

STUDIO TECNICO PROGETTAZIONE & CONSULENZA  
ING. PIERGIUSEPPE SECHI  
Via Garibaldi n° 59 - 09170 Oristano - Tel/Fax 0783 303968  
email: ST.progettazioneeconsulenza@gmail.com  
pec:piergiuseppe.sechi@ingpec.eu



## COMUNE DI ORISTANO

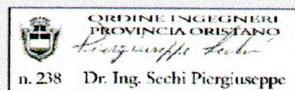
Progettista

Ing. Piergiuseppe Sechi

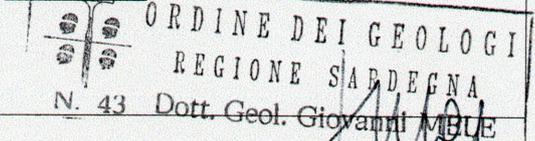
Progettista

Dott. Giovanni Mele

Timbro e Firma



Timbro e Firma



Committente

SIMACAR srl  
Indirizzo: Prol. V. Marrocu S.P. N. 70 - Loc. Fenosu  
P. IVA: 01217890951  
Indirizzo mail: amministrazione@simacar.it

Firma del Committente

Progetto

PIANO ATTUATIVO IN ZONA "D2" LOCALITA' FENOSU S.P. N.70

Oggetto Tavola

RELAZIONE SULLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Collaboratore

Geom. Sergio Naitza

Disegnatore

Geom. Davide Pulisci

Elaborato

# All.D b

Codice Documento

Prog. Urb. 1\_2020

Scala di Progetto

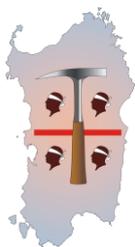
Data emissione

Gennaio 2020

# COMUNE DI ORISTANO

PROVINCIA DI ORISTANO

## PROGETTAZIONE DI UNA STRUT- TURA COMMERCIALE IN VIA MARROCU



**Studio di Geologia Tecnica e Ambientale**

**Dott. Geol. Giancarlo Carboni**

Via Nazionale 277

09039 Villacidro (SU)

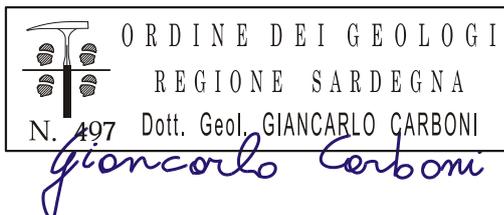
Tel. 070 2332144 cell. 329 4177709

e-mail: info@geosardegna

[www.geosardegna.it](http://www.geosardegna.it)

**Dott. Geol. Giancarlo CARBONI**

Ordine dei Geologi della Sardegna n° 497



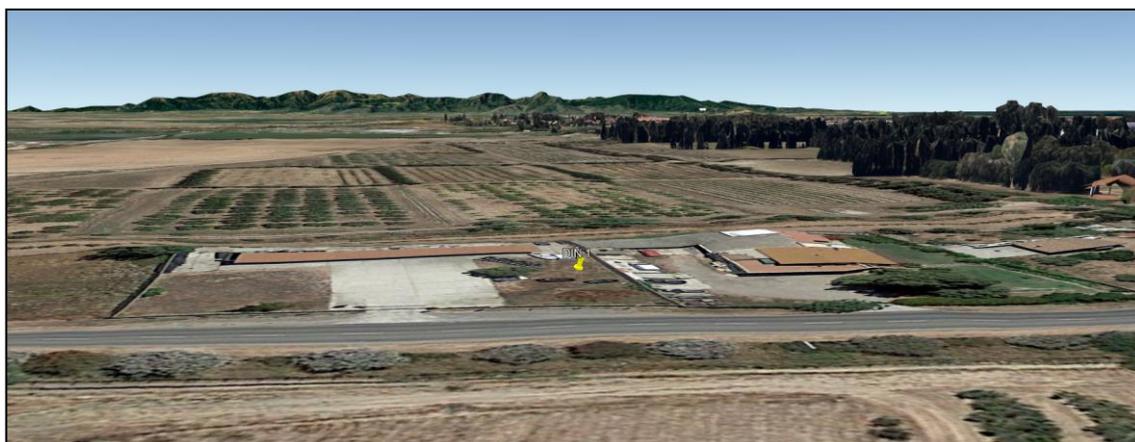
**IL COMMITTENTE:**

**DOTT. GEOL. GIOVANNI MELE**

**OGGETTO:**

**INDAGINI GEOTECNICHE PER LA  
CARATTERIZZAZIONE DEI TER-  
RENI DI FONDAZIONE MEDIANTE  
PROVE PENETROMETRICHE DI-  
NAMICHE CONTINUE**

*Villacidro, li 10/12/2019*





# INDICE

Premessa	1
Generalità	1
Note illustrative	1
Metodologia di Elaborazione.	3
Interpretazione dei dati	4
Risultati dell'indagine	6
Parametri riassuntivi delle prove penetrometriche	6
Stima della capacità portante del terreno	6
Formula di Herminier - Olandesi	6
Caratterizzazione geotecnica dei terreni	7
Sintesi parametri geotecnici	8
Correlazioni geotecniche terreni incoerenti	8
Correlazioni geotecniche terreni coesivi	9
Caratteristiche dello strumento	11
PROVA DIN1	12





## *PREMESSA*

Su incarico conferito allo scrivente Dott. Geol. Giancarlo Carboni, iscritto all'Ordine dei Geologi della Sardegna con il n° 497, dal dott. Geol. Giovanni Mele è stata predisposta l'analisi della sequenza lito-stratigrafica di un settore interessato dalla progettazione di una struttura commerciale nella Via Marrocu di Oristano, mediante l'esecuzione di n° 1 Prove Penetrometriche Dinamiche Continue con strumento mod. Deep Drill DM30.

Le indagini hanno permesso di determinare le principali specifiche geotecniche dei terreni per la determinazione della capacità portante dei terreni di fondazione.

## *GENERALITÀ*

Le prove penetrometriche sono attualmente molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione poiché può essere svolta in tutti i tipi di terreno, coesivo o granulare (dalle argille alle ghiaie), comprese le rocce tenere, fornendo lo stato d'addensamento di terreni incoerenti e la consistenza di terreni coerenti, attraverso la valutazione della resistenza dinamica alla punta degli strati attraversati. È però necessario tenere sempre ben presente che le prove dinamiche continue sono state ideate per lo studio dei terreni incoerenti, i dati elaborati per gli strati coesivi quindi, sono da considerarsi utili solo per un primo inquadramento del problema.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione per tratti consecutivi di 10 cm misurando il numero di colpi N necessari. La prova viene generalmente eseguita a partire dal piano di campagna, ma in alcuni casi può essere condotta, con l'impiego di speciali accorgimenti, a partire dal fondo di fori di sondaggio.

### *Note illustrative*

L'elaborazione dei dati acquisiti, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.



La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

La prova è denominata "continua" poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione della punta seguendo le raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I. 1977), mentre a livello europeo tali prescrizioni sono contenute nel documento n° 2 allegato alla procedura "ISSMFE 1988", la tabella seguente mostra la classificazione dei penetrometri attualmente in uso distinti in funzione della massa del maglio:

CLASSIFICAZIONE ISSMFE DEI PENETROMETRI DINAMICI		MASSA MAGLIO (Kg)	PROFONDITÀ MAX
DPL ( <i>Dynamic Probing Light</i> )	leggero	≤ 10	8 m
DPM ( <i>Dynamic Probing Medium</i> )	medio	Da 10 a 40	20 – 25 m
DPH ( <i>Dynamic Probing Heavy</i> )	pesante	Da 40 a 60	25 m
DPSH ( <i>Dynamic Probing Superheavy</i> )	superpesante	≥ 60	> 25 m

Nella fattispecie la prova è stata eseguita con un penetrometro mod. DeepDrill DM30, azionato da un gruppo oledinamico alimentato da un motore a scoppio da 4 Hp, provvisto di una massa battente di 30 Kg, classificabile quindi come tipo medio, lo strumento utilizzato per la presente indagine è composto da:



- una batteria d'aste ognuna lunga 1 m e dal peso di 2,93 Kg/m;
- una punta conica, avvitata (se a recupero) o semplicemente incastrata (se a perdere) nell'estremità inferiore della batteria d'aste interne, dal diametro di 35,7 mm ed un angolo di apertura di 60°; la superficie della punta può essere di 5 o di 10 cm<sup>2</sup>;
- un maglio da 30 Kg con una volata di 20 cm.



Fig. 5 - Fotografia dello strumento utilizzato montato su mezzo semovente:

- 1 – testa
- 2 – supporto
- 3 – asta
- 4 – centralina oleodinamica
- 5 – transporter cingolato

### *Metodologia di Elaborazione.*

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali



litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

### INTERPRETAZIONE DEI DATI

La prova consiste nell'infissione nel terreno della punta per tratti standard di 10 cm, misurando il numero di colpi  $N_{10}$  necessari alla sua penetrazione. I litotipi attraversati hanno permesso l'esecuzione della prova in totale assenza di attrito laterale, non si è così reso necessario l'utilizzo delle aste di rivestimento antiattrito.

I risultati della prova, restituiti sotto forma di diagrammi in funzione della profondità (in ordinate) e del valore  $N_{10}$  (in ascisse), evidenziano la corrispondenza tra la variazione del valore di  $N$  lungo la verticale di prova e la variazione litologica dei terreni testati.

Il valore di  $N$  potrà essere utilizzato per calcolare anche l'energia necessaria alla penetrazione dinamica alla punta. Viene comunemente valutata secondo la formula Olandese:

$$R_{pd} = \frac{m^2 \cdot g \cdot H}{a \cdot e \cdot (m + m')} = Q \cdot N$$

dove:

- $R_{pd}$  = resistenza dinamica alla punta
- $m$  = peso del maglio (Kg)
- $m'$  = peso di: aste + testa di battuta + asta di guida + dispositivo di percussione (Kg)
- $g$  = accelerazione di gravità ( $m/s^2$ )
- $H$  = altezza di caduta del maglio (m)
- $a$  = area sezione trasversale alla punta ( $m^2$ )
- $e$  = penetrazione media per colpo
- $Q$  =  $(m \cdot H) / a \cdot \delta$  = energia specifica teorica per colpo [ $\delta$  = avanzamento in m]

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, è necessario applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT, per tenere conto delle diverse modalità esecutive.

Pertanto i penetrometri con caratteristiche differenti rispetto all'SPT (peso del maglio, volata, area della punta, ecc.) comportano energie di infissione ovviamente differenti; la conoscenza



della quantità di energia necessaria alla penetrazione della punta, al netto del valore totale comprendente l'aliquota dispersa per dissipazione lungo le aste, permette la correlazione con le caratteristiche di resistenza del terreno determinate con la prova penetrometrica continua con la prova SPT.

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame ( $N$ ,  $Q$ ) alla prova SPT ( $N_{SPT}$ ,  $Q_{SPT}$ ), dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente:

$$R_{pd}' = Q \cdot N = Q_{SPT} \cdot N_{SPT} \Rightarrow N_{SPT} = N(Q/Q_{SPT}) = \beta \cdot t \cdot n$$

ove il rapporto  $\beta \cdot t = Q/Q_{SPT}$  viene definito "coefficiente teorico d'energia" della prova in esame, relativamente alla prova SPT ( $Q_{SPT} = 7,83 \text{ Kg/cm}^2 = 0,786 \text{ Mpa}$ ) per  $m = 63,5 \text{ Kg}$ ,  $a = 20,27 \text{ cm}^2$ ,  $\delta = 0,30 \text{ m}$ .

Il penetrometro utilizzato nella presente indagine è stato utilizzato con la punta di  $10 \text{ cm}^2$ , per cui risulta avere un coefficiente teorico d'energia rispetto alla SPT di 0,74 ed una energia specifica per colpo di  $6 \text{ Kg/cm}^2$ .

Il margine di valori  $N_{10}$  (n° di colpi per un avanzamento di 10 cm) che si ritiene utile perché la prova possa fornire dei risultati validi è compreso tra un minimo 4 ed un massimo di 80.

#### Ortofoto con ubicazione delle prove penetrometriche





## Risultati dell'indagine

La prova ha attraversato un terreno dalle scadenti caratteristiche di resistenza geomeccanica fino a circa 4.8 m di profondità misurando un N<sub>10</sub> medio compreso tra circa 15 e 35 colpi, attraversando un terreno decisamente più tenace.

A circa 4.5 m di profondità si registra un incremento di N<sub>10</sub>, con la punta che probabilmente attraversa il basamento alluvionale addensato con un N<sub>10</sub> > 40 colpi.

## Parametri riassuntivi delle prove penetrometriche

Prof. Strato (m)	N DPM Medio Minimo	Coeff. di correlaz. con Nspt	Rd Media minima (Kg/cm <sup>2</sup> )	Nspt Medio Minimo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo
2.3	5.8	0.753	20.1	4	1.33	1.83
4.8	12.96	0.753	39.37	9	1.7	1.91
4.9	100	0.753	283.11	75	2.49	2.5

## Stima della capacità portante del terreno

Al fine di una più completa caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione sono stati calcolati i valori di portanza dei terreni investigati con le prove penetrometriche.

Tali calcoli hanno valore puramente indicativo, il loro scopo è solamente quello di fornire delle stime di massima e vanno pertanto utilizzati con molta cautela, soprattutto per quei valori ricavati da un N<sub>10</sub> particolarmente basso (pari o prossimo a 4).

I valori di portanza sono stati calcolati utilizzando gli equivalenti in SPT dello strato attraversato. I valori di portanza calcolati sono espressi in kg/cm<sup>2</sup>.

## Formula di Herminier - Olandesi

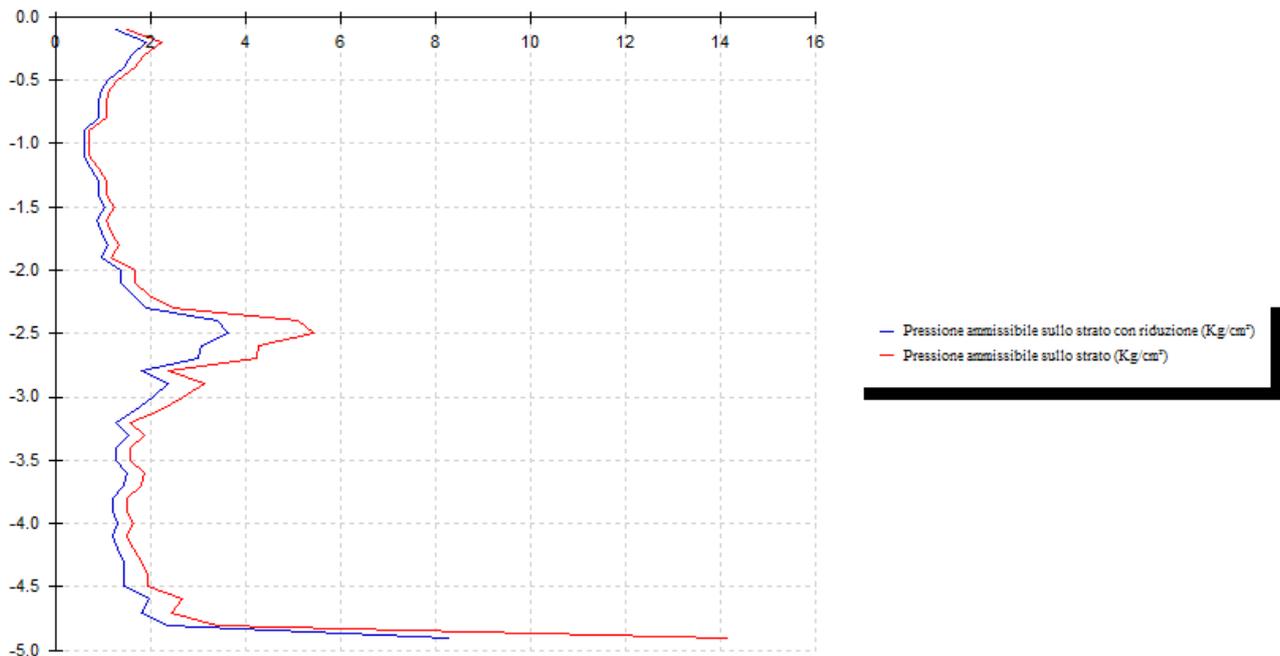
Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier (formula Olandese), applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza B pari a 1 m ed immersione D = 1 m, i valori vengono calcolati in Kg/cm<sup>2</sup>.

$$Q_{amm} = \frac{P^2 H}{ApRf (P + Pa)} \cdot \frac{1}{20}$$

La Formula degli Olandesi non permette di correlare la portanza alle caratteristiche geometriche della fondazione, e in particolare al parametro D (profondità di posa della fondazione).



### Pressioni sullo strato



### CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un software dedicato che calcola in automatico il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981), permette inoltre estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Al fine di ottenere dei dati quanto più possibili esaustivi si è optato per l'utilizzo contemporaneo di più metodologie di calcolo dei parametri geotecnici in funzione dei terreni attraversati.



Di seguito vengono esposti i diversi metodi di calcolo utilizzati per ottenere la parametrizzazione geotecnica dei terreni:

### Sintesi parametri geotecnici

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	2.3	4.0	Coesivo	1.33	1.83	0	0.25	50.0	40.0	0	0
2	4.8	9.0	Incoerente	1.7	1.91	29.57	0	63.9	72.0	0.34	512.74
3	4.9	75.0	Incoerente	2.49	2.5	48.43	0	532.5	600.0	0.2	3762.45

### Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

#### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### Modulo Di Young (Ey)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia



- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume Gamma**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

#### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

#### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/sec)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### **Modulo di deformazione di taglio (G)**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### **Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### **Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt < 8, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  min-max.
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, ( $C_u$ -Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

### **Modulo Edometrico-Confinato ( $M_0$ )**



- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt}=6-12$ ).

**Modulo Di Young (EY)**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

**Peso di Volume Gamma**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ( $N_{spt}=0$ ) a 0,545 ( $N_{spt}=28$ )

**DOTT. GEOL. GIANCARLO CARBONI**  
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA SARDEGNA N° 497



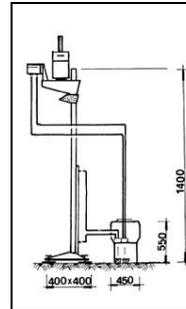
*Giancarlo Carboni*



## Caratteristiche dello strumento

### PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DeepDrill DM30

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente
Leggero	DPL (Light)	M = 10
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40
Pesante	DPH (Heavy)	40 < M < 60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M 60



DIMENSIONI E PESI	
Centralina oleodinamica	Kg 39
Colonna di guida ed estrattore idraulico	Kg 29
Apparato d'infissione	Kg 14
Masse battenti	Kg 30
Asta Ø 22x1000 mm	Kg 3,0
Rivestimento Ø 30x1000 mm	Kg 1,7
Peso complessivo DM30 con dotazione standard	Kg 157

### CARATTERISTICHE TECNICHE : DeepDrill DM30

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 16,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA "A"	D = 35,70 mm
DIAMETRO PUNTA CONICA "B"	D = 25,40 mm
AREA BASE PUNTA CONICA "A"	A = 5,00 cm <sup>2</sup>
AREA BASE PUNTA CONICA "B"	A = 10,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	= 60 °
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,23 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	= 0,10 m      Relativo ad un avanzamento di 10 cm
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10)
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO "A"	Q = (MH)/(A) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
ENERGIA SPECIFICA x COLPO "B"	Q = (MH)/(A) = 12,00 kg/cm <sup>2</sup> (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA "A"	t = Q/Qspt = 0,75
COEFF. TEORICO DI ENERGIA "B"	t = Q/Qspt = 1,505      (teoricamente : Nspt = t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]

M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = / N

P = peso totale aste e sistema battuta

#### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa ≈ 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup>
1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg



## PROVA DIN1

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda non rilevata

Deep Drill DM30  
06/12/2019  
4.90 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	8	0.857	25.21	29.43	1.26	1.47
0.20	12	0.855	37.73	44.14	1.89	2.21
0.30	10	0.853	31.37	36.79	1.57	1.84
0.40	9	0.851	28.17	33.11	1.41	1.66
0.50	7	0.849	21.86	25.75	1.09	1.29
0.60	6	0.847	18.70	22.07	0.93	1.10
0.70	6	0.845	17.60	20.83	0.88	1.04
0.80	6	0.843	17.56	20.83	0.88	1.04
0.90	4	0.842	11.68	13.88	0.58	0.69
1.00	4	0.840	11.66	13.88	0.58	0.69
1.10	4	0.838	11.63	13.88	0.58	0.69
1.20	5	0.836	14.51	17.35	0.73	0.87
1.30	6	0.835	17.38	20.83	0.87	1.04
1.40	6	0.833	17.34	20.83	0.87	1.04
1.50	7	0.831	20.19	24.30	1.01	1.21
1.60	6	0.830	17.28	20.83	0.86	1.04
1.70	7	0.828	19.04	23.00	0.95	1.15
1.80	8	0.826	21.72	26.28	1.09	1.31
1.90	7	0.825	18.97	23.00	0.95	1.15
2.00	10	0.823	27.04	32.85	1.35	1.64
2.10	10	0.822	26.99	32.85	1.35	1.64
2.20	12	0.820	32.33	39.42	1.62	1.97
2.30	15	0.769	37.88	49.28	1.89	2.46
2.40	31	0.667	67.94	101.84	3.40	5.09
2.50	33	0.666	72.17	108.41	3.61	5.42
2.60	26	0.714	61.01	85.42	3.05	4.27
2.70	27	0.713	60.02	84.20	3.00	4.21
2.80	15	0.761	35.62	46.78	1.78	2.34
2.90	20	0.760	47.40	62.37	2.37	3.12
3.00	17	0.759	40.22	53.01	2.01	2.65
3.10	14	0.757	33.06	43.66	1.65	2.18
3.20	10	0.806	25.14	31.19	1.26	1.56
3.30	12	0.805	30.11	37.42	1.51	1.87
3.40	10	0.803	25.05	31.19	1.25	1.56
3.50	10	0.802	25.01	31.19	1.25	1.56
3.60	12	0.801	29.97	37.42	1.50	1.87
3.70	12	0.800	28.48	35.61	1.42	1.78
3.80	10	0.798	23.70	29.68	1.18	1.48
3.90	10	0.797	23.66	29.68	1.18	1.48
4.00	11	0.796	25.99	32.65	1.30	1.63
4.10	10	0.795	23.59	29.68	1.18	1.48
4.20	11	0.794	25.91	32.65	1.30	1.63
4.30	12	0.793	28.23	35.61	1.41	1.78
4.40	13	0.741	28.61	38.58	1.43	1.93
4.50	13	0.740	28.56	38.58	1.43	1.93
4.60	18	0.739	39.49	53.42	1.97	2.67
4.70	17	0.738	35.53	48.13	1.78	2.41
4.80	24	0.687	46.69	67.95	2.33	3.40
4.90	100	0.586	165.92	283.11	8.30	14.16



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DIN 1

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	4	2.30	Terzaghi-Peck	0.25

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	4	2.30	Buisman-Sanglerat	50.00

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	4	2.30	Apollonia	40.00

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	4	2.30	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO COSTISTENTE

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	4	2.30	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1.33

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	4	2.30	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1.83

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	9	4.80	9	Gibbs & Holtz 1957	28.94
Strato 3	75	4.90	75	Gibbs & Holtz 1957	77.45

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	9	4.80	9	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	29.57
Strato 3	75	4.90	75	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	48.43

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Modulo di Young
--	------	--------------	-------------------	--------------	-----------------



		(m)	presenza falda		(Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	9	4.80	9	Schmertmann (1978) (Sabbie)	72.00
Strato 3	75	4.90	75	Schmertmann (1978) (Sabbie)	600.00

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	9	4.80	9	Farrent 1963	63.90
Strato 3	75	4.90	75	Farrent 1963	532.50

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	9	4.80	9	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 3	75	4.90	75	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	9	4.80	9	Meyerhof ed altri	1.70
Strato 3	75	4.90	75	Meyerhof ed altri	2.49

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	9	4.80	9	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
Strato 3	75	4.90	75	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	9	4.80	9	(A.G.I.)	0.34
Strato 3	75	4.90	75	(A.G.I.)	0.2

#### Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 2	9	4.80	9	Ohta & Goto (1978) Limi	127.761
Strato 3	75	4.90	75	Ohta & Goto (1978) Limi	195.819

#### Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm <sup>3</sup> )
Strato 2	9	4.80	9	Navfac 1971-1982	1.89
Strato 3	75	4.90	75	Navfac 1971-1982	11.93

