

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

FILE

A06001-PE-REGT0.pdf

ARCHIVIO

A06001-PE-REGT0.pdf

REDATTO

NOME	DATA	REV.
------	------	------

V. BERTOLI	13/10/06	0
------------	----------	---

CONTROLLATO

NOME	DATA	REV.
------	------	------

G. GUADAGNINI	13/10/06	0
---------------	----------	---

APPROVATO

NOME	DATA	REV.
------	------	------

G. GUADAGNINI	13/10/06	0
---------------	----------	---

ANNOTAZIONI

COMUNE DI LUGO DI ROMAGNA PROVINCIA DI RAVENNA AMPLIAMENTO LICEO SCIENTIFICO

PROGETTISTI

STUDIO EN.SER. - ING. GIANCARLO GUADAGNINI- CAPOGRUPPO
ARCH. GIOVANNA RUGGIERI
ING. ALFONSO GAGGIOLI

COLLABORATORI

ING. VERONICA BERTOLI
ARCH. AGNESE DAL POZZO
ING. LUCA LORENZINI

STRUTTURE - STUDIO EN.SER - PROF. ING. MAURIZIO MERLI
IMPIANTI MECCANICI - TECNOTERM - P.I. PIERPAOLO CONTI
IMPIANTI ELETTRICI - TECNOTERM - P.I. PIERPAOLO CONTI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ING. CARLO SCACCHI

PROVINCIA DI RAVENNA
COMUNE DI LUGO

LAVORI DI AMPLIAMENTO DEL LICEO SCIENTIFICO
“GREGORIO RICCI CURBASTRO” DI LUGO

PROGETTO ESECUTIVO

**RESPONSABILE DEL
PROCEDIMENTO**

DOTT. ING. CARLO SCACCHI

PROGETTISTI INCARICATI

COORDINATORE RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DOTT. ING. GIANCARLO GUADAGNINI (EN.SER.)
PROGETTAZIONE STRUTTURALE PROF. ING. MAURIZIO MERLI (EN.SER.) DOTT. ING. VERONICA BERTOLI (EN.SER.)
PROGETTAZIONE GEOTECNICA DOTT. ING. GIANFRANCO MARCHI (EN.SER.)
PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA DOTT. ARCH. GIOVANNA RUGGIERI (LIBERO PROFESSIONISTA) DOTT. ARCH. AGNESE DAL POZZO (LIBERO PROFESSIONISTA)
COMPUTI METRICI DOTT. ING. ALFONSO GAGGIOLI (LIBERO PROFESSIONISTA) DOTT. ING. LUCA LORENZINI (LIBERO PROFESSIONISTA)
IMPIANTI E PREVENZIONE INCENDI P.I. PIERPAOLO CONTI (STUDIO TECNOTERM)
COLLABORATORE AL PROGETTO STRUTTURALE DOTT. ING. GIUSEPPE MUSINU (LIBERO PROFESSIONISTA)

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 2

INDICE

1	PREMESSA	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
2.1	CRITERI GENERALI DI CALCOLO	8
2.2	CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO ACCIAI E STRUTTURE METALLICHE	8
2.3	SISMICA	8
2.4	FONDAZIONI	8
3	GENERALITÀ	10
3.1	CENNI D'INQUADRAMENTO GEOLOGICO	10
3.2	INDICAZIONE SULLA COSTRUZIONE	10
4	INDAGINI IN SITO	13
5	LINEE GUIDA PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA MEDIANTE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)	15
5.1	DETERMINAZIONE DEL TIPO DI MATERIALE	15
5.2	MATERIALI NON COESIVI	16
5.2.1	Parametri di stato iniziale/densità relativa	16
5.2.2	Caratteristiche di resistenza al taglio/angolo di attrito	17
5.2.3	Caratteristiche di deformazione	17
5.3	MATERIALI COESIVI	18
5.3.1	Resistenza al taglio non drenata	18
5.3.2	Caratteristiche di deformazione	19
6	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA	20
7	CORRELAZIONI CPTU-PARAMETRI GEOTECNICI	22
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	28
9	VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ' PORTANTE	29
9.1	INDICAZIONE SULLE FONDAZIONI	29

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 3

9.2	ANALISI DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE	29
9.3	RISULTATI DELLE ANALISI DELLA CAPACITÀ PORTANTE	31
9.4	INDICAZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL PIANO DI POSA	32
10	ANALISI DEI CEDIMENTI	33
10.1	PREMESSA	33
10.2	SCHEMA DI CALCOLO	33
10.3	RISULTATI DELLE ANALISI	34
10.4	STIMA DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO	35
11	ASPETTI INERENTI ALLA SISMICITÀ DELL'AREA	37
11.1	INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA DI INTERESSE	37
11.2	CATEGORIA DI SUOLO AI FINI DEL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA	37
11.3	POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	37
12	CONCLUSIONI	40

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 4

ELENCO FIGURE

Figura 1.1	Planimetria di inquadramento dell'area di intervento	6
Figura 3.1	Corpo "A" – Pianta Fondazione	11
Figura 3.2	Corpo "P" – Pianta Fondazione	12
Figura 4.1	Ubicazione indagini	13
Figura 6.1	Sezione stratigrafica	21

ELENCO TABELLE

Tabella 1	Parametri geotecnici di progetto	28
Tabella 2	Coefficienti parziali per i parametri del terreno (D.M. 14.09.2005)	30
Tabella 3	Parametri medi operativi adottati nel calcolo della capacità portante del terreno	30
Tabella 4	Parametri geometrici della fondazione	31
Tabella 5	Capacità portante dei terreni di fondazione in condizioni drenate e non drenate	31
Tabella 6	Capacità portante dei terreni di fondazione in condizioni drenate e non drenate	32
Tabella 7	Cedimenti e distorsioni massime	34
Tabella 8	Indicazioni sugli effetti dei cedimenti	34

ELENCO GRAFICI

Grafico 1	Classificazione di Searle	15
Grafico 2	Correlazione di <i>Jamiolkowski et al.</i>	16
Grafico 3	Correlazione di Schmertmann	17
Grafico 4	Correlazione di Robertson e Campanella	18
Grafico 5	Grado di sovraconsolidazione	22
Grafico 6	Coesione non drenata	23
Grafico 7	Angolo d'attrito	24
Grafico 8	Coesione drenata	25
Grafico 9	Modulo in condizioni di normalconsolidazione	26
Grafico 10	Modulo in condizioni di sovraconsolidazione	27

ELENCO APPENDICI

- Appendice 1: "Relazione geotecnica del progetto di costruzione di scale di sicurezza metalliche presso il Liceo Scientifico G. Ricci Curbastro in viale Orsini a Lugo (RA), del Luglio 2000 a cura del dott. ing. Carlo Giovannini";
- Appendice 2: "Calcolo della capacità portante";
- Appendice 3: "Calcolo dei cedimenti".

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 5

SIMBOLOGIA

SIMBOLO SIGNIFICATO

q_c resistenza alla punta del penetrometro statico;
 f_s attrito laterale misurato al manicotto del penetrometro statico;
 F_R $= f_s/q_c$, rapporto di frizione;

γ peso di volume naturale del terreno;
 γ_d peso di volume secco del terreno;
 w contenuto d'acqua;
 w_L limite liquido;
 w_P limite plastico;
 PI indice plastico;
 IC indice di consistenza;

σ_v tensione litostatica verticale totale;
 σ_v' tensione litostatica verticale efficace;
 OCR grado di sovraconsolidazione;

c_u coesione in condizioni non drenate;
 ϕ' angolo di resistenza al taglio in condizioni drenate;
 c' coesione in condizioni drenate;

E_u modulo di deformazione in condizioni non drenate;
 M modulo drenato confinato;
 E'_{25} modulo di Young drenato ricavato per una tensione deviatorica pari al 25% di quella di rottura;

k coefficiente di permeabilità;
 c_v coefficiente di consolidazione primaria;
 c_α coefficiente di consolidazione secondaria;

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 6

1 PREMESSA

La presente relazione si colloca nell'ambito dell'incarico di progettazione definitiva ed esecutiva dei lavori di ampliamento della sede del Liceo Scientifico "G. Ricci Curbastro" di Lugo, Viale Orsini n° 6.

Il progetto prevede la realizzazione di una struttura di ampliamento del Liceo Scientifico, oltre alla demolizione e ricostruzione della parte dell'edificio oggi individuabile come "alloggio del custode".

In [Figura 1.1](#) è riportata la planimetria generale dell'area oggetto di studio, in cui sono state individuate le parti di interesse, denominate *Corpo "A"* e *Corpo "P"*. Il *Corpo "A"* rappresenta la struttura di nuova costruzione, mentre il *Corpo "P"* quella di ricostruzione dell'alloggio del custode e di collegamento del nuovo corpo di fabbrica con l'edificio esistente.

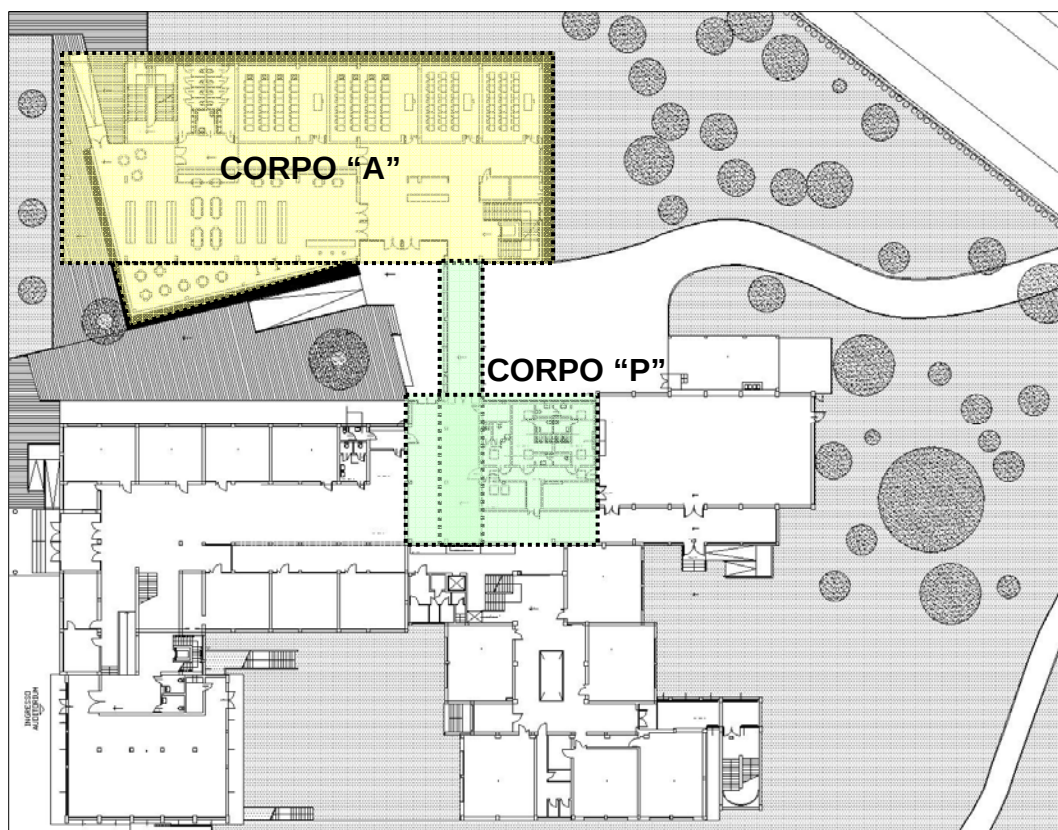


Figura 1.1 Planimetria di inquadramento dell'area di intervento

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 7

La presente relazione è finalizzata all'individuazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione con particolare riferimento ai problemi di capacità portante e alla stima dei cedimenti delle opere di fondazione. Sulla base delle indagini geognostiche a disposizione, si prendono in considerazione in particolare i seguenti aspetti:

1. successione stratigrafica dei terreni nell'area interessata dalla realizzazione del nuovo fabbricato;
2. caratterizzazione geotecnica delle unità stratigrafiche individuate;
3. studio delle problematiche concernenti le opere di fondazione, fra cui:
 - valutazione della capacità portante, deformabilità e modulo di sottofondo per fondazioni di tipo diretto;
 - valutazione dell'influenza sugli edifici adiacenti.

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica l'Amministrazione Provinciale di Ravenna ha messo a disposizione degli scriventi la relazione geotecnica del Luglio 2000, redatta dal "Laboratorio tecnologico romagnolo s.n.c." relativa alla *"Costruzione di scale di sicurezza metalliche presso il Liceo Scientifico Gregorio Ricci Curbastro in viale Orsini a Lugo"*, a firma del Dott. Ing. Carlo Giovannini, comprendente i risultati dell'effettuazione di n° 2 prove penetrometriche statiche (CPT) alla profondità di 15 e 12 m dall'attuale piano di campagna.

Si segnala, inoltre, che gli scriventi hanno già svolto l'incarico di progettazione geotecnica e strutturale in occasione dell'ampliamento dell'Istituto Tecnico Commerciale *"G. Compagnoni"* di Lugo, situato nelle immediate vicinanze del Liceo Scientifico *"G. Ricci Curbastro"*. I risultati ottenuti in quella occasione hanno costituito un utile elemento di confronto per la redazione della presente relazione.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 8

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 CRITERI GENERALI DI CALCOLO

Legge 5 Novembre 1971, n. 1086

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

Legge 2 Febbraio 1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 14 Settembre 2005

Norme tecniche per le costruzioni.

2.2 CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO ACCIAI E STRUTTURE METALLICHE

Decreto Min. LL.PP. 9 Gennaio 1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

Circolare Min. LL.PP. 15 Ottobre 1996, n.252

Istruzioni per l'applicazione delle *"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche"* di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

2.3 SISMICA

Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n.3274 e s.m.i.

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

2.4 FONDAZIONI

Decreto Min. LL.PP. 11 Marzo 1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ed i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 9

Circolare Min. LL.PP. 24 Settembre 1988, n. 30483

Istruzioni riguardanti *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"* di cui al D.M. 11 Marzo 1988.

Raccomandazioni AGI giugno 1977

Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

Raccomandazioni AGI maggio 1994

Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio.

Linee guida AGI 2005

Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica.

UNI EN 1997-1:2005

Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali

UNI EN 1998-5:2005

Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 10

3 GENERALITÀ

3.1 CENNI D'INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio di Lugo fa parte della bassa pianura ravennate situata a nord della via Emilia e delimitata ad occidente dal torrente Sillaro, ad oriente dal fiume Lamone e a nord dal fiume Reno, che occupava l'alveo del Po di Primaro, antico ramo padano. La quota media sul livello del mare di questa area risulta pari a 12 ÷ 15 m.

Questa vasta area entro la pianura romagnola è stata da tempo suddivisa in due fasce, la più meridionale, dove è situato l'abitato di Lugo, indicata con il termine di "*terre alte*" e la più settentrionale indicata come "*terre basse*". Le "*terre alte*" sono costituite nella parte superficiale da terreni prevalentemente limosi e sabbioso-argillosi permeabili mentre le terre basse (formazioni del pliocene) sono formate da argille e da materiali organogeni di scarsa permeabilità.

Dopo la sedimentazione del Pliocene, il ciclo sedimentario nel sottosuolo di Lugo si chiude con la sedimentazione dei terreni del quaternario (Pleistocene e Olocene), in massima parte di ambiente marino ma, nella parte più superficiale della successione stratigrafica, di ambienti lagunari-palustri e fluviali (depositi di alluvionamenti dei fiumi Senio e Santerno) e terrestri.

Questi ultimi depositi molto permeabili e porosi, incisi dai corsi d'acqua ed in raccordo diretto con i subalvei dei medesimi, costituiscono la zona di maggiore alimentazione delle falde idriche sotterranee.

Il livello della falda è superficiale e può subire rilevanti variazioni con la stagione piovosa e da un anno all'altro. Durante la stagione piovosa può risalire a non più di 1.0 m dalla superficie, mentre nella stagione estiva ed in annate particolarmente siccitose può scendere sui 3.0 m di profondità.

3.2 INDICAZIONE SULLA COSTRUZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio principale, denominato *Corpo "A"*, costituito da un parallelepipedo di tre piani intersecato da un

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 12

fondazione, di tipo superficiale, saranno realizzate mediante un reticolo di travi rovesce in conglomerato cementizio armato ([Figura 3.2](#))

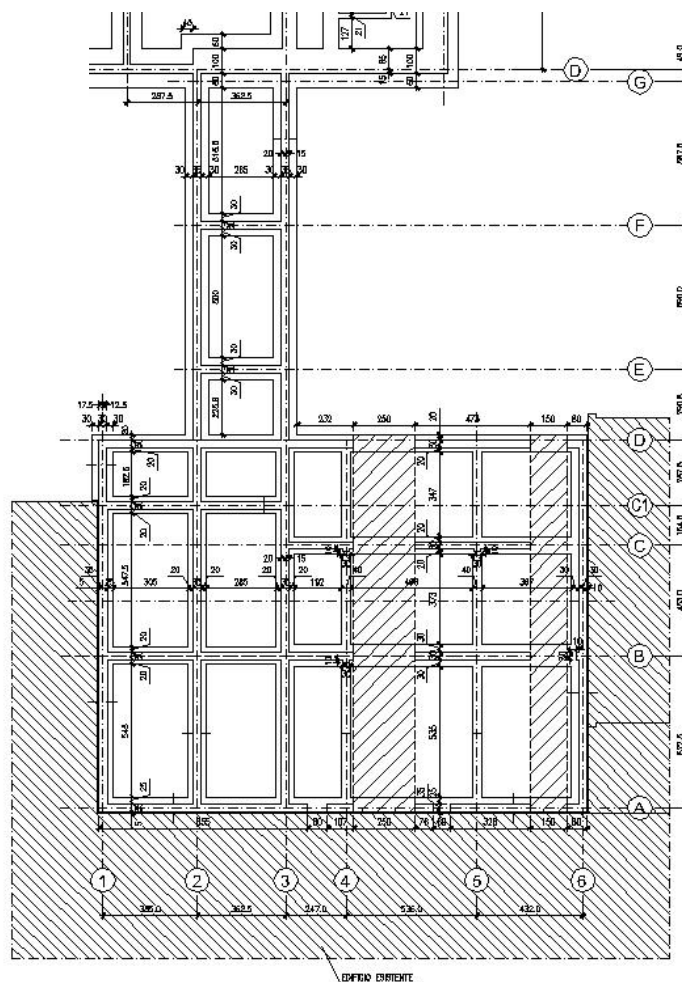


Figura 3.2 Corpo "P" – Pianta Fondazione

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 13

4 INDAGINI IN SITO

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica l'Amministrazione Provinciale di Ravenna ha messo a disposizione degli scriventi la relazione geotecnica del Luglio 2000, redatta dal "Laboratorio tecnologico romagnolo s.n.c." relativa alla "Costruzione di scale di sicurezza metalliche presso il Liceo Scientifico Gregorio Ricci Curbastro in viale Orsini a Lugo", a firma del Dott. Ing. Carlo Giovannini (vd. [Appendice 1](#)). La relazione è stata redatta sulla base di n° 2 prove penetrometriche statiche, spinte ad una profondità di 15 e 12 metri, eseguite dalla "Ditta Perigeo di Faenza (RA)" nel Giugno 2000 nelle immediate vicinanze del Liceo Scientifico "G. Ricci Curbastro". In quella occasione non sono stati prelevati campioni di terreno e di conseguenza non sono state eseguite prove di laboratorio. In [Figura 4.1](#) viene riportata l'ubicazione delle prove eseguite.

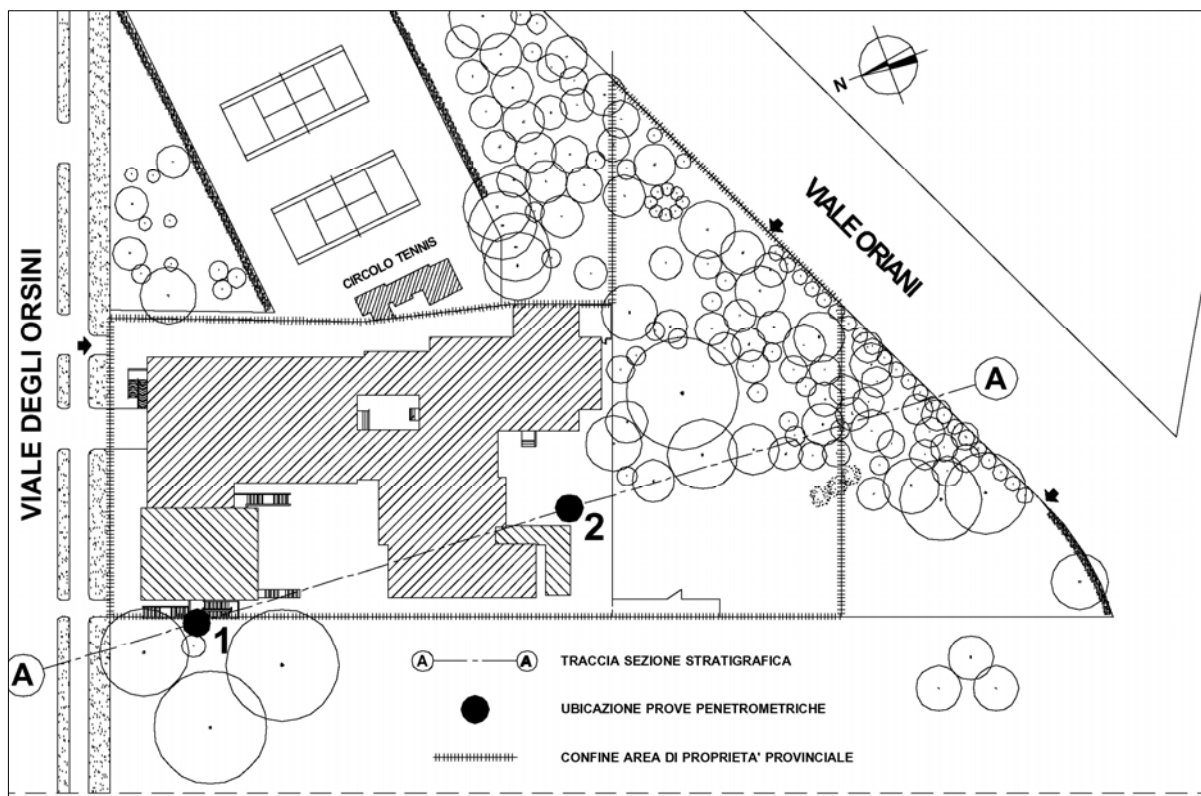


Figura 4.1 Ubicazione indagini

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 14

Si segnala, inoltre, che gli scriventi hanno già svolto l'incarico di progettazione geotecnica e strutturale in occasione dell'ampliamento dell'Istituto Tecnico Commerciale "G. Compagnoni" di Lugo, situato nelle immediate vicinanze del Liceo Scientifico "G. Ricci Curbastro". I risultati ottenuti in quella occasione hanno costituito un utile elemento di confronto per la redazione della presente relazione.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 15

5 LINEE GUIDA PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA MEDIANTE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)

5.1 DETERMINAZIONE DEL TIPO DI MATERIALE

L'analisi delle prove CPT si rivela estremamente utile al fine della ricostruzione dell'andamento stratigrafico del deposito.

In letteratura esiste un vasto numero di correlazioni che a partire dai valori della resistenza alla punta q_c e del friction ratio (FR), permettono, prescindendo peraltro dalla messa in conto di fattori quali storia dello stato tensionale e sensitività, di risalire al tipo di materiale attraversato dal cono.

Fra le altre sono utilizzate le carte di classificazione proposte da *Robertson e Campanella* (1984, 1985), da *Olsen e Farr* (1986) e da *Searle* (1979, figura seguente) per quanto riguarda le prove CPT e da *Robertson e al.* (1986) per quanto riguarda le prove CPTU.

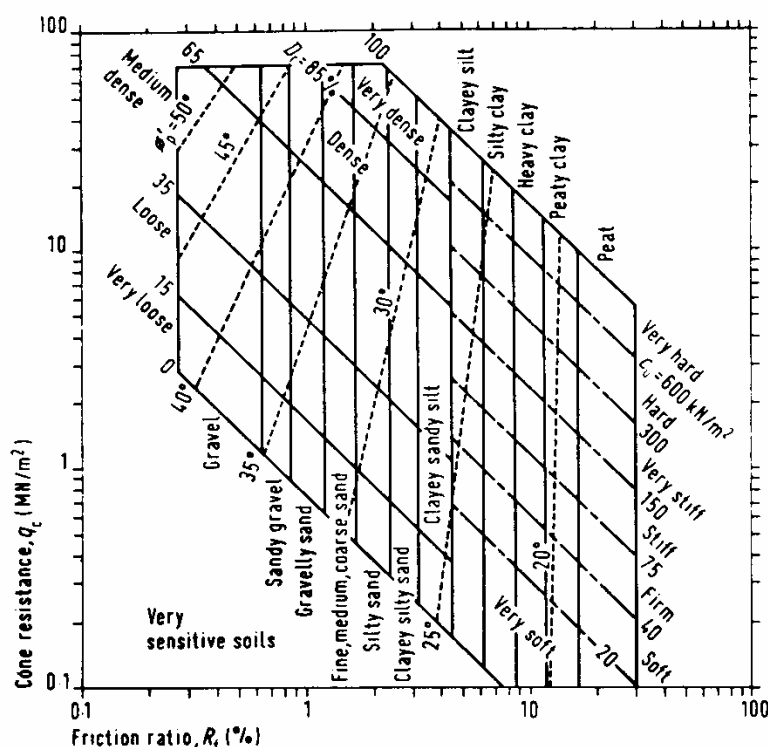


Grafico 1 Classificazione di Searle

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 16

5.2 MATERIALI NON COESIVI

5.2.1 Parametri di stato iniziale/densità relativa

Jamiolkowski et Al. (1988) sottolineano come ogni analisi geotecnica richieda la conoscenza dello stato iniziale del deposito che dipende essenzialmente dai seguenti valori:

- tensioni geostatiche iniziali;
- pressioni interstiziali;
- macro e micro struttura del deposito;
- indice dei vuoti iniziale e_0 e densità relativa;
- storia tensionale del deposito.

Per la determinazione della densità relativa può essere utile fare riferimento alla correlazione di *Jamiolkowski et al.* (1985), riportata nella seguente figura.

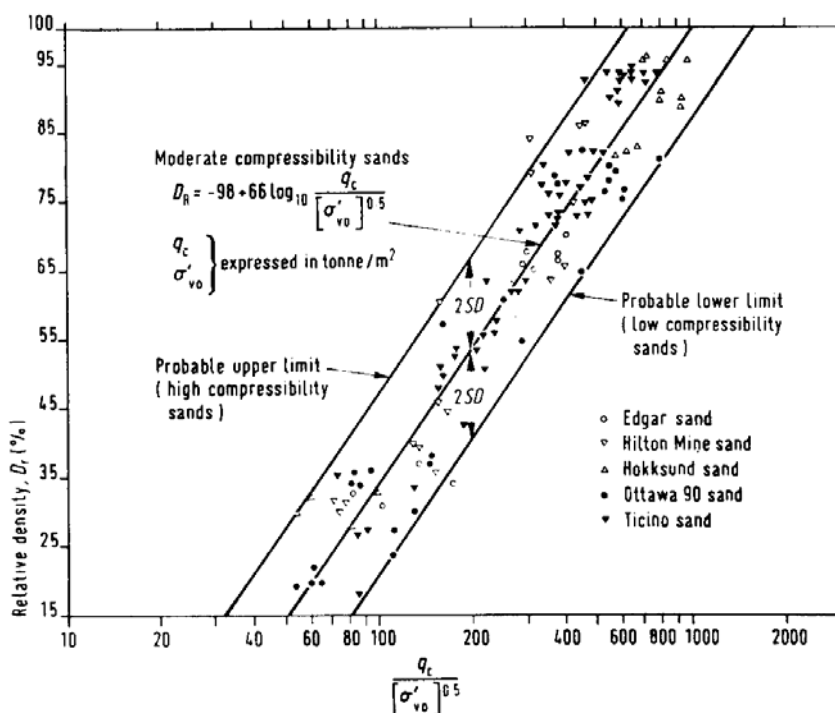


Grafico 2 Correlazione di *Jamiolkowski et al.*

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 17

5.2.2 Caratteristiche di resistenza al taglio/angolo di attrito

E' possibile fare riferimento al grafico di *Schmertmann* (1978) che correla la densità relativa all'angolo di attrito, come indicato nella figura seguente.

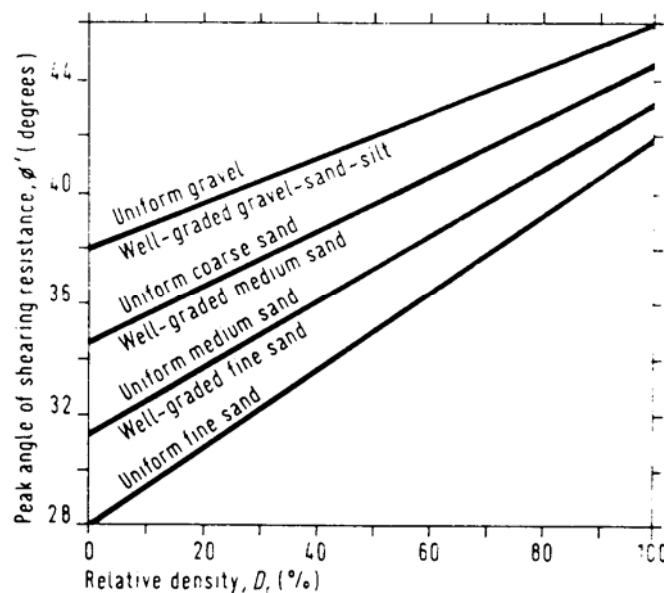


Grafico 3 Correlazione di Schmertmann

5.2.3 Caratteristiche di deformazione

Le caratteristiche di deformazione dipendono in primo luogo da:

- storia tensionale e deformazionale del deposito;
- livello di sollecitazione media;
- livello di deformazione di taglio indotto;
- stress path efficace;
- tempo.

Il modulo confinato iniziale M_0 può essere determinato in accordo a *Lunne e Christoffersen* (1983):

- $M_0 = (4 \cdot q_c)$ per $q_c < 10$ MPa;
- $M_0 = (2 \cdot q_c)$ per $10 < q_c < 50$ MPa;
- $M_0 = 120$ MPa per $q_c > 50$ MPa.

In alternativa, il grafico seguente correla la resistenza di punta al modulo elastico al 50% della tensione di rottura (*Robertson e Campanella, 1981*).

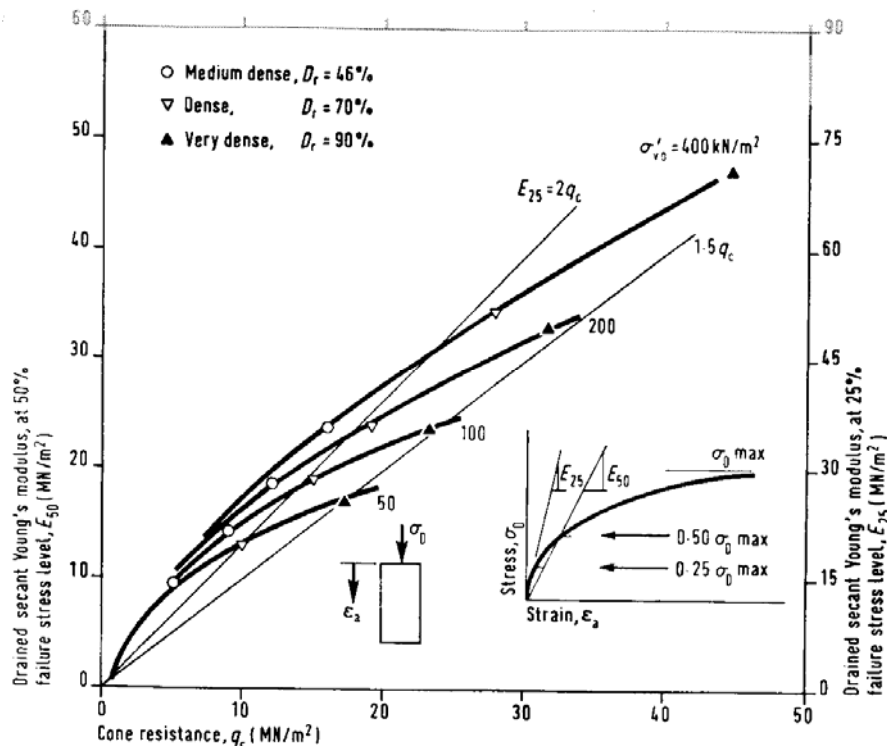


Grafico 4 Correlazione di Robertson e Campanella

5.3 MATERIALI COESIVI

5.3.1 Resistenza al taglio non drenata

Per terreni coesivi si fa solitamente riferimento alla relazione:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k}$$

Dove:

- c_u è la coesione non drenata;
- q_c è la resistenza di punta al penetrometro (chiamata anche R_p);
- σ_{v0} è la pressione verticale totale alla quota della punta;

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 19

- N_k è il fattore del cono, per il quale esistono numerose indicazioni empiriche fornite da diversi Autori (mediamente attorno a 15).

5.3.2 Caratteristiche di deformazione

I valori del modulo confinato M sono ricavati in accordo alle correlazioni di *Mitchell e Gardner* (1975), oppure alla correlazione:

- $M = \alpha_M \cdot q_c$.

Dove:

- M è il modulo confinato del terreno;
- α_M è un coefficiente variabile tra circa 2 e 8 (*Sanglerat*, 1979).

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 20

6 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

I dati ottenuti dalle indagini penetrometriche hanno consentito di evidenziare, al di sotto di un primo strato di spessore pari a circa $1.0 \div 1.2$ m costituito da terreno limoso argilloso fortemente sovraconsolidato per essiccamento, le seguenti unità stratigrafiche:

UNITÀ 1: *da -1.0 m fino a -9.0 m da p.c.*

Argilla limosa, da mediamente compatta a compatta, con sottili intercalazioni limoso-sabbiose. Resistenze medie alla punta pari a circa 2.1 MPa, resistenza laterale specifica pari a circa 0.125 MPa, rapporto di frizione pari a circa 6%.

UNITÀ 2: *da -9.0 m fino a -10.0 m da p.c.*

Sabbia limosa mediamente addensata. Resistenze medie alla punta pari a circa 5.0 MPa, con punte sino a circa 7.0 MPa.

UNITÀ 3: *da -10.0 m fino a -15.0 m da p.c. (massima profondità indagata)*

Alternanza di argilla limosa compatta e strati decimetrici di limo-sabbioso, sabbia-limosa. Resistenze medie alla punta pari a circa 3.5 MPa con picchi fino a 8.0 MPa.

La sezione stratigrafica è riportata nella [Figura 6.1](#).

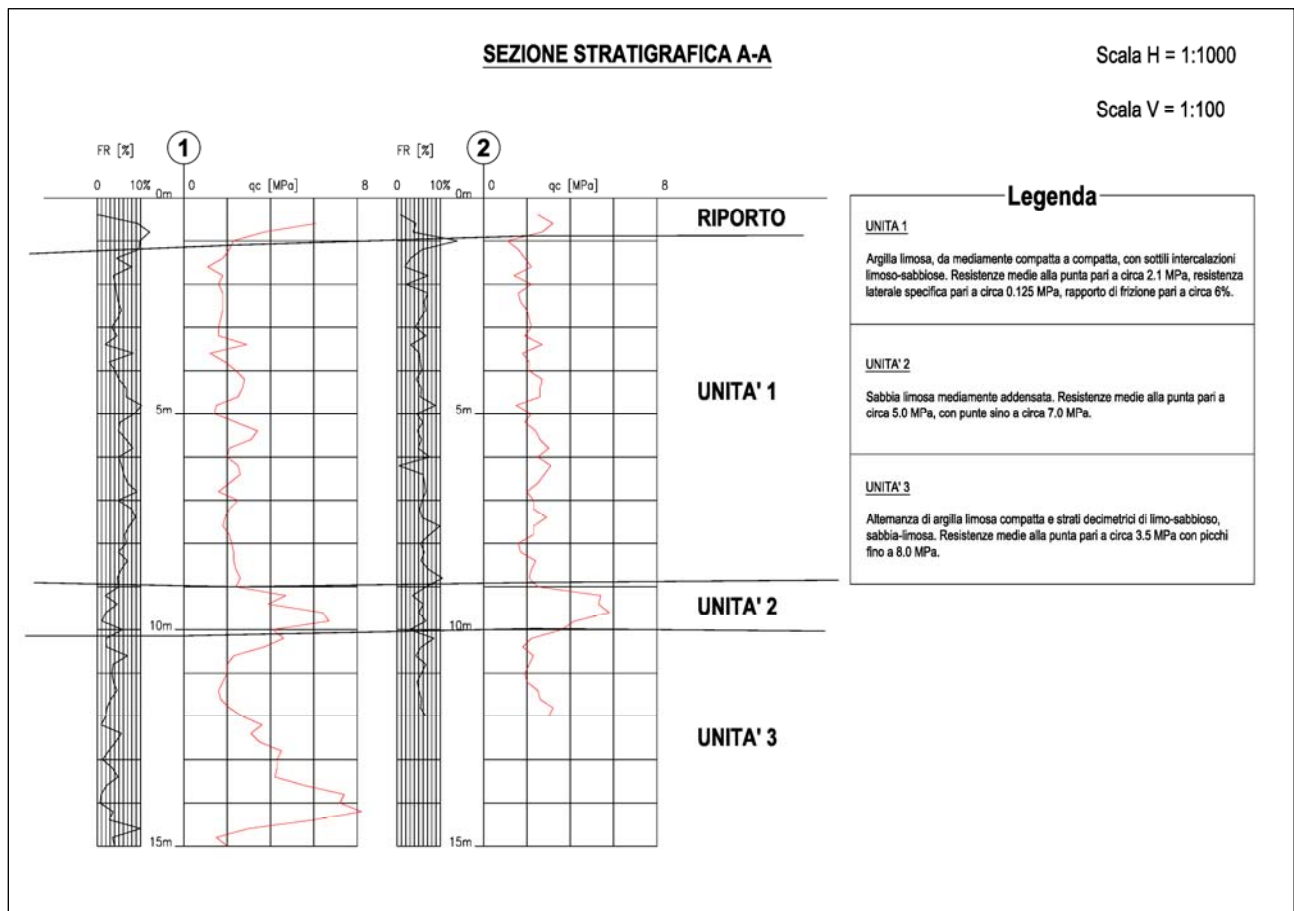


Figura 6.1 Sezione stratigrafica

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 22

7 CORRELAZIONI CPTU-PARAMETRI GEOTECNICI

L'elaborazione dei dati ottenuti dalle indagini penetrometriche ha consentito di ottenere l'andamento di alcuni parametri geotecnici significativi al variare della profondità.

I risultati sono riportati nei seguenti grafici:

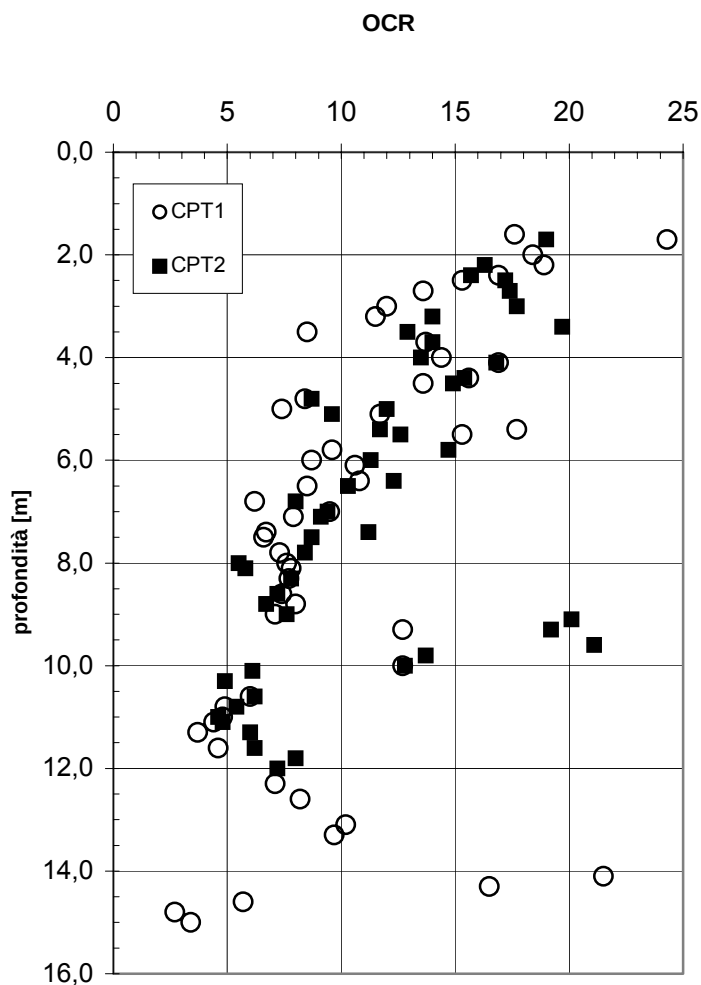


Grafico 5 Grado di sovraconsolidazione

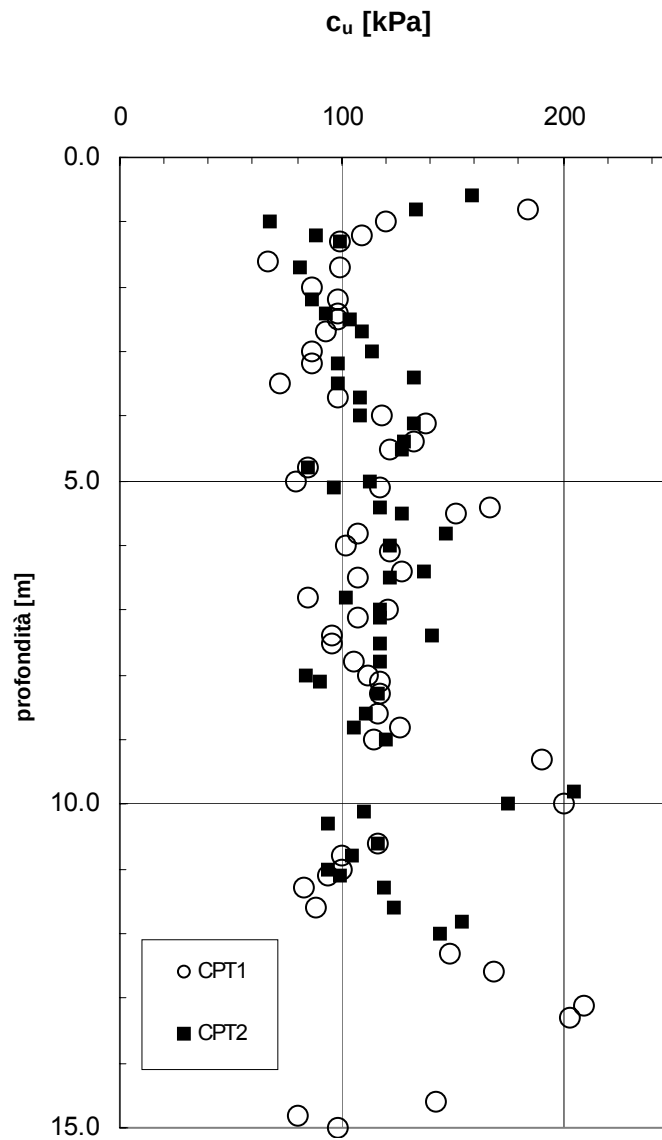


Grafico 6 Coesione non drenata"

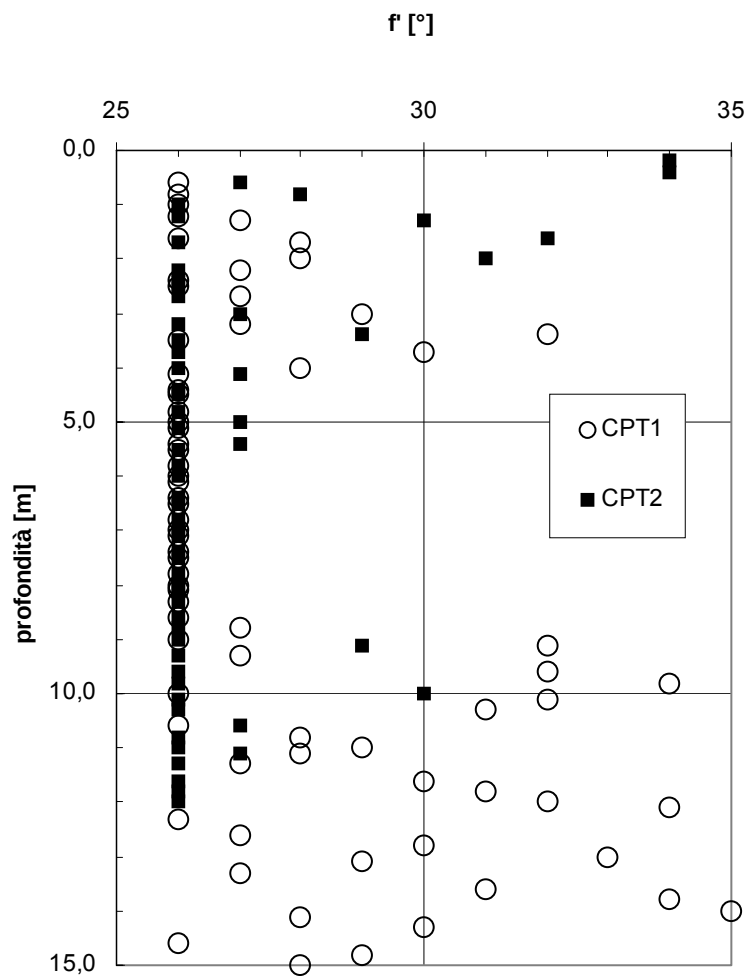


Grafico 7 Angolo d'attrito

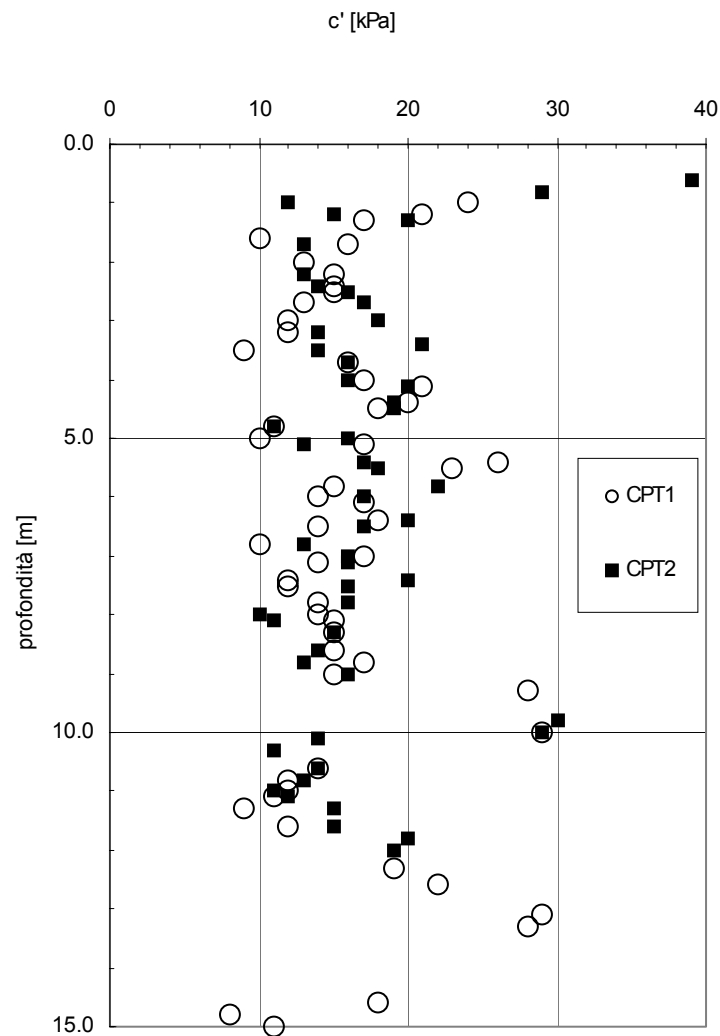


Grafico 8 Coesione drenata

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 26

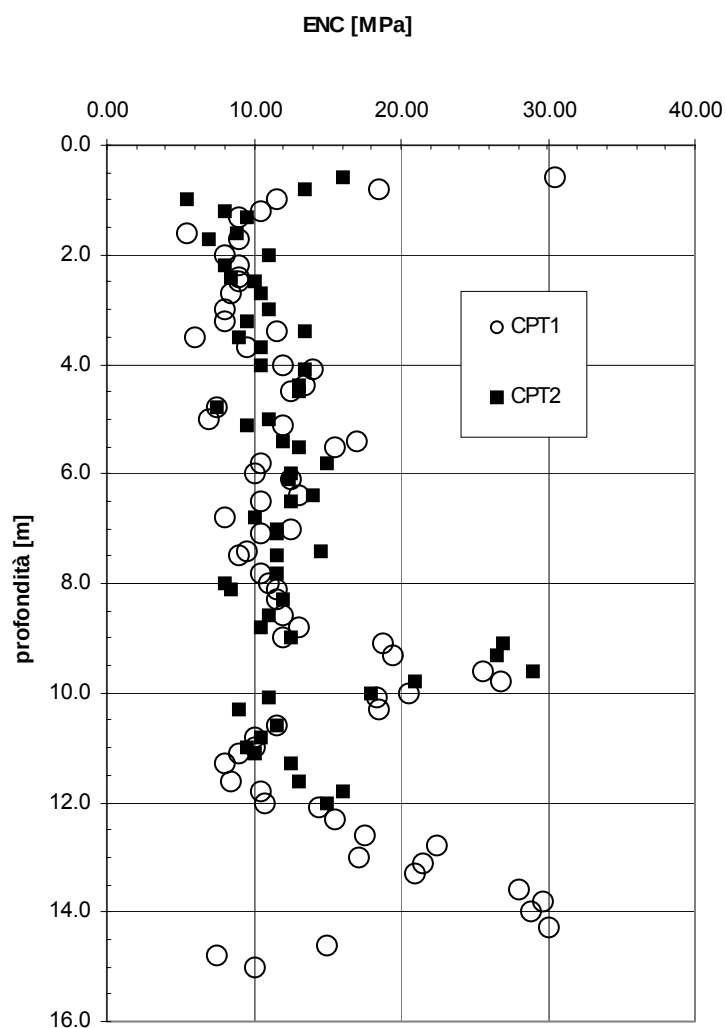


Grafico 9 Modulo in condizioni di normalconsolidazione

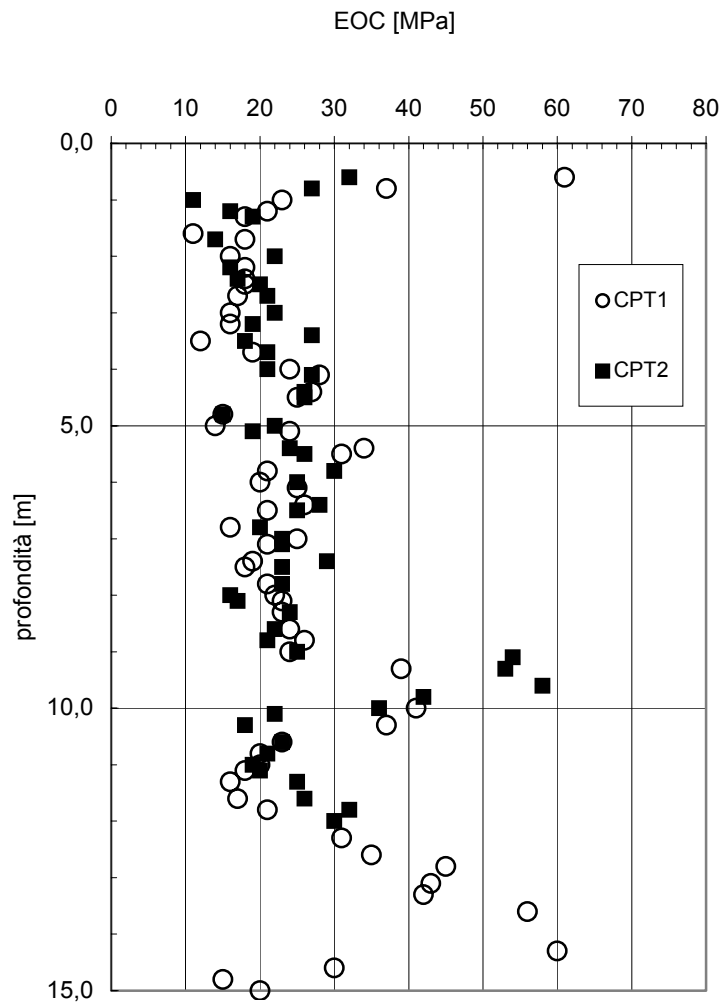


Grafico 10 Modulo in condizioni di sovraconsolidazione

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 28

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In base ai risultati delle indagini e delle prove di laboratorio, per le unità stratigrafiche individuate, si definiscono le caratteristiche geotecniche dei terreni.

Nella seguente tabella si riporta il riepilogo dei parametri geotecnici principali determinati per le unità 1, 2 e 3.

UNITA'	1	2	3
Profondità dal p.c. [m]	1,0 ÷ 9.0	9.0 ÷ 10.0	10.0 ÷ 15.0
Descrizione sintetica	<i>Argilla</i>	<i>Sabbia</i>	<i>Alternanza di argilla limosa e limo sabbioso</i>
γ [kN/m ³]	19,0	19,5	19,0
ϕ' [°]	26	31	29
c' [kPa]	10	0	5
c_u [kPa]	80 ÷ 120	-	-
E' [Mpa]	15 ÷ 25	40 ÷ 60	15 ÷ 40
E_u [Mpa]	30 ÷ 50	-	30 ÷ 40
OCR	5 ÷ 20	-	4 ÷ 10

Tabella 1 Parametri geotecnici di progetto

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 29

9 VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE

9.1 INDICAZIONE SULLE FONDAZIONI

Per i fabbricati costituenti i *Corpi "A" e "P"* è prevista la realizzazione di strutture di fondazione, di tipo superficiale, costituite da un reticolo di travi rovesce in conglomerato cementizio armato.

9.2 ANALISI DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Le travi di fondazione dei *Corpi "A" e "P"* sono impostate alla quota di circa – 1.0 m rispetto al piano di campagna.

Il calcolo della capacità portante è stato condotto con riferimento alla nota formula di *Brinch – Hansen* descritta in [Appendice 2](#).

Relativamente alla caratterizzazione stratigrafica si è fatto riferimento ai parametri dell'unità 1 rilevata alla quota di posa della fondazione (circa –1.0 m da p.c.):

- approfondimento fondazione da piano campagna: 1.0 m;
- profondità della falda da piano campagna: 1.0 m;
- peso di volume del terreno: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$;
- parametri di resistenza al taglio:
 - in condizioni drenate: $c' = 10 \text{ kPa}$, $\phi' = 26^\circ$;
 - in condizioni non drenate: $c_u = 90 \text{ kPa}$.

La stima della capacità portante del terreno è stata effettuata conformemente a quanto previsto dal D.M. 14.09.2005 "*Norme tecniche sulle costruzioni*". Per le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione ed R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno.

Nel caso in oggetto la resistenza R_d è stata determinata in modo analitico, facendo riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici di

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 30

resistenza, divisi per il coefficiente parziale γ_m , specificato, per i due casi M1 ed M2 nella seguente [tabella 2](#).

PARAMETRO	PARAMETRO AL QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_m	
		M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'} = 1.00$	$\gamma_{\phi'} = 1.25$
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'} = 1.00$	$\gamma_{c'} = 1.25$
Resistenza non drenata	c_{uk}	$\gamma_{cu} = 1.00$	$\gamma_{cu} = 1.40$
Peso dell'unità di volume	γ	$\gamma_{\gamma} = 1.00$	$\gamma_{\gamma} = 1.00$

Tabella 2 Coefficienti parziali per i parametri del terreno (D.M. 14.09.2005)

In riferimento alle considerazioni precedentemente esposte il calcolo della capacità portante viene svolto nell'ipotesi M1 ed M2 utilizzando i parametri riportati in [tabella 3](#).

	<i>Ipotesi M1</i>	<i>Ipotesi M2</i>
γ_n [kN/m ³]	19,0	19,0
γ_{imm} [kN/m ³]	9,0	9,0
ϕ' [°]	26,0°	21,3°
c' [kPa]	10,0	8,0
c_u [kPa]	90,0	64,3

Tabella 3 Parametri medi operativi adottati nel calcolo della capacità portante del terreno

Le calcolazioni possibili riguardano il calcolo della capacità portante di fondazioni sottoposte a carico centrato, quindi ad una distribuzione uniforme delle pressioni sul terreno. L'analisi è stata condotta in condizioni drenate (lungo termine) e in condizioni non drenate (breve termine).

Nella seguente [tabella 4](#) si riportano i valori di larghezza, lunghezza e approfondimento della fondazione utilizzati per il calcolo della capacità portante.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 31

	<i>Dimensioni fondazione B x L (m)</i>	<i>Approfondimento D (m)</i>
Corpo "A"	1,6 x 50,0	1,0
	1,2 x 22,0	1,0
	1,5 x 22,0	1,0
Corpo "P"	0,7 x 20,0	1,0
	0,9 x 12,0	1,0

Tabella 4 Parametri geometrici della fondazione

Nelle tabella precedente s'intende:

B = larghezza della fondazione;

L = lunghezza della fondazione;

D = approfondimento del piano di posa delle fondazioni nella situazione permanente di progetto.

9.3 RISULTATI DELLE ANALISI DELLA CAPACITA' PORTANTE

Si espongono i risultati emersi dalle calcolazioni compiute secondo le assunzioni descritte nel paragrafo precedente.

Nella seguente [tabella 5](#) si riporta la capacità portante in condizioni drenate e non drenate nell'*ipotesi M1*.

<u><i>Ipotesi M1</i></u>		
<i>Larghezza fondazione B (m)</i>	<i>Condizioni DRENATE p_{lim} (kPa)</i>	<i>Condizioni NON DRENATE p_{lim} (kPa)</i>
1,6	631,0	532,0
1,2	614,7	532,0
1,5	627,7	532,0
0,7	592,9	532,0
0,9	602,0	532,0

Tabella 5 Capacità portante dei terreni di fondazione in condizioni drenate e non drenate

Nella seguente [tabella 6](#) si riporta la capacità portante in condizioni drenate e non drenate nell'*ipotesi M2*.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 32

<u><i>Ipotesi M2</i></u>		
<i>Larghezza fondazione B (m)</i>	<i>Condizioni DRENATE p_{lim} (kPa)</i>	<i>Condizioni NON DRENATE p_{lim} (kPa)</i>
1,6	357,2	385,5
1,2	350,1	385,5
1,5	355,9	385,5
0,7	340,3	385,5
0,9	345,4	385,5

Tabella 6 Capacità portante dei terreni di fondazione in condizioni drenate e non drenate

La capacità portante in condizioni drenate è significativa per la verifica in condizioni statiche (carichi verticali). La capacità portante in condizioni non drenate è significativa per le condizioni sismiche.

9.4 INDICAZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL PIANO DI POSA

All'atto esecutivo è indispensabile che si proceda ad un controllo accurato del piano di posa delle fondazioni, bonificando con calcestruzzo magro le eventuali sacche di terreno molle.

Nell'esecuzione degli scavi a sezione obbligata per la realizzazione dei getti in calcestruzzo magro su cui verranno posate le opere di fondazione, si dovranno rispettare le seguenti raccomandazioni:

- la D.L. dovrà controllare che sul fondo degli scavi a sezione obbligata il terreno risulti sufficientemente omogeneo (per consistenza, colorazione, etc.) cercando di rimaneggiare il meno possibile il piano di posa. Si dovrà quindi escludere la presenza localizzata di forti disomogeneità e, nel caso si verificasse questa situazione, è consigliabile eseguire una bonifica localizzata con magrone o stabilizzato granulometrico.
- il getto del magrone dovrà essere eseguito in tempi abbastanza brevi dopo aver completato gli scavi, provvedendo all'asportazione della parte di terreno di appoggio rammollita dall'imbibimento dell'acqua nel caso in cui, a scavo completato, dovessero verificarsi eventuali interruzioni dovute al maltempo.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 33

10 ANALISI DEI CEDIMENTI

10.1 PREMESSA

La previsione dei cedimenti assume particolare importanza per poter esprimere una valutazione della rispondenza delle fondazioni al tipo di costruzione da realizzare. Per quanto concerne il *Corpo "P"*, considerate le dimensioni del nuovo fabbricato ed il fatto che esso sarà realizzato al posto di un edificio preesistente di dimensioni analoghe, i cedimenti attesi sono trascurabili e non richiedono l'effettuazione di apposite analisi numeriche. Per quanto riguarda il *Corpo "A"*, invece, considerate le caratteristiche del nuovo fabbricato ed il fatto che esso sorgerà in un'area in precedenza non edificata, i cedimenti attesi potrebbero assumere valori non trascurabili e richiedono l'effettuazione di apposite analisi numeriche.

10.2 SCHEMA DI CALCOLO

Il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, costituito da più strati omogenei ed isotropi (modello alla Boussinesque), l'area di carico, posta sulla superficie del semispazio, ha rigidità nulla. Il calcolo è stato condotto con riferimento all'impronta costituita dal reticolo di travi rovesce e porzioni di platea costituenti la fondazione del fabbricato. Per la descrizione del modello di calcolo si rimanda all'[Appendice 3](#).

Per il calcolo del cedimento si considerano agenti i soli carichi permanenti, tenendo conto dell'alleggerimento dovuto allo scavo del terreno preesistente fino al piano di posa.

Le ipotesi di calcolo principali sono le seguenti:

- carico agente: 80,0 kPa;
- approfondimento fondazione da piano campagna: 1,0 m;
- profondità della falda da piano campagna 1,0 m.

Il calcolo dei cedimenti è stato sviluppato, assumendo come configurazione iniziale quella successiva alle operazioni di scavo, con riferimento alla condizioni "a lungo termine".

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 34

I parametri di deformabilità assunti per il calcolo dei cedimenti sono quelli drenati:

- unità 1: $E' = 15\,000\text{ kPa}$, $\nu = 0,3$;
- unità 2: $E' = 40\,000\text{ kPa}$, $\nu = 0,3$;
- unità 3: $E' = 20\,000\text{ kPa}$, $\nu = 0,3$.

10.3 RISULTATI DELLE ANALISI

I risultati ottenuti, riportati per esteso nell'[Appendice 3](#), sono sintetizzati nella tabella seguente:

Condizione	cedimento	distorsione
	$\delta_{\max} [\text{cm}]$	$(\Delta\delta/L)_{\max}$
lungo termine	3,89	1/650

Tabella 7 Cedimenti e distorsioni massime

In riferimento alle figure riportate in [Appendice 3](#), il massimo cedimento è stato riscontrato in corrispondenza della verticale di calcolo n°1, mentre la massima distorsione è stata calcolata come rapporto fra il cedimento differenziale fra il centro dell'area di carico (verticale di calcolo n° 1) ed il bordo (verticale di calcolo n° 3) e la distanza reciproca.

Per valutare l'ammissibilità dei valori calcolati, nella seguente tabella sono riportate alcune indicazioni presenti in letteratura, relative ad edifici a telai e pareti portanti in c.a. (tratte da M.J. Tomlinson, Foundation design and construction, 1986).

Tipo di danno	Valore del cedimento differenziale (distorsione angolare)			
	<i>Skempton e MacDonald</i>	<i>Meyerhof</i>	<i>Polshin e Tokar</i>	<i>Bjerrum</i>
A) Danno strutturale	1/150	1/250	1/200	1/150
B) Fessure nelle pareti e nelle tramezzature	1/300 (racc. 1/500)	1/500	1/500 (da 0.7/1000 a 1/1000 per campate esterne)	1/500

Tabella 8 Indicazioni sugli effetti dei cedimenti

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 35

Il valore dei cedimenti totali e differenziali massimi calcolati rientrano nei limiti ammissibili per fabbricati del tipo in esame, tanto più se si prendono in considerazione le seguenti circostanze:

1. il cedimento conseguente al carico verticale è calcolato nell'ipotesi di fondazione con rigidezza nulla, pertanto la stima del cedimento così ottenuta andrebbe ridotta per tenere conto della rigidezza della fondazione;
2. non è stato considerato l'effetto dell'incassamento della fondazione sul valore del cedimento;
3. nella realtà i cedimenti si verificherebbero in parte durante l'esecuzione delle strutture.

Si raccomanda comunque di realizzare i tamponamenti di tipo fragile (laterizio) solamente dopo la realizzazione dell'intera struttura, in modo da scontare i cedimenti immediati e parte di quelli differiti.

10.4 STIMA DELLA COSTANTE DI SOTTOFONDO

Nei programmi di calcolo strutturale, si assumono generalmente le schematizzazioni di plinti, travi rovesce o platee come elementi elastici su suolo elastico alla Winkler.

Tale modello, pur non essendo sufficientemente raffinato da descrivere in modo completo il comportamento del terreno, ha il merito di tenere conto in qualche misura dell'interazione terreno-struttura.

In questo caso, disponendo dei risultati numerici relativi al calcolo dei cedimenti di fondazione, è possibile fornire direttamente il valore di k_w in funzione della pressione applicata (p) e del cedimento previsto (δ) con la semplice relazione:

- $k_w = p/\delta$.

Si precisa che k_w non rappresenta una grandezza fisica associata al tipo di terreno, ma solamente un parametro necessario all'utilizzo di un modello di calcolo, quindi il suo valore "corretto" è quello che permette al modello di simulare al meglio possibile il comportamento reale della fondazione.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 36

La difficoltà nell'assunzione del valore di k_w non deve peraltro essere sopravvalutata, visto che i risultati, in termini di sollecitazioni, dipendono dalla radice quarta di k_w , e quindi sensibili variazioni di k_w comportano modeste variazioni nelle sollecitazioni.

Sulla base dei risultati ottenuti dal calcolo geotecnico dei cedimenti a lungo termine, per il calcolo delle travi di fondazione è possibile stimare il seguente valore del coefficiente di sottofondo (di Winkler):

- $k_w = 2\,100\text{ kN/m}^3 (=0,21\text{ kg/cm}^3)$.

Il valore del coefficiente di sottofondo può inoltre essere correlato ai valori dei moduli elastici del terreno e della trave di fondazione utilizzando la formula di Biot e Vesic:

- $$k_w = \frac{0,65}{b} \cdot \sqrt[12]{\frac{E \cdot b^4}{E_t \cdot J_t}} \cdot \frac{E}{(1 - \nu^2)} \approx 40\,000\text{ kN/m}^3 (= 4,0\text{ kg/cm}^3).$$

- $b = 1,60\text{ m}$ è la larghezza di riferimento della trave;
- $E_t = 3,00 \cdot 10^7\text{ kPa}$ è il modulo elastico della trave;
- $J_t = 7,87 \cdot 10^{-2}\text{ m}^4$ è il momento d'inerzia della trave;
- $E = 77\,500\text{ kPa}$, $\nu = 0,5$ sono i parametri elastici del terreno.

In particolare, il modulo elastico $E = 2G \cdot (1 + \nu)$ è stato ottenuto facendo riferimento alla correlazione empirica fra il modulo $G_{\max}$ e parametri ottenibili mediante prove penetrometriche in situ (formula di Mayne e Rix – 1993):

- $G_{\max} = 406 \cdot (q_c)^{0,695} e^{-1,130} \approx 25\,850\text{ kN/m}^2.$

Si tenga presente che il valore più elevato della costante di sottofondo sarebbe da correlare con le azioni derivanti dal sisma, poiché è stato ottenuto a partire dal valore del modulo di taglio, valido sia in campo statico che dinamico.

Al contrario, il valore più basso della costante di sottofondo è stato ottenuto a partire da valori del modulo elastico E ridotto per tener conto dei cedimenti di lungo termine, e pertanto sarebbe da correlare con le azioni permanenti.

I calcoli relativi alle strutture di fondazione saranno effettuati facendo variare il valore del coefficiente di sottofondo fra i valori individuati.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Carbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 37

11 ASPETTI INERENTI ALLA SISMICITÀ DELL'AREA

11.1 INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA DI INTERESSE

Ai sensi del D.M. 16 Gennaio 1996, il comune di Lugo è classificato come sismico di 2^a categoria: il grado di sismicità risulta $S = 9$ ed il coefficiente di intensità sismica $C = 0,07$.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 Marzo 2003 ha introdotto una nuova classificazione sismica suddividendo il territorio nazionale in quattro zone: ad alta sismicità la "zona 1", a media sismicità la "zona 2" e a bassa sismicità la "zona 3", mentre nella "zona 4" viene demandata alle regioni la facoltà di imporre o meno l'obbligo della normativa.

Ai sensi del recente D.M. 14.09.2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*" il Comune di Lugo risulta classificato in "zona 2" e presenta pertanto un coefficiente di accelerazione orizzontale massima convenzionale, su suolo di categoria A, pari a $a_g = 0,25$ g.

11.2 CATEGORIA DI SUOLO AI FINI DEL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA

Sulla base delle indagini effettuate e delle considerazioni precedentemente esposte, il terreno di fondazione può essere classificato di tipo "C", ovvero "*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa)*".

11.3 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione si intende il processo di accumulo della pressione del fluido interstiziale che causa in un terreno non coesivo (sabbia, ghiaia, limo non plastico) saturo la diminuzione della resistenza e/o rigidità a taglio a seguito dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative.

La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 38

La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva ad eguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

Le azioni cicliche di un sisma hanno l'effetto di incrementare notevolmente il potenziale di liquefazione del terreno, provocandone la compattazione: ciò riduce il volume dei vuoti aumentando di conseguenza la pressione dell'acqua interstiziale. Questo implica una perdita di resistenza dovuta a meccanismi di generazione di sovrappressione interstiziale nel terreno in condizioni non drenate, vale a dire di deformazione a taglio a volume costante. Ciò è essenzialmente dovuto alla rapidità dei processi di sollecitazione agenti, troppo brevi perché possa avere inizio la dissipazione delle pressioni accumulate nel fluido; questo fenomeno è profondamente influenzato dal numero dei cicli N del terremoto, dalla densità relativa D e dalla granulometria del terreno.

Un terreno incoerente, a parità di altri fattori, è maggiormente esposto al pericolo della liquefazione quanto minore è la sua densità relativa. Il potenziale di liquefazione aumenta poi, ovviamente, al crescere di N (cicli del terremoto).

Il fenomeno della liquefazione può dare origine ad effetti di varia natura:

- affondamento di edifici nel terreno;
- scorrimento di pendii;
- collasso di terrapieni, rilevati stradali e opere di terra in genere;
- collasso di palificate per perdita di connessione laterale;
- zampillio di copiosi getti d'acqua e di sabbia con formazione dei caratteristici coni;
- collasso di opere di sostegno per sovraspinta del terreno a monte.

Nello specifico, limitatamente alla profondità ed all'area indagata, i terreni di fondazione presenti nell'area in esame non sono suscettibili al fenomeno

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	<i>Committente:</i> PROVINCIA DI RAVENNA	<i>Documento:</i> Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	<i>Lavoro:</i> Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Carbastro" di Lugo.	<i>Data:</i> Ottobre 2006 <i>File:</i> A06001-PE-REGT0.doc <i>Pag.:</i> 39

descritto in precedenza, per motivi legati alle caratteristiche litologiche e granulometriche.

D'altra parte non si hanno informazioni e indizi, né geologici che storici, di fenomeni di liquefazione verificatisi in passato nella zona in esame.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 40

12 CONCLUSIONI

Le analisi svolte hanno evidenziato come l'area in esame presenti caratteristiche compatibili con la realizzazione degli interventi di ampliamento del Liceo Scientifico "Ricci Curbastro".

Con riferimento all'esame dei luoghi e alle indagini geotecniche, mediante le prove penetrometriche condotte è stato possibile evidenziare, al di sotto di un primo strato di spessore pari a circa $1.0 \div 1.2$ m costituito da terreno limoso argilloso fortemente sovraconsolidato per essiccamento, un'unità stratigrafica costituita da argilla limosa, da mediamente compatta a compatta, con sottili intercalazioni limoso-sabbiose, che si estende fino a circa - 9.0 m da p.c. Al di sotto di tale unità è stata riscontrata la presenza di uno strato, di spessore pari a circa 1.0 m, costituito da sabbia limosa mediamente addensata. Inferiormente sono stati individuati invece terreni costituiti da alternanze di argilla limosa compatta e strati decimetrici di limo-sabbioso, sabbia-limosa fino alla massima profondità indagata (pari a circa -15.0 m da p.c.).

Il livello della falda è superficiale e può subire rilevanti variazioni con la stagione piovosa e da un anno all'altro. Durante la stagione piovosa può risalire a non più di 1.0 m dalla superficie, mentre nella stagione estiva ed in annate particolarmente siccitose può scendere sui 3.0 m di profondità.

La suddivisione dei terreni in unità litostratigrafiche ha consentito la loro caratterizzazione geotecnica con l'individuazione dei relativi parametri medi operativi.

Con riferimento alle caratteristiche strutturali ed architettoniche dei fabbricati in progetto e sulla base delle caratteristiche dei terreni presenti, le strutture di fondazione, di tipo superficiale, saranno costituite da un reticolo a travi rovesce in conglomerato cementizio armato, di larghezza variabile da un minimo di 0,70 m ad un massimo di 1,60 m, con piano di posa a circa -1.00 m dal piano di campagna.

La valutazione della capacità portante del terreno è stata effettuata tenendo conto delle prescrizioni del D.M. 14.09.2005 "Norme tecniche per le

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 41

costruzioni". I valori di pressione limite del terreno da impiegare per le verifiche allo S.L.U. sono stati determinati in modo analitico, facendo riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici di resistenza ridotti secondo i rispettivi coefficienti parziali.

L'analisi dei cedimenti ha evidenziato valori assoluti e differenziali del tutto compatibili con le tipologie costruttive previste.

Per quanto concerne gli aspetti sismici, ai sensi del D.M. 14.09.2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", il Comune di Lugo risulta classificato in "zona 2" e presenta un valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale, su suolo di categoria A, pari a $a_g = 0.25 \text{ g}$.

Ai fini del calcolo dell'azione sismica, sulla base delle indagini effettuate, secondo le indicazioni del D.M. 14.09.2005, il terreno di fondazione può essere classificato di tipo "C", ovvero "*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_u < 250 \text{ kPa}$)*".

In relazione alle caratteristiche litologiche e granulometriche riscontrate oltre che sulla base delle testimonianze storiche, si può affermare che i terreni di fondazione presenti nell'area in esame non sono suscettibili di liquefazione.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 42

APPENDICE 1

Relazione geotecnica del progetto di

Costruzione di scale di sicurezza metalliche presso il Liceo Scientifico G.

Ricci Curbastro in viale Orsini a Lugo (RA), del Luglio 2000

a firma del Dott. Ing. Carlo Giovannini



PROVINCIA DI RAVENNA

SECONDO DIPARTIMENTO
SETTORE PATRIMONIO ED EDILIZIA
UNITA' OPERATIVA PROGETTI FABBRICATI

LICEO SCIENTIFICO "RICCI CURBASTRO"
VIALE ORSINI, 6 - LUGO

**ADEGUAMENTO ALLE NORME DI PREVENZIONE
INCENDI D. CUI AL D.M. 26/08/92**

Il presente elaborato è allegato
all'autorizzazione n. N/148/02
presentata ai sensi della Legge 64/74 e
741/64, ai sensi della L. 325/84, come

RELAZIONE GEOTECNICA

Il presente elaborato è allegato all'autorizzazione n. N/148/02 presentata ai sensi della Legge 64/74 e 741/84, ai sensi della L. 325/84, come

RELAZIONE GEOTECNICA

Il depositante si ritiene vincolato anche ai sensi dell'art. 4 della L. 1030/71, se ed in quanto dovuto.

Li, 04/10/02

TAVOLA/ELABORATO:

A0061-017

SCALA:

□ □ □ □ □ □

DATA:

29/09/00

PROGETTO :

Settore Patrimonio ed Edilizia. Unità Operativa Progettazione Fabbricati

RESPONSABILE DEL PROGETTO:

Dott.Ing. Carlo Scacchi

PROGETTISTI:

Arch. Vittorio Laghi

COLLABORATORI:

Istr. Prog. Paola Bazzi, Istr. Prog. Franco Tocco

PROGETTO OPERE STRUTTURALI: Ing. Maurizio Montanari

PROGETTO IMPIANTI TECNOLOGICI:

IL PROPRIETARIO: Dott. Ing. Carlo SCACCHI N. 315



ARCHIVIO 101

SEZIONE

PROGRESSIVO

QUESTA TAVOLA E' DI PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA PROVINCIA DI RAVENNA ED E' POSTA SOTTO LA TUTELA DELLA LEGGE;
E' PROIBITA LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E LA CESSIONE A TERZI SENZA L'AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

PREMESSA

La presente indagine geotecnica ha lo scopo di verificare alcune caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione di un'area sita nella parte sud del fabbricato del Liceo Scientifico Gregorio Ricci Curbastro di Lugo dove e' in progetto la costruzione di un piccolo ampliamento.

La relazione valuta la capacita' portante del terreno di fondazione in relazione al tipo di fondazione e i cedimenti in relazione alle dimensioni e al Carico Massimo Ammissibile.

Lo studio si e' articolato secondo due punti ben distinti e consistenti in :

1 - esecuzione di due penetrometrie statiche spinte fino alla profondita' di - 12 m dal p.d.c. per la ricostruzione della litologia nell'immediato sottosuolo e calcolo dei parametri geotecnici.

Prelievo di un campione indisturbato ad una profondita' media di - 2.20 m sottoposto poi in laboratorio ad una prova di espansione laterale libera.

2 - stesura della relazione geotecnica.

CARATTERISTICHE SISMICHE

Il territorio del Comune di Lugo e' stato classificato, in base alla sua storia sismica, come Zona Sismica di II categoria secondo la Circolare Regionale n° 23960/20.1 del 08/09/83 in applicazione al D.M. 23/07/83.

I parametri sismici di questa zona sono:

Coefficiente Sismico pari a $C = 0.07$ e Grado di Sismicita' $S = 9$

CENNI DI GEOLOGIA

Il territorio del comune di Lugo e' costituito da sedimenti di chiara origine alluvionale con depositi fluviali generalmente fini o finissimi.

Questi terreni sono classificati nella Carta Geologica d'Italia come " alluvioni di pianura " e risalgono al Quaternario Continentale (Olocene).



INDAGINE GEOGNOSTICA

Le penetrometrie sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico di tipo SUNDA- MENHIR sviluppante una spinta di 100 KN munito di punta Begemann con manicotto per la misura dell' attrito laterale.

I valori rilevati da un sistema elettronico a cella estensimetro di sommità, e la restituzione avviene su display digitale.

Questo apparato permette di rilevare ogni 20 cm. i seguenti parametri:

R_p = resistenza che incontra la punta dello strumento nello avanzare nel terreno

R_{al} = resistenza per attrito laterale sul manicotto esercitata dal terreno (funzione della coesione)

R_t = resistenza totale

Tutti i valori sono espressi in daN/cm² e permettono di calcolare il Carico Ammissibile del terreno (Q_a). Tutti i valori sono espressi in daN/cm² e permettono di calcolare il Carico Ammissibile del terreno (Q_a).

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

La caratterizzazione litostratigrafica del terreno attraversato dalle C.P.T. e' stata dedotta in base al rapporto R_p/R_L fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - raccomandazioni A.G.I. 1977) oltre che da osservazioni eseguite in campagna durante i lavori.

Le quote vanno riferite al p.d.c. prelavori.

CPT n° 2

da 0.0 m a 9.0 m : argilla limosa compatta con R_p medio di 21.9 daN/cm²

da 9.0 m a 10.0 m : argilla debolmente limosa molto compatta con R_p medio di 46.6 daN/cm²

da 10.0 m a 12.0 m : argilla limosa compatta con R_p medio di 23.6 daN/cm²

E' stata riscontrata presenza di acqua nel foro della penetrometria alla profondita' di - 2.6 m dal p.d.c.



CPT n° 3

da 0.0 m a 11.4 m : argilla limosa compatta con R_p medio di 24.0 daN/cm²

da 11.4 m a 12.0 m : limo argilloso sabbioso compatta con R_p medio di 23.0 daN/cm²

E' stata riscontrata presenza di acqua nel foro della penetrometria alla profondita' di - 1.70 m dal p.d.c.

CAPACITA' PORTANTE

La portanza del terreno verra' determinata ipotizzando una fondazione su travi attestata ad una profondita' di circa - 2.0 m dal p.c.

Sulla base dei dati ricavati dalla prova di compressione laterale libera che si puo' fare affidamento ad un valore della c_u di:

Carico massimo 1.17 daN/cm² / 2 = 0.59 daN/cm²

$c_u = 0.59$ daN/cm²

Si è calcolata la pressione ammissibile utilizzando la formula semiempirica di TERZAGHI per una ipotesi di fondazione superficiale a trave.

$$\text{Fondazione a Trave : } Q_a = \frac{c_u N_c + \gamma D N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma}{F_s}$$

dove:

Q_a = pressione ammissibile

c_u = coesione non drenata

γ = densità del terreno sopra alla quota di fondazione

D = profondità della fondazione

F_s = coefficiente di sicurezza

B = larghezza della fondazione

$N_c - N_q - N_\gamma$ = fattori adimensionali di capacita' portante espressi in funzione



dell'angolo di attrito interno.

Poiche' il carico della struttura fondale, essendo a contatto con terreni a granulometria fine, puo' dare origine all'insorgere di pressioni interstiziali, si e' ritenuto opportuno considerare nullo l'effetto dell'angolo di attrito interno a tutto vantaggio della sicurezza.

Pertanto la relazione sopra descritta viene modificata in:

$$\text{Trave : } Q_a = \frac{c_u N_c + yD}{F_s}$$

nel caso particolare, per i terreni solo coerenti ($\phi = 0$ $c_u > 0$) i fattori di capacita' portante assumono i seguenti valori: $N_c = 5.7$ $N_q = 1.0$ $N_y = 0$

Assumendo:

$$c_u = 0.59 \text{ daN/cm}^2$$

$$F_s = 3$$

$$D = 2.0 \text{ m}$$

$$yD = 0.32 \text{ daN/cm}^2 \text{ (media)}$$

pertanto la portanza del terreno sara' : $q_a = 1.23 \text{ daN/cm}^2$



CEDIMENTI

Si assume come carico applicato al terreno il valore di pressione ammissibile sopra considerato diminuito del peso di volume del terreno asportato per lo scavo della fondazione. ($\gamma D = 0.32 \text{ daN/cm}^2$)

Si ipotizzano fondazioni di $B = 1.5 \text{ m}$ $B = 2.0 \text{ m}$ e $B = 2.5 \text{ m}$

Sulla base della relazione di Terzaghi-Buissman e utilizzando i grafici di Jelinek per la determinazione delle pressioni verticali avremo:

$$H = S \times m_v \times d_p$$

H = cedimento

S = spessore

d_p = carico agente in corrispondenza del livello considerato

m_v = coefficiente di compressibilità volumetrica

$$m_v = 1/a \times R_p$$

R_p = resistenza alla punta.

a = coefficiente adimensionale tabulato in funzione della litologia e della resistenza alla punta dei terreni.

Sommando i cedimenti di ogni singolo strato si è ottenuto il cedimento complessivo per ogni punto indagato.

=====

Correlazioni Empiriche fra R_p e E_d $m_v = 1/E_d$

=====

$E_d = 5 R_p$ per gli strati argillosi

$E_d = 2.5 R_p (R_p + 30)$ per sabbie fini sotto falda

$E_d = 5 (R_p + 15)/3$ per limi e sabbie argillose-limose sotto falda

$E_d = 2 (R_p + 25)$ per terreni misti sabbioso-argillosi

E_d = modulo edometrico kg/cm^2

m_v = coefficiente di compressibilità kg/cm^2

=====



FONDAZIONE SU TRAVE :

Larghezza della fondazione : 1.5 m
 Profondità della fondazione: 2.0 m
 Pressione di contatto: $1.23 - 0.32 = 0.91 \text{ daN/cm}^2$

TENSIONI E CEDIMENTI ASSOLUTI

Prof. m	S. cm	mv daN/cm ²	dp daN/cm ²	dH cm
2.0 ; 11.4	940	0.010	0.19	1.79
11.4 ; 12.0	60	0.010	0.08	0.05
CEDIMENTO TOTALE				cm 1.84

FONDAZIONE SU TRAVE :

Larghezza della fondazione : 2.0 m
 Profondità della fondazione: 2.0 m
 Pressione di contatto: $1.23 - 0.32 = 0.91 \text{ daN/cm}^2$

TENSIONI E CEDIMENTI ASSOLUTI

Prof. m	S. cm	mv daN/cm ²	dp daN/cm ²	dH cm
2.0 ; 11.4	940	0.010	0.24	2.26
11.4 ; 12.0	60	0.010	0.12	0.07
CEDIMENTO TOTALE				cm 2.33

FONDAZIONE SU TRAVE :

Larghezza della fondazione : 2.5 m
 Profondità della fondazione: 2.0 m
 Pressione di contatto: $1.23 - 0.32 = 0.91 \text{ daN/cm}^2$

TENSIONI E CEDIMENTI ASSOLUTI

Prof. m	S. cm	mv daN/cm ²	dp daN/cm ²	dH cm
2.0 ; 11.4	940	0.010	0.29	2.73
11.4 ; 12.0	60	0.010	0.16	0.10
CEDIMENTO TOTALE				cm 2.83



CONCLUSIONI

Le quote vengono riferite al p.c. prelavori.

E' stata riscontrata presenza di acqua in entrambi i fori delle CPT alla profondita' di
CPT n° 2 : 2.40 m CPT n° 3 : 1.70 m.

Non vi sono particolari problemi ad attestare la fondazione a quote comprese fra
- 1.5 m - 2.5 m dal p.c.

La portanza per fondazioni su travi e' stata calcolata in $Q_a = 1.23 \text{ daN/cm}^2$

I cedimenti calcolati sono:

per una trave di $B = 1.5 \text{ m}$ e $K_t = 1.23 \text{ daN/cm}^2$ $d_h = 1.84 \text{ cm}$

per una trave di $B = 2.0 \text{ m}$ e $K_t = 1.23 \text{ daN/cm}^2$ $d_h = 2.33 \text{ cm}$

per una trave di $B = 2.5 \text{ m}$ e $K_t = 1.23 \text{ daN/cm}^2$ $d_h = 2.83 \text{ cm}$

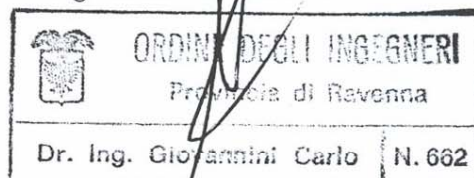
Si fa presente che in presenza di azioni sismiche è possibile accettare incrementi del
20% della pressione di contatto della fondazione.

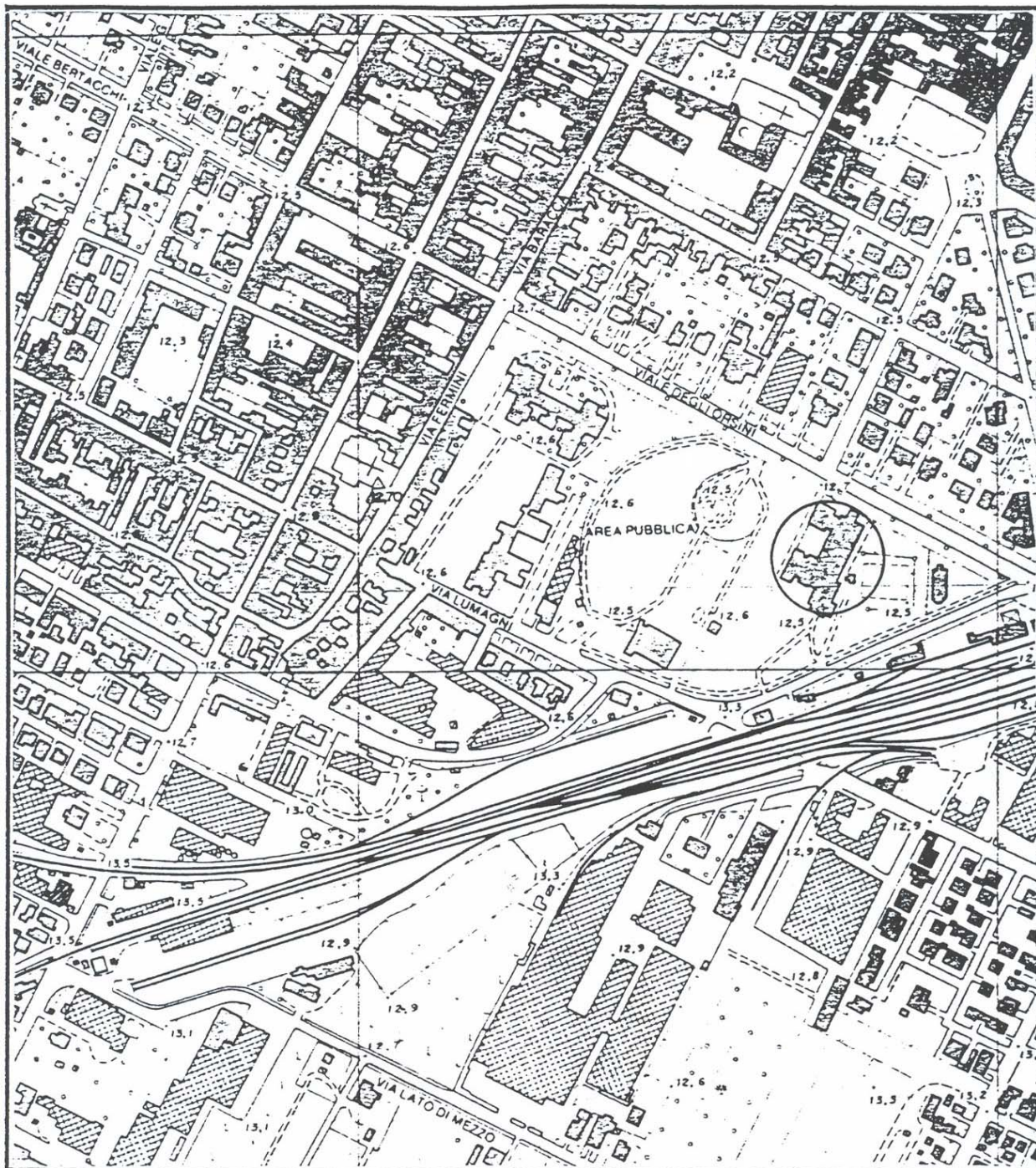
Il comune di Lugoe' in zona sismica di II categoria e il Coefficiente di Fondazione
Epsilon e' stato assunto, viste le condizioni morfologiche, litologiche e idrologiche in
 $\Sigma = 1.0$ in base al D.M. del 16/01/96.

Lugo, 21 Luglio 2000



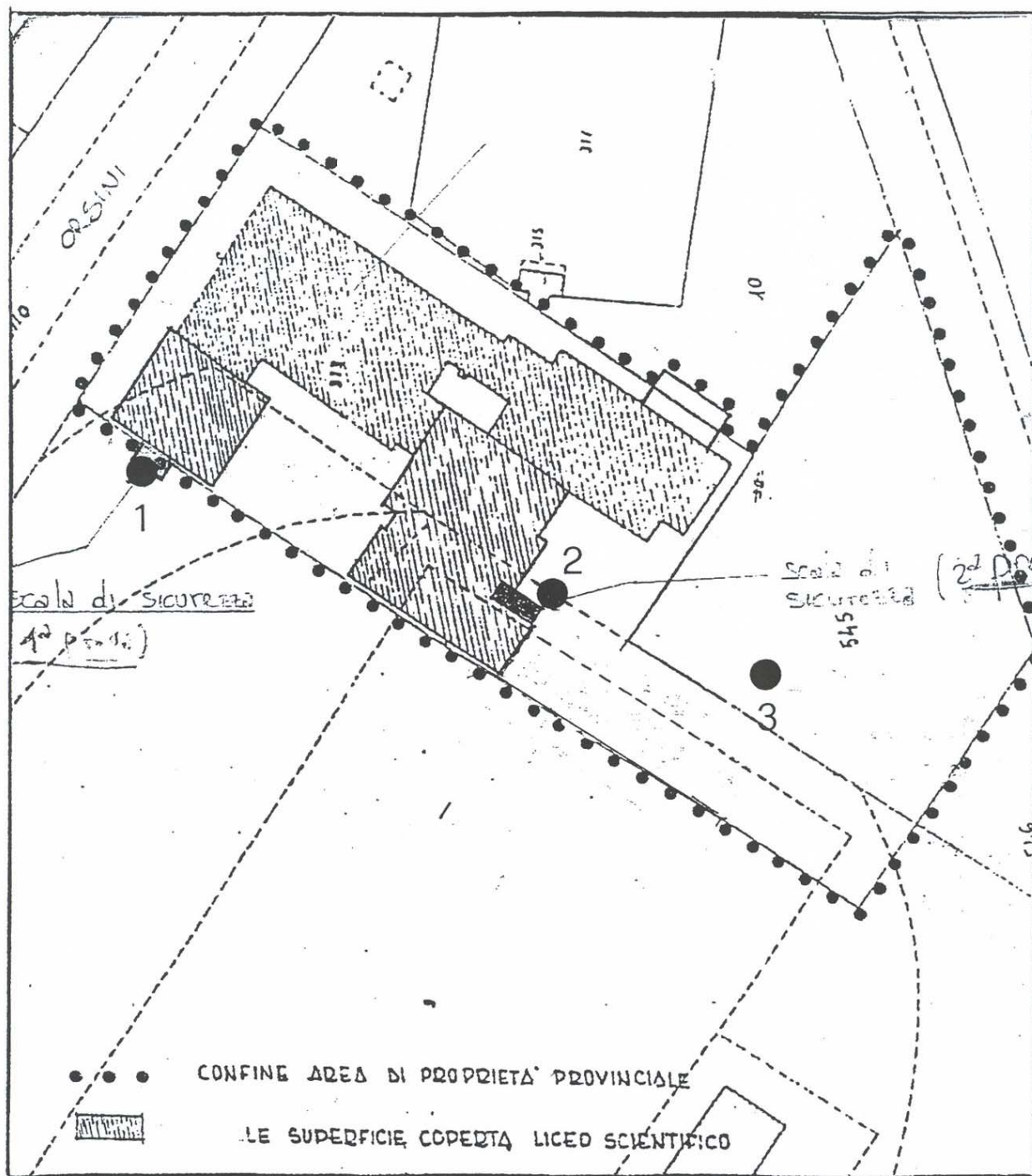
Ing. Carlo Giovannini





UBICAZIONE DELL' AREA
STRALCIO DI C.T.R.
SCALA 1:5.000

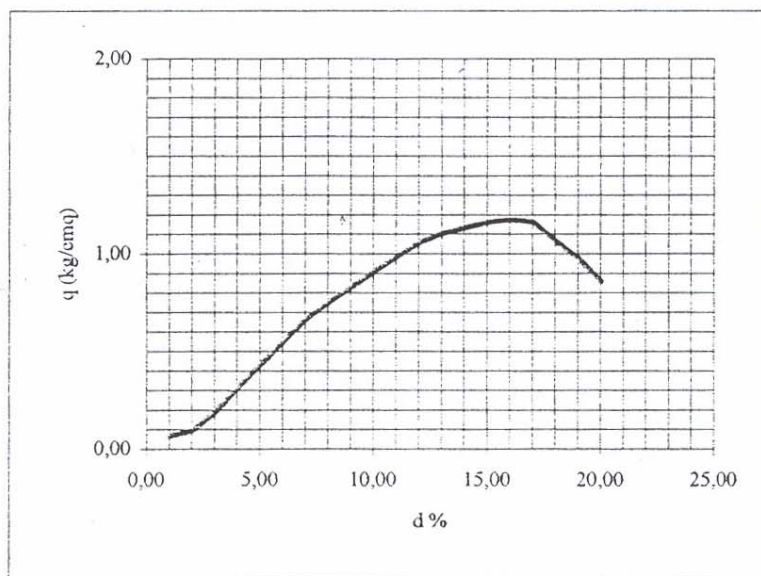




UBICAZIONE DELLE PENETROMETRIE



PROVA di COMPRESSIONE LATERALE LIBERA					
Località LUGO-LICEO SCIENTIFICO					
Committente L.T.R.					
Sond	1	Camp.	1	prof(m)	-2,20
costante anello dinamometrico(kg/segno)					0,638
micrometro/abbassamenti (cm/segno)					0,001
velocità pressa (mm/min)					1
altezza (cm) [h]		10,00		area (cmq) [A]	19,625
tempo	dinam.	Dh	Q	d%	q
1	2	100	1,276	1,00	0,06
2	3	200	1,91	2,00	0,10
3	6	300	3,83	3,00	0,19
4	10	400	6,38	4,00	0,31
5	14	500	8,93	5,00	0,43
6	18	600	11,48	6,00	0,55
7	22	700	14,04	7,00	0,67
8	25	800	15,95	8,00	0,75
9	28	900	17,86	9,00	0,83
10	31	1000	19,78	10,00	0,91
11	34	1100	21,69	11,00	0,98
12	37	1200	23,61	12,00	1,06
13	39	1300	24,88	13,00	1,10
14	40,5	1400	25,84	14,00	1,13
15	42	1500	26,80	15,00	1,16
16	43	1600	27,43	16,00	1,17
17	43	1700	27,43	17,00	1,16
18	40	1800	25,52	18,00	1,07
19	37	1900	23,61	19,00	0,97
20	33	2000	21,05	20,00	0,86
Carico massimo (kg/cm ²) [q]:			1.17 carico di rottura		
deformazione a rottura (d%)			16		
Modulo di Young (kg/cm ²) [E]			7.34 non drenato		



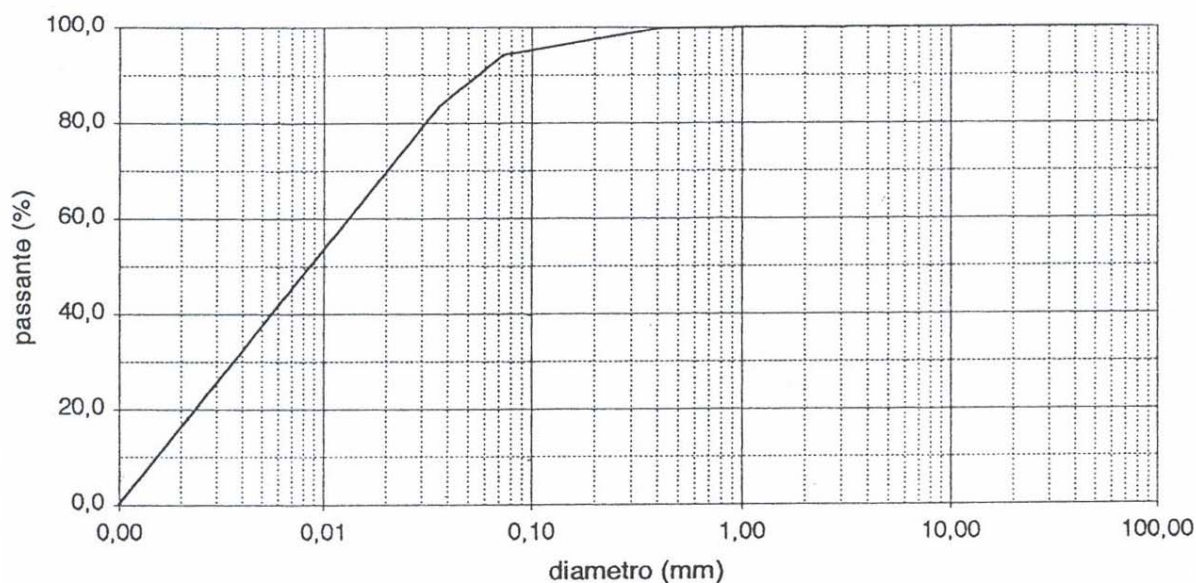
"PERIGEO" LABORATORIO GEOTECNICO

Faenza (RA) - via Masoni, 28 ## tel. 0546/28252 - fax. 0546/680974

ANALISI GRANULOMETRICA (CNR-UNI 8520)

Committente : *Laborat. Tecnologico Romagnolo* Sondaggio n° : *S1* Protocollo n° : *3420*
 Cantiere : *Liceo Scientifico-Lugo (RA)* Campione n° : *C1*
 descrizione : *argille variegatenoccioloa/grigio* Profondità : da m *-2,2* a m. *-2,7*
 campione : *con livelli sabbiosi (spessore 1-2* Data : *26* giu 2000

ARGILLA		LIMO		SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
G	F	M	G	F	M	G	F	M	G	



% argilla 83,6	% limo 10,60	% sabbia 5,70	% ghiaia 0,07
classificazione			
A.G.I. : <i>argilla debolmente limosa</i>			
CNR UNI 10006 :			

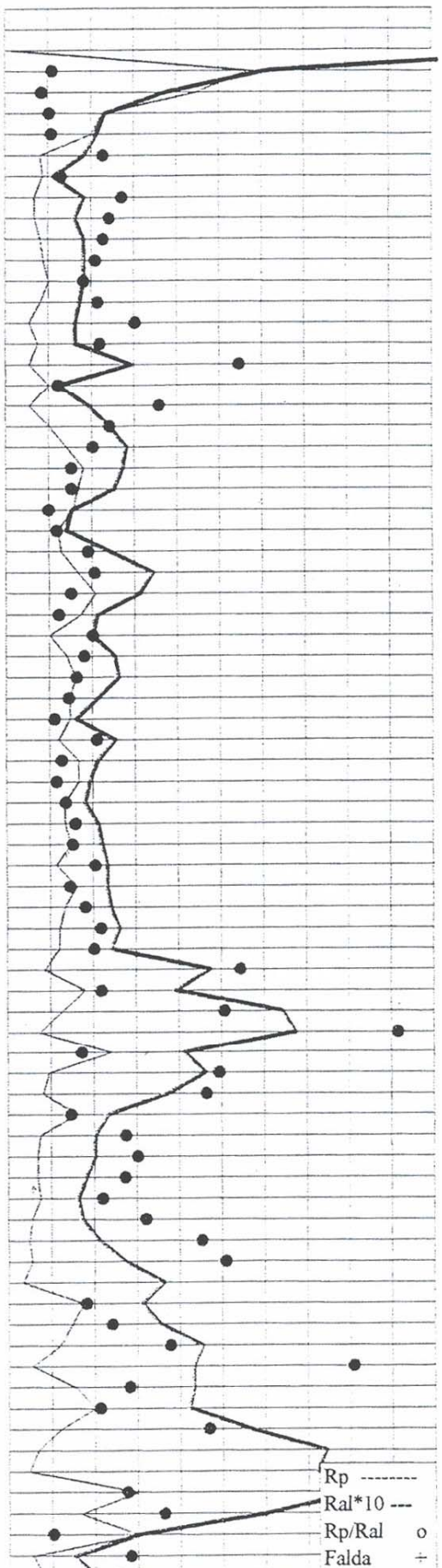
N° setacci	trattenuto (g)	passante (g)	trattenuto (%)	passante (%)	diametro (mm)
3"	0,0	69,8	0,0	100,0	71,00
1" 1/2	0,0	69,8	0,0	100,0	40,00
1"	0,0	69,8	0,0	100,0	25,00
3/8	0,0	69,8	0,0	100,0	10,00
4	0,0	69,8	0,0	100,0	5,000
10	0,05	69,8	0,1	99,9	2,000
40	0,18	69,6	0,3	99,7	0,420
200	3,8	65,8	5,4	94,2	0,074
400	7,4	58,4	10,6	83,6	0,037
oltre	58,4	0,0	83,6	0,0	

analisi eseguita per via umida



PROVA PENETROMETRICA STATICA

localita : LUGO					data : 12/06/00	prova : 1
cantiere : Liceo Scientifico					falda : -2,60	
quota m.	Rp	Rl	Ral	Rp/Ral	valori in kg/cmq	certificato: n. 3420
-0,20						
-0,40	143	145	0,13	1072,50		
-0,60	61	146	5,67	10,76		
-0,80	37	104	4,47	8,28		
-1,00	23	57	2,27	10,15		
-1,20	21	51	2,00	10,50		
-1,40	18	30	0,80	22,50		
-1,60	11	24	0,87	12,69		
-1,80	18	28	0,67	27,00		
-2,00	16	26	0,67	24,00		
-2,20	18	30	0,80	22,50		
-2,40	18	31	0,87	20,77		
-2,60	18	33	1,00	18,00		
-2,80	17	29	0,80	21,25		
-3,00	16	24	0,53	30,00		
-3,20	16	27	0,73	21,82		
-3,40	29	37	0,53	54,38		
-3,60	12	27	1,00	12,00		
-3,80	19	27	0,53	35,63		
-4,00	24	39	1,00	24,00		
-4,20	28	49	1,40	20,00		
-4,40	27	54	1,80	15,00		
-4,60	25	50	1,67	15,00		
-4,80	15	38	1,53	9,78		
-5,00	14	32	1,20	11,67		
-5,20	24	43	1,27	18,95		
-5,40	34	59	1,67	20,40		
-5,60	31	62	2,07	15,00		
-5,80	21	47	1,73	12,12		
-6,00	20	35	1,00	20,00		
-6,20	25	46	1,40	17,86		
-6,40	26	50	1,60	16,25		
-6,60	21	43	1,47	14,32		
-6,80	16	38	1,47	10,91		
-7,00	25	43	1,20	20,83		
-7,20	21	46	1,67	12,60		
-7,40	19	44	1,67	11,40		
-7,60	18	38	1,33	13,50		
-7,80	21	41	1,33	15,75		
-8,00	22	44	1,47	15,00		
-8,20	23	40	1,13	20,29		
-8,40	23	47	1,60	14,38		
-8,60	24	44	1,33	18,00		
-8,80	26	44	1,20	21,67		
-9,00	24	42	1,20	20,00		
-9,20	47	60	0,87	54,23		
-9,40	39	66	1,80	21,67		
-9,60	64	83	1,27	50,53		
-9,80	67	78	0,73	91,36		
-10,00	41	77	2,40	17,08		
-10,20	46	60	0,93	49,29		
-10,40	37	49	0,80	46,25		
-10,60	23	47	1,60	14,38		
-10,80	20	31	0,73	27,27		
-11,00	20	30	0,67	30,00		
-11,20	18	28	0,67	27,00		
-11,40	16	27	0,73	21,82		
-11,60	17	25	0,53	31,88		
-11,80	21	28	0,47	45,00		
-12,00	27	35	0,53	50,63		
-12,20	36	41	0,33	108,00		
-12,40	31	57	1,73	17,88		
-12,60	35	57	1,47	23,86		
-12,80	45	63	1,20	37,50		
-13,00	43	51	0,53	80,63		
-13,20	43	66	1,53	28,04		
-13,40	42	72	2,00	21,00		
-13,60	56	74	1,20	46,67		
-13,80	74	84	0,67	111,00		
-14,00	72	79	0,47	154,29		
-14,20	82	127	3,00	27,33		
-14,40	60	85	1,67	36,00		
-14,60	30	75	3,00	10,00		
-14,80	15	23	0,53	28,13		
-15,00	20	32	0,80	25,00		

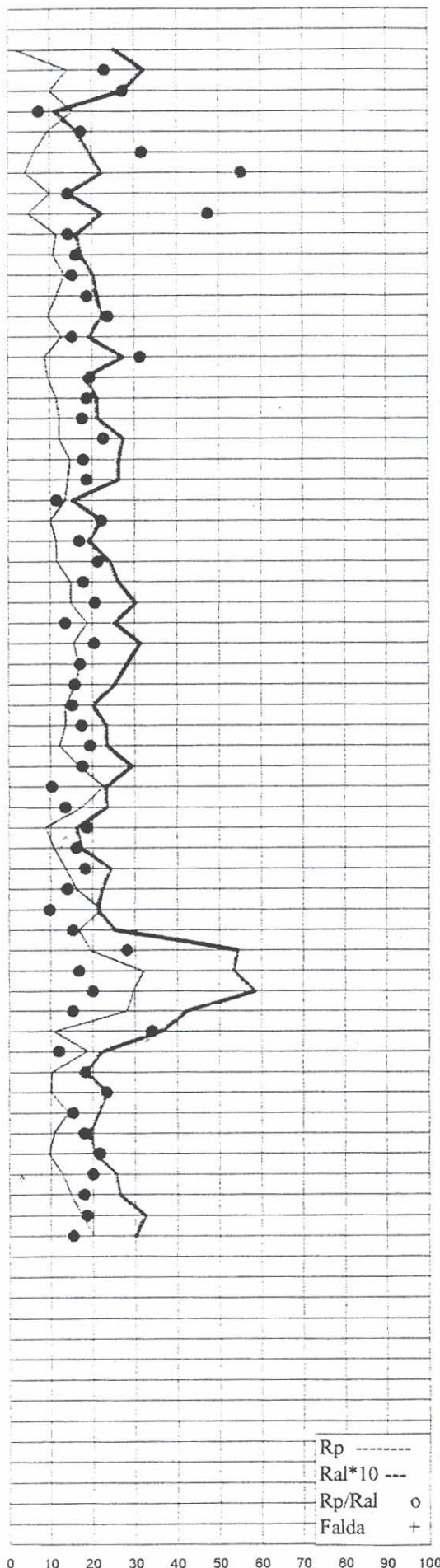


PERIGEO Indagini Geologiche
Faenza-v. Masoni 28-tel.054628252



PROVA PENETROMETRICA STATICA

localita : LUGO					data : 12/06/00	prova : 2
cantiere : Liceo Scientifico					falda : -2,40	
quota m.	Rp	Rl	Ral	Rp/Ral	valori in kg/cmq	certificato: n. 3420
-0,20						
-0,40	25	28	0,20	125,00		
-0,60	32	53	1,40	22,86		
-0,80	27	42	1,00	27,00		
-1,00	11	34	1,53	7,17		
-1,20	16	30	0,93	17,14		
-1,40	19	28	0,60	31,67		
-1,60	22	28	0,40	55,00		
-1,80	14	29	1,00	14,00		
-2,00	22	29	0,47	47,14		
-2,20	16	33	1,13	14,12		
-2,40	17	33	1,07	15,94		
-2,60	20	40	1,33	15,00		
-2,80	21	38	1,13	18,53		
-3,00	22	36	0,93	23,57		
-3,20	19	38	1,27	15,00		
-3,40	27	40	0,87	31,15		
-3,60	18	32	0,93	19,29		
-3,80	21	38	1,13	18,53		
-4,00	21	39	1,20	17,50		
-4,20	27	45	1,20	22,50		
-4,40	26	48	1,47	17,73		
-4,60	26	47	1,40	18,57		
-4,80	15	35	1,33	11,25		
-5,00	22	37	1,00	22,00		
-5,20	19	36	1,13	16,76		
-5,40	24	41	1,13	21,18		
-5,60	26	48	1,47	17,73		
-5,80	30	52	1,47	20,45		
-6,00	25	53	1,87	13,39		
-6,20	31	54	1,53	20,22		
-6,40	28	53	1,67	16,80		
-6,60	25	49	1,60	15,63		
-6,80	20	40	1,33	15,00		
-7,00	23	43	1,33	17,25		
-7,20	23	41	1,20	19,17		
-7,40	29	54	1,67	17,40		
-7,60	23	57	2,27	10,15		
-7,80	23	49	1,73	13,27		
-8,00	16	29	0,87	18,46		
-8,20	17	33	1,07	15,94		
-8,40	24	44	1,33	18,00		
-8,60	22	46	1,60	13,75		
-8,80	21	54	2,20	9,55		
-9,00	25	50	1,67	15,00		
-9,20	54	83	1,93	27,93		
-9,40	53	101	3,20	16,56		
-9,60	58	102	2,93	19,77		
-9,80	42	84	2,80	15,00		
-10,00	36	52	1,07	33,75		
-10,20	22	50	1,87	11,79		
-10,40	18	33	1,00	18,00		
-10,60	23	38	1,00	23,00		
-10,80	21	42	1,40	15,00		
-11,00	19	35	1,07	17,81		
-11,20	20	34	0,93	21,43		
-11,40	25	44	1,27	19,74		
-11,60	26	48	1,47	17,73		
-11,80	32	58	1,73	18,46		
-12,00	30	60	2,00	15,00		
-12,20						
-12,40						
-12,60						
-12,80						
-13,00						
-13,20						
-13,40						
-13,60						
-13,80						
-14,00						
-14,20						
-14,40						
-14,60						
-14,80						
-15,00						

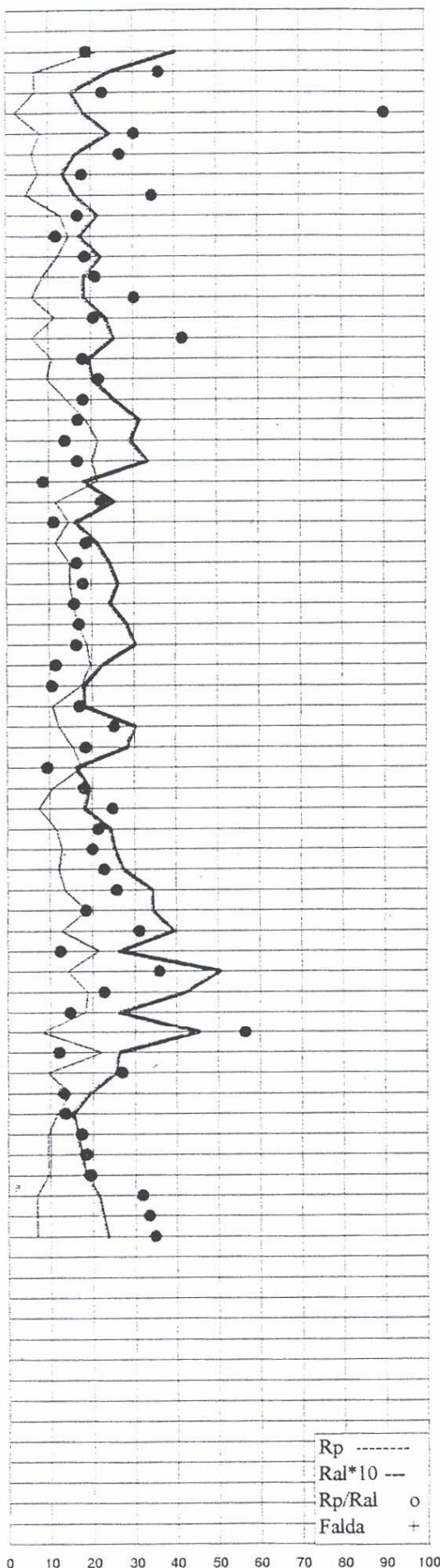


PERIGEO Indagini Geologiche
Faenza-v. Masoni 28-tel.054628252



PROVA PENETROMETRICA STATICA

localita : LUGO					data : 12/06/00	prova : 3
cantiere : Liceo Scientifico					falda : -1,70	
quota m.	Rp	Rl	Ral	Rp/Ral	valori in kg/cmq	certificato: n. 3420
-0,20						
-0,40	40	72	2,13	18,75		
-0,60	24	34	0,67	36,00		
-0,80	15	25	0,67	22,50		
-1,00	18	21	0,20	90,00		
-1,20	24	36	0,80	30,00		
-1,40	16	25	0,60	26,67		
-1,60	13	24	0,73	17,73		
-1,80	16	23	0,47	34,29		
-2,00	21	40	1,27	16,58		
-2,20	17	39	1,47	11,59		
-2,40	22	40	1,20	18,33		
-2,60	18	31	0,87	20,77		
-2,80	18	27	0,60	30,00		
-3,00	23	40	1,13	20,29		
-3,20	25	34	0,60	41,67		
-3,40	19	35	1,07	17,81		
-3,60	20	34	0,93	21,43		
-3,80	25	46	1,40	17,86		
-4,00	31	59	1,87	16,61		
-4,20	29	61	2,13	13,59		
-4,40	33	63	2,00	16,50		
-4,60	18	50	2,13	8,44		
-4,80	25	42	1,13	22,06		
-5,00	16	38	1,47	10,91		
-5,20	21	38	1,13	18,53		
-5,40	24	46	1,47	16,36		
-5,60	26	48	1,47	17,73		
-5,80	24	47	1,53	15,65		
-6,00	28	53	1,67	16,80		
-6,20	30	58	1,87	16,07		
-6,40	22	51	1,93	11,38		
-6,60	18	44	1,73	10,38		
-6,80	18	34	1,07	16,88		
-7,00	30	48	1,20	25,00		
-7,20	28	51	1,53	18,26		
-7,40	16	42	1,73	9,23		
-7,60	19	35	1,07	17,81		
-7,80	18	29	0,73	24,55		
-8,00	24	41	1,13	21,18		
-8,20	25	44	1,27	19,74		
-8,40	27	45	1,20	22,50		
-8,60	34	54	1,33	25,50		
-8,80	34	62	1,87	18,21		
-9,00	39	58	1,27	30,79		
-9,20	26	58	2,13	12,19		
-9,40	50	71	1,40	35,71		
-9,60	42	70	1,87	22,50		
-9,80	26	53	1,80	14,44		
-10,00	45	57	0,80	56,25		
-10,20	26	59	2,20	11,82		
-10,40	25	39	0,93	26,79		
-10,60	19	41	1,47	12,95		
-10,80	15	32	1,13	13,24		
-11,00	16	30	0,93	17,14		
-11,20	17	31	0,93	18,21		
-11,40	18	32	0,93	19,29		
-11,60	21	31	0,67	31,50		
-11,80	22	32	0,67	33,00		
-12,00	23	33	0,67	34,50		
-12,20						
-12,40						
-12,60						
-12,80						
-13,00						
-13,20						
-13,40						
-13,60						
-13,80						
-14,00						
-14,20						
-14,40						
-14,60						
-14,80						
-15,00						



PERIGO Indagini Geologiche
Faenza-v. Masoni 28-tel.054628252



EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	<i>Committente:</i> PROVINCIA DI RAVENNA	<i>Documento:</i> Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	<i>Lavoro:</i> Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	<i>Data:</i> Ottobre 2006 <i>File:</i> A06001-PE-REGT0.doc <i>Pag.:</i> 43

APPENDICE 2

Verifiche di capacità portante

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 44
---	---	--

Il calcolo della capacità portante viene svolto facendo uso della formula di Brinch-Hansen (si veda ad esempio: *J. Bowles "Foundation Analysis and design"*, Ed. McGraw-Hill, 1988).

CONDIZIONE DRENATA

La formula di Brinch-Hansen fornisce:

$$q_{lim} = 1/2 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q$$

dove:

N_γ, N_c, N_q = fattori di capacità portante, funzioni dell'angolo di resistenza al taglio (ϕ');

s_γ, s_c, s_q = fattori di forma, funzioni del rapporto fra le dimensioni dell'impronta della fondazione;

d_γ, d_c, d_q = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa, funzioni del rapporto fra l'approfondimento del piano di posa e la sua dimensione B;

B = larghezza della fondazione;

γ' = peso di volume efficace del terreno;

q' = sovraccarico permanente di sconfinamento al livello del piano di posa della fondazione;

c' = coesione.

CONDIZIONE NON DRENATA

La formula precedente si riduce a:

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot (1 + s'_c + d'_c) + q$$

dove:

c_u = coesione non drenata;

N_c = $(2 + \pi)$ fattore di capacità portante;

s'_c = fattore di forma, funzione del rapporto fra le dimensioni dell'impronta della fondazione;

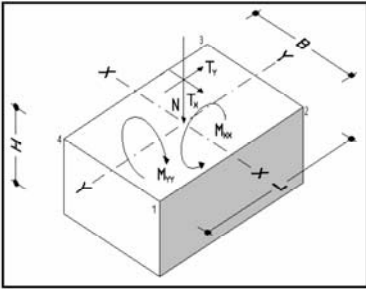
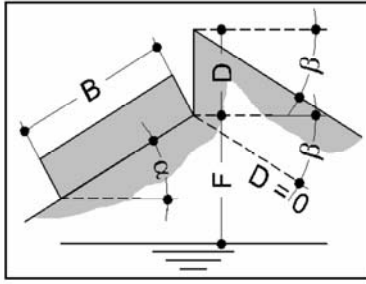
EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	<i>Committente:</i> PROVINCIA DI RAVENNA	<i>Documento:</i> Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	<i>Lavoro:</i> Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	<i>Data:</i> Ottobre 2006 <i>File:</i> A06001-PE-REGT0.doc <i>Pag.:</i> 45

- d'_c = fattore dipendente dalla profondità del piano di posa, funzione del rapporto fra l'approfondimento del piano di posa e la sua dimensione B;
- q = pressione totale permanente di sconfinamento al livello del piano di posa della fondazione.

Per gli sviluppi analitici dei fattori definiti si può fare riferimento al testo citato.

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 46

IPOTESI M1

CAPACITA' PORTANTE				
Sito Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "A"				1 / 2
Dati in ingresso				
Geometria	B	1,60	m	
	L	50,00	m	
	H	1,00	m	
	D	1,00	m	
	F	1,00	m	
	α	0,00	°	
	β	0,00	°	
Carichi	N	1,00	kN	
	T_x	0,00	kN	
	T_y	0,00	kN	
	M_{xx}	0,00	kNm	
	M_{yy}	0,00	kNm	
Terreno	γ	19,00	kN/m ³	
	c'	10,00	kPa	
	ϕ'	26,00	°	
	ϕ_u	0,00	°	
	c_u	90,00	kPa	
	q	19,00	kPa	
Dati in uscita (condizioni drenate)				
q_{lim}	Terzaghi	680,3	kPa	q_{lim} 631,0 kPa q_{amm} 631,0 kPa Q_{lim} 50477,7 kN Q_{amm} 50477,7 kN La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta
	Meyerhof	652,7	kPa	
	Hansen	667,1	kPa	
	Vesic	734,3	kPa	
	Lancellotta	655,5	kPa	
	Minimi	631,0	kPa	
q_{amm}	Terzaghi	680,3	kPa	
	Meyerhof	652,7	kPa	
	Hansen	667,1	kPa	
	Vesic	734,3	kPa	
	Lancellotta	655,5	kPa	
	Minimi	631,0	kPa	

CAPACITA' PORTANTE

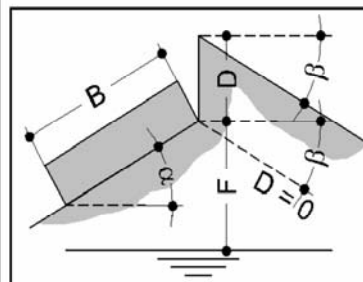
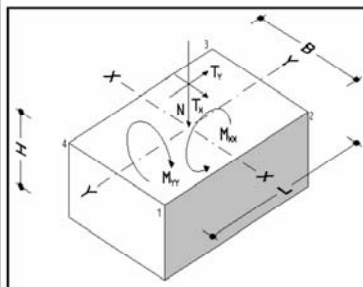
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "A"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	1,20	m
	L	22,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	10,00	kPa
	ϕ'	26,00	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	90,00	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni drenate)

q_{lim}	Terzaghi	648,2	kPa	q_{lim} 614,7 kPa q_{amm} 614,7 kPa Q_{lim} 16227,3 kN Q_{amm} 16227,3 kN
	Meyerhof	653,4	kPa	
	Hansen	675,8	kPa	
	Vesic	727,1	kPa	
	Lancellotta	658,4	kPa	
	Minimi	614,7	kPa	
q_{amm}	Terzaghi	648,2	kPa	La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta
	Meyerhof	653,4	kPa	
	Hansen	675,8	kPa	
	Vesic	727,1	kPa	
	Lancellotta	658,4	kPa	
	Minimi	614,7	kPa	

CAPACITA' PORTANTE

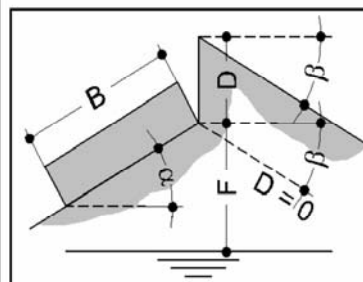
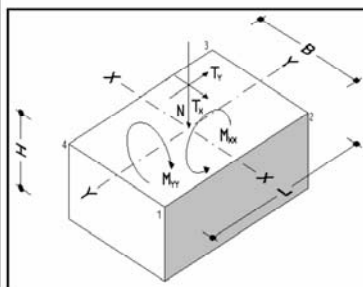
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "A"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	1,50	m
	L	22,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	10,00	kPa
	ϕ'	26,00	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	90,00	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni drenate)

q_{lim}	Terzaghi	673,0	kPa
	Meyerhof	659,6	kPa
	Hansen	670,8	kPa
	Vesic	733,6	kPa
	Lancellotta	655,3	kPa
	Minimi	627,7	kPa
q_{amm}	Terzaghi	673,0	kPa
	Meyerhof	659,6	kPa
	Hansen	670,8	kPa
	Vesic	733,6	kPa
	Lancellotta	655,3	kPa
	Minimi	627,7	kPa

q_{lim} **627,7** kPa
 q_{amm} **627,7** kPa
 Q_{lim} **20715,7** kN
 Q_{amm} **20715,7** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

CAPACITA' PORTANTE

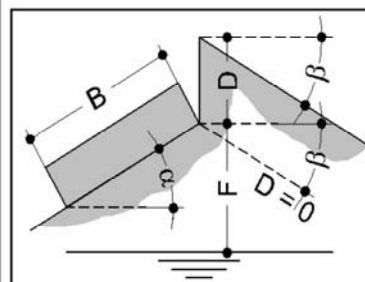
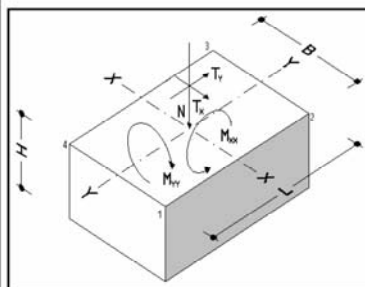
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "A"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	1,60	m
	L	50,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	10,00	kPa
	ϕ'	26,00	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	90,00	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni non drenate)

q_{lim}	Terzaghi	532,0	kPa
	Meyerhof	542,8	kPa
	Hansen	600,2	kPa
	Vesic	600,2	kPa
	Lancellotta	601,0	kPa
	Minimi	532,0	kPa
q_{amm}	Terzaghi	532,0	kPa
	Meyerhof	542,8	kPa
	Hansen	600,2	kPa
	Vesic	600,2	kPa
	Lancellotta	601,0	kPa
	Minimi	532,0	kPa

q_{lim} **532,0** kPa
 q_{amm} **532,0** kPa
 Q_{lim} **42560,0** kN
 Q_{amm} **42560,0** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

CAPACITA' PORTANTE

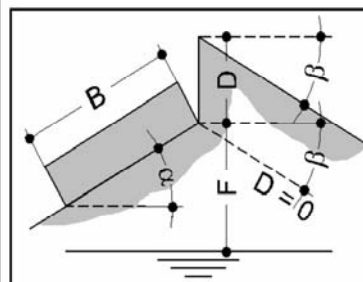
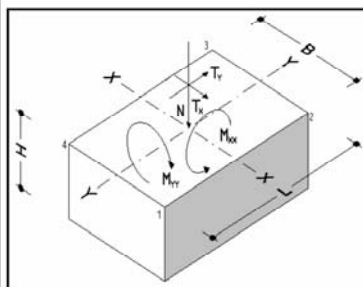
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "P"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	0,70	m
	L	20,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	10,00	kPa
	ϕ'	26,00	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	90,00	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni drenate)

q_{lim}	Terzaghi	603,4	kPa
	Meyerhof	675,3	kPa
	Hansen	656,8	kPa
	Vesic	687,0	kPa
	Lancellotta	638,9	kPa
	Minimi	592,9	kPa
q_{amm}	Terzaghi	603,4	kPa
	Meyerhof	675,3	kPa
	Hansen	656,8	kPa
	Vesic	687,0	kPa
	Lancellotta	638,9	kPa
	Minimi	592,9	kPa

q_{lim} **592,9** kPa
 q_{amm} **592,9** kPa
 Q_{lim} **8300,9** kN
 Q_{amm} **8300,9** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

CAPACITA' PORTANTE

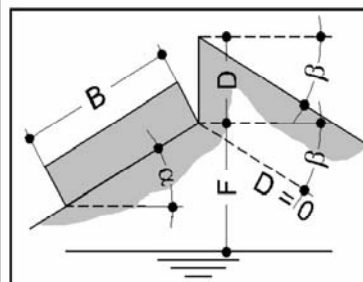
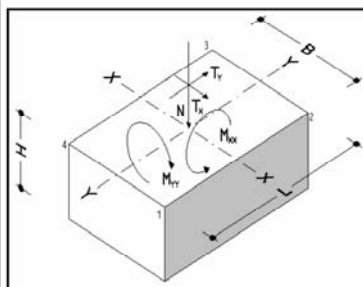
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "P"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	0,90	m
	L	12,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	10,00	kPa
	ϕ'	26,00	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	90,00	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni drenate)

q_{lim}	Terzaghi	621,3	kPa
	Meyerhof	665,8	kPa
	Hansen	656,7	kPa
	Vesic	694,8	kPa
	Lancellotta	636,4	kPa
	Minimi	602,0	kPa
q_{amm}	Terzaghi	621,3	kPa
	Meyerhof	665,8	kPa
	Hansen	656,7	kPa
	Vesic	694,8	kPa
	Lancellotta	636,4	kPa
	Minimi	602,0	kPa

q_{lim} **602,0** kPa
 q_{amm} **602,0** kPa
 Q_{lim} **6501,5** kN
 Q_{amm} **6501,5** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

CAPACITA' PORTANTE

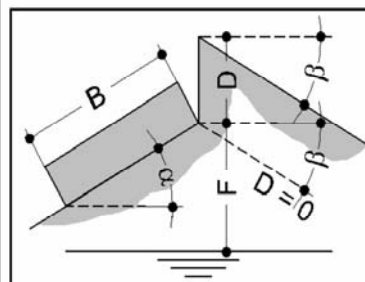
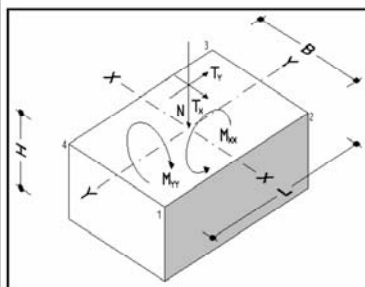
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "P"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	0,70	m
	L	20,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	10,00	kPa
	ϕ'	26,00	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	90,00	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni non drenate)

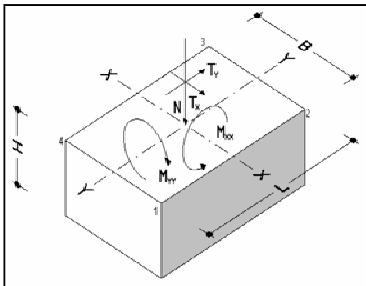
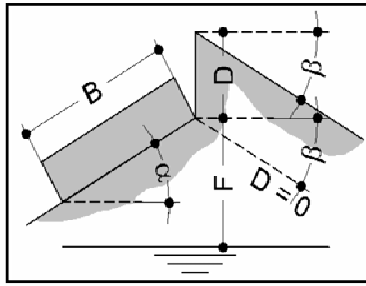
q_{lim}	Terzaghi	532,0	kPa
	Meyerhof	617,9	kPa
	Hansen	662,5	kPa
	Vesic	662,5	kPa
	Lancellotta	663,7	kPa
	Minimi	532,0	kPa
q_{amm}	Terzaghi	532,0	kPa
	Meyerhof	617,9	kPa
	Hansen	662,5	kPa
	Vesic	662,5	kPa
	Lancellotta	663,7	kPa
	Minimi	532,0	kPa

q_{lim} **532,0** kPa
 q_{amm} **532,0** kPa
 Q_{lim} **7448,0** kN
 Q_{amm} **7448,0** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

IPOTESI M2

CAPACITA' PORTANTE				
Sito Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "A"				1 / 2
Dati in ingresso				
Geometria	B	1,60	m	
	L	50,00	m	
	H	1,00	m	
	D	1,00	m	
	F	1,00	m	
	α	0,00	°	
	β	0,00	°	
Carichi	N	1,00	kN	
	T _x	0,00	kN	
	T _y	0,00	kN	
	M _{xx}	0,00	kNm	
	M _{yy}	0,00	kNm	
Terreno	γ	19,00	kN/m ³	
	c'	8,00	kPa	
	φ'	21,30	°	
	φ _u	0,00	°	
	c _u	64,30	kPa	
	q	19,00	kPa	
	Dati in uscita (condizioni drenate)			
q _{lim}	Terzaghi	388,2	kPa	q_{lim}357,2 kPa q_{amm}357,2 kPa Q_{lim}28574,9 kN Q_{amm}28574,9 kN La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta
	Meyerhof	366,4	kPa	
	Hansen	383,7	kPa	
	Vesic	425,0	kPa	
	Lancellotta	379,6	kPa	
	Minimi	357,2	kPa	
q _{amm}	Terzaghi	388,2	kPa	
	Meyerhof	366,4	kPa	
	Hansen	383,7	kPa	
	Vesic	425,0	kPa	
	Lancellotta	379,6	kPa	
	Minimi	357,2	kPa	

CAPACITA' PORTANTE

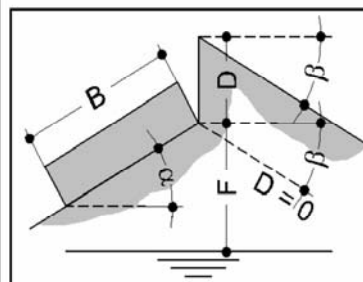
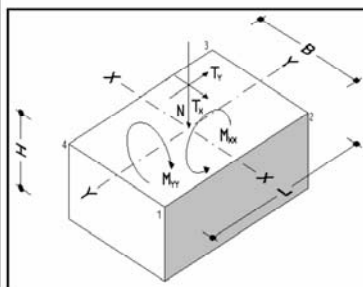
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "A"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	1,20	m
	L	22,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	8,00	kPa
	ϕ'	21,30	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	64,30	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni drenate)

q_{lim}	Terzaghi	370,9	kPa
	Meyerhof	368,0	kPa
	Hansen	391,7	kPa
	Vesic	422,7	kPa
	Lancellotta	385,2	kPa
	Minimi	350,1	kPa
q_{amm}	Terzaghi	370,9	kPa
	Meyerhof	368,0	kPa
	Hansen	391,7	kPa
	Vesic	422,7	kPa
	Lancellotta	385,2	kPa
	Minimi	350,1	kPa

q_{lim} **350,1** kPa
 q_{amm} **350,1** kPa
 Q_{lim} **9241,4** kN
 Q_{amm} **9241,4** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

CAPACITA' PORTANTE

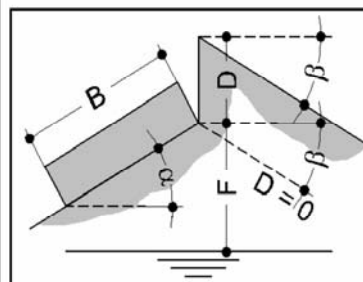
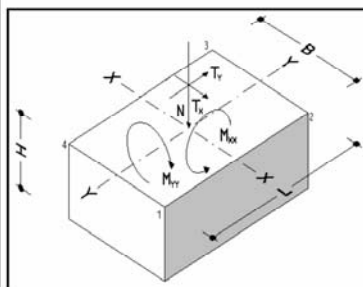
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "A"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	1,50	m
	L	22,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	8,00	kPa
	ϕ'	21,30	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	64,30	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni drenate)

q_{lim}	Terzaghi	384,2	kPa
	Meyerhof	369,8	kPa
	Hansen	386,3	kPa
	Vesic	424,7	kPa
	Lancellotta	380,3	kPa
	Minimi	355,9	kPa
q_{amm}	Terzaghi	384,2	kPa
	Meyerhof	369,8	kPa
	Hansen	386,3	kPa
	Vesic	424,7	kPa
	Lancellotta	380,3	kPa
	Minimi	355,9	kPa

q_{lim} **355,9** kPa
 q_{amm} **355,9** kPa
 Q_{lim} **11744,0** kN
 Q_{amm} **11744,0** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

CAPACITA' PORTANTE

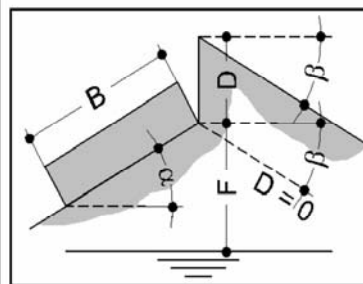
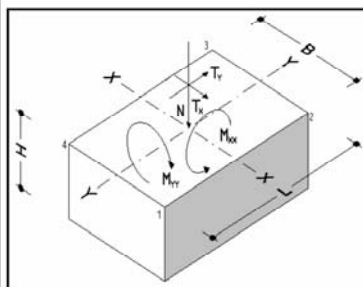
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "A"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	1,60	m
	L	50,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	8,00	kPa
	ϕ'	21,30	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	64,30	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni non drenate)

q_{lim}	Terzaghi	385,5	kPa
	Meyerhof	393,2	kPa
	Hansen	434,2	kPa
	Vesic	434,2	kPa
	Lancellotta	434,8	kPa
	Minimi	385,5	kPa
q_{amm}	Terzaghi	385,5	kPa
	Meyerhof	393,2	kPa
	Hansen	434,2	kPa
	Vesic	434,2	kPa
	Lancellotta	434,8	kPa
	Minimi	385,5	kPa

q_{lim} **385,5** kPa
 q_{amm} **385,5** kPa
 Q_{lim} **30840,8** kN
 Q_{amm} **30840,8** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

CAPACITA' PORTANTE

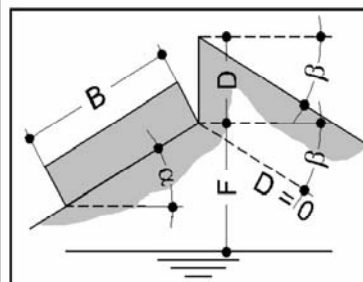
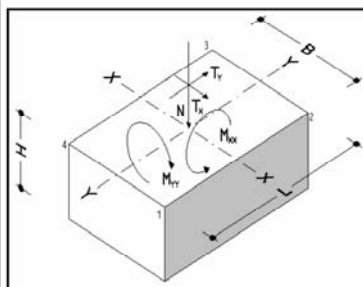
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "P"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	0,70	m
	L	20,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	8,00	kPa
	ϕ'	21,30	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	64,30	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni drenate)

q_{lim}	Terzaghi	348,3	kPa
	Meyerhof	383,5	kPa
	Hansen	385,6	kPa
	Vesic	403,9	kPa
	Lancellotta	379,3	kPa
	Minimi	340,3	kPa
q_{amm}	Terzaghi	348,3	kPa
	Meyerhof	383,5	kPa
	Hansen	385,6	kPa
	Vesic	403,9	kPa
	Lancellotta	379,3	kPa
	Minimi	340,3	kPa

q_{lim} **340,3** kPa
 q_{amm} **340,3** kPa
 Q_{lim} **4763,5** kN
 Q_{amm} **4763,5** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

CAPACITA' PORTANTE

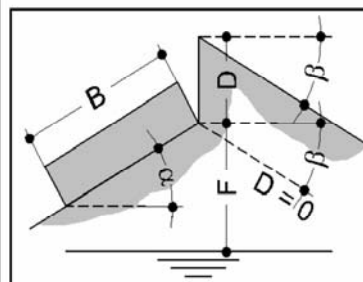
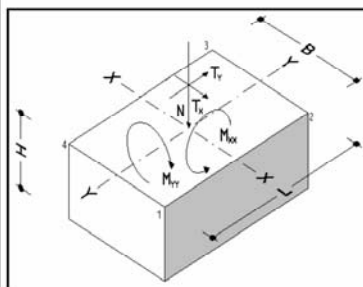
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "P"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	0,90	m
	L	12,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	8,00	kPa
	ϕ'	21,30	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	64,30	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni drenate)

q_{lim}	Terzaghi	357,3	kPa
	Meyerhof	376,4	kPa
	Hansen	383,0	kPa
	Vesic	406,1	kPa
	Lancellotta	375,2	kPa
	Minimi	345,4	kPa
q_{amm}	Terzaghi	357,3	kPa
	Meyerhof	376,4	kPa
	Hansen	383,0	kPa
	Vesic	406,1	kPa
	Lancellotta	375,2	kPa
	Minimi	345,4	kPa

q_{lim} **345,4** kPa
 q_{amm} **345,4** kPa
 Q_{lim} **3730,1** kN
 Q_{amm} **3730,1** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

CAPACITA' PORTANTE

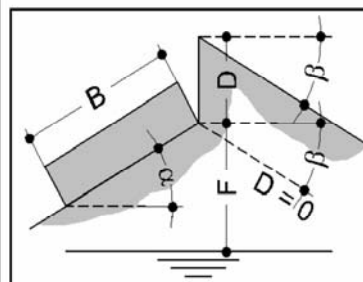
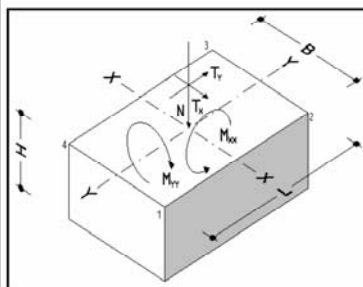
Sito

Liceo Scientifico "Ricci Curbastro" di Lugo - Corpo "P"

1 / 2

Dati in ingresso

Geometria	B	0,90	m
	L	12,00	m
	H	1,00	m
	D	1,00	m
	F	1,00	m
	α	0,00	°
	β	0,00	°
Carichi	N	1,00	kN
	T_x	0,00	kN
	T_y	0,00	kN
	M_{xx}	0,00	kNm
	M_{yy}	0,00	kNm
Terreno	γ	19,00	kN/m ³
	c'	8,00	kPa
	ϕ'	21,30	°
	ϕ_u	0,00	°
	c_u	64,30	kPa
	q	19,00	kPa



Dati in uscita (condizioni non drenate)

q_{lim}	Terzaghi	385,5	kPa
	Meyerhof	429,0	kPa
	Hansen	465,2	kPa
	Vesic	465,2	kPa
	Lancellotta	466,9	kPa
	Minimi	385,5	kPa
q_{amm}	Terzaghi	385,5	kPa
	Meyerhof	429,0	kPa
	Hansen	465,2	kPa
	Vesic	465,2	kPa
	Lancellotta	466,9	kPa
	Minimi	385,5	kPa

q_{lim} **385,5** kPa
 q_{amm} **385,5** kPa
 Q_{lim} **4163,5** kN
 Q_{amm} **4163,5** kN

La verifica della pressione trasmessa al suolo è soddisfatta

La verifica del carico trasmesso al suolo è soddisfatta

EN.SER. ENGINEERING SERVICE STUDIO TECNICO ASSOCIATO Viale Baccarini 29 - 48018 FAENZA (RA) C.F./P.IVA/Reg. Impr. Ravenna n° 02058800398 tel. 0546-663423 / 56, fax 0546-663428 e-mail: ingegneria@enser.it	Committente: PROVINCIA DI RAVENNA	Documento: Progetto esecutivo Relazione geotecnica
	Lavoro: Lavori di ampliamento del Liceo Scientifico "Gregorio Ricci Curbastro" di Lugo.	Data: Ottobre 2006 File: A06001-PE-REGT0.doc Pag.: 60

APPENDICE 3

Calcolo dei cedimenti

VARIAZIONE DELLO STATO TENSIONALE

La valutazione dell'incremento delle tensioni normali, verticali ed orizzontali, indotto nel terreno da carichi applicati viene condotta con riferimento a soluzioni basate sulle seguenti ipotesi semplificatrici:

- il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, omogeneo ed isotropo (modello di Boussinesq),
- l'area di carico è posta sulla superficie del semispazio ed è supposta di rigidità nulla.

In tale approccio di calcolo il legame fra la componente di deformazione verticale (ε_z) e gli incrementi di tensione ($\delta\sigma_z$, $\delta\sigma_y$, $\delta\sigma_x$) è ricavato utilizzando la legge di Hooke:

$$\varepsilon_z = [\delta\sigma_z - \mu (\delta\sigma_y + \delta\sigma_x)] / E$$

dove: E = modulo elastico,

μ = coefficiente di Poisson.

Per una generica condizione di carico viene eseguita una discretizzazione in un numero finito di superfici rettangolari sulle quali è applicata una pressione uniforme.

Per ogni direttrice di calcolo del cedimento vengono valutati gli incrementi di tensione indotti da ogni singola superficie di carico componendo poi gli effetti.

La soluzione base impiegata è quella di Florin (1959) che fornisce gli incrementi di tensione in corrispondenza di una verticale passante per lo spigolo di un'area di carico rettangolare:

$$\delta\sigma_z = \left[\tan^{-1} \frac{a \cdot b}{z \cdot R_3} + \frac{a \cdot b \cdot z}{R_3} \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right]$$

$$\delta\sigma_x = \frac{q}{2 \cdot \pi} \left[\tan^{-1} \frac{a \cdot b}{z \cdot R_3} - \frac{a \cdot b \cdot z}{R_1^2 \cdot R_3} + (1 - 2\mu) \cdot \left(\tan^{-1} \frac{a}{b} - \tan^{-1} \frac{b \cdot R_3}{a \cdot z} \right) \right]$$

$$\delta\sigma_y = \frac{q}{2 \cdot \pi} \left[\tan^{-1} \frac{a \cdot b}{z \cdot R_3} - \frac{a \cdot b \cdot z}{R_2^2 \cdot R_3} + (1 - 2\mu) \cdot \left(\tan^{-1} \frac{b}{a} - \tan^{-1} \frac{a \cdot R_3}{b \cdot z} \right) \right]$$

con:

$$R_1 = \sqrt{(a^2 + z^2)},$$

$$R_2 = \sqrt{(b^2 + z^2)},$$

$$R_3 = \sqrt{(a^2 + b^2 + z^2)},$$

q = carico applicato (pressione),

a = dimensione dell'area di carico in direzione x,

b = dimensione dell'area di carico in direzione y,

x, y = assi orizzontali,

z = asse verticale.

CALCOLO DEI CEDIMENTI

Il cedimento totale (s) viene valutato, dopo avere individuato n strati, in base alla seguente relazione:

$$s = \sum_{z=0}^{z=H_c} \left[\delta\sigma_{zi} - \mu(\delta\sigma_{yi} + \delta\sigma_{xi}) \right] \cdot \delta h_i / E'_i$$

nella quale:

E'_i = modulo di deformabilità in condizioni drenate,

δh_i = altezza dello strato i-esimo,

H_c = altezza del volume di terreno significativo.

Il calcolo dei cedimenti è limitato agli strati di terreno che realisticamente risentono del carico applicato in superficie.

Ciò è individuato entro la profondità H_c per la quale:

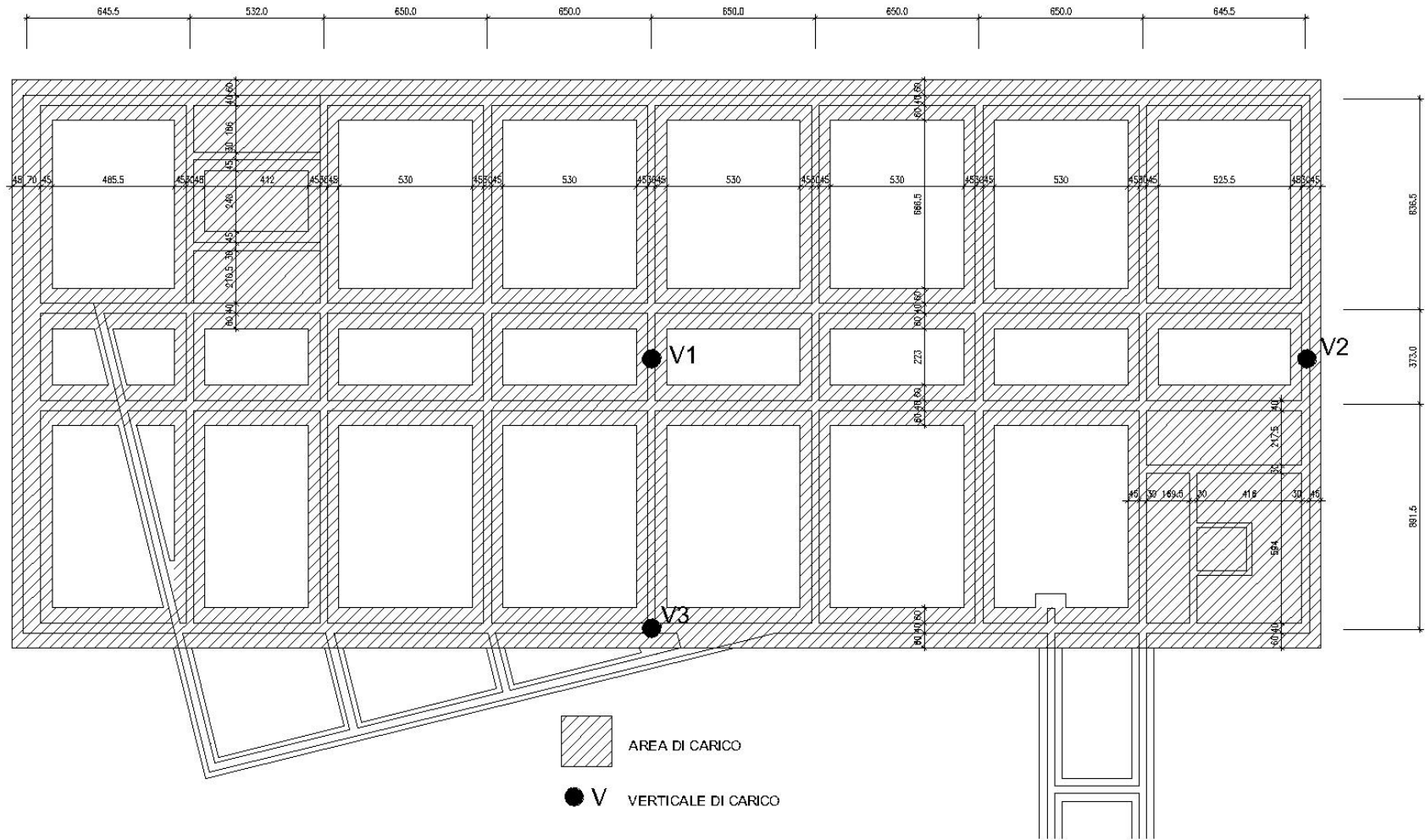
$$\delta\sigma_z / \sigma'_{vo} > 0.15.$$

essendo :

$\delta\sigma_z$ = incremento di tensione verticale,

σ'_{vo} = tensione verticale efficace litostatica.

SCHEMA DELLE AREE DI CARICO E DELLE VERTICALI DI CALCOLO



TABULATI DI CALCOLO

LICEO SCIENTIFICO, Lugo

Fondazione reticolo travi rovesce (cedimenti lungo termine)

STAMPA DATI DI INGRESSO

Coefficiente di Frolich	=	4	
Pv eff a quota piano di posa	=	19.0	kPa
Profondita' falda	=	.00	m
Coefficiente di Poisson	=	.30	

Stampa dati relativi al terreno

-	Strato	H str	E iniz	E fin	Ps nat	Ps imm
div		m	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3

-	1	8.00	15000.	15000.	19.0	9.0
	2	1.00	40000.	40000.	19.0	9.0
	3	30.00	20000.	20000.	19.0	9.0

-						

Pv eff = pressione verticale efficace
 H str = altezza dello strato
 E iniz = modulo elastico all'inizio dello strato
 E fin = modulo elastico alla fine dello strato
 Ps nat = peso di volume naturale
 Ps imm = peso di volume immerso
 N div = numero suddivisioni dello strato

Stampa dati relativi alle aree di carico

Platea	Pressione	X centro	Y centro	X semilato	Y semilato
	kPa	m	m	m	m

1	80.0	26.00	11.50	26.00	11.50
2	-80.0	4.00	17.60	2.50	3.30
3	-80.0	15.60	17.60	2.65	3.30
4	-80.0	22.10	17.60	2.65	3.30
5	-80.0	28.60	17.60	2.65	3.30
6	-80.0	35.10	17.60	2.65	3.30
7	-80.0	41.60	17.60	2.65	3.30

8	-80.0	48.10	17.60	2.65	3.30
9	-80.0	4.00	11.50	2.50	1.10
10	-80.0	9.70	11.50	2.00	1.10
11	-80.0	15.60	11.50	2.65	1.10
12	-80.0	22.10	11.50	2.65	1.10
13	-80.0	28.60	11.50	2.65	1.10
14	-80.0	35.10	11.50	2.65	1.10
15	-80.0	41.60	11.50	2.65	1.10
16	-80.0	48.10	11.50	2.65	1.10
17	-80.0	4.00	5.20	2.50	3.60
18	-80.0	9.70	5.20	2.00	3.60
19	-80.0	15.60	5.20	2.65	3.60
20	-80.0	22.10	5.20	2.65	3.60
21	-80.0	28.60	5.20	2.65	3.60
22	-80.0	35.10	5.20	2.65	3.60
23	-80.0	41.60	5.20	2.65	3.60

1

RISULTATI relativi alla direttrice 1

Ascissa X = 26.00 m
Ordinata Y = 11.50 m

Stampa incrementi di tensione dovute ai carichi

Prof. m	Sigma Z kPa	.10 * Pv kPa	E medio kPa
.50	34.	2.	15000.
1.50	41.	3.	15000.
2.50	43.	4.	15000.
3.50	42.	5.	15000.
4.50	40.	6.	15000.
5.50	38.	7.	15000.
6.50	36.	8.	15000.
7.50	34.	9.	15000.
8.50	33.	10.	40000.
9.50	32.	10.	20000.
10.50	31.	11.	20000.
11.50	30.	12.	20000.
12.50	29.	13.	20000.
13.50	28.	14.	20000.
14.50	27.	15.	20000.
15.50	27.	16.	20000.
16.50	26.	17.	20000.
17.50	25.	18.	20000.
18.50	24.	19.	20000.
19.50	24.	19.	20000.
20.50	23.	20.	20000.
21.50	22.	21.	20000.

1

RISULTATI relativi alla direttrice 1

Ascissa X = 26.00 m
Ordinata Y = 11.50 m

Stampa cedimenti parziali e totali

Prof. m	D. cedim. cm	Cedimento cm
.00		3.885
1.00	.229	3.656
2.00	.276	3.381
3.00	.289	3.092
4.00	.282	2.810
5.00	.268	2.542
6.00	.253	2.289
7.00	.240	2.049
8.00	.229	1.821
9.00	.082	1.738
10.00	.159	1.579
11.00	.154	1.425
12.00	.149	1.276
13.00	.145	1.131
14.00	.141	.990
15.00	.137	.853
16.00	.133	.720
17.00	.129	.591
18.00	.125	.465
19.00	.122	.343
20.00	.118	.225
21.00	.114	.111
22.00	.111	.000

Cedimento totale = 3.885 cm

RISULTATI relativi alla direttrice 2

Ascissa X = .00 m
Ordinata Y = 11.50 m

Stampa incrementi di tensione dovute ai carichi

Prof. m	Sigma Z kPa	.10 * Pv kPa	E medio kPa
.50	40.	2.	15000.
1.50	37.	3.	15000.
2.50	33.	4.	15000.
3.50	29.	5.	15000.
4.50	27.	6.	15000.
5.50	25.	7.	15000.
6.50	23.	8.	15000.
7.50	22.	9.	15000.
8.50	21.	10.	40000.
9.50	20.	10.	20000.
10.50	20.	11.	20000.
11.50	19.	12.	20000.
12.50	18.	13.	20000.
13.50	18.	14.	20000.
14.50	17.	15.	20000.
15.50	17.	16.	20000.

1

RISULTATI relativi alla direttrice 2

Ascissa X = .00 m
Ordinata Y = 11.50 m

Stampa cedimenti parziali e totali

Prof. m	D. cedim. cm	Cedimento cm
.00		2.269
	.266	
1.00		2.004
	.246	
2.00		1.758
	.217	
3.00		1.541
	.195	
4.00		1.346
	.178	
5.00		1.167
	.165	
6.00		1.002
	.155	
7.00		.846

	.147	
8.00		.699
	.053	
9.00		.646
	.102	
10.00		.544
	.098	
11.00		.446
	.095	
12.00		.351
	.092	
13.00		.259
	.089	
14.00		.170
	.086	
15.00		.083
	.083	
16.00		.000

Cedimento totale = 2.269 cm

1

RISULTATI relativi alla direttrice 3

Ascissa X = 26.00 m

Ordinata Y = .00 m

Stampa incrementi di tensione dovute ai carichi

Prof. m	Sigma Z kPa	.10 * Pv kPa	E medio kPa

.50	40.	2.	15000.
1.50	37.	3.	15000.
2.50	32.	4.	15000.
3.50	27.	5.	15000.
4.50	24.	6.	15000.
5.50	22.	7.	15000.
6.50	20.	8.	15000.
7.50	19.	9.	15000.
8.50	18.	10.	40000.
9.50	18.	10.	20000.
10.50	17.	11.	20000.
11.50	17.	12.	20000.
12.50	17.	13.	20000.
13.50	17.	14.	20000.
14.50	16.	15.	20000.
15.50	16.	16.	20000.

1

RISULTATI relativi alla direttrice 3

Ascissa X = 26.00 m

Ordinata Y = .00 m

Stampa cedimenti parziali e totali

Prof. m	D. cedim. cm	Cedimento cm
.00		2.105
1.00	.266	1.839
2.00	.248	1.591
3.00	.214	1.377
4.00	.183	1.194
5.00	.159	1.035
6.00	.143	.891
7.00	.133	.759
8.00	.125	.633
9.00	.045	.588
10.00	.088	.500
11.00	.086	.414
12.00	.085	.330
13.00	.084	.246
14.00	.083	.163
15.00	.082	.081
16.00	.081	.000

Cedimento totale = 2.105 cm