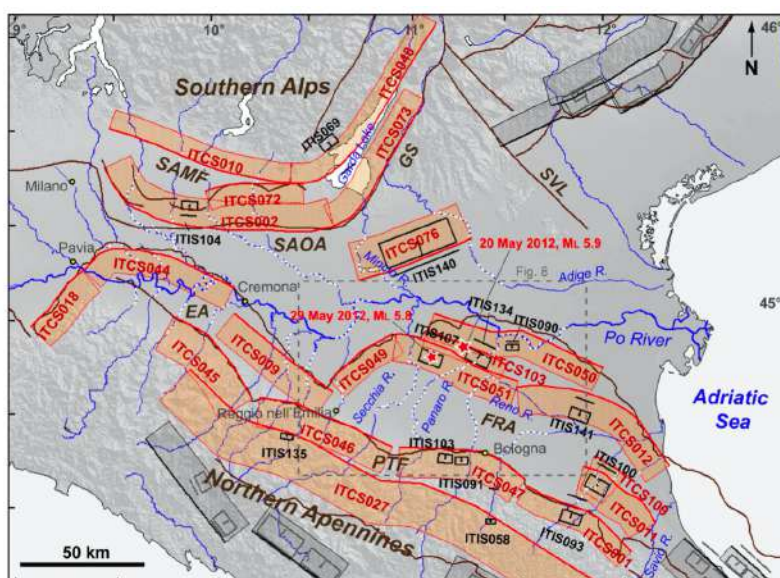


Fig. 4 - Sorgenti Sismogenetiche Individuali (ISS) e Sorgenti Sismogenetiche Composite (CSS) della Pianura Padana (rappresentate rispettivamente con rettangoli neri e fasce rosse). Le anomalie della rete di drenaggio sono evidenziate in tratteggio bianco. SAMF: fronte

montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; PTF: fronte pedeappenninico; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.

Un recente studio, pubblicato su “Pure and Applied Geophysics”, ha ripreso in esame e riorganizzato tutte le conoscenze sulla geologia, sulla tettonica e sulla sismicità della Pianura Padana. Le faglie cieche della Pianura Padana sono state suddivise in quattro gruppi principali (Fig. 5):

- Gruppo 1: i thrust superficiali delle Alpi e degli Appennini, che includono sia i sistemi di faglie che corrono ai piedi dei rispettivi rilievi sia i fronti più esterni in pianura;
- Gruppo 2: i thrust profondi dell’Appennino settentrionale;
- Gruppo 3: le strutture “ereditate”;
- Gruppo 4: le strutture trasversali alle catene delle Alpi e dell’Appennino.

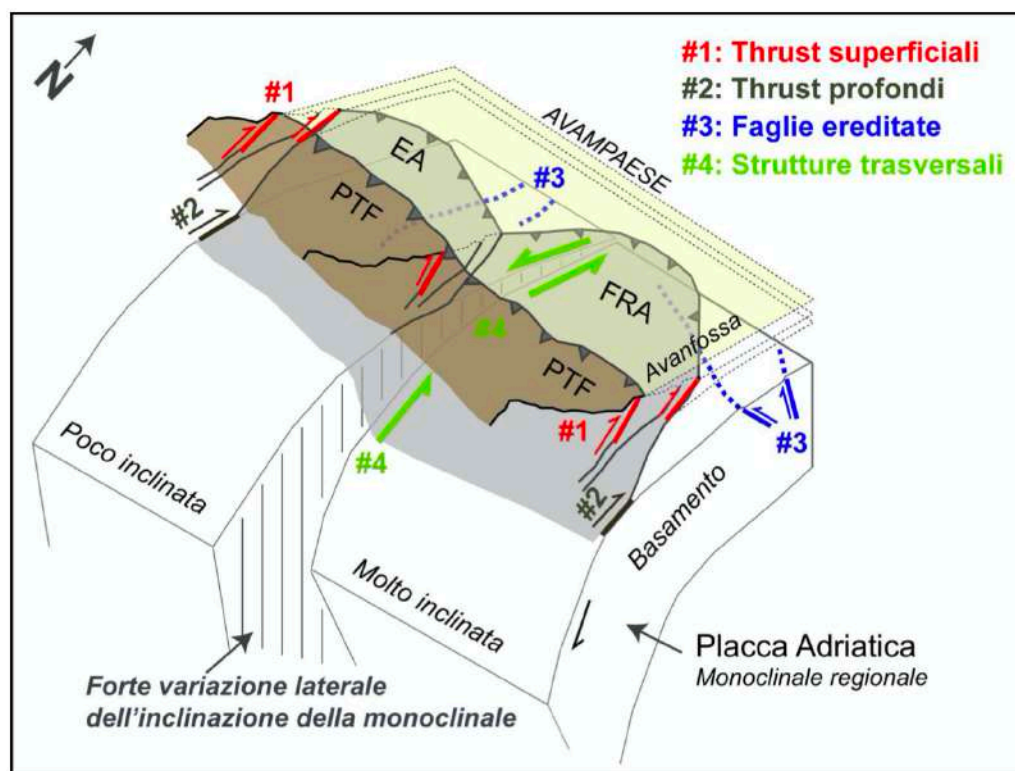


Fig. 5 - Schema semplificato che illustra i quattro gruppi di sorgente sismogenetica identificati in Pianura Padana. Oltre ai thrust superficiali e profondi, sono presenti le faglie ereditate che tagliano l'avampaese e le strutture trasversali. Queste ultime sono state interpretate come la risposta fragile della litosfera superiore alla variazione dell'inclinazione della monoclinale regionale. EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo; PTF: fronte pedeappenninico.

In Pianura Padana accodano non solo terremoti superficiali ma anche eventi profondi. Le faglie responsabili di questi terremoti possono appartenere alla categoria dei thrust profondi, ossia alle sorgenti compressive più interne alla catena (Gruppo 2). In dettaglio nell'area di interesse, si possono distinguere differenti gruppi arcuati di strutture a pieghe denominate anche dorsali e limitate al letto dai sistemi di thrust (**Fig.6**): le pieghe Emiliane, quelle Ferraresi e le pieghe Adriatiche-Romagnole. L'arco delle pieghe Emiliane ha una larghezza di circa 25-35 km ed è rappresentata da una successione di thrust ciechi disposti ad embrice. Il piegamento risale al Pliocene ed è attivo nel Quaternario. L'arco delle pieghe Ferraresi e Adriatiche-Romagnole sono formate da due distinti thrusts ciechi e anch'essi ad embrice: internamente la piega Romagnola ed esternamente quella Ferrarese, sono separate da un thrust principale asimmetrico con vergenza Nord-Est. Il margine esterno settentrionale del Buried Belt è marcato da un gruppo di thrusts ciechi denominati ETERNAL Thrust Front (ETF) che corrispondono alle faglie di sovrascorrimento frontali di letto delle pieghe emiliane, Ferraresi e Romagnole.

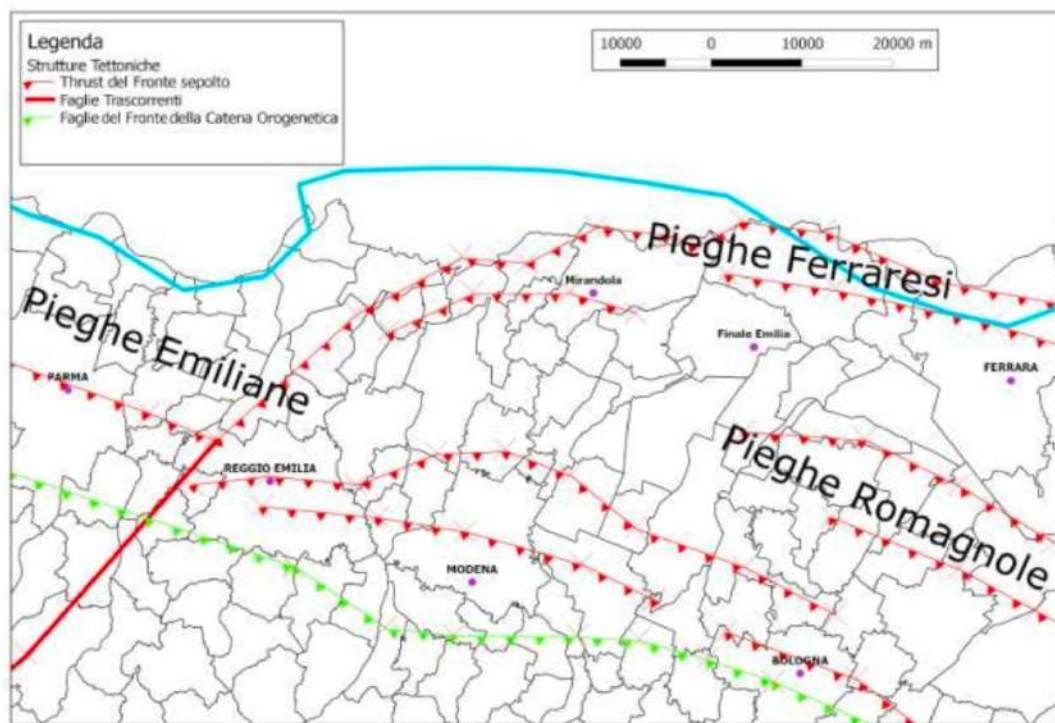


Fig. 6 - Schema tettonico della bassa Pianura Padana Emiliana. Fonte dati: Bartolini e al., 1983; Boccaletti e al., 1985; Balocchi, 2011

In dettaglio, in base alla cartografia geologica regionale (*sito web della Regione Emilia Romagna, <https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/>, carta geologica alla scala 1:50.000*), si individuano una serie di strutture sepolte, per lo più "dedotte" e si tratta di sovrascorrimenti profondo post-tortoniani dedotti;

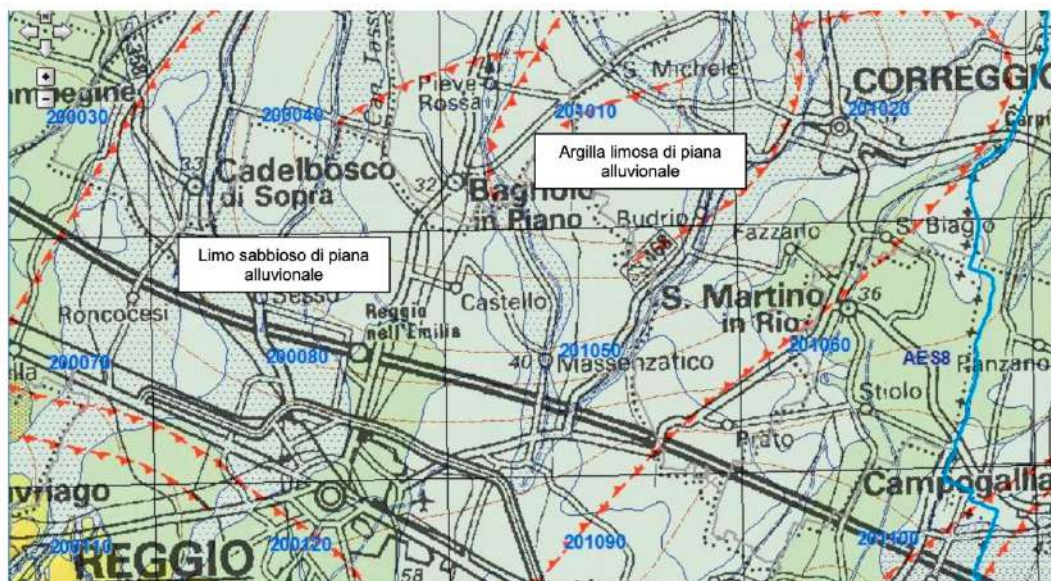


Fig. 7 - Carta geologico-strutturale. Fonte dati: Regione Emilia Romagna, Carta Geologica alla scala 1:50.0000



▼ sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto

Fig. 7a - Carta geologico-strutturale. Fonte dati: Regione Emilia Romagna, Carta Geologica alla scala 1:50.0000

8. INQUADRAMENTO STRUTTURALE DELLA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

L'ambito territoriale in esame si inquadra in prossimità del limite meridionale del bacino subsidente padano, costituito quest'ultimo da una depressione con stile compressivo occupata in superficie da depositi quaternari di origine alluvionale. La conoscenza della geologia del substrato profondo ha avuto in questi ultimi anni un notevole impulso grazie agli studi coordinati del Progetto Finalizzato Geodinamica e alle ricerche per idrocarburi svolte dall'AGIP S.p.A.. Essi hanno permesso di definire gli assetti geostutturali delle formazioni prequaternarie, caratterizzate da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali con assi a vergenza appenninica, spesso fagliate e sovrascorse da lineamenti trasversali.

Il quadro tettonico generale del margine appenninico emiliano, qui inteso come il limite morfologico che separa la fascia delle colline dall'alta pianura, colloca la zona in esame in un settore compreso tra il Fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) e il Fronte di accavallamento esterno (ETF). Per meglio comprendere quanto scritto, si può osservare come l'area rappresentata in **Fig. 8**. Il fascio più settentrionale (External Thrust Front = ETF), coincidente con l'allineamento Cremona-Parma-Reggio E., appartiene all'arco delle "Pieghe Emiliane", che dall'Appennino vogherese si estendono fino alla linea del Sillaro: esso risulta costituito da un sistema di thrust ciechi ed arcuati in pianta, interessati da discontinuità trasversali con probabile componente di movimento trascorrente. Inoltre a nord di Reggio Emilia è presente l'arco più esterno dell'ETF (pieghe Ferraresi), che si estende verso oriente e determina uno spiccato innalzamento del substrato miocenico spostandosi verso il territorio modenese.

Il fascio meridionale (Pedeapenninic Thrust Front = PTF), coincidente con il margine morfologico appenninico, si sviluppa nel sottosuolo in corrispondenza dei terrazzi pre-wurmiani. Anche questo fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni corsi d'acqua appenninici, che delimitano settori a diverso comportamento tettonico-sedimentario.

In particolare la Linea dell'Enza, caratterizzata da un fascio di faglie e fratture comprese fra le valli del Termina e dell'Enza ed interpretata nel complesso come faglia trascorrente sinistra, ha determinato un arretramento dell'unità parmense rispetto a quella reggiana, con conseguente disallineamento del margine appenninico, ed un maggiore sollevamento del settore posto ad W di tale linea trasversale (Bernini e Papani, 1987).

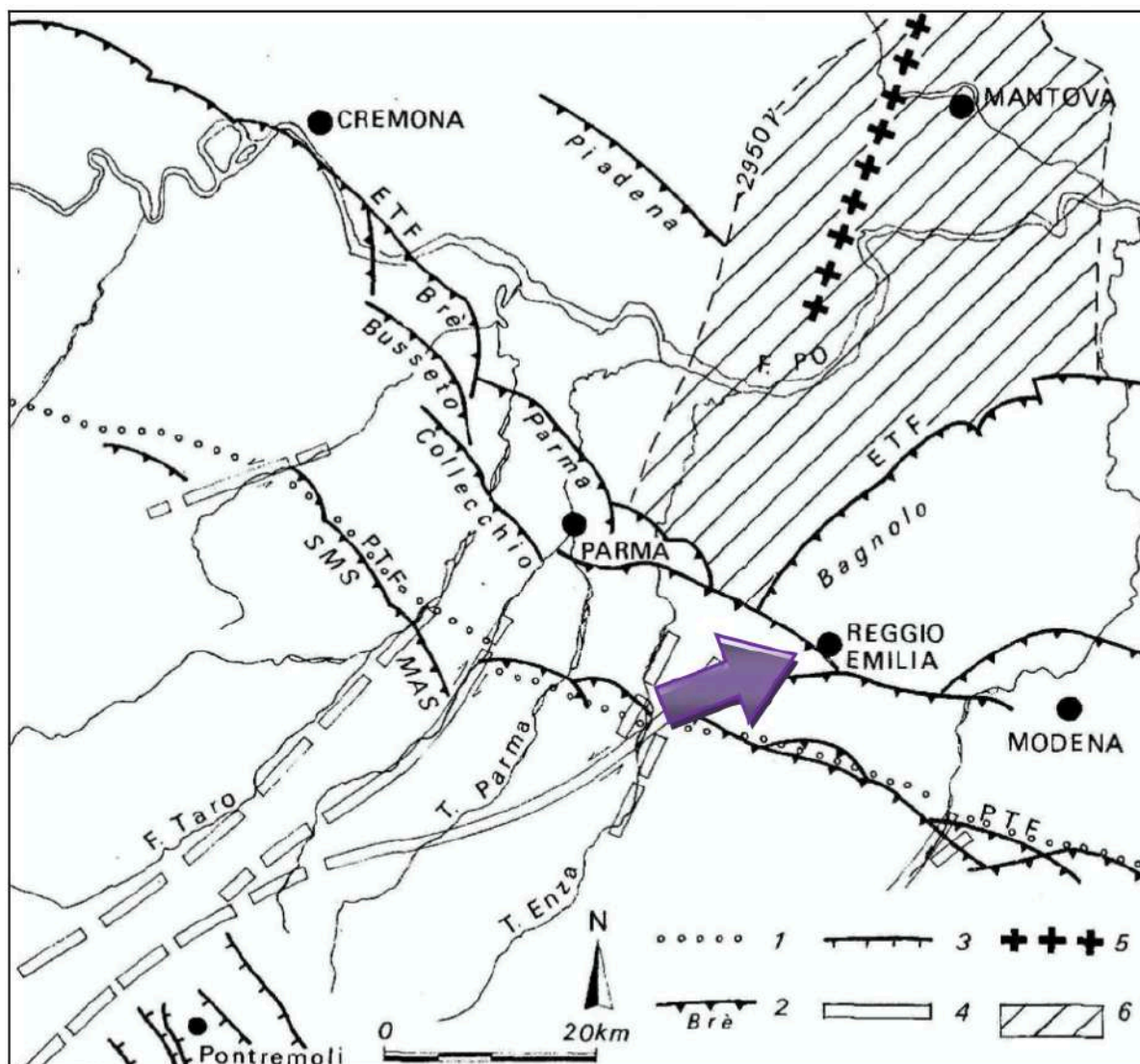


Fig. 8 - Schema strutturale del margine e del fronte appenninico in relazione con il "sistema del Taro". 1- margine morfologico appenninico; 2- strutture descritte nel testo (thrusts sepolti); 3- faglie normali della fossa tettonica della Lunigiana; 4- linee trasversali di ordine maggiore; 5- asse di alto del "basamento magnetico"; 6- massimo dell'anomalia magnetica residua (da: Bernini M. e Papani G., 1986).

Le ricerche in campo sismotettonico avviate dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, sintetizzate nella "Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna" (2004) (**Fig. 9**), hanno messo in evidenza gli elementi strutturali attivi del territorio, riconosciuti sulla base di dati morfologici e geologici.

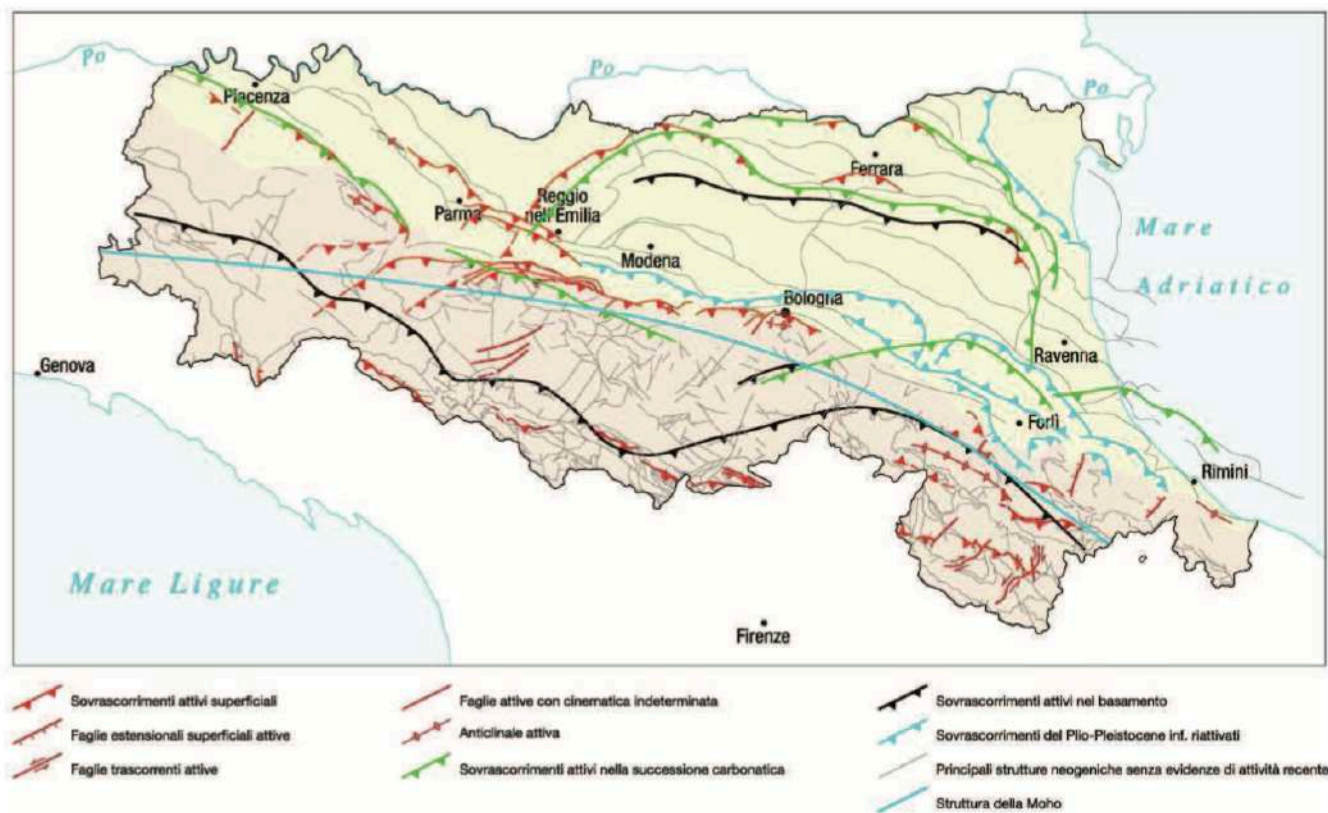


Fig. 9– Attività neotettonica in Emilia-Romagna (da: “Note illustrative – Carta Sismotettonica della Regione Emilia- Romagna” - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna – 2004

9. SISMICITA' DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti). Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 30 (**Fig.10**), appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.

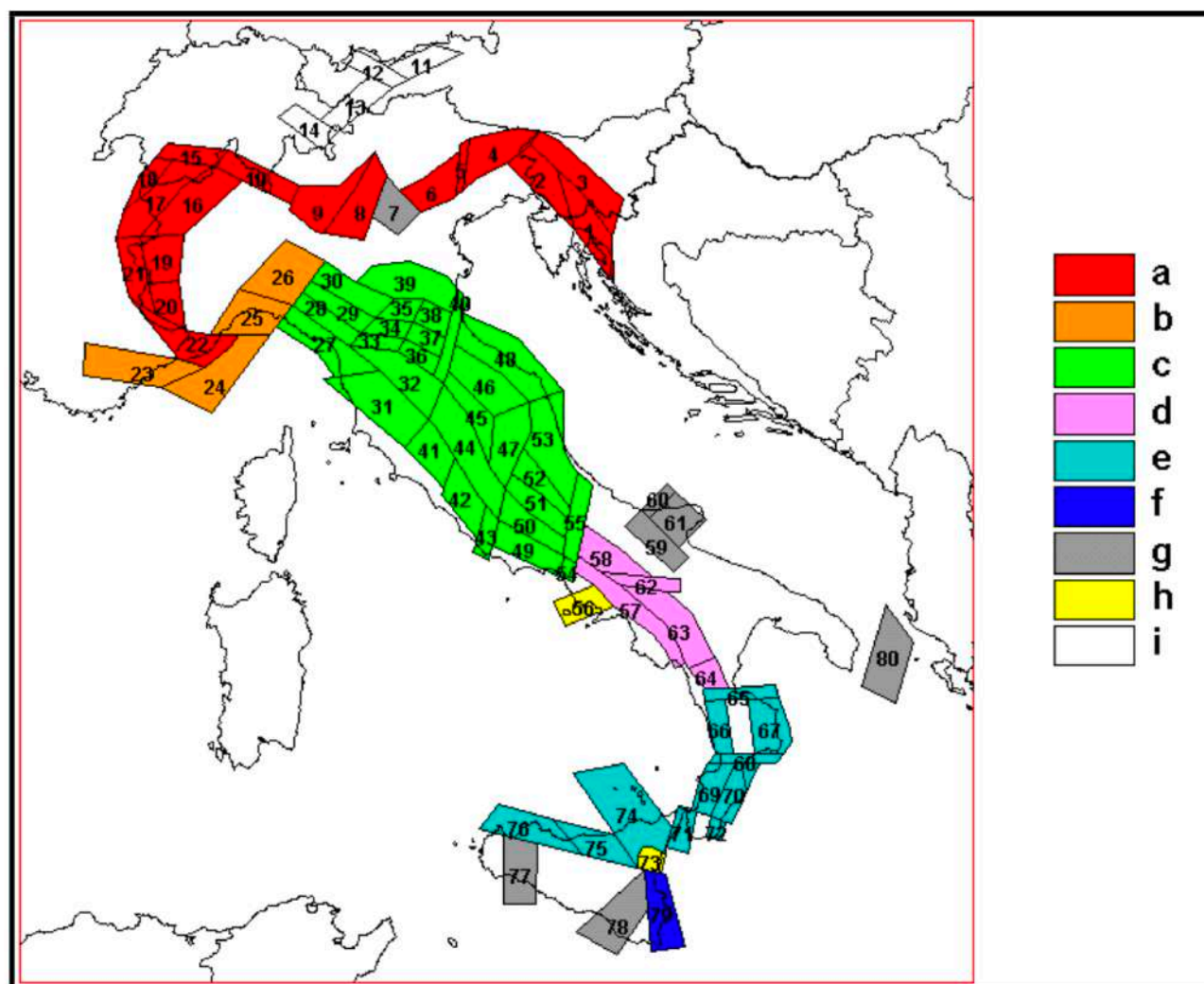


Fig. 10– Zone Simogenetiche

Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a $PGA = 0.15g$ (Peak Ground Acceleration). L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in Reggio Emilia, in epoca storica, il valore del VII/VIII grado MCS. (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Reggio nell'Emilia (RE)

[44.697, 10.631]

Osservazioni disponibili: 80

Effetti	In occasione del terremoto:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
8	-91						Modena-Reggio Emilia	8	5.66
8	1547	02	10	13	20		Reggio Emilia	7	5.21
7	1671	06	20				RUBIERA	7	5.34
7	1831	09	11	18	15		Reggiano	7-8	5.48
7	1832	03	13	03	30		Reggiano	7-8	5.59
6-7	1465	04	15	14	40		Reggio Emilia	6-7	5.03
6-7	1806	02	12				NOVELLARA	7	5.26
6-7	1811	07	15	22	44		SASSUOLO	7	5.24
6-7	1857	02	01				PARMENSE	6-7	5.26
6-7	1873	05	16	19	35		REGGIANO	6-7	5.13
6-7	1915	10	10	23	10		REGGIO EMILIA	6	5.01
6-7	1971	07	15	01	33	23	Parmense	7-8	5.61
6	1501	06	05	10			Appennino modenese	8-9	5.85
6	1505	01	03	02			Bologna	7	5.47
6	1591	05	24				REGGIO EMILIA	6	4.83
6	1608	01	06				REGGIO EMILIA	6	4.83
6	1810	12	25	45			NOVELLARA	7	5.28
6	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10
6	1987	05	02	20	43	53	REGGIANO	6	5.05
6	1996	10	15	09	55	60	CORREGGIO	7	5.44
5-6	1222	12	25	11			Basso bresciano	8-9	6.05
5-6	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA	7	5.79
5	1249	09	16	30			Modena	6-7	5.03
5	1485	09	01				PADOVA	5-6	4.68
5	1818	12	09	18	52		LANGHIRANO	7-8	5.57
5	1850	09	18	06	10		MODENA	6	4.83
5	1886	10	15	02	20		COLLECCHIO	6	4.83
5	1909	01	13	45			BASSA PADANA	6-7	5.53
5	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6.48
4-5	1738	11	05	30			PARMA	7	5.40
4-5	1740	03	06	05	15		GARFAGNANA	7	5.18
4-5	1837	04	11	16	50		ALPI APUANE	9-10	5.65
4	1570	11	17	19	10		Ferrara	7-8	5.48
4	1843	10	25	03	22		VERNIO	7	5.22
4	1878	03	12	21	26		Bolognese	6	4.83
4	1889	03	08	02	47		BOLOGNA	6	4.83
4	1894	11	27				FRANCIACORTA	6-7	4.95

4	1901 10 30 14 49 58	Salo'	8	5.67
4	1939 10 15 14 05	GARFAGNANA	6-7	5.20
4	1950 05 06 03 43	REGGIANO	4	4.46
4	1967 12 30 04 19	BASSA PADANA	6	5.36
4	1972 10 25 21 56	PASSO CISA	5	4.95
4	1976 05 06 20	FRIULI	9-10	6.43
F	1399 07 20 23	Modenese	7	5.40
F	1624 03 18 19 45	Argenta	7-8	5.43
F	1695 02 25 05 30	Asolano	9-10	6.61
F	1881 01 24 16 04	Bolognese	6-7	5.14
F	1891 06 07 01 06 14	Valle d'Ilasi	8-9	5.71
F	1904 02 25 18 47 50	Reggiano	6	5.13
F	1904 06 10 11 15 28	Frignano	6	5.08
F	1916 05 17 12 50	Alto Adriatico	8	5.85
3-4	1522 10 05 08	CREMONA	5-6	4.63
3-4	1885 02 26 20 48	SCANDIANO	6	5.22
3-4	1887 02 23 05 21 50	Liguria occidentale	9	6.29
3-4	1898 03 04	CALESTANO	6-7	5.07
3-4	1999 07 07 17 16 13	FRIGNANO	5	4.73
3	1834 02 14 13 15	ALTA LUNIGIANA	8-9	5.64
3	1834 07 04 35	ALTA LUNIGIANA	6-7	5.14
3	1864 03 15	ZOCCA	6-7	5.03
3	1870 10 30	MELDOLA	8	5.59
3	1913 11 25 20 55	VAL DI TARO	5	4.85
3	1919 06 29 15 06 13	Mugello	9	6.18
3	1951 05 15 22 54	LODIGIANO	6-7	5.24
3	1965 11 09 15 35	ALTA V. SECCHIA	5	5.01
3	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	10	6.89
3	1997 09 26 09 40 25	Appennino umbro-marchigiano	8-9	6.05
2-3	1874 10 07	IMOLESE	7	4.99
2-3	1895 04 14 22 17	Slovenia	8	6.25
2-3	1986 12 06 17 07 19	BONDENO	6	4.56
2-3	1995 10 10 06 54 22	LUNIGIANA	7	5.04
2	1875 03 17 23 51	Romagna sud-orient.	8	5.74
NC	1346 02 22 11	Ferrara	7-8	5.81
NF	1984 04 29 05 02 59	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.68
NR	1323 02 25 19	Bologna	5-6	4.63

NR	1383 07 24 20	PARMA	5-6	4.63
NR	1409 11 15 11 15	Parma	6	4.83
NR	1438 06 11 20	Parmense	8	5.62
NR	1474 03 11 20 30	MODENA	6	4.89
NR	1628 11 04 15 15	PARMA	7	5.17
NR	1841 10 15 22	SANGUINETTO	6	4.83

Intendendo:

Is = Intensità al sito (MCS)

Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo

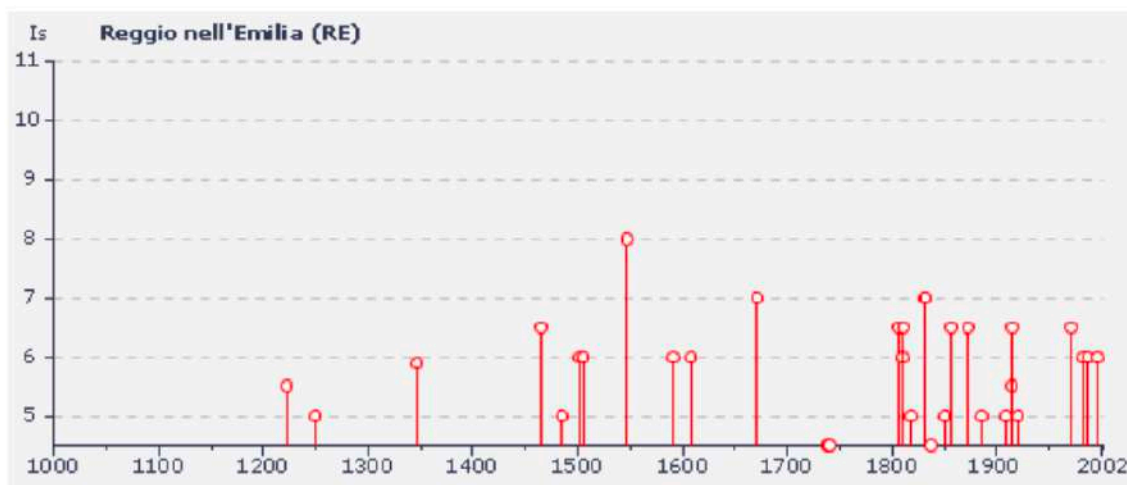


Fig. 11 - Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di Reggio Emilia tra il 1000 e il 2006 di cui alla Tab. 1. (M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>)

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica, con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo. Il territorio del comune di Reggio nell'Emilia, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (**Fig. 12**). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione *non classificato*), è stato inserito in zona 3 a bassa

sismicità. Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15. Più precisamente, al comune di Reggio nell'Emilia, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), di 0.157.

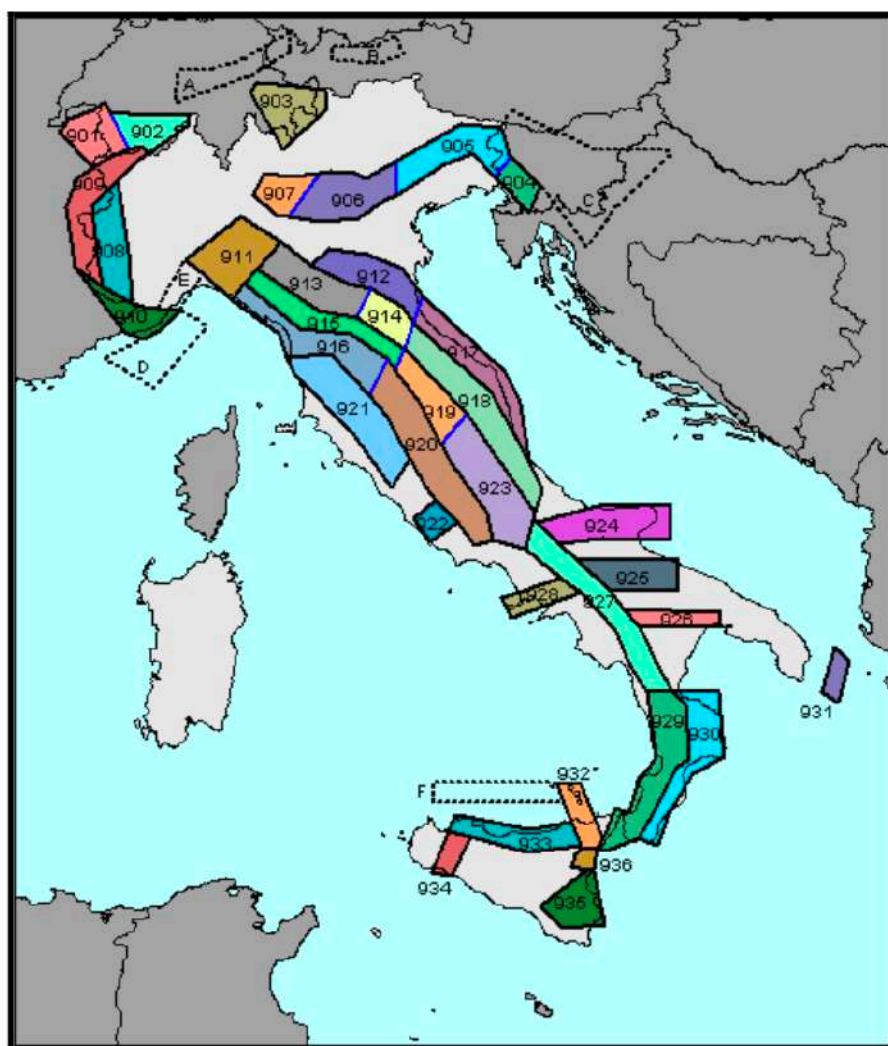


Fig. 12– Zonazione sismogenetica ZS9 (Tratta da: “Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – Rapporto conclusivo – bozza aprile 2004” - INGV). Il punto rosso segna approssimativamente l'area di intervento.

In Fig. 13 si riporta il risultato della consultazione tramite il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it> della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a passo 0.05° relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo).

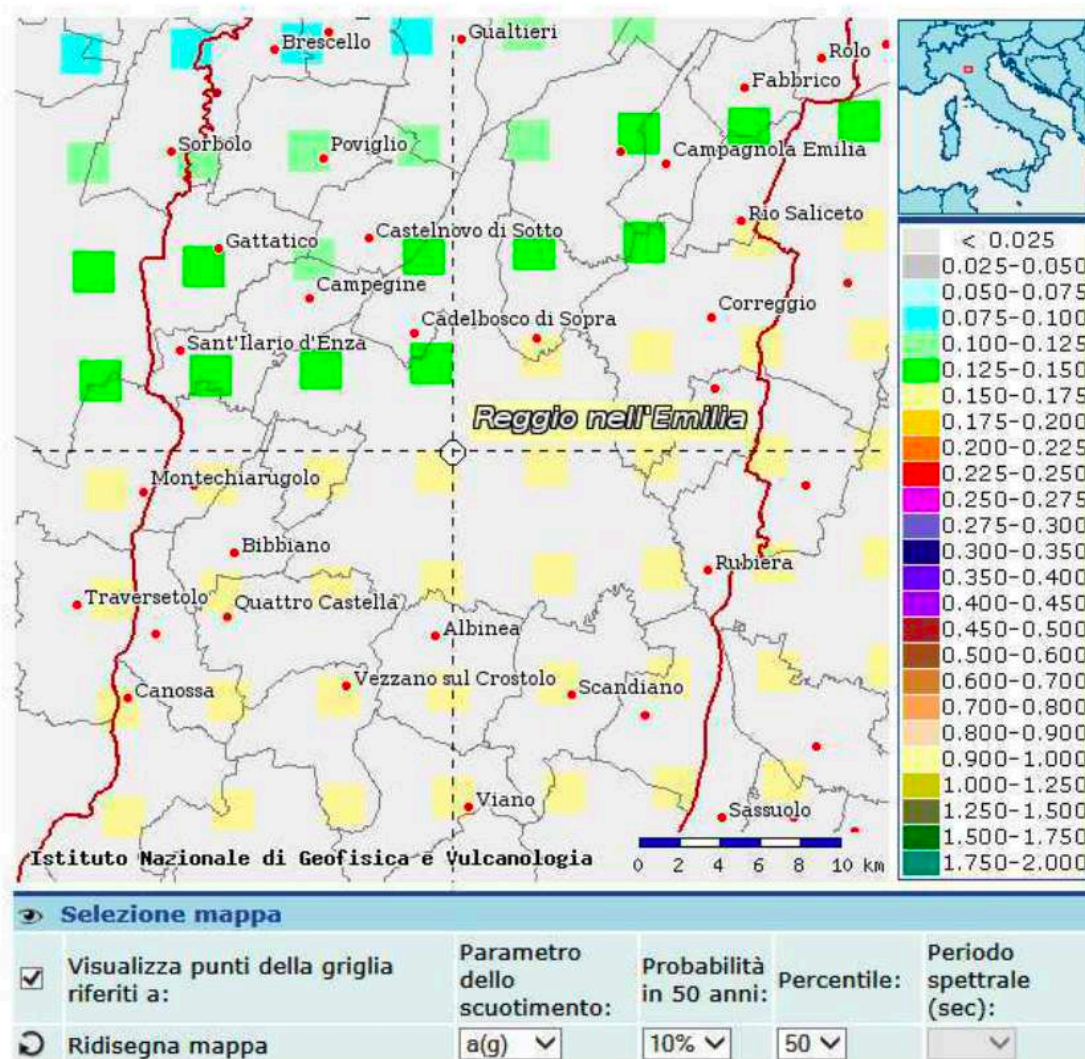


Fig. 13 – Stralcio della Mappa di pericolosità sismica del Comune di Reggio Emilia espressa in termini di $a(g)$ per un Tempo di ritorno di 475 anni

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. In base alla

velocità delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{Seq}), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E). In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato utilizzato una prova sismica passiva HVSr, effettuata nel sito di indagine. (*vedi Relazione Geofisica*)

10. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO DI REGGIO EMILIA (RE)

Consultando la cartografia geologica ufficiale, si può notare come il territorio di Reggio nell'Emilia si trovi a valle di una faglia sepolta che segue l'andamento del margine appenninico-padano. I dati forniti dalle indagini effettuate dall'Agip mineraria hanno consentito di quantificare lo spessore dei sedimenti e delle alluvioni quaternarie in circa 1500 m, tuttavia, secondo quanto riportato nel "Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia", edito dall'Amministrazione provinciale, il limite effettivo delle conoscenze stratigrafiche è di circa 150 m dal piano campagna. La caratteristica principale di questi sedimenti è data dalla presenza di sottili banchi ghiaiosi, abbastanza discontinui e talvolta passanti a letti sabbiosi, intercalati a serie prevalentemente limo-argillose. La carta geologica del Servizio Geologico d'Italia evidenzia altresì che il territorio in esame si caratterizza per la presenza, in superficie, di alluvioni oloceniche prevalentemente argillose. Studi recenti, che hanno consentito di ricostruire con maggior dettaglio la natura del primo sottosuolo della pianura reggiana confermano sostanzialmente le caratteristiche già evidenziate sulla carta del Servizio Geologico d'Italia. Suddetto elaborato mette altresì in risalto che la zona in esame, costituita in prevalenza da "depositi prevalentemente sabbiosi con scarse lenti di ghiaie fini e/o limi" viene a contatto, ad occidente e a sud, con "depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordine". Dalla consultazione della Carta Geologica Foglio n° 200 REGGIO NELL'EMILIA della Carta 1:50000 I.G.M. PROGETTO CARG (**Fig. 14**) si evidenzia i terreni del Comune di Reggio Emilia (RE) sono rappresentati da depositi di conoide alluvionale, terrazzati, costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con locali intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi, ricoperte da una coltre limoso-argillosa di spessore variabile. L'unità alluvionale prevalentemente grossolana, di età Pleistocene Superiore – Olocene. Il materiale alluvionale di età compresa tra il Pleistocene medio – Olocene, si presenta sufficientemente omogeneo nella sua estensione orizzontale con spessore complessivo varia da 0 a 20 m circa.

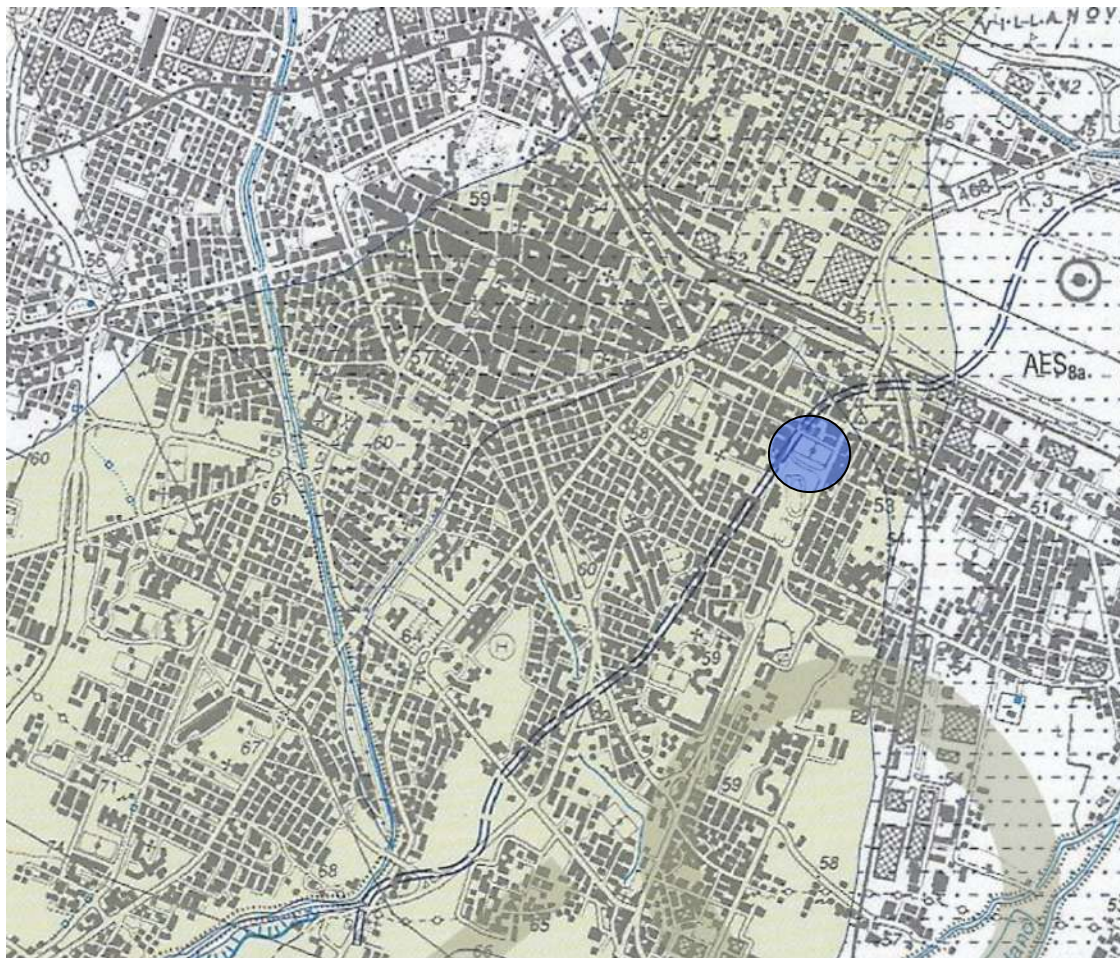


Fig. 14 - Foglio 200 – REGGIO NELL'EMILIA della Carta Geologica scala 1:50.000. dell' I.G.M. - Progetto CARG – rilevamento cartografico scala 1:25000 – area di indagine

LEGENDA:

SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE



AES

Depositi alluvionali costituiti da sedimenti grossolani e fini nella alta pianura e prevalentemente fini nella media pianura. Limite inferiore inconforme nelle porzioni affioranti e nell'alta pianura, dubitativamente inconforme nelle porzioni sepolte della media pianura. Nell'area del Foglio, l'unità include quattro subsintemi.
PLEISTOCENE MEDIO - OLOCENE



AES₈

subsistema di Ravenna

Elemento sommitale di AES. Comprende in prevalenza limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in subordine ghiaie e ghiaie sabbiose. Ambiente alluvionale. Limite inferiore inconforme su AES₇ e limite superiore coincidente con il piano topografico. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. La unità è coincidente in gran parte con l'ultimo interglaciale. Le aree soggette a sedimentazione solida anche dopo la fine dell'età romana sono state differenziate (Unità di Modena). Spessore massimo 15 m.
PLEISTOCENE SUPERIORE (c.a. 20.000 anni B.P.) - OLOCENE



AES_{8a}

unità di Modena

Unità di rango inferiore che costituisce la parte sommitale del Subsistema di Ravenna. Consiste di depositi fluviali costituiti da: a) depositi grossolani, ghiaiosi, presso le aste fluviali e da alternanze di sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale in corpi topograficamente ben rilevati a geometria nasriforme e b) argille e limi di piana inondabile in corpi topograficamente depressi interposti ai depositi di argine. È definita sulla base della presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione con profilo potente meno di 100 cm, calcareo e di colore grigio-giallastro privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati. Corrisponde al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive. Lo spessore è di pochi metri, localmente raggiunge 10 m.
Limite inferiore è dato dal contatto dei depositi fluviali sul suolo non calcareo di epoca romana.
ETÀ: POST-ROMANA (IV-VI sec. d.C. - Attuale)

L'area di indagine in oggetto insiste sui depositi continentali quaternari, in particolare sui sedimenti di origine alluvionale risalenti all'Olocene denominati come ***Subsistema di Ravenna (AES8)***: si tratta di alluvioni costituite prevalentemente da limi, limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi; subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali

11. ANALISI DEL PIANO STRALCIO REDATTO DALL'AUTORITÀ DI BACINO – PERICOLOSITA' E RISCHIO ALLUVIONI

Ponendosi l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture, la Regione Emilia-Romagna ha predisposto un "Piano di gestione del rischio di alluvioni". Secondo le direttive del Piano, adottato il 17 dicembre 2015 ed approvato il 3 marzo 2016 dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali, tutto il territorio della Regione Emilia-Romagna è stato interessato da tre nuovi Piani: il PGRA del distretto padano, il distretto dell'Appennino Settentrionale e quello dell'Appennino Centrale. Secondo le direttive dell'art. 6 dalla Direttiva Europea 2007/60/CE e dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, sono state restituite specifiche mappe della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti differenziandole rispetto agli ambiti territoriali in cui viene restituita una distinzione fra un "reticolo naturale principale e secondario" ed un "reticolo secondario di pianura". Il Comune di Reggio Emilia (RE) ricade, per la parte di nostro interesse, nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (Distretto Padano). Nella Carta del "Piano di gestione del rischio di alluvioni" 200NE – Reggio nell'Emilia Nord in scala 1:25000 vengono individuate in progressione fasce di tutela contrassegnate con le sigle P1-L, P2-M e P3-H che in successione distinguono aree con "scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi" da altre con media probabilità e quindi con "alluvioni poco frequenti e tempo di ritorno di 100-200 anni" mentre in alveo verosimilmente vi è un'elevata probabilità di "alluvioni frequenti con tempi di ritorno fra 20 e 50 anni". Anche la Mappa di Rischio individua scenari di aree di rischio medio (R2), elevati (R3) e moderati o nulli (R1). Dall'esame delle sopracitate carte (**Fig. 15- Fig. 16**) si evince che la zona oggetto dell'intervento non risulta classificata.

STRALCIO CARTA DELLA PERICOLOSITA'

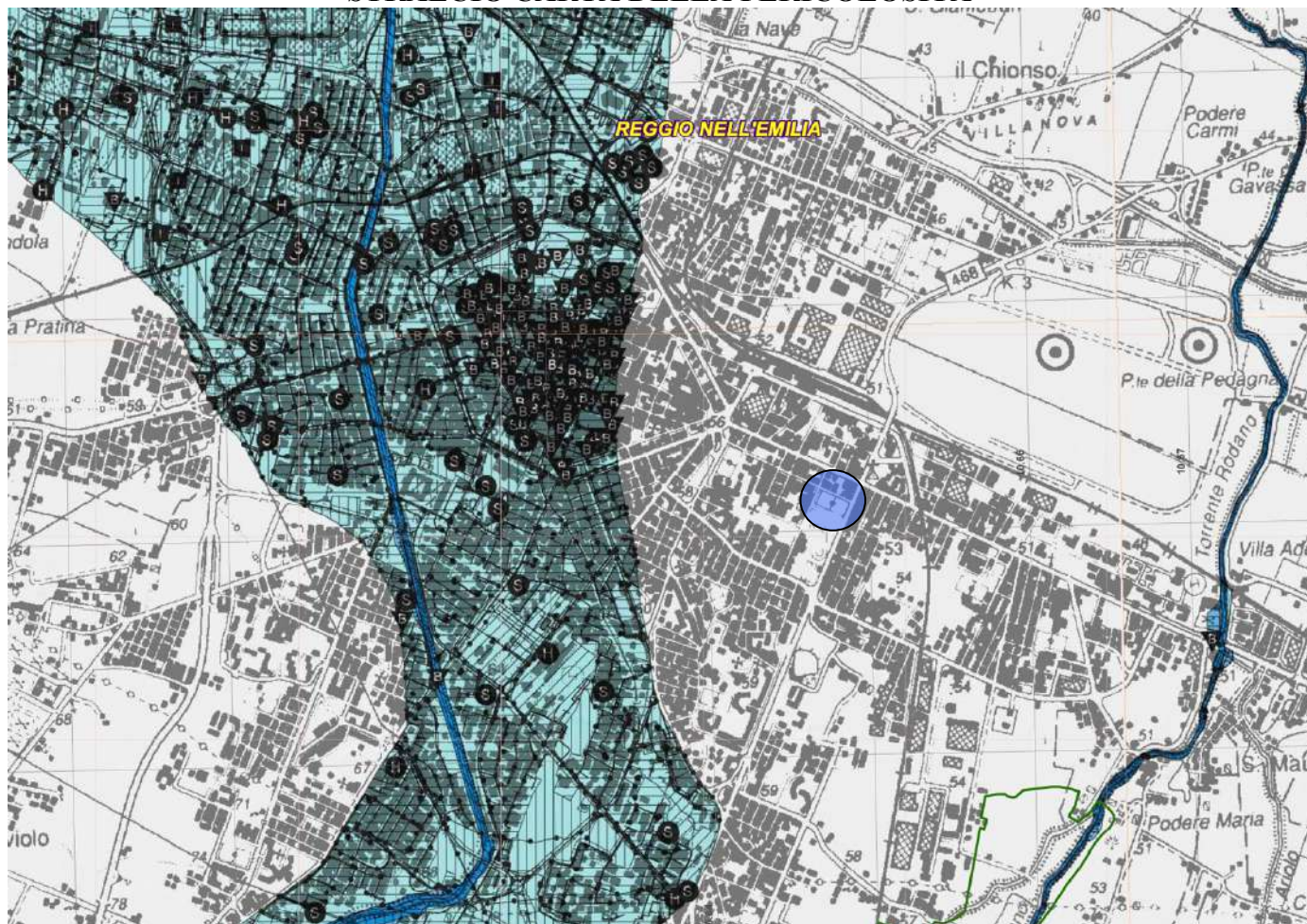
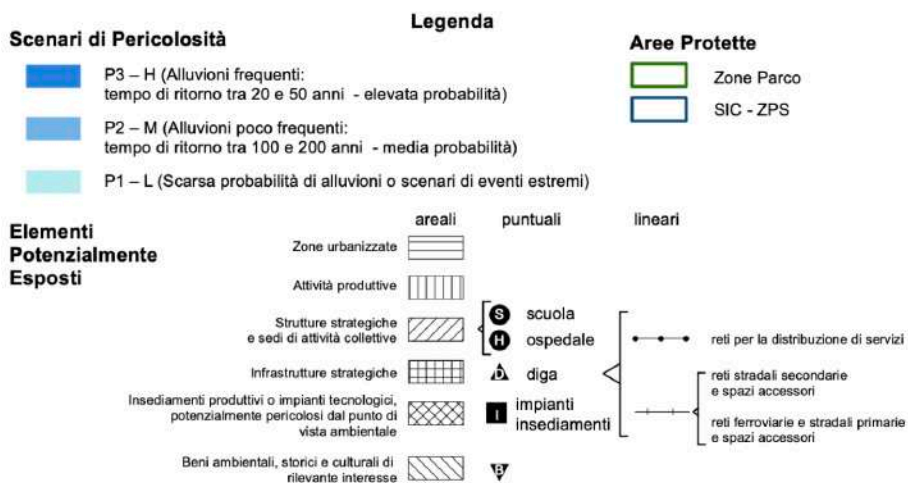


Fig. 15 – Stralcio della Carta della **Pericolosità Alluvioni** redatta nell'ambito del "Piano di gestione del rischio alluvioni" dall'Autorità di Bacino del Fiume Po
200NE – REGGIO NELL'EMILIA NORD - scala 1:25000

Area di interesse



STRALCIO CARTA DEL RISCHIO

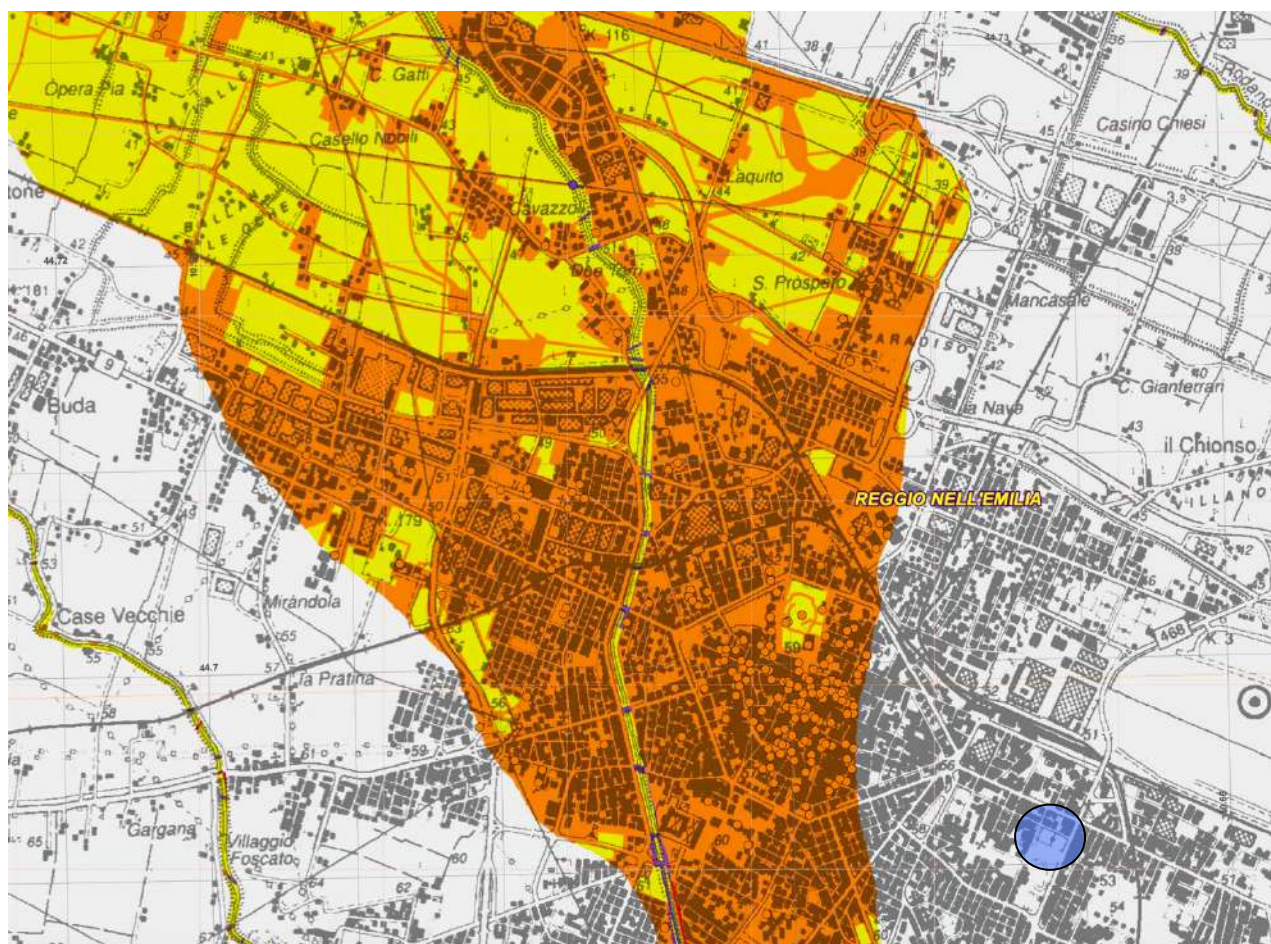



Fig. 16 – Stralcio della Carta del **Rischio Alluvioni** redatta nell'ambito del "Piano di gestione del rischio di alluvioni" dall'Autorità di Bacino del Fiume Po 200NE – REGGIO NELL'EMILIA NORD - scala 1:25000

Area di interesse 

Legenda

Aree Protette



Zone Parco



SIC - ZPS

Classi di Rischio

R1 (rischio moderato o nullo)
R2 (rischio medio)
R3 (rischio elevato)
R4 (rischio molto elevato)

puntuali



lineari



areali



12. INDAGINI ESEGUITE

Per la redazione dello studio geologico relativo all'espletamento dei servizi tecnici in oggetto da realizzarsi nel Comune di Reggio Emilia (RE), è stato effettuato un sopralluogo sia dell'area interessata che in quelle limitrofe, dove il sottoscritto ha visionato anche le indagini effettuate in prossimità dell'area d'interesse inerenti ad altri studi geologici, studi del territorio ed altri lavori in loco. Le indagini eseguite dallo scrivente sono di seguito riportate;

- A) N° 2 prova penetrometrica statica C.P.T.;
- B) N° 1 prova statica elettrica C.P.T.U.;
- C) N° 1 profili sismici tipo HVSr;

A)- Prove Penetrometriche statica (C.P.T. – C.P.T.U.) (Foto 17 -18 -19);

Le caratteristiche del terreno sono state determinate interpretando i dati ricavati da una indagine penetrometrica. La penetrometria è stata effettuata avvalendosi di un penetrometro statico tipo Gouda da 20 t. Il penetrometro statico originale olandese GOUDA in dotazione alla nostra azienda è in grado di sviluppare una spinta in infissione pari a 200 kN (20 t). La spinta è garantita da due pistoni idraulici azionati da un motore Perkins 103-15 avente 1.496 l di cilindrata. L'attrezzo montato su autocarro, è zavorrato a 100 kn per l'impegno su pavimentazioni, asfalto, riporti senza l'uso di ancoraggi. E' dotato inoltre di un sistema d'ancoraggio con 2-3-4 eliche di contrasto tali da garantire una profondità massima di infissione fino a 60 m. La sonda posizionata sul retro dell'autocarro è attrezzabile con eliche (diametro 100/140 mm) per la perforazione ed il prelievo di campioni indisturbati con carotiere Shelby fino a -10/-12 m. L'attrezzo è montato su autocarro Iveco CM90-10 4×4 che permette l'accesso anche su terreni accidentati. Il penetrometro può essere attrezzato con punta Begemann e cella di carico AEP, per l'esecuzione di prove penetrometriche statiche CPT, oppure con punta elettrica e piezocono Geotech AB per prove CPTE/CPTU. La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia

di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico. La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitando l'approfondimento. Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza alla punta (conica)}$
- $R_L \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto)}$ (la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale R_L sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_L fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_L/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978).

Sempre con riferimento alla prova penetrometrica statica CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume Y , ecc.).



Fig. 17 - indagine CPT1



Fig. 18 - indagine CPT 2



Fig. 19 - indagine CPTU

La prove eseguite sono state spinte come segue, l'elaborazione è in allegato;

- CPT1 = profondità max - 10.20 mt.
- CPT2 = profondità max - 10.20 mt.
- CPTU = profondità max - 15.20 mt.

C)- Indagine Sismica - tipo indagine passiva con metodo *H.V.S.R.* (Foto 20);

E' stata eseguita un'indagine sismica con metodologia H.V.S.R. La tecnica sismica passiva sfrutta il rumore sismico generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, che è presente ovunque sulla superficie terrestre. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. In base alla velocità delle onde di taglio (V_{Seq}), mediate sui primi 30 metri di terreno, vengono individuate cinque categorie come da NTC 2018 (A – B – C – D – E). In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato utilizzato un sondaggio sismico passivo HVSR, effettuato in un terreno limitrofo. La prova, nota semplicemente con il nome H/V, fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970 ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura). L'indagine consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva), misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un velocimetro triassiale (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale). Quanto detto, giustifica la definizione della metodologia e

cioè prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio). Durante l'acquisizione dei dati vanno rispettate una precisa metodologia ed alcune accortezze per fare in modo che il dato sia statisticamente corretto. Questa metodologia a stazione singola del microtremore sismico consente la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre che la stima, in maniera rapida, della stratigrafia superficiale e del V_{seq} , così come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. Il tutto al fine di individuare spessori e geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostartigrafiche degli stessi e per classificare sismicamente il suolo dell'area oggetto di studio ai fini della recente normativa antisismica (D.M. 17/01/2018).



Fig. 20 – Indagine sismica passiva tipo HVSR

13. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

Il territorio di Reggio Emilia (RE) ricade nell'ambito della Pianura Padana, ed in particolare in quella fascia posta ai piedi dell'Appennino che viene indicata come alta e media pianura con una sismicità piuttosto superficiale. In base all' O.P.C.M. n° 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006 relativa all' individuazione delle zone

ad elevato rischio sismico del Territorio Nazionale, il Comune di Reggio Emilia (RE) è stato classificato in **Zona sismica 3** (Fig. 21) e quindi con una accelerazione orizzontale [ag/g] pari a **0.15**. (Fig. 22)

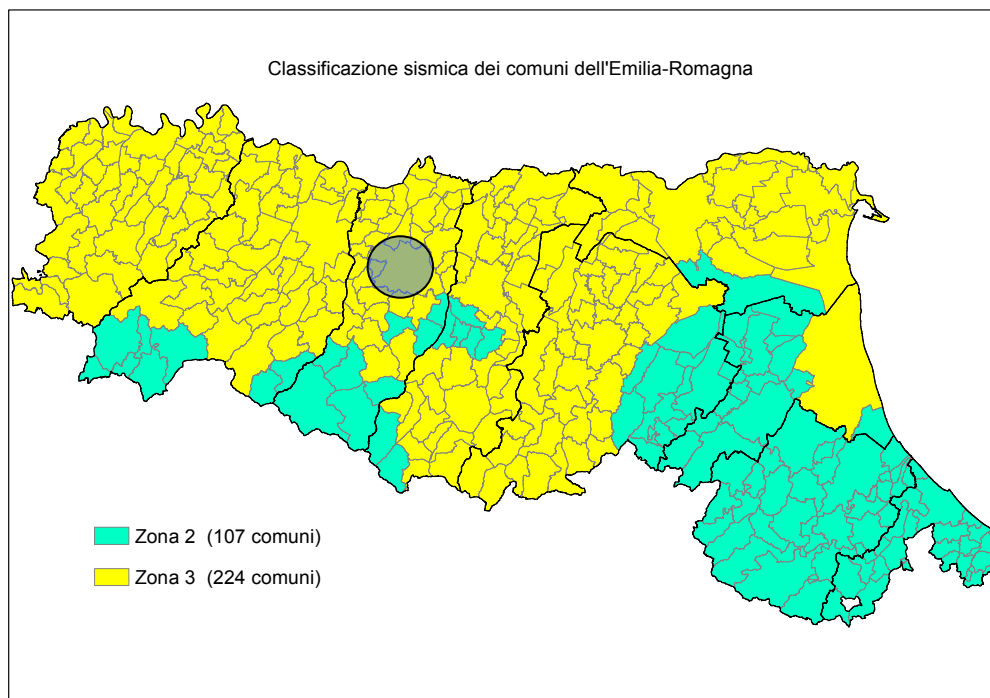


Fig. 21– Riclassificazione sismica della Regione Emilia Romagna (Ordinanza del P.C.M. n.3274/2003). Area di interesse

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag)
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
 3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$a_g \leq 0,05g$	0,05g

Fig. 22 - Caratterizzazione delle diverse classi sismiche


Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, attualmente aggiornato dal D.M. del 17/1/2018, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere. L’azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

13.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Visto il tipo di intervento, in questa fase è stata effettuata una misura sismica come esposto in precedenza, tale modellazione sismica, riconduce l'area ad una classificazione del sito in questione ad una **CATEGORIA DI SUOLO di tipo "C"** con velocità della V_{seq} pari a **219 m/s**.


Di seguito viene riportata la tabella di riferimento per la categoria di sottosuolo;

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Descrizione
A	Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
 C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

13.2 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per sottosuolo di categoria .. i coefficienti S_s e C_c valgono come da figura sottostante.

Tabella 3.2.V – <i>Espressioni di S_s e di C_c</i>		
Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
 C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

13.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Nel nostro caso, (l'area è totalmente pianeggiante come da cartografie in allegato), le condizioni sono quelle di un sito con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, per cui di **CATEGORIA TOPOGRAFICA "T1"**.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

13.4 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFIA

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab.3.2.VI, ovverosia:

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

14. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Confermando, così come da bibliografia, la natura di questi terreni, le prove penetrometriche statiche CPT e CPTU hanno accertato una preponderanza di limi ed argille, talora con componente organica e torbosa, a cui si alternano lenti di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Per l'interpretazione dei dati oltre la profondità di 15 m, ci si è avvalsi delle risultanze di prove seguite nelle aree limitrofe alla profondità di 20 m, reperibile dal sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna. In sintesi, le indagini consentono di ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici caratteristici:

Livello A

Strato che dal piano campagna si approfondisce sino a 2.40 m dal p.c. in argille con componente organica e torbosa con valori di:

$$\gamma' = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi^\circ = 18^\circ$$

$$C_u = 61.00 \text{ kPa}$$

$$M_o = 6.10 \text{ MPa} = 6100 \text{ kPa}$$

$$\text{OCR} = 29 \%$$

$$E_{u50} = 11.40 \text{ MPa}$$

$$E_{u25} = 16.00 \text{ MPa}$$

Livello B

Da 2.60 m sino a 4.60 m., vi è una prevalenza di argille inorganiche, da tenera a media consistenza, con componente organica e torbosa con valori di:

$$\gamma' = 0.94 \text{ t/m}^3 = 9.21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi^\circ = 13^\circ$$

$$C_u = 49.00 \text{ kPa}$$

$$M_o = 4.77 \text{ MPa} = 4770 \text{ kPa}$$

$$\text{OCR} = 5.65 \%$$

$$E_{u50} = 14.50 \text{ MPa}$$

$$E_{u25} = 21.70 \text{ MPa}$$

Livello C

Da 4.60 m sino a 9.40 m dal p.c., vi è una prevalenza di argille inorganiche consistenti a tratti molto consistenti, con valori di:

$$\gamma' = 0.94 \text{ t/m}^3 = 9.21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi^{\circ} = 13^{\circ}$$

$$C_u = 56.00 \text{ kPa}$$

$$M_o = 5.62 \text{ MPa} = 5300 \text{ kPa}$$

$$OCR = 3.95 \%$$

$$E_{u50} = 23.30 \text{ MPa}$$

$$E_{u25} = 32.20 \text{ MPa}$$

Livello D

Da 9.40 m sino a 20.00 m dal p.c., vi è una prevalenza di argille inorganiche molto consistenti con lenti di sabbia limosa e sabbia densa con valori di:

$$\gamma' = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi^{\circ} = 18^{\circ}$$

$$C_u = 0 \text{ kPa}$$

$$D_r = 90 \%$$

$$M_o = 67.00 \text{ MPa} = 67000 \text{ kPa}$$

$$OCR = 0 \%$$

$$E'_{50} = 37.00 \text{ MPa}$$

$$E'_{25} = 55.75 \text{ MPa}$$

dove:

γ' = peso di volume (efficace) del terreno; C_u = coesione non drenata; M_o = modulo edometrico; E = modulo elastico; φ° = Angolo di attrito; OCR = grado di sovraconsolidazione; D_r = densità; E_{u50}/E_{u25} = Modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi); E'_{50}/E'_{25} = Modulo di deformazione drenato (terreni granulari)

15. SOMMARIO E CONCLUSIONI

L'indagine penetrometrica statica, appositamente realizzata per accertare la reale natura del primo sottosuolo, ha riscontrato, nei primi 9.40 m, una preponderanza di limi ed argille ad elevata componente organica e torbosa a cui si alternano sottili livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Oltre i 9.40 m, il deposito si caratterizza poi per la presenza di argille molto consistenti intervallate da ghiaie e livelli di sabbie limose molto dense. In base alle risultanze di un'apposita indagine geofisica passiva HVSR, si nota una notevole omogeneità dei profili dei grafici HVSR con la presenza di deboli riflettori in superficie con picchi di origine stratigrafica a partire dalla profondità di:

~ **140 metri** con una corrispondente frequenza H/V di **0.88 Hz** ed un'ampiezza della curva H/V pari a **1.96**;
In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, sulla base delle risultanze dell'indagine sismica passiva HVSR, che ha consentito di stimare il valore delle V_{seq} in **219 m/sec**, il suolo di fondazione può essere assimilato alla **Categoria dei suoli "C"** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*). Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il "Calcolo dello Spettro Sismico", ideato dalla Società GEOSTRU, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al $T_R = 475$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g = a_{g/g} = 0.158$; $F_0 = 2.378$; $T_c^* = 0.288$. Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.48 \cdot 1.0 \cdot 0.158 = 0.234 \cdot g$. In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dai punti 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica (tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche. Pur avendo l'indagine penetrometrica accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli di limi sabbiosi e sabbie limose argille che si alternano ad argille organiche e torbose, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma CLiq v.3.0.2.4 che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso. Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è proceduto alla valutazione del peso di

volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ'), della coesione non drenata (C_u) nonché dei moduli edometrico (M_o) ed elastico (E), per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo. Il livello della falda freatica, nel foro di sonda, è stato misurato a 2.50 m dal p.c.; difficilmente il livello della falda freatica potrà interferire con la base d'appoggio della struttura, si tenga tuttavia presente che, per limitare il ristagno e l'ammollimento del terreno alla sua base, si dovrà aver cura di raccogliere ed allontanare tutte le acque meteoriche e di scarico in direzione della rete fognaria principale.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"), che prescrivono un'attenta verifica dell'idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo e quindi un'analisi mirata per i singoli edifici, si attesta l'idoneità dell'area ai fini edilizi e si concede quindi parere geologico favorevole.

Camposano (Na), Giugno 2020

Il Tecnico
dott. Raffaele Trocchia
Geologo



FONDAZIONE PER LO SPORT Comune di Reggio Emilia (RE)



Oggetto: "Affidamento di servizi tecnici per la redazione di Relazioni Geologiche e Pericolosità sismica di base per strutture esistenti adibite a tribune presso n° 6 (sei) impianti sportivi comunali CIG: Z3E2BEC823"- Campo di Calcio "MELATO"



STUDIO GEOLOGICO

(D.M. 17/01/2018)

RELAZIONE GEOFISICA E DI MODELLAZIONE SISMICA G.2

GEOLOGO
dr. Raffaele TROCCHIA



Sommario

1. Dati generali del progetto.....	2
2. Analisi dei microtremori	3
3. Rumore sismico ed effetti di sito	4
4. Stratigrafia sismica	8
5. Esecuzione di misure di rumore sismico ambientale	9
6. Elaborazione H.V.S.R.	11
7. Interpretazione H.V.S.R.....	15
8. Risposta sismica locale	19
9. Microzonazione sismica	24
10. Valutazione del potenziale di liquefazione	26

1. Dati generali del progetto

Oggetto: PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA HVSR (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) A STAZIONE SINGOLA (METODO MICROTREMORI) PER LA **“REDAZIONE DI RELAZIONI GEOLOGICHE E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE PER STRUTTURE ESISTENTI ADIBITE A TRIBUNE PRESSO N° 6 (SEI) IMPIANTI SPORTIVI COMUNALI”** - C.I.G.: Z3E2BEC823 - CAMPO DI CALCIO “MELATO”.

Coordinate - Latitudine: 44°41'27.89"N Longitudine: 10°38'51.67"E

Data: 09/06/2020

CARATTERISTICA DELLO STRUMENTO

Produttore: Micromed S.p.a.

Modello: Tromino

Direzione esecuzione indagini: Geologo Raffaele Trocchia

Elaborazione ed interpretazione indagini: Geologo Raffaele Trocchia

Software Elaborazione: Grilla



Figura 1: Ubicazione indagine sismica HVSR

2. Analisi dei microtremori

Il metodo si basa sulla misura del rumore sismico ambientale che risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10^{-15} m/s^2) in termini di accelerazione, inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sull'acquisizione dei microtremori si dicono passivi poiché il rumore non è generato ad hoc, come avviene invece nel caso della sismica attiva (esplosioni).

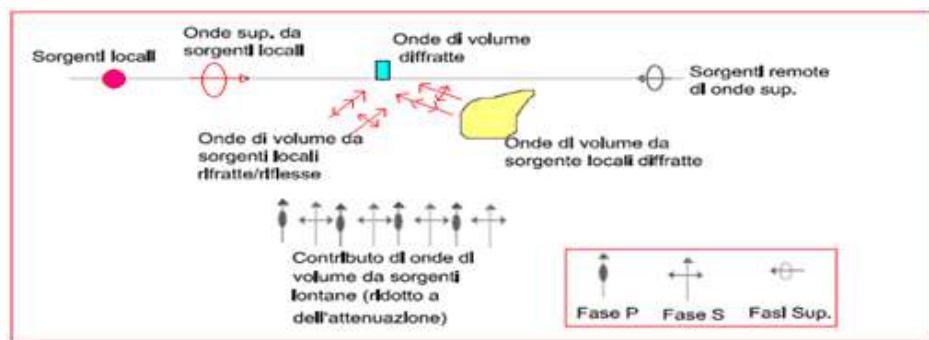


Figura 2: Schema correlazione sorgente - onda sismica

Nel tragitto dalla sorgente al sito le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda e attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di ray tracing, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazione. Questa informazione è però sepolta all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso pianeggiante presenta dei picchi a 0.14 e 0.07 Hz, comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

3. Rumore sismico ed effetti di sito

Il metodo del rumore sismico per la valutazione degli effetti di sito è ampiamente usato in Giappone, ma molto meno nel resto del mondo per alcune questioni ancora irrisolte che riguardano essenzialmente la grande variabilità della sorgente del rumore da un sito ad un altro e la variabilità del livello del rumore durante il giorno. La ragione dell'utilizzo sempre maggiore del metodo del rumore risiede nel costo limitato e nella relativa facilità di misura ed analisi dei segnali. In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere fatta con:

Spettri di Fourier — Rapporti spettrali — Rapporti spettrali H/V.

Nel nostro caso vengono analizzati i rapporti spettrali H/V. La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti. Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi (purtroppo in lingua giapponese) agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh. Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura di terreni. Nel 1989, Nakamura propose in inglese il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono estremamente qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio. Assumendo che le sorgenti, essendo molto locali, non eccitano la base dello strato di sedimenti, è possibile stimare la forma spettrale della sorgente del microtremore, A_s , come funzione della frequenza f , dal rapporto:

$$A_s(f) = \frac{V_s(f)}{V_b(f)}$$

essendo V_s e V_b gli spettri di ampiezza di Fourier della componente verticale del moto rispettivamente sulla superficie e alla base dello strato di sedimenti. Si assume poi che una stima degli effetti di sito per un terremoto, Se , è dato da:

$$Se(f) = \frac{H_s(f)}{H_b(f)}$$

in cui H_s e H_b sono gli spettri di ampiezza di Fourier del moto orizzontale, rispettivamente sulla superficie e alla base dello strato di sedimenti.

Per compensare S_e dello spettro della sorgente, Nakamura (1989) suggerisce di calcolare uno spettro modificato S_m come:

$$S_m(f) = \frac{S_e(f)}{A_1(f)} = \frac{\frac{H_s}{V_s}}{\frac{H_b}{V_b}}$$

L'assunzione finale è che si verifichi per tutte le frequenze di interesse:

$$\frac{H_b}{V_b} = 1$$

Pertanto, una stima degli effetti di sito è data dal rapporto spettrale tra il moto orizzontale e verticale sulla superficie. Numerosi studi, tra i quali quelli di Lermo and Chavez-Garcia (1994), Lachet and Bard (1994), Field and Jacob (1993), Fäh et al. (2001) hanno concluso che la frequenza del picco massimo del rapporto H/V è correlato con l'ellitticità sulla superficie del modo fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh.

Alla frequenza di risonanza l'ellisse dello spostamento di Rayleigh cambia segno e il rapporto di Nakamura tende teoricamente all'infinito, per cui l'ampiezza del rapporto non può essere correlato all'amplificazione delle onde di taglio. In conclusione, i migliori risultati per predire gli effetti di sito con le misure di rumore sismico sono ottenuti con il metodo del rapporto H/V e riguardano solo la frequenza di risonanza del modo fondamentale dello strato di sedimenti, quando non ci sono effetti laterali 2D o 3D.

Uno studio sugli effetti di sito, condotto con le modalità assunte in questo lavoro, è di rilevante importanza nella progettazione di nuove strutture e nella ricostruzione del vecchio patrimonio edilizio.

Fornisce, difatti, in chiave di spettro di risposta locale, il reale comportamento dei terreni del sito investigato in caso di sisma e, dal confronto con gli spettri di riferimento dell'EC8 (1988), si può verificare quali frequenze vengono notevolmente amplificate per una determinata classe di terreni. Inoltre, con l'utilizzo della tecnica di Nakamura, si è in grado di determinare con ottima approssimazione la frequenza fondamentale del sito, parametro da non sottovalutare per non incorrere in problemi di risonanza con la struttura.

Il complesso delle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica è stato varato con ordinanza n.° 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20

Marzo 2003 ed è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale l'8 maggio, successivamente ripreso prima dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008 e poi dall'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (Decreto del 17 gennaio 2018). Le nuove norme si compongono di quattro argomenti ed in particolare la n° 2 evidenzia le norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.

Come si legge nel documento esplicativo, la principale finalità del corpo delle nuove norme è quella di rinnovare profondamente le norme tecniche per le zone sismiche adottando, in modo omogeneo per tutto il paese, soluzioni coerenti con il sistema di norme già definito a livello Europeo (Eurocodice8). Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di risposta sismica locale.

Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base R, subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S).

Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H/V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie.

La rappresentazione di un moto sismico può essere espressa sia nel campo del tempo che delle frequenze.

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

$$f_n = 1/T_n = (V_s \cdot (2n-1)) / (4 \cdot H) \text{ con } n = 1, 2, \dots$$

Mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito f_1 , denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = 1/T_1 = V_s / 4H$$

È quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero, a dir poco, gravose.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, dai grafici sottostanti.



Figura 3: Relazione tra altezza di una struttura in cemento armato e la frequenza del primo modo flessionale.

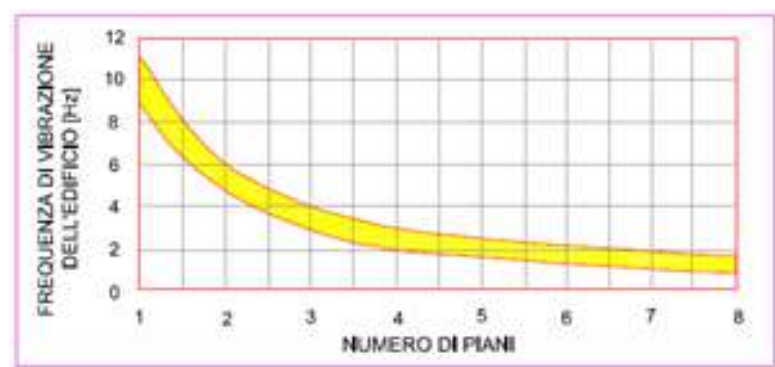


Figura 4: Relazione tra numero di piani e frequenza di vibrazione dell'edificio

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura ad essere particolarmente pericolosa, poiché dà luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

4. Stratigrafia sismica

Le misure di microtremori possono inoltre essere utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (V_s). Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D).

Nel caso ideale di un sottosuolo formato da due soli strati quali quello della copertura (1) e quello del bedrock (2), separati da una superficie orizzontale e distinguibili per un diverso valore di impedenza sismica, ovvero per differenti densità e/o velocità delle onde sismiche, un'onda che viaggia nel mezzo (1) viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati.

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le massime ampiezze di oscillazione (condizione di risonanza), quando la sua lunghezza d'onda λ è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza f_r della copertura (mezzo (1)), relativa alle onde P è pari a: $f_r = V_{P1} / (4 h)$ (5) mentre quella relativa alle onde S è: $f_r = V_{S1} / (4 h)$ (6)

Sostanzialmente maggiore è lo spessore (H) della coltre fino al tetto del bed rock, maggiore sarà l'amplificazione H/V alle basse frequenze. Minore sarà lo spessore (H) degli strati soprastanti il bed rock, maggiore sarà l'amplificazione H/V alle alte frequenze.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva H/V mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati alle varie profondità. Questo, insieme ad una stima degli spessori degli strati, che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sulle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Il problema principale di questa visione è che i microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. Essi sono costituiti in misura molto maggiore da onde superficiali e in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte dall'interferenza costruttiva di queste ultime.

Per affinare il risultato interpretativo in termini di sismostrati si procede creando curve sintetiche H/V simulando il campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in Aki (1964) e Ben-Menaheme Singh (1981). Il modello, opportunamente applicato, può essere considerato uno stimatore del profilo di V_s con errori confrontabili a quelli di metodi più tradizionali, per lo meno nei primi 30 metri di profondità.

Nel caso in esame, hanno permesso di effettuare la taratura del modello:

- Le conoscenze geologiche e stratigrafiche dell'area;
- Il rilievo di superficie;
- La consultazione di indagini geologiche, geotecniche e sismiche, previa ricerca bibliografica di studi reperiti nell'areale del sito di interesse;
- L'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche CPT (Cone Penetration Test) e di n. 1 CPTU eseguite nel sito di interesse.

5. Esecuzione di misure di rumore sismico ambientale

Per le registrazioni del “noise” è stata utilizzata una stazione sismica digitale compatta e leggera, equipaggiata con sismometro a banda larga e ad alta sensibilità (**Tromino – Micromed S.p.a.**), costituito da una terna di velocimetri a breve periodo smorzati criticamente.

Le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata (masse ridotte, struttura rigida non risonante costituita da materiali non-diffrangenti, dinamica di oltre 23 bit, ottimizzazione automatica del guadagno per ogni campione, frequenza di campionamento fino a 1.024 campioni per secondo, accuratezza relativa $> 10^{-4}$ nell'intervallo di frequenze 0.1-200 Hz) garantiscono una buona qualità del segnale sismico acquisito sulle tre componenti (verticale, longitudinale e trasversale). Nella figura seguente si riporta la curva di rumore di “Tromino” a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

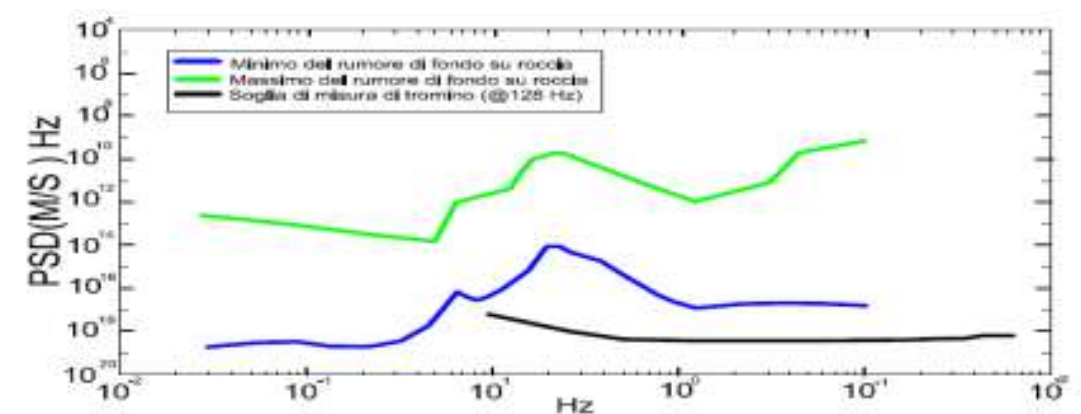


Figura 5: Soglia di rumore tromino correlata al min/max del rumore di fondo su roccia

Le acquisizioni sono state eseguite in assenza di vento e in sostanziali condizioni di basso rumore ambientale, scegliendo una finestra temporale di acquisizione di

30 minuti, per garantire la stabilità del segnale e filtrare eventuali fenomeni transienti. Attraverso l'utilizzo di una bussola professionale da geologo, inoltre, la componente longitudinale N-S viene orientata verso Nord nella registrazione del rumore sismico al suolo, al fine di confrontare e valutare eventuali amplificazioni polarizzate. I dati registrati su supporto magnetico sono quindi elaborati mediante applicativi software commerciali specifici ed altri appositamente predisposti, che operano il trattamento matematico e l'analisi spettrale del segnale. Le registrazioni sono ottenute in "velocità" con la possibilità di ricavare comunque la trasformazione in "spostamento" ed in "accelerazione" del moto del suolo. Per l'elaborazione dei dati viene seguita la procedura consigliata nelle linee guida del SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003-2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di microzonazione sismica attraverso le misure del rumore ambientale. Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, le tracce sismiche registrate sono verificate eliminando i disturbi transienti e quelle parti di registrazioni non adatte all'analisi. Una volta selezionata la parte di segnale stabile si calcolano, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali e gli spettri di potenza del "noise", procedendo successivamente, per il "rumore naturale", alla valutazione della distribuzione energetica in frequenza.

I dati spettrali risultanti dalle elaborazioni numeriche effettuate si analizzano in genere entro l'intervallo 0.1-20.0 Hz, in quanto oltre tale limite si ritiene che non vi siano frequenze significative dal punto di vista geologico-geotecnico.

La risposta sismica di sito, attraverso il calcolo della frequenza di risonanza, è investigata applicando la tecnica di Nakamura (1989), valutando quindi, nell'intervallo di frequenze 0.1 - 20.0 Hz, i rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e la componente verticale del moto del suolo (H/V). Tale tecnica, secondo le procedure validate dal SESAME, viene applicata valutando preliminarmente il valore medio (media geometrica) delle due distinte componenti orizzontali N-S (HL) e E-W (HT). Attraverso l'inversione dei rapporti spettrali H/V può essere inoltre ricavato il profilo sismostratigrafico medio delle onde Vs, legata alla frequenza (f) dalla relazione:

$$V_s = 4 \cdot H \cdot f$$

La campagna di indagine è consistita nell'esecuzione di n° 1 prospezione di sismica passiva a stazione singola (vedasi planimetria ubicazione indagini).

6. Elaborazione H.V.S.R.

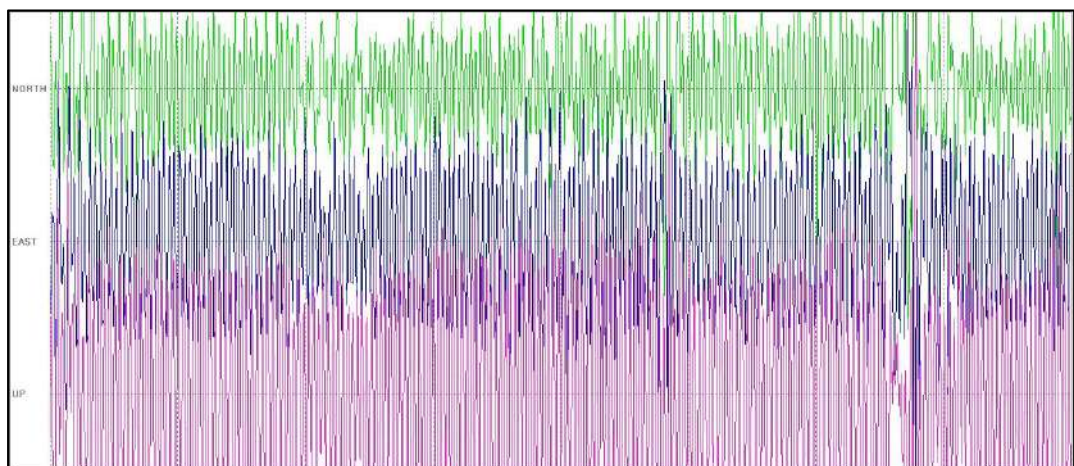
Viene riportato il report generato dal programma Grilla con il quale è stata elaborata la prospezione sismica.

Campo Melato Quota: ~ 52 m s.l.m.
Coordinate - Latitudine: 44°41'27.89"N Longitudine: 10°38'51.67"E
Strumento: TRZ-0128/01-10
Formato dati: 16 byte Fondo scala: ± 1.2 mm/s
Sensibilità: 0.15 micrometri/s Frequenza sismometro: 0.8 Hz
Inizio registrazione: 09/06/20 14:26:12 Fine registrazione: 09/06/20 14:56:11
Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 10%

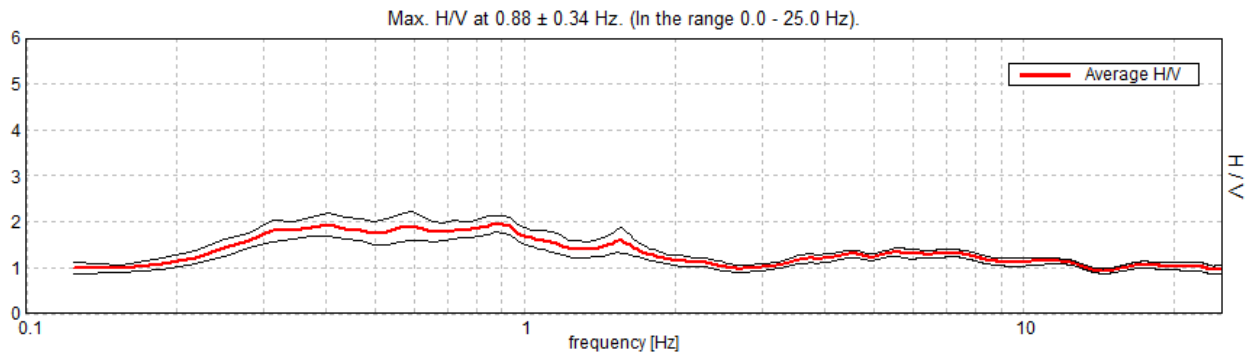


Figura 6: Postazione HVSR n.1

TRACCIA SEGNALE SCOMPOSTA NELLE TRE COMPONENTI

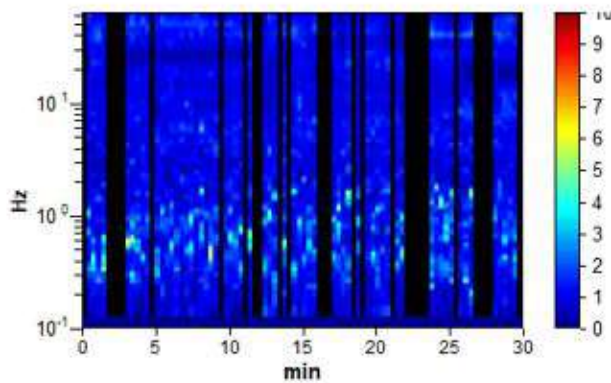


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

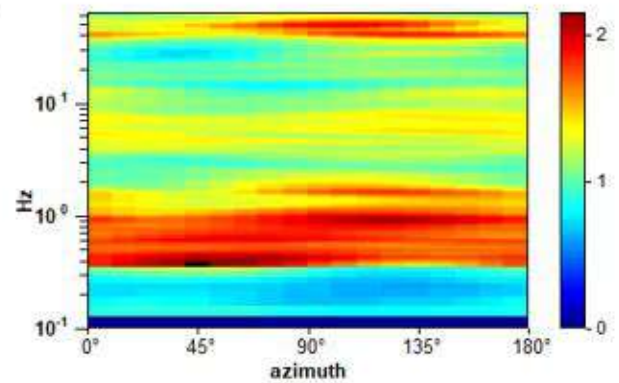


Nel grafico la curva rossa rappresenta il rapporto H/V medio, mentre le curve nere, dette "curve di confidenza", sono il risultato della moltiplicazione (curva superiore) e della divisione (curva inferiore) dei valori del rapporto H/V medio per la deviazione standard.

SERIE TEMPORALE H/V

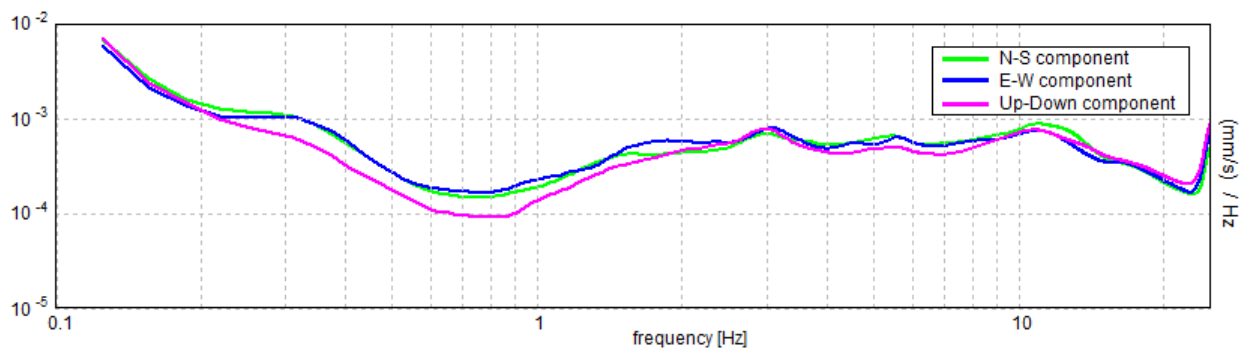


DIREZIONALITA' H/V



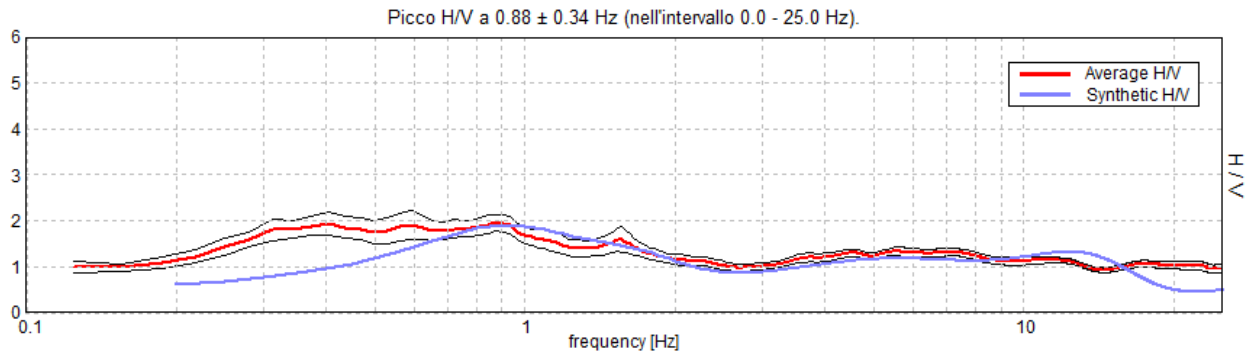
Il primo grafico mostra il segnale nella serie temporale. Il secondo grafico, invece, mostra come il colore rappresenti l'ampiezza del rapporto H/V per ogni 10° di rotazione.

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



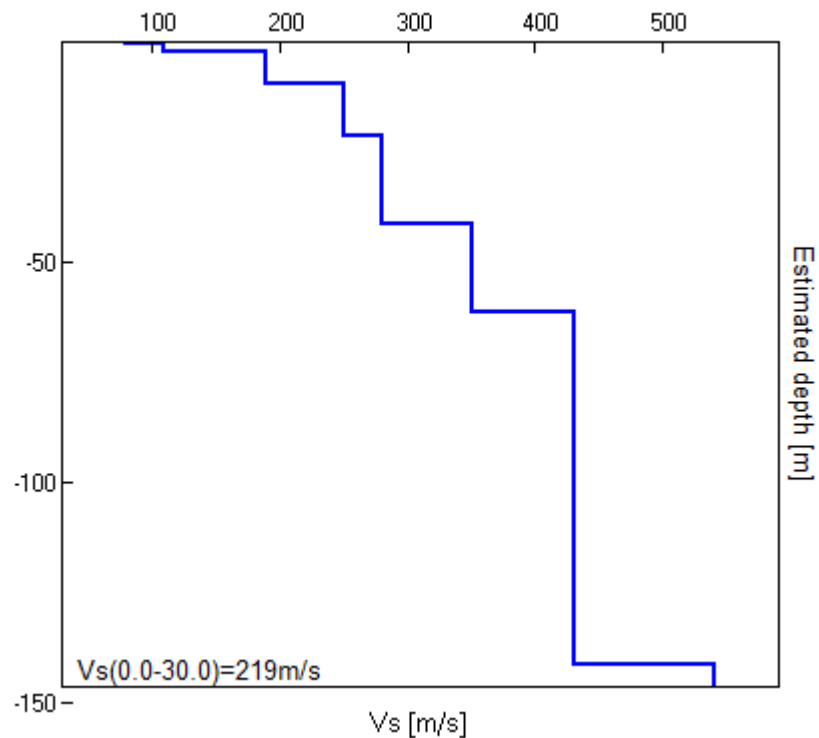
Il grafico raggruppa gli spettri delle tre componenti (in magenta la componente Verticale, in verde la componente orizzontale Nord – Sud, in blu la componente orizzontale Est – Ovest).

H/V SPERIMENTALE vs H/V SINTENTICO



Nel grafico vengono rappresentate la curva di ellitticità sperimentale in rosso e la curva di ellitticità sintetica in blu che meglio approssima quella sperimentale.

MODELLO STRATIGRAFICO E PROFILO VELOCITÀ ONDE SISMICHE DI VOLUME: V_s



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	80	0.42
2.20	2.00	110	0.42
9.20	7.00	190	0.42
21.20	12.00	250	0.42
41.20	20.00	280	0.42
61.20	20.00	350	0.42
141.20	80.00	430	0.42
inf.	inf.	540	0.42

$$V_s [0.0; 30.0 \text{ m}] = 219 \text{ m/s}$$

Nella tabella seguente, si illustra la qualità del segnale acquisito in base al progetto SESAME (linee guida 2005). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi.

Si osserva che il picco a 0.88 ± 0.34 Hz può essere considerato la frequenza di amplificazione del sito.

Picco H/V a 0.88 ± 0.34 Hz (nell'intervallo 0.0 - 25.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1067.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 43	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.96 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.3834 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.33548 < 0.13125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.186 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

7. Interpretazione H.V.S.R.

I risultati delle misure realizzate con il tromografo (Tromino) nell'area oggetto della presente campagna di indagine hanno permesso di correlare il diagramma che rappresenta il rapporto tra H/V, le frequenze delle onde sismiche e la stratigrafia dell'area.

In particolare si nota una notevole omogeneità dei profili dei grafici HVSR con la presenza di deboli riflettori in superficie con picchi di origine stratigrafica a partire dalla profondità di:

- ~ **140** metri con una corrispondente frequenza H/V di **0.88** Hz ed un'ampiezza della curva H/V pari a **1.96**;

Lo si constata nei grafici "RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE" e "H/V SPERIMENTALE VS H/V SINTETICO" per ogni elaborazione HVSR precedentemente riportate. Il confronto tra i grafici spettrali e le colonne stratigrafiche ha mostrato una buona congruenza dei dati ed una buona correlabilità dei picchi con la stratigrafia dei primi 30 metri di sottosuolo oltre ad aver fornito informazioni sulla litologia profonda.

La curva sintetica H/V creata, applicando i riferimenti teorici esposti nelle pagine precedenti, ha mostrato un'ideale sovrapposizione con la curva misurata. La bontà dell'indagine HVSR è testimoniata anche dal grafico "DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V" (vedasi Elaborazioni): i massimi soddisfano le condizioni di isodirezionalità. Attraverso il grafico "SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI" in ciascuna prospezione, l'andamento dello spettro della componente verticale (in magenta), in relazione a quello delle componenti orizzontali (in blu ed in verde), permette di avere un'indicazione sulla natura dei picchi evidenziati dal rapporto H/V nel grafico "RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE", ossia se di origine naturale o antropica.

Ebbene, il massimo significativo riscontrato ed evidenziato è un puro picco lito-stratigrafico poiché:

- 1) Si verifica lungo un non limitato range di frequenze:
- **[0.3; 1.4]** Hz.
2. La componente verticale, essendo minore di quelle orizzontali, nel grafico "SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI", determina nel range suddetto un incremento del rapporto H/V;
3. Le componenti spettrali orizzontali, nel grafico "SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI" precisamente in verde quella N-S ed in blu quella E-W, si rincorrono sub-parallele talvolta quasi indistinguibili;

4. In corrispondenza della f_0 nei grafici "RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE" e "H/V SPERIMENTALE VS H/V SINTENTICO, si riscontra nel grafico "SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI" un minimo locale della componente verticale (in magenta), tipico marker stratigrafico, determinando così una forma ad ogiva;

5. Alla $2f_0$, nei grafici "RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE" e "H/V SPERIMENTALE VS H/V SINTENTICO, il picco a campana si chiude ed al contempo nel grafico "SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI" sempre alla $2f_0$ si constata un massimo locale della componente verticale (in magenta).

Per tali considerazioni eziologiche, il massimo suddetto è dovuto alla stratigrafia del sottosuolo e non a disturbi antropici (che generano artefatti, presenti anch'essi in talune acquisizioni ma ben distinti in fase di elaborazione ed interpretazione e di conseguenza separati, attutiti e non presi in considerazione, previo lisciamiento) e rappresenta pertanto la f_0 , ossia la frequenza di risonanza fondamentale del picco H/V.

Alle altre frequenze, il rapporto H/V è sempre al di sotto di 2 con andamento debolmente sinuoso e poco frastagliato.

Si ricorda che quando l'ampiezza del rapporto H/V risulta essere < 2 significa che il contrasto di impedenza ($Z = \rho * V_s$), prodotto della densità ρ e la velocità delle onde S è alquanto basso. Come si evince dalle elaborazioni suddette, picchi nitidi, ben definiti e significativi indicano un contrasto di impedenza cospicuo mentre picchi larghi, molto estesi, a mo' di plateau, indicano un passaggio lito-stratigrafico poco marcato, poco netto ma graduale, sintomo di un esiguo contrasto di impedenza ($Z = \rho_1 * V_1 / \rho_0 * V_0$), ossia il rapporto tra i prodotti della densità ρ e la velocità delle onde S tra due strati.

A tal proposito: *"Nel 2004 il progetto SESAME ha stabilito una serie di criteri – presenti alla fine di ogni elaborazione all'interno della relazione – per la valutazione della significatività dei picchi H/V. Si tratta di criteri di tipo statistico. I primi tre riguardano l'affidabilità della curva nel suo insieme e la correttezza delle finestre temporali scelte per l'elaborazione. Tale parte è pertanto dedicata alla valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V. In pratica, individuata la frequenza del picco di risonanza, i tre criteri aiutano a verificare se la registrazione è stata effettuata per un periodo abbastanza lungo e analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati. La seconda parte che consta di sei criteri riguarda invece la valutazione della chiarezza del picco H/V, sia rispetto alle frequenze circostanti la f_0 che alla sua stabilità nei rapporti H/V delle singole finestre. In pratica viene analizzata la morfologia del picco e si valuta semplicemente se questi ha una forma geometricamente ben definita. Questa parte dei test SESAME dimostra che solo un contatto netto tra litotipi diversi dal punto di vista meccanico genera picchi nitidi. Le transazioni gradualì (per esempio roccia fratturata su roccia integra, passaggi da limo-argilloso a sabbia limosa, alternanza di lava con vario*

grado di alterazione et similia) generano più spesso amplificazione in una banda larga di frequenze. In questo caso eventuali non superamenti dei criteri SESAME non significano che non ci siano risonanze importanti ma solo che non si riscontrano picchi ben definiti. Naturalmente i criteri SESAME risultano non soddisfatti nei siti che non presentano amplificazione importante. I criteri suddetti considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Questo criterio ha carattere puramente empirico. Tuttavia va tenuto presente che massimi H/V di ampiezza inferiore a 2 in corrispondenza della f_0 indicano bassi contrasti di impedenza" (da Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, Dario Albarello, Silvia Castellaro).

L'interpretazione ed il risultato delle prospezioni eseguite nel territorio comunale di **Reggio Emilia** sono avvalorate sia dall'abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (f_0) determinate dalle misure H/V, sia dai grafici seguenti.

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Figura 7: Relazione tra gli spessori delle coperture (h) ed i valori delle frequenze di risonanza (f_0)

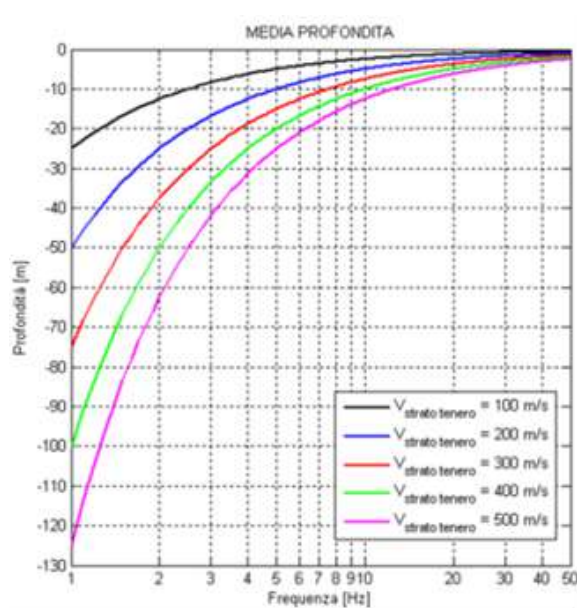


Figura 8: Relazione tra spessori dello strato risonante e frequenza di risonanza in funzione della V_s media dello strato risonante.

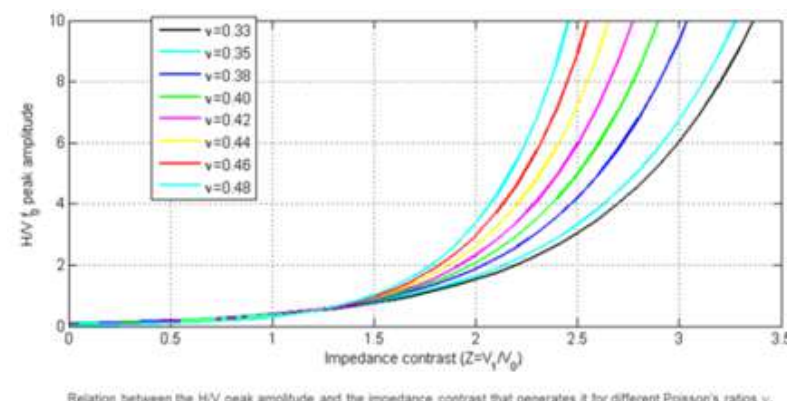


Figura 9: Relazione di prima approssimazione tra l'ampiezza del picco H/V ed il contrasto di impedenza (inteso come rapporto di V_s tra due strati) in funzione del modulo di Poisson nel caso delle onde di Rayleigh.

Si nota altresì un graduale incremento di velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio V_s con l'aumentare della profondità. Il parametro $V_{s,eq}$ richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), computato a partire dal piano campagna ove sono state eseguite le indagini geofisiche di sismica passiva a stazione singola, è pari a **≈ 219 m/s** (il bedrock è a 0.88 Hz corrispondente ad una profondità di ~ 140 m).

Pertanto la categoria di suolo di fondazione è **C**. Precisamente: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

L'acquisizione, l'elaborazione e l'interpretazione della prospezione sismica eseguita corroborano in maniera icastica i risultati ottenuti ed evidenziati nello Studio di Microzonazione Sismica, precisamente nella Carta delle Frequenze” del comune di Reggio nell'Emilia.

8. Risposta sismica locale

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, attualmente aggiornato dal D.M. del 17/1/2018, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere. L'azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale. Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- **ag** = accelerazione orizzontale massima;
- **Fo** = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **Tc*** = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno TR di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati. I valori dei parametri a_g , F_o e T_{c^*} per la definizione dell'Azione Sismica possono essere calcolati mediante l'utilizzo del programma di calcolo “Calcolo Spettro Sismico”, ideato dagli GEOSTRU, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di riferimento (**Fig.11**).



Figura 10: Profilo Topografico

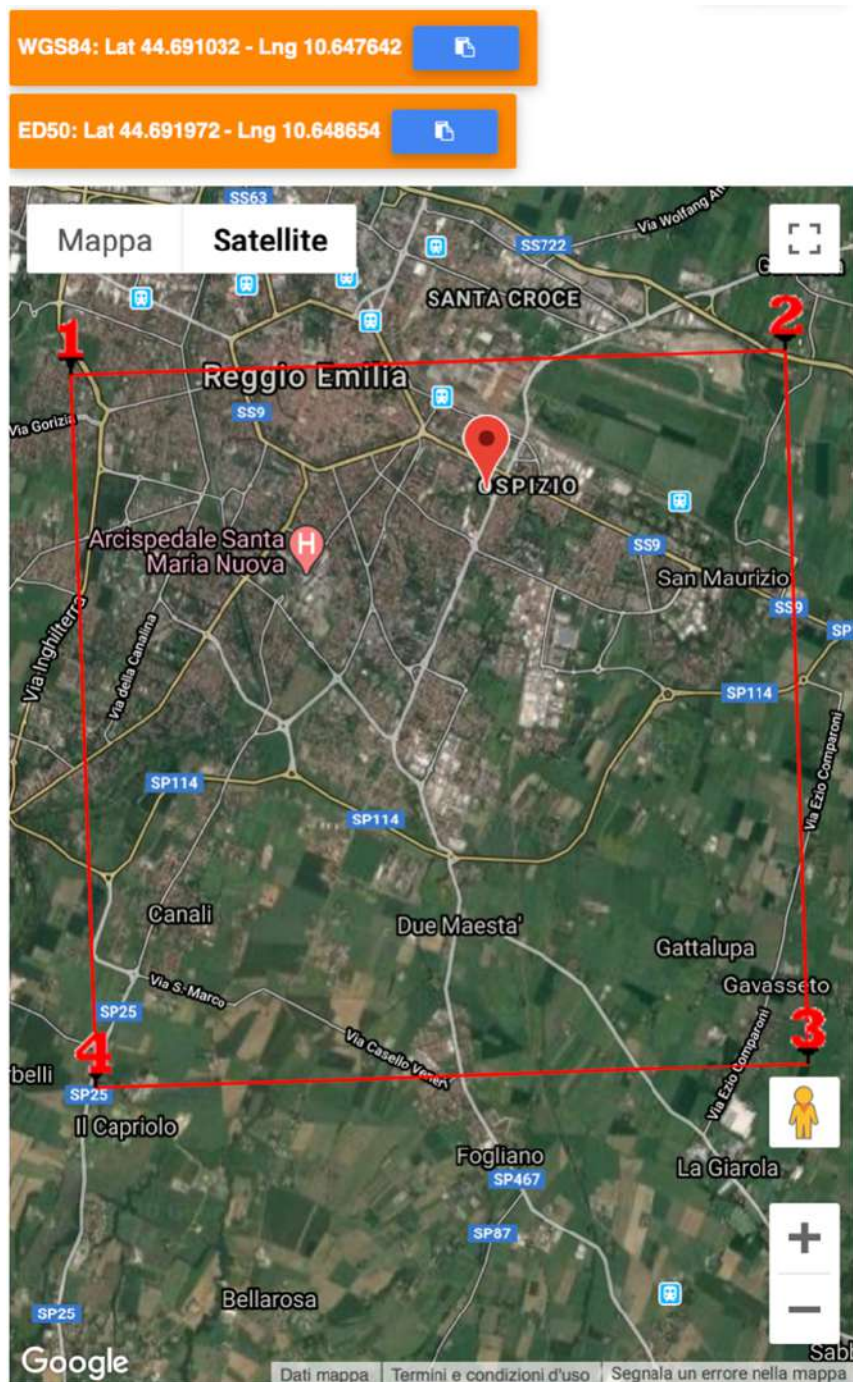


Figura 11: Coordinate geografiche sito di riferimento

Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

Sito in esame.

latitudine: 44,691972 [°]

longitudine: 10,648654 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	15832	44,700000	10,607670	3360,2
Sito 2	15833	44,701680	10,677940	2554,1
Sito 3	16055	44,651710	10,680260	5127,3
Sito 4	16054	44,650030	10,610100	5571,8

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,048	2,472	0,249
Danno (SLD)	63	50	0,060	2,500	0,264
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,158	2,378	0,288
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,202	2,386	0,305

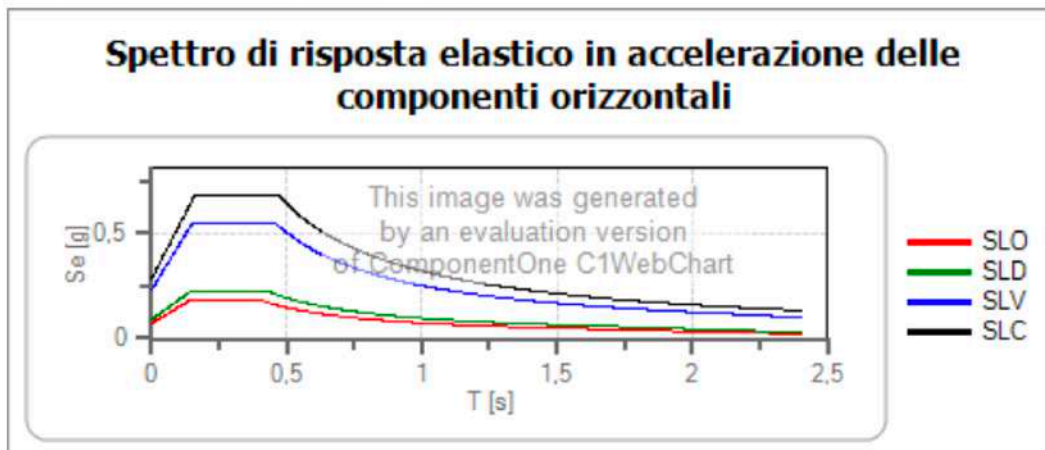
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,660	1,000	0,014	0,007	0,709	0,200
SLD	1,500	1,630	1,000	0,018	0,009	0,882	0,200
SLV	1,480	1,580	1,000	0,056	0,028	2,288	0,240
SLC	1,410	1,550	1,000	0,080	0,040	2,792	0,280

Spettri di risposta

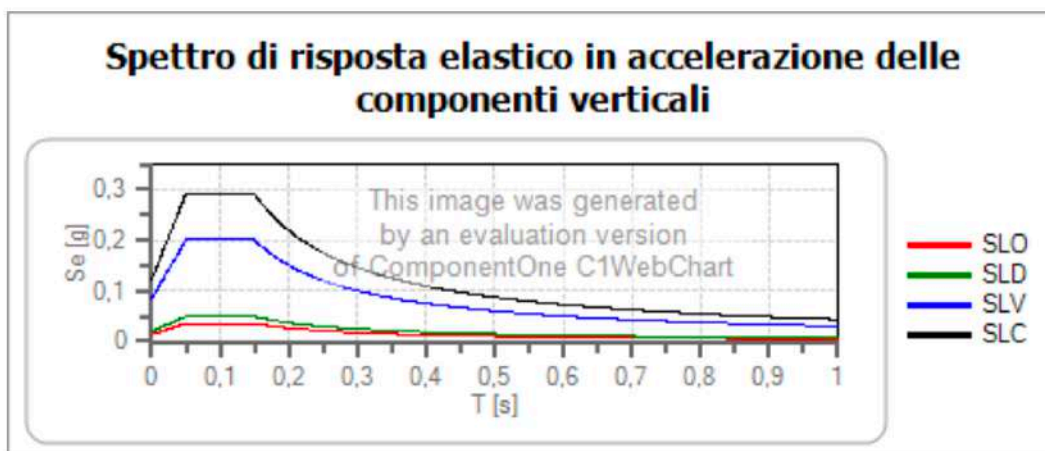
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,048	2,472	0,249	1,500	1,660	1,000	1,500	1,000	0,138	0,413	1,793
SLD	1	0,060	2,500	0,264	1,500	1,630	1,000	1,500	1,000	0,144	0,431	1,840
SLV	1	0,158	2,378	0,288	1,480	1,580	1,000	1,480	1,000	0,152	0,455	2,231
SLC	1	0,202	2,386	0,305	1,410	1,550	1,000	1,410	1,000	0,158	0,473	2,408



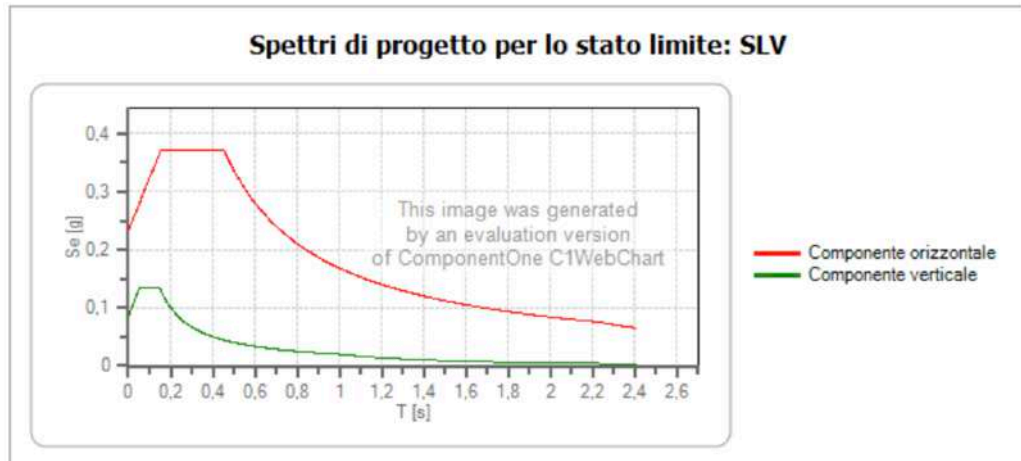
	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,048	2,472	0,249	1,000	1,660	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,060	2,500	0,264	1,000	1,630	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,158	2,378	0,288	1,000	1,580	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,202	2,386	0,305	1,000	1,550	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

I valori dei principali parametri sismici (ag , Fo , Tc^*) riferiti all'area in oggetto al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

- $ag = ag/g = 0.158$
- $Fo = 2.378$
- $Tc^* = 0.288$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha prodotto gli spettri di risposta elastica necessari per definire gli stati limite ultimo.

Nella fattispecie è stato ottenuto il grafico degli spettri elastici SLU:



	cu	ag	Fo	Tc*	Ss	Cc	St	S	q	TB	TC	TD
		[g]		[s]						[s]	[s]	[s]
SLV orizzontale	1	0,158	2,378	0,288	1,480	1,580	1,000	1,480	1,500	0,152	0,455	2,231
SLV verticale	1	0,158	2,378	0,288	1,480	1,580	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

in cui:

- S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;
- S_t = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;
- a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni – Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 17.01.2018*):

- $S_s = 1.48$ - Categoria sottosuolo C
- $S_t = 1.0$ - Categoria topografica T1
- $a_g = 0.158 g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.48 \cdot 1.0 \cdot 0.158 = 0.234 g.$$

9. Microzonazione sismica

Il Dgr 2193/2015 integra la Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornendo i criteri per l'individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica) in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento. La prima fase ha carattere qualitativo ed è diretta ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). Essa viene realizzata sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. La seconda fase ha invece come obiettivo la microzonazione sismica del territorio. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) analisi semplificata (secondo livello di approfondimento); basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologico più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard; essa viene svolta nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub- orizzontale, e sui versanti stabili con acclività minore o uguale a 15° in cui il deposito ha spessore costante;

b) analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), richiesta nei seguenti casi:

- Aree soggette a liquefazione e densificazione;
- Aree instabili e potenzialmente instabili;

- Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b "Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento" prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi approfondita (analisi di II livello). L'analisi semplificata di secondo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione F_a sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all'interno della copertura (V_{sH}) o nei primi 30 metri dalla superficie (V_{s30}), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

La Delibera Regionale 112/2007, per un'analisi semplificata di secondo livello, propone l'utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in relazione i valori di V_{sH} o di V_{s30} con i fattori di amplificazione. Le varie Tabelle rispecchiano situazioni geologiche tipiche del territorio regionale, tra le quali occorre scegliere quella che meglio corrisponde alle caratteristiche dell'area di studio. I fattori stimati esprimono l'amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. Essi possono essere espressi sia come rapporto di PGA che come rapporto tra le intensità spettrali calcolate sugli spettri di pseudo-velocità all'interno di tre intervalli distinti:

- SI1: 0.1-0.5 sec
- SI2: 0.5-1.0 sec
- SI3: 0.5-1.5 sec

. La tabella di riferimento per la valutazione dei fattori di amplificazione F_a è riportata nella sottostante tabella:

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

La tabella è relativa ad una stratigrafia della Pianura 2 ovvero il settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e del tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.

In base al valore di V_{seq} pari a V_{seq} : 219 m/s, ottenuto estrapolando i dati dell'indagine geofisica HVSR, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

$$PGA \text{ F.A.} = 1.7$$

$$SI \ 1(0.1 - 0.5 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 2.0$$

$$SI \ 2(0.5 - 1.0 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 3.0$$

$$SI \ 3(0.5 - 1.5 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 3.3$$

10. Valutazione del potenziale di liquefazione

Con il termine liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa. In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dai punti 7.11.3.4.2. e C7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche. Pur avendo l'indagine penetrometrica accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli di limi sabbiosi e sabbie limose che si alternano alle argille, è stato tuttavia appurato, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione da basso a molto basso.

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

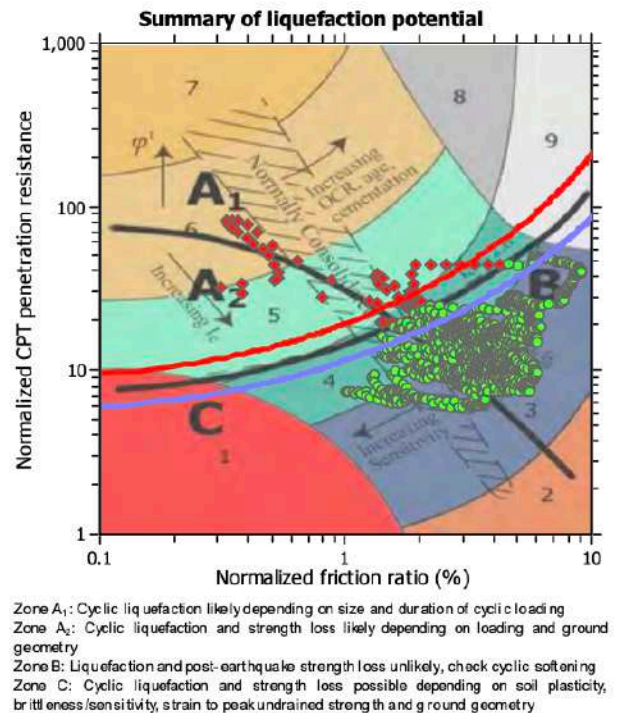
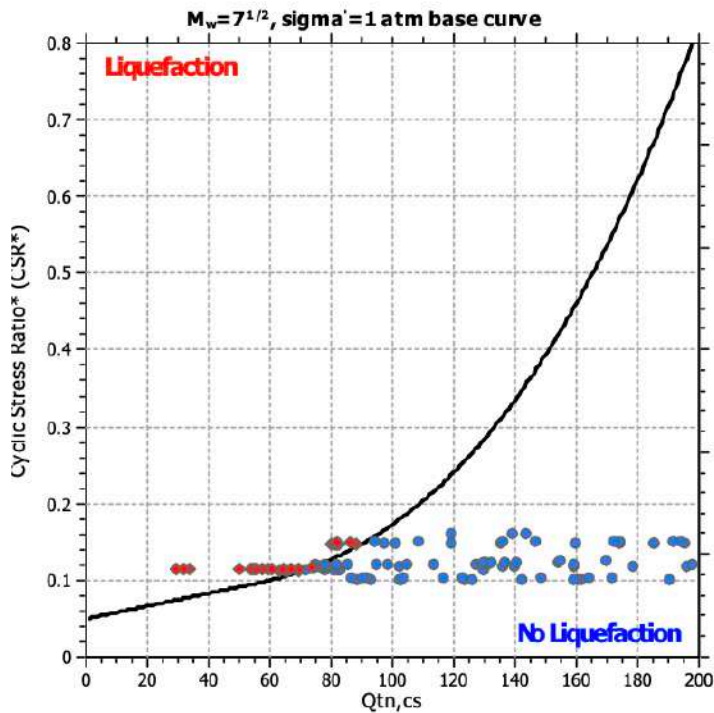
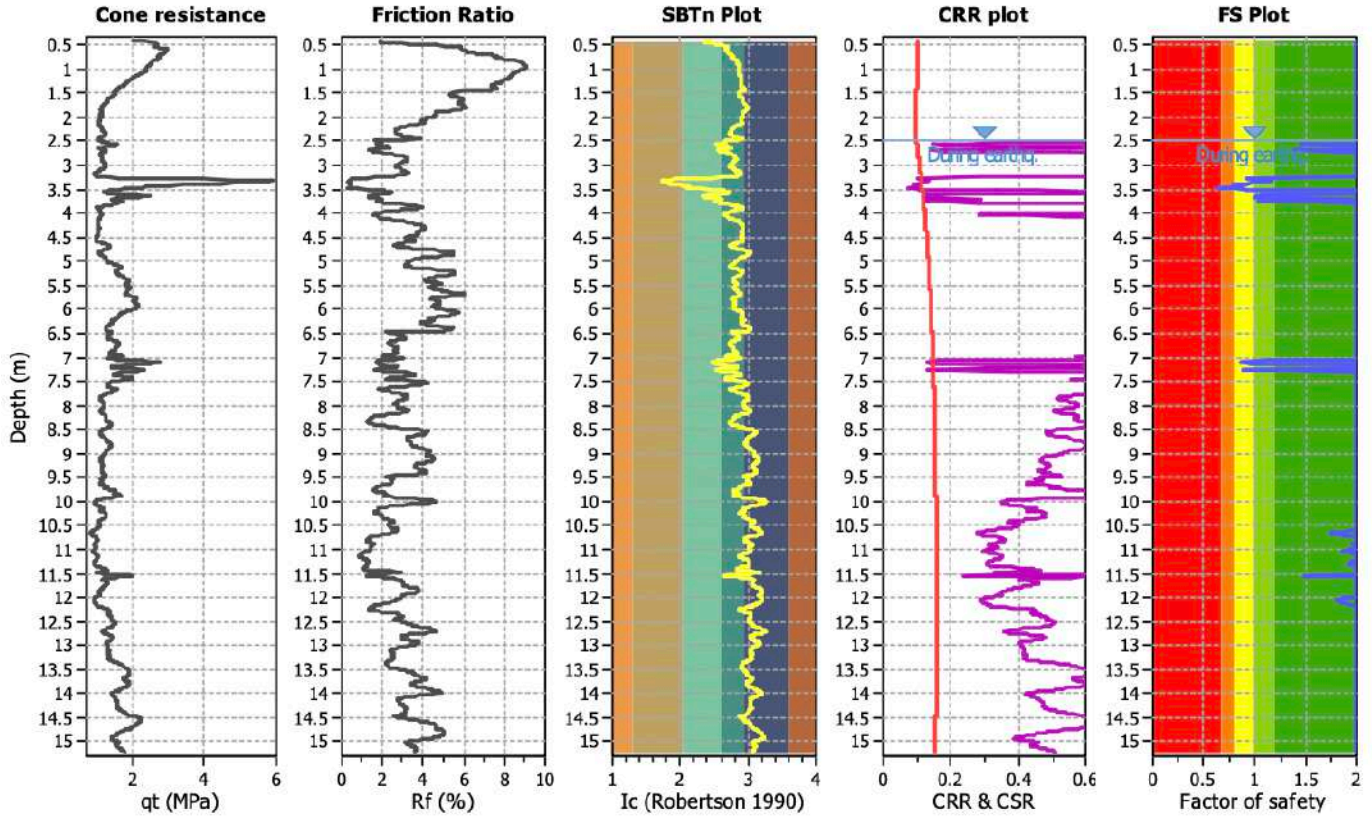
Project title : Fondazione per lo Sport Reggio Emilia

Location : Campo Calcio "Melato"

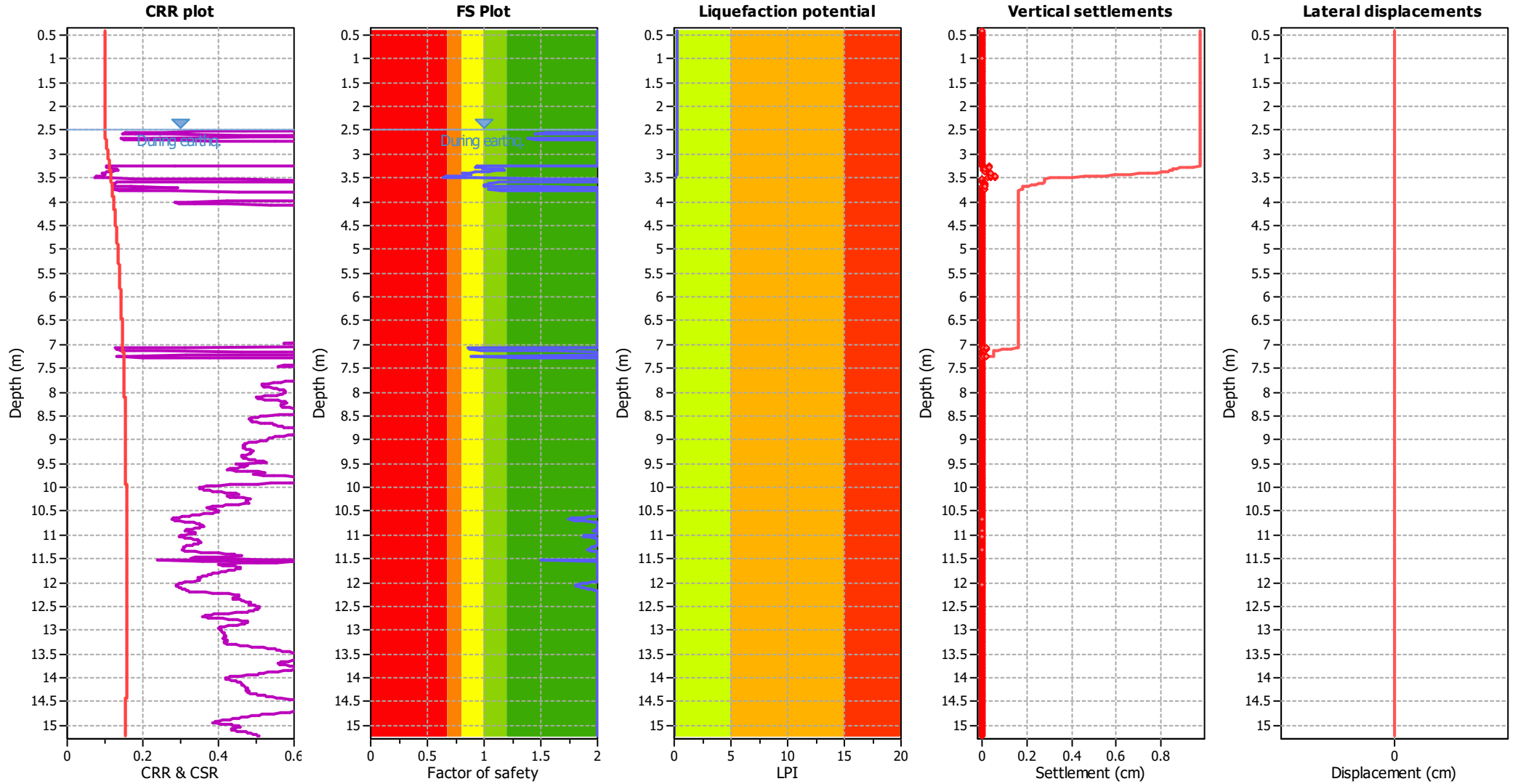
CPT file : 3

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	2.50 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.91	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.23	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_g applied:	Yes	MSF method:	Method based



Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (earthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	5.91	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

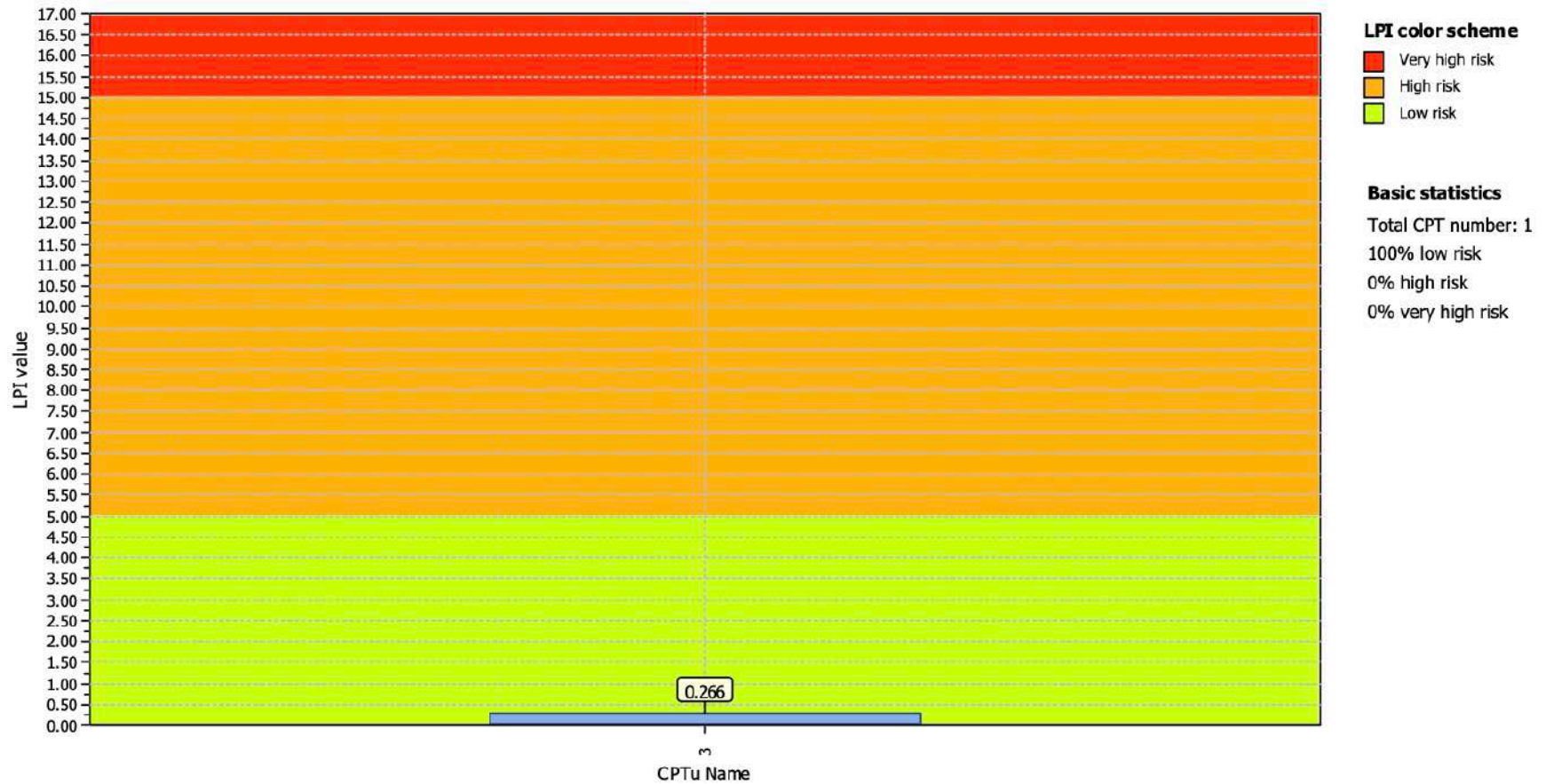
LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Project title : Fondazione per lo Sport Reggio Emilia

Location : Campo Calcio "Melato"

Overall Liquefaction Potential Index report



:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
0.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
1.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
2.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.55	1.83	0.00	0.00	0.01	0.00	2.56	1.56	0.00	0.00	0.01	0.00
2.57	1.45	0.00	0.00	0.01	0.00	2.58	1.81	0.00	0.00	0.01	0.00
2.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.67	1.50	0.00	0.00	0.01	0.00	2.68	1.39	0.00	0.00	0.01	0.00
2.69	1.46	0.00	0.00	0.01	0.00	2.70	1.79	0.00	0.00	0.01	0.00
2.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.26	0.94	0.06	27.86	0.01	0.00
3.27	0.92	0.08	11.50	0.01	0.01	3.28	0.95	0.05	37.12	0.01	0.00
3.29	1.01	0.00	0.00	0.01	0.00	3.30	0.98	0.02	50286.00	0.01	0.00
3.31	1.10	0.00	0.00	0.01	0.00	3.32	1.17	0.00	0.00	0.01	0.00
3.33	1.18	0.00	0.00	0.01	0.00	3.34	1.15	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
3.35	1.11	0.00	0.00	0.01	0.00	3.36	1.04	0.00	0.00	0.01	0.00
3.37	0.98	0.02	10406.46	0.01	0.00	3.38	0.92	0.08	9.58	0.01	0.01
3.39	0.87	0.13	3.68	0.01	0.01	3.40	0.83	0.17	2.21	0.01	0.01
3.41	0.80	0.20	1.68	0.01	0.02	3.42	0.88	0.12	4.22	0.01	0.01
3.43	0.85	0.15	2.76	0.01	0.01	3.44	0.83	0.17	2.20	0.01	0.01
3.45	0.82	0.18	2.00	0.01	0.01	3.46	0.68	0.32	0.84	0.01	0.03
3.47	0.66	0.34	0.79	0.01	0.03	3.48	0.65	0.35	0.74	0.01	0.03
3.49	0.83	0.17	2.14	0.01	0.01	3.50	0.93	0.07	14.00	0.01	0.01
3.51	1.55	0.00	0.00	0.01	0.00	3.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.60	1.12	0.00	0.00	0.01	0.00
3.61	1.07	0.00	0.00	0.01	0.00	3.62	1.05	0.00	0.00	0.01	0.00
3.63	1.04	0.00	0.00	0.01	0.00	3.64	1.03	0.00	0.00	0.01	0.00
3.65	1.01	0.00	0.00	0.01	0.00	3.66	1.00	0.00	864187398	0.01	0.00
3.67	0.99	0.01	5777720.0	0.01	0.00	3.68	1.01	0.00	0.00	0.01	0.00
3.69	1.44	0.00	0.00	0.01	0.00	3.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.72	1.83	0.00	0.00	0.01	0.00
3.73	1.35	0.00	0.00	0.01	0.00	3.74	1.10	0.00	0.00	0.01	0.00
3.75	1.04	0.00	0.00	0.01	0.00	3.76	1.16	0.00	0.00	0.01	0.00
3.77	1.56	0.00	0.00	0.01	0.00	3.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
4.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
5.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
6.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.07	1.13	0.00	0.00	0.01	0.00	7.08	0.86	0.14	3.19	0.01	0.01
7.09	0.88	0.12	3.86	0.01	0.01	7.10	0.90	0.10	5.78	0.01	0.01
7.11	0.89	0.11	4.83	0.01	0.01	7.12	0.97	0.03	854.01	0.01	0.00
7.13	1.19	0.00	0.00	0.01	0.00	7.14	1.61	0.00	0.00	0.01	0.00
7.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.24	1.06	0.00	0.00	0.01	0.00
7.25	0.88	0.12	4.32	0.01	0.01	7.26	0.94	0.06	21.34	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
7.27	1.34	0.00	0.00	0.01	0.00	7.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
8.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
9.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
10.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.61	1.98	0.00	0.00	0.01	0.00	10.62	1.93	0.00	0.00	0.01	0.00
10.63	1.88	0.00	0.00	0.01	0.00	10.64	1.82	0.00	0.00	0.01	0.00
10.65	1.77	0.00	0.00	0.01	0.00	10.66	1.75	0.00	0.00	0.01	0.00
10.67	1.76	0.00	0.00	0.01	0.00	10.68	1.77	0.00	0.00	0.01	0.00
10.69	1.79	0.00	0.00	0.01	0.00	10.70	1.83	0.00	0.00	0.01	0.00
10.71	1.88	0.00	0.00	0.01	0.00	10.72	1.96	0.00	0.00	0.01	0.00
10.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.89	1.98	0.00	0.00	0.01	0.00	10.90	1.96	0.00	0.00	0.01	0.00
10.91	1.98	0.00	0.00	0.01	0.00	10.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.00	1.97	0.00	0.00	0.01	0.00
11.01	1.92	0.00	0.00	0.01	0.00	11.02	1.88	0.00	0.00	0.01	0.00
11.03	1.87	0.00	0.00	0.01	0.00	11.04	1.89	0.00	0.00	0.01	0.00
11.05	1.92	0.00	0.00	0.01	0.00	11.06	1.97	0.00	0.00	0.01	0.00
11.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
11.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.23	1.99	0.00	0.00	0.01	0.00	11.24	1.97	0.00	0.00	0.01	0.00
11.25	1.96	0.00	0.00	0.01	0.00	11.26	1.95	0.00	0.00	0.01	0.00
11.27	1.94	0.00	0.00	0.01	0.00	11.28	1.94	0.00	0.00	0.01	0.00
11.29	1.93	0.00	0.00	0.01	0.00	11.30	1.93	0.00	0.00	0.01	0.00
11.31	1.92	0.00	0.00	0.01	0.00	11.32	1.92	0.00	0.00	0.01	0.00
11.33	1.95	0.00	0.00	0.01	0.00	11.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.54	1.50	0.00	0.00	0.01	0.00
11.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.99	1.95	0.00	0.00	0.01	0.00	12.00	1.91	0.00	0.00	0.01	0.00
12.01	1.88	0.00	0.00	0.01	0.00	12.02	1.86	0.00	0.00	0.01	0.00
12.03	1.84	0.00	0.00	0.01	0.00	12.04	1.82	0.00	0.00	0.01	0.00
12.05	1.81	0.00	0.00	0.01	0.00	12.06	1.81	0.00	0.00	0.01	0.00
12.07	1.82	0.00	0.00	0.01	0.00	12.08	1.83	0.00	0.00	0.01	0.00
12.09	1.84	0.00	0.00	0.01	0.00	12.10	1.86	0.00	0.00	0.01	0.00
12.11	1.87	0.00	0.00	0.01	0.00	12.12	1.89	0.00	0.00	0.01	0.00
12.13	1.91	0.00	0.00	0.01	0.00	12.14	1.92	0.00	0.00	0.01	0.00
12.15	1.95	0.00	0.00	0.01	0.00	12.16	1.97	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
12.17	1.99	0.00	0.00	0.01	0.00	12.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
13.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)											
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
14.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
15.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

Overall liquefaction potential: 0.27

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low

LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low

LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high

LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

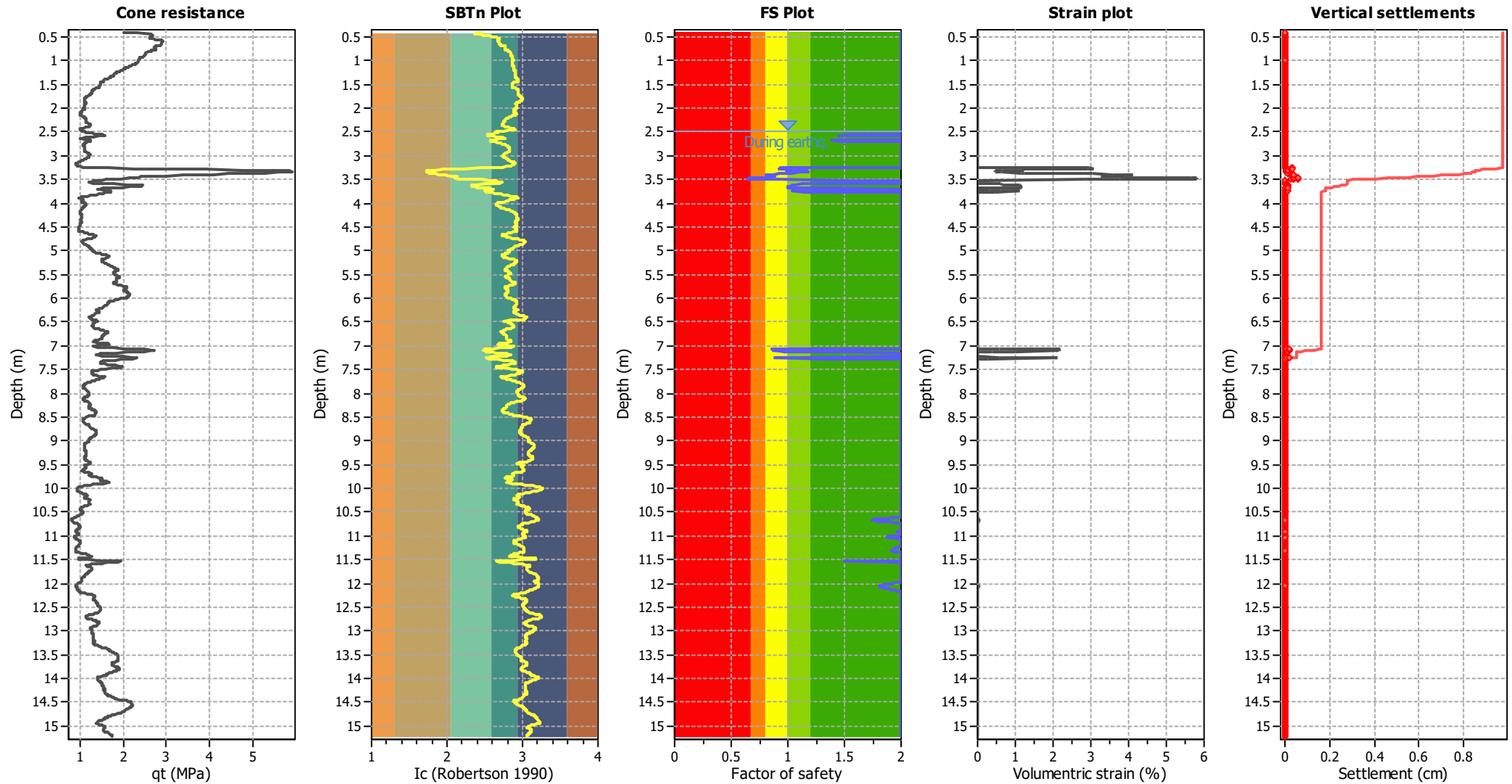
Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point

F_L: 1 - FSw_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depthd_z: Layer thickness (m)

LPI: Liquefaction potential index value for test point

Estimation of post-earthquake settlements



Abbreviations

q_t : Total cone resistance (cone resistance q_c corrected for pore water effects)
 I_c : Soil Behaviour Type Index
 FS: Calculated Factor of Safety against liquefaction
 Volumetric strain: Post-liquefaction volumetric strain

FONDAZIONE PER LO SPORT Comune di Reggio Emilia (RE)



Oggetto: "Affidamento di servizi tecnici per la redazione di Relazioni Geologiche e Pericolosità sismica di base per strutture esistenti adibite a tribune presso n° 6 (sei) impianti sportivi comunali CIG: Z3E2BEC823" - Campo di Calcio "MELATO"



STUDIO GEOLOGICO

(D.M. 17/01/2018)

INDAGINI ESEGUITE

G.3

GEOLOGO
dr. Raffaele TROCCHIA



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
GOUDA 200 kN -

Caratteristiche:

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

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

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

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

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

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

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

CONVERSIONI

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

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

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

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

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

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

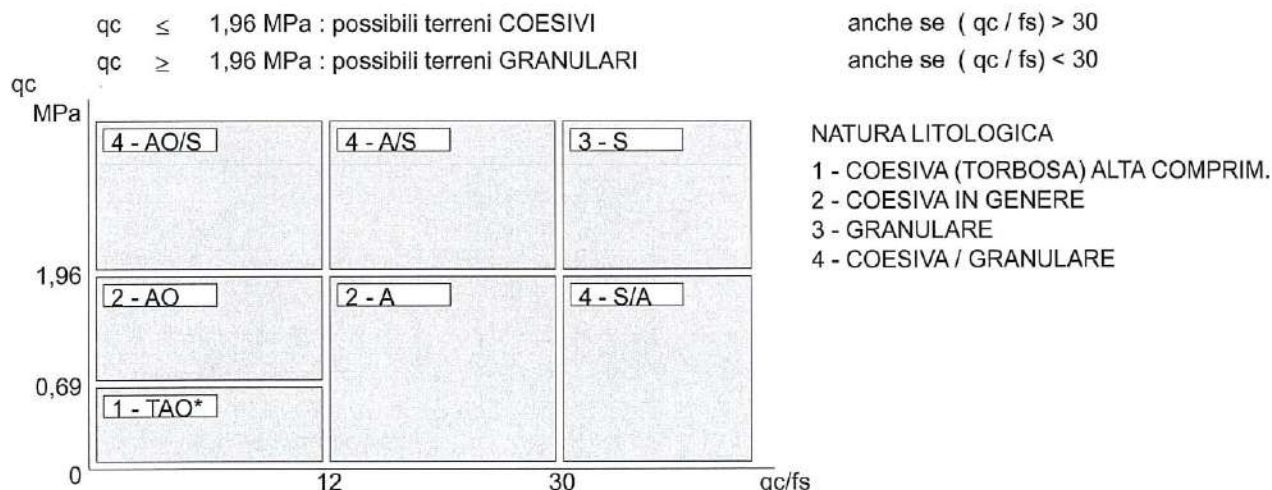
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia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

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

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

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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



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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : $\gamma' - q_c$ - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : $C_u - q_c$]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - $C_u - \sigma'_{vo}$]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - $R_p - \sigma'_{vo}$ (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : $\phi' - Dr - q_c \sigma'_{vo}$)

ϕ'_{Ca} - Caquot (1948)	ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)
ϕ'_{DB} - De Beer (1965)	ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)
ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)	ϕ'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

Committente: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
 Cantiere: Campo di Calcio "Melato"
 Località: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25

U.M.: MPa Data esec.: 09/06/2020
 Pagina: 1/2
 Elaborato: Falda: -2,50 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	93,00	0									
0,40	35,0	49,0		3,4	160,00	22	4,6								
0,60	21,0	45,0		2,1	227,00	9	10,8								
0,80	20,0	54,0		2,0	193,00	10	9,7								
1,00	21,0	50,0		2,1	160,00	13	7,6								
1,20	22,0	46,0		2,2	173,00	13	7,9								
1,40	22,0	48,0		2,2	213,00	10	9,7								
1,60	19,0	51,0		1,9	147,00	13	7,7								
1,80	18,0	40,0		1,8	153,00	12	8,5								
2,00	16,0	39,0		1,6	113,00	14	7,1								
2,20	15,0	32,0		1,5	107,00	14	7,1								
2,40	17,0	33,0		1,7	80,00	21	4,7								
2,60	16,0	28,0		1,6	80,00	20	5,0								
2,80	16,0	28,0		1,6	67,00	24	4,2								
3,00	17,0	27,0		1,7	87,00	20	5,1								
3,20	18,0	31,0		1,8	67,00	27	3,7								
3,40	11,0	21,0		1,1	47,00	23	4,3								
3,60	10,0	17,0		1,0	80,00	13	8,0								
3,80	12,0	24,0		1,2	40,00	30	3,3								
4,00	10,0	16,0		1,0	87,00	11	8,7								
4,20	13,0	26,0		1,3	100,00	13	7,7								
4,40	15,0	30,0		1,5	93,00	16	6,2								
4,60	18,0	32,0		1,8	80,00	23	4,4								
4,80	20,0	32,0		2,0	67,00	30	3,4								
5,00	19,0	29,0		1,9	93,00	20	4,9								
5,20	19,0	33,0		1,9	107,00	18	5,6								
5,40	24,0	40,0		2,4	107,00	22	4,5								
5,60	25,0	41,0		2,5	120,00	21	4,8								
5,80	24,0	42,0		2,4	113,00	21	4,7								
6,00	24,0	41,0		2,4	93,00	26	3,9								
6,20	21,0	35,0		2,1	93,00	23	4,4								
6,40	16,0	30,0		1,6	87,00	18	5,4								
6,60	14,0	27,0		1,4	67,00	21	4,8								
6,80	16,0	26,0		1,6	73,00	22	4,6								
7,00	20,0	31,0		2,0	73,00	27	3,7								
7,20	15,0	26,0		1,5	47,00	32	3,1								
7,40	19,0	26,0		1,9	53,00	36	2,8								
7,60	18,0	26,0		1,8	87,00	21	4,8								
7,80	15,0	28,0		1,5	53,00	28	3,5								
8,00	14,0	22,0		1,4	60,00	23	4,3								
8,20	15,0	24,0		1,5	80,00	19	5,3								
8,40	14,0	26,0		1,4	73,00	19	5,2								
8,60	12,0	23,0		1,2	80,00	15	6,7								
8,80	16,0	28,0		1,6	80,00	20	5,0								
9,00	21,0	33,0		2,1	93,00	23	4,4								
9,20	22,0	36,0		2,2	133,00	17	6,0								
9,40	120,0	140,0		11,8	200,00	60	1,7								
9,60	140,0	170,0		13,7	333,00	42	2,4								
9,80	300,0	350,0		29,4	333,00	90	1,1								
10,00	350,0	400,0		34,3											

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 Lt = terza lettura (totale)
 CT = 10,00 costante di trasformazione

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

FON018

Software by dott. Geol. Diego Morlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

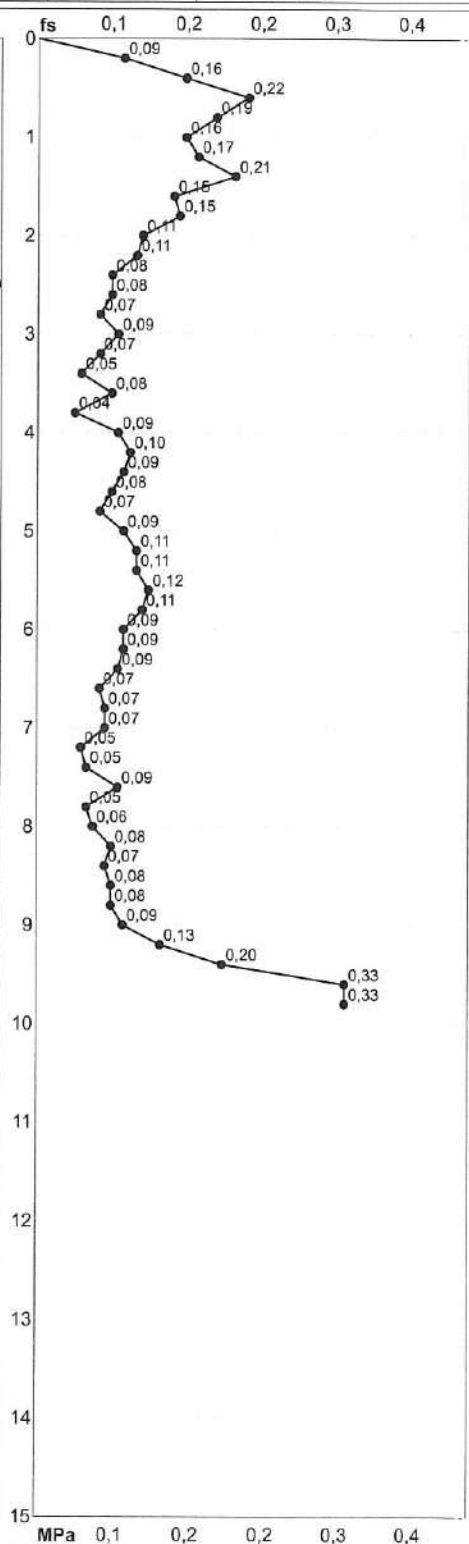
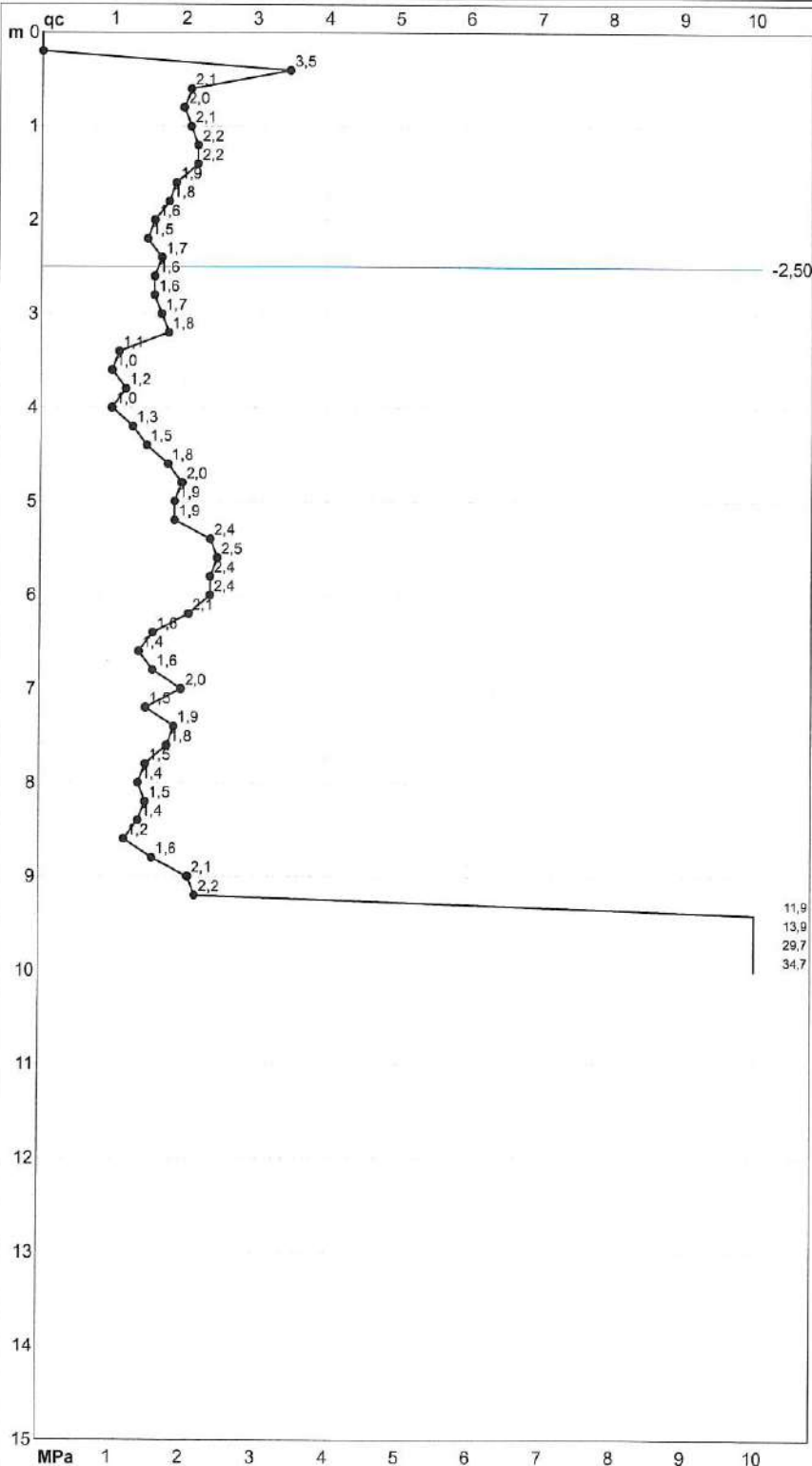
CPT

1

Committente: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
Cantiere: Campo di Calcio "Melato"
Località: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25

U.M.: MPa
Scala: 1:75
Pagina: 2/2
Elaborato:

Data esec.: 09/06/2020
Quota inizio:
Falda: -2,50 m



Penetrometro: GOUDA 200 kN
Responsabile: Dott. Geol. Raffaele Trocchia
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kN/ml

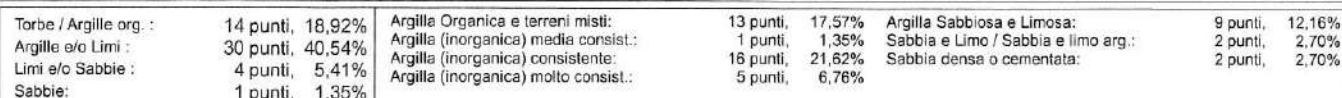
Cod. punta:

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

1

Falda: -2.50 m



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

1

Committente: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
Cantiere: Campo di Calcio "Melato"
Località: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25

U.M.: MPa Data esec.: 09/06/2020
Pagina: 2
Elaborato: Falda: -2,50 m

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																		
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.							
0,20	—	—	—	1,85	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,40	3,4	21,9	4	1,85	7,3	211	85,8	99,9	14,6	21,9	10,3	99	43	40	38	35	44	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,60	2,1	9,3	4	1,85	10,9	174	61,9	55,2	10,5	15,8	6,2	72	40	36	33	31	40	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,80	2,0	10,4	4	1,85	14,5	171	60,3	37,3	10,3	15,4	5,9	63	39	34	31	29	38	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,00	2,1	13,1	4	1,85	18,1	174	61,9	29,1	10,5	15,8	6,2	60	38	33	30	28	38	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,20	2,2	12,7	4	1,85	21,8	177	63,4	23,9	10,8	16,2	6,5	57	38	33	30	28	37	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,40	2,2	10,3	4	1,85	25,4	177	63,4	19,7	10,8	16,2	6,5	53	38	32	29	27	36	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,60	1,9	12,9	2	1,85	29,0	168	58,6	15,1	10,0	15,0	5,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,80	1,8	11,8	2	1,85	32,6	164	56,9	12,6	9,7	14,5	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,00	1,6	14,2	2	1,85	36,3	157	53,2	10,1	9,0	13,6	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,20	1,5	14,0	2	1,85	39,9	154	51,1	8,6	9,5	14,2	4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,40	1,7	21,3	2	1,85	43,5	161	55,1	8,4	10,3	15,5	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,60	1,6	20,0	2	0,96	45,4	157	53,2	7,6	11,0	16,6	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,80	1,6	23,9	2	0,96	47,3	157	53,2	7,3	11,7	17,6	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,00	1,7	19,5	2	0,97	49,2	161	55,1	7,2	12,2	18,3	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,20	1,8	26,9	2	0,98	51,1	164	56,9	7,2	12,7	19,1	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,40	1,1	23,4	2	0,91	52,9	137	41,9	4,7	14,7	22,1	4,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,60	1,0	12,5	2	0,90	54,6	132	39,2	4,1	15,3	22,9	3,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,80	1,2	30,0	4	0,88	56,4	141	44,4	4,7	15,7	23,5	4,4	13	33	25	22	20	28	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,00	1,0	11,5	2	0,90	58,1	132	39,2	3,8	16,3	24,5	3,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,20	1,3	13,0	2	0,93	59,9	145	46,8	4,6	16,7	25,0	4,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,40	1,5	16,1	2	0,95	61,8	154	51,1	5,0	17,1	25,6	4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,60	1,8	22,5	2	0,98	63,7	164	56,9	5,4	17,3	26,0	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,80	2,0	29,9	4	0,93	65,5	171	60,3	5,7	17,6	26,5	5,9	26	34	27	23	22	30	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,00	1,9	20,4	2	0,99	67,5	168	58,6	5,3	18,5	27,7	5,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,20	1,9	17,8	2	0,99	69,4	168	58,6	5,1	19,1	28,7	5,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,40	2,4	22,4	4	0,94	71,3	183	66,3	5,7	19,1	28,7	7,1	31	35	27	24	23	31	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,60	2,5	20,8	4	0,94	73,1	186	67,6	5,7	19,6	29,5	7,4	31	35	27	24	23	31	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,80	2,4	21,2	4	0,94	75,0	183	66,3	5,4	20,4	30,6	7,1	29	35	27	24	22	31	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,00	2,4	25,8	4	0,94	76,8	183	66,3	5,2	21,0	31,6	7,1	29	35	27	24	22	30	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,20	2,1	22,6	4	0,93	78,6	174	61,9	4,7	21,9	32,8	6,2	24	34	26	23	21	29	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,40	1,6	18,4	2	0,96	80,5	157	53,2	3,7	22,7	34,1	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,60	1,4	20,9	2	0,94	82,3	150	49,0	3,3	23,0	34,5	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,80	1,6	21,9	2	0,96	84,2	157	53,2	3,5	23,8	35,6	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,00	2,0	27,4	4	0,93	86,0	171	60,3	4,0	24,0	36,0	5,9	20	34	25	22	21	29	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,20	1,5	31,9	4	0,89	87,8	154	51,1	3,2	24,4	36,6	4,9	9	32	24	20	19	27	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,40	1,9	35,8	4	0,92	89,6	168	58,6	3,7	25,3	37,9	5,7	17	33	25	22	20	28	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,60	1,8	20,7	2	0,98	91,5	164	56,9	3,5	25,8	38,7	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,80	1,5	28,3	2	0,95	93,4	154	51,1	3,0	25,4	38,1	4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,00	1,4	23,3	2	0,94	95,2	150	49,0	2,7	25,2	37,7	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,20	1,5	18,8	2	0,95	97,1	154	51,1	2,8	26,0	38,9	4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,40	1,4	19,2	2	0,94	98,9	150	49,0	2,6	25,6	38,4	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,60	1,2	15,0	2	0,92	100,7	141	44,4	2,3	24,2	36,3	4,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,80	1,6	20,0	2	0,96	102,6	157	53,2	2,8	27,2	40,8	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,00	2,1	22,6	4	0,93	104,4	174	61,9	3,3	29,2	43,8	6,2	17	33	25	21	20	28	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,20	2,2	16,5	3	0,93	106,3	177	63,4	3,3	29,7	44,6	6,5	18	33	25	21	20	28	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,40	11,8	60,0	3	1,03	108,3	336	—	—	—	—	—	76	40	33	30	28	37	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,60	13,7	42,0	3	1,06	110,4	356	—	—	—	—	—	81	41	34	31	29	38	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,80	29,4	90,1	3	1,15	112,6	475	—	—	—	—	—	100	43	37	35	32	41	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,00	34,3	—	3	1,15	114,9	503	—	—	—	—	—	100	43	38	35	33	42	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT
2

 Committente: **Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia**

 U.M.: **MPa**

 Data esec.: **09/06/2020**

 Cantiere: **Campo di Calcio "Melato"**

 Pagina: **1/2**

 Località: **Reggio Emilia, via Olimpia n. 25**

Elaborato:

 Falda: **-2,50 m**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	127,00	0									
0,40	24,0	43,0		2,4	120,00	20	5,0								
0,60	22,0	40,0		2,2	187,00	12	8,5								
0,80	22,0	50,0		2,2	187,00	12	8,5								
1,00	20,0	48,0		2,0	173,00	12	8,7								
1,20	20,0	46,0		2,0	147,00	14	7,4								
1,40	18,0	40,0		1,8	127,00	14	7,1								
1,60	17,0	36,0		1,7	107,00	16	6,3								
1,80	14,0	30,0		1,4	107,00	13	7,6								
2,00	14,0	30,0		1,4	107,00	13	7,6								
2,20	16,0	32,0		1,6	107,00	15	6,7								
2,40	15,0	31,0		1,5	80,00	19	5,3								
2,60	16,0	28,0		1,6	80,00	20	5,0								
2,80	16,0	28,0		1,6	67,00	24	4,2								
3,00	19,0	29,0		1,9	80,00	24	4,2								
3,20	18,0	30,0		1,8	67,00	27	3,7								
3,40	11,0	21,0		1,1	80,00	14	7,3								
3,60	12,0	24,0		1,2	73,00	16	6,1								
3,80	14,0	25,0		1,4	67,00	21	4,8								
4,00	10,0	20,0		1,0	60,00	17	6,0								
4,20	12,0	21,0		1,2	53,00	23	4,4								
4,40	18,0	26,0		1,8	47,00	38	2,6								
4,60	19,0	26,0		1,9	60,00	32	3,2								
4,80	18,0	27,0		1,8	93,00	19	5,2								
5,00	21,0	35,0		2,1	107,00	20	5,1								
5,20	20,0	36,0		2,0	113,00	18	5,7								
5,40	20,0	37,0		2,0	93,00	22	4,7								
5,60	21,0	35,0		2,1	93,00	23	4,4								
5,80	22,0	36,0		2,2	87,00	25	4,0								
6,00	24,0	37,0		2,4	93,00	26	3,9								
6,20	24,0	38,0		2,4	113,00	21	4,7								
6,40	25,0	42,0		2,5	93,00	27	3,7								
6,60	24,0	38,0		2,4	133,00	18	5,5								
6,80	15,0	35,0		1,5	133,00	11	8,9								
7,00	16,0	36,0		1,6	107,00	15	6,7								
7,20	20,0	36,0		2,0	113,00	18	5,7								
7,40	21,0	38,0		2,1	107,00	20	5,1								
7,60	26,0	42,0		2,5	113,00	23	4,3								
7,80	22,0	39,0		2,2	93,00	24	4,2								
8,00	15,0	29,0		1,5	133,00	11	8,9								
8,20	20,0	40,0		2,0	120,00	17	6,0								
8,40	21,0	39,0		2,1	93,00	23	4,4								
8,60	13,0	27,0		1,3	80,00	16	6,2								
8,80	16,0	28,0		1,6	80,00	20	5,0								
9,00	12,0	24,0		1,2	127,00	9	10,6								
9,20	22,0	41,0		2,2	127,00	17	5,8								
9,40	21,0	40,0		2,1	127,00	17	6,0								
9,60	17,0	36,0		1,7	80,00	21	4,7								
9,80	12,0	24,0		1,2	33,00	36	2,8								
10,00	18,0	23,0		1,8	133,00	14	7,4								
10,20	19,0	39,0		1,9											

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

FON018

Software by dott. Geol. Diego Marlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

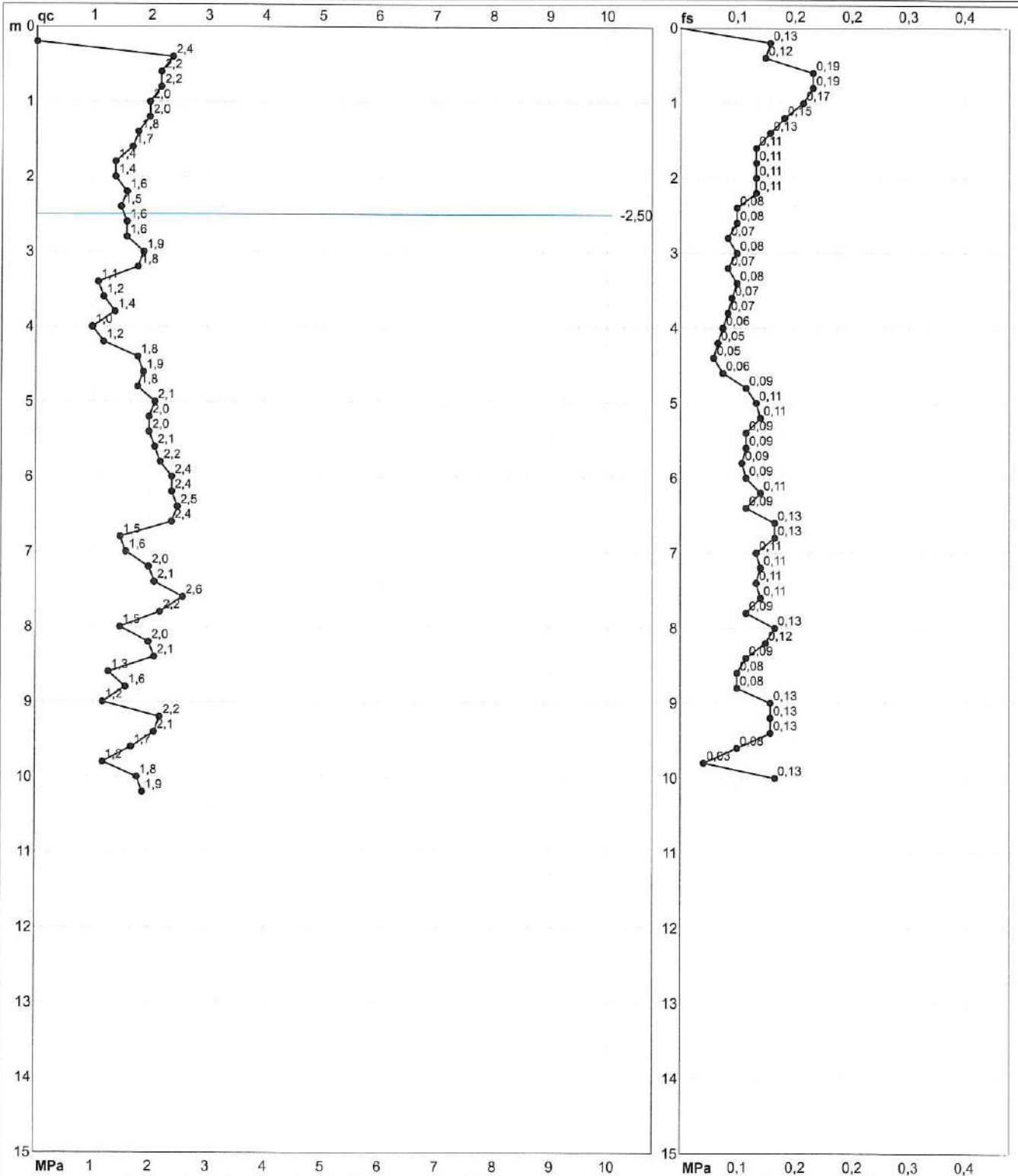
2

Committente: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
 Cantiere: Campo di Calcio "Melato"
 Località: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25

U.M.: MPa
 Scala: 1:75
 Pagina: 2/2
 Elaborato:

Data esec.: 09/06/2020

Quota inizio:
 Falda: -2,50 m



Penetrometro: GOUDA 200 kN
 Responsabile: Dott. Geol. Raffaele Trocchia
 Assistente:

Preforo: m
 Corr.astine: kN/ml

Cod. punta:

FON018

Software by dott. Geol. Diogo Morlin 0426-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

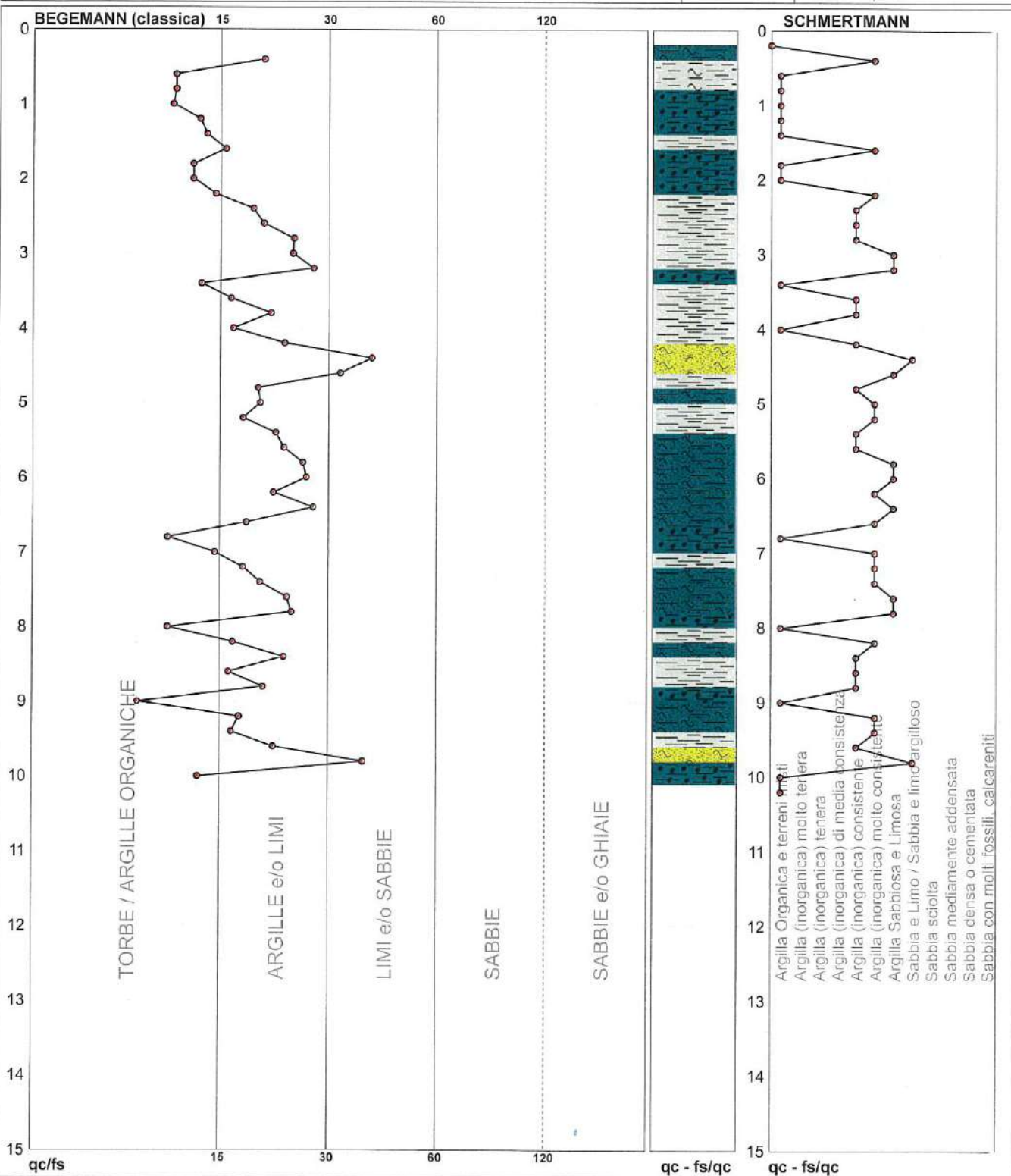
CPT

2

Committente: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
 Cantiere: Campo di Calcio "Melato"
 Località: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25

U.M.: MPa
 Scala: 1:75
 Pagina: 1
 Elaborato:

Data esec.: 09/06/2020
 Falda: -2,50 m



Torbe / Argille org.:	15 punti, 20,27%	Argilla Organica e terreni misti:	13 punti, 17,57%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	8 punti, 10,81%
Argille e/o Limi:	32 punti, 43,24%	Argilla (inorganica) consistente:	13 punti, 17,57%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	2 punti, 2,70%
Limi e/o Sabbie:	3 punti, 4,05%	Argilla (inorganica) molto consistente:	13 punti, 17,57%		

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merini 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

2

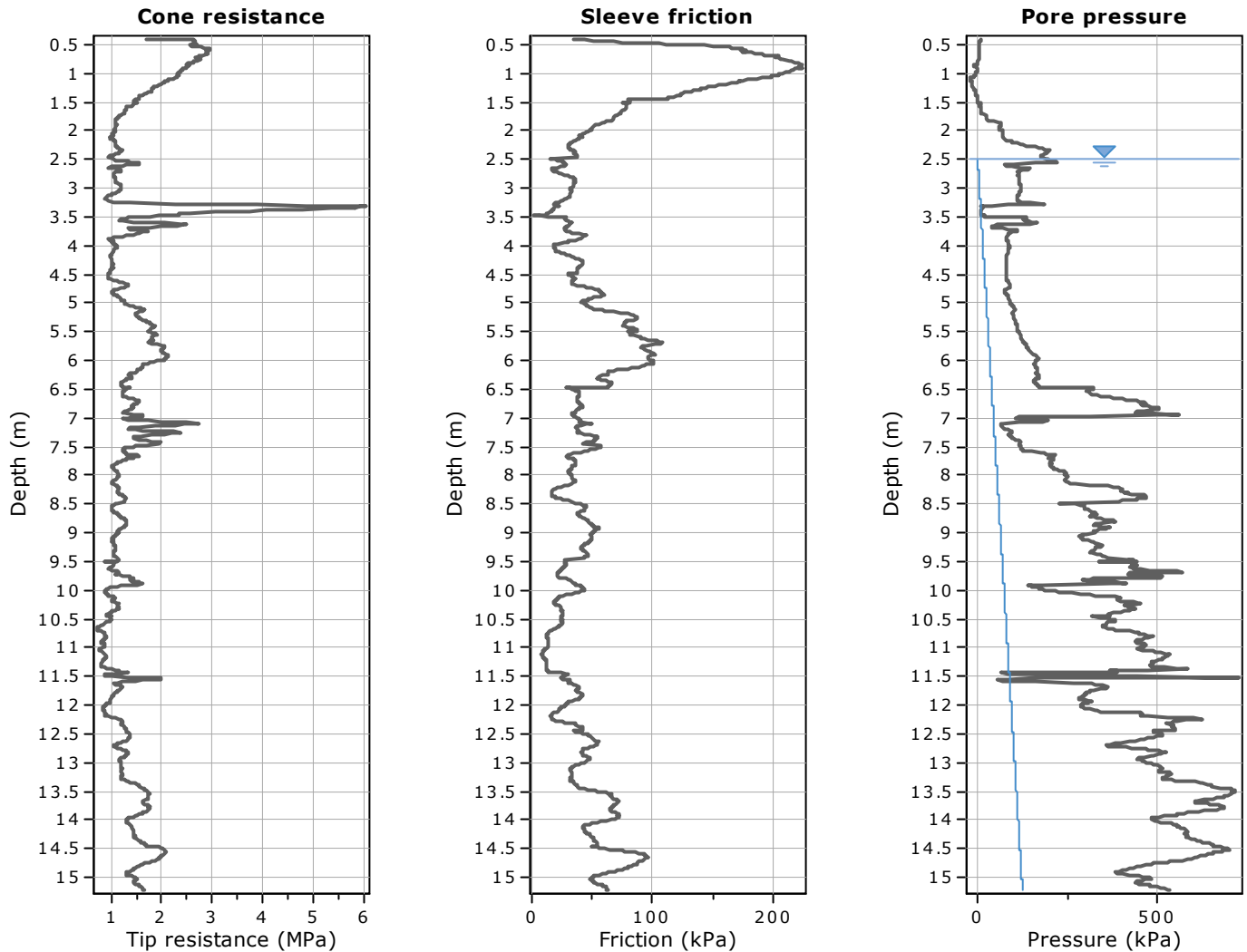
Committente: **Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia**
 Cantiere: **Campo di Calcio "Melato"**
 Località: **Reggio Emilia, via Olimpia n. 25**

U.M.: **MPa** Data esec.: **09/06/2020**
 Pagina: **2**
 Elaborato: **Falda: -2,50 m**

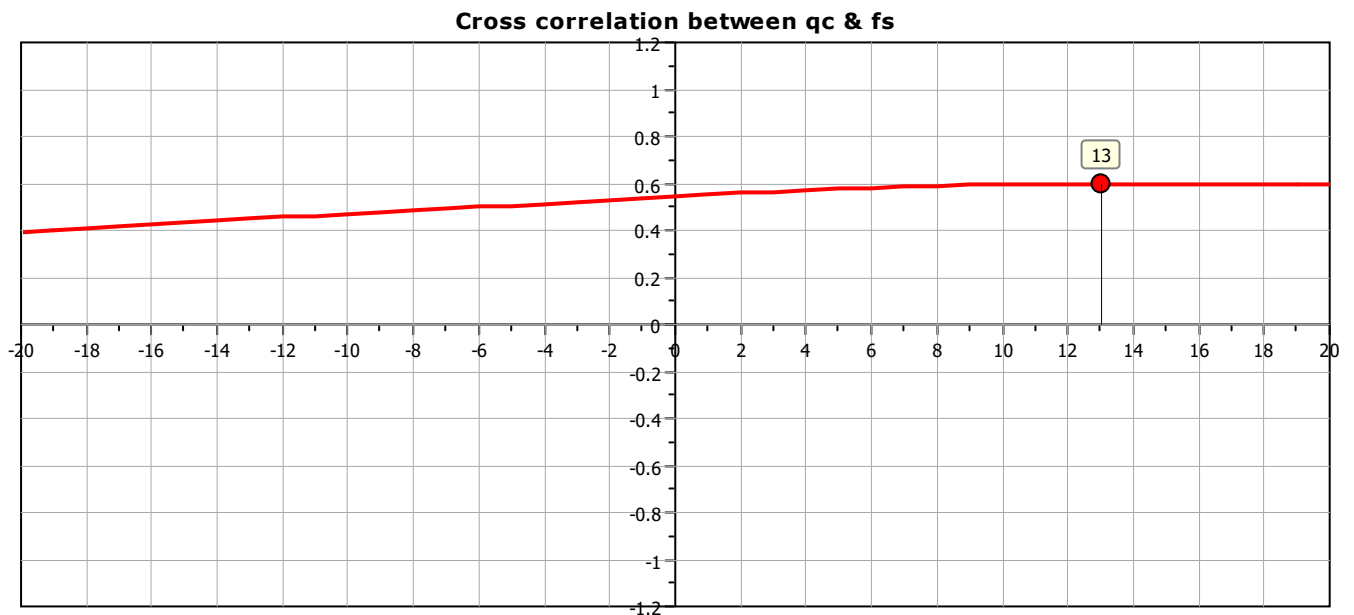
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0,20	—	—	—	1,85	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,40	2,4	20,0	4	1,85	7,3	183	66,3	99,7	11,3	16,9	7,1	86	42	38	36	33	42	28	—	—	3,9	5,9	7,1
0,60	2,2	11,8	4	1,85	10,9	177	63,4	56,9	10,8	16,2	6,5	74	40	36	33	31	40	28	—	—	3,6	5,4	6,5
0,80	2,2	11,8	4	1,85	14,5	177	63,4	39,7	10,8	16,2	6,5	67	39	35	32	30	39	28	—	—	3,6	5,4	6,5
1,00	2,0	11,6	4	1,85	18,1	171	60,3	28,2	10,3	15,4	5,9	58	38	33	30	28	37	27	—	—	3,3	4,9	5,9
1,20	2,0	13,6	4	1,85	21,8	171	60,3	22,5	10,3	15,4	5,9	53	38	32	29	27	36	27	—	—	3,3	4,9	5,9
1,40	1,8	14,2	2	1,85	25,4	164	56,9	17,2	9,7	14,5	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,60	1,7	15,9	2	1,85	29,0	161	55,1	14,0	9,4	14,0	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,80	1,4	13,1	2	1,85	32,6	150	49,0	10,4	8,3	12,5	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,00	1,4	13,1	2	1,85	36,3	150	49,0	9,1	8,6	12,9	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,20	1,6	15,0	2	1,85	39,9	157	53,2	9,0	9,5	14,2	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,40	1,5	18,8	2	1,85	43,5	154	51,1	7,7	10,6	15,9	4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,60	1,6	20,0	2	0,96	45,4	157	53,2	7,6	11,0	16,6	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,80	1,6	23,9	2	0,96	47,3	157	53,2	7,3	11,7	17,6	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,00	1,9	26,8	2	0,99	49,2	168	58,6	7,8	11,9	17,8	5,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,20	1,8	26,9	2	0,98	51,1	164	56,9	7,2	12,7	19,1	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,40	1,1	13,8	2	0,91	52,9	137	41,9	4,7	14,7	22,1	4,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,60	1,2	16,4	2	0,92	54,7	141	44,4	4,8	15,2	22,8	4,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,80	1,4	20,9	2	0,94	56,6	150	49,0	5,2	15,5	23,2	4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,00	1,0	16,7	2	0,90	58,3	132	39,2	3,8	16,4	24,6	3,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,20	1,2	22,6	2	0,92	60,1	141	44,4	4,3	16,8	25,2	4,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,40	1,8	38,3	4	0,91	61,9	164	56,9	5,6	16,7	25,0	5,5	24	34	26	23	22	30	27	—	—	2,9	4,4	5,3
4,60	1,9	31,7	4	0,92	63,7	168	58,6	5,7	17,1	25,7	5,7	25	34	27	23	22	30	27	—	—	3,1	4,7	5,6
4,80	1,8	19,4	2	0,98	65,7	164	56,9	5,3	18,0	27,0	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,00	2,1	19,6	4	0,93	67,5	174	61,9	5,6	18,2	27,3	6,2	27	35	27	24	22	30	27	—	—	3,4	5,1	6,2
5,20	2,0	17,7	4	0,93	69,3	171	60,3	5,3	18,9	28,4	5,9	25	34	26	23	22	30	27	—	—	3,3	4,9	5,9
5,40	2,0	21,5	4	0,93	71,1	171	60,3	5,1	19,6	29,3	5,9	26	34	26	23	22	30	27	—	—	3,3	4,9	5,9
5,60	2,1	22,6	4	0,93	72,9	174	61,9	5,1	20,1	30,1	6,2	25	34	26	23	22	30	27	—	—	3,4	5,1	6,2
5,80	2,2	25,3	4	0,93	74,8	177	63,4	5,1	20,6	30,8	6,5	27	34	26	23	22	30	28	—	—	3,6	5,4	6,5
6,00	2,4	25,8	4	0,94	76,6	183	66,3	5,2	21,0	31,5	7,1	29	35	27	24	22	30	28	—	—	3,9	5,9	7,1
6,20	2,4	21,2	4	0,94	78,4	183	66,3	5,1	21,6	32,4	7,1	28	35	27	23	22	30	28	—	—	3,9	5,9	7,1
6,40	2,5	26,9	4	0,94	80,3	186	67,6	5,1	22,1	33,2	7,4	29	35	27	24	22	30	28	—	—	4,1	6,1	7,4
6,60	2,4	18,0	4	0,94	82,1	183	66,3	4,8	22,8	34,2	7,1	27	35	26	23	22	30	28	—	—	3,9	5,9	7,1
6,80	1,5	11,3	2	0,95	84,0	154	51,1	3,4	23,6	35,4	4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,00	1,6	15,0	2	0,96	85,9	157	53,2	3,4	24,2	36,3	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,20	2,0	17,7	4	0,93	87,7	171	60,3	3,9	24,6	36,8	5,9	19	34	25	22	21	29	27	—	—	3,3	4,9	5,9
7,40	2,1	19,6	4	0,93	89,5	174	61,9	4,0	25,0	37,5	6,2	21	34	25	22	21	29	27	—	—	3,4	5,1	6,2
7,60	2,5	23,0	4	0,95	91,4	189	68,9	4,4	25,5	38,3	7,6	27	35	26	23	22	30	28	—	—	4,2	6,4	7,6
7,80	2,2	23,7	4	0,93	93,2	177	63,4	3,9	26,2	39,3	6,5	21	34	25	22	21	29	28	—	—	3,6	5,4	6,5
8,00	1,5	11,3	2	0,95	95,1	164	51,1	2,9	25,7	38,5	4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,20	2,0	16,7	4	0,93	96,9	171	60,3	3,5	27,3	40,9	5,9	17	33	25	21	20	28	27	—	—	3,3	4,9	5,9
8,40	2,1	22,6	4	0,93	98,7	174	61,9	3,5	27,8	41,8	6,2	18	33	25	22	20	28	27	—	—	3,4	5,1	6,2
8,60	1,3	18,3	2	0,93	100,5	145	46,8	2,4	25,1	37,6	4,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,80	1,6	20,0	2	0,96	102,4	157	53,2	2,8	27,2	40,8	5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,00	1,2	9,4	2	0,92	104,2	141	44,4	2,2	24,5	36,7	4,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,20	2,2	17,3	4	0,93	106,0	177	63,4	3,3	29,7	44,5	6,5	18	33	25	21	20	28	28	—	—	3,6	5,4	6,5
9,40	2,1	16,5	4	0,93	107,9	174	61,9	3,1	29,8	44,8	6,2	16	33	24	21	20	28	27	—	—	3,4	5,1	6,2
9,60	1,7	21,3	2	0,97	109,8	161	55,1	2,7	28,6	42,9	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,80	1,2	36,4	4	0,88	111,5	141	44,4	2,0	24,9	37,3	4,4	—	31	21	18	17	25	26	—	—	2,0	2,9	3,5
10,00	1,8	13,5	2	0,98	113,4	164	56,9	2,7	29,6	44,4	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,20	1,9	—	3	0,85	115,1	168	—	—	—	—	—	11	33	24	20	19	27	27	—	—	3,1	4,7	5,6

Project: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia

Location: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25 - Campo di Calcio "Melato"

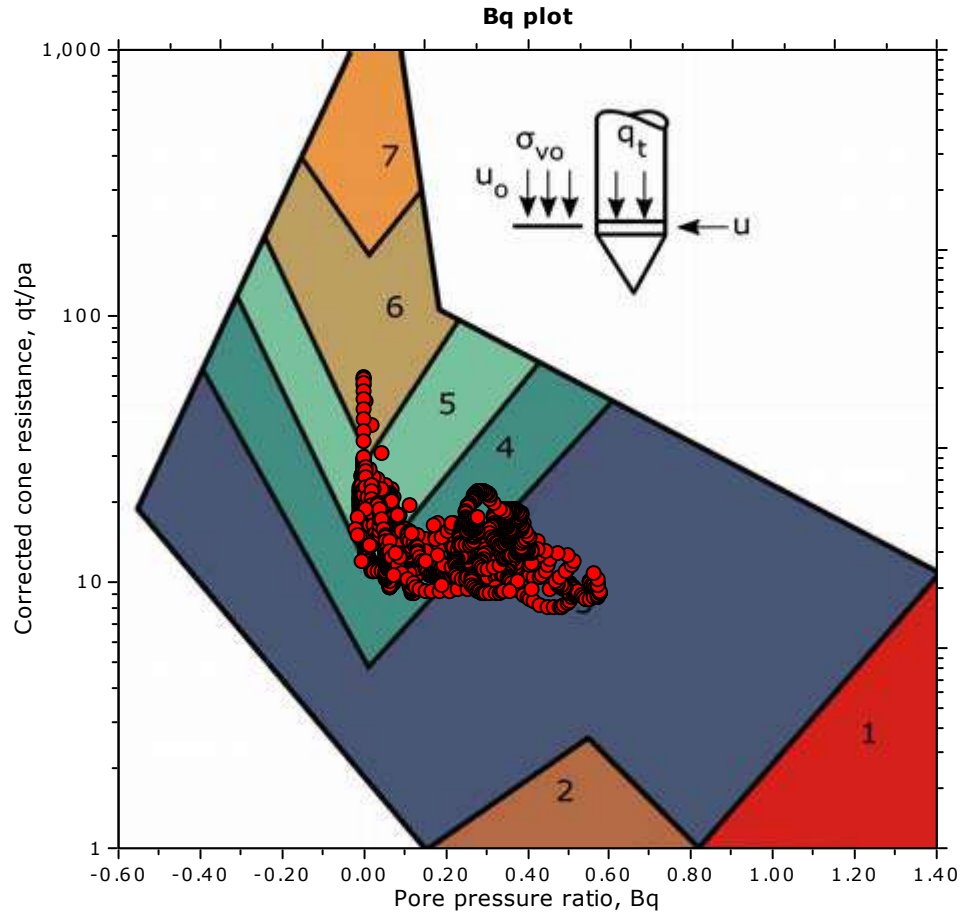
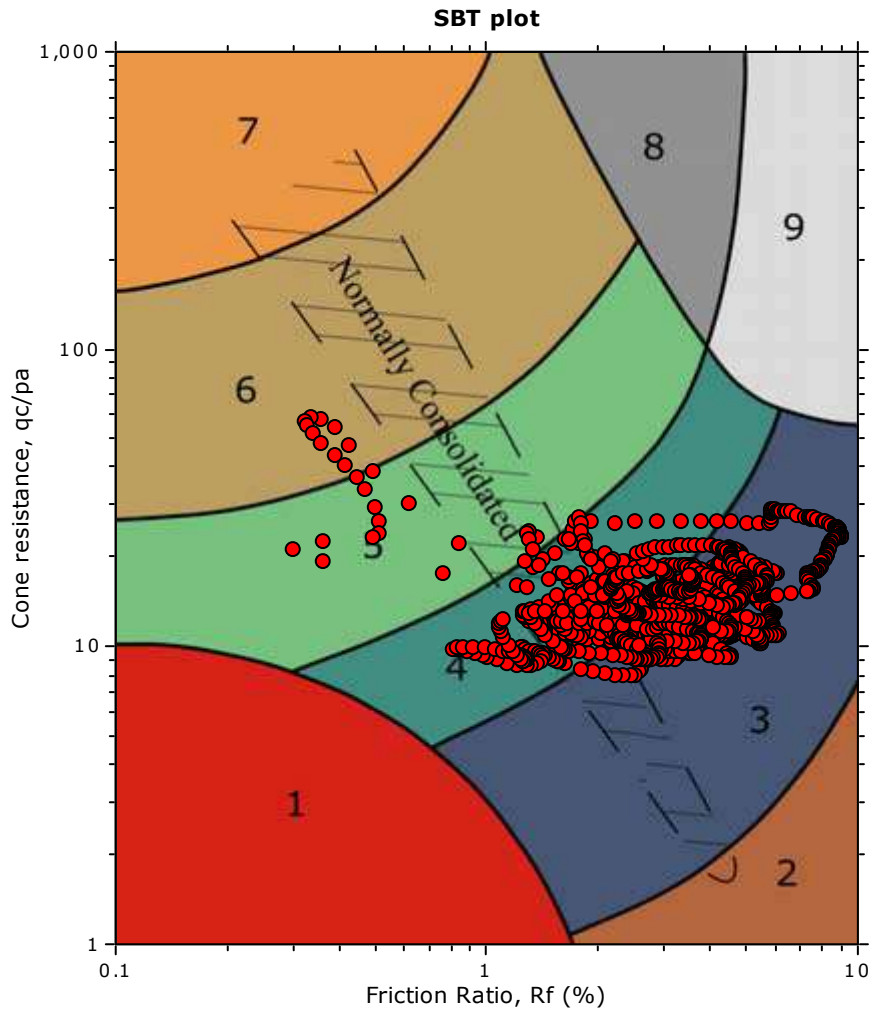


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



Project: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
Location: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25 - Campo di Calcio "Melato"

SBT - Bq plots

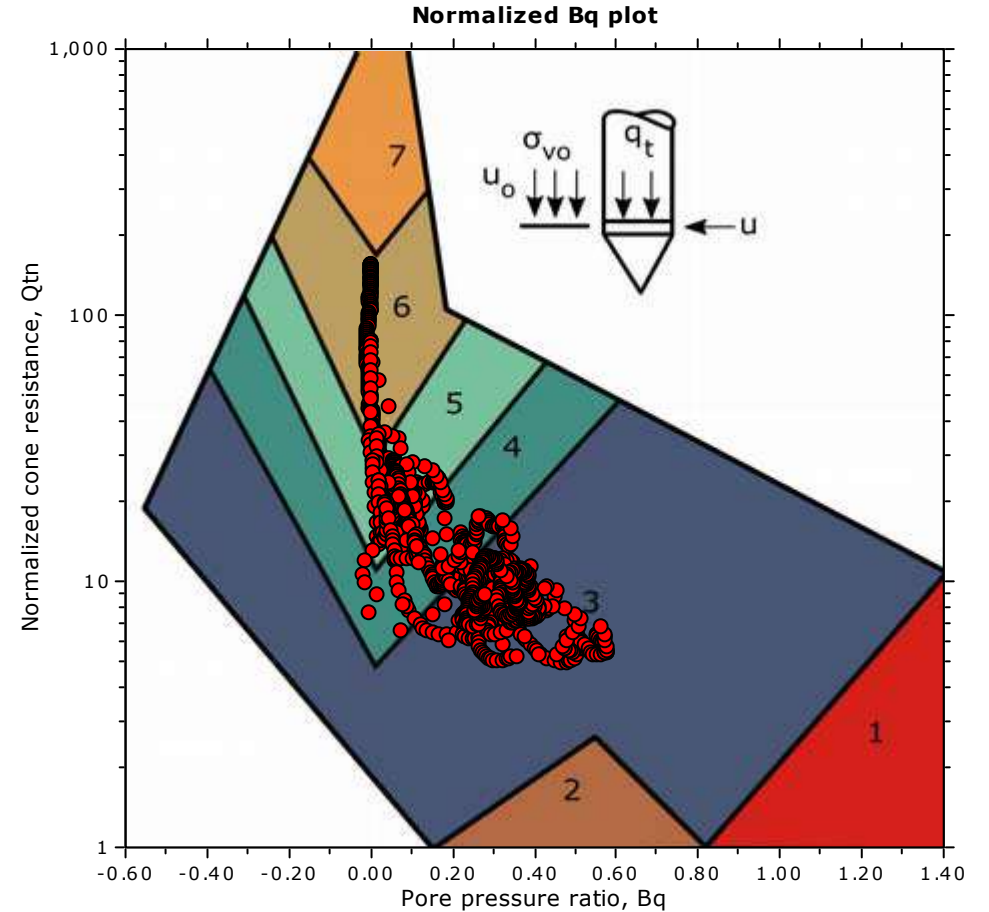
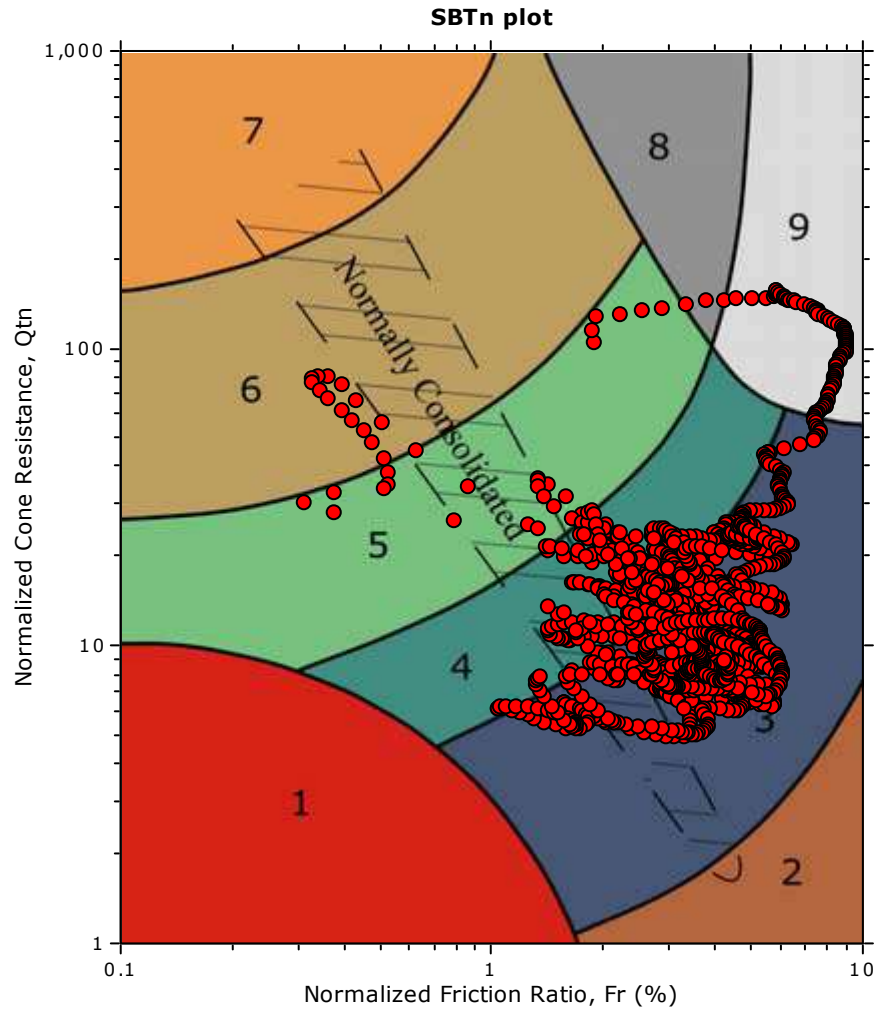


- SBT legend
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia

Location: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25 - Campo di Calcio "Melato"

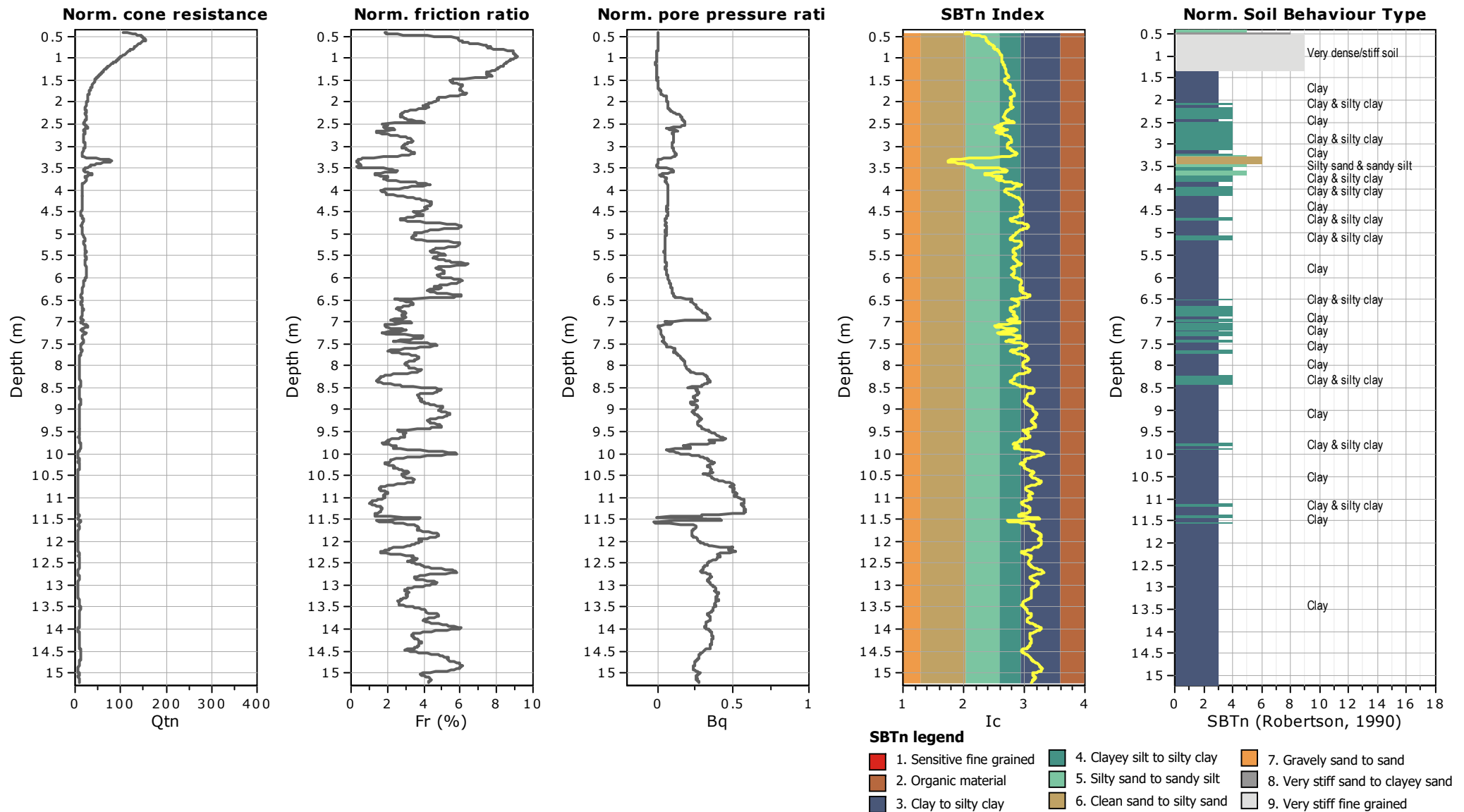
SBT - Bq plots (normalized)



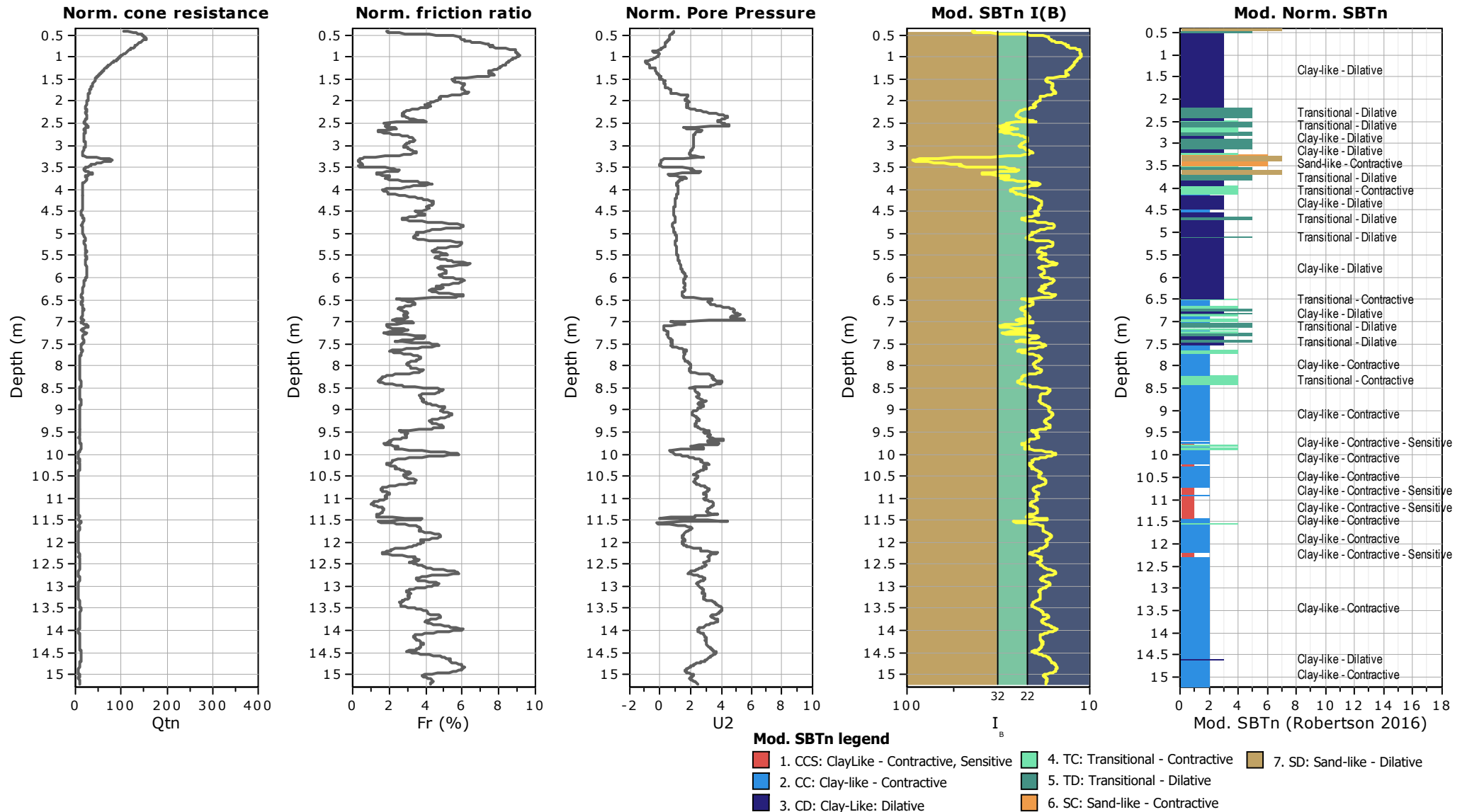
SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

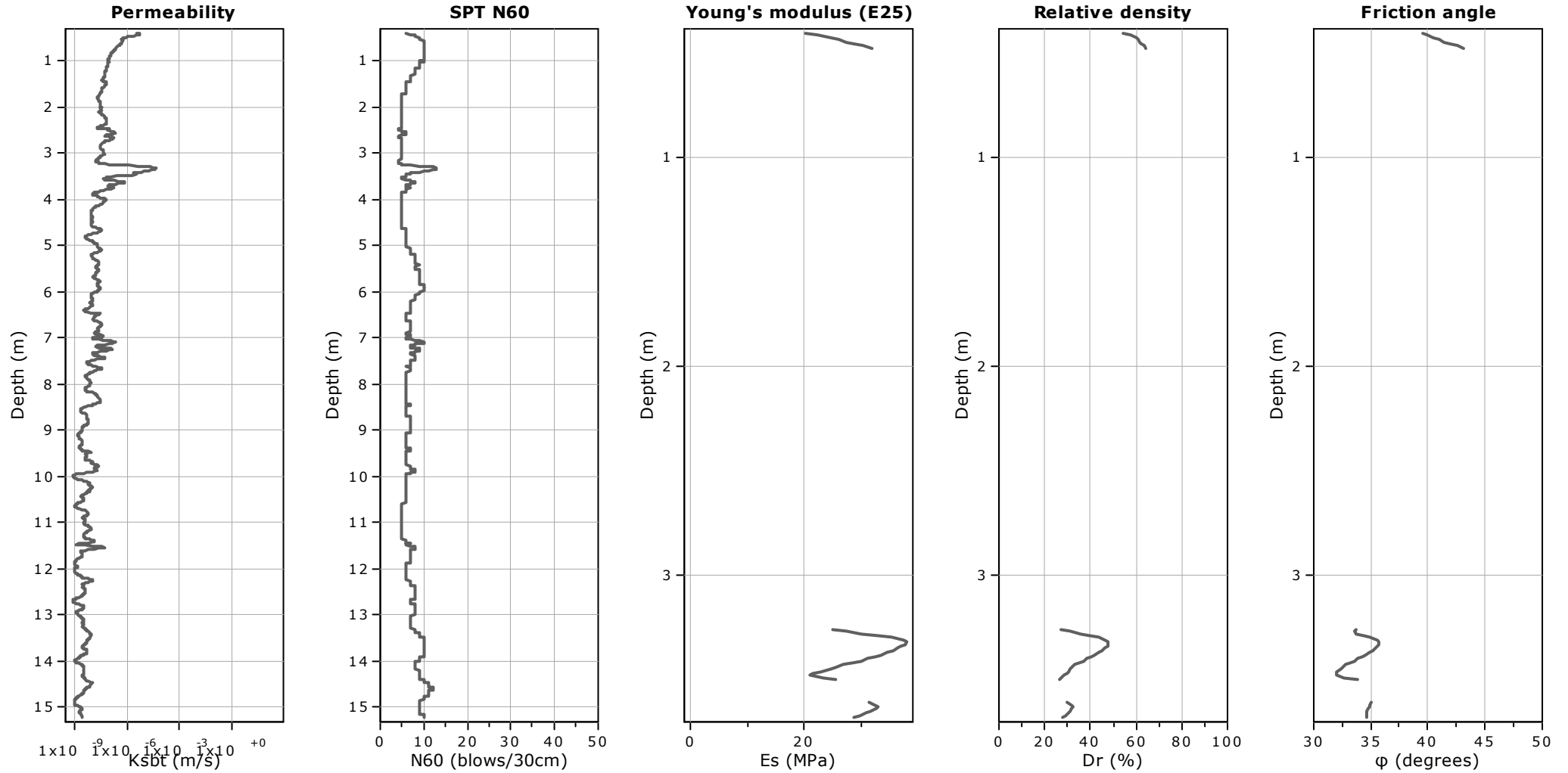
Project: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
Location: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25 - Campo di Calcio "Melato"



Project: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
Location: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25 - Campo di Calcio "Melato"



Project: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
Location: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25 - Campo di Calcio "Melato"



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

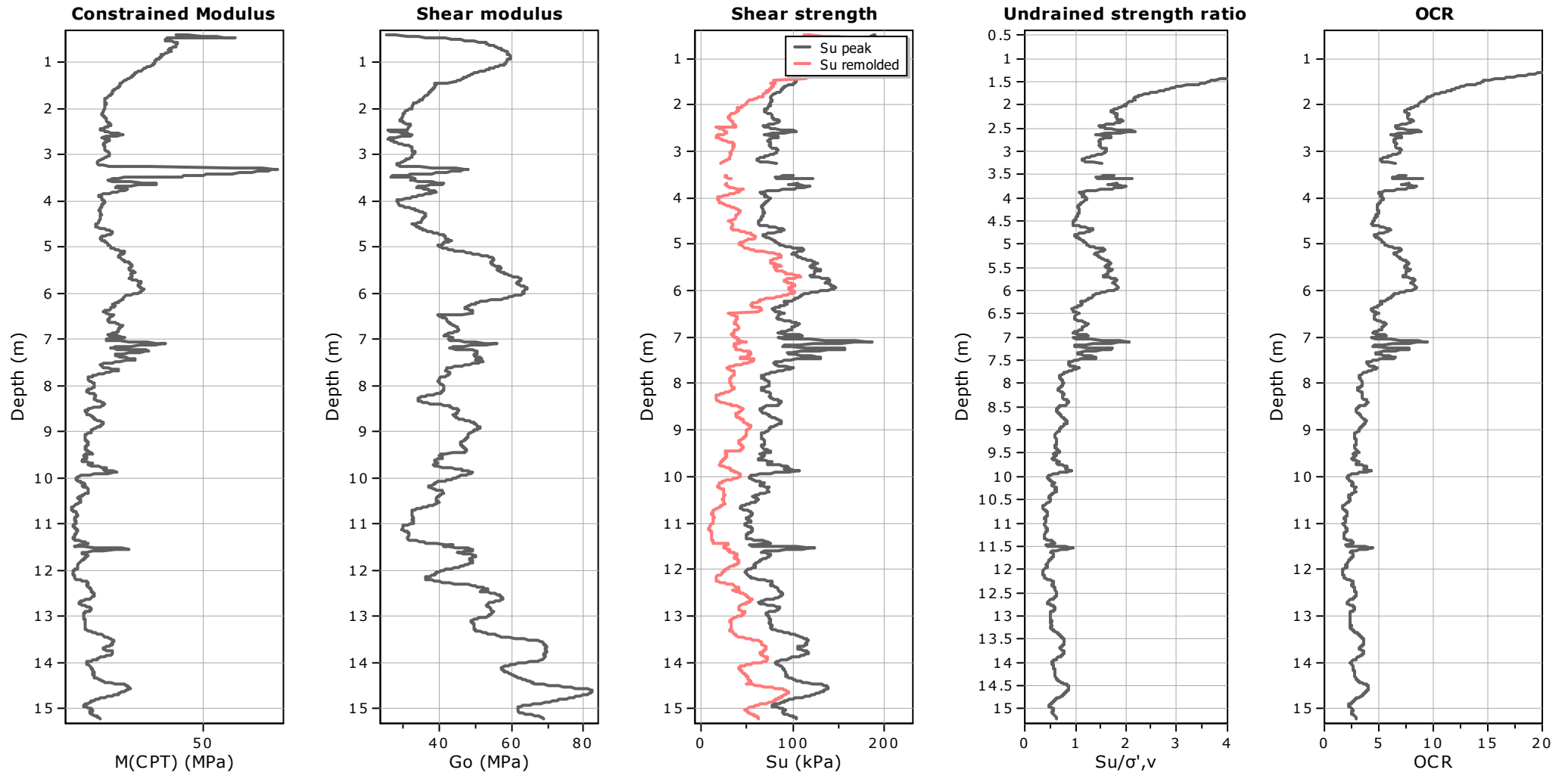
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

Project: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
Location: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25 - Campo di Calcio "Melato"



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_m (Robertson, 2009)

G_o : Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

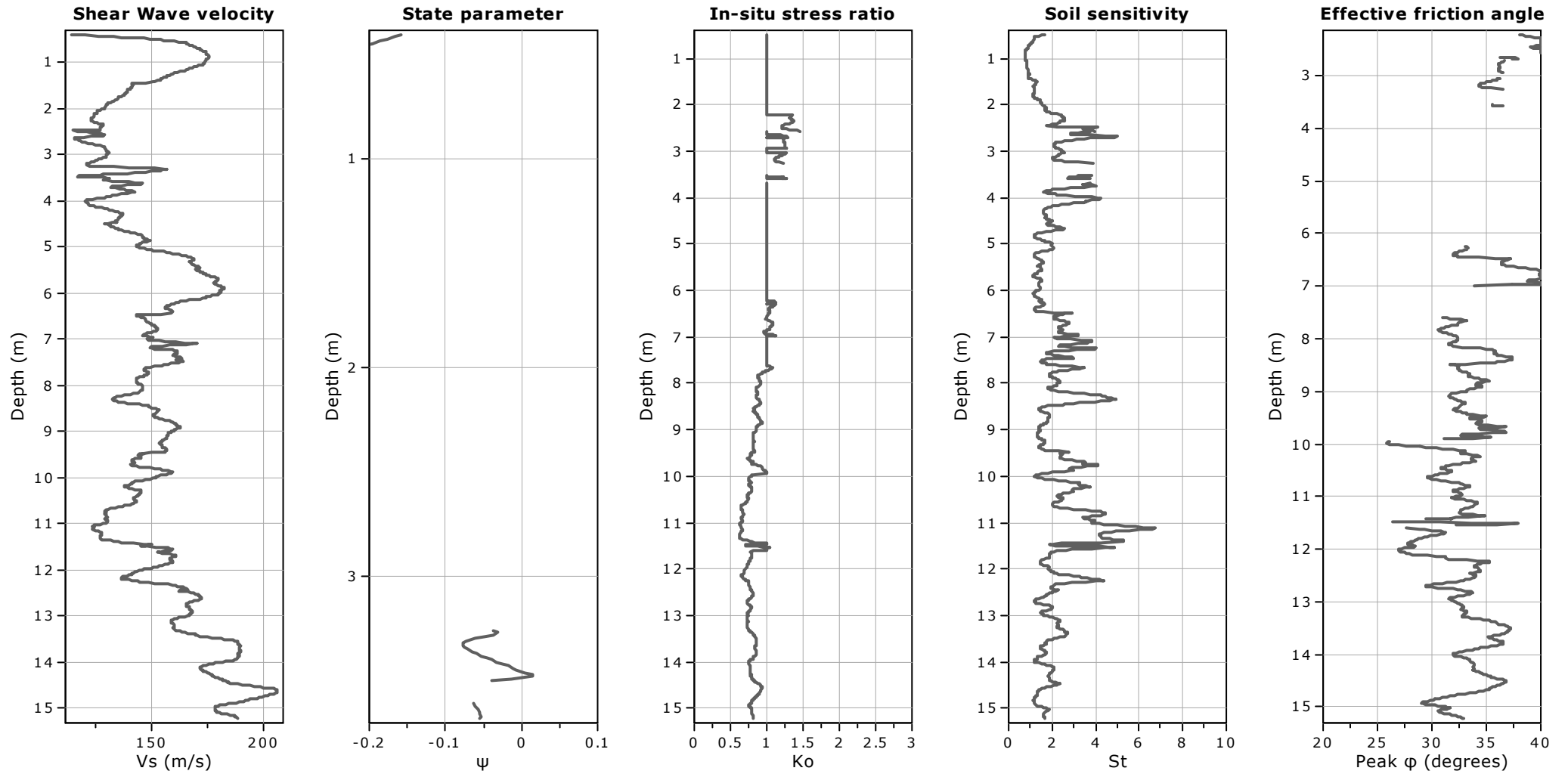
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

● Flat Dilatometer Test data

Project: Fondazione per lo Sport del Comune di Reggio Emilia
Location: Reggio Emilia, via Olimpia n. 25 - Campo di Calcio "Melato"



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

FONDAZIONE PER LO SPORT

Comune di Reggio Emilia (RE)



Oggetto: *"Affidamento di servizi tecnici per la redazione di Relazioni Geologiche e Pericolosità sismica di base per strutture esistenti adibite a tribune presso n° 6 (sei) impianti sportivi comunali. CIG: Z3E2BEC823"*

STUDIO GEOLOGICO

(D.M. 17/01/2018)

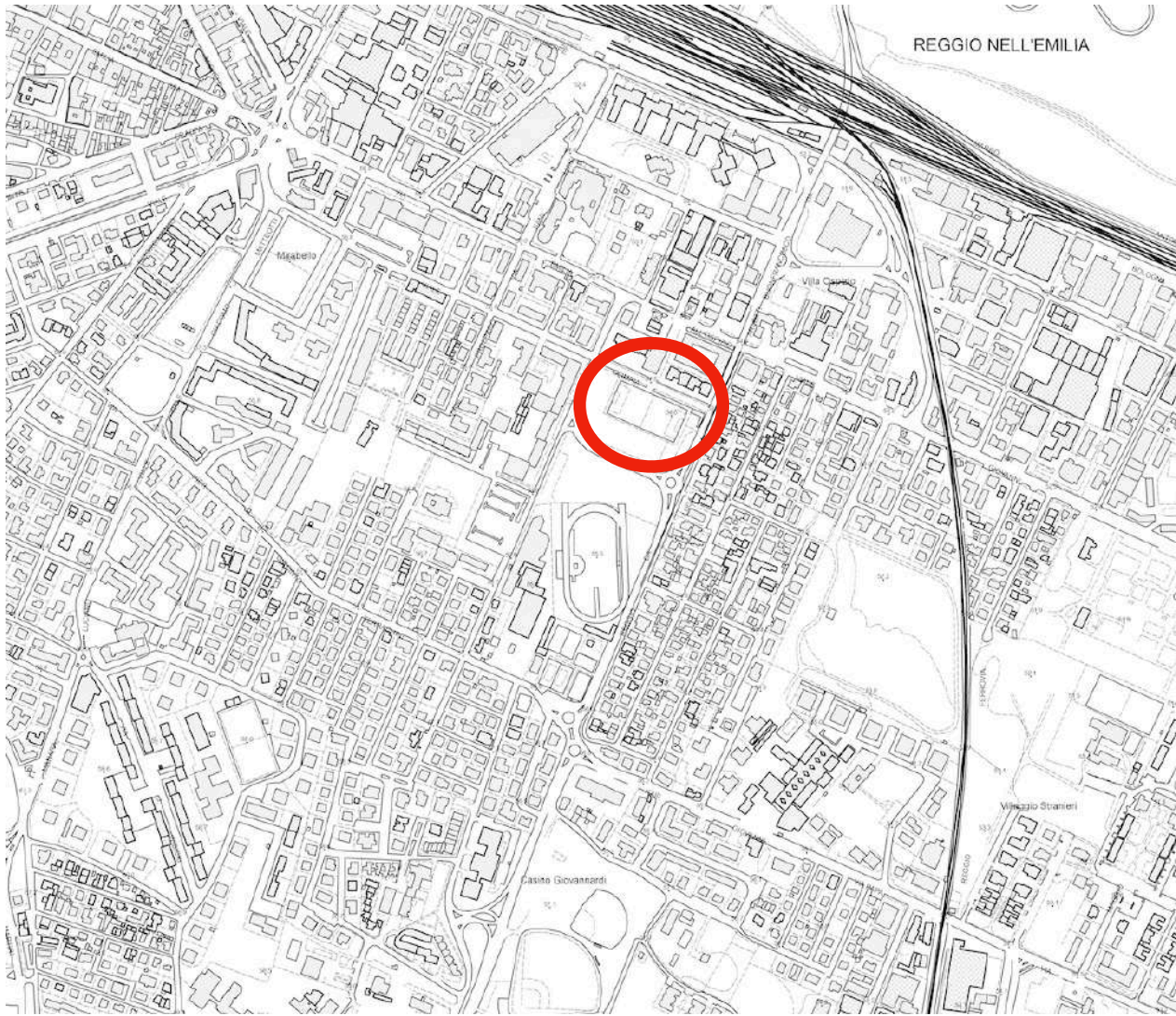
ELENCO ELABORATI

- ELABORATO **TAV.01** "UBICAZIONE AREA DI INDAGINE DA CTR scala 1:5000"
- ELABORATO **TAV.02** "UBICAZIONE AREA DI INDAGINE DA GOOGLE EARTH"
- ELABORATO **TAV.03** "STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA 0-1M scala 1:20.000"
- ELABORATO **TAV.04** "STRALCIO CARTA GEOLITOLOGICA 0-10M scala 1:20.000"
- ELABORATO **TAV.05** "STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA - SOGGIACENZA FALDA scala 1:20.000"
- ELABORATO **TAV.06** "STRALCIO CARTA DELLA VULNERABILITA ACQUIFERI scala 1:20.000"
- ELABORATO **TAV.07** "STRALCIO CARTA DEL RISCHIO SISMICO (P9b) scala 1:25000"
- ELABORATO **TAV.08** "STRALCIO DELLA CARTA DEGLI EFFETTI ATTESI (P9a) scala 1:25000"
- ELABORATO **TAV.09** "UBICAZIONE PROVE ESEGUITE"

GEOLOGO
dr. Raffaele TROCCHIA

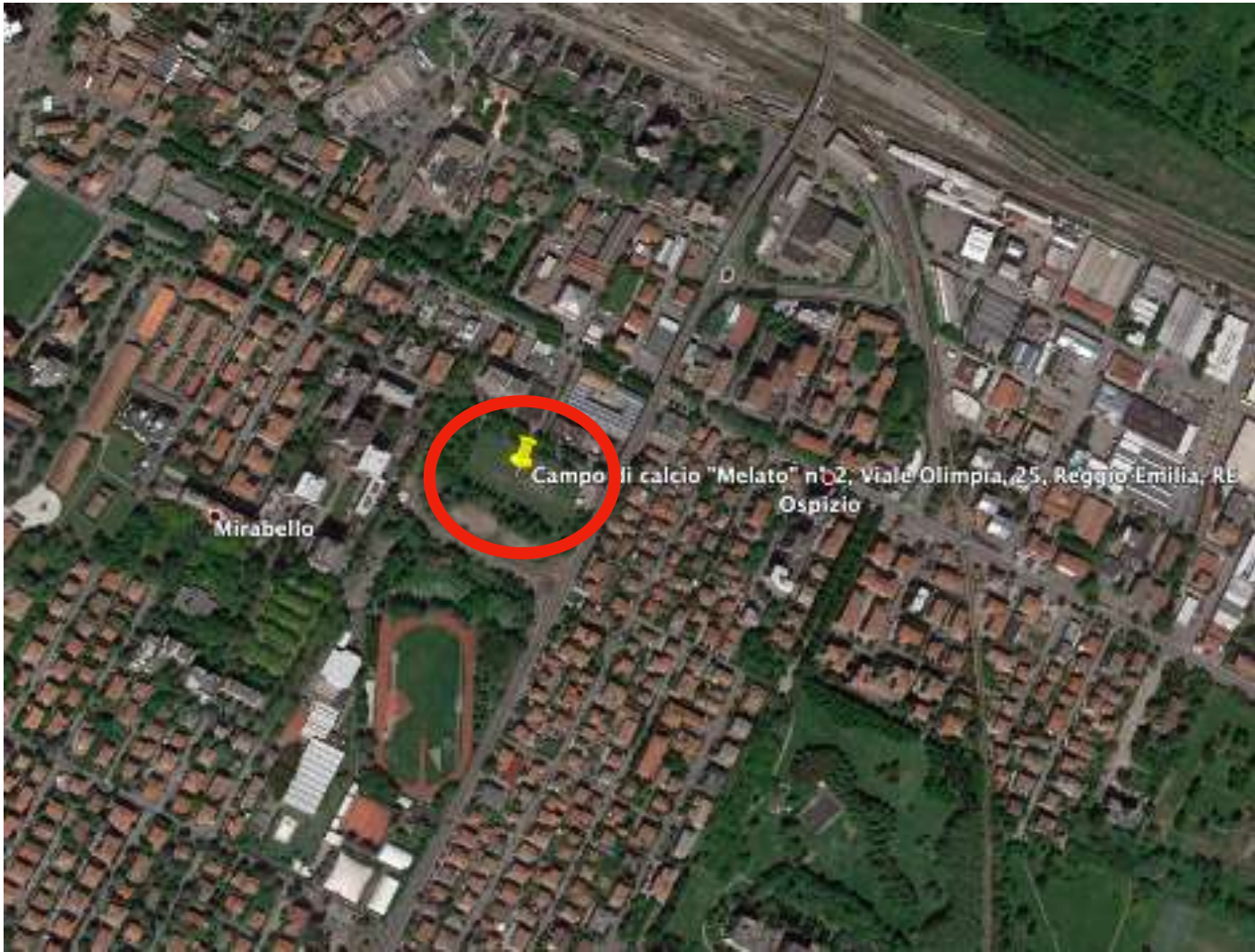


Tav. 01 Ubicazione dell'area di indagine CTR 1:5.000



AREA DI INTERESSE

Tav. 02 Ubicazione topografica dell'area di indagine da Google Earth



AREA DI INTERESSE

Tav. 03 Stralcio della Carta Geolitologica 0 - 1 m - scala 1:20.000



LEGENDA

Geolitologia - 0,0-1,0 m.

- Depositi della pianura alluvionale a dominanza argillosa
- Depositi della pianura alluvionale a dominanza limosa
- Depositi della pianura alluvionale a dominanza sabbiosa
- Ghiaie medio-recenti della Conoide del F. Enza
- Depositi terrazzati, medio recenti a dominanza ghiaiosa
- Depositi fluvio-colluviali limosi dei corsi d'acqua minori della struttura del Ghiardo
- Depositi terrazzati con paleosuolo argilloso-limoso di colore bruno (Pluviale-Wurm)
- Depositi terrazzati con paleosuolo argilloso-loessico di colore ocreo (Interglaciale Riss-Wurm)

 AREA DI INTERESSE

Tav. 04 Stralcio della Carta Geolitologica 0-10 m - scala 1:20.000



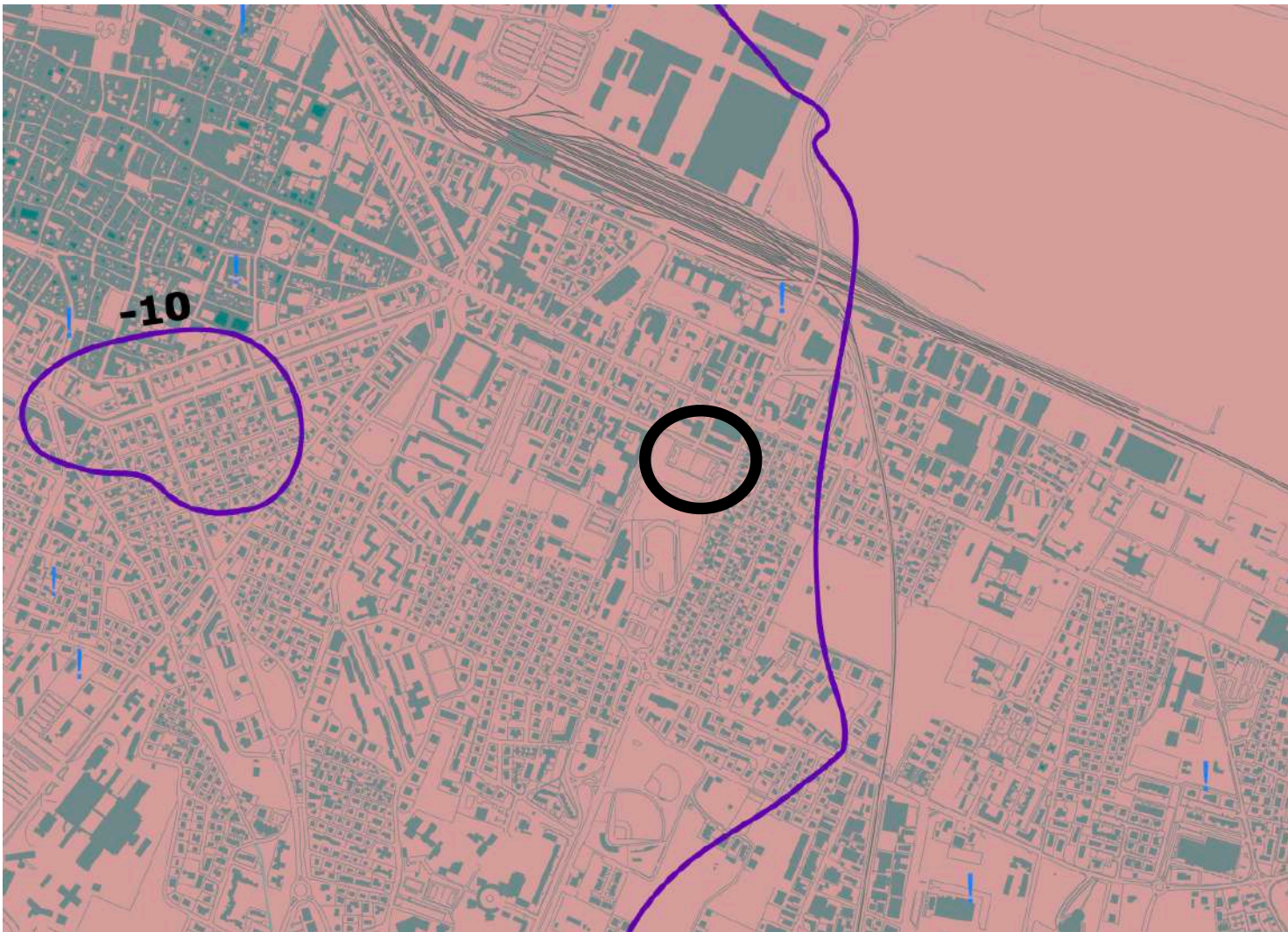
LEGENDA

Geolitologia - 0,0-10,0 m.

- Alluvioni a dominante argillosa della Bassa Pianura (Olocene)
- Alluvioni a dominante limo-argillosa con intercalazioni sabbiose irregolari (Olocene)
- Ghiaie e sabbie dei terrazzi recenti
- Sistemi dei terrazzi argilloso-limosi (Pluviale Wurm)
- Sistemi dei terrazzi antichi a dominante ghiaiosa (Riss-Wurm)
- Sistemi dei terrazzi alti: ghiaie, sabbie e limi a paleosuolo argilloso-loessico (Riss)

 AREA DI INTERESSE

Tav. 05 Stralcio della Carta Idrogeologica - soggiacenza falda scala 1:20.000.



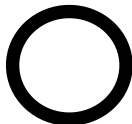
LEGENDA

Idrogeologia

Isofreatiche riferite in metri dal piano campagna

Unità Idrogeologica

- Competenza del F. Enza
- Competenza del T. Modolena
- Competenza del T. Crostolo
- Competenza del T. Tresinaro
- Piana alluvionale appenninica



AREA DI INTERESSE

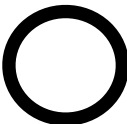
Tav. 06 Stralcio della Carta dei vulnerabilità degli acquiferi scala 1:20.000



LEGENDA

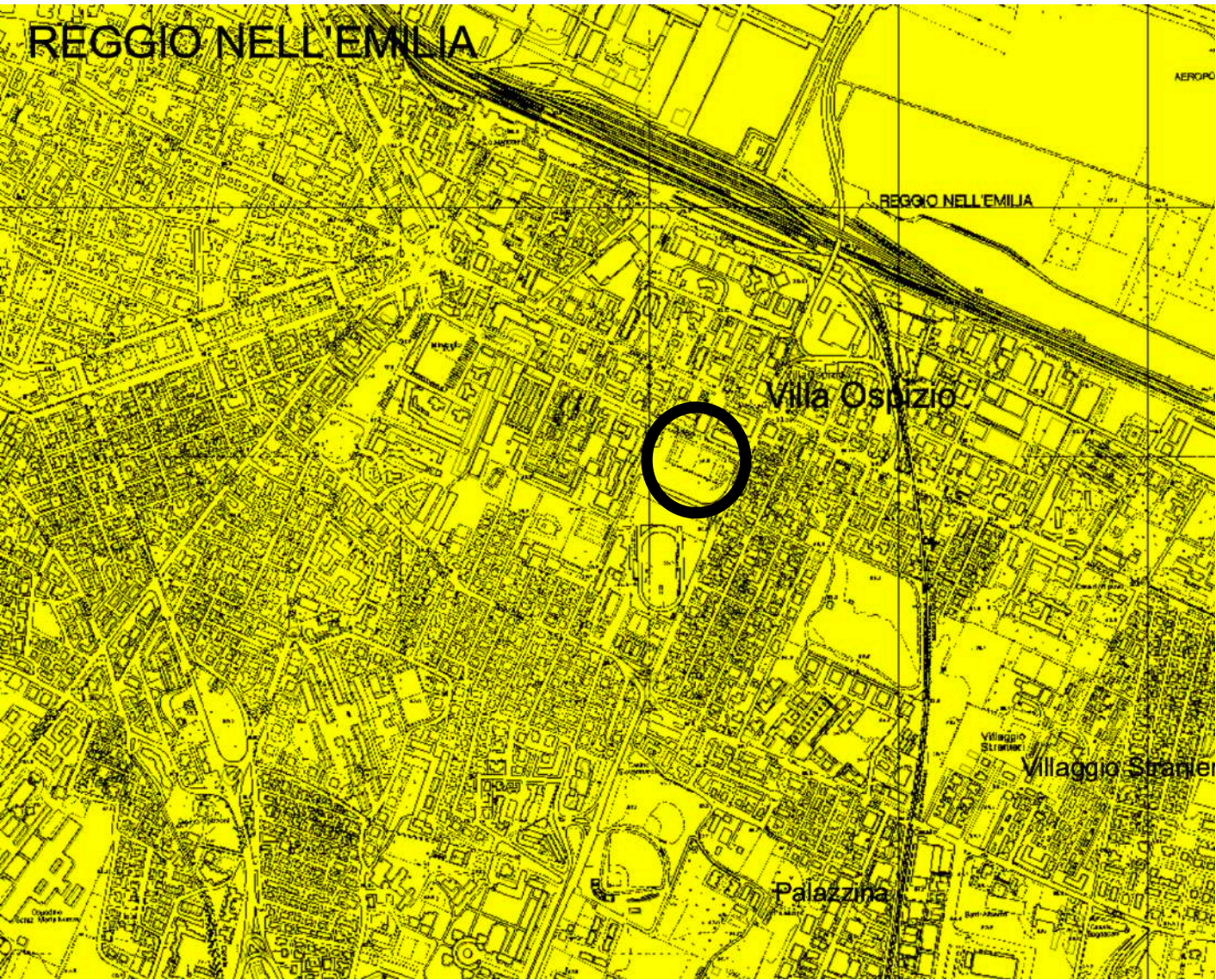
Vulnerabilità degli Acquiferi

- Alta (terreni prevalentemente Ghiaiosi)
- Media (terreni prevalentemente Sabbiosi)
- Bassa (terreni prevalentemente Limo-Argillosi)



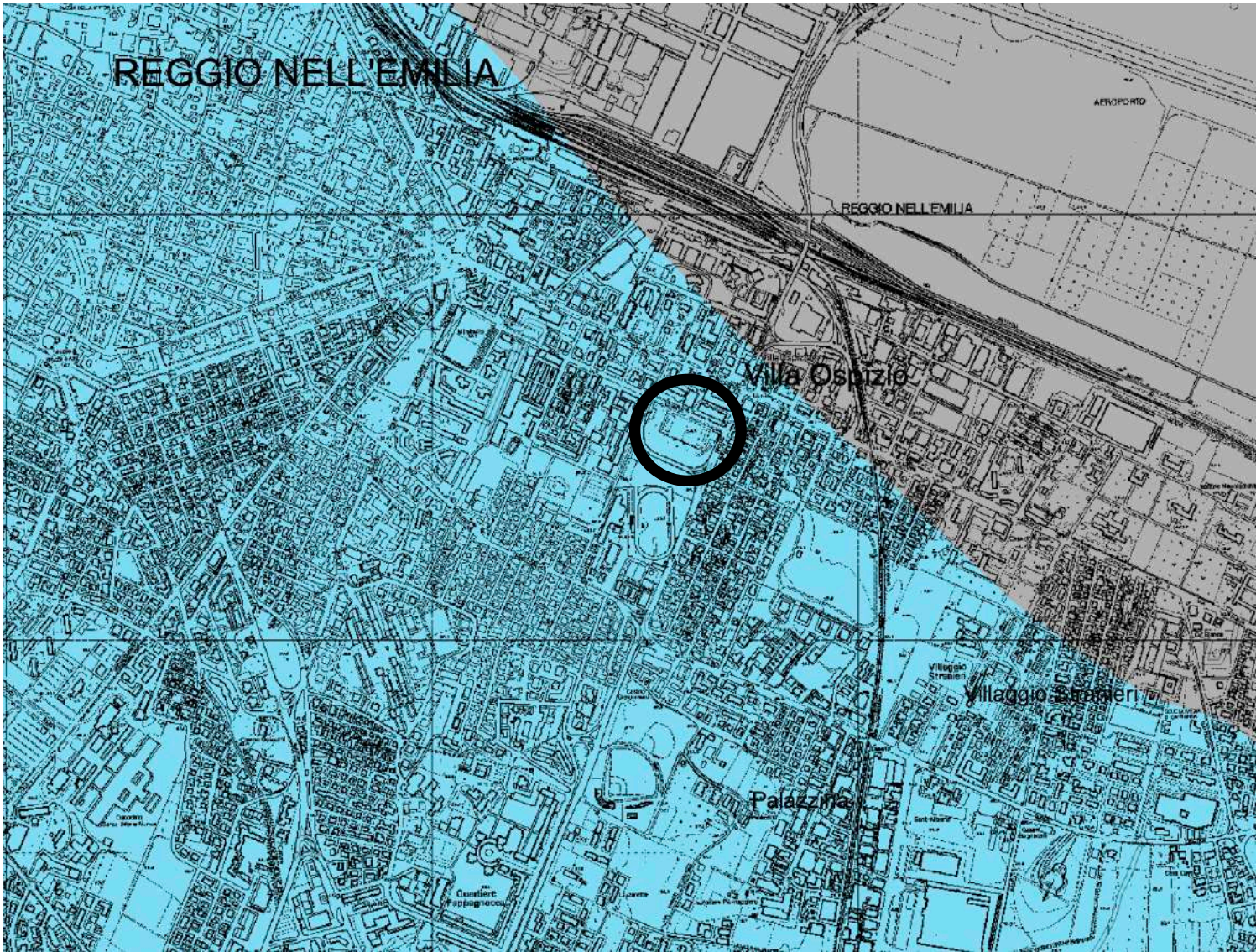
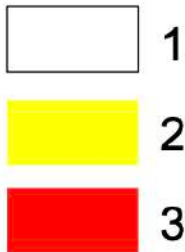
AREA DI INTERESSE

Tav. 07 Stralcio della Carta del Rischio Sismico 200SE - (P9b) scala 1:25000 Tav. 08 Stralcio della Carta degli effetti attesi 200SE (P9a) scala 1:25000



LEGENDA

LIVELLI DI APPROFONDIMENTO



LEGENDA

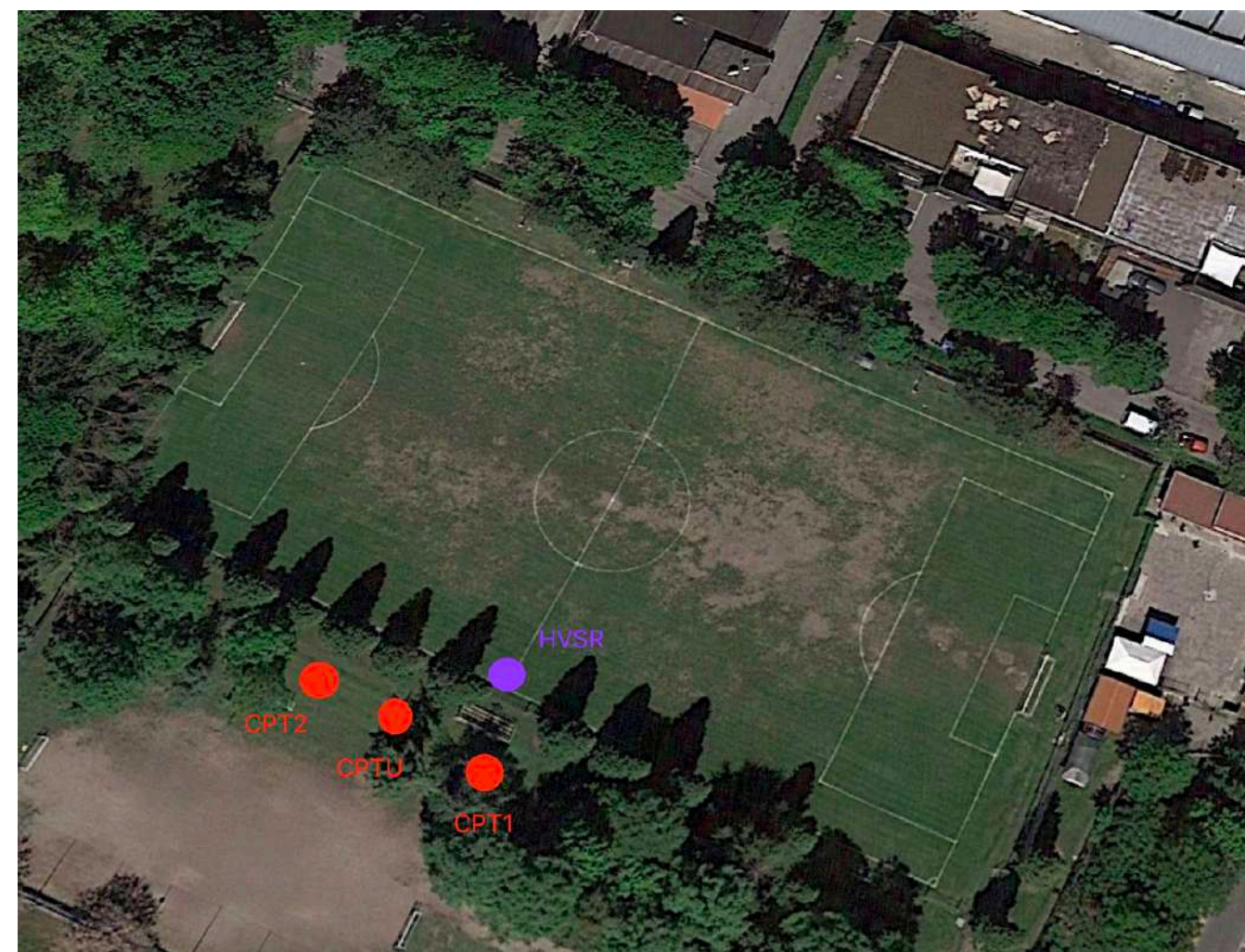
Classi degli effetti attesi



		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
CLASSI	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					



TAV. 9 FOTO AREA DI INDAGINE CON UBICAZIONE PROVE CPT,CPTU E HVSR ESEGUITE



HVSR



CPT1



CPT2



CPTU