

Committenti: Zamagna Alba Franca
Zamagna Assunta
Cicognani Anna

Oggetto

**INDAGINE GEOLOGICO-SISMICA RELATIVA AD AREA OGGETTO
DI PIANO URBANISTICO DI ATTUAZIONE AD USO RESIDENZIALE**

Località : Montaletto di Cervia, via Bollana



Perimetro area d'indagine

Cesena ottobre 2018

Magnani dott. Andrea

INDICE

- 1) *Normative di Riferimento*
- 2) *Premessa*
- 3) *Ubicazione area d'indagine*
- 4) *Inquadramento morfologico e geologico*
- 5) *Indagini eseguite, metodologia e risultati*
- 6) *Stratigrafia dell'area in esame*
- 7) *Idrografia e rischio idrogeologico nel sito*
- 8) *Caratterizzazione geotecnica*
- 9) *Considerazioni sismiche*
- 10) *Verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione*
- 11) *Conclusioni*

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Decreto Ministeriale 17.01.2018: Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M.17.01.2018. Circolare 2.02.2009.

Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n°36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture:

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica - Parte I: Regole Generali. – UNI

Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: progettazione assistita con prove in sito (2002). – UNI

Leggi Regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

PREMESSA

La presente indagine concerne un'area per la quale è stata richiesta la realizzazione di un nuovo comparto edificatorio a destinazione residenziale, previa la realizzazione di opere di urbanizzazione primaria.

UBICAZIONE AREA D'INDAGINE

Il comparto in esame si trova in frazione Montaletto nel comune di Cervia, provincia di Ravenna, in fregio a via Bollana (S.S. Umbro Casentinese).

INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLOGICO

Il terreno si sviluppa in pianura a quote prossime a m 3.60 s.l.m. L'area si trova in una zona alluvionale in cui processi morfogenetici che hanno modellato il territorio sono principalmente di origine fluviale, processi naturali ai quali in epoca storica si sono aggiunti gli interventi antropici che attraverso il rimodellamento superficiale hanno modificato la morfologia originaria.

Dal punto di vista geologico il sito è caratterizzata nel primo sottosuolo da una successione lentiforme di sedimenti inizialmente argillosi, argilloso-limosi e sabbiosi, connessi a fenomeni di tracimazione fluviale. Si tratta in sostanza di depositi di piana alluvionale, di età che va dal Pleistocene medio all'Olocene, ascrivibili ai termini della sequenza deposizionale superiore (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, SERS), corrispondente alla più recente fase di forte subsidenza bacinale e quiescenza tettonica iniziata all'incirca 0,45÷0,35 milioni di anni fa e tuttora in atto. In particolare, come riportato Carta geologica del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, i terreni interessati dalle opere in progetto appartengono al seguente termine della successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano:

AES8 – (Subsintema di Ravenna) spessore circa 28 metri (*Pleistocene medio – Olocene*)

Al tetto sono presenti suoli scarsamente calcarei e a basso grado di alterazione, di colore bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche.

ALLEGATI

Stralcio di C.T.R.

Stralcio di carta geologica

 Perimetro area d'indagine



Stralcio di C.T.R. non in scala (da sezione n°240162 in scala 1:5000)

— Perimetro Zona d'indagine

Cartografia Geologica della Regione Emilia-Romagna



LEGENDA

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano

AES8 - Subsistema di Ravenna



Forlì-Cesena Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di traccimazione fluviale (piana inondabile, argine, e traccimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallobruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale ben drenata con suoli calcarei e non calcarei al tetto; depositi deltizi, litorali e, localmente, marini. I depositi di piana alluvionale includono ghiaie di canale fluviale e geometria nastriforme; lungo la fascia costiera passano con contatto netto ed erosivo a sabbie litorali. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità circa 28 metri.

(Pleistocene sup. - Olocene)

Ravenna Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. L'unità comprende più ordini di terrazzo nelle zone intravallive. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di traccimazione fluviale (piana inondabile, argine, e traccimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è circa 20m.

(Pleistocene sup. - Olocene)

Tessiture:

-  Argilla Limosa
-  Limo Argilloso Sabbioso

INDAGINI ESEGUITE, METODOLOGIA E RISULTATI

Il terreno è stato esplorato mediante sei (6) sondaggi penetrometrici statici (CPT), ubicati come indicato nella planimetria allegata, tutti spinti alla profondità di m-15.00 dal piano di campagna attuale. Si sono poi realizzate due prove sismiche, la prima con metodologia MASW Attiva (Multichannel Analysis of Surface Waves) e l'altra con metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con le quali si è definita la frequenza naturale dei terreni in esame e il valore V_{S30} (velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi trenta metri sotto alle fondazioni).

Prova penetrometrica statica (CPT)

La penetrometrica statica (CPT) consiste nel rilevare la resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante, $v = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5$.

La penetrazione avviene mediante un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al terreno, che agisce su una doppia batteria di aste (aste esterne cave e aste interne piene e coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario all'infissione viene registrato a intervalli di 20 cm da una cella tensiometrica collegata a un trasduttore digitale. La punta conica (telescopica) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale locale (Rl) (punta tipo Begemann).

- diametro di base del cono: $\phi = 35.7 \text{ mm}$ - area della punta conica: $A_p = 10 \text{ cm}^2$

- angolo di apertura del cono: $\beta = 60^\circ$ - superficie laterale del manicotto: $A_m = 150 \text{ cm}^2$

I dati elaborati dalle prove sono riportati nelle tabelle allegate:

q_c (kg/cm²) : resistenza statica alla punta - f_s (kg/cm²) : resistenza all'attrito laterale locale

Prova sismica con metodo (MASW Attiva)

La procedura MASW si sostanzia nell'acquisizione di onde sismiche superficiali (ground roll), nella costruzione di una curva di dispersione (grafico velocità di fase V_s – frequenza v) e nell'inversione della curva di dispersione con la quale si ottiene il profilo verticale V_s .

La prima fase si ha generando un treno di onde superficiali mediante una mazza battente sul terreno, onde che nel nostro caso sono state registrate con strumento DOLANG JEA a 24 canali. I dati acquisiti sono poi elaborati con software specifico (MASW© by Vitantonio Roma)

Prova sismica con metodo (HSVR)

La prova sismica, basata sulla registrazione dei microtremori naturali, è stata realizzata con un tromometro digitale modello “*Tromino*” al cui interno sono posti tre velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta definizione, con intervallo di frequenza compreso fra 0.1 e 256 Hz. Il rumore sismico è stato registrato nei suoi tre elementi per un intervallo pari a 20 minuti. Per la determinazione della velocità delle onde di taglio e quindi del valore V_{S30} si è utilizzato un codice di calcolo in grado di interpretare i rapporti spettrali (HSVR) basati sulla simulazione del campo di onde superficiali (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piano paralleli (i risultati sono riportati in allegato al capitolo relativo alla caratterizzazione sismica del sito d’indagine).

ALLEGATI

Planimetria con ubicazione penetrometrie, traccia prova MASW, ubicazione prova HVSr e traccia sezioni stratigrafiche

Profili penetrometrici completi di colonna stratigrafica

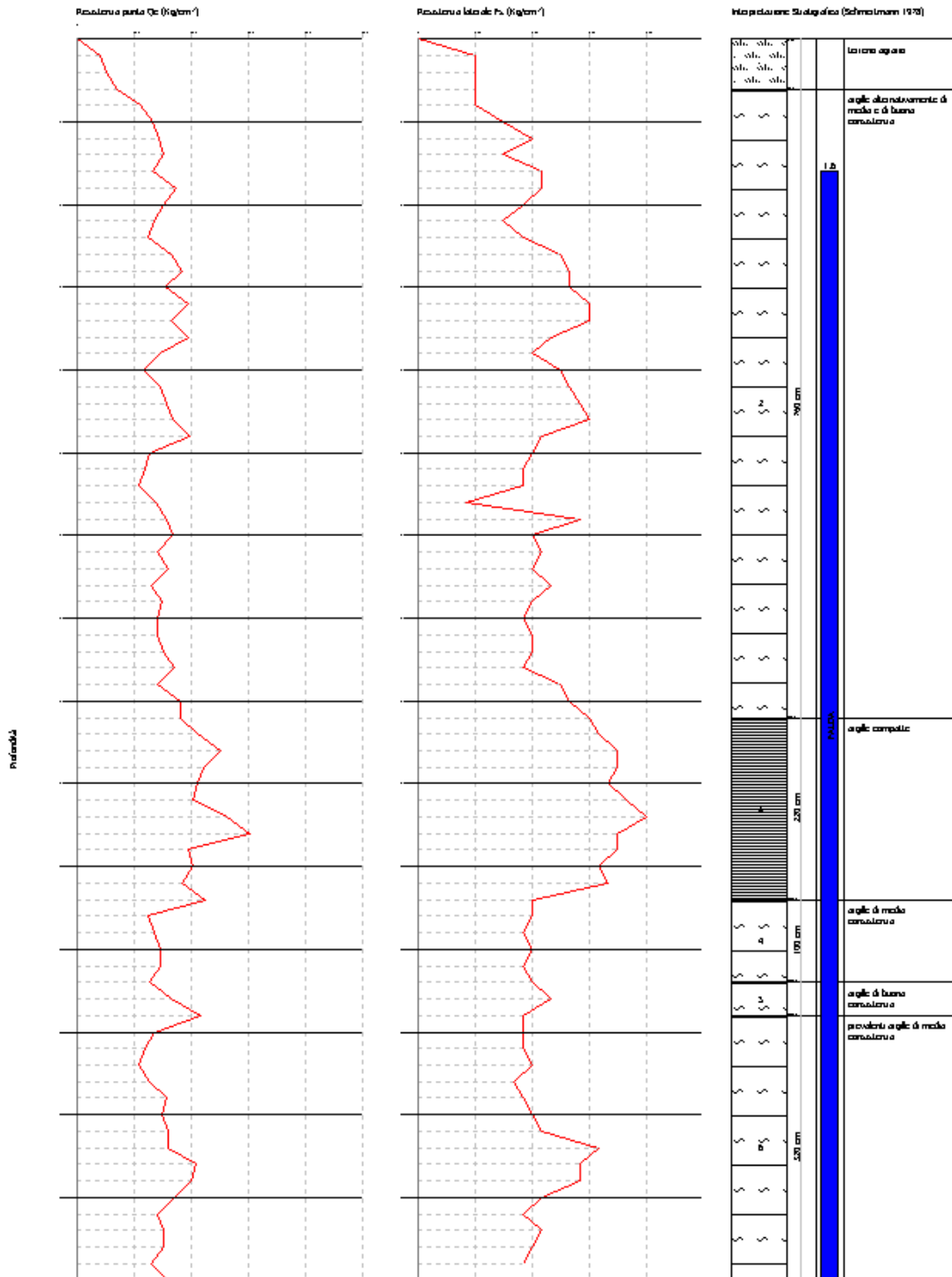
GEOSTRU SOFTWARE
 WWW.GEOSTRU.COM
 GEOSTRU@GEOSTRU.COM

Probe CPT - Core Penetration N. 1
 Strumento utilizzato... PAGANI 100 KN
 Diagramma Risultati q_c & f_s

Committente : **Zemagno Alto Franco - Zemagno Assunta - Colognani Anna**
 Contatto : **Realizzazione di Piano Urbanistico di Attivazione di un'Area Residuale**
 Località : **Montebello di Cesena, via Bologna**

Data: 07/11/2015

Scala: 1:50



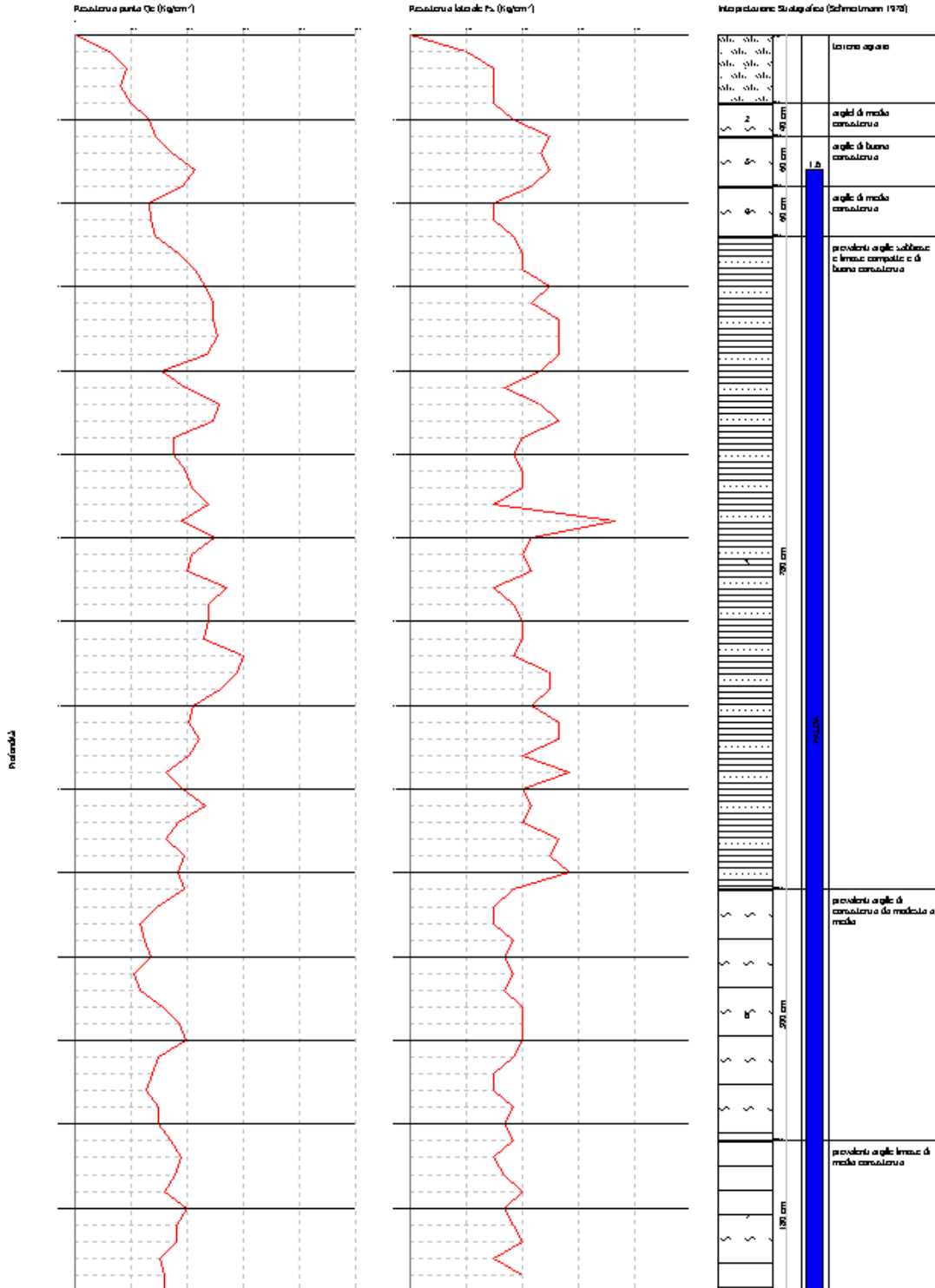
GEOSTRU SOFTWARE
WWW.GEOSTRU.COM
GEOSTRUGEOSTRU.COM

Proble: CPT - Core Percolation N.2
Strumento utilizzato: PAGANI 100 KN
Diagramma Risultato: qz (t)

Committente: Comune Alto Franco - Comune Assunta - Comune Anna
Contatto: P.zza Lucrezia di un Piano Urbanistico di Attivazione di un'Area Residenziale
Località: Montebello di Cesena, via Bologna

Data: 07/11/2015

Scala: 1:50



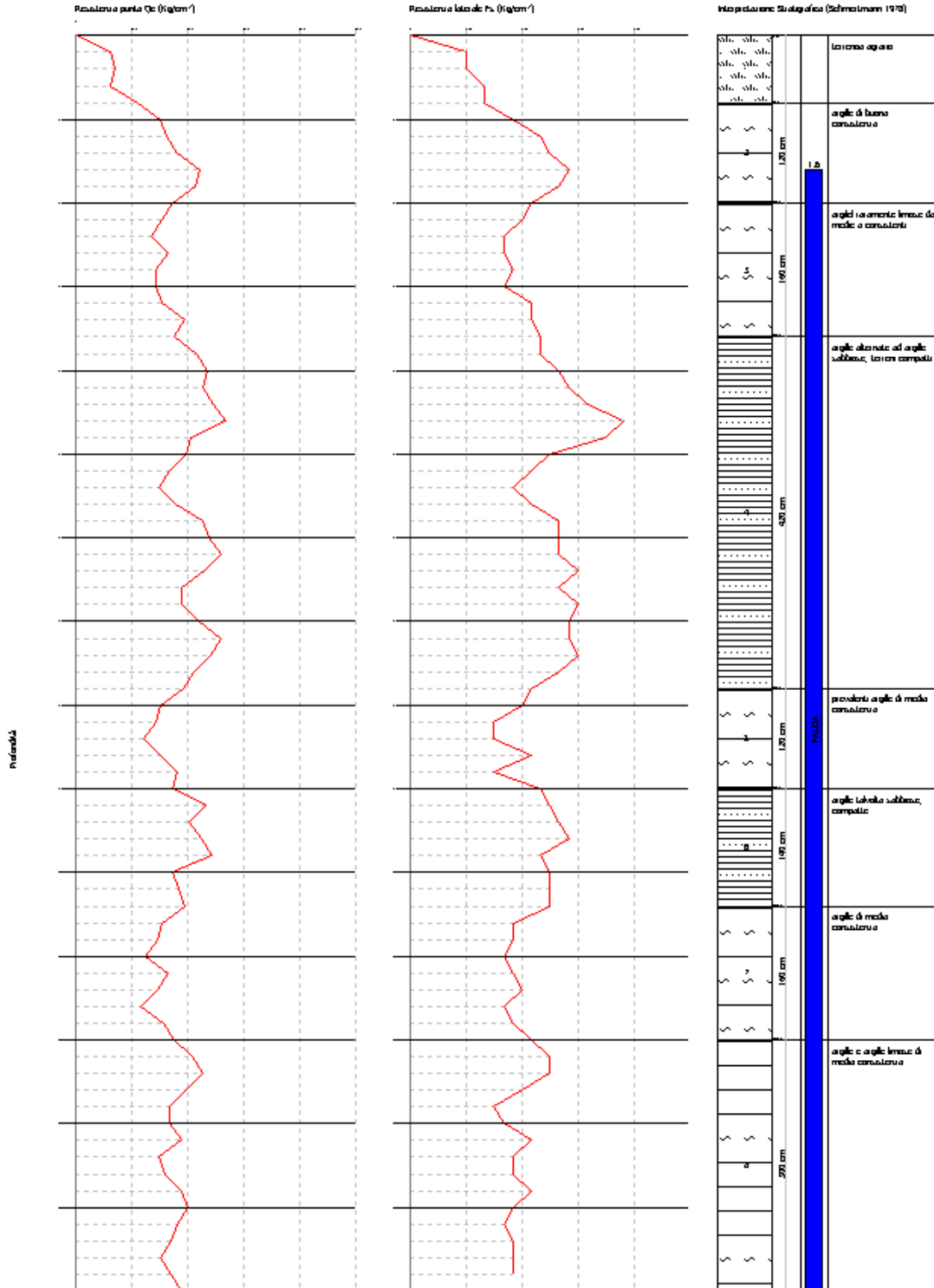
GEOSTRU SOFTWARE
WWW.GEOSTRU.COM
GEOSTRUG@GEOSTRU.COM

Profilo CPT - Core Penetration N. 5
Sperimentato alla data: ... MAGNANI 100 KN
Diagramma Risultato c.p.t.

Committente : **Zemagna Albo Franco - Zemagna Assurita - Colognani Anna**
Contatto : **Paolo Zucchi - Di Poro Urbanistica di Assistenza di un'Arca Privata**
Località : **Mantovaglia di Cesva, via Italiana**

Data: 07/11/2015

Scala: 1:50



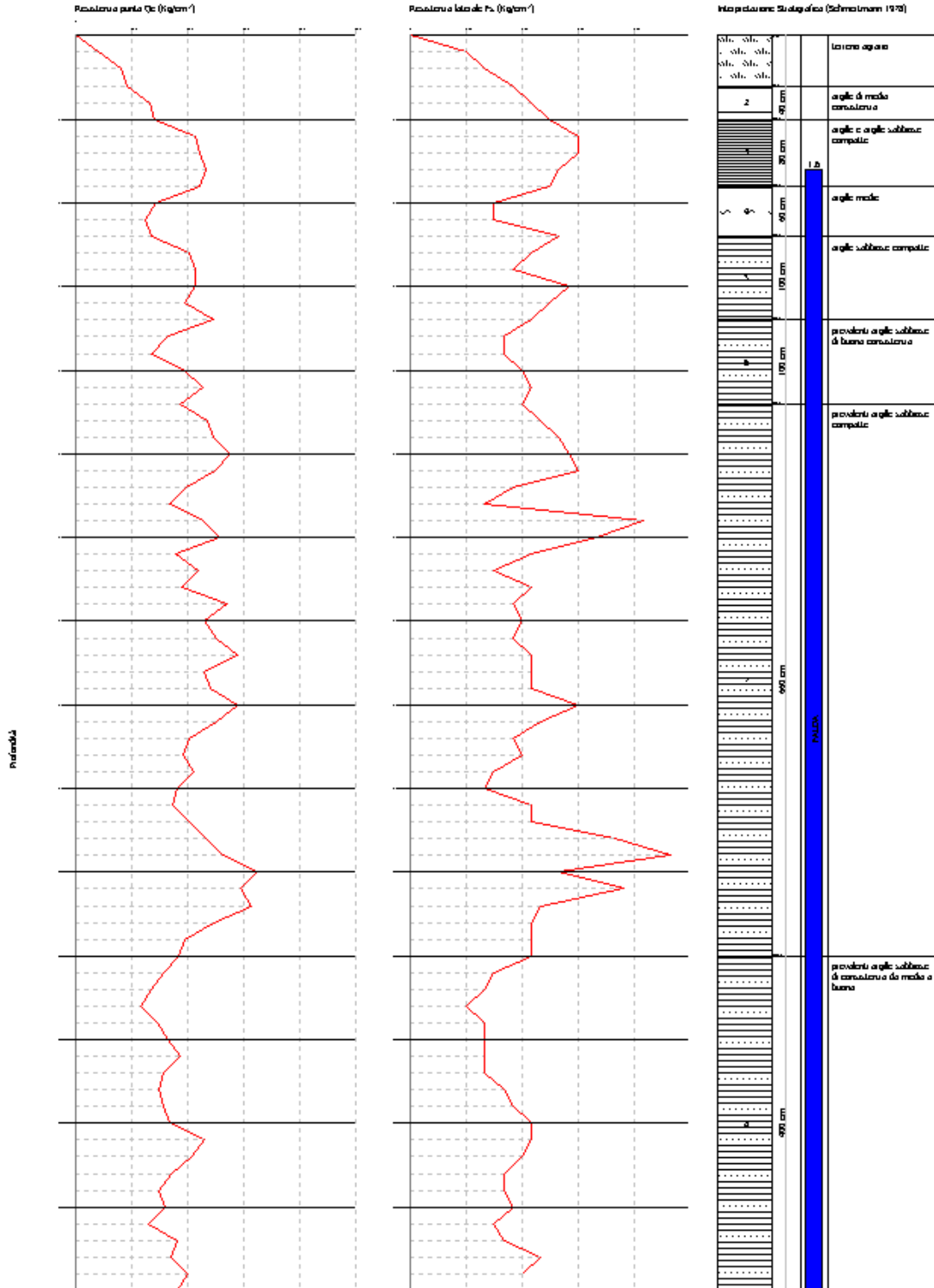
GEOSTRU SOFTWARE
WWW.GEOSTRU.COM
GEOSTRUG@GEOSTRU.COM

Probe CPT - Core Permeabili N.4
Sperimento idraulico - MAGNANI 100 KN
Diagramma Resistenza qc (s)

Committente : **Zemagna Alto Franco - Zemagna Assunta - Colognani Anna**
Contatto : **Prolocazione di Pare Urbana di Attivazione di un'Area Residenziale**
Località : **Mantovola di Cesva, via Bologna**

Data: 07/11/2015

Scala: 1:50



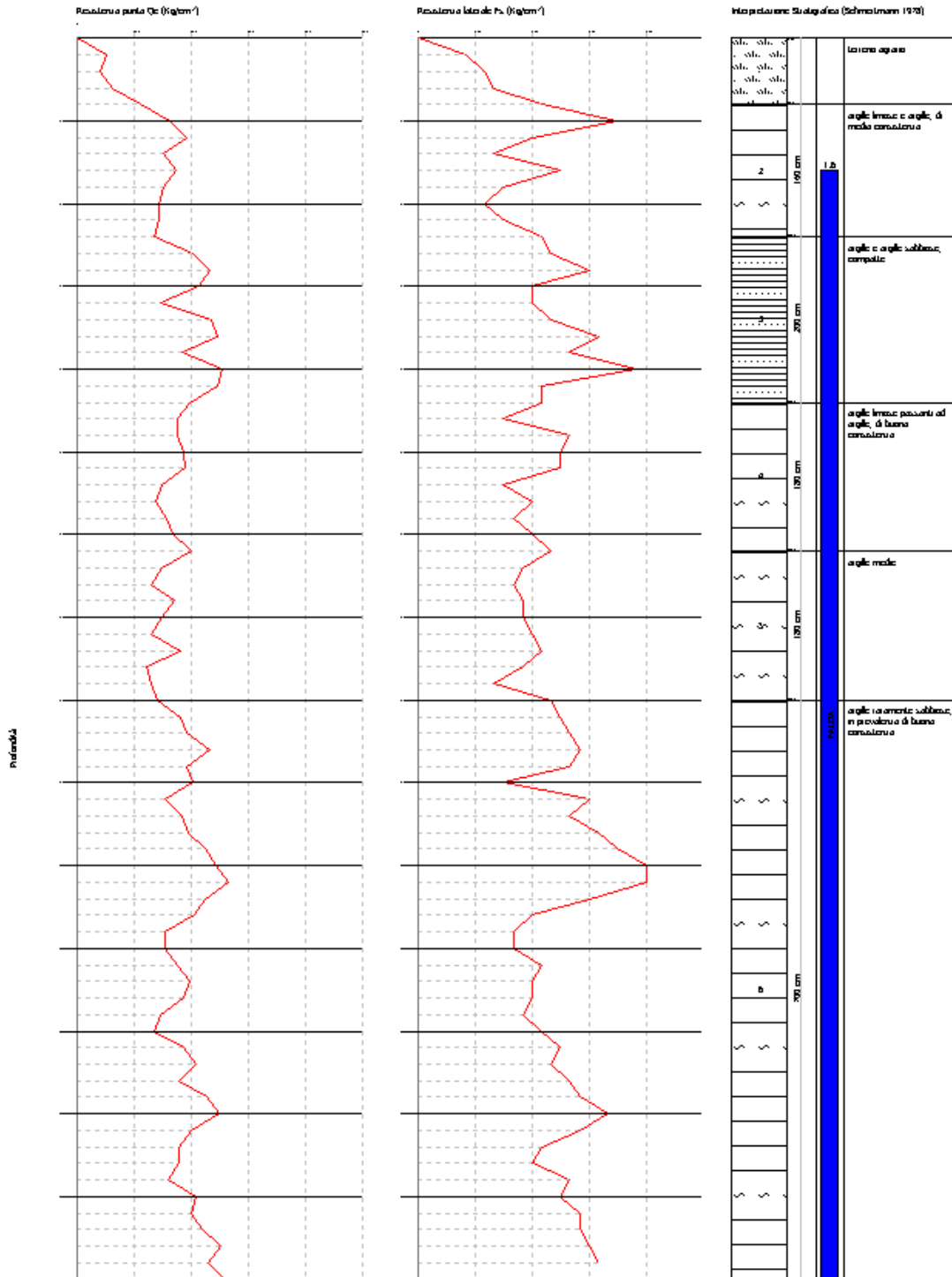
GEOSTRU SOFTWARE
 WWW.GEOSTRU.COM
 GEOSTRU@GEOSTRU.COM

Probe CPT - Core Penetration N.3
 Sperimentato sulla sabbia... MAGNANI 100 KN
 Diagramma Risultato c.p.c.

Committente : **Zemagna Alto Franco - Zemagna Assunta - Colognani Anna**
 Contatto : **Realizzazione di Piano Urbanistico di Attivazione di un'Area Residuale**
 Località : **Mantolotto di Cesva, via Bologna**

Data: 03/11/2015

Scala 1:50



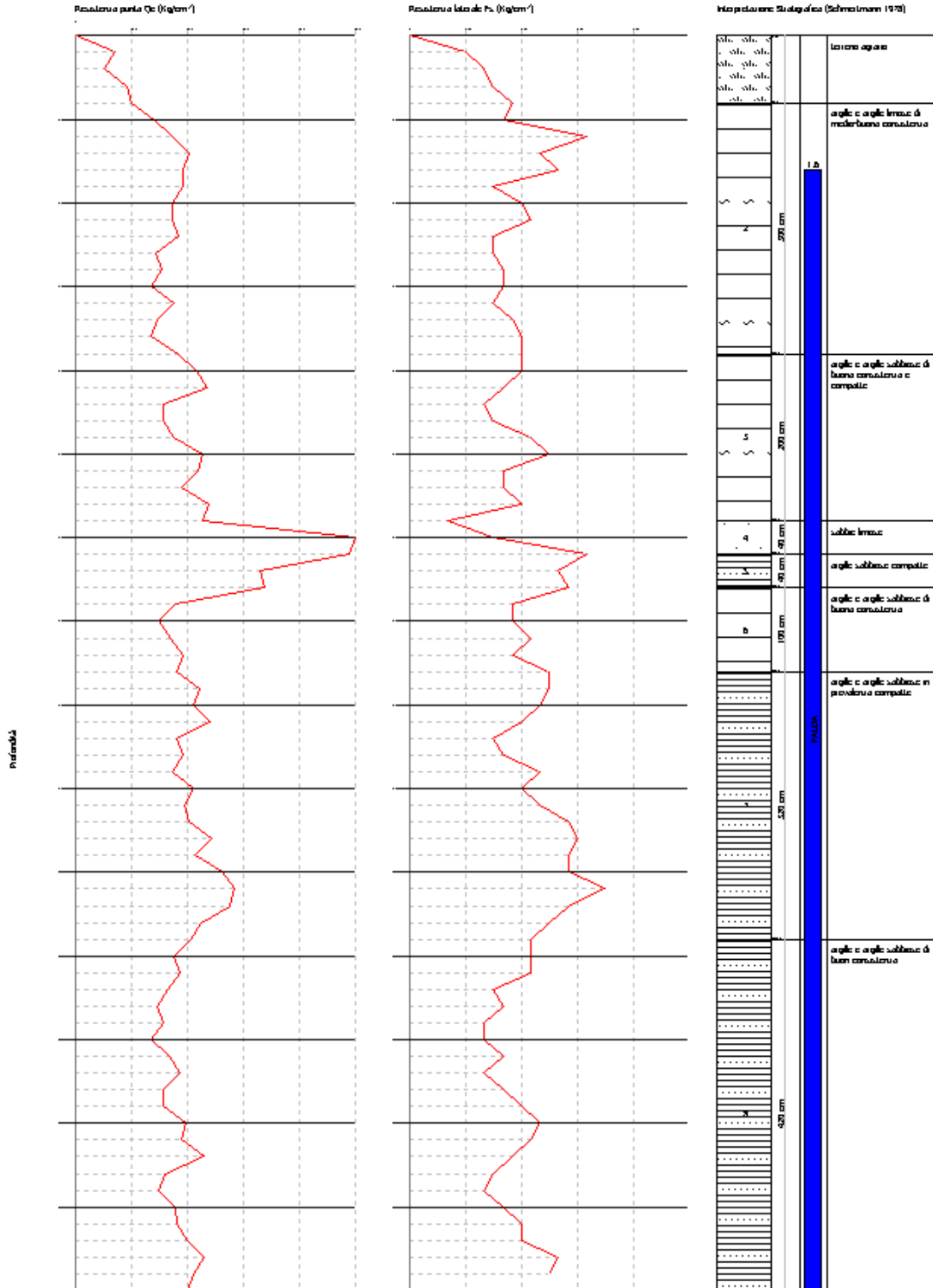
GEOSTRU SOFTWARE
WWW.GEOSTRU.COM
GEOSTRUG@GEOSTRU.COM

Proble: CPT - Core Penetration N. 3
Strumento utilizzato: PACANI 100 KN
Diagramma Risultato: qz, fs

Committente: Romagna Alta Franco - Romagna Assurita - Colognani Anna
Contatto: Paolo Lorenzi di Piero Urbaniana di Altavanna di un'Area Residenziale
Località: Montaltino di Cesva, via Bologna

Data: 03/11/2015

Scala: 1:20



STRATIGRAFIA DELL'AREA IN ESAME

Le stratigrafie dei singoli punti sondati sono state elaborate utilizzando i dati penetrometrici in base alle correlazioni di Schmertmann, stratigrafie che si configurano come segue:

Penetrometria n°1

Dal p.c. a m-0.60 : terreno agrario

Da m-0.60 a m-8.20 : argille alternativamente di media e di buona consistenza

Da m-8.20 a m-10.40 : argille compatte

Da m-10.40 a m-11.40 : argilla di media consistenza

Da m-11.40 a m-11.80 : argille di buona consistenza

Da m-11.80 a m-15.00 : prevalenti argille di media consistenza

Penetrometria n°2

Dal p.c. a m-0.80 : terreno agrario

Da m-0.80 a m-1.20 : argille di media consistenza

Da m-1.20 a m-1.80 : argille di buona consistenza

Da m-1.80 a m-2.40 : argille di media consistenza

Da m-2.40 a m-10.20: prevalenti argille sabbiose e limose, compatte e di buona consistenza

Da m-10.20 a m-13.20 : prevalenti argille di consistenza da modesta a media

Da m-13.20 a m-15.00 : prevalenti argille limose di media consistenza

Penetrometria n°3

Dal p.c. a m-0.80 : terreno agrario

Da m-0.80 a m-2.00 : argille di buona consistenza

Da m-2.00 a m-3.60 : argille raramente limoso, da medie a consistenti

Da m-3.60 a m-7.80 : argille alternate ad argille sabbiose, terreni compatti

Da m-7.80 a m-9.00 : prevalenti argille di media consistenza

Da m-9.00 a m-10.40 : argille talvolta sabbiose, compatte

Da m-10.40 a m-12.00 : argille di media consistenza

Da m-12.00 a m-15.00 : argille e argille limose di media consistenza

Penetrometria n°4

Dal p.c. a m-0.60 : terreno agrario

Da m-0.60 a m-1.00 : argille di media consistenza

Da m-1.00 a m-1.80 : argille e argille sabbiose, compatte

Da m-1.80 a m-2.40 : argille medie

Da m-2.40 a m-3.40 : argille sabbiose compatte

Da m-3.40 a m-4.40 : prevalenti argille sabbiose di buona consistenza

Da m-4.40 a m-11.00 : prevalenti argille sabbiose compatte

Da m-11.00 a m-15.00 : prevalenti argille sabbiose di consistenza da media a buona

Penetrometria n°5

Dal p.c. a m-0.80 : terreno agrario

Da m-0.80 a m-2.40 : argille limose e argille, di media consistenza

Da m-2.40 a m-4.40 : argille e argille sabbiose compatte

Da m-4.40 a m-6.20 : argille limose passanti ad argille, di buona consistenza

Da m-6.20 a m-8.00 : argille medie

Da m-8.00 a m-15.00 : argille raramente sabbiose, in prevalenza di buona consistenza

Penetrometria n°6

Dal p.c. a m-0.80 : terreno agrario

Da m-0.80 a m-3.80 : argille e argille limose di medio-buona consistenza

Da m-3.80 a m-5.80 : argille e argille sabbiose di buona consistenza e compatte

Da m-5.80 a m-6.20 : livello di sabbie limose

Da m-6.20 a m-6.60 : argille sabbiose compatte

Da m-6.60 a m-7.60 : argille e argille sabbiose, di buona consistenza

Da m-7.60 a m-10.80 : argille e argille sabbiose in prevalenza compatte

Da m-10.80 a m-15.00 : argille e argille sabbiose di buona consistenza

Si è in presenza di sedimenti esclusivamente coesivi, salvo che per un sottile livello sabbioso rilevato nella prova CPT n°6, con configurazione lenticolare e distribuzione irregolare, tale da rendere impossibile definire delle correlazioni stratigrafiche. Si tratta in sostanza di terreni di consistenza da media a buona , raramente compatti, quindi ancora in parte sensibili alle sollecitazioni di carico che si avranno con la realizzazione dei manufatti previsti in progetto.

ALLEGATI

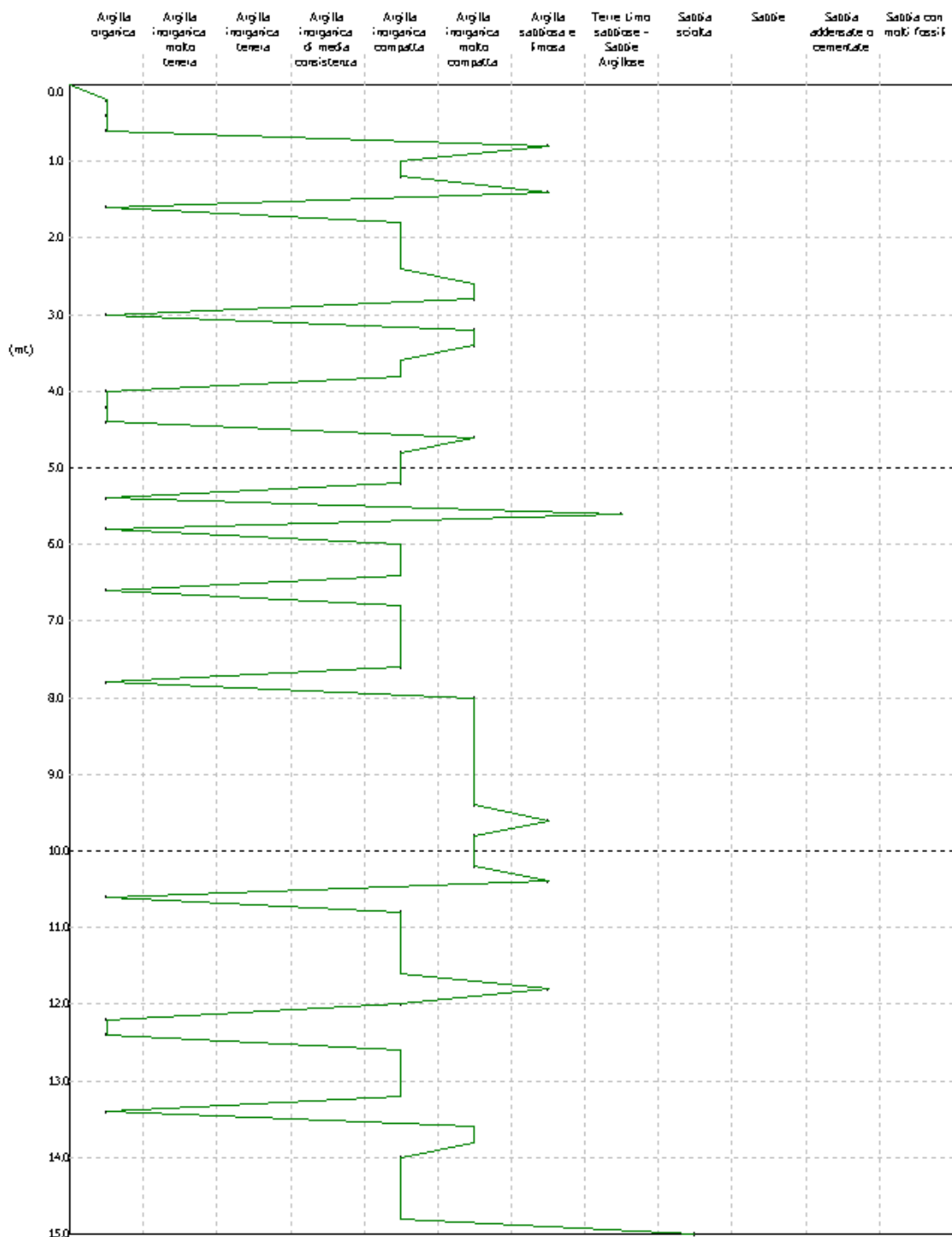
Profili stratigrafici secondo Schmertmann

Sezioni stratigrafiche

GEOSTRU SOFTWARE
WWW.GEOSTRU.COM
GEOSTRU@GEOSTRU.COM

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.1

Committente : Zamagna Alba Franca - Zamagna Assunta - Cognani Anna
Data :07/11/2013
Cantiere : Realizzazione di Piano Urbanistico di Attuazione di un'Area Residenziale
Località : Montaleto di Cesina, via Ballana

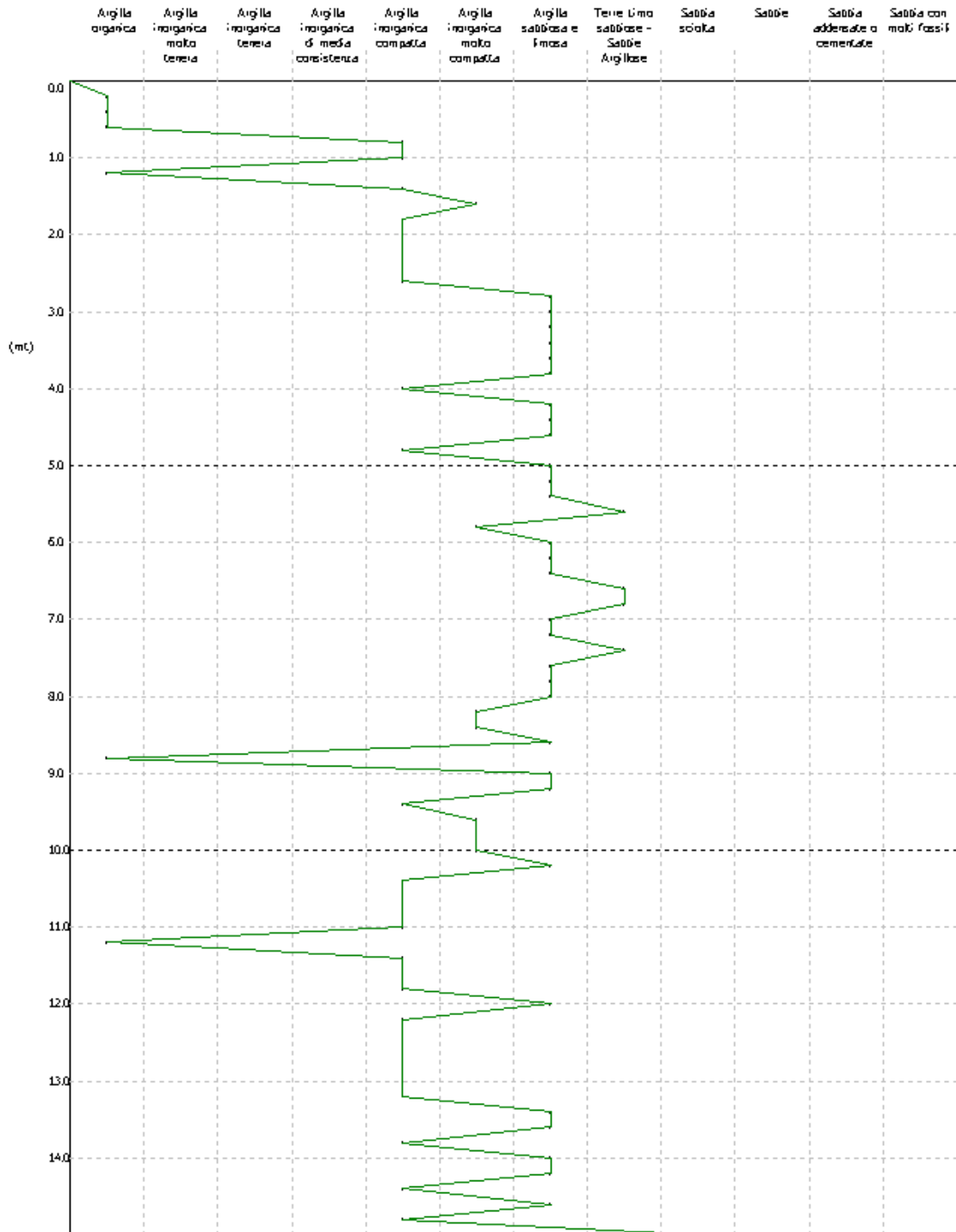


GEOSTRU SOFTWARE
 WWW.GEOSTRU.COM
 GEOSTRU@GEOSTRU.COM

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.2

Committente : Zamagna Alba Franca - Zamagna Assunta - Crognani Anna
 Cantiere : Realizzazione di un Piano Urbanistico di Attuazione di un'Area Residenziale
 Località : Montaleto di Cervia, via Ballana

Data :07/11/2013



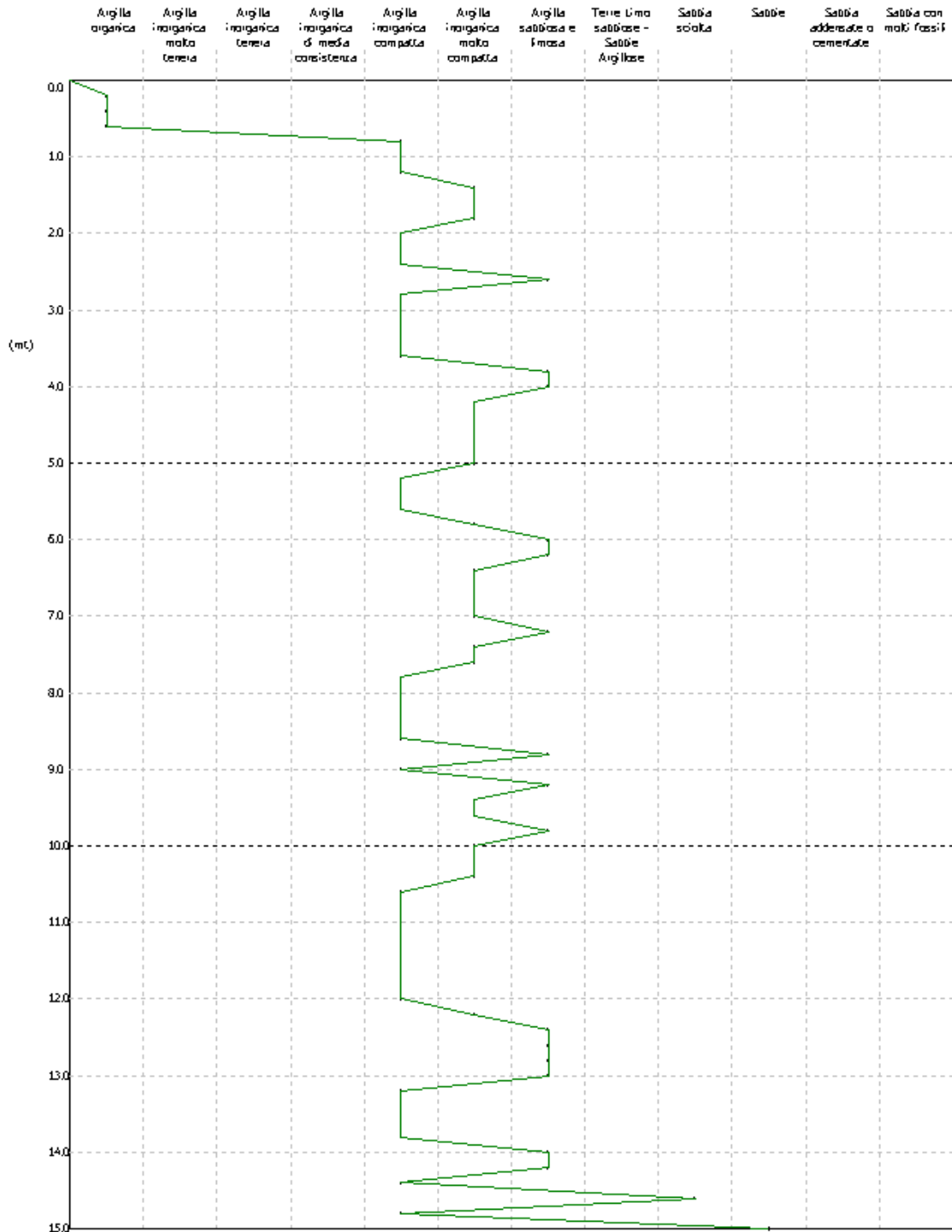
GEOSTRU SOFTWARE
 WWW.GEOSTRU.COM
 GEOSTRU@GEOSTRU.COM

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
 PROVA: Nr.3

Committente :
 Cantiere :
 Località :

Zamagna Alta Franca - Zamagna Assunta - Crognani Anna
 Realizzazione di Piano Urbanistico di Attuazione di un'Area Privata
 Montaleto di Cervia, via Ballana

Data :07/11/2013



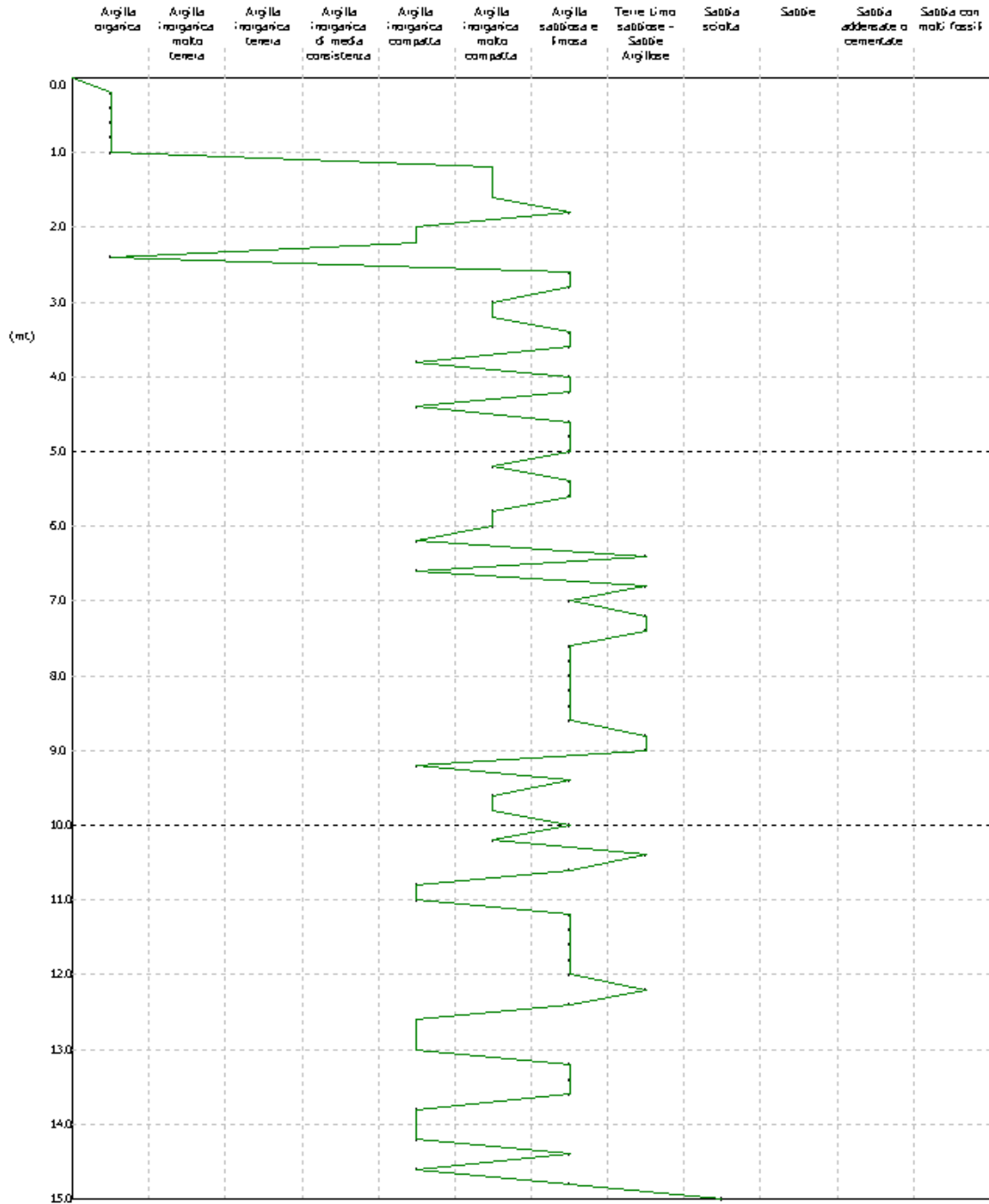
GEOSTRU SOFTWARE
 WWW.GEOSTRU.COM
 GEOSTRU@GEOSTRU.COM

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.4

Committente :
 Cantiere :
 Località :

Zamagna Alta Franca - Zamagna Assunta - Crognani Anna
 Realizzazione di Piano Urbanistico di Attuazione di un'Area Residenziale
 Montaleto di Cesvia, via Bollana

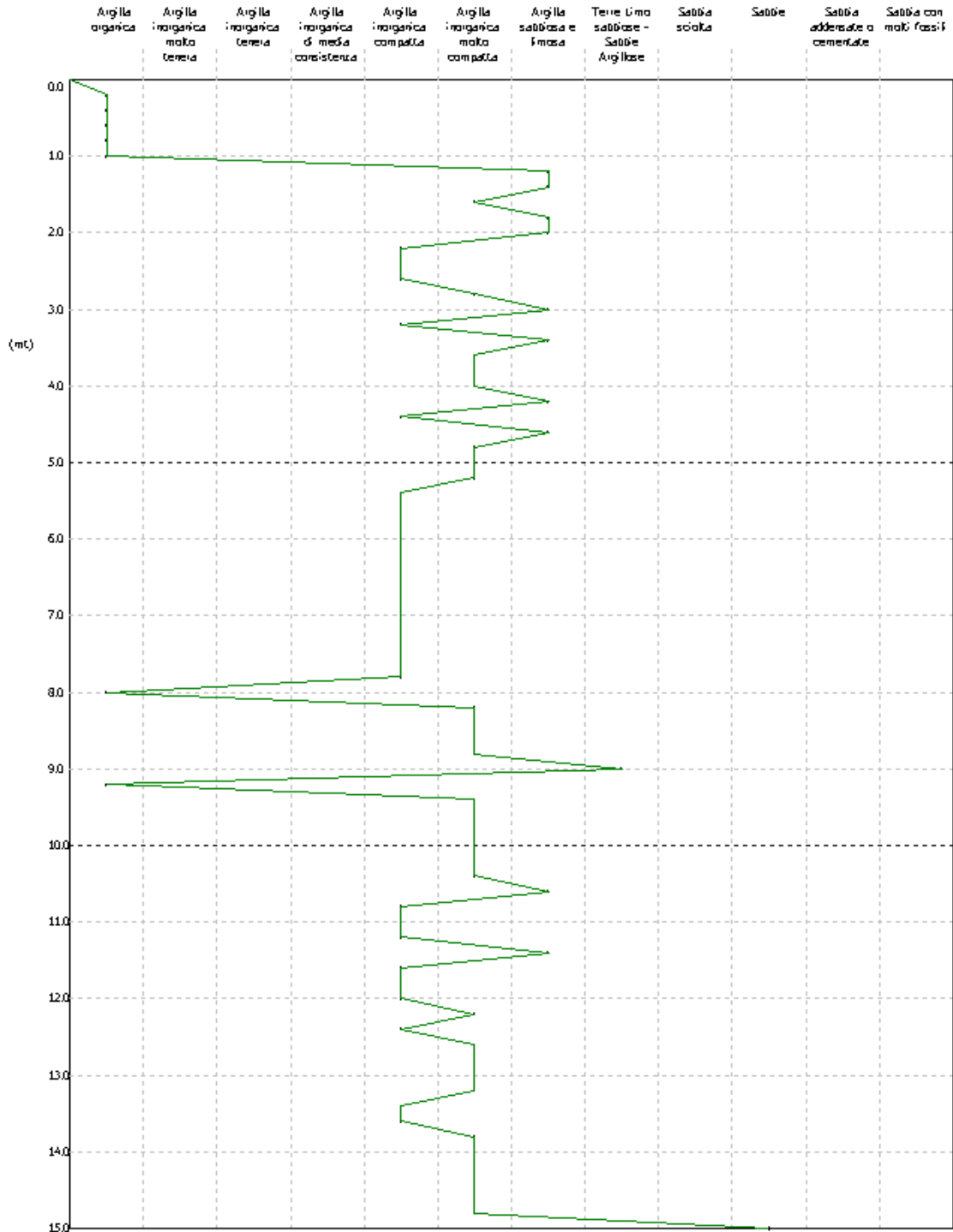
Data : 07/11/2013



GEOSTRU SOFTWARE
 WWW.GEOSTRU.COM
 GEOSTRU@GEOSTRU.COM

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.5

Committente : Zamagna Alta Franca - Zamagna Assunta - Crognani Anna Data :08/11/2013
 Cantiere : Realizzazione di Piano Urbanistico di Attuazione di un'Area Residenziale
 Località : Montaleto di Cervia, via Ballana

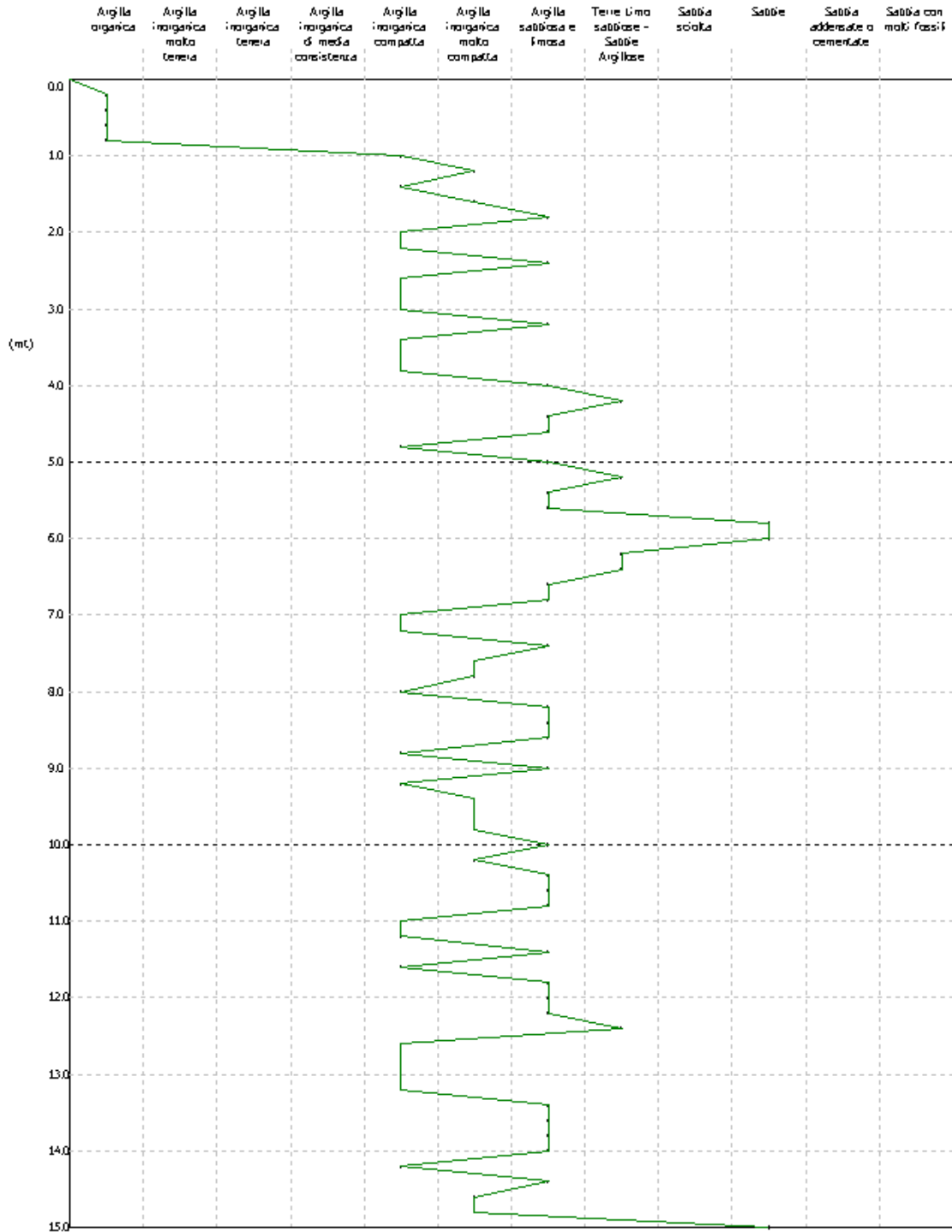


GEOSTRU SOFTWARE
WWW.GEOSTRU.COM
GEOSTRU@GEOSTRU.COM

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.6

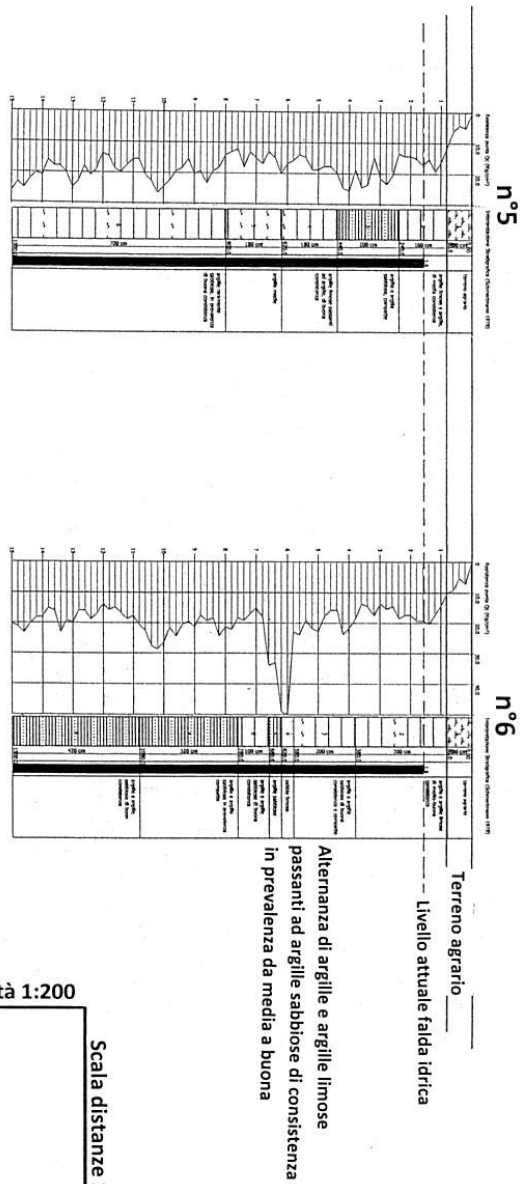
Committente : Zamagna Alba Franca - Zamagna Assunta - Crognari Anna
Cantiere : Realizzazione di Piano Urbanistico di Attuazione di un'Area Residenziale
Località : Montaleto di Cervia, via Ballana

Data :08/11/2013



MAGNANI DOTT. ANDREA – GEOLOGO – CESENA, PIAZZA ISEI N°18 – TEL. 054725121 – FAX. 0547366469

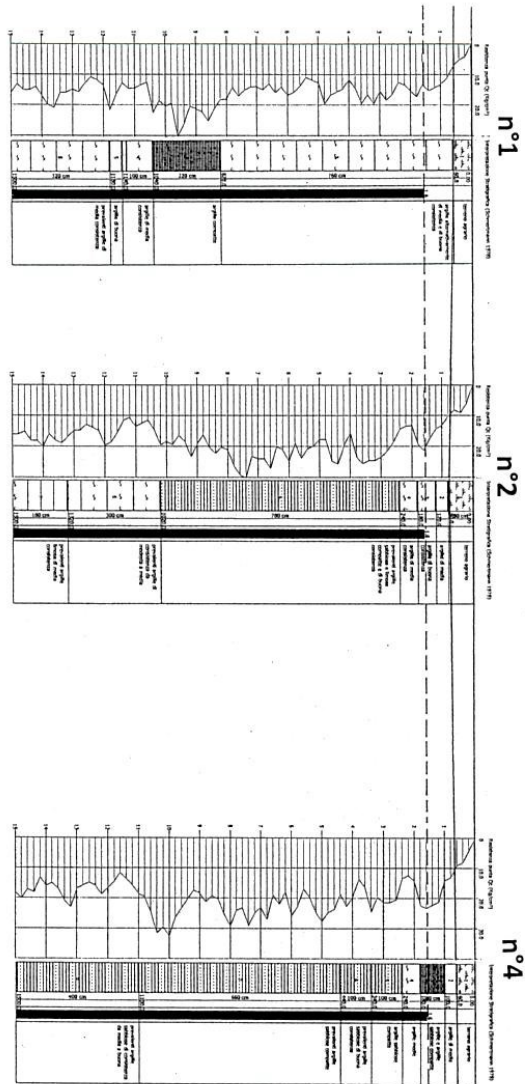
Sezione stratigrafica con profili penetrometrici



Scala profondità 1:200

Scala distanze 1:800

Sezione stratigrafica con profili penetrometrici



Terreno agrario

--- Livello attuale falda idrica

Alternanza di argille e argille limose
passanti ad argille sabbiose di consistenza
in prevalenza da media a buona

Scala profondità 1:200

Scala distanze 1:800

IDROGRAFIA E RISCHIO IDROGEOLOGICO NEL SITO

Idrografia superficiale e permeabilità dei terreni presenti nell'area

Al momento nell'area il drenaggio delle acque meteoriche è riconducibile all'assorbimento diretto del terreno ed in parte alla presenza di alcuni fossi interpoderali.

Idrografia sotterranea

E' stata rilevata la presenza di una falda idrica superficiale, presente al momento dell'indagine nei fori sondaggio a circa m-1.60 dal piano di campagna. Si tratta di una falda sospesa, a pelo libero e alimentata in prevalenza dalle precipitazioni meteoriche e quindi soggetta a regolari oscillazioni stagionali. Il livello attuale, visto il periodo stagionale dovrebbe corrispondere al livello di medio ravvenamento, con possibilità di ulteriori innalzamenti in periodo primaverile.

Interventi da prevedersi in relazione alla impermeabilizzazione dell'area

L'attuazione di quanto richiesto porterà alla impermeabilizzazione di parte dell'area, quindi per mantenere l'invarianza idraulica della zona e cioè per evitare l'incremento di deflusso si dovrà operare in modo che la portata d'acqua attuale non aumenti dopo l'intervento e il deflusso dovrà essere controllato in modo da non superare l'attuale stato di carico durante il tempo in cui si hanno precipitazioni meteoriche. Si dovrà pertanto provvedere la rete fognante di opportune opere di stoccaggio (vasche o laghetti di laminazione o condotta fognaria esuberante, o altro) da dimensionarsi per una capienza minima da valutarsi sulla base di quanto disposto dalle autorità competenti in materia.

Rischio di alluvionamento

L'area si trova in una zona indicata “ *Di potenziale allagamento – Art.6*”, come indicato nell'allegato stralcio di Carta del Rischio Idrogeologico redatta dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli.

Tutela ambientale

Si rimanda a quanto indicato nella allegata planimetri del PTCP della provincia di Ravenna

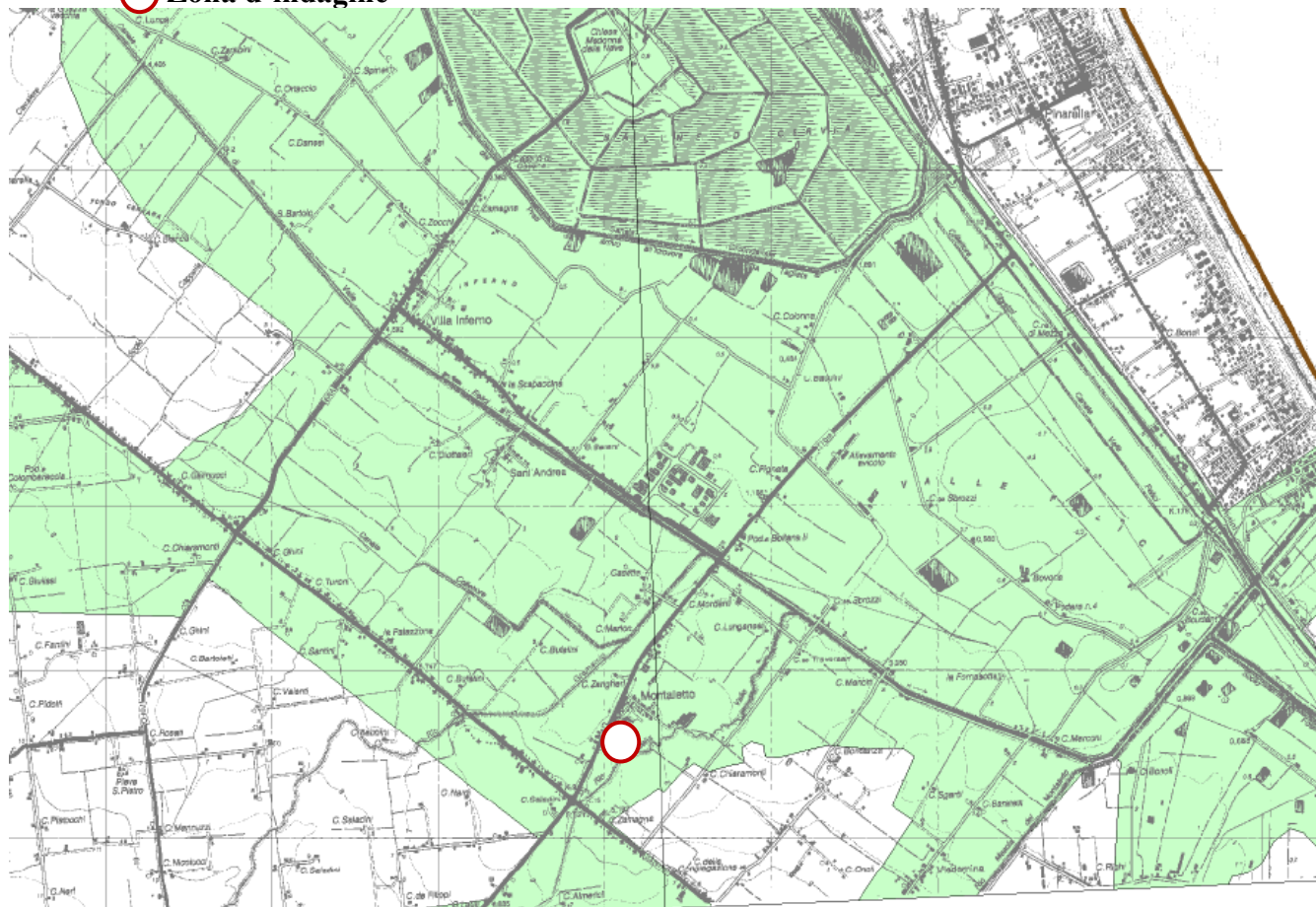
ALLEGATI

Carta tematica con indicate le aree a rischio idrogeologico

Carta della tutela delle risorse idriche superficiali e sotterranee (PTCP – Ravenna)

Carta dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storico-culturali (PTCP – RA)

 Zona d'indagine








 Regione Emilia-Romagna

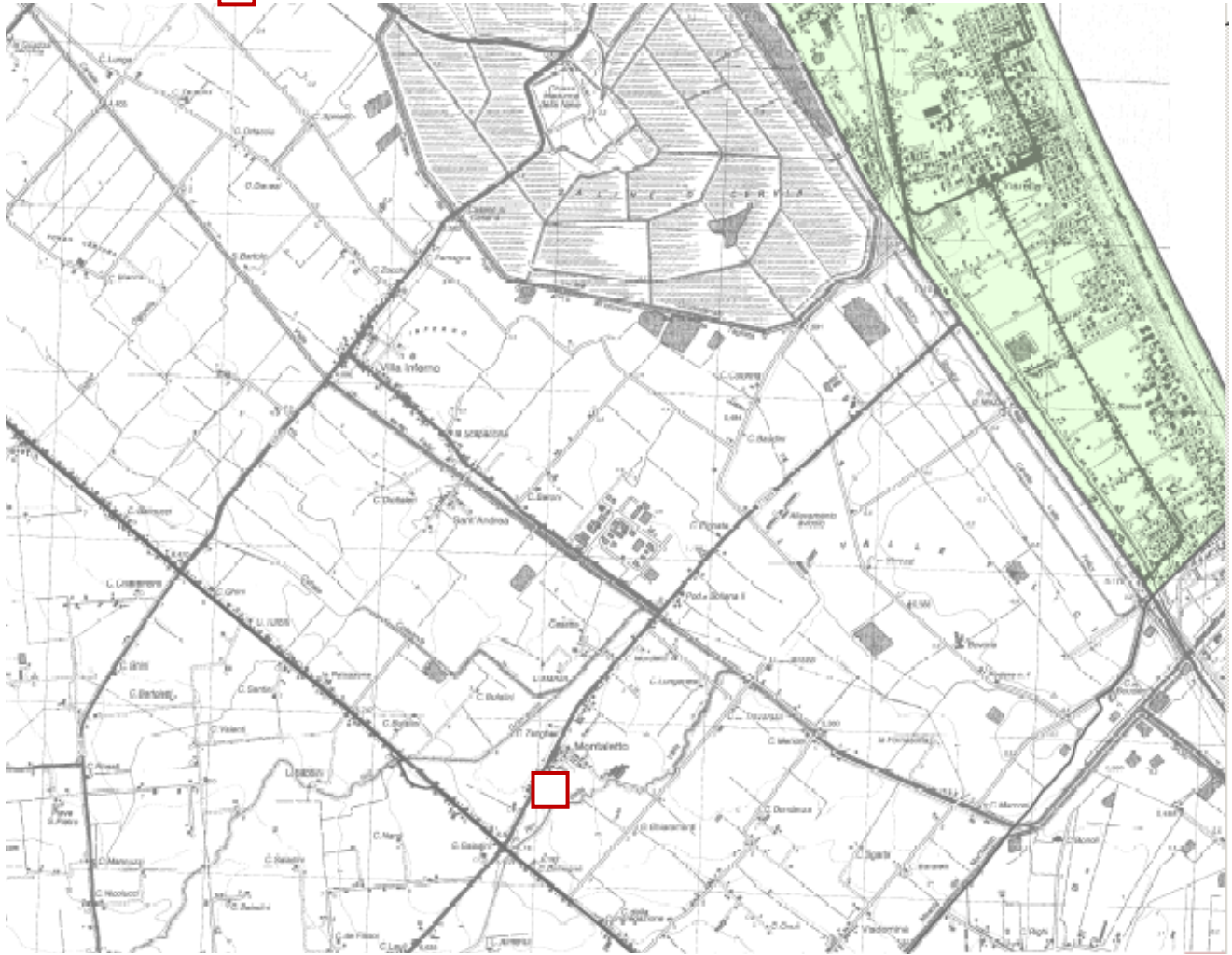
Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

Aree a rischio idrogeologico


















Titolo II - "Assetto della rete idrografica"

-  *Art. 2 ter - alveo*
-  *Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione*
-  *Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione*
-  *Art. 6 - aree di potenziale allagamento*
-  *Art. 10 - distanze di rispetto dai corpi arginali*

 ZONA D'INDAGINE



Legenda

-  Contorni Amministrativi
-  Quadro Unione 1:25000
- Carta Tecnica Regionale 1:25000**
- Value**
-  High : 1
Low : 0
-  Sorgenti (Art.5.3)
-  Sorgenti termali (Art. 5.3)
- Captazioni per consumo umano e loro zone di protezione**
-  Captazioni acque sotterranee per consumo umano (Artt. 5.3; 5.15)
-  Captazioni acque superficiali per consumo umano (Artt. 5.3; 5.6; 5.15)
-  Zone rispetto captazioni acque sotterranee per consumo umano (Artt.5.3; 5.11; 5.15)
-  Zone rispetto captazioni acque superficiali per consumo umano (Artt. 5.3; 5.6; 5.11; 5.15)
-  Porzioni di bacino immediatam. a monte di captazioni acque superficiali per consumo umano (Artt.5.3; 5.6)
-  Bacino imbrifero di captazione acque superficiali per consumo umano - Rio Cesina Bacino Intero (Artt.5.3; 5.6)
-  Bacino imbrifero di captazione acque superficiali per consumo umano - Torr. Serio Bacino Intero (Artt.5.3; 5.6)
- Zone vulnerabili (Art.5.14)**
-  Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola (Art.5.14)
- Zone di protezione acque sotterranee nel territorio pedecollina-pianura (Artt. 5.3; 5.4; 5.10; 5.11; 5.13)**
-  settore di ricarica di tipo A
-  settore di ricarica di tipo B
-  settore di ricarica di tipo C
-  settore di ricarica di tipo D

 **PROVINCIA DI RAVENNA**

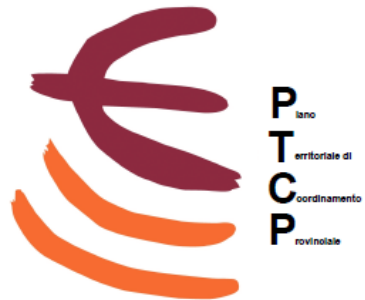
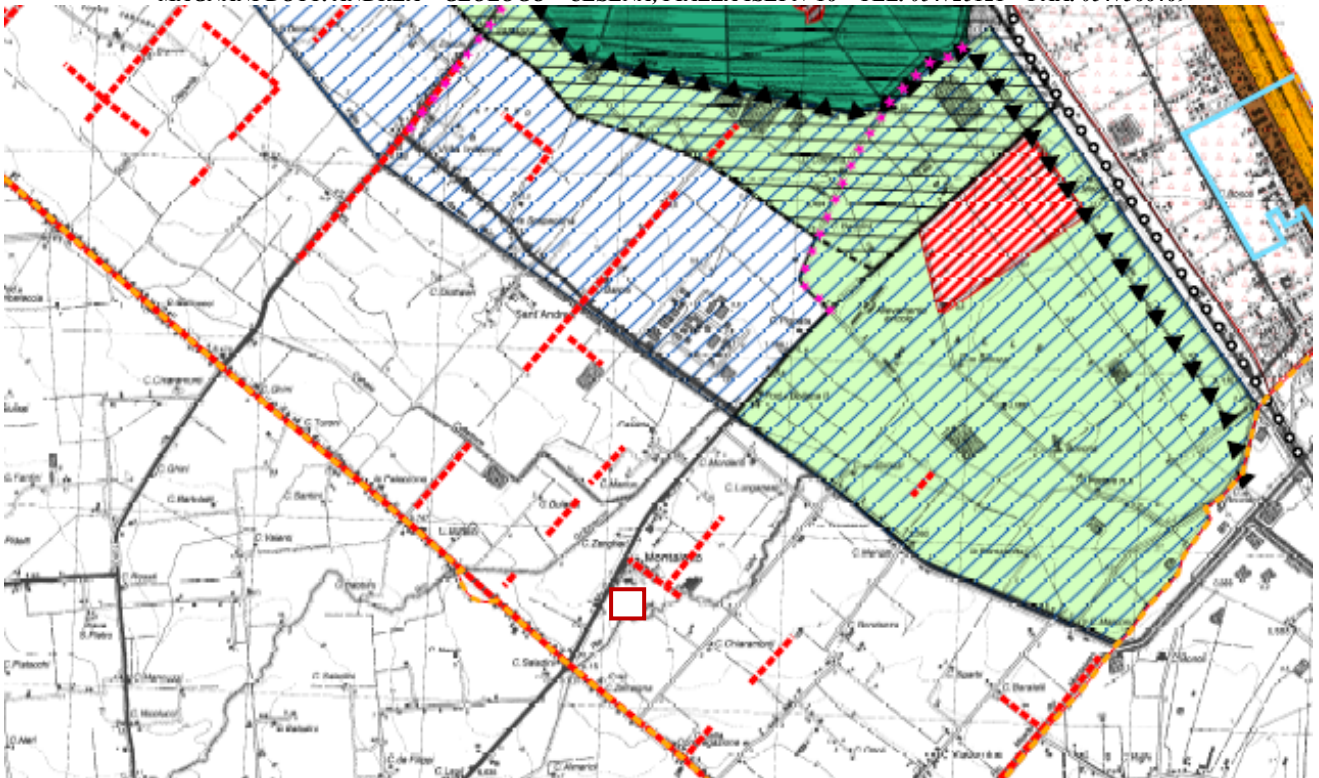


tavola di piano
CARTA DELLA TUTELA DELLE RISORSE IDRICHE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

 ZONA D'INDAGINE



LEGENDA

Sistemi e zone strutturanti la forma del territorio

SISTEMI

• • •	Collina	Art. 3.9
↑ ↑ ↑	Crinali spartiacque minori	Art. 3.9
▲ ▲ ▲	Costa	Art. 3.12
- - -	Perimetro del P.R. del Porto	Art. 3.12

COSTA

	Zona di riqualificazione della costa e dell'arenile	Art. 3.13
	Zona urbanizzate in ambito costiero	Art. 3.14
	Zona di tutela della costa e dell'arenile	Art. 3.15

LAGHI, BACINI E CORSI D'ACQUA

	Zona di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua	Art. 3.17
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua	Art. 3.18

Zone ed elementi di interesse paesaggistico ambientale

AMBITI DI TUTELA

	Zona di particolare interesse paesaggistico ambientale	Art. 3.19
	Paleosolai fluviali particolarmente pronunciati	Art. 3.20a
	Dossi di ambito fluviale recente	Art. 3.20b
	Paleosolai di modesta rilevanza	Art. 3.20c
	Sistemi dunali costieri di rilevanza storico documentale paesistica	Art. 3.20d
	Sistemi dunali costieri di rilevanza idrogeologica	Art. 3.20e
	Bonifiche	Art. 3.23
	Zona di tutela naturalistica - di conservazione	Art. 3.25a
	Zona di tutela naturalistica - di limitata trasformazione	Art. 3.25b

Zone ed elementi di particolare interesse storico

ZONE ED ELEMENTI DI PARTICOLARE INTERESSE STORICO-ARCHEOLOGICO

	Complessi archeologici	Art. 3.21.Aa
	Aree di concentrazione di materiali archeologici	Art. 3.21.Aa2

PROVINCIA DI RAVENNA



Plano
territoriale di
Territoriale di
Coordinamento
Provinciale

tavola di piano
TUTELA DEI SISTEMI AMBIENTALI E DELLE RISORSE NATURALI E STORICO - CULTURALI

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per valutare i parametri geotecnici dei terreni sondati si sono utilizzate le seguenti correlazioni empiriche:

Parametri degli strati incoerenti

I principali parametri geotecnici calcolabili per terreni incoerenti (componente sabbiosa o ghiaiosa dominante) attraverso le correlazioni dirette con i valori di R_p sono i seguenti:

- angolo di resistenza al taglio ϕ - densità relativa $Dr(\%)$
- modulo di deformazione (o di Young) - modulo edometrico M_0 (E_{ed})
- modulo dinamico di taglio G_0 - permeabilità.

Angolo di resistenza al taglio efficace ϕ' (Caquot)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\phi = 9.8 + 4.96 \ln \left(\frac{R_p}{\sigma} \right)$$
 dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in kg/cm^2 e R_p la resistenza alla punta media misurata nello strato, sempre in kg/cm^2 .

Densità relativa (Schmertmann)

La densità relativa viene valutata attraverso correlazioni applicabili nel caso di terreni di punta media misurata nello strato e si basa sulla relazione: $Dr\% = -97.8 + 36.6 \ln R_p - 26.9 \ln \sigma$

Modulo di Young ($E_{v50} - E_{v25}$) (Schmertmann)

Il metodo è valido per le sabbie in genere normalmente consolidate. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di R_p ad una diminuzione di E con la profondità: $E(\text{kg/cm}^2) = 2.5 R_p$

Modulo edometrico (Mitchell & Gardner)

Il metodo è valido per le sabbie in genere. Si basa sulla seguente relazione:

$$M(\text{kg/cm}^2) = 0.03 R_p + 11.7 \sigma + 0.79 Dr\%$$

dove σ è la pressione litostatica efficace a metà strato in kg/cm^2 , $R_p(\text{kg/cm}^2)$ la resistenza di punta media misurata nello strato e Dr la densità relativa in percentuale.

Modulo di deformazione di taglio (Imai e Tomauchi)

Il metodo, valido per tutti i tipi di terreno, si basa sulla seguente relazione:

$$G_0(\text{kg/cm}^2) = 28 R_p^{0.611}$$
 dove R_p è la resistenza di punta media nello strato.

Permeabilità (Piacentini e Righi)

Un'indicazione della permeabilità dello strato può essere ottenuta attraverso la relazione

$$k(m/s) = 10^{-\left(\frac{165}{f_r} + \frac{160R_p}{f_r^{3.5}}\right)}$$

dove R_p è la resistenza di punta media nello strato in kg/cmq e f_r è il rapporto R_p/RI .

Parametri degli strati coesivi

I principali parametri geotecnici calcolabili per terreni coesivi (componente limosa o argillosa dominante) attraverso le correlazioni dirette con i valori di R_p sono i seguenti:

- coesione non drenata C_u - modulo edometrico E_d
- rapporto di sovraconsolidazione OCR - modulo dinamico di taglio G_0
- fattore di compressione C_c - permeabilità

Coesione non drenata (Lunne e Eide)

Il metodo è valido per argille in genere e si basa sulla seguente relazione:

$$c_u(kg/cm^2) = \frac{R_p - \sigma}{20.7 - 0.18IP} \quad \text{dove:}$$

$R_p(kg/cm^2)$ = Resistenza alla punta media dello strato

IP = Indice di plasticità medio dello strato

$\sigma(kg/cm^2)$ = Pressione litostatica efficace a metà strato

Modulo edometrico (Mitchell e Gardner)

Il metodo, valido per argille in genere, si basa sulla seguente relazione: $E_d(kg/cm^2) = \alpha R_p$

dove R_p è la resistenza alla punta media dello strato e α è un coefficiente variabile in funzione del tipo di terreno, secondo la tabella sottoriportata.

Terreno	α
CL	Per $0.7 > R_p$ $\alpha=5$
	Per $2 > R_p > 0.7$ $\alpha=3.5$
	Per $R_p > 2$ $\alpha=1.7$
ML	Per $2 > R_p$ $\alpha=2$
	Per $2 < R_p$ $\alpha=4.5$
MH-CH	$\alpha=4$
OL-OH	$\alpha=4$

Dove R_p è la resistenza alla punta espressa in Mpa.

Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

Si basa sulla seguente relazione: $OCR = \left(\frac{C_u}{\sigma_{KK}}\right)^{1.25}$

Cu = coesione non drenata dello strato (Kg/cmq);

σ = Pressione efficace a metà strato (Kg/cmq);

KK = 7-Kp, parametro correttivo in funzione della profondità.

Kp viene calcolato come illustrato dalla seguente tabella:

Profondità media dello strato P(m)	Kp
h ≤ 1	Kp = 0.2(h/p)
1 < h < 4	Kp = (0.2/p) + [0.35(h-1)/p]
h > 4	Kp = (0.2/p) + (0.35·3/p) + [0.5(h-4)/p]

dove p è il passo di lettura della prova espresso in metri.

Nel caso risultasse $KK < 0.25$ si pone $KK = 0.25$.

Modulo dinamico di taglio (Imai e Tomauchi)

Il metodo, valido per tutti i tipi di terreno, si basa sulla seguente relazione:

$G_0 (kg/cm^2) = 28Rp^{0.611}$; dove Rp è la resistenza di punta media nello strato.

Fattore di Compressione (Schmertmann)

Per una stima del parametro C è possibile utilizzare la relazione Schmertmann:

$Cc = 0.09 - 0.055 \text{Log} \left(\frac{2c_u}{\sigma} \right)$ dove c_u è la coesione non drenata media dello strato e σ la pressione

litostatica efficace media a metà strato.

Permeabilità (Piacentini e Righi)

Un'indicazione della permeabilità dello strato può essere ottenuta attraverso la relazione di

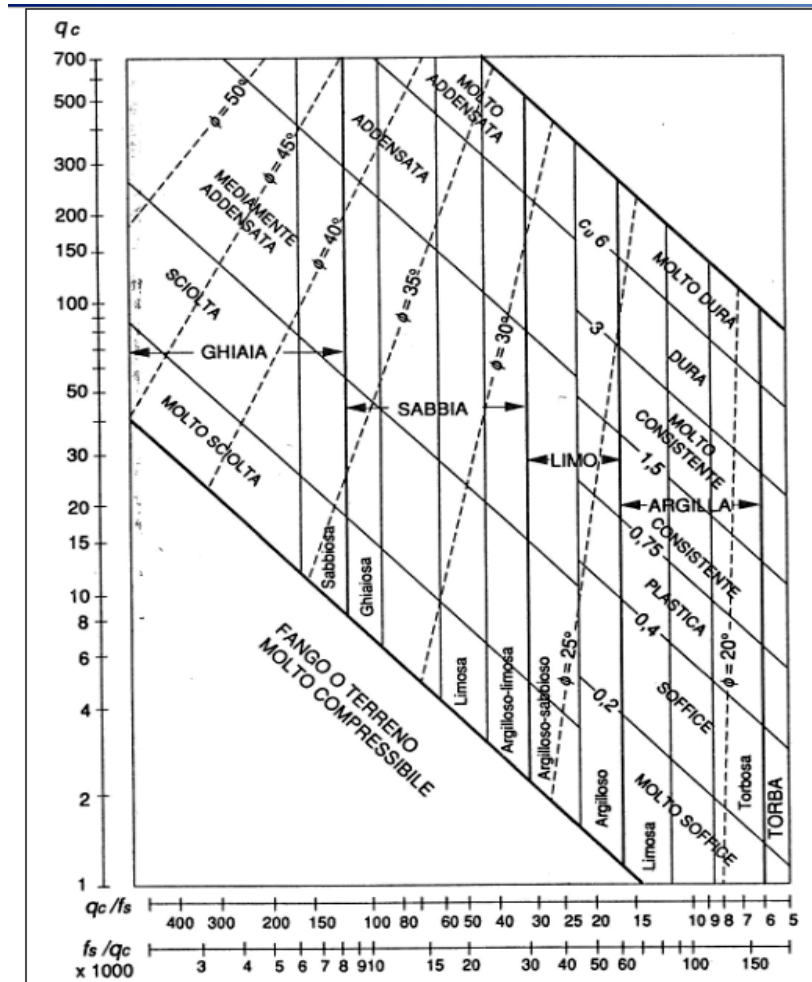
Piacentini e Righi: $k(m/s) = 10^{-\left(\frac{165}{fr} + \frac{160Rp}{fr^{3.5}}\right)}$ dove Rp è la resistenza di punta media nello strato in kg/cm² e fr è il rapporto Rp/Rl.

Coesione drenata c'

Non essendo state effettuate prove di laboratorio (prove di taglio) su campioni indisturbati si consiglia di utilizzare una coesione drenata c' di valore non superiore a 1/10 dei valori di coesione non drenata c_u rilevati nei terreni presenti nel piano di posa previsto per le fondazioni.

Angolo di attrito interno per terreni coesivi ϕ'

Il valore dell'angolo di attrito interno drenato ϕ' dei terreni coesivi è rilevabile per via empirica dal diagramma di Searle sottoriportato, in cui sono messi in relazione i valori di q_c con i rapporti f_s/q_c e q_c/f_s



Attrito terreno fondazioni

Nel caso di fondazioni in calcestruzzo gettate direttamente a contatto con il terreno il valore dell'angolo di attrito fondazioni/terreno è $\delta = 2/3 \phi' = 14,7^\circ$

ALLEGATI

Tabulati con parametri geotecnici

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	5.471333	0.4	5.246748E-02	5.246748E-02	Lunne & Eide	0.3103589
Strato 2	8.20	15.12284	0.868421	0.8336434	0.5536435	Lunne & Eide	0.8344328
Strato 3	10.40	22.53673	1.333333	1.780526	1.010526	Lunne & Eide	1.232887
Strato 4	11.40	13.5732	0.7733333	2.093313	1.163313	Lunne & Eide	0.710761
Strato 5	11.80	19.156	0.8333333	2.226984	1.226984	Lunne & Eide	1.026862
Strato 6	15.00	15.16475	0.8041667	2.570043	1.390043	Lunne & Eide	0.7889294

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	5.471333	0.4	5.246748E-02	5.246748E-02	Mitchell & Gardner (1975)	43.77066
Strato 2	8.20	15.12284	0.868421	0.8336434	0.5536435	Mitchell & Gardner (1975)	75.6142
Strato 3	10.40	22.53673	1.333333	1.780526	1.010526	Mitchell & Gardner (1975)	112.6837
Strato 4	11.40	13.5732	0.7733333	2.093313	1.163313	Mitchell & Gardner (1975)	67.866
Strato 5	11.80	19.156	0.8333333	2.226984	1.226984	Mitchell & Gardner (1975)	95.78
Strato 6	15.00	15.16475	0.8041667	2.570043	1.390043	Mitchell & Gardner (1975)	75.82375

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	5.471333	0.4	5.246748E-02	5.246748E-02	Ladd ed Altri 1977 n=30	8.1
Strato 2	8.20	15.12284	0.868421	0.8336434	0.5536435	Ladd ed Altri 1977 n=30	22.8
Strato 3	10.40	22.53673	1.333333	1.780526	1.010526	Ladd ed Altri 1977 n=30	33.9
Strato 4	11.40	13.5732	0.7733333	2.093313	1.163313	Ladd ed Altri 1977 n=30	20.4
Strato 5	11.80	19.156	0.8333333	2.226984	1.226984	Ladd ed Altri 1977 n=30	28.8
Strato 6	15.00	15.16475	0.8041667	2.570043	1.390043	Ladd ed Altri 1977 n=30	22.8

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	5.471333	0.4	5.246748E-02	5.246748E-02	Imai & Tomauchi	79.09207
Strato 2	8.20	15.12284	0.868421	0.8336434	0.5536435	Imai & Tomauchi	147.2021
Strato 3	10.40	22.53673	1.333333	1.780526	1.010526	Imai & Tomauchi	187.8341
Strato 4	11.40	13.5732	0.7733333	2.093313	1.163313	Imai & Tomauchi	137.7929
Strato 5	11.80	19.156	0.8333333	2.226984	1.226984	Imai & Tomauchi	170.0773
Strato 6	15.00	15.16475	0.8041667	2.570043	1.390043	Imai & Tomauchi	147.4512

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.60	5.471333	0.4	5.246748E-02	5.246748E-02	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	8.20	15.12284	0.868421	0.8336434	0.5536435	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 3	10.40	22.53673	1.333333	1.780526	1.010526	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 4	11.40	13.5732	0.7733333	2.093313	1.163313	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 5	11.80	19.156	0.8333333	2.226984	1.226984	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 6	15.00	15.16475	0.8041667	2.570043	1.390043	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.60	5.471333	0.4	5.246748E-02	5.246748E-02	Meyerhof	1.753618
Strato 2	8.20	15.12284	0.868421	0.8336434	0.5536435	Meyerhof	1.919774
Strato 3	10.40	22.53673	1.333333	1.780526	1.010526	Meyerhof	1.985355
Strato 4	11.40	13.5732	0.7733333	2.093313	1.163313	Meyerhof	1.892824
Strato 5	11.80	19.156	0.8333333	2.226984	1.226984	Meyerhof	1.954636
Strato 6	15.00	15.16475	0.8041667	2.570043	1.390043	Meyerhof	1.910353

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.60	5.471333	0.4	5.246748E-02	5.246748E-02	Meyerhof	1.833618
Strato 2	8.20	15.12284	0.868421	0.8336434	0.5536435	Meyerhof	1.999774
Strato 3	10.40	22.53673	1.333333	1.780526	1.010526	Meyerhof	2.065355
Strato 4	11.40	13.5732	0.7733333	2.093313	1.163313	Meyerhof	1.972824
Strato 5	11.80	19.156	0.8333333	2.226984	1.226984	Meyerhof	2.034636
Strato 6	15.00	15.16475	0.8041667	2.570043	1.390043	Meyerhof	1.990353

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.60	5.471333	0.4	5.246748E-02	5.246748E-02	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	8.20	15.12284	0.868421	0.8336434	0.5536435	Piacentini-Righi 1988	2.67E-11
Strato 3	10.40	22.53673	1.333333	1.780526	1.010526	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	11.40	13.5732	0.7733333	2.093313	1.163313	Piacentini-Righi 1988	4.37E-11
Strato 5	11.80	19.156	0.8333333	2.226984	1.226984	Piacentini-Righi 1988	1.98E-08
Strato 6	15.00	15.16475	0.8041667	2.570043	1.390043	Piacentini-Righi 1988	2.61E-10

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.60	5.471333	0.4	5.246748E-02	5.246748E-02	Piacentini-Righi 1988	1.6414E-07
Strato 2	8.20	15.12284	0.868421	0.8336434	0.5536435	Piacentini-Righi 1988	1.21267E-06
Strato 3	10.40	22.53673	1.333333	1.780526	1.010526	Piacentini-Righi 1988	6.761019E-07
Strato 4	11.40	13.5732	0.7733333	2.093313	1.163313	Piacentini-Righi 1988	1.779065E-06
Strato 5	11.80	19.156	0.8333333	2.226984	1.226984	Piacentini-Righi 1988	1.135613E-03
Strato 6	15.00	15.16475	0.8041667	2.570043	1.390043	Piacentini-Righi 1988	1.1886E-05

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (CPT n°2)**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	8.388	0.55	7.289752E-02	7.289752E-02	Lunne & Eide	0.4762372
Strato 2	1.20	13.707	0.8666667	0.1839326	0.1839326	Lunne & Eide	0.774517
Strato 3	1.80	19.276	0.9333333	0.2809786	0.2809786	Lunne & Eide	1.087916
Strato 4	2.40	13.70133	0.6444445	0.3970346	0.3470346	Lunne & Eide	0.7648509
Strato 5	10.20	21.78385	0.8974359	1.225991	0.7559906	Lunne & Eide	1.204345
Strato 6	13.20	14.41693	0.6977779	2.282737	1.272737	Lunne & Eide	0.7528175
Strato 7	15.00	17.342	0.6296297	2.740457	1.490457	Lunne & Eide	0.9078776

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	8.388	0.55	7.289752E-02	7.289752E-02	Mitchell & Gardner (1975)	41.94
Strato 2	1.20	13.707	0.8666667	0.1839326	0.1839326	Mitchell & Gardner (1975)	68.535
Strato 3	1.80	19.276	0.9333333	0.2809786	0.2809786	Mitchell & Gardner (1975)	96.38
Strato 4	2.40	13.70133	0.6444445	0.3970346	0.3470346	Mitchell & Gardner (1975)	68.50665
Strato 5	10.20	21.78385	0.8974359	1.225991	0.7559906	Mitchell & Gardner (1975)	108.9193
Strato 6	13.20	14.41693	0.6977779	2.282737	1.272737	Mitchell & Gardner (1975)	72.08465
Strato 7	15.00	17.342	0.6296297	2.740457	1.490457	Mitchell & Gardner (1975)	86.70999

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	8.388	0.55	7.289752E-02	7.289752E-02	Ladd ed Altri 1977 n=30	12.6
Strato 2	1.20	13.707	0.8666667	0.1839326	0.1839326	Ladd ed Altri 1977 n=30	20.7
Strato 3	1.80	19.276	0.9333333	0.2809786	0.2809786	Ladd ed Altri 1977 n=30	28.8
Strato 4	2.40	13.70133	0.6444445	0.3970346	0.3470346	Ladd ed Altri 1977 n=30	20.7
Strato 5	10.20	21.78385	0.8974359	1.225991	0.7559906	Ladd ed Altri 1977 n=30	32.7
Strato 6	13.20	14.41693	0.6977779	2.282737	1.272737	Ladd ed Altri 1977 n=30	21.6
Strato 7	15.00	17.342	0.6296297	2.740457	1.490457	Ladd ed Altri 1977 n=30	26.1

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	8.388	0.55	7.289752E-02	7.289752E-02	Imai & Tomauchi	102.6865
Strato 2	1.20	13.707	0.8666667	0.1839326	0.1839326	Imai & Tomauchi	138.6213
Strato 3	1.80	19.276	0.9333333	0.2809786	0.2809786	Imai & Tomauchi	170.7274
Strato 4	2.40	13.70133	0.6444445	0.3970346	0.3470346	Imai & Tomauchi	138.5862
Strato 5	10.20	21.78385	0.8974359	1.225991	0.7559906	Imai & Tomauchi	183.9748
Strato 6	13.20	14.41693	0.6977779	2.282737	1.272737	Imai & Tomauchi	142.9649
Strato 7	15.00	17.342	0.6296297	2.740457	1.490457	Imai & Tomauchi	160.047

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
--	------------------	--------------------------	--------------------------	---	---	--------------	-----

Strato 1	0.80	8.388	0.55	7.289752E-02	7.289752E-02	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	1.20	13.707	0.8666667	0.1839326	0.1839326	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 3	1.80	19.276	0.9333333	0.2809786	0.2809786	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 4	2.40	13.70133	0.6444445	0.3970346	0.3470346	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 5	10.20	21.78385	0.8974359	1.225991	0.7559906	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 6	13.20	14.41693	0.6977779	2.282737	1.272737	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 7	15.00	17.342	0.6296297	2.740457	1.490457	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.80	8.388	0.55	7.289752E-02	7.289752E-02	Meyerhof	1.825553
Strato 2	1.20	13.707	0.8666667	0.1839326	0.1839326	Meyerhof	1.907256
Strato 3	1.80	19.276	0.9333333	0.2809786	0.2809786	Meyerhof	1.964339
Strato 4	2.40	13.70133	0.6444445	0.3970346	0.3470346	Meyerhof	1.905146
Strato 5	10.20	21.78385	0.8974359	1.225991	0.7559906	Meyerhof	1.981419
Strato 6	13.20	14.41693	0.6977779	2.282737	1.272737	Meyerhof	1.902482
Strato 7	15.00	17.342	0.6296297	2.740457	1.490457	Meyerhof	1.933946

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.80	8.388	0.55	7.289752E-02	7.289752E-02	Meyerhof	1.905553
Strato 2	1.20	13.707	0.8666667	0.1839326	0.1839326	Meyerhof	1.987256
Strato 3	1.80	19.276	0.9333333	0.2809786	0.2809786	Meyerhof	2.044339
Strato 4	2.40	13.70133	0.6444445	0.3970346	0.3470346	Meyerhof	1.985146
Strato 5	10.20	21.78385	0.8974359	1.225991	0.7559906	Meyerhof	2.061419
Strato 6	13.20	14.41693	0.6977779	2.282737	1.272737	Meyerhof	1.982482
Strato 7	15.00	17.342	0.6296297	2.740457	1.490457	Meyerhof	2.013946

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.80	8.388	0.55	7.289752E-02	7.289752E-02	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	1.20	13.707	0.8666667	0.1839326	0.1839326	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	1.80	19.276	0.9333333	0.2809786	0.2809786	Piacentini-Righi 1988	1.74E-09
Strato 4	2.40	13.70133	0.6444445	0.3970346	0.3470346	Piacentini-Righi 1988	5.55E-09
Strato 5	10.20	21.78385	0.8974359	1.225991	0.7559906	Piacentini-Righi 1988	5.10E-08
Strato 6	13.20	14.41693	0.6977779	2.282737	1.272737	Piacentini-Righi 1988	2.75E-09
Strato 7	15.00	17.342	0.6296297	2.740457	1.490457	Piacentini-Righi 1988	5.71E-07

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.80	8.388	0.55	7.289752E-02	7.289752E-02	Piacentini-Righi 1988	2.5164E-07
Strato 2	1.20	13.707	0.8666667	0.1839326	0.1839326	Piacentini-Righi 1988	4.1121E-07
Strato 3	1.80	19.276	0.9333333	0.2809786	0.2809786	Piacentini-Righi 1988	1.00588E-04
Strato 4	2.40	13.70133	0.6444445	0.3970346	0.3470346	Piacentini-Righi 1988	2.282209E-04
Strato 5	10.20	21.78385	0.8974359	1.225991	0.7559906	Piacentini-Righi 1988	3.334673E-03
Strato 6	13.20	14.41693	0.6977779	2.282737	1.272737	Piacentini-Righi 1988	1.187517E-04
Strato 7	15.00	17.342	0.6296297	2.740457	1.490457	Piacentini-Righi 1988	2.968904E-02

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	7.638	0.4666667	7.215868E-02	7.215868E-02	Lunne & Eide	0.4333242
Strato 2	2.00	18.41967	0.9555555	0.2616217	0.2616217	Lunne & Eide	1.03998
Strato 3	3.60	15.84075	0.775	0.5331801	0.4131801	Lunne & Eide	0.883595
Strato 4	7.80	21.66381	1.088889	1.103008	0.6930078	Lunne & Eide	1.201077
Strato 5	9.00	15.38567	0.7333333	1.633574	0.9535738	Lunne & Eide	0.8265805
Strato 6	10.40	20.848	1.019048	1.886445	1.076445	Lunne & Eide	1.132391
Strato 7	12.00	14.85425	0.7416666	2.176876	1.216876	Lunne & Eide	0.7810638
Strato 8	15.00	18.132	0.6177778	2.619037	1.429037	Lunne & Eide	0.9566417

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	7.638	0.4666667	7.215868E-02	7.215868E-02	Mitchell & Gardner (1975)	38.19
Strato 2	2.00	18.41967	0.9555555	0.2616217	0.2616217	Mitchell & Gardner (1975)	92.09835
Strato 3	3.60	15.84075	0.775	0.5331801	0.4131801	Mitchell & Gardner (1975)	79.20375
Strato 4	7.80	21.66381	1.088889	1.103008	0.6930078	Mitchell & Gardner (1975)	108.3191
Strato 5	9.00	15.38567	0.7333333	1.633574	0.9535738	Mitchell & Gardner (1975)	76.92834
Strato 6	10.40	20.848	1.019048	1.886445	1.076445	Mitchell & Gardner (1975)	104.240
Strato 7	12.00	14.85425	0.7416666	2.176876	1.216876	Mitchell & Gardner (1975)	74.27125
Strato 8	15.00	18.132	0.6177778	2.619037	1.429037	Mitchell & Gardner (1975)	90.66

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	7.638	0.4666667	7.215868E-02	7.215868E-02	Ladd ed Altri 1977 n=30	11.4
Strato 2	2.00	18.41967	0.9555555	0.2616217	0.2616217	Ladd ed Altri 1977 n=30	27.6
Strato 3	3.60	15.84075	0.775	0.5331801	0.4131801	Ladd ed Altri 1977 n=30	23.7
Strato 4	7.80	21.66381	1.088889	1.103008	0.6930078	Ladd ed Altri 1977 n=30	32.4
Strato 5	9.00	15.38567	0.7333333	1.633574	0.9535738	Ladd ed Altri 1977 n=30	23.1
Strato 6	10.40	20.848	1.019048	1.886445	1.076445	Ladd ed Altri 1977 n=30	31.2
Strato 7	12.00	14.85425	0.7416666	2.176876	1.216876	Ladd ed Altri 1977 n=30	22.2
Strato 8	15.00	18.132	0.6177778	2.619037	1.429037	Ladd ed Altri 1977 n=30	27.3

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	7.638	0.4666667	7.215868E-02	7.215868E-02	Imai & Tomauchi	96.97473
Strato 2	2.00	18.41967	0.9555555	0.2616217	0.2616217	Imai & Tomauchi	166.0524
Strato 3	3.60	15.84075	0.775	0.5331801	0.4131801	Imai & Tomauchi	151.4332
Strato 4	7.80	21.66381	1.088889	1.103008	0.6930078	Imai & Tomauchi	183.3547
Strato 5	9.00	15.38567	0.7333333	1.633574	0.9535738	Imai & Tomauchi	148.76
Strato 6	10.40	20.848	1.019048	1.886445	1.076445	Imai & Tomauchi	179.1044
Strato 7	12.00	14.85425	0.7416666	2.176876	1.216876	Imai & Tomauchi	145.5992
Strato 8	15.00	18.132	0.6177778	2.619037	1.429037	Imai & Tomauchi	164.4631

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.80	7.638	0.4666667	7.215868E-02	7.215868E-02	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	2.00	18.41967	0.9555555	0.2616217	0.2616217	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 3	3.60	15.84075	0.775	0.5331801	0.4131801	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 4	7.80	21.66381	1.088889	1.103008	0.6930078	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 5	9.00	15.38567	0.7333333	1.633574	0.9535738	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 6	10.40	20.848	1.019048	1.886445	1.076445	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 7	12.00	14.85425	0.7416666	2.176876	1.216876	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 8	15.00	18.132	0.6177778	2.619037	1.429037	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.80	7.638	0.4666667	7.215868E-02	7.215868E-02	Meyerhof	1.809689
Strato 2	2.00	18.41967	0.9555555	0.2616217	0.2616217	Meyerhof	1.956768
Strato 3	3.60	15.84075	0.775	0.5331801	0.4131801	Meyerhof	1.929391
Strato 4	7.80	21.66381	1.088889	1.103008	0.6930078	Meyerhof	1.980963
Strato 5	9.00	15.38567	0.7333333	1.633574	0.9535738	Meyerhof	1.918185
Strato 6	10.40	20.848	1.019048	1.886445	1.076445	Meyerhof	1.97107
Strato 7	12.00	14.85425	0.7416666	2.176876	1.216876	Meyerhof	1.90867
Strato 8	15.00	18.132	0.6177778	2.619037	1.429037	Meyerhof	1.942735

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.80	7.638	0.4666667	7.215868E-02	7.215868E-02	Meyerhof	1.889689
Strato 2	2.00	18.41967	0.9555555	0.2616217	0.2616217	Meyerhof	2.036768
Strato 3	3.60	15.84075	0.775	0.5331801	0.4131801	Meyerhof	2.009391
Strato 4	7.80	21.66381	1.088889	1.103008	0.6930078	Meyerhof	2.060963
Strato 5	9.00	15.38567	0.7333333	1.633574	0.9535738	Meyerhof	1.998185
Strato 6	10.40	20.848	1.019048	1.886445	1.076445	Meyerhof	2.05107
Strato 7	12.00	14.85425	0.7416666	2.176876	1.216876	Meyerhof	1.98867
Strato 8	15.00	18.132	0.6177778	2.619037	1.429037	Meyerhof	2.022735

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.80	7.638	0.4666667	7.215868E-02	7.215868E-02	Piacentini-Righi 1988	1.70E-11
Strato 2	2.00	18.41967	0.9555555	0.2616217	0.2616217	Piacentini-Righi 1988	3.19E-10
Strato 3	3.60	15.84075	0.775	0.5331801	0.4131801	Piacentini-Righi 1988	1.87E-09
Strato 4	7.80	21.66381	1.088889	1.103008	0.6930078	Piacentini-Righi 1988	5.25E-10
Strato 5	9.00	15.38567	0.7333333	1.633574	0.9535738	Piacentini-Righi 1988	3.58E-09
Strato 6	10.40	20.848	1.019048	1.886445	1.076445	Piacentini-Righi 1988	1.18E-09
Strato 7	12.00	14.85425	0.7416666	2.176876	1.216876	Piacentini-Righi 1988	1.26E-09
Strato 8	15.00	18.132	0.6177778	2.619037	1.429037	Piacentini-Righi 1988	1.47E-06

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.80	7.638	0.4666667	7.215868E-02	7.215868E-02	Piacentini-Righi 1988	3.890147E-07
Strato 2	2.00	18.41967	0.9555555	0.2616217	0.2616217	Piacentini-Righi 1988	1.760188E-05
Strato 3	3.60	15.84075	0.775	0.5331801	0.4131801	Piacentini-Righi 1988	8.868703E-05
Strato 4	7.80	21.66381	1.088889	1.103008	0.6930078	Piacentini-Righi 1988	3.40928E-05
Strato 5	9.00	15.38567	0.7333333	1.633574	0.9535738	Piacentini-Righi 1988	1.651312E-04
Strato 6	10.40	20.848	1.019048	1.886445	1.076445	Piacentini-Righi 1988	7.408531E-05
Strato 7	12.00	14.85425	0.7416666	2.176876	1.216876	Piacentini-Righi 1988	5.617666E-05
Strato 8	15.00	18.132	0.6177778	2.619037	1.429037	Piacentini-Righi 1988	7.980554E-02

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	7.137999	0.5555556	5.366817E-02	5.366817E-02	Lunne & Eide	0.4057463
Strato 2	1.00	13.638	0.9333333	0.145467	0.145467	Lunne & Eide	0.7727682
Strato 3	1.80	22.276	1.116667	0.2631543	0.2631543	Lunne & Eide	1.260759
Strato 4	2.40	13.368	0.7555556	0.3997246	0.3497246	Lunne & Eide	0.7456057
Strato 5	3.40	21.4692	0.9199999	0.5557858	0.4257858	Lunne & Eide	1.205236
Strato 6	4.40	18.2072	0.76	0.7523168	0.5223168	Lunne & Eide	1.01288
Strato 7	11.00	23.43212	0.9636364	1.506564	0.8965644	Lunne & Eide	1.290696
Strato 8	15.00	16.613	0.6333334	2.546816	1.406816	Lunne & Eide	0.8709155

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	7.137999	0.5555556	5.366817E-02	5.366817E-02	Mitchell & Gardner (1975)	35.68999
Strato 2	1.00	13.638	0.9333333	0.145467	0.145467	Mitchell & Gardner (1975)	68.18999
Strato 3	1.80	22.276	1.116667	0.2631543	0.2631543	Mitchell & Gardner (1975)	111.3800
Strato 4	2.40	13.368	0.7555556	0.3997246	0.3497246	Mitchell & Gardner (1975)	66.84
Strato 5	3.40	21.4692	0.9199999	0.5557858	0.4257858	Mitchell & Gardner (1975)	107.346
Strato 6	4.40	18.2072	0.76	0.7523168	0.5223168	Mitchell & Gardner (1975)	91.036
Strato 7	11.00	23.43212	0.9636364	1.506564	0.8965644	Mitchell & Gardner (1975)	117.1606
Strato 8	15.00	16.613	0.6333334	2.546816	1.406816	Mitchell & Gardner (1975)	83.065

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	7.137999	0.5555556	5.366817E-02	5.366817E-02	Ladd ed Altri 1977 n=30	10.8
Strato 2	1.00	13.638	0.9333333	0.145467	0.145467	Ladd ed Altri 1977 n=30	20.4
Strato 3	1.80	22.276	1.116667	0.2631543	0.2631543	Ladd ed Altri 1977 n=30	33.3
Strato 4	2.40	13.368	0.7555556	0.3997246	0.3497246	Ladd ed Altri 1977 n=30	20.1
Strato 5	3.40	21.4692	0.9199999	0.5557858	0.4257858	Ladd ed Altri 1977 n=30	32.1
Strato 6	4.40	18.2072	0.76	0.7523168	0.5223168	Ladd ed Altri 1977 n=30	27.3
Strato 7	11.00	23.43212	0.9636364	1.506564	0.8965644	Ladd ed Altri 1977 n=30	35.1
Strato 8	15.00	16.613	0.6333334	2.546816	1.406816	Ladd ed Altri 1977 n=30	24.9

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0.60	7.137999	0.5555556	5.366817E-02	5.366817E-02	Imai & Tomauchi	93.04505
Strato 2	1.00	13.638	0.9333333	0.145467	0.145467	Imai & Tomauchi	138.1945
Strato 3	1.80	22.276	1.116667	0.2631543	0.2631543	Imai & Tomauchi	186.5033
Strato 4	2.40	13.368	0.7555556	0.3997246	0.3497246	Imai & Tomauchi	136.5163
Strato 5	3.40	21.4692	0.9199999	0.5557858	0.4257858	Imai & Tomauchi	182.3465
Strato 6	4.40	18.2072	0.76	0.7523168	0.5223168	Imai & Tomauchi	164.8795
Strato 7	11.00	23.43212	0.9636364	1.506564	0.8965644	Imai & Tomauchi	192.3592
Strato 8	15.00	16.613	0.6333334	2.546816	1.406816	Imai & Tomauchi	155.902

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.60	7.137999	0.5555556	5.366817E-02	5.366817E-02	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	1.00	13.638	0.9333333	0.145467	0.145467	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 3	1.80	22.276	1.116667	0.2631543	0.2631543	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 4	2.40	13.368	0.7555556	0.3997246	0.3497246	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 5	3.40	21.4692	0.9199999	0.5557858	0.4257858	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 6	4.40	18.2072	0.76	0.7523168	0.5223168	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 7	11.00	23.43212	0.9636364	1.506564	0.8965644	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 8	15.00	16.613	0.6333334	2.546816	1.406816	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.60	7.137999	0.5555556	5.366817E-02	5.366817E-02	Meyerhof	1.798642
Strato 2	1.00	13.638	0.9333333	0.145467	0.145467	Meyerhof	1.906876
Strato 3	1.80	22.276	1.116667	0.2631543	0.2631543	Meyerhof	1.98911
Strato 4	2.40	13.368	0.7555556	0.3997246	0.3497246	Meyerhof	1.900864
Strato 5	3.40	21.4692	0.9199999	0.5557858	0.4257858	Meyerhof	1.981544
Strato 6	4.40	18.2072	0.76	0.7523168	0.5223168	Meyerhof	1.952332
Strato 7	11.00	23.43212	0.9636364	1.506564	0.8965644	Meyerhof	1.993053
Strato 8	15.00	16.613	0.6333334	2.546816	1.406816	Meyerhof	1.926963

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.60	7.137999	0.5555556	5.366817E-02	5.366817E-02	Meyerhof	1.878642
Strato 2	1.00	13.638	0.9333333	0.145467	0.145467	Meyerhof	1.986876
Strato 3	1.80	22.276	1.116667	0.2631543	0.2631543	Meyerhof	2.06911
Strato 4	2.40	13.368	0.7555556	0.3997246	0.3497246	Meyerhof	1.980865
Strato 5	3.40	21.4692	0.9199999	0.5557858	0.4257858	Meyerhof	2.061544
Strato 6	4.40	18.2072	0.76	0.7523168	0.5223168	Meyerhof	2.032332
Strato 7	11.00	23.43212	0.9636364	1.506564	0.8965644	Meyerhof	2.073053
Strato 8	15.00	16.613	0.6333334	2.546816	1.406816	Meyerhof	2.006963

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.60	7.137999	0.5555556	5.366817E-02	5.366817E-02	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	1.00	13.638	0.9333333	0.145467	0.145467	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	1.80	22.276	1.116667	0.2631543	0.2631543	Piacentini-Righi 1988	5.29E-10
Strato 4	2.40	13.368	0.7555556	0.3997246	0.3497246	Piacentini-Righi 1988	5.70E-11
Strato 5	3.40	21.4692	0.9199999	0.5557858	0.4257858	Piacentini-Righi 1988	2.34E-08
Strato 6	4.40	18.2072	0.76	0.7523168	0.5223168	Piacentini-Righi 1988	4.78E-08
Strato 7	11.00	23.43212	0.9636364	1.506564	0.8965644	Piacentini-Righi 1988	4.85E-08
Strato 8	15.00	16.613	0.6333334	2.546816	1.406816	Piacentini-Righi 1988	2.64E-07

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.60	7.137999	0.5555556	5.366817E-02	5.366817E-02	Piacentini-Righi 1988	2.1414E-07
Strato 2	1.00	13.638	0.9333333	0.145467	0.145467	Piacentini-Righi 1988	4.0914E-07
Strato 3	1.80	22.276	1.116667	0.2631543	0.2631543	Piacentini-Righi 1988	3.535932E-05
Strato 4	2.40	13.368	0.7555556	0.3997246	0.3497246	Piacentini-Righi 1988	2.287396E-06
Strato 5	3.40	21.4692	0.9199999	0.5557858	0.4257858	Piacentini-Righi 1988	1.50937E-03
Strato 6	4.40	18.2072	0.76	0.7523168	0.5223168	Piacentini-Righi 1988	2.612802E-03
Strato 7	11.00	23.43212	0.9636364	1.506564	0.8965644	Piacentini-Righi 1988	3.408629E-03
Strato 8	15.00	16.613	0.6333334	2.546816	1.406816	Piacentini-Righi 1988	1.317543E-02

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	6.638	0.5500001	7.093196E-02	7.093196E-02	Lunne & Eide	0.3761207
Strato 2	2.40	15.66825	0.7833334	0.296083	0.296083	Lunne & Eide	0.8804219
Strato 3	4.40	21.6382	1.026667	0.6483299	0.4683298	Lunne & Eide	1.212478
Strato 4	6.20	17.13067	0.8296297	1.020888	0.650888	Lunne & Eide	0.9438593
Strato 5	8.00	14.48711	0.7481481	1.367086	0.8170863	Lunne & Eide	0.7829338
Strato 6	15.00	19.97029	1.013333	2.223477	1.233477	Lunne & Eide	1.073128

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	6.638	0.5500001	7.093196E-02	7.093196E-02	Mitchell & Gardner (1975)	53.104
Strato 2	2.40	15.66825	0.7833334	0.296083	0.296083	Mitchell & Gardner (1975)	78.34125
Strato 3	4.40	21.6382	1.026667	0.6483299	0.4683298	Mitchell & Gardner (1975)	108.191
Strato 4	6.20	17.13067	0.8296297	1.020888	0.650888	Mitchell & Gardner (1975)	85.65335
Strato 5	8.00	14.48711	0.7481481	1.367086	0.8170863	Mitchell & Gardner (1975)	72.43555
Strato 6	15.00	19.97029	1.013333	2.223477	1.233477	Mitchell & Gardner (1975)	99.85145

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	6.638	0.5500001	7.093196E-02	7.093196E-02	Ladd ed Altri 1977 n=30	9.900001
Strato 2	2.40	15.66825	0.7833334	0.296083	0.296083	Ladd ed Altri 1977 n=30	23.4
Strato 3	4.40	21.6382	1.026667	0.6483299	0.4683298	Ladd ed Altri 1977 n=30	32.4
Strato 4	6.20	17.13067	0.8296297	1.020888	0.650888	Ladd ed Altri 1977 n=30	25.8
Strato 5	8.00	14.48711	0.7481481	1.367086	0.8170863	Ladd ed Altri 1977 n=30	21.6
Strato 6	15.00	19.97029	1.013333	2.223477	1.233477	Ladd ed Altri 1977 n=30	30

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	6.638	0.5500001	7.093196E-02	7.093196E-02	Imai & Tomauchi	89.00672
Strato 2	2.40	15.66825	0.7833334	0.296083	0.296083	Imai & Tomauchi	150.4234
Strato 3	4.40	21.6382	1.026667	0.6483299	0.4683298	Imai & Tomauchi	183.2222
Strato 4	6.20	17.13067	0.8296297	1.020888	0.650888	Imai & Tomauchi	158.8525
Strato 5	8.00	14.48711	0.7481481	1.367086	0.8170863	Imai & Tomauchi	143.3897
Strato 6	15.00	19.97029	1.013333	2.223477	1.233477	Imai & Tomauchi	174.4588

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.80	6.638	0.5500001	7.093196E-02	7.093196E-02	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	2.40	15.66825	0.7833334	0.296083	0.296083	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 3	4.40	21.6382	1.026667	0.6483299	0.4683298	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 4	6.20	17.13067	0.8296297	1.020888	0.650888	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 5	8.00	14.48711	0.7481481	1.367086	0.8170863	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5
Strato 6	15.00	19.97029	1.013333	2.223477	1.233477	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.80	6.638	0.5500001	7.093196E-02	7.093196E-02	Meyerhof	1.785904
Strato 2	2.40	15.66825	0.7833334	0.296083	0.296083	Meyerhof	1.928787
Strato 3	4.40	21.6382	1.026667	0.6483299	0.4683298	Meyerhof	1.98255
Strato 4	6.20	17.13067	0.8296297	1.020888	0.650888	Meyerhof	1.940476
Strato 5	8.00	14.48711	0.7481481	1.367086	0.8170863	Meyerhof	1.909071
Strato 6	15.00	19.97029	1.013333	2.223477	1.233477	Meyerhof	1.962039

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.80	6.638	0.5500001	7.093196E-02	7.093196E-02	Meyerhof	1.865904
Strato 2	2.40	15.66825	0.7833334	0.296083	0.296083	Meyerhof	2.008787
Strato 3	4.40	21.6382	1.026667	0.6483299	0.4683298	Meyerhof	2.06255
Strato 4	6.20	17.13067	0.8296297	1.020888	0.650888	Meyerhof	2.020476
Strato 5	8.00	14.48711	0.7481481	1.367086	0.8170863	Meyerhof	1.989071
Strato 6	15.00	19.97029	1.013333	2.223477	1.233477	Meyerhof	2.042039

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.80	6.638	0.5500001	7.093196E-02	7.093196E-02	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	2.40	15.66825	0.7833334	0.296083	0.296083	Piacentini-Righi 1988	1.12E-09
Strato 3	4.40	21.6382	1.026667	0.6483299	0.4683298	Piacentini-Righi 1988	2.32E-09
Strato 4	6.20	17.13067	0.8296297	1.020888	0.650888	Piacentini-Righi 1988	2.11E-09
Strato 5	8.00	14.48711	0.7481481	1.367086	0.8170863	Piacentini-Righi 1988	5.67E-10
Strato 6	15.00	19.97029	1.013333	2.223477	1.233477	Piacentini-Righi 1988	4.87E-10

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.80	6.638	0.5500001	7.093196E-02	7.093196E-02	Piacentini-Righi 1988	1.9914E-07
Strato 2	2.40	15.66825	0.7833334	0.296083	0.296083	Piacentini-Righi 1988	5.278579E-05
Strato 3	4.40	21.6382	1.026667	0.6483299	0.4683298	Piacentini-Righi 1988	1.506895E-04
Strato 4	6.20	17.13067	0.8296297	1.020888	0.650888	Piacentini-Righi 1988	1.083652E-04
Strato 5	8.00	14.48711	0.7481481	1.367086	0.8170863	Piacentini-Righi 1988	2.464021E-05
Strato 6	15.00	19.97029	1.013333	2.223477	1.233477	Piacentini-Righi 1988	2.915521E-05

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	7.888	0.5666667	0.0723726	0.0723726	Lunne & Eide	0.4476304
Strato 2	3.80	16.71973	0.7777779	0.4353788	0.3653788	Lunne & Eide	0.9366754
Strato 3	5.80	20.4314	0.6866667	0.9220532	0.6020532	Lunne & Eide	1.135701
Strato 5	6.60	33.466	1.1	1.239629	0.759629	Lunne & Eide	1.873217
Strato 6	7.60	17.4488	0.8133333	1.377822	0.8278223	Lunne & Eide	0.951946
Strato 7	10.80	22.14938	0.9791666	1.791791	1.031791	Lunne & Eide	1.209484
Strato 8	15.00	17.94181	0.7015874	2.515412	1.385412	Lunne & Eide	0.9482474

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	7.888	0.5666667	0.0723726	0.0723726	Mitchell & Gardner (1975)	39.44
Strato 2	3.80	16.71973	0.7777779	0.4353788	0.3653788	Mitchell & Gardner (1975)	83.59865
Strato 3	5.80	20.4314	0.6866667	0.9220532	0.6020532	Mitchell & Gardner (1975)	102.157
Strato 5	6.60	33.466	1.1	1.239629	0.759629	Mitchell & Gardner (1975)	150.597
Strato 6	7.60	17.4488	0.8133333	1.377822	0.8278223	Mitchell & Gardner (1975)	87.244
Strato 7	10.80	22.14938	0.9791666	1.791791	1.031791	Mitchell & Gardner (1975)	110.7469
Strato 8	15.00	17.94181	0.7015874	2.515412	1.385412	Mitchell & Gardner (1975)	89.70905

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	7.888	0.5666667	0.0723726	0.0723726	Ladd ed Altri 1977 n=30	11.7
Strato 2	3.80	16.71973	0.7777779	0.4353788	0.3653788	Ladd ed Altri 1977 n=30	25.2
Strato 3	5.80	20.4314	0.6866667	0.9220532	0.6020532	Ladd ed Altri 1977 n=30	30.6
Strato 5	6.60	33.466	1.1	1.239629	0.759629	Ladd ed Altri 1977 n=30	50.1
Strato 6	7.60	17.4488	0.8133333	1.377822	0.8278223	Ladd ed Altri 1977 n=30	26.1
Strato 7	10.80	22.14938	0.9791666	1.791791	1.031791	Ladd ed Altri 1977 n=30	33.3
Strato 8	15.00	17.94181	0.7015874	2.515412	1.385412	Ladd ed Altri 1977 n=30	27

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0.80	7.888	0.5666667	0.0723726	0.0723726	Imai & Tomauchi	98.90194
Strato 2	3.80	16.71973	0.7777779	0.4353788	0.3653788	Imai & Tomauchi	156.5132
Strato 3	5.80	20.4314	0.6866667	0.9220532	0.6020532	Imai & Tomauchi	176.9091
Strato 5	6.60	33.466	1.1	1.239629	0.759629	Imai & Tomauchi	239.1613
Strato 6	7.60	17.4488	0.8133333	1.377822	0.8278223	Imai & Tomauchi	160.6485
Strato 7	10.80	22.14938	0.9791666	1.791791	1.031791	Imai & Tomauchi	185.8549
Strato 8	15.00	17.94181	0.7015874	2.515412	1.385412	Imai & Tomauchi	163.4069

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.80	7.888	0.5666667	0.0723726	0.0723726	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 2	3.80	16.71973	0.7777779	0.4353788	0.3653788	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 3	5.80	20.4314	0.6866667	0.9220532	0.6020532	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 5	6.60	33.466	1.1	1.239629	0.759629	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 6	7.60	17.4488	0.8133333	1.377822	0.8278223	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 7	10.80	22.14938	0.9791666	1.791791	1.031791	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 8	15.00	17.94181	0.7015874	2.515412	1.385412	Schmertmann 1978	OCR = 1-1.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0.80	7.888	0.5666667	0.0723726	0.0723726	Meyerhof	1.815146
Strato 2	3.80	16.71973	0.7777779	0.4353788	0.3653788	Meyerhof	1.939192
Strato 3	5.80	20.4314	0.6866667	0.9220532	0.6020532	Meyerhof	1.97156
Strato 5	6.60	33.466	1.1	1.239629	0.759629	Meyerhof	2.055629
Strato 6	7.60	17.4488	0.8133333	1.377822	0.8278223	Meyerhof	1.941909
Strato 7	10.80	22.14938	0.9791666	1.791791	1.031791	Meyerhof	1.982135
Strato 8	15.00	17.94181	0.7015874	2.515412	1.385412	Meyerhof	1.941255

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	0.10525	0.01368

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0.80	7.888	0.5666667	0.0723726	0.0723726	Meyerhof	1.895146
Strato 2	3.80	16.71973	0.7777779	0.4353788	0.3653788	Meyerhof	2.019192
Strato 3	5.80	20.4314	0.6866667	0.9220532	0.6020532	Meyerhof	2.05156
Strato 5	6.60	33.466	1.1	1.239629	0.759629	Meyerhof	2.135629
Strato 6	7.60	17.4488	0.8133333	1.377822	0.8278223	Meyerhof	2.021909
Strato 7	10.80	22.14938	0.9791666	1.791791	1.031791	Meyerhof	2.062135
Strato 8	15.00	17.94181	0.7015874	2.515412	1.385412	Meyerhof	2.021255

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Schmertmann	54.93

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Caquot	30.93

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Schmertmann	127.2425

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Mitchell & Gardner 1975	86.52

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Imai & Tomauchi	308.9918

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Piacentini Righi 1978	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Kulhawy-Mayne (1990)	0.48

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	0.10525	0.01368

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Meyerhof	2.1

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0.258

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Robertson e Wride 1997	3.446

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.80	7.888	0.5666667	0.0723726	0.0723726	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	3.80	16.71973	0.7777779	0.4353788	0.3653788	Piacentini-Righi 1988	5.54E-09
Strato 3	5.80	20.4314	0.6866667	0.9220532	0.6020532	Piacentini-Righi 1988	1.69E-06
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Piacentini-Righi 1988	8.06E-04
Strato 5	6.60	33.466	1.1	1.239629	0.759629	Piacentini-Righi 1988	1.71E-06
Strato 6	7.60	17.4488	0.8133333	1.377822	0.8278223	Piacentini-Righi 1988	4.99E-09
Strato 7	10.80	22.14938	0.9791666	1.791791	1.031791	Piacentini-Righi 1988	1.15E-08
Strato 8	15.00	17.94181	0.7015874	2.515412	1.385412	Piacentini-Righi 1988	1.62E-07

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.80	7.888	0.5666667	0.0723726	0.0723726	Piacentini-Righi 1988	2.3664E-07
Strato 2	3.80	16.71973	0.7777779	0.4353788	0.3653788	Piacentini-Righi 1988	2.7795E-04
Strato 3	5.80	20.4314	0.6866667	0.9220532	0.6020532	Piacentini-Righi 1988	0.1034024
Strato 4	6.20	50.897	0.9333335	1.158304	0.7183042	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 5	6.60	33.466	1.1	1.239629	0.759629	Piacentini-Righi 1988	0.1712283
Strato 6	7.60	17.4488	0.8133333	1.377822	0.8278223	Piacentini-Righi 1988	2.614385E-04
Strato 7	10.80	22.14938	0.9791666	1.791791	1.031791	Piacentini-Righi 1988	7.665053E-04
Strato 8	15.00	17.94181	0.7015874	2.515412	1.385412	Piacentini-Righi 1988	8.699404E-03

CONSIDERAZIONI SISMICHE

Nel territorio del comune di Cervia è ipotizzabile una magnitudo di riferimento di valore $M_w = 6.14$ (da relazione consigliata dal G.N.D.T., $M = \frac{I+1.93}{1.78}$, con $I = 9$). In particolare per l'area in esame

l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dello stato limite preso in considerazione (SLV) è stata definita partendo dalla pericolosità sismica di base del sito (lat.44°,20819 N - long.12°,32953 E) in cui risulta una accelerazione di sito **$a_g = 0.181 g$**

Determinazione della categoria del suolo di fondazione in base alle prove sismiche MASW e HVSR con la quale si è valutata la velocità equivalente di propagazione (V_{S30}) delle onde di taglio

Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema per la determinazione della classe del sito è il seguente:

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

Dalla prova MASW è risultato un valore di **$V_{S30} = 182 \text{ m/s}$**

Dalla prova HVSR è risultato un valore di **$V_{S30} = 181 \text{ m/s}$**

Valori del tutto simili che indicano un suolo di tipo **C**.

Dall'indagine sismica HVSR realizzata si è rilevata una frequenza naturale di picco del terreno di circa 0.31 ± 0.05 Hz, sicuramente molto inferiore alla frequenza naturale degli edifici a da realizzare.

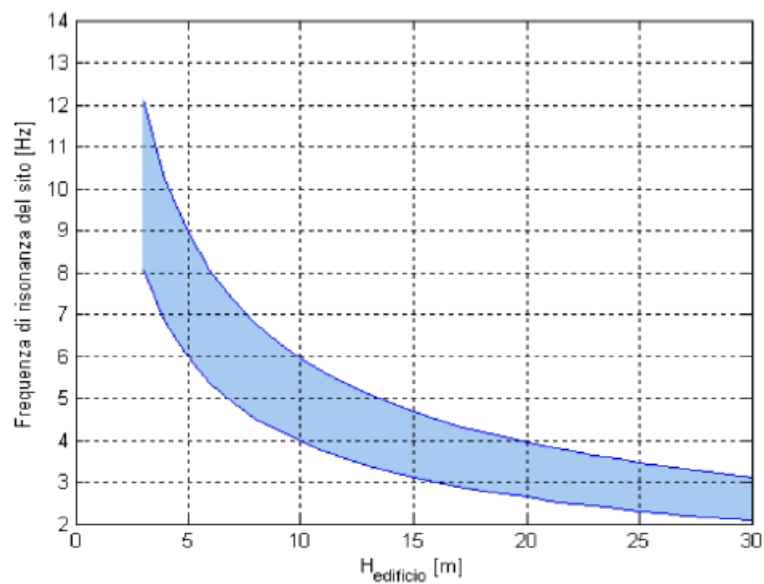
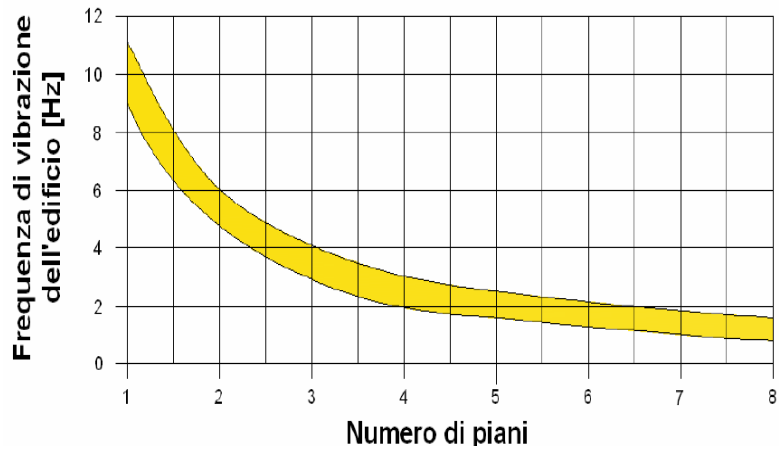


Figura 17: Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato: la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.

ALLEGATI

Elaborati della prova MASW

Elaborati della prova HVSR



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

Rapporto indagine geofisica eseguita mediante tecnica masw attiva

Autore: I.G.B. Snc

Committenti: Zamagna Alba Franca

Zamagna Assunta

Cicognani Anna

Località: Via Bollana – Montaletto di Cervia (RA)

Data di effettuazione: 08/11/2013

Software: Generated by MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

IGB Snc via della Tecnica 57/A4 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel 051 6255377 - Fax 051 4998378 - Cell 349 7846581 - E-mail igbsnc@gmail.com



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{S30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

1 – Dati Sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Numero di campioni temporali	4096
Passo temporale di acquisizione	0.25ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	1024ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

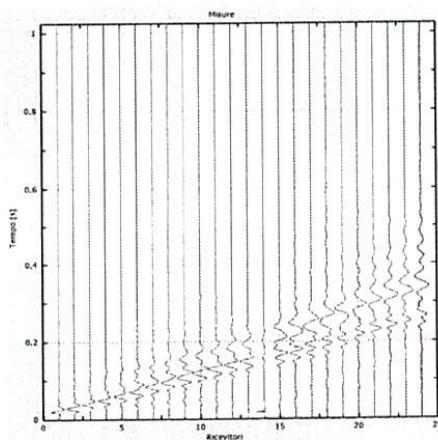


Figura 1: Tracce sperimentali (MASW attiva)



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{S30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

2 – Risultati dell'analisi

Frequenza finale 90Hz
Frequenza iniziale 2Hz

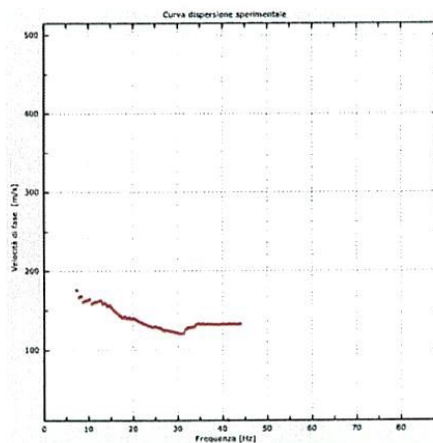


Figura 2: Curva di dispersione apparente sperimentale ottenuta mediante tecnica MASW attiva



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{S30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Picking della curva di dispersione sperimentale e relativo range di variazione (valori numerici riportati graficamente in fig. 3)

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
3.46053	187.21	176.006	198.414
7.08744	177.321	168.894	185.748
8.08252	167.361	162.51	172.213
9.81667	162.457	161.5	163.415
13.676	157.31	156.472	158.148
16.9283	143.305	142.587	144.023
21.1779	135.764	135.165	136.362
25.5548	127.841	127.429	128.252
30.1264	121.32	121.144	121.496
32.4629	127.547	127.136	127.958
34.9011	132.364	131.953	132.775
39.1987	132.033	131.65	132.416
43.5363	132.188	132.011	132.364



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{S30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

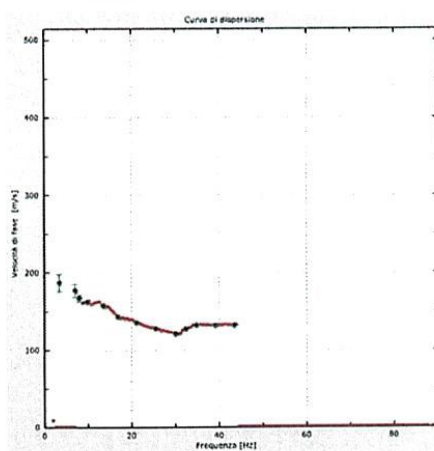


Figura 3: curva di dispersione sperimentale ottenuta mediante tecnica MASW attiva (rappresentazione grafica) e relativo picking. A ciascun punto sperimentale in verde è assegnato un range di variazione della velocità di fase riportato nella tabella precedente.



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	6
Spaziatura ricevitori [m]	1.5m
Numero ricevitori	24
Numero modi	1
Strato 1	
h [m]	3
z [m]	-3
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.48
Vs fin.[m/s]	136.000
Strato 2	
h [m]	3
z [m]	-6
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.48
Vs fin.[m/s]	159.000
Strato 3	
h [m]	3
z [m]	-9
Densità [kg/m ³]	1900
Poisson	0.48
Vs fin.[m/s]	180.000
Strato 4	
h [m]	10
z [m]	-19
Densità [kg/m ³]	1950
Poisson	0.48
Vs fin.[m/s]	197.000
Strato 5	
h [m]	14
z [m]	-33
Densità [kg/m ³]	1950
Poisson	0.48
Vs fin.[m/s]	197.000
Strato 6	
h [m]	0
z [m]	-∞
Densità [kg/m ³]	1950
Poisson	0.48
Vs fin.[m/s]	208.000



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{S30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

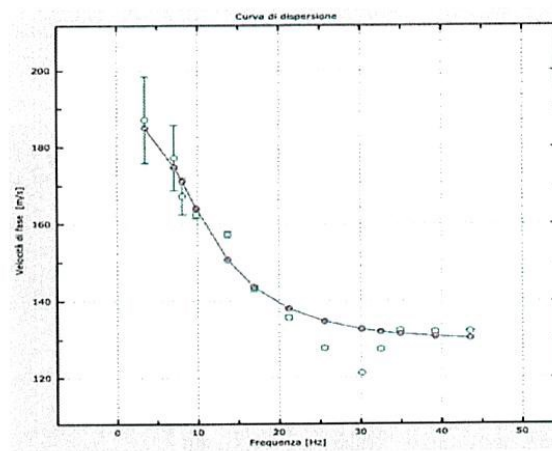


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (Picking - verde), modo fondamentale di Rayleigh (linea azzurra), curva teorica numerica effettiva (linea rossa), curva teorica numerica apparente (linea blu)



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

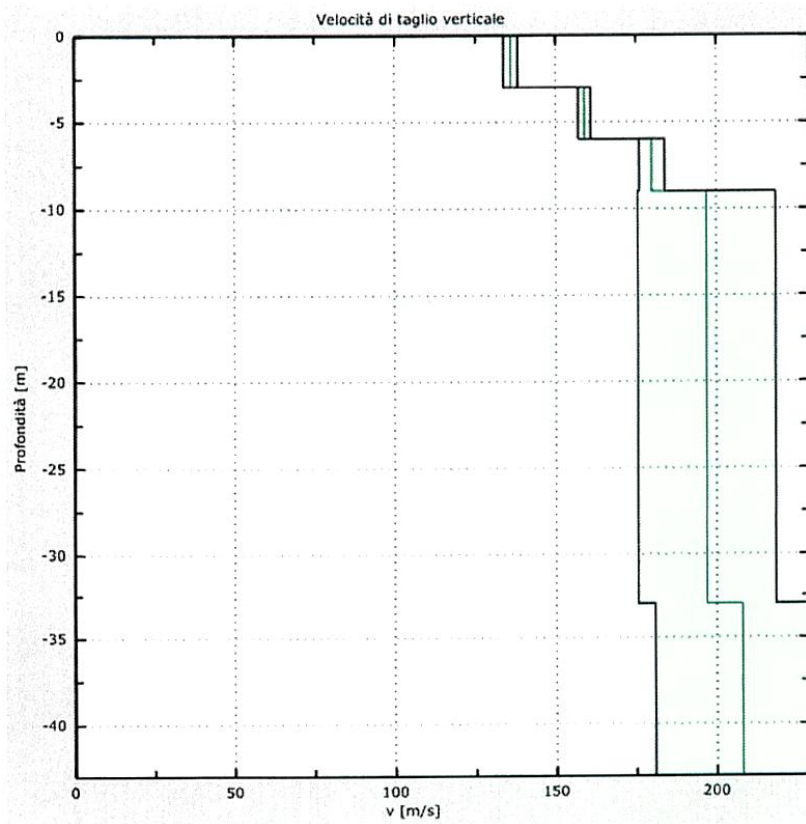


Figura 6: Profilo verticale delle Vs riferito al punto mediano dell'allineamento sismico



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

5 – Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....	0
V_{s30} [m/s].....	182
La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008	
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).	
Categoria di suolo determinata sulla base dei risultati della sola prova masw.....	C



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW attiva per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, sulla base dei valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}), della nuova area artigianale sita presso la località Montaletto di Cervia (RA), lotto 17.

Appendice

Categorie di suolo

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tipo S1: Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

Tipo S2: Depositati di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1. Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

Committenti: Zamagna Alba Franca – Zamagna Assunta – Cicognani Anna
Lavoro: Realizzazione di Piano Urbanistico Residenziale
Località: Via Bollana – Montaletto di Cervia (RA)

Strumento: TRZ-0112/01-10

Inizio registrazione: 08/11/13 08:09:46 Fine registrazione: 08/11/13 08:29:47

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

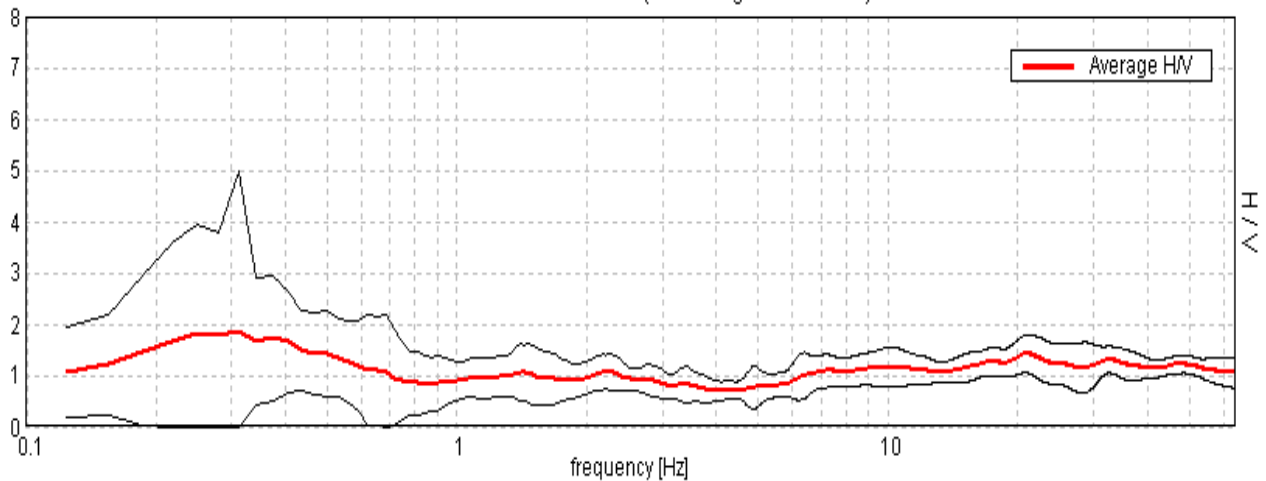
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

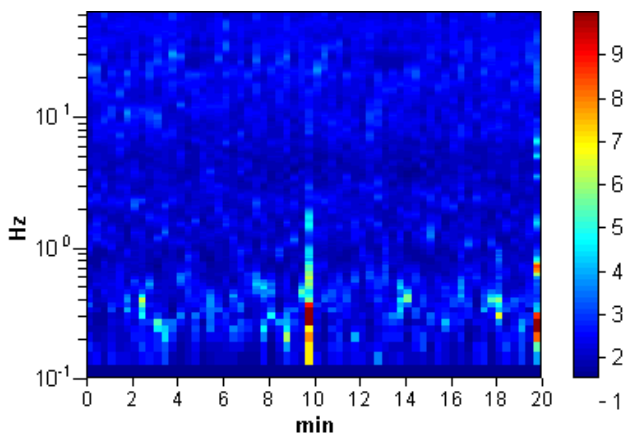
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

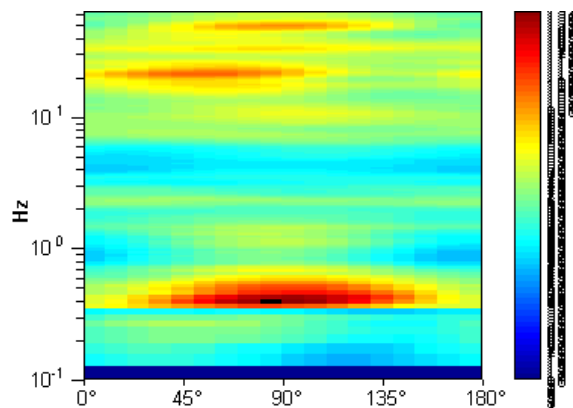
Max. H/V at 0.31 ± 0.05 Hz. (In the range 0.0 - 2.0 Hz).



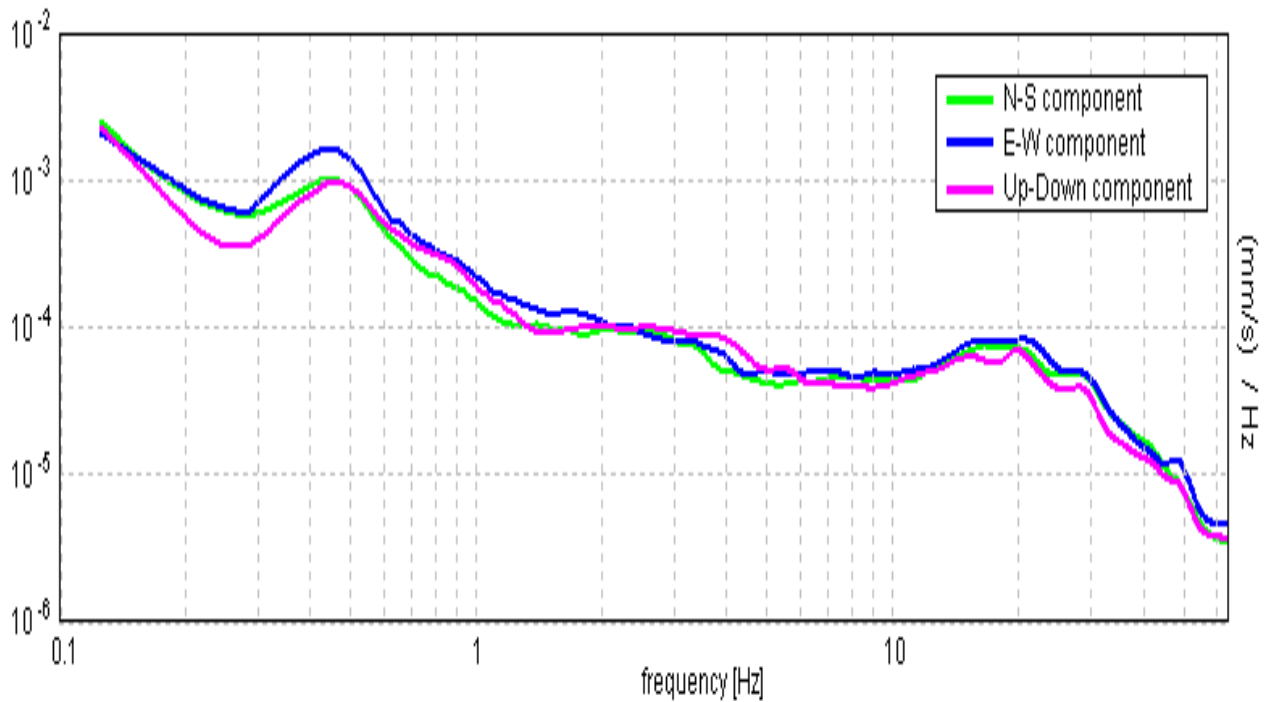
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

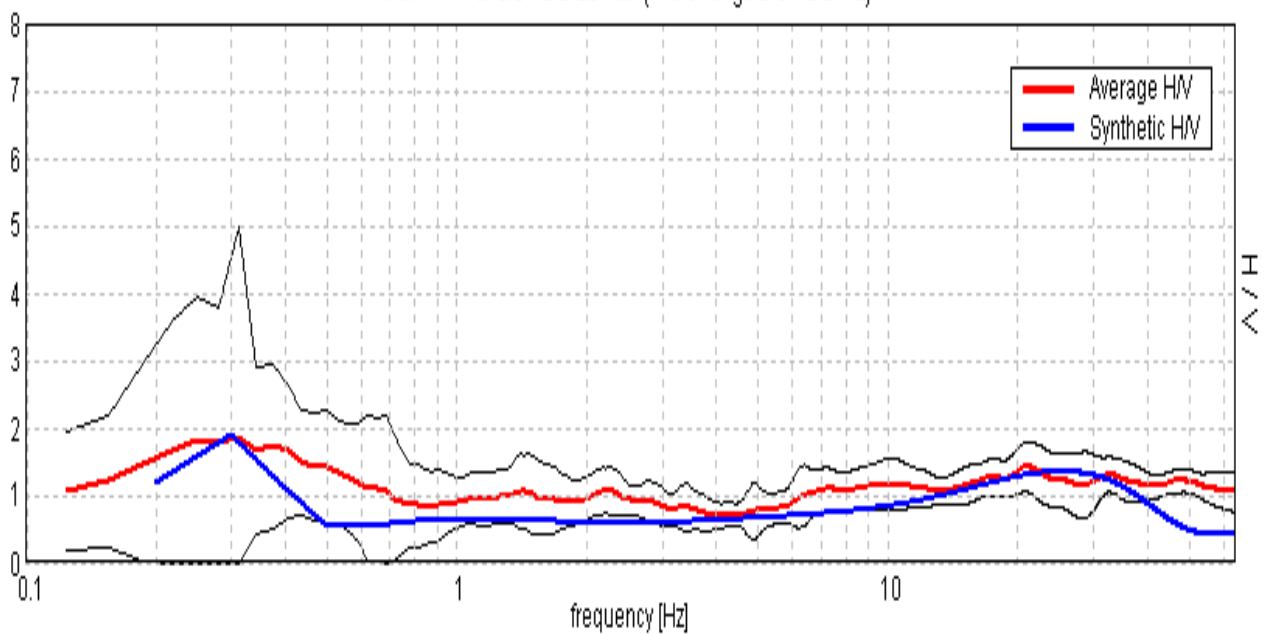


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



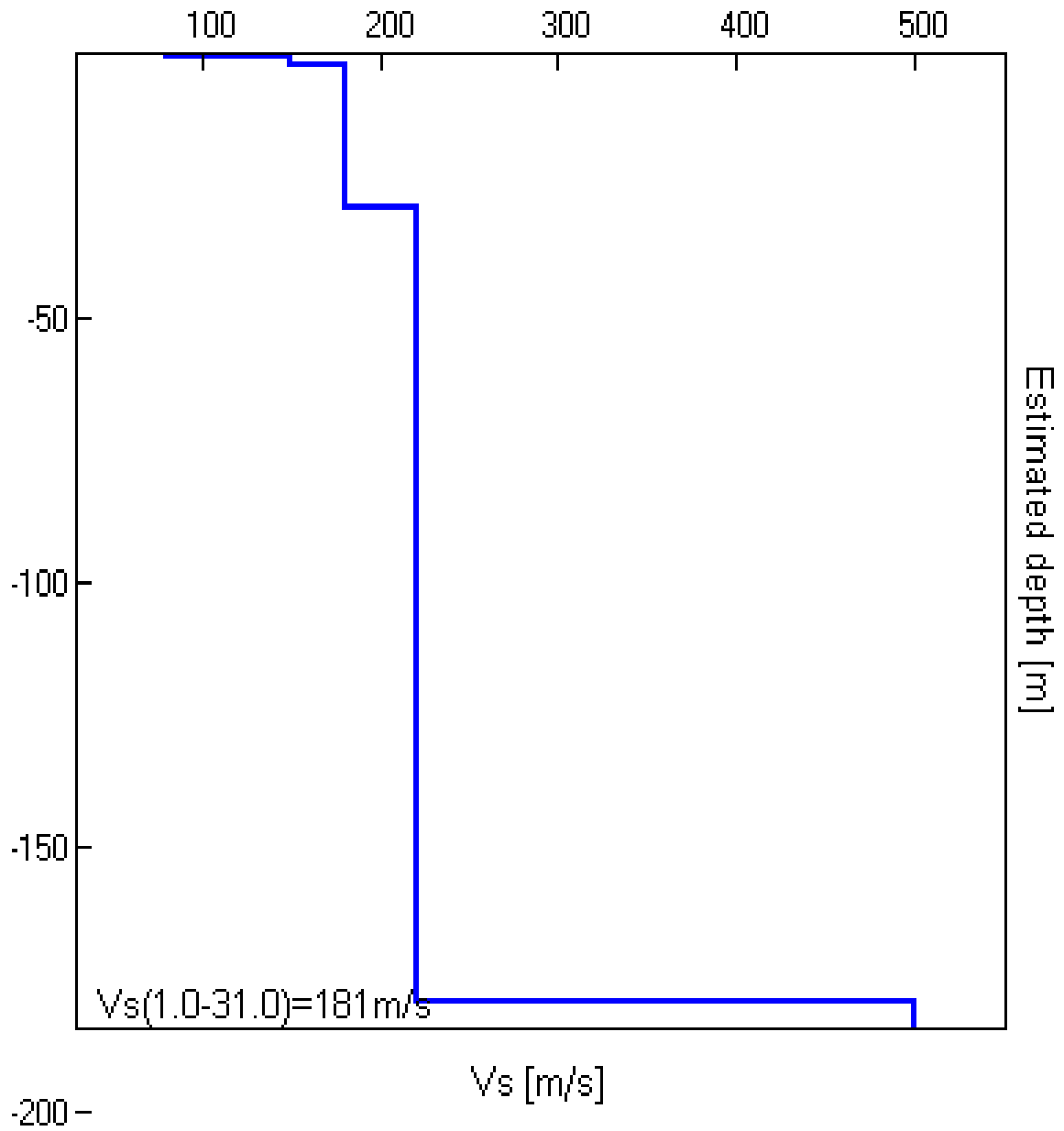
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.31 ± 0.05 Hz. (In the range 0.0 - 2.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.60	0.60	80	0.35
2.00	1.40	150	0.35
29.00	27.00	180	0.30
179.00	150.00	220	0.27
inf.	inf.	500	0.25

Vs(1.0-31.0)=181m/s



(Secondo le linee guida SESAME, 2005)

Picco H/V a 0.31 ± 0.05 Hz (nell'intervallo 0.0 - 2.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$375.0 > 200$	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 16	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.87 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0449 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02653 < 0.0625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.5329 < 2.5$	OK	

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

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

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

Stima della pericolosità sismica del sito in esame

Nel D.M. 17 gennaio 2018 è previsto uno spettro di risposta elastico dell'accelerazione, per la componente orizzontale del moto, caratterizzato dal seguente andamento:

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right] \text{ per } 0 \leq T < T_b; \quad a(g) = a_g S \eta F_0 \text{ per } T_b \leq T < T_c$$

$$a(g) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_c}{T} \right) \text{ per } T_c \leq T < T_d; \quad a(g) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_c T_d}{T^2} \right) \text{ per } T_d \leq T.$$

La grandezza a_g esprime l'accelerazione di picco nel bedrock in g, ottenute dalla apposite tabelle regionali. Il parametro η è il fattore di correzione per lo smorzamento viscoso:

$$\eta = \left[\frac{10}{5 + \xi} \right]^{0.5} \geq 0.55.$$

S è una grandezza data dal prodotto: $S = S_s \cdot S_t$; dove S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_t il coefficiente di amplificazione topografico, ricavabili dalle tabelle:

Categoria sottosuolo		S_s	
A		1,00	
B		$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g \leq 1,20$	
C		$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g \leq 1,50$ (caso in esame)	
D		$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g \leq 1,80$	
E		$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g \leq 1,60$	
Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00 (caso in esame)
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

F_0 è l'amplificazione spettrale massima, su bedrock orizzontale e si ricava, come a_g , dalla tabella allegata al D.M.17 gennaio 2018. F_0 nel nostro è pari a **2.541**

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_c = C_c T_c^*$, in cui T_c^* è un parametro sempre fornito nell'allegato B del D.M. e per il sito in esame vale **0.291 s**, mentre C_c si ottiene in base alla categoria del sottosuolo:

Categoria sottosuolo	C_c
A	1,00
B	$1,10(T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,05(T_c^*)^{-0,33}$ (valore utilizzato)
D	$1,25(T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,15(T_c^*)^{-0,40}$

Per cui risulta un valore **$T_c = 0,474$ s**. I parametri T_b e T_d sono correlati a T_c attraverso le seguenti relazioni: $T_b = \frac{T_c}{3}$; $T_d = 4,0a_g + 1,6$. Dallo spettro di risposta elastico dell'accelerazione si ricava lo spettro di risposta dello spostamento, applicando, per ogni

periodo T , la relazione: $u = a(g)g \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$ dove g è l'accelerazione di gravità (981 cm/s²).

Lo spettro di risposta elastico verticale si ottiene con le stesse relazioni viste per quello orizzontale, sostituendo il parametro F_0 con la grandezza F_v , data da: $F_v = 1,35F_0a_g^{0,5}$.

I parametri a_g , F_0 e T_c^* sono ricavati dall'allegato B del D.M. in funzione del tempo di ritorno (Tr) preso in considerazione. Il parametro Tr viene ricavato dalla seguente relazione:

$Tr(anni) = -\frac{V_r}{\ln(1 - P_{V_r})}$; in cui V_r è la vita di riferimento dell'opera e P_{V_r} la probabilità di

superamento legata allo stato limite di calcolo. La vita di riferimento (V_r) dell'opera si ottiene con la formula: $V_r(anni) = C_u V_n$, dove V_n è la vita nominale dell'opera (Tabella I) e C_u un fattore funzione della classe d'uso della struttura (Tabella III).

Tabella I

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
Opere provvisorie; Opere provvisionali; Strutture in fase costruzione	$\square=10$
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza	≥ 50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabella II

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

Tabella 3

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Il parametro P_{Vr} è invece funzione dello stato limite considerato, secondo la tabella:

Stati Limite	P_{Vr}
Stato Limite di Operatività (SLO):	0,81
Stato Limite di Danno (SLD):	0,63
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):	0,10
Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):	0,05

Accelerazione massima (a_{max}) di sito

L'accelerazione massima è data da: $a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$ dove:

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica che nel nostro caso vale 1.424

S_T = coefficiente di amplificazione topografica che vale 1.00

per cui risulta una accelerazione $a_{max} = 0.258 \text{ g}$ per (SLV) pari a **2.53 m/s²**

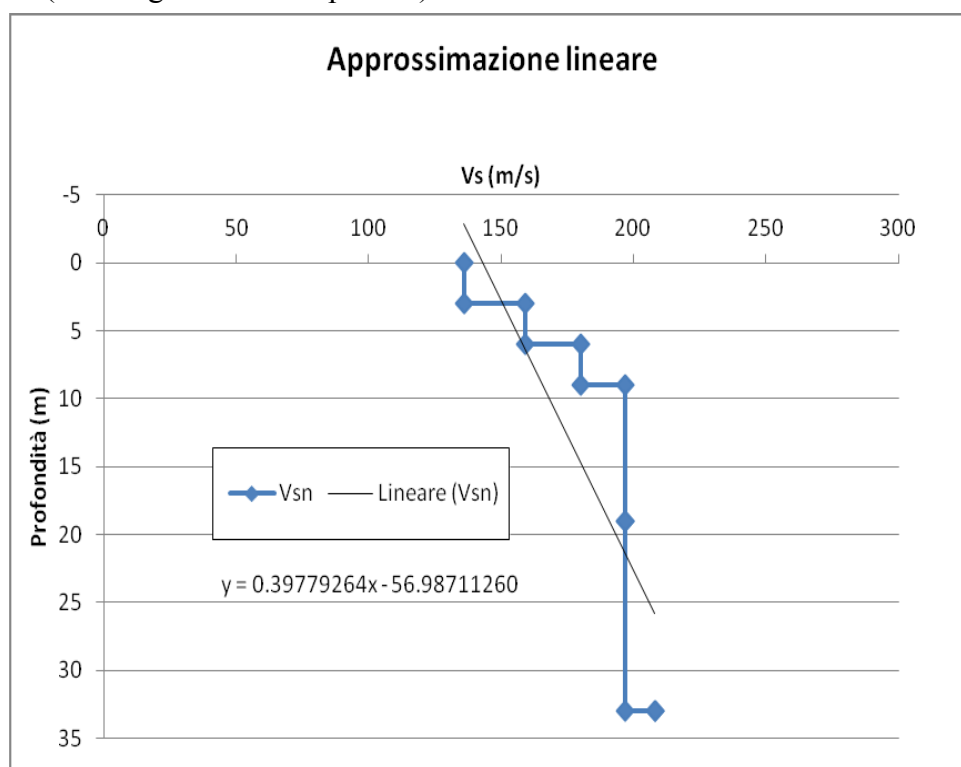
Definizione dei fattori di amplificazione sismica per l'area in esame

L'area in esame si trova in un ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di peliti e sabbie, con intercalazioni di orizzonti di ghiaie e con substrato profondo più di 100 metri dal p.c. (PIANURA 2) e per quanto indicato in “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” si debbono utilizzare i seguenti valori di amplificazione per valori di V_{S30} fino a 200 m/s:

F.A. P.G.A.	1.70
F.A. SI1 Intensità spettrale ($0.1s \leq T_o \leq 0.5s$)	2.00
F.A. SI2 Intensità spettrale ($0.5s \leq T_o \leq 1.0s$)	3.00
F.A. SI3 Intensità spettrale ($0.5s \leq T_o \leq 1.5s$)	3.30

Definizione della profondità del bedrock sismico

Per definire la profondità del bedrock sismico si è estrapolato il profilo V_s (MASW) fino ai valori di 800 m/s, utilizzando una retta di regressione e ottenendo una profondità del bedrock pari a **m-261** dal p.c. attuale (vedere grafico sottoriportato)



VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Introduzione

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb: $\tau = c + (\sigma_{v0} - u)\tan\varphi$

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza $\langle\tau\rangle$ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$; b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione $\langle c=0 \rangle$ non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

In sostanza si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- si trovano sotto falda;
- sono da poco a mediamente addensati.
- si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori ai 15 metri)

Le attuali normative (DM17/01/18) indicano che il fenomeno della liquefazione non è da prevedersi se si verifica almeno una delle seguenti condizioni :

1)Eventi sismici attesi di magnitudo inferiore a 5

2)Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field (campo libero) inferiore a 0.10 g. Accelerazione massima minore di 0.15 g e terreni con:

I)Frazione di fine (FC) superiore al 20%, con indice di plasticità $P_I > 10$

II)FC > 35% e resistenza $(N_1)_{60} > 20$.

III)FC < 5% e resistenza $(N_1)_{60} > 25$.

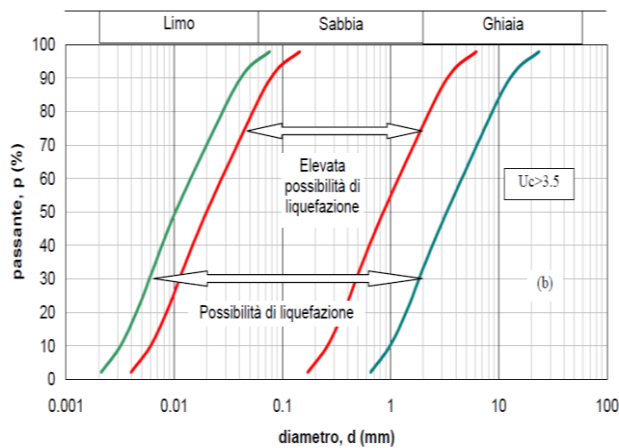
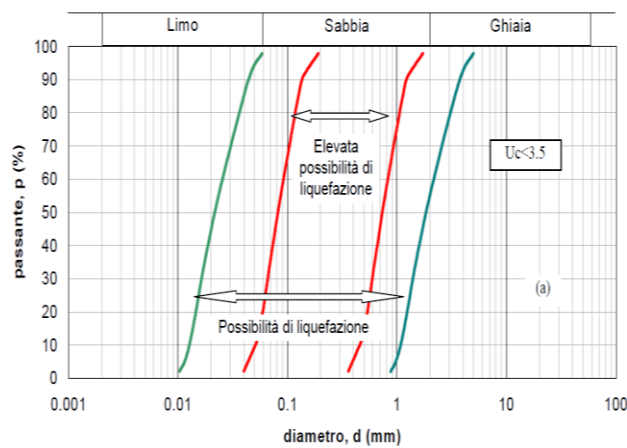
4)Profondità media della falda idrica inferiore a 15 metri dal p.c.

5)Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate dai fusi di liquefazione indicati nei grafici riportati nella pagina successiva (il primo grafico è relativo a terreni con coefficiente di uniformità

$U_c < 3.5$ e il secondo relativo ai terreni con $U_c > 3.5$), dove $U = D_{60}/D_{10}$

D_{60} = diametro delle particelle corrispondenti ad un passante pari al 60%

D_{10} = diametro delle particelle corrispondenti ad un passante pari al 10%



Verifica alla liquefazione con metodi semplificati

Per la verifica del rischio di liquefazione, effettuata con un programma di calcolo automatico, si sono utilizzati metodi cosiddetti semplificati che richiedono venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento. I dati del sisma di progetto sono quelli riportati nelle pagine precedenti ($a_{max} = 2.67 \text{ m/s}^2$) e magnitudo $M = 6.14$.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (CRR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CSR). Cioè in pratica si avrà: $F_L = CRR/CSR$. Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1. La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento ed è pertanto stata ricavata attraverso correlazioni con i risultati della prova penetrometrica statica realizzata.

La grandezza CRR si ottiene dalla relazione: $CSR = 0.65(a_{max}/g)(\sigma_{v0}/\sigma'_{v0})r_d(1/MSF)$

a_{max} = accelerazione sismica massima;

g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s^2 ;

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

σ'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma

ricavabile con la relazione $MSF = \left(\frac{M}{7.5}\right)^{-3.3}$ se $M \leq 7.5$ o con la

formula $MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$ se $M > 7.5$

Valutazione delle resistenza al taglio mobilitata R

Per la penetrometria statica (CPT) la resistenza al taglio mobilitata si ottiene utilizzando il metodo di Robertson & Wride. La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50; \quad R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160.$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi. Si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale normalizzati con le relazioni:

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} \quad e \quad F = 100 \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}, \text{dove:}$$

f_s (kg/cmq) = attrito laterale specifico misurato

σ_{v0} (kg/cmq) = pressione verticale totale

σ_{v0}' (kg/cmq) = pressione verticale efficace

Si calcola l'indice di tipo dello strato sabbioso con la formula:

$$Ic = \sqrt{(\text{Log}_{10}F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10}Q - 3.47)^2}$$

Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova:

$$q_{c1n} = C_Q q_c \quad \text{dove} \quad C_Q = \left(\frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n; \text{ L'esponente } n \text{ viene valutato come segue:}$$

se $Ic > 2.6$ allora $n=1$; se $Ic \leq 2.6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando $n=0.5$;

quindi si ricalcola Ic con la relazione: $Ic = \sqrt{(\text{Log}_{10}F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10}q_{c1n} - 3.47)^2}$

se il nuovo valore di Ic è ancora minore di 2.6 si conferma il valore $n=0.5$, altrimenti si

ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n=0.75$; se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$.

Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n}$, dove K_c è uguale a 1, se $Ic \leq 1.64$, ed è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403Ic^4 + 5.581Ic^3 - 21.63Ic^2 + 33.75Ic - 17.88$$

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui risulti $FS \geq 1.25$

Verifica della suscettibilità alla liquefazione per i terreni indagati

Come evidenziato nelle tabelle dei parametri geotecnici, con riportati il valore del fattore di sicurezza alla liquefazione F_L , fino a m-15.00 dal piano di campagna, profondità oltre la quale la pressione di confinamento $\sigma_o' = 1/3(1 + 2K_o)\sigma_v'$ assume valori per cui non si ha liquefazione in caso di sisma (σ_v' = pressione litostatica effettiva - K_o = coefficiente di spinta a riposo), nell'area in esame si è rilevata la presenza di un solo livello sabbioso nella prova CPT n°6, livello presente fra m-5.80 e m-6.20 dal p.c. e con un valore di $F_L = 3.446$ per cui si esclude, nell'insieme dell'area, il rischio delle liquefazione in caso di sisma.

Casi in cui è da prevedersi la Microzonazione Sismica di Terzo Livello

Nel DGR 2193/2015 è indicata la necessità di realizzare la Microzonazione Sismica di Terzo Livello unicamente per aree in cui si presenti almeno una di queste condizioni:

Terzo livello di approfondimento, richiesto per la stima di indici di rischio nelle aree nelle quali si intenda localizzare ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento, nelle seguenti situazioni:

- a) aree suscettibili di liquefazione o densificazione;
- b) aree di versante instabili e potenzialmente instabili;
- c) aree con rapide variazioni della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, nelle quali il modello geologico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali;
- d) aree suscettibili di effetti differenziali (zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse, zone di faglia attiva e capace, zone con cavità sepolte)

Nell'area in esame si sono esclusi tutti i casi indicati e pertanto non si ravvisa la necessità di attuare un III livello di approfondimento

VALUTAZIONE CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Si è valutata la portanza dei terreni di fondazione secondo quanto disposto dal testo unico DM 17/01/2018 e cioè sulla base della verifica agli stati limite ultimi.

Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione $E_d < R_d$, dove E_d è il valore di progetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza. La verifica di questa condizione deve essere fatta impiegando combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A_1 e A_2), per i parametri geotecnici (M_1 e M_2) e per le resistenze (R_1 , R_2 e R_3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio n.1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti, la prima più severa nei confronti del dimensionamento strutturale, la seconda più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio n.2) è prevista una unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali, per quanto disposto nelle attuali Norme Tecniche di Costruzione, sono stati scelti nell'ambito della combinazione, prevista per fondazioni superficiali, (A₁+M₁+R₃).

Per la scelta dei coefficienti parziali si sono utilizzate le tabelle presenti nel DM e si sono considerati terreni pianeggianti in condizioni non drenate (verifica a breve termine) e fondazioni a platea con piano di posa orizzontale e carichi permanenti assiali.

I coefficienti parziali utilizzati nella presente indagine sono:

Coefficiente parziale per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza utilizzata	Coefficiente parziale	M ₁
Resistenza non drenata	c _{uk}	γ _{cu}	1.0

Coefficienti parziali per capacità portante

Verifica	Coefficiente parziale	R ₃
Capacità portante	γ _R	2.3

Valutazione capacità portante del sito in esame

A titolo unicamente indicativo si è considerato un piano di posa a **m-1.00** dal piano di campagna attuale, per superare lo strato di terreno maggiormente soggetto alle variazioni stagionali di umidità e di volume e si sono ipotizzate fondazioni continue con lati di base da m 1.00 x m 10.00.

Per il calcolo delle pressioni di progetto **q_d** si è operato, nel rispetto delle attuali normative con un approccio di tipo semiprobabilistico, sulla base degli *stati limite ultimi (SLU)*, utilizzando la formula di Brinch-Hansen per terreni coesivi (la zona del cuneo di influenza delle fondazioni si trova in terreni coesivi) e utilizzando i parametri geotecnici rilevati nella penetrometria con le caratteristiche meccaniche meno favorevoli (CPT n°1)

$$q_d = [c_{ud}N_c(1+s_c'+d_c')+ qN_q]/\gamma_R$$

dove:

$$\gamma_R = 2.3 \text{ (coefficiente parziale per capacità portante)}$$

c_{ud} = coesione non drenata di progetto

N_c = coefficiente di coesione che per φ uguale a zero gradi vale 5.14

N_q = coefficiente di portata che per φ uguale a zero gradi vale 1.00

q = γD - pressione litostatica totale che al livello piano di posa delle fondazione (m-1.00 dal p.c. e con falda idrica ipotizzata a m-1.00) è pari a circa 0.18 kg/cm² (D = incastro)

$s_c' = 0.2(B/L)$ - fattore di forma della fondazione (B ed L, lati di base)

$d_c' = 0.4k$ con $k = \text{tg}^{-1}(D/B)$ - fattore di profondità

Per valutare la coesione non drenata di progetto (c_{ud}) si è dapprima calcolato il suo **valore caratteristico** (c_{uk}) al quale è associata una probabilità di non superamento del 5%:

$$c_{uk} = c_{um}(1 + \chi V_{cu})$$

dove:

c_{um} = nella penetrometria n°1 (terreni di fondazione con le caratteristiche meccaniche meno favorevoli) il valore medio della coesione non drenata per lo strato H influenzato dalle tensioni generate dalle fondazioni, con lo spessore dato a $0.5 \cdot B \cdot \tan(45^\circ + \phi/2) = m \ 0.50$, risulta pari a circa **$c_{um} = 0.78 \text{ kg/cm}^2$**

χ = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità di non superamento che nel nostro caso vale $\chi = -1.645$

V_{cu} = coefficiente di variazione di c_u , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio (deviazione standard) e la media dei valori di coesione non drenata, da cui si ottiene il seguente valore di coesione caratteristica: **$c_{uk} = 0.73 \text{ kg/cm}^2$** e quindi per $M_1 = 1$ una coesione non drenata di progetto c_{ud} , dello stesso valore, da cui si ottiene un carico di progetto **$q_d = 1.92 \text{ kg/cm}^2$** , carico di progetto elevato con probabili cedimenti del terreno assimilabili con difficoltà dai fabbricati e pertanto si consiglia di utilizzare un carico di esercizio prudenziale non superiore **a 1.30 kg/cm^2** .

Coefficiente di sottofondo (modulo di reazione di Winkler)

Il coefficiente di sottofondo k_w , espresso in kg/cm^3 , dipende oltre che dal tipo di terreno, dal carico esercitato, dai cedimenti e dal tipo e dalla forma delle fondazioni e pertanto andrà definito dal progettista. Per una valutazione attendibile di k_w si suggerisce di utilizzare la relazione semplificata di Vesic: **$k_w = Et/B(1 - \mu^2)$**

B = larghezza fondazioni; μ = coefficiente di Poisson del terreno (Bowles nel caso di argille sature consiglia valori prossimi a 0.4); Et = modulo di elasticità del terreno (valore medio drenato e ponderato) valutato nell'ambito della profondità 2B sotto le fondazioni e ricavato dai valori del modulo edometrico M_o , in base alla espressione teorica $Et = 2/3(M_o)$.

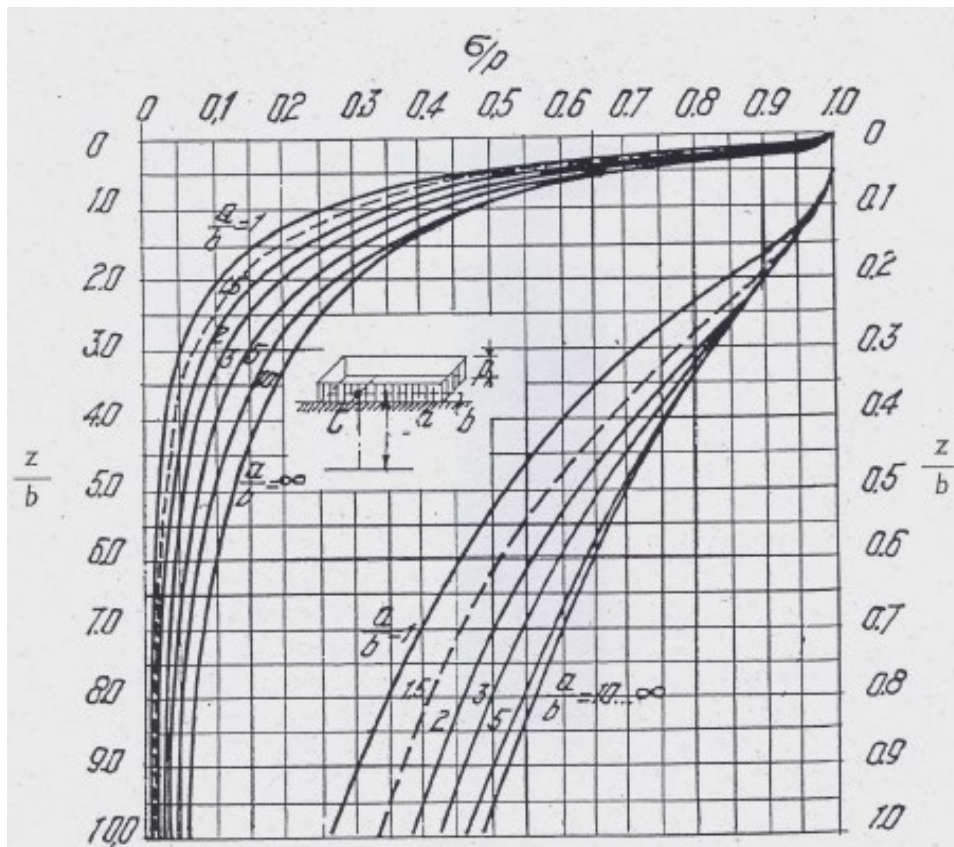
Il valore medio del modulo edometrico dello strato di terreno (CPT n°1) sotto la base delle fondazioni per uno spessore $2B = m \ 2.00$, è pari a $M_{o\text{med}} = 75.73 \text{ kg/cm}^2$, da cui si ottiene una costante elastica del terreno **$Et = 50.49 \text{ kg/cm}^2$** .

CEDIMENTI DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Per il calcolo dei cedimenti si è considerato il carico di esercizio consigliato (1.30 kg/cm^2) depurato del peso del terreno asportato (0.18 kg/cm^2), da cui risulta un sovraccarico effettivo sul piano di posa fondazioni pari a 1.12 kg/cm^2 .

Il calcolo è stato fatto sulla base delle seguenti considerazioni:

- Consolidazione monodimensionale (schema edometrico)
- Tensioni verticali nel sottosuolo secondo la teoria della elasticità, per il calcolo è stato utilizzato il diagramma di Jelinek (Da Geotecnica, di Carlo Cestelli Guidi, Hoepli editore)



- Valutazione dei cedimenti nell'ambito della profondità H_c del banco comprimibile, il cui spessore equivale allo strato di terreno alla base del quale la sovrappressione residua risulta inferiore a 15% del carico litostatico
- Modulo edometrico $M_o = \alpha R_p$ con α valutato in base alla litologia.

Il calcolo dei cedimenti è stato condotto per strati successivi omogenei, valutando per ciascuno strato la tensione verticale σ_v (al centro della superficie di carico) e il valore del modulo edometrico M_o (ottenuto dalla elaborazione dei dati penetrometrici), in base alla espressione: cedimento $S = n \Sigma(h \cdot \sigma_v / M_o)$

Cedimento per trave rovescia (m 1.00 x 10.00) con sovraccarico netto di 1.12 kg/cm²

Penetrometria n°1

Profondità strato (m)	Spessore strato (m)	Tensione(σ_v) (kg/cm ²)	Modulo edometrico. (kg/cm ²)	Ced. strato (cm)
Da m-1.00 a m-1.60	0.60	0.93	71.38	0.78
Da m-1.60 a m-2.00	0.40	0.63	81.38	0.31
Da m-2.00 a m-2.40	0.40	0.48	64.57	0.30
Da m-2.40 a m-3.60	1.20	0.31	88.25	0.42
Da m-3.60 a m-4.20	0.60	0.21	67.99	0.18
Da m-4.20 a m-4.60	0.40	0.18	80.95	0.09
Da m-4.60 a m-4.80	0.20	0.16	98.45	0.03
Da m-4.80 a m-5.00	0.20	0.15	63.45	0.05

Cedimento totale cm 2.16

CONCLUSIONI

La realizzazione di quanto previsto in progetto non comporta variazioni significative dell'ambiente fisico. I terreni interessati dalle opere in progetto presentano caratteristiche meccaniche tali da permettere la realizzazione di fondazioni dirette superficiali, si esprime pertanto parere geologico favorevole alla realizzazione di quanto richiesto. In ottemperanza alla Circolare Regionale 1288 dell'11/02/1983 si rinvia alla fase esecutiva il definitivo approfondimento geologico-tecnico.

Cesena ottobre 2018

Magnani dott. Andrea