

**SERVIZIO SANITARIO REGIONALE  
EMILIA-ROMAGNA**

Azienda Ospedaliero-Universitaria di Modena  
Policlinico

**SERVIZIO UNICO ATTIVITA'  
TECNICHE**

Via Del Pozzo, 71 – Modena  
Tel. 059/4222614 – Fax 059/4222695  
e-mail: tecnico@policlinico.mo.it

PROGETTO MA/057/2017 – POLICLINICO – PIANO SEMINTERRATO  
CORPO "B" – INTERCENTER – GARA ACQUISTO ACCELERATORI  
LINEARI – TERAPIE RADIANTI – SOSTITUZIONE LINAC 1



IL DIRETTORE GENERALE  
Dott. I. Trenti

IL DIRETTORE SANITARIO  
Dott. L. Sircana

SERVIZIO UNICO ATTIVITA' TECNICHE  
Ing. G. Bellettato

SERVIZIO UNICO ATTIVITA' TECNICHE  
RESPONSABILE SEZIONE A.O.U. POLICLINICO  
Ing. A. Bertacchi

RELAZIONE DI CALCOLO  
GEOLOGICA, TECNICA  
OPERE EDILI E  
RADIOPROTEXIMETRICA

T8

NOVEMBRE 2017

MA0572017T8.dwg

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

Geom. C. Crasti  
P.I. D. Cavani  
P.I. A. Montanari  
Dis. A.R. Malagoli

# AZIENDA OSPEDALIERA DI MODENA

SERVIZIO TECNICO

PROG. C01/93 - POLICLINICO - CORPO "B" - PIANO SEMINTERRATO  
SERVIZIO DI RADIOTERAPIA - APPALTO CONCORSO PER LA REALIZZAZIONE DEL  
PRIMO STRALCIO FUNZIONALE DEL PADIGLIONE ALTA ENERGIA CON FORNITURA  
ED INSTALLAZIONE DI UN ACCELERATORE LINEARE

## ELENCO ELABORATI

- 2.1.1 Relazione tecnica opere edili ed impiantistiche
- 2.1.2 Relazione tecnica protezioni da radiazioni ionizzanti
- 2.1.3 Relazione geologica
- 2.1.4 Calcoli tecnici dimensionamento elementi strutturali
- 2.1.5 Calcoli tecnici dimensionamento impianto elettrico
- 2.1.6 Calcoli tecnici dimensionamento impianti meccanici
- 2.1.7 Stampati illustrativi
- 3.1.1 Planimetria d'inquadramento con sistemazione area esterna
- 3.1.2 Planivolumetrico
- 3.1.3 Planimetria schema fognature
- 3.2.1 Planimetria piano seminterrato
- 3.2.2 Planimetria piano copertura e locali tecnici
- 3.2.3 Planimetria piano seminterrato assetto distributivo locali
- 3.2.4 Planimetria p.copertura con assetto distributivo
- 3.2.5 Planimetria di progetto p. seminterrato dalle radiazioni
- 3.2.6 Planimetria di progetto p. copertura dalle radiazioni
- 3.2.7 Prospetti
- 3.2.8 Sezioni significative
- 3.2.9 Pianta delle fondazioni
- 3.2.10 Esecutivi per opere in elevazione e solai
- 3.2.11 Planimetria spostamento linee elettriche esistenti
- 3.2.12 Planimetria progetto linea elett. di alim. cabina n.3
- 3.2.13 Schema impianti di terra
- 3.2.14 Schema elettrico quadro generale
- 3.2.15 Schema elettrico quadro acceleratore lineare
- 3.2.16 Schema elettrico quadro acceleratore lineare
- 3.2.17 Schema elettrico quadro servizi ausiliari
- 3.2.18 Planimetria rete elettrica di distribuzione
- 3.2.19 Planimetria quadri elettrici ed apparecchiature
- 3.2.20 Planimetria collocazione corpi illuminanti e prese
- 3.2.21 Planimetria collocazione impianti F.M.
- 3.2.22 Planimetria impianto video circuito chiuso
- 3.2.23 Planimetria impianti telefonici, dati, incendi
- 3.2.24 Planimetria impianto di climatizzazione bunker e consolle
- 3.2.25 Schema impianto climatizzazione bunker e consolle
- 3.2.26 Planimetria impianto di climatizzazione locali servizi
- 3.2.27 Planimetria impianto secondario di climatizzazione servizi
- 3.2.28 Schema funzionale impianti di climatizzazione servizi
- 3.2.29 Planimetria impianto idrosanitario
- 3.2.30 Planimetria impianto antincendio
- 3.2.31 Planimetria impianto gas medicali
- 3.2.32 Planimetria impianto raffreddamento acceleratore lineare
- 3.2.33 Planimetria apparecchiature elettromeccaniche

IL DIRETTORE GENERALE

*Dott. R. Robbioni*  
IL DIRETTORE GENERALE

*(Dott. Augusto Cavina)*

IL DIRETTORE AMMINISTRATIVO

*(Dott. Riese Verica)*



IL DIRIGENTE COORDINATORE

Ing. A. Bertacchi

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA D'IMPRESE  
GRUPPO DI LAVORO:

Ing. V. Scianti

P.I. M. Greco

P.I. G. Pastorelli

P.I. E. Villa

IL CALCOLATORE

*Dott. Ing. Valerio Scianti*



- Relazione di calcolo
- Relazione geologica
- Relazione Tecnica opere edili
- Relazione radioprotettimetrica Acceleratore

## GRUPPO DI LAVORO AZIENDA OSPEDALIERA

Ing. A. Bertacchi  
Ing. M. Lugli  
Geom. C. Crasti  
P.I. D. Cavani  
P.I. A. Montanari  
Dis. A. Bizzini

REGIONE EMILIA ROMAGNA

Servizio Provinciale della Casa del Suo  
Risorse Idr. e Forestali - Modena

Legge 5 Novembre 1971 n. 1086

IL FUNZIONARIO ADDETTO

Istruttore Tecnico

DATA: Marzo 1995



## ACCELERATORE LINEARE

### RELAZIONE DI CALCOLO

-Dimensionamento preliminare -

La rilevante mole delle parti portanti (platea, muri, copertura) rende incerta la analisi del comportamento statico, per tanto il dimensionamento preliminare risulta effettuato nella ipotesi della massima sollecitazione possibile prendendo in esame cioe' la massima sollecitazione desumibile da confronto fra:

- schemi elementari (elementi isolati)
- schemi a connessione rigida (telaio)

Le armature risultanti dai calcoli risultano estremamente esigue, per tanto si procede ad un sovradimensionamento in considerazione delle eventuali sollecitazioni complessive dovute a difformi assestamenti del terreno. Per quanto concerne la fondazione , esaminata la perizia geologica, viene scelta una pianta eccedente di m.l 2,00 il perimetro del bunker. Sono irrilevanti le eccentricita' determinate dai carichi dei solai su due lati della platea considerata. I materiali impiegati sono:

- calcestruzzo RbK 300 E
- Ferro Feb 44K

Le sollecitazioni unitarie sono ampiamente contenute nei limiti regolamentari.

### CALCOLO FONDAZIONI

#### SOLLECITAZIONI SUL TERRENO

SCAVO       $1,80 \times 1800 \text{ kg/ml} = 3.200 \text{ kg/ml}$  (calcolo per deduzione)

PLATEA       $1,20 \times 2500 \text{ kg/ml} = 3.000 \text{ kg/ml}$  ( peso aggiunto)

TOTALE .....= - 200 Kg/ml



IL CALCOLATORE  
Dott. Ing. Valerio Sciantti

Emerge da quanto sopra che la sollecitazione sul terreno determinata dall'esecuzione della platea  
e' nulla

#### PESO BUNKER

COPERTURA 190 mq. = 475 tonn.

PARETI 230 mq. = 575 tonn.

SOLAI 88 mq. = 35 tonn.

sovraccarico bunker mq. 120 = 24 tonn.

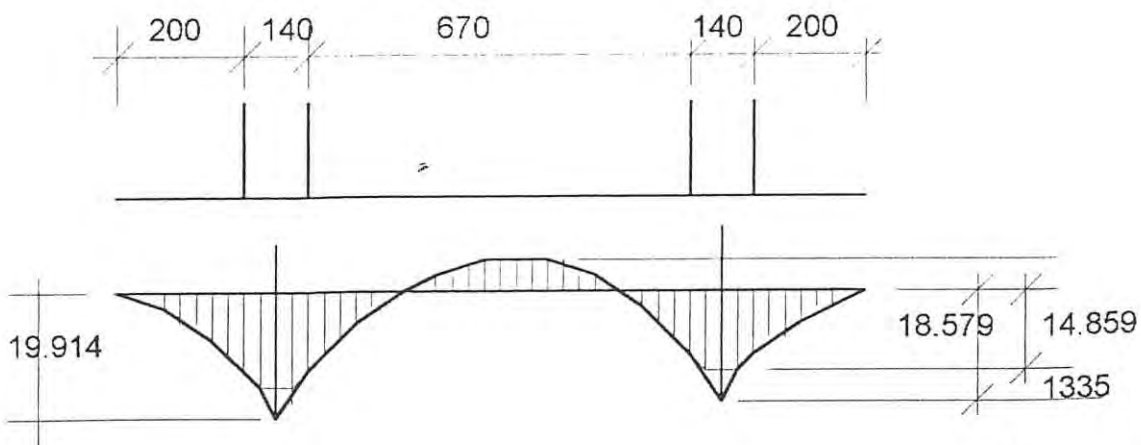
-----  
1109 tonn.

#### PLATEA

Dimensioni in pianta

16 mt x 13,70 = 219 mq

$$\sigma_{\tau} = 1109 / 219 = 5,08 \text{ t/mq} = 0,508 \text{ kg/cmq}$$



IL CALCOLATORE  
Dott. Ing. Valerio Scianni

## CALCOLO PLATEA SEZIONE TRASVERSALE

$$M_f(1/2) = 5080 \times 7,4^2 / 8 = 34.773 \text{ Kgm}$$

$$M_f \text{ sbalzo} = 5080 \times 2,8^2 / 2 = 19.914 \text{ Kgm}$$

$$\text{totale } M_f(1/2) = 34.773 - 19.914 = 14.859 \text{ Kgm}$$

Riduzione del  $M_f$  sull' appoggio esteso

$$D_{mf} = 5080 \times 1,45^2 / 8 = 1.335 \text{ Kgm}$$

$$M_f \text{ al filo} = 5080 \times 2^2 / 12 = 19.914 \text{ Kgm}$$

$$M_f \text{ al centro muro} = 19.914 - 1.335 = 18.579 \text{ Kgm}$$

## SBALZO

$$\sigma_f = 2400 \quad n = 15 \quad M_f = 18579 \text{ kgm}$$

$$h = 80 \quad h_1 = 75 \quad b = 100$$

$$r = 0,551 \quad \sigma_c = 36 \quad A_f = 12,07 \text{ cm}^2 = 10 \text{ diam. } 12$$

IL CALCOLATORE  
Dott. Ing. Valerio Scialiti



## MEZZERIA

$$\sigma f = 2400 \quad n = 15 \quad m f = 14859 \text{ kgm}$$

$$h = 100 \quad h_1 = 90 \quad b = 100$$

$$r = 0,75 \quad \sigma c = 25 \quad A_f = 17,60 \text{ cmq} = 5 \text{ diam. } 14$$

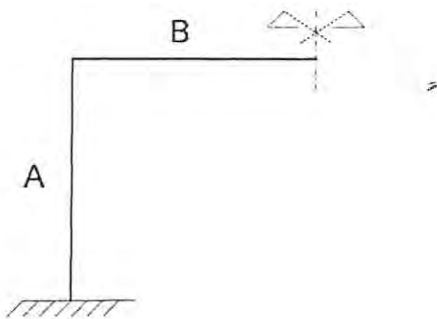
## COPERTURA

$$Q = 4200 \text{ kg}$$

$$M_{(1/2)} = 4200 \times 7,4^2 / 8 = 28.749 \text{ kgm}$$

nell'ipotesi di cedimento dei vincoli

ipotesi di connessione rigida con le pareti trascurando a vantaggio della stabilit  l'effetto lastra e la collaborazione spaziale delle pareti ortogonali. L'ipotesi   attendibile in particolare per il blocco eseguito con inerti al bario che puo' subire distacchi dal getto residuo conseguenti alla tecnica di getto ed al diverso ritiro.



**IL CALCOLATORE**  
Dott. Ing. Valerio Scianzi

	L	H	R1	K
A	4,5	1,6	0,91	0,82
B	7,4	1,45	0,20	0,18
			<hr/>	
	totale		1,11	1.00

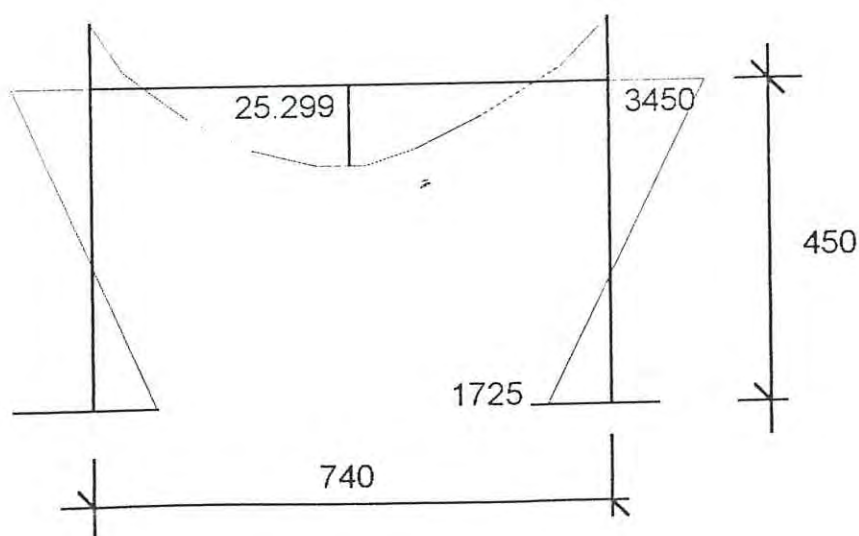
$$M_1 = 4200 \times 7,4^2 / 12 = 19.166 \text{ kgm} \quad M(1/2) = 28.749 \text{ kgm}$$

$$M_a = 3450 \text{ kgm}$$

$$m_{1/2} = 25.299 \text{ kgm}$$

$$M_b = 3450 \text{ kgm}$$

$$M_{b1} = 1725 \text{ kgm}$$



IL CALCOLATORE  
Dott. Ing. Valerio Sciatti

*Sciatti*

Sezione sommità' del muro

MURO

$$H = 4200 \times 4,85 = 20.370 \text{ Kg}$$

$$M = 3450 \text{ kgm}$$

$$e = 3450 / 20.370 = 0,27 = 27 \text{ cm.}$$

$$e \text{ limite} = 24 \text{ cm. (pressione interna al nocciolo)}$$

$$J = 24.134.166 \text{ cm}^4$$

$$W = 334.773 \text{ cm}^3$$

$$A = 14.300 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_n = 1,03$$

$$\sigma_m = 1,72$$

---

$$\text{totale } \sigma = 2,75 \text{ kg/cm}^2$$

IL CALCOLATORE  
Dott. Ing. Valerio Belenti





MEZZERIA (ipotesi cedimento vincolo)

$$\sigma_f = 2400 \quad n = 15 \quad M_f = 28749 \text{ kgm}$$

$$h = 1,45 \quad h_l = 140 \quad b = 100$$

$$r = 0,8256 \quad \sigma_c < 25 \quad A_f = 9,50 \text{ cmq} = 5 \text{ diam. } 16 \quad \text{in essesso}$$

APPOGGIO (ipotesi di incastro)

$$\sigma_f = 2400 \quad n = 15 \quad M_f = 19166 \text{ kgm}$$

$$h = 145 \quad h_l = 140 \quad b = 100$$

$$r = 1,00 \quad \sigma_c < 25 \quad A_f = 9,50 \text{ cmq} = 5 \text{ diam. } 16 \quad \text{in essesso}$$

Sono trascurabili gli sforzi di taglio  $< 1,5 \text{ kg/cmq}$ , vengono comunque disposti ferri piegati.

IL CALCOLATORE  
Dott. Ing. Valerio Scialoja



***RELAZIONE GEOLOGICA INERENTE LA REALIZZAZIONE DEL  
PADIGLIONE ALTA ENERGIA PER IL NUOVO ACCELERATORE  
LINEARE NEL POLICLINICO DI MODENA (fg. 161 - mapp. 12)***

COMMITTENZA:

PROPRIETÀ:

IMPRESA COSTRUZIONI  
SCIANTI! VALERIO  
SCIANTI! GEN. GIUSEPPE SRL  
MODENA

VALERIO SCIANTI  
ALBO  
INGEGNERI  
PROV. MODENA  
N. 406  
d'iscrizione

Dott. Ing. Valerio Scianti  
Modena

MAGGIO 1995

## INDICE

1. PREMESSA	pag.	3
2. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO. IPOTESI DI FONDAZIONE	"	4
3. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI TEORICI DI CONSOLIDAZIONE	"	8
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	"	12

ALLEGATO 1: DIAGRAMMI PENETROMETRICI - LITOSTRATIGRAFIE INTERPRETATIVE

*RELAZIONE GEOLOGICA INERENTE LA REALIZZAZIONE DEL PADIGLIONE  
ALTA ENERGIA PER IL NUOVO ACCELERATORE LINEARE NEL POLICLINICO DI  
MODENA (fg. 161 - mapp. 12)*

**1. PREMESSA**

La presente relazione è stata richiesta dalla Committenza quale allegato per la preparazione degli atti di partecipazione all'appalto di concorso per la realizzazione del nuovo Acceleratore Lineare nel Policlinico di Modena.

Viene fornito dall'Ente Appaltante, Azienda Ospedaliera di Modena, una relazione geologica e prove penetrometriche, eseguita dal Dott. E. Maioli, sulla quale basarsi per il calcolo, il dimensionamento e la tipologia delle fondazioni della nuova struttura.

Sono state fornite a corredo della relazione 5 prove penetrometriche statiche, eseguite in vari punti dell'area di intervento (Fig. 1), che hanno raggiunto il tetto delle ghiaie a circa 22.40 metri di profondità dal piano di calpestio attuale, un rilevato costituito da materiale di riporto eterogeneo.

La struttura edilizia che dovrà contenere l'acceleratore lineare, è costituita da un corpo a forma di parallelepipedo (bunker) di dimensioni 10.0x12.0x5.4 metri circa, con pareti e soffitto in calcestruzzo e barite di spessore variabile da 1.45 a 1.65 metri. L'opera corredata da vani tecnici e di servizio verrà realizzata in vicinanza ad altro edificio esistente in posizione seminterrata ad una quota di circa -1.50 metri dal piano di calpestio attuale.

La parte progettuale ha fornito per il bunker un peso complessivo pari a circa 1230 tonnellate.



## 2. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO.

### IPOTESI DI FONDAZIONE.

Si è effettuata una rielaborazione delle prove penetrometriche statiche, per ricavare i parametri geotecnici necessari per il calcolo delle fondazioni, i cui elaborati sono riportati nei diagrammi penetrometrici e nelle litostratigrafie interpretative di Allegato 1. Nei diagrammi penetrometrici sono riportati in rapporto alla profondità, - a sinistra, la *resistenza penetrometrica alla punta*, espressa in  $\text{kg/cm}^2$ ; - al centro, la *resistenza laterale*, espressa in  $\text{kg/cm}^2$ ; - a destra, il *rapporto fra resistenza alla punta e la resistenza laterale locale* ( $R_p/R_l$ : *rapporto di Begemann*). Per ogni strato individuato vengono riportati i valori medi.

Di seguito, per ciascuna prova, è stata graficata la litostratigrafia del terreno indagato e le principali caratteristiche meccaniche estrapolate dai dati penetrometrici: profondità in metri, litologia, descrizione litologica indicativa, peso specifico naturale del terreno ( $\gamma$ ), peso specifico immerso del terreno ( $\gamma'$ ), carico litostatico ( $\sigma'V$ ), coesione non drenata ( $C_u$ ) dei terreni coerenti, angolo di attrito interno ( $\phi$ ) dei terreni incoerenti, densità relativa ( $DR$ ) dei terreni incoerenti, modulo di reazione orizzontale per i pali ( $K$  orizz.).

Le penetrometrie (All. 1) hanno evidenziato nel sottosuolo dell'area indagata caratteristiche litostratigrafiche e meccaniche abbastanza omogenee sia lateralmente che in profondità, pertanto la sequenza litostratigrafica media dell'area indagata può essere così riassunta:

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| - 0.00 ÷ 1.10/2.60 metri      | rilevato formato da materiale di riporto costituito da terreno vegetale misto a rottami di muratura, al di sotto del quale esiste uno strato di potenza variabile da 0.60 m a 1.50 m di ghiaia in natura ben compattata; |
| - 1.10/2.60 ÷ 5.50/6.00 metri | alternanza di terreni argilloso-limosi con livelletti di argille torbose a bassa resistenza, $R_{pm}=9 \text{ kg/cm}^2$ ;  |
| - 5.50/6.00 ÷ 13.00 metri     | argille e argille limose molto consistenti, con valori di resistenza alla punta media $R_{pm}=23 \text{ kg/cm}^2$ ;  |
| - 13.00 ÷ 15.00 metri         | argille limose e argille torbose di bassa e media consistenza, $R_{pm}=14 \text{ kg/cm}^2$ ;   |
| - 15.00 ÷ 22.00 metri         | alternanza di limi sabbiosi, argille e limi argillosi da mediamente consistenti a consistenti, $R_{pm}=19 \text{ kg/cm}^2$ ;   |
| - 22.00 ÷ (25.00) metri       | ghiaie e ghiaie sabbiose, $R_{pm}>100 \text{ kg/cm}^2$   |

All'interno dei fori di sondaggio è stato rinvenuto, durante l'esecuzione dei rilievi 26/05/94, un livello di falda che si attestava mediamente a circa -1.50 metri dalla quota del rilevato.

Considerate le dimensioni ed il peso del bunker (10.0x12.0 m e 1230 ton) e le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione si è inizialmente valutata l'ipotesi di una fondazione a platea rigida centrata sul bunker con piano di posa posto alla profondità di 1.50 metri dal piano di calpestio attuale.

Si procede pertanto alla verifica a breve termine ( $C_u \neq 0$ ,  $\phi = 0^\circ$ ) della capacità portante per la platea, utilizzando i parametri geotecnici desunti dalle elaborazioni delle prove penetrometriche, l'equazione di Terzaghi  $Q_{lim} = (1 + 0,2B/L)CN_c + \gamma DN_q + (1 - 0,2B/L)\gamma B/2N_\gamma$  e i fattori di capacità portante (adimensionali)  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ , proposti da Meyerhof:

Capacità Portante per fondazioni superficiali  
Relazione di Terzaghi - Meyerhof

\*\*\*\*\*

Fondazione a platea rettangolare

\*\*\*\*\*

Dati di Progetto :

Profondità del piano di posa	D	( cm )	150
Larghezza fondazione	B	( cm )	1000
Lunghezza fondazione	L	( cm )	1200
Coesione	$C_u$	( kg/cm ^ 2 )	0.45
Angolo d'attrito	$\phi$	( gradi )	0
Peso Specifico terreno (gamma)	$\gamma$	( kg/m ^ 3 )	750
Eccentricità carichi	E	( cm )	0
Inclinazione carichi sulla verticale	I	( gradi )	0
Profondità falda	LS	( cm )	150
Profondità/larghezza minore di 4		( Numero )	0.15

Calcolo :

$K_p$	1.000	
$N_q$	1.000	
$N_c$	5.140	
$N_{\gamma}$	0.000	
$Y_1$	1.000	
$Y_2$	1.000	
$Y_3$	0.000	
Contributo $N_c$	(kg/cm ^ 2)	2.699
Contributo $N_q$	(kg/cm ^ 2)	0.113
Contributo $N_{\gamma}$	(kg/cm ^ 2)	0.000
<b>Q. limite</b>	<b>(kg/cm ^ 2)</b>	<b>2.811</b>
Coeff. sic.	(Numero)	3.00
<b>Q. ammissibile</b>	<b>(kg/cm ^ 2)</b>	<b>0.937</b>

In relazione alla capacità portante sopra calcolata appare prudentiale adottare una platea leggermente sovra-dimensionata rispetto all'ingombro effettivo del solo bunker (10.0x12.0 m): adottando per essa uno sbalzo di 0.5 m, pari a 11.0x13.0 m, verrà trasmesso al terreno un carico di esercizio di circa 0.86 kg/cm<sup>2</sup>.

Soluzione alternativa, e ottimale, alla platea risulta essere la fondazione profonda su pali. Si è potuto verificare da dati ricavati da indagini dirette che è presente uno strato ghiaioso alla profondità media di 22.40 metri e con spessore di circa 5-6 metri. Esso potrebbe essere utilizzato come base di appoggio per pali, potendo garantire una elevata portata di punta ed un ridotto rischio di punzamento, a tutto vantaggio della stabilità del manufatto.

Date le caratteristiche del terreno si possono adottare pali trivellati gettati in opera spinti sino alla profondità di circa 23.0 metri ed incastrati nelle ghiaie per circa 1.0 m. Di seguito viene proposto il tabulato di calcolo per un palo trivellato di diametro  $\varnothing=800$  mm.

PREVISIONE DELLA PORTATA TEORICA  
PER PALI TRIVELLATI DI GROSSO DIAMETRO  
con l'impiego del Metodo dell'Equilibrio Limite  
( Formule statiche di portata )

Cantiere : Policlinico - Acceleratore Lineare - Modena.

Dati :

Diametro (D)	(mm)	800
Lunghezza (L)	(m)	21.50
Quota testa	(m)	-1.50
Quota punta	(m)	-23.00
Gamma' (Y')	(kg/m ^ 3)	850
Attrito (phi)	(gradi)	35

PORTATA LATERALE LIMITE PER ATTRITO :

1) STRATI COERENTI

da quota (m)	a quota (m)	delta H (m)	Supf. Lat. (m ^ 2)	Cu (t/m ^ 2)	alfa (coeff.)	PORTATA (ton)
2.00	5.00	3.00	7.54	4.50	0.50	16.88
5.00	13.00	8.00	20.11	9.00	0.27	49.10
13.00	15.00	2.00	5.03	5.50	0.42	11.55
15.00	22.00	7.00	17.59	7.00	0.34	41.42
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
TOTALI		20.00	50.27			118.95

2) STRATI INCOERENTI

da quota (m)	a quota (m)	delta H (m)	Supf. Lat. (m ^ 2)	p/v (t/m ^ 2)	Ø (gradi)	K (num.)	tg Ø (num)	PORTATA (ton)
1.50	2.00	0.50	1.26	1.49	0.0	1.00	0.00	0.00
22.20	23.00	0.80	2.01	19.21	0.0	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	1.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
TOTALI		1.30	3.27					0.00

PORTATA LIMITE DI PUNTA :

( Impiego di coefficienti ridotti secondo Berezantzev -1963- )

1) TERRENO COERENTE:	Area Punta (m ^ 2)	p/v (t/m ^ 2)	Cu (t/m ^ 2)	PORTATA (ton)
	0.503	19.55	0.00	0.00
2) TERRENO INCOERENTE:	Area Punta (m ^ 2)	p/v (t/m ^ 2)	Nq (num.)	PORTATA (ton)
	0.503	19.55	25	245.7

PORTATA LIMITE E DI ESERCIZIO :

Coeff. Sicurezza Laterale:	3
Coeff. Sicurezza di punta:	3
PORTATA LIMITE LATERALE (ton):	118.95
PORTATA LIMITE DI PUNTA (ton):	245.67
PORTATA AMMISSIBILE (ton):	121.5



### 3. VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI TEORICI DI CONSOLIDAZIONE -

Per la complessità dell'opera da realizzare si rende necessaria la verifica dei cedimenti, in quanto è facilmente prevedibile un assestamento rilevante della struttura, anche in funzione dei collegamenti che questa dovrà avere con gli edifici adiacenti esistenti.

La procedura di calcolo adottata considera la teoria del cedimento monodimensionale per consolidazione ed il grafico di Steinbrenner, ottenendo il valore del cedimento assoluto dall'equazione

$$w = \Delta H \times \Delta p \times m_v,$$

dove  $\Delta H$  è lo spessore dello strato,  $\Delta p$  è la componente verticale del carico trasmesso e  $m_v (= 1/\alpha R_p)$  è il modulo di compressibilità volumetrico.

In accordo con la parte progettuale vengono calcolati i cedimenti del terreno per varie ipotesi progettuali e dimensioni della fondazione:

- 1) platea rigida generale su tutta l'area d'intervento (Fig. 2);
- 2) platea rigida centrata rispetto al bunker con sbalzo di 0.5 metri (Fig. 3-4);
- 3) platea rigida centrata rispetto al bunker con sbalzo di 1.0 metri (Fig. 5);
- 4) platea rigida centrata rispetto al bunker con sbalzo di 2.0 metri (Fig. 6);
- 5) ipotesi di raddoppio del bunker in adiacenza, con platea rigida (Fig. 7).

Nella valutazione dei cedimenti vengono prese in considerazione, ai fini del calcolo, le prove penetrometriche n° 1, 2 e 5 che influenzano in maniera ovviamente differente gli assestamenti nei vari punti di analisi considerati, considerando una diffusione significativa del carico sino alla profondità del tetto delle ghiaie a circa 22.00 metri dal piano campagna (All.1).

Negli elaborati grafici (Fig. 2-7) sono schematizzati planimetricamente (scala 1:200) gli edifici esistenti, il bunker da realizzare, le prove penetrometriche e i punti di analisi, per ciascuno dei quali è riportato il cedimento in cm ed il rispettivo incremento di pressione trasmesso al terreno.

Nella valutazione si è considerato per la platea rigida in cemento armato un peso di volume pari a 2500 kg/m<sup>3</sup>, mentre per il terreno di sterro, circa 1.50 m, un peso di volume pari a circa 1700 kg/m<sup>3</sup>, pertanto i carichi dovuti alla platea ed allo sterro si possono considerare compensati. Ne risulta che il

terreno di fondazione sarà soggetto ad un incremento di pressione carico pari al carico trasmesso dalla sola struttura in elevazione.

Nelle tabelle seguenti sono tabulati i valori derivati dall'elaborazione dei dati relativi alle varie soluzioni progettuali proposte:

**TABELLA - 1 -**

platea rigida generale su tutta l'area d'intervento (Fig. 2)

Punto analisi n°	Prova Penetrom. n°	Dimensioni fondazione BxL (m)	Carico esercizio (kg/cmq)	Cedimento Assoluto w (cm)	Cedimento Differenziale $\Delta w$ (cm)
1	5	15.0x17.5	0.17	3.04	-
2	5	15.0x17.5	0.34	5.72	-2.68
3	5	15.0x17.5	0.51	8.61	-5.57
4	5	15.0x17.5	0.68	10.80	-7.76
5	2	15.0x17.5	0.85	10.72	-7.68
6	1	15.0x17.5	0.17	3.50	0.46

Tale ipotesi progettuale determina sollecitazioni elevate alla struttura ed assestamenti eterogenei, dovuti al peso del bunker eccentrico sulla fondazione, con vistoso cedimento nei punti 4 e 5, il che determina un basculamento della intera struttura con inclinazione di tutto il manufatto (platea, pareti e soffitto) pari ad una pendenza di circa 1% sul pavimento.

TABELLA - 2 -

platea rigida centrata rispetto al bunker con sbalzo di 0.5 metri (Fig. 3-4)

Punto analisi n°	Prova Penetrom. n°	Dimensioni fondazione BxL (m)	Carico esercizio (kg/cm <sup>2</sup> )	Cedimento Assoluto w (cm)	Cedimento Differenziale $\Delta w$ (cm)
1	1	11.0x13.0	0.85	11.73	-
2	2	11.0x13.0	0.85	10.57	-1.16
3	5	11.0x13.0	0.85	11.34	-0.39/0.77
4	5	esterno	0.19	5.00	-
5	5	esterno	0.08	2.06	-
6	1	esterno	0.09	1.97	-

I cedimenti differenziali rilevati sono imputabili alle diverse caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione che, poichè la fondazione è di tipo rigido, si tradurranno in un leggero basculamento di tutto il manufatto. In figura 4 è riportato il grafico del cedimento assoluto calcolato nel punto 1 (Fig. 3) e la distribuzione delle pressioni di esercizio nel sottosuolo.

TABELLA - 3 -

platea rigida centrata rispetto al bunker con sbalzo di 1.0 metri (Fig. 5)

Punto analisi n°	Prova Penetrom. n°	Dimensioni fondazione BxL (m)	Carico esercizio (kg/cm <sup>2</sup> )	Cedimento Assoluto w (cm)	Cedimento Differenziale $\Delta w$ (cm)
1	1	12.0x14.0	0.70	10.14	-
2	2	12.0x14.0	0.70	9.18	-0.96
3	5	12.0x14.0	0.70	9.85	-0.29/0.67
4	5	esterno	0.16	4.28	-
5	5	esterno	0.07	1.78	-
6	1	esterno	0.09	1.97	-

TABELLA - 4 -

platea rigida centrata rispetto al bunker con sbalzo di 2.0 metri (Fig. 6)

Punto analisi n°	Prova Penetrom. n°	Dimensioni fondazione BxL (m)	Carico esercizio (kg/cm <sup>2</sup> )	Cedimento Assoluto w (cm)	Cedimento Differenziale $\Delta w$ (cm)
1	1	14.0x16.0	0.53	8.33	-
2	2	14.0x16.0	0.53	7.63	-0.80
3	5	14.0x16.0	0.53	8.19	-0.14/0.56
4	5	esterno	0.12	3.47	-
5	5	esterno	0.07	2.01	-
6	1	esterno	0.09	2.22	-

TABELLA - 5 -

ipotesi di raddoppio del bunker in adiacenza, con platea rigida (Fig. 7)

Punto analisi n°	Prova Penetrom. n°	Fondazione bunker	Dimensioni fondazione BxL (m)	Carico esercizio (kg/cm <sup>2</sup> )	Cedimento Assoluto w (cm)	Cedimento Differenziale $\Delta w$ (cm)
		ampliamento				
1	1	bunker	11.0x13.00	0.85	11.88	-
2	2	bunker	11.0x13.00	0.96	14.89	-
3	5	bunker	11.0x13.00	0.85	12.27	-
4	5	esterno	esterno	0.19	5.20	-
5	5	esterno	esterno	0.09	2.02	-
6	1	esterno	esterno	0.10	2.02	-
7	5	ampliamento	11.0x13.00	0.93	15.86	-
8	2	ampliamento	11.0x13.00	0.85	10.55	-



Si può osservare che l'incremento di dimensioni delle fondazioni a platea (Tabb. 2-3-4) produce un evidente riduzione dei carichi di esercizio trasmessi al terreno che però non si traducono in altrettanto evidenti diminuzioni dei cedimenti, sia assoluti che differenziali. Di contro l'ampliamento delle dimensioni tende ad influenzare, seppure leggermente, le strutture esistenti.

Un eventuale futuro ampliamento, con le medesime caratteristiche, in adiacenza al bunker in oggetto provoca ulteriori assestamenti nell'ordine di 4-5 cm, con conseguente inclinazione dei due manufatti verso la zona di contatto, venendosi così a manifestarsi cedimenti differenziali che potrebbero compromettere la stabilità ed il buon funzionamento delle apparecchiature.

#### **4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Sulla base dei dati geologico-geotecnici e progettuali forniti dall'Ente Appaltante e dalla Committenza, in merito alla tipologia delle fondazioni da adottare per la realizzazione del Padiglione Alta Energia (bunker) che dovrà ospitare un Acceleratore Lineare, si possono formulare le seguenti considerazioni:

- appare ammissibile l'adozione di una fondazione del tipo a platea rigida che trasmette al terreno una Pressione Ammissibile  $Q_{amm}=0.86 \text{ kg/cm}^2$ , con piano di posa a -1.50 m da piano di calpestio attuale.
- L'ipotesi di platea rigida generale estesa a tutta l'area di intervento con bunker eccentrico (Tab. 1 - Fig. 2) determina forti sollecitazioni alla stessa e cedimenti differenziali vistosi con inclinazione di tutto il manufatto dell'ordine di circa l'1%.
- La soluzione della platea rigida centrata rispetto a bunker (Tabb. 2,3,4 - Fig 3-6), con sbalzi variabili da 0.5 a 2.0 m, determina migliori garanzie di stabilità al manufatto, anche con cedimenti pur accentuati, dell'ordine di 8-10 cm. Appare infatti improbabile o comunque assai ridotto il basculamento e/o inclinazione del manufatto.
- L'ipotesi di un eventuale successivo ampliamento in adiacenza al bunker in oggetto (Tab. 5 - Fig. 7), con uguale struttura, comporta incrementi di carico generalizzati e conseguente accentuazione degli

assestamenti nella zona di contatto o di vicinanza dei manufatti, e comportamenti non facilmente prevedibili.

- Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche è stata rilevata la presenza di una falda idrica, probabilmente in pressione, il cui livello si attestava a circa 1.50 metri dal piano di calpestio.

Per la presenza a breve profondità di strati compressibili, eventuali oscillazioni negative della falda, stagionali o annuali, tendono ad influenzare nel tempo il decorso dei cedimenti del terreno sottoposto al sovraccarico della struttura, che si manifestano con accelerazioni della velocità di assestamento o con cedimenti disuniformi e/o differenziali.

I cedimenti per consolidazione, dovuti principalmente agli strati compressibili presenti nei primi 5 metri, in conseguenza della scarsa permeabilità e della presenza della falda in pressione si manifesteranno in tempi relativamente lunghi. È comunque probabile, vista la rapidità di esecuzione prevista delle opere e la conseguente applicazione dei carichi, che una certa aliquota degli assestamenti avvenga in tempi brevi, già durante le fasi costruttive.

- L'adozione di fondazioni profonde su pali trivellati di grande diametro ( $\varnothing=800$  mm), incastrati nello strato ghiaioso a circa 23.0 metri di profondità, risulta essere, alla luce delle considerazioni sopra riportate, la soluzione migliore.

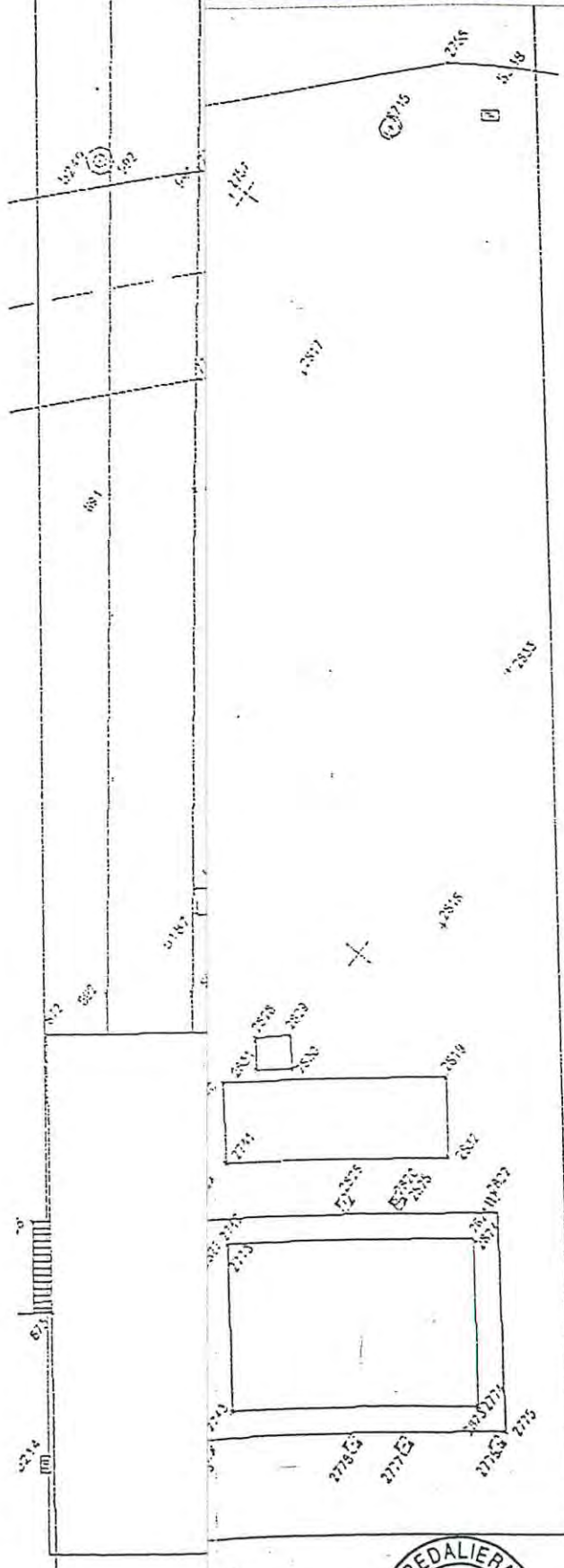
L'elevata capacità portante del palo, circa 121 tonnellate, permette di contenere il numero dei pali della palificata, 10-12 pali, garantendo allo stesso tempo una buona stabilità al manufatto e riducendo al minimo i cedimenti assoluti e differenziali. Inoltre, ciò permetterebbe di poter eventualmente effettuare il raddoppio delle strutture senza particolari conseguenze sulle opere esistenti.



FIGURA: - 1 -

Грo B - Modena

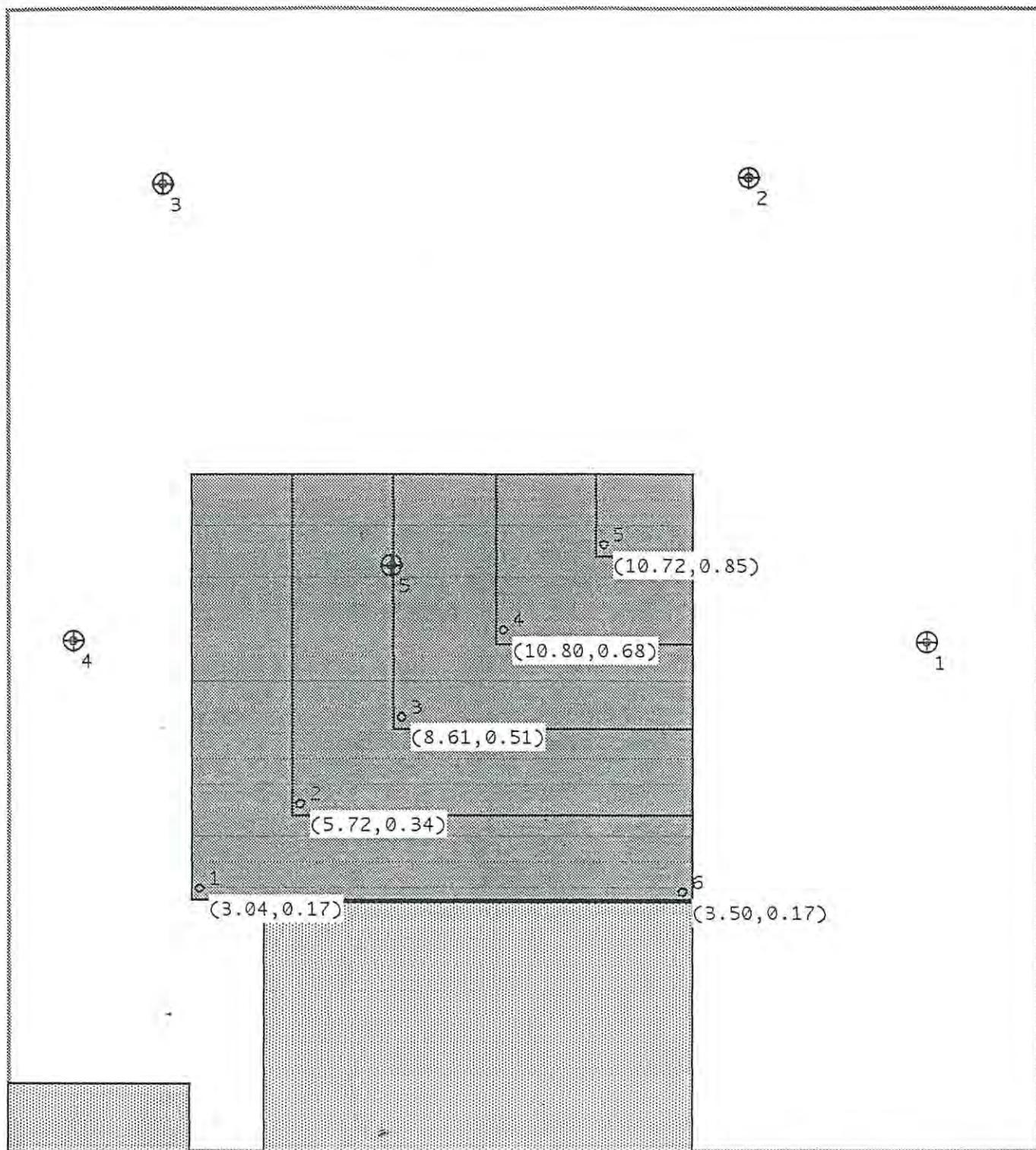
SCALA: 1:250



All 6

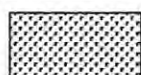
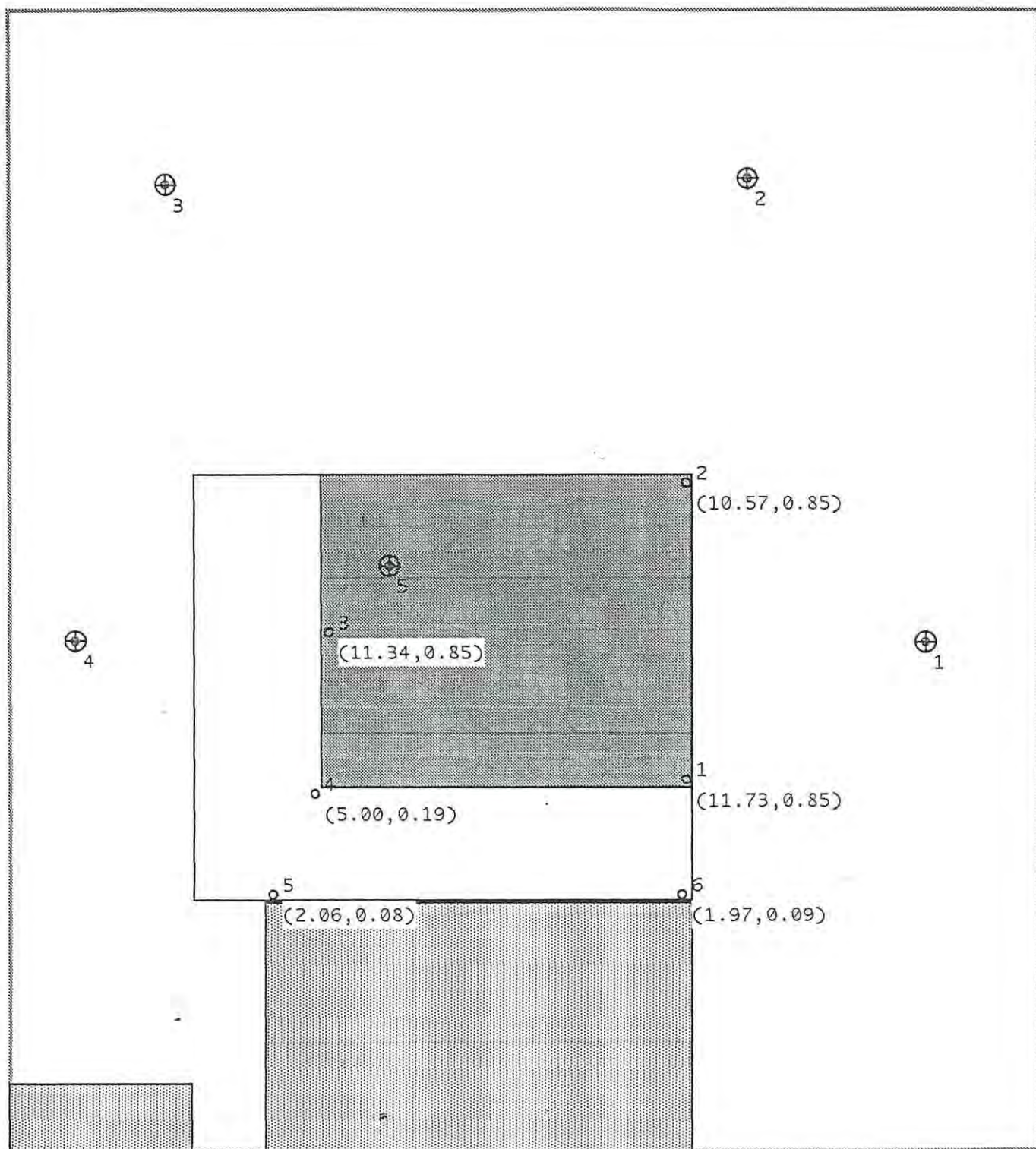






DATA: Maggio '95	AZIENDA OSPEDALIERA DI MODENA Padiglione Alta Energia per Acceleratore Lineare	FIGURA: - 2 -
VERIFICA CEDIMENTI - Platea rigida generale		
	LOCALITA': Policlinico - Corpo B - Modena	SCALA: 1:200





Edifici esistenti



Bunker (platea rigida)



Area di intervento



1 Prova Penetrometrica Statica

O<sup>1</sup> (x,v) Punto di Analisi (cedimento in cm, pressione in kg/cmq)

DATA: Maggio '95

AZIENDA OSPEDALIERA DI MODENA  
Padiglione Alta Energia per Acceleratore Lineare

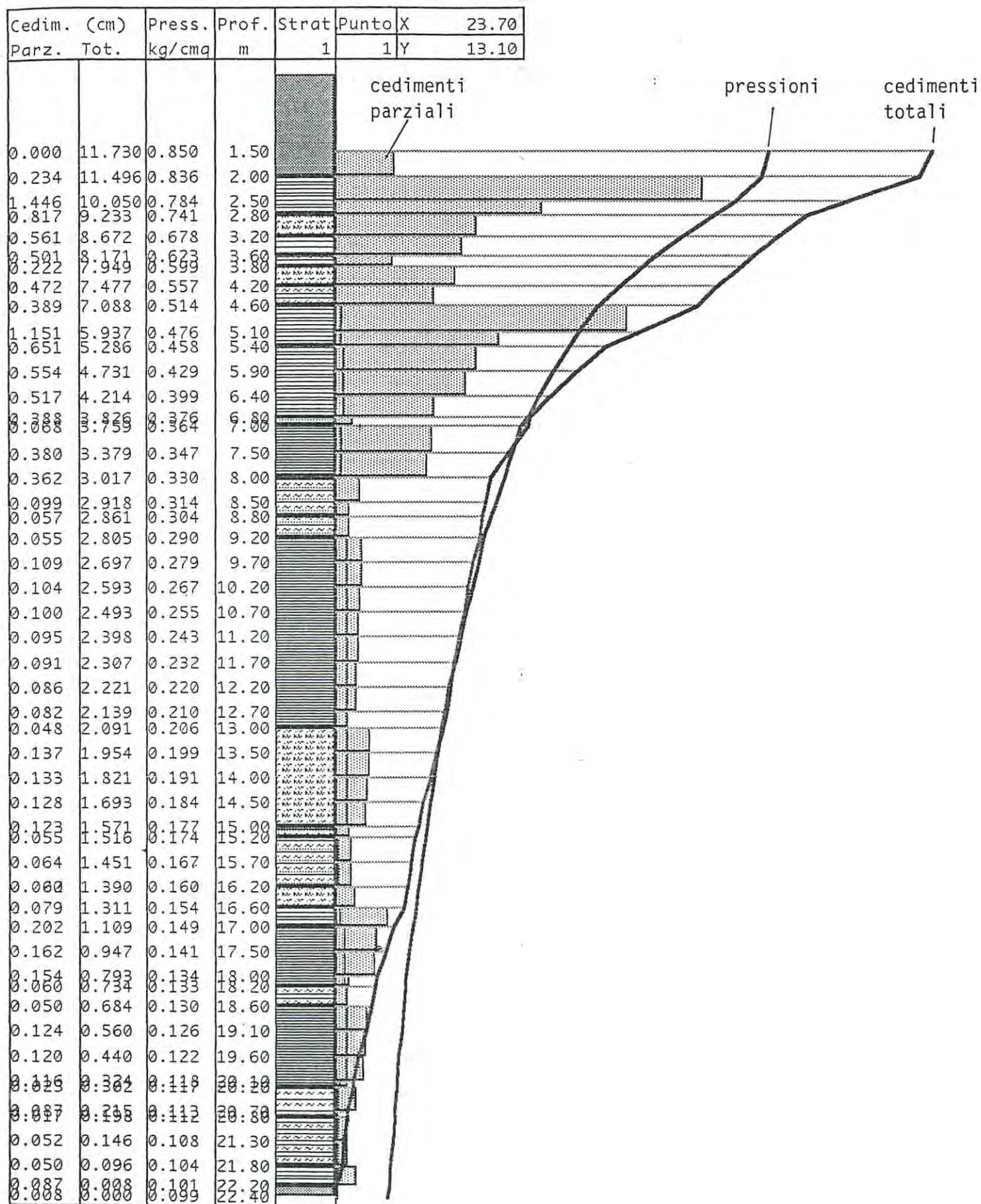
FIGURA: - 3 -

**VERIFICA CEDIMENTI - Platea rigida centrata con sbalzo +0.5 metri**

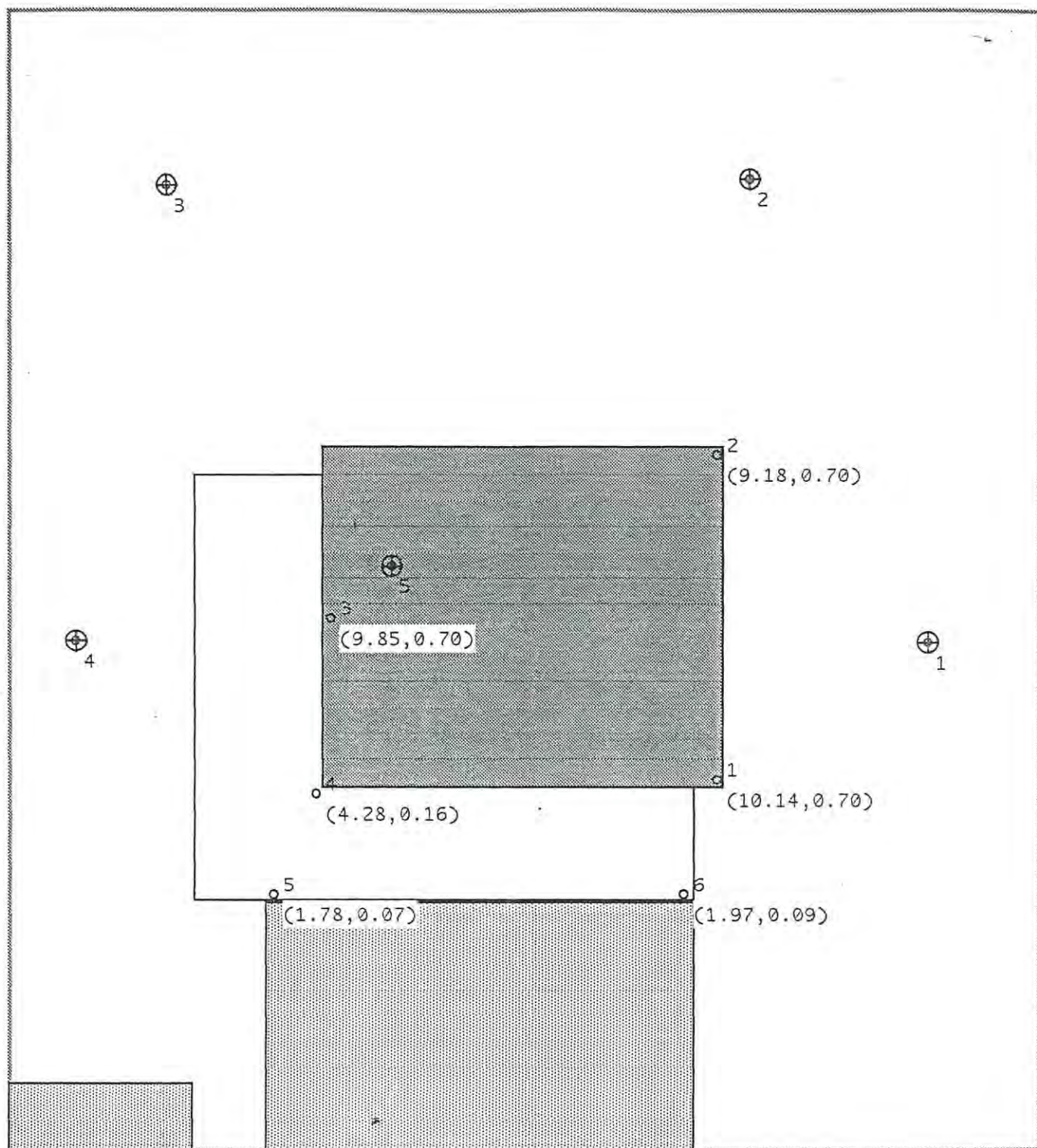
LOCALITA': Policlinico - Corpo B - Modena

SCALA: 1:200









Edifici esistenti



Bunker (platea rigida)



Area di intervento



1 Prova Penetrometrica Statica

o<sup>1</sup> (x,v) Punto di Analisi (cedimento in cm, pressione in kg/cm<sup>2</sup>)

DATA: Maggio '95

AZIENDA OSPEDALIERA DI MODENA  
Padiglione Alta Energia per Acceleratore Lineare

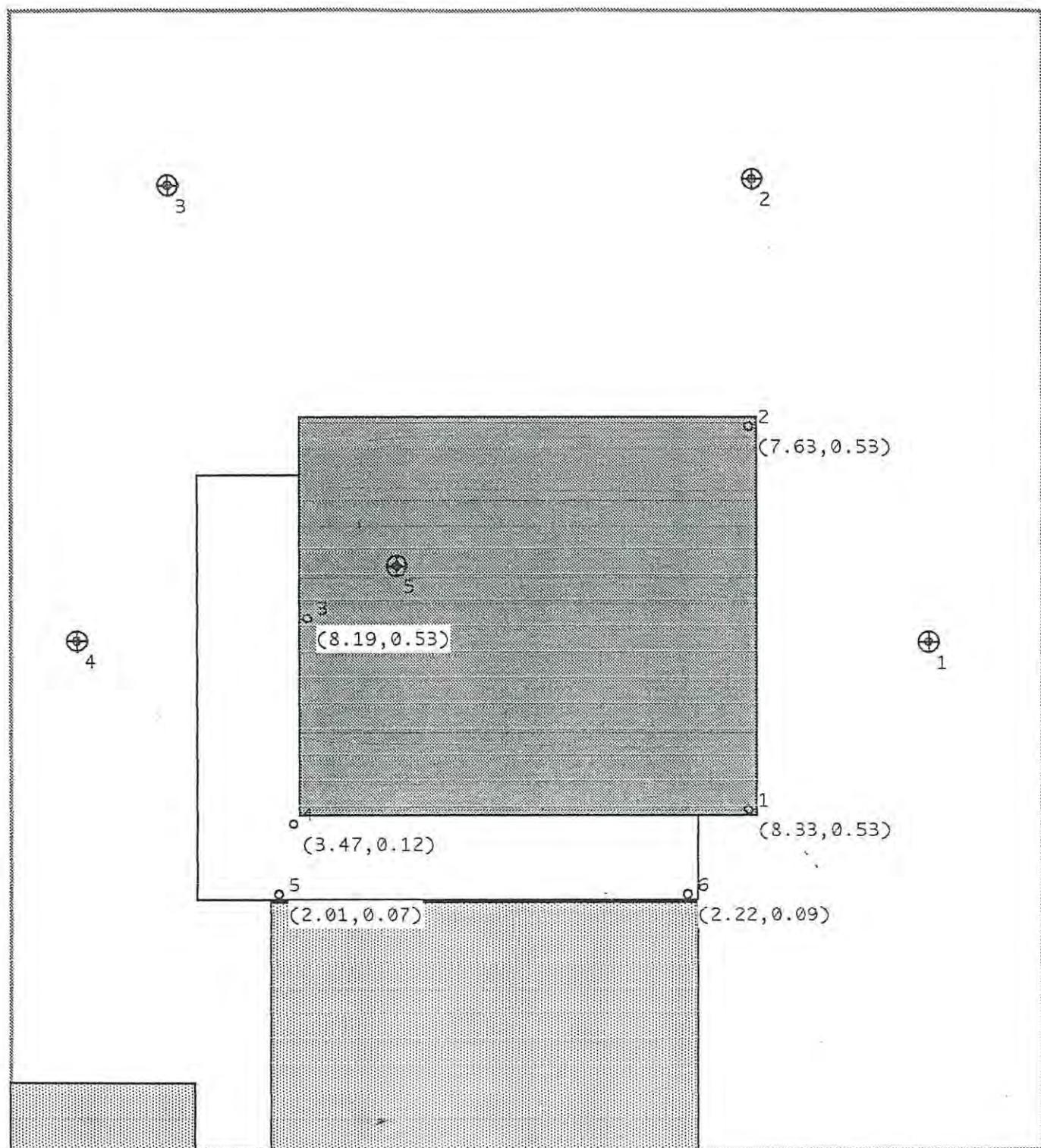
FIGURA: - 5 -

**VERIFICA CEDIMENTI - Platea rigida centrata con sbalzo +1.0 metri**

LOCALITA': Policlinico - Corpo B - Modena

SCALA: 1:200





Edifici esistenti



Bunker (plarea rigida)



Area di intervento



1 Prova Penetrometrica Statica

O<sup>1</sup> (x.v) Punto di Analisi (cedimento in cm, pressione in kg/cmq)

DATA: Maggio '95

AZIENDA OSPEDALIERA DI MODENA  
Padiglione Alta Energia per Acceleratore Lineare

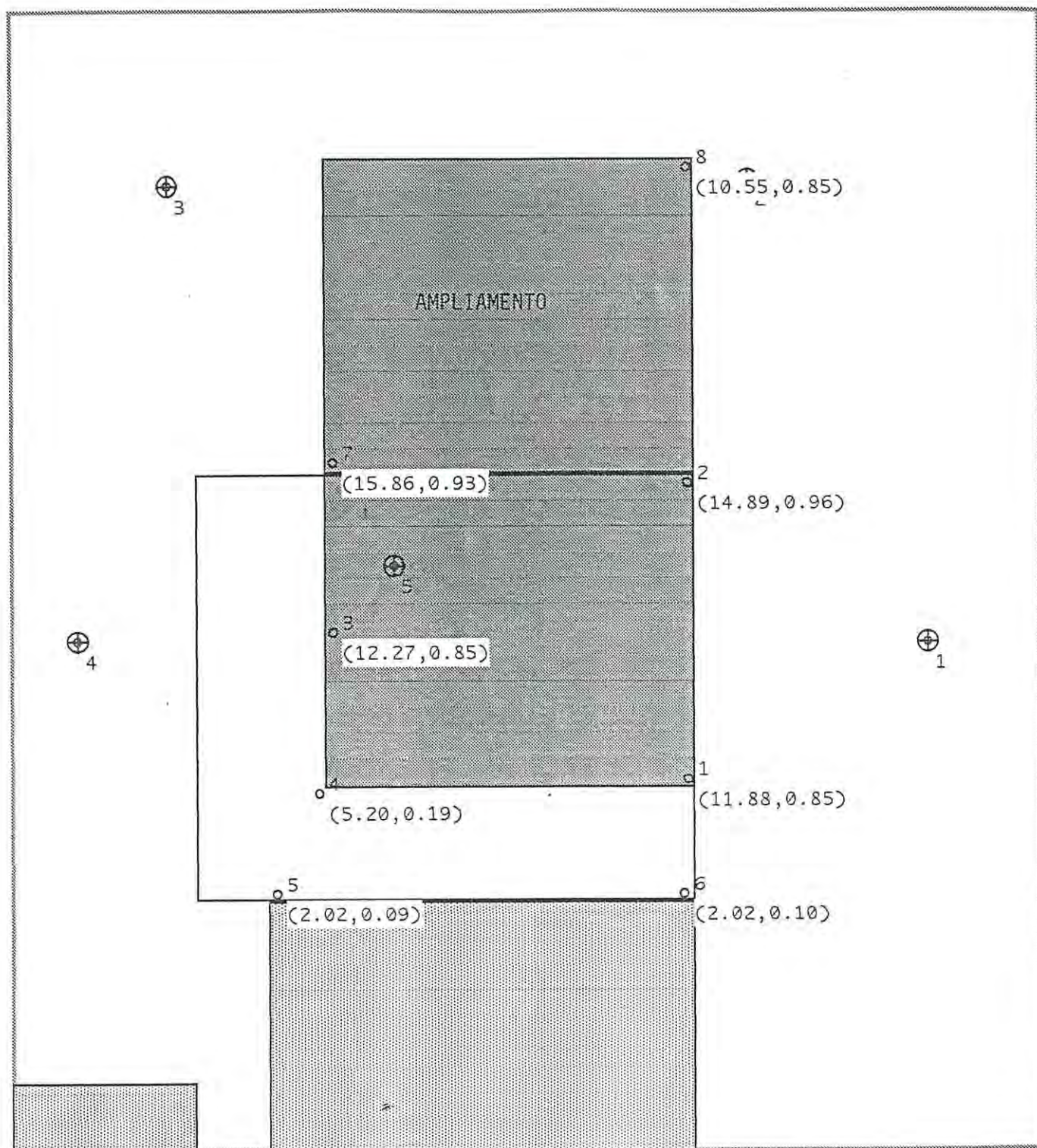
FIGURA: - 6 -

**VERIFICA CEDIMENTI - Platea rigida centrata con sbalzo +2.0 metri**

LOCALITA': Policlinico - Corpo B - Modena

SCALA: 1:200





Edifici esistenti	Bunker (plarea rigida)
Area di intervento	Prova Penetrometrica Statica
Punto di Analisi (cedimento in cm, pressione in kg/cmq)	
DATA: Maggio '95	AZIENDA OSPEDALIERA DI MODENA Padiglione Alta Energia per Acceleratore Lineare
FIGURA: - 7 -	
VERIFICA CEDIMENTI - Ipotesi di raddoppio del Bunker	
LOCALITA': Policlinico - Corpo B - Modena	SCALA: 1:200



# ALLEGATO - 1 -



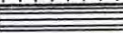
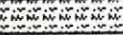


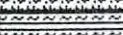








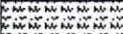









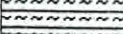
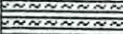
DIAGRAMMI PENETROMETRICI

LITOSTRATIGRAFIE INTERPRETATIVE

SONDAGGIO C.P.T. n° 1  
Quota p.c.: 34.10 m - Preforo: 2.00 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof m	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto Rp/Rl			
	25	50	75	100	125	1.00	2.00	A	L	S	SG
0.20	0.0					0.07		0.0			
0.40	0.0					0.07		0.0			
0.60	0.0					0.07		0.0			
0.80	0.0					0.07		0.0			
1.00	0.0					0.07		0.0			
1.20	0.0	0.0				0.07	0.07	0.0	0.0		
1.40	0.0					0.07		0.0			
1.60	0.0					0.07		0.0			
1.80	0.0					0.07		0.0			
2.00	0.0					0.07		0.0			
2.20	14.0					0.93		15.1			
2.40	16.0	14.0				0.80	0.83	20.0	16.8		
2.60	14.0					0.80		17.5			
2.80	12.0					0.80		15.0			
3.00	8.0	7.5				0.53	0.50	15.1	15.0		
3.20	7.0					0.47		14.9			
3.40	8.0	8.0				0.40	0.40	20.0	20.0		
3.60	8.0					0.40		20.0			
3.80	10.0	10.0				0.33	0.33	30.3	30.3		
4.00	6.0	7.0				0.40	0.40	15.0	17.5		
4.20	8.0					0.40		20.0			
4.40	10.0	10.0				0.33	0.37	30.3	27.4		
4.60	10.0					0.40		25.0			
4.80	11.0					0.53		20.8			
5.00	10.0	10.8				0.47	0.55	21.3	19.5		
5.20	10.0					0.53		18.9			
5.40	12.0					0.67		17.9			
5.60	14.0					0.67		20.9			
5.80	14.0					0.80		17.5			
6.00	16.0					0.80		20.0			
6.20	18.0	16.9				0.93	0.92	19.4	18.4		
6.40	18.0					1.07		16.8			
6.60	18.0					1.07		16.8			
6.80	20.0					1.07		18.7			
7.00	26.0	26.0				0.93	0.93	28.0	28.0		
7.20	18.0					1.33		13.5			
7.40	18.0					1.20		15.0			
7.60	16.0	18.0				0.93	1.09	17.2	16.5		
7.80	18.0					0.93		19.4			
8.00	20.0					1.07		18.7			
8.20	28.0					1.07		26.2			
8.40	32.0	32.5				1.53	1.45	20.9	22.4		
8.60	36.0					1.60		22.5			
8.80	34.0					1.60		21.2			
9.00	44.0	43.0				1.40	1.44	31.4	30.0		
9.20	42.0					1.47		28.6			
9.40	38.0					2.00		19.0			
9.60	28.0					1.47		19.0			
9.80	28.0					1.47		19.0			
10.00	32.0					1.60		20.0			
10.20	32.0					1.73		18.5			
10.40	28.0					1.87		15.0			
10.60	30.0					1.73		17.3			
10.80	30.0					1.73		17.3			
11.00	30.0					1.73		17.3			
11.20	30.0	28.2				1.87	1.65	16.0	17.1		
11.40	32.0					1.87		17.1			
11.60	28.0					1.73		16.2			
11.80	26.0					1.73		15.0			
12.00	28.0					1.60		17.5			
12.20	26.0					1.60		16.2			
12.40	26.0					1.60		16.2			
12.60	24.0					1.33		18.0			
12.80	20.0					1.33		15.0			
13.00	20.0					1.33		15.0			
13.20	16.0					1.33		12.0			
13.40	16.0					1.20		13.3			
13.60	12.0					0.93		12.9			
13.80	14.0					0.93		15.1			
14.00	13.0	14.7				0.87	1.02	14.9	14.4		
14.20	14.0					0.93		15.1			
14.40	12.0					0.93		12.9			
14.60	20.0					1.20		16.7			
14.80	14.0					0.93		15.1			
15.00	16.0					0.93		17.2			
15.20	32.0	32.0				0.80	0.80	40.0	40.0		
15.40	28.0					1.07		26.2			
15.60	24.0					1.40		17.1			
15.80	32.0	28.4				1.33	1.35	24.1	21.1		
16.00	30.0					1.47		20.4			
16.20	28.0					1.47		19.0			
16.40	20.0	16.0				1.33	1.20	15.0	13.3		
16.60	12.0					1.07		11.2			
16.80	14.0	15.0				0.67	0.74	20.9	20.4		
17.00	16.0					0.80		20.0			
17.20	20.0					1.33		15.0			
17.40	18.0					1.20		15.0			
17.60	14.0	17.7				1.20	1.16	11.7	15.3		
17.80	18.0					1.07		16.8			
18.00	18.0					1.07		16.8			
18.20	18.0					1.07		16.8			
18.40	22.0	21.0				0.80	0.87	27.5	24.3		
18.60	20.0					0.93		21.5			
18.80	20.0					1.07		18.7			
19.00	18.0					1.07		16.8			
19.20	24.0					1.07		22.4			
19.40	20.0	18.8				1.33	1.09	15.0	17.3		
19.60	18.0					1.07		16.8			
19.80	16.0					1.07		15.0			
20.00	16.0					1.07		15.0			
20.20	18.0					0.93		19.4			
20.40	22.0					0.67		32.8			
20.60	20.0	22.0				0.53	0.62	37.7	35.5		
20.80	24.0					0.67		35.8			
21.00	16.0					0.80		20.0			
21.20	22.0					0.80		27.5			
21.40	22.0	21.2				0.93	0.93	23.7	22.7		
21.60	22.0					1.07		20.6			
21.80	24.0					1.07		22.4			
22.00	20.0	18.0				1.07	1.00	18.7	18.0		
22.20	16.0					0.93		17.2			
22.40	160.0	160.0				1.33	1.33	120.3	120.3		

SONDAGGIO C.P.T. n° 1  
Quota p.c.: 34.10 m - Preforo: 2.00 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof ml	Strati	Tipologia	Gamma kg/mc	Gamma kg/mc	Sigma'V kg/cm²	CU kg/cm²	FI %	DR %	K oriz Kg/cm²
		Riporto							
		FALDA							
2.00		Argilla compatta	1803	803	0.194	0.700	0	0	1.40
2.80		Argilla organica e/o torbe	1710	710	0.223	0.375	0	0	1.50
3.20		Argilla media	1720	720	0.251	0.400	0	0	0.80
3.60		Argilla limosa	1753	753	0.267	0.500	0	0	1.00
3.80		Argilla organica e/o torbe	1700	700	0.295	0.350	0	0	1.40
4.20		Argilla limosa	1753	753	0.325	0.500	0	0	1.00
4.60		Argilla compatta	1764	764	0.386	0.538	0	0	1.08
5.40		Argilla compatta	1831	831	0.502	0.843	0	0	1.69
6.80		Argilla sabbiosa e limosa	1896	896	0.520	1.300	0	0	1.73
7.00		Argilla molto compatta	1841	841	0.604	0.900	0	0	1.80
8.00		Argilla sabbiosa e limosa	1929	929	0.678	1.625	0	0	2.17
8.80		Argilla sabbiosa e limosa	1971	971	0.717	2.150	0	0	2.87
9.20		Argilla molto compatta	1908	908	1.062	1.411	0	0	2.82
13.00		Argilla organica e/o torbe	1811	811	1.225	0.735	0	0	2.94
15.00		Sabbia e limo argilloso	1500	500	1.235	0.000	30	24	2.13
15.20		Argilla sabbiosa e limosa	1909	909	1.325	1.420	0	0	1.89
16.20		Argilla organica e/o torbe	1823	823	1.358	0.800	0	0	3.20
16.60		Argilla compatta	1814	814	1.391	0.750	0	0	1.50
17.00		Argilla molto compatta	1838	838	1.491	0.883	0	0	1.77
18.20		Argilla limosa	1864	864	1.526	1.050	0	0	2.10
18.60		Argilla molto compatta	1847	847	1.662	0.938	0	0	1.88
20.20		Limo argilloso	1871	871	1.714	1.100	0	0	1.47
20.80		Argilla limosa	1865	865	1.800	1.060	0	0	2.12
21.80		Argilla compatta	1841	841	1.834	0.900	0	0	1.80
22.20		Sabbia densa e/o ghiaia	1900	900	1.852	0.000	36	72	8.00



SONDAGGIO C.P.T. n° 2  
Quota p.c.: 34.30 m - Preforo: 2.40 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof m	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto Rp/Rl				
	25	50	75	100	125	1.00	2.00	A	L	S	SG	
0.20	0.0					0.07		0.0				
0.40	0.0					0.07		0.0				
0.60	0.0					0.07		0.0				
0.80	0.0					0.07		0.0				
1.00	0.0					0.07		0.0				
1.20	0.0					0.07		0.0				
1.40	0.0	0.0				0.07	0.07	0.0	0.0			
1.60	0.0					0.07		0.0				
1.80	0.0					0.07		0.0				
2.00	0.0					0.07		0.0				
2.20	0.0					0.07		0.0				
2.40	0.0					0.07		0.0				
2.60	0.0					0.07		0.0				
2.80	14.0	13.0				0.53	0.53	26.4	24.5			
3.00	12.0					0.53		22.6				
3.20	8.0	8.0				0.53	0.53	15.1	15.1			
3.40	10.0					0.40		25.0				
3.60	8.0	9.3				0.40	0.40	20.0	23.3			
3.80	10.0					0.40		25.0				
4.00	6.0	7.0				0.40	0.40	15.0	17.5			
4.20	8.0					0.40		20.0				
4.40	10.0	10.0				0.33	0.33	30.3	30.3			
4.60	10.0					0.47	0.47	21.3	22.3			
4.80	11.0					0.47		23.4				
5.00	12.0					0.67		17.9				
5.20	8.0	10.0				0.53	0.58	15.1	17.3			
5.40	10.0					0.53		18.9				
5.60	14.0					0.53		26.4				
5.80	16.0					0.80		20.0				
6.00	16.0					0.87		18.4				
6.20	20.0					0.93		21.5				
6.40	18.0					0.80		22.5				
6.60	16.0					0.87		18.4				
6.80	16.0					0.87		18.4				
7.00	22.0	18.3				0.93	0.94	23.7	19.5			
7.20	24.0					1.20		20.0				
7.40	18.0					1.33		13.5				
7.60	14.0					0.93		15.1				
7.80	18.0					0.93		19.4				
8.00	18.0					0.93		19.4				
8.20	20.0					1.07		18.7				
8.40	24.0					1.07		22.4				
8.60	28.0					1.47		19.0				
8.80	30.0					1.73		17.3				
9.00	32.0					1.87		17.1				
9.20	34.0					1.87		18.2				
9.40	24.0					1.87		12.8				
9.60	26.0					1.60		16.2				
9.80	24.0					1.33		18.0				
10.00	28.0					1.60		17.5				
10.20	32.0					1.60		20.0				
10.40	34.0					2.00		17.0				
10.60	30.0					2.13		14.1	15.4			
10.80	32.0	28.6				2.20	1.86	14.5				
11.00	32.0					2.13		15.0				
11.20	32.0					1.87		17.1				
11.40	32.0					2.20		14.5				
11.60	24.0					2.40		10.0				
11.80	26.0					2.00		13.0				
12.00	26.0					2.00		13.0				
12.20	28.0					2.13		13.1				
12.40	28.0					1.87		15.0				
12.60	24.0					1.73		13.9				
12.80	24.0					1.40		17.1				
13.00	20.0					1.47		13.6				
13.20	18.0	16.2				1.47	1.45	12.2	12.6			
13.40	17.0					1.40		12.1				
13.60	18.0					1.47		12.2				
13.80	12.0	11.0				1.20	1.13	10.0	9.7			
14.00	10.0					1.07		9.3				
14.20	14.0					0.93		15.1				
14.40	12.0					0.93		12.9				
14.60	14.0					0.93		15.1				
14.80	12.0	13.2				0.93	0.95	12.9	14.0			
15.00	12.0					1.07		11.2				
15.20	14.0					0.93		15.1				
15.40	12.0					0.93		12.9				
15.60	16.0					0.93		17.2				
15.80	28.0	28.0				1.07	1.07	26.2	26.2			
16.00	18.0					1.47		12.2				
16.20	24.0					1.33		18.0				
16.40	22.0	20.7				1.33	1.33	16.5	15.5			
16.60	22.0					1.33		16.5				
16.80	22.0					1.47		15.0				
17.00	16.0					1.07		15.0				
17.20	14.0	14.0				1.20	1.20	11.7	11.7			
17.40	18.0					1.07		16.8				
17.60	20.0					1.07		18.7				
17.80	22.0					1.20		18.3				
18.00	20.0					1.20		16.7				
18.20	18.0					1.07		16.8				
18.40	20.0					1.07		18.7				
18.60	18.0					1.07		16.8				
18.80	19.0	19.1				1.13	1.17	16.8	16.3			
19.00	18.0					1.20		15.0				
19.20	20.0					1.20		16.7				
19.40	20.0					1.27		15.7				
19.60	20.0					1.20		16.7				
19.80	18.0					1.33		13.5				
20.00	20.0					1.33		15.0				
20.20	18.0					1.20		15.0				
20.40	16.0					1.07		15.0				
20.60	28.0	28.0				0.80	0.80	35.0	35.0			
20.80	18.0					0.67		26.9				
21.00	14.0	15.3				0.67	0.76	20.9	20.3			
21.20	14.0					0.93		15.1				
21.40	20.0	20.0				0.53	0.53	37.7	37.7			
21.60	22.0					1.20		18.3				
21.80	22.0	20.5				1.33	1.23	16.5	16.6			
22.00	20.0					1.33		15.0				
22.20	18.0					1.07		16.8				
22.40	160.0	160.0				1.33	1.33	120.3	120.3			

SONDAGGIO C.P.T. n° 2  
Quota p.c.: 34.30 m - Preforo: 2.40 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof m	Strati	Tipologia	Gamma kg/mc	Gamma kg/mc	Sigma' V kg/cm²	CU kg/cm²	FI °	DR %	K oriz Kg/cm²
		Riporto							
	FALDA								
2.60									
3.00		Argilla compatta	1792	792	0.201	0.650	0	0	1.30
3.20		Argilla organica e/o torbe	1720	720	0.215	0.400	0	0	1.60
		Argilla media	1743	743	0.260	0.467	0	0	0.93
3.80									
4.20		Argilla organica e/o torbe	1700	700	0.288	0.350	0	0	1.40
4.40		Argilla limosa	1753	753	0.303	0.500	0	0	1.00
		Argilla media	1760	760	0.333	0.525	0	0	1.05
4.80									
		Argilla compatta	1753	753	0.378	0.500	0	0	1.00
5.40									
		Argilla compatta	1843	843	0.631	0.913	0	0	1.83
8.40									
		Argilla molto compatta	1910	910	1.032	1.432	0	0	2.86
12.80									
		Argilla organica e/o torbe	1843	843	1.099	0.913	0	0	3.65
13.60									
14.00		Argilla organica e/o torbe	1767	767	1.130	0.550	0	0	2.20
		Argilla organica e/o torbe	1795	795	1.257	0.663	0	0	2.65
15.60									
15.80		Argilla sabbiosa e limosa	1907	907	1.275	1.400	0	0	1.87
		Argilla molto compatta	1862	862	1.379	1.033	0	0	2.07
17.00									
17.20		Argilla organica e/o torbe	1803	803	1.395	0.700	0	0	2.80
		Argilla molto compatta	1849	849	1.666	0.953	0	0	1.91
20.40									
20.60		Sabbia e limo argilloso	1500	500	1.676	0.000	29	15	1.87
		Argilla compatta	1817	817	1.725	0.767	0	0	1.53
21.20									
21.40		Limo argilloso	1857	857	1.742	1.000	0	0	1.33
		Argilla molto compatta	1860	860	1.811	1.025	0	0	2.05
22.20									
22.40		Sabbia densa e/o ghiaia	1900	900	1.829	0.000	36	73	8.00



SONDAGGIO C.P.T. n° 3  
Quota p.c.: 34.15 m - Preforo: 1.80 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof ml	Resistenza di punta					Resistenza laterale			Rapporto Rp/Rl				
	25	50	75	100	125	0.60	1.20		A	L	S	SG	
0.20	0.0					0.07			0.0				
0.40	0.0					0.07			0.0				
0.60	0.0					0.07			0.0				
0.80	0.0					0.07			0.0				
1.00	0.0	0.0				0.07	0.07		0.0	0.0			
1.20	0.0					0.07			0.0				
1.40	0.0					0.07			0.0				
1.60	0.0					0.07			0.0				
1.80	0.0					0.07			0.0				
2.00	0.0					0.07			0.0				
2.20	14.0					0.27			51.9				
2.40	14.0					0.27			51.9				
2.60	12.0					0.67			17.9				
2.80	10.0					0.67	0.57		14.9	15.9			
3.00	6.0					0.53			11.3				
3.20	8.0					0.40			20.0				
3.40	10.0					0.13	0.13		76.9	76.9			
3.60	8.0					0.27			29.6				
3.80	10.0					0.27	0.27		37.0	34.6			
4.00	10.0					0.27			37.0				
4.20	8.0					0.40			20.0				
4.40	12.0					0.40	0.44		30.0	22.6			
4.60	10.0					0.53			18.9				
4.80	10.0					0.40			25.0				
5.00	12.0					0.27	0.38		44.4	32.0			
5.20	13.0					0.33			39.4				
5.40	14.0					0.53			26.4				
5.60	12.0					0.53			22.6				
5.80	12.0					0.47	0.51		25.5	24.3			
6.00	12.0					0.53			22.6				
6.20	14.0					0.53			26.4				
6.40	19.0					0.47	0.47		40.4	40.4			
6.60	18.0					0.80	0.60		22.5	23.8			
6.80	20.0					0.80			25.0				
7.00	24.0					0.67			35.8				
7.20	16.0					0.67	0.60		23.9	32.5			
7.40	20.0					0.53			37.7				
7.60	18.0					0.53			34.0				
7.80	20.0					0.73			27.4				
8.00	24.0					0.80			30.0				
8.20	26.0					0.93			28.0				
8.40	30.0					1.07	1.00		28.0	27.1			
8.60	32.0					1.20			26.7				
8.80	34.0					1.20			28.3				
9.00	24.0					1.07			22.4				
9.20	16.0					1.07	1.00		15.0	16.0			
9.40	16.0					0.93			17.2				
9.60	28.0					0.80			35.0				
9.80	24.0					0.80	0.60		30.0	33.3			
10.00	28.0					0.80			35.0				
10.20	28.0					1.07			26.2				
10.40	28.0					1.07			26.2				
10.60	29.0					1.40			20.7				
10.80	28.0					1.33			21.1				
11.00	26.0					1.07			24.3				
11.20	26.0					1.07			24.3				
11.40	26.0					1.07	1.12		24.3	23.2			
11.60	24.0					1.07			22.4				
11.80	26.0					1.20			21.7				
12.00	26.0					1.20			21.7				
12.20	26.0					1.20			21.7				
12.40	24.0					0.93			25.8				
12.60	22.0					0.93			23.7				
12.80	16.0					1.07			15.0				
13.00	18.0					0.93			19.4				
13.20	14.0					1.07			13.1				
13.40	13.0					1.00	0.95		13.0	16.0			
13.60	16.0					0.87			18.4				
13.80	16.0					0.93			17.2				
14.00	14.0					0.80			17.5				
14.20	12.0					0.80	0.87		15.0	15.0			
14.40	14.0					0.93			15.1				
14.60	24.0					0.40	0.40		60.0	60.0			
14.80	10.0					0.93			10.8				
15.00	12.0					0.93	0.93		12.9	12.2			
15.20	12.0					0.93			12.9				
15.40	18.0					0.93			19.4				
15.60	20.0					1.07			18.7				
15.80	24.0					1.20	1.15		20.0	20.5			
16.00	30.0					1.00			30.0				
16.20	24.0					1.47			16.3				
16.40	16.0					1.33			12.0				
16.60	22.0					0.93			23.7				
16.80	14.0					0.93			15.1				
17.00	16.0					0.80	1.02		20.0	17.0			
17.20	16.0					1.07			15.0				
17.40	20.0					1.07			18.7				
17.60	18.0					1.07			16.8				
17.80	16.0					0.93			17.2				
18.00	18.0					0.80			22.5				
18.20	20.0					0.93			21.5				
18.40	20.0					0.93			21.5				
18.60	22.0					0.93			23.7				
18.80	24.0					0.80	0.90		30.0	23.1			
19.00	22.0					0.80			27.5				
19.20	24.0					0.80			30.0				
19.40	20.0					0.93			21.5				
19.60	20.0					0.93			21.5				
19.80	20.0					1.07			18.7				
20.00	18.0					0.93			19.4				
20.20	16.0					0.93			17.2				
20.40	16.0					0.93	0.93		17.2	17.2			
20.60	34.0					0.27	0.27		125.9	125.9			
20.80	14.0					0.80	0.80		17.5	17.5			
21.00	14.0					0.80			17.5				
21.20	20.0					1.07			18.7				
21.40	20.0					1.20			16.7				
21.60	20.0					1.33	1.20		15.0	16.7			
21.80	20.0					1.33			15.0				
22.00	20.0					1.07			18.7				
22.20	160.0					1.33	1.33		120.3	120.3			
22.40	160.0					1.33			120.3				

SONDAGGIO C.P.T. n° 3  
Quota p.c.: 34.15 m - Preforo: 1.80 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof ml	Strati	Tipologia	Gamma kg/mc	Gamma' kg/mc	Sigma' kg/cm²	V kg/cm²	FI %	DR %	K oriz kg/cm²
2.00		Riporto							
2.40	FALDA	Sabbia sciolta	1650	650	0.356	0.000	32	13	0.70
3.20		Argilla organica e/o torbe	1737	737	0.415	0.450	0	0	1.80
3.40		Sabbia sciolta	1650	650	0.428	0.000	30	15	0.50
4.00		Argilla limosa	1743	743	0.473	0.467	0	0	0.93
4.60		Argilla media	1753	753	0.518	0.500	0	0	1.00
5.40		Argilla limosa	1783	783	0.580	0.613	0	0	1.23
6.20		Argilla compatta	1786	786	0.643	0.625	0	0	1.25
6.40		Limo argilloso	1849	849	0.660	0.950	0	0	1.27
6.80		Argilla limosa	1849	849	0.694	0.950	0	0	1.90
7.60		Limo argilloso	1853	853	0.762	0.975	0	0	1.30
9.00		Argilla sabbiosa e limosa	1902	902	0.889	1.357	0	0	1.81
9.40		Argilla compatta	1823	823	0.922	0.800	0	0	1.60
10.00		Sabbia e limo argilloso	1500	500	0.952	0.000	31	22	1.78
12.60		Argilla sabbiosa e limosa	1896	896	1.185	1.304	0	0	1.74
14.00		Argilla compatta	1817	817	1.299	0.764	0	0	1.53
14.40		Argilla organica e/o torbe	1792	792	1.331	0.650	0	0	2.60
14.60		Sabbia	1800	800	1.347	0.000	29	15	1.20
15.20		Argilla organica e/o torbe	1772	772	1.393	0.567	0	0	2.27
16.20		Argilla compatta	1879	879	1.481	1.160	0	0	2.32
17.80		Argilla molto compatta	1835	835	1.614	0.863	0	0	1.73
20.00		Argilla limosa	1862	862	1.804	1.036	0	0	2.07
20.40		Argilla compatta	1823	823	1.837	0.800	0	0	1.60
20.60		Sabbia	1800	800	1.853	0.000	29	18	1.70
21.00		Argilla compatta	1803	803	1.885	0.700	0	0	1.40
22.00		Argilla molto compatta	1857	857	1.971	1.000	0	0	2.00
22.40		Sabbia densa e/o ghiaia	1900	900	2.007	0.000	35	71	8.00



SONDAGGIO C.P.T. n° 4  
Quota p.c.: 34.40 m - Preforo: 1.80 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof m	Resistenza di punta					Resistenza laterale		Rapporto Rp/Rl			
	25	50	75	100	125	1.00	2.00	A	L	S	SG
0.20	0.0					0.07		0.0			
0.40	0.0					0.07		0.0			
0.60	0.0					0.07		0.0			
0.80	0.0					0.07		0.0			
1.00	0.0	0.0				0.07	0.07	0.0	0.0		
1.20	0.0					0.07		0.0			
1.40	0.0					0.07		0.0			
1.60	0.0					0.07		0.0			
1.80	0.0					0.07		0.0			
2.00	0.0					0.07		0.0			
2.20	16.0					0.53		30.2			
2.40	18.0					0.67		26.9			
2.60	18.0	16.8				0.80	0.69	22.5	24.2		
2.80	16.0					0.80		20.0			
3.00	16.0					0.67		23.9			
3.20	10.0					0.80		12.5			
3.40	9.0					0.47		19.1			
3.60	9.0	8.6				0.47	0.49	19.1	17.4		
3.80	8.0					0.40		20.0			
4.00	7.0					0.33		21.2			
4.20	9.0					0.33		27.3			
4.40	12.0	11.7				0.40	0.42	30.0	27.8		
4.60	14.0					0.53		26.4			
4.80	12.0					0.67		17.9			
5.00	11.0	11.0				0.60	0.60	18.3	18.3		
5.20	10.0					0.53		18.9			
5.40	14.0	14.0				0.40	0.40	35.0	35.0		
5.60	12.0					1.07		11.2			
5.80	14.0					0.93		15.1			
6.00	18.0					0.93		19.4			
6.20	16.0	16.3				1.20	1.07	13.3	15.3		
6.40	16.0					1.07		15.0			
6.60	18.0					1.07		16.8			
6.80	20.0					1.20		16.7			
7.00	26.0	26.0				1.20	1.20	21.7	21.7		
7.20	19.0					1.53		12.4			
7.40	19.0					1.40		13.6			
7.60	20.0					1.33		15.0			
7.80	22.0					1.33		16.5			
8.00	26.0					1.47		17.7			
8.20	26.0					1.60		16.2			
8.40	30.0	26.9				1.60	1.60	18.8	16.8		
8.60	30.0					1.73		17.3			
8.80	36.0					1.87		19.3			
9.00	32.0					1.87		17.1			
9.20	32.0					1.87		17.1			
9.40	30.0					1.60		18.8			
9.60	28.0					1.60		17.5			
9.80	34.0	34.0				1.47	1.47	23.1	23.1		
10.00	30.0					2.00		15.0			
10.20	28.0					2.13		13.1			
10.40	28.0					1.87		15.0			
10.60	28.0					1.87		15.0			
10.80	28.0					1.87		15.0			
11.00	28.0					1.87		15.0			
11.20	22.0	26.2				1.73	1.69	12.7	15.5		
11.40	24.0					1.73		13.9			
11.60	24.0					1.47		16.3			
11.80	24.0					1.33		18.0			
12.00	22.0					1.47		15.0			
12.20	26.0					1.33		19.5			
12.40	28.0					1.33		21.1			
12.60	30.0	30.0				1.33	1.33	22.6	22.6		
12.80	24.0					1.60		15.0			
13.00	18.0					1.47		12.2			
13.20	16.0					1.20		13.3			
13.40	14.0					0.93		15.1			
13.60	14.0					0.93		15.1			
13.80	14.0	15.8				1.00	1.06	14.0	14.9		
14.00	14.0					0.93		15.1			
14.20	12.0					0.80		15.0			
14.40	16.0					0.87		18.4			
14.60	14.0					0.93		15.1			
14.80	16.0					0.87		18.4			
15.00	18.0					1.20		15.0			
15.20	22.0	22.0				0.80	0.80	27.5	27.5		
15.40	20.0					1.33		15.0			
15.60	18.0	18.7				1.07	1.16	16.8	16.1		
15.80	18.0					1.07		16.8			
16.00	22.0	23.0				0.93	0.87	23.7	26.6		
16.20	24.0					0.80		30.0			
16.40	20.0					0.40		50.0			
16.60	20.0	21.3				0.67	0.53	29.9	40.0		
16.80	24.0					0.53		45.3			
17.00	18.0	18.0				1.20	1.20	15.0	15.0		
17.20	20.0					0.93	0.93	21.5	22.6		
17.40	22.0	21.0				0.93		23.7			
17.60	23.0					1.27		18.1			
17.80	20.0					1.33		15.0			
18.00	19.0					1.27		15.0			
18.20	17.0	19.2				1.13	1.18	13.3	16.3		
18.40	15.0					1.13		18.7			
18.60	20.0					1.07		16.7			
18.80	20.0					1.20		18.7			
19.00	20.0					1.07		22.4			
19.20	24.0	24.5				1.07	1.10	22.1	22.3		
19.40	25.0					1.13		15.0			
19.60	20.0					1.33		15.0			
19.80	20.0					1.33		13.5	14.1		
20.00	18.0	17.6				1.33	1.25	13.3			
20.20	16.0					1.20		13.1			
20.40	14.0					1.07		44.8			
20.60	30.0	30.0				0.67	0.67	25.0	22.0		
20.80	20.0	19.0				0.80	0.87	19.4			
21.00	18.0					0.93		30.0			
21.20	24.0					0.80		22.4			
21.40	24.0					1.07		22.4			
21.60	24.0	24.3				1.07	1.07	22.4	22.8		
21.80	24.0					1.07		18.7			
22.00	20.0					1.07		22.6			
22.20	30.0					1.33		120.3	120.3		
22.40	160.0	160.0				1.33	1.33				

SONDAGGIO C.P.T. n° 4  
Quota p.c.: 34.40 m - Preforo: 1.80 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof m1	Strati	Tipologia	Gamma ka/mc	Gamma ka/mc	Sigma V ka/cm	CU ka/cm	FI °	DR %	K Ka/cm	oriz Ka/cm
		Riporto								
2.00	FALDA									
3.00		Argilla compatta	1831	831	0.213	0.840	0	0	1.68	
4.00		Argilla organica e/o torbe	1731	731	0.286	0.430	0	0	1.72	
4.60		Argilla limosa	1776	776	0.333	0.583	0	0	1.17	
5.20		Argilla compatta	1767	767	0.379	0.550	0	0	1.10	
5.40		Argilla limosa	1803	803	0.395	0.700	0	0	1.40	
6.80		Argilla organica e/o torbe	1826	826	0.510	0.814	0	0	3.26	
7.00		Argilla sabbiosa e limosa	1896	896	0.528	1.300	0	0	1.73	
9.60		Argilla molto compatta	1901	901	0.763	1.346	0	0	2.69	
9.80		Argilla sabbiosa e limosa	1936	936	0.781	1.700	0	0	2.27	
12.40		Argilla molto compatta	1897	897	1.015	1.308	0	0	2.62	
12.60		Argilla sabbiosa e limosa	1917	917	1.033	1.500	0	0	2.00	
15.00		Argilla organica e/o torbe	1822	822	1.230	0.792	0	0	3.17	
15.20		Argilla limosa	1871	871	1.248	1.100	0	0	2.20	
15.80		Argilla molto compatta	1846	846	1.298	0.933	0	0	1.87	
16.20		Argilla limosa	1878	878	1.334	1.150	0	0	2.30	
16.80		Limo argilloso	1866	866	1.385	1.067	0	0	1.42	
17.00		Argilla molto compatta	1841	841	1.402	0.900	0	0	1.80	
17.40		Argilla limosa	1864	864	1.437	1.050	0	0	2.10	
19.00		Argilla molto compatta	1851	851	1.573	0.962	0	0	1.93	
19.40		Argilla sabbiosa e limosa	1887	887	1.608	1.225	0	0	1.63	
20.40		Argilla molto compatta	1838	838	1.692	0.880	0	0	1.76	
20.60		Sabbia e limo argilloso	1500	500	1.702	0.000	29	16	2.00	
21.00		Argilla compatta	1849	849	1.736	0.950	0	0	1.90	
22.20		Argilla sabbiosa e limosa	1886	886	1.843	1.217	0	0	1.62	
22.40		Sabbia densa e/o ghiaia	1900	900	1.861	0.000	36	72	8.00	

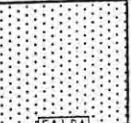
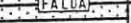






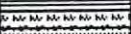
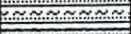
















SONDAGGIO C.P.T. n° 5  
Quota p.c.: 34.05 m - Preforo: 1.10 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof m	Resistenza di punta					Resistenza laterale			Rapporto Rp/Rl				
	25	50	75	100	125	1.00	2.00		A	L	S	SG	
0.20	0.0					0.07			0.0				
0.40	0.0					0.07			0.0				
0.60	0.0					0.07			0.0				
0.80	0.0					0.07			0.0				
1.00	0.0					0.07			0.0				
1.20	0.0					0.07			0.0				
1.40	0.0					0.07			0.0				
1.60	0.0					0.07			0.0				
1.80	18.0					0.67			26.9				
2.00	12.0					0.67			17.9				
2.20	10.0					0.40			25.0				
2.40	8.0					0.40			20.0				
2.60	10.0					0.33			30.3				
2.80	9.0					0.33			27.3				
3.00	6.0					0.27			22.2				
3.20	9.0					0.27			33.3				
3.40	10.0					0.33			30.3				
3.60	10.0					0.40			25.0				
3.80	10.0					0.27			37.0				
4.00	10.0					0.27			37.0				
4.20	10.0					0.33			36.4				
4.40	12.0					0.40			30.0				
4.60	12.0					0.53			18.9				
4.80	10.0					0.53			15.1				
5.00	8.0					0.47			25.5				
5.20	12.0					0.67			23.9				
5.40	16.0					0.93			17.2				
5.60	14.0					0.93			15.1				
5.80	16.0					0.80			20.0				
6.00	17.0					0.87			19.5				
6.20	19.0					1.00			19.0				
6.40	20.0					1.07			18.7				
6.60	24.0					1.07			22.4				
6.80	24.0					1.07			22.4				
7.00	24.0					1.13			22.1				
7.20	25.0					1.47			9.5				
7.40	14.0					1.47			22.4				
7.60	24.0					1.07			25.8				
7.80	24.0					0.93			35.0				
8.00	28.0					0.80			16.2				
8.20	26.0					1.60			17.1				
8.40	32.0					1.87			24.0				
8.60	40.0					1.67			18.0				
8.80	36.0					2.00			16.4				
9.00	34.0					2.07			15.0				
9.20	30.0					2.00			10.4				
9.40	18.0					1.73			16.5				
9.60	22.0					1.33			22.4				
9.80	24.0					1.07			26.2				
10.00	28.0					1.07			19.7				
10.20	34.0					1.73			16.2				
10.40	28.0					1.47			16.3				
10.60	24.0					1.47			16.3				
10.80	24.0					1.53			16.3				
11.00	25.0					1.47			16.3				
11.20	24.0					1.47			17.7				
11.40	24.0					1.47			16.3				
11.60	26.0					1.47			15.0				
11.80	24.0					1.47			16.5				
12.00	22.0					1.47			15.0				
12.20	22.0					1.33			18.0				
12.40	24.0					1.33			18.3				
12.60	22.0					1.20			15.0				
12.80	20.0					1.33			16.8				
13.00	18.0					1.07			19.4				
13.20	18.0					0.93			18.4				
13.40	16.0					0.87			15.1				
13.60	14.0					0.93			15.0				
13.80	15.0					1.00			17.2				
14.00	16.0					0.93			15.1				
14.20	14.0					0.93			17.5				
14.40	14.0					0.80			22.5				
14.60	18.0					0.93			15.1				
14.80	14.0					0.93			15.1				
15.00	14.0					1.07			18.7				
15.20	20.0					1.07			29.9				
15.40	32.0					1.47			21.8				
15.60	32.0					1.07			26.2				
15.80	28.0					1.47			19.0				
16.00	28.0					1.33			15.0				
16.20	20.0					0.80			15.0				
16.40	12.0					0.80			27.5				
16.60	22.0					0.80			15.0				
16.80	12.0					0.80			17.5				
17.00	14.0					0.93			19.4				
17.20	18.0					1.07			18.7				
17.40	20.0					0.93			19.4				
17.60	18.0					0.93			19.4				
17.80	18.0					1.07			16.7				
18.00	18.0					1.20			15.0				
18.20	20.0					1.20			16.8				
18.40	20.0					1.07			20.6				
18.60	18.0					1.07			18.7				
18.80	18.0					1.07			16.8				
19.00	22.0					1.20			16.7				
19.20	20.0					1.00			15.0				
19.40	18.0					0.93			19.0				
19.60	16.0					0.67			23.9				
19.80	16.0					0.67			20.9				
20.00	14.0					0.87			18.4				
20.20	16.0					1.00			19.0				
20.40	19.0					1.07			18.7				
20.60	20.0					1.07			18.7				
20.80	20.0					1.07			22.4				
21.00	24.0					1.33			60.2				
21.20	80.0					1.33			120.3				
21.40	160.0					1.33							



SONDAGGIO C.P.T. n° 5  
Quota p.c.: 34.05 m - Preforo: 1.10 m  
CANTIERE: POLICLINICO - ACCELERATORE LINEARE - MODENA

Prof m	Strati	Tipologia	Gamma kg/mc	Gamma kg/mc	Sigma V kg/cm	CU kg/cm	FI %	DR %	K oriz kg/cm
		Riporto							
1.60		FALDA							
2.40		Argilla media	1780	780	0.166	0.600	0	0	1.20
2.60		Argilla limosa	1753	753	0.181	0.500	0	0	1.00
3.00		Argilla media	1710	710	0.210	0.375	0	0	0.75
		Argilla limosa	1759	759	0.331	0.519	0	0	1.04
4.60		Argilla compatta	1737	737	0.361	0.450	0	0	0.90
5.00		Argilla compatta	1845	845	0.547	0.923	0	0	1.85
7.20		Argilla organica e/o torbe	1803	803	0.563	0.700	0	0	2.80
7.40		Argilla sabbiosa e limosa	1884	884	0.598	1.200	0	0	1.60
7.80		Sabbia e limo argilloso	1500	500	0.608	0.000	33	32	1.87
8.00		Argilla molto compatta	1912	912	0.645	1.450	0	0	2.90
8.40		Argilla sabbiosa e limosa	1960	960	0.664	2.000	0	0	2.67
8.60		Argilla molto compatta	1933	933	0.720	1.667	0	0	3.33
9.20		Argilla molto compatta	1857	857	0.754	1.000	0	0	2.00
9.60		Argilla sabbiosa e limosa	1910	910	0.809	1.433	0	0	1.91
10.20		Argilla molto compatta	1880	880	1.055	1.168	0	0	2.34
13.00		Argilla compatta	1817	817	1.218	0.765	0	0	1.53
15.00		Argilla sabbiosa e limosa	1907	907	1.309	1.400	0	0	1.87
16.00		Argilla organica e/o torbe	1823	823	1.342	0.800	0	0	3.20
16.40		Argilla limosa	1871	871	1.359	1.100	0	0	2.20
16.60		Argilla compatta	1843	843	1.832	0.911	0	0	1.82
22.20		Sabbia densa e/o ghiaia	1900	900	1.868	0.000	34	62	6.00
22.60		Sabbia densa e/o ghiaia							

## RELAZIONE TECNICA RELATIVA ALLE OPERE EDILI

### PREMESSA

La progettazione e' stata eseguita sulla base degli elaborati allegati al bando e alle successive elaborazioni e deduzioni della scrivente, tenendo conto delle caratteristiche dell'apparecchiatura radiante installanda.

Esponiamo per capoversi le considerazioni che hanno determinato la compilazione degli elaborati e dell'offerta.

### 1) STRUTTURE PORTANTI

Le dimensioni ed in particolare gli spessori, sono stati determinati in base alle risultanze dei calcoli dell'esperto qualificato della ditta installatrice dell'apparecchiatura.

In particolare e' stata riservata particolare attenzione al dimensionamento della fondazione in base alle seguenti considerazioni:

1 a) Riteniamo impossibile eseguire una platea su tutto lo spazio di intervento in quanto il peso del bunker, eccentrico sulla stessa, determina sollecitazioni elevate ed assestamenti eterogenei come risulta dall'allegata perizia geologica.

Si rileva infatti che l'assestamento sarebbe causa di una inclinazione di circa 8 cm. di tutto il manufatto (platea, pareti e soffitto) pari cioè ad una pendenza di circa 1% sul pavimento.

1 b) La costruzione di una platea centrata rispetto al peso complessivo del bunker e dei pesi accessori (solai, vano tecnico) renderebbe improbabile l'inclinazione del manufatto ma non annullerebbe gli assestamenti che sono previsti in via teorica in:

cm 12,72 per una sollecitazione di Kg/cm<sup>2</sup> 1,00

cm 8,04 per una sollecitazione di Kg/cm<sup>2</sup> 0,53

cm 18,48 per una sollecitazione di Kg/cm<sup>2</sup> 1,12 nel caso di costruzione del secondo bunker accostato al primo.

E' possibile come del resto adottato nei nostri elaborati, eseguire una platea che sbalza di mt.2 dal margine esterno del bunker realizzando l'ipotesi del minor assestamento teorico.

Si rileva che l'assestamento avviene in tempi brevi data la rapidita' di esecuzione prevista e la conseguente applicazione dei carichi e pertanto le leggere lesioni che potrebbero verificarsi, possono essere immediatamente riprese.

L'assestamento di cui sopra, puo' determinare lesioni nella struttura ed in tutti gli elementi.

Nella perizia geologica viene inoltre evidenziato il comportamento della struttura nell'ipotesi prevista di raddoppio del bunker.

La nuova eventuale costruzione eseguita in adiacenza a quella oggetto della presente offerta potrebbe provocare, qualora non vengano adottati particolari



accorgimenti, ulteriori assestamenti con conseguente inclinazione delle due strutture (vedi perizia geologica).

Nella soluzione qui proposta la rigidezza complessiva della struttura progettata nella nostra soluzione, ci porta ad affermare che gli assestamenti non determineranno deformazioni e spostamenti relativi fra i punti della struttura stessa (pavimenti-soffitto, pareti-pavimento, ecc..).

Per ovviare alle eventuali conseguenze in caso di raddoppio del bunker, si suggerisce la esecuzione di fondazioni indirette, fino ad una profondita' di mt. 23 c.a mediante pali trivellati, o setti di benna mordente.

Qualora codesto Ente, prendendo atto delle osservazioni sopra esposte ritenesse fondata l'ipotesi di optare per fondazioni indirette, evidenziamo a titolo alternativo nell'elenco prezzi la valutazione unitaria di detti manufatti.

Indipendentemente dalla scelta delle fondazioni, il corpo bunker sara' dotato di un dispositivo drenante perimetrale con recapito ad un pozzetto esterno per l'eventuale alloggiamento di una pompa di aggotamento.

Sul fondo del bunker, prima dell'esecuzione della caldana di spessore cm.25, verra' eseguito uno strato impermeabilizzante risvoltato per cm. 30 sulle pareti.

1 c) in previsione degli assestamenti del corpo bunker, per evitare la formazione di lesioni sono stati adottati i seguenti accorgimenti:

- appoggio solai. si prevede un dispositivo di appoggio che permetta rotazioni senza produrre momenti flettenti agli incastri.

il dispositivo e' costituito da angolari chiodati sulle pareti in calcestruzzo armato sia del nuovo bunker che della costruzione esistente. Altri dispositivi quali incastri, cavita' tagliole, costituirebbe una locale limitazione dello spessore delle pareti in c.a. e di inerte baritico.

1 d) Anche la caldana di supporto dei pavimenti deve essere sufficientemente rigida ed armata per restare piana nel caso dell'inclinazione determinata dall'assestamento del bunker.

Le inclinazioni sia dei solai che della caldana, per quanto riguarda il deflusso delle acque sono concordi con le ipotetiche inclinazioni determinate dagli assestamenti; cio' per evitare la formazione di contropendenze.

1 e) Le fondazioni delle parti residue (muri a nord e ad ovest) sono del tipo continuo uniformemente caricate, pertanto armate con ferri continui e staffe ad intervalli regolari. In caso di esecuzione di una fondazione su pali dovranno essere realizzati micropali sotto di essa per annullare anche loro eventuali assestamenti.

1 f) Le murature sono del tipo portante con elementi resistenti semipieni con cordoli di vincolo alle quote dei solai.

1 g) La parete di delimitazione del vano tecnico al piano primo, verso est, viene eseguita in c.a. per garantire maggiore incastro alla struttura del bunker, ed in mattoni doppio UNI sugli altri tre lati.



1 h) La parete di raccordo fra il corpo a due piani e il corridoio esistente sul lato ovest viene eseguita con sostegni metallici posti ad interasse tale da realizzare il disegno esecutivo prospettato in bando.

## **2) CONDOTTE E OPERE DI DEFLUSSO**

### **2 a) FOGNATURE :**

Sono eseguite in unica rete raccordata con l'esistente.

Le acque nere hanno recapito in una fossa biologica all'esterno del fabbricato e successivamente vengono immesse nella fognatura esistente.

Le acque piovane (bianche) vengono captate dai pluviali e immesse nella stessa fognatura delle acque nere dopo opportuno dispositivo di sifone. La soluzione permette un lavaggio naturale e continuo delle acque nere.

### **2b) POLIFORE**

Viene predisposta una polifora per la deviazione della linea elettrica che allo stato attuale attraversa l'area edificanda.

Viene inoltre eseguita una polifora perimetrale per raccordo con i dispersori di terra.

### **2c) CONDOTTE ELETTRICHE.**

Viene predisposta una condotta di alloggiamento dell'alimentazione elettrica dal locale console al quadro ubicato sul lato opposto del bunker. Il percorso di entrata della condotta e' a labirinto tale, cioe' da impedire il percorso retto delle radiazioni.

### **2 d) CONDOTTE DI ARIA CONDIZIONATA.**

Sono ubicate nella zona sovrastante alla porta; anche per queste e' previsto il percorso a labirinto.

### **2 e) PERCORSO GAS MEDICALI**

. Anche per dette tubazioni e' previsto il percorso a labirinto.

## **3 PAVIMENTI E RIVESTIMENTI.**

3a ) Nel bunker e' prevista l'esecuzione di una caldana "morta" di spessore cm. 25 fra l'estradosso della platea ed il piano di calpestio. In detto spessore verranno alloggiate (senza arrecare danno all'armatura della fondazione) le canaline di percorso elettrico e l'alloggiamento sottostante la macchina radiante.



Il pavimento verra' realizzato in linoleum tipo ColoRex EL con rivestimento in cartongesso.

Le pareti in calcestruzzo, sulle quali si diramano le linee dei vari impianti, sono rivestite con pannelli modulari amovibili in truciolare rivestito in laminato plastico montati su struttura in acciaio zincato. Cio' permette la rapida ispezione di tutti gli impianti in caso di manutenzione o guasti. In alternativa viene proposta di realizzare la stessa soluzione in termoplastico elettroconduttivo in piastrelle di cm. 60x60 omogeneo e pressato ad alta densita', avente superficie resistente, liscia e priva di pori e disegno strutturato senza direzione e passante su tutto lo spessore. Il prodotto e' particolarmente indicato ovunque siano indispensabili particolari condizioni tecniche e di sicurezza o bassa resistenza alla dispersione delle cariche elettrostatiche, come sale operatorie, camere sterili, ed aziende elettroniche.

Il locale, come del resto tutto l'arco di servizio ad esso adiacente, verra' controsoffittato con pannelli in fibra minerale Armstrong mod. tatra delle dimensioni di cm. 60x60 montati su struttura in alluminio Trulok F24 ispezionabili in qualunque punto.

#### 4 SERVIZI

La zona servizi e' tutta pavimentata in gres porcellanato monocoloro delle dimensioni di cm. 30x30 posato a colla, su un massetto in calcestruzzo dello spessore di cm 15 con rete elettrosaldata che oltre a ricoprire tutti gli eventuali tubi a pavimento degli impianti consente di assorbire gli effetti degli assestamenti delle strutture. Le tramezzature sono realizzate in laterizi dello spessore di cm. 8 con sovrastante intonaco premiscelato a base di calce.

I rivestimenti previsti sono in ceramica monocoloro delle dimensioni 20x20 o 30x30 applicati a colla sino all'altezza delle porte. Il battiscopa e' in pietra serena dell'altezza di cm. 6/8

In alternativa per i locali consolle ed attesa pazienti e' proposta la realizzazione di pareti mobili, cieche e vetrate con un aumento di spesa di circa 3 milioni. di cui all'allegata documentazione.

Tutte le pareti interne saranno tinteggiate con materiale acrilico lavabile a colori chiari mentre le pareti esterne saranno intonacate e tinteggiate con materiale al quarzo.

#### 5 INFISSI

Tutte le porte interne sono laminate sulle due facce con prodotto a colori a scelta della D.L. e quelle scorrevoli sono inoltre munite di apposita veletta continua su tutta la parete onde nascondere la guida di scorrimento.

La porta di accesso al passaggio coperto dalla zona servizi, e di uscita all'esterno sul lato nord, sono in cristallo di sicurezza con le adeguate protezioni per il passaggio delle barelle.

La porta del bunker, di cui all'allegata documentazione, e' fornita da ditta altamente specializzata, ha completa movimentazione elettrica e spessore derivante dal calcolo eseguito in base alle intensita' delle radiazioni.

Gli infissi sulla parete ovest sono fissi, con contorno in alluminio e lastra con vetro isolante (spessore 4-12-4)

La porta di accesso al locale tecnico e' del tipo antincendio omologato per REI 60 mentre l'areazione del locale e' assicurata con infissi a stecche fisse in alluminio.

## **6 COPERTURA**

La copertura e' realizzata con doppia guaina ciascuna dello spessore di mm 4,00 di cui quella superiore ardesiata.

Nelle zone coperte da solaio in laterizio oltre al manto finale, realizzato come sopra, e' prevista la realizzazione di barriera al vapore e di uno strato isolante in poliuretano espanso ad alta densita'. Completano la copertura, grondaie, converse e pluviali in lamiera preverniciata.

## **7 SISTEMAZIONE ESTERNA**

La sistemazione esterna e' realizzata seguendo lo schema del progetto guida con l'aggiunta di un collegamento sul lato nord con la strada e realizzato in pendenza onde favorire l'accesso immediato alla struttura dall'esterno per qualunque evenienza. Tutta l'area circostante e' prevista a prato con la piantumazione di aceri saccharini e cespugli, mentre la viabilita' e' realizzata con betonelle in cemento che non presentano problemi di manutenzione e sono recuperabili in caso di modifiche nel tempo.

Il Progettista delle opere edili

( Dott.Ing. Valerio Scianti)



Dr. Luciano Landoni - Esperto Qualificato di III grado n. 105  
via Grigna 3 - 20025 Legnano - tel.0331.548796



## RELAZIONE RADIOPROTEXIMETRICA PER L'INSTALLAZIONE

### DI UN ACCELERATORE LINEARE PHILIPS

## PROGETTO DI MASSIMA DEL BUNKER

### 1-INTRODUZIONE

Questa relazione descrive la procedura per la progettazione del bunker per un acceleratore lineare Philips della serie SL25 e/o SL75 facendo riferimento ai disegni allegati.

Le barriere del bunker sono state calcolate in modo tale che nelle aree circostanti le dosi da radiazione X, neutroni e gamma ad essi associate non possano complessivamente superare i 100 microSv/settimana nelle normali condizioni di radioterapia.

Con l'uso dell'acceleratore in Elettron-terapia, viene ignorato il calcolo della dose dal momento che essa è trascurabile rispetto alle dosi in condizioni di RX-terapia.

### 2-VALUTAZIONE DEL CARICO DI LAVORO

2-1 Condizioni tipiche di lavoro: 50 pazienti/gg. per 5 gg/sett.

Dose massima all'isocentro per ogni paziente: 4 Gy

Dose settimanale totale all'isocentro:  $W=I_o= 1000$  Gy/sett.

A scopo cautelativo tutti i trattamenti si ritengono effettuati alla massima energia RX operativa dell'acceleratore in oggetto.

Area del fascio RX all'isocentro:  $0.2 \text{ m}^2$

2-2 Per fasci RX primaria di energia compresa tra 6 e 25 MV vengono assunti per i vari materiali, i seguenti valori di SDV in cm.

Materiale	densità(g/cc)	6 MV	8 MV	10 MV	16MV	18 MV	25MV
Calcestruzzo	2,35	34	36	38	42	44	46
Barite	3,50	23	24	25,5	28	29	31
Acciaio	7,80	10	10	11	11	11	11
Piombo	11,30	5,5	5,5	5	5	5	5
Mattone	1,90	42	45	47	52	54	57
Terrapicno	1,50						



## 2-3 Qualità delle radiazioni:

- i-Radiazione primaria: può variare da 5 a 25 MV in RX a seconda dell'impianto proposto
- ii-Radiazione di fuga dalla testa: è della stessa energia del fascio primario con intensità pari allo 0.1% dell'intensità del fascio primario alle diverse distanze dalla sorgente.  
Per essa si assume sempre  $U=1$ .
- iii-Radiazione diffusa dal paziente: è isotropica in energia e intensità; la dose ad essa associata è lo 0.1% della dose primaria, misurata ad 1m. dall'isocentro.
- iv-Radiazione dispersa dalle pareti della sala di trattamento: essa può estendersi sino alla estremità del labirinto del bunker e può essere diffusa anche dalle pareti interne del labirinto.  
Le sorgenti di queste radiazioni sono:
  - a) RX del fascio primario
  - b) RX di fuga della testa della sorgente
  - c) RX diffusa dal paziente

Le radiazioni diffuse dalle pareti e dal paziente hanno una energia che è dell'ordine della metà dell'energia del fascio primario.

L'intensità della radiazione X misurata si riduce in maniera inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

La proporzione della radiazione residua delle pareti è valutata sperimentalmente essere dell'1% dell'intensità incidente su una superficie di 1 mq. Tale intensità è misurata a 1m. dal centro dell'elemento diffondente in ogni direzione.

## 2-4 Orientamento del fascio primario:(Fattore di utilizzo U):

- 1= In direzione della parete lato dx : 1/4
- 2= In direzione della parete lato sx : 1/4
- 3= In direzione del soffitto : 1/2
- 4= In direzione del pavimento : 1

N.B.: La somma di U per le quattro direzioni è maggiore di 1, ciò riflette l'incertezza che si attribuisce alla previsione sulle procedure cliniche che verranno applicate nel Reparto, oltre ad introdurre un fattore cautelativo.

## 3-CALCOLO DELLE PROTEZIONI CONTRO LA RADIAZIONE PRIMARIA:

Viene sempre assunta per i calcoli l'energia massima del fascio RX.

L'attenuazione A della barriera richiesta è data dalla relazione:

$$A = \frac{W \cdot U \cdot T \cdot 1000000}{R_p} \cdot [1/(d_o+1)^2]$$

dove:

$d_o$  = distanza del punto in esame dall'isocentro in m.

W =  $I_{x0}$  = carico di lavoro in Gy/settimana

U = fattore d'uso

T = fattore d'occupazione

$R_p$  = dose max. ammessa a valle della barriera = 20 microSv/sett. (pari a 1 mSv/a)

Il numero N di strati decivalenti (SDV) richiesti è dato da:

$$N = \log A$$

#### 4-CALCOLO DELLE PROTEZIONI CONTRO LA RADIAZIONE DISPERSA.

(RADIAZIONE DI FUGA DALLA TESTA, RADIAZIONE DIFFUSA DAL PAZIENTE E RADIAZIONE DIFFUSA DALLE PARETI)

Radiazione di fuga dalla testa..... $I_{fo} = 0.001 * I_{xo} = 1 \text{ Gy/sett.}$

Radiazione diffusa dal paziente..... $I_{po} = 0.001 * I_{xo} = 1 \text{ Gy/sett.}$

Radiazione diffusa dalle pareti..... $I_d = 0.01 * I_{xo} = 10 \text{ Gy/sett.}$

Pertanto l'intensita' delle singole componenti nel punto i-esimo sara' data da:

$$I_{fi} = I_{fo} * 1/d_o^2$$

$$I_{pi} = I_{po} * 1/d_o^2$$

dove  $d_o$ =distanza del punto i-esimo dall'isocentro.

$$I_{di} = I_d * 0.2 * U_d * [(1/d_1)^2 + (1/d_2)^2 + (1/d_3)^2 + (1/d_4)^2]$$

dove:

$0.2 \text{ m}^2$  = area del fascio RX all'isocentro

$U_d = 1/4$  = fattore d'uso per la radiazione diffusa

$d_n$  = distanze minime del punto i-esimo dalle singole aree diffondenti.

Pertanto l'intensita' totale della radiazione dispersa nel punto i-esimo sara':

$$I_i = I_{fi} + I_{pi} + I_{di}$$

L'attenuazione A richiesta dalla barriera sara':

$$A = \frac{I_i * T * 1000000}{R_p}$$

da cui gli SDV richiesti N, saranno

$$N = \log A$$

#### 5-CONSIDERAZIONI SULLA PROGETTAZIONE DELLA PORTA DI PROTEZIONE DA RADIAZIONI NEUTRONICHE E FOTONICHE DA INSTALLARE ALL'INGRESSO DEL LABIRINTO.

##### 5-1 Intensita' della sorgente di neutroni.

Per la progettazione della porta all'ingresso del labirinto vengono considerate le radiazioni da neutroni effettivamente emanate da una piccola sorgente centrata sul target RX e con intensita' isotropica.

Misurazioni sperimentali hanno dimostrato che il dose-rate di radiazione neutronica e' funzione dell'energia del fascio RX primario.

Vengono riportati di seguito i valori sperimentali ottenuti recentemente dal costruttore e ritenuti ragionevolmente cautelativi.

Tali valori sono espressi in %Sv per Gy di dose assorbita di fotoni all'isocentro e verranno utilizzati come misura della dose totale di neutroni al labirinto.

Tale valore % tiene conto anche del fattore di qualita' Q posto uguale a 10 per i neutroni e che

viene quindi applicato alla dose assorbita.

Energia RX	% dose-rate di neutroni
8 MV	trascurabile
10 MV	0.03 % Sv
15 MV	0.10 % Sv
25 MV	0.30 % Sv

Ino = Trascurabile fino a 8 MV.

#### 5-2 Radiazione X dispersa nel labirinto.

I raggi X che si possono propagare all'interno del labirinto come radiazione dispersa, sono emanati da tre fonti principali:

- a) RX primari dispersi dalle pareti
- b) RX di fuga dalla testa e dispersi dalle pareti all'interno della sala di trattamento e del labirinto stesso.
- c) RX dispersi dal paziente.

La sorgente a) ha una intensità pari a  $I_{xo}$  Gy/sett.

La sorgente b) ha una intensità di  $I_{fo}$  Gy/sett., misura media ad 1 m. dall'isocentro con  $I_{fo} = 0.001 \cdot I_{xo}$

la sorgente c) ha una intensità di  $I_{po}$  Gy/sett., misura media ad 1 m. dall'isocentro con  $I_{po} = 0.001 \cdot I_{xo}$ .

Le radiazioni delle tre sorgenti sopracitate a), b), c), sono disperse isotropicamente per mezzo delle pareti.

Se  $1 \text{ m}^2$  di superficie della parete disperde una intensità incidente di  $I_i$  Gy/sett. ad una distanza di 1 m dal centro dell'elemento disperdente, la dose diminuisce in funzione dell'inverso del quadrato della distanza.

Il contributo di elementi disperdenti adiacenti all'area di  $1 \text{ m}^2$  sono da sommare. (N.B.: la porzione della radiazione incidente dispersa dalla parete è pari a  $0.01 \cdot I_i$ , vedi punto 2-3-iv).





# BARRIERE PRIMARIE E SECONDARIE

<b>E max. = 18 MV</b> <small>come RX</small>	<b>SDV CC= 44</b> <small>(espresso in cm.)</small>		<b>SDV Bar= 29</b> <small>(espresso in cm.)</small>
<b>PAR. / POS.</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>S</b>
do (m)	5	4,7	4,1
W	1000	1000	1000
Rp	20	20	20
U	0,25	0,25	0,5
T	0,25	1	0,25
A	86805,556	384733,76	240292,2
N	4,9385475	5,5851603	5,3807397
Calcestruzzo	221	250	241
oppure			
Barite	145	164	158

Acceleratore lineare Linac SL18 - Philips  
 Sede dell'installazione: Azienda Ospedaliera di Modena  
 Riferimento planimetrie Philips allegate

Legnano, 7 aprile 1995

Dr. Luciano Landoni - Esperto qualificato di III grado n.105

# BARRIERE PRIMARIE E SECONDARIE

PAR. / POS.	A1/A2	B1/B2	C	D1	D2	D3	D4	S1/S2
do (m)	5,2	5,1	4,7	4,5	7,4	7,9	7,1	4,6
d1 (m)	100	8,1	5,8	5,4	8	7,4	9,4	100
d2 (m)	8	100	5,5	5,4	7,9	9,3	100	5,6
d3 (m)	5,8	5,6	5,3	5,1	7,7	8,2	10	5,4
d4 (m)	5,3	5,2	4,8	4,6	7,5	8	7,2	5,7
W	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Rp	20	20	20	20	20	20	20	20
U	1	1	1	1	1	1	1	1
T	0,25	1	0,25	0,0625	1	1	1	0,25
lfi	0,0369822	0,0384468	0,0452694	0,0493827	0,0182615	0,0160231	0,0198373	0,047259
lfp	0,0369822	0,0384468	0,0452694	0,0493827	0,0182615	0,0160231	0,0198373	0,047259
ldi	0,0405257	0,0421058	0,0708935	0,0771464	0,0331461	0,0301603	0,0203537	0,04853
li	0,1144902	0,1189993	0,1614322	0,1759119	0,0696691	0,0622065	0,0600284	0,143048
A	1431,1273	5949,9647	2017,9026	549,72453	3483,453	3110,3232	3001,4199	1788,0995
N	3,1556783	3,7745144	3,3049002	2,7401451	3,54201	3,4928055	3,4773268	3,2523917
Calcestruzzo	140	167	146	122	157	155	154	144
			realizzabile	richiesti	richiesti		richiesti	
			100 cm CC	110 cm CC	110 cm CC		110 cm CC	
			dente labir.	a valle di D1			a valle di D1	
Note								

Acceleratore lineare Linac SL18 - Philips  
Sede dell'installazione: Azienda Ospedaliera di Modena  
Riferimento planimetrie Philips allegate





## CALCOLO DELLA PORTA DI ACCESSO AL BUNKER

Sede dell'installazione: Azienda Ospedaliera di Modena

Riferimento Planimetrie PHILIPS allegate

Carico di lavoro previsto in Gy/sett., W= 1000

### Radiazione dispersa da RX primaria:

Intensità all'isocentro in questa direzione:	$I_{xo}(A)=$	250 Gy/sett.
Area del fascio Rx all'isocentro:	$A_o=$	0,2 mq.
Distanza del punto L dall'isocentro:	$d(L)=$	3,3 m.
Area irradiata circostante L:	$A(L)=$	2,178 mq.
Intensità incidente in L:	$I_i(L)=1/4 \cdot I_{xo}/d(L)^2=$	22,95684 Gy/sett.
Intensità dispersa dalla parete L:	$I_d(L)=0.01 \cdot I_i(L) \cdot A(L)=$	0,5 Gy/sett.
Distanza dall'area diffondente al punto M:	$d(M)=$	6,1 m.
Intensità incidente in M:	$I_i(M)=I_d(L)/d(M)^2=$	0,01344 Gy/sett.
Area diffondente intorno al punto M:	$A(M)=$	17,672 mq.
Intensità diffondente ad 1 m. dalla parete M:	$I_d(M)=0.01 \cdot I_i(M) \cdot A(M) \cdot 1000=$	2,375117 mGy/sett.
Distanza dall'area diffondente al punto M1:	$d(M1)=$	2,1 m.
Intensità incidente in M1:	$I_i(M1)=I_d(M)/d(M1)^2=$	0,53858 Gy/sett.
Area diffondente intorno al punto M1:	$A(M1)=$	26,45 mq.
Intensità diffondente ad 1 m. dalla parete M1:	$I_d(M)=0.01 \cdot I_i(M1) \cdot A(M1)=$	0,142454 mGy/sett.
Distanza dalla parete diffondente al punto Q:	$d(Q)=$	3,6 m.
Dose residua in Q:	$I_d(Q)=I_d(M) \cdot 1000/d(Q)^2=$	183,3 microSv/sett.

### Radiazione RX di fuga dalla testa e dispersa dal paziente:

Intensità media ad 1 m. dall'isocentro:	$I_{fo}+I_{fp}=0,002 \cdot I_{xo}=$	2 Gy/sett.
Distanza dall'area diffondente del punto N:	$d(N)=$	4,5 m.
Intensità incidente in N:	$I_i(N)=0,002 \cdot I_{xo}/d(N)^2=$	0,098765 Gy/sett.
Area diffondente intorno al punto N:	$A(N)=$	4,05 mq.
Intensità diffusa ad 1 m. da N:	$I_s(N)=0,01 \cdot I_i(N) \cdot A(N) \cdot 1000=$	4 mGy/sett.
Distanza dall'area diffondente al punto Q:	$d(Q)=$	7,1 m.
Dose residua al punto Q:	$I_s(Q)=I_s(N) \cdot 1000/d(Q)^2=$	79,3 microSv/sett.

### Radiazione neutronica e gamma associata:

Dose-rate neutronica rispetto alla radiazione X primaria:	$I_{no}=0,002 I_{xo}$	0,002 %
Intensità della dose neutronica a 1 m. dal target:	$d(P)=$	2 Sv/sett.
Distanza dal punto P all'isocentro	$I_n(P)=1000 \cdot I_{no}/d(P)^2=$	6,2 m.
Dose da neutroni nel punto (P):	$d(PQ)=$	52 mSv/sett.
Lunghezza del labirinto lungo l'asse neutro PQ:	$A=10 \exp(d(PQ)/5)=$	6,3 m.
Attenuazione dei neutroni al termine del labirinto:	$I_n(Q)=I_n(P)/A=$	18,2
Dose da neutroni in Q:	$I_c(Q)=1/5 I_n(Q)$	2857,1 microSv/sett.
Dose gamma associata alla radiazione neutronica:		571,42 microSv/sett.

Dose totale da radiazione X e gamma al punto Q:  $I_d(Q)+I_s(Q)+I_c(Q)=$  834,02 microSv/sett

### Dose ammessa nel punto Q, a valle della porta di ingresso del labirinto: 20 microSv/sett.

Dose gamma ammessa in Q:		6 microSv/sett.
Attenuazione richiesta per la radiazione gamma:	$A(RX)=$	139,0
SDV per gamma ed RX richiesti per la porta di accesso al bunker:	$SDV(RX)=$	2,1
Dose neutronica ammessa in Q:		14 microSv/sett.
Attenuazione richiesta per la radiazione neutronica:	$A(N)=$	204,1
SDV per neutroni richiesti per la porta di accesso al bunker:	$SDV(N)=$	2,31

### Struttura della porta di accesso al bunker:

(N.B.: il piombo richiesto tiene conto della struttura del braccio del labirinto che è sottodimensionato per esigenze di spazio).

$Pb=$	110 mm.
$Cd=$	1 mm.
$Paraffina=$	230 mm.

Legnano, 7 Aprile 1995

Dr. Luciano Landoni  
Esperto Qualificato di III grado n.105

