



Settore Lavori Pubblici

INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLA S.P.59 "GARDIZZA"
NEI COMUNI DI CONSELICE E LUGO

CUP : J94E17000370001

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

IMPORTO € 3.000.000,00

Table with 2 columns: Presidente: Michele De Pascale, Consigliere Delegato: Nicola Pasi

Table with 2 columns: Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile

Table with 2 columns: RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Paolo Nobile, Firme: (documenti firmati digitalmente)

PROGETTISTA : Ing. Giuseppe Colarossi

PROGETTISTA STRUTTURE: Ing. Ivan Missiroli

Table with 6 columns: 0, EMISSIONE, IM, GC, PN, mar.2019; Rev., Descrizione, Redatto, Controllato, Approvato, Data

TITOLO ELABORATO:

PONTE SU CANALE FOSSATONE

RELAZIONE GEOLOGICA

Table with 5 columns: Elaborato num: 6.1, Revisione: 000, Data, Scala: VARIE, Nome file



# INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLA S.P. 59 "GARDIZZA" NEI COMUNI DI CONSELICE E LUGO

CUP : J94E17000370001

**PROGETTO DEFINITIVO**  
(art. 23 comma 7 Dlgs. 50/2016)

IMPORTO € 3.000.000,00

Presidente: Michele De Pascale	Consigliere delegato: Davide Ranalli
-----------------------------------	---

Dirigente del Settore: Ing. Paolo Nobile

Firme:

RESPONSABILE UNICO DEL  
PROCEDIMENTO

Ing. Paolo Nobile

(documento firmato digitalmente)

PROGETTISTA E  
COORDINATORE SICUREZZA IN  
FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Giuseppe Colarossi

(documento firmato digitalmente)

GEOLOGO

Dott. Giancarlo Andreatta

EMISSIONE	-	-	-	-	-
Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:	

TITOLO ELABORATO:

## RELAZIONE GEOLOGICA

Elaborato num:	Revisione:	Data:	Scala:	Nome file:
<b>1.4</b>		OTTOBRE 2018		

## INDICE

a. <i>PREMESSA</i>	<i>pag. 2</i>
b. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE</i>	<i>pag. 3</i>
c. <i>INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO</i>	<i>pag. 5</i>
d. <i>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</i>	<i>pag. 7</i>
e. <i>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</i>	<i>pag. 9</i>
f. <i>CARATTERISTICHE SISMICHE</i>	<i>pag. 14</i>
g. <i>VERIFICA POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE</i>	<i>pag. 19</i>
h. <i>INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</i>	<i>pag. 21</i>
i. <i>MODELLAZIONE NUMERICA DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE</i>	<i>pag. 25</i>
l. <i>VALUTAZIONE SPESSORE STRATO DI SOTTOFONDO STRADA</i>	<i>pag. 30</i>
m. <i>CONCLUSIONI</i>	<i>pag. 32</i>

### *Allegati:*

- *Prova geofisica HVSR n° 1*
- *Prova geofisica HVSR n° 2*
- *Granulometria e limiti di Atterberg*
- *Calcolo portanza fondazione nastriforme*
- *Verifica alla liquefazione*
- *Geologi di pianura* *scala 1:10.000*
- *Sezione CARG080*
- *PSC Carta Effetti Locali*
- *PSC Carta Potenziale Liquefazione*
- *Sezioni geologiche*
- *Planimetria Ubicazione Prove* *scala 1:3.000*
- *Grafici e correlazioni penetrometrie*

## a. PREMESSA

Su incarico della Provincia di RAVENNA – Settore Lavori Pubblici è stata redatta la presente relazione geologica al fine di caratterizzare l'area interessata dall'intervento di riqualificazione della S.P.59 GARDIZZA nei comuni di Lugo e Conselice

Vengono analizzati gli aspetti geologici, idrogeologici e stratigrafici al fine di valutare l'idoneità dei terreni e stabilire le caratteristiche geomeccaniche del sottosuolo.

Lo studio prevede la creazione di un modello geologico-geotecnico del terreno sede dell'intervento, ricostruito attraverso l'analisi di indagini geognostiche eseguite direttamente sull'area. Infine verranno determinati i principali parametri di classificazione sismica, richiesti dalla normativa vigente ed in particolare:

- D.M. 17/01/2018 – Testo unitario “Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica”

Il progetto prevede la realizzazione di due ponticelli per superare canali di bonifica. L'area è posta a Nord del centro abitato di Lugo e ad Est di quello di Conselice, in prossimità dell'aveo del F. Santerno in località “Giovecca”. Le quote topografiche risultano comprese tra 2,5-4,5 s.l.m., come rappresentato nella Carta Tecnica Regionale a scala 1:2.000 REGIONE EMILIA-ROMAGNA qui di seguito riportata:

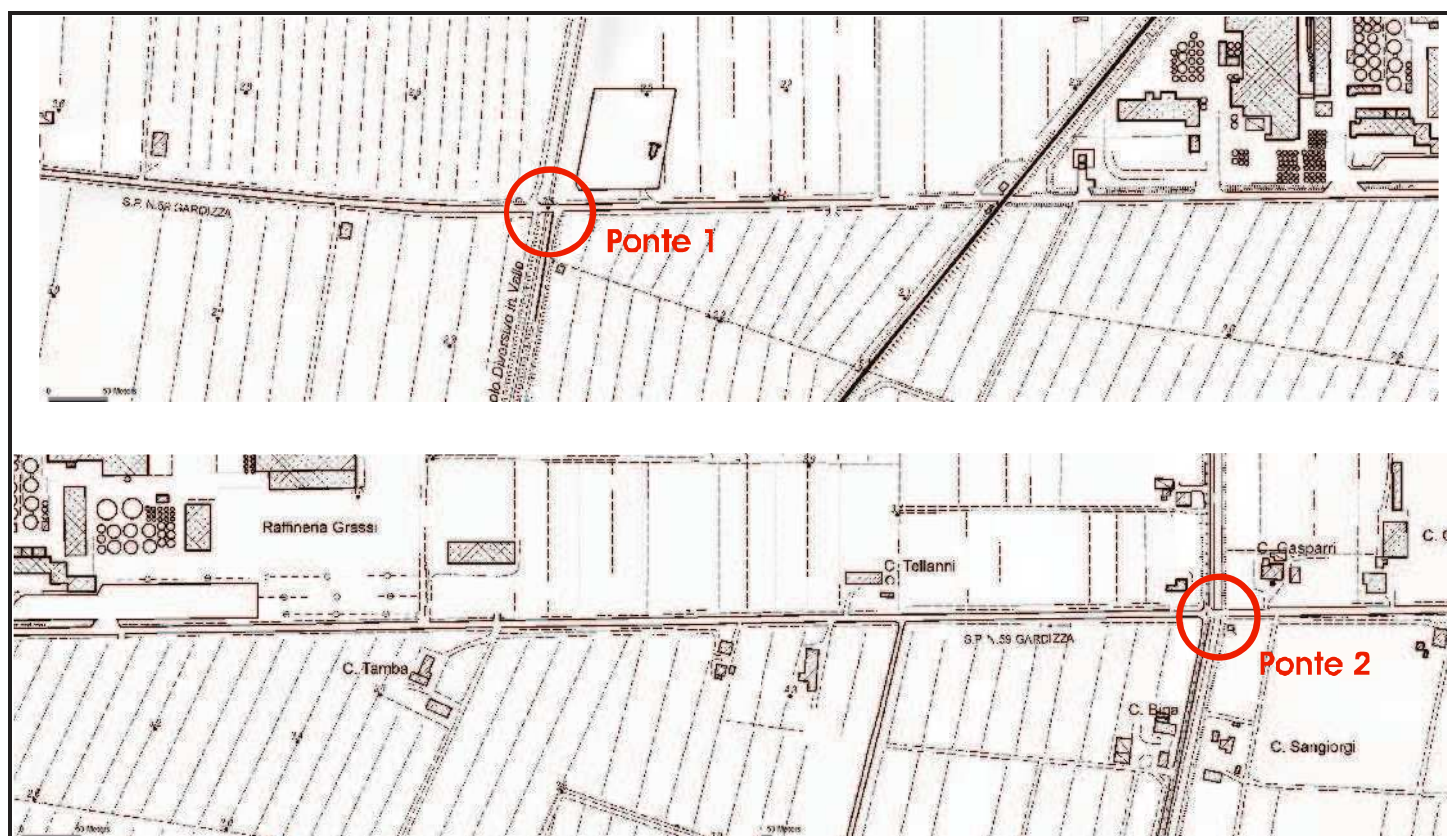


Fig. 1. – Stralcio di CTR regione E/R relativo all'area in esame



## b. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area di intervento si colloca a Nord del territorio di Lugo e ad Est del territorio di Conselice, nel contesto deposizionale della pianura romagnola, in corrispondenza delle **sequenze sedimentarie di origine alluvionale di pianura**.

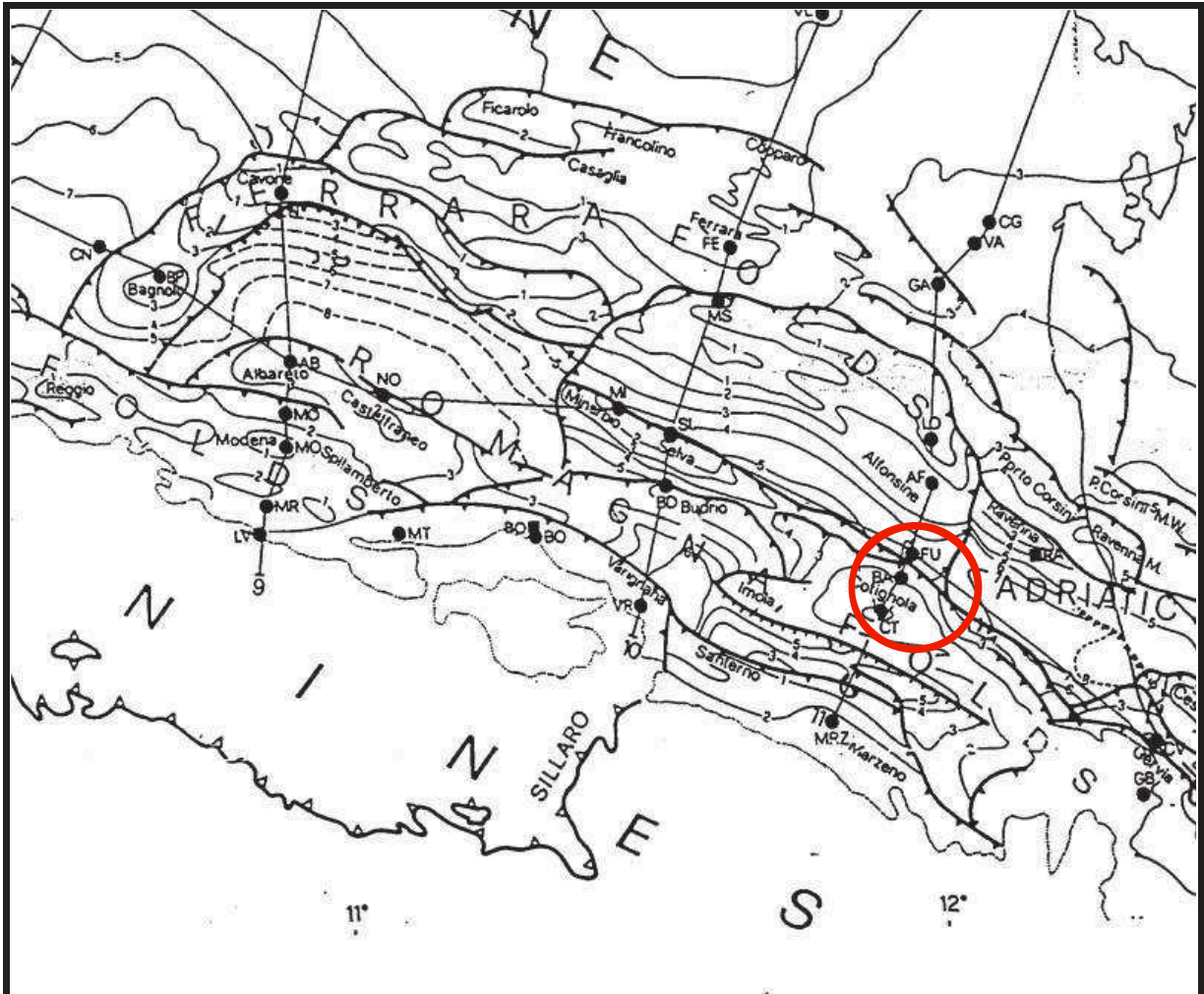


Fig. 2. – geologia e tettonica della Pianura Romagnola con indicata l'area in oggetto

Lo schema strutturale della pianura è caratterizzato da uno stile a pieghe ad andamento Nord-Ovest/Sud-Est, interessato da frequenti ondulazioni assiali e con una immersione generale verso Sud-Est. Tali ondulazioni si presentano, di norma, asimmetriche con vergenza verso Nord. I terreni neogenici sono stati interessati dai vari piegamenti in due fasi distinte avvenute tra Miocene e Pliocene e prima del Pliocene medio. Tra essi la seconda fase sembra che abbia influito maggiormente nell'area emiliano-romagnola, dove la discordanza tra i terreni del Miocene e quelli del Pliocene inf. è attenuata, mentre si osserva un più accentuato piegamento ed una maggiore erosione nei termini del Pliocene inferiore (Vuillermin, Bertoni 1978). Secondo Selli (1976) si distinguono le seguenti due strutturali:

- *Unità profonda* costituita da sedimenti del Messiniano e Pliocene inferiore. Tali terreni sono concordanti tra loro e sono deformati secondo pieghe e faglie orientate NW-SE. All'inizio del Pliocene medio, come si è già detto, le anticlinali emersero dal mare con conseguente erosione del loro apice. Infatti, il panorama che caratterizzava il territorio ravennate durante questo periodo doveva essere quello di un arcipelago.
- *Unità superiore* costituita da sedimenti del Pliocene medio-superiore e del Quaternario in concomitanza tra loro. Tale successione poggia in trasgressione e discordanza sul Pliocene inferiore all'apice delle anticlinali, mentre nelle sinclinali è ancora concordante e continua con i sedimenti sottostanti.

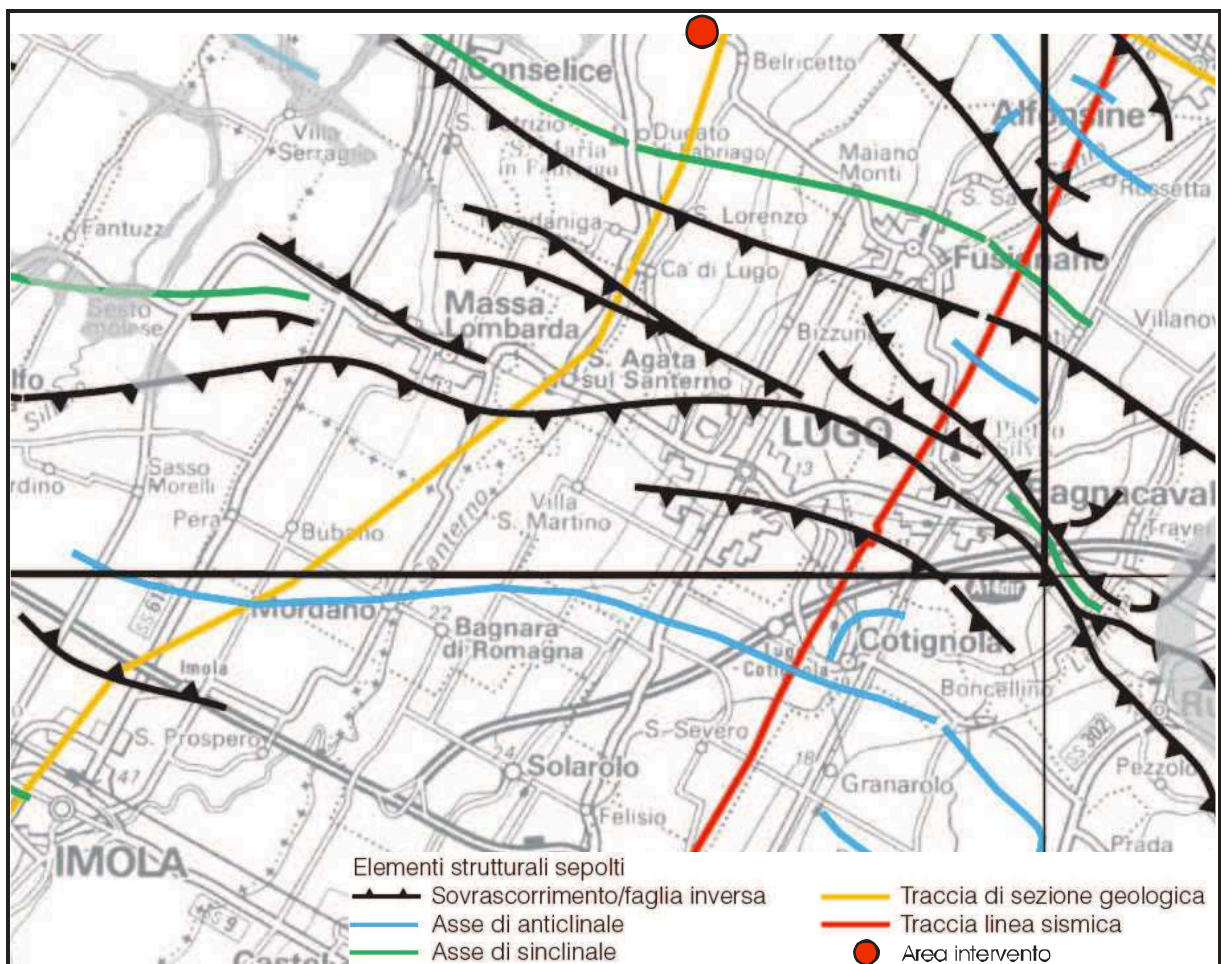


Fig. 3. – geologia e tettonica dell'area in oggetto

Sintetizzando, anche se la situazione risulta molto più complessa, nel territorio della pianura romagnola direttamente interessato si riconoscono i seguenti motivi strutturali principali:

- Sinclinale di Fusignano-Conselice;
- Anticlinale di Cotignola;

Le strutture Plioceniche sepolte sembrano influenzare l'assetto dei sedimenti pleistocenici, che si presentano abbastanza ondulati con una generale pendenza verso Sud-Est, seguendo l'immersione degli assi strutturali Pliocenici. Tale aspetto tende a diminuire con l'aumentare della profondità.

I sedimenti alluvionali recenti, infine, hanno un assetto irregolare e più complesso. Infatti, pur presentandosi in stratificazione generalmente subparallela (con una certa pendenza verso Nord-Est in direzione del flusso degli attuali corsi appenninici), presentano a volte notevoli variazioni di potenza, che sembrano dovute ad ondulazioni del letto con depressioni ad andamento appenninico e probabilmente influenzate dalla presenza di paleoalvei. Nella parte più superficiale sono stati del resto riconosciuti numerosi paleoalvei talora sovrapposti e variamente orientati, che complicano la già complessa situazione idrogeologica della pianura ed in particolare la rete idrica sotterranea

### **c. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO**

L'area oggetto d'indagine è interessata dalla Formazione sedimentaria continentale quaternaria di **piana alluvionale** (subsistema di Ravenna AS8) costituita da una coltre di depositi sabbiosi, limosi e argillosi e la cui superficie sommitale è generalmente interessata da pedogenesi, anche se il grado di alterazione (es. spessore e grado di decarbonatazione) decrescono progressivamente da Sud-Ovest a Nord-Est. Sono stati distinti i depositi di canale ed argine dai depositi di piana inondabile, sulla base dei dati tessiturali. Le relazioni geometriche tra gli elementi deposizionali (dossi fluviali ed aree interfluviali), tuttavia, rimangono in parte dubbie a causa dei processi di alterazione del sedimento e di parziale modificazione delle morfologie originarie per erosione e risedimentazione dei depositi superficiali.

Nell'area in esame si possono individuare 2 principali elementi caratterizzanti AES8:

1. Il limite inferiore è ben definito come contrasto di facies dove i primi depositi di AES8 sono caratterizzati da facies di piana alluvionale non drenata e palude e poggiano direttamente sui depositi di conoide alluvionale di AES7.
2. La porzione basale di AES8 è caratterizzata dalla frequente presenza di sedimenti ricchi di sostanza organica palustri e/o lagunari di natura trasgressiva che si accompagnano ad una generale disattivazione dei sistemi fluviali del ciclo sottostante ed ad un generale spostamento verso monte dei sistemi deposizionali. Questo intervallo basale costituisce pertanto un orizzonte stratigrafico di correlazione molto importante che caratterizza la base del subsistema. La sua età, definita su basi radiometriche, varia da 14.280 +/- 140 a 7.420 +/- 60 anni.



In questo subsistema viene distinta dalla RER una unità di rango gerarchico inferiore, l'unità di Modena (AES8a), la quale contiene i depositi più superficiali (sempre affioranti) e più recenti, compresi quelli attualmente in evoluzione. AES8a è un'unità pellicolare, che in zona raggiunge circa 6-7 metri di spessore. Nel settore di pianura interessato la base di AES8a è individuata dal contatto, in discontinuità, delle sue tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo o scarsamente calcareo di AES8 che contiene i reperti di epoca romana o più antica in posto. Il tetto di AES8a è dato da un suolo poco evoluto, calcareo, di pochi decimetri di spessore e generalmente di colore bruno olivastro o bruno grigiastro (Hue 2.5Y, Value 3-5, Chroma 2-6; profilo Ap-Bw/C: Entisuolo). Questa superficie di tetto è priva di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati ed è caratterizzata da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (ad esempio argini e piane inondabili).

Nella pianura alluvionale prevalgono i depositi di tracimazione fluviale, all'interno dei quali è possibile distinguere i depositi sabbioso-limosi di argine, canale e rotta fluviale dai depositi argillosi e limosi di piana inondabile. L'età di AES8a è riferita all'epoca post-romana, sulla base dei seguenti caratteri:

1. la presenza di abbondanti e frequenti reperti romani (e più antichi) al tetto dei depositi sottostanti, fra i quali si segnalano numerosi elementi infrastrutturali (edifici, strade, ecc.);
2. l'assenza di questi reperti all'interno dei depositi di AES8a o la loro presenza esclusivamente come elementi rimaneggiati;
3. l'alterazione pedogenetica modesta o del tutto assente della superficie affiorante di AES8a.

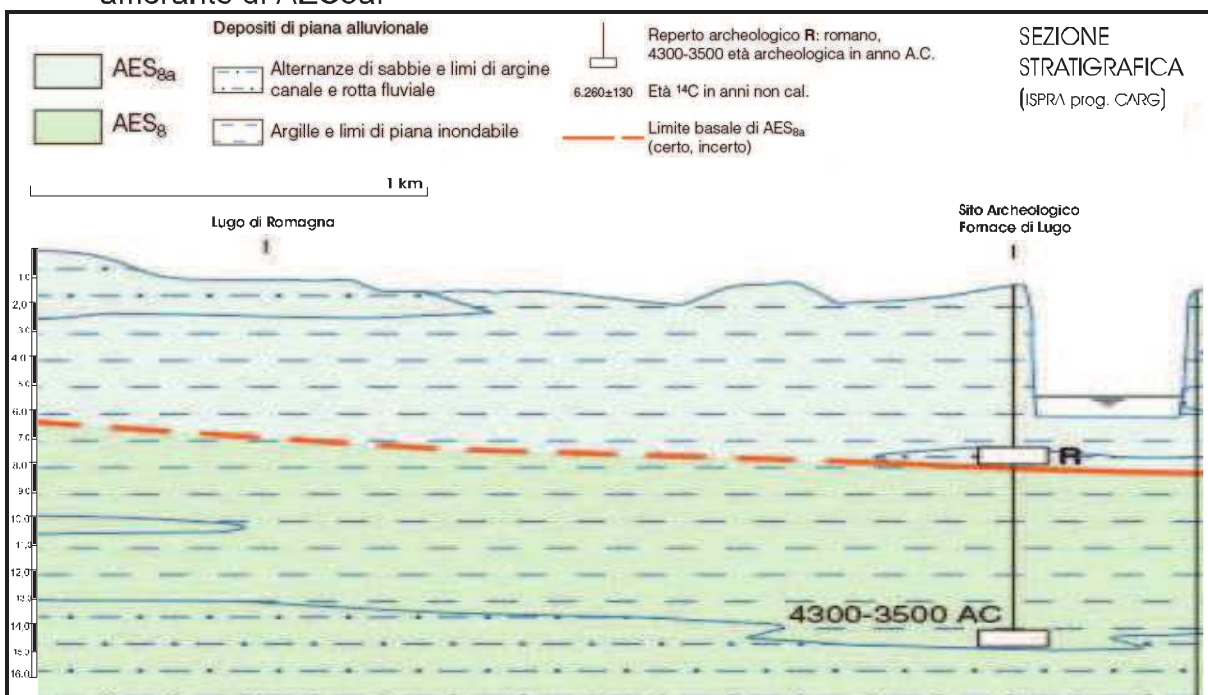


Fig. 4. – stratigrafia subsistema AS8-AES8a nei primi 20 metri dell'area in oggetto



Per inquadrare la stratigrafia in profondità si fa riferimento alla sezione geologica n° 080 (Progetto CARG Regione Emilia-Romagna) riportata di seguito utile per comprendere ulteriormente la litologia profonda del sottosuolo. La sezione geologica descrive tutte le unità stratigrafiche relative al Supersistema Emiliano-Romagnolo, i suoi rapporti con le sabbie di Imola e il “substrato” marino plio-pleistocenico e le geometrie dei principali corpi geologici.

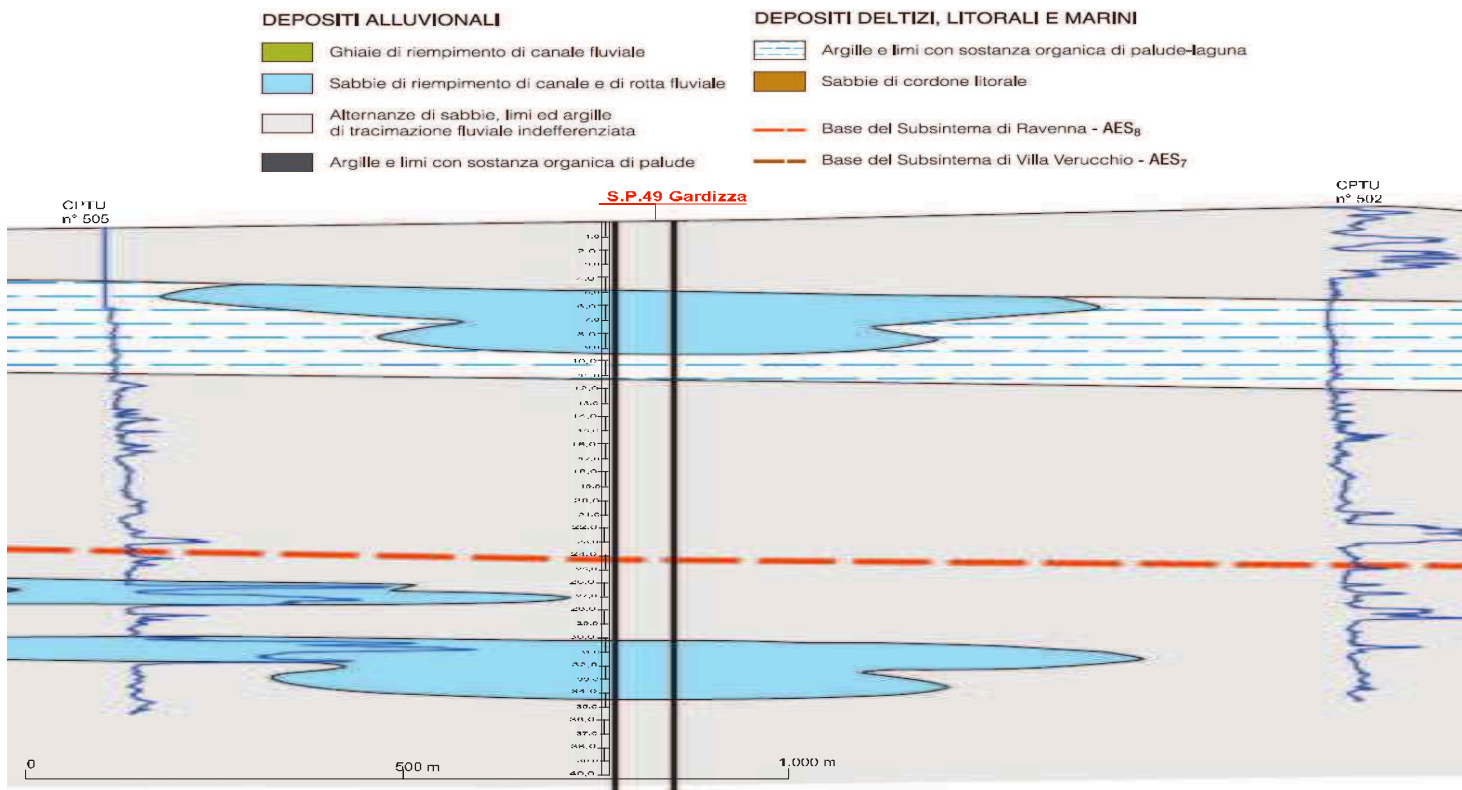


Fig. 5. – stratigrafia profonda sez. n° 080

#### d. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La caratterizzazione geomorfologica è strettamente connessa al modello genetico di formazione del territorio. In pianura gli effetti morfologici maggiori e più rilevanti sono quelli legati all'evoluzione del sistema idrografico, che a sua volta viene condizionato dai caratteri climatici prevalenti e dalle condizioni geologiche del sottosuolo. Nella formazione della pianura ravennate l'accrescimento trasversale per colmata avviene quando le piene fluviali straripano trasversalmente alla direzione principale dell'asta e, anziché, giungere a mare, colmano le bassure. In questo caso la granulometria

tende a diminuire in senso trasversale, quindi sabbie prevalenti nei pressi dell'asta e argille lontano dall'asta.

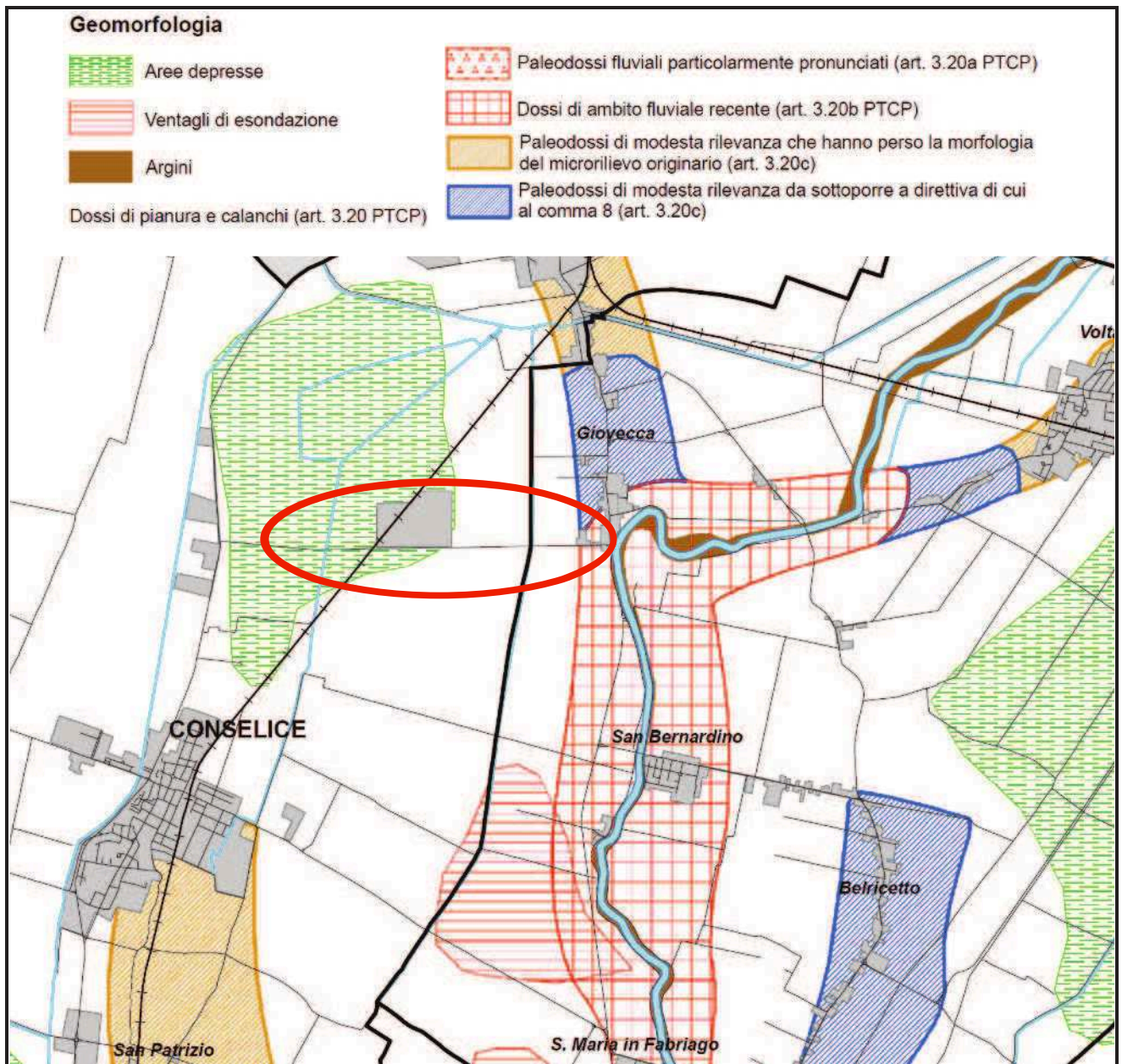


Fig. 6. – Carta Geomorfologica (da PSC2009)

Nella fig. 6 si può notare come nel territorio di indagine si individuano tratti di antichi alvei fluviali, paleocanali e diversi ventagli di rotta associati ai primi. In particolare sono riconoscibili i paleoalvei dei fiumi Senio e Lamone caratterizzati da quote topografiche di 25-20 m slm, che tendono a diminuire verso nord-est sino alle zone topograficamente depresse delle aree di bonifica.



## e. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche idrogeologico-strutturali della zona in esame sono ben visibile dalla figura 7:

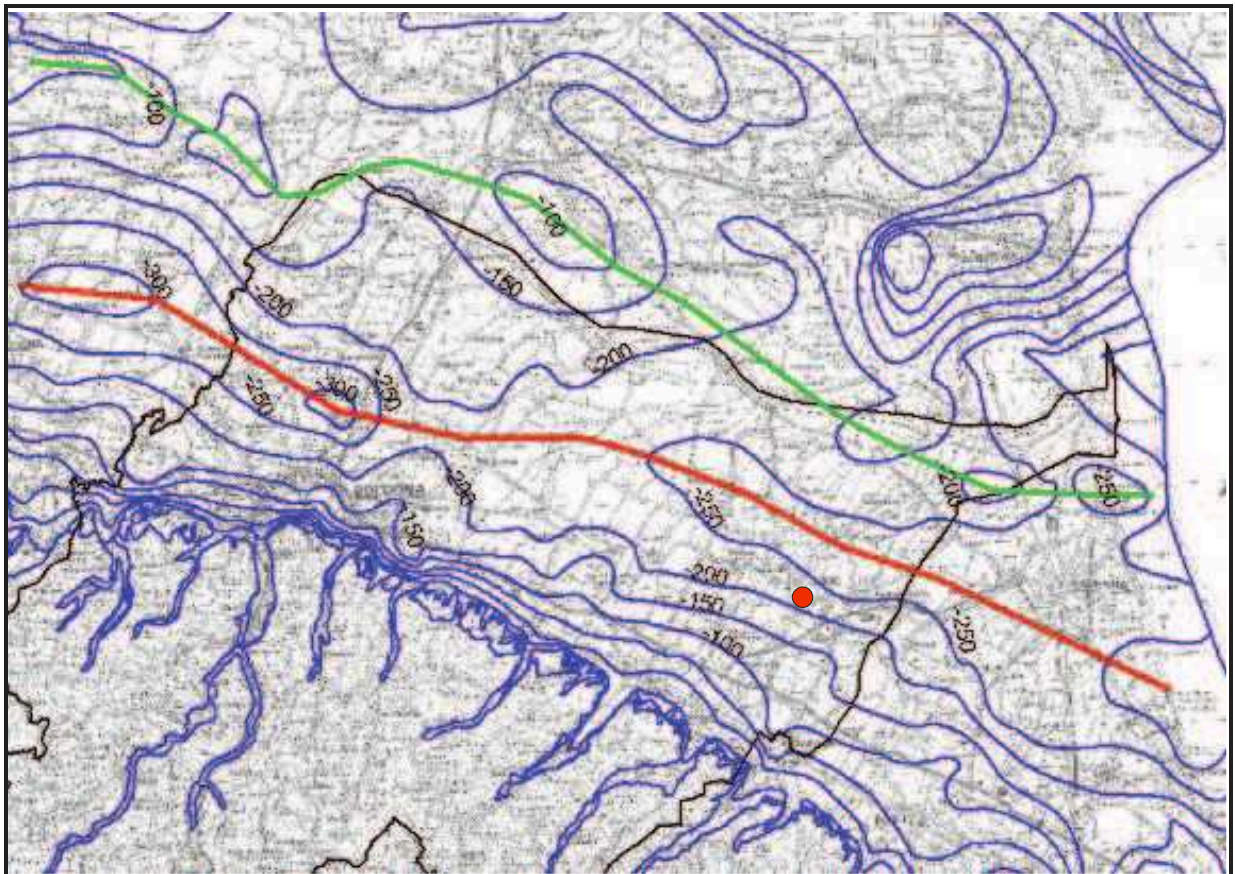


Figura 7: andamento della base del gruppo acquifero A

che identifica le isobate del gruppo acquifero A (linee blu in figura, isolinee ogni 50 metri). Come si vede l'area è caratterizzata da una ampia **sinclinale** il cui asse (indicato in rosso in figura) corre in modo abbastanza regolare da ovest - nord ovest verso sud – sud est, da Nonantola sino a sud di Ravenna. Le zone più depresse sono nel settore centrale (zona di Lugo), dove si individuano delle aree in cui la base del gruppo acquifero A è a oltre – 200 dal livello del mare. La zona a sud della sinclinale è costituita da una monoclinale che scende dall'appennino, e che immerge in modo più dolce in tutto il settore romagnolo della zona. La zona nord della sinclinale è individuata dagli alti strutturali delle **pieghe ferraresi**. Il primo nucleo di queste pieghe, che limita la sinclinale sopra detta, è indicato in verde in figura, e come si vede è abbastanza articolato nel suo percorso. Evidentemente questo

andamento a sinclinale ed anticlinale caratterizza, se pure in modo più blando, anche l'andamento dei depositi più recenti.

La distribuzione dei questi corpi sedimentari nel sottosuolo è schematicamente rappresentata nella sezione di Figura 8 che attraversa tutta la pianura da Sud a Nord, ovvero dal margine appenninico, che separa gli acquiferi montani da quelli di pianura, al Fiume Po. Procedendo quindi dal margine verso nord, si trovano nell'ordine: le **conoidi alluvionali**, la **pianura alluvionale appenninica** e la **pianura alluvionale e deltizia del Po**.

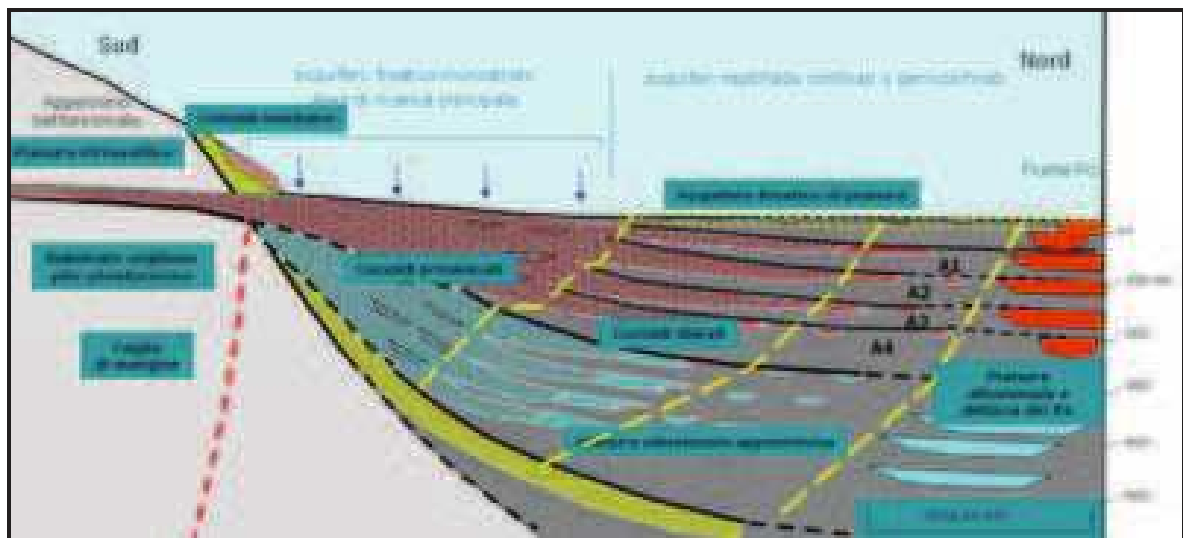


Figura 8: corpi sedimentari nel sottosuolo

La **pianura alluvionale** che rappresenta l'area in oggetto è formata dai sedimenti fini trasportati dai fiumi appenninici, costituiti da alternanze di limi più o meno argillosi, argille e sabbie limose. Essa inizia laddove i corpi ghiaiosi si chiudono e passano lateralmente a sabbie, presenti come singoli corpi nastriformi di pochi metri di spessore, che rappresentano i depositi di riempimento di canale e di argine prossimale. Talvolta si ritrovano degli orizzonti argillosi molto ricchi di sostanza organica che testimoniano il succedersi degli eventi di trasgressione marina che hanno interessato la zona costiera dell'Emilia-Romagna durante il Pleistocene e che costituiscono dei veri e propri livelli guida.

Dal punto di vista idrogeologico i rari e discontinui depositi sabbiosi della pianura alluvionale appenninica, costituiscono degli acquiferi di scarso interesse, anche perché la loro ricarica è decisamente scarsa e deriva unicamente dall'acqua che, infiltratasi nelle zone di ricarica delle conoidi, riesce molto lentamente a fluire sino



alla pianura. Procedendo verso nord si passa alla **pianura alluvionale e deltizia del Fiume Po**, costituita dall'alternanza di corpi sabbiosi molto estesi e sedimenti fini. Le sabbie derivano dalla sedimentazione del Fiume Po e sono presenti in strati amalgamati tra loro a formare livelli spessi anche alcune decine di metri ed estesi per svariati chilometri. Al di sopra dei depositi descritti, fatto salvo per le conoidi prossimali dove le ghiaie sono affioranti, si trova l'**acquifero freatico di pianura**, un sottile livello di sedimenti prevalentemente fini che prosegue verso nord su tutta la pianura. Si tratta dei depositi di canale fluviale, argine e pianura inondabile in diretto contatto con i corsi d'acqua superficiali e con gli ecosistemi che da esse dipendono, oltre che con tutte le attività antropiche. Data la litologia prevalentemente fine e lo spessore modesto (nell'ordine dei 10 m), l'**acquifero freatico di pianura** riveste un ruolo molto marginale per quanto concerne la gestione della risorsa a scala regionale. E' invece molto sfruttato nei contesti rurali, dove numerosi pozzi a camicia lo sfruttano per scopi prevalentemente domestici.

La pubblicazione del volume "**Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna**" (ENI-AGIP, 1998) ha proposto una stratigrafia valida a livello di bacino per i depositi alluvionali e marino marginali presenti nelle prime centinaia di metri del sottosuolo, riassunta schematicamente nella Figura 8:

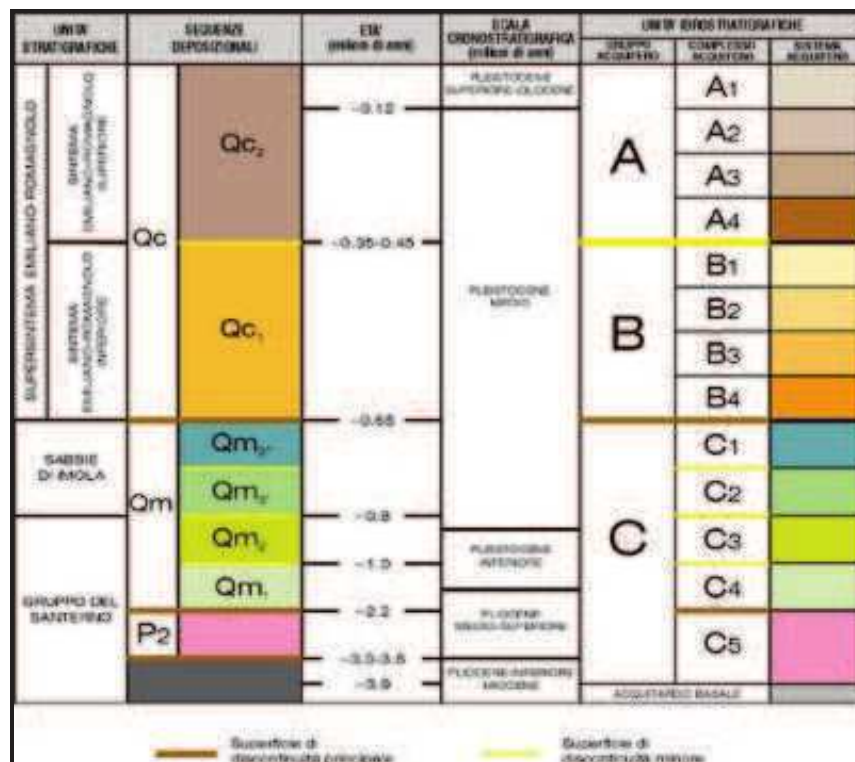


Figura 9: stratigrafia e idrogeologia pianura emiliano-romagnola

I depositi della pianura sono stati suddivisi in tre unità stratigrafiche, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C. Il Gruppo Acquifero A (corrispondente al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore AES) ed il Gruppo Acquifero B (corrispondente al Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore AEI) sono costituiti principalmente da depositi alluvionali ed in particolare dalle ghiaie delle conoidi alluvionali, dai depositi fini di piana alluvionale e dalle sabbie di piana del Fiume Po; il gruppo acquifero C (corrispondente a diverse unità affioranti nell'Appennino la più recente delle quali è la Formazione delle Sabbie Gialle di Imola IMO) è formato principalmente da depositi costieri e marino marginali ed è costituito principalmente da pacchi di sabbie alternati a sedimenti più fini. Le Unità Idrostratigrafiche sono formate da una o più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini (alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi. Una sequenza deposizionale è una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro (sono depositi durante lo stesso intervallo di tempo e con meccanismi della sedimentazione legati tra loro), compresi alla base e al tetto da superfici di discontinuità della sedimentazione e da superfici di continuità ad esse correlate. All'interno di ciascuna sequenza, si trovano depositi costituiti da differenti litologie, corrispondenti a vari sistemi e ambienti deposizionali. Alla base di ciascuna sequenza si trova un livello molto continuo a scarsa permeabilità che funge da acquicludo tra le diverse unità individuate.

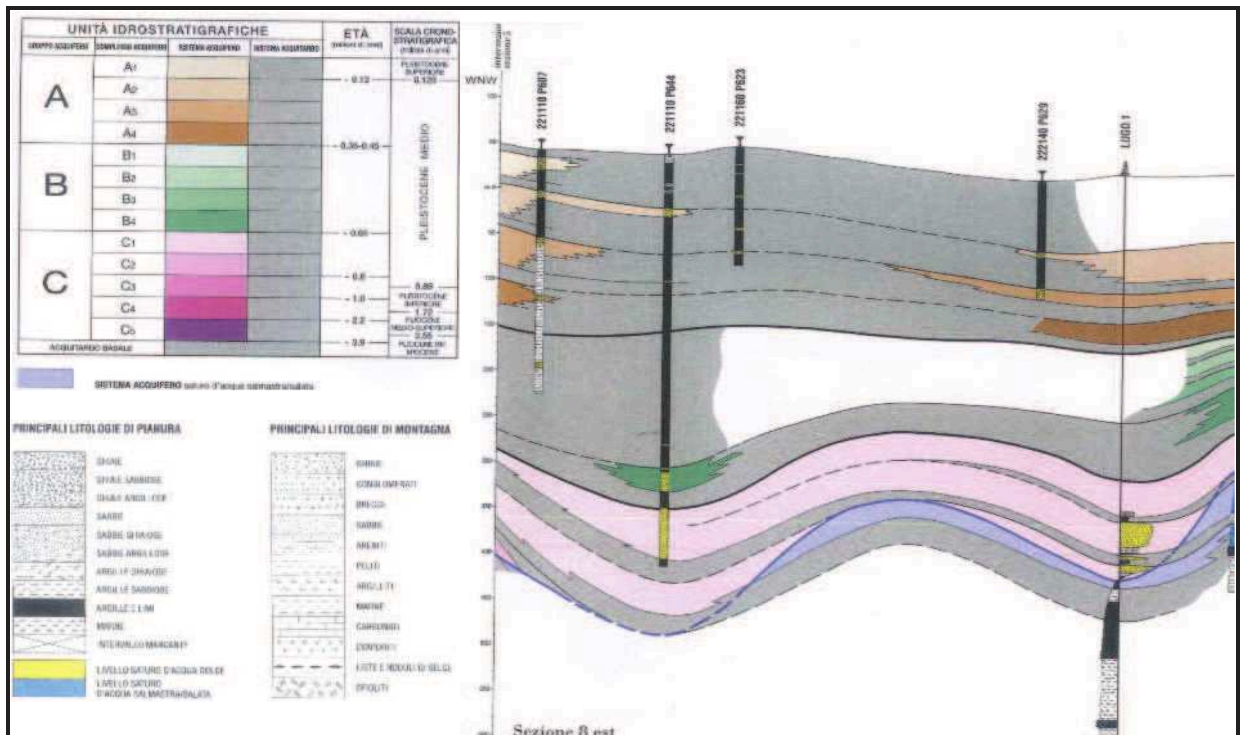


Figura 10: unità idrostratigrafiche

All'interno di ciascun Gruppo Acquifero vengono poi distinti diversi Complessi Acquiferi, unità gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.). Anche i Complessi Acquiferi sono Unità Idrostratigrafiche e come tali rappresentano una sequenza deposizionale contraddistinta da un acquitardo basale molto continuo, a cui fa seguito una sedimentazione più fine che diventa poi decisamente grossolana nella porzione terminale della sequenza. Viene proposta la stratigrafia che comprende l'area in esame rappresentata nella Figura 10, dove è ben visibile la suddivisione nel sottosuolo dei diversi Gruppi Acquiferi e la rispettiva distinzione dei vari Complessi Acquiferi. Per l'area in esame viene riportata l'andamento delle isopieze ricavate dallo studio della falda idrica della provincia di Ravenna (PSC Bassa Romagna) dove si incontra un flusso idrico con direzione Nord e Nord-Ovest con asse di drenaggio profondo verso Nord e Nord-Est.

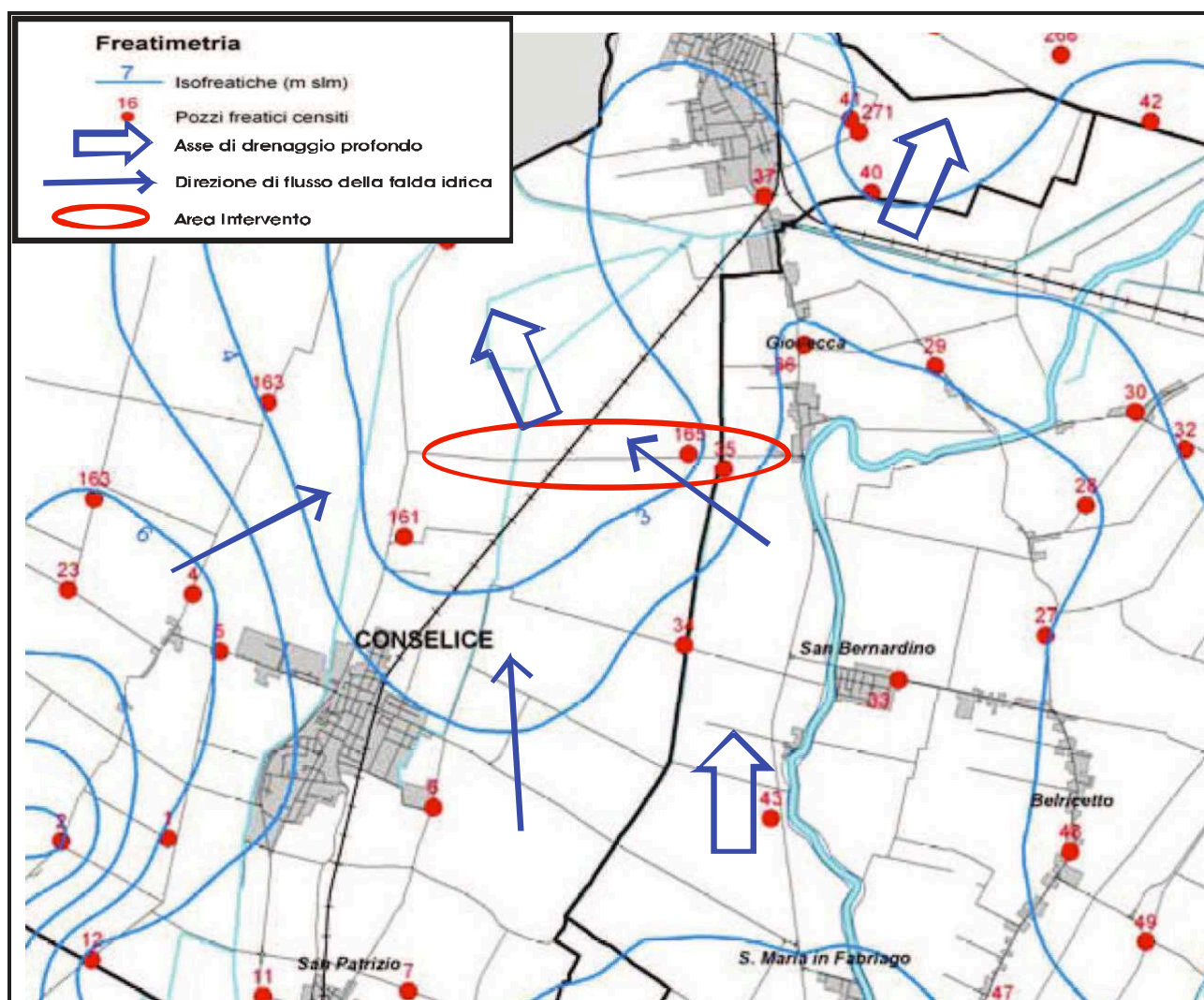


Figura 11: Carta Piezometrica Provincia di Ravenna



Nel corso dell'indagine geotecnica è stata rilevata una **falda freatica** con livello statico posto a m. 2,50-2,80 di profondità rispetto al piano campagna prove con escursione stagionale, da informazioni assunte, pari a m. 1,00-1,50 per periodi di precipitazioni ordinarie.

## f. CARATTERISTICHE SISMICHE

Dal punto di vista sismico il territorio del comune di Lugo-Conselice (Ra) è stato riferito alle norme contenute nell'Ordinanza del PCM n. 3274 del 20.03.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Tale provvedimento ha introdotto una nuova classificazione sismica del territorio nazionale, suddividendo il territorio nazionale in quattro zone sismiche, in sostituzione delle precedenti tre categorie, la zona in esame ricade nella **zona 2** a cui corrisponde una accelerazione orizzontale pari a **0.25 g**.

Il rischio sismico di una determinata zona è in relazione alla sismicità di base dell'area, alla presenza di condizioni geologiche, geomorfologiche e litologiche, che possono indurre fenomeni di amplificazione, e alla vulnerabilità del patrimonio edilizio esistente.

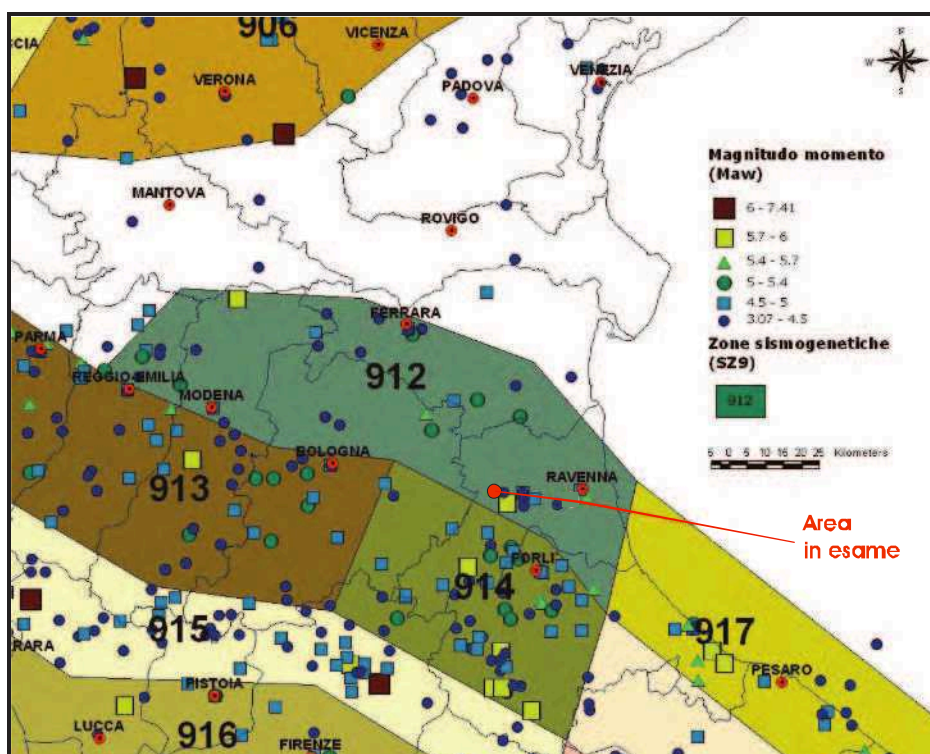


Fig. 12: Zonazione sismogenetica ZS9



Per quanto riguarda la **pericolosità sismica** essa viene valutata attraverso la conoscenza delle zone o delle strutture geologiche responsabili della sismicità (zone o sorgenti sismogenetiche), la quantificazione del loro grado di attività e la stima dell'effetto provocato da tali sorgenti con la distanza. Studi sul rischio sismico sono stati condotti da gruppi di ricerca del CNR, dalle Università, dall'INGV e dal Dipartimento della Protezione Civile analizzando i dati già disponibili relativamente alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche e sismologiche. Il Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM n. 3274 del 20.03.2003-INGV) ha proposto una zonazione sismogenetica denominata ZS9.

LUGO DI ROMAGNA e CONSELICE:

- ZONA SISMOGENETICA 912 Dorsale Ferrarese:

Magnitudo massima 5,91 - Profondità ipocentrale 5-10 Km

Si riporta di seguito la mappa della pericolosità sismica del territorio Nazionale e le massime intensità macrosismiche.

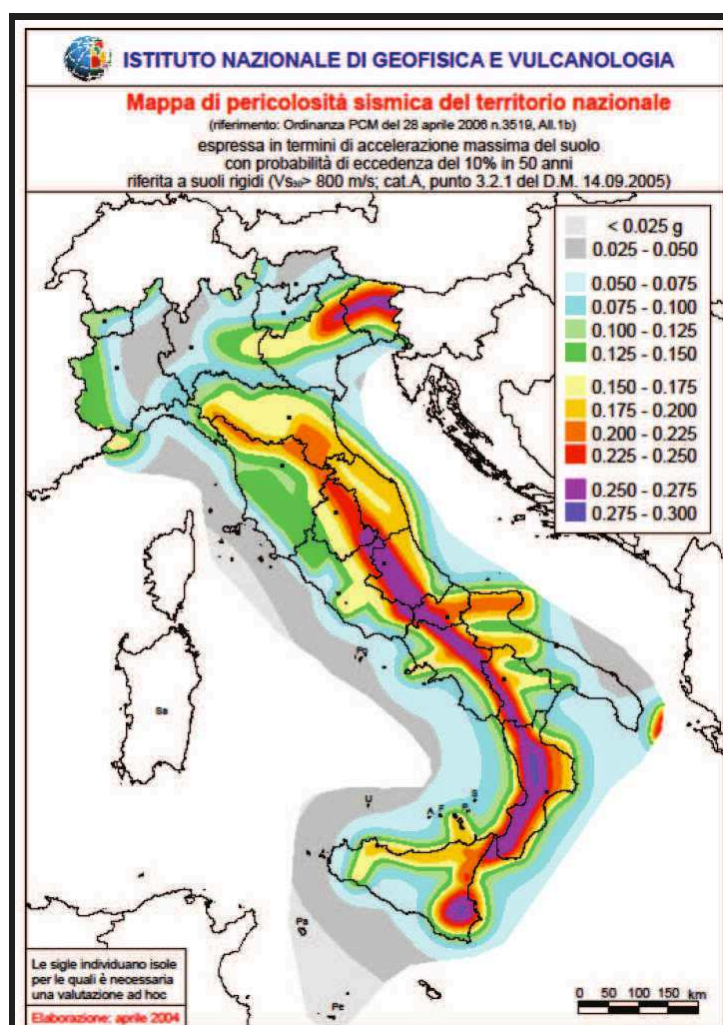


Fig. 13: Mappa di Pericolosità Sismica Nazionale

La sismicità dell'area viene inquadrata nella tabella sottostante dove vengono riportati i terremoti storici hanno interessato il comune di LUGO con le date dell'evento, l'ubicazione, l'intensità max e la magnitudo media strumentale e reale misurata direttamente:

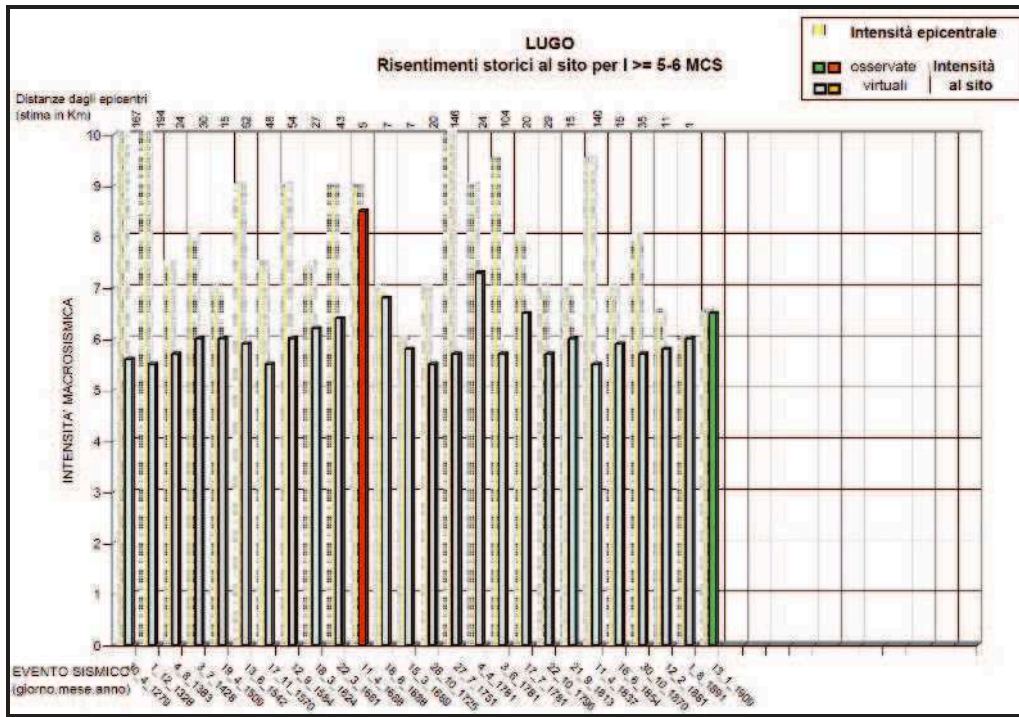


Figura 14: eventi sismici storici del comune di Lugo

Dalle informazioni acquisite risulta che alcune località appartenenti o vicine al Comune di Lugo sono state interessate negli ultimi secoli da vari terremoti che hanno raggiunto l'intensità massima del VII-VIII grado della Scala Mercalli nel 1689-1781. Ai fini della valutazione delle azioni sismiche di progetto, viene valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche del sito in esame. In questo caso la stratigrafia è stata osservata tramite le prove eseguite nell'area investigando così lo spessore dei terreni alluvionali di pianura ed utilizzando un'indagine sismica consistente in due misurazioni con tromografo a stazione singola HVSR investigando così la velocità di taglio dei terreni (in allegato si riportano i grafici e le interpretazioni derivanti dalle misurazioni tromografiche di campagna).

L'inquadramento dei terreni dell'area nelle categorie stratigrafiche del suolo di fondazione (D.M. 17.01.2018) si ottiene sulla base dei valori di  $V_{s,eq}$  (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio - in m/s) definita dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = H / \text{Somma } N-i=1 \quad h_i/V_{s,i}$$

dove:

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo (m.)

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nello  $i$ -esimo strato (m/sec)

$N$  = numero di strati

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiori a 800 m/s

N.B. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m. la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $VS_{30}$  ottenuto ponendo  $H = 30$  m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a 30 metri di profondità.

Vengono definite 5 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

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

La classificazione del sito si ottiene sulla base dei valori della (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (in m/s) utilizzando **due misurazioni** con tromografo a stazione singola TROMINO (vedi grafici allegati) investigando così la velocità di taglio dei terreni, da cui si ottiene una  **$V_{s-eq} = 168-188$  m/sec** a cui corrisponde la **categoria del suolo di fondazione:**

- D.** *Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m. caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.*

Per la valutazione delle condizioni topografiche in questo caso siamo in una situazione semplice essendo la superficie suborizzontale per cui il sito in esame può rientrare nella categoria: **T1. Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$**  da cui deriva un coefficiente di amplificazione topografica pari a **st = 1,00**.

La caratterizzazione sismica procede con la definizione dei parametri sismici relativi al sito di riferimento. Per il sito di interesse si riporta il reticolo di riferimento, compreso nei quattro nodi identificati come indicato in figura e vengono calcolati i coefficienti sismici per la zona direttamente investigata:

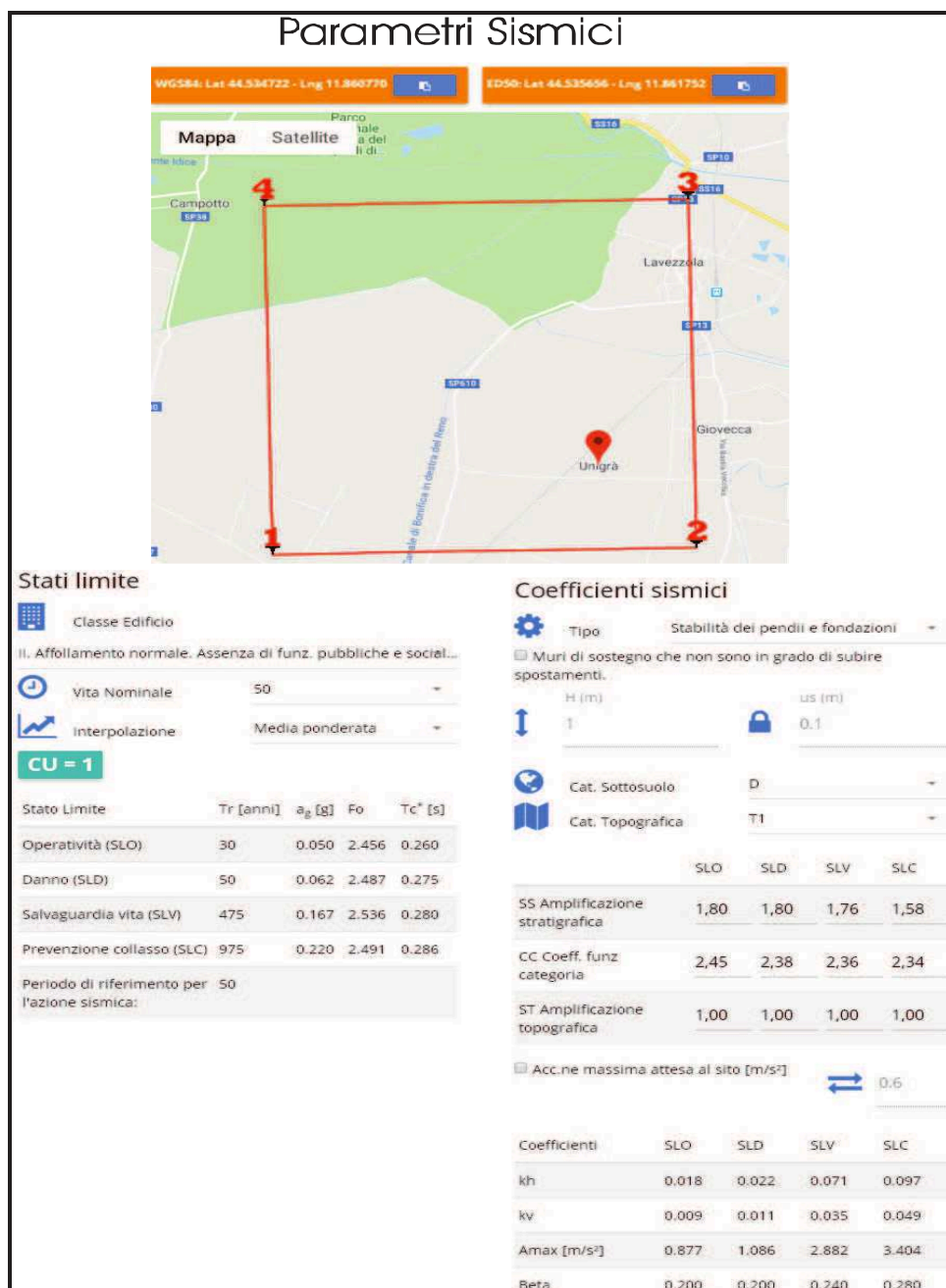


Figura 15: Vertici della griglia di riferimento e coefficienti sismici (da Geostru)



Per la scelta della strategia di progettazione, il progettista procede in funzione delle caratteristiche dell'opera progettata e definisce lo spettro di risposta.

*Ai fini della normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:*

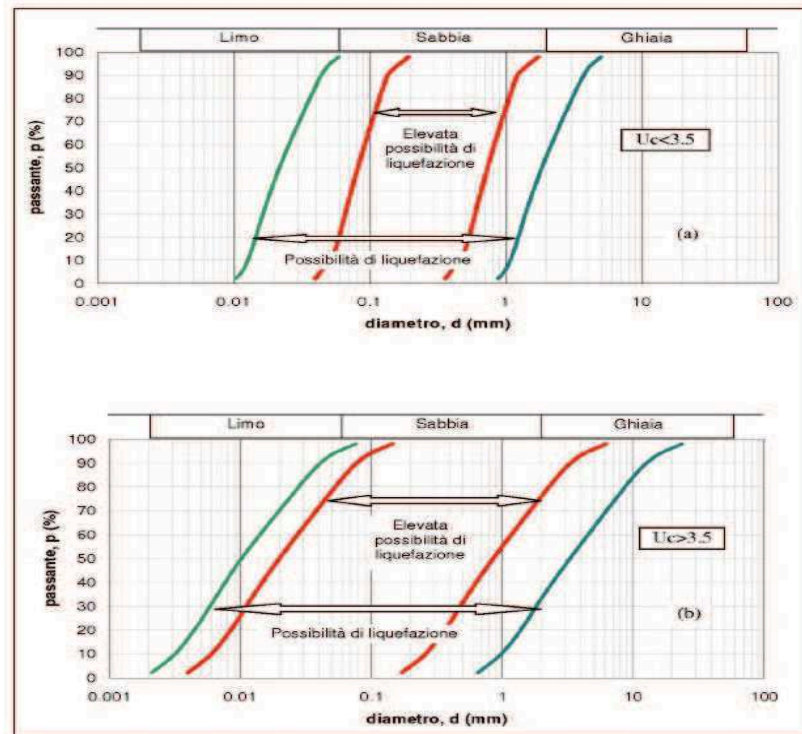
- **ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F<sub>0</sub>** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- **T\*c** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

In questo caso si valutano i parametri spettrali  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  per il sito di progetto (approccio "sito-dipendente") considerando l'amplificazione stratigrafica e topografica (**T1**) la categoria del sottosuolo **D** verificando il tutto per le due classi d'uso in cui può rientrare la costruzione (**II**) e (**III**).

## **g. VERIFICA POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**

Per liquefazione si intende l'annullamento di resistenza al taglio di terreni granulari saturi sotto sollecitazioni di taglio cicliche, in conseguenza delle quali il sedimento raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Il meccanismo di liquefazione è governato da molti fattori e tra questi i principali sono:

1. caratteristiche dell'impulso sismico (magnitudo  $M > 5$ );
2. densità relativa ( $DR < 50 \div 60\%$ );
3. pressioni di confinamento (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri);
4. fuso granulometrico;



### 5. falda superficiale.

Occorre anche evidenziare che la liquefazione di sedimenti saturi non sempre produce perdita di funzionalità o collasso delle strutture degli edifici. Riduzioni rilevanti di capacità portante e cedimenti significativi sono generalmente funzione:

- dell'ampiezza e tempo del carico ciclico del sisma;
- dello spessore ed estensione dello strato in liquefazione;
- dello spessore dei sedimenti non soggetti a liquefazione interposti tra fondazioni e strato in densificazione/liquefazione;
- delle condizioni morfologiche al contorno (acclività; presenza di scarpate o di variazioni di pendenza; vuoti di cava; incisioni fluviali; maceri).

L'indice del potenziale di liquefazione,  $I_L$ , definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano di campagna in metri e  $w(z)=10-0.5z$ . Ad una quota  $z$  il fattore  $F(z)=F$  vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove  $F_L$  è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata. In base alla sottostante tabella è possibile classificare il grado di potenziale liquefazione.

Potenziale Liquefazione $I_{PL}$	Classificazione
$I_{PL} = 0$	<i>Non liquefacibile</i>
$0 < I_{PL} \leq 2$	<i>Basso</i>
$2 < I_{PL} \leq 5$	<i>Moderato</i>
$5 < I_{PL} \leq 15$	<i>Alto</i>
$I_{PL} \geq 15$	<i>Molto Alto</i>

Dal punto di vista litologico, pur con le possibili e locali piccole variazioni, la stratigrafia dell'area di lottizzazione è caratterizzata dalla presenza di terreni argilloso-limoso e sabbioso-limosi cui sottostanno intercalazioni limoso-argillose-sabbiose consistenti. I materiali alluvionali si presentano in uno stato di basso-medio addensamento ed in condizioni di presenza di falda freatica nei litotipi limoso-sabbiosi superficiali.

L'analisi dei possibili fenomeni causati da un evento sismico si è limitata al potenziale di liquefazione che è stato valutato con modalità empirica, alla luce dei dati su esposti. Considerando quindi la presenza di falda idrica superficiale, l'addensamento dei terreni, la composizione litologica e granulometrica essenzialmente LIMOSO-SABBIOSA nei primi metri di profondità, la possibilità di drenaggio dell'acqua di falda attraverso gli strati sabbiosi fanno **escludere fenomeni di liquefazione**.

In aggiunta si riporta in allegato il calcolo del potenziale di liquefazione con il metodo Tokimatsu-Yoshimi e Seed-Idriss, 1983 (1983) quantizzato tramite le penetrometrie, con indicati gli indici  $I_{pl}$ .

Come si può notare l'indice del potenziale di liquefazione risulta **NON LIQUEFACIBILE**. Si può affermare che la zona indagata è da ritenersi esente da penalizzazione dovuta a particolari situazioni che possono generare pericolosi fenomeni indotti da un terremoto.

## **h. INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

Dovendo approfondire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni riguardanti la lottizzazione sono state eseguite prove "in situ" utili alla caratterizzazione geotecnica dei litotipi.



## **Prove penetrometriche statiche con punta meccanica.**

Al fine di una caratterizzazione geotecnica dei terreni nell'area d'intervento è stata esaminata n° 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica e penetrometro da **200 kN** spinta fino alla profondità di circa m. 15,00 dove i carichi risultano ripartiti. L'uso della **punta tipo Begemann** permette di investigare anche la litologia del sedimento tramite un manicotto laterale. Un'indicazione dei terreni indagati è fornita dal rapporto tra resistenza all'infissione statica della punta ( $R_p$ ) e la resistenza di attrito laterale locale ( $R_{al}$ ) che il materiale sviluppa sul manicotto utilizzato con la punta meccanica che rileva i dati registrandoli ogni **cm. 20**.

L'esame dei grafici evidenzia una certa differenziazione tra le due zone oggetto di edificazione:

### **ZONA PONTE 1 (prove CPT n° 3-4):**

Dopo un primo spessore di terreno sovraconsolidato-fratturato e/o di riporto pari a circa m. 1,50-2,00, si riscontrano terreni argilloso-limosi a bassa consistenza ( $R_{pm} = 4-6$  daN/cm<sup>2</sup>) fino a circa m. 13-14 di profondità cui segue un cambio litologico e di addensamento con litotipi maggiormente sabbioso-limosi con addensamento medio ( $R_{pm} = 15-25$  daN/cm<sup>2</sup>) fino alla massima profondità investigata pari a m. 20.

### **ZONA PONTE 2 (prove CPT n° 1-2):**

Dopo un primo spessore di terreno sovraconsolidato-fratturato e/o di riporto pari a circa m. 1,00-1,50, si riscontrano terreni argilloso-limosi a bassa consistenza ( $R_{pm} = 5-6$  daN/cm<sup>2</sup>) fino a circa m. 3,00-3,50 di profondità cui seguono limi-sabbioso-argillosi normalconsolidati ( $R_{pm} = 10-15$  daN/cm<sup>2</sup>) fino a m. 6,00-7,00 di profondità con al disotto argille-limose a bassa consistenza ( $R_{pm} = 5-7$  daN/cm<sup>2</sup>) fino a m. 15-16 di profondità dove si riscontra un cambio litologico e di addensamento con litotipi maggiormente sabbioso-limosi con addensamento medio ( $R_{pm} = 12-18$  daN/cm<sup>2</sup>) fino alla massima profondità investigata pari a m. 20.

La presenza di falda idrica è stata riscontrata alla profondità di **m. 2,50-2,80** dal piano campagna prove con escursione stagionale, da informazioni assunte, di m. 1,00-1,50.

Stratigrafia ricavata da prove "in situ" correlata con prove profonde eseguite dalla RER (prova SCPTU n° 222070U502 – prova SCPTU n° 222070U504 - pozzo per acqua n° 222070P617 – pozzo per acqua n° 222070P608 - pozzo per acqua n° 222070P607 - pozzo per acqua n° 222070P609):

### ZONA PONTE 1:

Spessore ml.	LITOLOGIA	Peso Yt daN/mc	Resistenza alla rottura Rpm daN/cm <sup>2</sup>	Coesione caratteristica ck daN/cm <sup>2</sup>	Angolo attrito caratteristico gradi	Modulo di Winkler daN/cm <sup>2</sup>
1,50-2,00	Terreno rimaneggiato	-	-	-	-	
13,0-14,0	Argilla limosa poco sabbiosa	1.660-1.680	4-6	0,20-0,30	10°-12°	1-2
4,00-5,00	Argilla limoso- sabbiosa	1.750-1.770	12-15	0,60-0,70	12°-16°	3-4
fino a m. 36	Sabbia-limosa	1.840-1.860	15-40	0,15-0,25	28°-32°	6-7
	Intercalata Argilla limosa	1.800-1.820	15-20	0,70-0,85	14°-18°	5-6

**ZONA PONTE 2:**

Spessore ml.	LITOLOGIA	Peso Yt daN/mc	Resistenza alla rottura Rpm daN/cm <sup>2</sup>	Coesione caratteristica ck daN/cm <sup>2</sup>	Angolo attrito caratteristico gradi	Modulo di Winkler daN/cm <sup>2</sup>
1,00-1,50	Terreno rimaneggiato	-	-	-	-	
1,50-2,00	Argilla limosa poco consistente	1.660-1.680	5-6	0,25-0,30	10°-12°	1-2
3,00-3,50	Limi sabbioso- argillosi	1740-1.780	10-15	0,35-0,40	22°-24°	3-4
7,00-8,00	Argilla limoso- sabbiosa	1.68-1.700	5-7	0,25-0,35	11°-14°	2-3
fino a m. 37	Sabbia-limosa	1.840-1.860	15-40	0,15-0,25	28°-32°	6-7
	Intercalata Argilla limosa	1.800-1.820	15-20	0,70-0,85	14°-18°	5-6

Sulla base delle risultanze riscontrate sull'area interessata, si deduce la parte più superficiale risulta rimaneggiata e/o di riporto fino a circa m. 1,50-2,00 di profondità; seguono terreni essenzialmente **limoso-argilloso-sabbiosi dotati di sufficiente consistenza** con intercalazioni di sabbie-limose addensate e argille limose. Si può quindi procedere all'edificazione dell'area potendo adottare fondazioni a **platea** evitando lo spessore di terreno intensamente rimaneggiato.

La valutazione orientativa del carico limite rispetto alla rottura localizzata del terreno viene eseguita adottando la Formula del Terzaghi per una fondazione a platea, inserendo nel calcolo i parametri geotecnici caratteristici precedentemente elencati, confrontando il valore ottenuto con il carico massimo ricavato direttamente dalle prove penetrometriche da cui deriva:



- Carico limite ponte 1: **daN/cm<sup>2</sup> 1,97**
- Carico limite ponte 2: **daN/cm<sup>2</sup> 2,28**

cedimenti calcolati con i carichi massimi di esercizio ipotizzati pari a **Kmax. = 0,50 daN/cm<sup>2</sup>** risultano contenuti ed uniformi:

PONTE 1	Boussinesq	
<b>Fondazione a platea (prova n° 3)</b>	<b>cm. 6,533</b>	
PONTE 2	Boussinesq	
<b>Fondazione a platea (prova n° 1)</b>	<b>cm. 5,813</b>	

Interferendo il piano di posa delle fondazioni con la falda idrica, considerando le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, per la stabilità dello scavo stesso e al fine di tutelare il fabbricato in progetto dall'umidità, **occorre prevedere opportune opere di sostegno, impermeabilizzazione e di abbassamento livello idrico** (esempio: palancole, diaframmi, drenaggio, well-point, aggotamento con pompe, ecc.). Se si verificassero localmente delle situazioni **litologiche e/o di addensamento discordanti** da quelle descritte nella presente relazione, occorrerà avvertire lo scrivente che, dopo la valutazione del caso, deciderà gli opportuni interventi.

## **i. MODELLAZIONE NUMERICA DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE**

La modellazione numerica dei dati ottenuti dalle diverse prove dirette ed indirette, è stata realizzata tramite l'ausilio del software STRATA (2008), sviluppato da Albert Kottke.

Nel corso dei passati terremoti, si è osservato che il comportamento dei terreni dipende dalle condizioni locali. Le amplificazioni dovute agli effetti locali, sono simulate usando numerosi programmi che assumono condizioni di suolo semplificate, come strati di terreno orizzontali ed estesi infinitamente. Uno dei programmi sviluppati per questo scopo è stato STRATA che calcola la risposta dinamica monodimensionale (1D) di una colonna di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà variabili in funzione del livello deformativo. Il programma permette di eseguire analisi lineari elastiche (EL), dove le

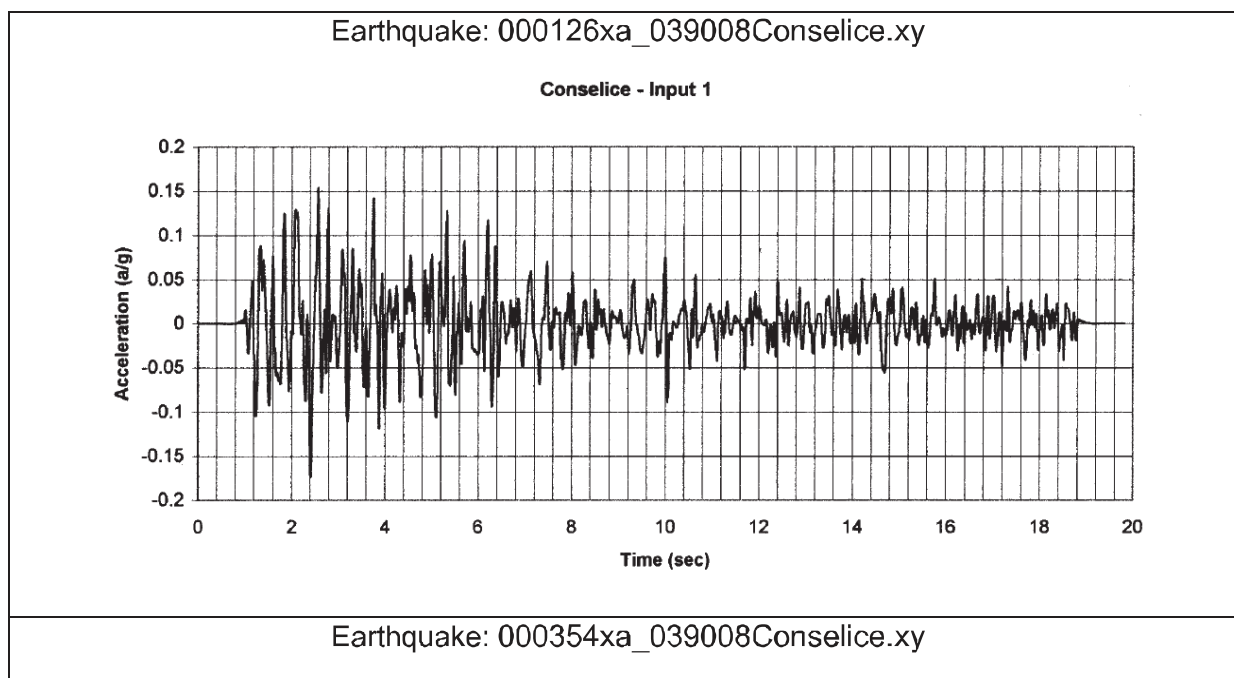
proprietà elastiche lo smorzamento sono mantenuti costanti, o analisi equivalenti lineari (EQL) dove le proprietà elastiche e lo smorzamento vengono fatti variare in funzione del livello deformativo. Il progenitore dei programmi 1D che utilizzano il metodo EQL è il programma SHAKE di Schnabel et al. (1972).

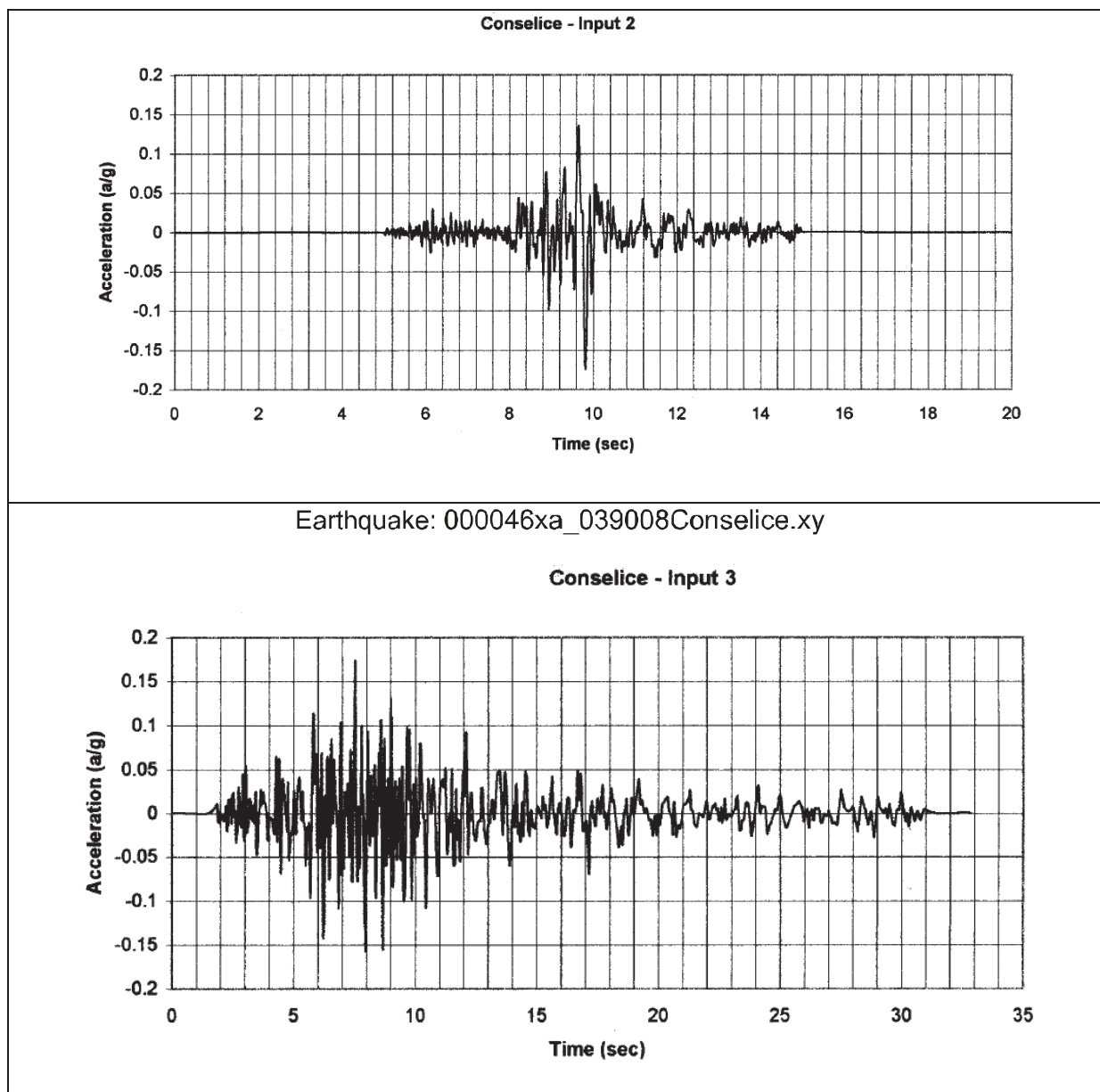
La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di STRATA si compone di due fasi: elaborazione del modello, simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto. La prima fase consiste nell'inserire i dati (accelerazione, intervalli di tempo), relativi ai segnali di riferimento.

Allo scopo si è fatto riferimento ai tre accelerogrammi selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale e forniti per le analisi regionali di RSL, le cui tracce sismiche sono rappresentative degli specifici territori comunale della Regione Emilia-Romagna. Si tratta di sismi che possono verificarsi nel territorio del comune oggetto di studio.

Questi tre segnali sono già "scalati" rispetto al comune a cui si riferiscono, e sono rappresentati da tre differenti accelerogrammi di progetto, riportati nella delibera regionale:

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



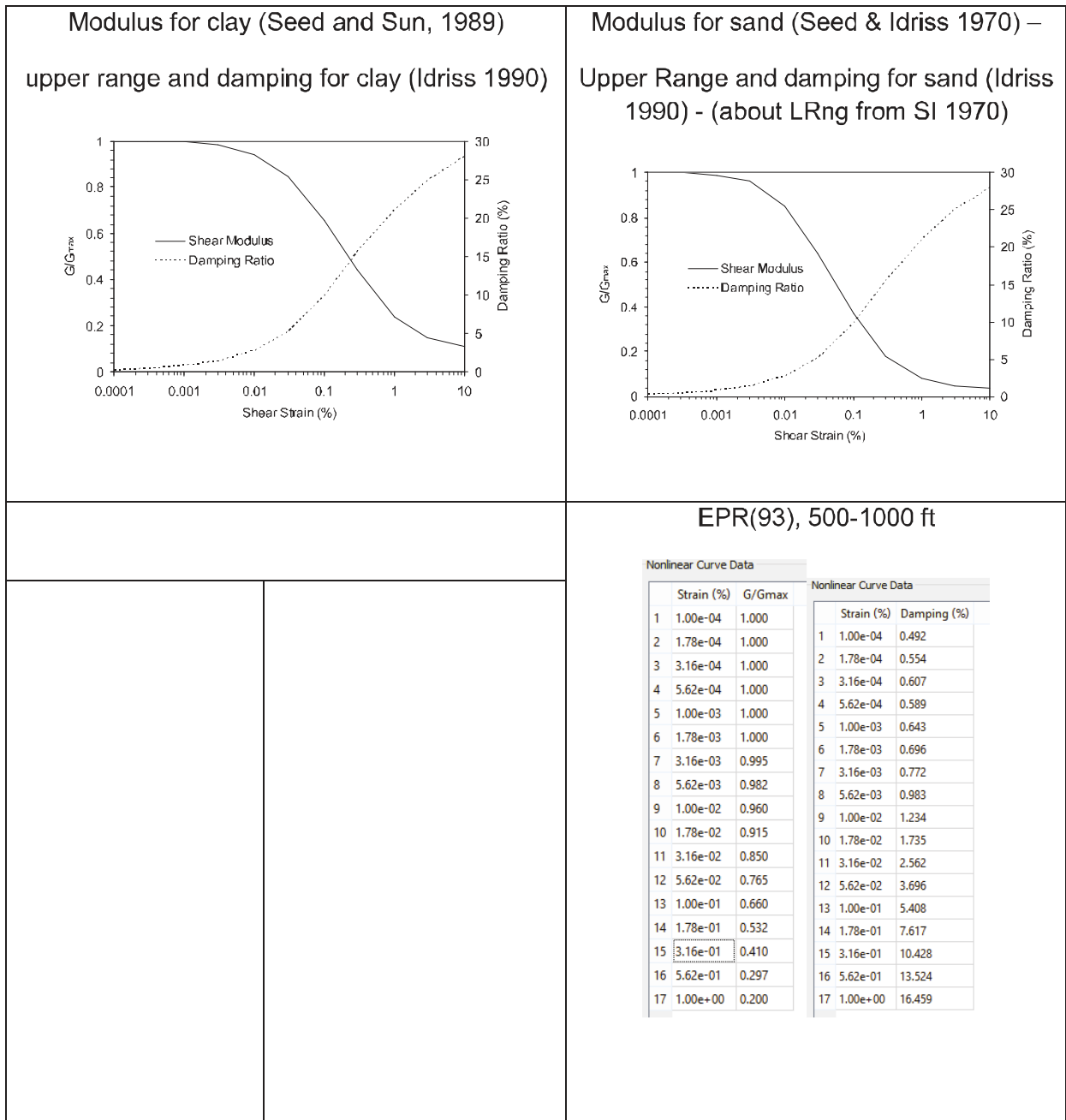


Dopo aver determinato gli input sismici, si è proceduto alla costruzione della colonna di sottosuolo di riferimento rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S ( $V_s$ ). La stratigrafia che caratterizza il profilo stratigrafico è stata derivata dalle indagini geognostiche e geofisiche realizzate nel sito di interesse e ricavate dai dati del sottosuolo della zona in esame riportati in letteratura. ***In particolare la modellazione si è basata sulle curve H/V ottenute dal tromino e dalle velocità delle onde di taglio nei primi metri riscontrate.***

Per il comportamento elastico e di smorzamento dei vari strati di terreno o roccia del profilo stratigrafico ci si è riferiti principalmente ai litotipi (granulari, coesivi e rocciosi) proposti da Idriss (1990) e da altri autori.

Nel caso specifico, in considerazione delle caratteristiche litologiche delle formazioni della zona di interesse, i litotipi utilizzati sono stati quelli sotto riportati.



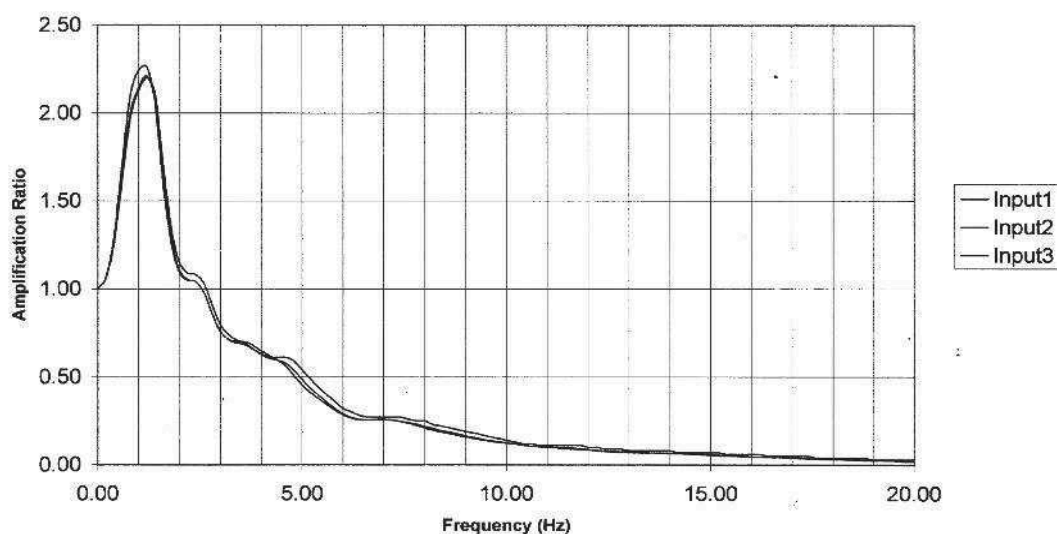


Utilizzando il programma STRATA si riportano i dati ricavati dalla modellazione numerica monodimensionale.

**Accelerazione massima al suolo ricavati dalla RSL**

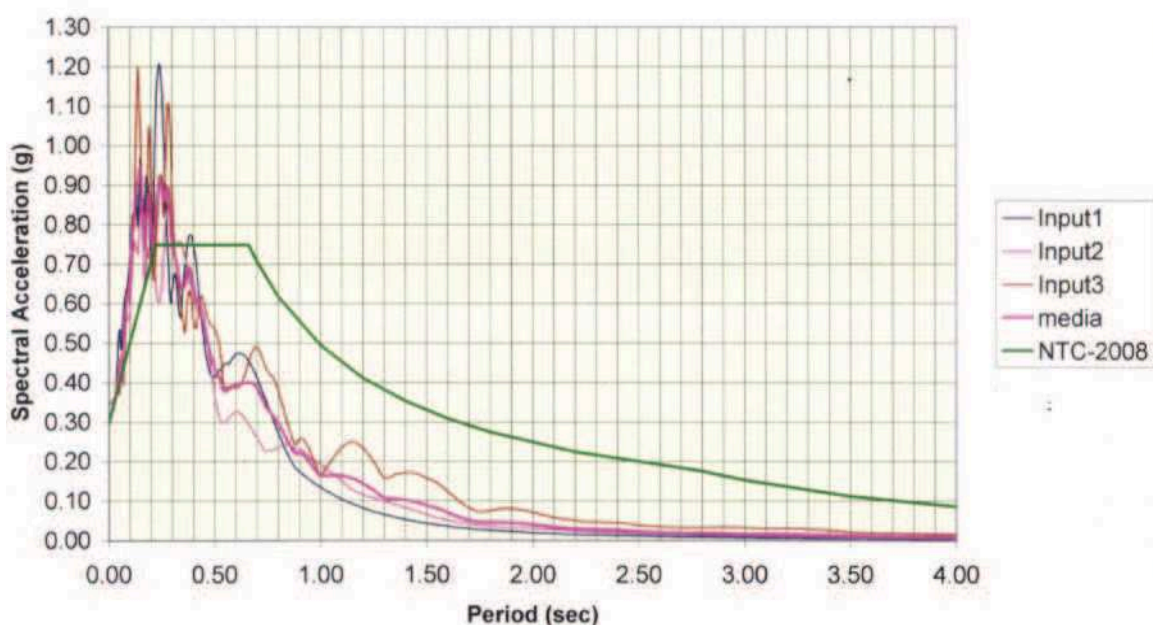
Input	Periodo T (s)	a/g
000046	0	0.229
000126	0	0.268
000354	0	0.213

Funzione di Trasferimento



Spettri risposta elastici ricavati dall'analisi RSL e confronto con NTC2008 e DAL 112/2007

Spettri di Risposta Elastici



Dal confronto dello **Spettro di risposta elastico medio** ottenuto con STRATA con quello dedotto secondo le NTC-2008 per manufatto di Classe II e per Stato Limite di Salvaguardia della Vita per suolo di categoria "D" si nota che l'analisi con STRATA fornisce valori massimi di accelerazione più elevati, ma in un intervallo di frequenze più ridotto e spostato verso le alte frequenze (basso periodo). Nell'intervallo 0.1-0.3 sec (3.3-10 Hz) i valori dedotti con STRATA sono superiori a quelli ottenuti col metodo semplificato, mentre per periodi superiori a 0.3 sec (frequenza inferiore a 3.3 Hz) i valori dedotti con STRATA sono nettamente inferiori a quelli dedotti con la procedura semplificata delle NTC-2008.

## I. VALUTAZIONE SPESSORE STRATO SOTTOFONDO STRADA

La conoscenza delle caratteristiche dei terreni è da considerarsi indispensabile per la stabilità delle aree interessate dalla strada Gardizza. Tenendo in debito conto l'ipotesi di progetto, si è sottoposto ad analisi un campione sufficiente a caratterizzare il litotipo prevalente (vedi analisi di laboratorio allegate). Per determinare lo spessore dello STRATO DI FONDAZIONE, ci si è serviti del sottoriportato metodo.

### Indice di Gruppo (I<sub>g</sub>)

E' un metodo empirico indiretto basato sulla classificazione delle terre eseguita a mezzo di analisi granulometrica e limiti di consistenza. Il calcolo è stato eseguito utilizzando i dati del campione superficiale a litologia prevalente. I risultati sono i seguenti :

$$I_g = 0,2 * a + 0,005 * a * c + 0,01 * d * b = 20.0$$

Dove : **a** = passante al setaccio #200 meno 35 (min 0;max 40)

**b** = passante al setaccio #200 meno 15 (min 0;max 40)

**c** = Limite di liquidità meno 40 (min 0;max 20)

**d** = Indice di plasticità meno 10 (min 0;max 20)

Secondo Steele lo spessore dello strato di fondazione è soltanto una funzione del traffico che la strada dovrà sopportare ed indica gli spessori minimi da adottare a seconda della classificazione :

- Traffico leggero	< 50	automezzi + autobus al giorno
- Traffico medio	50 - 300	automezzi + autobus al giorno
- Traffico pesante	> 300	automezzi + autobus al giorno

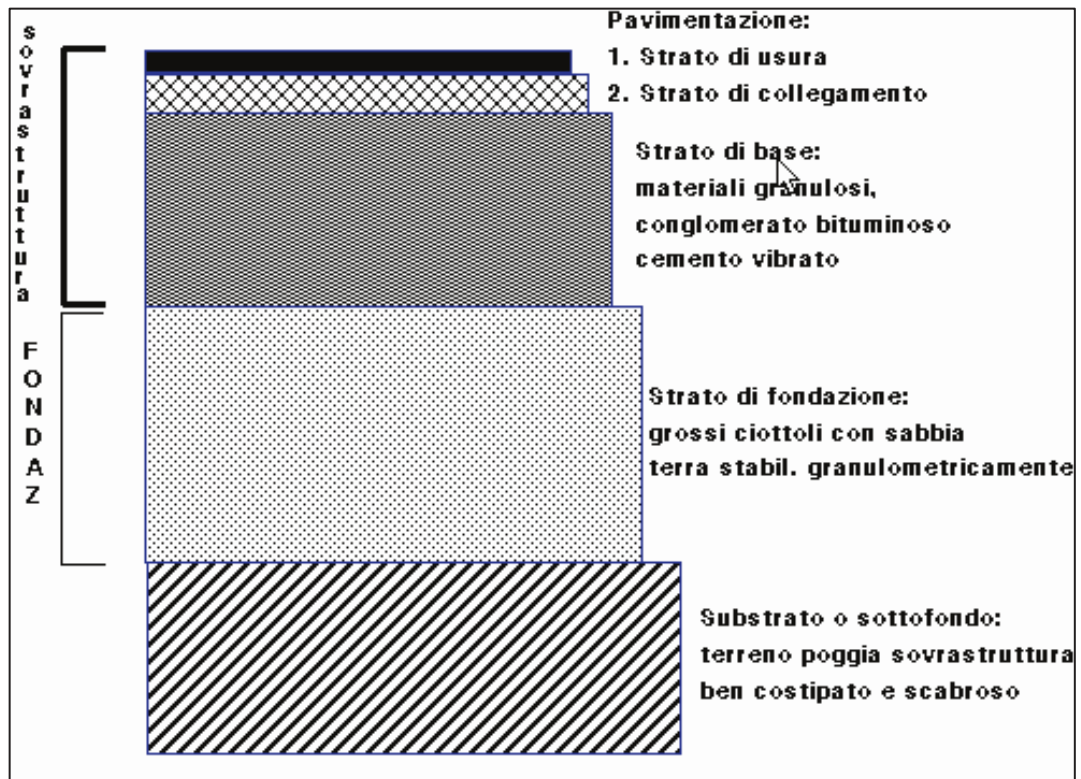
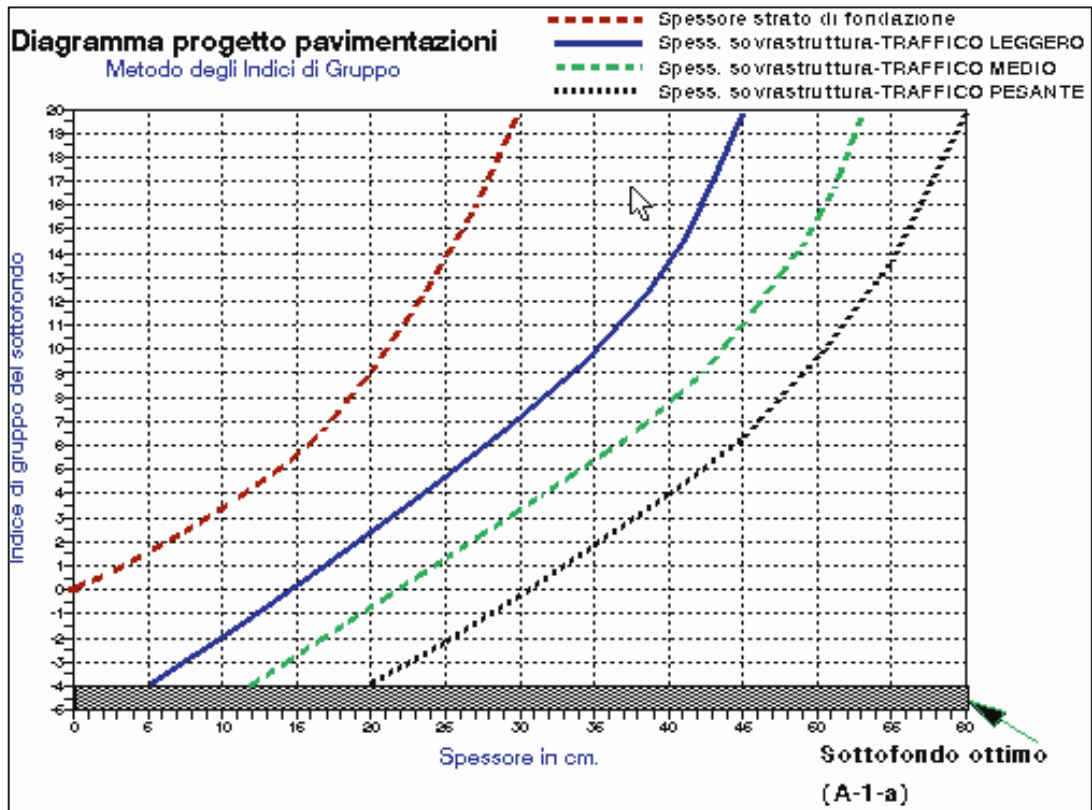
In questo caso considerando le dimensioni e l'uniformità dell'area, verrà calcolato lo spessore della pavimentazione su di un valore di traffico pesante. In base alle caratteristiche geotecniche dei terreni, si evidenzia la necessità di uno strato di fondazione che, secondo la formula proposta dallo stesso Steele, è di spessore:

$$S = 11/4 * I_g - 1/16 * I_g^2 = \text{cm. } 30.00$$

Confrontiamo il risultato con quello ottenuto utilizzando il grafico riportato qui di seguito per traffico pesante:

1. Spessore strato di fondazione                      cm. 30.0





### m. CONCLUSIONI

Al fine di evitare cedimenti differenziali elevati occorre innestare le fondazioni entro litotipi alluvionali con caratteristiche geomeccaniche omogenee posti al disotto del terreno rimaneggiato e/ di riporto superficiale, e comunque dotati di un sufficiente grado di consistenza.

1. Si possono innestare le fondazioni nei litotipi argilloso-sabbioso-limosi alluvionali omogenei dal punto di vista geomeccanico utilizzando una fondazione **a platea** con piano di posa posto a m. 3,00 circa dal piano campagna prove. Nonostante l'omogeneità laterale dello stato litologico e di addensamento dei terreni andranno comunque valutati i cedimenti differenziali rispetto alle strutture previste.
2. Innestando le fondazioni entro i litotipi argilloso-sabbioso-limosi omogenei si può indicativamente adottare un **carico limite rispetto alla rottura localizzata del terreno** compreso tra **daN/cm<sup>2</sup> 2,00-2,30**.
3. Come verificato nel corso delle prove utilizzate per l'area interessata, **la falda freatica** è correlata allo spessore limoso-sabbioso riscontrato nei primi metri di profondità e presenta un **livello statico di m. 2,50-2,80** dal piano campagna attuale. Questa falda idrica presenta una escursione stagionale di m. 1,00-1,50 correlata con le precipitazioni meteoriche stagionali, deve essere tenuta in considerazione nello scavo di fondazione prevedendo **opportune opere di sostegno allo scavo, impermeabilizzazione e abbassamento del livello idrico.**
4. La natura litologica e granulometrica argilloso-limoso-sabbiosa dei litotipi interessati dal bulbo di carico, l'omogeneità e il grado di addensamento dei terreni alluvionali posti nei primi 20 metri profondità che presentano al loro interno la falda freatica, **esclude la possibilità di liquefazione** in caso di evento sismico come dimostrato nella verifica allegata.
5. La **caratterizzazione sismica dei terreni alla luce del D.M. 17.01.2018** presenta una categoria del suolo di fondazione:

**D.** *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m. caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.*

6. Per la valutazione delle condizioni topografiche in questo caso siamo in una situazione semplice essendo la superficie suborizzontale per cui il sito in esame può rientrare nella categoria: **T1. Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$**  da cui deriva un coefficiente di amplificazione topografico pari a **st =1,00**

CastelBolognese 23.10.2018

Dott.Geol. Andreatta Giancarlo



## CONSELICE – PROVINCIA RA, VIA GARDIZZA INFRASTRUTTURE HVSR N° 1

Strumento: TRZ-0033/01-09

Inizio registrazione: 14/09/18 10:51:13 Fine registrazione: 14/09/18 11:11:13

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 97% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

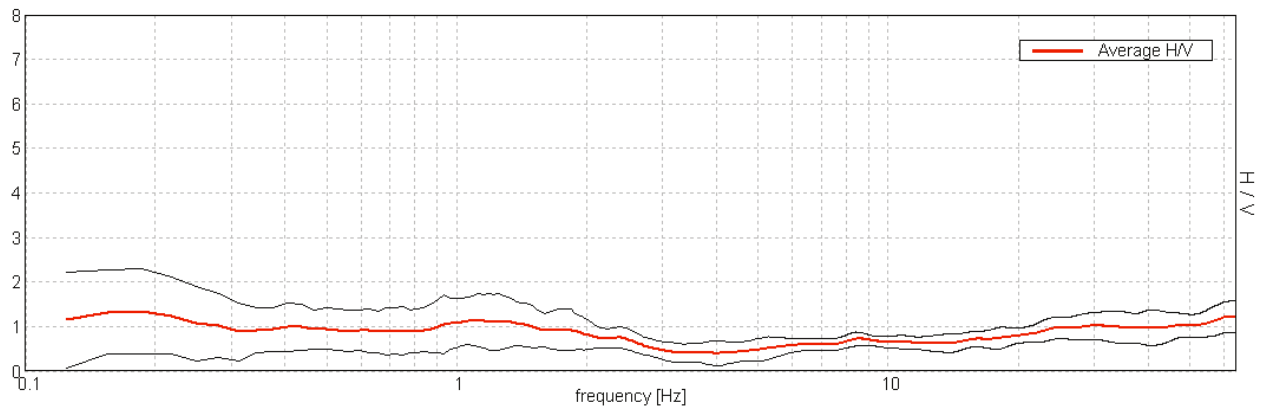
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

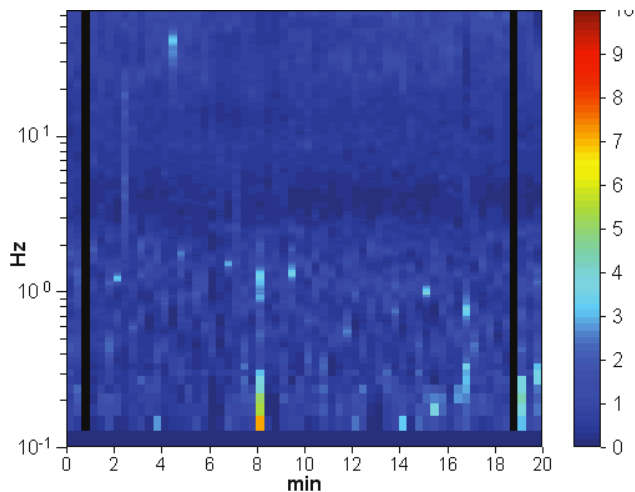
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $0.19 \pm 7.82$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

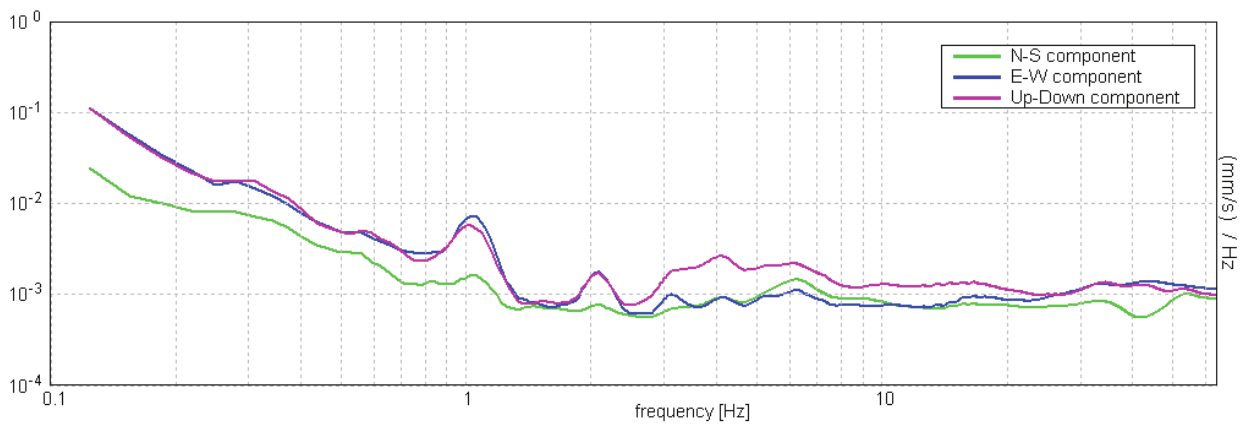


### SERIE TEMPORALE H/V



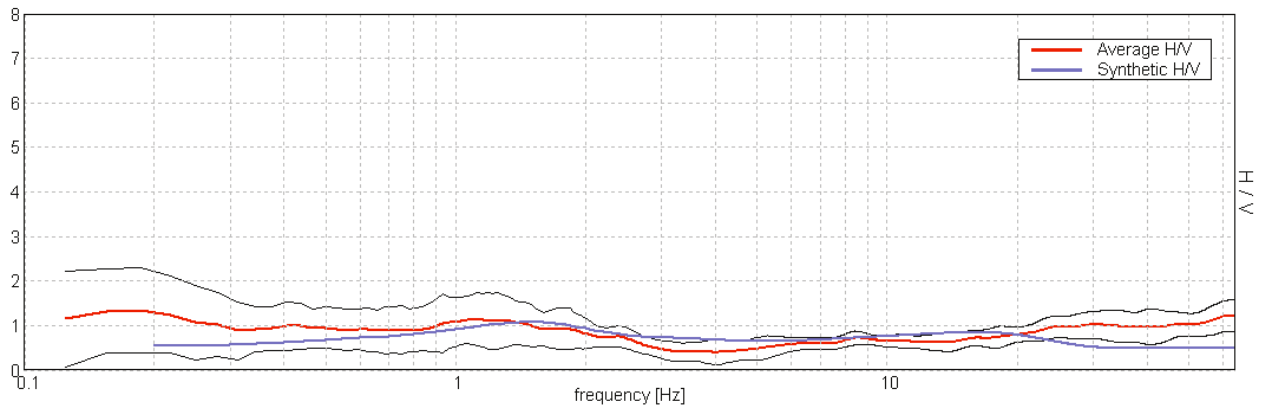


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



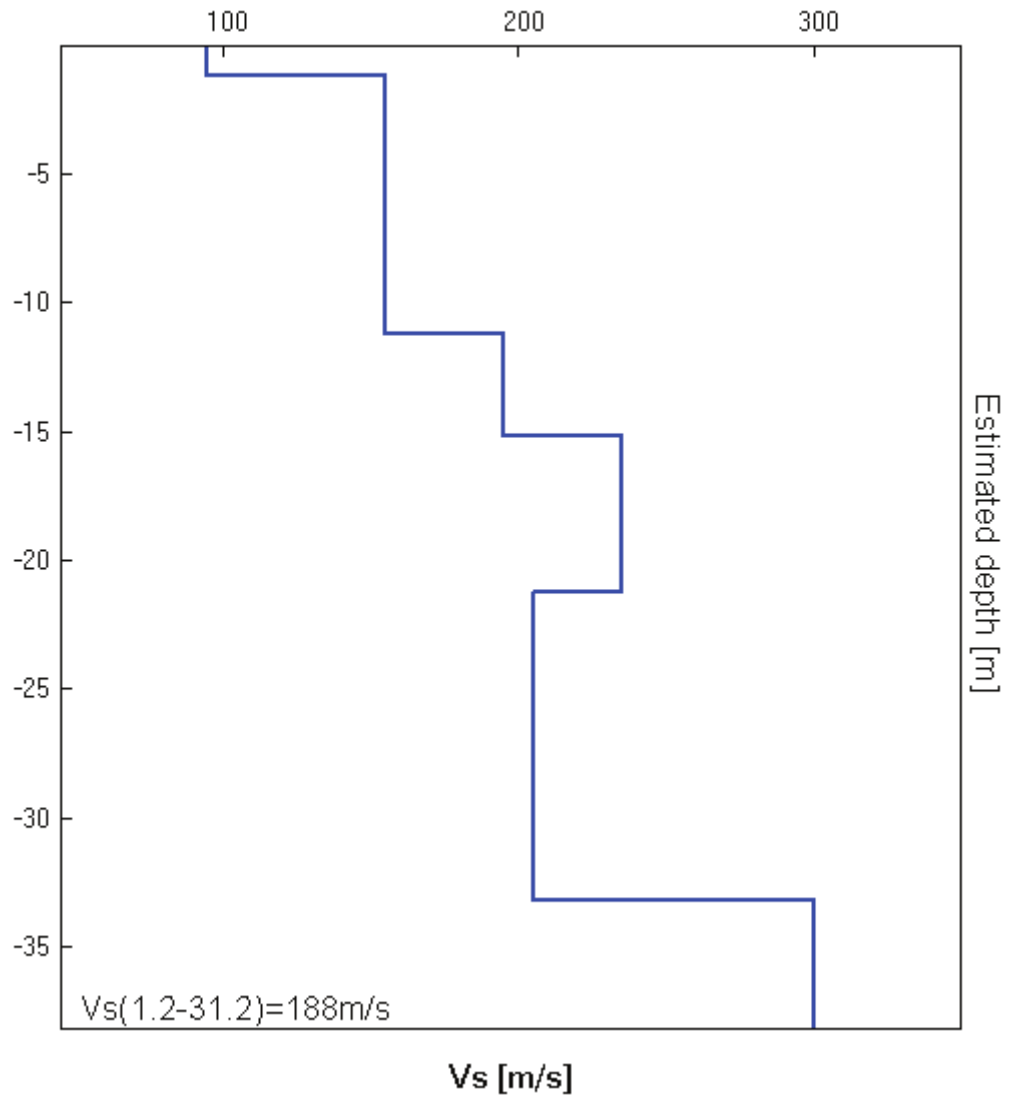
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $0.19 \pm 7.82$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.20	1.20	95	0.25
11.20	10.00	155	0.28
15.20	4.00	195	0.28
21.20	6.00	235	0.30
33.20	12.00	205	0.30
inf.	inf.	300	0.35

Vs(1.2-31.2)=188m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $0.19 \pm 7.82$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.19 > 0.50$		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	$217.5 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 10	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	<b>OK</b>	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$1.35 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 20.6381  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.86964 < 0.04688$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4715 < 3.0$	<b>OK</b>	

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

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

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

## CONSELICE – PROVINCIA RA, VIA GARDIZZA INFRASTRUTTURE HVSR N° 2

Strumento: TRZ-0033/01-09

Inizio registrazione: 14/09/18 08:58:00 Fine registrazione: 14/09/18 09:18:00

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

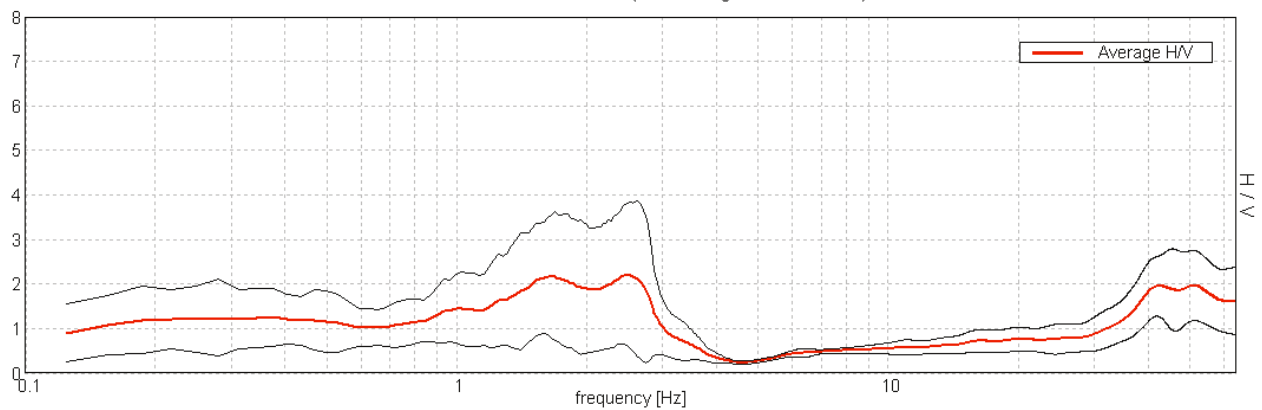
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

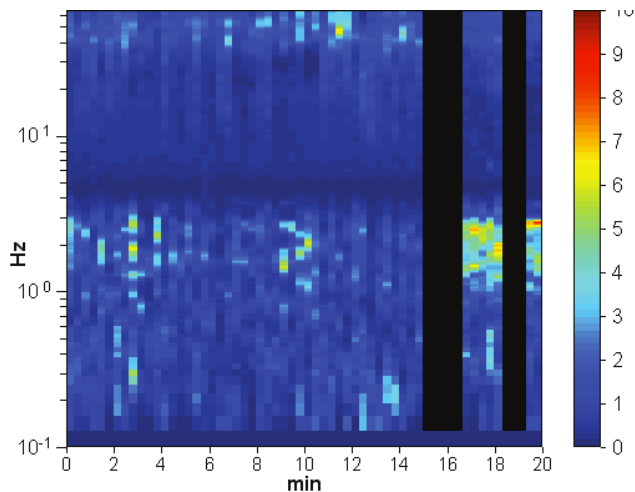
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $2.47 \pm 7.98$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

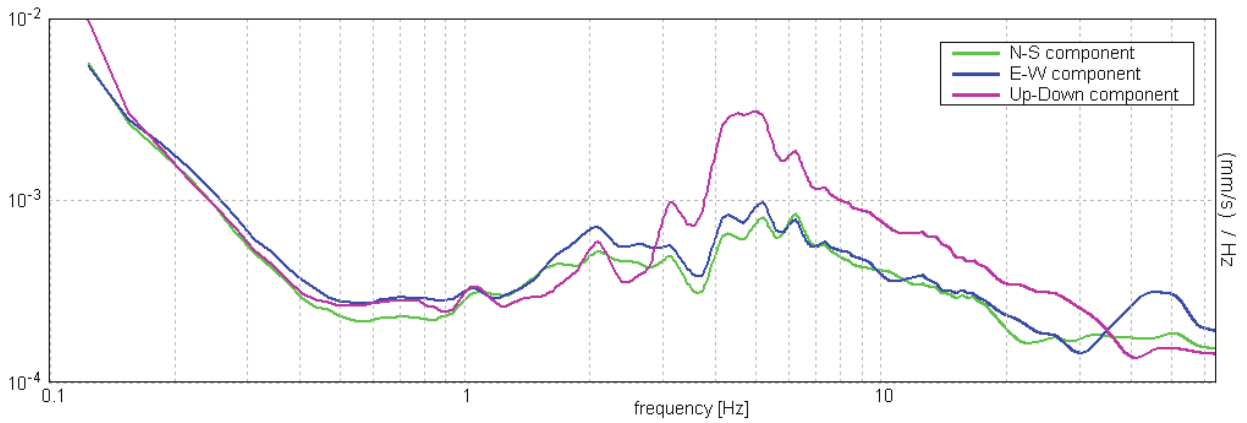


### SERIE TEMPORALE H/V



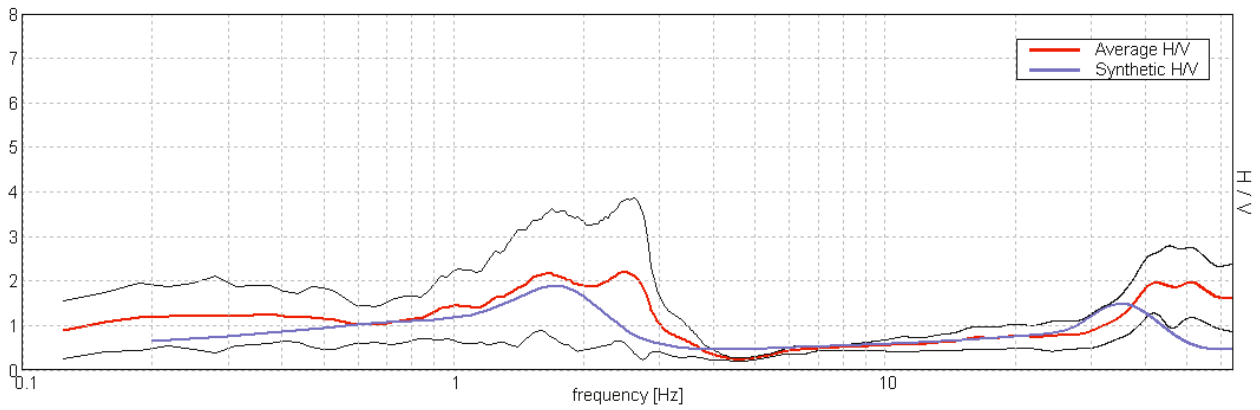


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



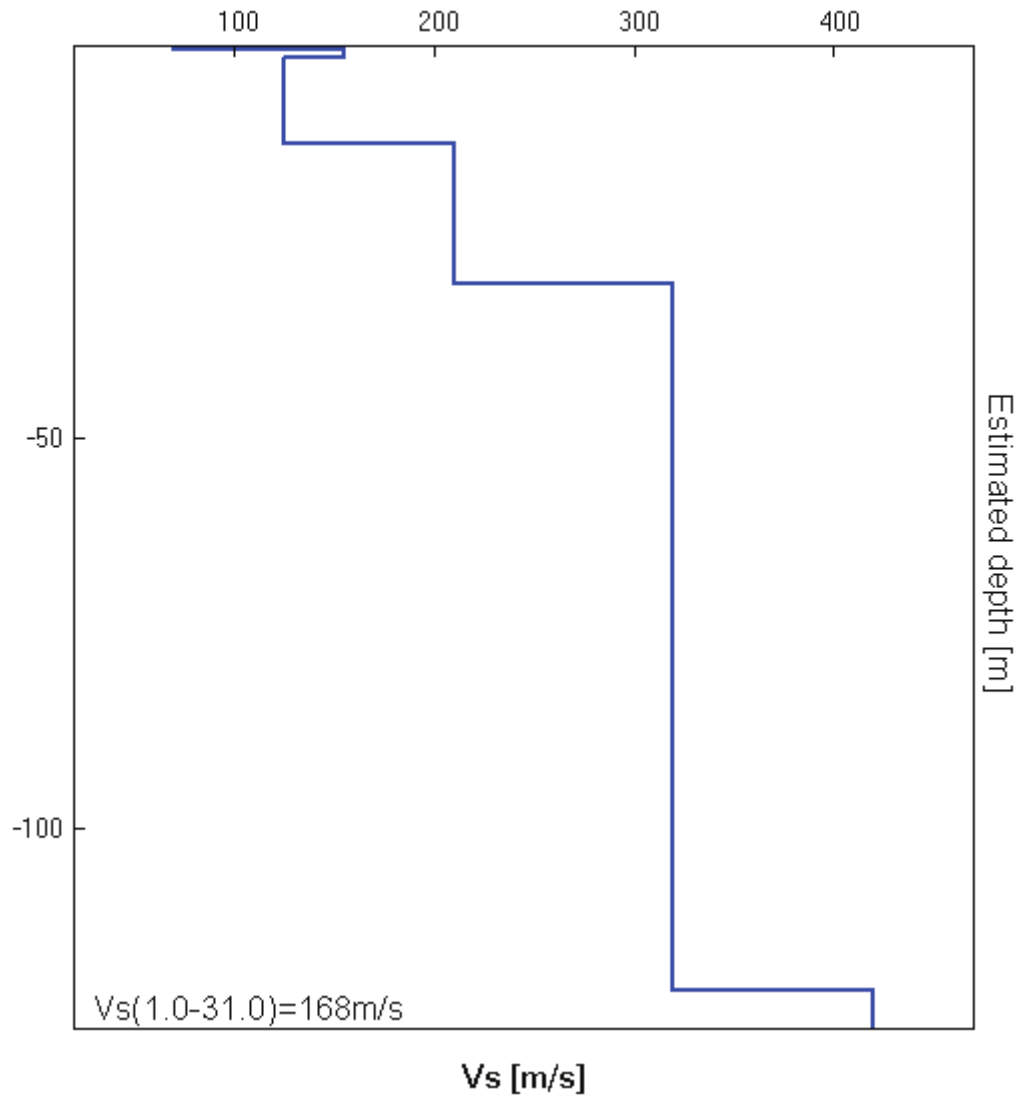
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $2.47 \pm 7.98$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	70	0.25
1.50	1.00	155	0.30
12.50	11.00	125	0.30
30.50	18.00	210	0.30
120.50	90.00	320	0.30
inf.	inf.	420	0.35

Vs(1.0-31.0)=168m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $2.47 \pm 7.98$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2567.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 120	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.719 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.20 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.59464  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.93677 < 0.12344$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7784 < 1.58$	OK	

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

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

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

# LABORATORIO GEOTECNICO : analisi granulometrica

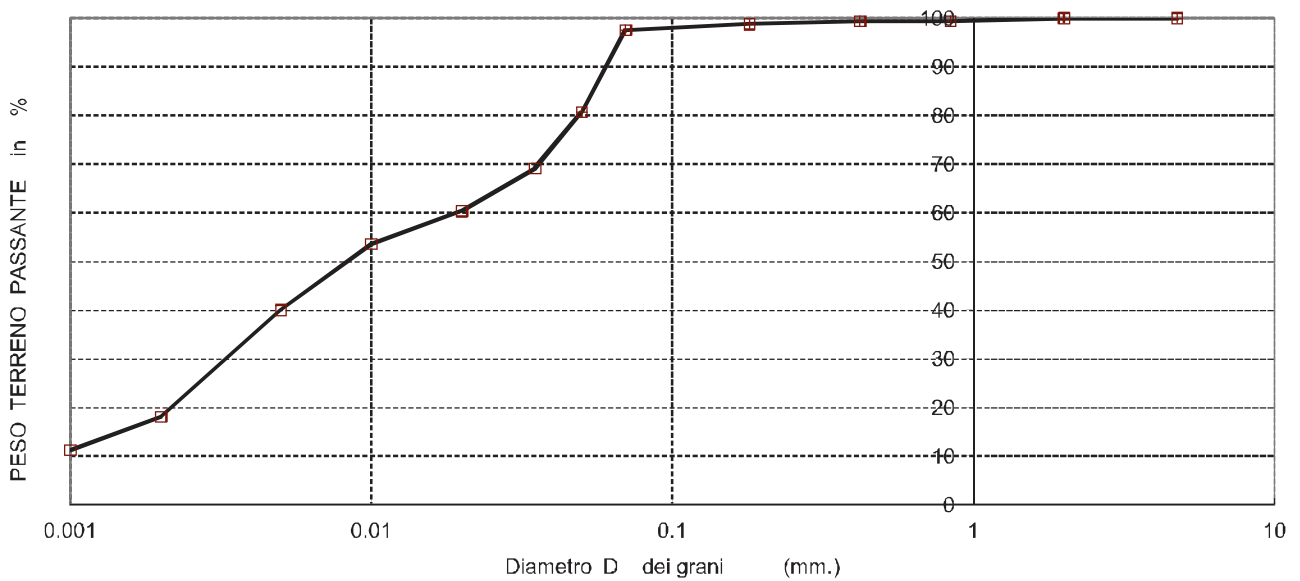
Committente : **PROVINCIA RA**                      Campione: **argilla limosa brunastra**  
 Località : **LUGO-CONSELICE via Gardizza**      Profondità prelievo : **2.00**                      ml.  
 Data : **20.09.2018**                                      Cont. acqua nat. Wn: **32.00**                      %  
 Sondaggio N° : **1**    Peso camp. secco :                                      g

N° setaccio	Apertura Diam. (mm.)	Peso del setaccio (g)	Setaccio + terreno (g)	Peso terr. trattenuto (g)	Terreno trattenuto (%)	% progressiva trattenuta	% terreno più fine
4	4.760	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
20	0.840	80.00	81.09	1.09	0.63	0.63	99.37
40	0.420	80.00	80.00	0.00	0.00	0.63	99.37
80	0.180	80.00	81.02	1.02	0.59	1.21	98.79
200	0.070	80.00	82.05	2.05	1.18	2.39	97.61
Fondo		80.00	250.00	170.00	97.61	100.00	0.00
				174.16			

Analisi granulometrica per sedimentazione (aerometria) del passante # 200 : % = 97.61

Diametro in mm.	0.0500	0.0350	0.0200	0.0100	0.0050	0.0020	0.0010
Passante %	80.68	69.15	60.37	53.61	40.09	18.15	11.29

## DIAGRAMMA GRANULOMETRICO (NORMA UNI-CNR).



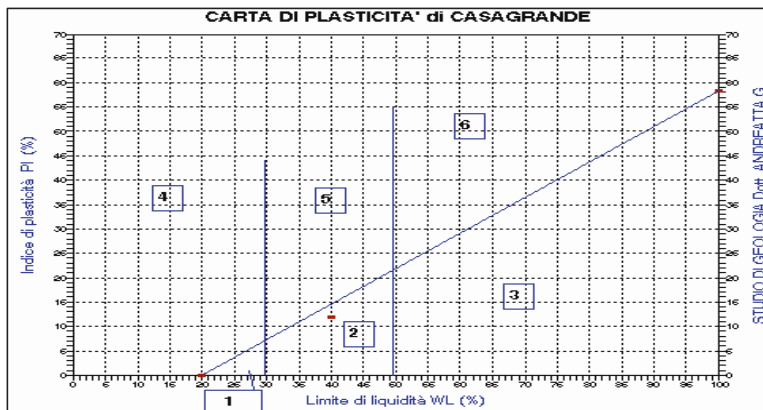
con : **D60** = diametro corrispondente al 60% di passante = mm. **0.0250**  
**D30** = diametro corrispondente al 30% di passante = mm. **0.0040**  
**D10** = diametro corrispondente al 10% di passante = mm. **0.0008**  
 si ottiene : 1. **COEFFICIENTE DI UNIFORMITA'**  $C_u = D_{60}/D_{10} =$  **31.25**  
 2. **COEFFICIENTE DI CURVATURA**  $C_c = D_{30}^2 / (D_{10} * D_{60}) =$  **0.80**  
 SIAMO QUINDI IN PRESENZA DI UN **MATERIALE LIMOSO-ARGILLOSO** (passante al #200 > 35%)  
**NON UNIFORME CON PRESENZA DI MATERIALE FINE (MAL CLASSATO).**



## LIMITI DI ATTERBERG

Percentuale di terreno passante al maglio #200: 97.61  
 Analizzando le caratteristiche della frazione passante al #40 (0,42 mm.) si è ottenuto

Limite liquido (WL %) =	64	Limite plastico (WP %) =	29.00
1. Indice plastico (PI %) =	35.00	( terreno plastico )	
2. Indice di attività A =	1.93	( terreno coesivo attivo )	
3. Indice di liquidità (LI %) =	0.09		
4. Indice consistenza (IC) =	0.91	( terreno solido-plastico )	



**CLASSIFICAZIONE TERRENO :**

**7 ARGILLE INORGANICHE DI ALTA PLASTICITA**

Indice di gruppo IG = 20

**CLASSIFICA FUNZIONALE AASHO o UN**

-	-	-	-	-	-	<b>A-7</b>	-
---	---	---	---	---	---	------------	---

Terreno avente scadente qualità portante, con elevata azione del gelo sulle caratteristiche di portanza del sottofondo, ritiro o rigonfiamento elevato e con permeabilità scarsa.

**- CAPACITA' PORTANTE PER FONDAZIONI SUPERFICIALI PLINTO/PLATEA - Ponte 1.**

<b>Dati di progetto :</b>	<b>terreno considerato</b>	<b>prevalentemente</b>	<b>coerente</b>
1) Profondità piano di posa	$D_f = \text{cm.}$	<b>300</b>	
2) Larghezza fondazione	$B = \text{cm.}$	<b>800</b>	
3) Lunghezza fondazione	$L = \text{cm.}$	<b>1000</b>	
4) Coesione efficace	$c = \text{daN/cm}^2$	<b>0.25</b>	
5) Angolo attrito efficace	$P^\circ = \text{gradi}$	<b>0</b>	
6) Peso di volume terreno sopra falda	$Y = \text{daN/cm}^3$	<b>0.00168</b>	
7) Peso di volume terreno immerso	$Y' = \text{daN/cm}^3$	<b>0.00068</b>	
8) Profondità falda idrica dal p.c.	$D_w = \text{cm.}$	<b>280</b>	

**A) Calcolo della pressione di rottura (TERZAGHI-MAJERHOF) : terreni densi o compatti**

$$q_r = (1 + 0.2 \cdot B/L) \cdot c \cdot N_c + Y \cdot D_f \cdot N_q + (1 - 0.2 \cdot B/L) \cdot Y \cdot B \cdot N_y = 1.97 \text{ daN/cm}^2$$

dove :  $N_c, N_q$  e  $N_y$  = fattori di capacità portante funzioni dell'angolo di attrito.

La profondità della zona di taglio al disotto della fondazione nella quale si risente l'eventuale presenza della falda idrica è data da :

$$H_w = 0,5 \cdot B \cdot \tan(45 + P^\circ/2) = 400.00 \text{ cm.} \quad D_f + H_w = 700.00 \text{ cm.}$$

Quindi si ha :  $D_f + H_w > D_w$  **Considerando l'effetto falda:**

$$q_{limw} = (1 + 0.2 \cdot B/L) \cdot c \cdot N_c + Y_e \cdot D_f \cdot N_q + (1 - 0.2 \cdot B/L) \cdot 0.5 \cdot Y_e \cdot B \cdot N_y = 1.97 \text{ daN/cm}^2$$

**B) Verifica alle prime plasticizzazioni del terreno (carico critico) :**

I primi fenomeni di plasticizzazione si manifestano in prossimità dei bordi della fondazione con rigonfiamento e rifluimento laterale del terreno.

Il carico critico  $P_{oc}$  rappresenta il carico massimo sopportabile oltre cui si producono deformazioni plastiche del suolo sotto il piano di fondazione ed è dato dalla formula di Frölich :

$$P_{oc} = N_{qcrit} \cdot (Y_e \cdot D_f + c \cdot \cotg P^\circ) = 4.706 \text{ daN/cm}^2$$

Il coefficiente  $N_{qcrit}$  dipende dall'angolo di attrito interno  $P^\circ = 19$

In questo caso il valore di  $P^\circ$  si deduce, seppur in modo approssimato, dalla natura del materiale argilloso assumendo  $P^\circ = 8^\circ - 10^\circ$  per argille grasse,  $P^\circ = 11^\circ - 15^\circ$  per argille normali e  $P^\circ = 16 - 20$  per argille limose e/o sabbiose.

Il grado di sicurezza in condizioni di esercizio è definito dal rapporto tra il carico critico  $P_{oc}$  ed il carico limite deve essere maggiore di 1. Quindi risulta che :

$$F_s = P_{oc} / q_{lim} = 2.38 \quad q_{lim} = 1.97 \text{ daN/cm}^2$$

**C) Calcolo dei cedimenti.**

Per una valutazione orientativa dei cedimenti, si è impostato il calcolo considerando la teoria del Boussinesq in relazione ad una fondazione quadrata che sovraccarica il terreno al piano di appoggio :

$$K_{esercizio} = \text{ipotizzato o fornito dal progettista} = 0.50 \text{ daN/cm}^2$$

Per il calcolo analitico dei cedimenti si è utilizzata la ben nota relazione :  $H' = D_H \cdot P' \cdot m_v$

Dove :

- $H'$  = Cedimento dello strato
- $D_H$  = Spessore dello strato
- $P'$  = Incremento di carico in corrispondenza dello strato considerato
- $m_v$  = coefficiente di compressibilità volumetrica (ricavato dalle correlazioni con natura del terreno e resistenza alla punta del penetrometro)

Si è pertanto suddiviso il substrato in livelli omogenei dal punto di vista della resistenza meccanica,

sulla base delle risultanze delle penetrometrie eseguite.

Il calcolo, a tutto vantaggio della sicurezza, è stato eseguito utilizzando i dati della  
che ha evidenziato i più bassi valori di portanza, con inizio dei conteggi da : - m.  
dalla quota della prova dal p. c.

**prova**  
3.00

<b>Prova n° 3</b>						
<b>Prof. dal p.c.</b> cm	<b>Spessore strato</b> cm	<b>Profondità Z mezz. strato</b> cm	<b>Rpm</b> daN/cm <sup>2</sup>	mv	P' daN/cm <sup>2</sup>	H' cm
600	300	150	5	0.0198	0.482	2.862
1450	850	725	7	0.0184	0.194	3.041
1550	100	1200	10	0.0172	0.094	0.161
2000	450	1475	18	0.0156	0.067	0.469
<b>Totale cedimenti calcolati</b>					<b>H' = cm.</b>	<b>6.533</b>

**- CAPACITA' PORTANTE PER FONDAZIONI SUPERFICIALI PLINTO/PLATEA - Ponte 2.**

<b>Dati di progetto :</b>	<b>terreno considerato</b>	<b>prevalentemente</b>	<b>coerente</b>
1) Profondità piano di posa	Df = cm.	300	
2) Larghezza fondazione	B = cm.	800	
3) Lunghezza fondazione	L = cm.	1000	
4) Coesione efficace	c = daN/cm <sup>2</sup>	0.3	
5) Angolo attrito efficace	P° = gradi	0	
6) Peso di volume terreno sopra falda	Y = daN/cm <sup>3</sup>	0.00170	
7) Peso di volume terreno immerso	Y' = daN/cm <sup>3</sup>	0.00070	
8) Profondità falda idrica dal p.c.	Dw = cm.	280	

**A) Calcolo della pressione di rottura (TERZAGHI-MAJERHOF) : terreni densi o compatti**

$$q_r = (1 + 0.2 \cdot B/L) \cdot c \cdot N_c + Y \cdot D_f \cdot N_q + (1 - 0.2 \cdot B/L) \cdot Y \cdot B \cdot N_y = 2.28 \text{ daN/cm}^2$$

dove : N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub> e N<sub>y</sub> = fattori di capacità portante funzioni dell'angolo di attrito.

La profondità della zona di taglio al disotto della fondazione nella quale si risente l'eventuale presenza della falda idrica è data da :

$$H_w = 0,5 \cdot B \cdot \tan(45 + P^\circ/2) = 400.00 \text{ cm.} \quad D_f + H_w = 700.00 \text{ cm.}$$

Quindi si ha : D<sub>f</sub> + H<sub>w</sub> > D<sub>w</sub> **Considerando l'effetto falda:**

$$q_{limw} = (1 + 0.2 \cdot B/L) \cdot c \cdot N_c + Y_e \cdot D_f \cdot N_q + (1 - 0.2 \cdot B/L) \cdot 0.5 \cdot Y_e \cdot B \cdot N_y = 2.28 \text{ daN/cm}^2$$

**B) Verifica alle prime plasticizzazioni del terreno (carico critico) :**

I primi fenomeni di plasticizzazione si manifestano in prossimità dei bordi della fondazione con rigonfiamento e rifluimento laterale del terreno.

Il carico critico P<sub>oc</sub> rappresenta il carico massimo sopportabile oltre cui si producono deformazioni plastiche del suolo sotto il piano di fondazione ed è dato dalla formula di Frölich :

$$P_{oc} = N_{qcrit} \cdot (Y_e \cdot D_f + c \cdot \cotg P^\circ) = 4.953 \text{ daN/cm}^2$$

Il coefficiente N<sub>qcrit</sub> dipende dall'angolo di attrito interno P° = 18

In questo caso il valore di P° si deduce, seppur in modo approssimato, dalla natura del materiale argilloso assumendo P° = 8°-10° per argille grasse, P° = 11°-15° per argille normali e P° = 16-20° per argille limose e/o sabbiose.

Il grado di sicurezza in condizioni di esercizio è definito dal rapporto tra il carico critico P<sub>oc</sub> ed il carico limite deve essere maggiore di 1. Quindi risulta che :

$$F_s = P_{oc} / q_{lim} = 2.17 \quad q_{lim} = 2.28 \text{ daN/cm}^2$$

**C) Calcolo dei cedimenti.**

Per una valutazione orientativa dei cedimenti, si è impostato il calcolo considerando la teoria del Boussinesq in relazione ad una fondazione quadrata che sovraccarica il terreno al piano di appoggio :

$$K_{esercizio} = \text{ipotizzato o fornito dal progettista} = 0.50 \text{ daN/cm}^2$$

Per il calcolo analitico dei cedimenti si è utilizzata la ben nota relazione :  $H' = D_H \cdot P' \cdot m_v$

Dove :

- H' = Cedimento dello strato
- D<sub>H</sub> = Spessore dello strato
- P' = Incremento di carico in corrispondenza dello strato considerato
- m<sub>v</sub> = coefficiente di compressibilità volumetrica (ricavato dalle correlazioni con natura del terreno e resistenza alla punta del penetrometro)

Si è pertanto suddiviso il substrato in livelli omogenei dal punto di vista della resistenza meccanica,

sulla base delle risultanze delle penetrometrie eseguite.

Il calcolo, a tutto vantaggio della sicurezza, è stato eseguito utilizzando i dati della prova che ha evidenziato i più bassi valori di portanza, con inizio dei conteggi da : - m. dalla quota della prova dal p. c.

**prova**  
3.00

<b>Prova n° 1</b>						
<b>Prof. dal p.c.</b> cm	<b>Spessore strato</b> cm	<b>Profondità Z mezz. strato</b> cm	<b>Rpm</b> daN/cm <sup>2</sup>	mv	P' daN/cm <sup>2</sup>	H' cm
600	300	150	9	0.0166	0.482	2.399
1600	1000	800	7	0.0181	0.171	3.096
1900	300	1450	12	0.0154	0.069	0.318
<b>Totale cedimenti calcolati</b>					<b>H' = cm.</b>	<b>5.813</b>



**- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Tokimatsu e Yoshimi, 1983 ).**

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

**SISMA DI PROGETTO**

Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su  
**Conselice** .Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **8** ° grado  
della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità  
(R = distanza dal fuoco ). In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M)  
è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 6.20$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 5.20 \quad \text{Per la verifica assumiamo} \quad M = 5.91$$

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1 ) Depositi consolidati
- 2 ) Depositi medio-consolidati
- 3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **>** **Distanza dall'epicentro** **1** Km.  
**3** ) **Depositi soffici**

Si ha quindi :  $a_{max} = 402,8 * 10^{0,265M} / (\text{dist.epicentro} + 30)^{1,218} = \text{cm/secq } 208.28$

**- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Seed e Idriss, 1983 ).**

**a max = accelerazione massima al suolo \* F.A. = 280.00**

pari a quella di progetto per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **Fs liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,3 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

$$L = a_{max} / g * \sigma_v / \sigma'_v * r_d * r_n$$

$$R = 0,45 * 0,57 * [(16 * (N_2 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N_2 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità =  $1 - 0,015 * z$
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo =  $0,1 * (M - 1)$
- N2** =  $Rp^2 / \text{Alfa}^{**}$
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova **SCPT** **1** Prof.falda idrica ml. **2.30**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cmq	Sigma' v daN/cmq	Rp kg/cmq	N2	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	Fsliq
<b>3.2</b>	0.448	0.412	<b>8</b>	14	0.95	0.49	<b>2</b>	IMPOSSIBILE	<b>1.29</b>
<b>3.6</b>	0.504	0.452	<b>6</b>	13	0.95	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.15</b>
<b>3.8</b>	0.532	0.472	<b>8</b>	13	0.94	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.23</b>
<b>13</b>	1.820	1.392	<b>4</b>	11	0.81	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.03</b>
<b>13.4</b>	1.876	1.432	<b>7</b>	11	0.80	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.08</b>

\*\* Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

**Rp2 = Rp1 +26 LOG C**

Dove : **C** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **30** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp = **4**

**- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Tokimatsu e Yoshimi, 1983 ).**

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

**SISMA DI PROGETTO**

Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su  
**Conselice** .Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **8** ° grado  
della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità  
(R = distanza dal fuoco ). In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M)  
è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 6.20$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 5.20 \quad \text{Per la verifica assumiamo} \quad M = 5.91$$

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

1 ) Depositi consolidati  
2 ) Depositi medio-consolidati  
3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **>** **Distanza dall'epicentro** **1** **Km.**  
**3** **) Depositi soffici**

Si ha quindi :  $a_{max} = 402,8 * 10^{0,265M / (dist.epicentro + 30)^{1,218}} = \text{cm/secq } 208.28$

**- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Seed e Idriss, 1983 ).**

**a max = accelerazione massima al suolo \* F.A. = 280.00**

pari a quella di progetto per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **Fs liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,3 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

**L =**  $a_{max} / g * \sigma_v / \sigma'_v * r_d * r_n$   
**R =**  $0,45 * 0,57 * [(16 * (N_2 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N_2 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità =  $1 - 0,015 * z$
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo =  $0,1 * (M - 1)$
- N2** =  $Rp2 / \text{Alfa}^{**}$
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova **SCPT** **2** Prof.falda idrica ml. **2.30**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm <sup>2</sup>	Sigma' v daN/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	N2	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	Fsliq
<b>3.6</b>	0.504	0.452	<b>13</b>	16	0.95	0.49	<b>2</b>	IMPOSSIBILE	<b>1.61</b>
<b>5.8</b>	0.812	0.672	<b>8</b>	13	0.91	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.13</b>
<b>7.8</b>	1.092	0.872	<b>8</b>	12	0.88	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.10</b>
<b>9.2</b>	1.288	1.012	<b>5</b>	11	0.86	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.02</b>
<b>12.2</b>	1.708	1.312	<b>5</b>	11	0.82	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.04</b>

\*\* Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

**Rp2 = Rp1 + 26 LOG C**

Dove : **C** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **30** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp = **4**

**- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Tokimatsu e Yoshimi, 1983 ).**

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

**SISMA DI PROGETTO**

Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su  
**Conselice** .Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **8** ° grado  
della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità  
(R = distanza dal fuoco ). In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M)  
è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 6.20$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 5.20 \quad \text{Per la verifica assumiamo} \quad M = 5.91$$

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

1 ) Depositi consolidati  
2 ) Depositi medio-consolidati  
3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **>** **Distanza dall'epicentro** **1** **Km.**  
**3** **) Depositi soffici**

Si ha quindi :  $a_{max} = 402,8 * 10^{0,265M / (dist.epicentro + 30)^{1,218}} = \text{cm/secq } 208.28$

**- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Seed e Idriss, 1983 ).**

**a max = accelerazione massima al suolo \* F.A. = 280.00**

pari a quella di progetto per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **Fs liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,3 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

**L =**  $a_{max} / g * \sigma_v / \sigma'_v * r_d * r_n$   
**R =**  $0,45 * 0,57 * [(16 * (N_2 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N_2 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità =  $1 - 0,015 * z$
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo =  $0,1 * (M - 1)$
- N2** =  $Rp2 / \text{Alfa}^{**}$
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova **SCPT** **3** Prof.falda idrica ml. **2.30**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm <sup>2</sup>	Sigma' v daN/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	N2	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	Fsliq
<b>5.4</b>	0.756	0.632	<b>5</b>	12	0.92	0.49	<b>2</b>	IMPOSSIBILE	<b>1.05</b>
<b>5.8</b>	0.812	0.672	<b>4</b>	11	0.91	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.01</b>
<b>7.4</b>	1.036	0.832	<b>7</b>	12	0.89	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.07</b>
<b>14.6</b>	2.044	1.552	<b>10</b>	12	0.78	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.15</b>
<b>15</b>	2.100	1.592	<b>6</b>	11	0.78	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.08</b>

\*\* Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

**Rp2 = Rp1 + 26 LOG C**

Dove : **C** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **30** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp = **4**

**- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Tokimatsu e Yoshimi, 1983 ).**

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

**SISMA DI PROGETTO**

Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su  
**Conselice** .Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **8** ° grado  
della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità  
(R = distanza dal fuoco) . In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M)  
è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 6.20$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 5.20 \quad \text{Per la verifica assumiamo} \quad M = 5.91$$

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1 ) Depositi consolidati
- 2 ) Depositi medio-consolidati
- 3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **>** **Distanza dall'epicentro** **1** **Km.**  
**3** **) Depositi soffici**

Si ha quindi :  $a_{max} = 402,8 * 10^{0,265M} / (\text{dist.epicentro} + 30)^{1,218} = \text{cm/secq } 208.28$

**- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ( Metodo Seed e Idriss, 1983 ).**

**a max = accelerazione massima al suolo \* F.A. = 280.00**

pari a quella di progetto per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **Fs liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,3 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

$$L = a_{max} / g * \sigma_v / \sigma'_v * rd * rn$$

$$R = 0,45 * 0,57 * [(16 * (N2 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N2 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità =  $1 - 0,015 * z$
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo =  $0,1 * (M - 1)$
- N2** =  $Rp2 / \text{Alfa}^{**}$
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova **SCPT** **4** Prof.falda idrica ml. **2.30**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm <sup>2</sup>	Sigma' v daN/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	N2	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	Fsliq
<b>3</b>	0.420	0.392	<b>2</b>	11	0.96	0.49	<b>2</b>	IMPOSSIBILE	<b>1.05</b>
<b>8.2</b>	1.148	0.912	<b>9</b>	13	0.88	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.12</b>
<b>8.6</b>	1.204	0.952	<b>7</b>	12	0.87	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.06</b>
<b>10.4</b>	1.456	1.132	<b>9</b>	12	0.84	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.11</b>
<b>13</b>	1.820	1.392	<b>6</b>	11	0.81	0.49	2	IMPOSSIBILE	<b>1.06</b>

\*\* Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

$$Rp2 = Rp1 + 26 \text{ LOG } C$$

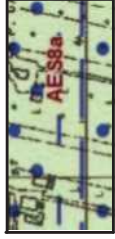
Dove : **C** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **30** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp = **4**

CARTA  
GEOLOGICA  
(da CARG reg. E/R)  
Scala 1:10.000

LEGENDA:



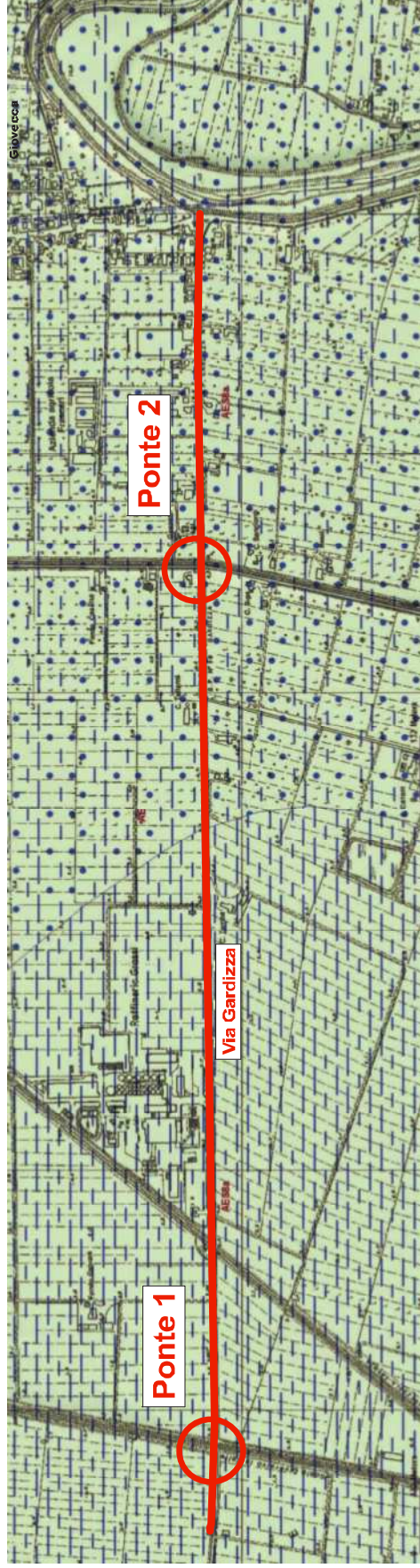
Area intervento



Alluvioni pianura:  
facies sabbioso-limose



Alluvioni pianura:  
facies argilloso-limosa





**DEPOSITI ALLUVIONALI**

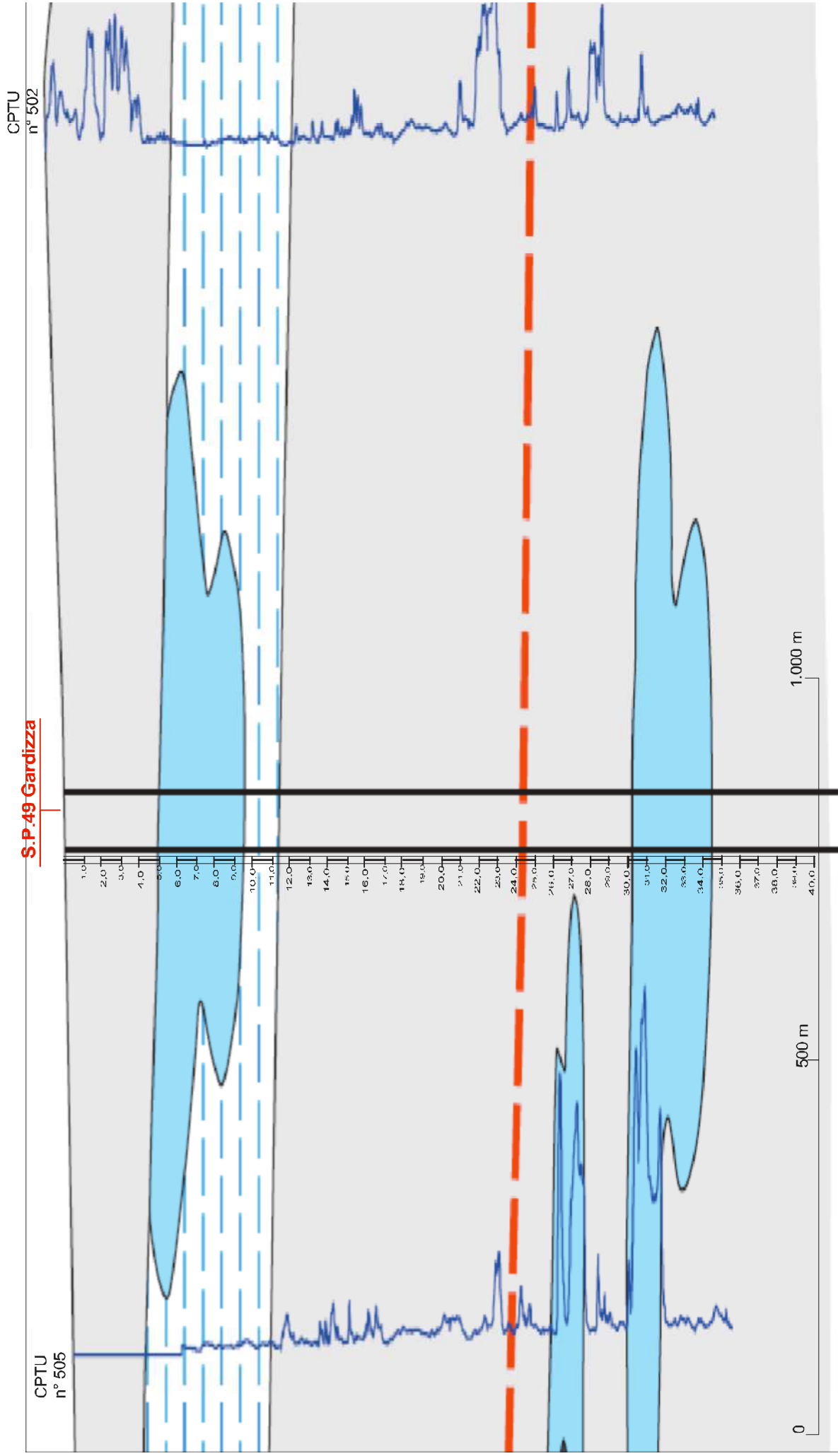
- Ghiaie di riempimento di canale fluviale
- Sabbie di riempimento di canale e di rotta fluviale
- Alternanze di sabbie, limi ed argille di traccimazione fluviale indifferenziata
- Argille e limi con sostanza organica di palude

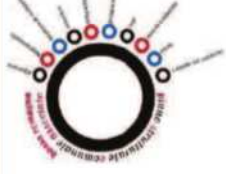
**DEPOSITI DELTIZI, LITORALI E MARINI**

- Argille e limi con sostanza organica di palude-laguna
- Sabbie di cordone litorale
- Base del Subsystema di Ravenna - AES<sub>8</sub>
- Base del Subsystema di Villa Verucchio - AES<sub>7</sub>

**SEZIONE GEOLOGICA**

CARG n°080



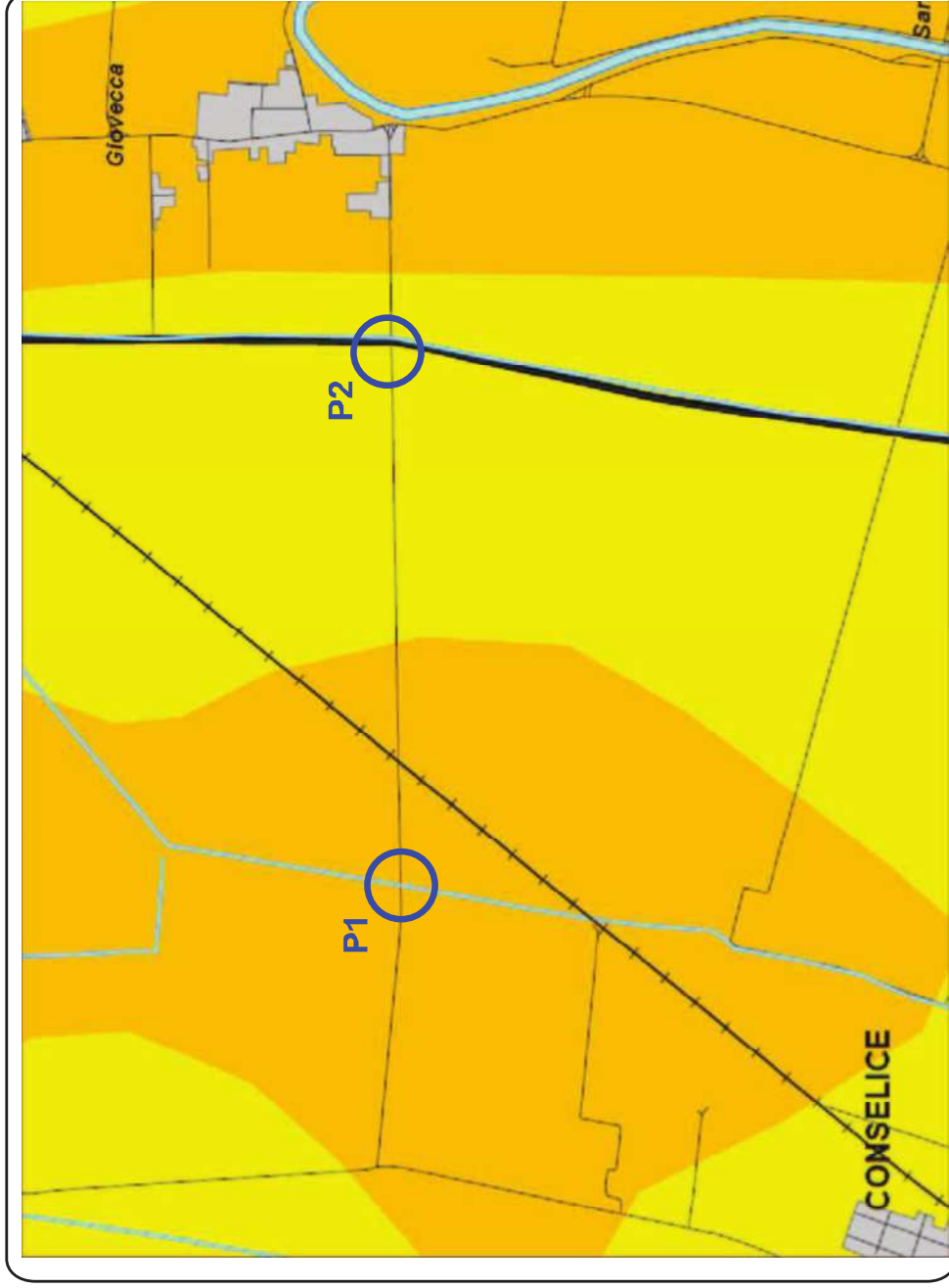


Unione dei comuni della bassa Romagna

PSC Associato

Analisi Sismica

## CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI



Sismica

Classi

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Aree che non necessitano di approfondimento

Aree che necessitano dell'analisi semplificata (II livello)

Aree di possibile necessità di un'analisi approfondita (III livello) in funzione delle caratteristiche meccaniche dei terreni

**P2** Infrastrutture SP Gardizza  
in progetto



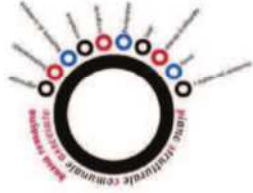
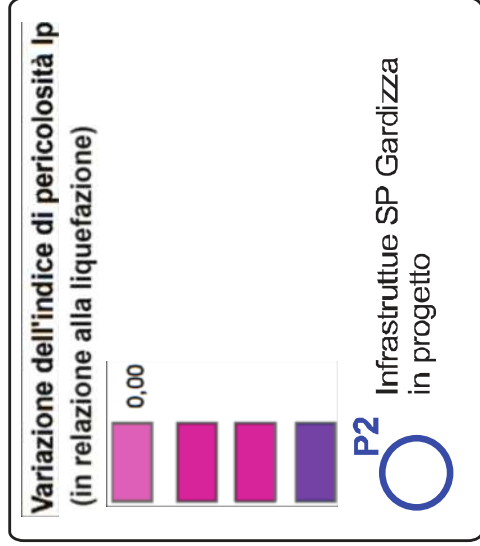
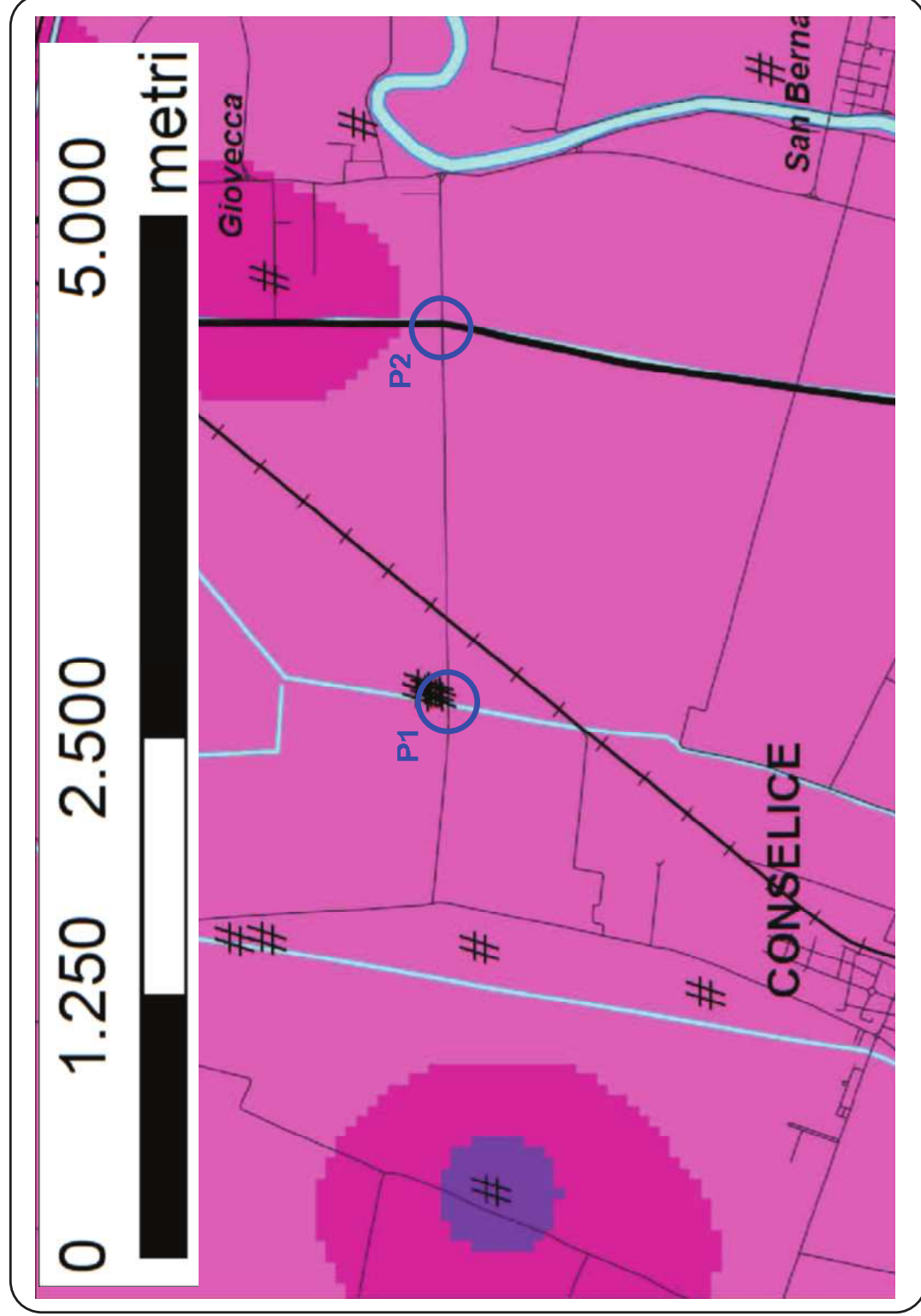


Tavola 36 (SNA20) - Variazione indice pericolosità  
in relazione alla liquefazione  
(rif. Carta 1.5 elaborato specialistico "Geologia, ambiente, sismica")





LEGENDA:



Terreno rimaneggiato e/o di riporto



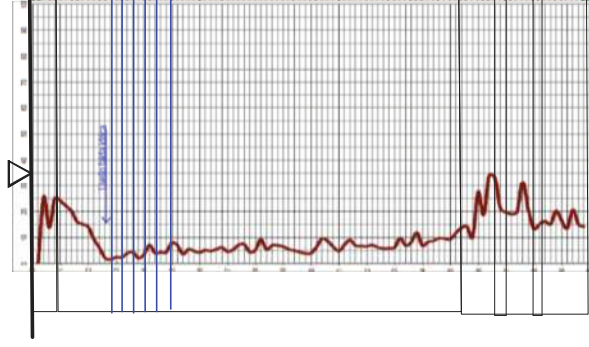
Limo-sabbioso giallastro con intercalazioni argillose



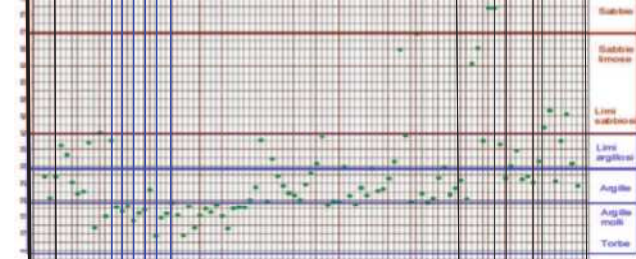
Argilla limosa grigiastra

**CPT n° 4**

**Ponte 1**

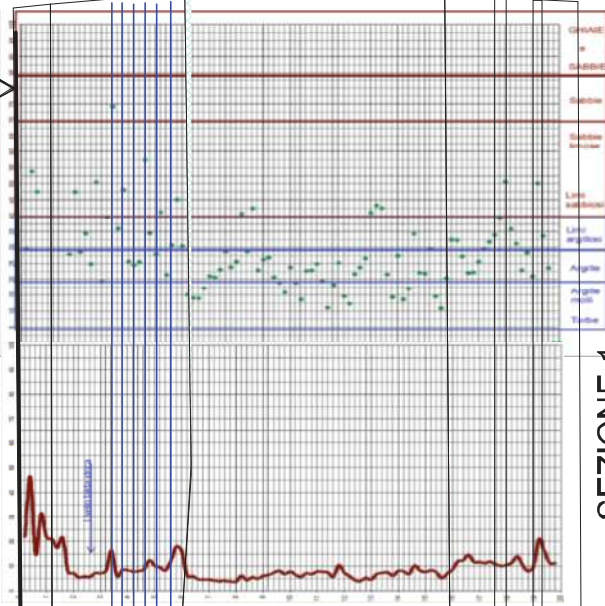


**Via Gardizza**

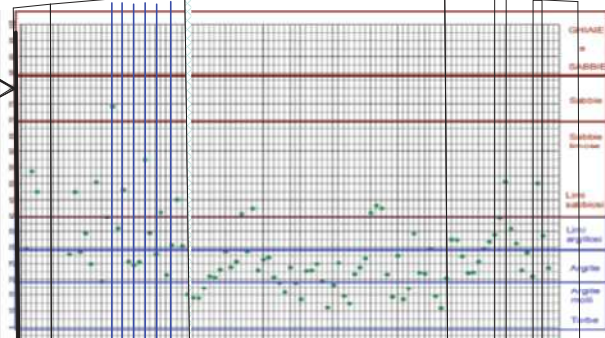


**CPT n° 1**

**Ponte 2**

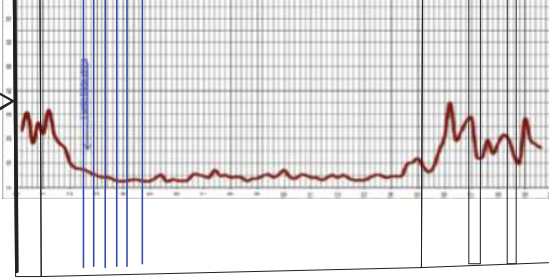


SEZIONE 1

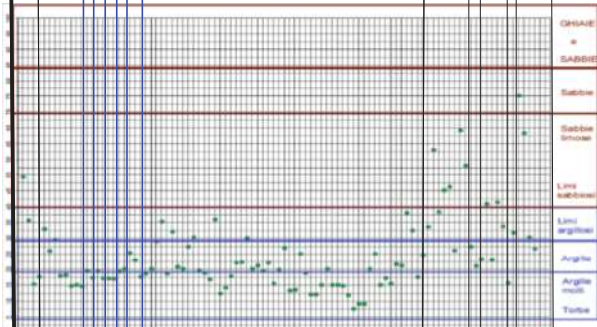


**CPT n° 3**

**Ponte 1**

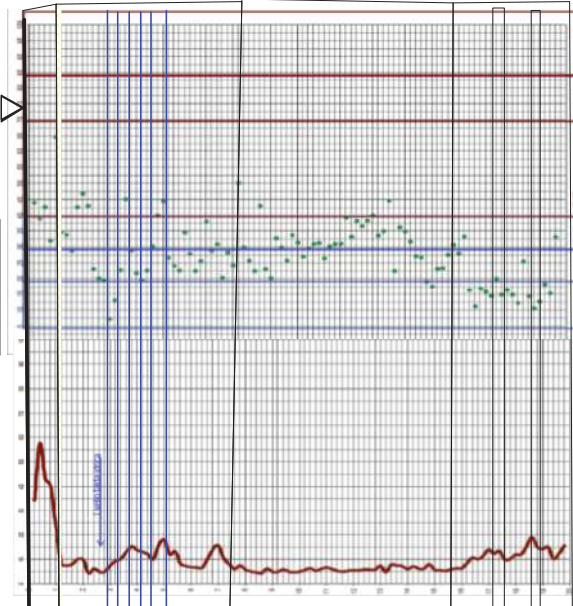


**Via Gardizza**

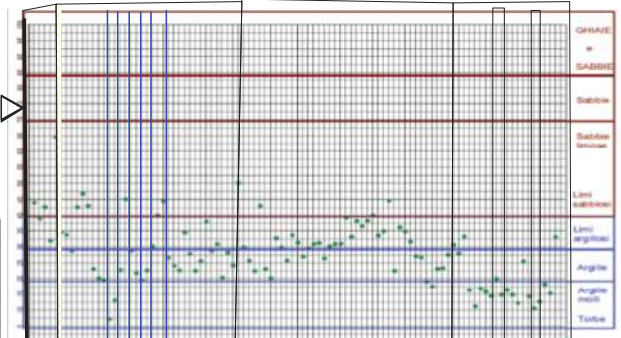


**CPT n° 2**

**Ponte 2**



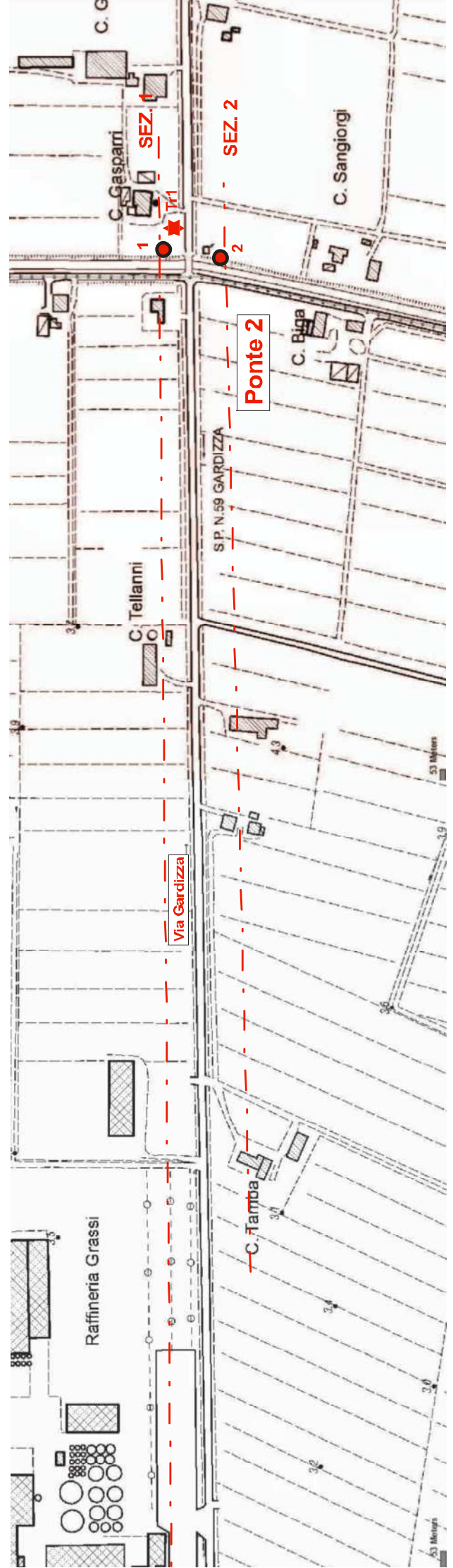
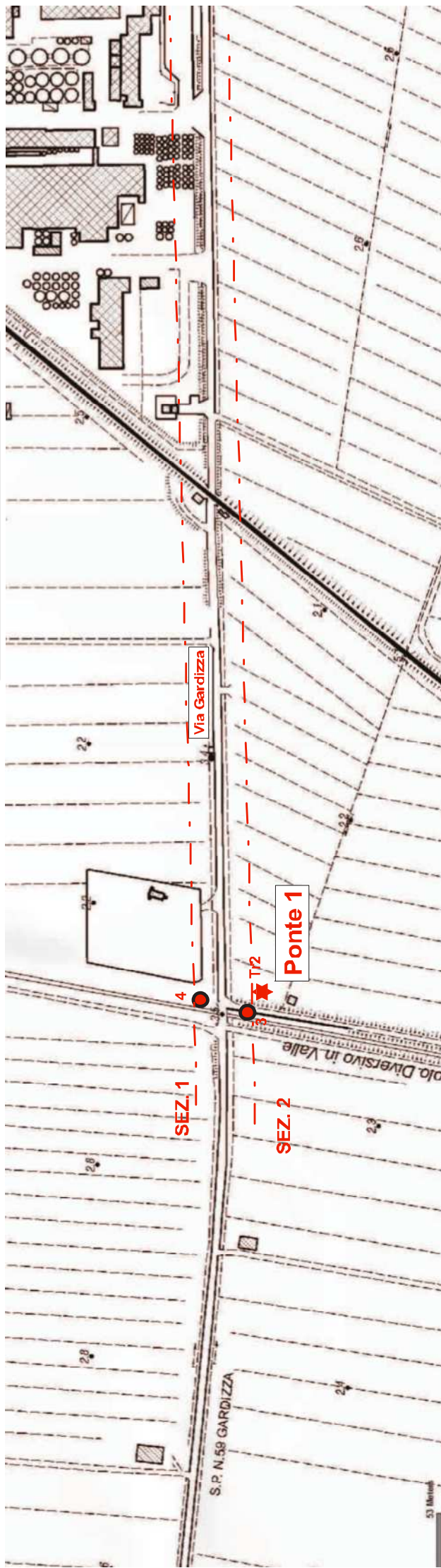
SEZIONE 2





LEGENDA:

- 1 ● Prove penetrometriche statiche
- Tr1 ★ Prova sismica passiva HVSR





Resistenza alla punta Qc  
daN/cm<sup>2</sup>



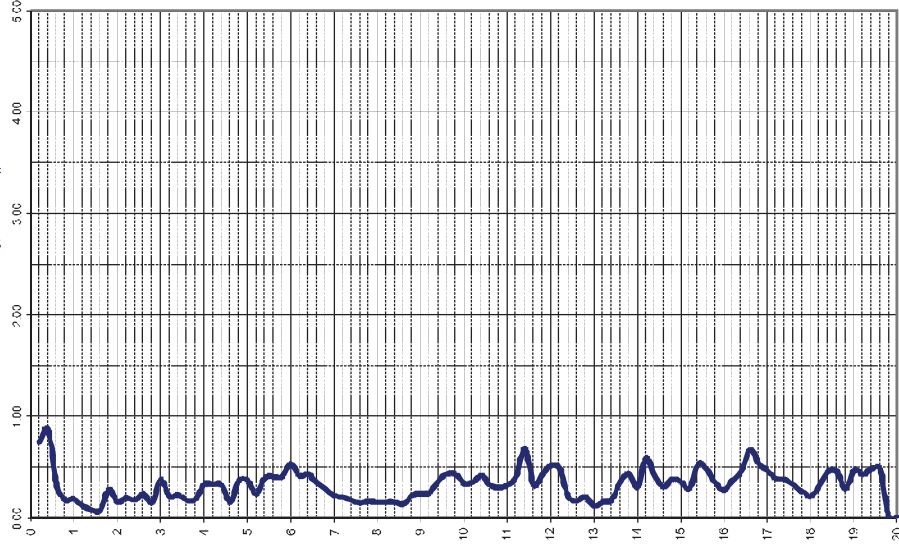
Superficie punta : 10 cm<sup>2</sup>

Velocità di rifre. one : 2 cm (-) - 0.5 cm/sec

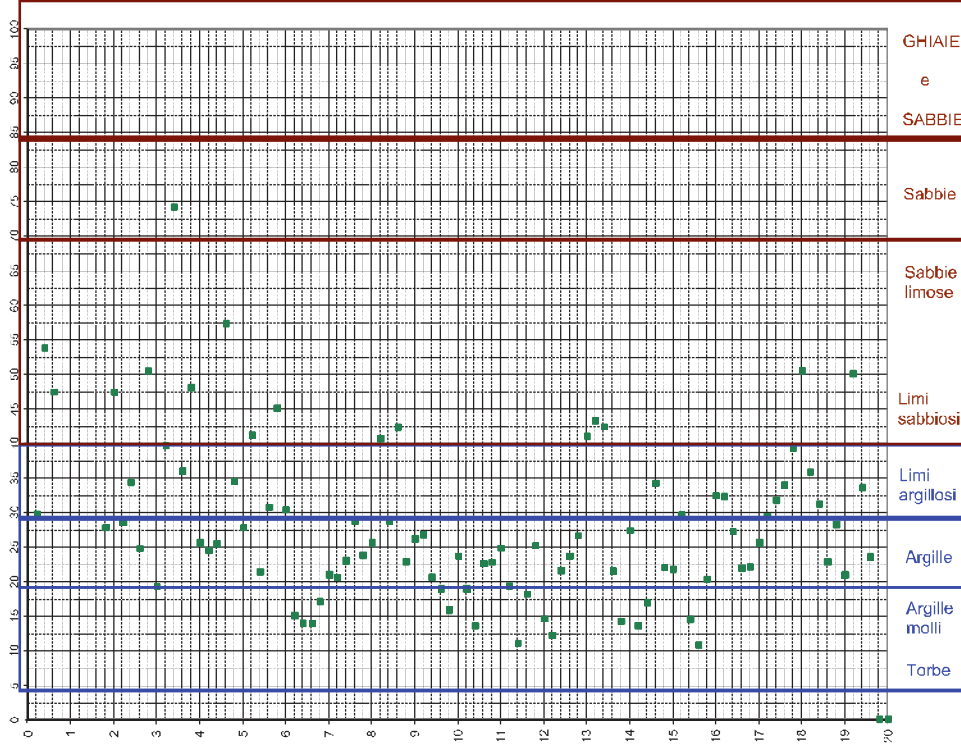
Superficie manico : 10 cm<sup>2</sup>

Cc - tempo in tempo reale da sequenti stramehi CC fs

Attrito laterale  
daN/cm<sup>2</sup>(daN/cm<sup>2</sup>)



Qc/fs



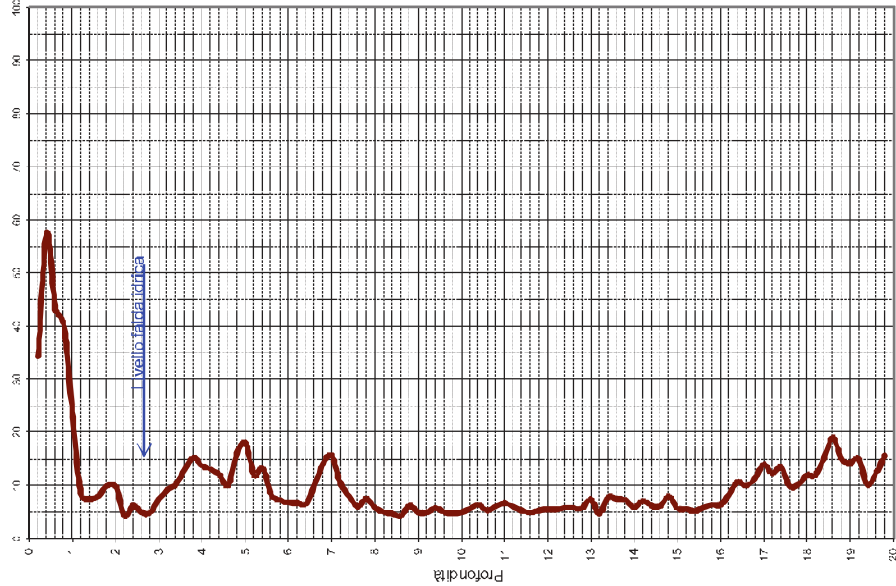
DOTT. ANDREATTA GIANCARLO  
 GEOLOGO  
 Via XXV Aprile, 140 - CASTEL BOLOGNESE (Ra)  
 tel. n° 0546 5801 - 0546 1515 (fax)  
 tel. 0546 656662 - cod. 3392208148

## PROVA penetrometrica statica C.P.T. n° 2

Piomba meccanica tipo "Begemann"

Committente: Provincia RA  
 Località: via Gardizza - LUOGO  
 Data: 14.09.2018  
 Profondità falda dal p.c. prova: 2.50 ml.

Resistenza alla punta Qc  
daN/cm<sup>2</sup>



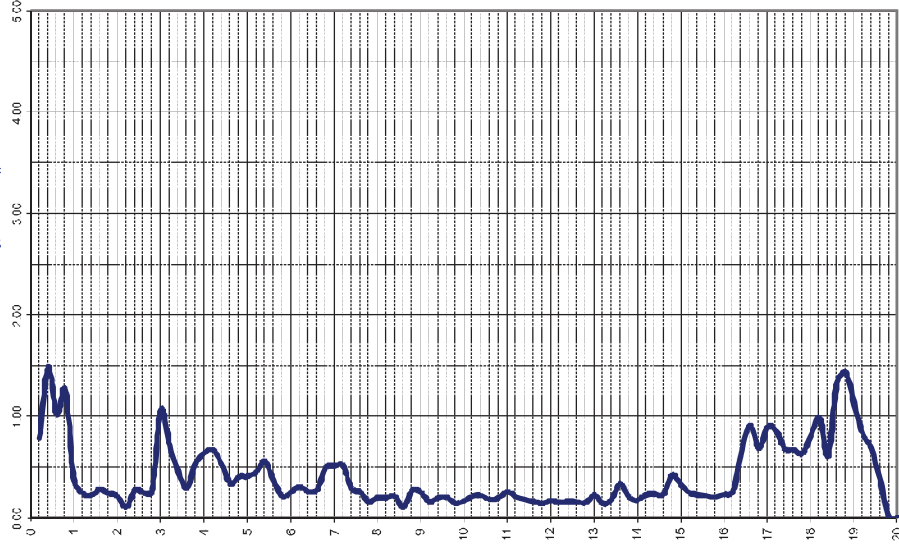
Superficie punta : 10 cm<sup>2</sup>

Superficie maniciato : 10 cm<sup>2</sup>

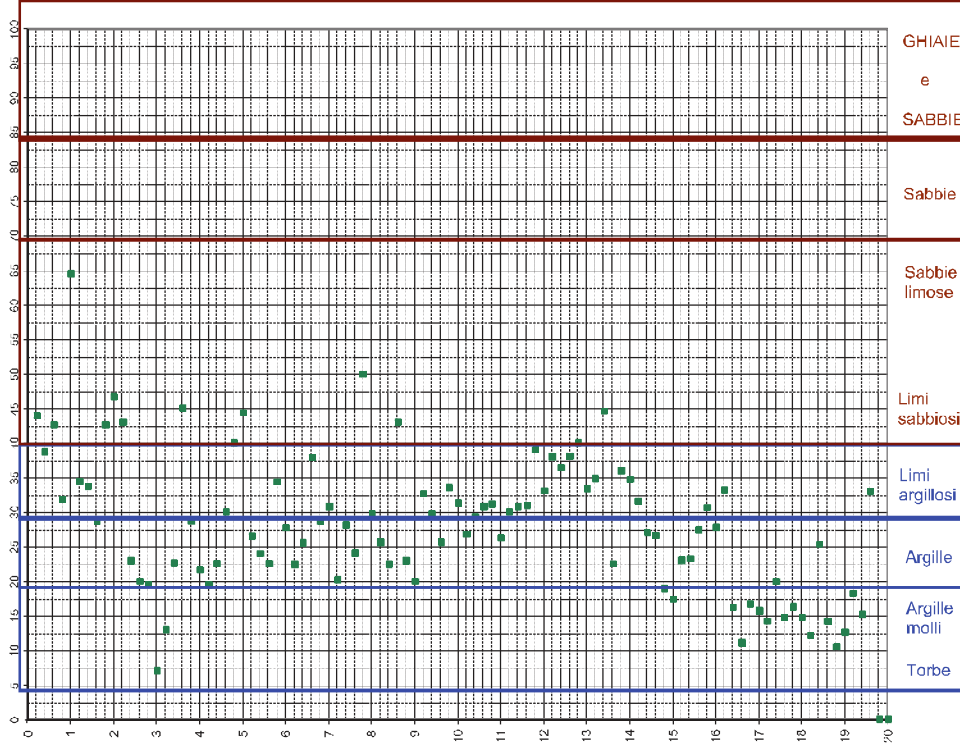
Velocità di rifessione : 2 cm (-) 0.5 cm/sec

Cc-fallo in tempo reale da sequenti stramehi CC fs

Attrito laterale  
daN/cm<sup>2</sup>(daN/cm<sup>2</sup>)



Qc/fs



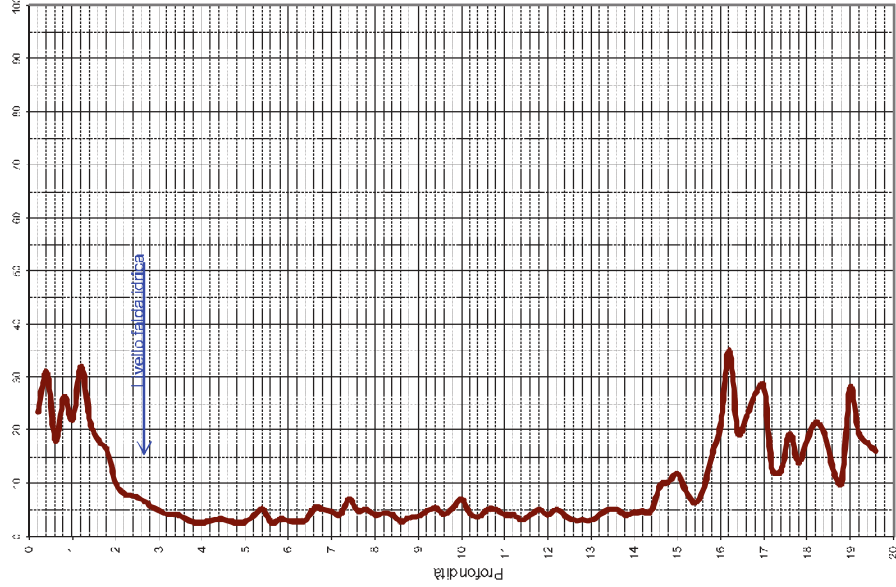
DOTT. ANDREATTA GIANCARLO  
 GEOLOGO  
 Via XXV Aprile, 140 - CASTEL BOLOGNESE (Ra)  
 tel. n° 0546 5301 - 0546 5302  
 fax n° 0546 5303 - 0546 5304  
 tel. 0546 53052 - cod. 339220148

### PROVA penetrometrica statica C.P.T. n° 3

Piomba meccanica tipo "Bege mann"

Committente: Provincia RA  
 Località: via Gardizza - LUOGO  
 Data: 14.09.2018  
 Profondità faldal p.c. prova: 3.00 ml.

Resistenza alla punta Qc  
daN/cm<sup>2</sup>



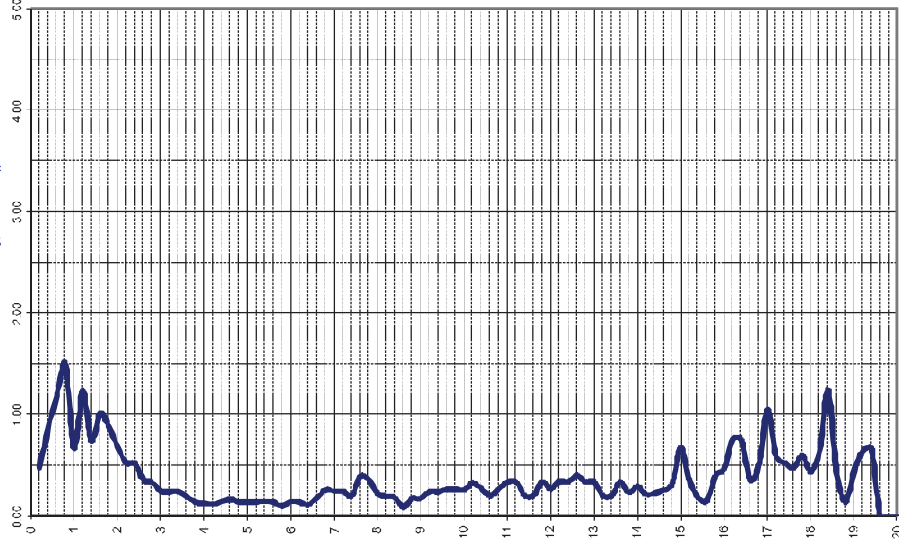
Superficie punta : 10 cm<sup>2</sup>

Velocità di rifessione : 2 cm (-) 0,5 cm/sec

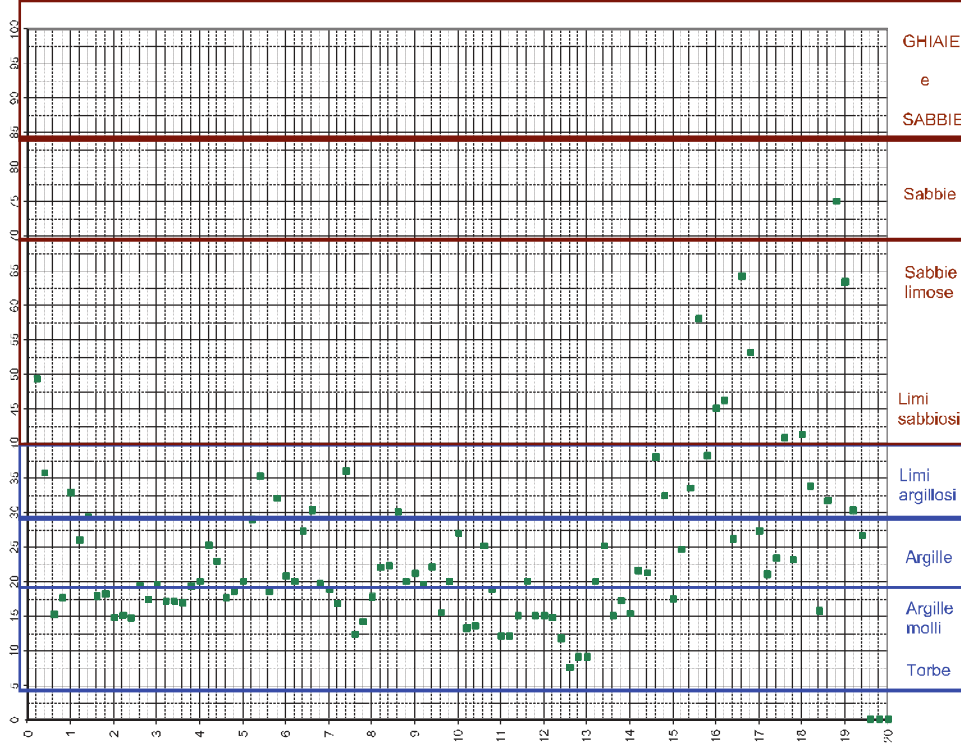
Superficie manico : 10 cm<sup>2</sup>

Cc-trallo in tempo reale da sequenti stramehi CC fs

Attrito laterale  
daN/cm<sup>2</sup>(daN/cm<sup>2</sup>)



Qc/fs



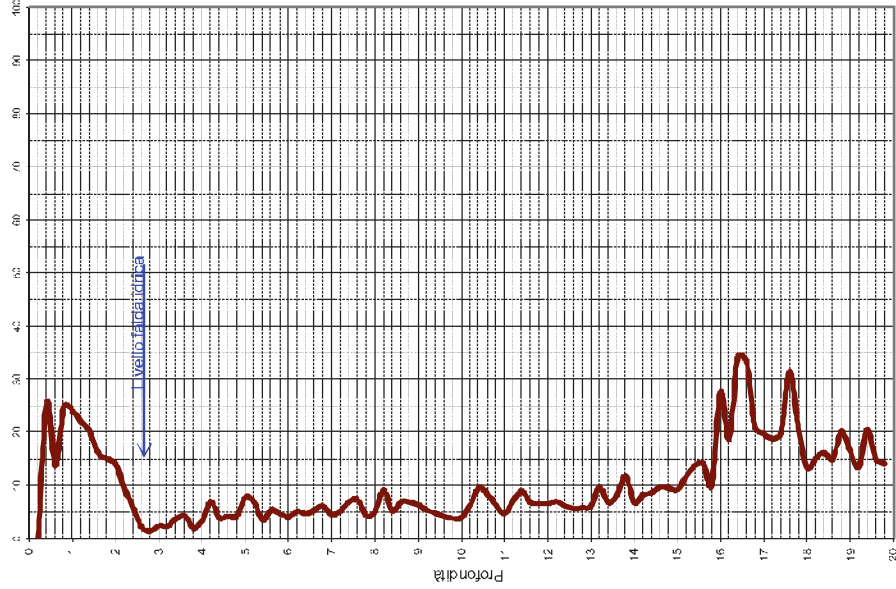
Dott. ANDREATTA GIANCARLO  
 GEOLOGO  
 Via XXV Aprile, 140 - CASTEL BOLOGNESE (Ra)  
 tel. n° 0546 5801 - 0546 5802  
 fax n° 0546 5803 - 0546 5804  
 tel. 0546 58062 - cod. 339220148

**PROVA penetrometrica statica C.P.T. n° 4**

Pinna meccanica tipo "Begemann"

Committente: PROVINCIA RA  
 Località: V. e Gardizza - LUJO  
 Data: 14.09.2018  
 Profondità falda dal p.c. prova: 2.80 m.

**Resistenza alla punta Qc**  
daN/cm<sup>2</sup>



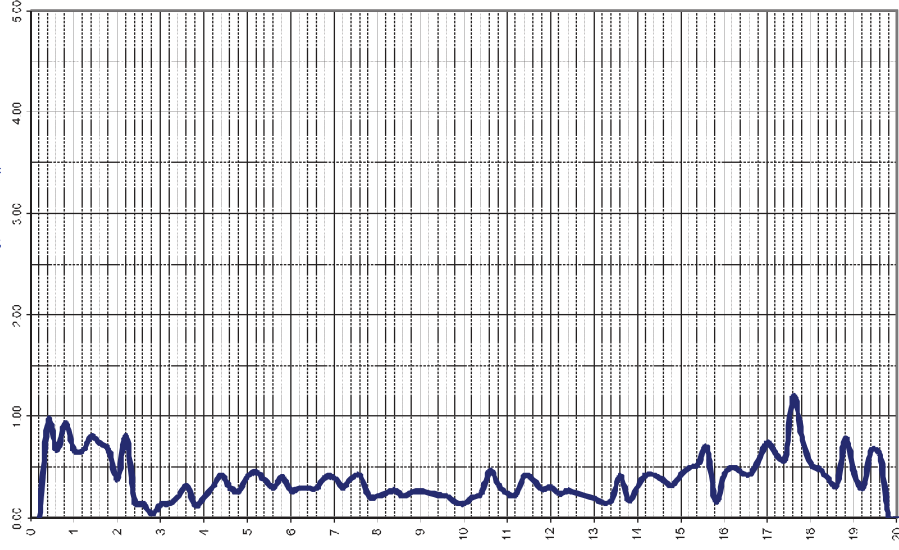
Superficie punta: 10 cm<sup>2</sup>

Velocità di infissione: 2 cm (+/-) 0,5 cm/sec

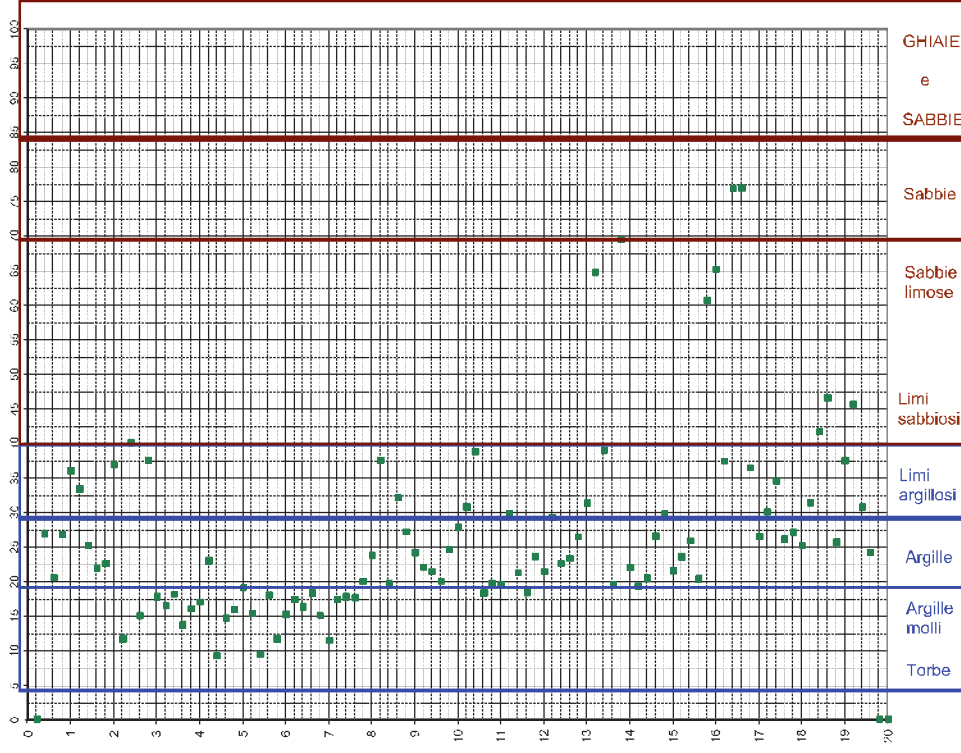
Superficie manicato: 50 cm<sup>2</sup>

Contorno: tempo reale dei seguenti parametri: QC - s

**Attrito laterale**  
daN/cm<sup>2</sup>(daN/cm<sup>2</sup>)



**Qc/fs**





PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA STATICA N° 1										
Località: Via Garozza - LUGO		Committente: Provincia RA				Data: 14.09.2018				
Prof. ml.	Rp da\cmq	RI	STRATIGRAFIA	Colonna stratigrafica	Falda idrica	ADDENSAMENTO (sabbia) CONSISTENZA (argilla)	Gamma t' daN/mc	Densità ed I.C.	Angolo Attrito e coesione	K Wink.
0										
0.2	22	0.740	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	1750	41	33	4.6
0.4	47	0.865	SABBIA			Mediamente consistente	1600	27	31	2.2
0.6	15	0.310	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1600	27	31	2.2
0.8	32	0.170	GHIAIA e SABBIA			POCO ADDENSATA	1650	31	32	2.6
1	22	0.180	SABBIA			POCO ADDENSATA	1600	23	31	1.9
1.2	21	0.110	GHIAIA e SABBIA			POCO ADDENSATA	1550	19	30	1.5
1.4	17	0.075	GHIAIA SCIOLTA con SABBIA			POCO ADDENSATA	1600	23	31	1.9
1.6	22	0.085	GHIAIA e SABBIA			POCO ADDENSATA	1550	19	30	1.5
1.8	8	0.270	Argilla tenera			Mediamente consistente	1710	0.43	0.375	3.5
2	7	0.150	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSATA	1500	16	28	0.6
2.2	5	0.190	Argilla tenera			Mediamente consistente	1661	0.31	0.27	2.5
2.4	6	0.169	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSATA	1500	16	28	0.6
2.6	6	0.277	Argilla tenera			Mediamente consistente	1667	0.31	0.281	2.5
2.8	7	0.143	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSATA	530	16	28	0.6
3	7	0.368	Argilla media			Mediamente consistente	701	0.31	0.5531	2.5
3.2	8	0.205	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	29	0.8
3.4	16	0.220	SABBIA SCIOLTA			POCO ADDENSATA	550	19	30	1.5
3.6	6	0.170	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSATA	530	16	28	0.6
3.8	8	0.175	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	29	0.8
4	8	0.325	Argilla media			Mediamente consistente	725	0.31	0.415	2.5
4.2	8	0.320	Argilla media			Mediamente consistente	716	0.31	0.39	2.5
4.4	8	0.315	Argilla media			Mediamente consistente	720	0.31	0.4	2.5
4.6	9	0.150	SABBIA MOLTO SCIOLTA			SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	29	0.8
4.8	12	0.358	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	784	0.37	0.6167	3.0
5	10	0.367	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	756	0.31	0.5083	2.5
5.2	9	0.229	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	29	0.8
5.4	8	0.348	Argilla media			Mediamente consistente	724	0.31	0.4125	2.5
5.6	12	0.400	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	783	0.37	0.6125	3.0
5.8	18	0.400	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	650	31	32	2.6
6	16	0.528	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	823	0.5	0.8	4.0
6.2	6	0.407	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	679	0.37	0.3043	3.0
6.4	6	0.425	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	674	0.31	0.295	2.5
6.6	5	0.340	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	640	0.25	0.235	2.0
6.8	5	0.270	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	637	0.25	0.23	2.0
7	4	0.215	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	634	0.25	0.225	2.0
7.2	4	0.200	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	620	0.25	0.205	2.0
7.4	4	0.170	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	613	0.15	0.195	1.5
7.6	4	0.140	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	616	0.25	0.2	2.0
7.8	4	0.160	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	609	0.15	0.19	1.5
8	4	0.145	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	605	0.16	0.185	1.5
8.2	6	0.150	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSATA	530	16	28	0.6
8.4	4	0.150	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	627	0.25	0.215	2.0
8.6	6	0.130	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSATA	530	16	28	0.6
8.8	5	0.215	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	647	0.25	0.245	2.0
9	6	0.230	Argilla tenera			Mediamente consistente	677	0.37	0.5	3.0
9.2	6	0.240	Argilla tenera			Mediamente consistente	686	0.37	0.32	3.0
9.4	7	0.355	Argilla media			Mediamente consistente	706	0.31	0.385	2.5
9.6	8	0.430	Argilla media			Mediamente consistente	722	0.31	0.405	2.5
9.8	7	0.425	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	693	0.37	0.335	3.0
10	8	0.330	Argilla media			Mediamente consistente	716	0.31	0.39	2.5
10.2	6	0.345	Argilla tenera			Mediamente consistente	689	0.37	0.325	3.0
10.4	6	0.415	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	667	0.31	0.28	2.5
10.6	7	0.315	Argilla media			Mediamente consistente	702	0.31	0.355	2.5
10.8	7	0.295	Argilla tenera			Mediamente consistente	693	0.37	0.335	3.0
11	8	0.315	Argilla tenera			Mediamente consistente	716	0.43	0.39	3.5
11.2	8	0.400	Argilla media			Mediamente consistente	714	0.31	0.365	2.5
11.4	7	0.675	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	708	0.43	0.37	3.0
11.6	6	0.315	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	669	0.31	0.285	2.5
11.8	10	0.415	Argilla media			Mediamente consistente	759	0.43	0.52	3.5
12	7	0.510	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	708	0.43	0.37	3.5
12.2	6	0.485	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	674	0.31	0.295	2.5
12.4	4	0.200	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	627	0.25	0.215	2.0
12.6	4	0.165	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	613	0.15	0.195	1.5
12.8	5	0.200	Argilla tenera			Mediamente consistente	658	0.31	0.285	2.5
13	4	0.110	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSATA	530	15	27	0.4
13.2	7	0.155	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSATA	530	16	28	0.6
13.4	7	0.170	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	29	0.8
13.6	8	0.350	Argilla media			Mediamente consistente	710	0.31	0.375	2.5
13.8	6	0.479	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	679	0.37	0.305	3.0
14	8	0.296	Argilla media			Mediamente consistente	721	0.31	0.4042	2.5
14.2	8	0.579	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	717	0.43	0.3917	3.5
14.4	7	0.400	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	694	0.37	0.3375	3.0
14.6	10	0.300	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	757	0.31	0.5125	2.5
14.8	8	0.375	Argilla media			Mediamente consistente	724	0.31	0.4125	2.5
15	8	0.350	Argilla media			Mediamente consistente	712	0.31	0.3792	2.5
15.2	8	0.279	Argilla limosa e sabbiosa			Scarsamente consistente	724	0.25	0.4125	2.0
15.4	8	0.525	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	712	0.43	0.3792	3.5
15.6	5	0.471	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	652	0.31	0.2542	2.5
15.8	7	0.338	Argilla media			Scarsamente consistente	696	0.25	0.3417	2.0
16	9	0.265	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	29	0.8
16.2	12	0.370	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	779	0.37	0.5955	3.0
16.4	12	0.456	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	785	0.37	0.6187	3.0
16.6	15	0.666	Argilla compatta			Consistente (compatta)	809	0.53	0.7273	4.5
16.8	12	0.526	Argilla media			Mediamente consistente	776	0.5	0.5618	4.0
17	12	0.455	Argilla media			Mediamente consistente	776	0.5	0.5818	4.0
17.2	11	0.380	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	770	0.37	0.5591	3.0
17.4	12	0.373	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	778	0.37	0.5909	3.0
17.6	11	0.317	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	761	0.31	0.5367	2.5
17.8	10	0.255	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	550	19	30	1.5
18	10	0.207	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	550	19	30	1.5
18.2	11	0.318	LIMO SABBIOLO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	550	19	30	1.5
18.4	14	0.450	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	833	0.43	0.7	3.5
18.6	10	0.451	Argilla media			Mediamente consistente	757	0.43	0.5136	3.0
18.8	8	0.277	Argilla tenera			Mediamente consistente	716	0.43	0.3909	3.5
19	10	0.467	Argilla media			Mediamente consistente	749	0.37	0.4864	3.0
19.2	21	0.420	SABBIA c LIMO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	630	27	31	2.2
19.4	16	0.477	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	823	0.5	0.8	4.0
19.6	11	0.477	Argilla media			Mediamente consistente	770	0.43	0.5591	3.5



PARAMETRI GEOTECNICI			PROVA PENETROMETRICA	STATICA	N°	2				
Località : via Gardizza - LUGO			Committente : Provincia RA		Data : 14.09.2018					
Prof.	Rp	Rl	STRATIGRAFIA	Colonna	Falda	ADDESSAMENTO (sabbia)	Gamma t'	Densità	Angolo Attrito	K
ml.	daN/cmq		SCHMERTMANN	stratigrafica	idrica	CONSISTENZA (argilla)	daN/mc	ed I.C.	e coesione	Wink.
0										
0.2	34	0.780	SABBIA e LIMO ARGILLOSO							
0.4	58	0.485	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			MEDIAMENTE ADDENSATA	1800	48	% 34	5.5
0.6	43	0.015	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			MEDIAMENTE ADDENSATA	1750	41	% 33	4.5
0.8	40	0.260	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			MEDIAMENTE ADDENSATA	1750	39	% 33	4.0
1	23	0.355	SABBIA			POCO ADDENSATA	1600	27	% 31	2.2
1.2	8	0.235	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18	% 29	0.8
1.4	7	0.220	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18	% 29	0.8
1.6	8	0.280	Argilla media			Mediamente consistente	1720	0.31	0.4	daN/cmq
1.8	10	0.235	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1550	19	% 30	1.5
2	10	0.210	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1550	19	% 30	1.5
2.2	4	0.100	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	15	% 27	0.4
2.4	6	0.270	Argilla tenera			Mediamente consistente	1682	0.37	0.31	daN/cmq
2.6	5	0.245	Argilla tenera			Scarsamente consistente	1647	0.25	0.245	daN/cmq
2.8	5	0.250	Argilla tenera			Scarsamente consistente	1647	0.25	0.245	daN/cmq
3	8	0.062	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	1710	0.43	0.375	daN/cmq
3.2	9	0.716	Argilla organica			Consistente (compatta)	1741	0.53	0.4625	daN/cmq
3.4	10	0.453	Argilla media			Mediamente consistente	1757	0.43	0.5125	daN/cmq
3.6	13	0.289	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1600	23	% 31	1.9
3.8	15	0.530	Argilla limosa o sabbiosa			Mediamente consistente	1816	0.5	0.7625	daN/cmq
4	14	0.632	Argilla compatta			Mediamente consistente	1800	0.5	0.6833	daN/cmq
4.2	13	0.667	Argilla compatta			Mediamente consistente	1792	0.5	0.65	daN/cmq
4.4	12	0.533	Argilla compatta			Mediamente consistente	1780	0.43	0.6	daN/cmq
4.6	10	0.333	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	1753	0.31	0.5	daN/cmq
4.8	16	0.400	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1600	27	% 31	2.2
5	18	0.406	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1650	31	% 32	2.6
5.2	12	0.450	Argilla media			Mediamente consistente	1779	0.5	0.5958	daN/cmq
5.4	13	0.554	Argilla compatta			Mediamente consistente	1795	0.5	0.6625	daN/cmq
5.6	8	0.365	Argilla media			Mediamente consistente	1723	0.31	0.41	daN/cmq
5.8	7	0.210	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18	% 29	0.5
6	7	0.245	Argilla tenera			Mediamente consistente	1696	0.37	0.34	daN/cmq
6.2	7	0.300	Argilla tenera			Mediamente consistente	1693	0.37	0.335	daN/cmq
6.4	6	0.255	Argilla tenera			Mediamente consistente	1689	0.37	0.325	daN/cmq
6.6	10	0.267	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1550	19	% 30	1.5
6.8	14	0.490	Argilla limosa o sabbiosa			Mediamente consistente	1803	0.43	0.7	daN/cmq
7	16	0.507	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	1820	0.5	0.78	daN/cmq
7.2	10	0.515	Argilla media			Mediamente consistente	1759	0.43	0.57	daN/cmq
7.4	8	0.285	Argilla media			Mediamente consistente	1720	0.31	0.4	daN/cmq
7.6	6	0.250	Argilla tenera			Mediamente consistente	1677	0.37	0.3	daN/cmq
7.8	8	0.150	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18	% 29	0.8
8	6	0.195	Argilla tenera			Mediamente consistente	1672	0.31	0.29	daN/cmq
8.2	5	0.195	Argilla tenera			Mediamente consistente	1650	0.31	0.25	daN/cmq
8.4	5	0.210	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	1640	0.25	0.235	daN/cmq
8.6	4	0.100	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	15	% 27	0.4
8.8	6	0.270	Argilla tenera			Mediamente consistente	1682	0.37	0.31	daN/cmq
9	5	0.245	Argilla tenera			Scarsamente consistente	1647	0.25	0.245	daN/cmq
9.2	5	0.150	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	0.6
9.4	6	0.195	Argilla tenera			Mediamente consistente	1672	0.31	0.29	daN/cmq
9.6	5	0.195	Argilla tenera			Mediamente consistente	1650	0.31	0.25	daN/cmq
9.8	5	0.140	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	15	% 27	0.5
10	5	0.160	Argilla sabbioso-lim. tenera			Scarsamente consistente	1650	0.15	0.25	daN/cmq
10.2	6	0.209	Argilla tenera			Mediamente consistente	1667	0.31	0.28	daN/cmq
10.4	6	0.216	Argilla tenera			Mediamente consistente	1685	0.37	0.3168	daN/cmq
10.6	5	0.173	Argilla sabbioso-lim. tenera			Scarsamente consistente	1659	0.15	0.2664	daN/cmq
10.8	6	0.194	Argilla sabbioso-lim. tenera			Scarsamente consistente	1678	0.25	0.3024	daN/cmq
11	7	0.252	Argilla tenera			Mediamente consistente	1692	0.37	0.3312	daN/cmq
11.2	6	0.202	Argilla tenera			Mediamente consistente	1678	0.37	0.3024	daN/cmq
11.4	5	0.173	Argilla sabbioso-lim. tenera			Scarsamente consistente	1659	0.15	0.2664	daN/cmq
11.6	5	0.158	Argilla sabbioso-lim. tenera			Scarsamente consistente	1646	0.15	0.2448	daN/cmq
11.8	5	0.137	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	0.6
12	5	0.166	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	0.6
12.2	5	0.144	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	0.6
12.4	6	0.158	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	0.6
12.6	6	0.151	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	0.6
12.8	6	0.144	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	0.6
13	7	0.220	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18	% 29	0.8
13.2	5	0.135	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 27	0.4
13.4	8	0.175	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18	% 29	0.8
13.6	7	0.330	Argilla media			Mediamente consistente	1708	0.31	0.37	daN/cmq
13.8	7	0.200	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18	% 29	0.5
14	6	0.170	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	0.6
14.2	7	0.225	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	0.6
14.4	6	0.230	Argilla tenera			Mediamente consistente	1682	0.37	0.31	daN/cmq
14.6	6	0.230	Argilla tenera			Mediamente consistente	1679	0.37	0.305	daN/cmq
14.8	8	0.421	Argilla media			Mediamente consistente	1720	0.31	0.3993	daN/cmq
15	6	0.327	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	1669	0.31	0.2843	daN/cmq
15.2	6	0.242	Argilla tenera			Mediamente consistente	1666	0.31	0.2783	daN/cmq
15.4	5	0.224	Argilla tenera			Mediamente consistente	1656	0.31	0.2602	daN/cmq
15.6	6	0.212	Argilla tenera			Mediamente consistente	1672	0.31	0.2904	daN/cmq
15.8	6	0.206	Argilla sabbioso-lim. tenera			Scarsamente consistente	1684	0.25	0.3146	daN/cmq
16	6	0.226	Argilla tenera			Mediamente consistente	1684	0.37	0.3146	daN/cmq
16.2	8	0.253	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1650	18	% 29	0.8
16.4	11	0.659	Argilla organica			Consistente (compatta)	1763	0.57	0.5324	daN/cmq
16.6	10	0.905	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	1753	0.53	0.4991	daN/cmq
16.8	11	0.679	Argilla organica			Consistente (compatta)	1772	0.61	0.5657	daN/cmq
17	14	0.892	Argilla organica			Consistente (compatta)	1803	0.68	0.6888	daN/cmq
17.2	12	0.858	Argilla organica			Consistente (compatta)	1783	0.64	0.6123	daN/cmq
17.4	13	0.875	Argilla compatta			Mediamente consistente	1797	0.5	0.6722	daN/cmq
17.6	10	0.665	Argilla organica			Consistente (compatta)	1750	0.53	0.49	daN/cmq
17.8	10	0.630	Argilla organica			Consistente (compatta)	1756	0.57	0.51	daN/cmq
18	12	0.805	Argilla organica			Consistente (compatta)	1779	0.61	0.595	daN/cmq
18.2	12	0.985	Argilla organica			Consistente (compatta)	1779	0.61	0.595	daN/cmq
18.4	15	0.800	Argilla compatta			Consistente (compatta)	1816	0.53	0.76	daN/cmq
18.6	19	0.335	Argilla molto compatta			Consistente (compatta)	1849	0.57	0.95	daN/cmq
18.8	15	0.435	Argilla organica			Consistente (compatta)	1814	0.75	0.75	daN/cmq
19	14	0.125	Argilla organica			Consistente (compatta)	1804	0.72	0.705	daN/cmq
19.2	15	0.825	Argilla compatta			Consistente (compatta)	1814	0.53	0.75	daN/cmq
19.4	10	0.875	Argilla organica			Consistente (compatta)	1758	0.57	0.51	daN/cmq
19.6	12	0.370	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	1783	0.37	0.61	daN/cmq

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA STATICA N° 3										
Località: via Gardizza - LUGO		Committente: Provincia RA				Data: 14.09.2018				
Prof. ml.	Rp daN/cmq	RI daN/cmq	STRATIGRAFIA SCHMERTMANN	Colonna stratigrafica	Falda Idrica	ADDENSAMENTO (sabbia) CONSISTENZA (argilla)	Gamma t' daN/mc	Densità ed I.C.	Angolo Attrito e coesione	K Wlnk.
0										
0.2	23	0.475	SABBIA e LIMO ARGILLOSO				1700			
0.4	31	0.867	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			MEDIAMENTE ADDENSATA				3.5
0.6	18	1.185	Argilla molto compatta			Consistente (compatta)	1841	0.57	0.9	5.0
0.8	26	1.495	Argilla molto compatta			Consistente (compatta)	1898	0.72	1.315	8.0
1	22	0.667	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1600	27	31	2.2
1.2	32	1.235	Argilla limosa e sabbiosa			Molto consistente	1927	0.79	1.6	9.0
1.4	22	0.738	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	1869	0.64	1.085	7.0
1.6	18	1.010	Argilla molto compatta			Consistente (compatta)	1841	0.57	0.9	5.0
1.8	16	0.883	Argilla compatta			Consistente (compatta)	1823	0.57	0.8	5.0
2	10	0.680	Argilla organica			Consistente (compatta)	1753	0.57	0.5	5.0
2.2	8	0.525	Argilla organica			Mediamente consistente	1718	0.43	0.395	3.5
2.4	8	0.520	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	1712	0.43	0.38	3.5
2.6	7	0.355	Argilla media			Scarsamente consistente	1698	0.25	0.345	2.0
2.8	6	0.330	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	1689	0.31	0.285	2.5
3	5	0.245	Argilla tenera		<H2O	Scarsamente consistente	644	0.25	0.24	2.0
3.2	4	0.240	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	620	0.25	0.205	2.0
3.4	4	0.240	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	620	0.25	0.205	2.0
3.6	3	0.195	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	588	0.15	0.165	1.5
3.8	3	0.135	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	552	0.1	0.13	1.0
4	3	0.125	Argilla molto tenera			Priva di consistenza	546	0.1	0.125	1.0
4.2	3	0.115	Argilla molto tenera			Priva di consistenza	568	0.1	0.145	1.0
4.4	3	0.140	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	583	0.15	0.16	1.5
4.6	3	0.165	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	568	0.1	0.145	1.0
4.8	3	0.135	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	546	0.1	0.125	1.0
5	3	0.135	Argilla molto tenera			Priva di consistenza	558	0.1	0.135	1.0
5.2	4	0.135	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	613	0.15	0.195	1.5
5.4	5	0.145	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSATA	500	16	28	0.6
5.6	3	0.135	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	546	0.1	0.125	1.0
5.8	3	0.100	SABBIA ARGILLA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSATA	500	15	27	0.4
6	3	0.140	Argilla molto tenera			Priva di consistenza	568	0.1	0.145	1.0
6.2	3	0.135	Argilla molto tenera			Priva di consistenza	558	0.1	0.135	1.0
6.4	3	0.110	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	573	0.15	0.15	1.5
6.6	5	0.175	Argilla tenera			Mediamente consistente	658	0.31	0.265	2.5
6.8	5	0.260	Argilla tenera			Mediamente consistente	653	0.31	0.255	2.5
7	5	0.245	Argilla tenera			Scarsamente consistente	637	0.25	0.23	2.0
7.2	4	0.245	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	620	0.25	0.205	2.0
7.4	7	0.195	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSATA	500	16	28	0.6
7.6	5	0.390	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	644	0.25	0.24	2.0
7.8	5	0.355	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	650	0.31	0.25	2.5
8	4	0.225	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	616	0.25	0.2	2.0
8.2	4	0.195	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	627	0.25	0.215	2.0
8.4	4	0.180	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	616	0.25	0.2	2.0
8.6	3	0.090	Argilla molto tenera			Priva di consistenza	558	0.1	0.135	1.0
8.8	3	0.175	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	596	0.15	0.175	1.5
9	4	0.175	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	605	0.15	0.185	1.5
9.2	5	0.240	Argilla tenera			Scarsamente consistente	640	0.25	0.235	2.0
9.4	5	0.240	Argilla tenera			Mediamente consistente	658	0.31	0.265	2.5
9.6	4	0.265	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	620	0.25	0.205	2.0
9.8	5	0.267	Argilla tenera			Mediamente consistente	658	0.31	0.265	2.5
10	7	0.260	Argilla tenera			Mediamente consistente	700	0.43	0.35	3.5
10.2	4	0.325	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	627	0.25	0.215	2.0
10.4	4	0.267	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	601	0.15	0.18	1.5
10.6	5	0.200	Argilla tenera			Mediamente consistente	650	0.31	0.25	2.5
10.8	5	0.267	Argilla tenera			Mediamente consistente	650	0.31	0.25	2.5
11	4	0.333	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	616	0.25	0.2	2.0
11.2	4	0.333	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	616	0.25	0.2	2.0
11.4	3	0.200	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	573	0.15	0.15	1.5
11.6	4	0.200	Argilla tenera			Scarsamente consistente	616	0.25	0.2	2.0
11.8	5	0.333	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	650	0.31	0.25	2.5
12	4	0.267	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	616	0.25	0.2	2.0
12.2	5	0.340	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	650	0.31	0.25	2.5
12.4	4	0.333	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	613	0.15	0.195	1.5
12.6	3	0.400	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	573	0.15	0.15	1.5
12.8	3	0.333	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	573	0.15	0.15	1.5
13	3	0.333	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	573	0.15	0.15	1.5
13.2	4	0.200	Argilla tenera			Scarsamente consistente	616	0.25	0.2	2.0
13.4	5	0.200	Argilla tenera			Mediamente consistente	650	0.31	0.25	2.5
13.6	5	0.333	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	650	0.31	0.25	2.5
13.8	4	0.233	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	616	0.25	0.2	2.0
14	4	0.293	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	634	0.25	0.225	2.0
14.2	5	0.213	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	637	0.25	0.23	2.0
14.4	5	0.227	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	644	0.25	0.24	2.0
14.6	10	0.253	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	29	0.8
14.8	10	0.315	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	756	0.31	0.51	2.5
15	12	0.675	Argilla compatta			Mediamente consistente	778	0.43	0.59	3.5
15.2	9	0.345	Argilla media			Mediamente consistente	729	0.37	0.425	3.0
15.4	6	0.185	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSATA	500	16	28	0.6
15.6	9	0.150	SABBIA MOLTO SCIOLTA			SCARSAMENTE ADDENSATA	550	18	29	0.8
15.8	15	0.400	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	600	27	31	2.2
16	21	0.467	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	600	27	31	2.2
16.2	35	0.759	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			MEDIAMENTE ADDENSATA	700	37	33	4.0
16.4	19	0.745	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	853	0.57	0.9727	5.0
16.6	23	0.352	SABBIA			POCO ADDENSATA	600	23	31	1.9
16.8	27	0.503	SABBIA			POCO ADDENSATA	650	31	32	2.6
17	28	1.042	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	909	0.75	1.4227	8.0
17.2	12	0.588	Argilla compatta			Mediamente consistente	785	0.43	0.6182	3.5
17.4	12	0.523	Argilla media			Mediamente consistente	783	0.5	0.6091	4.0
17.6	19	0.473	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	650	35	32	3.0
17.8	14	0.594	Argilla compatta			Mediamente consistente	800	0.5	0.6884	4.0
18	18	0.436	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	650	31	32	2.6
18.2	21	0.636	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	600	27	31	2.2
18.4	19	1.241	Argilla molto compatta			Consistente (compatta)	853	0.57	0.9727	5.0
18.6	13	0.400	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	788	0.43	0.6318	3.5
18.8	10	0.133	SABBIA SCIOLTA			SCARSAMENTE ADDENSATA	500	16	28	0.6
19	28	0.442	SABBIA			POCO ADDENSATA	650	31	32	2.6
19.2	19	0.641	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	852	0.57	0.9682	5.0
19.4	18	0.661	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	837	0.53	0.8773	4.5

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA STATICA										N°	4
Località:		via Gardizza - LUGO		Comittente:		Provincia RA		Data:		14.09.2018	
Prof.	Rp	RI	STRATIGRAFIA	Colonna	Falda	ADDENSAMENTO (sabbia)	Gamma t'	Densità	Angolo Attrito	K	
ml.	daN/cmq	SCHMERTMANN	stratigrafica	idrica	CONSISTENZA (argilla)	daN/mc	ed I.C.	e coesione	Wink.		
0											
0.2	0										
0.4	26	0.953	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	1894	0.72	1.28	daN/cmq	8.0
0.6	14	0.667	Argilla compatta			Mediamente consistente	1800	0.5	0.685	daN/cmq	4.0
0.8	25	0.933	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	1890	0.68	1.25	daN/cmq	8.0
1	24	0.667	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1650	31	% 32	"	2.6
1.2	22	0.660	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1600	27	% 31	"	2.2
1.4	20	0.800	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	1857	0.61	1.005	daN/cmq	6.0
1.6	16	0.733	Argilla compatta			Consistente (compatta)	1823	0.57	0.8	daN/cmq	5.0
1.8	15	0.667	Argilla compatta			Consistente (compatta)	1814	0.53	0.75	daN/cmq	4.5
2	14	0.380	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	1600	23	% 31	"	1.9
2.2	9	0.800	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	1742	0.53	0.465	daN/cmq	4.5
2.4	6	0.150	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16	% 28	"	0.6
2.6	2	0.140	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	1520	0.1	0.105	daN/cmq	1.0
2.8	2	0.040	SABBIA ARGILLOSA TENERA		<H2O	SCARSAMENTE ADDENSAT.	500	15	% 27	"	0.4
3	2	0.135	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	540	0.1	0.12	daN/cmq	1.0
3.2	2	0.140	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	534	0.1	0.115	daN/cmq	1.0
3.4	4	0.210	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	609	0.15	0.19	daN/cmq	1.5
3.6	4	0.315	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	627	0.25	0.215	daN/cmq	2.0
3.8	2	0.125	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	513	0.1	0.1	daN/cmq	1.0
4	3	0.200	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	592	0.15	0.17	daN/cmq	1.5
4.2	7	0.305	Argilla media			Scarsamente consistente	700	0.25	0.35	daN/cmq	2.0
4.4	4	0.425	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	613	0.15	0.195	daN/cmq	1.5
4.6	4	0.295	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	627	0.25	0.215	daN/cmq	2.0
4.8	4	0.265	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	624	0.25	0.21	daN/cmq	2.0
5	8	0.410	Argilla media			Mediamente consistente	716	0.31	0.39	daN/cmq	2.5
5.2	7	0.450	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	698	0.37	0.345	daN/cmq	3.0
5.4	3	0.375	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	596	0.15	0.175	daN/cmq	1.5
5.6	5	0.300	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	661	0.31	0.27	daN/cmq	2.5
5.8	5	0.405	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	640	0.25	0.235	daN/cmq	2.0
6	4	0.270	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	620	0.25	0.205	daN/cmq	2.0
6.2	5	0.295	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	653	0.31	0.255	daN/cmq	2.5
6.4	5	0.290	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	640	0.25	0.235	daN/cmq	2.0
6.6	5	0.295	Argilla media			Scarsamente consistente	661	0.15	0.27	daN/cmq	1.5
6.8	6	0.405	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	679	0.37	0.305	daN/cmq	3.0
7	4	0.395	Argilla organica/torba			Priva di consistenza	634	0.25	0.225	daN/cmq	2.0
7.2	5	0.300	Argilla organica/torba			Scarsamente consistente	655	0.31	0.26	daN/cmq	2.5
7.4	7	0.395	Argilla media			Scarsamente consistente	700	0.25	0.35	daN/cmq	2.0
7.6	7	0.415	Argilla media			Mediamente consistente	706	0.31	0.365	daN/cmq	2.5
7.8	4	0.215	Argilla tenera			Scarsamente consistente	627	0.25	0.215	daN/cmq	2.0
8	5	0.215	Argilla tenera			Mediamente consistente	653	0.31	0.255	daN/cmq	2.5
8.2	9	0.245	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSAT.	550	18	% 29	"	0.8
8.4	5	0.270	Argilla tenera			Mediamente consistente	658	0.31	0.265	daN/cmq	2.5
8.6	7	0.215	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	500	16	% 28	"	0.6
8.8	7	0.255	Argilla tenera			Mediamente consistente	698	0.37	0.345	daN/cmq	3.0
9	6	0.265	Argilla tenera			Mediamente consistente	686	0.37	0.32	daN/cmq	3.0
9.2	5	0.245	Argilla tenera			Mediamente consistente	661	0.31	0.27	daN/cmq	2.5
9.4	5	0.225	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	644	0.25	0.24	daN/cmq	2.0
9.6	4	0.215	Argilla tenera			Scarsamente consistente	627	0.25	0.215	daN/cmq	2.0
9.8	4	0.155	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	609	0.15	0.19	daN/cmq	1.5
10	4	0.140	Argilla molto tenera			Scarsamente consistente	613	0.15	0.195	daN/cmq	1.5
10.2	6	0.205	Argilla sabbioso-lim. tenera			Scarsamente consistente	684	0.25	0.315	daN/cmq	2.0
10.4	9	0.245	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			SCARSAMENTE ADDENSAT.	550	18	% 29	"	0.8
10.6	9	0.465	Argilla media			Mediamente consistente	729	0.37	0.425	daN/cmq	3.0
10.8	6	0.320	Argilla media			Scarsamente consistente	684	0.25	0.315	daN/cmq	2.0
11	5	0.240	Argilla tenera			Scarsamente consistente	640	0.25	0.235	daN/cmq	2.0
11.2	7	0.235	Argilla tenera			Mediamente consistente	700	0.37	0.35	daN/cmq	3.0
11.4	9	0.420	Argilla media			Mediamente consistente	736	0.37	0.445	daN/cmq	3.0
11.6	7	0.370	Argilla media			Scarsamente consistente	696	0.25	0.34	daN/cmq	2.0
11.8	7	0.280	Argilla tenera			Mediamente consistente	691	0.37	0.33	daN/cmq	3.0
12	6	0.305	Argilla tenera			Mediamente consistente	689	0.37	0.325	daN/cmq	3.0
12.2	7	0.240	Argilla tenera			Mediamente consistente	700	0.37	0.35	daN/cmq	3.0
12.4	6	0.270	Argilla tenera			Mediamente consistente	679	0.37	0.305	daN/cmq	3.0
12.6	6	0.245	Argilla tenera			Mediamente consistente	669	0.31	0.285	daN/cmq	2.5
12.8	6	0.220	Argilla tenera			Mediamente consistente	672	0.31	0.29	daN/cmq	2.5
13	6	0.195	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	500	16	% 28	"	0.6
13.2	10	0.150	SABBIA SCIOLTA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	500	16	% 28	"	0.6
13.4	7	0.175	SABBIA ARGILLOSA TENERA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	500	16	% 28	"	0.6
13.6	8	0.413	Argilla media			Mediamente consistente	722	0.31	0.405	daN/cmq	2.5
13.8	12	0.170	SABBIA SCIOLTA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	550	18	% 29	"	0.8
14	7	0.310	Argilla tenera			Mediamente consistente	696	0.37	0.34	daN/cmq	3.0
14.2	8	0.427	Argilla media			Mediamente consistente	723	0.31	0.41	daN/cmq	2.5
14.4	9	0.420	Argilla media			Mediamente consistente	731	0.37	0.43	daN/cmq	3.0
14.6	10	0.367	Argilla media			Mediamente consistente	749	0.37	0.485	daN/cmq	3.0
14.8	9	0.320	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	745	0.31	0.475	daN/cmq	2.5
15	9	0.427	Argilla media			Mediamente consistente	741	0.37	0.46	daN/cmq	3.0
15.2	12	0.493	Argilla media			Mediamente consistente	775	0.5	0.58	daN/cmq	4.0
15.4	14	0.527	Argilla media			Consistente (compatta)	799	0.53	0.68	daN/cmq	4.5
15.6	14	0.695	Argilla compatta			Mediamente consistente	804	0.5	0.705	daN/cmq	4.0
15.8	10	0.167	SABBIA SCIOLTA			SCARSAMENTE ADDENSAT.	500	16	% 28	"	0.6
16	28	0.422	SABBIA			POCO ADDENSATA	650	31	% 32	"	2.6
16.2	19	0.500	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	650	31	% 32	"	2.6
16.4	34	0.444	SABBIA			POCO ADDENSATA	650	35	% 32	"	3.0
16.6	33	0.433	SABBIA			POCO ADDENSATA	650	35	% 32	"	3.0
16.8	21	0.578	SABBIA e LIMO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	600	27	% 31	"	2.2
17	20	0.744	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	854	0.57	0.9833	daN/cmq	5.0
17.2	19	0.628	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	848	0.57	0.9417	daN/cmq	5.0
17.4	20	0.572	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	650	35	% 32	"	3.0
17.6	31	1.204	Argilla limosa e sabbiosa			Molto consistente	924	0.79	1.5708	daN/cmq	9.0
17.8	21	0.771	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	863	0.61	1.0417	daN/cmq	6.0
18	13	0.529	Argilla media			Consistente (compatta)	796	0.53	0.6667	daN/cmq	4.5
18.2	15	0.478	Argilla limosa e sabbiosa			Mediamente consistente	814	0.5	0.75	daN/cmq	4.0
18.4	16	0.389	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	600	27	% 31	"	2.2
18.6	15	0.322	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	600	27	% 31	"	2.2
18.8	20	0.787	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	858	0.61	1.0083	daN/cmq	6.0
19	16	0.439	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	600	27	% 31	"	2.2
19.2	13	0.294	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO			POCO ADDENSATA	600	23	% 31	"	1.9
19.4	21	0.671	Argilla limosa e sabbiosa			Consistente (compatta)	861	0.61	1.0292	daN/cmq	6.0
19.6	15	0.620	Argilla compatta			Consistente (compatta)	814	0.53	0.75	daN/cmq	4.5

**ANDREATTA Dr. GIANCARLO**  
*Studio di Geologia Tecnica*  
Via XXV Aprile, 140 - CASTELBOLOGNESE (RA)  
Tel. 0546/656362-333/2209149  
e-mail: [andreattag@libero.it](mailto:andreattag@libero.it)

**INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLA S.P. 59  
"GARDIZZA" NEI COMUNI DI CONSELICE E LUGO**

**PROVINCIA DI RAVENNA**

**CUP : J94E17000370001**

**PROGETTO DEFINITIVO**

*(art. 23 comma 7 Dlgs. 50/2016)*

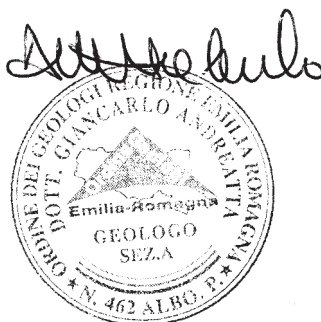
Come richiesto viene integrata la relazione geologica eseguendo il calcolo del potenziale di liquefazione per tutte le prove statiche tenendo conto di una magnitudo massima pari a: **Mmax = 6,14**.

Come si può notare dai calcoli allegati del potenziale di liquefazione con il metodo Tokimatsu-Yoshimi e Seed-Idriss (1983) quantizzato tramite le penetrometrie, con indicati gli indici **Ipl**, l'indice del potenziale di liquefazione risulta sempre pari a 0 e quindi il deposito investigato risulta **NON LIQUEFACIBILE**.

Per quanto riguarda le **prove statiche CPT** sono ritenute nella letteratura geotecnica **ampiamente sufficienti a caratterizzare granulometricamente il deposito e**, considerando anche i **risultati del potenziale di liquefazione da cui risulta un'assenza di liquefazione** del deposito in esame, si ritiene inutile approfondire l'indagine geotecnica con prove CPTe o CPTU.

CastelBolognese 14.12.2018

Dott.Geol. Andreatta Giancarlo





**- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SCPT n° 1 (Metodo Tokimatsu e Yoshimi, 1983).**

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

**SISMA DI PROGETTO**

Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su  
**Conselice** .Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **8** ° grado  
della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità  
(R = distanza dal fuoco) . In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M)  
è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 6.20$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 5.20 \quad \text{Per la verifica assumiamo } M = 6.14$$

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1 ) Depositi consolidati
- 2 ) Depositi medio-consolidati
- 3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **>** **Distanza dall'epicentro** **1** Km.  
**3** ) **Depositi soffici**

Si ha quindi :  $a_{max} = 402,8 * 10^{0,265M} / (\text{dist.epicentro} + 30)^{1,218} = \text{cm/secq } 239.66$

**- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Metodo Seed e Idriss, 1983).**

**a max = accelerazione massima al suolo \* F.A. = 280.00**

pari a quella di progetto per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **Fs liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,3 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

$$L = a_{max} / g * \sigma_v / \sigma'_v * rd * rn$$

$$R = 0,45 * 0,57 * [(16 * (N2 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N2 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità =  $1 - 0,015 * z$
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo =  $0,1 * (M - 1)$
- N2** =  $Rp2 / \text{Alfa}^{**}$
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova **SCPT** **1** Prof.falda idrica ml. **2.30**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm <sup>q</sup>	Sigma' v daN/cm <sup>q</sup>	Rp kg/cm <sup>q</sup>	N2	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	Fsliq
<b>3.2</b>	0.448	0.412	<b>8</b>	14	0.95	0.51	<b>2</b>	IMPOSSIBILE	<b>1.23</b>
<b>3.6</b>	0.504	0.452	<b>6</b>	13	0.95	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.10</b>
<b>3.8</b>	0.532	0.472	<b>8</b>	13	0.94	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.17</b>
<b>13</b>	1.820	1.392	<b>4</b>	11	0.81	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.01</b>
<b>13.4</b>	1.876	1.432	<b>7</b>	11	0.80	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.03</b>

\*\* Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

**Rp2 = Rp1 +26 LOG C**

Dove : **C** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **30** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp = **4**



**- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SCPT n° 2 (Metodo Tokimatsu e Yoshimi, 1983).**

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

**SISMA DI PROGETTO**

Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su  
**Conselice** .Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **8** ° grado  
della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità  
(R = distanza dal fuoco) . In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M)  
è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 6.20$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 5.20 \quad \text{Per la verifica assumiamo } M = 6.14$$

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1 ) Depositi consolidati
- 2 ) Depositi medio-consolidati
- 3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **>** **Distanza dall'epicentro** **1** Km.  
**3** ) **Depositi soffici**

Si ha quindi :  $a_{max} = 402,8 * 10^{0,265M / (dist.epicentro + 30)^{1,218}} = \text{cm/secq } 239.66$

**- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Metodo Seed e Idriss, 1983).**

**a max = accelerazione massima al suolo \* F.A. = 280.00**

pari a quella di progetto per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **Fs liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,3 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

$$L = a_{max} / g * \sigma_v / \sigma'_v * rd * rn$$

$$R = 0,45 * 0,57 * [(16 * (N2 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N2 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità =  $1 - 0,015 * z$
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo =  $0,1 * (M - 1)$
- N2** =  $Rp2 / \text{Alfa}^{**}$
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova **SCPT** **2** Prof.falda idrica ml. **2.30**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm <sup>2</sup>	Sigma' v daN/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	N2	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	Fsliq
<b>3.6</b>	0.504	0.452	<b>13</b>	16	0.95	0.51	<b>2</b>	IMPOSSIBILE	<b>1.53</b>
<b>5.8</b>	0.812	0.672	<b>8</b>	13	0.91	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.08</b>
<b>7.8</b>	1.092	0.872	<b>8</b>	12	0.88	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.05</b>
<b>9.2</b>	1.288	1.012	<b>5</b>	11	0.86	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.01</b>
<b>12.2</b>	1.708	1.312	<b>5</b>	11	0.82	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.01</b>

\*\* Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

**Rp2 = Rp1 + 26 LOG C**

Dove : **C** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **30** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp = **4**

**- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SCPT n° 3 (Metodo Tokimatsu e Yoshimi, 1983).**

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

**SISMA DI PROGETTO**

Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su  
**Conselice** .Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **8** ° grado  
della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità  
(R = distanza dal fuoco) . In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M)  
è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 6.20$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 5.20 \quad \text{Per la verifica assumiamo } M = 6.14$$

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1 ) Depositi consolidati
- 2 ) Depositi medio-consolidati
- 3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **>** **Distanza dall'epicentro** **1** Km.  
**3** **) Depositi soffici**

Si ha quindi :  $a_{max} = 402,8 * 10^{0,265M / (dist.epicentro + 30)^{1,218}} = \text{cm/secq } 239.66$

**- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Metodo Seed e Idriss, 1983).**

**a max = accelerazione massima al suolo \* F.A. = 280.00**

pari a quella di progetto per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **Fs liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,3 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

$$L = a_{max} / g * \sigma_v / \sigma'_v * r_d * r_n$$

$$R = 0,45 * 0,57 * [(16 * (N2 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N2 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità =  $1 - 0,015 * z$
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo =  $0,1 * (M - 1)$
- N2** =  $Rp2 / \text{Alfa}^{**}$
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova **SCPT** **3** Prof.falda idrica ml. **2.30**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm <sup>q</sup>	Sigma' v daN/cm <sup>q</sup>	Rp kg/cm <sup>q</sup>	N2	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	Fsliq
<b>5.4</b>	0.756	0.632	<b>5</b>	12	0.92	0.51	<b>2</b>	IMPOSSIBILE	<b>1.03</b>
<b>5.8</b>	0.812	0.672	<b>4</b>	11	0.91	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.01</b>
<b>7.4</b>	1.036	0.832	<b>7</b>	12	0.89	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.02</b>
<b>14.6</b>	2.044	1.552	<b>10</b>	12	0.78	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.10</b>
<b>15</b>	2.100	1.592	<b>6</b>	11	0.78	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.03</b>

\*\* Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

**Rp2 = Rp1 + 26 LOG C**

Dove : **C** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **30** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp = **4**

**- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE SCPT n° 4 (Metodo Tokimatsu e Yoshimi, 1983).**

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

**SISMA DI PROGETTO**

Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su  
**Conselice**. Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **8** ° grado  
della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità  
(R = distanza dal fuoco). In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M)  
è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 6.20$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 5.20 \quad \text{Per la verifica assumiamo} \quad M = 6.14$$

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1 ) Depositi consolidati
- 2 ) Depositi medio-consolidati
- 3 ) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **>** **Distanza dall'epicentro** **1** Km.  
**3** **) Depositi soffici**

Si ha quindi :  $a_{max} = 402,8 * 10^{0,265M / (dist.epicentro + 30)^{1,218}} = \text{cm/secq } 239.66$

**- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Metodo Seed e Idriss, 1983).**

**a max = accelerazione massima al suolo \* F.A. = 280.00**

pari a quella di progetto per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione : **Fs liq.=R/L** che deve risultare maggiore di 1,3 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

$$L = a_{max} / g * \sigma_v / \sigma'_v * r_d * r_n$$

$$R = 0,45 * 0,57 * [(16 * (N2 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 * (N2 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$$

Dove :

- rd** = coeff. di smorzamento in funzione della profondità =  $1 - 0,015 * z$
- rn** = coeff. correttivo in funzione della magnitudo =  $0,1 * (M - 1)$
- N2** =  $Rp2 / \text{Alfa}^{**}$
- DNf** = "2" per le sabbie poco limose a spigoli arrotondati

Prova **SCPT** **4** Prof.falda idrica ml. **2.30**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm <sup>2</sup>	Sigma' v daN/cm <sup>2</sup>	Rp kg/cm <sup>2</sup>	N2	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	Fsliq
<b>3</b>	0.420	0.392	<b>2</b>	11	0.96	0.51	<b>2</b>	IMPOSSIBILE	<b>1.01</b>
<b>8.2</b>	1.148	0.912	<b>9</b>	13	0.88	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.07</b>
<b>8.6</b>	1.204	0.952	<b>7</b>	12	0.87	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.02</b>
<b>10.4</b>	1.456	1.132	<b>9</b>	12	0.84	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.06</b>
<b>13</b>	1.820	1.392	<b>6</b>	11	0.81	0.51	2	IMPOSSIBILE	<b>1.01</b>

\*\* Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

**Rp2 = Rp1 + 26 LOG C**

Dove : **C** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **30** %  
**Rp1** = (Nspt\*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp = **4**