COMUNE DI CALASCIBETTA
Provincia di Enna

Lavori di ampliamento cimiteriale realizzazione recinzione e strada perimetrale esterna

Progetto preliminare

1° Stralcio funzionale

Tav. 3 - Indagini geologiche;

Collaboratore
Geom. L..Borghese

Redattori
Ing. M. Mantegna
Arch. N. Mazza

Data 20.12.2012

V° Il R.U.P

f.to ing. Michelangelo Mantegna

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMECCANICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE STABILITO PER LA COSTRUZIONE DEL MURO DI CINTA, PREVISTO PER L'AMPLIAMENTO DEL CIMITERO DI CALASCIBETTA, E DELLA STRADA PERIMETRALE ESTERNA.

****

PREMESSA

Il sottoscritto Geologo Dott. Patrinicola Francesco Paolo, iscritto all'Albo Regionale dei Geologi di Sicilia con il n.r. 48, a seguito d'incarico conferito dall'Amministrazione del Comune di Calascibetta (Determina Sindacale n° 200 del 01/04/10), ha eseguito lo studio geologico e geomeccanico del terreno che si estende nei lati est e nord del Cimitero comunale.

Poiché detto terreno è stato approvato dagli Organi competenti per l'ampliamento della parte esistente e poiché allo stato attuale necessita realizzarne il muro di cinta con annessa strada perimetrale, il presente studio, che è stato completato integrando ai dati, in parte noti ed acquisiti con quello già eseguito e finalizzato all'acquisizione del parere sanitario, quelli ottenuti con l'esecuzione di n° 8 indagini penetrometriche ad andamento continuo (SR) e n° 10 del tipo dinamico discontinuo (SPT standard), ha avuto lo scopo di accertare la natura geo-litologica e le condizioni morfologiche della zona, di determinare lo stato di consistenza dei materiali alle diverse profondità, di individuare le caratteristiche geotecniche principali, indispensabili per il dimensionamento delle strutture da progettare, di manifestare eventuali differenze geo-strutturali e tecniche dei diversi tratti d'interesse, di conoscere la categoria d'appartenenza dei terreni sotto il profilo sismo-stratigrafico, di valutare le fenomenologie legate all'interazione terreno-struttura, infine di stabilire il tipo e le profondità di posa delle fondazioni.

Tutti i risultati che saranno esposti nella presente relazione scaturiscono da una razionale analisi degli elementi raccolti durante lo studio di prima fase, di quelli penetrometrici ad andamento continuo (SR), fatti preliminarmente in questa circostanza per evidenziare lo stato di consistenza dei materiali alle diverse profondità, infine di quelli penetrometrici dinamici discontinui (SPT standard), fatti subito dopo a quote ben definite e precise per verificare i parametri geotecnici da utilizzare per il dimensionamento delle strutture fondali e di quelle in elevazione.

A seconda del tipo di materiale, presente nei diversi punti, i parametri che saranno determinati con questo studio riguardano:

- Resistenza d'attrito (**φ**)
- Coesione non drenata (**Cu**)
- Modulo edometrico (**Ed**)
- Resistenza alla punta (**Rp**)
- Resistenza laterale (**Rl**)
- Densità relativa (**Dr**)
- Peso di volume (**Pv**)
- Categoria terreno di fondazione ($V_{s\,30}$)

LINEAMENTI DI GEOLOGIA

Con il rilevamento di campagna è stato constatato che la zona prevista per l'ampliamento del Cimitero si estende ai margini di un complesso geologico costituito da **Sabbie e Calcareniti** del Pliocene superiore, poste sulle **Marne azzurre** del Pliocene medio ed in parte lateralmente per eteropia di facies.

La formazione delle sabbie e delle calcareniti affiora e si estende in un ampio territorio che, iniziando in Contr. Longobardi, alle porte di Calascibetta, investe le Contr. Destra, S.Michele, Pantanello, Pianlonguillo, Buonriposo fino a raggiungere quelle estreme di S.Antonio, Facchiumello, Lago Stello.

La formazione delle marne, insieme a quelle più antiche in gran parte rappresentate dal Flysch Numidico, in misura ridotta da Trubi, Argille Brecciate, Gessi e Tripoli, interessa invece i bordi di questa estesa "struttura sabbioso-calcarenitica", spesso costituiti da scarpate, più o meno ripide, e da versanti variamente articolati. La Città di Calascibetta ed il relativo Cimitero monumentale occupano solo il lato sud – sud est di questo territorio.

La potenza complessiva della formazione sabbioso-calcarenitica in gran parte raggiunge e supera i 100 metri; nella zona d'interesse invece non dovrebbe essere inferiore ai 30-40 metri. In ogni caso con i dati dei sondaggi n° 2 e n° 3, eseguiti durante lo studio di prima fase, con ciascuno dei quali è stata raggiunta la profondità di 8 metri dal p.c, lo spessore di 30-40 metri è certo perché è confermato soprattutto dagli elementi raccolti con il rilevamento di campagna.

La giacitura degli strati è orizzontale o suborizzontale con una leggera pendenza ed immersione ad ovest – nord ovest. Non mancano comunque tratti in cui le pendenze possono essere più accentuate per motivi tettonici.

Nel territorio che si estende dalla Contr. S.Michele a Pianlonguillo l'intera formazione è ad ampia sinclinale. Questa struttura, che è costituita da calcareniti e sabbie permeabili con alla base marne impermeabili, alla profondità di 60-70 metri è interessata da una falda acquifera.

Dal lato tettonico bisogna dire che il complesso sabbioso-calcarenitico non è stato interessato da fenomeni di corrugamento orogenetico, ma da azioni di sollevamento regionale, a causa delle quali ha raggiunto l'altitudine significativa di ben 900 m.s.l.d.m. (zona alta di Calascibetta). Questo sensibile sollevamento è stato responsabile di fenomeni che in alcuni tratti ha determinato sedimentazioni incrociate di marne e sabbie di tipo eteropico.

Nella parte della Città storica il fenomeno non è molto evidente se non nei termini geologici rappresentati dalle calcareniti e sabbie del Pliocene superiore. La loro estensione ha determinato per sommi capi rispettivamente le zone di **Calascibetta Alta** e **Calascibetta Bassa**.

Nel terreno oggetto del presente studio invece il fenomeno, che è sempre rappresentato da un passaggio eteropico graduale e continuo, è più chiaro tanto che nell'estremo lato orientale esiste il dominino delle marne, in quello occidentale invece quello delle sabbie.

L'eteropia, che è influente nel contesto statico-morfologico della zona d'interesse, è stata individuata con i dati di alcuni sondaggi, anche se durante altri studi di geologia, fatti in passato in diversi punti del territorio di Calascibetta, il fenomeno era stato già intravisto precedentemente.

Per quanto detto sopra il terreno previsto per l'ampliamento del Cimitero ha una struttura geologica costituita, nell'estremo lato orientale da un tratto **marnoso**, in quello rimanente rivolto a nord ed ad ovest, da **sabbie alternate a qualche strato calcarenitico**.

In superficie il terreno è costituito in gran parte da una coltre detritica di **sabbie sciolte di colore rossastro** (profili geologici: **C–D** e **D–E**). Detta coltre ha tutte le caratteristiche del **terreno vegetale bruno** scuro nel tratto interessato dall'eteropia (profilo: **B–C**), di **sabbie limose giallastre** invece in direzione dell'angolo in cui è stata fatta la postazione n° 3 per la relativa prova SPT. Nell'area d'influenza delle marne la coltre superficiale è rappresentata da una sottilissima pellicola di terreno vegetale, posta su uno strato di **marne alterate**.

Lo spessore delle coltri citate varia da un minimo di 1 metro ad un massimo di 4 nel tratto in cui si estendono quelle di natura sabbiosa di colore rossastro, è dell'ordine minimo di 1 metro nel tratto dove sono di natura sabbioso limosa, di m. 3 circa dove hanno tutte le caratteristiche di terreno vegetale bruno-scuro, di qualche decimetro nell'area d'influenza delle marne.

SONDAGGI PENETROMETRICI CONTINUI (SR)

Lo scopo principale del Geologo che intende effettuare studi di Geologia applicata all'Ingegneria non solo è quello di rappresentare con profili la situazione geostrutturale del tratto, oggetto d'interesse, ma è anche e soprattutto quello di manifestare con opportuni e significativi diagrammi, di facile interpretazione, lo stato di consistenza dei terreni a tutte le profondità. Tale obiettivo, che è molto importante per consentire giuste analisi delle tensioni che le opere previste eserciteranno sul terreno di base, si può raggiungere solo se le indagini e le prove interessano più punti della zona e, in uno stesso punto, tutte le profondità, almeno fino a quella in cui, con assoluta certezza, incominciano ad essere abbastanza alti e sicuri gli stati di consistenza dei materiali.

Poiché non è sempre esatto generalizzare in un terreno i dati ottenuti in un solo punto, il sottoscritto, per avere elementi di carattere geomeccanico dei terreni a tutte le profondità, opera in più punti con un sistema parametrico che è sempre lo stesso. I risultati, alle quote ritenute più significative, in un secondo tempo vengono verificati con prove standard.

Il sistema adottato è costituito da sondaggi penetrometrici ad andamento continuo che, eseguiti con una punta rotante a secco con velocità angolare e pressione costante, a seconda della resistenza dei terreni incontrati

durante le diverse manovre, mette in evidenza, per spessori progressivi di 40 cm., se i relativi terreni presentano condizioni strutturali accettabili sotto l'aspetto geomeccanico.

In particolare, se si tratta di argille normalconsolidate, tali condizioni possono essere ricavate in termini di Cu (coesione non drenata) attraverso la consultazione della tab. "Correlazioni Nspt – tempo d'avanzamento sondaggi SR". Importanti elementi di carattere geomeccanico si possono avere ugualmente se si tratta anche di depositi eterogenei umidi, sabbie rimaneggiate più o meno recenti, sabbie limose umide; in questi materiali in ogni caso vengono sempre effettuate prove di verifica.

Per le sabbie in posto, per quelle limose asciutte e per tutti i materiali sovraconsolidati per essiccazione, poiché l'attrito con la punta è elevato, il sistema non permette di acquisire valori attendibili.

In ogni caso tali sondaggi, attraverso prove, analisi e controlli, nei materiali dotati di coesione sono stati correlati ed equiparati alle prove penetrometriche dinamiche discontinue del tipo SPT Standard, effettuate però in maniera continua, cioè a tutte le profondità.

Per la loro esecuzione sono sempre adottate le seguenti modalità tecniche:

- **Unità d'avanzamento.....40 cm.**
- **Tempo impiegato dal mandrino (senza resistenza del terreno) 10"**
- **Pressione costante esercitata alla punta.....18 kg/cmq.**
- **Superficie della punta.....25 cmq.**
- **Attrito laterale.....assente**

Avanzamento a secco con velocità angolare e pressione....costanti

I risultati, riportati in un sistema di assi cartesiani, dove in ascisse sono indicati i tempi impiegati per il completamento delle singole unità d'avanzamento (40 cm.), i valori della coesione non drenata (Cu) in tsf e quelle dell'indice di consistenza (Ic), mentre in ordinate sono riportate le profondità in metri dal piano di campagna, dipendono dall'umidità, dalla compressibilità e dalla compattezza dei materiali attraversati.

In particolare la velocità d'avanzamento fino a 4' in linea di massima è proporzionale all'umidità ed alla compressibilità, inversamente proporzionale alla compattezza ed alla resistenza al carico. Con una attenta analisi dei diagrammi è possibile rilevare le quote alle quali il materiale è più o meno compressibile e compatto, e come variano, in fase di penetrazione, le pressioni neutre ed efficaci dei singoli strati che si susseguono di 40cm. in 40cm.

Infatti, alle quote alle quali la velocità d'avanzamento è alta, alta è la pressione neutra, bassa quella efficace in questi materiali, che hanno un indice di consistenza minore di 0,25, ad un primo cedimento istantaneo per distorsione, quando viene esercitato un carico, seguono nel tempo sensibili cedimenti dovuti all'espulsione di acqua e di aria, ed all'assestamento dei granuli.

Là dove invece la velocità d'avanzamento è bassa, ridotta è la pressione neutra, alta quella efficace: in questi terreni, che hanno un indice di consistenza maggiore di 0,50, al normale cedimento istantaneo per distorsione, segue nel tempo un ridotto cedimento dovuto all'espulsione di aria, in seguito all'assestamento dei granuli.

Dai diagrammi, in funzione delle variazioni delle pressioni neutre ed efficaci in fase di penetrazione, è possibile scegliere immediatamente la profondità, a cui conviene sistemare le fondazioni di un fabbricato, di un muro o dove poggiare un rilevato, al fine di consentire uguali caratteri di isotropia, omogeneità ed elasticità del terreno d'appoggio, come suggerito dalla M.d.T.

I dati ottenuti con questi sondaggi, se riportati nella tabella delle correlazioni, consentono di avere immediatamente alle diverse profondità, con un discreto margine di sicurezza (intorno al 75% - 80%), il valore della coesione non drenata (Cu) e quello della resistenza alla compressibilità non confinata (Qu), se si tratta di argille, argille sabbiose, limi, marne.

Nelle sabbie invece questo tipo di indagine permette di individuare alle diverse profondità solo un certo grado di compattezza della parte rimaneggiata, il suo spessore e la quota dove inizia la formazione in posto. In questi materiali comunque le caratteristiche geomeccaniche più importanti vengono sempre accertate con le prove S.P.T. Standard.

In zone interessate da frane in atto, od in equilibrio limite, con i sondaggi penetrometrici continui SR è possibile trovare immediatamente l'esatta profondità del piano di scivolamento e quella della falda acquifera.

I risultati di questi sondaggi, che sono anche molto importanti per consentire giuste valutazioni delle fenomenologie legate alle interazioni terreno-struttura, sono pure abbastanza eloquenti per l'interpretazione e la soluzione del problema riguardante la scelta della profondità di posa delle fondazioni.

I risultati dei sondaggi penetrometrici continui SR, eseguiti nel terreno in oggetto, sono i seguenti:

- **Sondaggio n° 1**: fino alla profondità di m. 1,30 il materiale attraversato (marne alterate), per essere interessato da una discreta percentuale d'umidità interstiziale, è del tipo "mediamente compatto" con una Cu (coesione non drenata) che al massimo raggiunge il valore di 0,50 kg/cmq. Da m. 1,30 a m. 2,00 dette marne passano al tipo "consistente" con una Cu che aumenta gradatamente, con l'aumentare della profondità, da 0,50 a 1,00 kg/cmq. Oltre i 2 metri sono del tipo "molto consistente" con una coesione non drenata che supera il valore di 1,00 – 1,50 kg/cmq.
- **Sondaggio n° 2**: questa indagine è stata effettuata nel punto in cui passa la faglia che ha provocato il contatto fra le marne azzurre del Pliocene medio e le sabbie e calcareniti del Pliocene superiore. I risultati sono stati i seguenti: fino alla profondità di m. 2,00 il materiale attraversato, costituito da detriti eluviali rimaneggiati di colore bruno (l'accertamento è stato fatto durante l'allestimento della prova SPT), è del tipo "mediamente compatto" con una Cu che è dell'ordine di

0,40 kg/cmq. Da m. 2,00 a m. 6,00, dove il materiale di frizione tettonica (milonite) comprende pure alcuni frammenti lapidei (calcareniti) di piccola dimensione, nel suo complesso è del tipo "consistente" con un carattere coesivo medio dell'ordine di 0,65 kg/cmq. Alla profondità di m. 6,00 sono state intercettate le marne azzurre, che sono del tipo "consistente" per circa 1 metro (Cu = 0,80 kg/cmq.), poi passano al tipo "molto consistente" (Cu > 1,00 – 1,50 kg/cmq.) oltre i 7 metri.

- **Sondaggio n° 3**: fino alla profondità di m. 1,60 si estendono sabbie rimaneggiate sciolte, scarsamente consolidate, poi quelle in posto che a m. 2,00 sono discretamente compatte.

Sondaggio n° 4: la coltre detritica sabbiosa, di colore rossastro, in questo punto si estende fino alla profondità di m. 0,80 dall'attuale piano di campagna. Alla profondità di m. 1,00 si trovano le sabbie in posto con un discreto grado di consolidazione naturale.

- **Sondaggio n° 5**: fino alla profondità di m. 3,60 si estende la coltre detritica sabbiosa rimaneggiata, scarsamente consolidata. Dopo iniziano le sabbie in posto con la loro naturale consolidazione.

- **Sondaggio n° 6**: la situazione riscontrata in questo punto è perfettamente uguale a quella accertata con il sondaggio n° 5. Le sabbie in posto, con la loro naturale consolidazione, si trovano alla profondità di m. 4,00 dall'attuale piano di campagna. Sopra si estende la coltre detritica sabbiosa rimaneggiata, scarsamente consolidata.

- **Sondaggio n° 7**: anche in questo punto i risultati ottenuti con il sondaggio sono uguali a quelli riscontrati nei due precedenti. Fino alla profondità di m. 3,60 si estende la coltre detritica sabbiosa, scarsamente consolidata. Dopo si estendono le sabbie gialle che fanno parte della formazione in posto con la loro naturale consolidazione (sono discretamente compatte).

Sondaggio n° 8: dopo 1 metro di coltre detritica sabbiosa, mista a terreno vegetale ed a qualche frammento lapideo, iniziano le sabbie gialle con la loro consolidazione naturale.

I risultati di questi sondaggi, effettuati più o meno lungo la direzione del previsto muro di recinzione del Cimitero, nel lato ovest hanno permesso di accertare lo spessore della coltre detritica sabbiosa, di colore rossastro, e la profondità in cui inizia la formazione in posto, costituita dalle sabbie gialle alternate a qualche strato di calcarenite.

Nel lato nord – nord-est invece, in particolare dove si estendono le marne ed il terreno vegetale bruno-scuro, cioè materiali dotati di coesione, detti sondaggi hanno permesso di accertare l'ordine di grandezza della Cu e la profondità in cui questo carattere incomincia ad assumere contorni apprezzabili e sicuri sotto l'aspetto geomeccanico.

Questi sondaggi infine, con lo studio dei relativi diagrammi, hanno permesso di individuare e scegliere, con oculatezza e precisione, le profondità ritenute più significative per eseguire le prove SPT standard.

PROVE S.P.T. STANDARD (STANDARD PENETRATION TEST)

Per verificare alcuni dei dati ottenuti con i sondaggi penetrometrici continui, per conoscere la categoria d'appartenenza dei terreni sotto l'aspetto sismo-stratigrafico, ma soprattutto per accertare a determinate profondità alcune caratteristiche tecniche dei materiali che saranno direttamente interessati dalle strutture murarie, sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. Standard.

Ciascuna prova consiste nella misura del numero di colpi necessario per infiggere il campionatore standard per una profondità di 30 cm. con un maglio di 63,5 kg (140 libbre), che automaticamente si sgancia da un'altezza costante di 76,2 cm. (30 pollici). Viene eseguita sul fondo del foro di sondaggio infiggendo il campionatore per 45 cm. e contando il numero di colpi relativi agli ultimi 30 cm. d'infissione.

I risultati sono stati i seguenti:

- Postazione n° 1 - Prova n° 1 (da –m. 1,30 a –m. 1,75)

- da m. 1,30 a m. 1,45 Nspt. = 4 colpi
- da m. 1,45 a m. 1,60 Nspt. = 7 colpi
- da m. 1,60 a m. 1,75 Nspt. = 11 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 18 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**marne azzurrastre**) che può essere classificato del tipo "molto consistente" con una Qu di 2,10 kg/cmq ed una Cu di 1,05 kg/cmq. (Cu = Qu/2). Se dalla Tab 11, dove Schultze ha riportato i grafici ottenuti da diversi AA. sulle correlazioni fra gli Nspt. e gli angoli di resistenza d'attrito dei terreni coesivi, si segue la linea di Peck & C, si ottiene un angolo di resistenza d'attrito ridotto di 25° (al valore tabellare è stato applicato il coefficiente: 1,3). Con un Nspt uguale a 18 colpi/30 cm. il valore della resistenza alla punta di queste marne è uguale a 72 kg/cmq. (Rp = 4 * Nspt – Meyerhoff).mentre la loro resistenza laterale risulta di 1,8 kg/cmq. (Rl = Rp/40). Il campione, estratto dal campionatore Raymond, opportunamente misurato e pesato, ha dato un peso di volume di 2,03 g/cmc. Poiché le marne del luogo hanno uno spessore maggiore di 100 metri (interessano gran parte del versante visibile nello stralcio corografico allegato) e sono del tipo "molto consistente", cioè con un Nspt compreso fra 15 – 50 colpi/30cm., ovvero con una Cu compresa fra 70 e 250 KPa, rappresentano un terreno di categoria "**C**" dove il Vs_{30} è compreso fra **180 e 360 m/sec**.

- Postazione n° 2 - Prova n° 1 (da –m. 1,50 a –m. 1,95)

- da m. 1,50 a m. 1,65 Nspt. = 3 colpi
- da m. 1,65 a m. 1,80 Nspt. = 5 colpi
- da m. 1,80 a m. 1,95 Nspt. = 6 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 11 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**detrito umificato – *terreno vegetale* - di colore bruno-scuro**) che può essere classificato del tipo "consistente" con una Qu di 1,50 kg/cmq. ed una Cu di 0,75 kg/cmq. Se dalla Tab 11, dove Schultze ha riportato i grafici ottenuti da diversi AA. sulle correlazioni fra gli Nspt. e gli angoli di resistenza d'attrito dei terreni coesivi, si segue la linea di Peck & C, si ottiene un angolo di resistenza d'attrito ridotto di 23° (al valore tabellare è stato applicato il coefficiente: 1,3)). Con un Nspt uguale a 11 colpi/30 cm. il valore della resistenza alla punta di questo materiale è uguale

a 44 kg/cmq. (Rp = 4 * Nspt – Meyerhoff) mentre la loro resistenza laterale risulta di 1,1 kg/cmq. (Rl = Rp/40). Il campione, estratto dal campionatore Raymond, opportunamente misurato e pesato, ha dato un peso di volume di 1,99 g/cmc.

- Postazione n° 3 - Prova n° 1 (da –m. 1,20 a –m. 1,65)

- da m. 1,20 a m. 1,35 Nspt. = 3 colpi
- da m. 1,35 a m. 1,50 Nspt. = 5 colpi
- da m. 1,50 a m. 1,65 Nspt. = 8 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 13 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**sabbie limose umide**) che può essere classificato del tipo "compatto" con una Dr del 43% ed una Rp di 52 kg/cmq. Se si osserva la tab. di Schmertmann, in cui sono riportate le resistenze d'attrito delle sabbie in funzione delle loro densità relative, si nota che quelle fini uniformi con una Dr del 43% hanno un φ di 34° (φ = 28 + 0,14 Dr = 28 + 6,02 = 34,02°). Questo valore però si riduce a 29° se si applica l'espressione della ROAD BRIDGE SPECIFICATION: $\varphi = \sqrt{15 * Nspt} + 15 = 13,96 + 15 = 28,96°$. Trattandosi di sabbie fini il modulo di compressibilità edometrico (Ed) è dell'ordine di 65 kg/cmq. (5 * Nspt; Menzebah – Malcev . Tab. I) Il campione, estratto dal campionatore Raymond ha dato un peso di volume di 1,89 g/cmc.

- Postazione n° 4 - Prova n° 1 (da –m. 1,50 a –m. 1,95)

- da m. 1,50 a m. 1,65 Nspt. = 6 colpi
- da m. 1,65 a m. 1,80 Nspt. = 6 colpi
- da m. 1,80 a m. 1,95 Nspt. = 7 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 13 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**sabbie gialle**) che può essere classificato del tipo "compatto" con una Dr del 43% ed una Rp di 52 kg/cmq. Se si osserva la tab. di Schmertmann, in cui sono riportate le resistenze d'attrito delle sabbie in funzione delle loro densità relative, si nota che quelle fini uniformi con una Dr del 43% hanno un φ di 34° (φ = 28 + 0,14 Dr = 28 + 6,02 = 34,02°). Questo valore però si riduce a 29° se si applica l'espressione della ROAD BRIDGE SPECIFICATION: $\varphi = \sqrt{15 * Nspt} + 15 = 13,96 + 15 = 28,96°$. Trattandosi di sabbie fini il modulo di compressibilità edometrico (Ed) è dell'ordine di 65 kg/cmq. (5 * Nspt - Tab. I). Il campione, estratto dal campionatore Raymond, opportunamente misurato e pesato, ha dato un peso di volume di 1,76 g/cmc.

- Postazione n° 5 - Prova n° 1 (da –m. 1,20 a –m. 1,65)

- da m. 1,20 a m. 1,35 Nspt. = 1 colpi
- da m. 1,35 a m. 1,50 Nspt. = 1 colpi
- da m. 1,50 a m. 1,65 Nspt. = 1 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 2 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**sabbie rossastre**) che può essere classificato del tipo "molto sciolto" con una Dr inferiore al 20% ed una Rp inferiore a 20 kg/cmq. Dalla tab. I e da quella di Schmertmann emerge che le sabbie con una Dr inferiore al 20% hanno un φ inferiore a 30°. Per la determinazione più precisa di questo valore si fa ricorso all'espressione della ROAD BRIDGE SPECIFICATION con la quale si ottiene una resistenza d'attrito di 20° ($\varphi = \sqrt{15 * Nspt} + 15 = 5,47 + 15 = 20,47°$). Trattandosi di sabbie fini il modulo di compressibilità edometrico (Ed) è dell'ordine di 10 kg/cmq. (5 * Nspt - Tab. I). Il campione, opportunamente misurato e pesato, ha dato un peso di volume di 1,72 g/cmc.

- Postazione n° 5 - Prova n° 2 (da –m. 4,00 a –m. 4,45)

- da m. 4,00 a m. 4,15 Nspt. = 3 colpi
- da m. 4,15 a m. 4,30 Nspt. = 3 colpi
- da m. 4,30 a m. 4,45 Nspt. = 5 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 8 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**sabbie rossastre con tonalità gialle**) che può essere classificato del tipo "sciolto" con una Dr dell'ordine del 30% ed una Rp di circa 30 kg/cmq. Se si osserva la tab. di Schmertmann, in cui sono riportate le resistenze d'attrito delle sabbie in funzione delle loro densità relative, si nota che quelle fini uniformi con una Dr del 30% hanno un φ di 32° (φ = 28 + 0,14 Dr = 28 + 4,2 = 32,2°). Questo valore però si riduce a 26° se si applica l'espressione della ROAD BRIDGE SPECIFICATION: φ = $=\sqrt{15 * Nspt}$ + 15 = 10,95 + 15 = 25,95°. Trattandosi di sabbie fini il modulo di compressibilità edometrico (Ed) è dell'ordine di 40 kg/cmq. (5 * Nspt - Tab. I). Il campione, estratto dal campionatore Raymond, opportunamente misurato e pesato, ha dato un peso di volume di 1,78 g/cmc.

- Postazione n° 6 - Prova n° 1 (da –m. 2,00 a –m. 2,45)

- da m. 2,00 a m. 2,15 Nspt. = 1 colpi
- da m. 2,15 a m. 2,30 Nspt. = 1 colpi
- da m. 2,30 a m. 2,45 Nspt. = 2 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 3 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**sabbie rossastre**) che può essere classificato del tipo "molto sciolto" con una Dr inferiore al 20% ed una Rp inferiore a 20 kg/cmq. Dalla tab. I e da quella di Schmertmann emerge che le sabbie con una Dr inferiore al 20% hanno un φ inferiore a 30°. Per la determinazione più precisa di questo valore si fa ricorso all'espressione della ROAD BRIDGE SPECIFICATION con la quale si ottiene una resistenza d'attrito di 21° ($\varphi = \sqrt{1,5 * Nspt}$ + 15 = 6,71 + 15 = 21,71°). Trattandosi di sabbie fini il modulo di compressibilità edometrico (Ed) è dell'ordine di 15 kg/cmq. (5 * Nspt - Tab. I). Il campione, opportunamente misurato e pesato, ha dato un peso di volume di 1,77 g/cmc.

- Postazione n° 6 - Prova n° 2 (da –m. 4,00 a –m. 4,45)

- da m. 4,00 a m. 4,15 Nspt. = 11 colpi
- da m. 4,15 a m. 4,30 Nspt. = 13 colpi
- da m. 4,30 a m. 4,45 Nspt. = 15 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 28 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**sabbie gialle**) che può essere classificato del tipo "compatto" con una Dr del 58% ed una Rp di 112 kg/cmq. Se si osserva la tab. di Schmertmann, in cui sono riportate le resistenze d'attrito delle sabbie in funzione delle loro densità relative, si nota che quelle fini uniformi con una Dr del 58% hanno un φ di 36° (φ = 28 + 0,14 Dr = 28 + 8,12 = 36,12°). Questo valore però si riduce a 35° se si applica l'espressione della ROAD BRIDGE SPECIFICATION: φ = $\sqrt{15 * Nspt}$ + 15 = 20,49 + 15 = 35,49°. Trattandosi di sabbie fini il modulo di compressibilità edometrico (Ed) è dell'ordine di 140 kg/cmq. (5 * Nspt - Tab. I). Il campione, estratto dal campionatore Raymond, opportunamente misurato e pesato, ha dato un peso di volume di 1,81 g/cmc. Poiché le sabbie gialle del luogo hanno uno spessore non inferiore a 50 metri e sono del tipo "compatto", cioè con un Nspt compreso fra 15 – 50 colpi/30cm, rappresentano un terreno di categoria "C" dove il V_{S30} è compreso fra 180 e 360 m/sec.

- **Postazione n° 7** - **Prova n° 1** (da –m. 2,50 a –m. 2,95)

- da m. 2,50 a m. 2,65 Nspt. = 1 colpi
- da m. 2,65 a m. 2,80 Nspt. = 1 colpi
- da m. 2,80 a m. 2,95 Nspt. = 2 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 3 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**sabbie rossastre**) che può essere classificato del tipo "molto sciolto" con una Dr inferiore al 20% ed una Rp inferiore a 20 kg/cmq. Dalla tab. I e da quella di Schmertmann emerge che le sabbie con una Dr inferiore al 20% hanno un φ inferiore a 30°. Per la determinazione più precisa di questo valore si fa ricorso all'espressione della ROAD BRIDGE SPECIFICATION con la quale si ottiene una resistenza d'attrito di 21° ($\varphi = \sqrt{15 * Nspt} + 15 = 6{,}71 + 15 = 21{,}71°$). Trattandosi di sabbie fini il modulo di compressibilità edometrico (Ed) è dell'ordine di 15 kg/cmq. (5 * Nspt - Tab. I). Il campione, opportunamente misurato e pesato, ha dato un peso di volume di 1,74 g/cmc

- **Postazione n° 7** - **Prova n° 2** (da –m. 4,00 a –m. 4,45)

- da m. 4,00 a m. 4,15 Nspt. = 13 colpi
- da m. 4,15 a m. 4,30 Nspt. = 21 colpi
- da m. 4,30 a m. 4,45 Nspt. = 28 colpi

Il valore di Nspt. è quindi di 49 colpi/30 cm. cui corrisponde un materiale (**sabbie gialle**) che può essere classificato del tipo "denso" con una Dr del 79% ed una Rp di 196 kg/cmq. Se si osserva la tab. di Schmertmann si nota che quelle fini uniformi con una Dr del 79% hanno un φ leggermente superiore di 38° (φ = 28 + 0,14 Dr = 28 + 11,06 = 39,06°). Trattandosi di sabbie fini il modulo di compressibilità edometrico (Ed) è dell'ordine di 245 kg/cmq. (5 * Nspt - Tab. I). Il campione, estratto dal campionatore Raymond, opportunamente misurato e pesato, ha dato un peso di volume di 1,81 g/cmc. Poiché le sabbie gialle del luogo hanno uno spessore non inferiore a 50 metri e sono del tipo "compatto", cioè con un Nspt compreso fra 15 – 50 colpi/30cm, rappresentano un terreno di categoria "C" dove il V_{S30} è compreso fra 180 e 360 m/sec.

I risultati di queste prove in situ hanno messo in evidenza molto chiara che le ***sabbie rossastre*** (colorate in arancio nei profili geologici), in parte di natura eluviale, in parte di riporto, sono pochissimo consolidate e quindi suscettibili di subire notevoli assestamenti dei granuli, sia a seguito di eventuali sovraccarichi, sia con le infiltrazioni idriche. In situazioni di questo tipo le conseguenze più certe ed immediate, in caso di sovrastrutture, sono sensibili cedimenti delle fondazioni, accompagnati da lesioni strutturali delle parti in elevazione (più bassi sono i valori della compressibilità edometrica, più alti sono i cedimenti). L'angolo di resistenza d'attrito delle sabbie rossastre si deve considerare dell'ordine di 20°.

Le ***sabbie gialle*** sottostanti invece, di cui bisogna distinguere quelle più prossime alla coltre detritica (spessore 1,50 metri circa) da quelle più profonde, sono senz'altro più compatte delle precedenti perché nel tempo sono state consolidate da diversi fattori naturali.

Considerando i risultati di alcune prove è possibile dire che quelle più vicine alla coltre detritica, per avere subito qualche alterazione strutturale, hanno un angolo di resistenza d'attrito dell'ordine di 30°, mentre quelle più

profonde, rimaste integre nel tempo, mediamente hanno un valore di resistenza d'attrito dell'ordine di *34° - 35°* (in alcuni casi anche maggiore).

I risultati delle prove effettuate, riferiti al tratto in cui si estende la coltre detritica unificata (*terreno vegetale*), mettono in evidenza che questo materiale, alla profondità di m. 1,50-1,95, ha un angolo di resistenza d'attrito di *23°* (oltre questa profondità il terreno si presenta più consistente – sond. SR. n° 2).

Infine, per quanto riguarda le *marne azzurre* è possibile dire che, mentre alla profondità di m. 1,30–1,75 la prova SPT ha messo in evidenza un angolo di resistenza d'attrito di *25°*, a maggiore profondità il suo valore passa senz'altro a *27°-28°* perché sono decisamente più compatte (sondaggio SR. n° 1 – Tabb. n° 11-12).

Queste prove hanno permesso di accertare anche che, sia le marne azzurre per un tratto, sia le sabbie gialle per quello di maggiore superficie, sotto l'aspetto sismo-stratigrafico caratterizzano un suolo di fondazione di categoria "C", dove la velocità dell'onda sismica è compresa fra **180** e **360** m/sec.

LINEAMENTI DI MORFOLOGIA

Se si osservano i profili geologici e le curve di livello delle allegate carte topografiche, si nota che il terreno si estende quasi tutto con un andamento orizzontale, ad eccezione dei tratti in cui, lungo una vicina stradella, si snoda una piccola scarpata con una altezza massima di circa 4 metri (foto n° 6).

L'unico punto di tutto il terreno, in cui il pendio è piuttosto esteso ed accentuato, è quello di natura marnosa rivolto ad est.

Dovendo esprimere dei giudizi di carattere morfologico delle diverse parti del terreno, si può dire quanto segue:

a) Il tratto interessato dall'ampliamento, nel suo insieme, è in perfette condizioni di stabilità: in esso non si temono movimenti di terra di nessun tipo nemmeno all'arrivo di eventuali onde sismiche.

b) Le piccole scarpate sabbiose, che in un lato e solo in alcuni tratti delimitano la stradella di confine, nelle attuali condizioni non destano preoccupazioni di stabilità, anche se le sabbie eluviali che le costituiscono sono scarsamente consolidate.

c) Non esistono preoccupazioni di stabilità nemmeno nel tratto dell'ampliamento rivolto ad est, cioè nel lato del pendio marnoso che costituisce il versante. Questo giudizio di stabilità morfologica scaturisce da una semplice considerazione: le marne azzurre, che costituiscono la struttura geologica dell'intero versante, per essere impermeabili e discretamente compatte, si comportano come un blocco massivo omogeneo ed isotropo per tutto il suo spessore, cioè sufficientemente resistente a potenziali fenomeni gravitativi di tipo franoso. Gli unici processi di geodinamica esogena, a cui sono sottoposte le marne lungo l'intero versante, sono le erosioni di superficie, operate dalle acque meteoriche, gli sfaldamenti dovuti alle variazioni termiche e le corrasioni dovute alle azioni eoliche.

Se quanto detto permette di avere un quadro sicuro sulla morfologia del terreno, ciò non toglie che i singoli tratti, in base ai caratteri ed agli aspetti posseduti, possano richiedere interventi particolari. Questi concetti comunque saranno esposti nei paragrafi successivi.

FENOMENOLOGIE LEGATE ALLE INTERAZIONI TERRENO-STRUTTURA

Quando su un determinato terreno, che nel tempo ha raggiunto un certo equilibrio, viene realizzata una struttura, lo stato tensionale posseduto viene modificato con insorgenze di reazioni che generalmente passano inosservate.

Se tali reazioni hanno una evoluzione entro il campo elastico del comportamento del terreno e sono di analoga intensità in tutte le parti interessate, il fenomeno acquista caratteri di normalità. Se invece sono diversificate, perché il terreno di sottofondazione è eterogeneo sotto l'aspetto litologico, ed anisotropo sotto l'aspetto geomeccanico, oppure i coefficienti adottati non hanno avuto la dimensione adeguata, allora i fenomeni, evolvendosi nel campo anelastico o plastico del terreno, incominciano a manifestarsi in maniera anomala. In situazioni simili è necessario realizzare le strutture con accorgimenti tecnici adeguati.

Nel caso che interessa il presente studio è possibile dire che i due tratti del terreno, interessati rispettivamente dalle marne azzurre, da una parte, e dalle sabbie gialle, dall'altra, riflettono in pieno le condizioni suggerite dalla M.d.T. Ciascuno dei due tratti infatti è **omogeneo** sotto l'aspetto litologico ed **isotropo** sotto l'aspetto geomeccanico.

L'unico tratto che in certo qual modo si discosta da queste situazioni è quello interessato dal terreno vegetale. In questo tratto infatti, per motivi di quote e di entità di scavi, si potrebbe fondare sul terreno vegetale perché sufficienti sono risultati i suoi caratteri tecnici, anche se sotto si estendono le sabbie verso le quali i drenaggi avverranno con maggiore facilità.

In maniera sintetica questa situazione può essere manifestata in questo modo:

a) Nel tratto interessato dalle marne il muro di recinzione dovrà poggiare sulle marne alla profondità non inferiore a m. 1,50 nel punto in cui è stato eseguito il sondaggio SR n° 1.
b) Nel tratto interessato dalle sabbie rossastre e da quelle limose dovrà poggiare sulle sabbie gialle sottostanti, escludendo del tutto quelle rossastre e quelle limose.
c) Nel tratto interessato dal terreno vegetale, poiché a partire dalla profondità di m. 1,30 questo materiale presenta caratteristiche geomeccaniche sufficienti (sondaggio SR n° 2), le fondazioni potranno essere sistemate su di esso.

L'altro aspetto del problema legato all'interazione terreno-struttura riguarda le modalità di reazione del terreno quando sarà sottoposto alle tensioni esercitate dal muro, cioè come si evolveranno i processi di consolidazione e come si comporteranno nel tempo le strutture.

Poiché i processi di consolidazione dei terreni, che dipendono dall'entità delle tensioni esercitate dai carichi e dal grado di permeabilità dei terreni, consistono nell'espulsione di acqua e di aria a seguito dell'assestamento dei granuli, nei terreni anzidetti i fenomeni avranno le seguenti evoluzioni:

a) Nelle sabbie, che sono molto permeabili, l'assestamento dei granuli, che ha come conseguenza il cedimento della fondazione, è immediato, cioè avverrà durante la somministrazione dei carichi (il cedimento, che dipende anche dal modulo di compressibilità Ed ed è inversamente proporzionale al suo valore, è alto nelle sabbie rossastre, basso nelle sabbie gialle).
b) Nelle marne invece, che sono del tipo coesivo e pochissimo permeabili, il cedimento della fondazione avverrà nel tempo (esso è tanto più basso quanto più compatta è la marna).
c) Nel terreno vegetale, che alla base ha le sabbie permeabili verso le quali tendono a dissiparsi le pressioni neutre interstiziali, si può considerare una situazione intermedia a quelle accennate (ci sarà un certo cedimento, che è normale in tutti i terreni, anche se si può considerare contenuto per la buona compattezza del materiale).

Si può asserire anche che, nell'ambito di ciascun terreno, i processi accennati saranno di tipo omogeneo, cioè si evolveranno in maniera uguale in tutte le parti senza creare conseguenze negative alle strutture. Ciò però presuppone l'attuazione di giunti tecnici nei punti in cui da un tipo di terreno si passa all'altro.

Nello spigolo del muro invece, quello in cui è stato eseguito il sondaggio SR n° 1, poiché, per diversi motivi, è il punto più sensibile nel contesto dei processi di consolidazione, è opportuno che sia adottato, a garanzia dei cedimenti, un intervento di tutela e di supporto rispetto agli altri tratti fondali. In detto spigolo infatti si consiglia la realizzazione di n° 3 micropali, ciascuno della lunghezza massima di mt. 5 e distanti 1 metro uno dall'altro, da sistemare sotto la fondazione rispettivamente, uno in corrispondenza dello spigolo del muro, gli altri due da parti opposte.

CONCLUSIONI

Sulla base di quanto è stato accertato durante lo studio di prima fase, di quanto è emerso con il rilevamento di campagna e di quanto riscontrato con le diverse indagini effettuate in questa fase di studio, e cioè che:

1) il terreno su cui sorgerà il muro, in parte è di natura marnosa (marne azzurre del Pliocene medio), in parte di natura sabbiosa (sabbie gialle del Pliocene superiore). I due litotipi nel lato nord sono a contatto laterale fra di loro per la presenza di una faglia di distensione. Questa, nel contesto morfologico della zona, è da considerare "morta", cioè ininfluente per la stabilità dei terreni interessati (profilo: B-C -- planimetria);
2) in un lungo tratto interessato dalle sabbie gialle esiste una coltre di sabbie rossastre (profilo: C-D), mentre in quello rimanente si trova uno strato di terreno vegetale che sfocia in sabbie limose (profilo B–C);
3) il terreno, sotto l'aspetto morfologico, è in perfette condizioni di stabilità;

4) sia il substrato marnoso che quello sabbioso hanno buone caratteristiche geomeccaniche, tranne la copertura marnosa per uno spessore di m. 1,50 circa, e quella sabbiosa, di colore rossastro, per uno spessore variabile da uno a quattro metri. Lo strato vegetale e quello sabbioso-limoso si presentano con caratteri di compattezza accettabili da m. 1,30 in poi.
5) sotto l'aspetto sismo-stratigrafico, sia le marne azzurre che le sabbie gialle, che nell'insieme costituiscono la struttura geologica della zona, caratterizzano un suolo di fondazione di categoria "C" dove la velocità delle onde sismiche è compresa fra 180 e 360 m/sec.

Sulla base di quanto è stato accennato il previsto muro, insieme alla strada di servizio, può essere realizzato nell'osservanza di quanto segue:

a) le fondazioni del muro dovranno essere poste dovunque sulle sabbie gialle, limitatamente ai tratti rappresentati nei profili: D-E, C-D e B-C, quest'ultimo solo nella porzione interessata dalle sabbie limose. Poiché nel tratto rappresentato nei primi due profili le fondazioni dovranno necessariamente essere poste a circa m. 1,20 di profondità dalla quota della stradella esistente dove, lateralmente ad essa, esiste un terrapieno di sabbie eluviali rossastre alto circa 4 metri, detto muro, oltre a funzioni di recinzione, dovrà avere anche funzioni di sostegno. Per motivi morfologici locali, molto probabilmente, avrà funzioni di sostegno anche nel tratto interessato dalle sabbie limose, cioè in quello dove i lati del muro convergono in C (vedi planimetria). I parametri geomeccanici della sabbie di fondazione, da adottare per questo tratto di muro (sono stati considerati i valori più bassi ottenuti con le indagini), sono:

$\varphi = 30°$
$C = 0$
$Pv = 1{,}78$ g/cmc.

Per il dimensionamento del muro in altezza, dove in particolare agiranno le spinte delle sabbie rossastre, di questo materiale bisogna adottare i seguenti parametri:

$\varphi = 20°$
$C = 0$
$Pv = 1{,}74$ g/cmc.

b) nei profili A-B e B-C, quest'ultimo solo fino al punto in cui si incontra la faglia, dette fondazioni poggeranno sulle marne azzurre alla profondità di m. 1,50 dall'attuale p.c. (punto B in cui il muro fa angolo). In questo punto, che nel contesto dei processi di consolidazione e dei cedimenti è il più sensibile e delicato, il sottoscritto consiglia, sotto la normale fondazione, l'esecuzione di n° 3 micropali di ausilio e di supporto. La loro lunghezza massima sarà di 5 metri e saranno posti ad 1 metro l'uno dall'altro da parti opposte allo spigolo del muro. Questo dovrà essere dimensionato tenendo conto dei parametri delle marne:

$\varphi = 25°$
$C = 0{,}10$ (ass.)
$Pv = 2{,}03$ g/cmc

c) nel tratto in cui si estende il terreno vegetale (dalla posizione della faglia in direzione C, per circa 25 metri) le fondazioni del muro, sulla base di quanto accertato con il sondaggio SR n° 2, potranno poggiare su questo materiale alla profondità di m. 1,30. I parametri da adottare per il terreno vegetale (risultati ottenuti con la prova SPT ed in parte del sondaggio SR n° 2) sono:

$\varphi = 23°$
$C = 0{,}10$ (ass.)
$Pv = 1{,}99$ g/cmc.

d) nei punti in cui si passa da un tipo di terreno fondazione ad un altro, dove le quote variano e dopo una ragionevole lunghezza dei muri (20-25 metri), è necessario che le strutture siano separate da giunti tecnici.

e) per quanto riguarda infine la costruzione della strada perimetrale esterna non esistono problematiche particolari perché essa interesserà terreni stabili in tutti i tratti del suo tracciato. Per eventuali muri di sottoscarpa, se al loro posto non saranno adottate gabbionate, si dovranno seguire ed adottare le indicazioni già fatte per i muri di sostegno. L'unico tratto di strada che richiede un accorgimento particolare è quello in cui la relativa curva è rivolta al versante marnoso posto ad est (tratto adiacente allo spigolo B del muro – foto n° 9). Questo tratto, che ha una lunghezza di 30 metri circa e che in parte, per motivi di quote, sarà realizzato su rilevato, lungo il bordo rivolto a valle, per il relativo sostegno e per la sua difesa da erosioni e ruscellamenti superficiali, ha bisogno della messa in opera di un filare di gabbionata alla profondità di m. 1,50 dall'attuale p.c. Per evitare che alla base di questa gabbionata possano accumularsi acque d'infiltrazione, è necessario che, lungo il suo perimetro esterno, sia realizzata una canaletta di raccolta per il deflusso delle acque a valle.

****

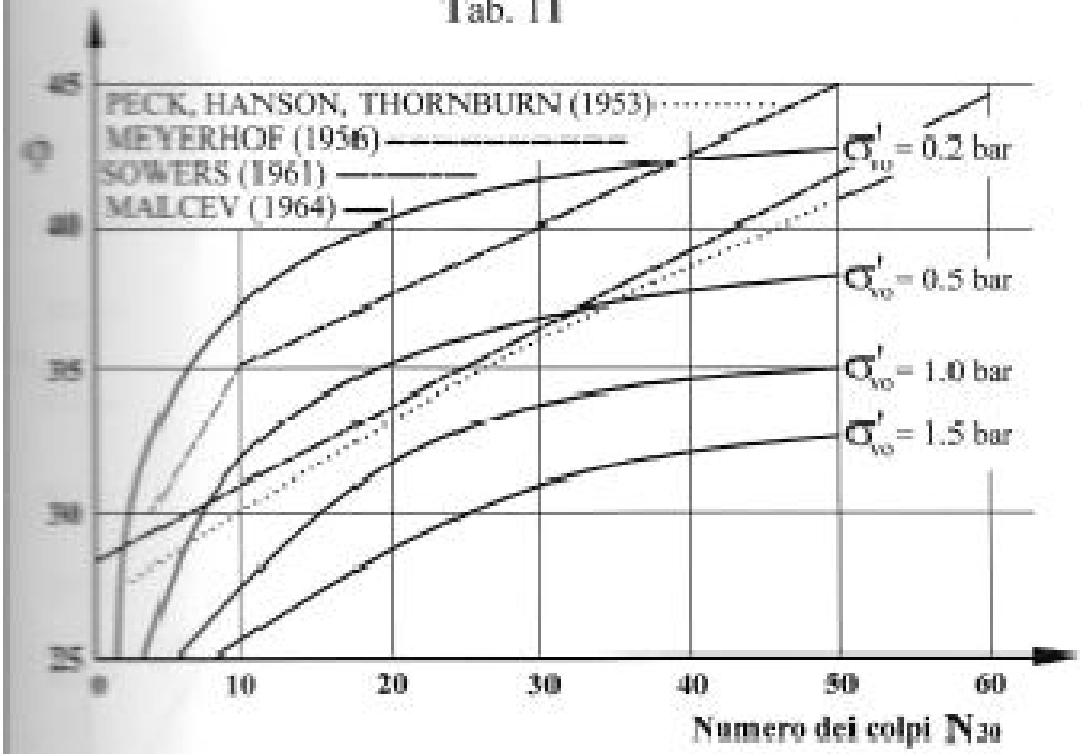
Il Geologo Relatore
Dott. F.P.Patrinicola

Enna, 20/05/10

COROGRAFIA

Corografia
SCALA
1 : 10.000
CONTRADA FONTANA
CALASCIBETTA
FORESTA

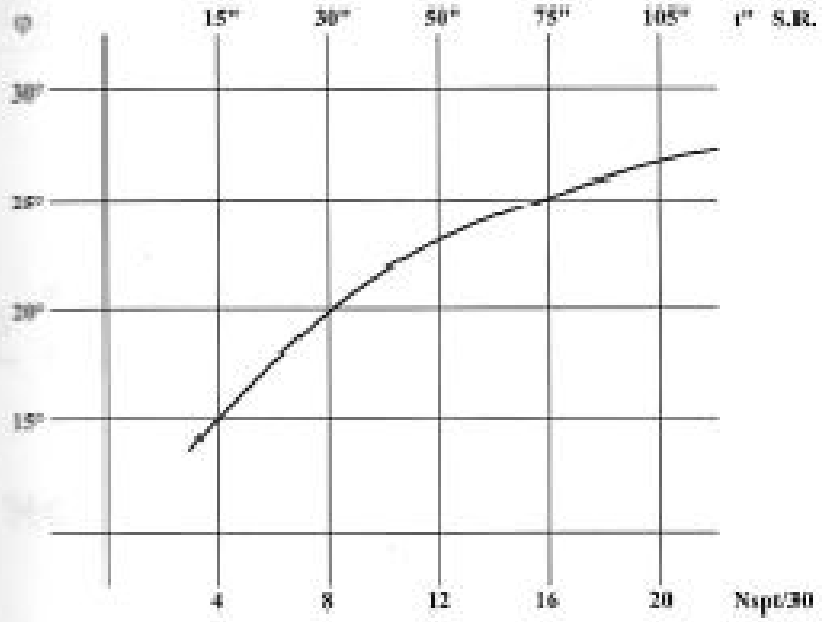
Tab. 11



Angolo di attrito di terreni coerenti correlato al numero dei colpi S.P.T. (Schultze).

ARGILLE E LIMI

Tab. 12

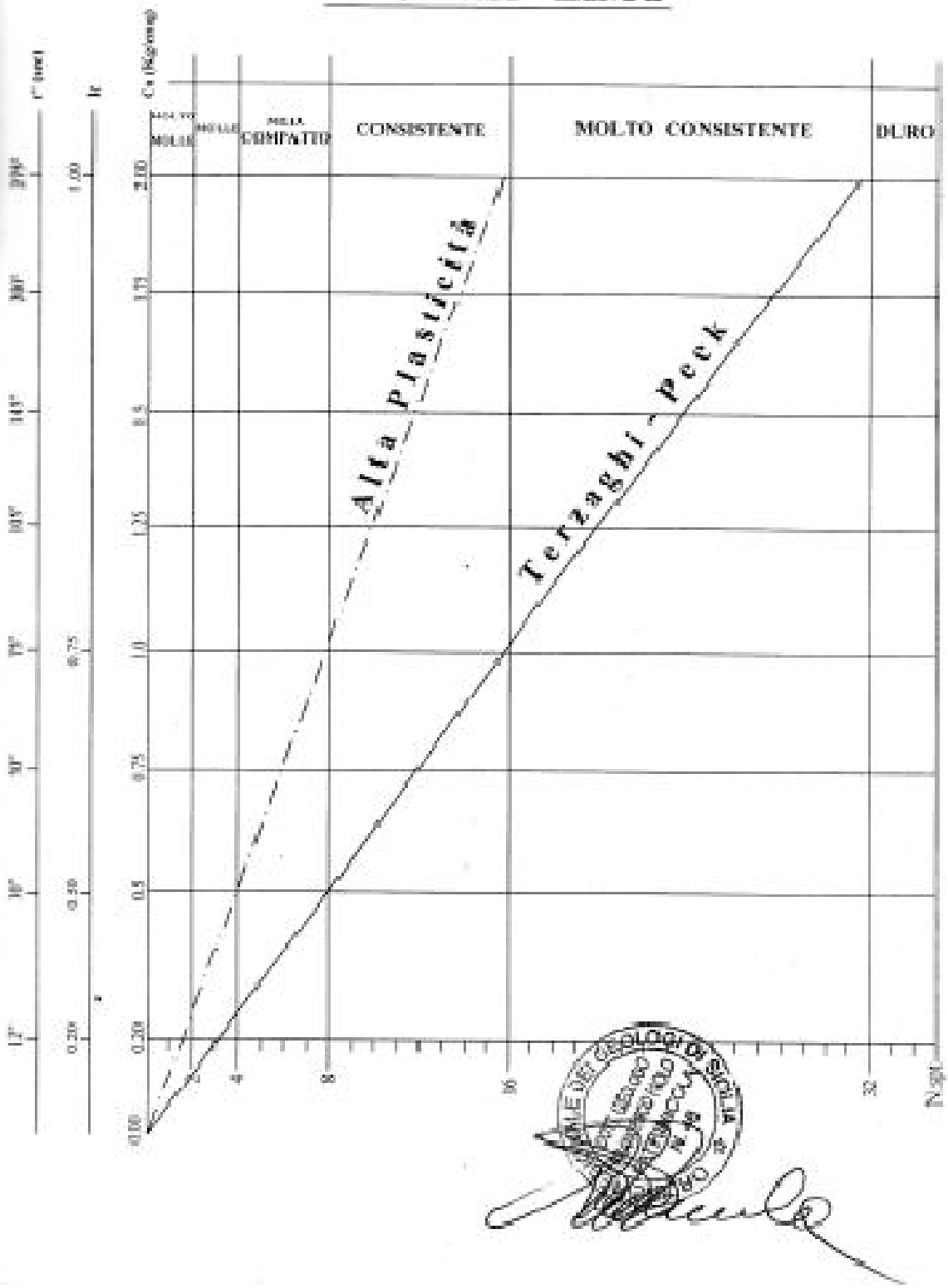


JHJKHJK

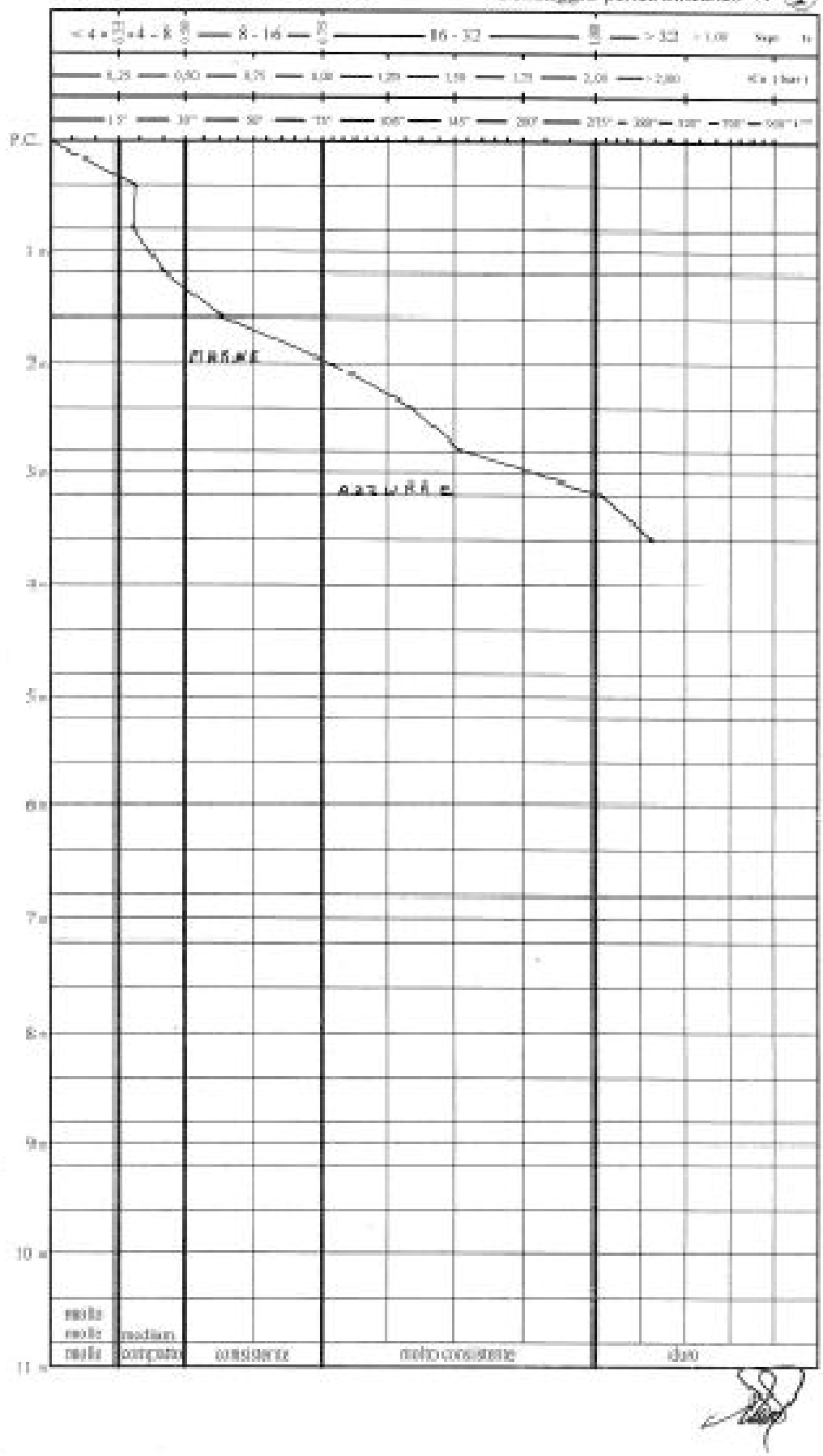
CORRELAZIONI N.spt - t'' AVANZAMENTO

SONDAGGI PENETROMETRICI CONTINUI S.R.

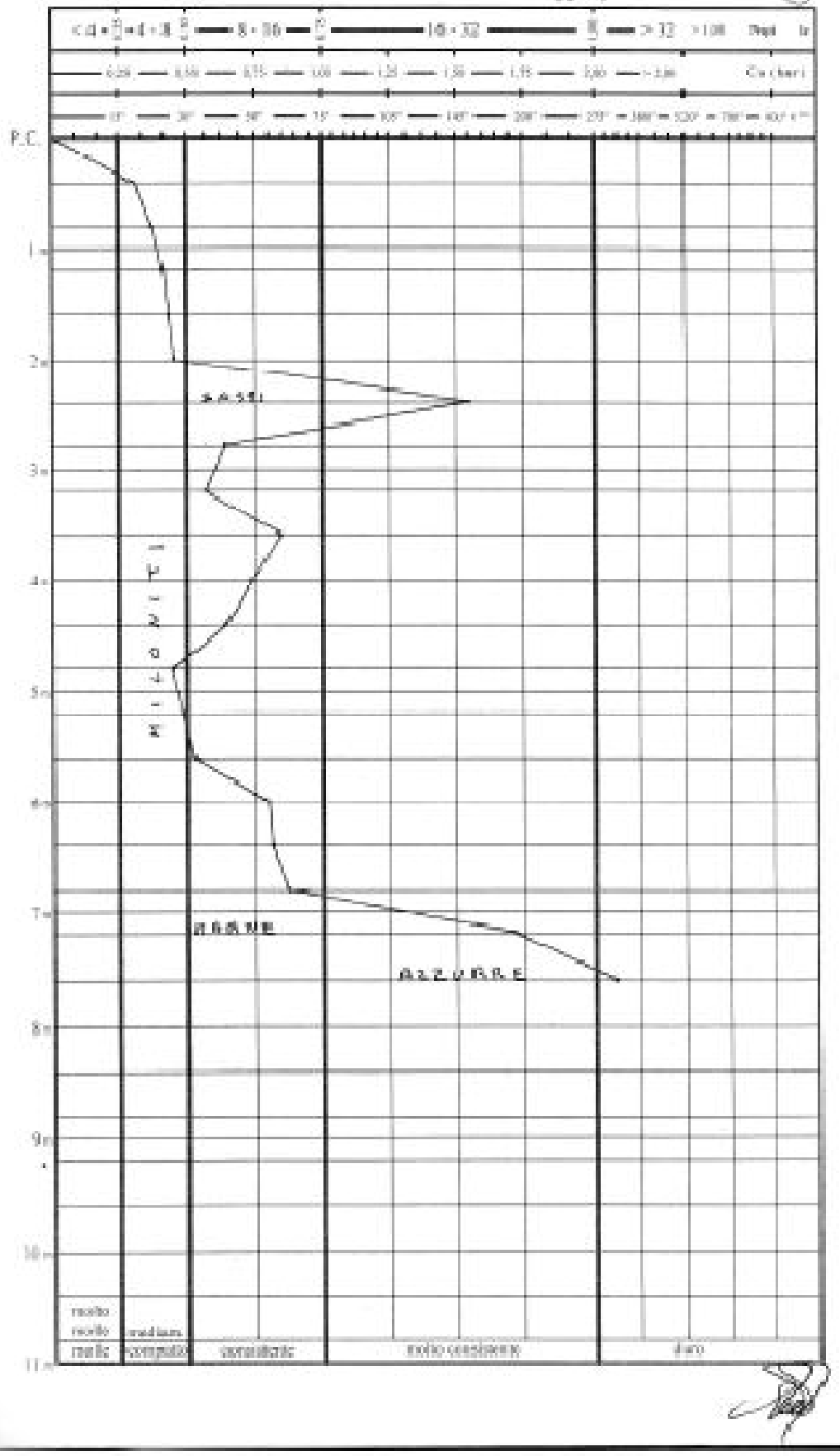
ARGILLA - LIMO



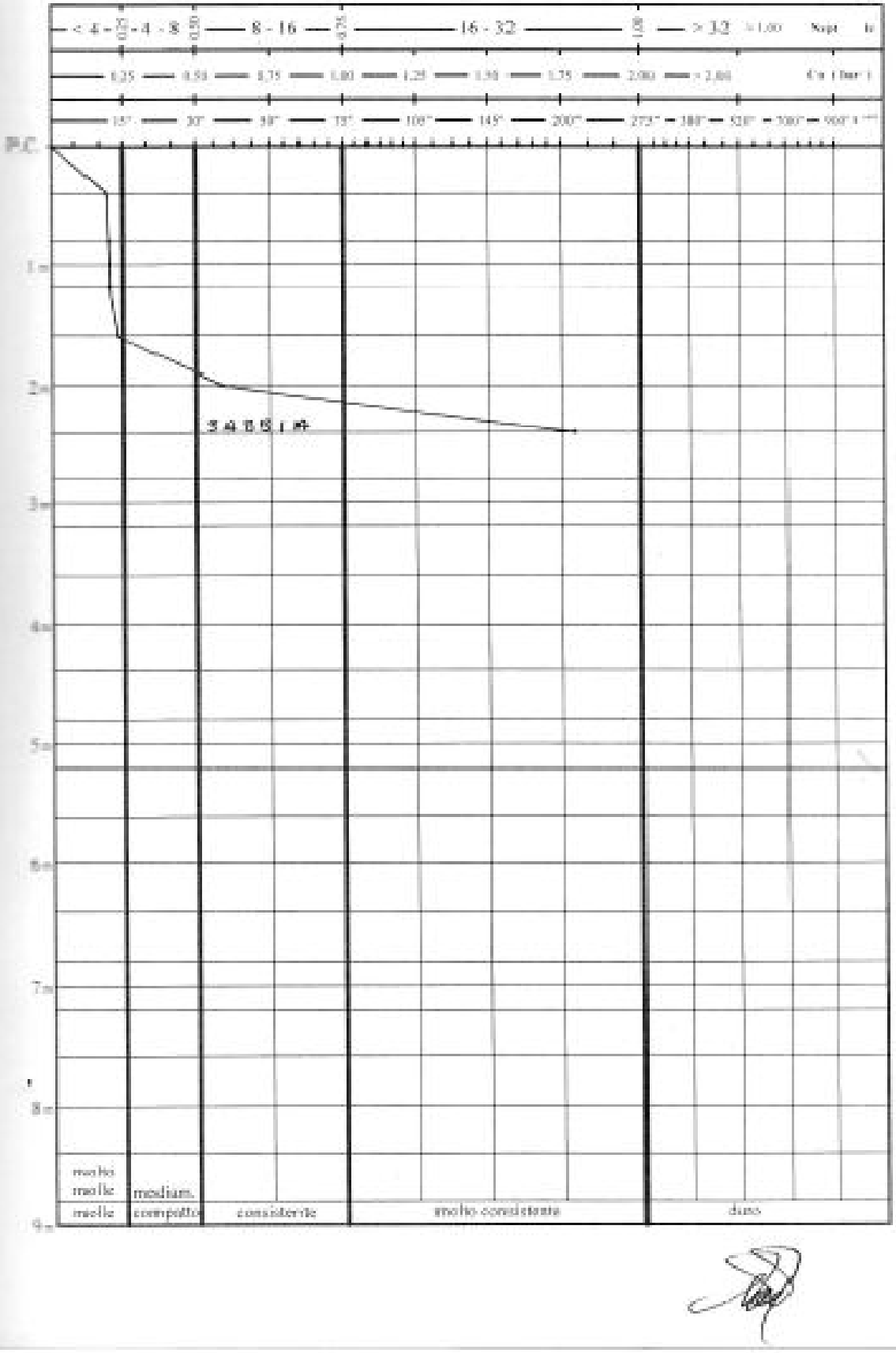
SISTEMA "statico rotativo" S.R. Sondaggio penetrometrico N° 4



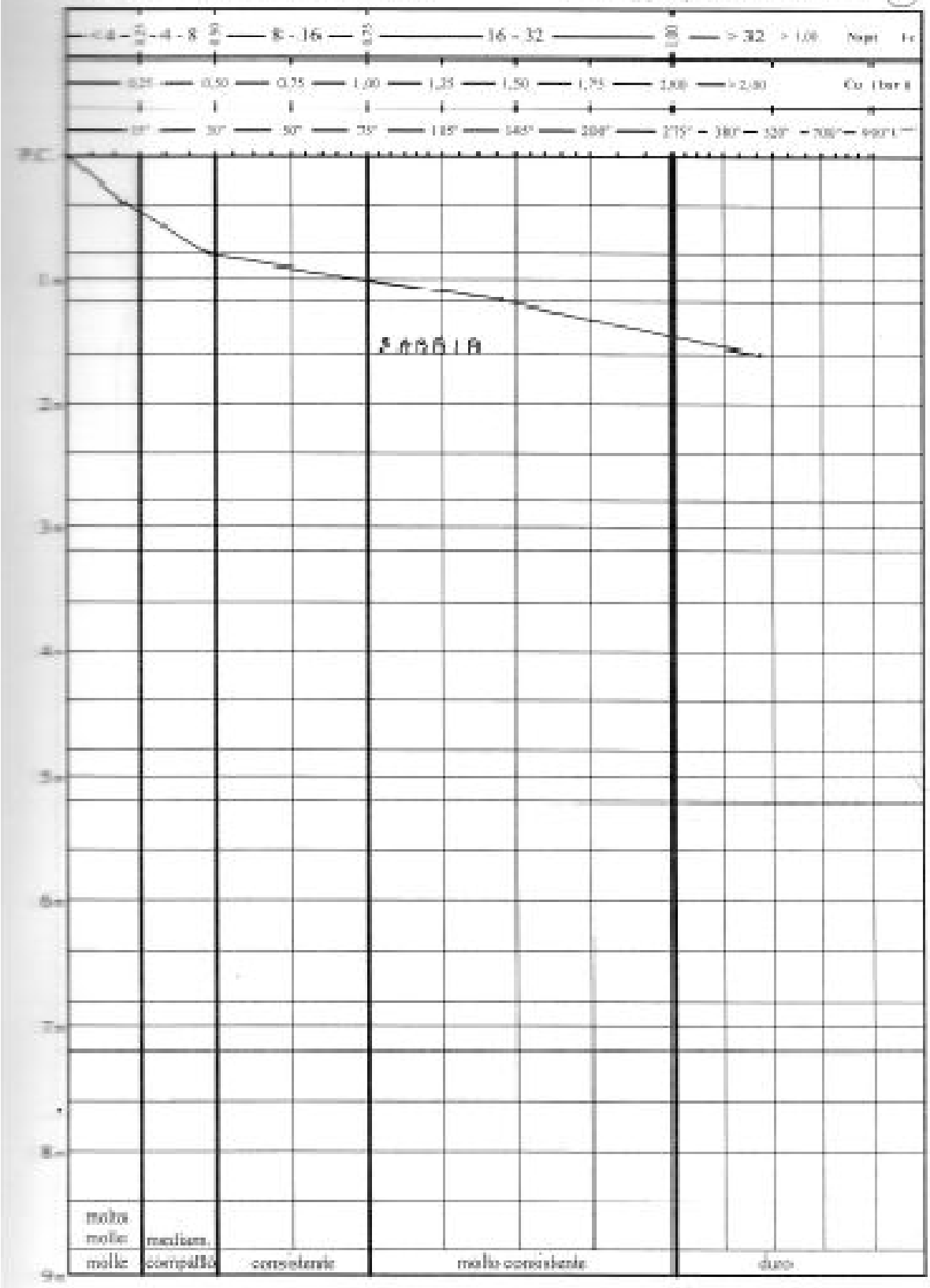
SISTEMA "statico rotativo" S.R. Sondaggio penetrometrico N° 2



SISTEMA "statico rotativo" S.R. Sondaggio penetrometrico N° 3

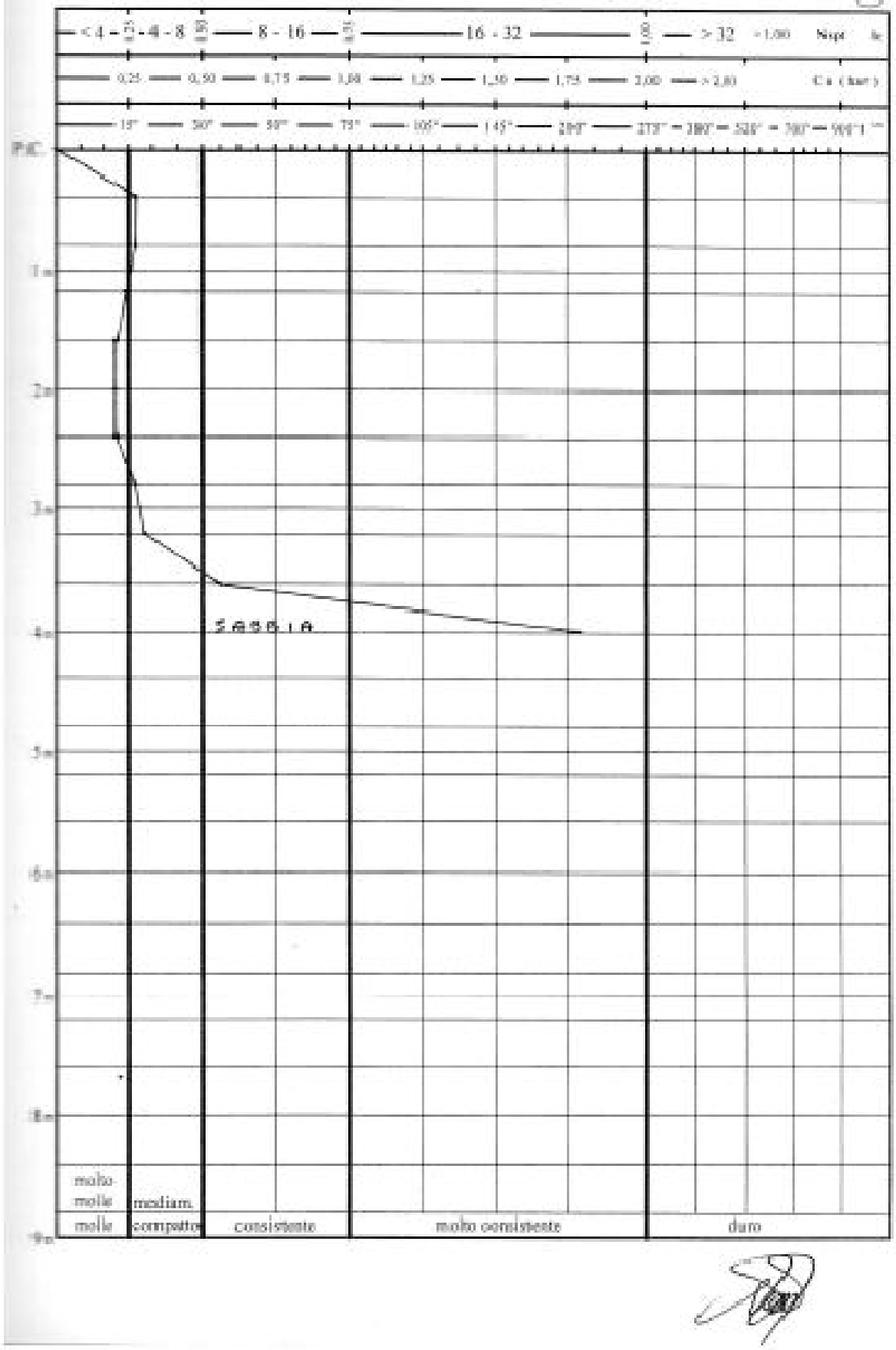


SISTEMA "statico rotativo" S.R. Sondaggio penetrometrico N° 4

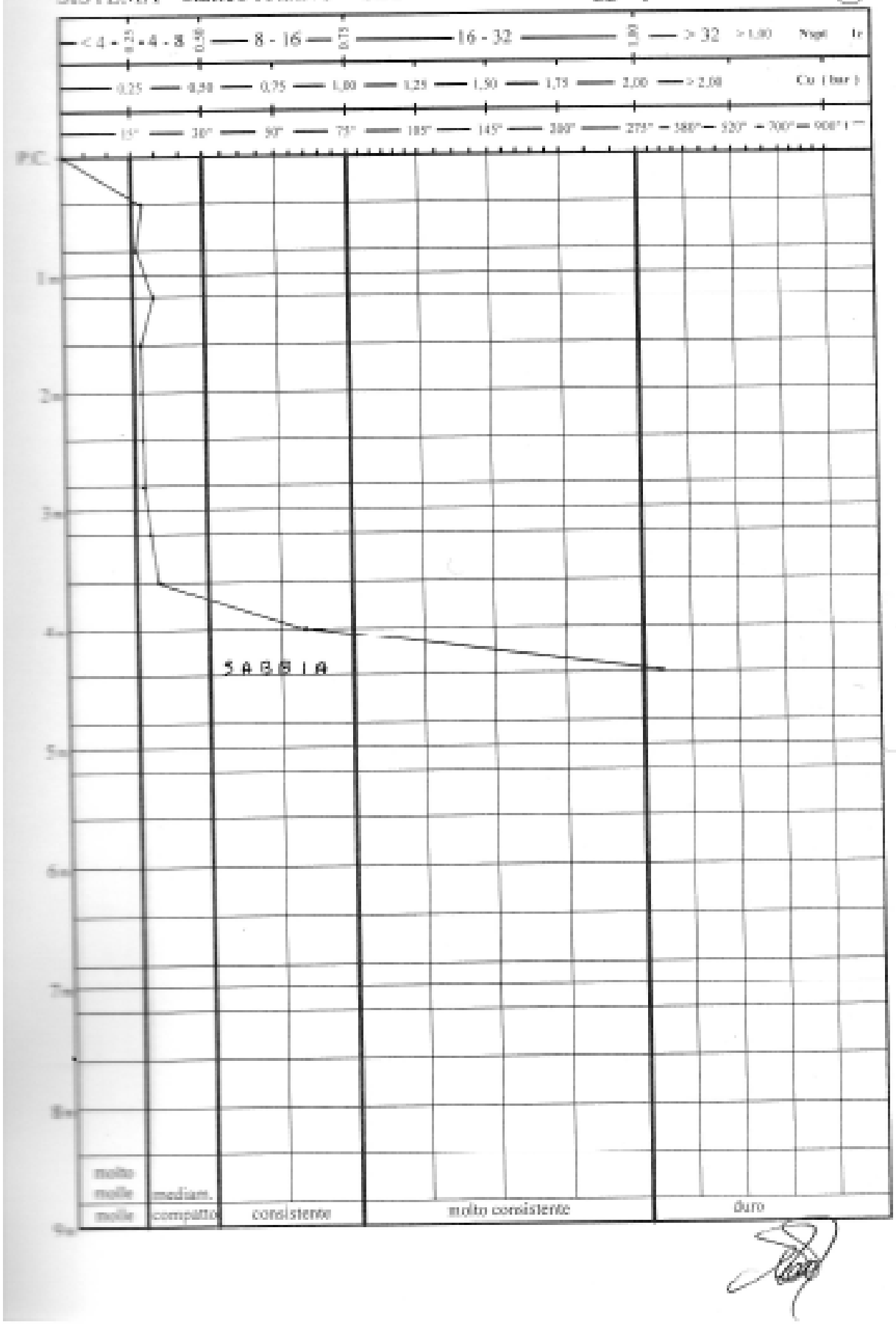


SISTEMA "statico rotativo" S.R.

Sondaggio penetrometrico N° 5



SISTEMA "statico rotativo" S.R. Sondaggio penetrometrico N° 6



SISTEMA "statico rotativo" S.R. Sondaggio penetrometrico N° 7

< 4 - 4 - 8 - 8 - 16 - 16 - 32 - > 32 >100 Nspt ic

0,25 - 0,50 - 0,75 - 1,00 - 1,25 - 1,50 - 1,75 - 2,00 - > 2,00 Cu (bar)

15° - 30° - 58° - 75° - 105° - 145° - 208° - 275° - 360° - 528° - 707° - 900° (°)

P.C.

1 m

2 m

3 m

4 m

5 m

6 m

7 m

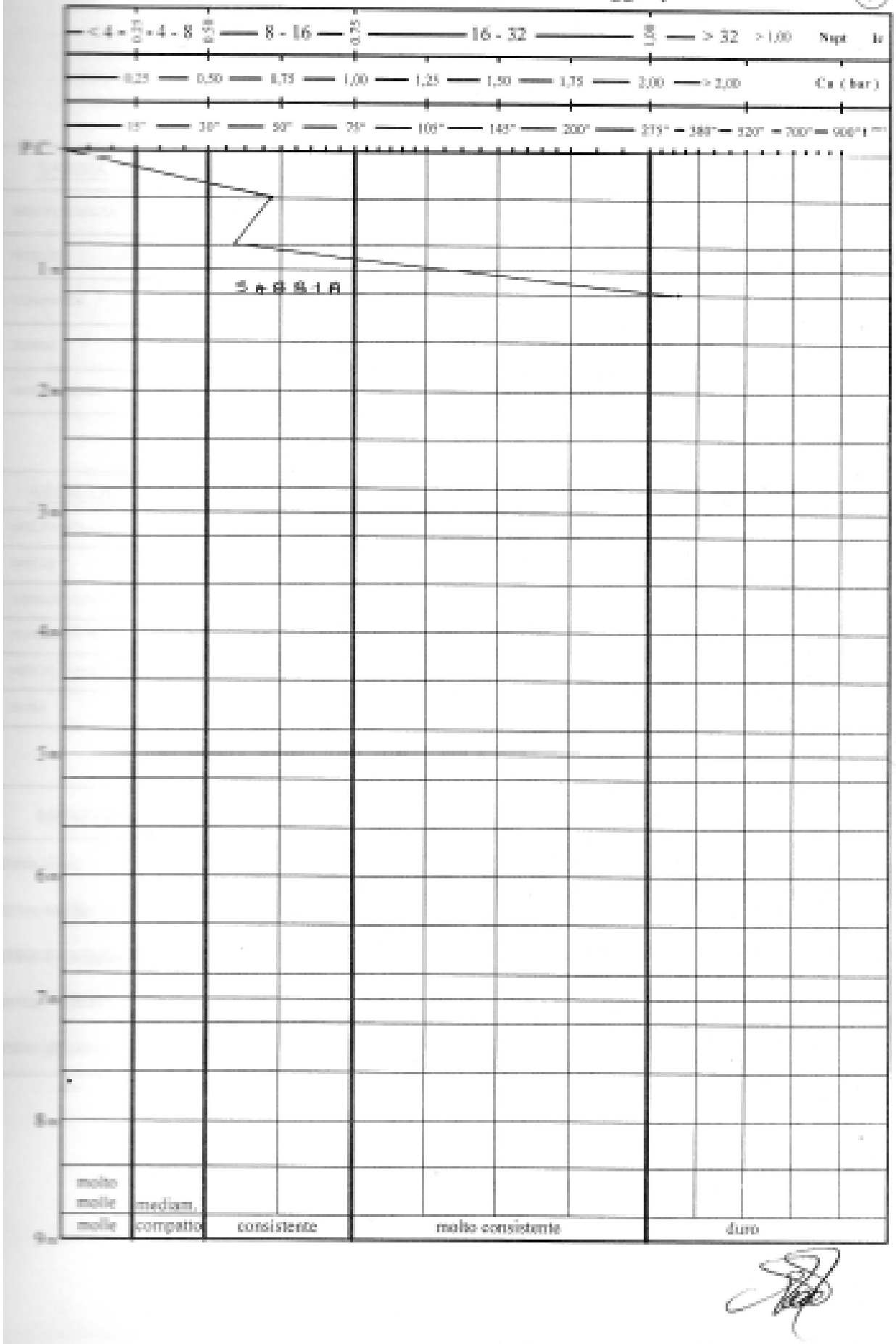
8 m

9 m

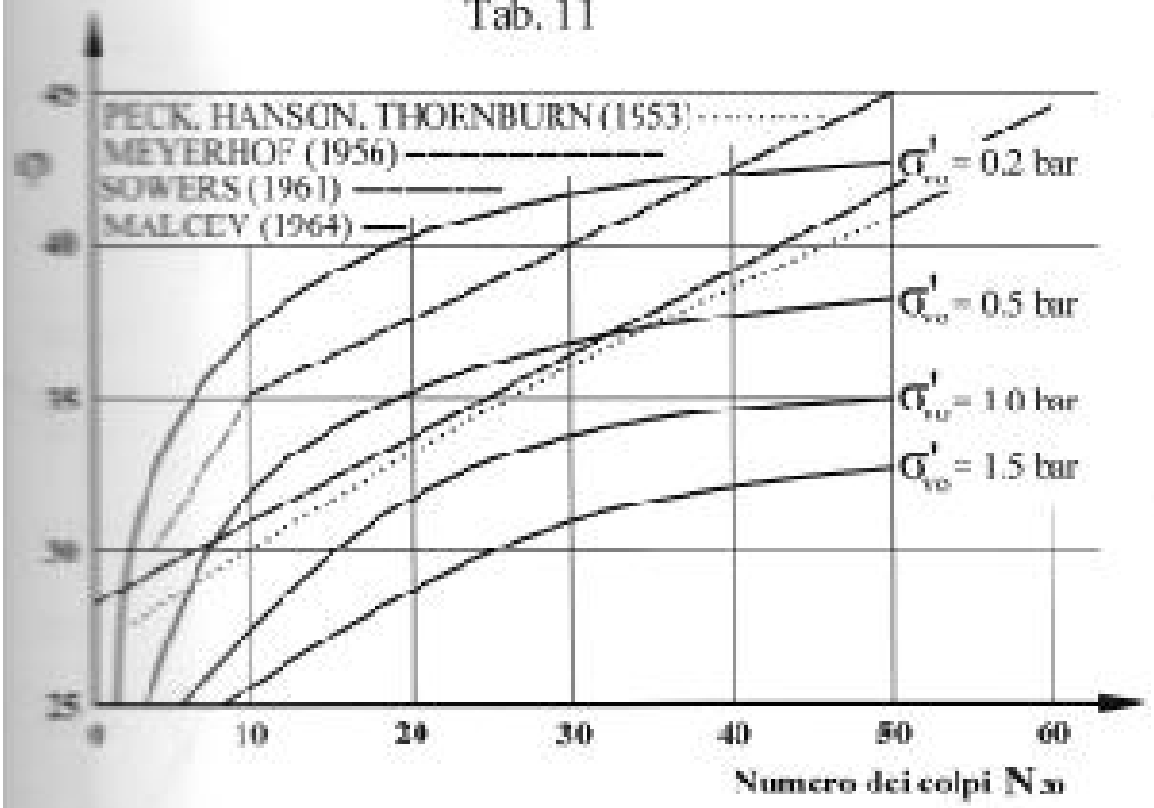
molto molle	molle	mediam. compatto	consistente	molto consistente	duro

SISTEMA "statico rotativo" S.R.

Sondaggio penetrometrico N° 8

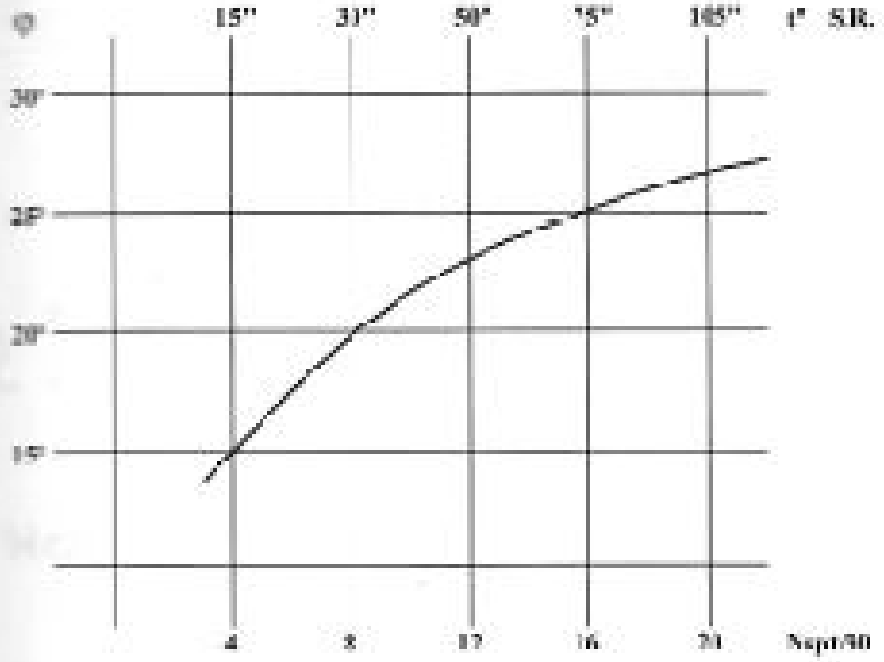


Tab. 11



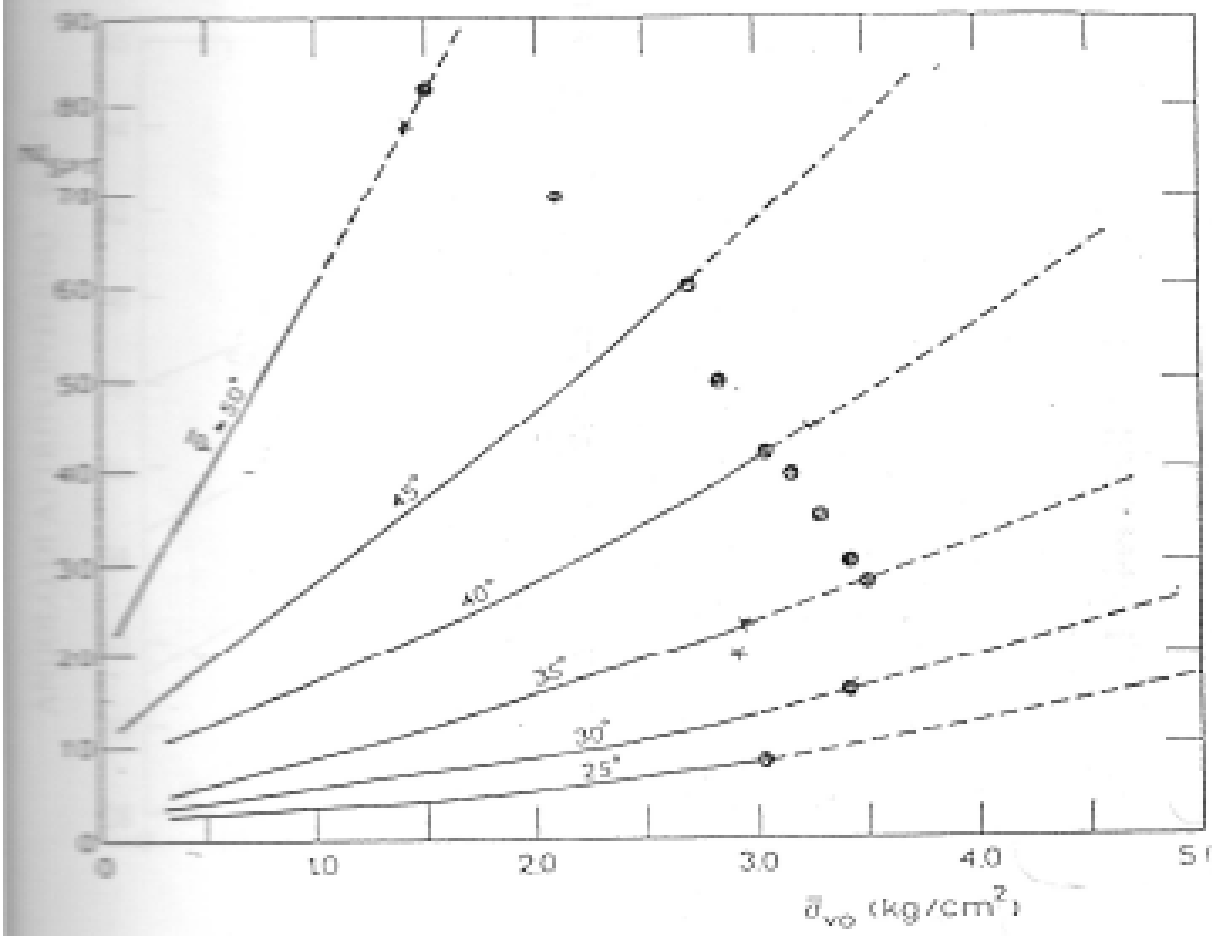
Angolo di attrito di terreni coerenti correlato al numero dei colpi S.P.T. (Schultze).

ARGILLE E LIMI Tab. 12



SABBIE

FIG. A4

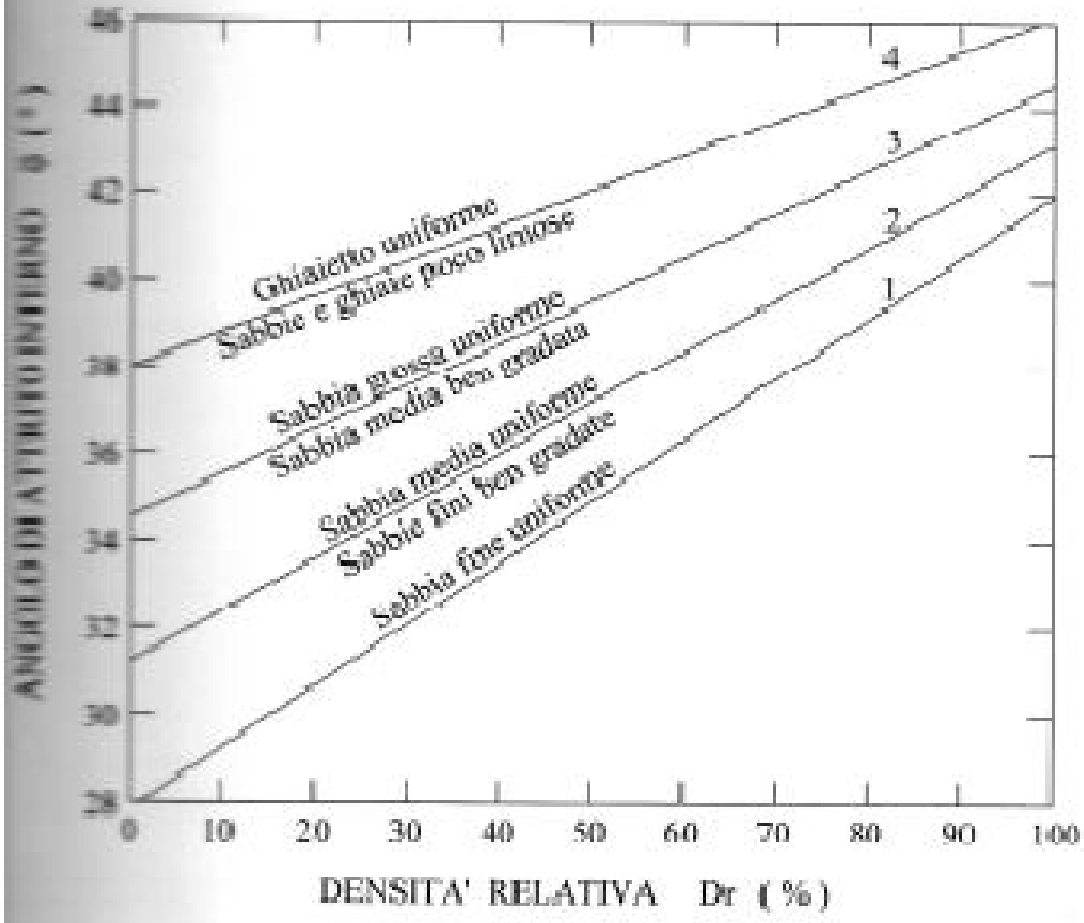


CORRELAZIONE DI DE MELLO $\bar{\varphi} = f(N_{SPT} \cdot \bar{\sigma}_v)$

? { • $\bar{\varphi} = \sqrt{15\, N_{SPT}} + 15$ (°) ROAD BRIDGE SPECIFICATION
  • $\bar{\varphi} = 0.3\, N_{SPT} + 20$ (°) JAPANESE NATIONAL RAILWAY

NON TENGONO CONTO DI σ'_{vo}

CORRELAZIONE $\bar{\varphi} = f$ (Dr GR)
SECONDO SCHMERTMANN (1977)



1) $\bar{\varphi} = 28 + 0.14$ Dr

2) $\bar{\varphi} = 31.5 + 0.115$ Dr

3) $\bar{\varphi} = 34.5 + 0.10$ Dr

4) $\bar{\varphi} = 38 + 0.08$ Dr

TAB. I

SABBIA	DENSITA' RELAT.	S.P.T. Nspt / 30 cm	PEN. STATICO Rp Kg/cm²	ANGOLO ATTR.
MOLTO SCIOLTA	< 0.2	< 4	< 20	< 30°
SCIOLTA	0.2 - 0.4	4 - 10	20 - 40	30° - 35°
COMPATTA	0.4 - 0.6	10 - 30	40 - 120	35° - 40°
DENSA	0.6 - 0.8	30 - 50	120 - 200	40° - 45°
MOLTO DENSA	> 0.8	> 50	> 200	> 45°

ARGILLA	Qu Kg/cm²	Nspt / 30 cm
MOLTO MOLLE	< 0.25	< 2
MOLLE	0.25 - 0.50	2 - 4
MEDIAM. COMPATTA	0.5 - 1	4 - 8
CONSISTENTE	1 - 2	8 - 16
MOLTO CONSISTENTE	2 - 4	16 - 32
DURA	> 4	> 32

Note

Qu = α Nspt   α = 0.125 ÷ 0.33 (Terz. Peck)

Cu = 0.0625 + 0.0666 Nspt (Terz. Peck)

Cu = Qu/2   Cu = Rp/20 (De Beer)

Rp = 4 Nspt (Meyerhof)

Rl = Rp/40 (Argille e limi più o meno sabbiosi)

MENZEBACH - MALCEV

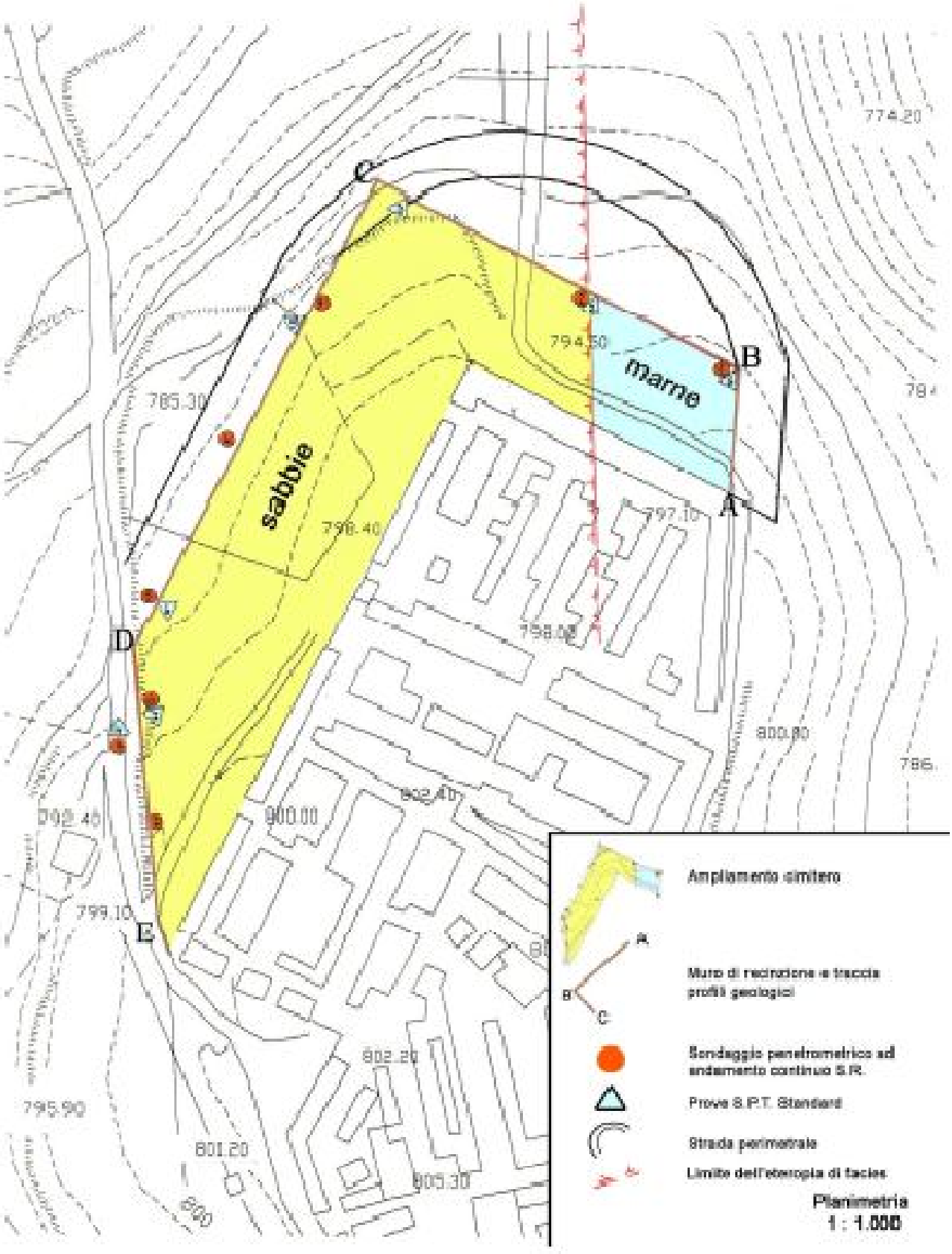
Sabbia fine:	Ed med. = 5 Nspt
Sabbia media:	Ed med. = 6 Nspt
Sabbia eterogranulare:	Ed med. = 8 Nspt
Sabbia + Ghiaia:	Ed med. = 12 Nspt
Sabbia ghiaiosa:	Ed med. = 13 Nspt

PENETROMETRO STATICO STANDARD

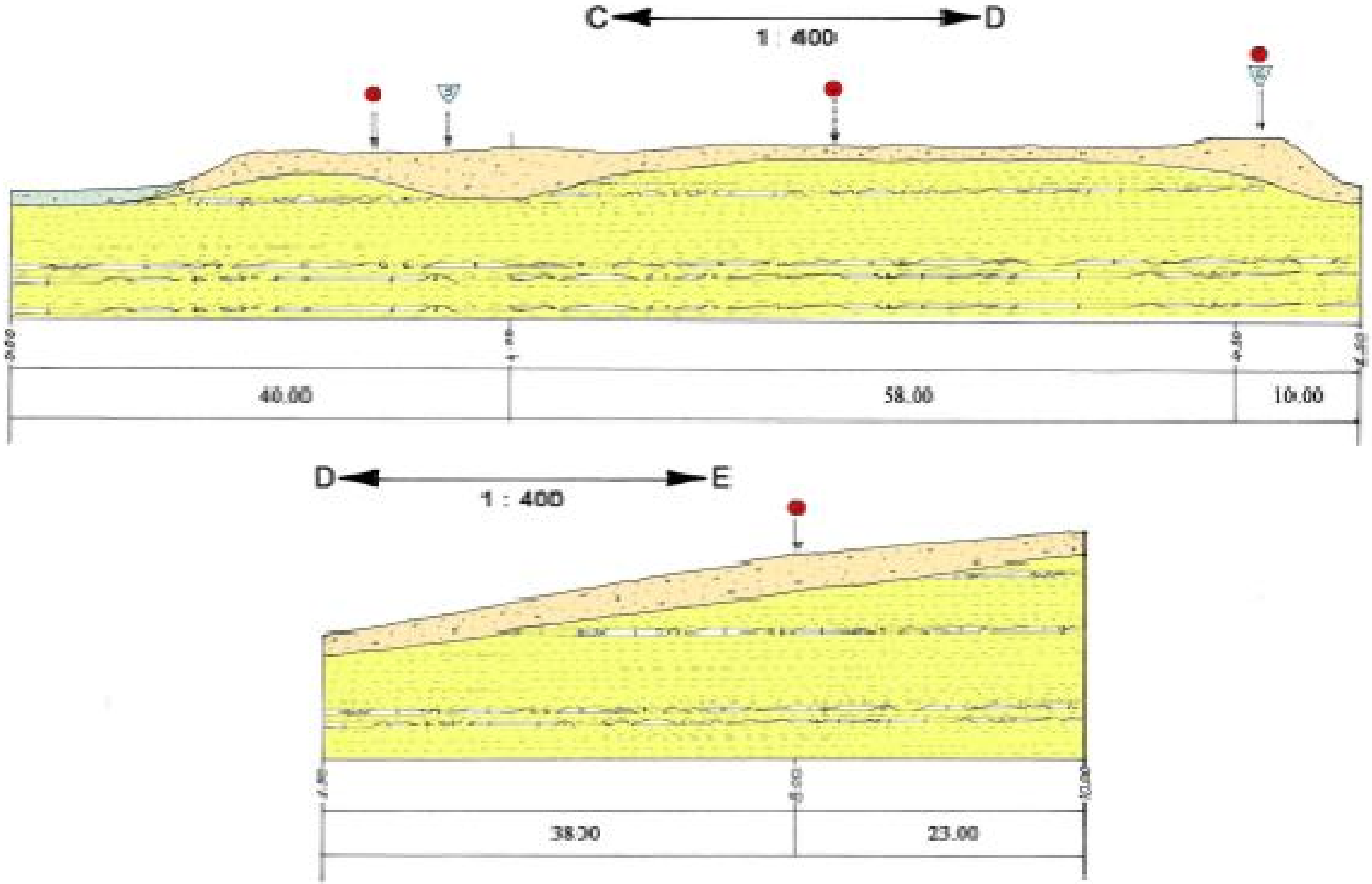
Rapporto fra la resistenza alla punta (Rp) e la resistenza laterale (Rl) valori ed argille più o meno sabbiose: 40 (Rp/Rl = 40)

LIMI	Rp max = 30 Kg/cmq	Rl max = 0.8 Kg/cmq
LIMI PIU' O MENO SABBIOSI	Rp = 20÷60 Kg/cmq	Rl = 0.5÷1.5 Kg/cmq
ARGILLA PLASTICA	Rp = 20÷40 Kg/cmq	Rl = 0.5÷1.00 Kg/cmq
ARGILLA AZZURRA COMPATTA CON SABBIA DIFFUSA	Rp = 160÷180 Kg/cmq	Rl = 4÷5 Kg/cmq

FOTOGRAFIE



774.20
C
794.50
B
marne
785.30
sabbie
798.40
797.10
A
D
798.00
800.00
802.40
800.00
799.10
E
802.20
795.90
801.20
805.30
Ampliamento cimitero
A
B
C
Muro di recinzione e traccia profili geologici
Sondaggio penetrometrico ad andamento continuo S.R.
Prove S.P.T. Standard
Strada perimetrale
Limite dell'eteropia di facies
Planimetria
1 : 1.000


C
D
1 : 400
40.00
58.00
10.00
D
E
1 : 400
38.00
23.00

34,00
28,00
22,00
29,20
B
C
1 : 400
A
B
1 : 800

Foto n.6
Scarpata che delimita il terreno dell'ampliamento lungo la stradella comunale.

Foto n.7
Segni del "ritiro" delle marne alterate superficiali a seguito della disidratazione.

Foto n.8
Campioni di materiali prelevati nei diversi punti in cui sono state effettuate le prove S.P.T. standard.

Foto n.9
Pendio marnoso dove è necessario sistemare un filare di gabbionate a sostegno del rilevato della strada perimetrale.

Foto n.10
Postazione n.6 mentre viene effettuata la prova S.P.T. n.2 nelle *sabbie gialle*.

Foto n.1
Sondaggio penetrometrico continuo S.R. in fase di esecuzione.

Foto n.2
Campione di *terreno vegetale* prelevato con il campionatore Raymondi e misura della sua altezza. Postazione n.2 - S.P.T. n.1.

Foto n.3
Postazione n.2 - S.P.T. n.1.
Prelievo del terreno vegetale in fase di preparazione del foro per la prova fatta alla profondità di m.1,50

Foto n.4
Postazione n.3 mentre viene effettuata la prova S.P.T. n.1 con il martino in fase di sganciamento.

Foto n.5
Campione Raymond, a doppia parete, dopo la prova precedente nelle sabbie limonose.
.