

DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596
www.geogiusti.it arrigogiusti@alice.it



COMUNE DI SCANDIANO
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

LOCALITÀ : VIA STRUCCHI

**MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA PALESTRA
DELLA SCUOLA PRIMARIA DI VENTOSO**



COMMITTENTE : COMUNE DI SCANDIANO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

CONSULENZE NEL CAMPO GEOLOGICO GEOTECNICO ED ESTRATTIVO

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE	4
3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA.....	5
4. METODOLOGIA D'INDAGINE	7
5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	9
6. STABILITÀ DEL PENDIO	12
7. CENNI DI IDROGEOLOGIA DI BACINO E LOCALE.....	14
8. SISMICITÀ DELL'AREA.....	15
9. RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA.....	24
10. MICROZONAZIONE SISMICA.....	28
11. RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO	30
12. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	33
13. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	34

- **ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- SISMICA A RIFRAZIONE TIPO MASW
- INDAGINE GEOFISICA HVSR
- RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO
- VERIFICA A LIQUEFAZIONE

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Responsabile del Servizio Lavori Pubblici e Patrimonio del Comune di Scandiano Arch. Alberto Morselli, trasmetto la presente relazione geologica, geotecnica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche del terreno, sito in Via Strucchi – Comune di Scandiano (RE), su cui è in studio l'intervento di miglioramento sismico della palestra della scuola primaria di Ventoso.

L'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche ha consentito di definire con precisione le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni qui presenti. Più precisamente, sono state eseguite tre penetrometrie statiche nonché un'indagine geofisica passiva tipo HVSR e uno stendimento sismico a rifrazione tipo MASW per determinare rispettivamente la frequenza di risonanza e il Vs30 del terreno esaminato.

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione provinciale e di bacino. Sono qui di seguito elencate le principali 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. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

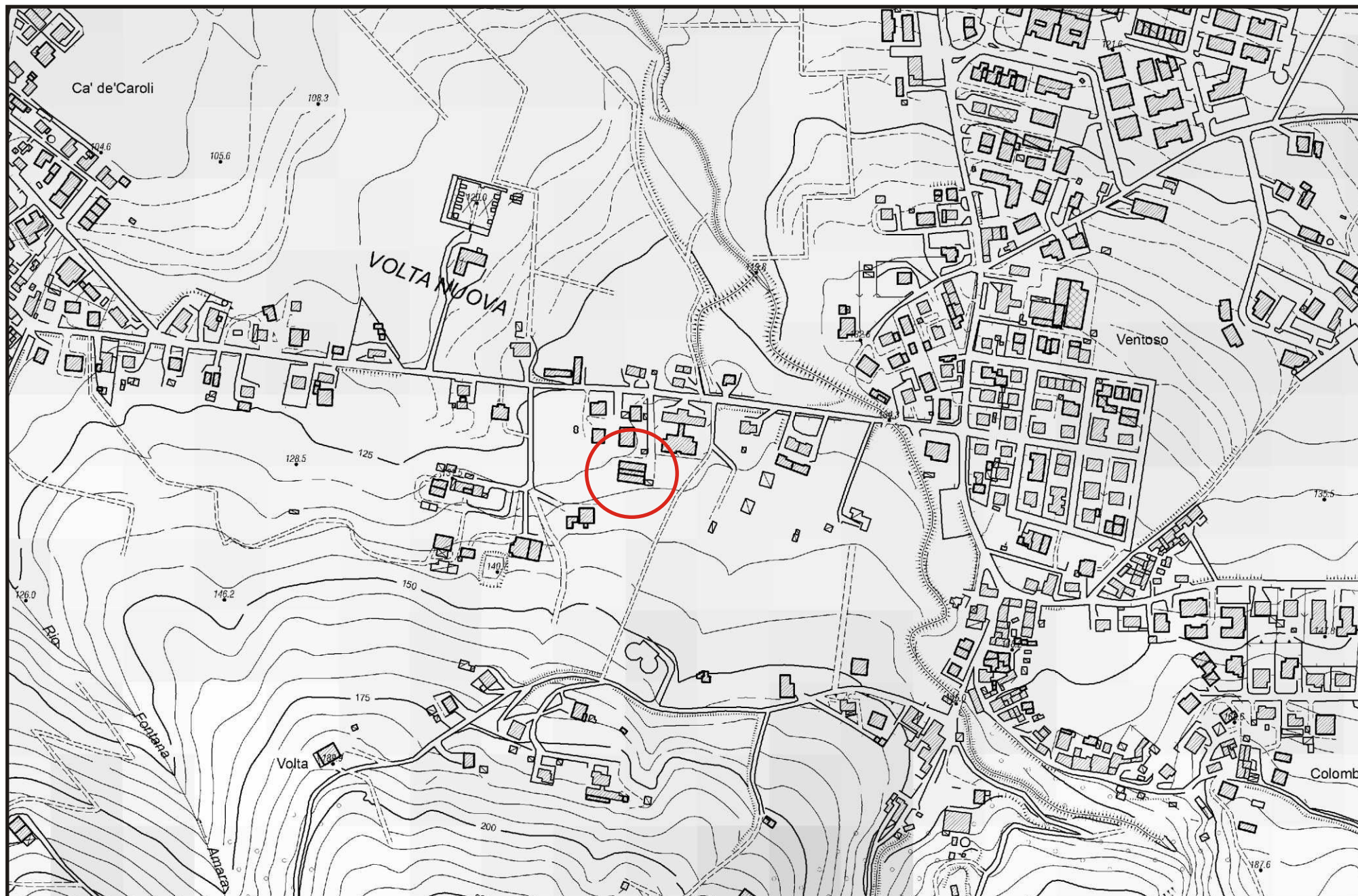
L'area in oggetto di studio, compresa tra le isoipse 127 e 126 m s.l.m., è situata lungo il pendio del versante settentrionale del M. Evangelo (427.9 m s.l.m.) che, passando per il Monte del Gesso (293 m s.l.m.), con modesta pendenza verso N/NO, degrada in direzione della medio-alta pianura.

Più precisamente, il terreno in esame, su cui preesiste la palestra, è ubicato in località "Volta Nuova", fra gli abitati di Cà de' Caroli e Ventoso, a SE della Chiesa, ad occidente dell'alveo Rio Bellano, a valle di Via Strucchi, da cui si accede (cf. stralcio dalla C.T.R. – elemento n° 219014 – Scandiano nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

I suoli qui presenti, in parte asportati dal precedente intervento edilizio e ricoperti da una coltre di sabbie e ghiaie di riporto, appartengono all'associazione denominata "suoli lisciviati a

STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1: 5000

Elemento n° 219014 - Scandiano



pseudogley - suoli lisciviati - suoli alluvionali”. Si tratta di suoli che hanno subito una pedogenesi già nell’interglaciale Riss-Würm ed hanno perciò raggiunto spesso un’evoluzione assai avanzata.

Il ciclo würmiano ha poi provocato un’erosione più severa e la sedimentazione di coltri colluviali fini. Ecco perché accanto ai suoli lisciviati a pseudogley troviamo i suoli bruni lisciviati che sono il massimo stadio evolutivo raggiunto dalla pedogenesi post-wurmiana. Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 791 mm con punte massime di piovosità in primavera (221 mm) ed in autunno (232 mm).

La temperatura media mensile annua è di 13.4 °C, con valori medi massimi di 30.1 °C, per il mese di luglio, e minimi di -2.0 °C, per il mese di gennaio. L’escursione annua è quindi di 32.1 °C.

I venti predominanti provengono da occidente in inverno, da oriente nelle altre stagioni.

3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA

La plasticità delle formazioni non permette l’individuazione, in superficie, delle strutture tettoniche principali. Tuttavia questi terreni hanno subito movimenti orogenetici molto recenti che hanno accompagnato il movimento traslativo della coltre alloctona, costituita dai terreni Eugeo e Tardo-geosinclinalici, al di sopra del basamento Miocenico padano.

La presenza di movimenti relativamente recenti (fasi pleistoceniche) può essere provata da osservazioni geomorfologiche: risulta infatti evidente come il territorio, a cui appartiene l’area in esame, sia soggetto al ringiovanimento dei fenomeni erosivi a seguito di movimenti tettonici di tipo essenzialmente epirogenetico.

Si può vedere come il rapido ringiovanimento dei corsi d’acqua si sia sovrapposto ad un ciclo erosivo precedente giunto “per vie forzate” a uno stadio di maturità.

Il territorio in esame è databile, secondo la classificazione della Carta Geologica d’Italia, al Pleistocene. Più precisamente, l’area in esame ricade al passaggio tra terreni ascrivibili al cosiddetto

diluvium medio (Q1m) descritti come “alti terrazzi sabbioso ghiaiosi a suolo argilloso giallo ocraceo” e le argille azzurre plioceniche (Pag).

Verso settentrione, al passaggio con l’alta pianura, essi vengono a contatto prima con materiali appartenenti invece al diluvium recente (Q1r), descritti come “terrazzo sospeso di 8/15 m sull’alta pianura, a ghiaie e sabbie a suolo argilloso bruno” e successivamente con quelli del diluvium recente tardivo (Q1t) caratterizzati da “alluvioni ghiaiose con lenti argilloso-sabbiose dell’alta pianura, a suolo prevalentemente bruno”.

Studi recenti, di maggior dettaglio, effettuati da ricercatori dell’Istituto di Geologia dell’Università di Modena, pongono l’area al passaggio, verso sud, tra terreni appartenenti alla cosiddetta “Unità di Chiozza” (Ch) ed altri ascrivibili invece all’Unità di Farneto (Fr). In bibliografia le due superfici terrazzate vengono così descritte: l’Unità di Chiozza “lenti ghiaiose immerse in matrice sabbioso-limosa” mentre l’altra, più antica, del Tardo Pleistocene – medio “livelli ghiaioso-ciottolosi alternati a limi sabbiosi e con frequente copertura limosa (cf. carta geologica).

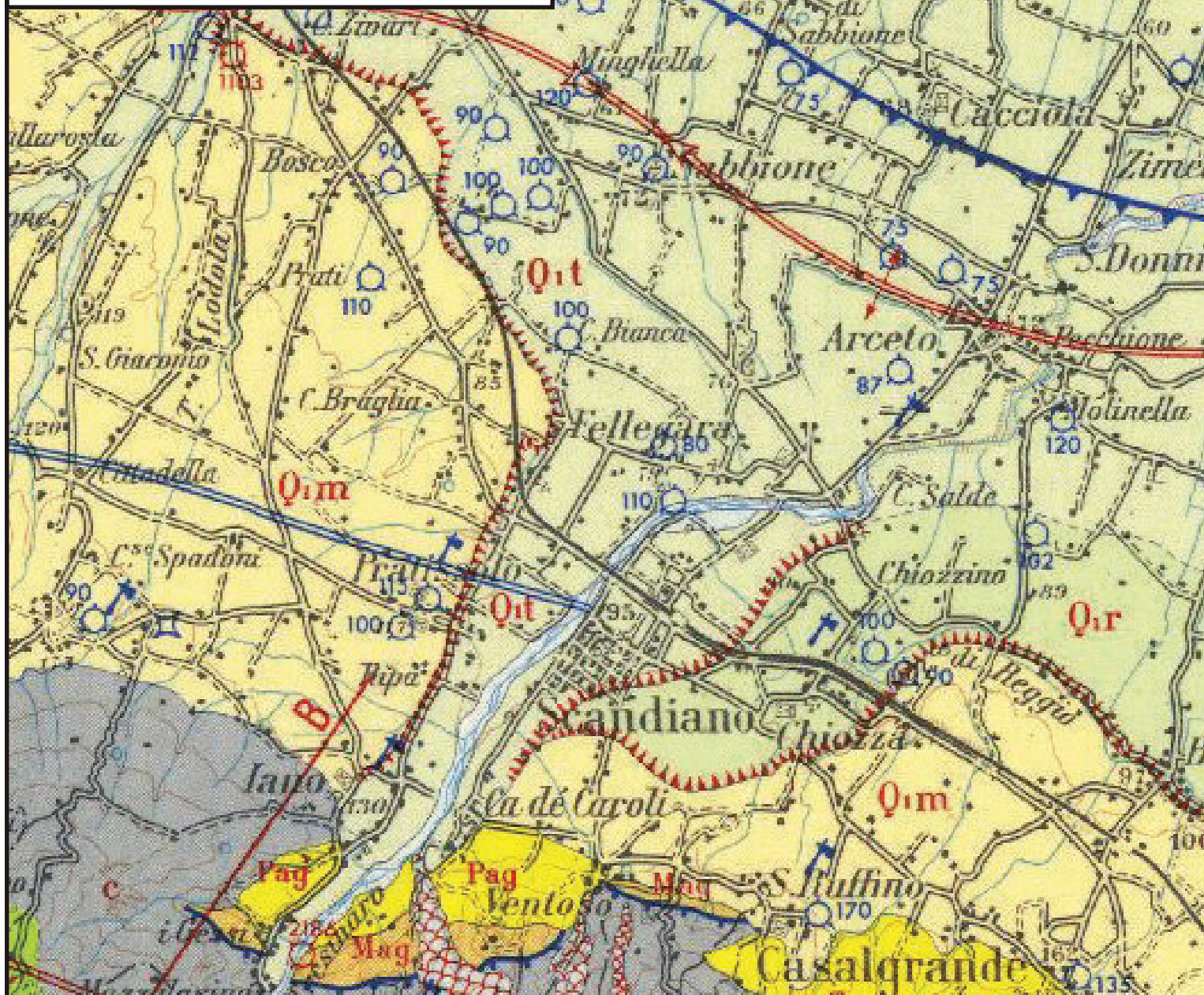
Anche la “Carta della Litologia di Superficie” pone i terreni in esame al passaggio tra a depositi di età rissiana costituiti da “ghiaie grossolane debolmente cementate con lenti di sabbie e limi sabbiosi” e “depositi olocenici prevalentemente limosi con lenti sabbiosi in subordine”.

La più recente Carta Geologica al Progetto CARG del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna (cf. stralcio in scala 1 : 5.000), segnala la presenza di una coltre detritica (a3) che ricopre le coperture quaternarie; nella fattispecie, l’area su cui sorge la palestra viene indicata al passaggio, verso sud, tra depositi del Subsistema di Ravenna (AES8) e dell’Unità di Niviano (AES7a) con quelli più antichi del Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (AEI).

Da letteratura, negli affioramenti intravallivi, l’AES8 è caratterizzato da depositi terrazzati olocenici a litologia prevalentemente ghiaioso-sabbiosa. Alla base, vi sono i più antichi depositi della superficie terrazzata pleistocenica dell’Unità di Niviano (AES7a) che, unitamente a quelli dell’Unità di Vignola (AES7b), danno luogo al cosiddetto Subsistema di Villa Verrucchio (AES7).

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

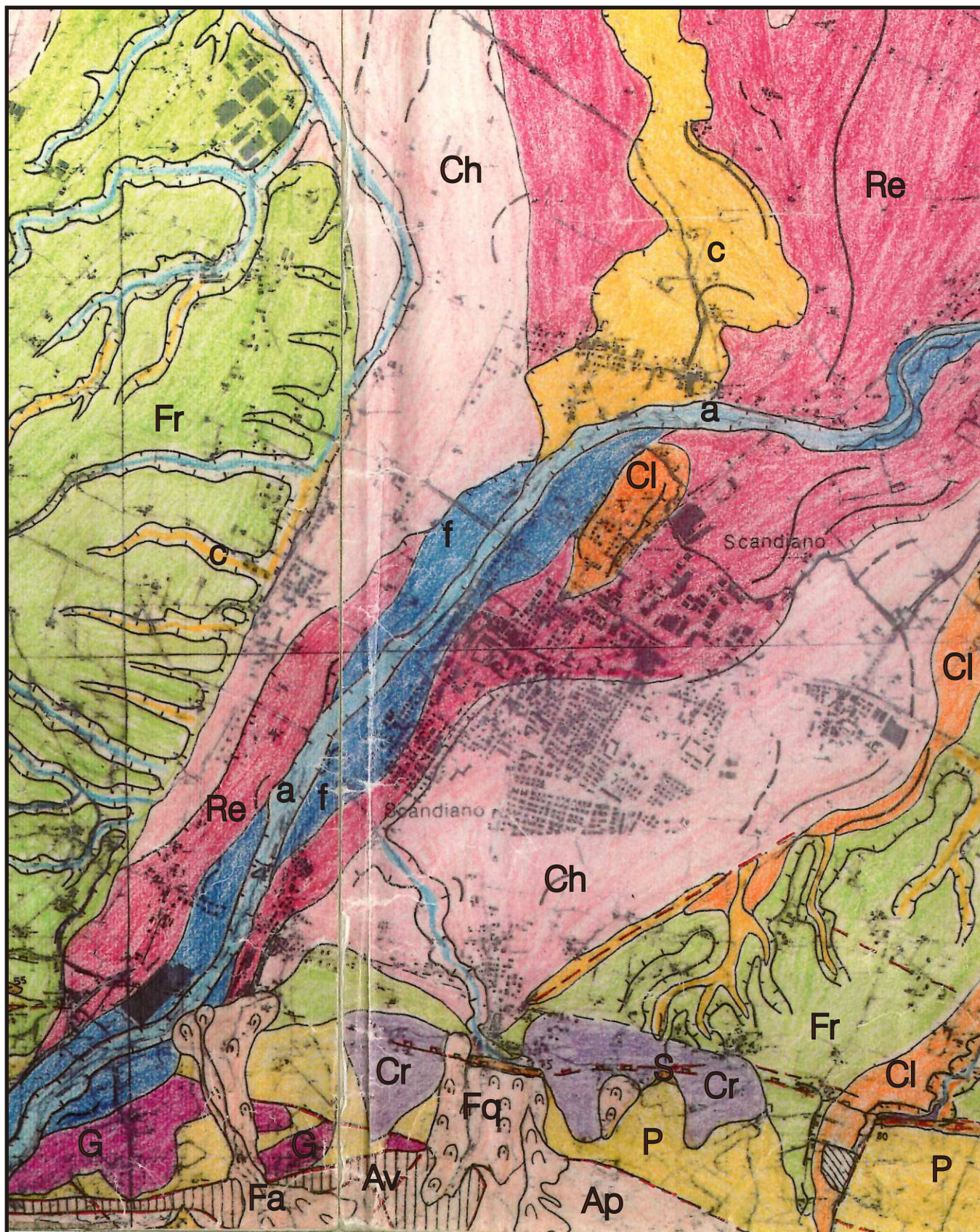
Foglio n° 86 - Modena



LEGENDA

Formazioni	
Formazioni continentali	
Oligocene	<p>Q_{ol} Alluvium attuale: alluvioni ghiaiose e sabbiose non alterate, del tipo dei fiumi e torrenti (Q_{ol}). Detti di feldi (a).</p> <p>Q_{ol} Alluvium medio-recente: alluvioni sabbiose con lenti limose, della bassa pianura; basso terrazzo ghiaioso-sabbioso, basso e coltivato lungo i torrenti (Q_{ol}).</p>
Pleistocene	<p>Q_{pl} Diluvium recente tardivo: alluvioni ghiaiose con lenti argillose-sabbiose dell'alta pianura, a suolo prevalentemente bruno (livello principale della pianura) (Q_{pl}).</p> <p>Q_{pl} Diluvium recente: terrazzo sospeso di 8-15 m sull'alta pianura, a ghiaie e sabbie e suolo argilloso bruno (Q_{pl}).</p> <p>Q_{pl} Diluvium medio: alluvioni sabbiose ghiaiose, a suolo argilloso giallo-rossiccio (Q_{pl}).</p> <p>Q_{pl} Conglomerati con manufatti litici del Paleolitico inferiore (Clactonian? secondo F. LEONARDI scoperti da L. FANTINI), e sabbie miste ed intercalate con Foraminiferi globosuli a <i>Nutina ovata</i> d'Orb. di R. ACCORDI (Pagi).</p>
Pliocene	<p>Q_{pl} Sabbie, ghiaie e conglomerati a <i>Foraminifera globosuli</i> d'Orbigny, <i>Elphidium crispum</i> (Linn.), <i>Buccella borealis</i> (Linn.), <i>Falsidictyon lenticulatum</i> (Fornasini) (Pagi).</p> <p>Q_{pl} Formazione delle argille grigio-azzurre, a base di varia pliconica inferiore a <i>Margulina costata</i> Bartsch, <i>Plectrofonticola gemina</i> (Silvestri), <i>Elphidium rutila</i> Cushman, ecc.; pliconica superiore a <i>Elphidium parvum</i> Cushman, <i>Uvulites unistriatus</i> d'Orbigny, <i>Anomalinella ovata</i> (Cuv.), <i>Calappa pumila</i> (Cushman), ecc.; e calcareo a <i>Balanus jussieuensis</i> Williamson, <i>Cardinia longicauda</i> d'Orbigny var. <i>rufina</i> Silvestri, <i>Anomalinella ballica</i> (Schwartz), ecc. (Pagi).</p> <p>Q_{pl} Bancata conchigliare a <i>Lentilibranchia</i> e <i>Gastropodi</i> (b).</p> <p>Q_{pl} Formazione delle argille (Mag) con gessi (g).</p>
Cretaceo-Eocene	<p>Q_{pl} Complesso indifferenziato e formazioni associate</p> <p>Complesso indifferenziato calcareo ("argille scagliose", p. 1) formato in prevalenza da scisti argillosi grigio-verdigi o anche rossastri, talora un po' marnosi, includenti di frequente piccole masse di rocce effusive più o meno brecciate, o di breccie effusive, o anche di gesso. Contiene inoltre blocchi e pacchi di strati calcarei di varia natura ed età (cretaceo-eocenica e di epoca eocenica calcarea). Il complesso, costituito originariamente da alternanze di argillosi e calcarei, si presenta quasi del tutto depauperato in condizioni calciche. Solo sulla sinistra del Po l'insieme appare meno disordinato, e l'aspetto calcico sembra dipendere soprattutto da fatti gravitativi superficiali (c).</p> <p>Complesso calcareo e giacitura intrafornace, per frane sottomarine (calcarei) (a).</p>

CARTA GEOLOGICA



LEGENDA

Depositi e formazioni

c Depositi colluviali
 fa Dep. frana attiva
 fa Dep. frana quiescente
 a Unità alvei attuali
 f Unità dei fondovalle
 Re Unità di Reggio E.
 Ch Unità di Chiozza
 Cl Unità di Castellarano

Unità di Farneto Fr
 Unità del Crostolo Cr
 Sabbie Calabriano S
 Pliocene P
 Gessi G
 Argille varicolori Av
 Argille a palombini Ap

Forme fluviali e torrentizie

Scarpata
 Scarpate ravvicinate
 Tracce di paleoalvei
 a=ben conservati b=mal conservati

Dati Strutturali

Faglia probabile
 Flessura

CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE

(SCALA 1 : 25.000)

LEGENDA



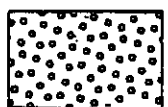
Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi.
□locene



Depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose
in subordine. □locene



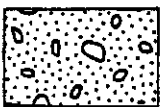
Depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti
di ghiaie fini e/o di limi. Pleistocene sup.-□locene



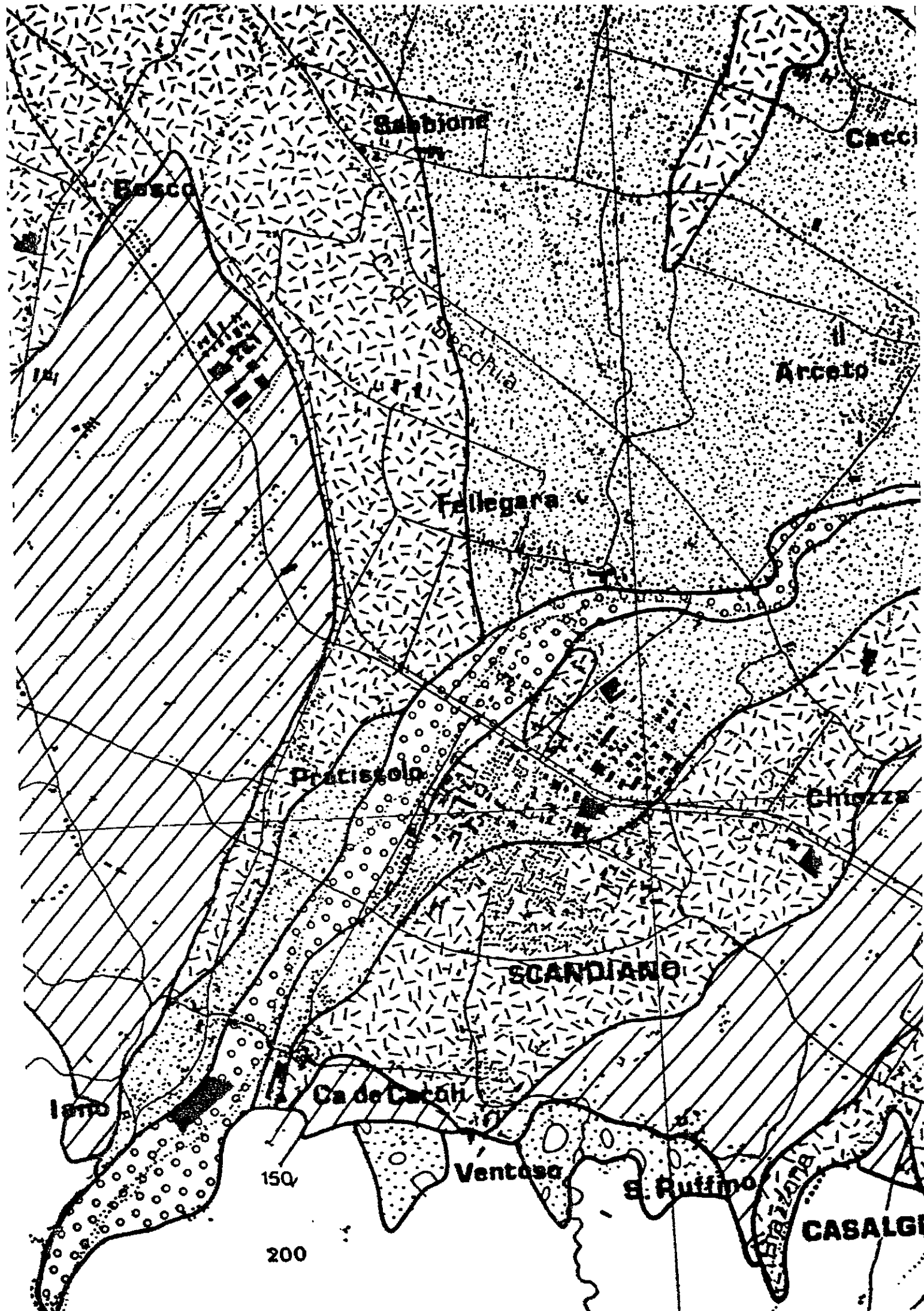
Depositi di ghiaie eterometriche alternati a
livelli con granulometria piu' fine.
Pleistocene sup. (Wurm)-□locene



Ghiaie grossolane debolmente cementate con lenti
di sabbie e limi sabbiosi. Limi eolici (Loess)
dell' altopiano del Ghiardo. Riss

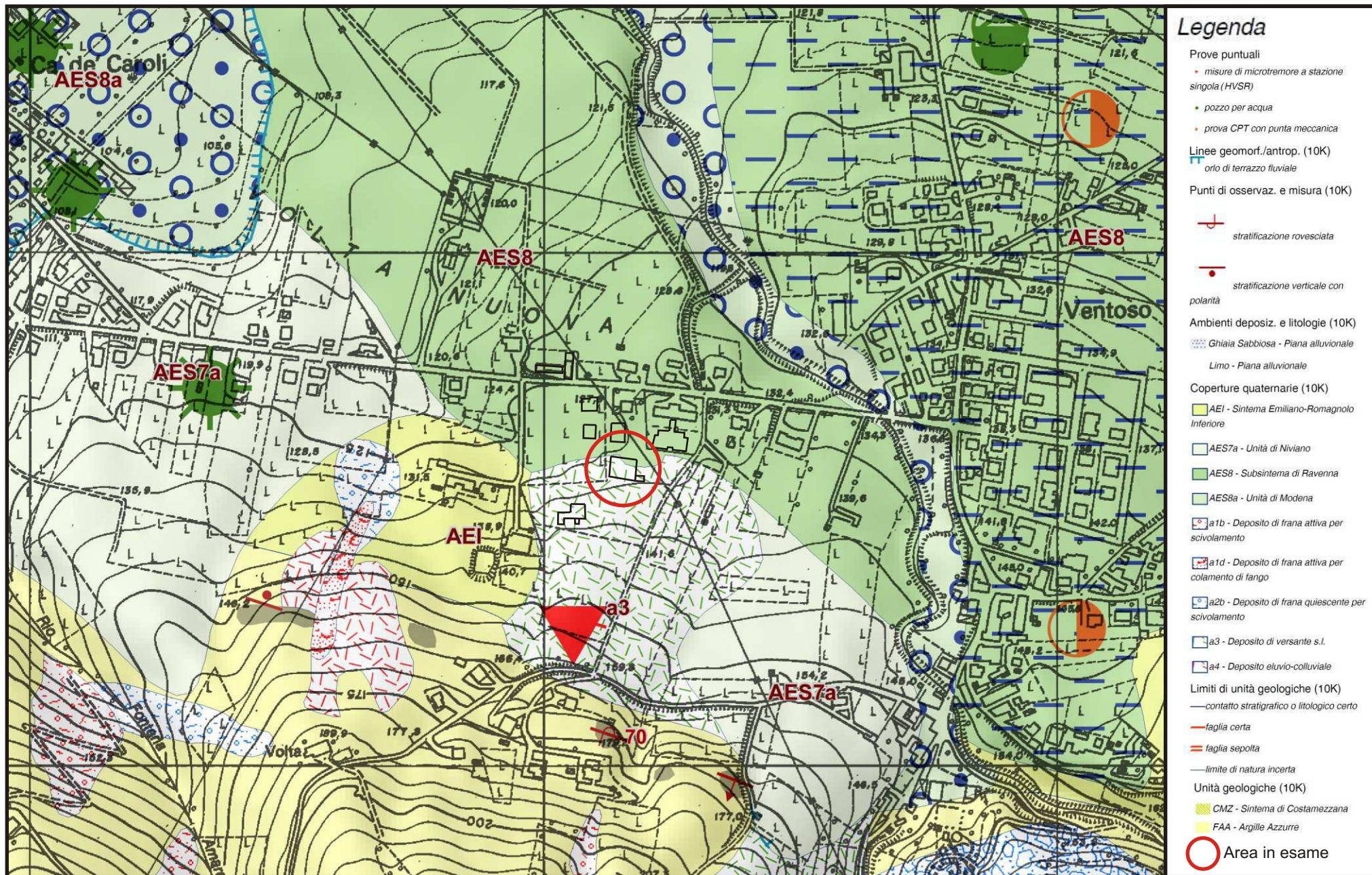


Conglomerati sabbioso-arenacei con clasti alterati.
Mindel



CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

SCALA 1:5000



La potenza complessiva di questo deposito è di circa 50 m; ad essa è stata attribuita un'età compresa tra il Pleistocene superiore e l'Olocene, da 120.000 anni B.P. sino a 15.000÷18.000 anni B.P.

In bibliografia, l'Unità di Niviano (AES7a) viene descritta come “unità litologicamente eterogenea costituita da alternanze irregolari di ghiaie e sedimenti fini”.

A SO vi sono poi lembi di antiche superfici terrazzate che recenti classificazioni, adottate dal progetto CARG della Regione Emilia Romagna, ascrivono al cosiddetto Sintema Emiliano-Romagnolo inferiore (AEI - Pleistocene medio-Olocene).

All'altezza dei rilievi e più estesamente in gran parte del territorio a sud, affiorano infine i terreni del Pliocene, altrimenti conosciuti come Formazione delle Argille Azzurre (FAA sulla carta del progetto CARG della Regione – cf. stralcio in allegato).

Le Argille Azzurre sono in prevalenza costituite da argille siltose e debolmente marnose, di colore generalmente grigio-azzurrognolo e grigio-nerastro o più chiare se alterate.

Gli agenti meteorici, unitamente ai fenomeni neotettonici in precedenza descritti, hanno profondamente modellato queste superfici al punto che attualmente esse si raccordano, mediante un dolce pendio, con la medio alta pianura.

4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche litologiche e geomeccaniche del primo sottosuolo sono state determinate interpretando i dati ricavati da tre indagini penetrometriche. Le prove sono state effettuate avvalendosi di un penetrometro statico tipo Gouda da 15 t in versione cingolata.

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 ($v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$).

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, facilitandone 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 alle prove penetrometriche statiche 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.).

5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Confermando, così come da bibliografia, la natura di questi terreni, le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare le reali caratteristiche geomeccaniche del primo sottosuolo, hanno riscontrato la presenza di una coltre di riporto utilizzato per raccordare l'area con la strada di accesso. Vista la naturale morfologia del pendio, lo spessore della coltre aumenta spostandoci verso NO; nella fattispecie, in CPT1 e in CPT2 è stato riscontrato uno strato di 1.2÷1.4 m mentre nello spigolo di SE in corrispondenza della CPT3 solamente di 0.6 m in quanto all'epoca della realizzazione della palestra si era proceduto ad opere di sbanco e alla realizzazione di un muro di contenimento contro terra.

Alla base della coltre superficiale di riporto, le penetrometrie CPT1 e CPT2 hanno accertato, sino a 3.2÷4 m, la presenza di materiali prevalentemente coesivi costituiti da argille ad elevata componente organica e torbosa mentre in CPT3 con buone probabilità questa coltre argillosa è stata asportata durante le opere di sbanco testé descritte.

Le penetrometrie hanno poi riscontrato che alla massa coesiva iniziano ad alternarsi materiali granulari (sabbie limose, sabbie e ghiaie) in lenti e talora piccoli banchi con diverso grado di addensamento e dimensioni. Le ghiaie ad elevato grado di addensamento hanno altresì impedito la prosecuzione delle infissioni statiche a varie profondità; a 7.8 m in CPT1, 13.2 m in CPT2 e a 9.4 m in CPT3.

Verosimilmente le velocità sismiche dell'indagine tipo MASW ($V_s > 400$ m/s) evidenziano che il un deposito alluvionale di questo tipo è presente sino alla profondità di oltre venti metri. Questa informazione ci viene confermata inoltre dalle stratigrafie dei pozzi realizzati in terreni limitrofi e disponibili sul sito della Regione Emilia Romagna.

In sintesi, le indagini consentono di ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici caratteristici:

PROVA PENETROMETRICA CPT1

Strato	Descrizione	Quota iniziale [m]	Quota finale [m]	Spessore [m]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	Cu [kN/m ²]	c' [kN/m ²]	Mo [kN/m ²]	E [kN/m ²]
A	Coltre di riporto	0,0	1,4	1,4	17,65	18,63	15	----	----	----	-----
B	Argille ad elevata componente organica e torbosa	1,4	4,0	2,6	18,14	19,12	20	88,25	19,61	8825,0	7845,0
C	Argille ed argille sabbioso limose	4,0	5,8	1,8	18,63	19,61	22	117,68	24,51	11768,0	9806,0
D	Sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa	5,8	-	-	19,61	19,61	35	0	0	19613,0	14710,0

PROVA PENETROMETRICA CPT2

Strato	Descrizione	Quota iniziale [m]	Quota finale [m]	Spessore [m]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	Cu [kN/m ²]	c' [kN/m ²]	Mo [kN/m ²]	E [kN/m ²]
A	Coltre di riporto	0,0	1,2	1,2	17,65	18,63	15	----	----	----	-----
B	Argille talora ad elevata componente organica e torbosa	1,2	3,2	2,0	18,14	19,12	20	98,00	19,61	9806,0	8825,0
C	Argille ed argille sabbioso limose con lenti di sabbie	3,2	6,6	3,4	18,63	19,61	22	147,10	24,51	11768,0	9806,0
D	Sabbie argilloso limose con piccole ghiaie	6,6	11,0	4,4	19,12	19,61	27	0	0	17652,00	14710,0
E	Argille molto consistenti	11,0	12,4	1,4	18,63	19,61	22	176,52	29,42	14710,0	11768,0
F	Sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa	12,4	-	-	19,61	19,61	35	0	0	19613,0	14710,0

PROVA PENETROMETRICA CPT3

Strato	Descrizione	Quota iniziale [m]	Quota finale [m]	Spessore [m]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	Cu [kN/m ²]	c' [kN/m ²]	Mo [kN/m ²]	E [kN/m ²]
A	Coltre di riporto	0,0	0,6	0,6	17,65	18,63	15	----	----	----	-----
B	Argille ed argille sabbioso limose con lenti di sabbie e piccole ghiaie	0,6	6,0	5,4	18,63	19,61	22	147,10	24,51	11768,0	9806,0
C	Sabbie argilloso limose con piccole ghiaie	6,0	8,4	2,4	19,12	19,61	27	0	0	17652,00	14710,0
D	Sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa	8,4	-	-	19,61	19,61	35	0	0	19613,0	14710,0

dove:

γ = peso di volume,

γ_{sat} = peso di volume saturo,

Cu = coesione non drenata,

c' = coesione efficace,

ϕ' = angolo di attrito,

Mo = modulo edometrico,

E = modulo elastico.

6. STABILITÀ DEL PENDIO

Per quanto concerne la stabilità, questi terreni, appartenenti ad antiche superfici terrazzate, la cartografia del CARG, nella specifica carta del dissesto, li cartografa al passaggio tra “depositi di versante s.l.(a3)” e “depositi alluvionali attualmente non in evoluzione (bn)”.

Il “deposito di versante” comprende i detriti eterometrici ed eterogenei deposti alla base di scarpate particolarmente ripide ed originati presumibilmente da processi gravitativi e, talora, per ruscellamento superficiale. Sono stati inseriti in questa categoria di depositi superficiali anche corpi detritici che probabilmente sono resti di vere e proprie frane; essi tuttavia non possiedono più le caratteristiche morfologiche che ne consentono una sicura attribuzione.

Il “deposito alluvionale attualmente non in evoluzione” è caratterizzato invece da sabbie, ghiaie, e limi che attualmente non sono interessati da fenomeni di dinamica fluviale attiva. A questa classificazione rispondono tutti i terreni che sono posti lateralmente o a quote più alte rispetto al livello attuale dell'alveo di piena ordinaria.

In questo caso, tracimazioni del Rio Bellano che, adeguatamente incanalato nell'alveo attuale, entro l'avvallamento a E/NE, defluisce in direzione della pianura immettendosi nel T. Tresinaro in località Ubersetto, si potrebbero escludere. È noto però che il rio, un tempo certamente con maggior portata, al punto da poter essere considerato il principale responsabile degli apporti di conoide su cui attualmente insiste l'abitato di Ventoso, un tempo aveva un andamento più rettilineo.

Notizie storiche, riproposte dal Prof. R. Gandini sullo “Stradario antico del territorio del comune di Scandiano”, testimoniano infatti quanto segue “Il rio de' Bellani, che portava le acque al fossato della Rocca, fu il responsabile dei numerosi allagamenti a cui fu soggetto il Paese nei secoli XVII e XVIII, fu poi deviato dal suo antico corso e immesso nel Tresinaro poco a Sud di Scandiano, in località Ubersetto”.

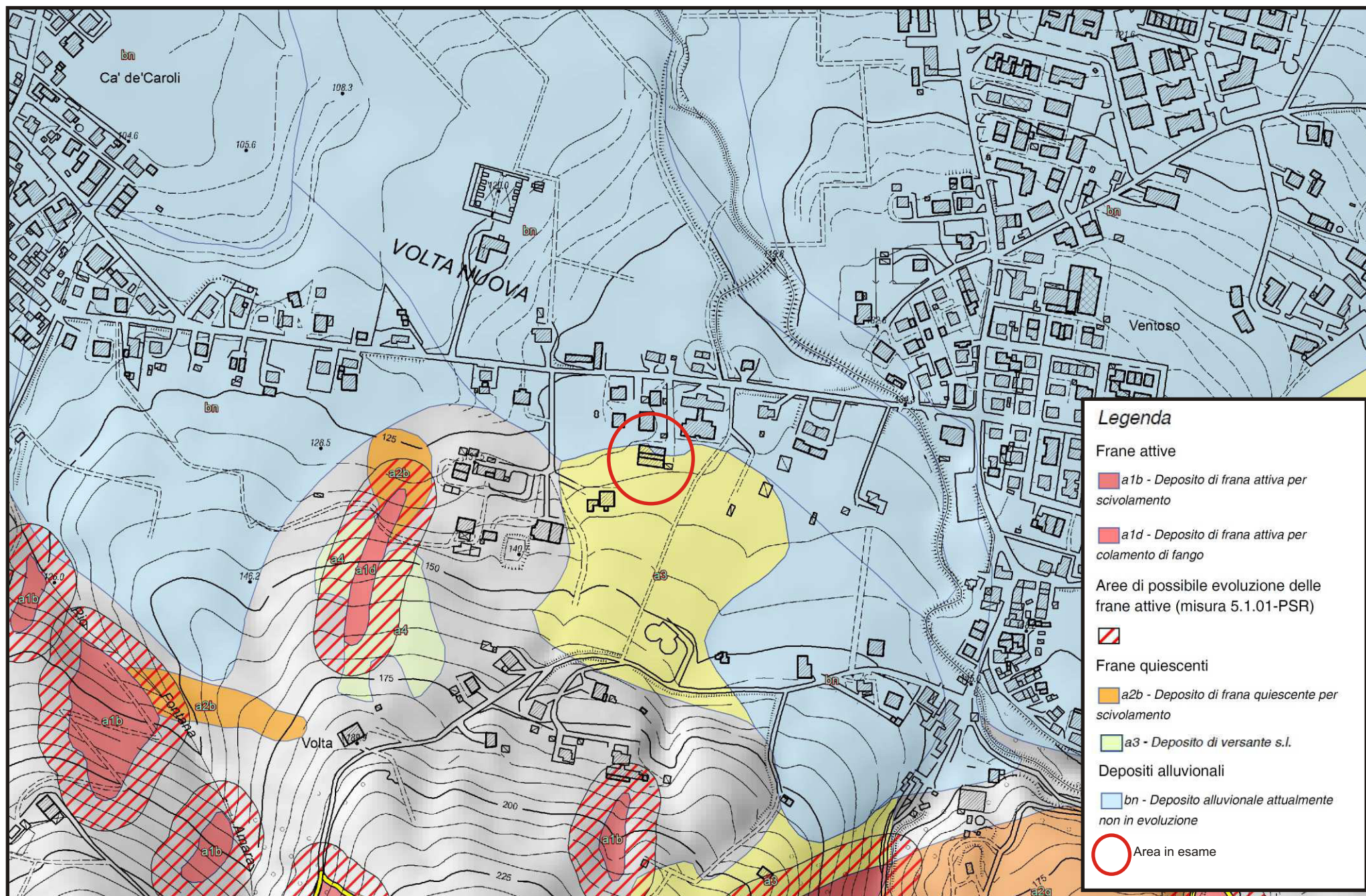
Tutto ciò premesso, riprendendo le valutazioni della carta del dissesto del progetto CARG della Regione, anche l'area della palestra, come tutte le altre a sud dei colli semplicemente appartenenti ai “depositi alluvionali attualmente non in evoluzione”, (bn) in carta, risponde ai requisiti in quanto posta ad una quota più alta rispetto all'alveo attuale entro cui a E/NE scorre il rio.

Non mi è noto se esista un calcolo idraulico della portata del rio, riprendendo miei precedenti studi prodotti all'inizio degli anni 2000 a supporto di valutazioni idrauliche per la realizzazione dell'albergo in località Ubersetto, esse si riferivano a valutazioni specifiche per il sito.

L'alveo è a quest'altezza ben incassato ed abbastanza profondo, necessiterebbe però di una periodica manutenzione, evitando che la vegetazione spontanea possa risultare di ostacolo al normale deflusso delle acque. Numerose sono le abitazioni poste lungo entrambe le rive del Rio Bellano, alcune di recente costruzione, per cui, a prescindere dalla palestra e dalla vicina scuola, abbastanza distanti dall'alveo e come detto tutelate in quota nei confronti di eventuali tracimazioni, valutazioni in merito hanno pur tuttavia una motivata ragione d'essere.

A prescindere quindi da queste considerazioni, il territorio in esame gode di una sufficiente stabilità anche se, come chiaramente visualizzato dalla carta del dissesto, lungo il pendio, a sud e a O/SO, l'elaborato cartografa, con le sigle alb e ald, frane attive per scivolamento e colamento di fango; si tratta di movimenti gravitativi di modeste dimensioni che rimobilitano frane quiescenti.

CARTA DEL DISSESTO DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA
SCALA 1:5000



7. CENNI DI IDROGEOLOGIA DI BACINO E LOCALE

Il territorio in oggetto di studio fa parte della “Unità idrogeologica dei corsi d’acqua minori”.

Questa unità corrisponde al tratto di alta pianura, compreso tra le conoidi dell’Enza e del Secchia, è percorso dai corsi d’acqua minori (Crostolo, Lodola, Tresinaro) che formano modeste conoidi, caratterizzate da sottili banchi ghiaiosi, abbastanza discontinui e talvolta passanti a letti sabbiosi, intercalati a serie prevalentemente limo-argillose. Anche attualmente, infatti, questi corsi d’acqua sono caratterizzati da bacini idrografici relativamente poco estesi e da portate liquide che non consentono un’ampia diffusione di materiali ghiaiosi.

Per quanto riguarda il contributo dei corsi d’acqua alle falde, pur essendo accertato, non è assolutamente quantificabile, per la mancanza di dati e per la variabilità delle situazioni.

Questa unità, fra quelle dell’alta pianura, è certamente la meno ricca di risorse idriche.

In base alla documentazione esistente ed alle caratteristiche della falda rilevate da alcuni pozzi, è possibile delineare un quadro sufficientemente preciso dell’idrogeologia della zona.

Nel corso delle indagini penetrometriche realizzate nel lotto in esame non è stata accertata presenza d’acqua; nel territorio, è nota tuttavia l’esistenza di una falda superficiale a cui traggono alimento gli ultimi pozzi a camicia.

Si può definire in oltre 20 m dal p.c. il livello statico di questa falda, misura variabile in funzione della diversa profondità del primo strato argilloso impermeabile.

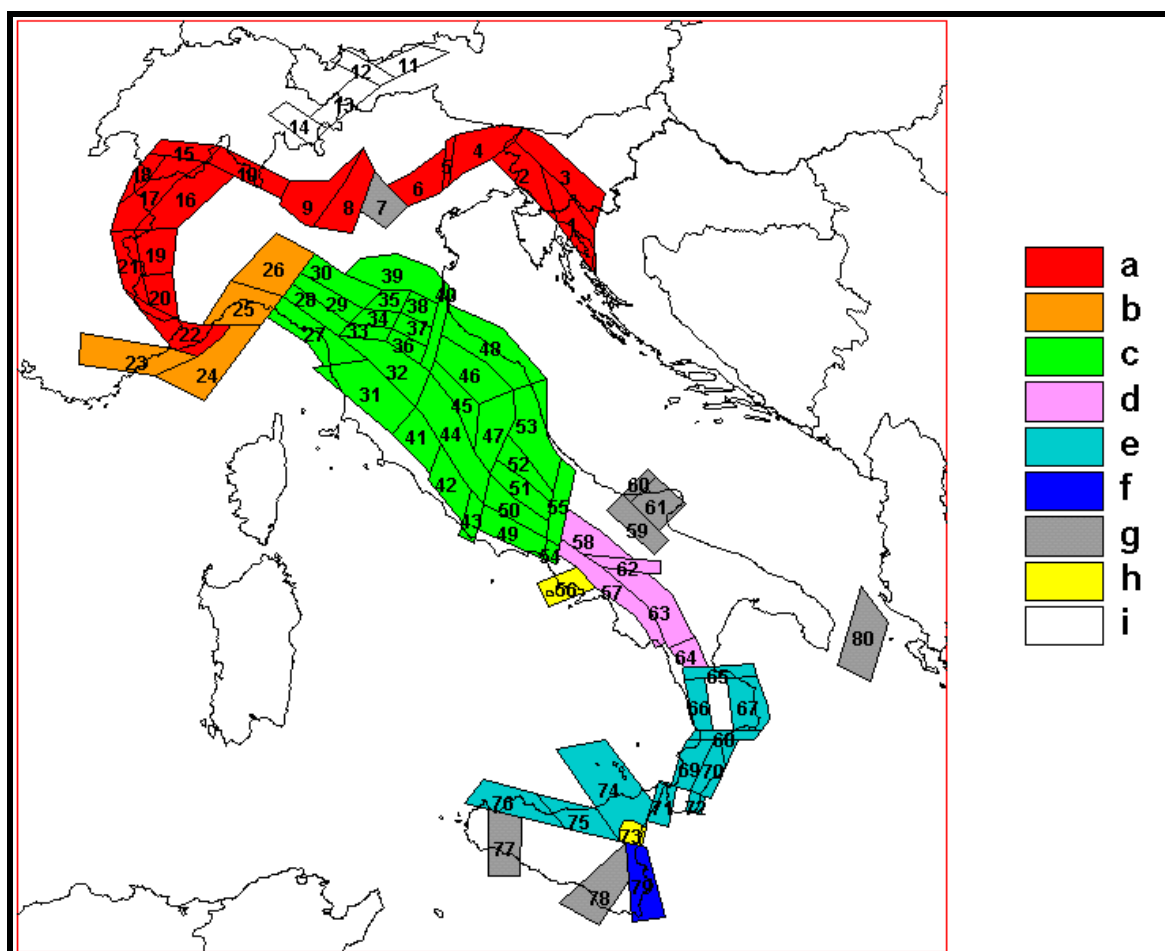
Resta inteso che i valori in precedenza riportati possono essere soggetti a variazioni durante il corso dell’anno in quanto strettamente correlati al regime pluviometrico della zona.

Il livello statico della falda profonda, individuata a -68/70 m dal p.c., a cui traggono alimento i pozzi artesiani della zona, è stato misurato alla profondità di 43/45 m.

8. SISMICITÀ 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, 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.



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 epoca storica il valore del VII grado MCS (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Scandiano (RE)

[44.597, 10.690]

Osservazioni disponibili: 40

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw	
6-7	1832 03 13 03 30	Reggiano	7-8	5.51	
6-7	1873 05 16 19 35	Reggiano	6-7	5.01	
6	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	6	5.01	
3	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	9	6.27	
NF	1895 05 12 20 29	Reggiano	4-5	3.98	
NF	1899 06 26 23 17 2	Valle del Bisenzio	7	5.02	
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	7	5.10	
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5.36	
NF	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	7-8	5.34	
NF	1912 09 12 21 15	Carpi	4	3.76	
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5.63	
NF	1919 06 29 15 06 1	Mugello	10	6.38	
5-6	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	10	6.53	
5-6	1923 06 28 15 12	Modenese	6	5.04	
3-4	1932 04 19 00 17	Modenese	4	3.63	
2-3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	6-7	4.96	
3	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	5	4.73	
2	1961 08 13 22 34 1	Parmense	5-6	4.37	
4-5	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	5	4.44	
3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	10	6.81	

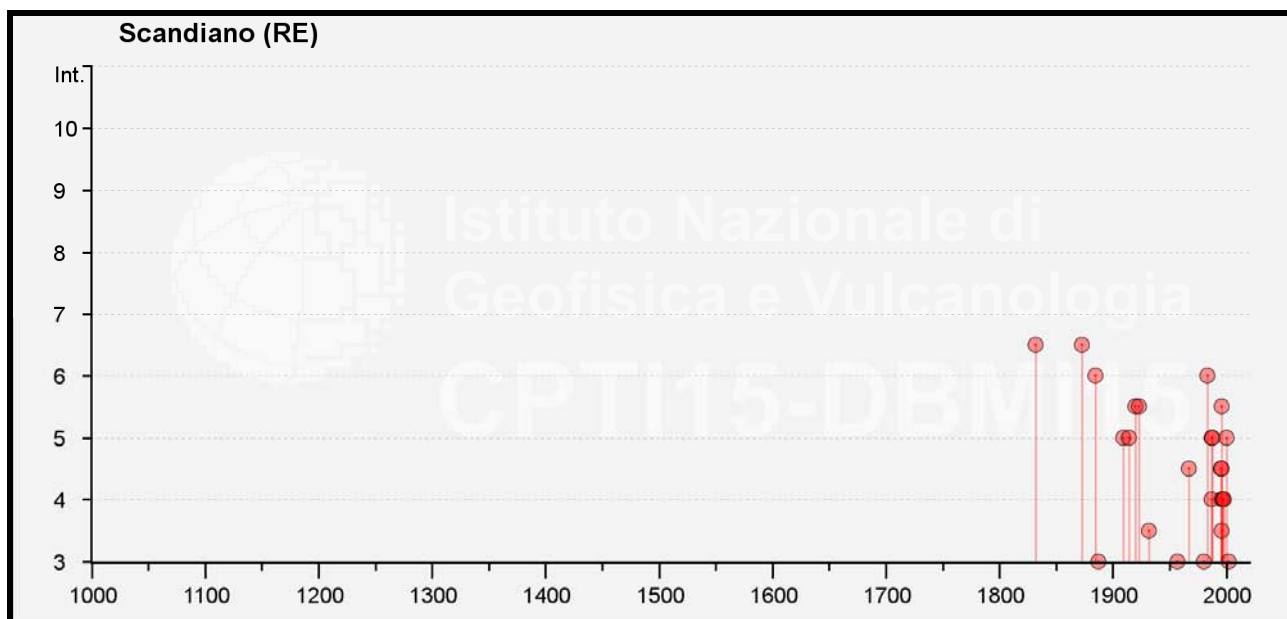
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw	
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	6-7	5.04	
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	7	5.62	
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	6	4.43	
4	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	6	4.64	
5	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	6	4.71	
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	6	4.57	
NF	1989 10 03 09 41 3	Appennino parmense	4	4.04	
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	7	4.82	
4-5	1995 12 31 21 29 4	Appennino reggiano	4-5	4.51	
5-6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	7	5.38	
4	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	5-6	3.94	
4-5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	5-6	3.63	
3-4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	5-6	4.06	
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	4-5	3.68	
4	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	5	3.93	
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	5-6	4.40	
NF	2000 10 03 01 12 3	Frignano	5	4.22	
2	2002 06 08 20 13 0	Frignano	4	4.23	
3	2002 06 18 22 23 3	Frignano	4	4.30	
NF	2002 06 19 22 11 1	Frignano	3	4.03	

Intendendo:

Int = Intensità al sito (MCS);

Io = Intensità epicentrale (MCS);

Mw = Magnitudo.



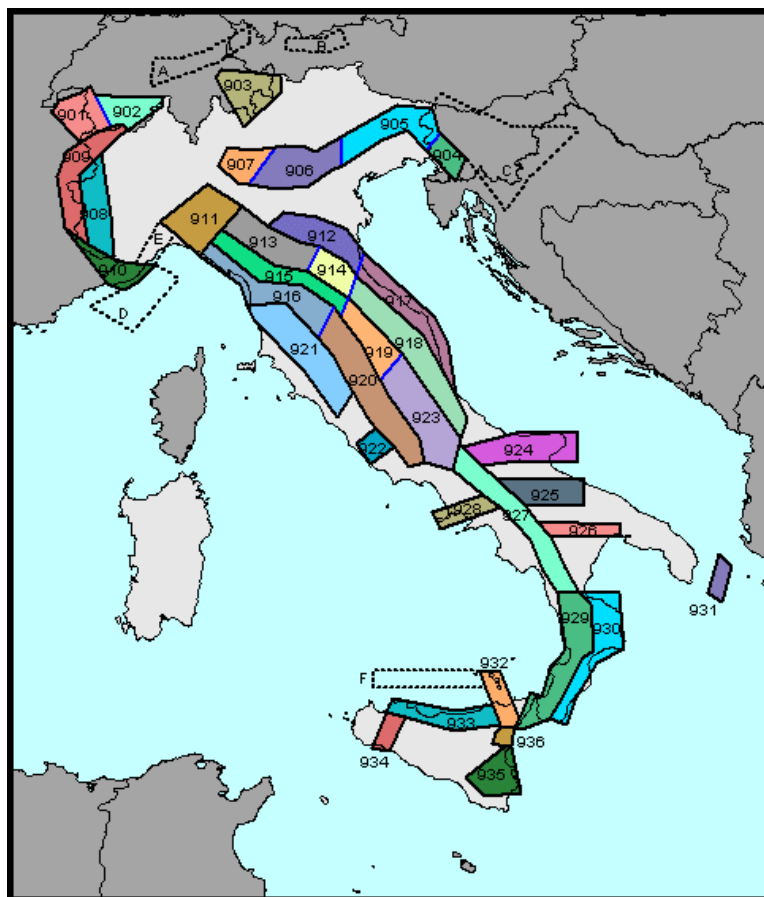
eventi sismici nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate)

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 Scandiano, 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 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione non classificato), è stato inserito in zona Z3 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 Scandiano, 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 0.162.



Zonazione sismogenetica ZS9

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. Secondo il D.M. 17/1/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni”, in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E).

In tal senso, in ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, sono state eseguite in sito le seguenti indagini geofisiche:

- n.1 indagine sismica a rifrazione con metodo MASW per determinare la categoria sismica del primo sottosuolo;
- n. 1 indagine sismica passiva Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) – Metodo di Nakamura per definire la frequenza di risonanza del terreno.

Sismica a rifrazione con metodo MASW

La prospezione geofisica è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali prodotto dalla Ditta PASI di Torino attrezzato con 24 geofoni orizzontali di ricezione, dotati di preamplificatori di segnale, disposti ad interasse di 2 m l'uno dall'altro.

L'indagine, effettuata mediante sismica a rifrazione applicando il metodo MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves, ha consentito di analizzare, nei primi 30 m, la velocità delle onde di taglio (S). Le onde S, analogamente a quelle di compressione (P), non sono dispersive e si propagano anche in mezzi perfettamente omogenei inducendo deformazioni puramente distorsionali. Gli elementi di volume investiti dall'onda vibrano in direzione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione.

Nella fattispecie, il sondaggio ha accertato la presenza di otto strati e ad ognuno di essi, mediante l'ausilio dell'apposito programma di calcolo winMASW 4.1.1 Pro, è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_S) ed il rispettivo spessore (d) (cf. tabelle e diagrammi proposti in allegato).

Per ognuno degli strati sono stati rispettivamente ottenuti i seguenti valori:

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
$V_S = 160$ m/sec	$V_S = 142$ m/sec	$V_S = 199$ m/sec	$V_S = 312$ m/sec
d = 0.9 m	d = 1.1 m	d = 5.4 m	d = 1.1 m

5° STRATO	6° STRATO	7° STRATO	8° STRATO
$V_S = 230$ m/sec	$V_S = 491$ m/sec	$V_S = 456$ m/sec	$V_S = 540$ m/sec
d = 3.2 m	d = 5.9 m	d = 7.8 m	d = 4.6 m

La valutazione del valore V_{S30} viene quindi ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i -esimo, m/sec

ottenendo:

$$V_{S30} = 313 \text{ m/sec}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*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.

Indagine sismica passiva HVSR

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).

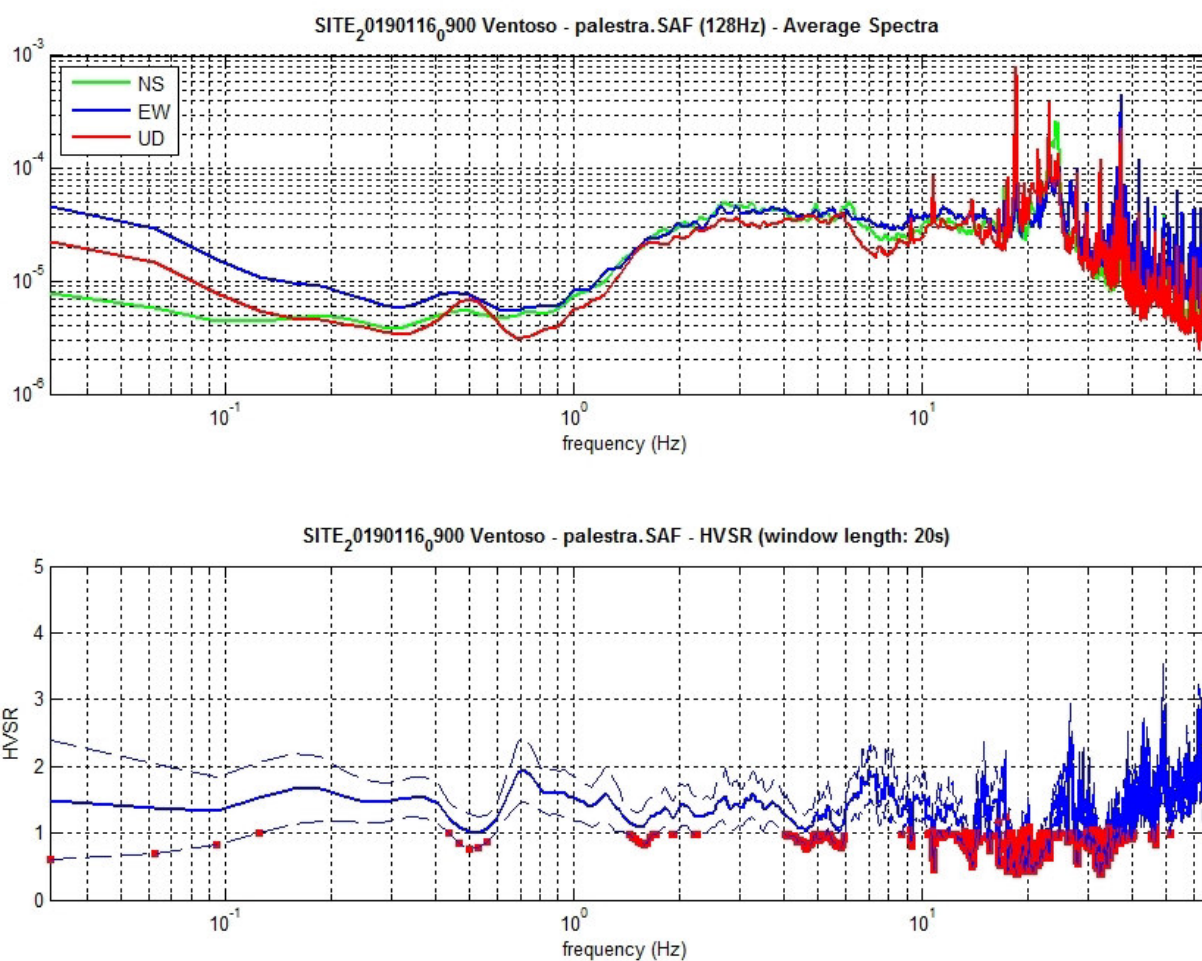
Le vibrazioni misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una serie di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici). 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 Vs30, così come richiesto dalle normative antisismiche vigenti.

Le misure sono state effettuate con uno strumento denominato Gemini 2 prodotto dalla ditta Pasi di Torino. Il Gemini 2 è un acquisitore dati HVSR costituito da una terna di geofoni con frequenza di risonanza di 2 Hz, accoppiati sia meccanicamente che elettricamente e da un acquisitore di dati a 24 bit reali appositamente progettato. Per il suo funzionamento in campagna il Gemini 2 viene collegato ad un computer portatile tramite un'interfaccia USB.

I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto S.E.S.AM.E.: l'asse Z corrisponde al geofono verticale (direzione Up-Down), l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale (direzione East-West) e al geofono orizzontale (direzione North-South).

La misurazione, della durata di venti minuti pari a 200 Hz, è stata eseguita utilizzando il software WinHVSr, prodotto dalla ditta EliaSoft.

In base all'elaborazione dei dati di campagna sono stati ottenuti i seguenti risultati:



In base alle risultanze della prova geofisica passiva HVSR, per il terreno sono stati ottenuti valori di picco della frequenza di risonanza (Peak frequency - Hz) di 17.3 Hz e del rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Peak HVSR value) di 2.0.

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA

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.

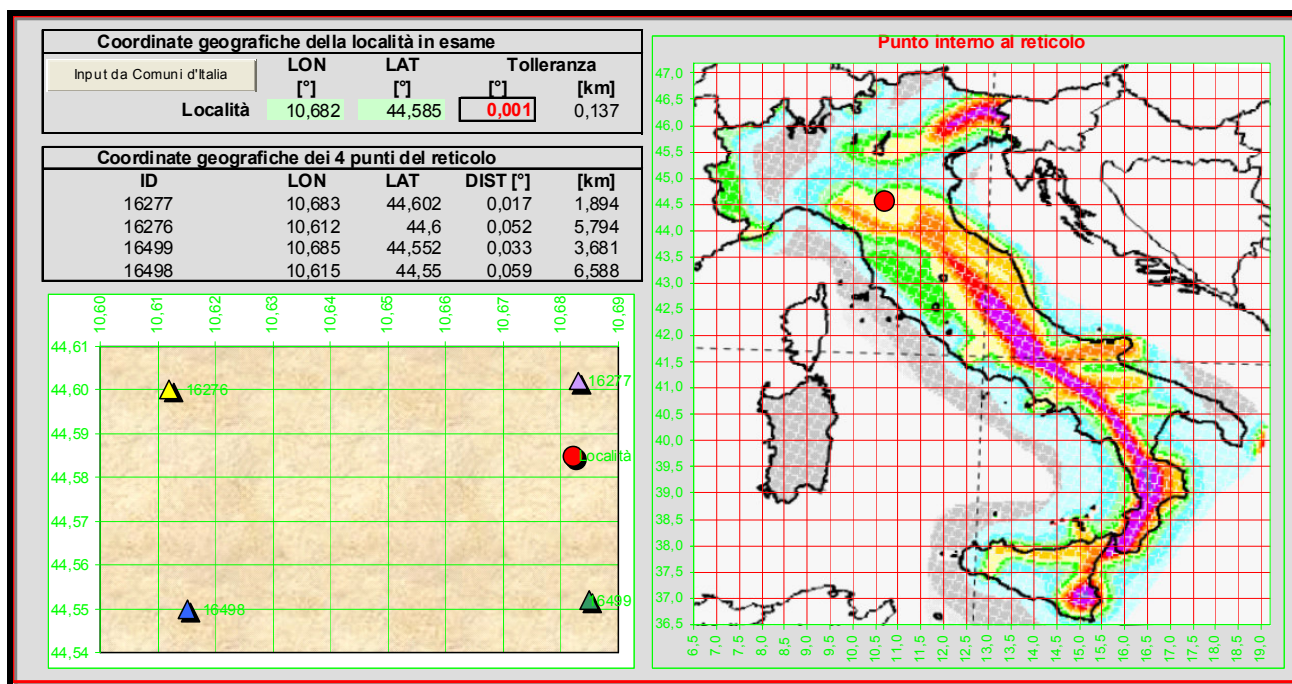
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima
- F_o = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_{c^*} = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno T_R di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento V_R 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 Ingegneri Red Shift & Afazio, 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 (vedi figura in allegato).



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.

VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale V_N **50** [anni]
 Classe d'uso C_U **III**
 Vita di riferimento V_R 75 [anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO

Topografia **T1**
 Coeff. topografico S_T 1,0
 Categoria suolo **C**

	SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*	S	Tb	T_C	T_D	F_v
sle	Operatività	81%	45	0,617	2,49	0,26	1,50	0,14	0,42	1,85	0,83
sle	Danno	63%	75	0,768	2,47	0,27	1,50	0,15	0,44	1,91	0,93
slu	Salv. Vita	10%	712	1,838	2,41	0,29	1,43	0,15	0,46	2,34	1,39
slu	Collasso	5%	1462	2,281	2,44	0,30	1,37	0,16	0,47	2,51	1,57

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_o , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al $TR = 712$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

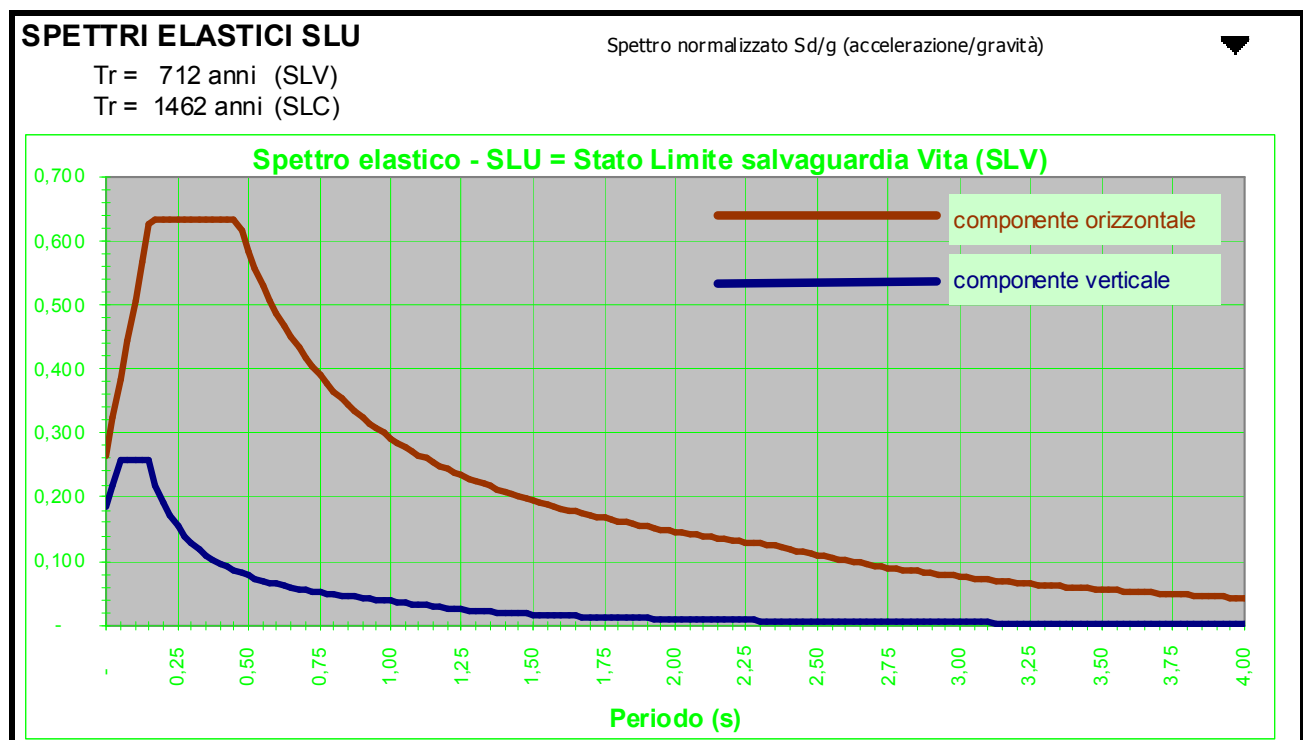
$$a_g = a_g/g = 1.838 / 9.81 = 0.187$$

$$F_o = 2.41$$

$$T_c^* = 0.29$$

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:



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.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso III

Stato limite SLV e TR = 712 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 17.01.2018*):

$S_s = 1.43$ - Categoria sottosuolo C

$S_t = 1.0$ - Categoria topografica T1

$a_g = 0.187 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.43 \cdot 1.0 \cdot 0.187 = 0.267 \cdot g$$

10. 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.

Avendo attribuito la classe d'uso 3 all'edificio esaminato, si è deciso di proporre una microzonazione sismica con l'analisi approfondita di III livello.

L'analisi approfondita di terzo 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:

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

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 due intervalli distinti: 0.1-0.5 sec e 0.5-1.0 sec.

11. RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO

Come in precedenza detto viene qui di seguito proposta un'analisi sismica di III° livello, in cui vengono definiti i Fattori di Amplificazione di P.G.A. e di Intensità Spettrale secondo Housner.

La modellazione numerica della risposta sismica locale (RSL) è stata effettuata utilizzando il software "RSL III" della ditta Geostru di Bianco (RC), avvalendosi dello specifico codice di calcolo monodimensionale "SHAKE".

L'elaborazione ha permesso di valutare l'amplificazione dell'impulso sismico al suolo e di quantificare gli spettri di risposta sulla base di terremoti di riferimento (TR 712 anni con smorzamento pari al 5%) forniti dalla Regione Emilia-Romagna, per lo Stato Limite Ultimo SLV.

Il Software RSL III permette di valutare puntualmente l'effettiva amplificazione stratigrafica sfruttando la soluzione dell'equazione differenziale che governa il problema della propagazione di onde di taglio in un solido alla Kelvin-Voigt ed un comportamento dei terreni secondo curve di decadimento per G e lo smorzamento tratte dalla letteratura scientifica e/o normative, o ancora, curve di decadimento personalizzate.

La procedura di calcolo utilizzata da RSL III per la risposta sismica locale è di tipo lineare equivalente su un modello di n strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio corrispondente al bedrock.

L'input sismico, rappresentato da più accelerogrammi, viene applicato al bedrock e viene valutato il moto di propagazione delle onde in direzione perpendicolare alla superficie utilizzando l'equazione di equilibrio dinamico in funzione dello spostamento. I valori finali forniti dall'analisi di risposta sismica locale sono gli accelerogrammi e i relativi spettri di risposta, lo spettro medio e quello medio normalizzato da confrontare con lo spettro di normativa.

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

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

Il modello geologico si è basato sulla stratigrafia, redatta sugli esiti delle prove penetrometriche CPT, dello stendimento sismico a rifrazione MASW e dell'indagine HVSR.

La prova MASW consente di valutare la distribuzione delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs) nei primi trenta metri pari a 313 m/s. All'interno del modello geologico utilizzato per l'analisi di RSL si sono quindi inseriti i sismostrati riportati nel capitolo "Sismicità dell'Area" di suddetta relazione; il bedrock sismico è stato quindi impostato alla profondità di ~50 m dal piano campagna attuale attribuendo una velocità di 600 m/s.

Occorre poi procedere all'inserimento degli input sismici, desunti dai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motiondatabase" e forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di tre tipologie di segnali, già "scalati" per il territorio comunale a cui si riferiscono e sono rappresentati dai tre differenti accelerogrammi di progetto:

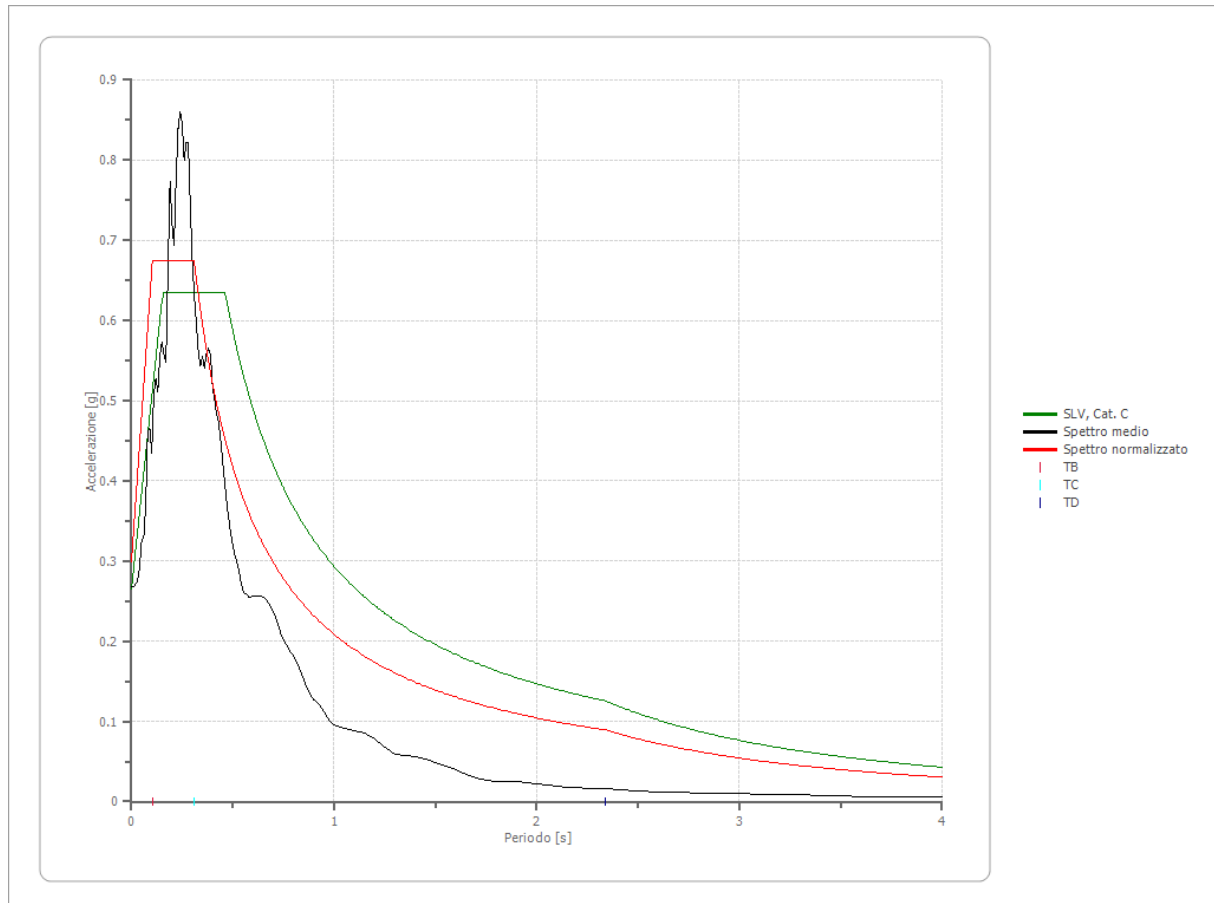
- 1) impulsivo;
- 2) con ampio contenuto in frequenze;
- 3) con componente predominante alle alte frequenze.

La modellazione consente la valutazione dell'amplificazione locale intesa come rapporto PGA/PGA0 ossia come rapporto dell' $a_{g_{max}}$ al suolo (calcolata con SHAKE) con quella del suolo rigido. Si rammenta ancora che per il Comune di Scandiano la DAL 112/2007 riporta un' $a_{g_{max}}$ al suolo rigido pari a 0,159 g.

In allegato vengono riportate tutte le elaborazioni fornite dal software RSL III, da cui sono stati estrapolati i risultati qui di seguito forniti.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione FA è pari a 1.846 e un fattore di amplificazione spettrale massima Fo di 2.258, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.299 g.

Suddetto valore di accelerazione dovrà essere adottato per il dimensionamento e le verifiche di miglioramento sismico delle strutture poiché risulta essere maggiore rispetto a quello (0.267 g) calcolato nel capitolo precedente con una risposta sismica semplificata, a favore della sicurezza, si dovrà pertanto adottare il valore di 0.299 g per il dimensionamento delle strutture.



CONFRONTO SPETTRO DI PROGETTO E SPETTRO DA NORMATIVA

Per quanto riguarda la stima dell'intensità spettrale di Housner (SI), intesa come rapporto fra gli spettri PSV al suolo e PSV al pseudo-bedrock, la modellazione espletata con SHAKE ha permesso di ricavare gli esiti negli intervalli temporali rispettivamente di $0,1s \div 0,5s$; $0,5s \div 1,0s$ e $0,5s \div 1,5s$, come richiesto dal Dgr 2193/2015, pari rispettivamente a F.A. = 1.790, F.A. = 1.429 e F.A. = 1.400.

12. 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.

Il capitolo 7.11.3.4 delle NTC 2018 riporta che gli effetti di liquefazione avvengono soprattutto in terreni prevalentemente sabbiosi intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Il territorio in esame si caratterizza per materiali prevalentemente coesivi, di per se stessi stabili nei confronti della liquefazione, che a loro volta ricoprono lenti di sabbie e ghiaie addensate, materiali che consentirebbero di poter escludere l'insorgenza di questo fenomeno tuttavia, 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 ritenuto opportuno procedere ad apposite verifiche.

Le verifiche, effettuate con il metodo di “Robertson e Wride – 1997” che utilizza le prove penetrometriche statiche mediante l'ausilio del programma Liquiter prodotto dalla Ditta Geostru, hanno appurato che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

13. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In conformità con le più recenti suddivisioni stratigrafiche adottate a livello regionale dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna, la Carta Geologica del Progetto CARG segnala che l'area ricade su una coltre detritica (a3) che ricopre terreni di coperture quaternarie. Nella fattispecie l'area su cui sorge la palestra viene indicata al passaggio, verso sud, tra depositi del Subsistema di Ravenna (AES8) e dell'Unità di Niviano (AES7a) con quelli più antichi del Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (AEI).

Le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare le reali caratteristiche geomeccaniche del primo sottosuolo, hanno riscontrato la presenza di una coltre di riporto. Utilizzato per regolarizzare la superficie a quella della viabilità d'accesso, il suo spessore, in CPT1 e CPT2, quantificabile in almeno 1.2÷1.4 m è decisamente superiore rispetto alla posizione in cui è stata eseguita la prova CPT3, solo 0.6 m. All'epoca della realizzazione della palestra si è infatti dovuto procedere all'attuazione di opere di sbanco tali da aver comportato la realizzazione di un muro di contenimento contro terra. Ad occidente l'area cortiliva si raccorda con i terreni limitrofi tramite una piccola scarpata ed è appunto in questa posizione che le indagini hanno riscontrato il maggior spessore di terreno di riporto. In questa zona, alla base di questa coltre, le penetrometrie CPT1 e CPT2 hanno accertato, sino a -3.2÷4 m, la presenza di materiali prevalentemente coesivi, argille ad elevata componente organica e torbosa mentre in CPT3 con buone probabilità queste argille sono state asportate con le opere di sbanco. Le penetrometrie hanno poi riscontrato che alla massa coesiva iniziano ad alternarsi materiali granulari (sabbie limose, sabbie e ghiaie) in lenti e talora piccoli banchi con diverso grado di addensamento e dimensioni. Le ghiaie ad elevato grado di addensamento hanno altresì impedito la prosecuzione delle infissioni statiche a varie profondità; a 7.8 m in CPT1, 13.2 m in CPT2 e a 9.4 m in CPT3. Le velocità sismiche dell'indagine tipo MASW ($V_s > 400$ m/s) evidenziano che verosimilmente un deposito alluvionale di questo tipo è presente sino alla profondità di oltre venti metri.

Questa informazione è confermata dalle stratigrafie dei pozzi realizzati in terreni limitrofi e disponibili sul sito della Regione Emilia Romagna.

Nel corso delle indagini penetrometriche realizzate nel lotto in esame non è stata accertata presenza d'acqua; nel territorio, è nota tuttavia l'esistenza di una falda superficiale a cui traggono alimento gli ultimi pozzi a camicia. Si può definire in oltre 20 m dal p.c. il livello statico di questa falda, misura variabile in funzione della diversa profondità del primo strato argilloso impermeabile.

Il livello statico della falda profonda, individuata a -68/70 m dal p.c., a cui traggono alimento i pozzi artesiani della zona, è stato misurato alla profondità di 43/45 m.

Per quanto concerne la stabilità, questi terreni, appartenenti ad antiche superfici terrazzate, la cartografia del CARG, nella specifica carta del dissesto, li cartografa al passaggio tra “depositi di versante s.l.(a3)” e “depositi alluvionali attualmente non in evoluzione (bn)”. Il territorio in esame gode di una sufficiente stabilità anche se, come chiaramente visualizzato dalla carta del dissesto, lungo il pendio, a sud e a O/SO, l'elaborato cartografa, con le sigle alb e ald, frane attive per scivolamento e colamento di fango; si tratta di movimenti gravitativi di modeste dimensioni che rimobilitano frane quiescenti.

In conformità con quanto previsto dalle normative vigenti, unitamente all'esecuzione delle citate indagini penetrometriche, necessarie per accertare le caratteristiche geomeccaniche del primo sottosuolo, per definire la categoria sismica del suolo, come accennato, si è inoltre proceduto all'esecuzione di un sondaggio sismico a rifrazione tipo MASW.

In base alla sua elaborazione, nei primi trenta metri (V_{s30}), è stata ottenuta una velocità di 301 m/sec tale da consentire di assimilare il suolo di fondazione alla categoria C di azione sismica “*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.

In base alle risultanze di un'indagine geofisica passiva HVSR, per il terreno sono stati poi ottenuti valori di picco della frequenza di risonanza (Peak frequency - Hz) di 17.3 Hz e del rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Peak HVSR value) di 2.0.

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il "Calcolo dello Spettro Sismico", ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, 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_o e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale.

Riferiti all'area in oggetto, al $T_R = 712$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g = a_g/g = 1.838 / 9.81 = 0.187$; $F_o = 2.41$; $T_c^* = 0.29$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.43 \cdot 1.0 \cdot 0.187 = 0.267 \cdot g$.

Avendo attribuito la classe d'uso 3 all'edificio esaminato, si è ritenuto tuttavia necessario procedere ad una microzonazione sismica con analisi approfondita di III livello.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione F_A è pari a 1.846 e un fattore di amplificazione spettrale massima F_o di 2.258, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.299 g.

Risultando questo valore (0.299 g) superiore rispetto a quello calcolato con la risposta sismica semplificata (0.267 g), a favore della sicurezza, questa accelerazione dovrà essere adottata per il dimensionamento e le verifiche di miglioramento sismico delle strutture.

Per quanto riguarda la stima dell'intensità spettrale di Housner (SI), intesa come rapporto fra gli spettri PSV al suolo e PSV al pseudo-bedrock, la modellazione espletata con SHAKE ha permesso di ricavare gli esiti negli intervalli temporali rispettivamente di $0,1s \div 0,5s$; $0,5s \div 1,0s$ e $0,5s \div 1,5s$, come richiesto dal Dgr 2193/2015, pari rispettivamente a $F.A. = 1.790$, $F.A. = 1.429$ e $F.A. = 1.400$.

Il territorio in esame si caratterizza per materiali prevalentemente coesivi, di per se stessi stabili nei confronti della liquefazione, che a loro volta ricoprono lenti di sabbie e ghiaie addensate, materiali che consentirebbero di poter escludere l'insorgenza di questo fenomeno tuttavia, 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 ritenuto opportuno procedere ad apposite verifiche.

Le verifiche, effettuate con il metodo di “Robertson e Wride – 1997” che utilizza le prove penetrometriche statiche mediante l’ausilio del programma Liquiter prodotto dalla Ditta Geostru, hanno appurato che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

Le verifiche (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) sono state effettuate con il metodo di “Robertson e Wride – 1997” che utilizza le prove penetrometriche statiche.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini, è stata poi effettuata una valutazione del peso di volume (γ), dell’angolo di attrito interno (ϕ), della coesione non drenata (C_u), della coesione efficace (c'), del modulo edometrico (M_o) e del modulo elastico (E) per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo.

Operando 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, suddetti valori potranno essere utilizzati a supporto del miglioramento sismico delle strutture.

Scandiano, febbraio 2019



ALLEGATI



A) UBICAZIONE INDAGINI

B) PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
(eseguite con penetrometro statico tipo GOUDA da 15 t)

C) SISMICA A RIFRAZIONE MASW
(realizzata con sismografo PASI 16SG24)

D) INDAGINE HVSR
(effettuata con GEMINI 2 della Ditta PASI di Torino)

E) RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO
(svolta con il programma RLS III della Ditta Geostru)

F) VERIFICA A LIQUEFAZIONE
(compiuta con il programma Liquiter della Ditta Geostru)

UBICAZIONE INDAGINI



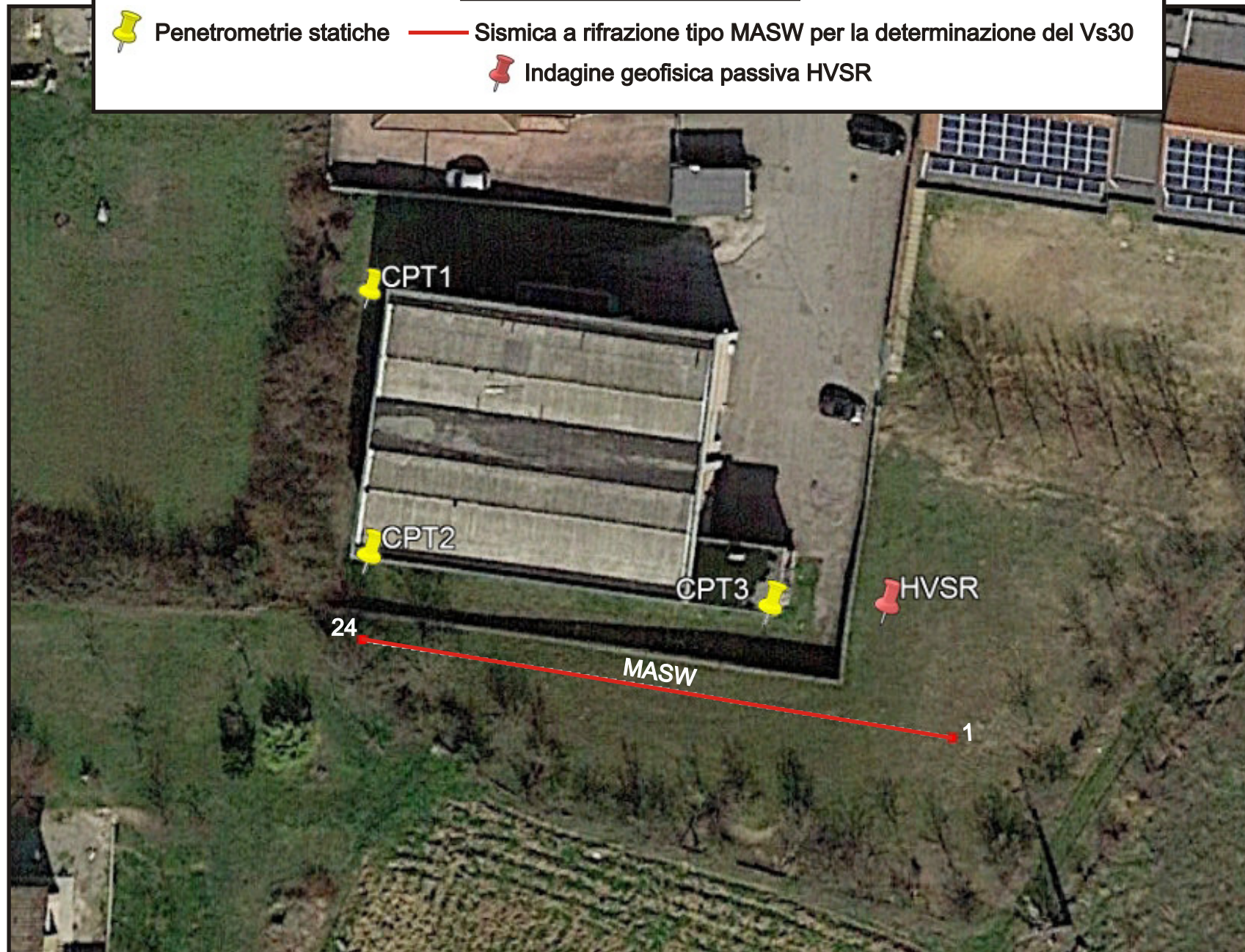
Penetrometrie statiche



Sismica a rifrazione tipo MASW per la determinazione del V_{s30}



Indagine geofisica passiva HVSr



- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -



DIAGRAMMI DI RESISTENZA

-

TABELLE E VALORI DI RESISTENZA

-

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

-

PARAMETRI GEOTECNICI

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- 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 (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $R_p \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (L. \text{ punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $R_L \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = [(L. \text{ laterale}) - (L. \text{ punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (L. \text{ totale}) C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = 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 C_t .

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

CONVERSIONI

$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$

$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$

$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (R_p / R_L)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = R_p / R_L$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

- 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.

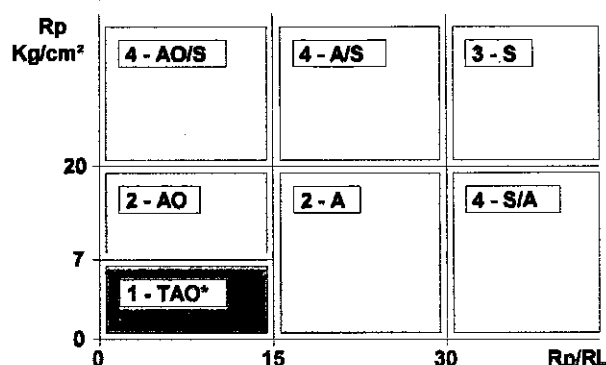
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(R_p / R_L) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(R_p / R_L) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - 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 - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} 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' - R_p]
 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 et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - R_p - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - R_p - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 - ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 - ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 - ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
- lavoro : Verifiche sismiche palestra
- località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)
- note :

- data : 16/01/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	25,0	----	50,0	0,13	375,0	4,20	15,0	34,0	30,0	2,13	14,0
0,40	21,0	22,0	42,0	0,13	315,0	4,40	17,5	33,5	35,0	3,07	11,0
0,60	13,0	14,0	26,0	0,13	195,0	4,60	19,0	42,0	38,0	3,07	12,0
0,80	10,0	11,0	20,0	0,27	75,0	4,80	22,0	45,0	44,0	3,93	11,0
1,00	5,0	7,0	10,0	0,87	12,0	5,00	20,5	50,0	41,0	3,27	13,0
1,20	4,5	11,0	9,0	1,07	8,0	5,20	25,5	50,0	51,0	2,93	17,0
1,40	4,0	12,0	8,0	1,40	6,0	5,40	40,0	62,0	80,0	4,93	16,0
1,60	9,0	19,5	18,0	1,60	11,0	5,60	23,0	60,0	46,0	3,20	14,0
1,80	14,0	26,0	28,0	2,27	12,0	5,80	26,0	50,0	52,0	3,60	14,0
2,00	17,0	34,0	34,0	2,93	12,0	6,00	23,0	50,0	46,0	1,33	34,0
2,20	20,0	42,0	40,0	3,07	13,0	6,20	80,0	90,0	160,0	1,33	120,0
2,40	19,0	42,0	38,0	3,47	11,0	6,40	110,0	120,0	220,0	6,00	37,0
2,60	22,0	48,0	44,0	2,47	18,0	6,60	75,0	120,0	150,0	7,40	20,0
2,80	14,0	32,5	28,0	2,33	12,0	6,80	24,5	80,0	49,0	4,53	11,0
3,00	14,5	32,0	29,0	2,53	11,0	7,00	26,0	60,0	52,0	0,67	78,0
3,20	13,0	32,0	26,0	2,73	10,0	7,20	105,0	110,0	210,0	0,67	315,0
3,40	13,0	33,5	26,0	2,33	11,0	7,40	170,0	175,0	340,0	0,67	510,0
3,60	14,0	31,5	28,0	2,53	11,0	7,60	220,0	225,0	440,0	-----	----
3,80	15,0	34,0	30,0	2,73	11,0	7,80	250,0	0,0	500,0	-----	----
4,00	12,0	32,5	24,0	2,53	9,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 15 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

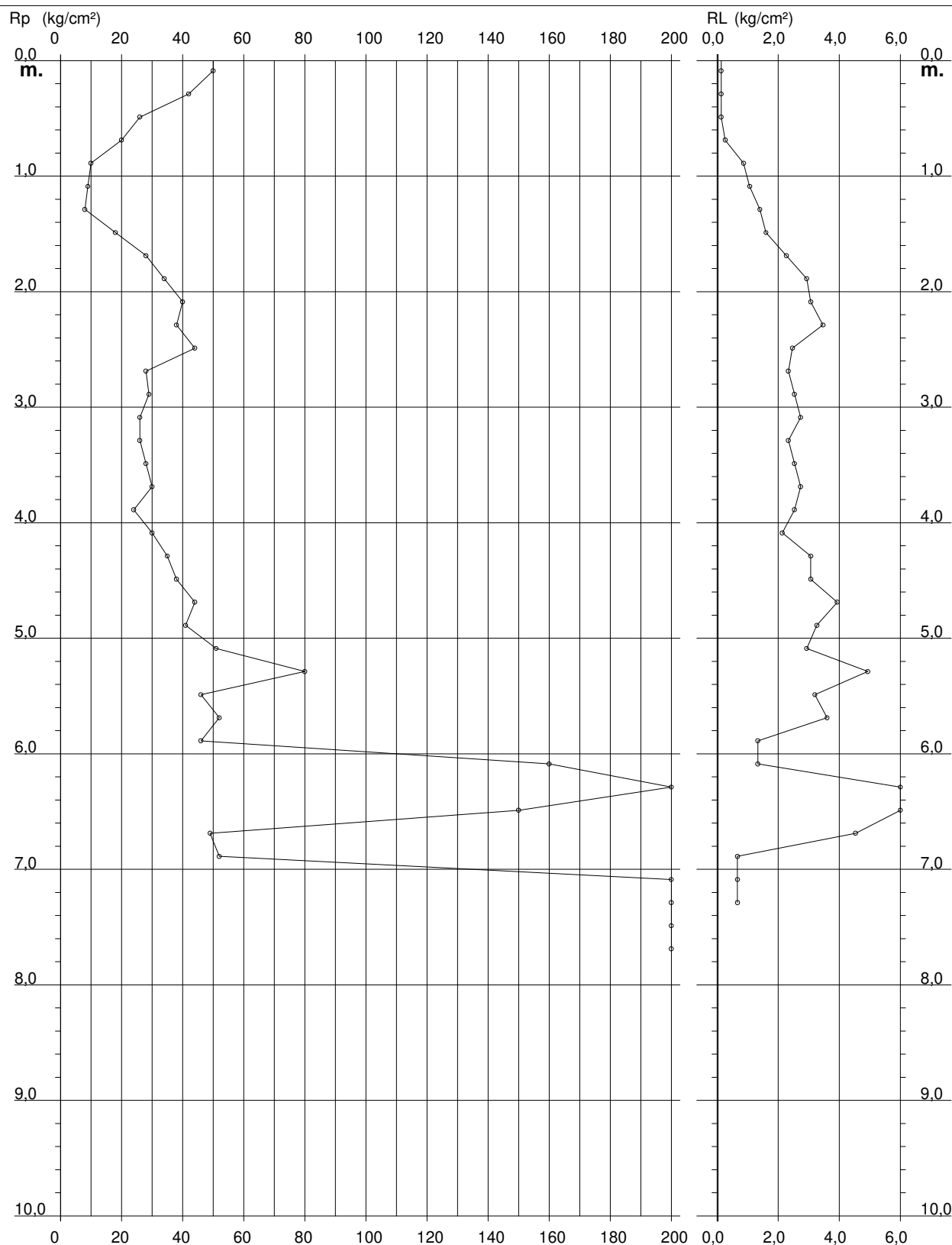
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
 - lavoro : Verifiche sismiche palestra
 - località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)

- data : 16/01/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



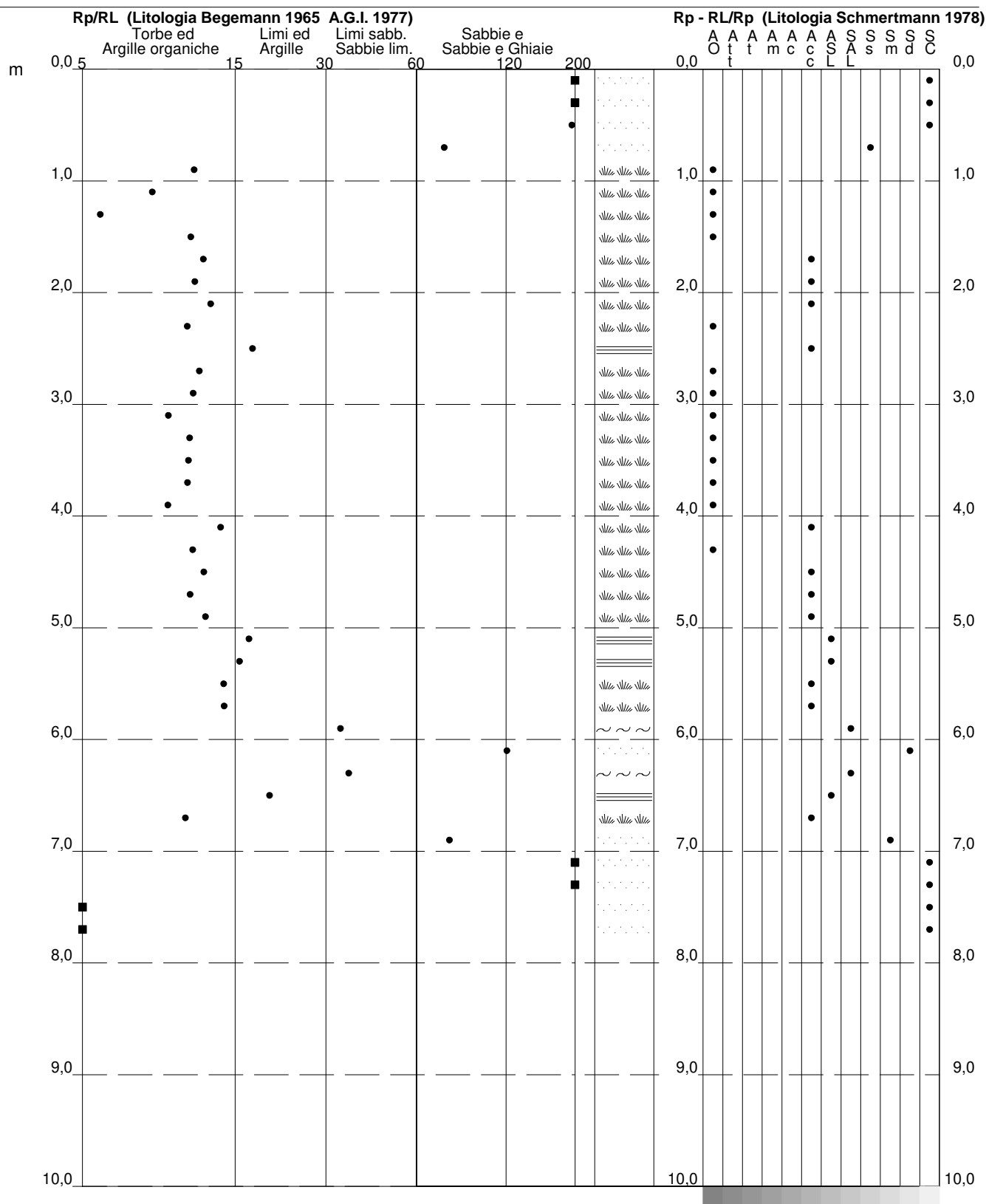
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
 - lavoro : Verifiche sismiche palestra
 - località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)
 - note :

- data : 16/01/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
- lavoro : Verifiche sismiche palestra
- località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)
- note :

- data : 16/01/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE											
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	50	375	3:~:~:	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	31	0,258	83	125	150
0,40	42	315	3:~:~:	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	30	0,258	70	105	126
0,60	26	195	3:~:~:	1,85	0,11	--	--	--	--	--	79	39	41	43	44	41	28	0,188	43	65	78
0,80	20	75	4:~:~:	1,85	0,15	0,80	51,7	136	204	60	63	37	39	41	43	38	27	0,140	33	50	60
1,00	10	12	2:~:~:~:	1,85	0,19	0,50	21,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	9	8	2:~:~:~:	1,85	0,22	0,45	15,2	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	8	6	2:~:~:~:	1,85	0,26	0,40	10,8	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	18	11	2:~:~:~:	1,85	0,30	0,75	20,1	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	28	12	4:~:~:	1,85	0,33	0,97	23,8	164	246	84	55	36	38	40	42	36	28	0,117	47	70	84
2,00	34	12	4:~:~:	1,85	0,37	1,13	25,4	193	289	102	59	36	38	40	43	37	29	0,128	57	85	102
2,20	40	13	4:~:~:	1,85	0,41	1,33	27,7	227	340	120	62	37	39	41	43	37	30	0,137	67	100	120
2,40	38	11	4:~:~:	1,85	0,44	1,27	23,3	215	323	114	59	36	38	40	43	36	30	0,126	63	95	114
2,60	44	18	4:~:~:	1,85	0,48	1,47	25,3	249	374	132	62	37	39	41	43	36	31	0,135	73	110	132
2,80	28	12	4:~:~:	1,85	0,52	0,97	13,7	164	246	84	44	34	37	39	42	34	28	0,090	47	70	84
3,00	29	11	4:~:~:	1,85	0,55	0,98	12,8	167	251	87	44	34	37	39	42	33	29	0,089	48	73	87
3,20	26	10	4:~:~:	1,85	0,59	0,93	11,0	158	237	78	38	33	36	38	41	32	28	0,076	43	65	78
3,40	26	11	4:~:~:	1,85	0,63	0,93	10,2	158	237	78	37	33	36	38	41	32	28	0,073	43	65	78
3,60	28	11	4:~:~:	1,85	0,67	0,97	10,0	164	246	84	38	33	36	38	41	32	28	0,076	47	70	84
3,80	30	11	4:~:~:	1,85	0,70	1,00	9,8	171	256	90	39	33	36	38	41	32	29	0,078	50	75	90
4,00	24	9	4:~:~:	1,85	0,74	0,89	7,9	178	267	72	30	32	35	38	40	31	28	0,058	40	60	72
4,20	30	14	4:~:~:	1,85	0,78	1,00	8,6	184	276	90	37	33	36	38	41	32	29	0,072	50	75	90
4,40	35	11	4:~:~:	1,85	0,81	1,17	9,8	199	298	105	41	34	36	39	41	32	29	0,082	58	88	105
4,60	38	12	4:~:~:	1,85	0,85	1,27	10,3	215	323	114	43	34	36	39	41	32	30	0,086	63	95	114
4,80	44	11	4:~:~:	1,85	0,89	1,47	11,8	249	374	132	47	35	37	39	42	33	31	0,096	73	110	132
5,00	41	13	4:~:~:	1,85	0,93	1,37	10,2	232	349	123	43	34	36	39	41	32	30	0,087	68	103	123
5,20	51	17	4:~:~:	1,85	0,96	1,70	12,8	289	434	153	50	35	37	40	42	33	31	0,103	85	128	153
5,40	80	16	4:~:~:	1,85	1,00	2,67	21,4	453	680	240	64	37	39	41	43	36	33	0,143	133	200	240
5,60	46	14	4:~:~:	1,85	1,04	1,53	10,2	261	391	138	44	34	37	39	42	32	31	0,090	77	115	138
5,80	52	14	4:~:~:	1,85	1,07	1,73	11,4	295	442	156	48	35	37	39	42	33	31	0,098	87	130	156
6,00	46	34	3:~:~:~:	1,85	1,11	--	--	--	--	--	43	34	36	39	41	32	31	0,086	77	115	138
6,20	160	120	3:~:~:~:	1,85	1,15	--	--	--	--	--	85	40	41	43	45	39	36	0,206	267	400	480
6,40	220	37	3:~:~:~:	1,85	1,18	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	40	38	0,240	367	550	660
6,60	150	20	4:~:~:	1,85	1,22	5,00	36,6	850	1275	450	81	39	41	43	44	38	36	0,193	250	375	450
6,80	49	11	4:~:~:	1,85	1,26	1,63	8,7	298	447	147	42	34	36	39	41	32	31	0,084	82	123	147
7,00	52	78	3:~:~:~:	1,85	1,30	--	--	--	--	--	43	34	36	39	41	32	31	0,087	87	130	156
7,20	210	315	3:~:~:~:	1,85	1,33	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	39	38	0,225	350	525	630
7,40	340	510	3:~:~:~:	1,85	1,37	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	40	0,258	567	850	1020
7,60	440	--	3:~:~:~:	1,85	1,41	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	40	0,258	733	1100	1320
7,80	500	--	3:~:~:~:	1,85	1,44	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	40	0,258	833	1250	1500

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
- lavoro : Verifiche sismiche palestra
- località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)
- note :

- data : 16/01/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	30,0	----	60,0	0,13	450,0	6,80	24,0	36,0	48,0	1,33	36,0
0,40	9,0	10,0	18,0	0,40	45,0	7,00	40,0	50,0	80,0	2,00	40,0
0,60	4,0	7,0	8,0	0,93	9,0	7,20	40,0	55,0	80,0	2,73	29,0
0,80	17,0	24,0	34,0	1,07	32,0	7,40	24,5	45,0	49,0	3,07	16,0
1,00	14,0	22,0	28,0	0,67	42,0	7,60	27,0	50,0	54,0	2,00	27,0
1,20	140,0	145,0	280,0	4,67	60,0	7,80	40,0	55,0	80,0	1,33	60,0
1,40	35,0	70,0	70,0	5,87	12,0	8,00	55,0	65,0	110,0	2,00	55,0
1,60	16,0	60,0	32,0	4,00	8,0	8,20	55,0	70,0	110,0	3,33	33,0
1,80	70,0	100,0	140,0	7,33	19,0	8,40	55,0	80,0	110,0	2,67	41,0
2,00	15,0	70,0	30,0	2,20	14,0	8,60	55,0	75,0	110,0	5,33	21,0
2,20	15,5	32,0	31,0	2,67	12,0	8,80	40,0	80,0	80,0	6,00	13,0
2,40	13,0	33,0	26,0	2,27	11,0	9,00	25,0	70,0	50,0	1,73	29,0
2,60	15,0	32,0	30,0	2,00	15,0	9,20	20,0	33,0	40,0	1,20	33,0
2,80	17,5	32,5	35,0	1,87	19,0	9,40	24,0	33,0	48,0	1,13	42,0
3,00	19,0	33,0	38,0	2,27	17,0	9,60	24,5	33,0	49,0	1,73	28,0
3,20	19,0	36,0	38,0	3,00	13,0	9,80	22,5	35,5	45,0	2,00	22,0
3,40	22,5	45,0	45,0	2,47	18,0	10,00	25,0	40,0	50,0	1,47	34,0
3,60	19,5	38,0	39,0	1,67	23,0	10,20	23,0	34,0	46,0	2,00	23,0
3,80	17,5	30,0	35,0	0,93	37,0	10,40	40,0	55,0	80,0	2,00	40,0
4,00	27,0	34,0	54,0	2,00	27,0	10,60	30,0	45,0	60,0	2,00	30,0
4,20	40,0	55,0	80,0	1,53	52,0	10,80	30,0	45,0	60,0	1,33	45,0
4,40	30,5	42,0	61,0	2,00	30,0	11,00	50,0	60,0	100,0	2,13	47,0
4,60	27,0	42,0	54,0	2,27	24,0	11,20	29,0	45,0	58,0	2,93	20,0
4,80	19,0	36,0	38,0	2,67	14,0	11,40	33,0	55,0	66,0	3,33	20,0
5,00	25,0	45,0	50,0	3,47	14,0	11,60	30,0	55,0	60,0	2,67	22,0
5,20	24,0	50,0	48,0	3,33	14,0	11,80	40,0	60,0	80,0	4,00	20,0
5,40	40,0	65,0	80,0	4,80	17,0	12,00	40,0	70,0	80,0	3,33	24,0
5,60	29,0	65,0	58,0	4,00	14,0	12,20	30,0	55,0	60,0	2,27	26,0
5,80	30,0	60,0	60,0	3,47	17,0	12,40	33,0	50,0	66,0	2,67	25,0
6,00	24,0	50,0	48,0	1,73	28,0	12,60	40,0	60,0	80,0	0,67	120,0
6,20	19,0	32,0	38,0	1,87	20,0	12,80	135,0	140,0	270,0	0,67	405,0
6,40	21,0	35,0	42,0	2,67	16,0	13,00	215,0	220,0	430,0	-----	-----
6,60	20,0	40,0	40,0	1,60	25,0	13,20	250,0	0,0	500,0	-----	-----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 15 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

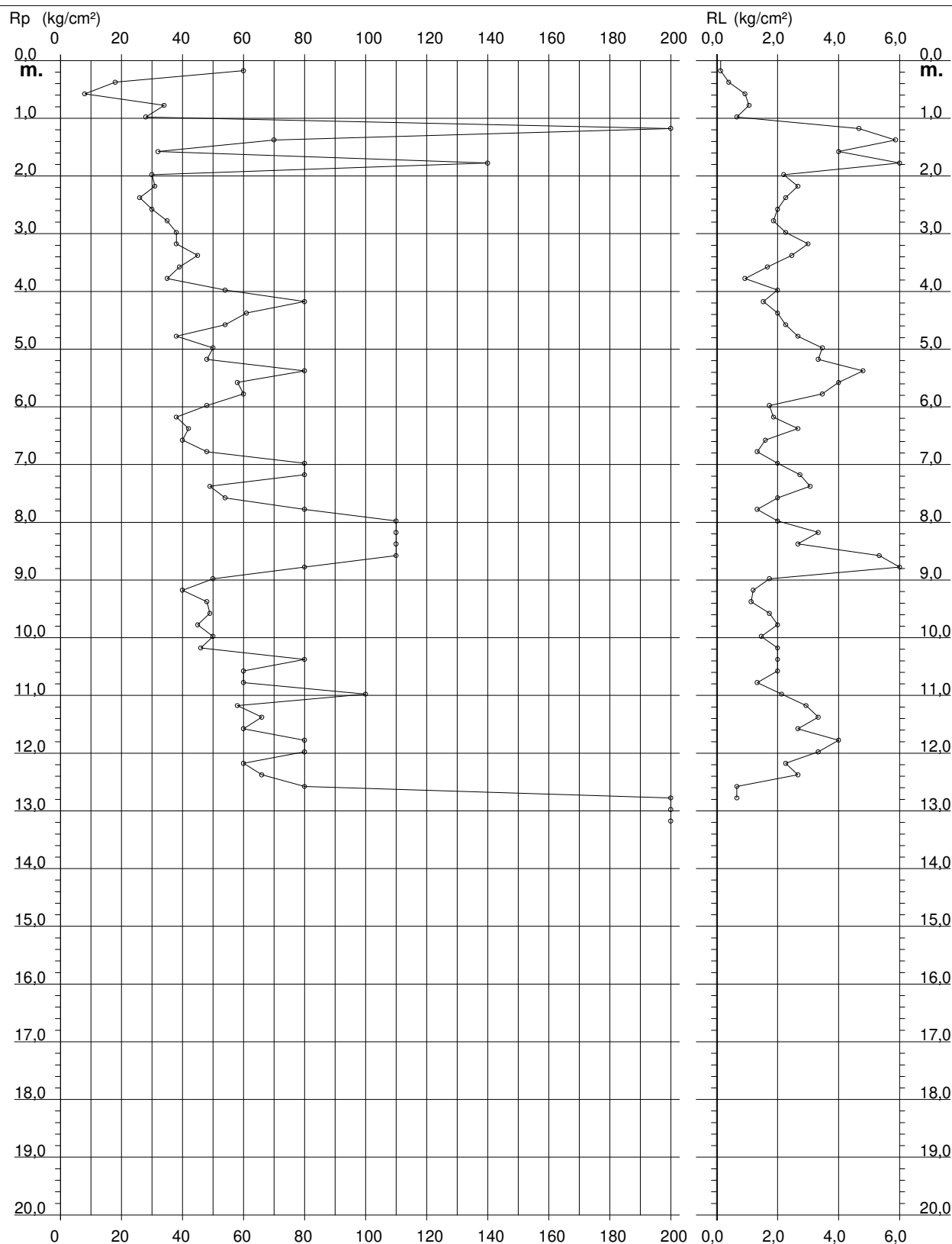
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
 - lavoro : Verifiche sismiche palestra
 - località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)

- data : 16/01/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



CPT 2

2.010496-059

- data : 16/01/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
- lavoro : Verifiche sismiche palestra
- località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)
- note :

- data : 16/01/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE											
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	60	450	3:...	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	32	0,258	100	150	180
0,40	18	45	4:...	1,85	0,07	0,75	99,9	128	191	56	77	39	40	42	44	41	27	0,179	30	45	54
0,60	8	9	2:...	1,85	0,11	0,40	31,2	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	34	32	3:...	1,85	0,15	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	41	29	0,195	57	85	102
1,00	28	42	3:...	1,85	0,19	--	--	--	--	--	69	38	40	42	44	39	28	0,157	47	70	84
1,20	280	60	3:...	1,85	0,22	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0,258	467	700	840
1,40	70	12	4:...	1,85	0,26	2,33	98,0	397	595	210	93	41	42	44	45	41	32	0,232	117	175	210
1,60	32	8	4:...	1,85	0,30	1,07	31,2	181	272	96	63	37	39	41	43	37	29	0,137	53	80	96
1,80	140	19	4:...	1,85	0,33	4,67	99,9	793	1190	420	100	42	43	45	46	43	36	0,258	233	350	420
2,00	30	14	4:...	1,85	0,37	1,00	21,8	170	255	90	55	36	38	40	42	36	29	0,117	50	75	90
2,20	31	12	4:...	1,85	0,41	1,03	20,1	176	264	93	54	36	38	40	42	35	29	0,113	52	78	93
2,40	26	11	4:...	1,85	0,44	0,93	15,8	158	237	78	46	34	37	39	42	34	28	0,093	43	65	78
2,60	30	15	4:...	1,85	0,48	1,00	15,7	170	255	90	48	35	37	39	42	34	29	0,100	50	75	90
2,80	35	19	4:...	1,85	0,52	1,17	17,3	198	298	105	52	35	37	40	42	35	29	0,109	58	88	105
3,00	38	17	4:...	1,85	0,55	1,27	17,6	215	323	114	53	35	38	40	42	35	30	0,112	63	95	114
3,20	38	13	4:...	1,85	0,59	1,27	16,2	215	323	114	52	35	37	40	42	35	30	0,108	63	95	114
3,40	45	18	4:...	1,85	0,63	1,50	18,6	255	383	135	56	36	38	40	42	35	31	0,119	75	113	135
3,60	39	23	4:...	1,85	0,67	1,30	14,5	221	332	117	50	35	37	40	42	34	30	0,103	65	98	117
3,80	35	37	3:...	1,85	0,70	--	--	--	--	--	45	34	37	39	42	33	29	0,090	58	88	105
4,00	54	27	4:...	1,85	0,74	1,80	19,1	306	459	162	58	36	38	40	43	35	31	0,125	90	135	162
4,20	80	52	3:...	1,85	0,78	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	37	33	0,161	133	200	240
4,40	61	30	4:...	1,85	0,81	2,03	19,7	346	519	183	60	36	38	41	43	35	32	0,130	102	153	183
4,60	54	24	4:...	1,85	0,85	1,80	16,0	306	459	162	55	36	38	40	42	34	31	0,116	90	135	162
4,80	38	14	4:...	1,85	0,89	1,27	9,8	216	324	114	42	34	36	39	41	32	30	0,084	63	95	114
5,00	50	14	4:...	1,85	0,93	1,67	13,1	283	425	150	50	35	37	40	42	34	31	0,104	83	125	150
5,20	48	14	4:...	1,85	0,96	1,60	11,9	272	408	144	48	35	37	39	42	33	31	0,098	80	120	144
5,40	80	17	4:...	1,85	1,00	2,67	21,4	453	680	240	64	37	39	41	43	36	33	0,143	133	200	240
5,60	58	14	4:...	1,85	1,04	1,93	13,7	329	493	174	52	35	38	40	42	34	31	0,110	97	145	174
5,80	60	17	4:...	1,85	1,07	2,00	13,7	340	510	180	53	35	38	40	42	34	32	0,111	100	150	180
6,00	48	28	4:...	1,85	1,11	1,60	9,9	272	408	144	44	34	37	39	42	32	31	0,090	80	120	144
6,20	38	20	4:...	1,85	1,15	1,27	7,1	286	429	114	35	33	35	38	41	31	30	0,069	63	95	114
6,40	42	16	4:...	1,85	1,18	1,40	7,7	287	430	126	38	33	36	38	41	31	30	0,075	70	105	126
6,60	40	25	4:...	1,85	1,22	1,33	7,0	306	459	120	36	33	36	38	41	31	30	0,070	67	100	120
6,80	48	36	3:...	1,85	1,26	--	--	--	--	--	41	34	36	39	41	32	31	0,082	80	120	144
7,00	80	40	3:...	1,85	1,30	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	34	33	0,125	133	200	240
7,20	80	29	4:...	1,85	1,33	2,67	15,0	453	680	240	57	36	38	40	43	34	33	0,123	133	200	240
7,40	49	16	4:...	1,85	1,37	1,63	7,8	331	496	147	40	34	36	39	41	31	31	0,079	82	123	147
7,60	54	27	4:...	1,85	1,41	1,80	8,5	333	500	162	42	34	36	39	41	32	31	0,086	90	135	162
7,80	80	60	3:...	1,85	1,44	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	34	33	0,118	133	200	240
8,00	110	55	3:...	1,85	1,48	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	35	34	0,146	183	275	330
8,20	110	33	3:...	1,85	1,52	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	35	34	0,145	183	275	330
8,40	110	41	3:...	1,85	1,55	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	35	34	0,143	183	275	330
8,60	110	21	4:...	1,85	1,59	3,67	17,8	623	935	330	64	37	39	41	43	35	34	0,141	183	275	330
8,80	80	13	4:...	1,85	1,63	2,67	11,6	453	680	240	52	35	38	40	42	33	33	0,110	133	200	240
9,00	50	29	4:...	1,85	1,66	1,67	6,3	434	651	150	36	33	36	38	41	30	31	0,070	83	125	150
9,20	40	33	3:...	1,85	1,70	--	--	--	--	--	28	32	35	37	40	29	30	0,053	67	100	120
9,40	48	42	3:...	1,85	1,74	--	--	--	--	--	33	33	35	38	41	30	31	0,065	80	120	144
9,60	49	28	4:...	1,85	1,78	1,63	5,7	478	717	147	33	33	35	38	41	30	31	0,065	82	123	147
9,80	45	22	4:...	1,85	1,81	1,50	5,0	501	752	135	30	32	35	38	40	29	31	0,058	75	113	135
10,00	50	34	3:...	1,85	1,85	--	--	--	--	--	33	33	35	38	41	30	31	0,064	83	125	150
10,20	46	23	4:...	1,85	1,89	1,53	4,8	523	784	138	30	32	35	38	40	29	31	0,057	77	115	138
10,40	80	40	3:...	1,85	1,92	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	32	33	0,100	133	200	240
10,60	60	30	4:...	1,85	1,96	2,00	6,4	507	761	180	38	33	36	38	41	30	32	0,075	100	150	180
10,80	60	45	3:...	1,85	2,00	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	30	32	0,074	100	150	180
11,00	100	47	3:...	1,85	2,03	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	33	34	0,116	167	250	300
11,20	58	20	4:...	1,85	2,07	1,93	5,8	555	832	174	35	33	36	38	41	30	31	0,070	97	145	174
11,40	66	20	4:...	1,85	2,11	2,20	6,6	540	810	198	39	34	36	38	41	30	32	0,079	110	165	198
11,60	60	22	4:...	1,85	2,15	2,00	5,7	575	863	180	36	33	36	38	41	30	32	0,070	100	150	180
11,80	80	20	4:...	1,85	2,18	2,67	8,1	523	785	240	45	34	37	39	42	31	33	0,092	133	200	240
12,00	80	24	4:...	1,85	2,22	2,67	7,9	535	802	240	45	34	37	39	42	31	33	0,091	133	200	240
12,20	60	26	4:...	1,85	2,26	2,00	5,4	614	921	180	35	33	35	38	41	30	32	0,068	100	150	180
12,40	66	25	4:...	1,85	2,29	2,20	6,0	608	913	198	37	33	36	38	41	30	32	0,074	110	165	198
12,60	80	120	3:...	1,85	2,33	--	--	--	--	--	44	34	36	39	41	31	33	0,088	133	200	240
12,80	270	405	3:...	1,85	2,37	--	--	--	--	--	85	40	41	43	45	38	40	0,207	450	675	810
13,00	430	--	3:...	1,85	2,40	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0,258	717	1075	1290
13,20	500	--	3:...	1,85	2,44	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0,258	833	1250	1500

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
- lavoro : Verifiche sismiche palestra
- località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)
- note :

- data : 16/01/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	5,00	29,0	50,0	58,0	2,27	26,0
0,40	4,5	----	9,0	0,73	12,0	5,20	25,0	42,0	50,0	2,47	20,0
0,60	12,5	18,0	25,0	1,33	19,0	5,40	21,5	40,0	43,0	2,67	16,0
0,80	15,0	25,0	30,0	1,20	25,0	5,60	20,0	40,0	40,0	2,13	19,0
1,00	17,0	26,0	34,0	0,67	51,0	5,80	22,0	38,0	44,0	2,53	17,0
1,20	30,0	35,0	60,0	1,80	33,0	6,00	26,0	45,0	52,0	2,27	23,0
1,40	26,5	40,0	53,0	1,73	31,0	6,20	23,0	40,0	46,0	0,67	69,0
1,60	20,0	33,0	40,0	2,00	20,0	6,40	35,0	40,0	70,0	1,47	48,0
1,80	30,0	45,0	60,0	1,13	53,0	6,60	22,0	33,0	44,0	1,47	30,0
2,00	24,5	33,0	49,0	2,53	19,0	6,80	22,0	33,0	44,0	1,80	24,0
2,20	31,0	50,0	62,0	1,33	46,0	7,00	24,5	38,0	49,0	1,27	39,0
2,40	60,0	70,0	120,0	0,67	180,0	7,20	26,0	35,5	52,0	1,87	28,0
2,60	70,0	75,0	140,0	6,27	22,0	7,40	28,0	42,0	56,0	1,33	42,0
2,80	18,0	65,0	36,0	4,40	8,0	7,60	35,0	45,0	70,0	1,87	37,0
3,00	22,0	55,0	44,0	0,73	60,0	7,80	26,0	40,0	52,0	2,93	18,0
3,20	29,0	34,5	58,0	1,40	41,0	8,00	25,0	47,0	50,0	1,47	34,0
3,40	19,5	30,0	39,0	1,27	31,0	8,20	29,0	40,0	58,0	2,60	22,0
3,60	22,5	32,0	45,0	1,53	29,0	8,40	28,5	48,0	57,0	2,33	24,0
3,80	21,5	33,0	43,0	2,00	22,0	8,60	25,5	43,0	51,0	0,67	76,0
4,00	15,0	30,0	30,0	1,73	17,0	8,80	45,0	50,0	90,0	0,67	135,0
4,20	27,0	40,0	54,0	1,40	39,0	9,00	105,0	110,0	210,0	0,67	315,0
4,40	26,5	37,0	53,0	1,60	33,0	9,20	140,0	145,0	280,0	-----	----
4,60	29,0	41,0	58,0	1,93	30,0	9,40	250,0	0,0	500,0	-----	----
4,80	25,5	40,0	51,0	2,80	18,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 15 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

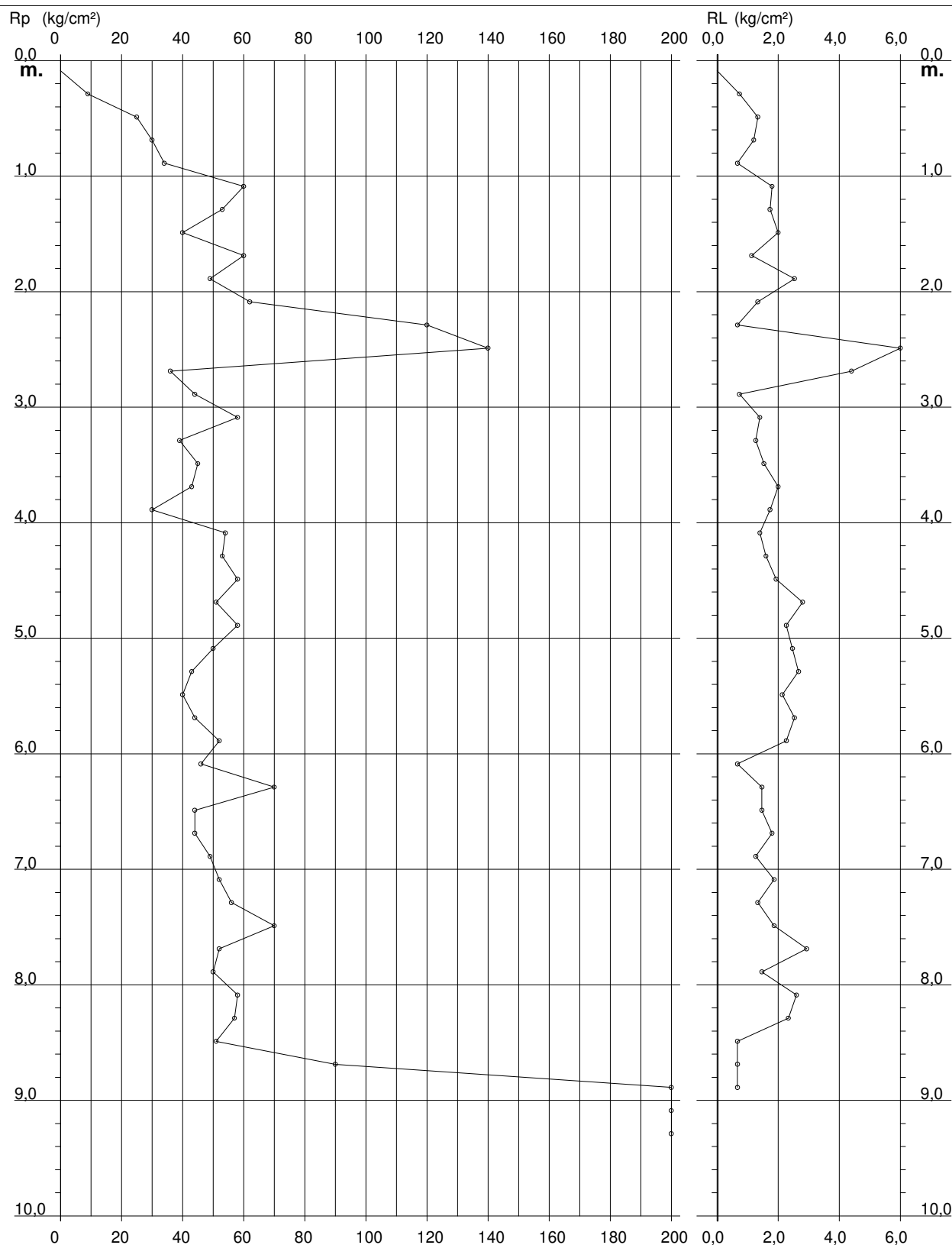
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
 - lavoro : Verifiche sismiche palestra
 - località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)

- data : 16/01/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



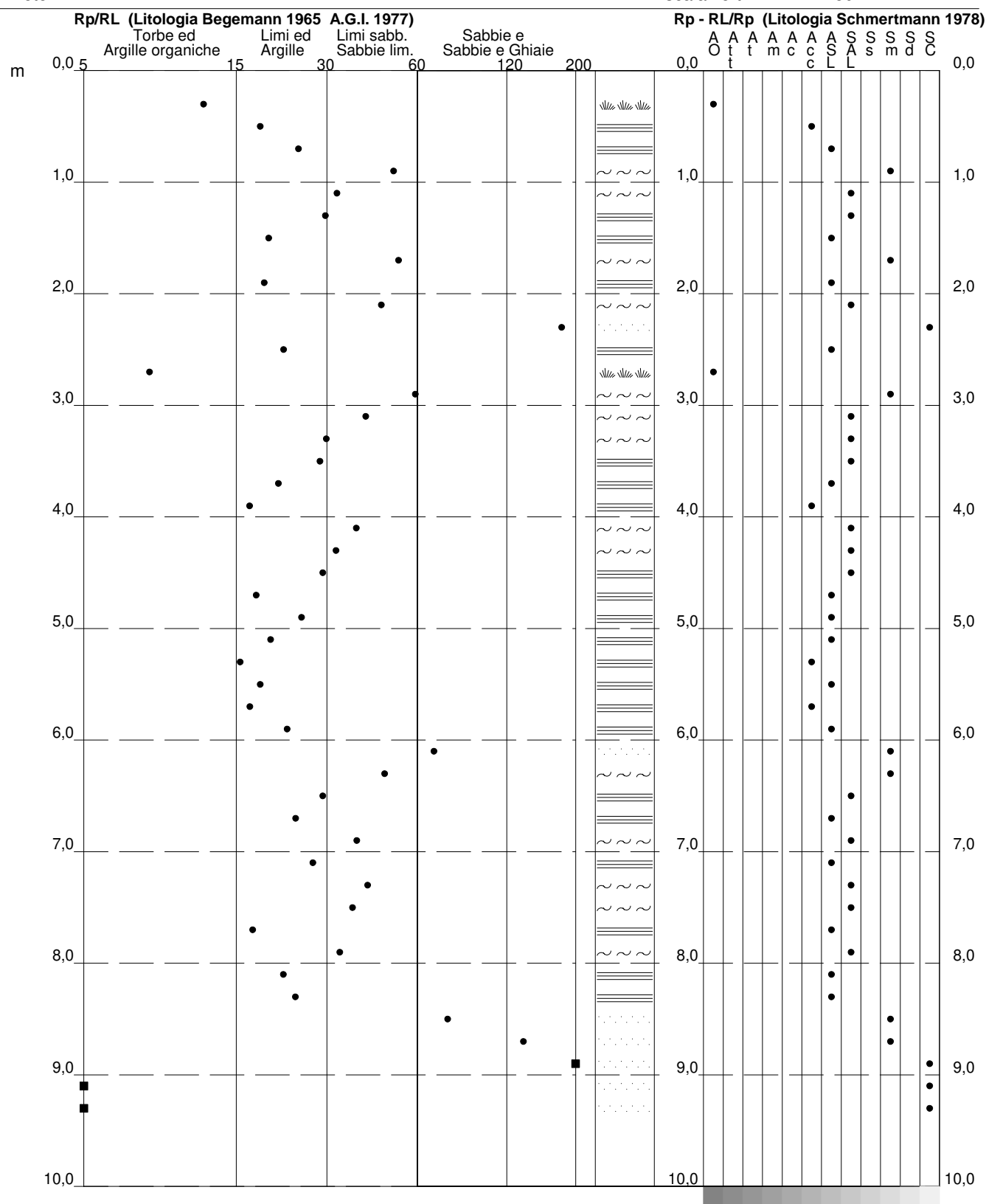
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
 - lavoro : Verifiche sismiche palestra
 - località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)
 - note :

- data : 16/01/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.010496-059

- committente : Comune di Scandiano
- lavoro : Verifiche sismiche palestra
- località : Via Strucchi - Ventoso di Scandiano (RE)
- note :

- data : 16/01/2019
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	9	12	2///	1,85	0,07	0,45	60,0	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	25	19	4/./	1,85	0,11	0,91	87,0	155	232	75	78	39	41	42	44	41	28	0,184	42	63	75
0,80	30	25	4/./	1,85	0,15	1,00	68,4	170	255	90	77	39	41	42	44	40	29	0,181	50	75	90
1,00	34	51	3:::	1,85	0,19	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	40	29	0,178	57	85	102
1,20	60	33	3:::	1,85	0,22	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	41	32	0,227	100	150	180
1,40	53	31	3:::	1,85	0,26	--	--	--	--	--	83	40	41	43	45	40	31	0,200	88	133	159
1,60	40	20	4/./	1,85	0,30	1,33	41,2	227	340	120	70	38	40	42	44	38	30	0,160	67	100	120
1,80	60	53	3:::	1,85	0,33	--	--	--	--	--	81	39	41	43	45	40	32	0,194	100	150	180
2,00	49	19	4/./	1,85	0,37	1,63	40,2	278	417	147	72	38	40	42	44	38	31	0,164	82	123	147
2,20	62	46	3:::	1,85	0,41	--	--	--	--	--	77	39	41	42	44	39	32	0,182	103	155	186
2,40	120	180	3:::	1,85	0,44	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	41	35	0,251	200	300	360
2,60	140	22	4/./	1,85	0,48	4,67	99,9	793	1190	420	100	42	43	45	46	42	36	0,258	233	350	420
2,80	36	8	4/./	1,85	0,52	1,20	17,9	204	306	108	53	35	38	40	42	35	30	0,112	60	90	108
3,00	44	60	3:::	1,85	0,55	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	36	31	0,125	73	110	132
3,20	58	41	3:::	1,85	0,59	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	37	31	0,148	97	145	174
3,40	39	31	3:::	1,85	0,63	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	34	30	0,106	65	98	117
3,60	45	29	4/./	1,85	0,67	1,50	17,3	255	383	135	54	36	38	40	42	35	31	0,116	75	113	135
3,80	43	22	4/./	1,85	0,70	1,43	15,3	244	366	129	52	35	37	40	42	34	30	0,108	72	108	129
4,00	30	17	4/./	1,85	0,74	1,00	9,1	176	264	90	38	33	36	38	41	32	29	0,075	50	75	90
4,20	54	39	3:::	1,85	0,78	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	35	31	0,122	90	135	162
4,40	53	33	3:::	1,85	0,81	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	35	31	0,117	88	133	159
4,60	58	30	4/./	1,85	0,85	1,93	17,5	329	493	174	57	36	38	40	43	35	31	0,123	97	145	174
4,80	51	18	4/./	1,85	0,89	1,70	14,1	289	434	153	52	35	37	40	42	34	31	0,108	85	128	153
5,00	58	26	4/./	1,85	0,93	1,93	15,8	329	493	174	55	36	38	40	42	34	31	0,117	97	145	174
5,20	50	20	4/./	1,85	0,96	1,67	12,5	283	425	150	49	35	37	39	42	33	31	0,102	83	125	150
5,40	43	16	4/./	1,85	1,00	1,43	9,9	244	366	129	43	34	36	39	41	32	30	0,087	72	108	129
5,60	40	19	4/./	1,85	1,04	1,33	8,6	246	368	120	40	34	36	39	41	32	30	0,079	67	100	120
5,80	44	17	4/./	1,85	1,07	1,47	9,3	256	384	132	42	34	36	39	41	32	31	0,085	73	110	132
6,00	52	23	4/./	1,85	1,11	1,73	11,0	295	442	156	47	35	37	39	42	33	31	0,096	87	130	156
6,20	46	69	3:::	1,85	1,15	--	--	--	--	--	42	34	36	39	41	32	31	0,084	77	115	138
6,40	70	48	3:::	1,85	1,18	--	--	--	--	--	56	36	38	40	42	34	32	0,119	117	175	210
6,60	44	30	4/./	1,85	1,22	1,47	7,9	294	441	132	39	33	36	38	41	31	31	0,077	73	110	132
6,80	44	24	4/./	1,85	1,26	1,47	7,6	307	460	132	38	33	36	38	41	31	31	0,076	73	110	132
7,00	49	39	3:::	1,85	1,30	--	--	--	--	--	41	34	36	39	41	32	31	0,082	82	123	147
7,20	52	28	4/./	1,85	1,33	1,73	8,7	316	473	156	43	34	36	39	41	32	31	0,086	87	130	156
7,40	56	42	3:::	1,85	1,37	--	--	--	--	--	44	34	37	39	42	32	31	0,090	93	140	168
7,60	70	37	3:::	1,85	1,41	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	33	32	0,108	117	175	210
7,80	52	18	4/./	1,85	1,44	1,73	7,9	348	522	156	41	34	36	39	41	31	31	0,081	87	130	156
8,00	50	34	3:::	1,85	1,48	--	--	--	--	--	39	33	36	38	41	31	31	0,077	83	125	150
8,20	58	22	4/./	1,85	1,52	1,93	8,5	360	540	174	43	34	36	39	41	32	31	0,087	97	145	174
8,40	57	24	4/./	1,85	1,55	1,90	8,1	372	558	171	42	34	36	39	41	31	31	0,084	95	143	171
8,60	51	76	3:::	1,85	1,59	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	31	31	0,074	85	128	153
8,80	90	135	3:::	1,85	1,63	--	--	--	--	--	56	36	38	40	43	34	33	0,121	150	225	270
9,00	210	315	3:::	1,85	1,66	--	--	--	--	--	85	40	41	43	45	38	38	0,206	350	525	630
9,20	280	--	3:::	1,85	1,70	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	39	40	0,238	467	700	840
9,40	500	--	3:::	1,85	1,74	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	40	0,258	833	1250	1500

SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

Determinazione del V_{s30}



SISMOGRAFO: PASI 16SG24

Analyzing phase velocities

==0== SECTION#1

dataset: Palestra - Ventoso di Scandiano (RE) via Strucchi.DAT

minimum offset (m): 5

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 1

Dispersion curve: Verifiche sismiche Palestra - Ventoso via Strucchi.cdp

Number of individuals: 50

Number of generations: 51

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	60	0.5	80	0.5
100	5	120	0.5	140
5	180	6	200	3
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	300	1.5	400	1.5
450	7	500	1.5	550
9	630	10	664	5
Adopted Poisson values:	0.4	0.35	0.35	0.35
0.35				0.35

output folder: C:\Users\Xeon\Desktop\SISMICHE 2019\Giusti\01\Palestra - Ventoso via Strucchi\output_disp

==0== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-40.0936	-16.5235
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-31.0077	-11.7324
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-25.291	-9.3648
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-24.9048	-9.3648
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-23.6287	-8.97266
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-24.9336	-7.84076
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-23.5051	-7.84076
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-26.5962	-6.51577
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-20.9155	-6.02243
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-21.488	-6.02243
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-24.6682	-6.02243
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-21.8472	-6.02243
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-20.2327	-6.02243
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-24.0342	-6.02243
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-23.4249	-6.02243
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-20.1158	-6.02243
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-23.6767	-6.02243
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-27.9822	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-25.3722	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-23.9385	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-23.7316	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-21.7683	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-25.0397	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-22.0707	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-23.7698	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-23.9163	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-23.0653	-5.85604
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-25.5446	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-21.0411	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-26.1775	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-24.3538	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits:	-23.1105	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits:	-27.356	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits:	-29.3589	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits:	-27.7236	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits:	-20.3461	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits:	-18.8368	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits:	-18.9828	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits:	-16.8898	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits:	-17.7324	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits:	-19.5258	-5.78316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits:	-19.9673	-5.53769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits:	-21.4635	-5.53769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits:	-24.7479	-5.53769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits:	-26.0227	-5.53769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits:	-19.5265	-5.53769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits:	-19.9953	-5.53769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits:	-20.385	-5.53769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits:	-20.8564	-5.53769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits:	-21.798	-5.53769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits:	-27.089	-5.53769

Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -12.7638 -5.53769
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -10.6933 -5.53769
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -11.2794 -5.53769
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -10.6847 -5.401
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -11.42 -5.401
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -11.2746 -5.401
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -11.16 -5.39919
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -10.9922 -5.20016
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -11.9683 -5.20016
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -11.5121 -5.20016
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -10.5706 -5.20016
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -11.2851 -5.20016
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -10.7361 -5.20016
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -11.0587 -5.11559

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 157 141 199 303 229 490 421 566
 Thickness (m): 0.76 1.1 5.3 1.1 3.1 4.2 6.9
 Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35
 Vp & Density Optimization

Columns 1 through 7

0.0578	0.0786	0.1148	0.1343	0.1615	0.1835	0.2470
0.2120	0.2358	0.2727	0.3176	0.3704	0.4060	0.4997
0.2180	0.2739	0.3139	0.4018	0.4604	0.4951	0.5630
0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 14

0.2846	0.3287	0.3598	0.3818	0.4077	0.4531	0.4894
0.5776	0.6502	0.7228	0.8495	0.9366	1.0000	0
0.6030	0.6550	0.7828	0.9254	1.0000	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 15 through 21

0.5296	0.5957	0.6812	0.7615	0.8328	0.9365	1.0000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Rayleigh wave analysis
 Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -5.3605 -4.6585
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -5.2975 -4.6585
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -5.1509 -4.6585
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -5.1372 -4.6585
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -5.0374 -4.5268
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -5.1087 -4.5268
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -5.0595 -4.5268
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -4.9671 -4.5268
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -5.0253 -4.5268
 Optimizing Vp & Density - generation: 10; average & best misfits: -5.0491 -4.5268
 Optimizing Vp & Density - generation: 11; average & best misfits: -5.083 -4.5268
 Optimizing Vp & Density - generation: 12; average & best misfits: -4.9645 -4.5268
 Optimizing Vp & Density - generation: 13; average & best misfits: -5.0913 -4.5268
 Optimizing Vp & Density - generation: 14; average & best misfits: -5.0256 -4.5268
 Number of models considered to calculate the average model: 123

 RESULTS
 #####

Dataset: Palestra - Ventoso di Scandiano (RE) via Strucchi.DAT
 Analyzed curve/spectrum: Verifiche sismiche Palestra - Ventoso via Strucchi.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-wave Dispersion

=====

MEAN MODEL
 Vs (m/s): 160 142 199 312 230 491 456 540
 Standard deviations (m/s): 14 8 7 40 22 60 70 81
 Thickness (m): 0.9 1.1 5.4 1.1 3.2 5.9
 7.8
 Standard deviations (m): 0.2 0.1 0.5 0.2 0.6 1.1
 1.2

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

vp (m/s):	849	503	828	1131	469	1422	1034	1940		
Density (gr/cm3):	2.01	1.89	2.01	2.08	1.87	2.14	2.06	2.22		
vp/Vs ratio:	5.31	3.54	4.16	3.63	2.04	2.90	2.27	3.59		
Poisson:	0.48	0.46	0.47	0.46	0.43	0.38	0.46			
Shear modulus (MPa):	52	38	80	203	99	516	429			
646										
Estimated static shear modulus (MPa):	0	0	0	0	0	0	0	0		

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
3.40116	473.5221
4.6208	455.6555
6.75517	409.6576
7.89858	344.5984
9.49935	262.3836
10.7952	230.6917
14.5304	197.2545
16.741	188.7988
19.3327	181.8598
21.1621	177.8138
22.458	175.1474
23.9826	172.1219
26.6505	167.0188
28.7849	163.1794
31.1479	159.3677
35.0355	154.4323
40.0665	150.3832
44.7926	148.2669
48.9851	147.2289
55.0833	146.5351
58.8185	146.3952

First higher mode

Mean model

12.2435	356.5026
13.6156	341.9638
15.75	319.1226
18.3417	292.0615
21.3908	265.7138
23.449	252.619
28.8611	228.7929
33.3585	215.2644
37.551	207.3799
41.7435	202.5526
49.0614	197.6705
54.0924	195.4953
57.7513	194.178

Second higher mode

Mean model

12.4722	507.706
15.6738	450.5822
17.9606	423.0296
22.9916	346.2412
26.3456	303.2321
28.3275	285.201
32.2151	263.2375
34.5019	256.1104
37.4748	250.0592
44.7926	239.9993
52.949	227.7475
57.2177	222.0263

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s):	157	141	199	303	229	490	421	566		
thickness (m):	0.7621			1.1354			5.302	1.1453	3.1141	4.164
6.8672										
Approximate values for vp, density, Poisson & Shear modulus										
vp (m/s):	1368	344	1191	626	394	941	757	1145		
Density (gr/cm3):	2.13	1.80	2.10	1.94	1.83	2.04	1.99	2.09		
vp/Vs ratio:	8.71	2.44	5.98	2.07	1.72	1.92	1.80	2.02		
Poisson:	0.49	0.40	0.49	0.35	0.24	0.31	0.28	0.34		
Shear modulus (MPa):	53	36	83	178	96	490	352			
669										
Estimated static shear modulus (MPa):	0	0	0	0	0	0	0	0		

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
3.40116	467.9433
4.6208	442.1764
6.75517	380.0371
7.89858	317.9991
9.49935	253.625
10.7952	227.667
14.5304	197.7165
16.741	189.6966
19.3327	182.9318
21.1621	178.8772
22.458	176.1434
23.9826	172.9652
26.6505	167.3719
28.7849	162.9457
31.1479	158.3782
35.0355	152.2863
40.0665	147.2186
44.7926	144.5523
48.9851	143.2262
55.0833	142.3046
58.8185	142.0933

First higher mode)

best model	
12.2435	349.844
13.6156	337.6941
15.75	318.6362
18.3417	294.5312
21.3908	268.692
23.449	255.0385
28.8611	229.9229
33.3585	215.7501
37.551	207.4939
41.7435	202.5083
49.0614	197.5846
54.0924	195.4591
57.7513	194.2054

Second higher mode)

best model	
12.4722	520.8905
15.6738	444.0717
17.9606	407.553
22.9916	345.8617
26.3456	307.8404
28.3275	289.8743
32.2151	265.7768
34.5019	257.422
37.4748	250.2496
44.7926	239.2424
52.949	228.0334
57.2177	222.6699

Vs5 (mean model): 175 m/s
Vs5 (best model): 175 m/s

Vs20 (mean model): 265 m/s
Vs20 (best model): 264 m/s

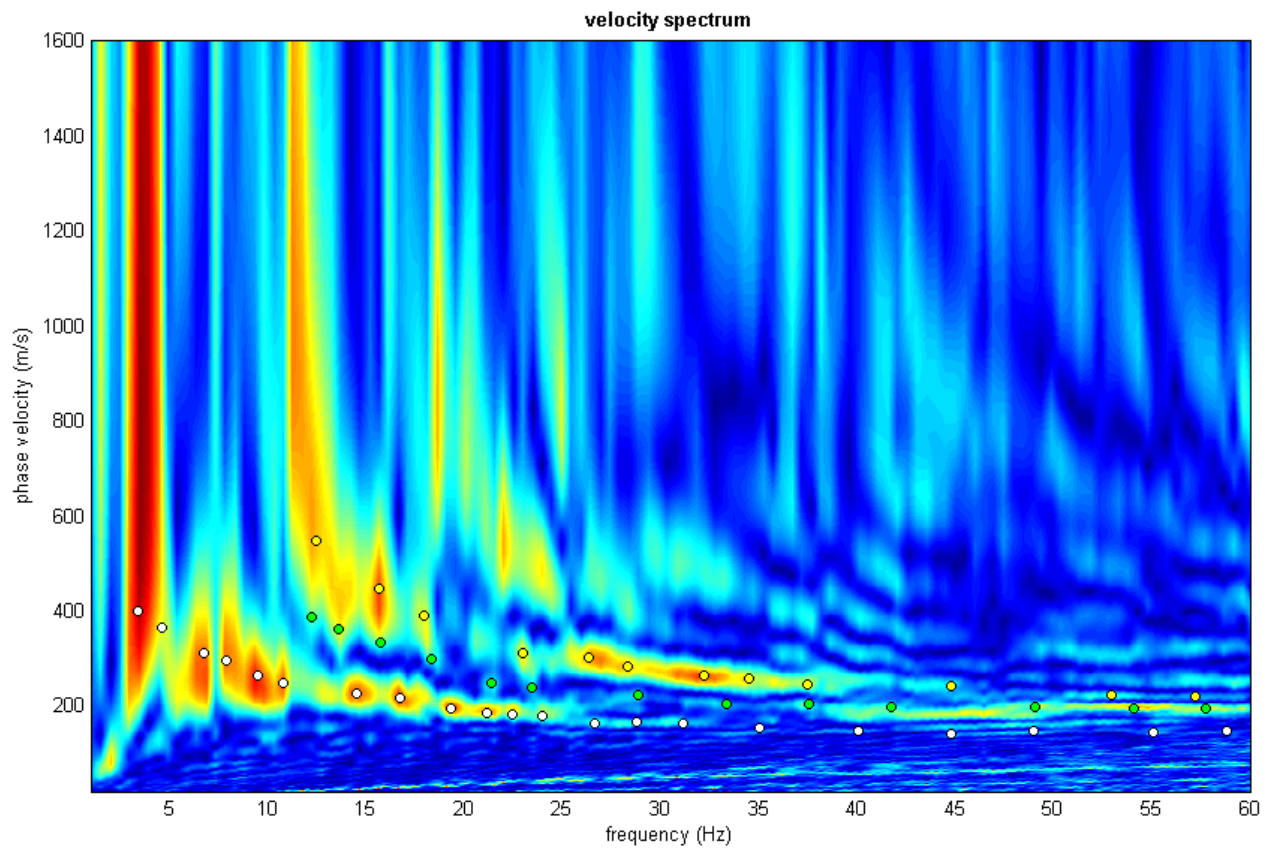
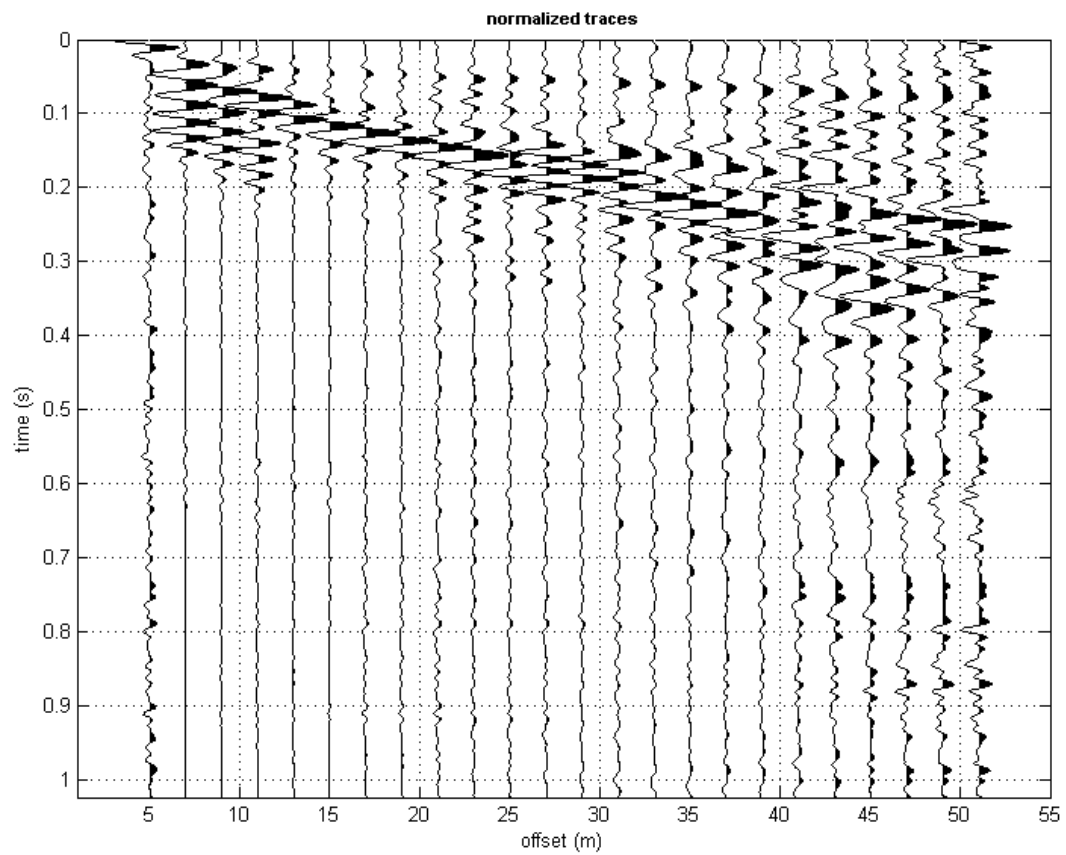
Vs30 (mean model): 313 m/s
Vs30 (best model): 316 m/s

dataset: Palestra - Ventoso di Scandiano (RE) via Strucchi.DAT

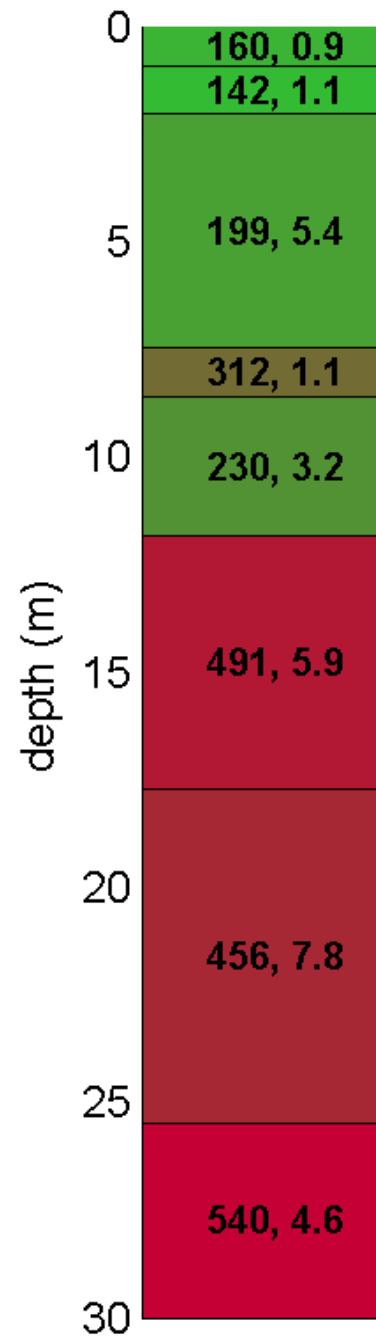
sampling: 1 ms

minimum offset: 5 m

geophone spacing: 2 m



Subsurface model



V (m/s)	thickness (m)
------------	------------------

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

Dataset: Palestra - Ventoso di Scandiano (RE) via Strucchi.DAT

Mean model

Vs (m/s): 160, 142, 199, 312, 230, 491, 456, 540

Standard deviations (m/s): 14, 8, 7, 40, 22, 60, 70, 81

Thickness (m): 0.9, 1.1, 5.4, 1.1, 3.2, 5.9, 7.8

Standard deviations (m): 0.2, 0.1, 0.5, 0.2, 0.6, 1.1, 1.2

Density (gr/cm³) (approximate values): 2.01, 1.89, 2.01, 2.08, 1.87, 2.14, 2.06, 2.22

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 52 38 80 203 99 516 429 646

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: Verifiche sismiche Palestra - Ventoso via Strucchi.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

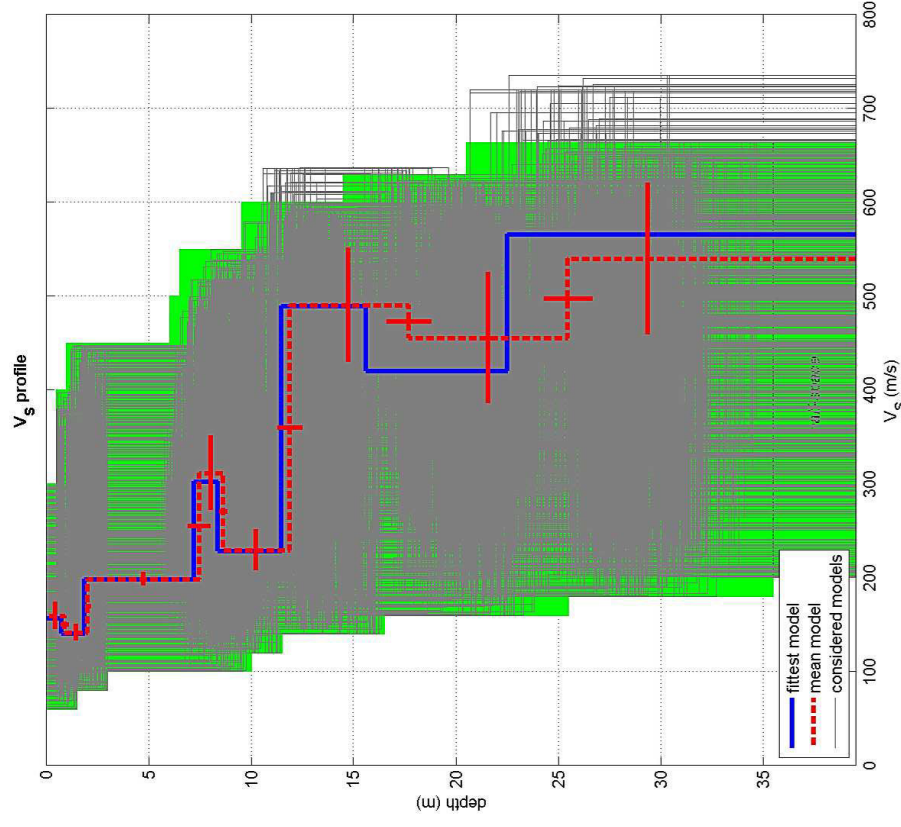
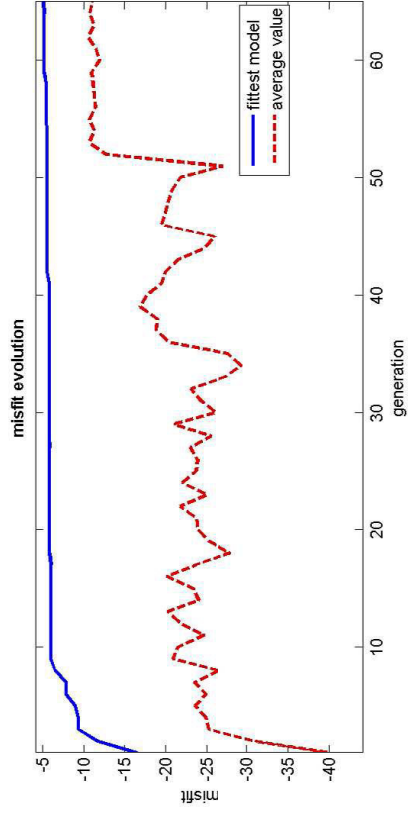
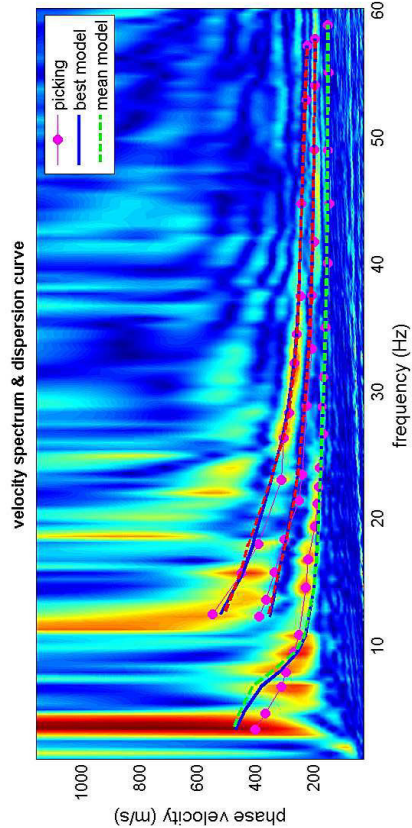
Vp (m/s): 849, 503, 828, 1131, 469, 1422, 1034, 1940

Poisson: 0.48 0.46 0.47 0.46 0.34 0.43 0.38 0.46

Vs30 (m/s): 313

Soil classification: 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.



dataset: Palestra - Ventoso di Scandiano (RE) via Strucchi.DAT
dispersion curve: Verifiche sismiche Palestra - Ventoso via Strucchi.cdp
 V_{s30} (best model): 316 m/s
 V_{s30} (mean model): 313 m/s

INDAGINE HVSR



STRUMENTO: PASI GEMINI 2

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

www.winmasw.com

Date: 25 1 2019

Time: 8 55

Dataset: SITE_20190116_0900 Ventoso - palestra.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 20.0

Tapering (%): 10

=====

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 17.3 (± 4.7)

Peak HVSR value: 2.0 (± 0.3)

=== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

#1. [$f_0 > 10/Lw$]: $17.3 > 0.5$ (OK)

#2. [$nc > 200$]: $40730 > 200$ (OK)

#3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists f_- in the range [$f_0/4, f_0$] | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: yes, at frequency 16.7Hz (OK)

#2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 17.5Hz (OK)

#3. [$A_0 > 2$]: $2.0 < 2$ (NO)

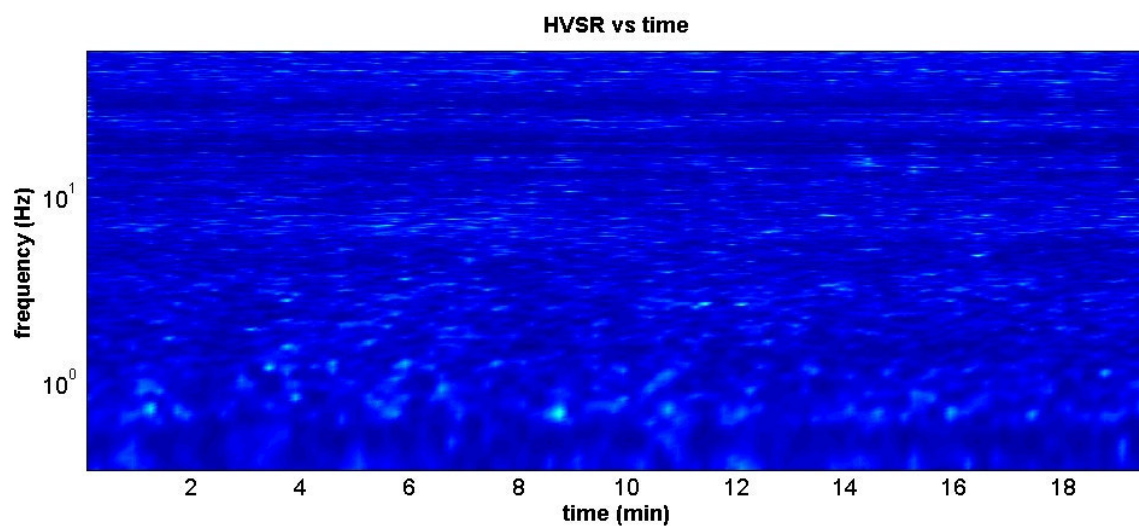
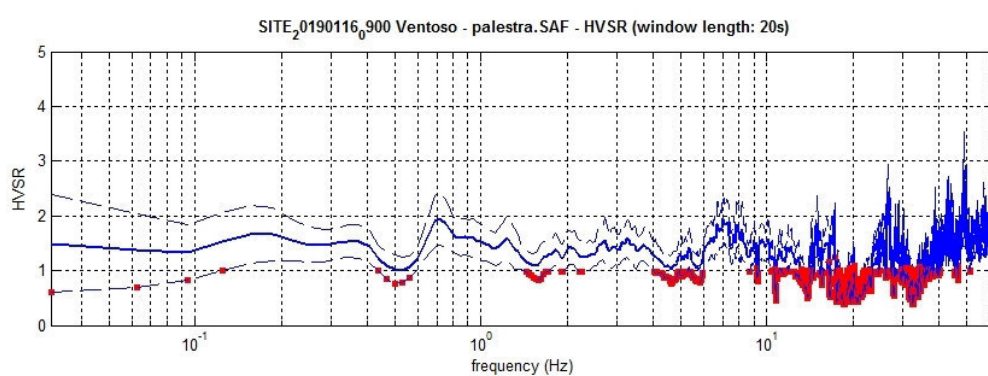
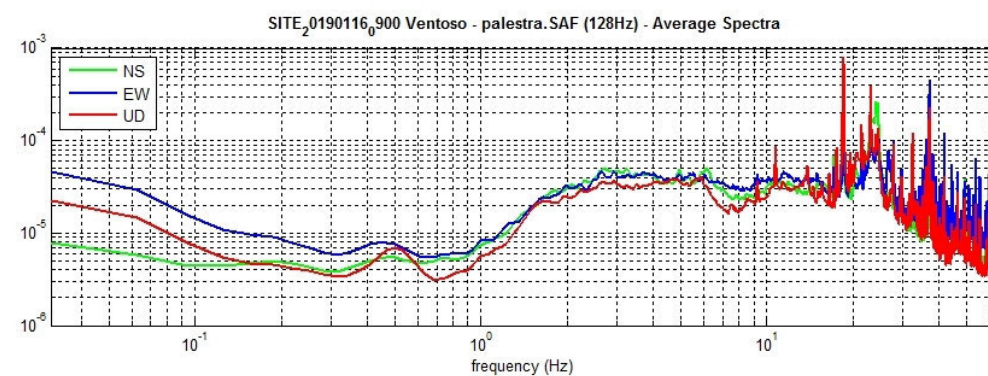
#4. [$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)

#5. [$\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)$]: $4.714 > 0.863$ (NO)

#6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.250 < 1.58$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.



winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO

VERIFICA SISMICA PALESTRA DI VENTOSO

Committente: Comune di Scandiano

Data: gennaio 2019

INTRODUZIONE

PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

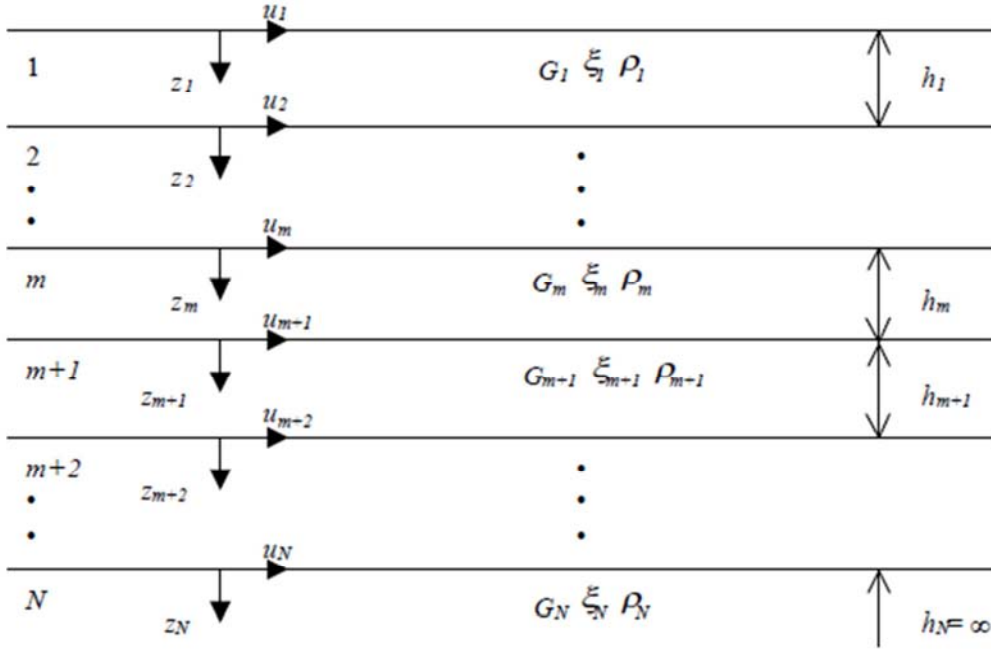


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_{m+1}^* G_{m+1}^*}{k_m^* G_m^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

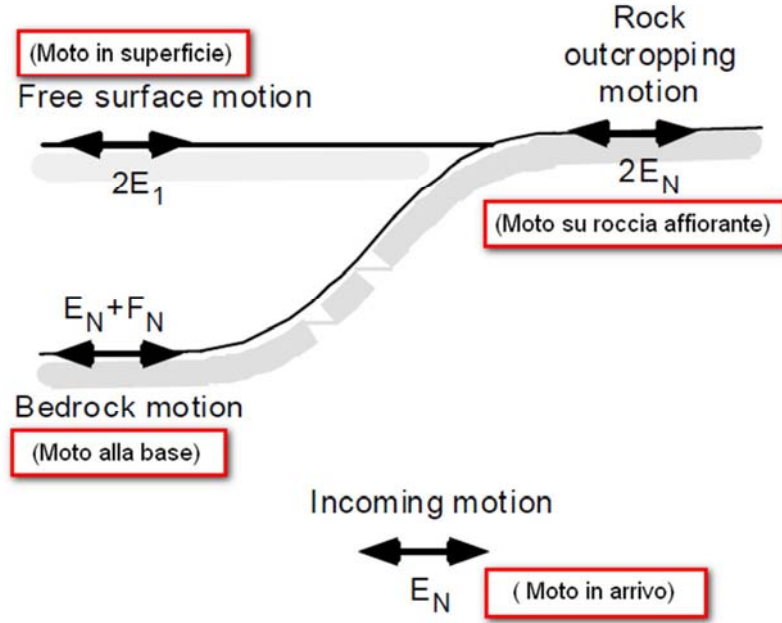


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

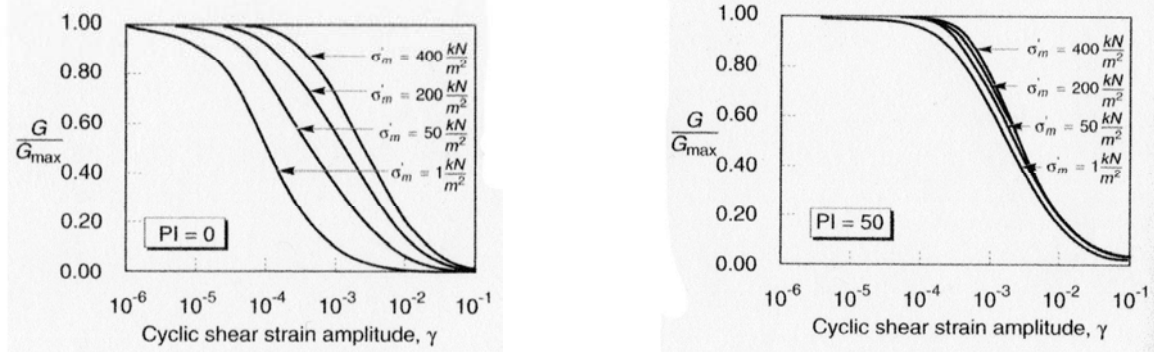


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

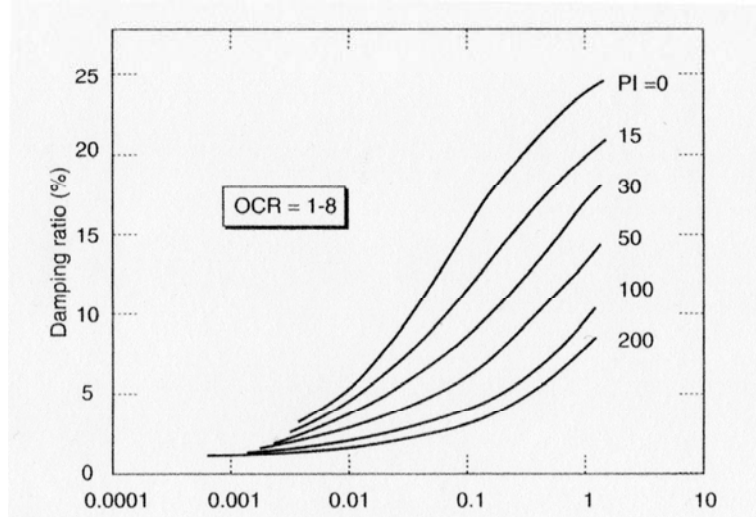


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

Dati generali

Cantiere Ventoso di Scandiano (RE)
 Latitudine 44.5854149[°]
 Longitudine 10.6823587[°]

Stratigrafia

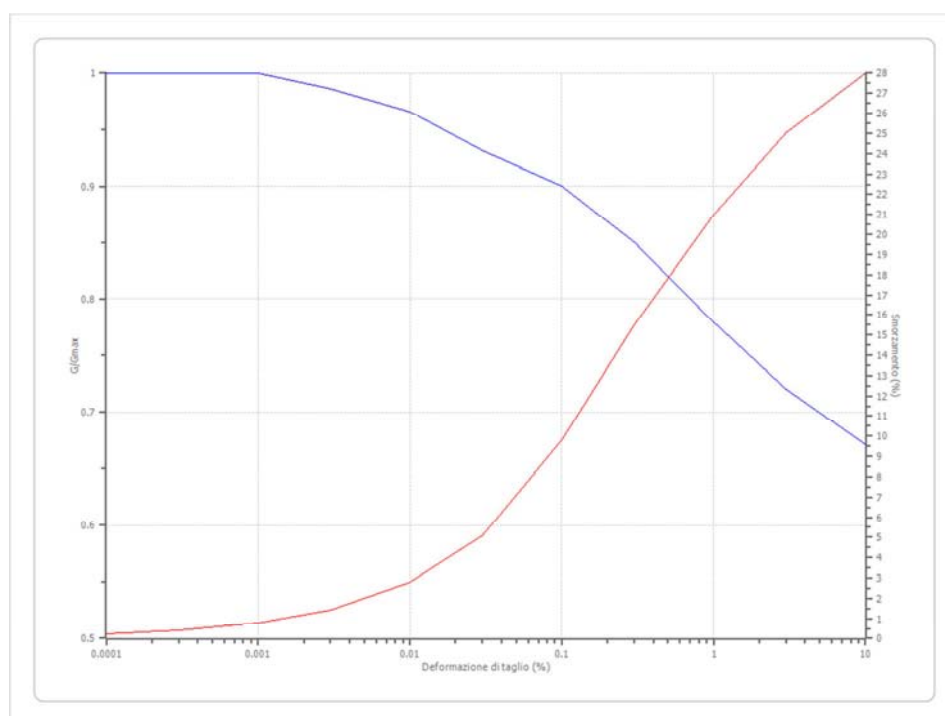
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	2.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	43.58	19.0	150.0	19.0
2	2.0	5.4	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	80.74	20.0	199.0	92.0
3	7.4	4.3	Lombardia - Ghiaie	129.55	21.0	246.0	191.2
4	11.7	5.9	Lombardia - Ghiaie	540.65	22.0	491.0	301.2
5	17.6	7.8	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	466.32	22.0	456.0	413.6
6	25.4	24.6	Lombardia - Ghiaie	653.94	22.0	540.0	611.1
7	50.0	--	Smorzamento costante	807.34	22.0	600.0	761.1

Strato con falda: 4
 Strato rilevamento accelerogramma: 7 Affiorante

Terreni

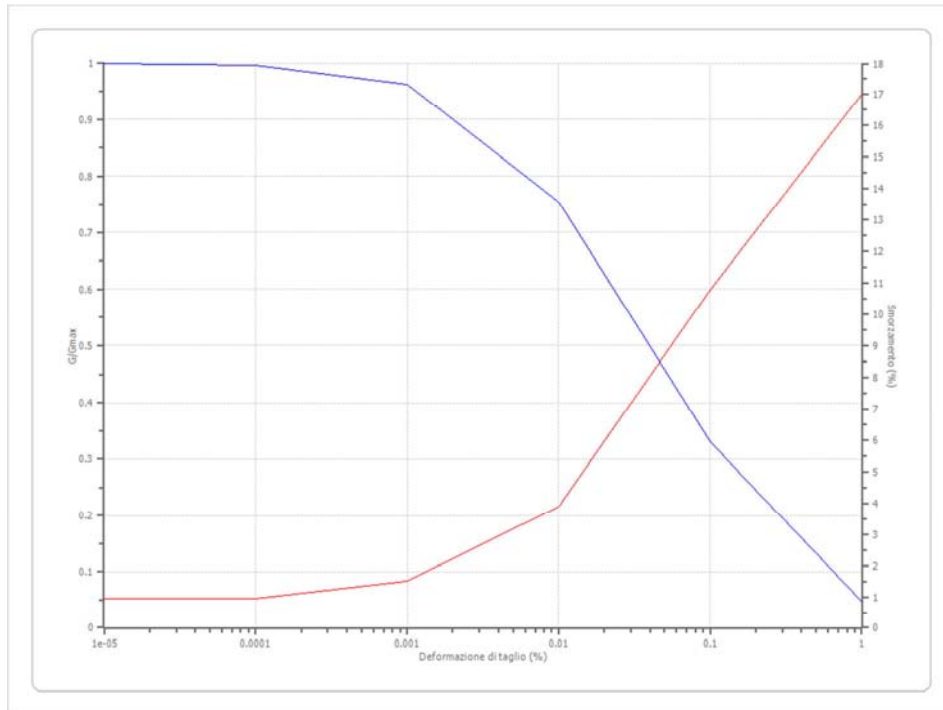
Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



Lombardia - Ghiaie

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00001	1.000	0.00001	0.9488
0.0001	0.996	0.0001	0.9488
0.001	0.9624	0.001	1.4981
0.010	0.754	0.010	3.8938
0.100	0.3311	0.100	10.7935
1.000	0.0476	1.000	17.0087



Elaborazione

Numero di iterazioni 16
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake
 Massimo errore percentuale di convergenza 1.55 E-04

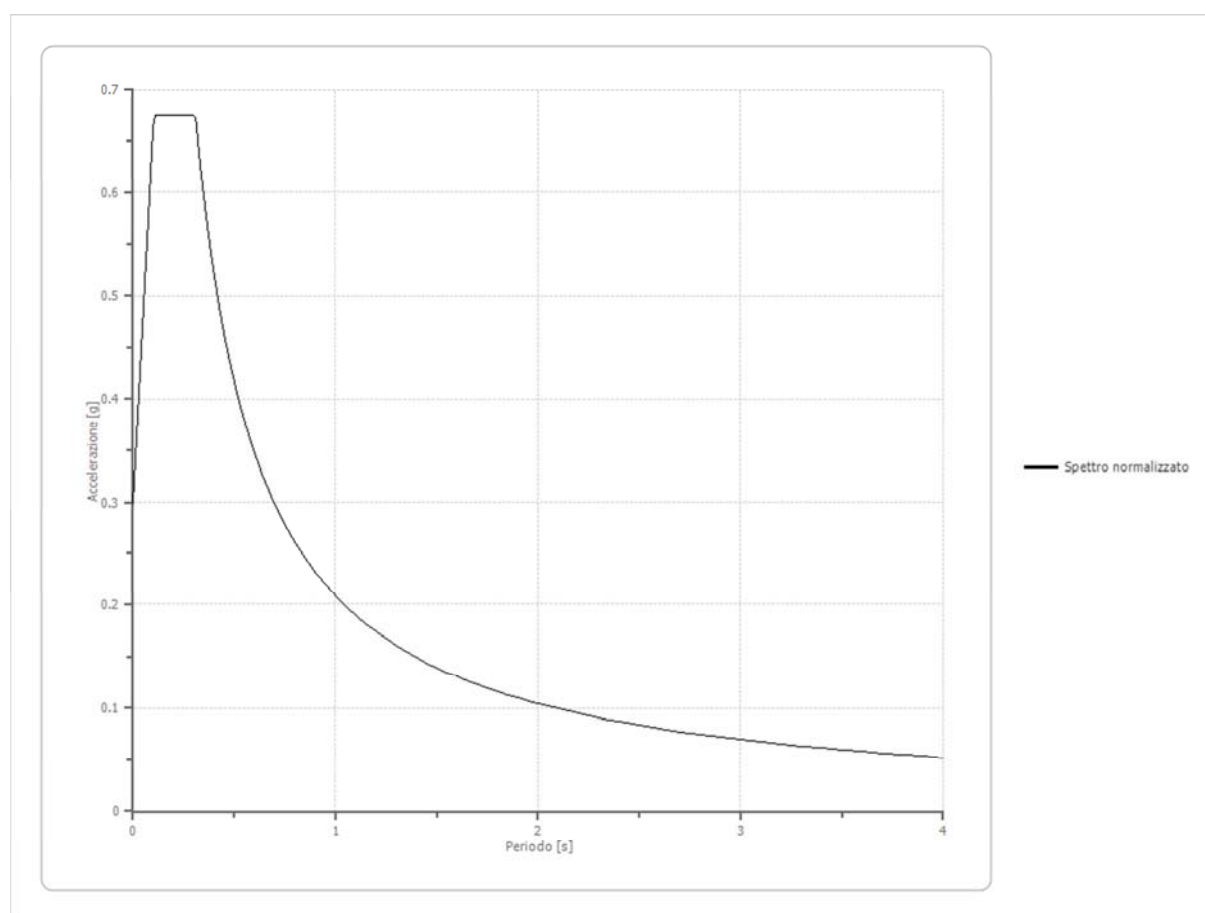
Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.150 [s]
Tvi	0.700 [s]
Tao	0.240 [s]
Tvo	0.280 [s]
Sami	3.588 [m/s ²]
Svmi	0.191 [m/s]
Samo	6.625 [m/s ²]
Svmo	0.325 [m/s]
Fa	1.846 [-]
Fv	1.702 [-]
TB	0.103 [s]
TC	0.309 [s]
TD	2.340 [s]
SA(0)	0.299 [g]
SA(TB)	0.675 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.059	0.105	0.200	1.790
0.500	1.000	0.091	0.130	0.500	1.429
0.500	1.500	0.163	0.228	0.333	1.400

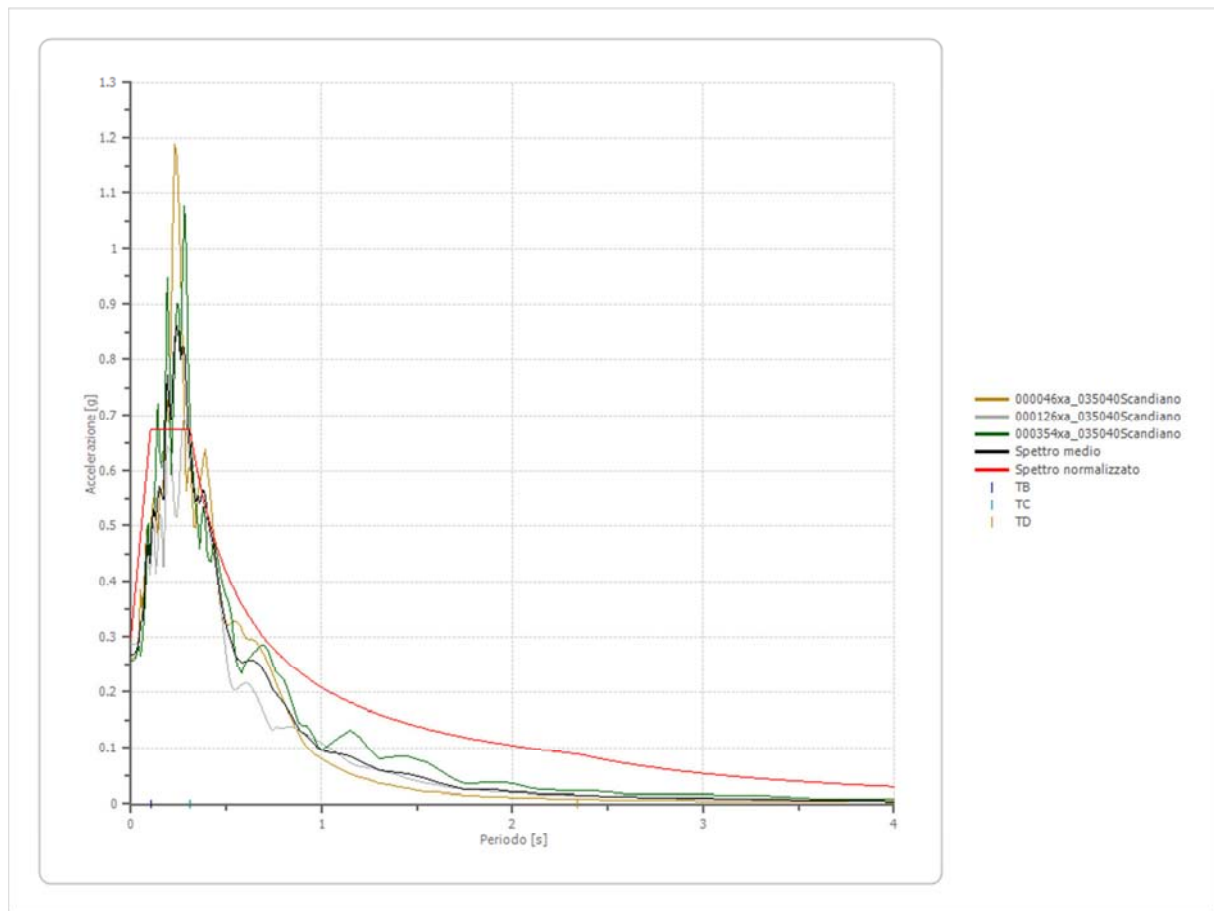
Spettro normalizzato di risposta elastico



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.299	2.258	--	0.103	0.309	2.340	0.299	0.675

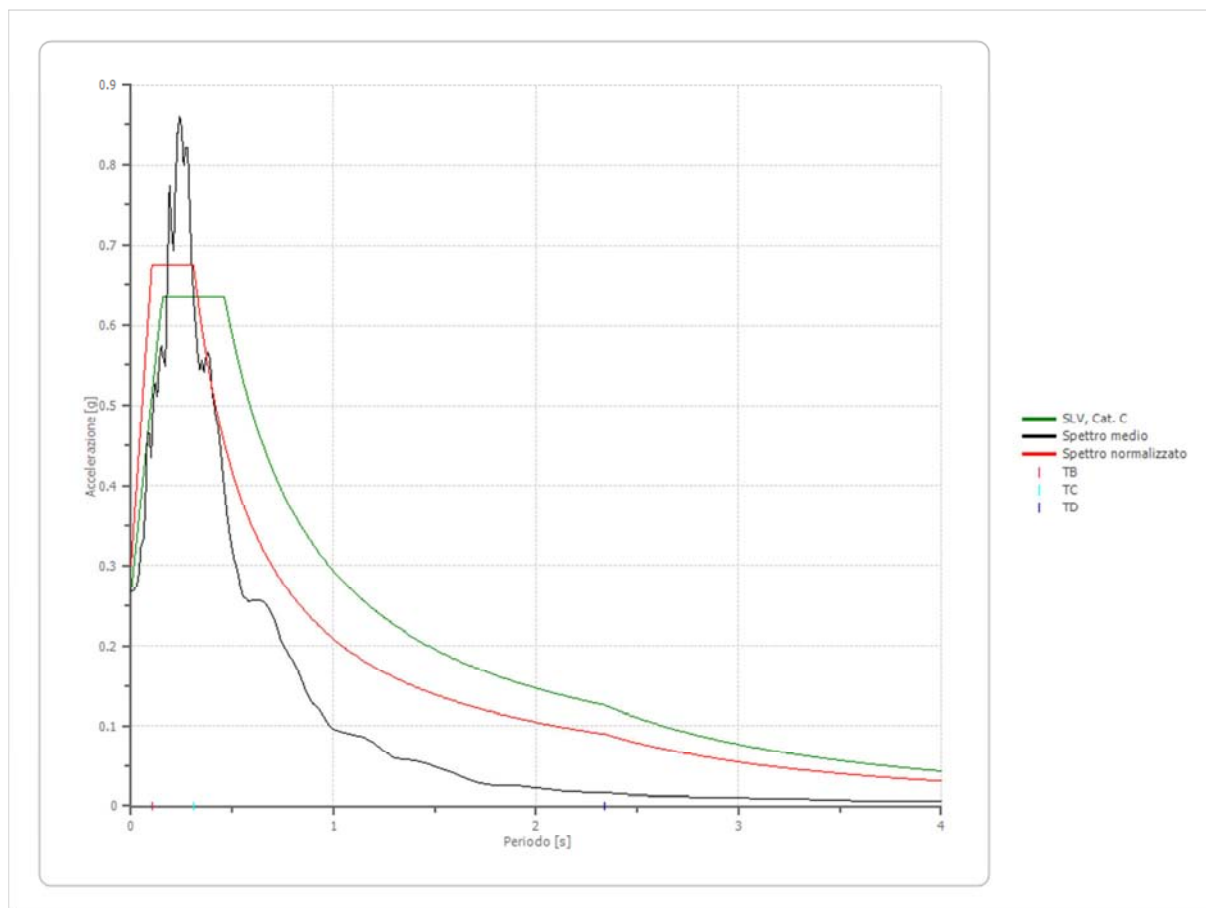
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

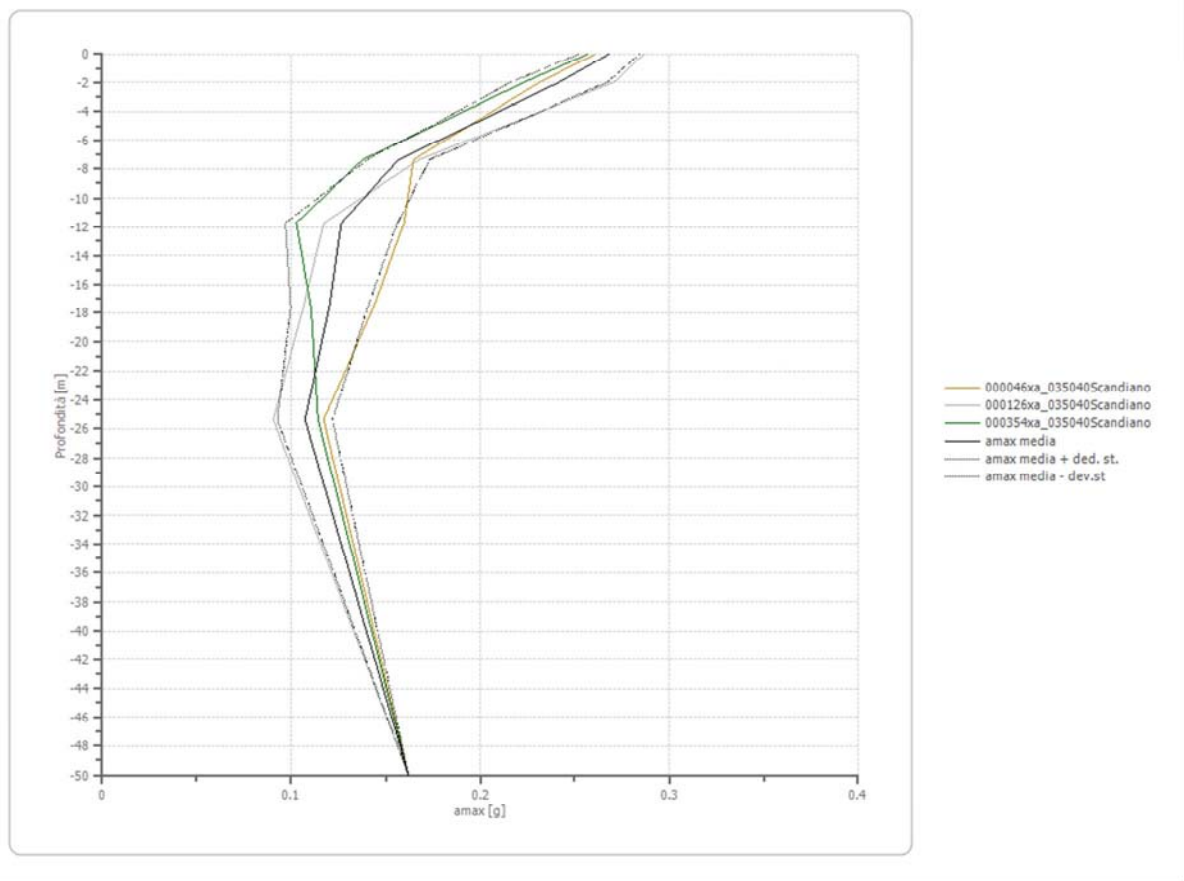
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	45	75	712	1462
ag [g]	0.061	0.077	0.185	0.230
Fo	2.488	2.47	2.392	2.421
Tc* [s]	0.261	0.27	0.294	0.306
Ss	1.50	1.50	1.43	1.37
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.64	1.62	1.57	1.55
TB [s]	0.142	0.146	0.154	0.158
TC [s]	0.427	0.437	0.462	0.475
TD [s]	1.844	1.908	2.340	2.520
Se(0) [g]	0.092	0.116	0.265	0.314
Se(TB) [g]	0.228	0.285	0.635	0.761



Profilo a max

	0.0 [m]	2.0 [m]	7.4 [m]	11.7 [m]	17.6 [m]	25.4 [m]	50.0 [m]
000046xa_035040Scandiano [g]	0.261	0.232	0.165	0.160	0.144	0.117	0.162
000126xa_035040Scandiano [g]	0.287	0.271	0.168	0.117	0.106	0.091	0.162
000354xa_035040Scandiano [g]	0.257	0.223	0.138	0.103	0.110	0.114	0.162
media [g]	0.268	0.242	0.157	0.127	0.120	0.107	0.162
Dev. St. [g]	0.016	0.025	0.016	0.030	0.020	0.015	0.000



VERIFICA A LIQUEFAZIONE



PROGRAMMA DI CALCOLO: LIQUITER (GEOSTRU)

Progetto: Adeguamento sismico palestra di Ventoso
Ditta: Comune di Scandiano
Comune: Via Strucchi – Comune di Scandiano (RE)

Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Norme Tecniche D.M. del 17 Gennaio 2018

Metodo di calcolo: Robertson e Wride (1997)

Il 'metodo di Robertson e Wride' è basato sui risultati di prove CPT (*Cone Penetration Test*) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo I_C che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (5.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (5.0c)$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (5.0a).

Se $I_C > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $I_C \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare, Q verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente $n = 0,5$.

Se è ancora $I_C \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $I_C > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo $n = 0,75$.

Calcolato I_C , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_c mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.1)$$

Dove l'esponente di sforzo n è lo stesso utilizzato nel calcolo di I_C .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N} \quad (5.2a)$$

$$K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21,63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88 \quad (5.2b)$$

Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (5.3a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N} \quad (5.3b)$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$K_c = 0 \quad \text{per } FC \leq 5$$

$$K_c = 0,0267(FC - 5) \quad \text{per } 5 < FC \leq 35$$

$$K_c = 0,8 \quad \text{per } FC > 35$$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC (\%) = 1,75 (I_C)^{3,25} - 3,7 \quad (5.4)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR**_{7,5}) si calcola con le espressioni seguenti:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \quad (5.5)$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{clN})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad (5.6)$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR_{7,5}**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d \quad (5.7)$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitude Scaling Factor*) come raccomandato dal **NCEER** (vedi Tabella 1)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \quad (5.8)$$

Tabella 1- *Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori*

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo **r_d** vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z \quad (5.9)$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z \quad (5.10)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (5.11)$$

mentre **l'indice e il rischio di liquefazione** vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** (1978; 1984).

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

DATI SIMICI

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.299

PROVA PENETROMETRICA CPT1

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Limi - Argille Sabbiose	0	1.4	19.62	20.41	2328.98	56
2	Torbe - Argille Torbose	1.4	4	20.02	20.81	3007.31	252.91
3	Torbe - Argille Torbose	4	5.8	20.72	21.51	4617.46	328.33
4	Sabbie fini - Sabbie con Ghiaia	5.8	7.8	18.63	21.57	21338.99	228.2

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	23.702	21.741	49.949	2.429	2.391	1.7	90.072	0.991	0.148	0.126	1.176	suscettibile	0.00	Molto basso
1.40	27.784	23.861	47.678	2.434	2.406	1.7	92.573	0.989	0.154	0.134	1.146	suscettibile	0.00	Molto basso
1.60	31.946	26.062	82.447	8.500	2.652	1.7	187.220	0.988	0.690	0.141	4.894	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	36.108	28.263	77.583	8.512	2.668	1.7	192.805	0.986	0.747	0.147	5.086	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	40.270	30.463	97.397	8.524	2.612	1.7	173.717	0.985	0.568	0.152	3.743	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	44.432	32.664	90.708	8.536	2.630	1.7	179.614	0.983	0.619	0.156	3.973	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	48.594	34.865	84.863	8.548	2.647	1.7	185.392	0.982	0.673	0.159	4.220	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	52.756	37.065	79.712	8.560	2.663	1.7	191.057	0.980	0.729	0.163	4.483	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	56.918	39.266	75.139	8.572	2.679	1.7	196.619	0.979	0.787	0.165	4.762	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	61.080	41.467	71.051	8.584	2.694	1.7	202.082	0.977	0.847	0.168	5.055	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	65.242	43.667	67.375	8.596	2.708	1.7	207.453	0.976	0.910	0.170	5.362	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	69.404	45.868	64.051	8.609	2.722	1.7	212.737	0.974	0.975	0.172	5.681	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	73.566	48.069	61.032	8.621	2.736	1.7	217.939	0.972	1.043	0.173	6.014	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	77.728	50.269	58.278	8.633	2.749	1.7	223.064	0.971	1.112	0.175	6.360	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	81.890	52.470	55.754	8.645	2.761	1.7	228.115	0.969	1.184	0.176	6.718	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	86.192	54.811	72.486	7.246	2.630	1.569824	254.927	0.968	1.621	0.177	9.141	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	90.494	57.151	79.210	7.253	2.607	1.7	264.596	0.966	1.803	0.178	10.114	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	94.796	59.492	76.021	7.260	2.618	1.680897	267.032	0.965	1.851	0.179	10.335	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	99.098	61.833	73.074	7.267	2.629	1.617266	262.069	0.963	1.754	0.180	9.752	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	103.400	64.173	70.342	7.273	2.640	1.558278	257.415	0.962	1.666	0.181	9.231	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	107.702	66.514	67.802	7.280	2.650	1.503441	253.038	0.960	1.587	0.181	8.761	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	112.004	68.855	65.434	7.287	2.660	1.452333	248.913	0.959	1.514	0.182	8.335	non suscettibile	0	Molto basso

5.60	116.306	71.195	63.223	7.294	2.669	1.404585	245.015	0.957	1.448	0.182	7.949	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	120.608	73.536	61.152	7.301	2.679	1.359877	241.325	0.956	1.387	0.183	7.597	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	124.922	75.889	244.954	1.076	1.654	1.147919	246.436	0.954	1.472	0.183	8.045	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	129.236	78.241	241.244	1.076	1.658	1.130529	243.453	0.953	1.422	0.183	7.758	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	133.550	80.594	237.696	1.076	1.663	1.113906	240.589	0.951	1.375	0.184	7.490	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	137.864	82.947	234.301	1.076	1.667	1.097995	237.836	0.950	1.331	0.184	7.241	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	142.178	85.299	231.047	1.077	1.671	1.082747	235.187	0.948	1.290	0.184	7.007	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	146.492	87.652	227.925	1.077	1.675	1.068117	232.636	0.946	1.251	0.184	6.788	non suscettibile	0	Molto basso
7.20	150.806	90.005	224.927	1.077	1.679	1.054065	230.177	0.945	1.214	0.184	6.583	non suscettibile	0	Molto basso
7.40	155.120	92.357	222.043	1.077	1.682	1.040553	227.804	0.943	1.179	0.185	6.390	non suscettibile	0	Molto basso
7.60	159.434	94.710	219.268	1.077	1.686	1.027547	225.514	0.942	1.147	0.185	6.208	non suscettibile	0	Molto basso
7.80	163.748	97.063	216.595	1.078	1.690	1.015018	223.300	0.940	1.115	0.185	6.036	non suscettibile	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

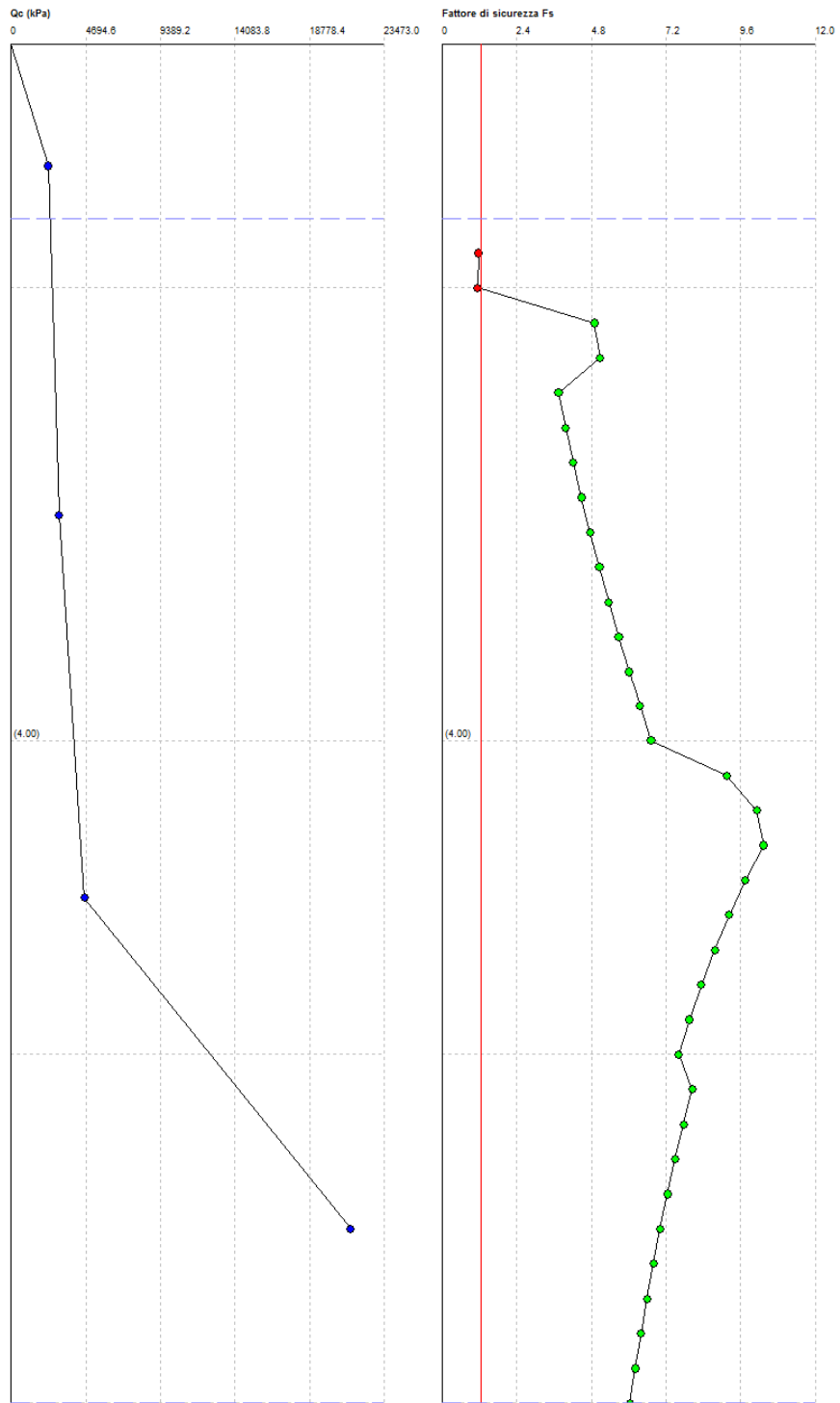
<FIELD1>

<FIELD2>

<FIELD3>

<FIELD4>

1:33



PROVA PENETROMETRICA CPT2

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Limi Sabbiosi - Sabbie Limose	0	1.2	17.65	20.59	7011.17	128.57
2	Torbe - Argille Torbose	1.2	3.2	20.75	21.54	4645.71	328.23
3	Argille	3.2	6.6	20.89	21.67	5091.91	244.97
4	Limi - Argille Sabbiose	6.6	11	21.4	22.18	6985.67	225.26
5	Argille	11	12.4	21.32	22.11	6750.7	297.04

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

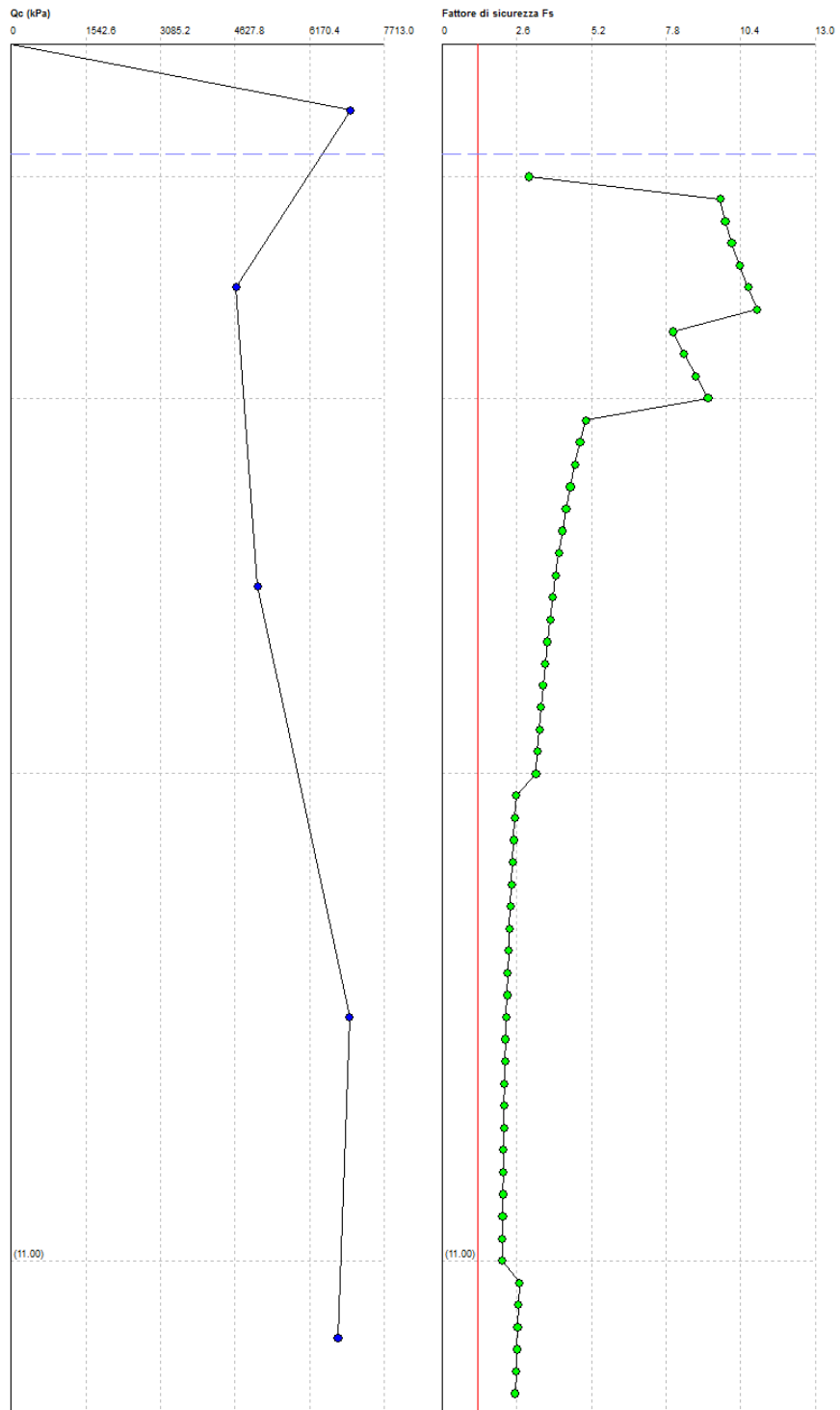
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	21.768	19.807	157.538	1.839	1.955	1.7	148.507	0.991	0.385	0.127	3.032	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	26.076	22.153	98.703	7.105	2.543	1.7	236.755	0.989	1.314	0.136	9.688	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	30.384	24.500	93.857	7.112	2.556	1.7	242.516	0.988	1.406	0.143	9.856	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	34.692	26.847	89.662	7.118	2.569	1.7	247.936	0.986	1.497	0.148	10.086	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	39.000	29.193	85.983	7.125	2.580	1.7	253.063	0.985	1.587	0.153	10.357	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	43.308	31.540	82.722	7.132	2.590	1.7	257.934	0.983	1.676	0.157	10.657	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	47.616	33.887	79.806	7.138	2.600	1.7	262.579	0.982	1.764	0.161	10.976	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	51.924	36.233	99.477	7.145	2.543	1.7	236.765	0.980	1.314	0.164	8.033	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	56.232	38.580	94.903	7.152	2.556	1.7	242.143	0.979	1.400	0.166	8.428	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	60.540	40.927	90.792	7.159	2.567	1.7	247.372	0.977	1.488	0.168	8.837	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	64.848	43.273	87.074	7.165	2.578	1.7	252.463	0.976	1.576	0.170	9.257	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	69.182	45.646	75.367	4.877	2.486	1.480125	203.240	0.974	0.861	0.172	5.005	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	73.516	48.019	73.481	4.881	2.493	1.443094	200.828	0.972	0.833	0.173	4.805	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	77.850	50.391	71.730	4.886	2.500	1.408711	198.577	0.971	0.808	0.175	4.625	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	82.184	52.764	70.099	4.890	2.507	1.376673	196.469	0.969	0.785	0.176	4.465	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	86.518	55.137	68.574	4.894	2.513	1.346727	194.490	0.968	0.764	0.177	4.319	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	90.852	57.509	67.145	4.898	2.519	1.318653	192.625	0.966	0.745	0.178	4.188	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	95.186	59.882	65.801	4.903	2.525	1.292265	190.865	0.965	0.727	0.179	4.067	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	99.520	62.255	64.535	4.907	2.531	1.2674	189.199	0.963	0.710	0.179	3.957	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	103.854	64.627	63.339	4.911	2.537	1.243918	187.619	0.962	0.694	0.180	3.856	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	108.188	67.000	62.208	4.915	2.542	1.221694	186.117	0.960	0.680	0.181	3.762	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	112.522	69.373	61.134	4.920	2.548	1.20062	184.688	0.959	0.666	0.181	3.676	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	116.856	71.745	60.115	4.924	2.553	1.1806	183.325	0.957	0.653	0.182	3.596	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	121.190	74.118	59.145	4.928	2.558	1.16155	182.023	0.956	0.641	0.182	3.521	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	125.524	76.491	58.221	4.933	2.563	1.143393	180.777	0.954	0.629	0.182	3.451	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	129.858	78.863	57.338	4.937	2.567	1.126062	179.584	0.953	0.619	0.183	3.386	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	134.192	81.236	56.495	4.941	2.572	1.109495	178.439	0.951	0.608	0.183	3.324	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	138.526	83.609	55.687	4.946	2.576	1.093639	177.340	0.950	0.599	0.183	3.267	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	142.962	86.083	75.292	3.292	2.357	1.077805	161.626	0.948	0.473	0.183	2.577	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	147.398	88.558	74.232	3.294	2.362	1.062639	160.558	0.946	0.465	0.184	2.534	non suscettibile	0	Molto basso

7.20	151.834	91.033	73.217	3.296	2.366	1.048096	159.532	0.945	0.458	0.184	2.492	non suscettibile	0	Molto basso
7.40	156.270	93.507	72.241	3.298	2.370	1.034134	158.547	0.943	0.451	0.184	2.454	non suscettibile	0	Molto basso
7.60	160.706	95.982	71.304	3.301	2.374	1.020716	157.600	0.942	0.444	0.184	2.417	non suscettibile	0	Molto basso
7.80	165.142	98.457	70.402	3.303	2.378	1.007806	156.688	0.940	0.438	0.184	2.383	non suscettibile	0	Molto basso
8.00	169.578	100.931	69.534	3.305	2.382	0.995375	155.809	0.939	0.432	0.184	2.350	non suscettibile	0	Molto basso
8.20	174.014	103.406	68.697	3.307	2.386	0.9833925	154.962	0.937	0.426	0.184	2.319	non suscettibile	0	Molto basso
8.40	178.450	105.881	67.889	3.309	2.390	0.9718325	154.144	0.936	0.421	0.184	2.289	non suscettibile	0	Molto basso
8.60	182.886	108.356	67.109	3.311	2.393	0.9606708	153.353	0.934	0.415	0.184	2.261	non suscettibile	0	Molto basso
8.80	187.322	110.830	66.356	3.313	2.397	0.9498851	152.589	0.933	0.410	0.184	2.235	non suscettibile	0	Molto basso
9.00	191.758	113.305	65.627	3.316	2.400	0.9394547	151.849	0.931	0.406	0.184	2.210	non suscettibile	0	Molto basso
9.20	196.194	115.780	64.922	3.318	2.404	0.9293605	151.133	0.928	0.401	0.183	2.188	non suscettibile	0	Molto basso
9.40	200.630	118.254	64.239	3.320	2.407	0.9195849	150.439	0.923	0.397	0.182	2.174	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	205.066	120.729	63.577	3.322	2.410	0.9101114	149.766	0.918	0.392	0.182	2.161	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	209.502	123.204	62.936	3.324	2.414	0.9009247	149.113	0.912	0.388	0.181	2.149	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	213.938	125.678	62.313	3.326	2.417	0.8920107	148.479	0.907	0.384	0.180	2.137	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	218.374	128.153	61.708	3.329	2.420	0.8833563	147.864	0.902	0.381	0.179	2.127	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	222.810	130.628	61.121	3.331	2.423	0.8749489	147.265	0.896	0.377	0.178	2.117	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	227.246	133.102	60.550	3.333	2.426	0.8667771	146.683	0.891	0.374	0.177	2.108	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	231.682	135.577	59.995	3.335	2.429	0.85883	146.117	0.886	0.370	0.176	2.099	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	236.118	138.052	59.455	3.337	2.432	0.8510977	145.566	0.880	0.367	0.175	2.092	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	240.540	140.512	46.332	4.563	2.605	0.7116821	161.323	0.875	0.470	0.174	2.696	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	244.962	142.973	45.503	4.566	2.611	0.6994336	160.202	0.870	0.462	0.174	2.664	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	249.384	145.434	44.703	4.569	2.616	0.6875994	159.113	0.864	0.455	0.173	2.633	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	253.806	147.894	43.929	4.572	2.622	0.6761591	158.054	0.859	0.447	0.172	2.604	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	258.228	150.355	43.181	4.575	2.627	0.6650932	157.024	0.854	0.440	0.171	2.577	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	262.650	152.816	42.457	4.578	2.633	0.6543838	156.021	0.848	0.433	0.170	2.551	non suscettibile	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<FIELD1>
<FIELD2>
<FIELD3>
<FIELD4>

1:52



PROVA PENETROMETRICA CPT3

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argille	0	0.6	18.42	19.21	1124.92	47.95
2	Argille - Argille Limose	0.6	6	20.97	21.75	5303.14	197.8
3	Limi - Argille Sabbiose	6	8.4	20.97	21.76	5400.52	172.2
4	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia	8.4	9.4	18.63	21.57	22282.78	52.37

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	23.790	21.829	113.506	3.747	2.285	1.7	171.312	0.991	0.548	0.126	4.353	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	28.140	24.217	107.763	3.750	2.299	1.7	175.367	0.989	0.582	0.134	4.343	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	32.490	26.606	102.812	3.753	2.312	1.7	179.212	0.988	0.615	0.141	4.379	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	36.840	28.995	98.486	3.756	2.324	1.7	182.875	0.986	0.649	0.146	4.444	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	41.190	31.383	94.664	3.759	2.335	1.7	186.377	0.985	0.682	0.151	4.530	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	45.540	33.772	91.255	3.762	2.346	1.7	189.736	0.983	0.715	0.154	4.631	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	49.890	36.161	88.189	3.765	2.356	1.662959	188.763	0.982	0.706	0.158	4.472	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	54.240	38.549	85.413	3.768	2.365	1.610614	185.774	0.980	0.676	0.161	4.210	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	58.590	40.938	82.884	3.772	2.374	1.562919	183.042	0.979	0.650	0.163	3.986	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	62.940	43.327	80.567	3.775	2.382	1.519225	180.532	0.977	0.627	0.165	3.793	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	67.290	45.715	78.434	3.778	2.390	1.479002	178.213	0.976	0.606	0.167	3.625	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	71.640	48.104	76.461	3.781	2.398	1.441814	176.063	0.974	0.588	0.169	3.477	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	75.990	50.493	74.631	3.784	2.405	1.407297	174.062	0.972	0.570	0.170	3.346	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	80.340	52.881	72.926	3.787	2.412	1.375145	172.192	0.971	0.555	0.172	3.229	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	84.690	55.270	71.333	3.790	2.418	1.345102	170.440	0.969	0.540	0.173	3.123	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	89.040	57.659	69.839	3.794	2.425	1.316945	168.793	0.968	0.527	0.174	3.028	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	93.390	60.047	68.436	3.797	2.431	1.290485	167.241	0.966	0.515	0.175	2.942	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	97.740	62.436	67.114	3.800	2.437	1.265559	165.775	0.965	0.504	0.176	2.863	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	102.090	64.825	65.866	3.803	2.443	1.242023	164.388	0.963	0.493	0.177	2.790	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	106.440	67.213	64.685	3.806	2.448	1.219754	163.071	0.962	0.483	0.177	2.724	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	110.790	69.602	63.566	3.809	2.454	1.19864	161.820	0.960	0.474	0.178	2.663	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	115.140	71.991	62.502	3.813	2.459	1.178587	160.628	0.959	0.465	0.179	2.606	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	119.490	74.379	61.490	3.816	2.464	1.159508	159.492	0.957	0.457	0.179	2.553	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	123.840	76.768	60.526	3.819	2.469	1.141326	158.406	0.956	0.450	0.180	2.504	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	128.190	79.157	59.606	3.822	2.474	1.123973	157.368	0.954	0.442	0.180	2.458	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	132.542	81.547	59.804	3.269	2.424	1.107376	144.281	0.953	0.359	0.180	1.992	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	136.894	83.938	58.946	3.272	2.429	1.091492	143.396	0.951	0.354	0.181	1.960	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	141.246	86.329	58.124	3.274	2.433	1.076272	142.547	0.950	0.349	0.181	1.931	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	145.598	88.719	57.336	3.277	2.437	1.061673	141.731	0.948	0.345	0.181	1.902	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	149.950	91.110	56.579	3.280	2.442	1.047651	140.947	0.946	0.340	0.181	1.876	non suscettibile	0	Molto basso
7.20	154.302	93.501	55.851	3.282	2.446	1.034171	140.192	0.945	0.336	0.182	1.851	non suscettibile	0	Molto basso

7.40	158.654	95.891	55.150	3.285	2.450	1.021198	139.465	0.943	0.332	0.182	1.827	non suscettibile	0	Molto basso
7.60	163.006	98.282	54.475	3.288	2.454	1.008702	138.763	0.942	0.328	0.182	1.805	non suscettibile	0	Molto basso
7.80	167.358	100.673	53.824	3.291	2.458	0.996653	138.086	0.940	0.325	0.182	1.784	non suscettibile	0	Molto basso
8.00	171.710	103.064	53.197	3.293	2.462	0.9850259	137.431	0.939	0.321	0.182	1.764	non suscettibile	0	Molto basso
8.20	176.062	105.454	52.590	3.296	2.466	0.9737965	136.799	0.937	0.318	0.182	1.745	non suscettibile	0	Molto basso
8.40	180.414	107.845	52.004	3.299	2.469	0.9629426	136.187	0.936	0.315	0.182	1.727	non suscettibile	0	Molto basso
8.60	184.728	110.198	212.268	0.237	1.289	0.9526079	111.298	0.934	0.208	0.182	1.141	suscettibile	0.00	Molto basso
8.80	189.042	112.550	210.037	0.237	1.293	0.9425991	112.150	0.933	0.211	0.182	1.157	suscettibile	0.00	Molto basso
9.00	193.356	114.903	207.876	0.237	1.297	0.9328991	112.929	0.931	0.214	0.183	1.172	suscettibile	0.00	Molto basso
9.20	197.670	117.256	205.780	0.237	1.301	0.9234927	113.641	0.928	0.216	0.182	1.187	suscettibile	0.00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<FIELD1>
<FIELD2>
<FIELD3>
<FIELD4>

1:40

