



**REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA
COMUNE DI PORTOMAGGIORE**

FILIPPI FERNANDO

Via Pisacane, civ. 2

44015 - Portomaggiore (FE)

**Allegato alla delibera del
Consiglio Comunale
n.47 in data 10.08.2011**



**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
URBANIZZAZIONE "IL PARCO"
PORTOMAGGIORE (FE)**

- RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA -

Relatore

Dr. Geol. Roberta Luetti

**Piazza del Popolo 13 int 5
44034 – Copparo (FE)**

Località

Portomaggiore

Data

01 dicembre 2010

Rif. int. RL171/10

synthesis

Dr. Geol. **Roberta Luetti**

geologia
idrogeologia
geotecnica
caratterizzazione siti inquinati

Piazza del Popolo, 13 int. 5
44034 Copparo (Ferrara)
tel. 0532 860546 - fax 0532 385035

r.luetti@synthesissrl.com

INDICE

1. PREMESSE	2
1.1. Normative di riferimento	2
1.2. Ubicazione del sito	3
1.3. Intervento previsto	3
1.4. Campagna d'indagini e analisi eseguite	3
1.4.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE	3
1.4.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI	4
1.4.3. PROVE DI LABORATORIO	4
1.4.4. SISMICA A RIFRAZIONE	5
1.4.5. DITTA INCARICATA PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE E DEI SONDAGGI	5
1.4.6. DITTA INCARICATA PER LE PROVE DI LABORATORIO	5
1.4.7. DITTA INCARICATA PER LA SISMICA A RIFRAZIONE	5
2. MODELLO GEOLOGICO	10
2.1. Caratteri geologici - strutturali	10
2.2. Caratteri geomorfologici	15
2.3. Caratteri stratigrafici	17
2.3.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE	18
2.3.1.1. CARATTERI LITOLOGICI – MODALITÀ DI VALUTAZIONE	18
2.3.1.2. CARATTERI LITOLOGICI - DESCRIZIONE	19
2.3.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI	20
2.4. Caratteri idrogeologici e idrologici	20
2.5. Pericolosità geologica del territorio e del sito – Considerazioni conclusive	30
2.5.1. INDIVIDUAZIONI DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI	30
2.6. Pericolosità geologica locale	31
2.6.1. DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE	32
2.6.2. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI DI FONDAZIONE	37
2.6.3. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	37
2.6.3.1 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE NEL CASO SPECIFICO	39
2.6.4. STIMA CEDIMENTI POST SISMICI DEI TERRENI COESIVI	42
2.6.5. STIMA CEDIMENTI PERMANENTI NEI TERRENI GRANULARI SATURI LIQUEFACIBILI	43
3. MODELLO GEOTECNICO	45
3.1. Prove penetrometriche statiche	45
3.1.1. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA – MODALITÀ DI VALUTAZIONE	45
3.1.1.1. PARAMETRIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA DI MASSIMA	45
4. CONSIDERAZIONI GENERALI	48
4.1. Valutazione di compatibilità delle previsioni con la riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile sulla base di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana	48
5. DETERMINAZIONE DEI VALORI DI CAPACITÀ PORTANTE E CEDIMENTI TEORICI RELATIVI AL TRATTO STRADALE	49
5.1. Modalità di analisi	49
5.2. Valori ricavati	52
6. VALUTAZIONI RELATIVE AL DIMENSIONAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE	54
6.1. Determinazione degli spessori minimi - Metodo dell'Indice di Gruppo	55
6.2. Verifica degli spessori proposti	59
6.2.1. TRAFFICO PRESUNTO	59
6.2.2. DETERMINAZIONE DEGLI SPESSORI - METODO C.B.R.	60
6.3. Valutazioni relative al progetto stradale nel caso specifico	63
6.4. Progettazione del tratto stradale – Considerazioni conclusive	64

	Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE “IL PARCO” SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica
----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1. PREMESSE

Su incarico del **Geom. Riccardo Lodi**, con studio in località Portomaggiore, via Roma civ. 41, è stata eseguita una campagna di indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche, in corrispondenza di un sito sul quale è prevista la realizzazione di opere di urbanizzazione relative ad un Piano Urbanistico Attuativo in località Portomaggiore (Ferrara) nell'area individuata come ampliamento del comparto i Giardini.

Le indagini sono state realizzate allo scopo di verificare le caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche generali dell'area.

Le modalità d'indagine e i risultati ottenuti sono descritti e analizzati nel presente rapporto finalizzato, come si è detto, a fornire un inquadramento generale dell'area ai sensi della normativa attualmente vigente. Si rimandano quindi a successivi approfondimenti d'indagine, le valutazioni necessarie alla progettazione delle singole opere edilizie previste.

I dati identificativi delle ditte coinvolte per la realizzazione delle indagini a corredo del presente lavoro, sono in seguito riepilogati.

1.1. Normative di riferimento

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Ordinanza n. 3274*”) e successive modifiche.

- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti “*Norme tecniche per le Costruzioni*”, D. M. 14/01/2008.

- Delibera n. 112 del 02.05.2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna riguardante l'Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 “Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio”, in merito

	Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE “IL PARCO” SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica
----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

a “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”.

1.2. Ubicazione del sito

La zona in oggetto è localizzata nel territorio comunale di Portomaggiore (Fe), nella porzione occidentale del centro abitato del capoluogo Comunale. In particolare l’area è ubicata nella porzione di territorio compreso tra la ferrovia Ferrara-Rimini, Via Primo Maggio e lo Scolo Bolognese; ha sviluppo pseudo-rettangolare ed è attualmente destinata ad uso agricolo (seminativo).

1.3. Intervento previsto

Come accennato, nel sito in esame è prevista la realizzazione di una nuova area per insediamenti abitativi: l’intervento risulta parziale rispetto all’area individuata dal PSC come area di trasformazione urbanistica. Saranno realizzati, infatti, n. 6 comparti edificabili ad uso civile abitazione, oltre alle strade di penetrazione che collegheranno l’area stessa con le aree limitrofe lottizzate, verso via I Maggio e via Vincenzo Cuoco.

L’area di nuova lottizzazione ha una forma irregolare ed occupa una superficie pari a circa 5000 mq.

1.4. Campagna d’indagini e analisi eseguite

1.4.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Numero di indagini eseguite: 2

Profondità d’indagine: mt. 15.00

In base alla conoscenza della zona da parte dello scrivente e in relazione all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, allegato 4, cap. 2.3, la profondità delle prove è stata programmata al fine di verificare l’eventuale presenza di strati spessi e continui di sabbia potenzialmente liquefacibile.

L’Ordinanza del Presidente del Consiglio definisce che la verifica alla suscettibilità a liquefazione, può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità maggiori a mt. 15.00 dal piano campagna.

	Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE "IL PARCO" SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Strumentazione utilizzata: penetrometro statico meccanico tipo Gouda da 10 tonnellate a lettura digitale, munito di punta tipo Begemann Ø 35.7 mm, con manicotto di frizione per il rilievo delle seguenti grandezze:

Rp: resistenza alla punta (Kg/cm²)

RI: resistenza laterale locale (Kg/cm²).

L'attrezzatura è installata su carro cingolato e, per l'esecuzione dell'indagine, necessita di apposito ancoraggio.

1.4.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

Numero di indagini eseguite: 2

Profondità d'indagine: al fine di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico il terreno direttamente interessato dalla realizzazione delle strade di penetrazione, sono stati eseguiti n. 2 sondaggi geognostici spinti a mt. 2.00 dal piano campagna.

Strumentazione utilizzata: sonda oleodinamica leggera con avanzamento ad asta elicoidale ϕ 40 mm.

Va infine segnalato come, all'interno dei fori residuali di tutte le indagini effettuate, siano stati inseriti n. 4 piezometri a tubo aperto tipo Norton, utilizzati per la determinazione della quota della superficie freatica.

1.4.3. PROVE DI LABORATORIO

In corrispondenza del futuro tracciato stradale (strade di penetrazione), sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno superficiale (da mt 0.50-1.05), poi recapitati in laboratorio, per le successive analisi necessarie alla determinazione dei parametri utili al dimensionamento del pacchetto stradale. In particolare sono state definite le caratteristiche fisiche, volumetriche e di consistenza oltre l'Indice di Gruppo.

In corrispondenza dei punti di prelievo dei due campioni di cui sopra sono stati prelevati ulteriori due campioni a mt. 0.50, sul campione medio ottenuto dalla miscelazione dei 2 campioni, è stata eseguita una prova di compattazione Proctor standard e determinato l'indice di portanza C.B.R. su due provini.

E' stato inoltre prelevato, n. 1 campione indisturbato, in corrispondenza della prova penetrometrica CPT1 alla profondità compresa tra mt. 3.00 e mt. 3.50, su cui è stato determinato l'indice plastico.

	Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE "IL PARCO" SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica
----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1.4.4. SISMICA A RIFRAZIONE

Al fine di integrare i dati estrapolati dalle prove penetrometriche statiche e di analizzare il sottosuolo dal punto di vista sismico a profondità maggiore di mt 15.00, è stata eseguita un'indagine di sismica a rifrazione.

Per l'esecuzione dell'indagine sismica a rifrazione, ci si è basati sulla tecnica del metodo Masw (Multi Channel Analysis Surface Waves) attivo e passivo, atta alla classificazione del sito in esame ai sensi del D.M. 14/01/2008.

Il metodo utilizzato sfrutta le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza). Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. Il metodo passivo sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo attivo sfrutta sorgenti sismiche (massa battente).

Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico), onde ricavare il modello reale.

1.4.5. DITTA INCARICATA PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE E DEI SONDAGGI

Pergeo s.r.l. – via dell'Artigianato 2 – 44030 Ro Ferrarese (FE).

1.4.6. DITTA INCARICATA PER LE PROVE DI LABORATORIO

Geotea s.r.l. – Via Calzolari civ. 30/A – 40128 Bologna.

1.4.7. DITTA INCARICATA PER LA SISMICA A RIFRAZIONE

IND.A.G.O. s.n.c. – Via Miani civ. 4 - 45100 Rovigo

Supporti grafici:

- Figura 1. Stralcio Carta Tecnica Regionale – scala 1:10.000
- Figura 2. Stralcio Immagine dal satellite (*GOOGLE EARTH*)
- Figura 3. Stralcio Cartografico da P.S.C. – scala libera
- Figura 4. Stralcio Planimetria di Progetto – scala libera

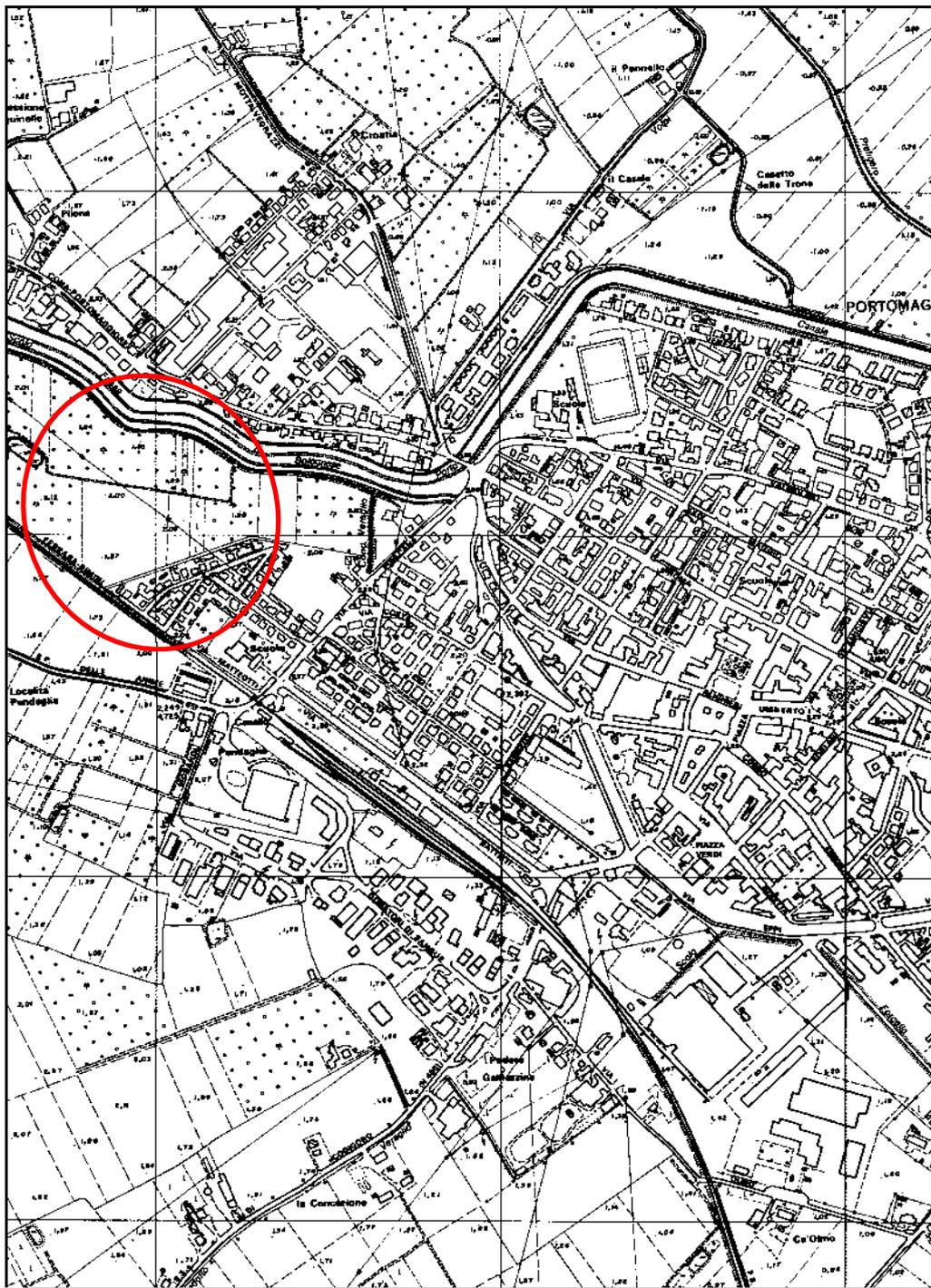


Figura 1

Stralcio Carta Tecnica Regionale - scala 1:10.000

Ubicazione del sito



Figura 2

Stralcio Immagine dal satellite (GOOGLE EARTH)

Ubicazione dell'area in esame

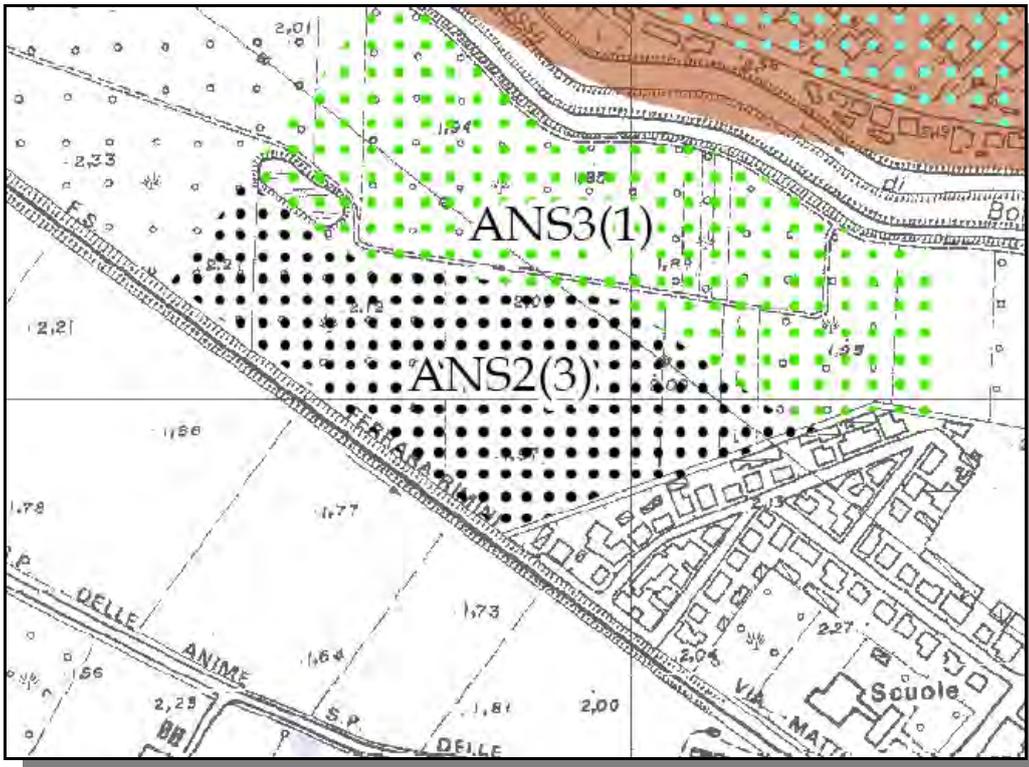


Figura 3

Stralcio Cartografico da P.S.C. – scala libera

Individuazione dell'area ANS2(3) relativa al PUA in oggetto

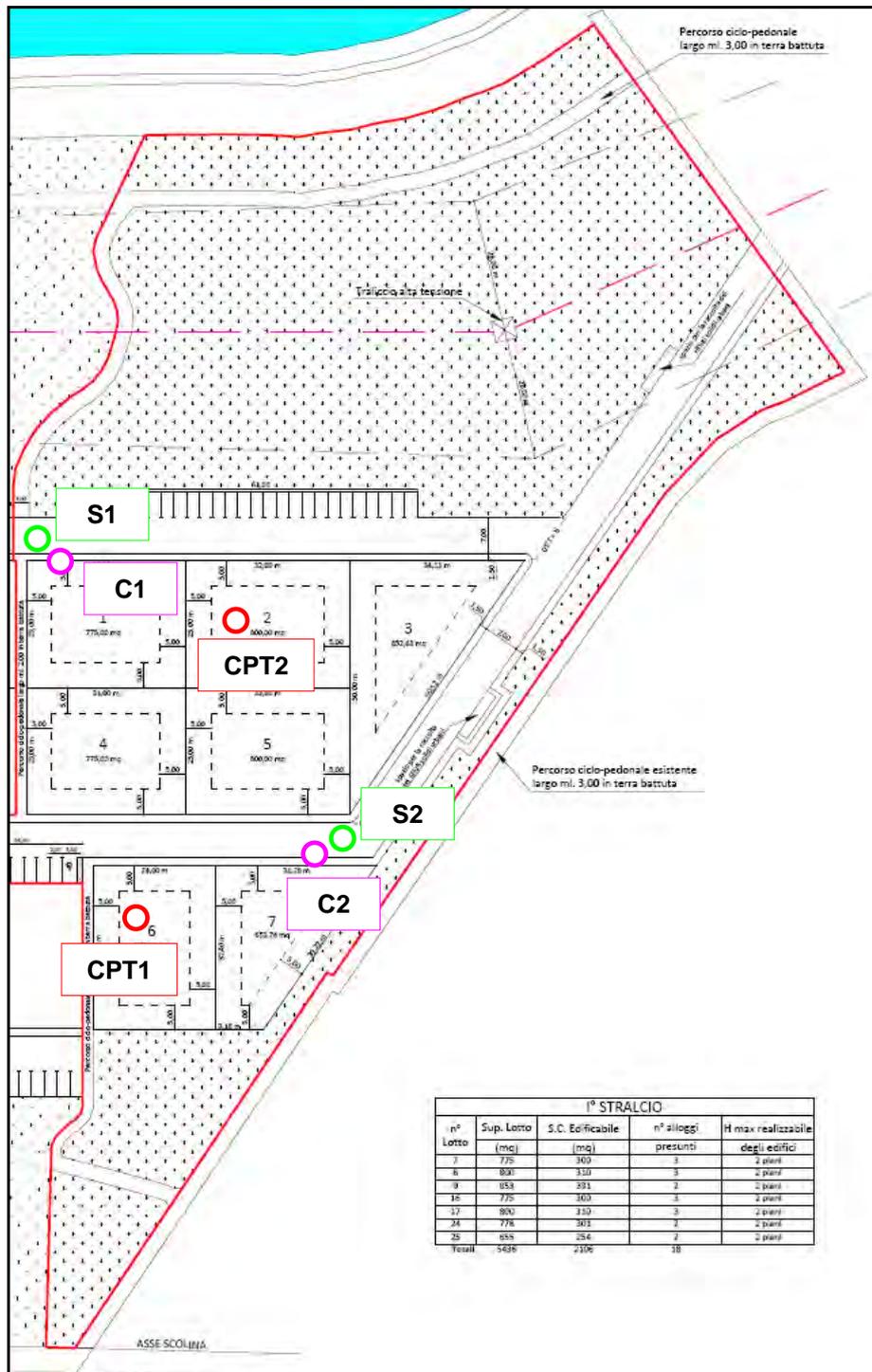


Figura 4

Stralcio Planimetria di Progetto – scala libera

Ubicazione indagini eseguite

2. MODELLO GEOLOGICO

2.1. Caratteri geologici - strutturali

Il territorio dell'Emilia-Romagna è costituito dal versante padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a sud del Po; il limite regionale, infatti, coincide per lunghi tratti con lo spartiacque appenninico verso sud e con il corso del Po verso nord.

Pur essendo due ambienti geomorfologici e sedimentari diversi, l'Appennino e la Pianura Padana sono strettamente correlati fra loro. Il fronte della catena appenninica non coincide con il limite morfologico catena-pianura (margine appenninico-padano) ma è individuabile negli archi esterni delle Pieghe Emiliane e Ferraresi (Pieri & Groppi, 1981) sepolte dai sedimenti quaternari padani. Quindi, il vero fronte appenninico, circa all'altezza del Po, sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta.

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, garantiscono l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive. L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna è costituita da strutture caratterizzate da attività da molto recenti ad attuali. In particolare, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma, Reggio Emilia e di Ferrara. A tali strutture (in particolare alla dorsale Ferrarese) possono essere associati i fenomeni di fagliazione superficiale osservati in alcune aree di Pianura Padana, nelle province di Reggio Emilia e Modena (Pellegrini & Mezzani, 1978). Informazioni sulla presenza di strutture recenti si determinano dalla geometria di alcune superfici stratigrafiche come ad esempio gli alti di S. Bartolomeo in Bosco (a sud di Ferrara) e di Bondeno-Casaglia-Occhiobello (a nord-ovest di Ferrara). Queste zone di alto ricadono tutte sul culmine della dorsale ferrarese, permettendo di ipotizzare un'attività tardo-pleistocenica di questa struttura.

Studi recenti hanno determinato la Catalogazione Parametrica ("unificata") dei Terremoti Italiani (CPTI). A tal fine si riporta una Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo (CPTI, 1999).

Dal punto di vista geologico, la gran parte dei sedimenti che affiorano sulla superficie della pianura emiliano-romagnola sono di età olocenica, meno di 10.000 anni e derivano dalla complessa interazione fra il fiume Po, a nord, i fiumi appenninici, a sud e il Mare Adriatico, a est. I diversi ambienti sedimentari hanno determinato la formazione di conoidi e piane alluvionali dei fiumi appenninici, della piana a meandri del Po, della piana costiera, e del delta del fiume Po.

Nello specifico, nell'area oggetto di studio, si possono distinguere nei primi quindici metri di profondità i seguenti ambienti deposizionali:

- Ambiente dei bacini interfluviali, costituito dalle aree di sedimentazione delle frazioni più fini. Tale ambiente è caratterizzato dalla prevalenza di argille, argille limose, limi argillosi, argille organiche, con frequenti intercalazioni torbose.

- Ambiente di transizione dalle zone di paleoalveo a quelle dei bacini interfluviali, caratterizzato da alternanze di materiali fini e lenti sabbiose.

Infatti, per quanto riguarda l'assetto litostratigrafico locale, i dati bibliografici evidenziano come il sito sia ubicato in prossimità di aree caratterizzate da depositi differenti come depositi di canale distributore e di argine ai primi stadi di alterazione con fronte di alterazione < 1mt (50-100 cm)., che limitano aree interfluviali con depositi di palude tipici di ambienti a bassa energia idrodinamica.

Supporti grafici:

- Figura 5. Carta sismotettonica regione Emilia Romagna
- Figura 6. Profilo geologico-strutturale tra il versante dell'Appennino settentrionale e la Pianura Padana
- Figura 7. Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo.
- Figura 8. Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala 1:250.000

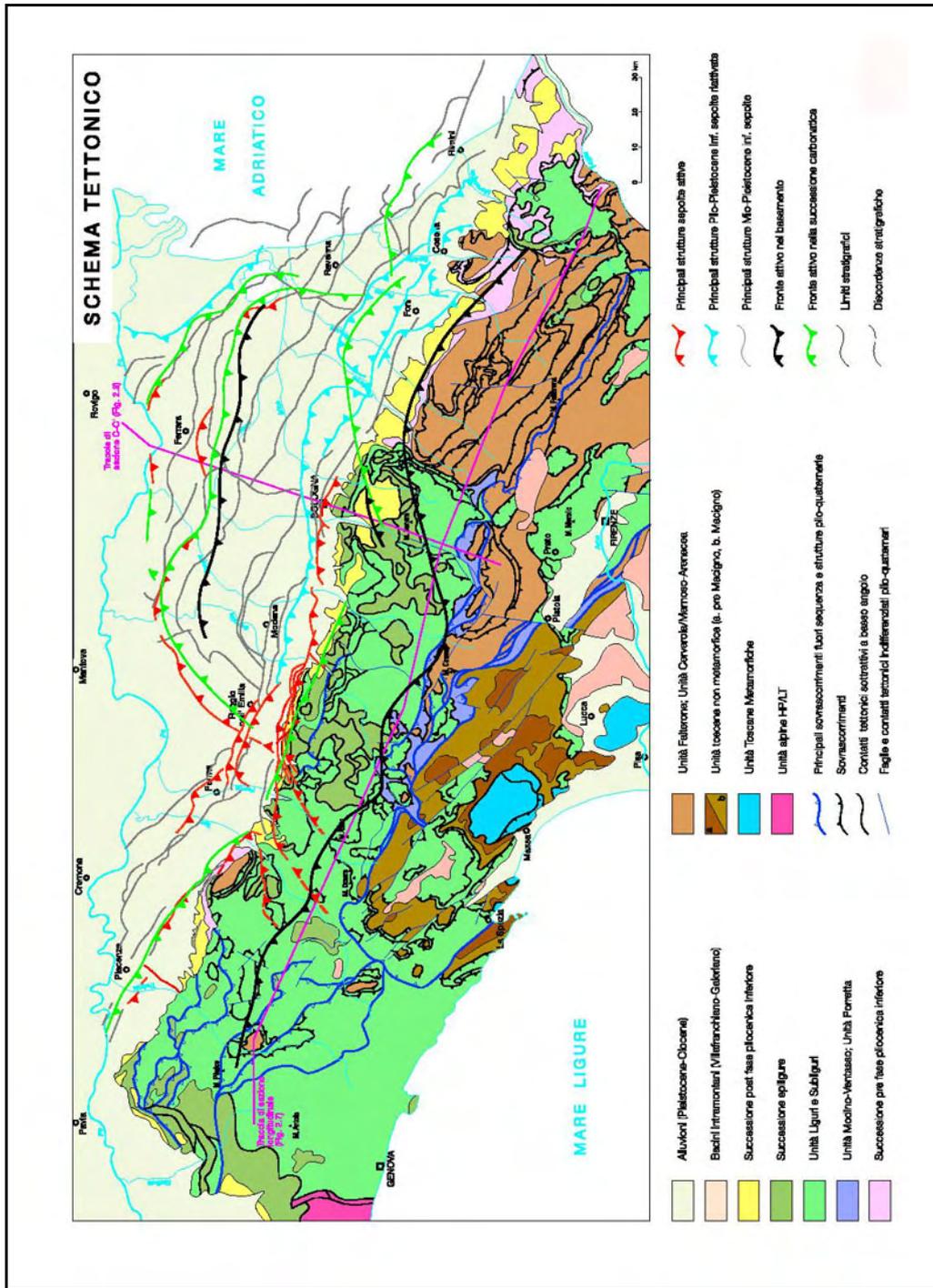


Figura 5
Carta sismo tettonica Regione Emilia Romagna – (BOCCALETTI M., et al.,)

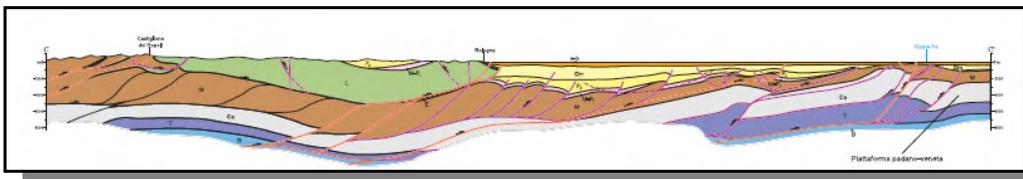


Figura 6

Profilo geologico-strutturale tra il versante dell'Appennino settentrionale e la Pianura Padana.

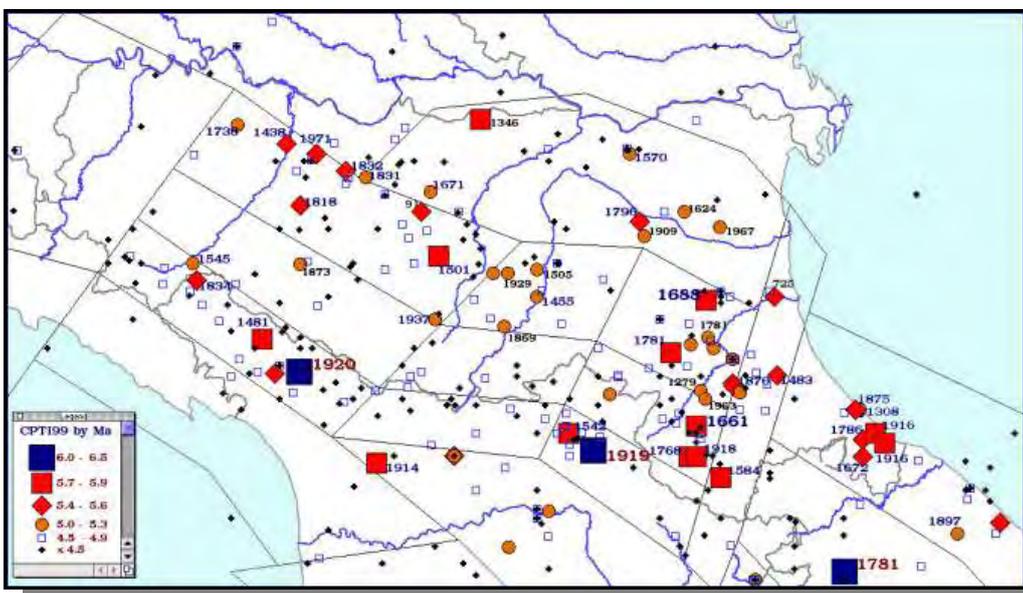


Figura 7

Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo (CPTI, 1999).

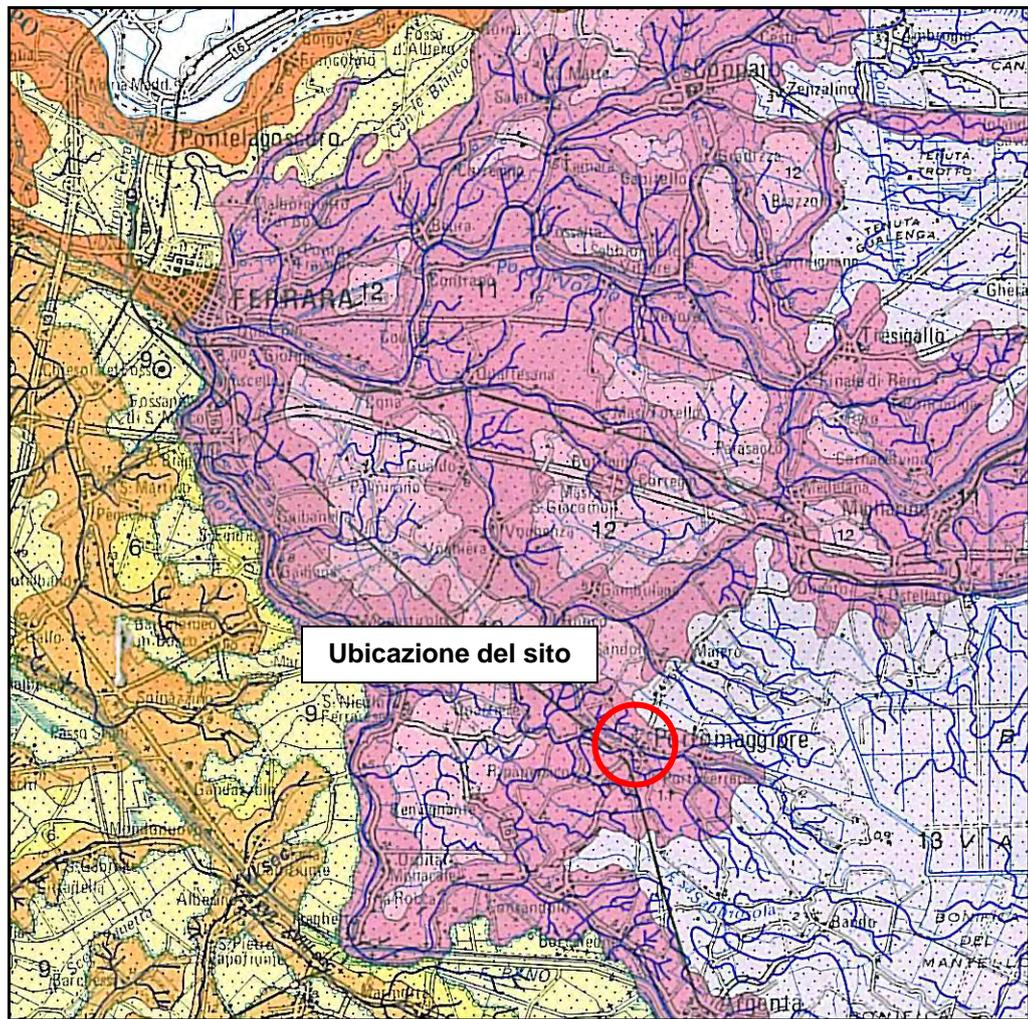


Figura 8

Stralcio Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna – scala 1:250.000

11. Sabbie da medie a fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, localmente sabbie grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale distributore e di argine.

2.2. Caratteri geomorfologici

Nella pianura della Provincia di Ferrara, affiorano sedimenti olocenici di piana alluvionale che si spingono in profondità per diversi di metri. La deposizione di tipo fluviale, avvenuta in modo non uniforme, ha determinato una forte eterogeneità granulometrica dei sedimenti, sia in senso verticale che areale, per cui l'assetto stratigrafico della zona risulta abbastanza complesso.

Il sito in oggetto è localizzato all'interno di una zona di pianura leggermente degradante verso sud - est; con quote variabili tra + 2.20 mt e + 2.09 mt rispetto al livello medio del mare.

Nello specifico, l'area di studio è localizzata, come l'intero abitato di Portomaggiore, tra aree depresse di piana alluvionale ubicate ad ovest e delimitate da dossi fluviali a volte definiti a forte pendenza longitudinale e a volte a bassa pendenza longitudinale.

Nel dettaglio, l'area di studio è localizzata nella porzione meridionale di un paleoalveo principale di collocazione certa che attraversa l'abitato di Portomaggiore in direzione nord/ovest – sud/est. Oltre a tale paleoalveo si può rilevare, in corrispondenza della linea ferroviaria ubicata a sud dell'area di studio, un altro paleoalveo di dimensioni ridotte ma sempre di ubicazione certa.

Supporti grafici:

- Figura 9. Stralcio Carta Geomorfologica della Pianura Padana - scala 1:250.000
- Figura 10. Stralcio Carta geomorfologica del Comune di Portomaggiore – scala 1:5.000

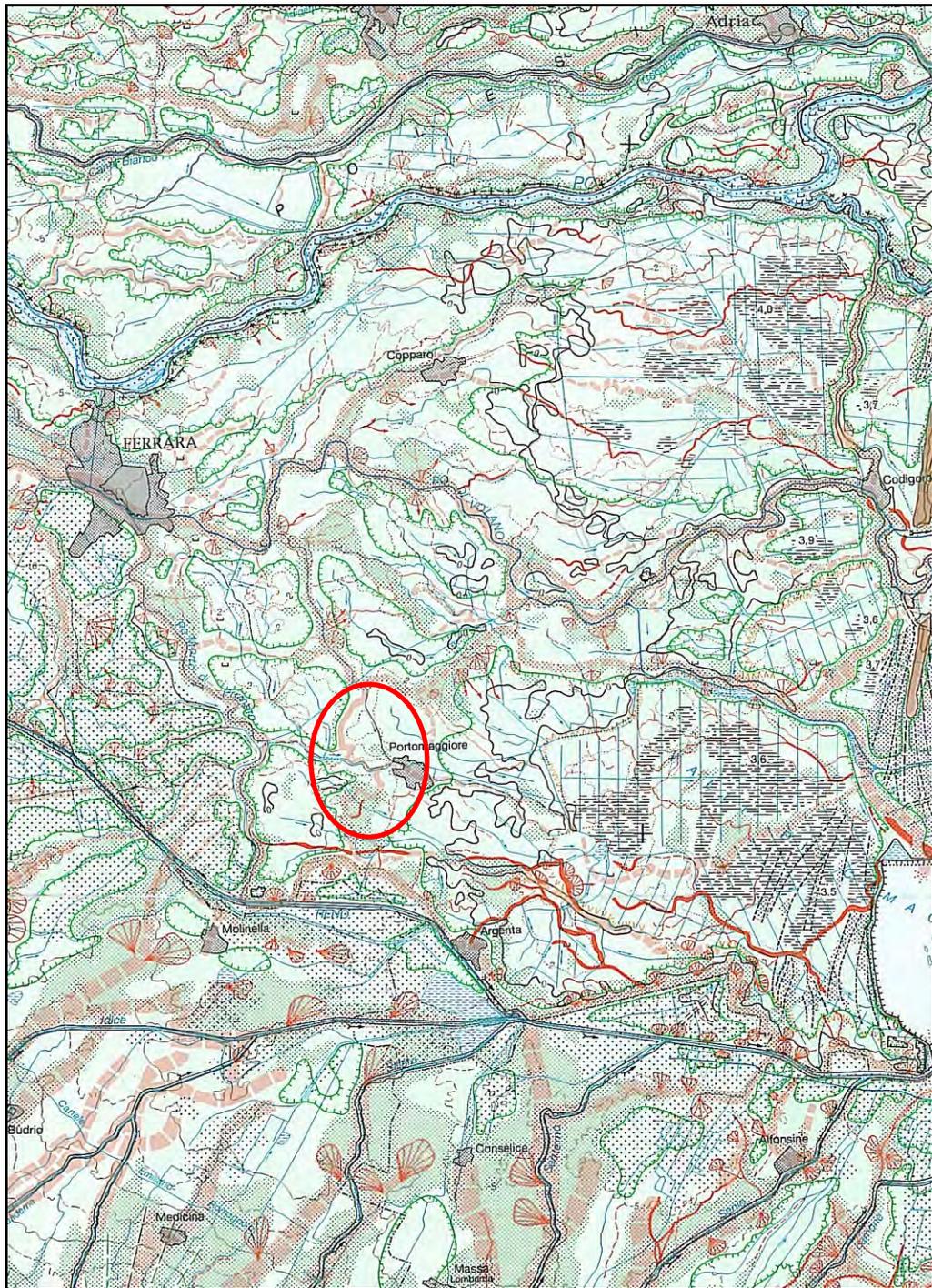


Figura 9

Stralcio Carta Geomorfologica della Pianura Padana - scala 1:250.000

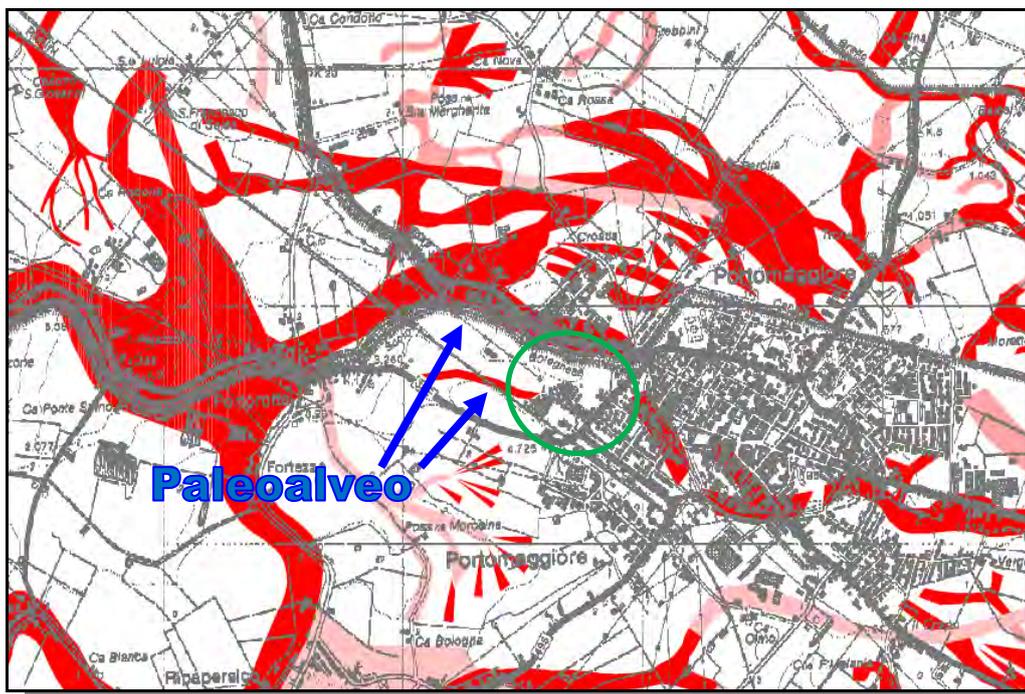


Figura 8

Stralcio Carta geomorfologica PSC Comune di Portomaggiore - scala libera.

Ubicazione dell'area in esame

2.3. Caratteri stratigrafici

Come accennato, la zona in esame è situata all'interno della piana alluvionale originatasi dalla deposizione dei materiali in sospensione nelle acque dei fiumi che attraversavano l'attuale Pianura Padana. I depositi fluviali che ne sono derivati sono invariabilmente costituiti dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana.

In particolare, la zona oggetto di studio è caratterizzata da depositi alluvionali a granulometria fine, con livelli a granulometria medio-fine da p.c. a mt. 15.00 di profondità (massima profondità indagata).

2.3.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

2.3.1.1. CARATTERI LITOLOGICI – MODALITÀ DI VALUTAZIONE

Per il riconoscimento di massima dei profili litostratigrafici, sono state utilizzate le metodologie di seguito descritte.

Rapporto di Begemann 1965 – A.G.I. 1977

F = resistenza alla punta/resistenza di attrito laterale.

A fini orientativi si possono indicare i seguenti valori di F caratterizzanti terreni con diversa granulometria (valido per terreni saturi):

Terreno	F
Torbe ed argille organiche	$F \leq 15$
Limi ed argille	$15 < F \leq 30$
Limi sabbiosi e sabbie limose	$30 < F \leq 60$
Sabbie e sabbie con ghiaia	$F > 60$

Schmertmann 1978

Rp – RL/Rp

Legenda simbologie utilizzate nella colonna stratigrafica ricavata in base alla teoria di Schmertmann:

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata

- Sd = sabbia densa e cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Casi dubbi nell'applicazione del rapporto Rp/RI

Ai fini della valutazione dei parametri geotecnici, si è proceduto a scelte litologiche con validità orientativa che prevedono la possibilità di casi dubbi nell'applicazione delle teorie di Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977; tali scelte litologiche possono essere così sintetizzate:

$7 < R_p < 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni coesivi in genere anche se $R_p/RI < 15$

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni coesivi anche se $R_p/RI > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni granulari anche se $R_p/RI < 30$

2.3.1.2. CARATTERI LITOLOGICI - DESCRIZIONE

Le caratteristiche litostratigrafiche esaminate per mezzo del **rapporto di Begemann (1965) – norme A.G.I. (1977)**, escluso un primo strato di terreno agrario di spessore pari a mt 0.20 presente in tutte e due le prove, evidenziano litologie differenti.

In corrispondenza di CPT1 è possibile individuare uno strato costituito dall'alternanza di limi ed argille con torbe ed argille organiche fino a mt 10.00 di profondità da piano campagna, con alcuni livelli decimetrici di limi sabbiosi e sabbie limose. A tale strato segue, in corrispondenza di un 'aumento del rapporto di Begemann, un'alternanza tra limi ed argille e limi sabbiosi e sabbie limose fino a mt. 15.00 (massima profondità indagata) di profondità da piano campagna.

In corrispondenza di CPT2 si individua un'alternanza tra limi ed argille con strati di torbe ed argille organiche e limi sabbiosi e sabbie limose, fino a mt 4.00 di profondità da piano campagna. Da tale profondità fino a mt 9.00 è possibile individuare uno strato costituito dall'alternanza di limi ed argille con torbe ed argille organiche, seguito fino a mt. 15.00 (massima profondità indagata) di profondità da piano campagna da un'alternanza tra limi ed argille e limi sabbiosi e sabbie limose.

Le caratteristiche litologiche desunte per mezzo dell'**interpretazione di Schmertmann**, permettono di confermare in linea di massima quanto

precedentemente evidenziato, ad eccezione di un leggero aumento della frazione organica.

Introducendo infine la possibilità di **casi dubbi** nella ricostruzione litostratigrafica effettuata per mezzo del rapporto di Begemann – norme A.G.I., pur ribadendo le caratteristiche generali delle successioni litostratigrafiche, si registra la quasi totale sostituzione dei litotipi coesivo-organici con litotipi coesivi.

Supporti Grafici:

- Allegati 5 - 6. Valutazioni litologiche
- Allegati 3 - 4. Diagrammi di resistenza ad istogrammi

2.3.2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

Dalla lettura delle colonne stratigrafiche riportate in allegato, si evince come sia stata rilevata, in corrispondenza del sondaggio S1, la presenza di limo debolmente argilloso ed argilloso fino a mt 0.75 da p.c., da tale profondità fino a mt 1.80 si individua uno strato di sabbia media, medio - fine passante a sabbia debolmente limosa. Da mt 1.80 a mt 2.00 (massima profondità indagata) si individua uno strato di argilla limosa, debolmente limosa plastica.

In corrispondenza del sondaggio S2, si individua terreno agrario argilloso – limoso fino a mt 0.40, da tale profondità fino a mt 1.75, si trova uno strato di sabbia a granulometria medio fine – fine a tratti debolmente limosa e con livelli di limi debolmente argillosi plastici.

Da mt 1.75 a mt 2.00 (massima profondità indagata) si trova uno strato di sabbia medio grossa addensata.

Supporti Grafici:

- Allegati 10 - 11. Schede stratigrafiche sondaggi geognostici

2.4. Caratteri idrogeologici e idrologici

Ad interpretazione della situazione idrogeologica locale, va innanzitutto segnalato come, dal punto di vista idrogeologico, si intenda acquifero “una formazione idrogeologica permeabile che permette il deflusso significativo di una

falda idrica sotterranea e la captazione di quantità apprezzabili d'acqua con mezzi economici".

In base alla definizione sopra riportata, la falda deve quindi avere un deflusso, il quale dovrà essere caratterizzato da spostamenti a prevalente componente orizzontale. Tale definizione è assunta dalla Delibera del 4 Febbraio 1977 che definisce "falda superficiale" un acquifero che ha contatti diretti con le acque di superficie, presumendone quindi un flusso.

Nei fori residuali delle indagini, alla data di esecuzione delle stesse, è stato misurato il livello della superficie freatica, che è risultato alle profondità, riferite a piano campagna, elencate nella tabella di seguito riportata:

Tabella 2.4-1: Profondità Superficie Freatica

Identificativo indagine	Data esecuzione	Profondità della sup. freatica dal p.c. (mt)
CPT 1	20/10/2010	1.52
CPT 2	20/10/2010	1.80
S1	20/10/2010	1.60
S2	20/10/2010	n.r.

Per quanto riguarda le acque di superficie, da segnalare nelle immediate vicinanze dell'area, la presenza dello Scolo Bolognese, il quale può nel medio e lungo periodo influenzare la regimazione della falda locale direttamente nella fascia più prossima allo stesso e indirettamente attraverso i fossi e le scoline nelle aree più distanti.

Si riporta uno stralcio della carta idrografica del bacino Burana – Volano – Canal Bianco per la definizione del sistema idrografico regolato principalmente dalla Fossa di Porto – Scolo Bolognese e dal Canale Diversivo che si dirama dagli stessi.

Come già accennato, all'interno dei fori residuali di tutte le indagini eseguite, sono stati infissi n. 4 piezometri a tubo aperto tipo Norton e, in data 27 ottobre 2010, è stata eseguita una campagna di misure, al fine di determinare la quota di bocca pozzo dei piezometri, la quota del piano campagna nonché la quota della superficie freatica rispetto ad un caposaldo di riferimento individuato in corrispondenza del

oplinto alla base del traliccio della media tensione presente sul lotto. A tale caposaldo, è stata arbitrariamente associata la quota + 10.000 mt.

Le quote dei punti d'indagine, dei piezometri e della superficie freatica individuata nella campagna di misura del 27 ottobre 2010, sono riepilogate nella tabella riassuntiva riportata di seguito:

Tabella 2.4-2: Quote Superficie Freatica

Riferimento	Quota bocca pozzo (mt)	Quota piano campagna (mt)	Prof. sup. freatica da b.p. (mt)	Quota sup. freatica (mt)
CPT 1	10.109	9.947	1.520	8.589
CPT 2	10.292	10.091	1.710	8.582
S1	9.873	9.793	1.210	8.663
S2	10.148	9.977	1.660	8.488
Plinto media tensione	-	10.000	-	-

Utilizzando le misure del piano campagna determinate nel corso del presente studio, con apposito pacchetto software è stato ricostruito l'andamento morfologico sia bidimensionale che tridimensionale. Per mezzo di tali elaborati, riportati in figure 12 e 13, si evince chiaramente come l'area prossima alle lotizzazioni esistenti si identificabile come un alto morfologico rispetto l'intera area di studio, mentre all'interno della stessa è presente una zona più depressa in corrispondenza di S1. La morfologia dell'area risulta comunque fortemente condizionata dall'attività agricola svolta sulla stessa e ai margini di aree edificate nel tempo.

Per mezzo dello stesso programma di elaborazione, è stato ricostruito l'andamento della superficie freatica riferita al 27 ottobre 2010, utilizzando i valori individuati in corrispondenza dei piezometri infissi.

I relativi elaborati, riportati in figure 14 e 15, evidenziano come la superficie freatica tenda a deprimersi in corrispondenza di S2, con gradienti estremamente limitati e quindi con velocità di flusso molto basse; di conseguenza, i principali movimenti della falda freatica saranno soprattutto verticali, regimati dai cicli di alimentazione diretta (infiltrazione) ed evapotraspirazione. L'analisi della morfologia della superficie freatica definisce un flusso in direzione uscente rispetto allo Scolo Bolognese/Fossa di Porto che in corrispondenza dell'area diventa Canale Diversivo.

Tale flusso fa presumere che, in data d'esecuzione rilievo, la falda viene alimentata blandamente da tale corsi.

La Carta delle Aree storicamente allagate, ottenuta dall'elaborazione dei dati bibliografici a disposizione (Quadro Conoscitivo – PSC), mostra come l'area in esame non sia stata interessata da allagamenti, di generale causa, nel periodo compreso tra gli anni 1986 – 2001.

Supporti Grafici:

- Figura 9. Schema di identificazione del sistema acquifero
- Figura 10. Schema movimento dell'acqua nel sottosuolo
- Figura 11. Stralcio Carta Idrografica del Bacino Burana-Volano-Canal Bianco
- Figura 12. Assetto morfologico dell'area di studio - elaborazione bidimensionale - scala libera
- Figura 13. Assetto morfologico dell'area di studio - elaborazione tridimensionale - scala libera
- Figura 14. Assetto morfologico della superficie freatica - elaborazione bidimensionale - scala libera
- Figura 15. Assetto morfologico della superficie freatica - elaborazione tridimensionale - scala libera
- Figura 16. Stralcio Aree storicamente allagate – scala grafica

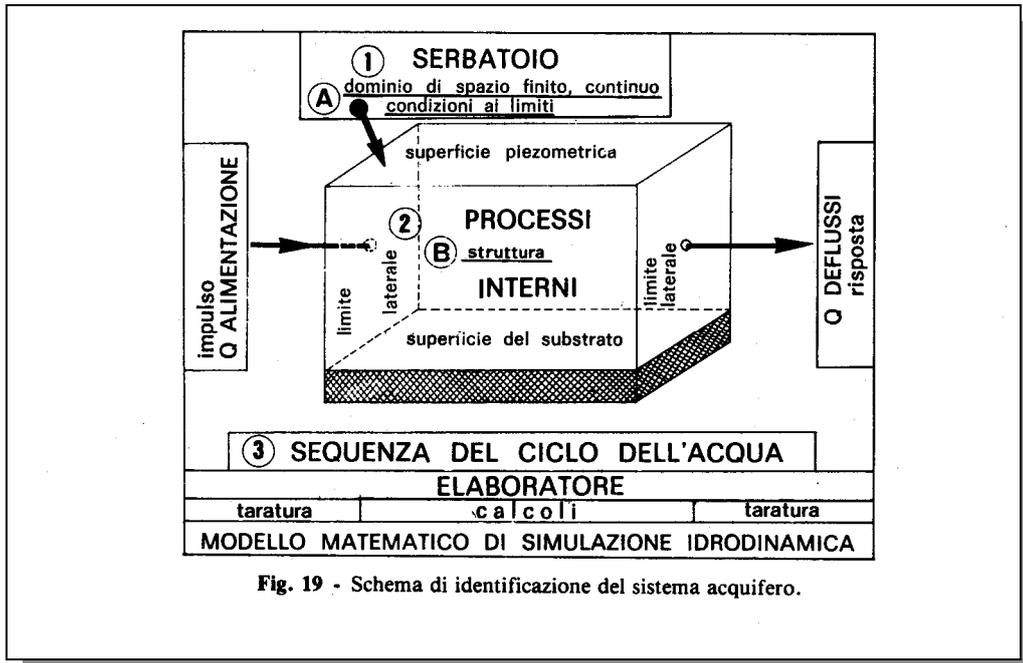


Figura 9
Schema di identificazione del sistema acquifero

direzione	verso	fenomenologia	zone di umidità interessate
prevalentemente verticale	discendente	percolazione verso la falda	zona di aerazione
	ascendente	ascensione capillare	
	alternato	oscillazioni del livello piezometrico	fascia di oscillazione
prevalentemente orizzontale	—	deflusso della falda	zona di saturazione

Figura 10
Movimento dell'acqua nel sottosuolo

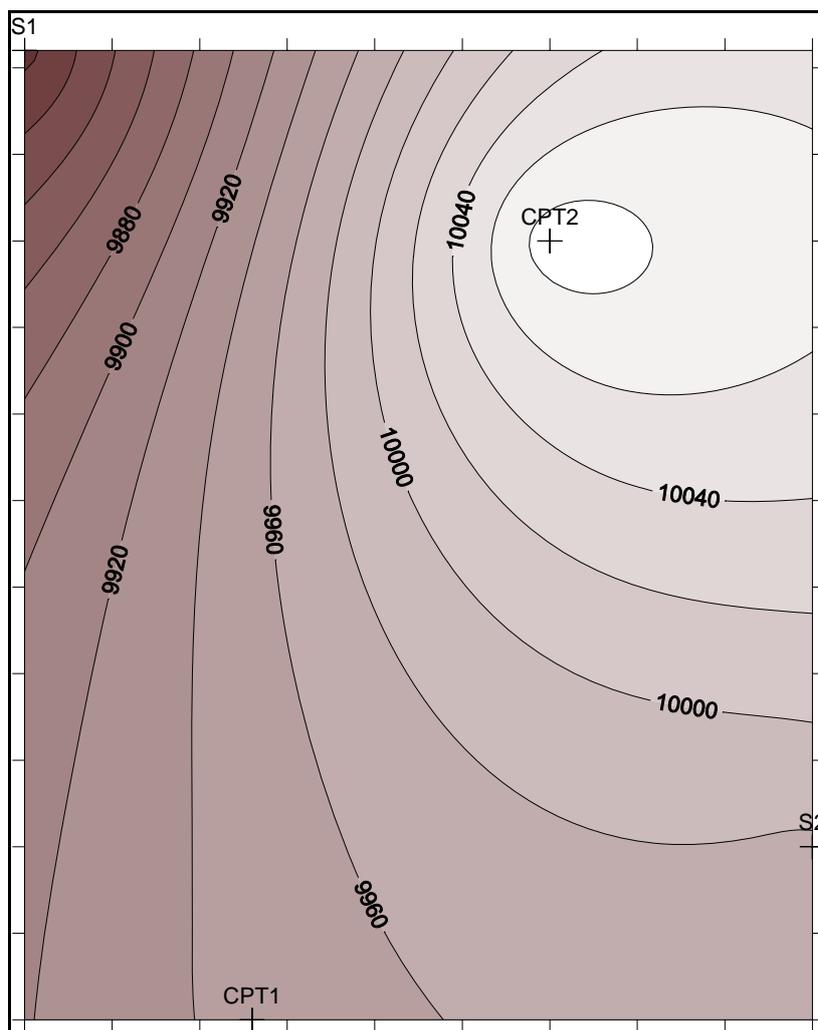


Figura 12
Assetto morfologico dell'area di studio – scala libera
 Elaborazione bidimensionale

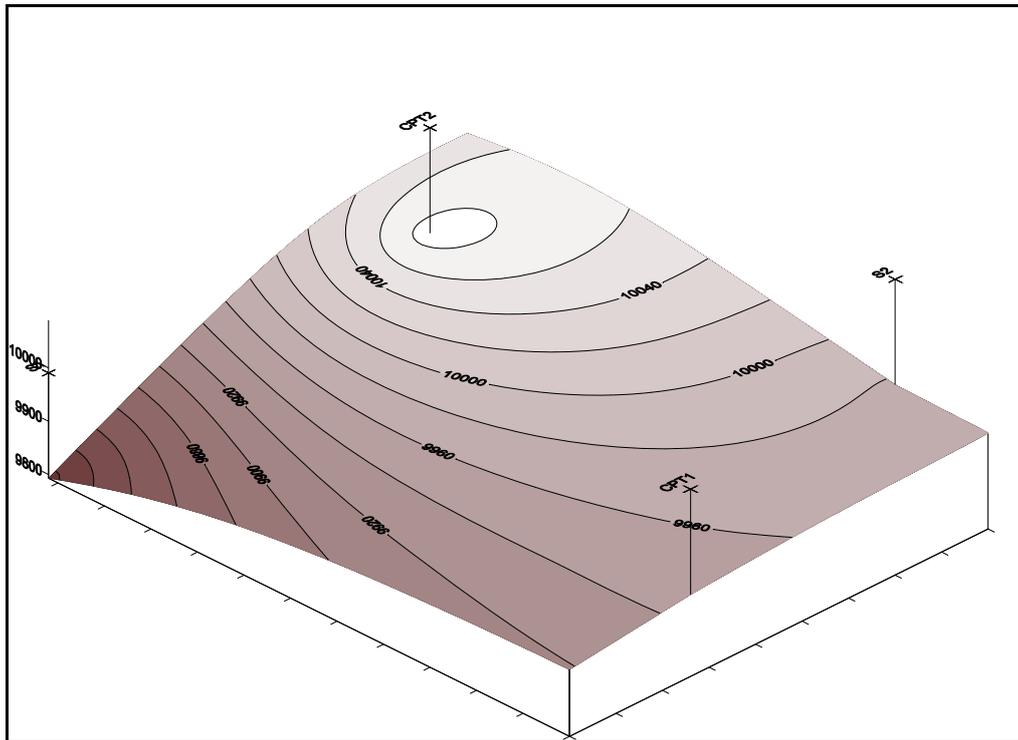


Figura 13

Assetto morfologico dell'area di studio – scala libera

Elaborazione tridimensionale

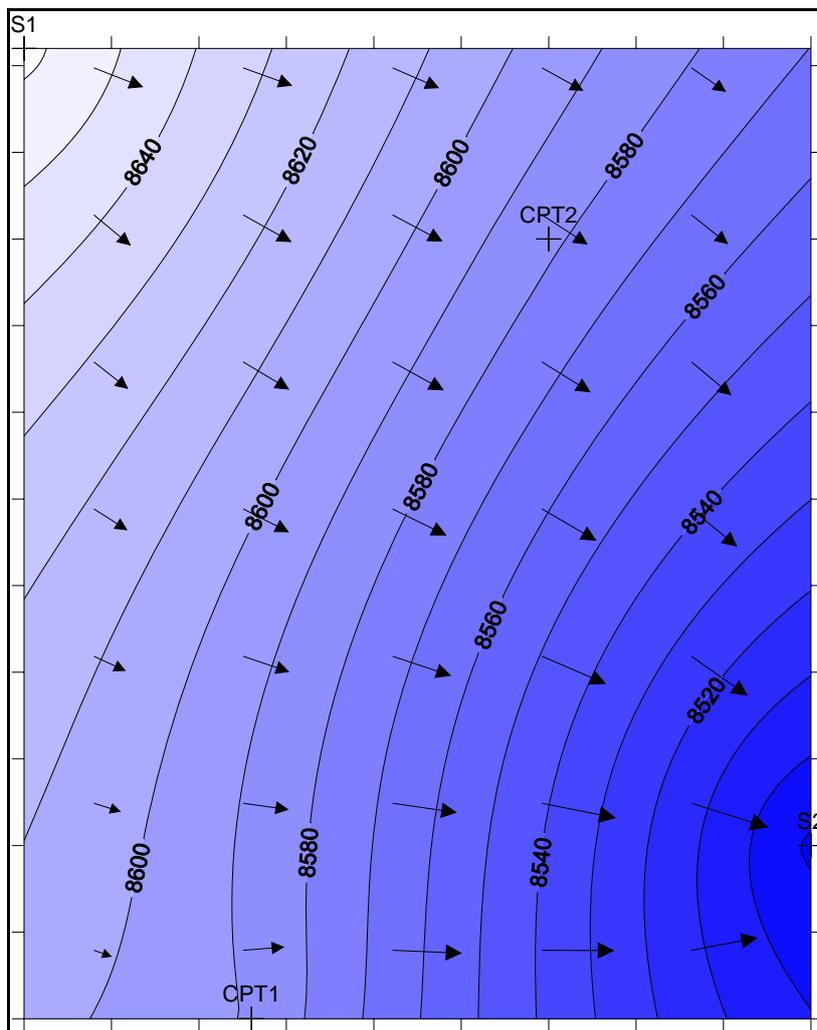


Figura 14

Assetto morfologico della superficie freatica – scala libera

Elaborazione bidimensionale - data di rilievo 27 ottobre 2010

	Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE "IL PARCO" SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica
----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.5. Pericolosità geologica del territorio e del sito – Considerazioni conclusive

2.5.1. INDIVIDUAZIONI DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI

In base alla Delibera n. 112 del 02.05.2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna riguardante l'Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", è stata eseguita un'analisi del territorio secondo le indicazioni della stessa.

L'Allegato A della Delibera fornisce i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio, in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica, vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni, nonché degli scenari di pericolosità locale.

La prima fase (primo livello di approfondimento) è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale; la seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato, nella quale si attuano due diversi livelli di approfondimento: il primo, definito secondo livello di approfondimento, è costituito da un'analisi semplificata in cui la verifica della pericolosità locale può essere basata oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, anche su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche standard.

Il secondo, definito terzo livello di approfondimento, richiede un'analisi più approfondita nei seguenti casi: aree soggette a liquefazione e densificazione; aree instabili e potenzialmente instabili; aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile ed aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Nel caso specifico, sulla base dei documenti del PSC adottato, il Comune di Portomaggiore rientra in un territorio in risulta necessaria l'analisi di 3° Livello di

approfondimento, che nella presente è stata effettuata sulla base delle risultanze delle prove eseguite e nella presente discusse.

2.6. Pericolosità geologica locale

In seguito all'Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274/03, i Comuni della provincia di Ferrara, ad eccezione di Berra, Goro, Mesola ed Argenta, sono stati inseriti, in base alla nuova classificazione sismica, in zona 3. La classificazione è stata eseguita in base all'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

L'analisi della pericolosità dell'area oggetto di studio è stata effettuata sulla base dell'individuazione di:

- spessori granulari potenzialmente liquefacibili o soggetti a dilatanza;
- presenza di terreni con caratteristiche portanti scarse;
- condizioni idrogeologiche particolari;
- presenza di rilevati.

Nel caso in esame, si individuano corpi sabbiosi saturi e ipotizzati continui a profondità maggiori di -9.00/-9.60 mt dal p.c..

Si rilevano, dalla profondità -1.80/-2.20 mt di fino alla profondità di -9.00/-9.60 mt dal p.c. depositi alluvionali costituiti da argille ed argille limose con $c_u \leq 70$ kPa. A mt 4.00 di profondità viene rilevato un livello coesivo con c_u pari a 25 Kpa, in corrispondenza della CPT2. A tale profondità, in corrispondenza della CPT1, si rileva una c_u superiore.

La Carta delle Aree storicamente allagate riportate nella cartografia allegata al Quadro Conoscitivo del P.S.C., mostra come l'area in esame non sia stata interessata da allagamenti nel periodo compreso tra gli anni 1986 – 2001.

Nell'area di studio non sono presenti rilevati che possano interferire con l'opera in oggetto.

Supporti Grafici:

-Figura 17. Nuova zonizzazione sismica



Figura 17

Nuova zonizzazione sismica

Ubicazione del sito

2.6.1. DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE

Per ottenere l'informazione desiderata, si è effettuata l'analisi delle onde di superficie, dal momento che tale tecnica ha dimostrato ampiamente la sua affidabilità e la capacità risolutiva.

Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz).

Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo a 24 canali mod. RAS24 a 24 bits con scarico dei dati direttamente su p.c..

Sono state effettuate 10 registrazioni da 30 secondi ciascuna per il metodo passivo e 2 registrazioni da 2 secondi ciascuna per il metodo attivo. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e grazie alla dinamica dello strumento (24 bits, range

	Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE "IL PARCO" SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

dinamico 117 dB), consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz.

I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello Vs/profondità attendibile.

L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a circa 40 mt di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore RMS calcolato è attorno al 1%.

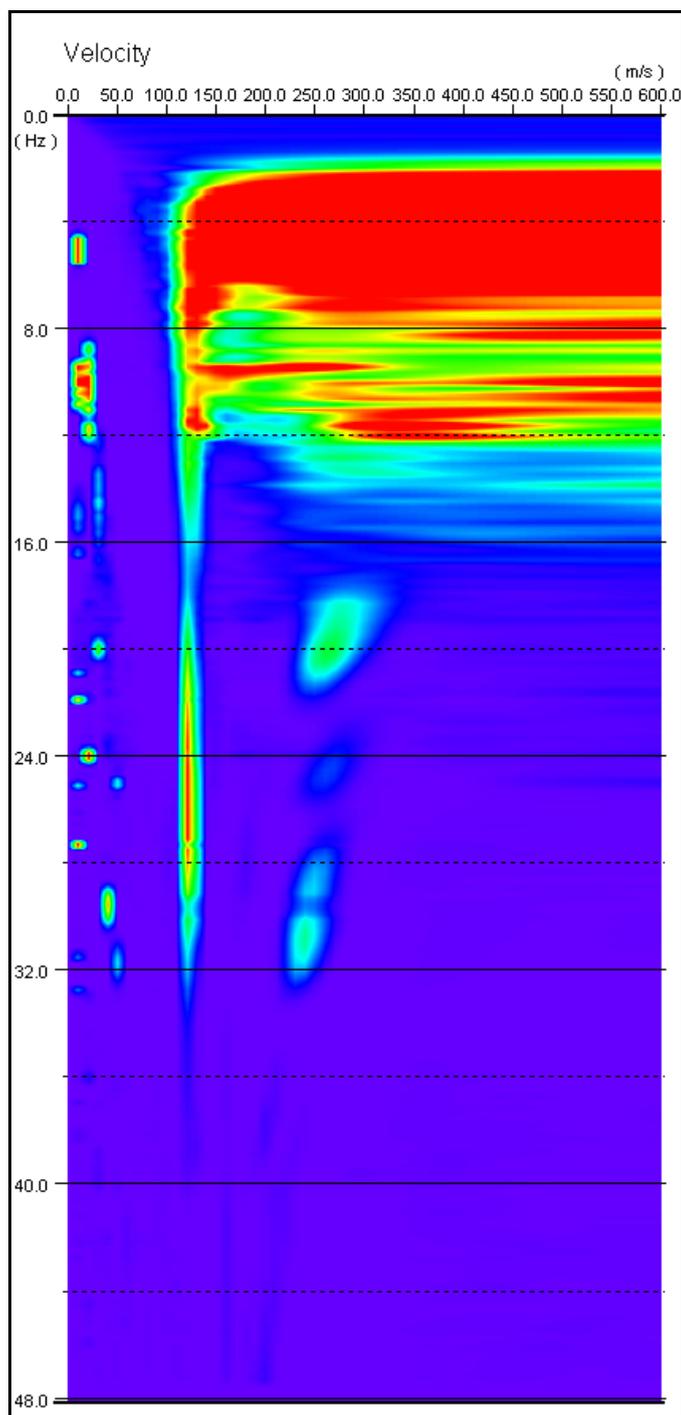


Figura 18
Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

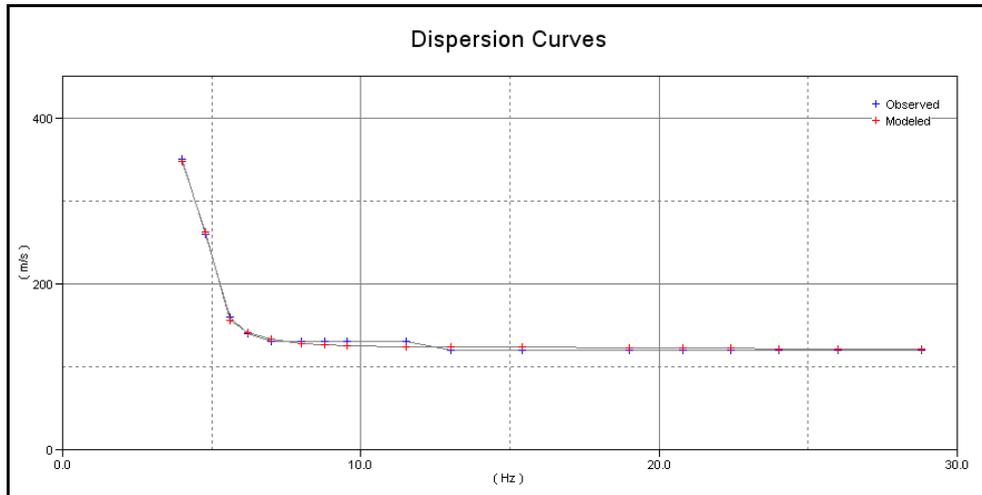


Figura 19
Curva di dispersione misurata (blu) e calcolata (rosso)

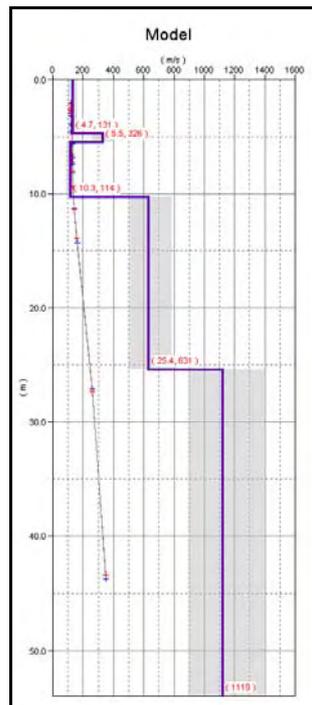


Figura 20
Modello risultante dall'inversione dei dati

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La V_{s30} è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i/v_i}$$

Nel caso specifico è risultato $V_{s30} = 277$ m/s: il sito esaminato presenta quindi un suolo tipo **C**.

Tabella 2.6.1-1

CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE		S
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi con valori $V_{s30} > 800$ m/s con strati di alterazione superficiale $h_{max} = 5$ m	1,00
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (coesione non drenata $C_u > 250$ KPa)	1,25
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (coesione non drenata C_u compresa tra 250 KPa e 70 KPa)	1,25
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (coesione non drenata C_u compresa tra 70 KPa e 20 KPa)	1,35
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s	1,25
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s (coesione non drenata C_u compresa tra 20 KPa e 10 KPa)	Servono studi speciali
S2	Deposito di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, direzione orizzontale

Supporti Grafici:

- Figura 18. Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo.
- Figura 19. Curva di dispersione misurata (blu) e calcolata (rosso).
- Figura 20. Modello risultante dall'inversione dei dati.
- Allegato 12. Rapporto tecnico dell'indagine sismica

2.6.2. VERIFICA DELLE SOLLECITAZIONI SISMICHE SUI TERRENI DI FONDAZIONE

E' importante in questa fase distinguere fra terreni di fondazione incoerenti e terreni coesivi, i quali rispondono alle sollecitazioni di taglio in modo diverso.

Per prevedere il comportamento del terreno sottoposto ad azione sismica nei terreni incoerenti, è fondamentale conoscere il parametro densità relativa (D_r); un terreno molto addensato ($D_r \geq 70\%$) infatti, sottoposto a sollecitazioni di taglio, tende ad aumentare di volume (*FENOMENO DI DILATANZA*) fino a raggiungere l'indice dei vuoti critico, oltre al quale cessa l'aumento di volume stesso. La densità relativa (D_r) in corrispondenza di un aumento di volume diminuisce, come diminuisce l'angolo di resistenza al taglio (φ) legato direttamente ad essa.

Nei terreni di fondazione coesivi, nei quali la resistenza al taglio è espressa in condizioni drenate da un angolo di resistenza al taglio e da una coesione drenata e in condizioni non drenate, da una coesione non drenata, è dimostrato (Carroll, 1963) che l'azione sismica non produce variazioni negative nelle caratteristiche meccaniche.

Si sottolinea infine come il fenomeno della dilatanza sia funzione anche della profondità alla quale si trova lo strato indagato: maggiore è la profondità dello strato minore sarà la possibilità dell'insorgere del fenomeno.

Nel caso in esame sono stati individuati alcuni spessori granulari saturi in tutte le prove effettuate. La densità relativa media di tutti gli strati risulta essere inferiore al 70%; per tali spessori non ci si quindi aspetta il fenomeno della dilatanza.

2.6.3. STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Si definisce **liquefazione** la diminuzione della resistenza al taglio e/o di rigidità, causata dall'aumento della pressione interstiziale in un terreno saturo granulare, durante una sollecitazione sismica.

La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla, se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore di 0.1g;
3. accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine FC, superiore al 20%, con indice di plasticità IP > 10;
 - FC ≥ 35% e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - FC ≤ 5% e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N$$

in cui il coefficiente C_N è ricavabile dall'espressione

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.5}$$

essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la pressione efficace verticale.

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 13 (a), nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 13 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$;
5. profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.

Da evidenziare come, per il punto 4, sia chiaramente necessario prelevare un campione di sabbia da sottoporre ad analisi di laboratorio.

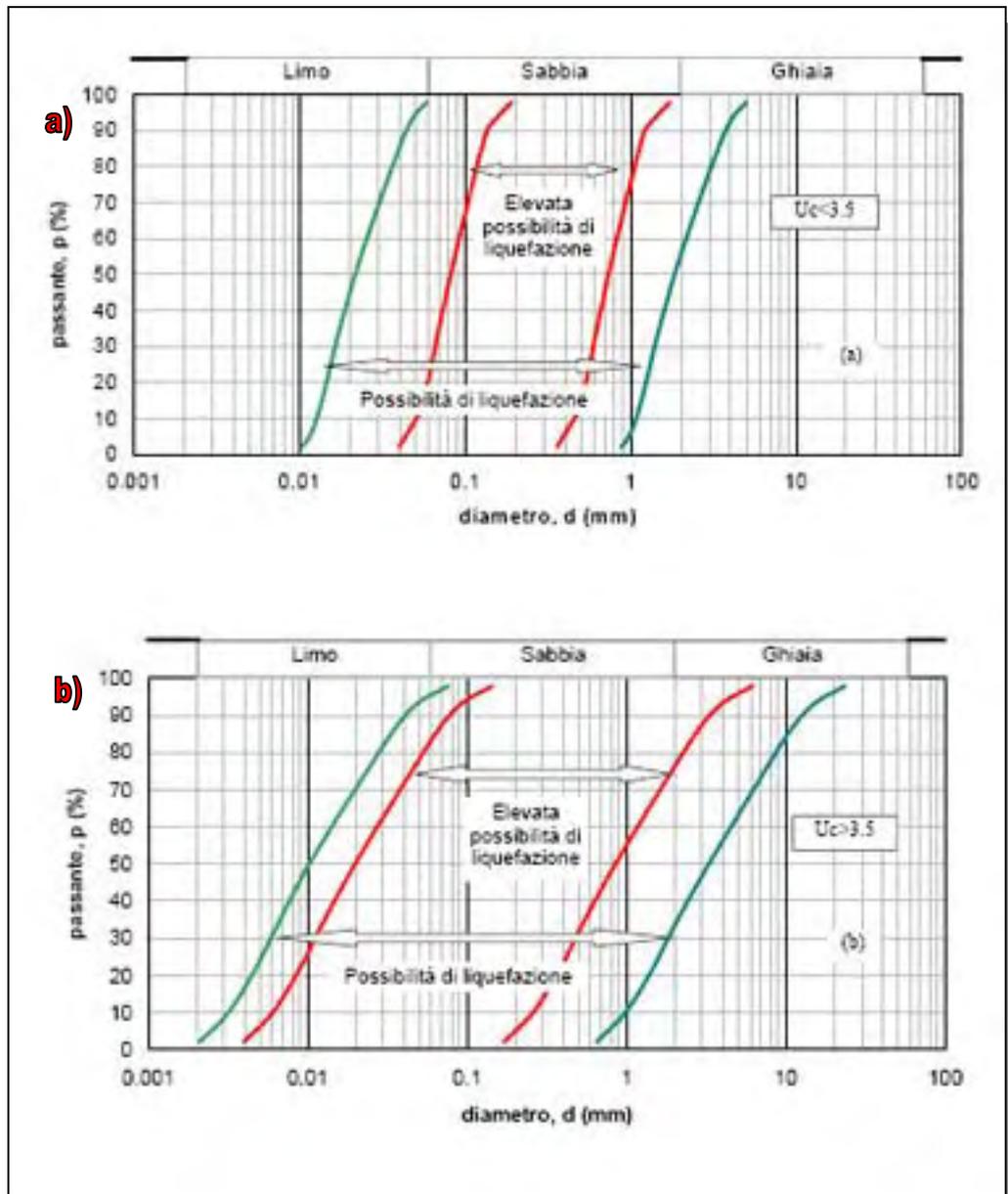


Figura 21

Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

2.6.3.1 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE NEL CASO SPECIFICO

Come descritto nei precedenti paragrafi, nell'area in esame, è stato possibile individuare uno strato spesso, continuo e saturo a partire da mt. 9.00/9.60 di profondità da p.c.. Vista la profondità del banco granulare saturo rilevato è stata

effettuata la verifica alla liquefazione utilizzando i dati ricavati dalle sole prove penetrometriche.

Ai fini del calcolo della verifica alla liquefazione quindi, vista la profondità degli spessori granulari rilevati, si indica un criterio indiretto corrispondente al metodo semplificato di Robertson e Wride con cui si effettua generalmente tale verifica, soprattutto per spessori granulari profondi; questo metodo utilizza una correlazione tra la resistenza al taglio mobilata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Tale metodo, come tutti i metodi semplificati, permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un fattore di liquefazione F_L , dato dal rapporto tra la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico (CSR lim) e la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma (CSR max)

$$F_L = \text{CSR lim} / \text{CSR max}$$

Un deposito **non è suscettibile a liquefazione** quando $F_L \geq 1.25$

In corrispondenza delle prove effettuate è stato individuato uno spessore granulare saturo che in via del tutto cautelativa è stato sottoposto a verifica alla liquefazione. Nelle tabelle successive, si riportano i valori del fattore di liquefazione calcolato per lo spessore granulare individuato (Tabella 2.6.3.1-1 e Tabella 2.6.3.1-2.).

Tabella 2.6.3.1-1: CPT1

Profondità strato	F_L	Suscettibilità
9.60 – 15.00	1.95	<i>Non liquefacibile</i>

Tabella 2.6.3.1-2: CPT2

Profondità strato	F_L	Suscettibilità
9.00 – 15.00	1.97	<i>Non liquefacibile</i>

In base ai valori precedentemente riportati nelle tabelle si determina che i livelli granulari saturi ed ipotizzati potenzialmente continui, rilevati nelle prove effettuate,

non sono suscettibili al fenomeno della liquefazione in quanto il fattore F_L è superiore a 1.25. Tale risultato viene confermato dalla verifica effettuata tramite sismica a rifrazione e riportata in allegato.

In via del tutto cautelativa vengono effettuate, inoltre, le seguenti considerazioni, in riferimento agli spessori granulari rilevati in corrispondenza delle prove effettuate, in particolare considerando, in via del tutto cautelativa, potenzialmente liquefacibile, lo strato presente tra mt. 9.00 e mt. 15.00 da p.c, come rilevato in CPT2.

Secondo Ishihara (1985), definendo lo spessore h_1 come strato non liquefacibile e h_2 come strato potenzialmente liquefacibile, valgono le condizioni riportate nella seguente tabella.

Tabella 6.1. Valutazione delle manifestazioni superficiali in funzione del rapporto fra lo spessore dello strato superficiale non liquefacibile e quello sottostante liquefacibile

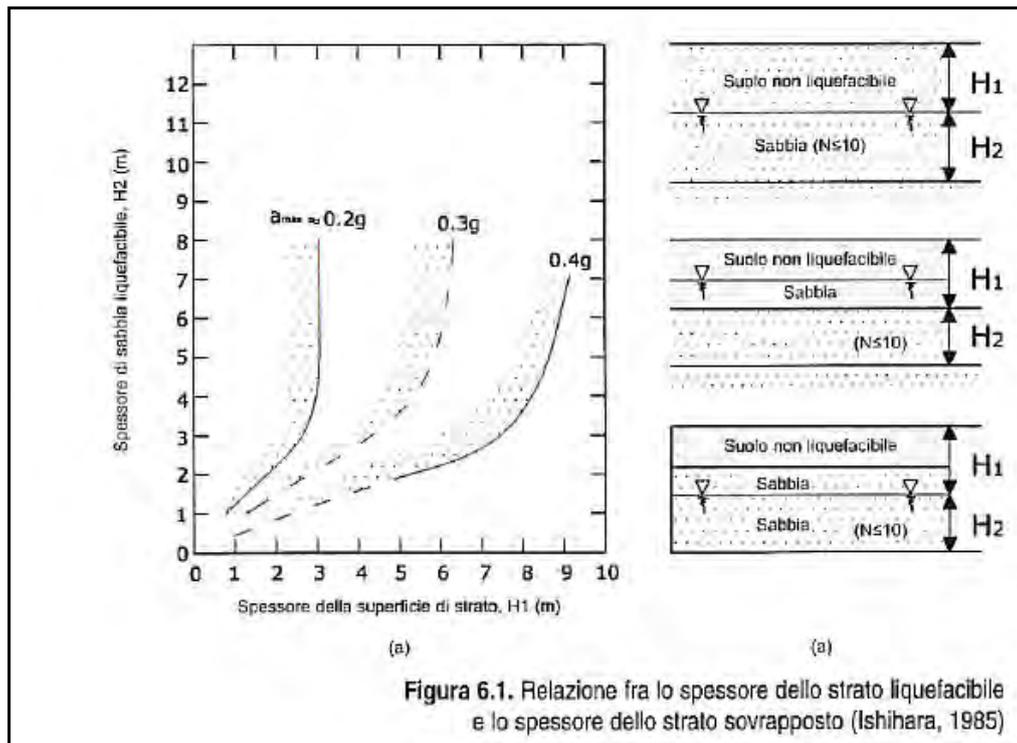
Accelerazione [gal] 1 gal = 1 cm/s ²	Condizione	Propagazione della liquefazione verso l'alto	Manifestazioni superficiali
200	$h_1 \geq 3 \text{ m e } h_2 < 3 \text{ m}$	IMPEDITA	NO
	$h_1 \leq 3 \text{ m e } h_2 > 3 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
300	$h_1 < 5 \text{ m e } h_2 > 4 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 5 \text{ m e } h_2 < 4 \text{ m}$	IMPEDITA	NO
400 - 500	$h_1 < 7 \text{ m e } h_2 > 3 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 7 \text{ m e } h_2 < 3 \text{ m}$	IMPEDITA	NO

Da *La liquefazione dei Terreni*, Giulio Riga Dario Flaccovio Editore 2007 (pag. 84)

Nel caso specifico, in base alla stratigrafia elaborata nei paragrafi precedenti, h_1 corrisponde a mt 7.29, ovvero allo spessore rilevato tra la profondità della falda (mt 1.71 da p.c.) e la profondità del tetto relativo allo spessore granulare (mt 9.00 da p.c.). Lo spessore h_2 risulta invece pari a mt. 6.00.

In base a quanto riportato in tabella la propagazione della liquefazione verso l'alto, il caso specifico risulta caso limite in funzione delle condizioni di saturazione e quindi del livello della falda stagionale. La propagazione della liquefazione verso l'alto potrebbe essere non impedita.

Analogamente utilizzando il grafico seguente, si riporta la relazione tra lo spessore dello strato liquefacibile e lo spessore dello strato sovrapposto (Ishihara, 1985). In particolare, se il punto cade a destra della curva scelta, la liquefazione dello strato liquefacibile non si estende in superficie. Nel caso specifico, visto lo spessore sovrastante lo strato granulare h_1 (9.00 mt), tale condizione risulta verificata.



Da *La liquefazione dei Terreni*, Giulio Riga Dario Flaccovio Editore 2007 (pag. 84)

Supporti Grafici:

- Allegato 12. Rapporto tecnico dell'indagine sismica

2.6.4. STIMA CEDIMENTI POST SISMICI DEI TERRENI COESIVI

Nei depositi coesivi molto soffici ($c_u \leq 70\text{kPa}$) e plastici ($I_p \geq 30\%$), in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali durante il terremoto di riferimento $\Delta u/\sigma_0 \geq 0.3$, deve essere valutata l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

A tal fine è stata effettuata una prova in laboratorio (determinazione dei limiti di Atterberg) del campione prelevato immediatamente a ridosso della verticale di indagine n. 2, da mt 3.00 a mt 3.50 da p.c.. Le quote di campionamento sono state progettate sulla base di quanto analizzato nei grafici di resistenza di prove reperite bibliograficamente unitamente a quella della CPT1, considerando il bulbo d'influenza della tipologia edilizia prevista per il piano in oggetto.

In base alla determinazione dei limiti di Atterberg (norma BS 1377), è stato definito il valore dell'Indice Plastico IP riepilogato nella tabella seguente.

Tabella 2.6.4-1

Indagine	Prof. di camp. (mt dal p.c.)	Lim. Liquido LL	Lim. Plastico LP	Ind. Plastico IP
CPT1	3.00/3.50	n.r.	N.P.	N.P.

Alla luce di quanto sopra riepilogato, i sedimenti coesivi analizzati sono caratterizzati da un valore di Indice Plastico IP minore del 30% poiché non plastici.

Pertanto, non si procederà alla verifica dei cedimenti di riconsolidazione post-ciclica, poiché nell'area di studio non sussistono i caratteri predisponenti che determinano tale fenomeno, considerando la tipologia edificatoria prevista (edifici di massimo due piani fuori terra).

Supporti Grafici:

- Allegato 13. Certificati di laboratorio geotecnico

2.6.5. STIMA CEDIMENTI PERMANENTI NEI TERRENI GRANULARI SATURI LIQUEFACIBILI

In base a quanto descritto nel paragrafo 2.6.3.1. "Verifica alla Liquefazione nel caso specifico", si evince come lo strato granulare saturo e continuo rilevato in corrispondenza delle verticali di indagine presente da mt 9.00/9.60 a mt 15.00 da p.c., sia caratterizzato da un fattore di liquefazione $F_L > 1$ e dunque non liquefacibile. In base a tale determinazione non sarà quindi eseguita la stima dei cedimenti permanenti nei terreni granulari saturi liquefacibili, poiché lo strato considerato non è soggetto a liquefazione e quindi non può indurre cedimenti permanenti.

	<p>Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com</p>	<p>PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE "IL PARCO" SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica</p>
----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nell'allegato A3, paragrafo 2, lettera B della delibera n. 112 del 2007, viene richiesto che i risultati relativi alla stima dei cedimenti, siano riportati in una carta nella quale, oltre alla perimetrazione dell'area indagata, devono essere indicati la localizzazione delle verticali esplorate ed il valore del cedimento cumulato. Nel caso specifico tale elaborazione non è effettuabile in quanto, oltre al reperimento di ulteriori parametri geotecnici rappresentativi di ogni singolo strato omogeneo, sarebbe necessario disporre di precise informazioni in merito alle caratteristiche dimensionali delle fondazioni e dei reali incrementi di carico previsti. Si ritiene pertanto che tale valutazione sia da effettuarsi durante la fase della progettazione esecutiva, in accordo con il progettista delle strutture in elevazione.

Da notare inoltre come la delibera richieda anche per gli orizzonti liquefacibili, il reperimento di una serie di parametri geotecnici di laboratorio, di fatto difficilmente determinabili in quanto, per l'effettuazione delle analisi, sarebbe necessario prelevare un campione indisturbato di litotipi granulari con pochissima frazione fine, estrarre il campione dalla fustella senza disturbarlo, quindi estrarre un secondo campione da sottoporre ad una prova edometrica.

3. MODELLO GEOTECNICO

3.1. Prove penetrometriche statiche

3.1.1. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA – MODALITÀ DI VALUTAZIONE

Utilizzando i valori di resistenza misurati per mezzo delle prove penetrometriche statiche, sono stati determinati i parametri geotecnici dei terreni indagati.

Di seguito sono elencate le modalità di valutazione dei principali parametri. Si ricorda che, viste le modalità di valutazione, i valori ricavati hanno esclusivamente validità orientativa.

Parametri geotecnici (validità orientativa) – simboli, correlazioni, bibliografia:

- **Dr** - densità relativa (terreni granulari N.C. - norm.cons.) [correlazioni: Dr - Rp - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976);
- **Φ** - angolo di attrito interno efficace (terreni granulari) correlazioni: Φ' - Dr - Rp - σ'_{vo} (Meyerhof - sabbie limose);
- **Mo** - modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [corr.: Mo - Rp natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973);
- **Cu** - coesione non drenata (terreni coesivi) correlazioni Cu - Rp. Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et al. 1974 - Marsland et al. 1974/1979;
- **OCR** - grado di sovraconsolidazione (terreni coesivi) [correlaz.: OCR - Cu - σ'_{vo}] (Ladd et al. 1972/1974/1977 - Lancellotta 1983).

Supporti Grafici:

- Allegati 7 - 8. Tabelle parametri geotecnici

3.1.1.1. PARAMETRIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA DI MASSIMA

In base alle ultime valutazioni riportate nel paragrafo 2.3.1.2, ritenute più attendibili in seguito alle esperienze acquisite nel tempo, i terreni indagati risultano come di seguito riepilogato (le descrizioni si riferiscono ai litotipi prevalenti):

CPT1

- da mt 0.20 a mt 0.80 terreni coesivi moderatamente consistenti:
Rp: 9.67 kg/cm²;
Cu: 0.43 kg/cm² ;
- da mt 0.80 a mt 2.20 terreni coesivo-granulari molto consistenti:
Rp: 28.14 kg/cm²;
Cu: 0.99 kg/cm² ;
Dr: 60.14 %;
- da mt 2.20 a mt 3.20 terreni coesivi moderatamente consistenti:
Rp: 8.00 kg/cm²;
Cu: 0.40 kg/cm² ;
- da mt 3.20 a mt 4.20 terreni coesivi e coesivo-granulari consistenti:
Rp: 21.00 kg/cm²;
Cu: 0.81 kg/cm²;
Dr: 39.33 %;
- da mt 4.20 a mt 9.80 terreni coesivi, coesivi organici da moderatamente consistenti a consistenti:
Rp: 9.71 kg/cm²;
Cu: 0.44 kg/cm² ;
- da mt 9.80 a mt 15.00 terreni granulari, coesivo granulari, mediamente addensati:
Rp: 60.92 kg/cm²;
Dr: 49.42 %;

CPT2

- da mt 0.20 a mt 0.80 terreni coesivi moderatamente consistenti:
Rp: 9.33 kg/cm²;
Cu: 0.44 kg/cm² ;
- da mt 0.80 a mt 1.80 terreni granulari e coesivo-granulari molto consistenti:
Rp: 35.20 kg/cm²;
Cu: 1.13 kg/cm² ;
Dr: 69.40 %;
- da mt 1.80 a mt 4.00 terreni coesivi consistenti:
Rp: 15.50 kg/cm²;
Cu: 0.51 kg/cm²;

da mt 4.00 a mt 9.00 terreni coesivi moderatamente consistenti:
Rp: 8.12 kg/cm²;
Cu: 0.40 kg/cm²

da mt 9.00 a mt 15.00 terreni granulari, coesivo granulari, mediamente addensati:
Rp: 62.43 kg/cm²;
Dr: 49.90 %;

Supporti Grafici:

- Allegati 3 – 4. Diagrammi di resistenza ad istogrammi

4. CONSIDERAZIONI GENERALI

Sulla base di quanto sopra descritto si possono riassumere le seguenti valutazioni.

- Le caratteristiche geotecniche dei terreni, anche se con opportune valutazioni specifiche, sono tali da risultare compatibili sia con la realizzazione delle opere primarie di lottizzazione che con le opere edili in seguito previste. Tali caratteristiche, unitamente ai valori di capacità portante e ai cedimenti indotti, dovranno essere valutate con indagini mirate, in funzione dei singoli interventi previsti, anche al fine di determinare o meno la necessità di eseguire le opere su fondazioni profonde.

- La **categoria di suolo di fondazione** caratteristica del sito in esame, individuata mediante sismica a rifrazione, risulta essere la "C". **Il valore del fattore S** che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, relativo allo spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali, **corrisponde a 1.25**.

- **Gli spessori sabbiosi** rilevati per mezzo delle prove eseguite **risultano non liquefacibili e non soggetti a fenomeni di dilatanza** in seguito ad un evento sismico.

4.1. Valutazione di compatibilità delle previsioni con la riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile sulla base di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana

In riferimento alle problematiche di Protezione Civile è opportuno evidenziare che l'area si trova nei pressi di insediamenti civili ed il comodo accesso alle strade principali permette un vantaggio in termini di eventuale evacuazione dell'area.

La valutazione di compatibilità rispetto ai principali rischi evidenzia che il rischio industriale è inesistente, in quanto non sono presenti nelle vicinanze insediamenti industriali classificabili come industrie ad incidente rilevante; il rischio da incendio boschivo è assente in quanto non esiste nei pressi dell'area in esame un bosco segnalato come di interesse ed oggetto di tutela; in riferimento al rischio sismico, abbondantemente trattato nei paragrafi precedenti, si sottolinea la non suscettibilità a liquefazione ed a dilatanza; infine, per il rischio idraulico, si evidenzia che la zona in

esame è limitrofa allo Scolo Bolognese/Fossa di Porto regimati da Consorzio di Bonifica e non è stata in passato soggetta ad allagamenti.

5. DETERMINAZIONE DEI VALORI DI CAPACITÀ PORTANTE E CEDIMENTI TEORICI RELATIVI AL TRATTO STRADALE

5.1. Modalità di analisi

Con idoneo pacchetto software per elaborazioni geotecniche, si sono stimate le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni indagati e, sulla base di tali dati, è stata eseguita una valutazione delle portate ammissibili in relazione alle tipologie ed alle dimensioni delle fondazioni previste in questa sede.

La **resistenza allo schiacciamento R_{amm}** , è stata valutata su ogni singolo strato di 20 cm mediante correlazioni $R_{amm} = R_p/k$ dove k è funzione di R_p . Per un quadro dei valori di k consultare gli specchietti ai piedi degli allegati "capacità portante/cedimenti fondazioni".

Il **modulo edometrico M_o** utilizzato per la valutazione dei cedimenti, non è stato calcolato mediante analisi di laboratorio su campioni indisturbati, come del resto già visto nella presente, ma tramite il prodotto " $\alpha * R_p$ ", dove la valutazione del coefficiente α è stata eseguita per vie statistiche - sperimentali in base a numerose esperienze di campagna eseguite, analizzate e descritte da vari autori e assume valori diversi a seconda del tipo litologico e della R_p stessa (per un quadro dei valori di α consultare gli specchietti riportati ai piedi degli allegati "capacità portante/cedimenti fondazioni").

Il **calcolo dei cedimenti**, esteso all'intera profondità H_c del banco comprimibile, è stato eseguito per strati successivi di spessore $h = 20$ cm, valutando per ciascuno strato la tensione verticale σ_V al centro della superficie di carico, nonché il relativo valore del modulo edometrico M_o in base all'espressione:

$$S = n \sum (h \sigma_V / M_o)$$

dove n = coefficiente di riduzione che tiene conto della rigidità strutturale delle opere di fondazione (nel caso specifico il valore adottato è 1.00).

Il valore di H_c nei calcoli, è stato valutato in base al bulbo d'influenza (secondo la teoria di Boussinesq) e alle caratteristiche litostratigrafiche, in tal caso considerando un volume di terreno sufficiente ad ottenere una riduzione superiore a

circa il 30% del carico applicato in corrispondenza del piano di fondazione ipotizzato (pressione verticale indotta al centro della superficie di carico in corrispondenza dell'ultimo livello considerato). Nello specifico, il valore di H_c corrisponde alla differenza tra la massima profondità d'indagine e la quota di sbancamento.

Supporti Grafici:

- Figura 22. Grafico delle linee isostatiche della pressione verticale, ottenute sulla base dell'equazione di Bousinesq per fondazioni quadrate e nastriformi (illimitate).
- Allegato 9. Scheda di calcolo capacità portante/cedimenti fondazioni.

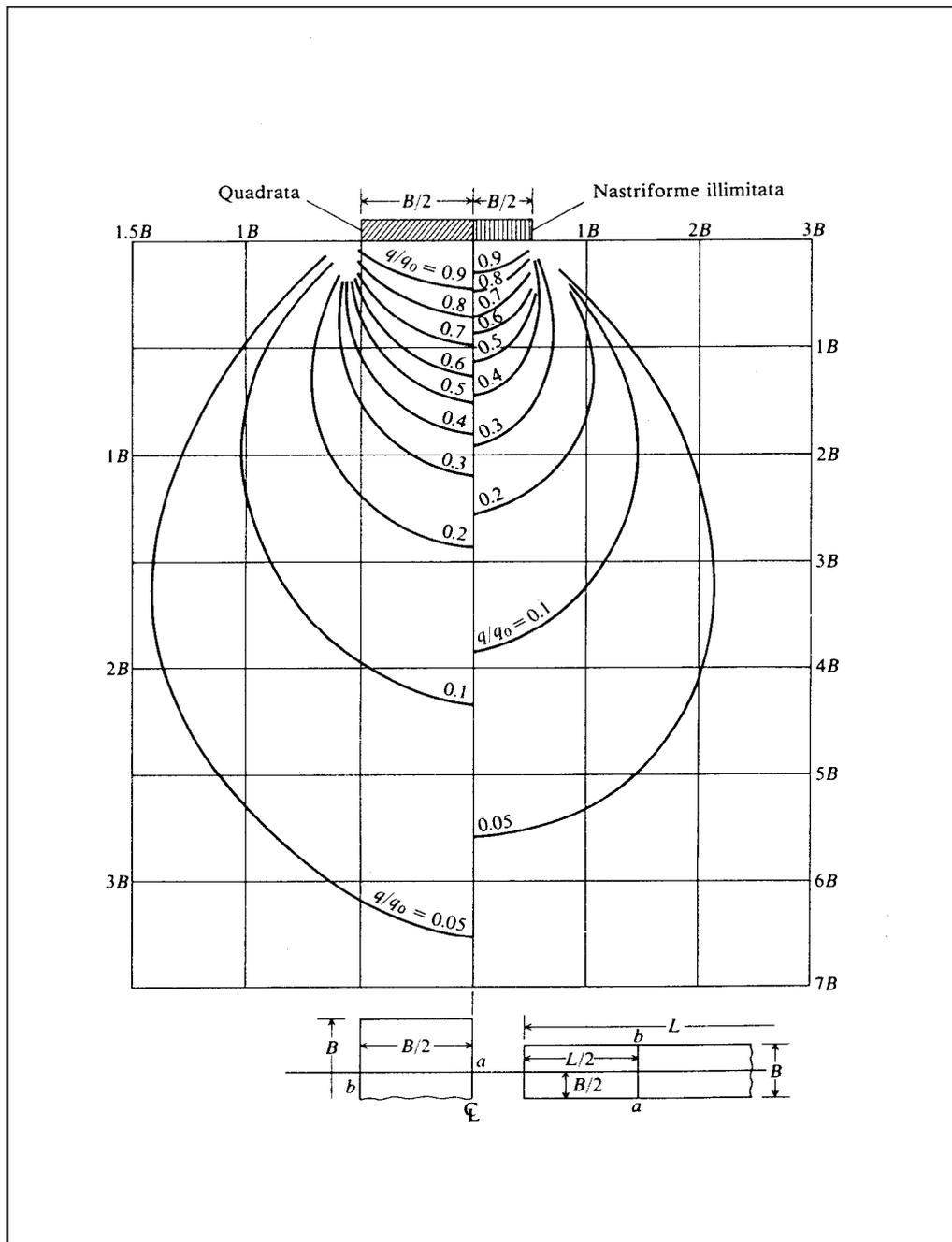


Figura 22

Linee isostatiche della pressione verticale - equazione di Boussinesq

Fonte: "Fondazioni progetto e analisi" Joseph E. Bowles - McGraw-Hill

5.2. Valori ricavati

I valori ricavati e di seguito elencati, sono da considerarsi con la debita approssimazione legata al metodo sperimentale utilizzato per ricavare i dati geotecnici ed inoltre sono relativi alla singola prova, quindi, prettamente puntuali.

Non essendo disponibili dati progettuali certi, le valutazioni che seguono sono effettuate su ipotesi progettuali teoriche.

Tipo e dimensioni dell'opera di fondazione in base alle quali sono stati eseguiti i calcoli

Visti gli scopi del presente studio (valutazioni relative alla realizzazione delle opere primarie di urbanizzazione), è stata ipotizzata una fondazione diretta tipo trave continua di lunghezza infinita, di larghezza $B = \text{mt } 5.00$ corrispondente alla larghezza di progetto della strada oggetto di studio comprensiva dei marciapiedi, elastica, con carico uniformemente distribuito e piano di fondazione orizzontale impostato a mt 0.40 dal p.c. attuale. Le valutazioni sono effettuate sulla base della prova penetrometrica CPT1 anche se ubicata fuori sedime dell'asse stradale. La CPT2 non è stata utilizzata per le valutazioni che seguono, poiché le resistenze sono interrotte in corrispondenza del campione prelevato.

Carichi permanenti previsti.

In base alle quote ricavate per mezzo del rilievo topografico effettuato, si ipotizza la realizzazione di una strada alla medesima quota rispetto al piano campagna attuale e quindi interamente in cassonetto. In base a tale considerazione, l'incremento di carico fra il terreno attuale e il materiale che sarà utilizzato per la realizzazione della strada, ai fini della presente si ritiene trascurabile.

Carichi accidentali previsti.

Il carico medio conseguente al traffico, generalmente considerato nella progettazione stradale, corrisponde a **0.20 kg/cm²**. Si tenga comunque presente come, nel caso specifico, vista la destinazione delle strade, tale valore è probabilmente molto cautelativo.

Risultati di calcolo

I risultati di calcolo sono riportati nelle tabelle successive, nella quali sono state utilizzate le seguenti abbreviazioni:

B = larghezza della fondazione prevista;

L = lunghezza della fondazione prevista;

H = profondità del piano di posa della fondazione rispetto al piano campagna esistente alla data di esecuzione dell'indagine;

q.ult = incremento netto di carico, in corrispondenza del quale è prevedibile lo schiacciamento del singolo strato - dato relativo alla singola CPT;

q.es = incremento netto di pressione massimo previsto in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

S = cedimento valutato in corrispondenza del piano di fondazione, relativo alla dimensione planimetrica della fondazione stessa ed alla q. adottata.

CPT1

B (mt)	L (mt)	H (mt)	q.ult (kg/cm²)
5.00	Infinita	0.40	1.25

B (mt)	L (mt)	H (mt)	q.es (kg/cm²)	S (cm)
5.00	Infinita	0.40	0.20	3.32

Commenti

Come precedentemente in parte accennato, è stata condotta la verifica allo schiacciamento dei diversi strati del sottosuolo (spessore 20 cm) nei confronti delle tensioni verticali indotte dal carico agente in superficie e valutate secondo la teoria dell'elasticità (Bousinesq). La pressione ultima del terreno di fondazione, è quel valore che determina nel sottosuolo tensioni verticali (al centro della superficie di carico) coincidenti con la resistenza allo schiacciamento dei vari strati del banco comprimibile. Il valore di q.ult indicato in tabella, è relativo ai minimi verificati, corrispondenti a singoli strati di 20 cm che saranno i primi a giungere a schiacciamento per incremento di carico (Herminier 1953 - Meyerhof 1956/65 - Sanglerat 1972).

Le tabelle sopra riportate evidenziano come l'incremento di carico massimo previsto sia nettamente inferiore all'incremento di carico massimo ultimo (carico di rottura o, in questo caso, incremento di carico in corrispondenza del quale avviene lo schiacciamento del singolo strato di 20 cm.).

6. VALUTAZIONI RELATIVE AL DIMENSIONAMENTO DEL PACCHETTO STRADALE

Nel corso del presente studio, sono stati prelevati in tutto n. 2 campioni di terreno rappresentativi dello spessore di terreno compreso tra mt. 0.50-1.05 da p.c.. Su tali campioni sono state eseguite alcune analisi di laboratorio al fine di determinare i valori dell'Indice di Gruppo.

Sul campione risultante dalla miscelazione ed omogeneizzazione dei n. 2 campioni di terreno superficiale prelevati a mt 0.50 è stata eseguita una prova di compattazione Proctor standard ed è stato determinato l'indice di portanza C.B.R. su due provini.

Di seguito, sono riepilogate le caratteristiche principali dei quattro campioni di terreno prelevati:

Campione	S1 - C1
Profondità mt	0.50 – 1.05
Limite Liquido	N:D
Limite Plastico	N.P.
Indice Plastico	-
Passante al setaccio 2.00 mm	99.82%
Passante al setaccio 0.42 mm	97.63%
Passante al setaccio 0.075 mm	52.27%
Indice di gruppo	3.45
Classificazione U.S.C.S.	ML-OL
Classificazione C.N.R. – U.N.I. 10006	A 4

Campione	S2 – C1
Profondità mt	0.50 – 1.05
Limite Liquido	N.D.
Limite Plastico	N.P.
Indice Plastico	-
Passante al setaccio 2.00 mm	99.87%
Passante al setaccio 0.42 mm	99.51%
Passante al setaccio 0.075 mm	64.47%
Indice di gruppo	5.89
Classificazione U.S.C.S.	ML-OL
Classificazione C.N.R. – U.N.I. 10006	A 4

ML = Limo inorganico; sabbia molto fine; farina di roccia; sabbia fine limosa o argillosa; limo argilloso a bassa plasticità

OL = Limo organico e argilla limosa organica a bassa plasticità.

A4 = Limi poco compressibili.

Supporti Grafici:

- Allegato 13. Certificati di laboratorio Geotecnico

Di seguito viene ora proposto il dimensionamento del pacchetto stradale minimo.

6.1. Determinazione degli spessori minimi - Metodo dell'Indice di Gruppo

Utilizzando il diagramma di Steele, genericamente più conservativo rispetto al metodo C.B.R., è possibile determinare lo spessore della sola fondazione o sottobase e lo spessore complessivo della sovrastruttura (costituita dalla fondazione, dallo strato di base e dallo strato superficiale), sulla scorta del valore dell'Indice di Gruppo riferito al terreno in posto.

In via del tutto conservativa, sarà preso come valore dell'Indice di Gruppo quello corrispondente a 5.89. Tale valore è il maggiore rispetto ai due indici di gruppo relativi ai campioni di terreno prelevati esclusivamente sul tracciato stradale in progetto. In base a tale indicazione, per mezzo del diagramma riportato in figura 23,

	Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE "IL PARCO" SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

lo spessore complessivo della sovrastruttura e dello strato di fondazione risulta di cm 47 se viene considerato un traffico medio (da 50 a 300 autotreni al giorno).

Il relativo spessore valutato, con modalità più cautelative, in base al grafico di Steele riportato in figura 24, è riportato di seguito:

Traffico medio – spessore totale della sovrastruttura mt 0.53

- sagomatura del cassonetto stradale (sbancamento da definire in funzione delle caratteristiche dei terreni superficiali e della quota finale);
- rullatura del terreno naturale;
- posa di uno strato di sabbia, preferibilmente A 2-4 (spessore reso non inferiore a cm 16) – *strato di fondazione o sottobase*;
- posa di uno strato di misto stabilizzato da 2" o misto riciclato di caratteristiche corrispondenti alle specifiche normative (spessore reso non inferiore a cm 17) – *base*;
- posa di uno strato di misto stabilizzato da 1" (spessore reso non inferiore a cm 10) – *base*;
- posa di uno strato di bynder (spessore reso cm 7);
- posa del tappeto di usura in conglomerato bituminoso fine (spessore reso cm 3).

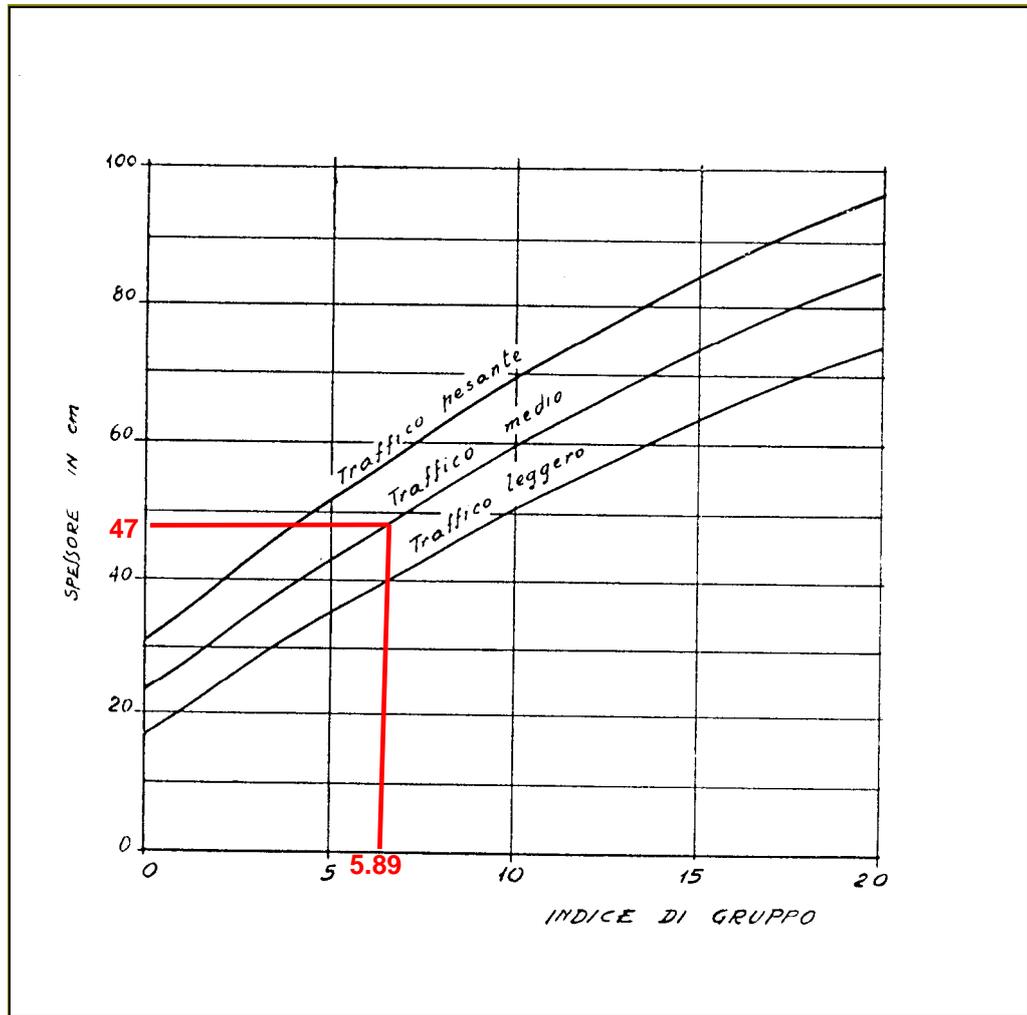


Figura 23

Abaco per il calcolo dello spessore complessivo della sovrastruttura e dello strato di fondazione con il metodo dell'Indice di Gruppo

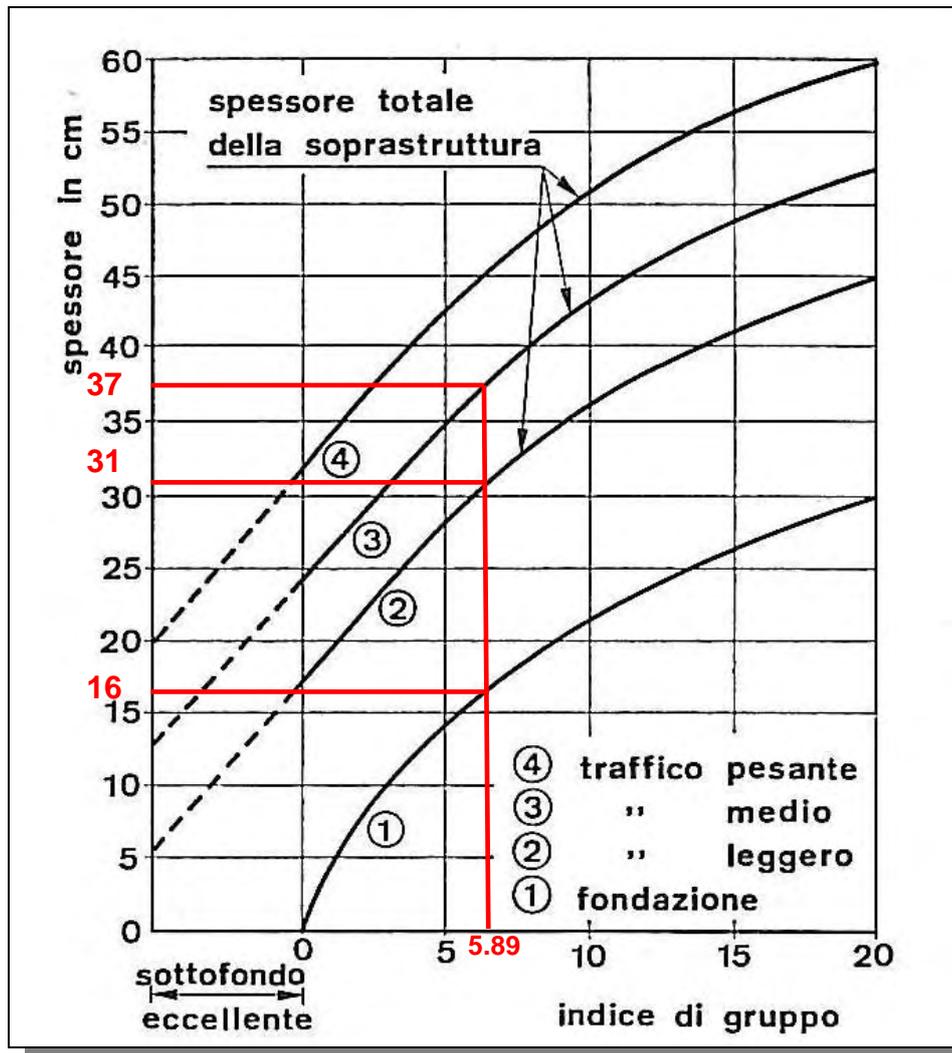


Figura 24

Diagramma di Steele per il calcolo di una pavimentazione flessibile in base all'Indice di Gruppo

tratto da "Strade – Ferrovie – Aeroporti. Le opere in terra, le sovrastrutture, gli impianti" vol. 2 – edizioni UTET

6.2. Verifica degli spessori proposti

6.2.1. TRAFFICO PRESUNTO

Relativamente al dimensionamento della pavimentazione stradale, normalmente si tiene conto dei soli veicoli commerciali, a causa della scarsa influenza che hanno le automobili sulla tenuta della struttura. Agli effetti del calcolo si deve considerare il massimo carico di ruota e non il carico lordo del veicolo. A tale proposito si tenga conto che in Italia la pressione massima ammessa per veicoli circolanti sulle strade, corrisponde a 8 kg/cm^2 . Vista la grande diversità di automezzi in circolazione, è prassi comune fare uso dei cosiddetti carichi equivalenti (di ruota od assiali), in cui vengono trasformati i carichi effettivi degli automezzi. In pratica si trasforma il carico di un automezzo in un carico equivalente corrispondente ad un carico di ruota pari a 2.050 kg, o ad un carico assiale di 8.200 kg. Al fine di determinare tale parametro, nel caso in oggetto si considerano i seguenti fattori ipotetici:

- durata prevista della strada in anni = 20
- numero di passaggi giornalieri di un autocarro a cinque assali (fattore equivalente 2,77) = 10
- numero di passaggi giornalieri di un autocarro a quattro assali (fattore equivalente 3,89) = 10
- numero di passaggi giornalieri di un autocarro a tre assali (fattore equivalente 1,27) = 30
- numero di passaggi giornalieri di un autocarro a due assali (fattore equivalente 0,70) = 50
- numero di passaggi giornalieri di automobili (fattore equivalente 0,0002) = 500

Di seguito è riportata la tabella di calcolo con relativa determinazione finale:

Automezzo	N. passaggi in 20 anni	Fattore equivalente	N. assali equivalenti totali
Autocarro a cinque assali	10 x 365 x 20	2,7700	202.210
Autocarro a quattro assali	10 x 365 x 20	3,8900	283.970
Autocarro a tre assali	30 x 365 x 20	1,2700	278.130
Autocarro a due assali	50 x 365 x 20	0,7000	255.500

Automobile	500 x 365 x 20	0,0002	730
			1.020.540

6.2.2. DETERMINAZIONE DEGLI SPESSORI - METODO C.B.R.

Per la determinazione degli spessori utilizzando l'indice di portanza C.B.R. è stato utilizzato il Metodo di Progetto della Road Note 29 [1.II].

Si tratta di un metodo empirico, elaborato in Inghilterra sulla base di prove su piste sperimentali; esso consente di calcolare direttamente lo spessore dei vari strati, noti la portanza C.B.R. (di progetto) del sottofondo e l'entità del traffico espresso con il N. di assali equivalenti da 8.2 t di cui si prevede il passaggio durante la vita utile della pavimentazione sulla corsia più caricata.

Se la vita utile è di 20 anni e si dispone del valore N. di assali equivalenti e del valore di C.B.R., tramite l'abaco riportato in figura 25 è possibile determinare lo spessore della fondazione in misto granulare in funzione di N. (se compreso tra 10^4 e 10^3) e del C.B.R. (se compreso tra 2 e 7). Per valori del C.B.R. < 2 lo spessore si ottiene aumentando di 15 cm quello ricavato dalla curva relativa al C.B.R. = 2; per valori di N. ≤ 500.000 lo spessore può essere < 8 cm soltanto per C.B.R. > 20; per N. > 500.000 lo spessore può essere < 15 cm soltanto per C.B.R. > 30.

L'abaco riportato in figura 26 consente il dimensionamento dello strato di base e degli strati superficiali (binder + manto) per fondazioni in misto granulare frantumato.

Nello specifico il valore della portanza C.B.R. del terreno campionato è pari a 13. Utilizzando tale valore unitamente al numero di assali equivalenti, risulta necessario prevedere uno strato di fondazione di spessore minimo pari a cm 8.00 in quanto il valore dell'indice di portanza risulta inferiore a 20.

In via cautelativa si ritiene opportuno comunque utilizzare le indicazioni fornite con il metodo precedentemente indicato; in ogni caso il relativo valore della C.B.R. per lo strato di fondazione da verificarsi sul materiale utilizzato, dovrà essere ≥ 20 .

Per quanto riguarda lo strato di base e lo strato di binder + manto di usura, i relativi spessori minimi determinati in base all'abaco in figura 26, in funzione del numero totale di assi standard da 8,2 ton., risultano rispettivamente:

-base in misto granulare frantumato = cm 10

-pavimentazione (binder + manto di usura) = cm 7

In questo caso, tali condizioni minime sono state rispettate con le valutazioni precedentemente effettuate, per cui si ribadisce la necessità di utilizzare cautelativamente gli spessori prima indicati.

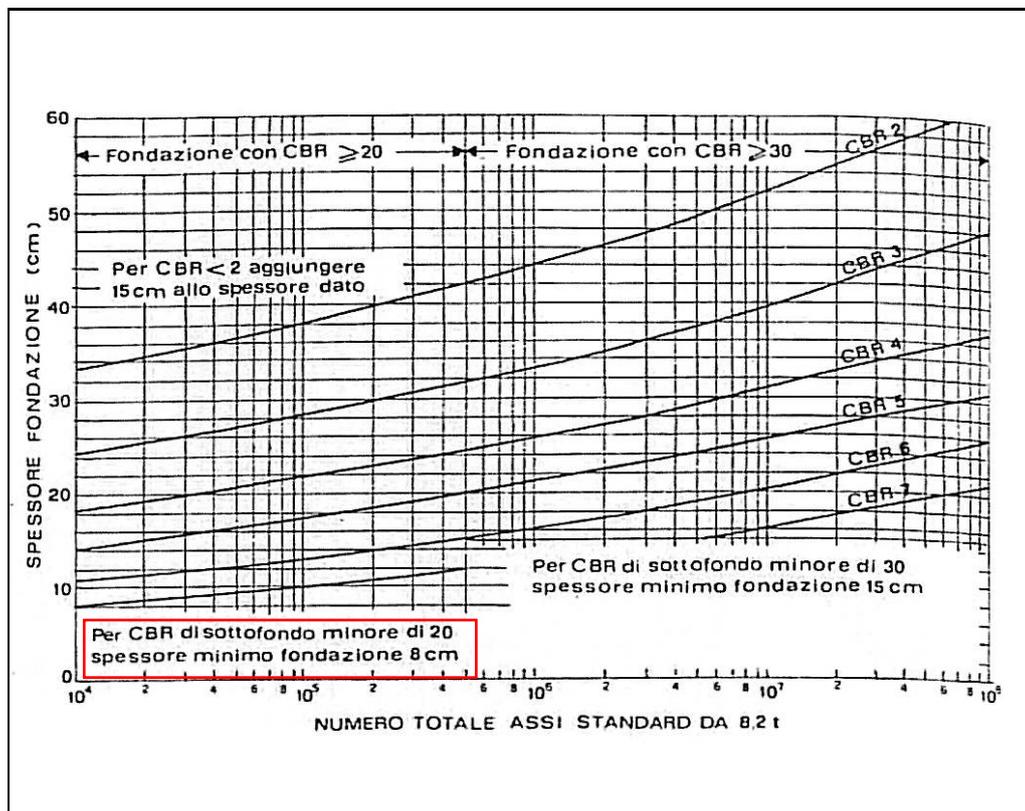


Figura 25

Abaco per fondazioni in misto granulare per pavimentazioni flessibili (da Road Note 29)

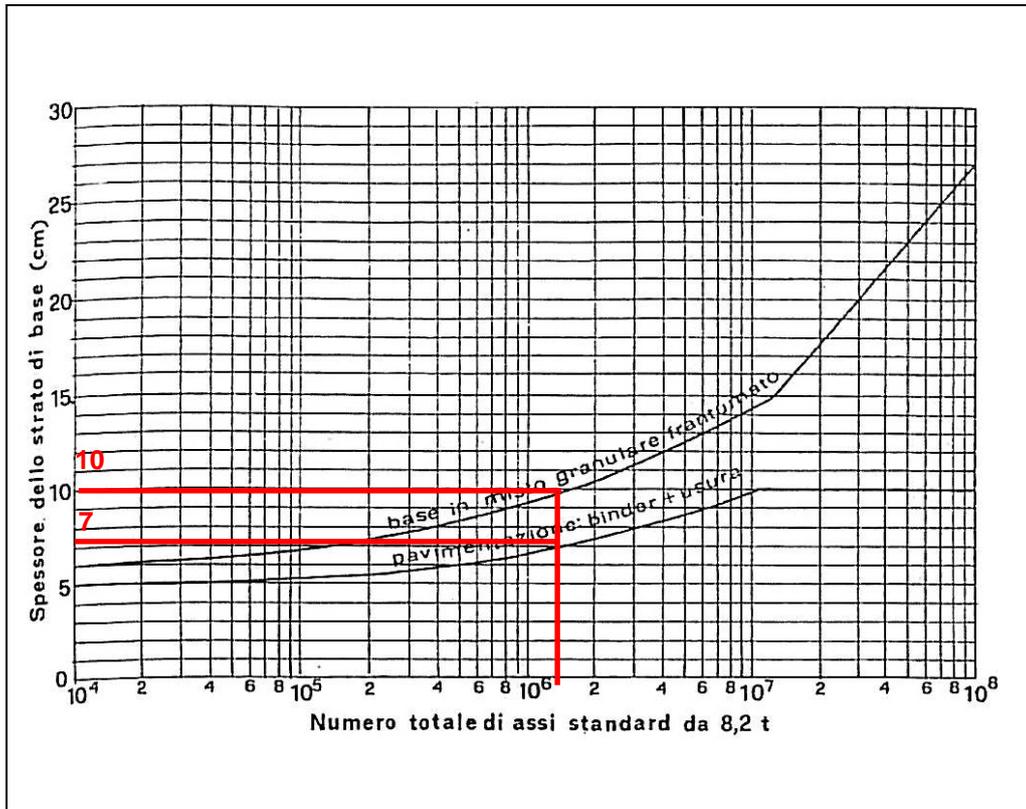


Figura 26

Abaco per base in misto granulare frantumato e per binder + manto (da Road Note 29)

6.3. Valutazioni relative al progetto stradale nel caso specifico

I dati progettuali a disposizione dello scrivente e i risultati delle indagini eseguite permettono di evidenziare le seguenti condizioni al contorno, molto importanti per quanto riguarda la progettazione del pacchetto stradale:

1 – Non sono note le quote di progetto relative al tracciato stradale, la presente fa riferimento al piano campagna esistente.

2 – lo spessore medio del terreno superficiale è valutato in cm 0.20;

3 – la profondità della superficie freatica alla data di esecuzione delle prove penetrometriche statiche (20/10/2010) era compresa tra mt 1.52 e mt 1.80 dal piano campagna;

4 – la profondità della superficie freatica in data 27/10/2010, è risultata a mt 1,21 – 1,71 dal piano campagna;

5 – in base alla classificazione CNR – UNI 10006, il terreno naturale, presente nella futura sede stradale, corrisponde ad un A4.

Le terre denominate A4, corrispondono a limi poco compressibili, caratterizzati da qualità portanti quali terreni di sottofondo in assenza di gelo da mediocri a scadenti: in tali terreni l'azione del gelo sulla qualità portante risulta molto elevata, il ritiro e il rigonfiamento lieve o medio e la permeabilità media o scarsa.

Come accennato, in base alle quote ipotizzate, è prevista la realizzazione di una strada interamente in cassonetto e, quindi, si provvederà a sbancare l'intero spessore del pacchetto stradale (non inferiore a 0.53 mt), per poi effettuare il costipamento del terreno alla base dello stesso. Tali valutazioni, unitamente alla determinazione degli spessori minimi discussi nel precedente paragrafo, portano quindi ad ipotizzare il pacchetto specifico di seguito riportato unitamente alle relative modalità esecutive.

- sagomatura del cassonetto stradale (sbancamento non inferiore a mt 0.53, da definire in funzione delle caratteristiche dei terreni superficiali, della presenza di resti vegetali e delle quote finali di progetto);
- rullatura del terreno naturale;

- posa di uno strato di sabbia, preferibilmente A 2-4 (spessore reso non inferiore a cm 16) – *strato di fondazione o sottobase*;
- posa di uno strato di misto stabilizzato da 2" o misto riciclato di caratteristiche corrispondenti alle specifiche normative (spessore reso non inferiore a cm 17) – *base* ;
- posa di uno strato di misto stabilizzato da 1" (spessore reso non inferiore a cm 10) – *base*;
- posa di uno strato di bynder (spessore reso cm 7);
- posa del tappeto di usura in conglomerato bituminoso fine (spessore reso cm 3).

Lo strato di sabbia costituirà di fatto lo strato di fondazione non trattato, con funzioni di ripartitore dei carichi trasmessi e, soprattutto, di anti-risalita capillare. Il suo spessore varierà in funzione dell'andamento topografico del piano campagna e della presenza dei resti organici nelle porzioni più superficiali.

6.4. Progettazione del tratto stradale – Considerazioni conclusive

Dalle indagini e conseguenti valutazioni eseguite, nella presente riportate e analizzate è possibile concludere che, per quanto riguarda la situazione geotecnica, il corpo stradale in progetto, ipotizzato, è compatibile con i valori di capacità portante dei terreni presenti. Nel caso analizzato, il carico massimo di esercizio del corpo stradale, è risultato nettamente inferiore alla capacità portante ultima dei terreni di fondazione.

Relativamente ai materiali, agli spessori minimi e alle modalità di realizzazione dei manufatti, si devono cautelativamente considerare le valutazioni effettuate in base all'Indice di Gruppo di seguito elencate, risultate più cautelative.

- sagomatura del cassonetto stradale (sbancamento non inferiore a mt 0.53, da definire in funzione delle caratteristiche dei terreni superficiali, della presenza di resti vegetali e delle quote finali di progetto);
- rullatura del terreno naturale;
- posa di uno strato di sabbia, preferibilmente A 2-4 (spessore reso non inferiore a cm 16) – *strato di fondazione o sottobase*;

	Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE "IL PARCO" SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica
----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- posa di uno strato di misto stabilizzato da 2" o misto riciclato di caratteristiche corrispondenti alle specifiche normative (spessore reso non inferiore a cm 17) – *base* ;
- posa di uno strato di misto stabilizzato da 1" (spessore reso non inferiore a cm 10) – *base*;
- posa di uno strato di bynder (spessore reso cm 7);
- posa del tappeto di usura in conglomerato bituminoso fine (spessore reso cm 3).

In alternativa ai materiali sopra descritti, sarà possibile utilizzare terre stabilizzate, misti stabilizzati cementati, misti riciclati cementati, solamente dopo l'esecuzione di studi e analisi mirate.

Relativamente ai controlli in corso d'opera da effettuarsi per mezzo sia di prove in sito, che con prove di laboratorio sui materiali da impiegare, le prove da eseguirsi sono le seguenti:

controlli sui materiali:

- a – prove per classificazione CNR-UNI 10006 sul materiale impiegato;
- b – esecuzione di granulometrie meccaniche sul materiale impiegato;
- c – prova di compattazione tipo Proctor modificato, da eseguirsi su campioni rappresentativi di ogni tipologia di materiale impiegato;
- d – determinazione dell'indice di portanza C.B.R.

prove in sito:

- a – prove di carico su piastra, come da normativa B.U. C.N.R. 146/1992, per la verifica del livello di compattazione raggiunto, con riferimento ai valori minimi previsti dalla CNR-UNI 10006;
- b – prove di densità in sito. I risultati non dovranno variare dai valori del Proctor di riferimento di percentuali superiori al 10 %.

Per quanto riguarda la sede stradale, va segnalato come dovranno essere presi tutti gli opportuni provvedimenti al fine di evitare infiltrazioni di acqua all'interno della stessa, in quanto eventuali acque di infiltrazione potrebbero saturare per lungo tempo il corpo del manufatto, con conseguenti possibili locali problemi di instabilità. Nello specifico, sarà particolarmente importante che venga attuato quanto necessario ad

	<p>Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com</p>	<p>PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE "IL PARCO" SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Relazione Geologica - Geotecnica</p>
----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

allontanare le acque meteoriche in quanto, i terreni superficiali presenti, risultano poco compressibili e con ritiro o rigonfiamento da lieve a medio (Classificazione CNR-UNI 10006: A4).

Relativamente alle condizioni idrogeologiche, dovrà essere posta grande attenzione al periodo nel quale sarà realizzata la strada in quanto, come evidenziato nella presente, la falda può raggiungere quote tali da impedire il costipamento dei terreni in fase di lavorazione. Il livello minimo misurato della falda stessa è infatti a profondità di mt. 1.21 da p.c.. In tali condizioni, considerando anche le quote di sbancamento, diventa praticamente non effettuabile con le normali modalità lavorative il costipamento dei terreni naturali alla base del cassonetto, così come risulta difficile il costipamento del primo strato. Stante tale situazione, si raccomanda quindi di verificare, preventivamente all'inizio dei lavori, la profondità della superficie freatica, in modo da valutare se gli stessi siano fattibili ed eventualmente adottare opportuni accorgimenti. Sarà inoltre necessario prevedere opportuni accorgimenti definitivi, finalizzati ad allontanare rapidamente le acque meteoriche e ridurre l'innalzamento della falda, al fine di evitare che la stessa, alterando le condizioni fisiche del terreno naturale, possa compromettere la stabilità della strada

Copparo, 01 dicembre 2010

Dr. Geol. Roberta Luetti



Dr. Geol. Roberta Luetti
Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5
44034 – Copparo – Fe
Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035
www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
LOTTIZZAZIONE "IL PARCO"
SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE
Modello Geologico - Modello Geotecnico

- Allegati 1/9 -

**SCHEDE DI ELABORAZIONE
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**

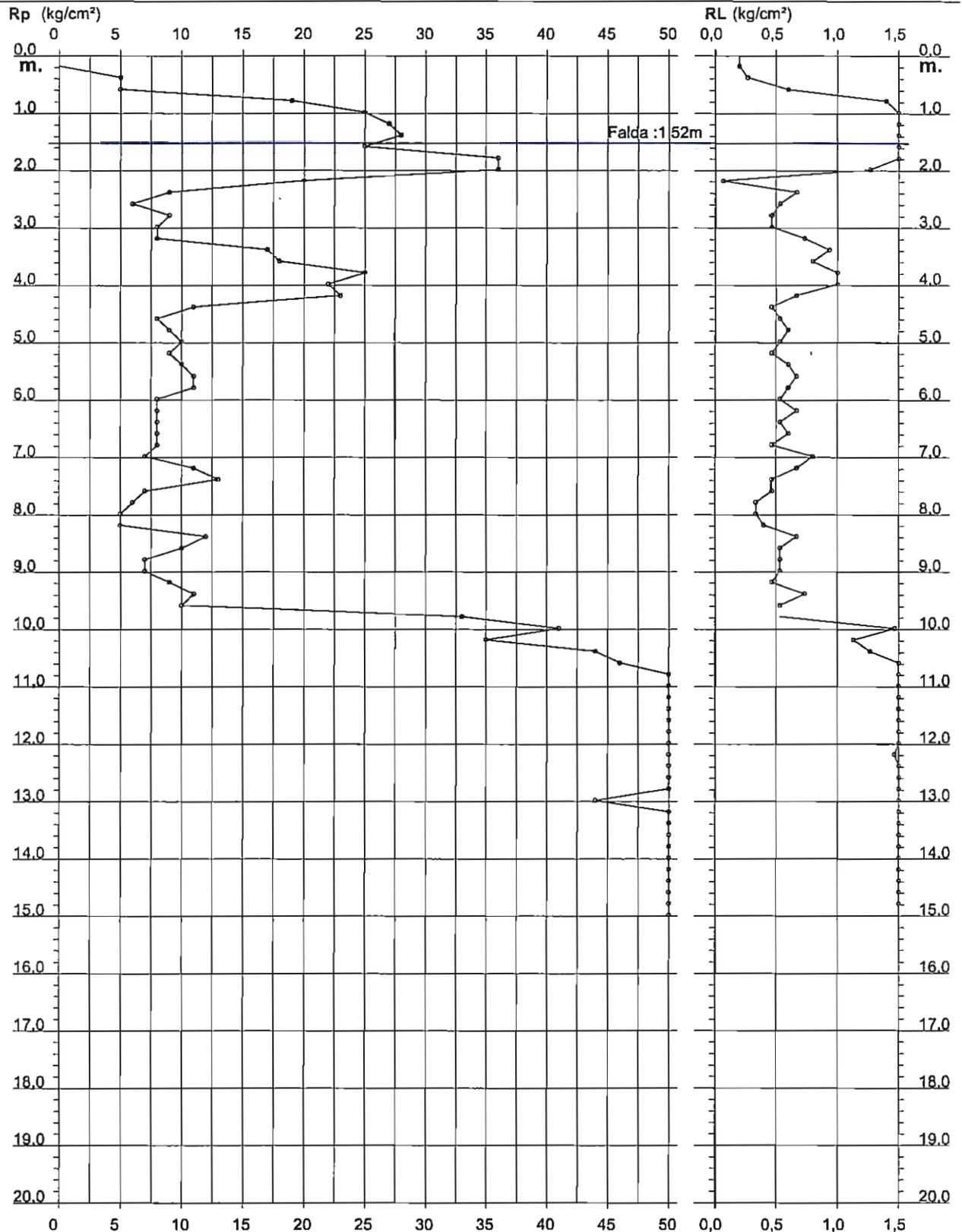
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Roberta Luetti
- lavoro :
- località : Portomaggiore (Fe)

- data : 20/10/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,52 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



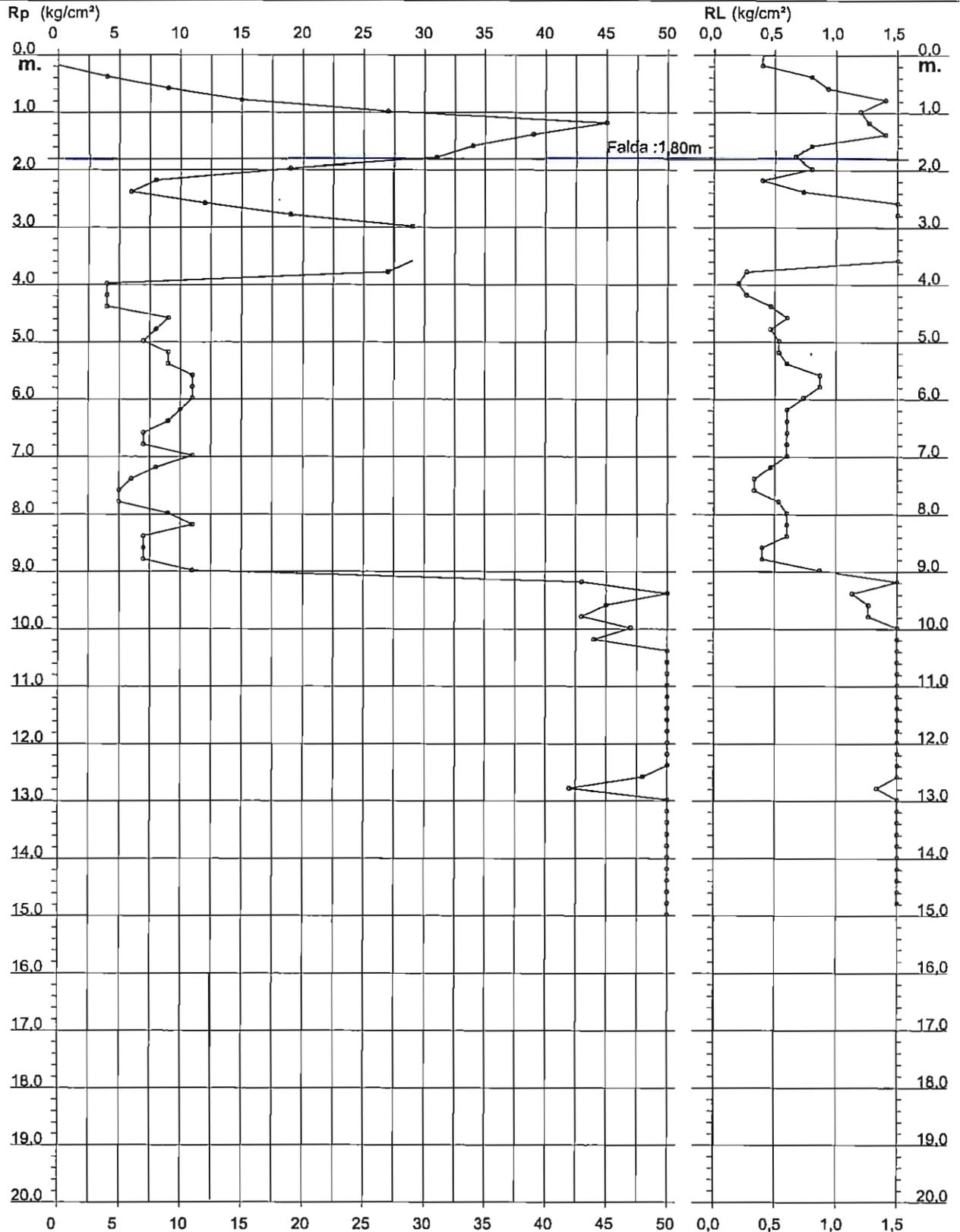
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Roberta Luetti
- lavoro :
- località : Portomaggiore (Fe)
- note : 1 campione indisturbato da mt 3.00 a mt 3.50

- data : 20/10/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



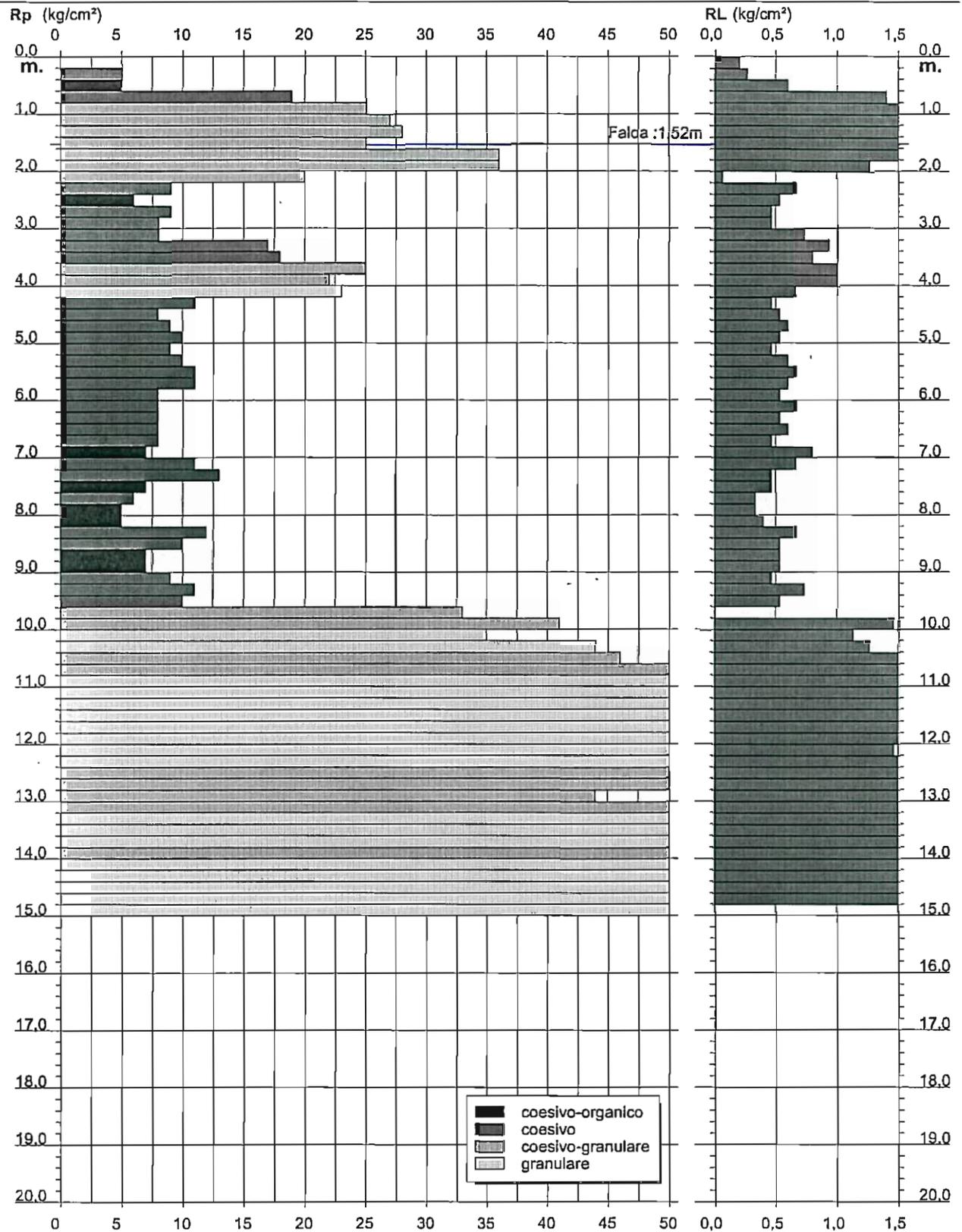
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Roberta Luetti
 - lavoro :
 - località : Portomaggiore (Fe)

- data : 20/10/2010
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,52 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



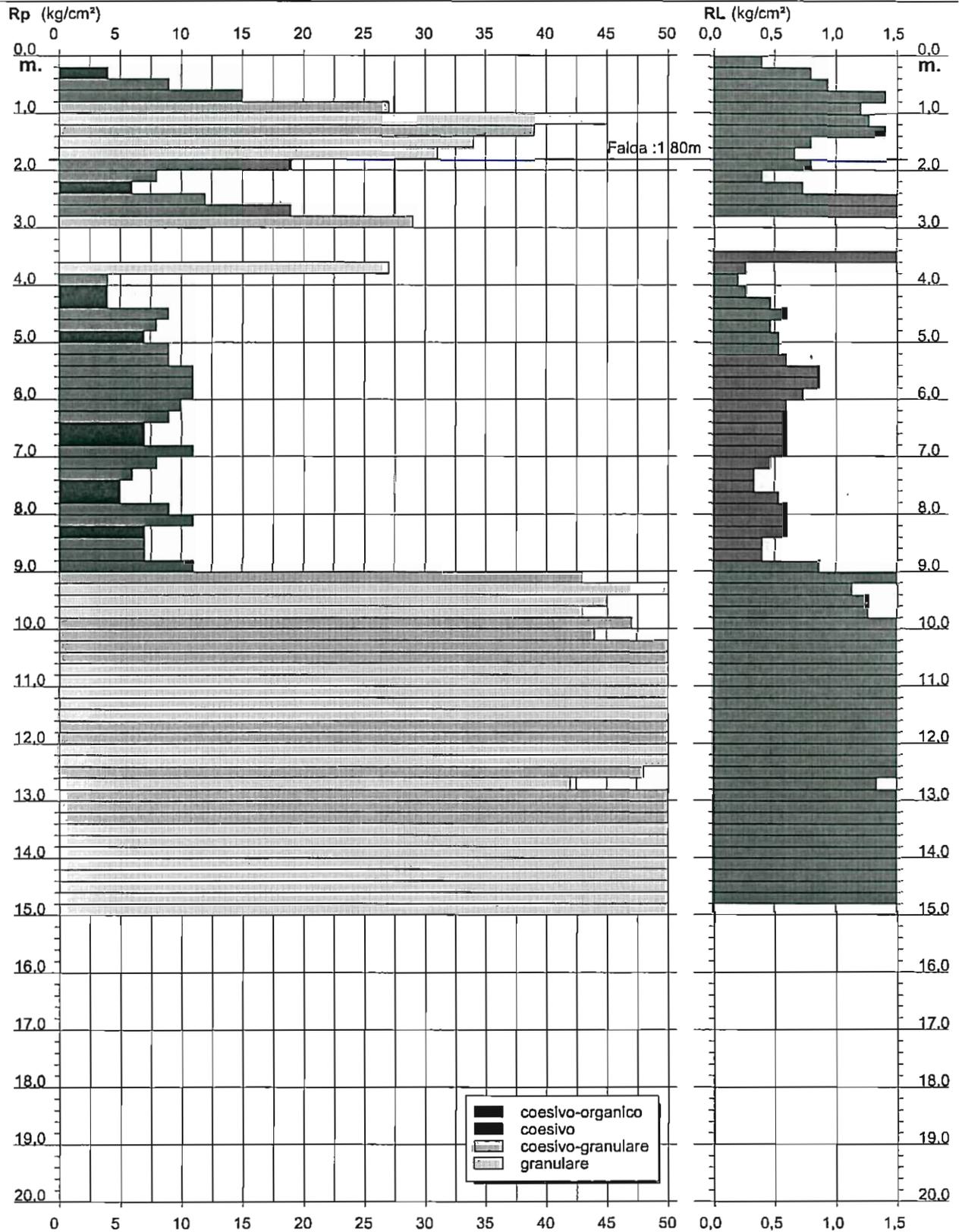
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Roberta Luetti
 - lavoro :
 - località : Portomaggiore (Fe)
 - note : 1 campione indisturbato da mt 3.00 a mt 3.50

- data : 20/10/2010
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



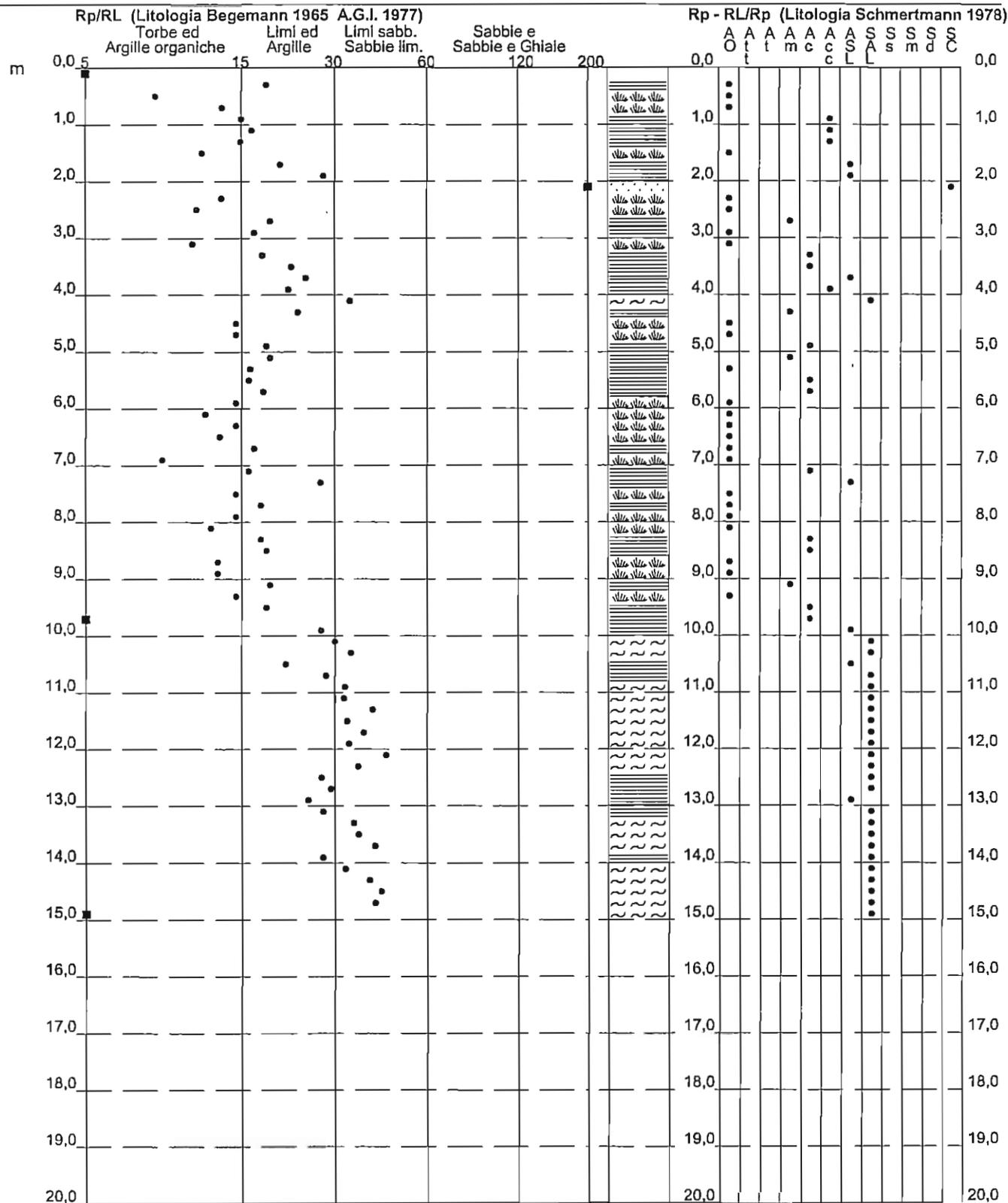
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Roberta Luetti
 - lavoro :
 - località : Portomaggiore (Fe)
 - note :

- data : 20/10/2010
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,52 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



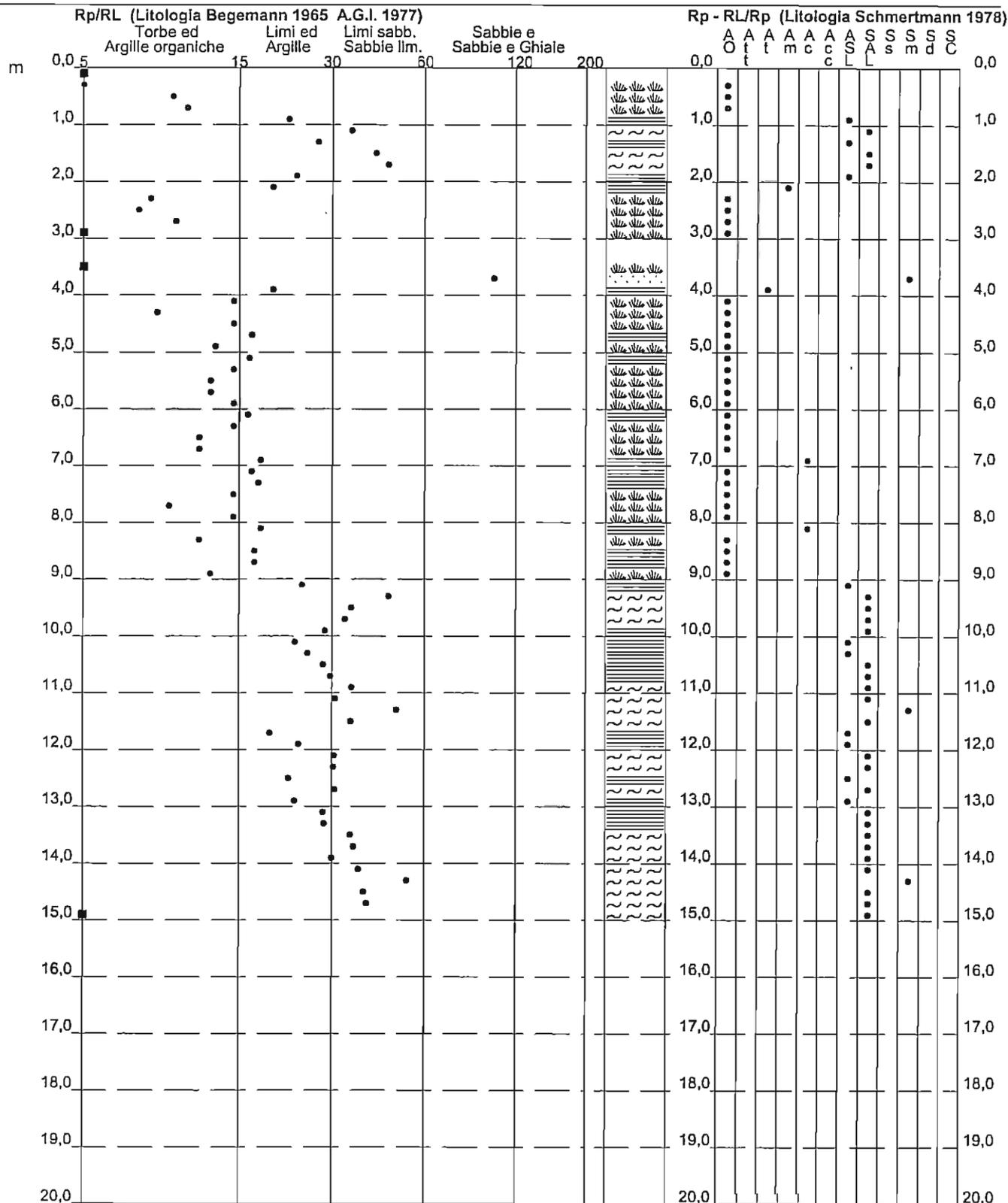
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Roberta Luetti
 - lavoro :
 - località : Portomaggiore (Fe)
 - note : 1 campione indisturbato da mt 3.00 a mt 3.50

- data : 20/10/2010
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Roberta Luetti
 - lavoro :
 - località : Portomaggiore (Fe)
 - note :

- data : 20/10/2010
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,52 m da quota inizio
 - pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	Rp kg/cm ²	Rp/Rl (-)	Natura Utol.	Y' U/m ²	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	—	—	???	1,85	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,40	5	19	2/III	1,85	0,07	0,25	28,8	43	64	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,60	5	8	1***	1,85	0,11	0,25	17,3	10	15	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,00	19	14	2/III	1,85	0,15	0,78	49,8	132	198	58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,20	25	16	4/1:	1,85	0,19	0,91	45,9	155	232	75	66	37	39	41	43	38	28	0,146	42	63	75	—
1,40	27	17	4/1:	1,85	0,22	0,95	38,5	161	242	81	61	37	39	41	43	38	28	0,141	45	68	81	—
1,60	28	16	4/1:	1,85	0,26	0,97	32,5	164	246	84	61	37	39	41	43	37	28	0,134	47	70	84	—
1,80	25	12	4/1:	0,94	0,28	0,91	27,6	155	232	75	56	36	38	40	42	36	28	0,119	42	63	75	—
2,00	36	21	4/1:	0,99	0,30	1,20	35,9	204	306	108	66	37	39	41	43	38	30	0,149	60	90	108	—
2,20	36	28	4/1:	0,99	0,32	1,20	33,1	204	306	108	65	37	39	41	43	38	30	0,144	60	90	108	—
2,40	20	300	4/1:	0,93	0,34	0,80	18,6	136	204	60	43	34	36	39	41	34	27	0,088	33	50	60	—
2,60	9	13	2/III	0,88	0,35	0,45	8,5	64	126	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,80	11	11	1***	0,46	0,36	0,30	5,0	19	28	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,00	9	19	2/III	0,88	0,38	0,45	7,8	92	138	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,20	8	17	2/III	0,86	0,40	0,40	6,3	103	155	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,40	8	11	2/III	0,86	0,41	0,40	6,0	110	165	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,60	17	18	2/III	0,97	0,43	0,72	11,8	123	184	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,80	18	22	2/III	0,98	0,45	0,75	11,8	128	191	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,00	25	25	4/1:	0,94	0,47	0,91	14,2	155	232	75	43	34	36	39	41	33	28	0,086	42	63	75	—
4,20	22	22	4/1:	0,93	0,49	0,85	12,4	144	216	66	37	33	36	38	41	32	28	0,074	37	55	66	—
4,40	23	34	3***	0,86	0,51	—	—	—	—	—	36	33	36	38	41	33	28	0,075	38	58	69	—
4,60	11	24	2/III	0,91	0,53	0,54	6,4	136	204	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,80	8	15	2/III	0,86	0,54	0,40	4,3	152	228	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,00	9	15	2/III	0,88	0,56	0,45	4,8	156	234	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,20	10	19	2/III	0,90	0,58	0,50	5,2	159	238	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,40	9	19	2/III	0,88	0,60	0,45	4,4	167	250	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,60	10	17	2/III	0,90	0,61	0,50	4,8	170	256	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,80	11	16	2/III	0,91	0,63	0,54	5,1	174	261	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,00	11	18	2/III	0,91	0,65	0,54	4,9	180	270	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,20	8	15	2/III	0,86	0,67	0,40	3,3	187	281	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,40	8	12	2/III	0,86	0,69	0,40	3,2	191	286	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,60	8	15	2/III	0,86	0,70	0,40	3,1	194	291	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,80	8	13	2/III	0,86	0,72	0,40	3,0	197	295	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,00	8	17	2/III	0,86	0,74	0,40	2,9	200	300	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,20	7	9	1***	0,46	0,75	0,35	2,4	39	59	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,40	11	16	2/III	0,91	0,76	0,54	4,0	213	320	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,60	13	28	2/III	0,93	0,78	0,60	4,5	218	327	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,80	7	15	1***	0,46	0,79	0,35	2,3	41	61	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,00	6	18	2/III	0,82	0,81	0,30	1,8	171	256	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,20	5	15	1***	0,46	0,82	0,25	1,4	32	48	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,40	5	12	1***	0,46	0,83	0,25	1,4	32	48	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,60	12	18	2/III	0,92	0,85	0,57	3,8	238	357	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,80	10	19	2/III	0,90	0,86	0,50	3,2	240	359	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,00	7	13	1***	0,46	0,87	0,35	2,0	42	63	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,20	7	13	1***	0,46	0,88	0,35	2,0	42	63	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,40	9	19	2/III	0,88	0,90	0,45	2,6	234	351	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,60	11	15	2/III	0,91	0,92	0,54	3,2	255	383	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,80	10	19	2/III	0,90	0,94	0,50	2,9	252	378	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,00	33	—	3***	0,88	0,95	—	—	—	—	—	35	33	35	38	41	31	29	0,069	55	83	99	—
10,20	41	28	4/1:	1,00	0,97	1,37	9,6	235	352	123	42	34	36	39	41	32	30	0,084	68	103	123	—
10,40	35	31	3***	0,89	0,99	—	—	—	—	—	36	33	36	38	41	31	29	0,071	58	88	105	—
10,60	44	35	3***	0,91	1,01	—	—	—	—	—	44	34	36	39	41	32	31	0,088	73	110	132	—
10,80	46	22	4/1:	1,01	1,03	1,53	10,3	261	391	138	45	34	37	40	42	33	31	0,091	77	115	138	—
11,00	56	29	4/1:	1,01	1,05	1,87	12,9	317	476	168	51	35	37	40	42	33	31	0,105	93	140	168	—
11,20	62	33	3***	0,94	1,07	—	—	—	—	—	54	36	38	40	42	34	32	0,114	103	155	186	—
11,40	55	33	3***	0,93	1,09	—	—	—	—	—	49	35	37	39	42	33	31	0,102	92	138	165	—
11,60	84	41	3***	0,97	1,11	—	—	—	—	—	64	37	39	41	43	35	33	0,140	140	210	252	—
11,80	63	34	3***	0,94	1,13	—	—	—	—	—	53	35	38	40	42	34	32	0,112	105	158	189	—
12,00	81	38	3***	0,94	1,14	—	—	—	—	—	52	35	37	40	42	33	32	0,108	102	153	183	—
12,20	57	34	3***	0,93	1,14	—	—	—	—	—	49	35	37	39	42	33	31	0,101	95	143	171	—
12,40	66	45	3***	0,94	1,18	—	—	—	—	—	49	36	38	40	42	34	32	0,113	110	165	198	—
12,60	66	45	3***	0,94	1,18	—	—	—	—	—	51	36	37	40	42	33	32	0,105	102	153	183	—
12,80	81	37	3***	0,94	1,20	—	—	—	—	—	47	35	37	39	42	33	31	0,097	93	140	168	—
13,00	56	28	4/1:	1,01	1,22	1,87	10,7	317	476	168	43	34	36	39	41	32	31	0,087	83	125	150	—
13,20	50	30	4/1:	1,01	1,24	1,67	9,1	294	442	150	38	33	36	38	41	31	31	0,075	73	110	132	—
13,40	44	25	4/1:	1,00	1,26	1,47	7,6	307	461	132	43	34	36	39	41	32	31	0,088	85	128	153	—
13,60	51	28	4/1:	1,01	1,28	1,70	8,9	304	455	153	47	35	37	39	42	33	32	0,098	98	148	177	—
13,80	59	35	3***	0,93	1,30	—	—	—	—	—	51</											

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Roberta Luetti
 - lavoro :
 - località : Portomaggiore (Fe)
 - note : 1 campione indisturbato da mt 3.00 a mt 3.50

- data : 20/10/2010
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	—	—	???	1,85	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,40	4	5	1***	1,85	0,07	0,20	21,8	8	12	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,60	9	10	2////	1,85	0,11	0,45	36,1	77	115	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,80	15	11	2////	1,85	0,15	0,67	41,2	113	170	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,00	27	22	4//	1,85	0,19	0,95	48,4	161	242	81	68	38	39	41	43	39	28	0,154	45	68	81	—
1,20	45	36	3:::	1,85	0,22	—	—	—	—	—	81	39	41	43	45	40	31	0,194	75	113	135	—
1,40	39	28	4//	1,85	0,26	1,30	47,2	221	332	117	73	38	40	42	44	39	30	0,167	65	98	117	—
1,60	34	42	3:::	1,85	0,30	—	—	—	—	—	65	37	39	41	43	38	29	0,143	57	85	102	—
1,80	31	46	3:::	0,88	0,31	—	—	—	—	—	60	36	38	41	43	37	29	0,131	52	78	93	—
2,00	19	24	2////	0,89	0,33	0,78	18,0	132	198	58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,20	8	20	2////	0,86	0,35	0,40	7,4	86	129	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,40	6	8	1***	0,46	0,36	0,30	5,0	19	28	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,60	12	7	2////	0,92	0,38	0,57	10,5	97	146	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,80	19	10	2////	0,99	0,40	0,78	14,5	132	198	58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,00	29	—	4//	0,96	0,42	0,98	18,3	167	251	87	51	35	37	40	42	35	29	0,106	48	73	87	—
3,20	—	—	???	0,85	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,40	—	—	???	0,85	0,45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,60	—	—	???	0,85	0,47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,80	27	101	3:::	0,87	0,49	—	—	—	—	—	45	34	37	39	42	34	28	0,091	45	68	81	—
4,00	4	20	2////	0,78	0,50	0,20	2,0	112	168	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,20	4	15	1***	0,46	0,51	0,20	1,9	24	36	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,40	4	9	1***	0,46	0,52	0,20	1,9	24	36	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,60	9	15	2////	0,88	0,54	0,45	5,0	148	222	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,80	8	17	2////	0,86	0,55	0,40	4,2	155	232	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,00	7	13	1***	0,46	0,56	0,35	3,5	31	46	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,20	9	17	2////	0,88	0,58	0,45	4,6	162	243	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,40	9	15	2////	0,88	0,60	0,45	4,4	167	251	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,60	11	13	2////	0,91	0,62	0,54	5,3	169	253	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,80	11	13	2////	0,91	0,64	0,54	5,1	175	262	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,00	11	15	2////	0,91	0,65	0,54	4,9	181	271	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,20	10	17	2////	0,90	0,67	0,50	4,3	187	281	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,40	9	15	2////	0,88	0,69	0,45	3,7	194	292	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,60	7	12	1***	0,46	0,70	0,35	2,6	38	57	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,80	7	12	1***	0,46	0,71	0,35	2,6	38	57	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,00	11	18	2////	0,91	0,73	0,54	4,3	203	304	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,20	8	17	2////	0,86	0,74	0,40	2,9	201	301	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,40	6	18	2////	0,82	0,76	0,30	2,0	169	253	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,60	5	15	1***	0,46	0,77	0,25	1,5	31	47	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,80	5	9	1***	0,46	0,78	0,25	1,5	32	47	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,00	9	15	2////	0,88	0,80	0,45	3,1	219	329	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,20	11	18	2////	0,91	0,81	0,54	3,7	229	344	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,40	7	12	1***	0,48	0,82	0,35	2,2	41	62	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,60	7	17	2////	0,84	0,84	0,35	2,1	194	291	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,80	7	17	2////	0,84	0,86	0,35	2,1	195	293	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,00	11	13	2////	0,91	0,87	0,54	3,4	246	369	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,20	43	25	4//	1,00	0,89	1,43	11,3	244	368	129	46	34	37	39	42	33	30	0,093	72	108	129	—
9,40	53	47	3:::	0,92	0,91	—	—	—	—	—	52	35	38	40	42	34	31	0,110	88	133	159	—
9,60	46	36	3:::	0,91	0,93	—	—	—	—	—	46	34	37	39	42	33	31	0,095	75	113	135	—
9,80	43	34	3:::	0,91	0,95	—	—	—	—	—	44	34	37	39	42	33	30	0,090	72	108	129	—
10,00	47	29	4//	1,01	0,97	1,57	11,4	266	400	141	47	35	37	39	42	33	31	0,096	78	118	141	—
10,20	44	24	4//	1,00	0,99	1,47	10,3	249	374	132	44	34	37	39	42	32	31	0,089	73	110	132	—
10,40	55	26	4//	1,01	1,01	1,83	13,2	312	467	185	51	35	37	40	42	34	31	0,107	92	138	165	—
10,60	56	29	4//	1,01	1,03	1,87	13,2	317	476	188	51	35	37	40	42	34	31	0,107	93	140	168	—
10,80	61	30	4//	1,02	1,05	2,03	14,3	346	519	183	54	36	38	40	42	34	32	0,114	102	153	183	—
11,00	57	36	3:::	0,93	1,07	—	—	—	—	—	51	35	37	40	42	33	31	0,107	95	143	171	—
11,20	78	32	3:::	0,98	1,09	—	—	—	—	—	61	37	39	41	43	35	33	0,134	130	195	234	—
11,40	76	50	3:::	0,96	1,11	—	—	—	—	—	60	36	38	41	43	35	33	0,131	127	190	228	—
11,60	85	35	3:::	0,98	1,13	—	—	—	—	—	63	37	39	41	43	35	33	0,140	142	213	255	—
11,80	51	20	4//	1,01	1,15	1,70	10,3	289	434	153	46	34	37	39	42	32	31	0,093	85	128	153	—
12,00	50	24	4//	1,01	1,17	1,67	9,8	284	426	150	44	34	37	39	42	32	31	0,090	83	125	150	—
12,20	71	31	3:::	0,95	1,19	—	—	—	—	—	58	36	38	40	42	34	32	0,120	118	178	213	—
12,40	52	31	3:::	0,92	1,20	—	—	—	—	—	45	34	37	39	42	32	31	0,092	87	130	156	—
12,60	48	22	4//	1,01	1,22	1,60	8,8	290	435	144	42	34	36	39	41	32	31	0,084	80	120	144	—
12,80	42	31	3:::	0,90	1,24	—	—	—	—	—	37	33	36	38	41	31	30	0,073	70	105	126	—
13,00	58	24	4//	1,02	1,26	1,93	10,7	329	493	174	48	35	37	39	42	33	31	0,098	97	145	174	—
13,20	56	29	4//	1,01	1,28	1,87	10,0	317	476	168	46	34	37	39	42	32	31	0,094	93	140	168	—
13,40	68	29	4//	1,02	1,30	2,27	12,5	385	578	204	52	35	38	40	42	33	32	0,110	113	170	204	—
13,60	87	35	3:::	0,98	1,32	—	—	—	—	—	60	36	38	41	43	35	33	0,131	145	218	261	—
13,80	82	36	3:::	0,97	1,34	—																

PROVA PENETROMETRICA STATICA CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI

CPT 1

2.010496-001

- committente : Dott. Geol. Roberta Luetti
- lavoro :
- località : Portomaggiore (Fe)
- note :

- data : 20/10/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,52 m da quota inizio

- FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 15,00 m

- Fondazione tipo: **TRAVE CONTINUA**

- Larghezza Fondazione : **B = 5,00 m**

- Lunghezza Fondazione : **L = infinita m**

- Piano posa Fondazione : **H = 0,40 m** (da quota inizio)

- Profondità banco compr. : **Hc = 15,00 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: **PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO**

CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO

- Coefficiente di sicurezza : **F = 1,0**

- Coefficiente riduzione :

n = 1,00 rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto : q.amm = **1,25 kg/cm²** (strato prof: 0,40 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **20,74 cm**

- 2° minimo : q.amm = **1,25 kg/cm²** (strato prof: 0,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **20,75 cm**

- 3° minimo : q.amm = **1,75 kg/cm²** (strato prof: 2,60 m)

- cedim. corrisp. a q.amm : **29,07 cm**

PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)

q.amm = **0,20 kg/cm²**

- cedim. corrisp. a q.amm : **3,32 cm**

CORRELAZIONI ADOTTATE:

Modulo edometrico $M_o = \alpha R_p$: Natura TORBOSA (1) $\alpha = 3,00$ * Natura COESIVA (2) $\alpha = 5,00 - 4,00 - 3,30 - 3,00$
: Natura GRANULARE (3) $\alpha = 3,00$

R.amm = R_p / K = resistenza ammissibile schiacciamento [$K = 12,00$ ($R_p \leq 10 \text{ kg/cm}^2$) - $K = 18,00$ ($R_p \geq 30 \text{ kg/cm}^2$)]

	<p>Dr. Geol. Roberta Luetti Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5 44034 – Copparo – Fe Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035 www.synthesissrl.com – info@synthesissrl.com</p>	<p>PIANO URBANISTICO ATTUATIVO LOTTIZZAZIONE "IL PARCO" SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE Modello Geologico - Modello Geotecnico</p>
----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- Allegati 10/11 -

SCHEDE STRATIGRAFICHE SONDAGGI GEOGNOSTICI

Committente: Dott. Geol. Roberta Luetti		CAMPIONI: Shelby Osterberg Denison Denison fustella S.P.T. Rimaneggiato		Riferimento: RL171-10	Numero: S1							
Cantiere: Portomaggiore				Pagina: 1/1								
Indagine:				Data: 20/10/2010								
Stratigrafia da: Sondaggio geognostico		Caranto Tracce fossili Resli organici Concrezioni	PIEZOMETRI: ATA Tubo aperto CSG Casagrande		Responsabile: Dott. Fabio Zanella Operatore: Andrea Dalla Muta							
Codica: S01-0201-023				Quota: Piano Campagna Falda: 1,60 m								
Profondità Scala: 1:15	stratigrafia	campioni			Pocket KN/m ²	Torvane KN/m ²	S.P.T.		DESCRIZIONE	Metodo	Falda	Piezo. ATA
		tipo	sigla	quota			quota	colpi				
0									Limo da debolmente argilloso ad argilloso, plastico e moderatamente consistente, colore nocciola			
-0,75		S1/C1	0,50	-1,50							0,75	
1									Sabbia media e midio fine, addensata, colore grigio chiaro-nocciola, passante a sabbia debolmente limosa colore grigio chiaro			
-1,80											1,05	
2									Argilla debolmente limosa e limosa, plastica e moderatamente consistente, colore grigio chiaro			
-2,00											0,20	
3												
note:												

- Allegato 12 -

RAPPORTO TECNICO DELL'INDAGINE SISMICA



IND.A.G.O. s.n.c.

Indagini e Opere Ambientali e Geologiche

via Balzan, 1 - 45100 Rovigo - tel. 0425-25185

www.indago-rovigo.it

Rapporto Tecnico:

Indagine sismica mediante la tecnica MASW attiva e passiva a Portomaggiore (Fe), ai sensi delle NTC (DM 14/01/08) e dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

Dott. Geol. Enrico Farinatti



Rovigo, Novembre 2010

Committente: Dott. Geol. Roberta Luetti

Premessa

Lo scrivente, su incarico della dott.^{ssa} geol. Robetta Luetti, ha eseguito un'indagine sismica mediante il metodo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) attivo e passivo, atto alla classificazione di un sito in Via Primo Maggio a Portomaggiore (Fe), ai sensi del DM 14/01/2008.

Il metodo utilizzato sfrutta le onde di superficie (onde di Rayleigh) e il fenomeno della dispersione delle stesse (variazione della velocità di fase con il variare della frequenza).

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. Il metodo passivo sfrutta il rumore naturale, mentre il metodo attivo sfrutta sorgenti sismiche (massa battente).

Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura, onde ricavare il modello reale.

Modalità esecutive

Si è optato per l'analisi delle onde di superficie dal momento che tale tecnica ha dimostrato ampiamente la sua affidabilità e la capacità risolutiva. Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz).

Nella fattispecie per le misure è stato utilizzato un sismografo a 24 canali mod. RAS24 a 24 bits con scarico dei dati direttamente su p.c..

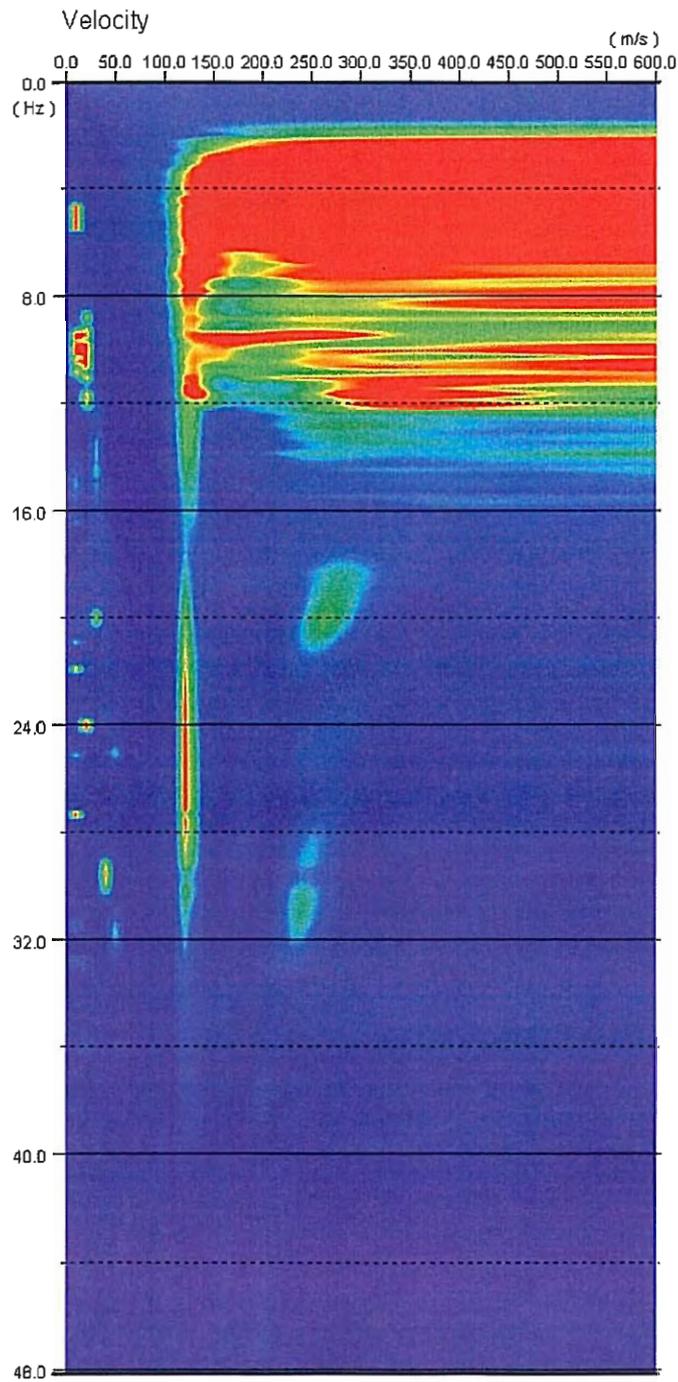
Sono state effettuate 10 registrazioni da 30 secondi ciascuna per il metodo passivo e 2 registrazioni da 2 secondi ciascuna per il metodo attivo. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e grazie alla dinamica dello strumento (24 bits, range dinamico 117 dB), consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz.

I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello $V_s/\text{profondità}$ attendibile.

Risultati e conclusioni

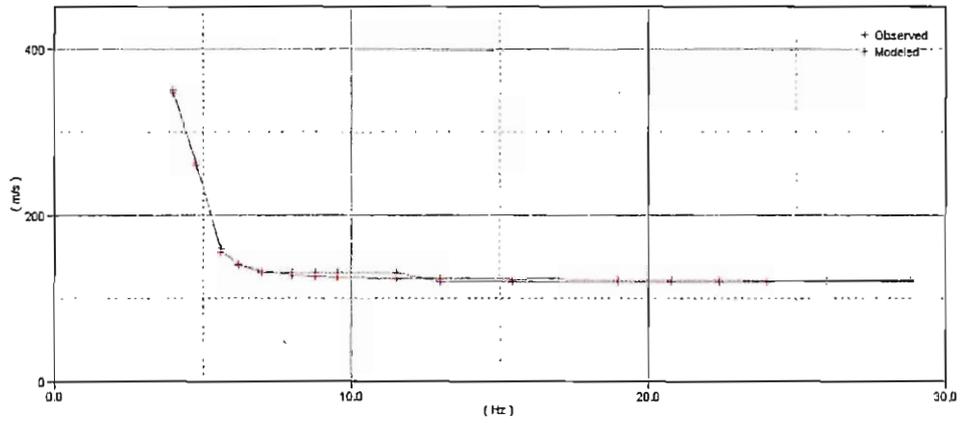
L'indagine eseguita ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a oltre 40 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore RMS calcolato è attorno al 1%.



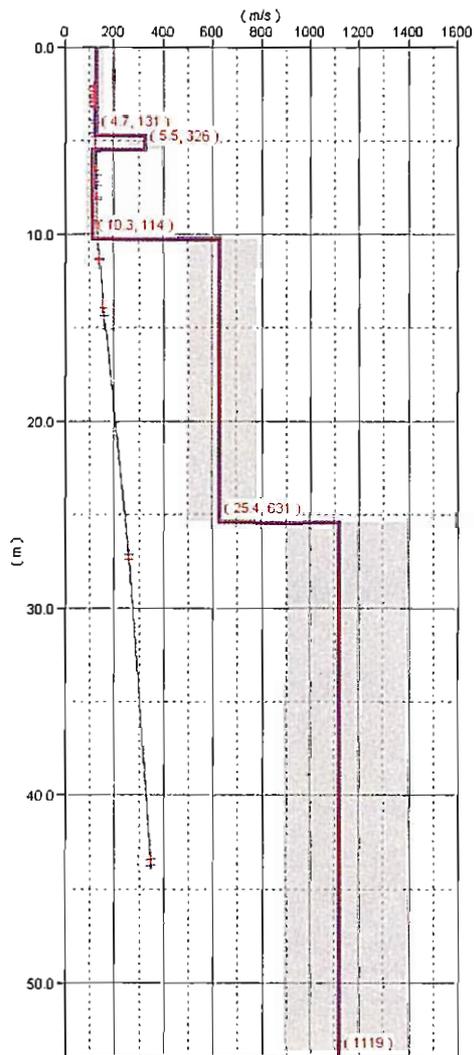
CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA; METODO ATTIVO E PASSIVO.

Dispersion Curves



CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

Model



MODELLO RISULTANTE DALL'INVERSIONE DEI DATI

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La V_{s30} è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 277 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo C ($S = 1.46$ secondo le NTC).

Vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita** (secondo NTC). E' inoltre stata inserita la classificazione del sito in base alle vigenti normative regionali.

Dalle prove geognostiche eseguite e dall'indagine sismica è stata evidenziata la presenza di un livello di natura sabbiosa a partire da 10 m circa dal p.c.. Per questo strato è stata eseguita una verifica alla liquefazione fino alla profondità di 15 m, come previsto dalle linee guida.

Utilizzando quindi le velocità V_s misurate e supponendo la presenza di una percentuale di limo e/o argilla compresa tra il 5% e il 35%, nonché una magnitudo di riferimento $M = 5.91$ (valore indicato dalle ZS9 per la Dorsale Ferrarese), è stato calcolato il coefficiente di sicurezza (previa una "normalizzazione" dei dati ottenuti per riportarli alla magnitudo di riferimento):

$$F_s = \text{CRR}_{7.5} / \text{CSR}_{7.5} \quad \text{dove:}$$

$\text{CRR}_{7.5}$ = rapporto di resistenza ciclica (per $M=7.5$)

$\text{CSR}_{7.5}$ = rapporto di tensione ciclica (per $M=7.5$)

I risultati ottenuti (vedere grafico e tabella allegati) indicano che per il livello indagato non vi è, con buona approssimazione, rischio di liquefazione.

Rovigo, Novembre 2010

Dott. Geol. Enrico Farinatti



ALLEGATI

CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008

Data: Novembre 2010

Località Portomaggiore (Fa)
Metodo di indagine MASW Attivo e Passivo (misura Vr)

Strumentazione utilizzata Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione Rumore naturale+10 kg
Geometria stendimento: 24 geofoni - interasse 2 m

RISPOSTA SISMICA LOCALE

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

Categorie di suolo di fondazione

		Ss	Cc	S=S _s *S _T
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
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 Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e Cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.43	1.20
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o 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 Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT 30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.46	1.61	1.46
D	Depositi 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 Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT 30 < 15 nei terreni a grana grossa e Cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.79	2.39	1.79
E	Terreni del sottosuolo di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).	1.56	1.93	1.56
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu30 < 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.	Servono studi speciali		
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F₀ e T_c vengono forniti dalla normativa

Categorie Topografiche:

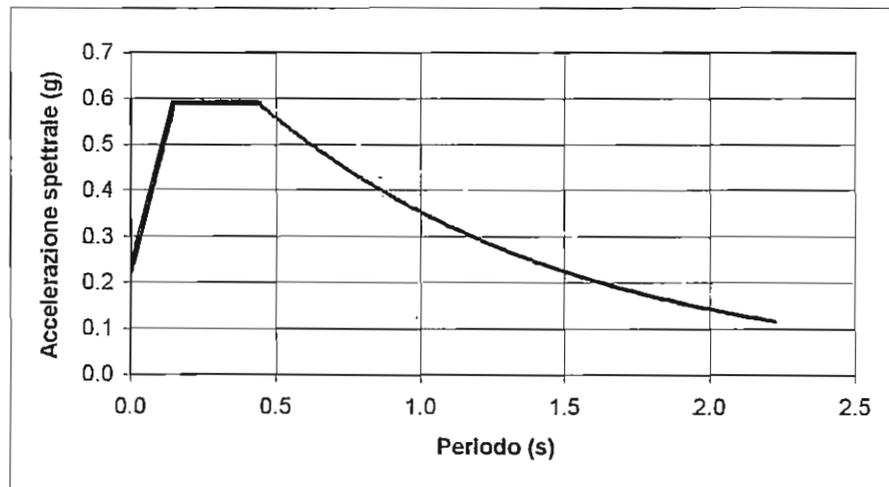
		St	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media ≤ 15°	1	
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°	1.2	valore alla sommità del pendio
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1.2	valore della cresta del rilievo
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

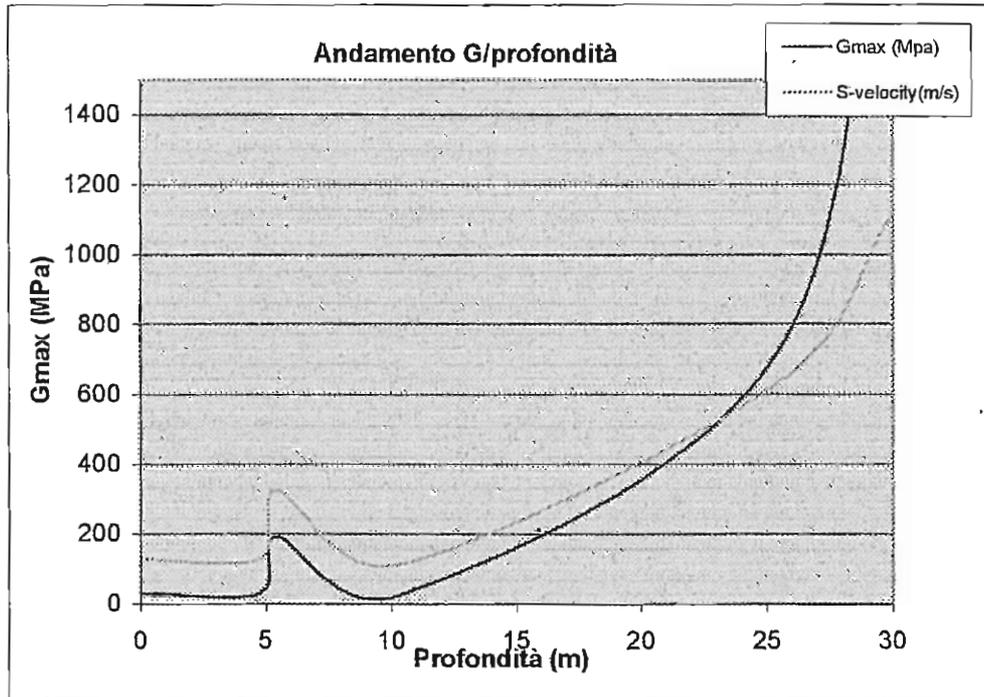
SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)
Possibilità di superamento del 10% in 50 anni

SUOLO TIPO C

	Ascisse (s)	Ordinate
$T_0 = ag \times S$	0.0000	0.2278
$T_b = T_c / 3$	0.1465	0.5897
$T_c = C_c \cdot T_c^*$	0.4395	0.5897
$T_d = 4.0 \times a_g / g + 1.6$	2.2240	0.1165



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	ρ (t/mc)
0.0	131	31	1.80
4.7	131	31	1.80
5.5	326	191	1.80
10.3	114	23	1.80
25.4	631	717	1.80
30.0	1119	2254	1.80



V_{s30} (m/s) = 277

CLASSIFICAZIONE DEL SITO Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la classificazione territoriale e urbanistica

Località	Portomaggiore (Fe)
Metodo di indagine	MASW Attivo e Passivo (misura Vr)
Strumentazione utilizzata	Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione	Rumore naturale+10 kg
Geometria stendimento:	24 geofoni - interasse 2 m

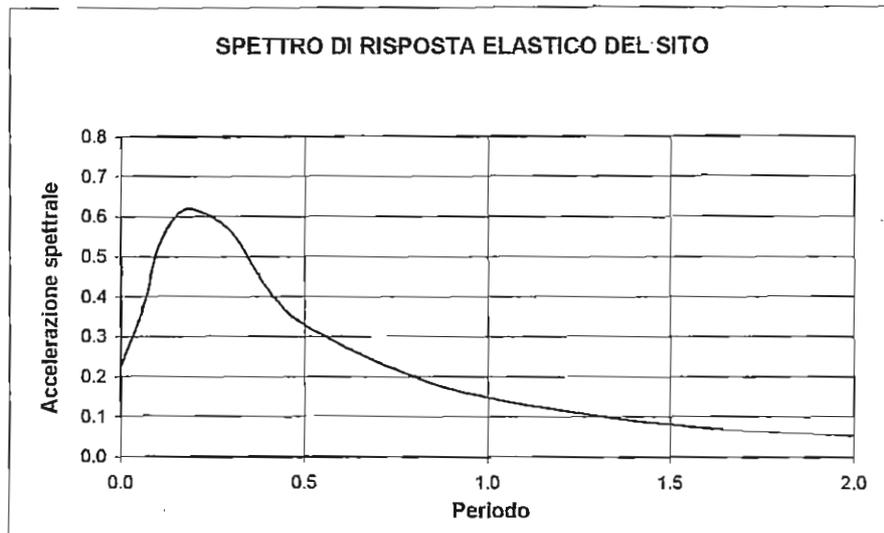
Valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo a_{refg} 0.152

Tabella per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (PIANURA 2)

Vs30	F.A.
200	1.5
250	1.5
300	1.5
350	1.4
400	1.4
450	1.4
500	1.3
600	1.1
700	1.0
800	1.0

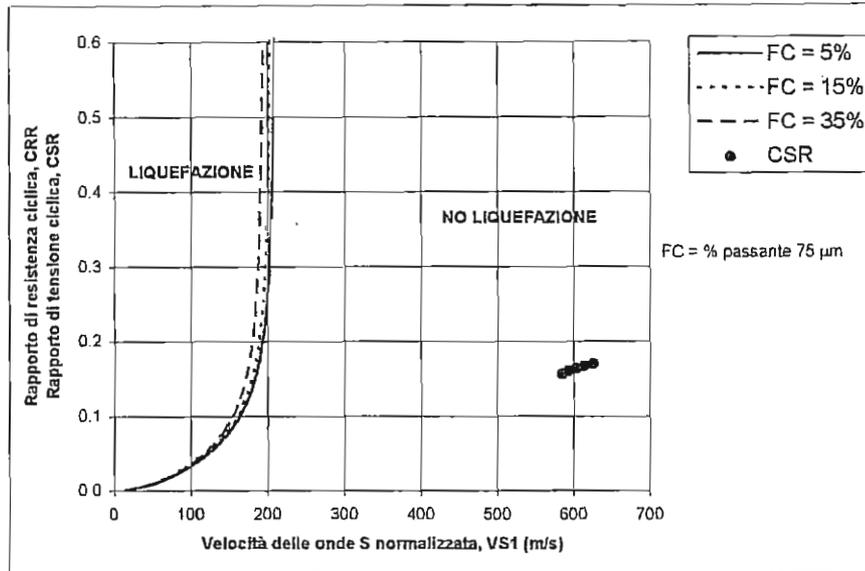
SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE
 Possibilità di superamento del 10% in 50 anni
 Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000
 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la
 classificazione territoriale e urbanistica"

T (s)	Sa/a_{ref}	Sa/a_g
0.000	1.000	0.228
0.040	1.389	0.317
0.070	1.759	0.401
0.100	2.283	0.521
0.150	2.637	0.601
0.200	2.707	0.617
0.300	2.466	0.562
0.400	1.840	0.420
0.500	1.445	0.329
0.750	0.955	0.218
1.000	0.645	0.147
1.500	0.355	0.081
2.000	0.231	0.053



VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

profondità (m)	V_s	V_{s1}	CSR	$F_s = CRR_{7.5}/CSR_{7.5}$
11.0	631	625	0.170	7.05
12.0	631	613	0.167	6.91
13.0	631	603	0.164	6.81
14.0	631	593	0.160	6.74
15.0	631	584	0.156	6.70



La velocità delle onde sismiche viene ricondotta ad un valore V_{s1} , ovvero ad un valore normalizzato ad una tensione efficace $p_a = 100$ kPa attraverso la:

$$V_{s1} = C_v \cdot V_s = V_s \cdot (p_a / \sigma'_{v0})^{0.25}$$

RAPP. TENSIONALE CICLICO $CSR = \tau_{media} / \sigma' = 0.65 \cdot (a_{max} / g) \cdot (\sigma_v / \sigma'_v) \cdot r_d$

a_{max} = accelerazione di picco al piano campagna

g = accelerazione di gravità

σ_v / σ'_v = tensione totale ed efficace nel sottosuolo

r_d = coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità d'interesse che tiene conto della deformabilità del sottosuolo

COEFFICIENTE DI SICUREZZA ALLA LIQUEFAZIONE $F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5}$

CSR riferito ad terremoto di magnitudo 7.5 $(CSR)_{M=7.5} = (CSR)_M / MSF$

fattore di scala per la magnitudo $MSF = 6.9 \cdot \exp(-M/4) - 0.058$

RAPP. DI RESISTENZA CICLICA (riferito a $M = 7.5$) $CRR_{7.5} = 0.022 \cdot (V_{s1} / 100)^2 + 2.8 \cdot (1 / (V_{s1} - 100) - 1 / V_{s1})$



Dr. Geol. Roberta Luetti
Piazza del Popolo civ. 13 – int. 5
44034 – Copparo – Fe
Tel. 0532 860546 – Fax 0532 385035
www.synthesisrl.com – info@synthesisrl.com

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO
LOTTIZZAZIONE "IL PARCO"
SITO IN COMUNE DI PORTOMAGGIORE
Modello Geologico - Modello Geotecnico

- Allegato 13 -

CERTIFICATI DI LABORATORIO GEOTECNICO



Committente: Luetti Dott.ssa Roberta
Località: Portomaggiore (Fe)
Cantlere: PUA Comparto "i giardini"

Sondaggio: CPT2
Campione: C1
Profondità: 3,0 - 3,5

pagina 1 di 1

Data ricevimento campione: 25/10/10
Data inizio prove: 26/10/10

Data emissione certificato: 16/11/10
Data fine prove: 29/10/10

Determinazione limite liquido (norma BS 1377)

Numero dei colpi	N°	n°	
Tara	Tara	g	
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	
Limite liquido	LL	%	N.D.

Determinazione limite liquido (CNR-UNI 10014)

	N°	n°	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Numero dei colpi	N°	n°	-	-	-
Tara	Tara	g	-	-	-
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	-	-	-
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	-	-	-
Umidità naturale	W	%	-	-	-
Limite liquido	LL	%	-	-	-

Determinazione limite plastico (CNR-UNI 10014)

		Provino 1	Provino 2
Tara	Tara	g	
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	
Limite plastico	LP	%	N.P.

Determinazione limite ritiro (CNR-UNI 10014)

		Provino 1	Provino 2
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	-
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	-
Tara	Tara	g	-
Volume tara	V	cm ³	-
Volume mercurio	Vhg	cm ³	-
Massa campione umido	CU	g	-
Massa Campione secco	CS	g	-
Limite di Ritiro	LR	%	-
Media	M	%	-

Determinazione ritiro lineare (BS 1377)

Lunghezza iniziale	Lo	mm	-
Lunghezza finale	Li	mm	-
Ritiro lineare	RL	%	-

Classe del campione: Q3

Il Direttore
del laboratorio

Spesimentatore



GEOTECA s.r.l.

Laboratorio Geotecnico
Accreditato presso Ministero Lavori Pubblici

Certificato 6427
Verbale 668

Committente: Luetti Dott.ssa Roberta
Località: Portomaggiore (Fe)
Cantiere: PUA Comparto "I giardini"

Sondaggio: S1
Campione: C1
Profondità: 0,5 - 1,05

pagina 1 di 1

Data inizio prova: 26/11/2010
Data ricevimento campione: 25/10/2010

Data fine prova: 29/11/2010
Data emissione certificato: 16/11/2010

ANALISI GRANULOMETRICA

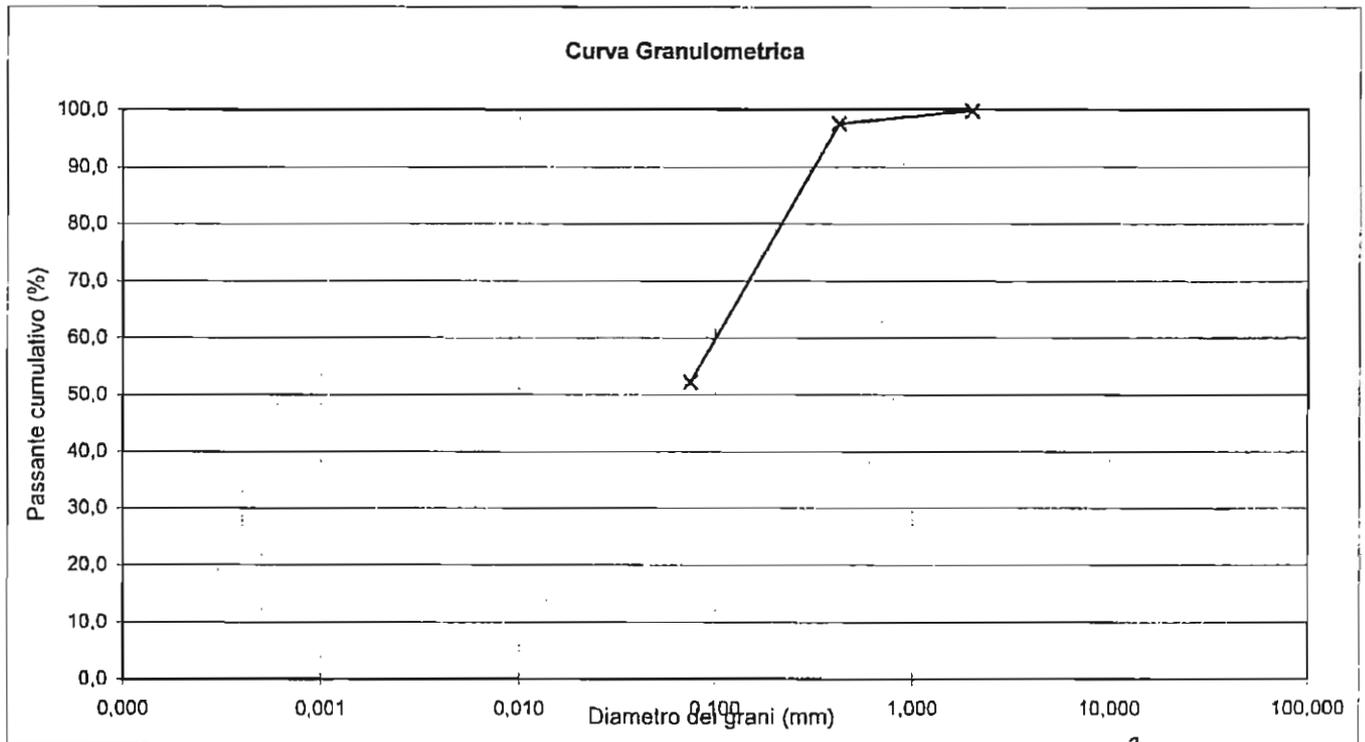
Norme di riferimento: CNR-UNI A. V n° 23

Note:

Massa campione 142,9 g

Setacci	Pesata
mm	g
2,00	0,3
0,425	3,1
0,075	64,8

Diametro	Passante
mm	%
2,00	99,82
0,43	97,63
0,075	52,27



Il Direttore
del laboratorio

Spesimentatore

Committente: Luetti Dott.ssa Roberta Sondaggio: S1
Località: Portomaggiore (Fe) Campione: C1
Cantiere: PUA Comparto "i giardi Profondità: 0.5 - 1.05

pagina 1 di 1

Report caratteristiche fisiche, volumetriche e di consistenza

CARATTERISTICHE NATURALI

Umidità naturale	%	w	
Massa volumica umida	kg/m ³	γ	
Massa volumica secca	kg/m ³	γ _d	
Contenuto in Solfati	Mg/l	-	
Sostanza Organica	%	SO	

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite liquido	%	LL	N.D.
Limite plastico	%	LP	N.P.
Indice plastico	-	IP	-
Limite di ritiro	%	LR	-
Ritiro lineare	%	RL	-

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

Setaccio	Passante	
2.00 mm	%	99,82
0.42 mm	%	97,63
0.075 mm	%	52,27

PARAMETRI DERIVATI

Indice di liquidità	-	IL	
Indice di consistenza	-	IC	
Indice di gruppo	-	IG	3,45
U.S.C.S.	-		ML-OL
C.N.R.-U.N.I.	-		A 4
Indice dei vuoti	-	e	
Porosità	%	N	
Umidità di saturazione	%	W _s	
Grado di saturazione	%	S	

Classe del campione Q3



Committente: Lueti Dott.ssa Roberta
Località: Portomaggiore (Fe)
Cantiere: PUA Comparto "i giardini"

Sondaggio: S1
Campione: C1
Profondità: 0.5 - 1.05

pagina 1 di 1

Data ricevimento campione: 25/10/10
Data inizio prove: 26/10/10

Data emissione certificato: 16/11/10
Data fine prove: 29/10/10

Determinazione limite liquido (norma BS 1377)

Numero dei colpi	N°	n°	
Tara	Tara	g	
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	
Limite liquido	LL	%	N.D.

Determinazione limite liquido (CNR-UNI 10014)

	N°	n°	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Numero dei colpi			-	-	-
Tara	Tara	g	-	-	-
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	-	-	-
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	-	-	-
Umidità naturale	W	%	-	-	-
Limite liquido	LL	%		-	

Determinazione limite plastico (CNR-UNI 10014)

		Provino 1	Provino 2
Tara	Tara	g	
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	
Limite plastico	LP	%	N.P.

Determinazione limite ritiro (CNR-UNI 10014)

		Provino 1	Provino 2
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	-
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	-
Tara	Tara	g	-
Volume tara	V	cm ³	-
Volume mercurio	Vhg	cm ³	-
Massa campione umido	CU	g	-
Massa Campione secco	CS	g	-
Limite di Ritiro	LR	%	-
Media	M	%	-

Determinazione ritiro lineare (BS 1377)

Lunghezza iniziale	Lo	mm	-
Lunghezza finale	Li	mm	-
Ritiro lineare	RL	%	-

Classe del campione: Q3

Il Direttore
del laboratorio

Spesantatore

Committente: Lueti Dott.ssa Roberta
Località: Portomaggiore (Fe)
Cantiere: PUA Comparto "i giardini"

Sondaggio: S2
Campione: C1
Profondità: 0,50 - 1,50

pagina 1 di 1

Data inizio prova: 26/11/2010
Data ricevimento campione: 25/10/2010

Data fine prova: 29/11/2010
Data emissione certificato: 16/11/2010

ANALISI GRANULOMETRICA

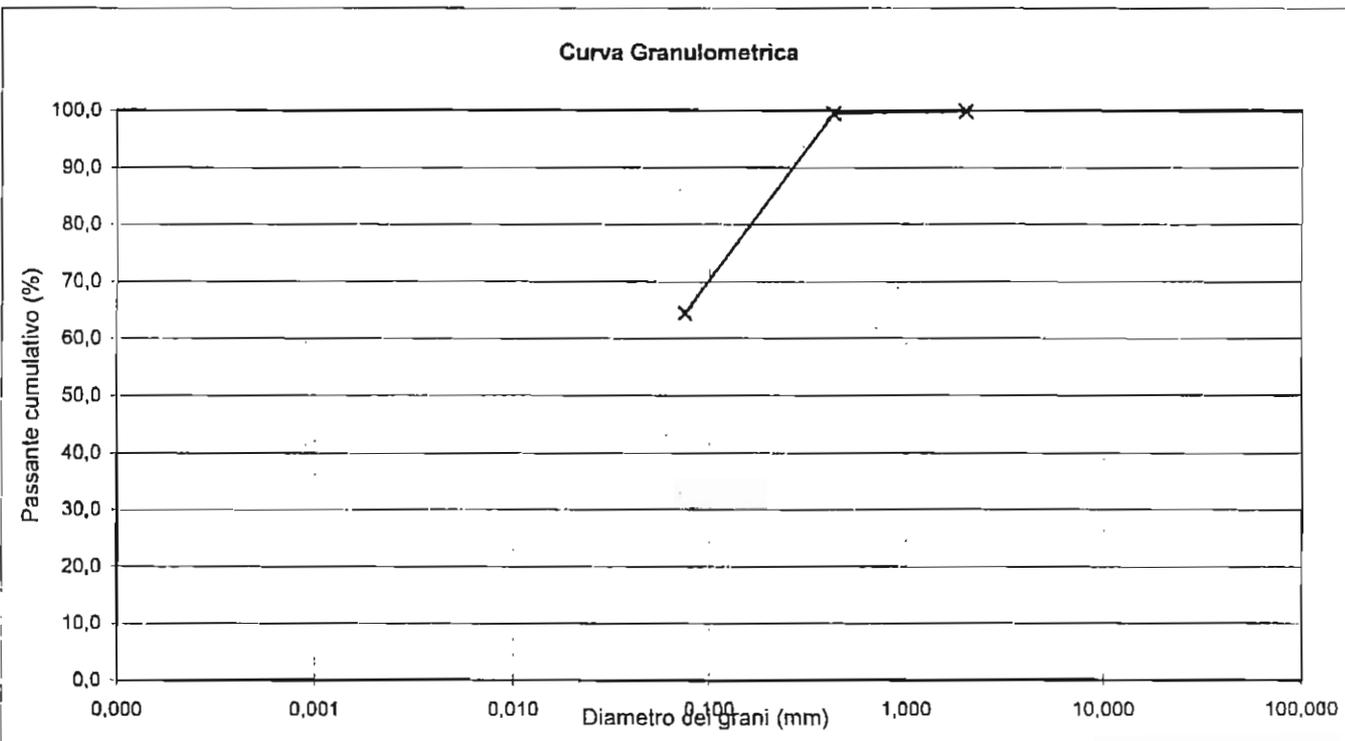
Norme di riferimento: CNR-UNI A. V n° 23

Note:

Massa campione 166,59 g

Setacci	Pesata
mm	g
2,00	0,2
0,425	0,6
0,075	58,4

Diametro	Passante
mm	%
2,00	99,87
0,43	99,51
0,075	64,47



Il Direttore
del Laboratorio

Spesimentatore

Committente: Luetti Dott.ssa Roberta Sondaggio: S2
 Località: Portomaggiore (Fe) Campione: C1
 Cantiere: PUA Comparto "i giardi. Profondità: 0.5 - 1.05

pagina 1 di 1

Report caratteristiche fisiche, volumetriche e di consistenza

CARATTERISTICHE NATURALI

Umidità naturale	%	w	
Massa volumica umida	kg/m ³	γ	
Massa volumica secca	kg/m ³	γ _d	
Contenuto in Solfati	Mg/l	-	
Sostanza Organica	%	SO	

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite liquido	%	LL	N.D.
Limite plastico	%	LP	N.P.
Indice plastico	-	IP	
Limite di ritiro	%	LR	
Ritiro lineare	%	RL	

CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE

Setaccio	Passante	
2.00 mm	%	99,87
0.42 mm	%	99,51
0.075 mm	%	64,47

PARAMETRI DERIVATI

Indice di liquidità	-	IL	
Indice di consistenza	-	IC	
Indice di gruppo	-	IG	5,89
U.S.C.S.	-		ML-OL
C.N.R.-U.N.I.	-		A 4
Indice dei vuoti	-	e	-
Porosità	%	N	-
Umidità di saturazione	%	W _s	-
Grado di saturazione	%	S	-

Classe del campione Q3



Committente: Luetti Dott.ssa Roberta
 Località: Portomaggiore (Fe)
 Cantiere: PUA Comparto "i giardini"

Sondaggio: S2
 Campione: C1
 Profondità: 0.5 - 1.05

pagina 1 di 1

Data ricevimento campione: 25/10/10
 Data inizio prove: 26/10/10

Data emissione certificato: 16/11/10
 Data fine prove: 29/10/10

Determinazione limite liquido (norma BS 1377)

Numero dei colpi	N°	n°	
Tara	Tara	g	
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	
Limite liquido	LL	%	N.D.

Determinazione limite liquido (CNR-UNI 10014)

	N°	n°	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Numero dei colpi	N°	n°	-	-	-
Tara	Tara	g	-	-	-
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	-	-	-
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	-	-	-
Umidità naturale	W	%	-	-	-
Limite liquido	LL	%	-	-	-

Determinazione limite plastico (CNR-UNI 10014)

		Provino 1	Provino 2
Tara	Tara	g	
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	
Limite plastico	LP	%	N.P.

Determinazione limite ritiro (CNR-UNI 10014)

		Provino 1	Provino 2
Massa campione umido + Tara	CU+T	g	-
Massa Campione secco + Tara	CS+T	g	-
Tara	Tara	g	-
Volume tara	V	cm ³	-
Volume mercurio	Vhg	cm ³	-
Massa campione umido	CU	g	-
Massa Campione secco	CS	g	-
Limite di Ritiro	LR	%	-
Media	M	%	-

Determinazione ritiro lineare (BS 1377)

Lunghezza iniziale	Lo	mm	-
Lunghezza finale	Li	mm	-
Ritiro lineare	RL	%	-

Classe del campione: Q3
 Il Direttore
 del laboratorio

Spesmentatore



Committente: Luetti Dott.ssa Roberta
 Località: Portomaggiore (Fe)
 Cantiere: PUA Comparto "i giardini"

Sondaggio: -
 Campione: CS
 Profondità: -

pagina 1 di 1

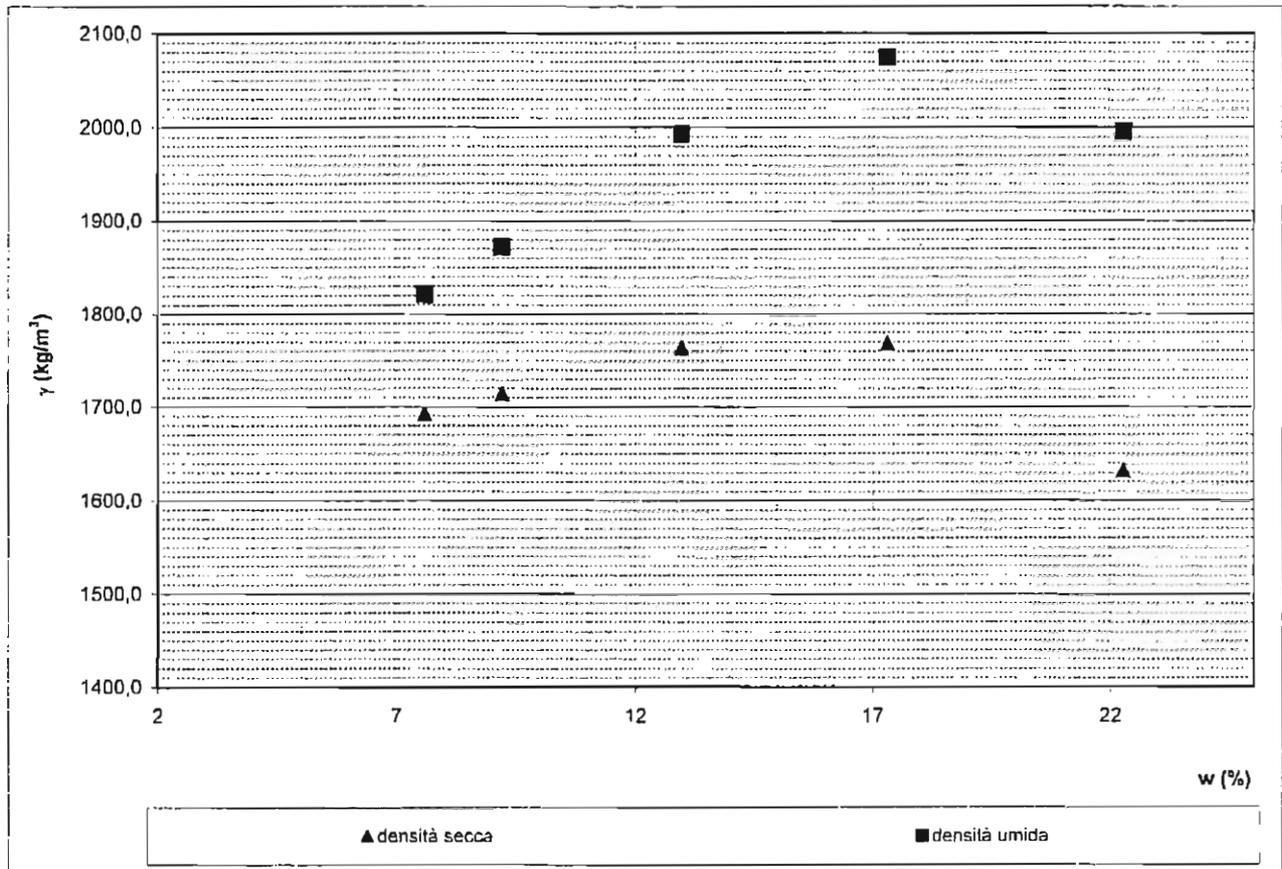
Data ricevimento campione: 25/10/2010
 Data inizio prova: 31/10/2010

Data emissione certificato: 16/11/2010
 Data fine prova: 04/11/2010

PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR STANDARD

Norma di riferimento: CNR anno XI n.69 del 30 novembre 1978

Volume fustella	942,39	cm ³	Provino n°		1	2	3	4	5
Peso pestello	2,495	kg	Peso fust.	g	2235,5	2235,5	2235,5	2235,5	2235,5
Altezza di caduta	30,50	cm	C+fust.	g	3951,4	3999,01	4113,60	4190,60	4115,60
Legenda: C+fust. = peso campione + peso fustella; t = peso tara; cu = peso campione umido; cs = peso campione secco; w = umidità del campione; γ = peso di volume umido; γ _s = peso di volume secco.	Vol. fust.	cm ³	Vol. fust.	cm ³	942,4	942,39	942,39	942,39	942,39
	t	g	t	g	14,3	25,30	14,29	14,29	19,63
	cu+t	g	cu+t	g	906,1	987,33	1003,50	1292,70	1311,30
	cs+t	g	cs+t	g	843,2	906,28	889,83	1104,01	1076,10
	w	%	w	%	7,59	9,20	12,98	17,32	22,26
	γ	kg/m ³	γ	kg/m ³	1820,80	1871,32	1992,92	2074,62	1995,04
	γ _s	kg/m ³	γ _s	kg/m ³	1692,31	1713,66	1763,91	1768,41	1631,76



note:

Classe del campione: Q3

Il Direttore
 del laboratorio

Esperimentatore

Committente: Lueti Dott.ssa Roberta
 Località: Portomaggiore (Fe)
 Cantiere: PUA Comparto "i giardini"

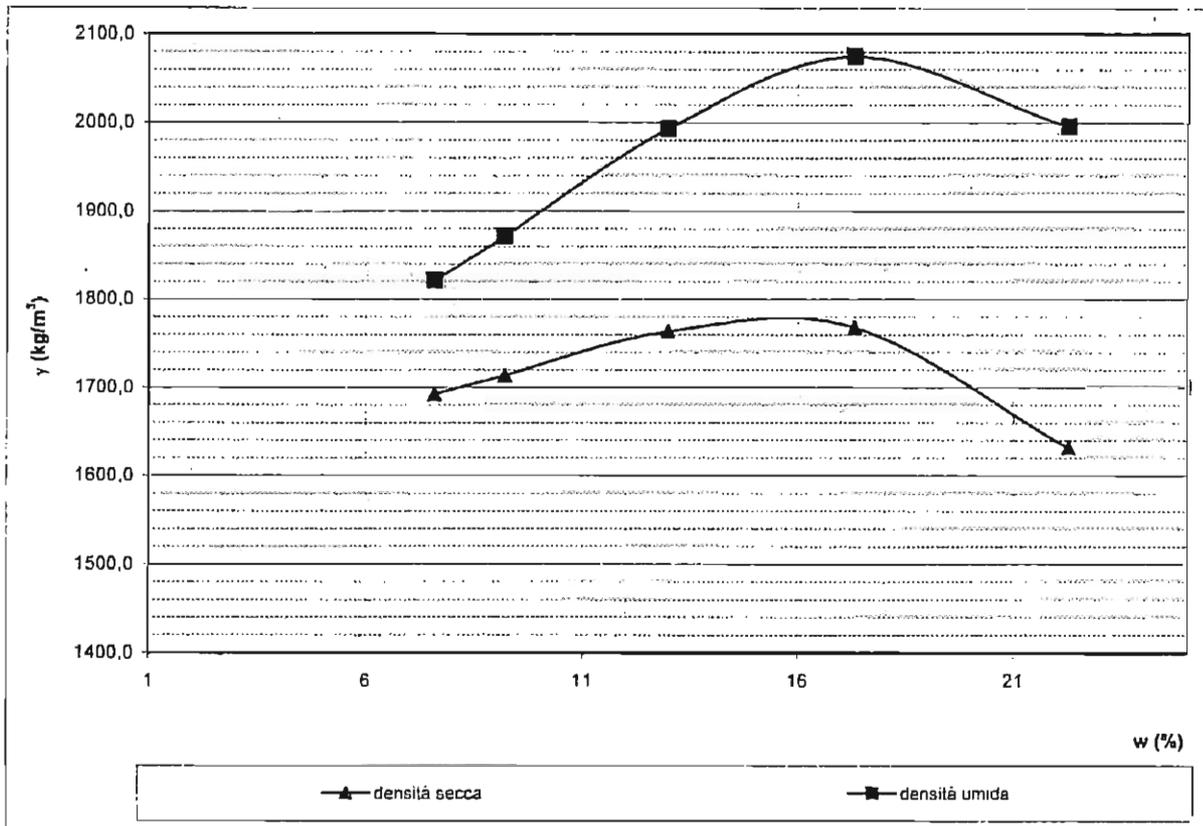
Sondaggio: -
 Campione: CS
 Profondità: -

pagina 1 di 1

PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR STANDARD

Norma di riferimento: ASTM D698-78

Volume fustella	942,39	cm ³	Provino n°						
Peso pestello	2,495	kg	Peso fust.	g	2235,5	2235,5	2235,5	2235,5	2235,5
Altezza di caduta	30,500	cm	C+fust.	g	3951,4	3999,0	4113,6	4190,6	4115,6
Legenda: C+fust. = peso campione + peso fustella; t = peso tara; cu = peso campione umido; cs = peso campione secco; w = umidità del campione; γ = peso di volume umido; γ _d = peso di volume secco.	Vol. fust.	cm ³	942,4	942,4	942,4	942,4	942,4	942,4	
	t	g	14,3	25,3	14,3	14,3	19,6		
	cu+t	g	906,1	987,3	1003,5	1282,7	1311,3		
	cs+t	g	843,2	906,3	889,8	1104,0	1076,1		
	w	%	7,6	9,2	13,0	17,3	22,3		
	γ	kg/m ³	1820,8	1871,3	1992,9	2074,6	1995,0		
	γ _d	kg/m ³	1892,3	1713,7	1763,9	1768,4	1631,8		



note:

w _{opt}	15,5	%
γ _{max}	1769	Kg/m ³

Committente: Luetti Dott.ssa Roberta
Località: Portomaggiore (Fe)
Cantiere: PUA Comparto "i giardini"

Sondaggio: -
Campione: CS
Profondità: -

pagina 1 di 1

Data ricevimento campione: 25/10/10
Data inizio prove: 15/11/10

Data emissione certificato: 16/11/10
Data fine prove: 16/11/10

DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA C.B.R.

Norma di riferimento: CNR-UNI 10009

Contenuto in acqua 1° strato

Massa tara	g	71,86
Massa campione umido + Tara	g	109
Massa Campione secco + Tara	g	103,34
Umidità naturale	%	17,980

Peso di volume secco

Peso del provino	g	4378,10
Volume dello stampo	cm ³	2131,60
Umidità del provino	%	16,32
γ_d	kg/m ³	1731,56

Contenuto in acqua 3° strato

Massa tara	g	71,70
Massa campione umido + Tara	g	109,33
Massa Campione secco + Tara	g	104,33
Umidità naturale	%	15,323

Imbibizione

Altezza iniziale	mm	
Rigonfiamento	mm	
Rigonfiamento Δh	%	

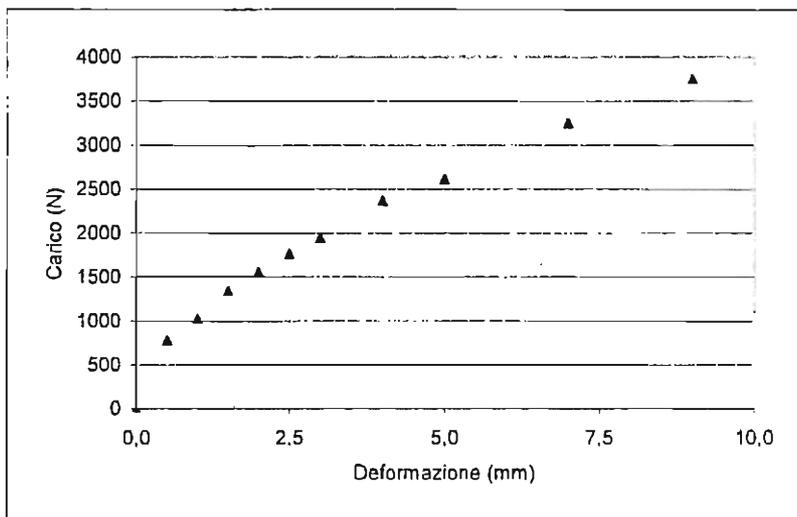
Contenuto in acqua zona punz.

Massa tara	g	71,75
Massa campione umido + Tara	g	110,22
Massa Campione secco + Tara	g	105,01
Umidità naturale	%	15,664

note:

Penetrazione C.B.R.

Deformazione	Letture	Carico
mm	div.	N
0,0	0	0
0,5	49	776
1,0	64	1029
1,5	83	1339
2,0	96	1550
2,5	109	1762
3,0	120	1942
4,0	146	2365
5,0	161	2610
7,0	200	3245
9,0	231	3750



CBR 2.5 mm	13
CBR 5.0 mm	13
Indice CBR %	13

Il Direttore
del Laboratorio

Sperimentatore