

PROGETTO PRELIMINARE  
DEMOLIZIONE, RICOSTRUZIONE CON AMPLIAMENTO DI UN  
EDIFICIO DI EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA IN VIA MACALLE'  
41 SEREGNO

## 08. RELAZIONE GEOLOGICA

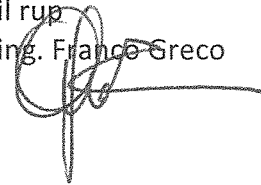
gruppo di progettazione  
**COMUNE DI SEREGNO**  
**AREA QUALITA' URBANA E INFRASTRUTTURE**  
Via XXIV Maggio - Seregno, MB

Il dirigente di Settore

i progettisti  
arch. Virginio Somaschini  
geom. Antonio Tromboni



il rup  
ing. Franco Greco



firma autografa su originale

Seregno, dicembre 2015

# COMUNE DI SEREGNO

Provincia di Monza e Brianza

COMUNE DI SEREGNO  
0052983/2010 - 13/09/2010



ARRIVO - 006-005

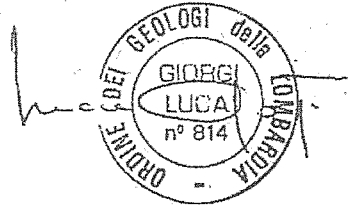
PROGETTO

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI UN NUOVO EDIFICIO DA  
ADIBIRE A CASE COMUNALI IN VIA MACALLE' 41

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Dott. Geol. Luca Giorgi

Iscr. Ordine Geologi della Lombardia n° 814



Luglio 2010



DOTT. GEOL. LUCA GIORGI  
STUDIO GEOTECNICO

Voghera PV via Enrico Toti, 3 tel/fax 0383.62257



## INDICE

<b>PREMESSA</b>	<b>pag.</b>	<b>2</b>
<b>1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE</b>		<b>4</b>
<b>2. INDAGINE GEOTECNICA</b>		<b>9</b>
<b>3. INDAGINE GEOFISICA</b>		<b>11</b>
<b>4. FONDAZIONI</b>		<b>24</b>
<b>5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>		<b>29</b>



## PREMESSA

Nelle pagine che seguono si espongono i risultati e le interpretazioni delle indagini geognostiche svolte presso il terreno che sarà destinato alla realizzazione di un nuovo edificio residenziale entro il nucleo urbano di Seregno, presso via Macallè 41.

Ai capitoli che seguono si descrivono le peculiarità geologiche generali del contesto di inserimento e si illustrano le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione ricavate da una campagna di indagine geognostica articolata in due fasi successive:

- esecuzione di 4 prove penetrometriche SCPT;
- esecuzione di prove geofisiche MASW.

Sulla base dei dati rilevati in fase di indagine si trattano le problematiche relative alla capacità portante del terreno di fondazione, con riferimento al comportamento meccanico di quest'ultimo in relazione alle sollecitazioni operate e si forniscono alcune indicazioni di tipo applicativo da adottarsi in fase esecutiva.

Gli allegati a corredo e completamento della relazione, comprendono gli elaborati grafici e le tabelle inerenti le indagini geognostiche svolte, la cartografia di inquadramento e la documentazione fotografica dell'area di intervento.

### Normativa di riferimento:

- **DECRETO MINISTERIALE 14.01.2008**

TESTO UNITARIO - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI.

- **CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI**

ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI" DI CUI AL D.M. 14 GENNAIO 2008. CIRCOLARE 2 FEBBRAIO 2009.

- **CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI**

PERICOLOSITÀ SISMICA E CRITERI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE. ALLEGATO AL VOTO N. 36 DEL 27.07.2007.

- **EUROCODICE 8 (1998).**

- **INDICAZIONI PROGETTUALI PER LA RESISTENZA FISICA DELLE STRUTTURE**



PARTE 5: FONDAZIONI, STRUTTURE DI CONTENIMENTO ED ASPETTI GEOTECNICI (STESURA FINALE 2003).

- **EUROCODICE 7.1 (1997).**

PROGETTAZIONE GEOTECNICA – PARTE I : REGOLE GENERALI . – UNI.

- **EUROCODICE 7.2 (2002).**

PROGETTAZIONE GEOTECNICA – PARTE II : PROGETTAZIONE ASSISTITA DA PROVE DI LABORATORIO (2002). UNI.

- **EUROCODICE 7.3 (2002)**

PROGETTAZIONE GEOTECNICA – PARTE II : PROGETTAZIONE ASSISTITA CON PROVE IN SITO(2002). UNI.

- **PIANO STRUTTURALE E REGOLAM. URBANISTICO.**

- **D.M. 11.03.1988**

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.



## 1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La fascia morfologica di inquadramento del territorio comunale di Seregno è quella dell'alta pianura lombarda compresa fra le aste fluviali dei fiumi Seveso ad Ovest e Lambro ad Est.

Tale contesto si colloca entro il livello fondamentale della pianura padana, impostato sui terreni che costituiscono il terrazzo Wurmiano, ossia l'insieme dei sedimenti continentali che ha colmato le preesistenti depressioni originate dalla fase interglaciale erosiva Riss-Wurm con il sovralluvionamento delle antiche superfici.

Sulla base di studi dettagliati eseguiti sul territorio e finalizzati all'individuazione e captazione delle risorse idriche sotterranee, ed esaminando le stratigrafie dei pozzi presenti è possibile ricostruire la successione litostratigrafia del sottosuolo; in particolare è possibile individuare la presenza di tre differenti zone litologiche.

La prima litozona è costituita da ghiaie, più o meno sabbiose, in abbondante matrice limoso-argillosa, talora con locali fenomeni di cementazione che danno origine a croste conglomeratiche e corrisponde al fluvioglaciale Wurm, avente spessore variabile da circa 10 m a 20/25 m, con spessore in aumento verso Sud e da Ovest verso Est.

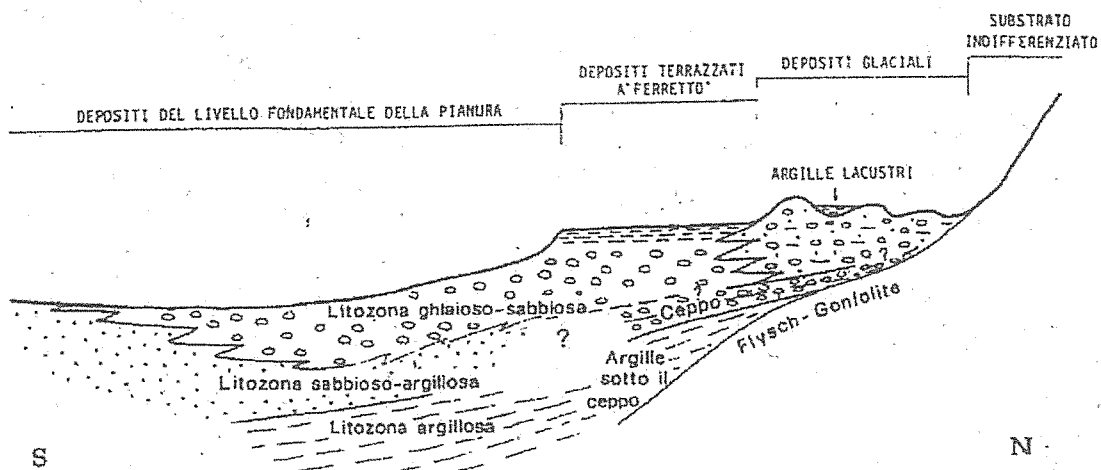
La seconda litozona, disomogenea dal punto di vista compositivo, corrisponde alla facies di transizione fra i depositi morenici dell'apparato lariano ed i processi fluvioglaciali ed è rappresentata da un conglomerato fratturato con intercalazioni sabbioso-ghiaiose e secondariamente argillose noto in letteratura come Ceppo.

Al di sotto della serie fluvioglaciale Wurmiana e del Ceppo è presente una successione costituita da un'alternanza irregolare di depositi di potenza metrica ed estensione lenti-forme, nella quale prevalgono le lenti argillose, cui si alternano orizzonti ghiaiosi, talora cementati in corpi conglomeratici, ed orizzonti sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, questi ultimi più frequenti e continui in direzione Sud.

Entro la zona compresa fra gli apparati morenici a Nord ed i grandi canali a Sud, si estende un vasto settore del livello fondamentale della pianura, di cui il Comune di Seregno è parte integrante, in cui la rete idrografica superficiale è modesta o addirittura assente, ad esclusione delle aste fluviali principali; ciò è da imputarsi ad una maggiore



possibilità di infiltrazione delle acque meteoriche che vanno ad alimentare le falde, conseguente al ridotto o assente strato di alterazione che consente una rapida percolazione in profondità.



Schema dei rapporti stratigrafici lungo un'ipotetica sezione N-S.

In dettaglio, il territorio amministrativo di Seregno presenta una caratterizzazione morfologica definita principalmente dal livello fondamentale della pianura, entro cui l'unico elemento di diversificazione morfologica è costituito da un lembo dei pianalti rissiani, visibile al margine orientale del territorio comunale, ed identificabile visivamente da un lieve rialzo della superficie topografica rispetto ai tratti occidentali dell'ambito comunale.

L'ambito comunale si distingue per l'assenza di altri caratteri morfologici salienti, quali la presenza di corsi d'acqua anche secondari o di una rete irrigua estesa, e per la pressoché uniforme distribuzione di insediamenti civili e produttivi e delle relative infrastrutture.

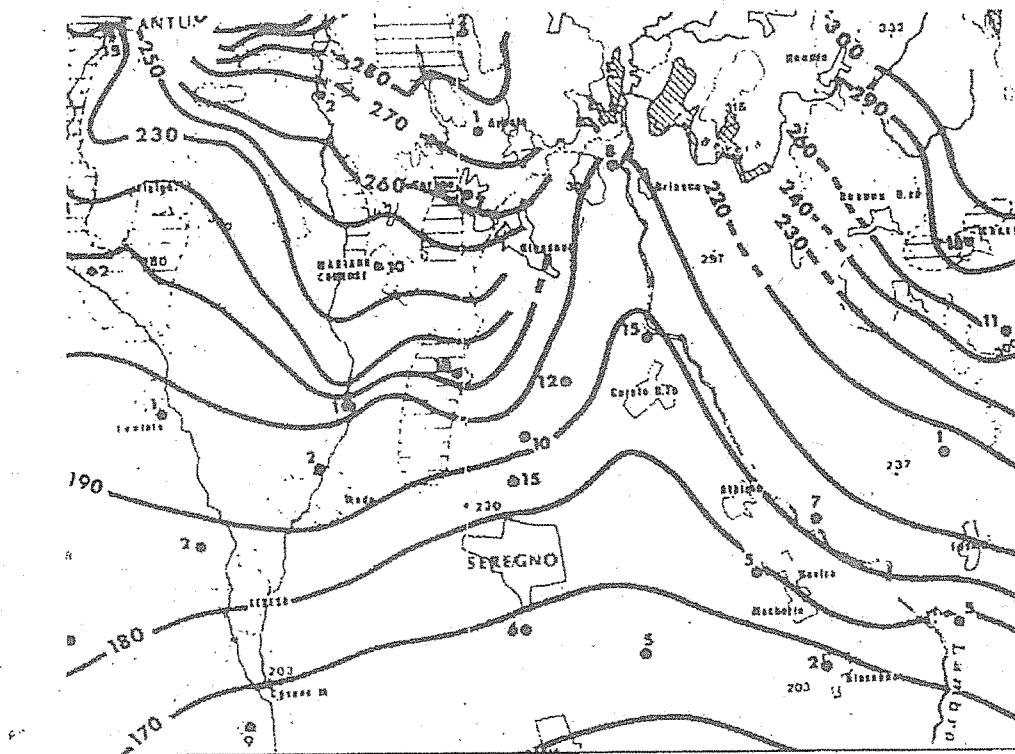
### 1.1 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO

Il settore di pianura a Nord di Milano si distingue per gli elevatissimi quantitativi idrici prelevati dal sottosuolo che pareggiano in alcuni settori le portate affluenti, sia per



l'eccezionale massa idrica di alimentazione profonda proveniente dalla provincia di Como, in particolare dalla zona compresa tra i terrazzi del Lambro e quelli delle Groane, caratterizzata da aree preferenziali di deflusso sotterraneo (paleoalvei).

Entro la zona compresa fra gli apparati morenici a Nord ed i grandi canali a Sud, si estende un vasto settore del livello fondamentale della pianura, di cui il Comune di Seregno è parte integrante, in cui la rete idrografica superficiale è modesta o addirittura assente, ad esclusione delle aste fluviali principali; ciò è da imputarsi ad una maggiore possibilità di infiltrazione delle acque meteoriche che vanno ad alimentare le falde, conseguente al ridotto o assente strato di alterazione che consente una rapida percolazione in profondità.



Inquadramento idrogeologico regionale con ubicazione delle isofreatiche principali (da Beretta et. Al.)

entro i limiti del territorio comunale sia notevolmente limitato dalle estesa copertura urbana, è comunque chiaro che la natura sedimentologica e granulometrica degli orizzonti superficiali favorisce la dispersione nel sottosuolo per l'elevato grado di permeabilità





che si traduce in un'elevata vulnerabilità del primo acquifero nei confronti del percolato inquinante proveniente dalla superficie.

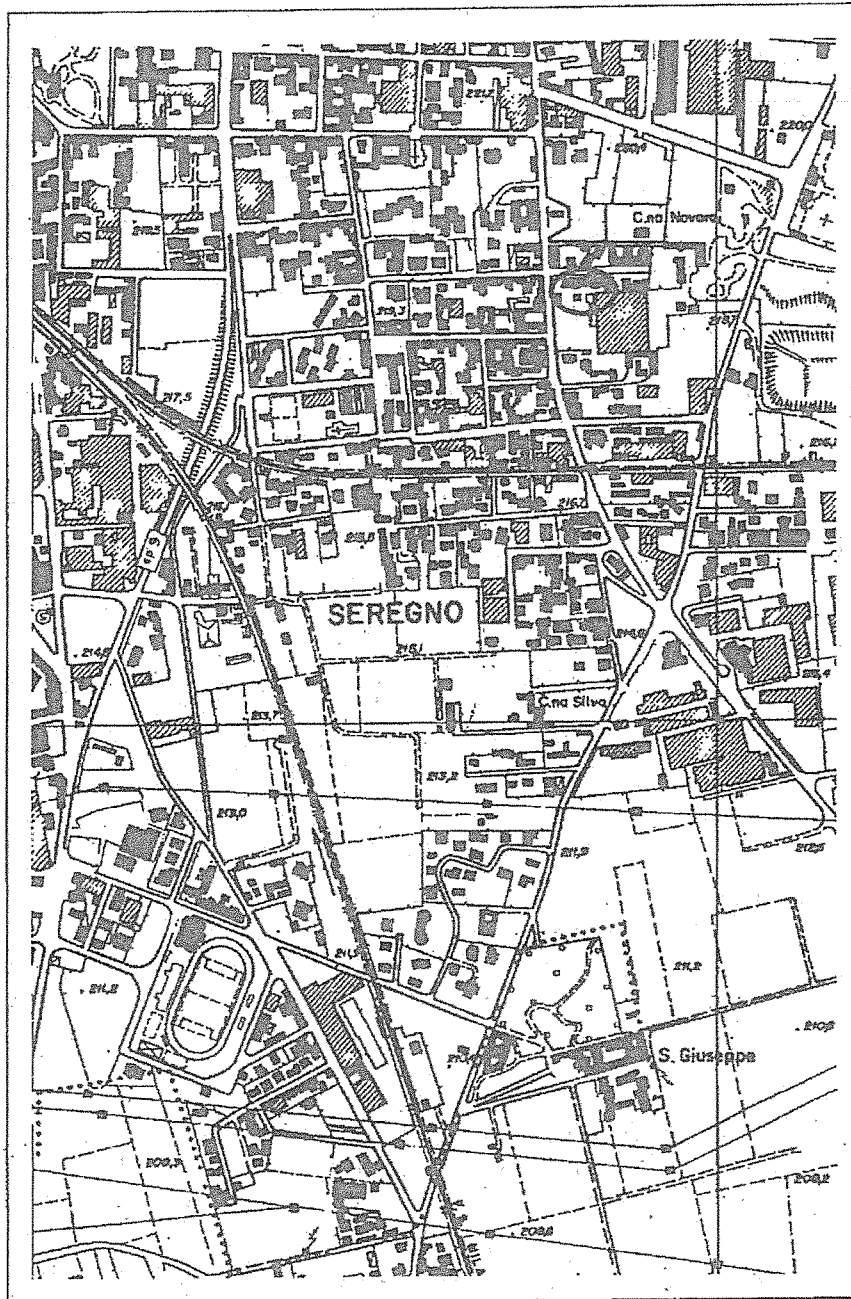
La situazione idrogeologica del territorio comunale può essere descritta riportando i dati emersi in fase di indagine per la realizzazione di due nuovi pozzi ad uso idropotabile comunali e dalle sezioni fornite dall' AMSP.

I dati a disposizione indicano che nell'area comunale sono presenti due acquiferi, di cui il primo contenuto nella porzione superiore della litozona conglomeratica (Ceppo) ed il secondo nelle intercalazioni ghiaioso-sabbiose nella successione prevalentemente argillosa inferiore (Argille sotto il Ceppo); tale suddivisione, basata sull'esistenza di un setto argilloso impermeabile fra le due litozone, non è sempre così netta, a causa delle variazioni laterali della successione sedimentaria, mentre ad Ovest degli ambiti amministrativi la presenza della paleovalle del Fiume Lambro che ha eroso il corpo conglomeratico e parte della successione ad esso sottostante, costituisce un fattore idrogeologico a se stante.

I pozzi presenti all'interno dei limiti comunali prelevano acqua da due acquiferi separati nel settore settentrionale, con grado di commistione gradualmente più spinto procedendo verso i quadranti meridionali; per quanto riguarda i rapporti con le unità stratigrafiche precedentemente descritte, si rileva come i pozzi situati nella porzione più occidentale del territorio sono situati in corrispondenza o nelle immediate vicinanze della paleovalle del fiume Lambro, mentre i pozzi più orientali sono stati realizzati nel corpo prevalentemente conglomeratico che limita verso oriente la traccia della paleovalle.

## **CONFIGURAZIONE MORFOLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO**

L'area interessata dal progetto è situata alla periferia meridionale del Comune di Seregno, nelle vicinanze della s.s. 36 e dello stadio e presenta un aspetto morfologico pianeggiante. Non si rilevano nei limiti di intervento puntualmente considerati e nell'immediato intorno, particolari sintomi di dissesto idrogeologico o centri di pericolo potenziale di carattere ambientale.



Corografia di inquadramento scala 1/10.000



## 2. INDAGINE GEOTECNICA

### 2.1 VERIFICA LITOSTRATIGRAFICA LOCALE

Nell'ambito della configurazione stratigrafica generale dell'area di intervento, verificabile dalla stratigrafia dei pozzi "latteria briantea" situato in via Avogadro e "tiro a segno", in accordo con la normativa vigente si è proceduto all'esame stratigrafico e geotecnico puntuale dei terreni di fondazione del nuovo edificio.

Per lo scopo, entro il perimetro dell'area di intervento, sono state eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche SCPT, spinte sino al rifiuto meccanico all'avanzamento, utilizzando un penetrometro standard DPSH ISSMFE e misurando progressivamente il numero di colpi necessario per l'infissione di 30 cm di asta penetrometrica. Le caratteristiche salienti dell'attrezzatura utilizzata sono le seguenti:

- peso del maglio: 73 Kg
- altezza di caduta: 75 cm
- lunghezza aste: 1,5 m
- angolo apertura punta: 60°
- peso aste: 6,31 Kg/m

I valori numerici scaturiti dalle indagini hanno consentito la definizione della successione litostratigrafica locale, mediante le correlazioni note nella letteratura geotecnica fra il numero di colpi della prova SPT e le varie categorie litologiche; in sintesi i dati riscontrati hanno evidenziato la presenza per la profondità di indagine di sedimenti fluvio-glaciali costituiti da ghiaie grossolane con ciottoli eterometrici ben arrotondati in matrice limoso-sabbiosa, con grado di addensamento variabile.

Nell'ambito di un contesto stratigrafico sostanzialmente uniforme nell'area di indagine, è stato possibile attuare delle correlazioni geotecniche e composizionali fra i punti di prova, suddividendo la profondità di indagine in più strati, ad esclusione dei primi 50 cm di profondità costituiti dal suolo coltivato.



STRATO	Natura dello strato	N spt medio	litologia
STRATO A da -0,5 m a -1,8/2,10 m	granulare	2-6	Sabbie limose grossolane e limi sabbiosi poco addensati con ghiaia.
STRATO B oltre -2,10 m	granulare	15-20	Ghiaie eterometriche in matrice sabbioso-limosa; insieme fortemente addensato (rifiuto all' avanzamento).

In fase di indagine non è stata individuata alcuna presenza idrica sotterranea.

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Dalle correlazioni note in letteratura geotecnica che utilizzano i valori numerici delle prove penetrometriche, è stato possibile ricavare i parametri geotecnici riferiti per ogni intervallo di profondità.

Con riferimento alle tabelle ed ai grafici allegati si è fatto uso delle relazioni:

$$\varphi_p = a + b D_r \text{ (Schmertmann, 1970)}$$

$$\varphi = 28 + 0,28 N_{spt} \text{ (Sowers, 1961)} * N_{spt} = N_{Dp} \times 1,67$$

$$E (NC) = (18,57 + 0,765) (1 - \mu)^2 \text{ (D'Apollonia, 1970)}$$

$$D_r = N_{60} / D_r^2 = 55 \text{ (Terzaghi & Peck, 1948)}$$

$$E = (10,5 - 3,5 D_r) (N_{60}) \text{ (Jamiolkowski, 1985)}$$

E' stato quindi possibile ricavare i valori medio-minimi per ciascuno strato.



PARAMETRI GEOTECNICI	STRATO A	STRATO B
peso di volume $\gamma$ t/m <sup>3</sup>	1,8	1,9
res. al taglio $C_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )		
Angolo di attrito $\phi$ (°)	30	35
Angolo di attrito ridotto	22	32
Coesione $c'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	0,2	
mod. di elasticità $E$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	40	>200
Densità relativa $D_r$ %	30	60
coeff. di Poisson $\mu$	0,3	0,3

### 3. INDAGINE GEOFISICA

In data 17 giugno 2010 è stata effettuata una indagine geofisica presso l'area di progetto, al fine di fornire indicazioni sul comportamento del sottosuolo nell'ipotesi di un evento sismico. L'indagine è stata condotta mediante la realizzazione di una base sismica attrezzata con geofoni con registrazione verticale per la ricezione delle onde P (onde di compressione) mediante l'applicazione della metodologia MASW che consente, attraverso alcune trasformazioni, di risalire alla velocità delle onde S (onde di taglio).

#### Attrezzatura utilizzata

L'attrezzatura utilizzata in campagna è costituita da un sismografo a 24 canali, 24 geofoni con frequenza pari a 4,5 Hz, cavi con take-out distanziati di 5 metri, mazza e piastra di battuta.

Il sismografo ha possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno verticale del segnale (in ampiezza) con sensibilità tra 1 e 100 decibel. La registrazione dei dati in digitale, con formato in uscita pari a 24 bit, viene effettuata su PC sul quale vengono successivamente elaborati i dati.



### Determinazione delle velocità delle onde di taglio (onde S)

La determinazione della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) avviene per mezzo di indagine sismica a rifrazione con metodo MASW, mediante energizzazione del sottosuolo e registrazione degli arrivi delle onde rifrante in corrispondenza di geofoni verticali. Questi sono stati disposti secondo un allineamento con interasse tra i geofoni di 2,0 metri, in questo modo la base sismica ha avuto una lunghezza pari a 46 m. Gli spari sono stati eseguiti ad una distanza di 6 metri dal primo e ultimo geofono.

### Modalità interpretativa

L'elaborazione dei dati sismici con metodo MASW è stata effettuata per mezzo del software SWAN che, mediante la trasformata di Fourier, è in grado di fornire indicazioni sulla suddivisione delle unità litologiche del sottosuolo mediante l'individuazione delle onde  $V_s$ .

E' necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele.

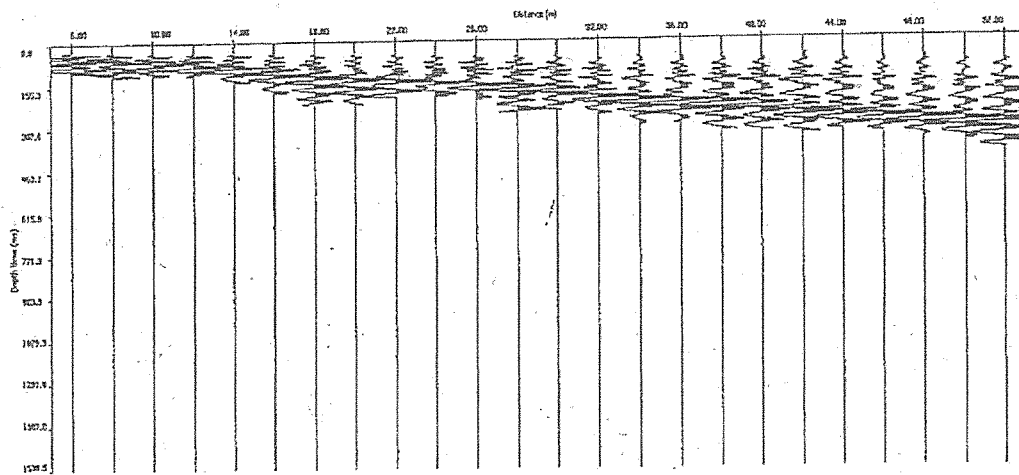
Nell'area indagata le condizioni sopra riportate sono quasi del tutto rispettate. Si rammenta in ogni caso che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15 %.



## RAPPRESENTAZIONE DEI DATI SISMICI CON METODO MASW

Al fine di fornire i valori delle  $V_s$ , è stata realizzata una stesa sismica, di lunghezza pari a 46 m con distanza intergeofonica pari a 2,0 metri. L'energizzazione è stata effettuata ad una distanza di 6,0 m dal primo e dal ventiquattresimo geofono mediante una mazza di 10 kg.

Di seguito si riporta il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione per la linea sismica eseguita, filtrato di eventuali disturbi di fondo:



Sismogramma della base sismica L1.

### Interpretazione dei dati

L'elaborazione dei sismogrammi ha consentito di estrapolare la trasformata di Fourier, di seguito riportata, da questa si risale alla curva di dispersione da cui, confrontata mediante sovrapposizione con quella teorica, è possibile ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.



## APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e succ. modif. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre, sono state definite le nuove norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno, ecc.

La suddetta nuova norma sulle costruzioni (D.M. LL.PP. 14/01/2008) fornisce le nuove classificazioni sismiche individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale". In particolare, l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro livelli: da 1, più pericoloso, a 4 meno sensibile.

Nello specifico il territorio comunale di Seregno ricade in zona 4.

Per quanto riguarda le normative precedenti si ha:

• Codice ISTAT 2001	03015208
• Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti sino al 1998)	N.C.
• Categoria secondo la proposta del G.d.L. del 1998	N.C.
• <u>Zona ai sensi dell'O.P.C.M. 2003</u>	<u>4</u>

I suoli di fondazione sono suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E) più due speciali (S1 e S2), in base alle loro caratteristiche stratigrafiche ed alla velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) entro 30 metri di profondità, ovvero alle  $V_{s30}$ :

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove

$h_i$  = spessore in metri dello strato  $i$ -esimo

$V_i$  = velocità dell'onda di taglio  $i$ -esima

$N$  = numero di strati





Il terreno indagato, con la metodologia MASW, presenta per la linea eseguita un valore delle  $V_{s30}$  pari a **765 m/s** riferito all'attuale piano campagna. Secondo lo schema presente nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. LL.PP. 14 Gennaio 2008) si tratta di terreni appartenenti alla classe B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

## VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' SISMICA DELL'AREA

### Effetti litologici

Al fine di determinare i valori di  $F_a$  dal punto di vista degli effetti litologici, sono stati utilizzati i risultati emersi dall'esecuzione dello sfindimento geofisico con metodo MASW, mediante tale elaborazione e con l'utilizzo di apposite schede messe a disposizione dalla Regione Lombardia. Con tale indagine si è calcolato il valore di  $F_0$  (fattore di amplificazione) da confrontare con i limiti di riferimento indicati dalla Regione Lombardia.

Per ottenere il suddetto  $F_a$  è necessario ricavare il valore di  $V_{s30}$  (onde sismiche di taglio o trasversali) utilizzando le velocità  $V_s$  degli strati intercettati mediante la formula precedentemente riportata. In questo modo si risale al tipo di suolo, che come precedentemente indicato si tratta di tipo B.

Sulla base di parametri geotecnici e litologici, si individua la litologia prevalente del sito e da questo dato si sceglie la relativa scheda di riferimento riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008. Nello specifico la normativa regionale riporta 6 tipi di schede litologiche:

- scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- scheda per le litologie prevalentemente limose-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);



- scheda per le litologie sabbiose;

Si riportano, in un apposito diagramma all'interno di queste schede, i valori delle  $V_s$  relative ad ogni strato. Tale confronto permette di verificare se si rientra o meno nel campo di validità della scheda di riferimento.

I dati ottenuti in campagna e riportati in Tabella 1 rientrano all'interno della scheda relativa al grafico per "litologie ghiaiose".

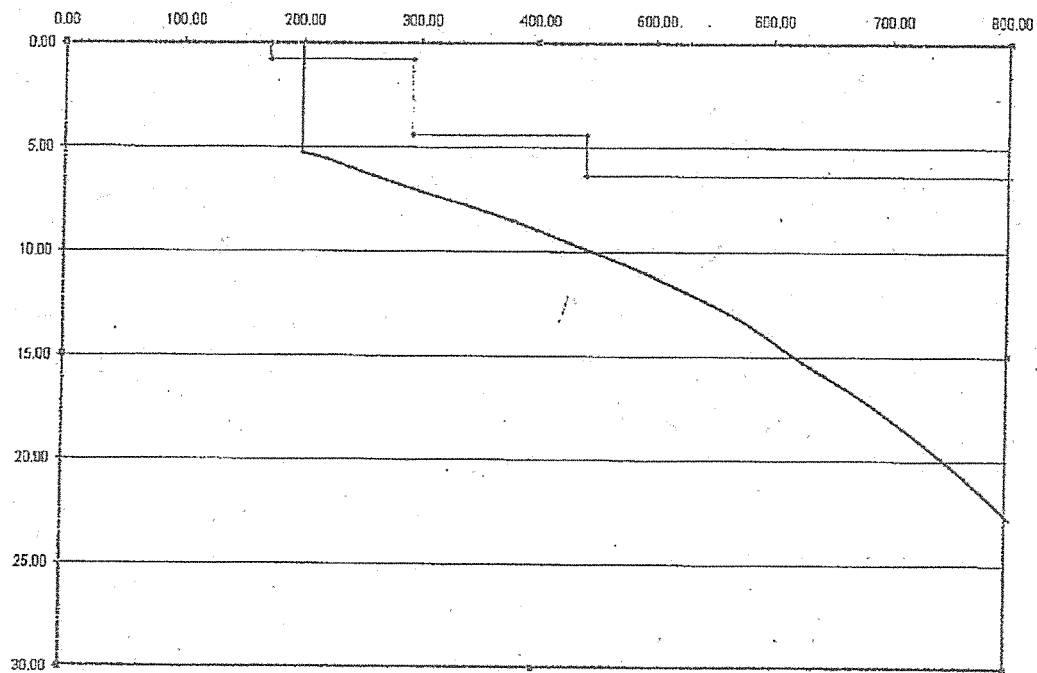


Grafico relativo alla "litologia ghiaiosa" a cui sono stati sovrapposti i valori parziali di ogni intervallo di terreno in base alle  $V_s$ .

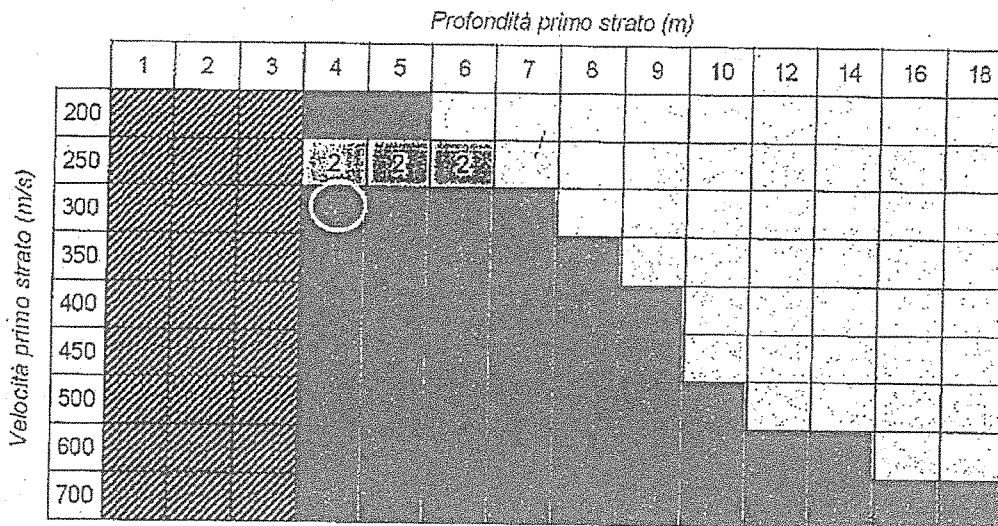
Come è possibile osservare l'andamento delle  $V_s$  è posizionato al di "sopra" della linea rossa che divide il campo di validità dal campo di non validità. Il fatto che questa sche-



da litologica soddisfi questo primo "vincolo", comporta che i valori delle Vs ricavati sono correlabili con la relativa scheda di riferimento per "litologia sabbiose".

Ottenuti la velocità del primo strato ed il relativo spessore si riportano questi valori all'interno dell'abaco (fig. 1) al fine di ricavare il colore della curva da utilizzare (fig. 2) per ottenere il valore di Fa. Tale parametro (Fa) verrà confrontato con quello riportato in bibliografia in funzione della struttura da realizzare: intervallo 0,1-0,5 s - riferito a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide e intervallo 0,5-1,5 s - riferito a strutture più alte e flessibili.

Per utilizzare correttamente l'abaco di fig. 1, come vincolo viene posto che il primo strato abbia almeno 4 m di spessore. Se tale condizione non fosse soddisfatta è necessario calcolare la media pesata almeno dei primi 4 metri di terreno tenendo in dovute considerazioni gli spessori parziali con le rispettive velocità delle onde di taglio.



**Figura 1** - Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di Fa, grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità

Nel nostro caso è necessario eseguire la media pesata dei primi quattro metri di terreno, poiché il primo strato di terreno ha uno spessore inferiore al metro. Si è così ottenuta una velocità (considerando una profondità fino a 4,0 m) di circa 300 m/s. Intersecando il va-



lore di velocità riscontrata con la profondità sopra indicata, si ricade nel campo 3, che corrisponde alla curva 3 blu di fig. 3.

Con i valori sopra ottenuti si calcola il periodo "T" relativo al sito. Nel caso la velocità verificata dall'indagine non raggiungesse gli 800 m/s (bedrock sismico) (nel nostro caso alla profondità di 30 metri è stato valutato un valore di  $V_s$  di 1335 m/s), occorre incrementare la velocità e la profondità delle onde, utilizzando un passo adeguato, fino all'intercettazione degli 800 m/s. Per la determinazione del periodo si utilizza la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo

$V_{s_i}$  = Velocità dell'onda di taglio i-esima

Stendimento sismico	Valore del periodo T calcolato.
L1	0,1 s

Tabella II - recante il valore del periodo T calcolato

Conoscendo la velocità del primo strato, la curva di riferimento ed il valore del periodo T calcolato, si può risalire al valore di  $F_a$  utilizzando gli abachi di riferimento di fig. 3 e fig. 4 per la litologia ghiaiosa e riferiti rispettivamente ad edifici bassi ed ad edifici alti.

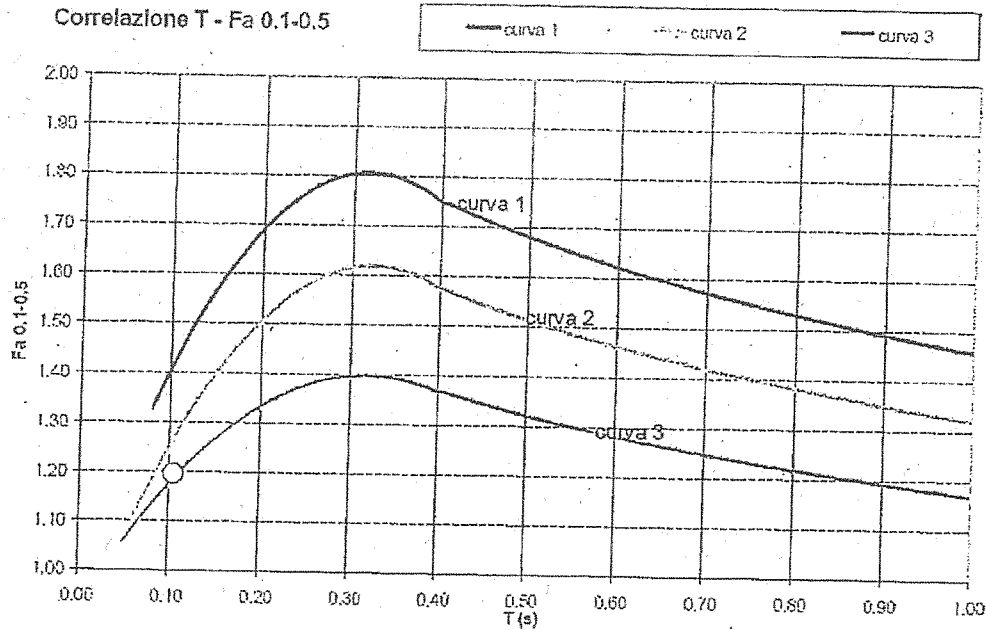


Figura 3 – Abaco di riferimento per la litologia ghiaiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

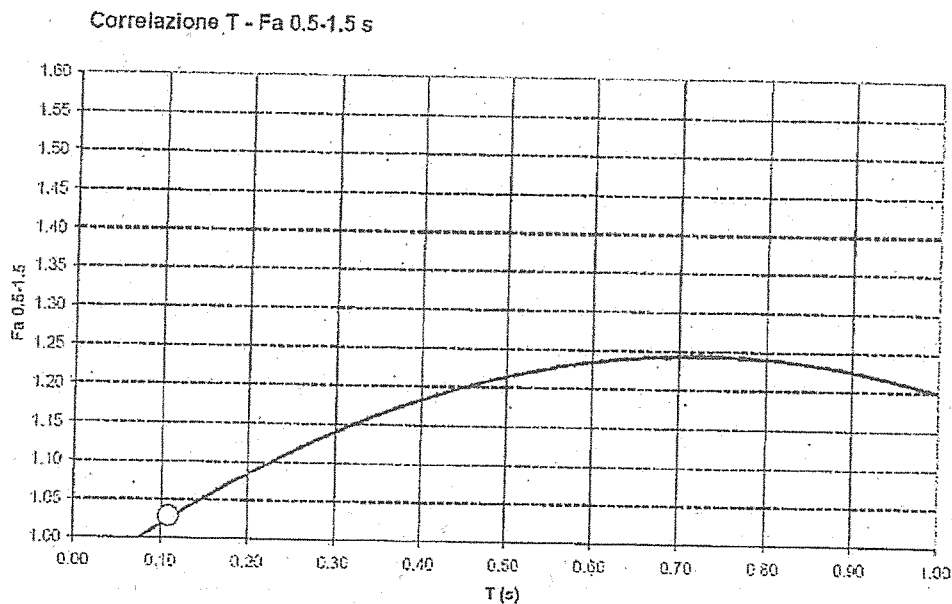


Figura 4 – Abaco di riferimento per la litologia ghiaiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti).



La procedura prevede di valutare  $F_a$  con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarlo con il corrispettivo valore di soglia, considerando una variabilità di  $\pm 0,1$ , che tiene conto la variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto.

Dagli abachi emerge come il valore attribuito al periodo ( $T=0,1$ ), identifi chi sulla curva blu un valore di  $F_a$  di 1,18 per edifici bassi ( $F_a$  di riferimento per i terreni di tipo B = 1,4) e  $F_a$  1,02 per edifici alti ( $F_a$  di riferimento per i terreni di tipo B = 1,7).

Nel caso del superamento di  $F_a$  calcolato rispetto al valore di soglia, la normativa vigente prevede all'All. 5 "punto 2.2.2 Effetti litologici" due possibilità:

- il passaggio allo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore
- studio di terzo livello.

Nel nostro caso il valore di  $F_a$  calcolato, sia per edifici bassi che per edifici alti, risulta essere inferiore al valore di  $F_a$  di riferimento per la categoria del suolo B, pertanto in fase progettuale, considerando altresì che Seregno ricade in classe sismica 4 non si rendono necessari studi di III livello né passaggi alla categoria di suolo superiore.

Le tabelle sottostanti riportano i valori di  $F_a$  relativi, nel primo caso ad edifici bassi (max 4 piani), nel secondo caso ad edifici alti e flessibili (5 o più piani) per ogni tipo di suolo individuato dalla Regione Lombardia per il comune di Seregno.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Seregno	4	1.4	1.9	2.2	2.0



VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica del sito	Valori di soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Seregno	4	1.7	2.4	4.2	3.1



#### 4. FONDAZIONI

Il progetto prevede la realizzazione di un piano cantina completamente interrato, motivo per cui la quota di posa delle fondazioni sarà posta a circa tre metri di profondità dal piano cortile attuale.

Sulla base delle condizioni geotecniche riscontrate, le interazioni struttura-terreno possono essere espresse dalle seguenti relazioni:

##### CARICO LIMITE

$Q_{lim} = cN_c \times s_c \times d_c + \gamma D \times N_q \times s_q \times d_q + 0,5 \times B \times \gamma \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma$  (Hansen) con

$S_q = 1 + B/L \tan \varphi$   $S_\gamma = 1 - 0,4 (B/L)$   $S_c = 1 + (N_q/N_c) (B/L)$  fattori di forma

$D_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) k$   $d_\gamma = 1$   $d_c = 1 + 0,4 (D/B)$  fattori di profondità

$N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  = fattori di capacità portante

Si assuma  $N_c = 0$  (terreno incoerente)

##### CARICO AMMISSIBILE E INTERAZIONI STRUTTURA-TERRENO DI FONDAZIONE ai sensi del DM 11/03/88 e succ. (TRAVE CONTINUA)

Applicando le relazioni ed i parametri precedentemente esposti e assumendo:

$B =$ larghezza della fondazione = 1,0 m
$D =$ approfondimento = 3,00 m
$L =$ lunghezza = 10 m
$\gamma = 0,6 \text{ ton/m}^3$

Si ottiene:

$$Q_{lim} (\text{Kg/cm}^2) = 6,56$$





$Q_{amm} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 2,19 \text{ (FS} = 3\text{)}$
$N_q = 23,17 \quad N_\gamma = 20,78$
Fattori di forma
$S_q = 1,06 \quad s_\gamma = 0,96$
Fattori di profondità del piano di posa
$d_q = 1,34 \quad d_\gamma = 1,00$

### VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE ai sensi del DM 14/01/2008

#### CONDIZIONI STATICHE

(combinazione 2 approccio 1) ( $A_2 + M_2 + R_2$ )

$$A_2 = 1$$

$$M_2 = \frac{\tan \varphi'}{\gamma_m} \text{coeff. parziale} = 1,25$$

$$M_2 = \frac{\tan 32^\circ}{1,25} = 0,49 (\varphi' = 26,5^\circ)$$

$$N_q = 12,5$$

$$N_\gamma = 8,6$$

$$Q_{lim} (\text{per } \varphi' = 26,5^\circ) = 3,51 \text{ Kg/cm}^2$$

#### Verifica di stabilità globale

Coefficiente parziale  $\gamma_r = 1,8$

$$R_2 = \frac{Q_{lim}}{\gamma_r} = \frac{3,51}{1,8} = 1,95 \text{ Kg/cm}^2$$

#### Verifica allo stato limite ultimo ( $A_1 + M_1 + R_3$ )

$$A_1 = 1$$



$$M_1 = \frac{\tan \varphi'}{\gamma_m} (\text{con } \gamma_m \text{ coeff. parziale} = 1,0) = 0,54$$

Coefficiente parziale  $\gamma_r = 2,3$

$$R_3 = \frac{Q_{\text{lim}}}{\gamma_r} = \frac{6,56}{2,3} = 2,85 \text{ Kg/cm}^2$$

Il modulo di reazione verticale in assenza di prove di carico su piastra, può essere espresso facendo riferimento ad un coefficiente  $K_{ps}$  corrispondente alla piastra di dimensioni 0,30 m di lato ed a un coefficiente  $K_r$  corrispondente alla fondazione di dimensione generica  $B$  e calcolata in funzione di  $K_{ps}$ .

$$K = K_{ps} \left( \frac{B + 0,3}{2B} \right)^2$$

Per  $K_{ps} = 4,1$  (Terzaghi) e  $B = 1,0$  m si ha  $K = 1,7 \text{ Kg/cm}^3$ .

A differenti conclusioni si giunge utilizzando il modulo elastico del terreno dalla relazione

$$k_s = \frac{E_s}{B(1 - \mu^2)} \text{ (Vesic)}$$

Da cui si ricava per  $E = 150 \text{ kg/cm}^2$   $K_s = 2,1 \text{ Kg/cm}^3$ .

### STIMA DEI CEDIMENTI

La stima teorica dei cedimenti può essere espressa dalla relazione di Burland e Burbidge (1984) che correla direttamente il valore dell'assessamento del terreno soggetto ad un carico con un indice di compressibilità funzione della resistenza alla penetrazione di-



namica del terreno (SPT) e ad altri fattori correttivi che tengono conto della forma, dello spessore dello strato comprimibile e della componente viscosa dei cedimenti:

$$S = f_s \times f_h \times f_t \times [ \sigma_{vo} \times B^{0,7} \times I_c/3 + (q' - \sigma_{vo}) \times B^{0,7} \times I_c ]$$

Nella quale:

$q'$  = pressione efficace lorda;

$\sigma_{vo}$  = tensione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione;

$B$  = larghezza della fondazione in metri;

$I_c$  = indice di compressibilità  $\approx 1,706 / (N_{AV})^{1,4}$  con  $N_{AV}$  = valore medio SPT

$f_s, f_h, f_t$  = fattori correttivi.

Supposto il rapporto  $N_{SPT} = 1,67 N_{SCPT}$  ed adottando quale terreno di appoggio delle fondazioni il livello delle ghiaie con valori medi di resistenza dinamica pari a 2 (strato A) o 15 (strato B) colpi, si ricava che il valore medio SPT è circa pari a 4 o 25; trattandosi di sedimenti sabbiosi o ghiaioso-sabbiosi si introduce un fattore correttivo (Terzaghi, 1948) definito dalla relazione che segue:

$$N_c = 1,25 \times N_{SPT}$$

Da cui si ricava che  $N_{AV} = 15$  (valore minimo strato B)

Ipotizzando lo spessore dello strato comprimibile, potenzialmente soggetto cioè ai cedimenti, di circa 3 metri, il fattore  $f_h$  è dato dalla seguente espressione:

$$f_h = \frac{H}{z} \left( 2 - \frac{H}{z} \right)$$

mentre il fattore di forma  $f_s$  è dato da:  $f_s = \left( \frac{1,25 \times L/B}{L/B + 0,25} \right)^2$



ed il fattore correttivo  $f_t$  come:  $f_t = (1 + R_3 + R \times \log t/3)$   
nella quale:

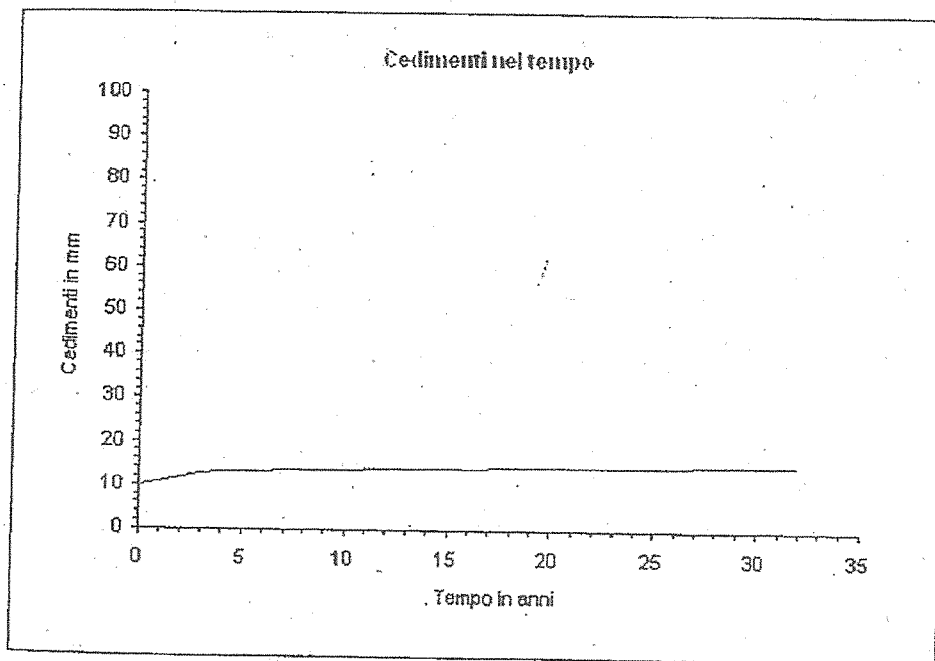
$t$  = tempo espresso in anni (10)

$R_3$  = costante pari a 0,3 (carichi statici)

$R$  = costante pari a 0,2 (carichi statici)

Dalla relazione si ottiene il grafico riportato.

$q = 210 \text{ kPa}$



In conclusione, premesso che la stima dell'entità e della durata dei cedimenti è sempre da considerare approssimata a causa della complessità del processo di consolidazione, si può ragionevolmente asserire che la struttura applicata al terreno in esame dà luogo a cedimenti dell'ordine dei centimetri i quali, vista la natura granulare del terreno di fondazione, sono da ritenersi praticamente esauriti al termine della costruzione.



## 5. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE CONCLUSIVE

L'indagine litostratigrafica e geotecnica svolta presso i terreni di sedime del fabbricato esistente in via Macallè 41 ha evidenziato la presenza per la profondità investigata di sedimenti di origine fluvio-glaciale definiti da litologie eterogenee, prevalentemente ghiaioso-sabbiose.

All'interno della sequenza stratigrafica è stato possibile attuare una differenziazione di carattere geotecnico, identificando due diversi orizzonti definiti da caratteristiche litologiche e geomeccaniche peculiari correlabili fra i punti di prova.

La presenza di eterogeneità tessiturali, comuni nei sedimenti fluvio-glaciali, sconsiglia la posa di elementi di fondazione scollegati che potrebbero produrre assestamenti differenziali nel caso si verificassero sensibili disuniformità nella distribuzione dei carichi strutturali.

Per tale motivo ed in considerazione della tipologia costruttiva in progetto, è proponibile per l'edificio di nuova costruzione l'utilizzo di una fondazione continua e robustamente armata.

La realizzazione di un piano interrato e la conseguente posa di fondazioni dirette entro lo strato più profondo (strato B) caratterizzato dalla presenza di sedimenti prevalentemente grossolani fortemente addensati, consente l'applicazione di indici di carico unitari pari a  $2,1 \text{ Kg/cm}^2$  o di  $1,9 \text{ Kg/cm}^2$  riferiti ad una trave rovescia, a seconda che si opti per la verifica alle tensioni ammissibili (DM 11/03/88) o agli stati limite di esercizio (DM 14/01/2008).

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di appoggio delle fondazioni sono tali da ipotizzare la dissipazione dei cedimenti complessivi entro un breve lasso di tempo dall'applicazione dei carichi.



Dovendo operare con carichi unitari maggiori di quelli esposti, si potrà procedere all'allargamento della base (B) o ad un ulteriore approfondimento del piano di appoggio che consentirebbe un sensibile aumento del carico ammissibile per effetto dell'incremento della pressione litostatica di contrasto.

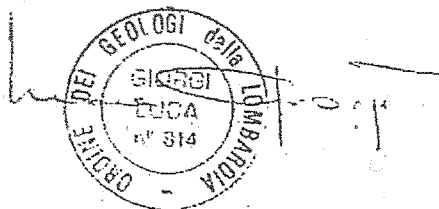
Per quanto concerne infine le problematiche di carattere operativo si rammenta la necessità di predisporre sui piani di sbancamento gli adeguati sistemi di raccolta e convogliamento delle acque piovane il cui ristagno, per quanto temporaneo data la buona permeabilità dei sedimenti, potrebbe incidere negativamente sul grado di addensamento degli stessi e diminuirne le caratteristiche di resistenza al taglio.

Ulteriori precisazioni in merito ai carichi ammissibili ed alla valutazione dei cedimenti potranno essere forniti con l'esatta definizione, da parte dei progettisti incaricati, delle caratteristiche geometriche delle fondazioni e dei carichi applicati.

Voghera, luglio 2010

Dott. Geol. Luca Giorgi

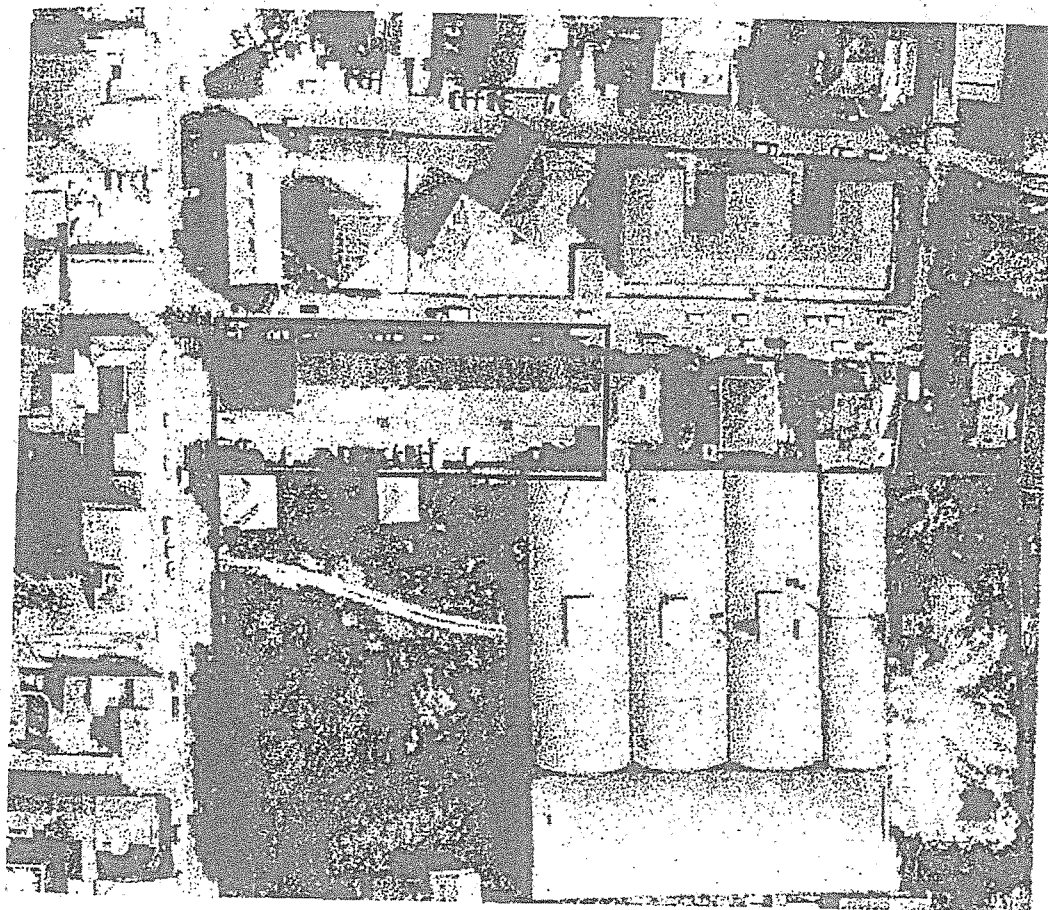
Iscr. Ordine Geologi della Lombardia n° 814





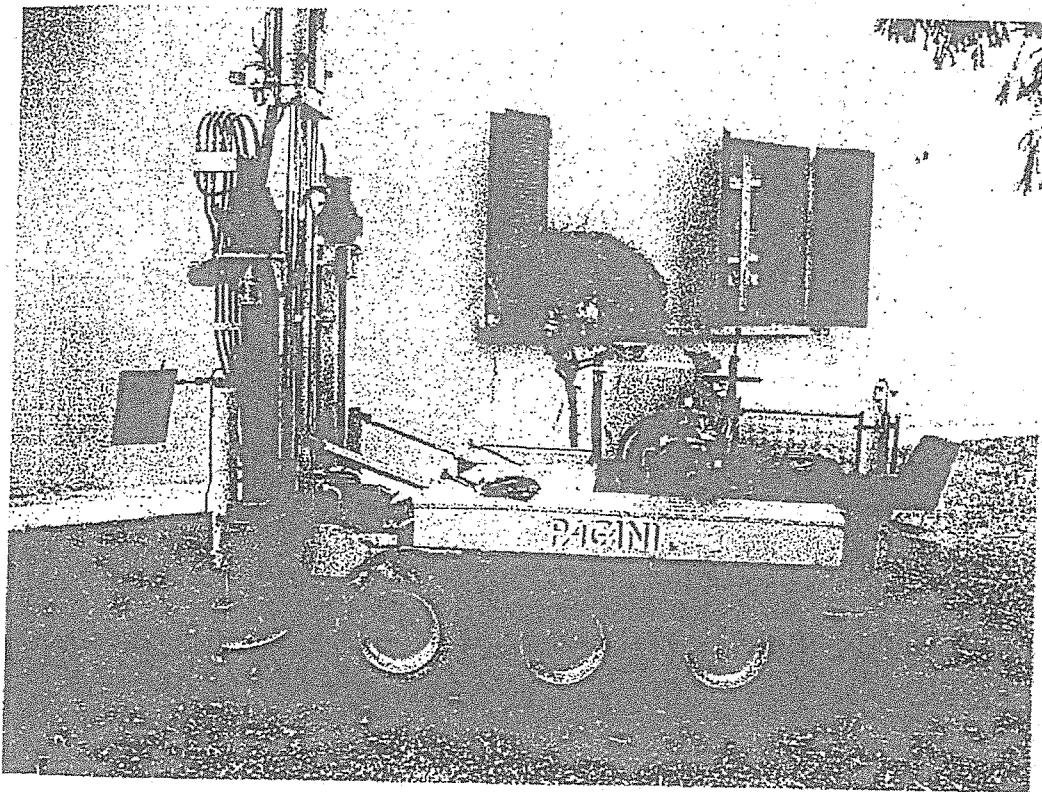
## ALLEGATI

- Documentazione fotografica
- Grafici prove penetrometriche



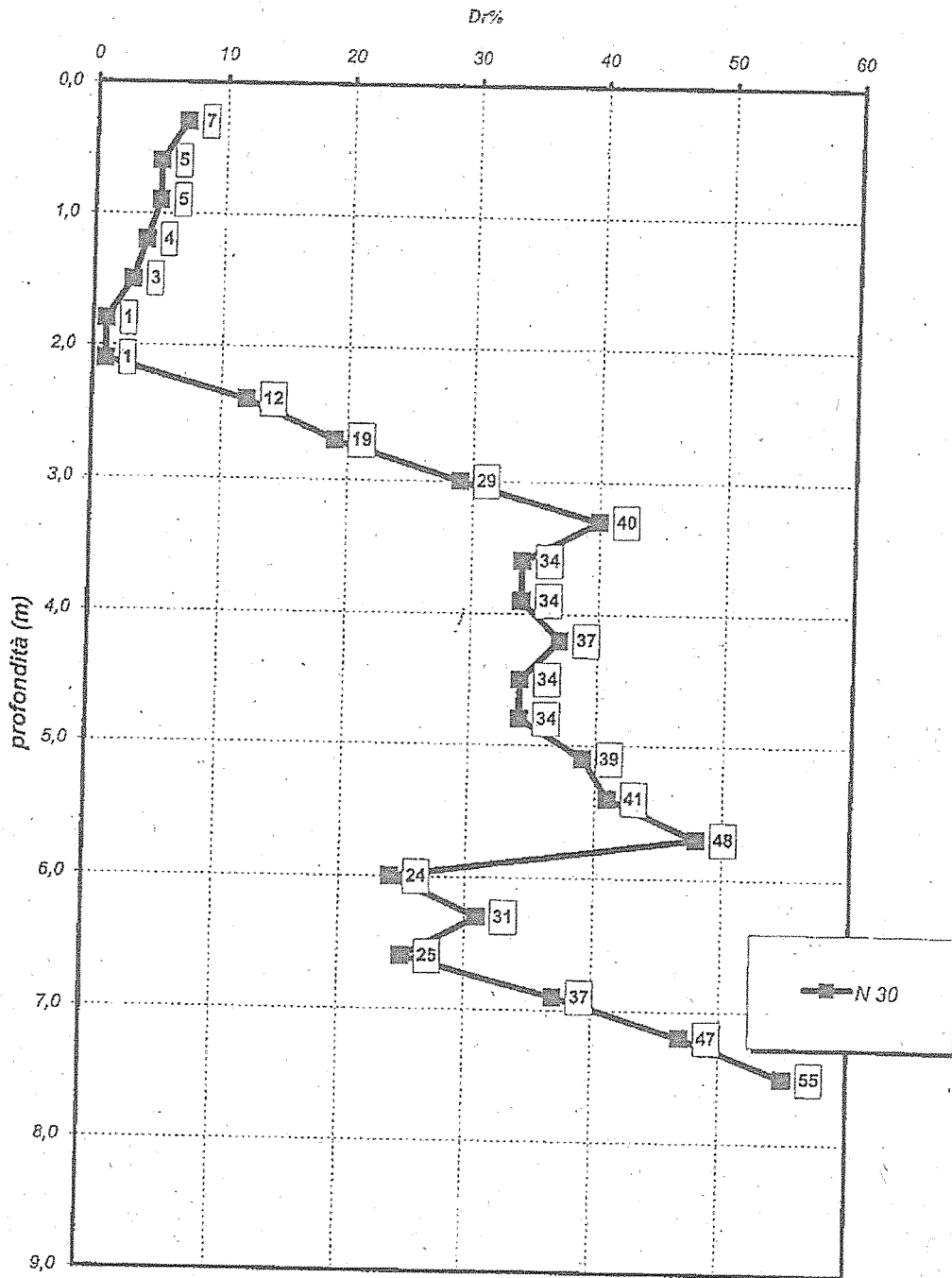
Veduta aerea dell'area di intervento





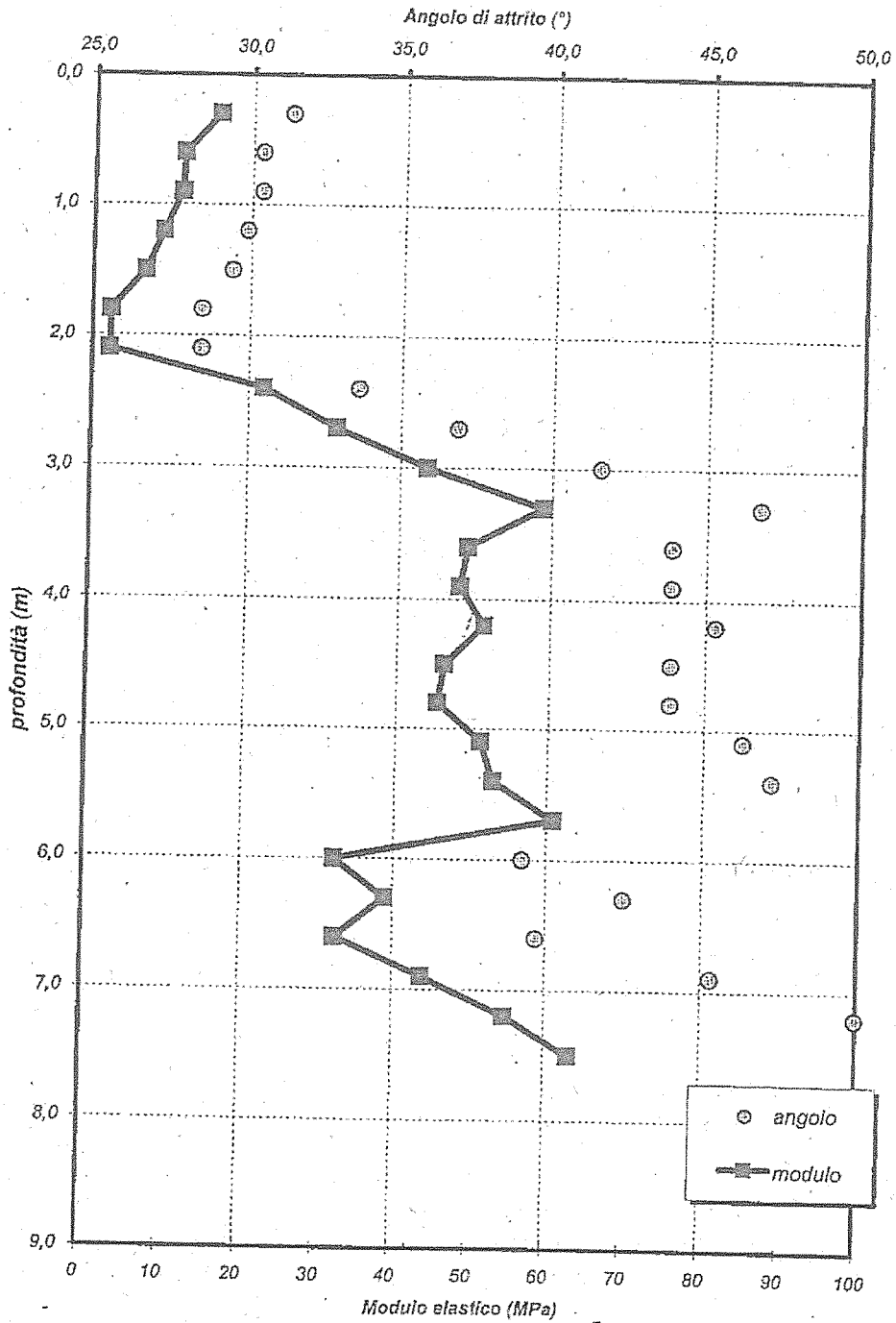
Penetrometro standard DPSH ISSMFE

**PROVA PENETROMETRICA n° 1 (DP)**  
 resistenza all'avanzamento





PROVA PENETROMETRICA n° 1 (DP)  
determinazione dell'angolo di attrito efficace  $\phi'$  (°) e del modulo elastico



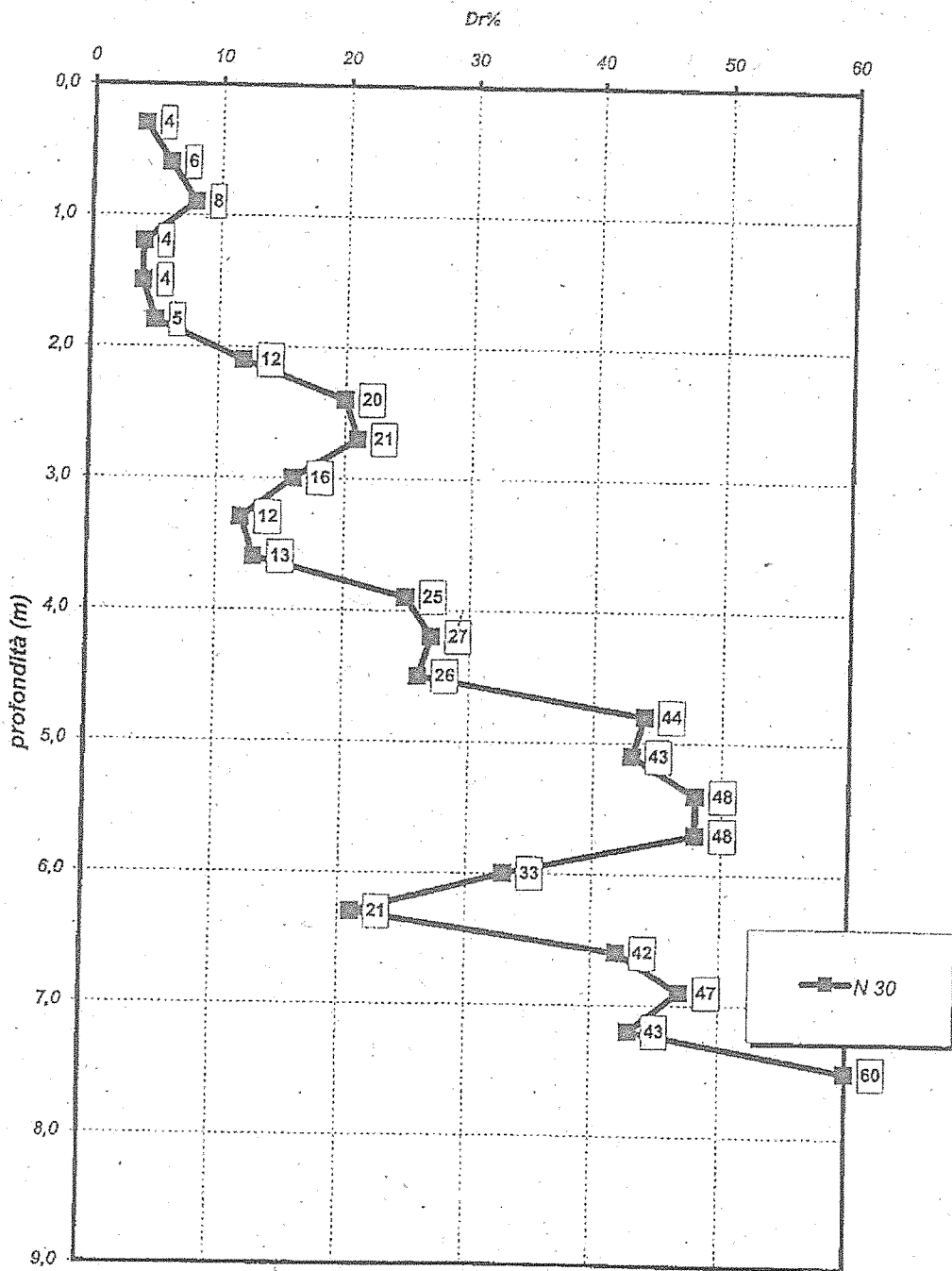
Prova	1	0	N(30)
passo	0,3	0,3	7
Falda	40,0	0,9	5
T <sub>n</sub>	1,5	1,2	4
	1,8	1,5	3
	2,1	1,8	1
Pressione atmosferica	2,4	2,1	12
Kpa	2,7	2,7	19
	3,0	3,0	29
Rendim. Normalizzato	3,3	3,3	40
ER/60	3,6	3,6	34
	3,9	3,9	34
coeff trasf. Nspft	4,2	4,2	37
	4,5	4,5	34
	4,8	4,8	34
parametri 4	5,1	5,1	35
	5,4	5,4	41
	5,7	5,7	48
	6,0	6,0	24
	6,3	6,3	31
	6,6	6,6	26
	6,9	6,9	37
	7,2	7,2	47
	7,5	7,5	55

Nspft	σ'v <sub>0</sub> (kPa)	C <sub>h</sub> (kPa)	N <sub>60</sub>	N <sub>100</sub>	Dr (%)	φ <sup>e</sup> pilecca (°)
11,7	5	1,46	12,6	18,5	55	36
8,4	10	1,43	9,0	12,9	46	34
8,4	15	1,39	9,0	12,5	46	34
6,7	20	1,36	7,2	9,8	40	34
5,0	26	1,33	5,4	7,2	35	33
1,7	31	1,30	1,8	2,3	20	31
1,7	36	1,27	1,8	2,3	20	31
20,0	41	1,24	21,6	26,9	67	37
31,7	46	1,22	34,3	41,6	83	40
48,4	51	1,19	52,3	62,3	100	42
56,8	56	1,17	72,1	84,1	100	42
56,8	61	1,14	61,3	70,1	100	42
56,8	66	1,12	61,3	66,7	100	42
61,8	71	1,10	66,7	73,4	100	42
56,8	77	1,08	61,3	66,2	100	42
56,8	82	1,06	61,3	64,9	100	42
65,1	87	1,04	70,3	73,2	100	42
68,5	92	1,02	73,9	75,5	100	42
80,2	97	1,00	86,6	86,9	100	42
40,1	102	0,99	43,3	42,7	84	40
51,8	107	0,97	55,9	54,2	95	41
41,8	112	0,95	45,1	43,0	85	40
61,8	117	0,94	66,7	62,6	100	42
78,5	122	0,92	84,8	78,3	100	42
91,9	128	0,91	99,2	90,2	100	42

OCR (NC/OC)	E (Mpa)	E <sub>15</sub> (Mpa)	G <sub>0</sub> (Mpa)	V <sub>s</sub>
NC	0,3			60
NC	25	16	34	139
NC	23	11	35	141
NC	23	11	39	149
NC	22	9	38	147
NC	21	7	35	141
NC	18	2	21	110
NC	18	2	22	113
NC	32	22	79	213
NC	41	32	103	243
NC	53	44	131	274
NC	67	59	157	301
NC	60	49	149	293
NC	60	48	152	296
NC	63	51	162	306
NC	60	46	158	302
NC	60	45	161	305
NC	66	51	176	318
NC	68	53	183	325
NC	77	61	201	341
NC	47	32	144	288
NC	56	39	166	310
NC	48	32	151	295
NC	63	44	186	328
NC	76	55	212	350
NC	86	63	232	366

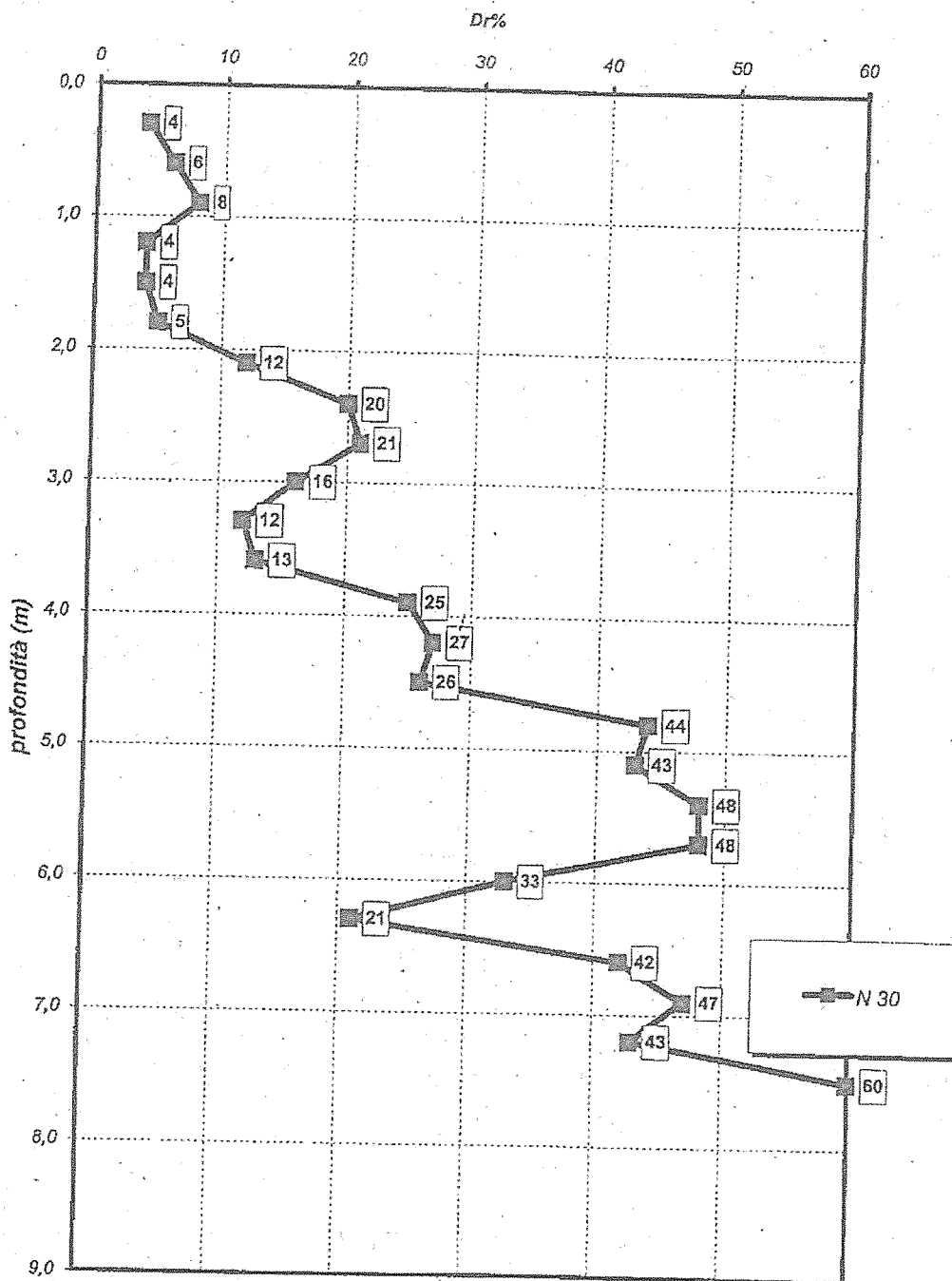
Seregno, via Macallè 41, 10/06/2010

PROVA PENETROMETRICA n° 2 (DP)  
resistenza all'avanzamento



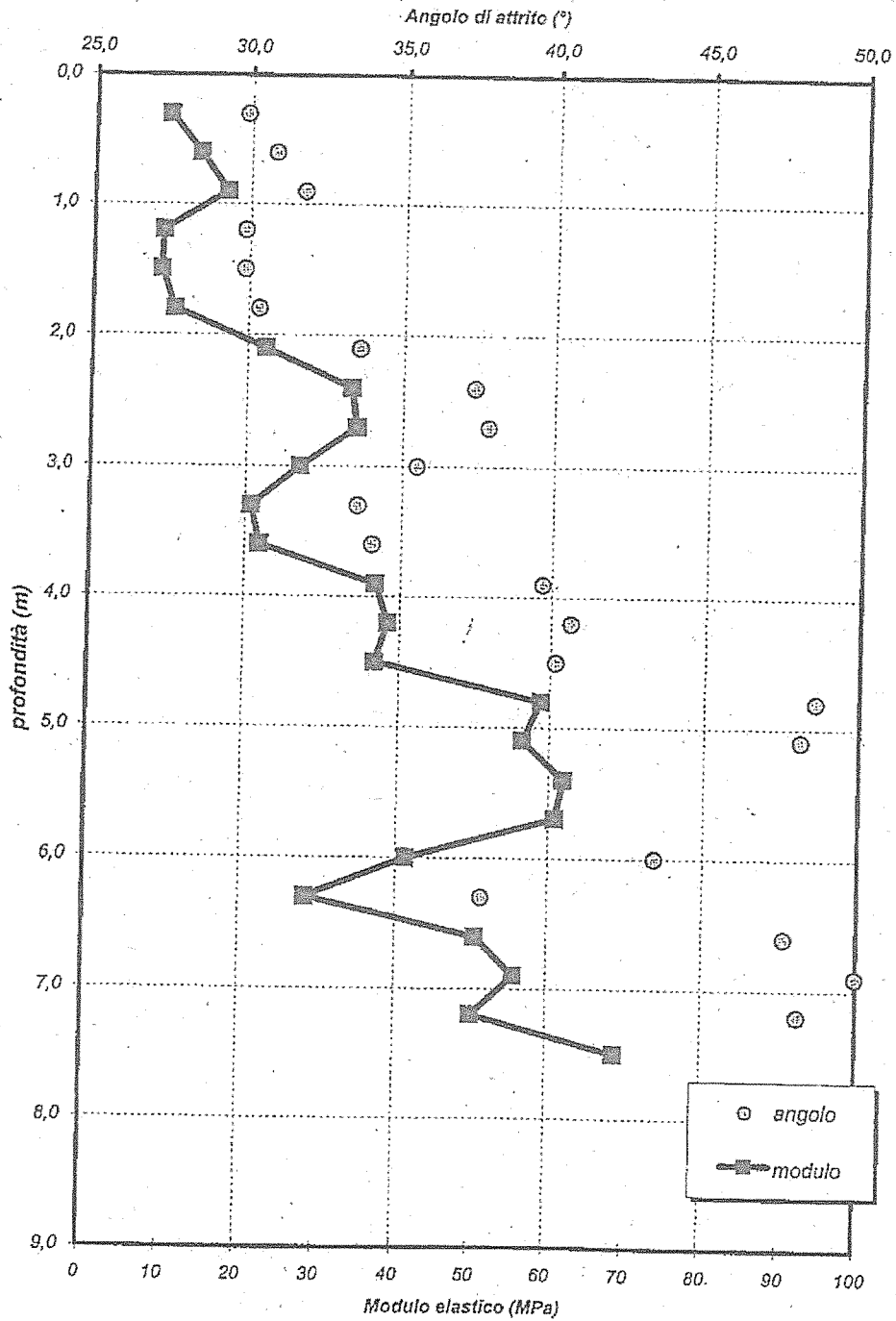


PROVA PENETROMETRICA n° 2 (DP)  
resistenza all'avanzamento





PROVA PENETROMETRICA n° 2 (DP)  
determinazione dell'angolo di attrito efficace  $\phi'$  (°) e del modulo elastico



Prof.	N(30)
0	
0,3	4
0,5	5
0,9	8
1,2	4
1,5	4
1,8	6
2,1	12
2,4	20
2,7	21
3,0	16
3,3	12
3,6	13
3,9	25
4,2	27
4,5	26
4,8	44
5,1	43
5,4	48
5,7	48
6,0	33
6,3	21
6,6	42
6,9	47
7,2	43
7,5	50

Prova	2
passo	0,3
Falida	40,0
$\gamma_n$	17,0
Pressione atmosferica	
kpa	98,00
Rendim. Normalizzato	
ER/60	1,08
coeff trasf. Nspit	
	1,67
parametri $\phi'$	
	0,14

Nspt	$\sigma'_{v0}$ (kPa)	$C_n$ (kPa)	$N_{60}$	$N_{10}$	Dr (%)	$\phi'$ piccolo (°)
6,7	5	1,46	7,2	10,5	42	34
10,0	10	1,43	10,8	15,4	51	35
13,4	15	1,39	14,4	20,1	58	36
6,7	20	1,36	7,2	9,8	40	34
6,7	26	1,33	7,2	9,6	40	34
8,4	31	1,30	9,0	11,7	44	34
20,0	36	1,27	21,6	27,5	68	37
33,4	41	1,24	36,1	44,8	86	40
35,1	46	1,22	37,9	46,0	88	40
26,7	51	1,19	28,9	34,3	76	39
20,0	56	1,17	21,6	25,2	65	37
21,7	61	1,14	23,4	26,8	67	37
41,8	66	1,12	45,1	50,5	92	41
45,1	71	1,10	48,7	53,5	94	41
43,4	77	1,08	46,9	50,6	92	41
73,5	82	1,06	79,4	84,0	100	42
71,8	87	1,04	77,6	80,7	100	42
80,2	92	1,02	86,6	88,4	100	42
80,2	97	1,00	86,6	86,9	100	42
55,1	102	0,99	59,5	58,7	99	42
35,1	107	0,97	37,9	36,7	78	39
70,1	112	0,95	75,8	72,3	100	42
78,5	117	0,94	84,8	79,5	100	42
71,8	122	0,92	77,6	71,6	100	42
100,2	128	0,91	108,2	98,3	100	42

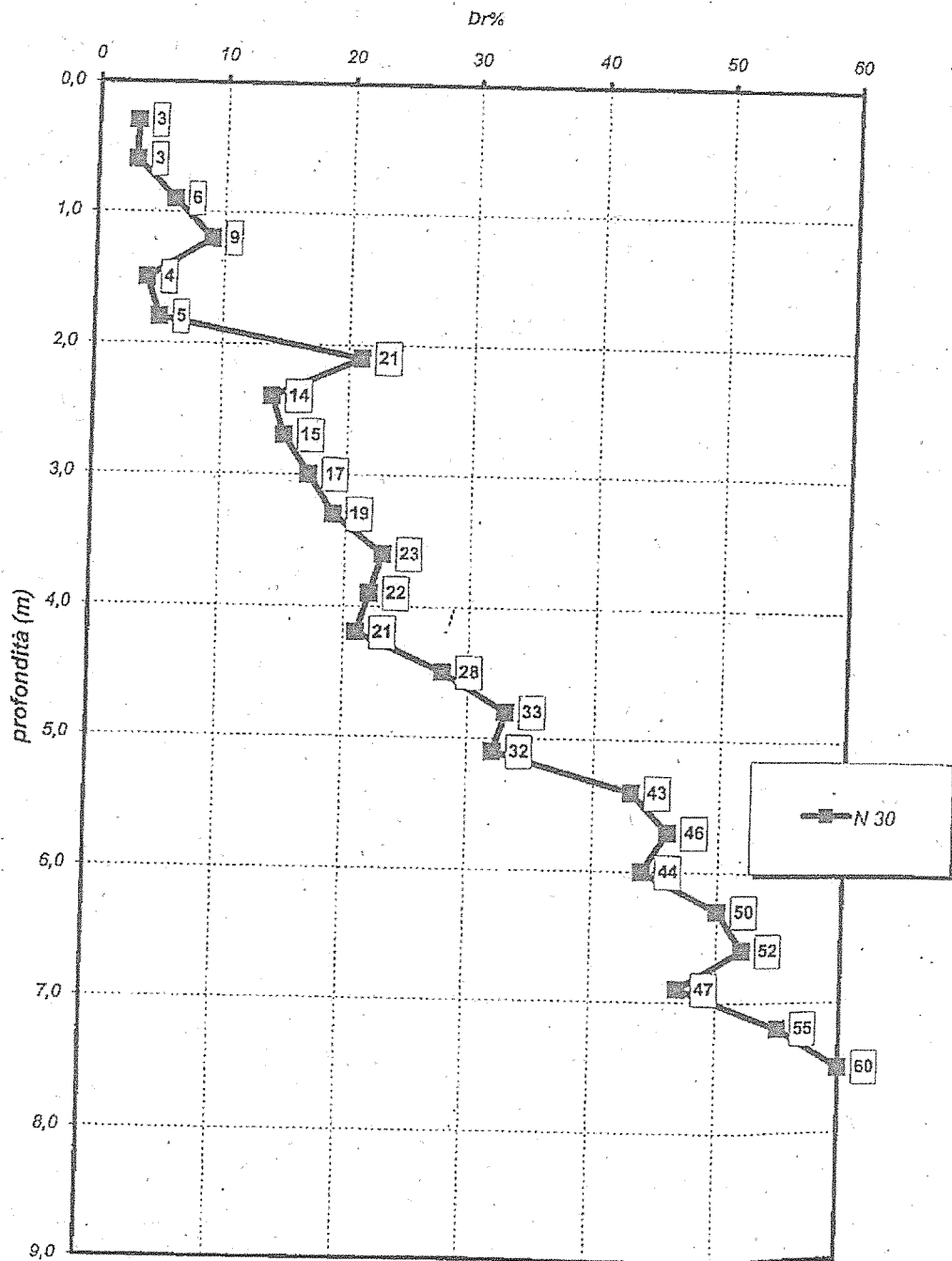
OCR (NC/OC)	E (MPa)	$E_{25}$ (MPa)	$G_0$ (MPa)	$V_5$
NC	0,3			60
NC	22	10	25	121
NC	24	13	38	148
NC	27	17	49	168
NC	22	9	38	147
NC	22	9	40	152
NC	23	10	47	165
NC	32	22	76	209
NC	42	33	102	242
NC	43	34	108	249
NC	37	27	97	237
NC	32	21	86	223
NC	33	22	92	230
NC	48	37	130	274
NC	51	39	138	283
NC	50	37	138	283
NC	72	59	183	325
NC	71	56	184	326
NC	77	62	198	338
NC	77	61	201	341
NC	58	41	169	312
NC	43	29	137	281
NC	70	51	196	336
NC	76	56	210	348
NC	71	50	203	342
NC	92	69	243	374

Seregno, via Macallé 41, 10/06/2010

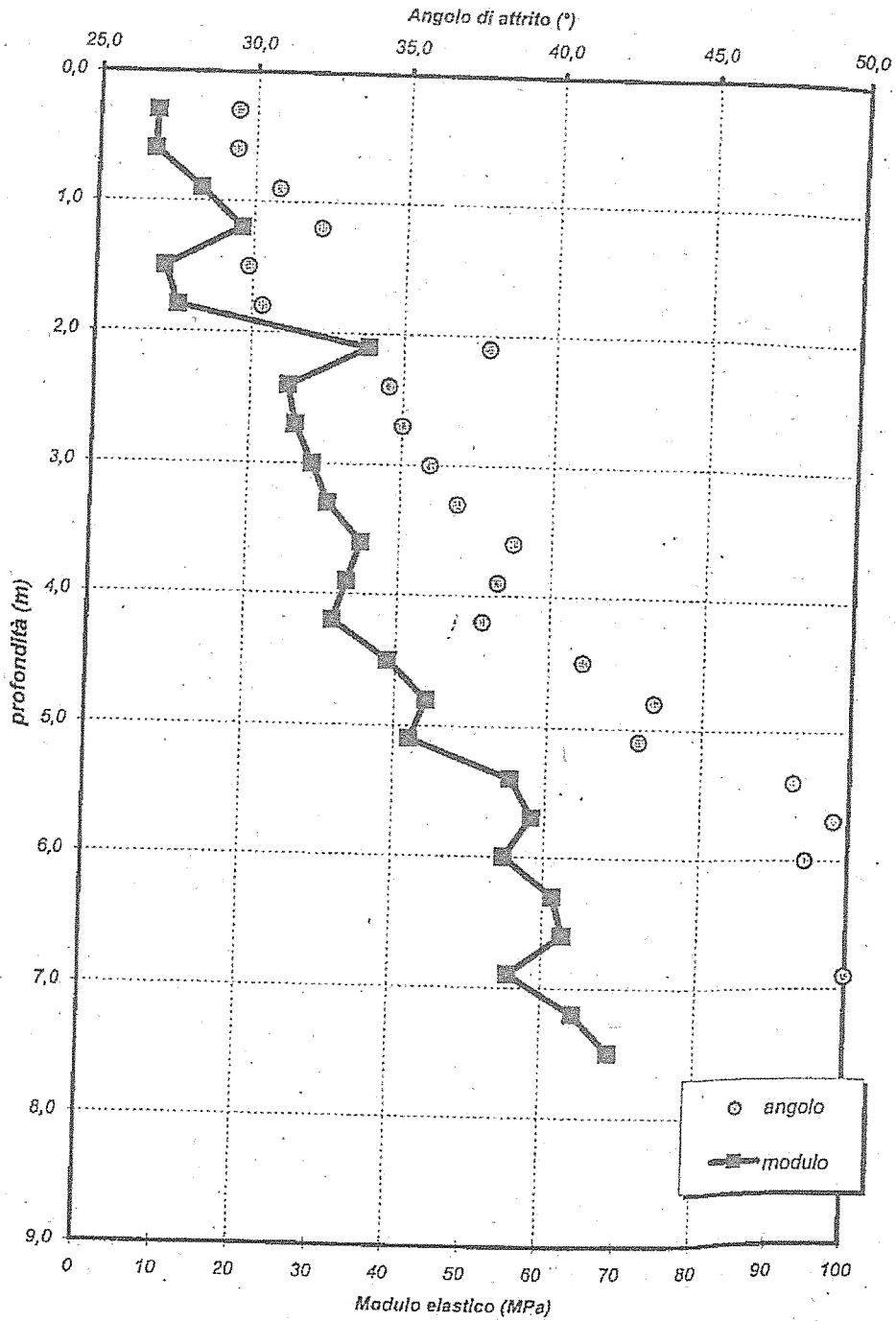




PROVA PENETROMETRICA n° 3 (DP)  
resistenza all'avanzamento



**PROVA PENETROMETRICA n° 3 (DP)**  
 determinazione dell'angolo di attrito efficace  $\phi'$  (°) e del modulo elastico

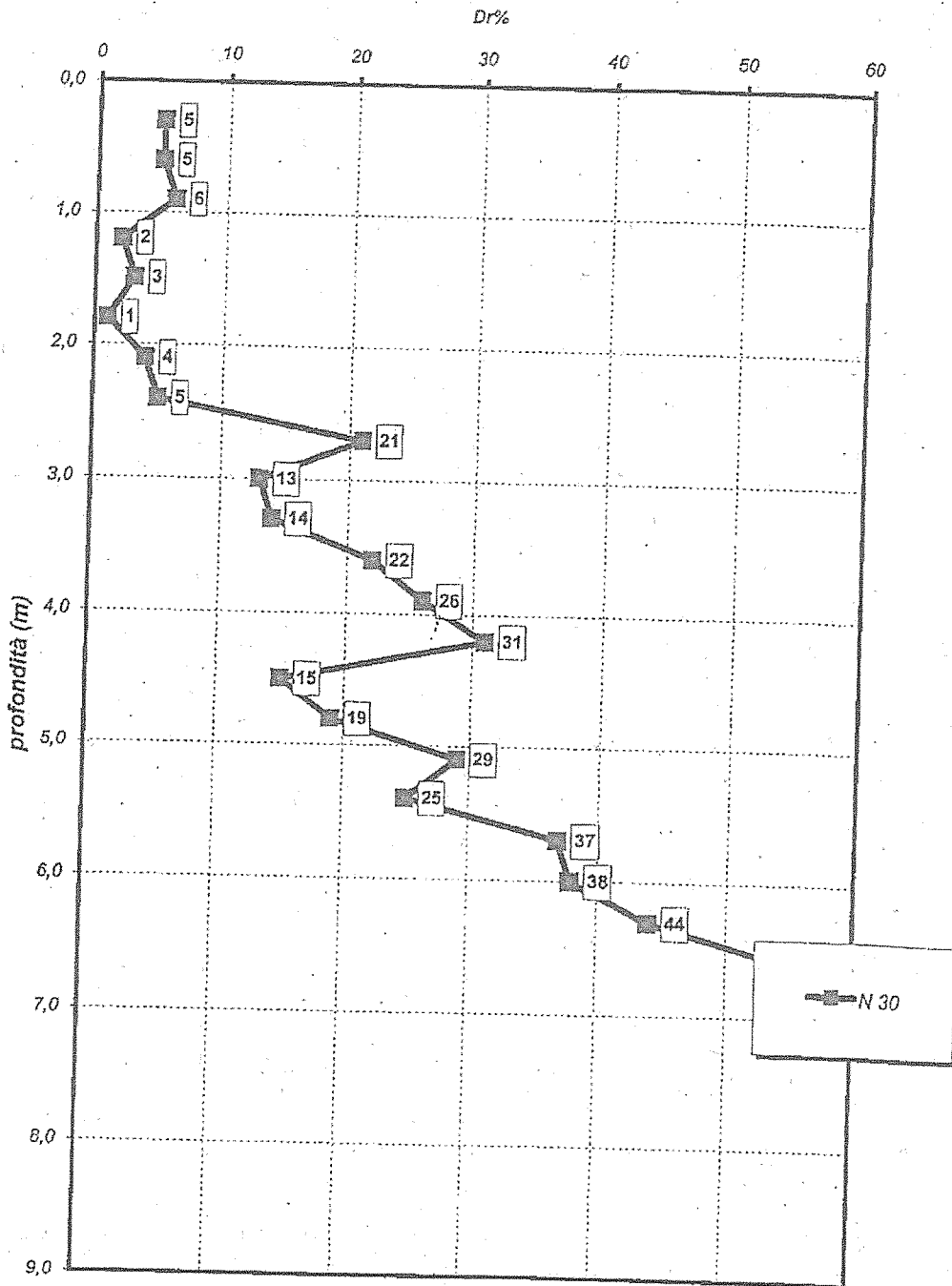


Prof.	N(30)	Nsp1	$\sigma'_{v0}$ (kPa)	Ch (kPa)	$N_{60}$	$N'_{60}$	Dr (%)	$\phi'$ piccolo (°)	OCR (NC/OC)	E (Mpa)	$E_{75}$ (Mpa)	$G_0$ (Mpa)	$V_s$
Prova	3	0		2			60		NC	0,3			40
		0,3	5	1,46	5,4	7,9	36	33	NC	21	7	22	113
passo	0,4	0,6	10	1,43	5,4	7,7	36	33	NC	21	7	27	124
		0,9	15	1,39	10,8	15,1	50	35	NC	24	13	42	156
Falda	40/0	1,2	20	1,36	16,2	22,1	61	36	NC	28	18	56	180
		1,5	26	1,33	7,2	9,6	40	34	NC	22	9	40	152
$i_n$	17,0	1,8	31	1,30	9,0	11,7	44	34	NC	23	10	47	165
		2,1	36	1,27	37,9	48,1	89	41	NC	43	35	101	241
Pressione atmosferica		2,4	41	1,24	25,3	31,3	72	38	NC	34	25	85	222
Xpa	38,00	2,7	46	1,22	27,1	32,9	74	38	NC	36	26	91	229
		3,0	51	1,19	30,7	36,5	78	39	NC	38	28	100	240
Rendim. Normalizzato		3,3	56	1,17	34,3	40,0	82	39	NC	41	31	109	250
ER/60	108	3,6	61	1,14	41,5	47,4	89	40	NC	46	36	122	266
		3,9	66	1,12	39,7	44,5	86	40	NC	45	33	122	266
coeff trasf. Nsp1		4,2	71	1,10	37,9	41,6	83	40	NC	43	32	122	265
		4,5	77	1,08	50,5	54,5	95	41	NC	52	39	144	288
		4,8	82	1,06	59,5	63,0	100	42	NC	58	44	159	303
parametri $\phi'$		5,1	87	1,04	57,7	60,0	100	42	NC	57	42	159	303
28	5,14	5,4	92	1,02	77,6	79,2	100	42	NC	71	55	187	329
		5,7	97	1,00	83,0	83,3	100	42	NC	75	58	197	337
		6,0	102	0,99	79,4	78,3	100	42	NC	72	55	195	336
		6,3	107	0,97	90,2	87,5	100	42	NC	80	61	211	349
		6,6	112	0,95	93,8	89,5	100	42	NC	82	63	218	355
		6,9	117	0,94	84,8	79,5	100	42	NC	76	56	210	348
		7,2	122	0,92	99,2	91,6	100	42	NC	86	64	230	364
		7,5	128	0,91	108,2	98,3	100	42	NC	92	69	243	374

Seregno, via Macallè 41, 10/06/2010

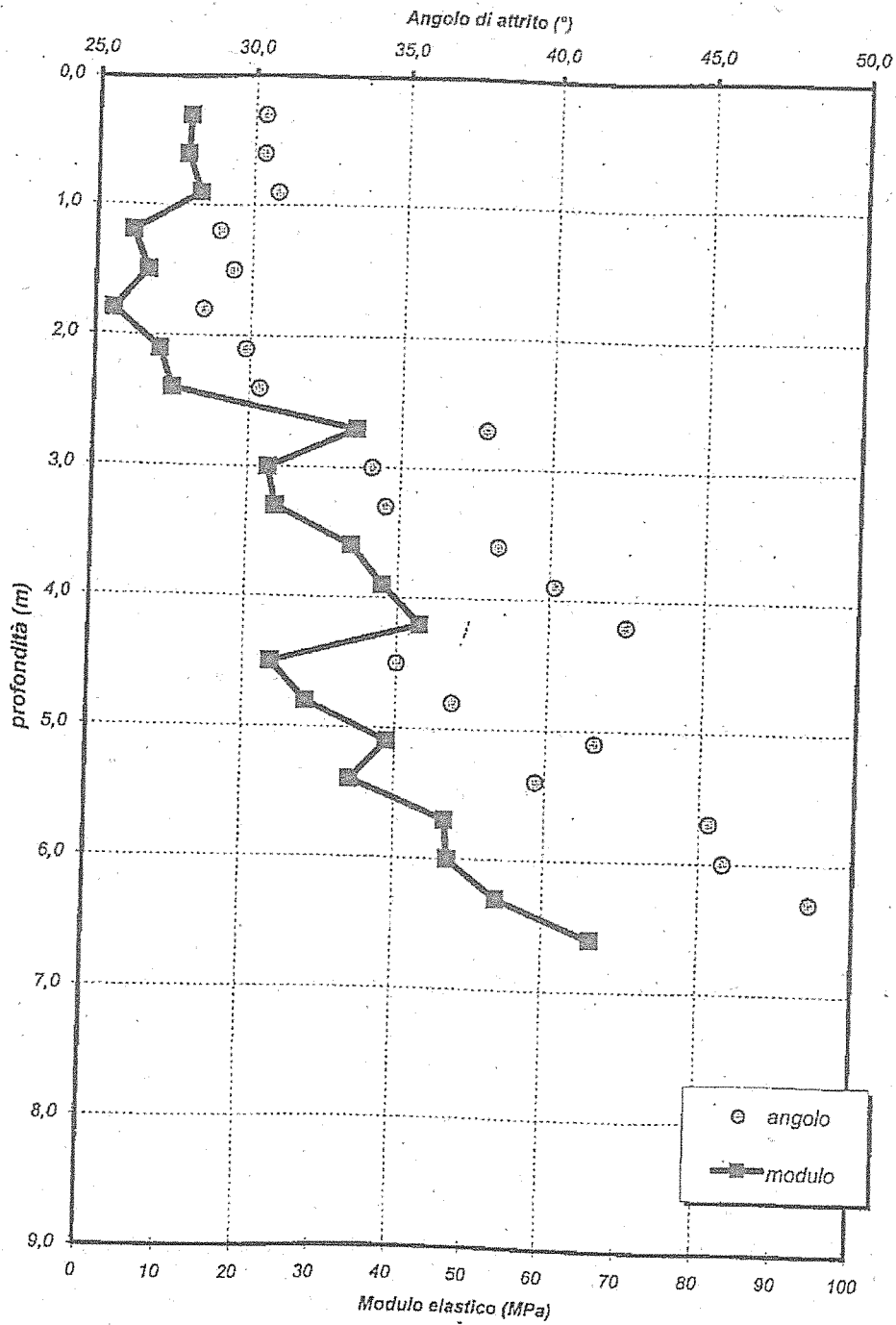


PROVA PENETROMETRICA n° 4 (DP)  
resistenza all'avanzamento





PROVA PENETROMETRICA n° 4 (DP)  
determinazione dell'angolo di attrito efficace  $\phi'$  (°) e del modulo elastico



Prova	Prof.	N(30)
4	0	
	0,3	5
passo	0,6	6
	0,9	8
Falido	1,2	2
	1,5	3
$\gamma_n$	1,8	1
	2,1	4
Pressione atmosferica	2,4	6
Kpa	2,7	21
	3,0	13
Rendim. Normalizzato	3,3	14
ER/60	3,6	22
	3,9	26
coeff frast. Nspft	4,2	31
	4,5	16
	4,8	19
parametri $\phi'$	5,1	29
	5,4	26
28	5,7	37
	6,0	39
	6,3	44
	6,6	56

Nspft	$\sigma'_{V_0}$ (kPa)	C <sub>h</sub> (kPa)	N <sub>z0</sub>	N <sub>z10</sub>	Dr (%)	$\phi'$ picco (°)
8,4	5	1,46	9,0	13,2	47	35
8,4	10	1,43	9,0	12,9	46	34
10,0	15	1,39	10,8	15,1	50	35
3,3	20	1,36	3,6	4,9	29	32
5,0	26	1,33	5,4	7,2	35	33
1,7	31	1,30	1,8	2,3	20	31
6,7	36	1,27	7,2	9,2	39	33
8,4	41	1,24	9,0	11,2	43	34
35,1	46	1,22	37,9	45,0	88	40
21,7	51	1,19	23,4	27,9	68	38
23,4	56	1,17	25,3	29,4	70	38
36,7	61	1,14	39,7	45,4	87	40
43,4	66	1,12	46,9	52,6	94	41
51,8	71	1,10	55,9	61,5	100	42
25,1	77	1,08	27,1	29,2	70	38
31,7	82	1,06	34,3	36,3	78	39
48,4	87	1,04	52,3	54,4	96	41
41,8	92	1,02	45,1	46,1	88	40
61,8	97	1,00	66,7	67,0	100	42
63,5	102	0,99	68,5	67,6	100	42
73,5	107	0,97	79,4	77,0	100	42
91,9	112	0,96	99,2	94,6	100	42

OCR (NC/OC)	E (Mpa)	E <sub>35</sub> (Mpa)	G <sub>0</sub> (Mpa)	V <sub>s</sub>
NC	0,3			60
NC	23	12	28	128
NC	23	11	35	141
NC	24	13	42	156
NC	19	5	27	124
NC	21	7	35	141
NC	18	2	21	110
NC	22	8	44	159
NC	23	10	51	171
NC	43	34	108	249
NC	33	23	87	225
NC	34	24	93	232
NC	45	34	120	263
NC	50	38	133	277
NC	56	43	148	293
NC	36	24	105	246
NC	41	28	121	264
NC	53	39	151	296
NC	48	34	143	287
NC	63	47	176	319
NC	65	47	181	324
NC	72	54	198	338
NC	86	66	224	360