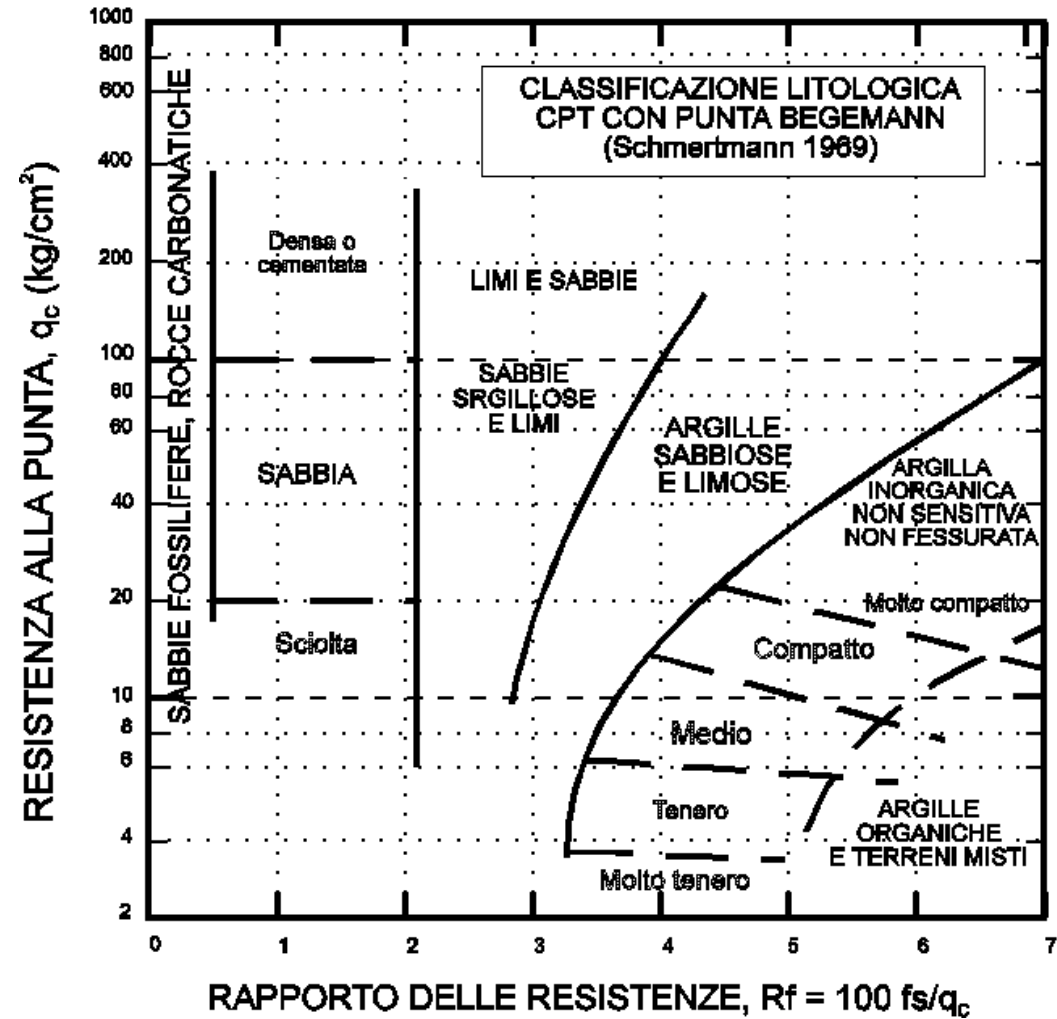


INTERPRETAZIONE DI PROVE PENETROMETRICHE
STATICHE CON PUNTA MECCANICA (CPT)
PUNTA ELETTRICA (CPTE)
PUNTA CON PIEZOCONO (CPTU)

DEFINIZIONE STRATIGRAFIA

Prove CPT:

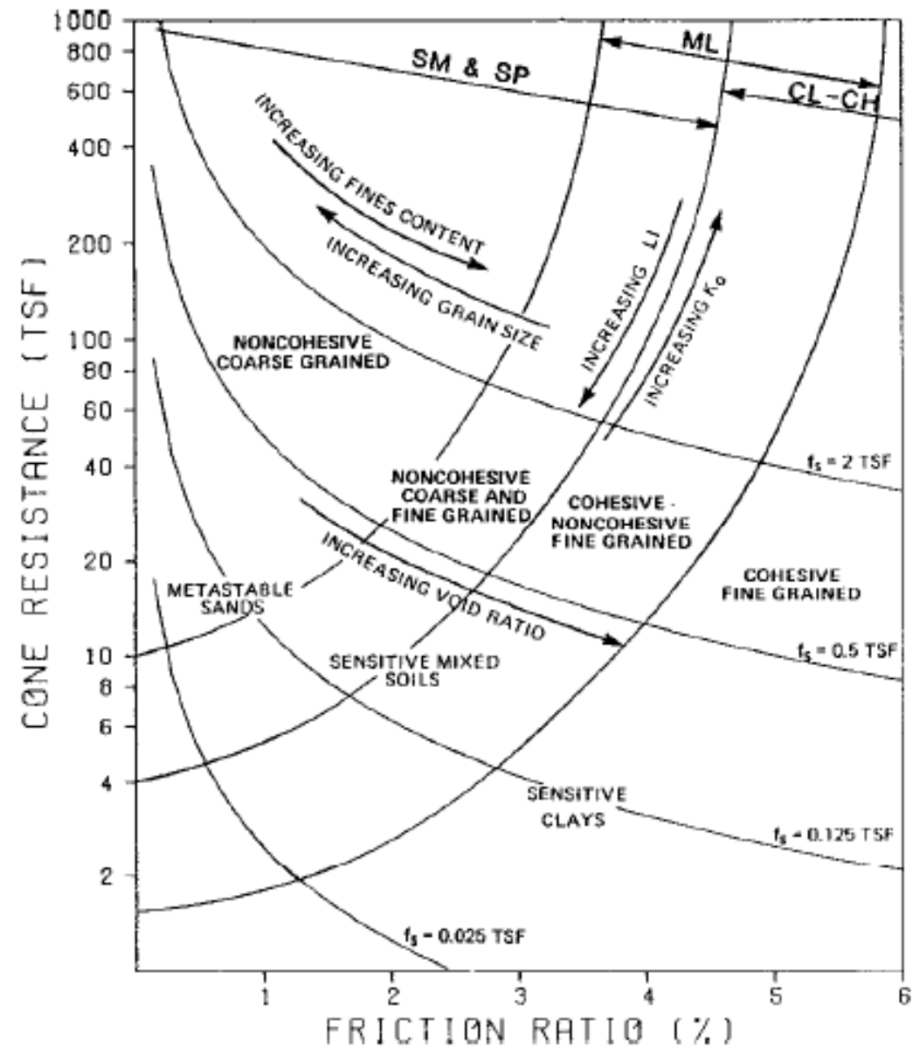
diagramma di Schmertmann (1979)



DEFINIZIONE STRATIGRAFIA

Prove CPTe:

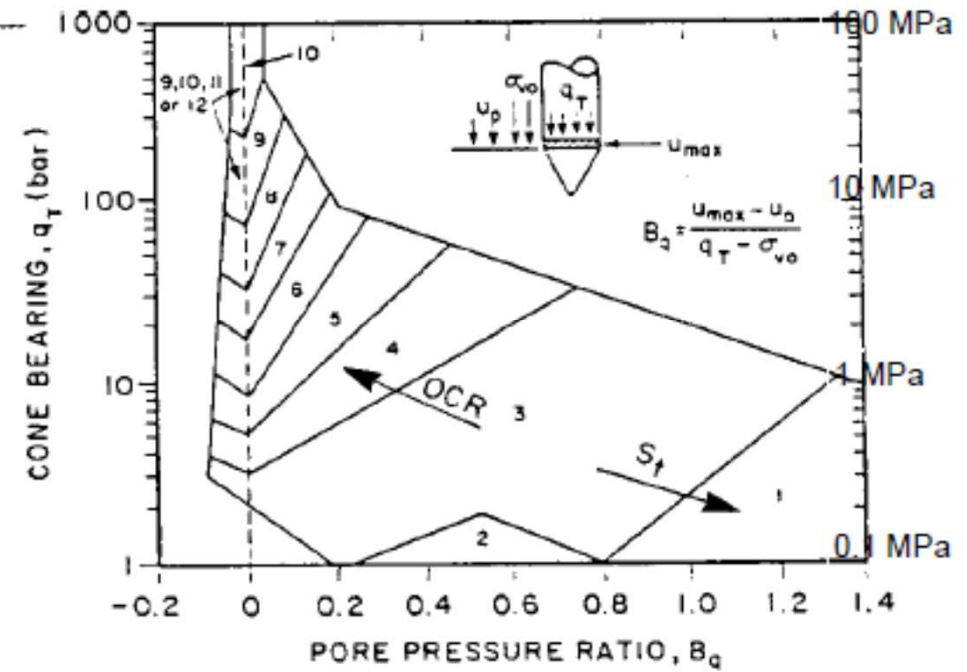
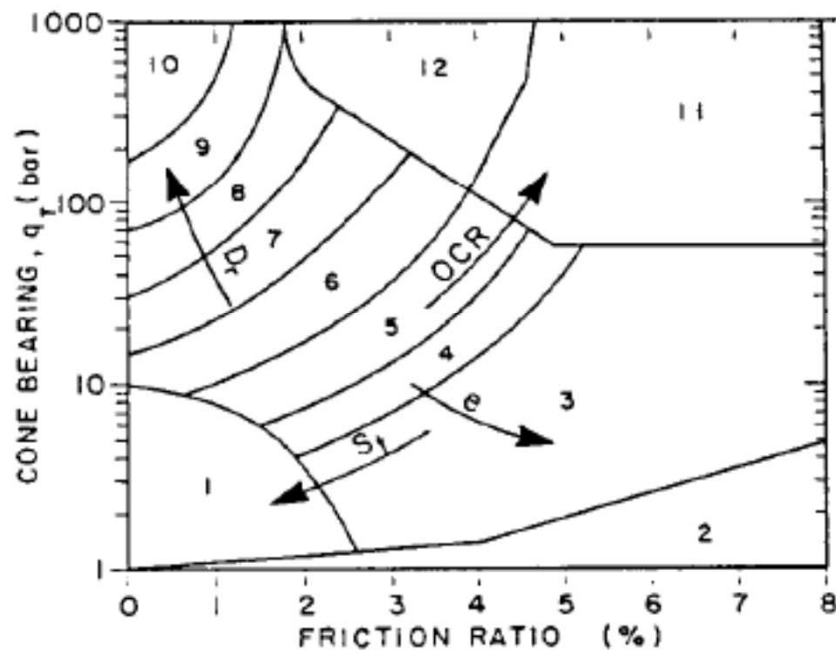
diagramma di Douglas-Olsen (1981)



DEFINIZIONE STRATIGRAFIA

Prove CPTU:

diagramma di Robertson (1986)



DEFINIZIONE COESIONE NON DRENATA (c_u)

Formulazione valida per prove penetrometriche statiche:

$$c_U = \frac{(q_c - \sigma_{v0})}{N_k}$$

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

Con fattore empirico statiche:

$$N_k = 8 \div 20$$

DEFINIZIONE GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE (OCR)

$$OCR = \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{V0}}$$

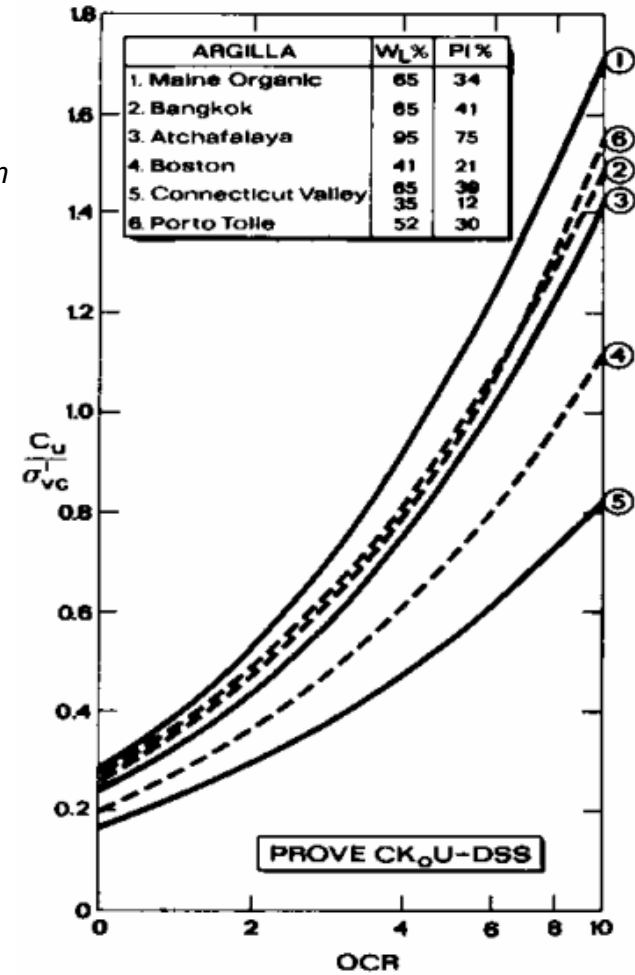
Correlazione attraverso resistenza non drenata: $\frac{c_u(OC)}{\sigma'_V} = \frac{c_u(NC)}{\sigma'_V} \cdot (OCR)^m$

$c_u(OC)$ = resistenza non drenata del materiale sovraconsolidato

$c_u(NC)$ = resistenza non drenata del materiale normalconsolidato

m = parametro sperimentale, mediamente pari a 0,8

diagramma di Ladd (1972)

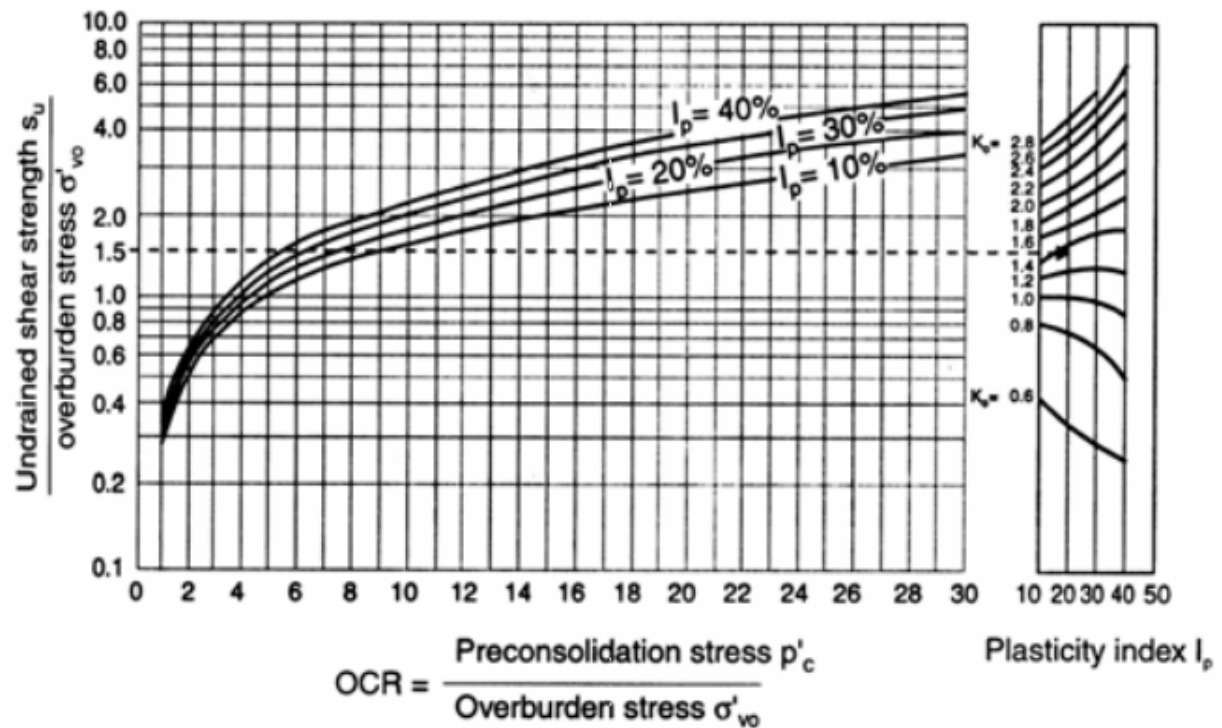


DEFINIZIONE GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE (OCR)

$$OCR = \frac{\sigma'_P}{\sigma'_{V0}} \quad \frac{c_u(OC)}{\sigma'_V} = \frac{c_u(NC)}{\sigma'_V} \cdot (OCR)^m$$

Correlazione attraverso resistenza non drenata in funzione dell' Indice Plastico:

diagramma di Andresen et al. (1979)



DEFINIZIONE MODULO EDOMETRICO (Ed)

Trattazione per terreni grana grossa:

Formulazione empirica (Robertson & Campanella) da diagramma di Schmertmann (Ed espresso in kg/cmq)

$$E_d = 0.03 \cdot q_c + 11.7 \cdot \sigma'_{v0} + 0.79 \cdot D_r (\%)$$

<i>Trattazione Lunne-Christoffersen (1983)</i>		
Sabbie	$E_d = \alpha \cdot q_c$	Limite
Non cementate	Ed (MPa) = 4 qc	qc > 10 Mpa
	Ed (MPa) = 2 qc + 20	per 10 Mpa < qc < 50 Mpa
	Ed (MPa) = 120	qc > 50 Mpa
Sovra cementate	Ed (MPa) = 5 qc	qc < 50 Mpa
	Ed (MPa) = 250	per qc > 50 Mpa

DEFINIZIONE MODULO EDOMETRICO (Ed)

Formulazione empirica (Mitchell & Gardner 1975)

$$E_d = \alpha \cdot q_c$$

	$M = \frac{1}{m_v} = \frac{2,3 \cdot (1+e) \cdot \sigma'_v}{C_c} = \alpha \cdot q_c$	
Argille di bassa plasticità (CL)	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 8$
	$0,7 < q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 5$
	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 2,5$
Limi di bassa plasticità (ML)	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 6$
	$q_c > 2,0 \text{ MPa}$	$1 < \alpha < 3$
Argille e limi di elevata plasticità (CH, MH)	$q_c < 2,0 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 6$
Limi organici (OL)	$q_c < 1,2 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 8$
Torbe e argille organiche (Pt, OH)	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	$1,5 < \alpha < 4$
	$50 < w < 100$	$1 < \alpha < 1,5$
	$100 < w < 200$	$0,4 < \alpha < 1$
	$w > 200$	$0,4 < \alpha < 1$

*w = contenuto in acqua (%)

Formulazione empirica (Buisman - Sanglerat) – valido per sabbie argillose: $E_d = \alpha \cdot q_c$

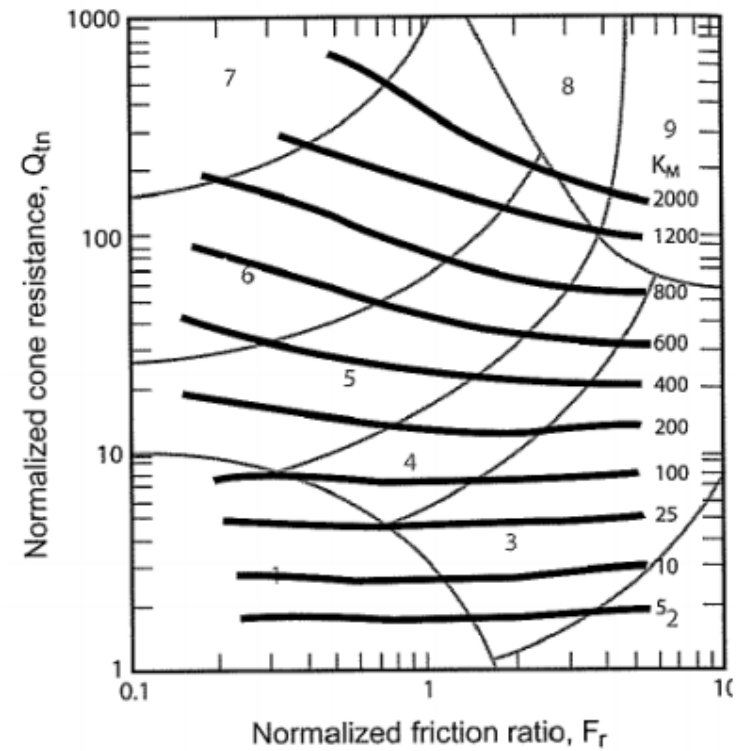
Dove $\alpha = 1,5 \div 7$ aumentando al diminuire della granulometria e della Rp

DEFINIZIONE MODULO EDOMETRICO (Ed)

Trattazione di Mayne (2007):

$E_d = k_M \cdot p_a \cdot (\sigma'_{v0} / p_a)$ per tensioni superiori a quella di preconsolidamento

$E_d = k_M \cdot p_a$ per tensioni inferiori a quelle di preconsolidamento



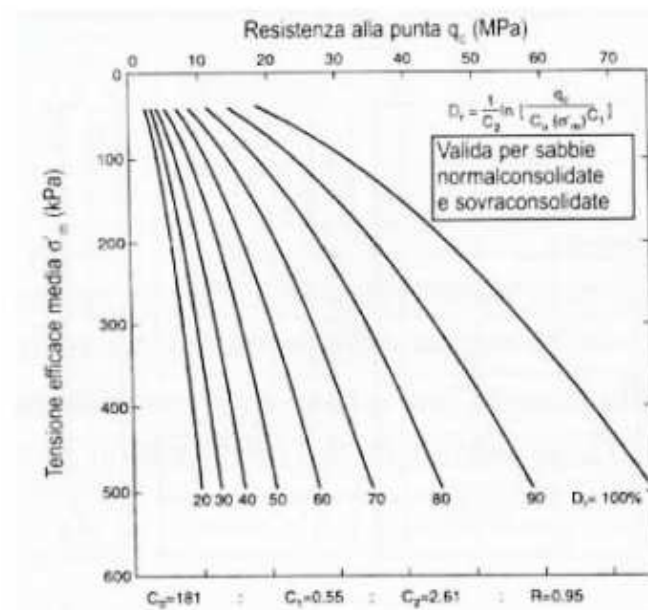
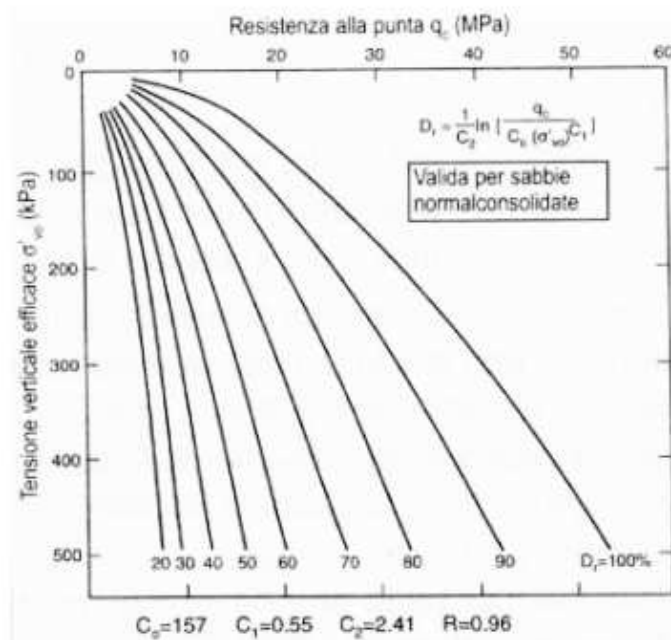
DEFINIZIONE DENSITA' RELATIVA (Dr)

Formulazione empirica Baldi ed altri (1978-1983)

$$D_r = \frac{1}{C_2} \cdot \ln \left[\frac{q_c}{C_0 \cdot (\sigma'_{v0})^{C_1}} \right]$$

Sabbie sabbie moderatamente compressibili non cementate: la tensione efficace di riferimento è quella verticale: $\sigma' = \sigma'_{v0}$

Per sabbie sovraconsolidate la tensione efficace di riferimento è quella media: $\sigma'_m = \sigma'_{v0} + 2 \cdot \sigma'_{h0} / 3$



DEFINIZIONE ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO (Φ)

Formulazione di Durgunoglu – Mitchell (1983)

$$\phi' = 14.4 + 4.8 \cdot \ln(q_c) - 4.5 \cdot \ln(\sigma)$$

Formulazione di Meyerhof (1951)

$$\phi' = 17 + 4.49 \cdot q_c$$

Formulazione di Caquot

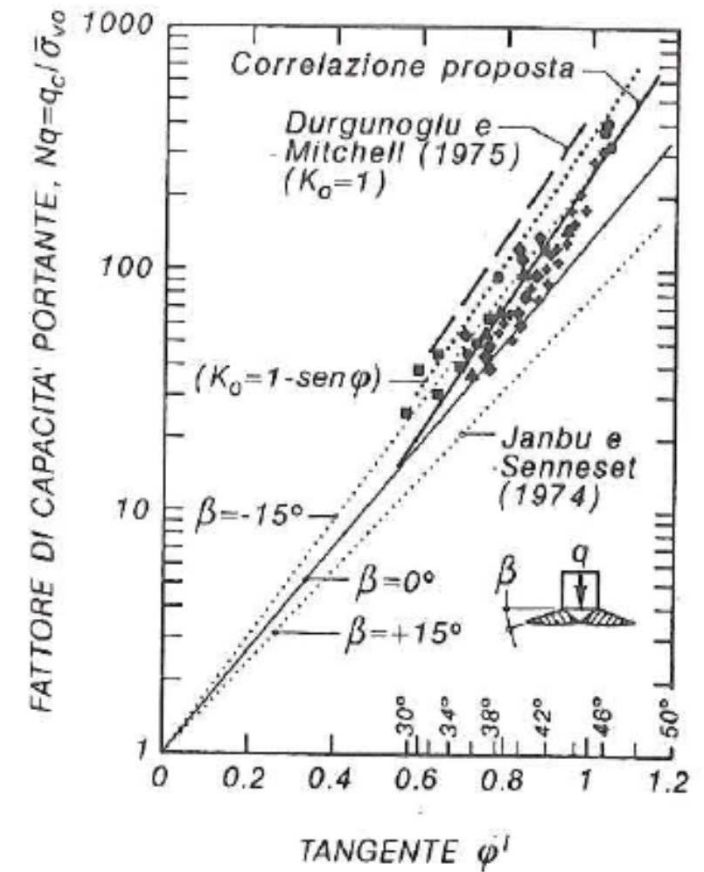
$$\phi' = 9.8 + 4.96 \cdot \ln\left(\frac{q_c}{\sigma'_{v0}}\right)$$

Formulazione di Koppejan

$$\phi' = 5.8 + 5.21 \cdot \ln\left(\frac{q_c}{\sigma'_{v0}}\right)$$

Formulazione di De Beer (1965 – 1967)

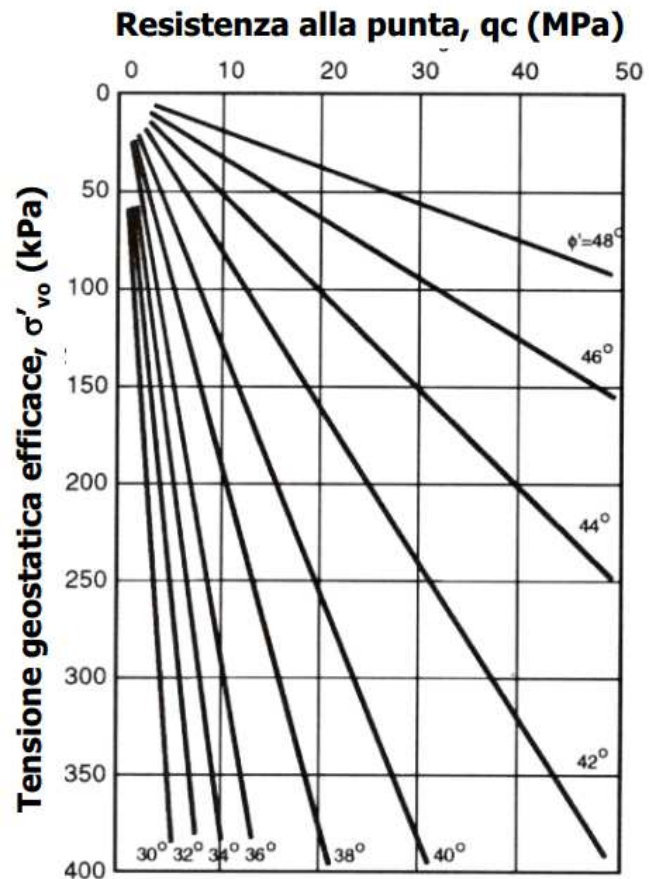
$$\phi' = 5.9 + 4.76 \cdot \ln\left(\frac{q_c}{\sigma'_{v0}}\right)$$



DEFINIZIONE ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO (Φ)

Formulazione di Robertson – Campanella (1983)

$$\phi' = \arctan \left[0.1 + 0.38 \cdot \ln \left(\frac{q_c}{\sigma'_{v0}} \right) \right]$$



DEFINIZIONE PERMEABILTA' (K)

Formulazione Piacentini e Righi: $k = 10^{-\left(\frac{165}{fr} + \frac{160 \cdot q_c}{fr^{3.5}}\right)}$
 (risultati da CPT)

Formulazione Robertson (1992) :
 (risultati da CPTU con test di dissipazione)

$$k_h = \frac{(c_h \cdot \gamma_w)}{M}$$

Dove:

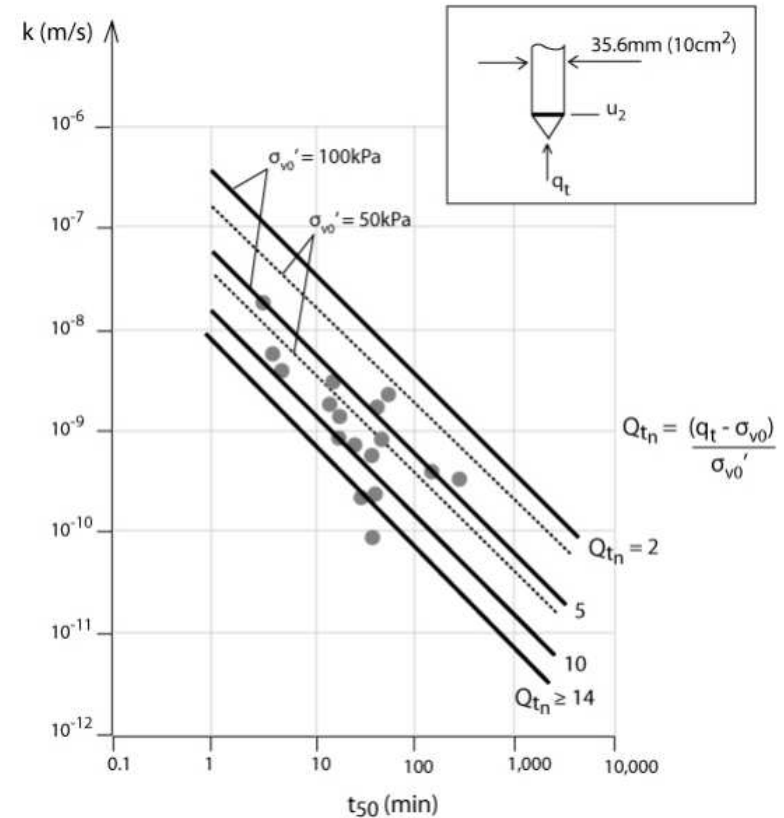
ch: coefficiente di consolidazione orizzontale

$$c_h = \left(1.67 \cdot 10^{-6}\right) \cdot 10^{-(1-\log t_{50})}$$

M: modulo di compressibilità

γ_w : peso unità di volume acqua

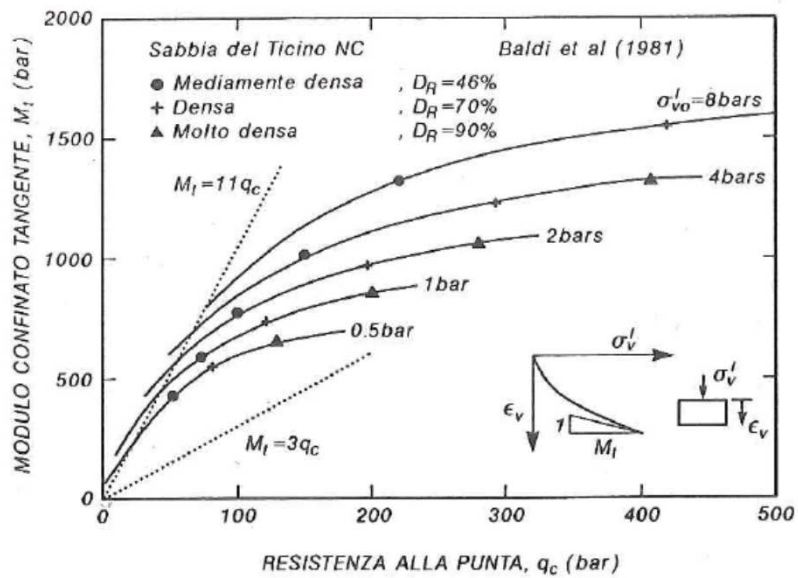
T50: tempo corrispondente alla dissipazione del 50% della dissipazione della pressione nei pori



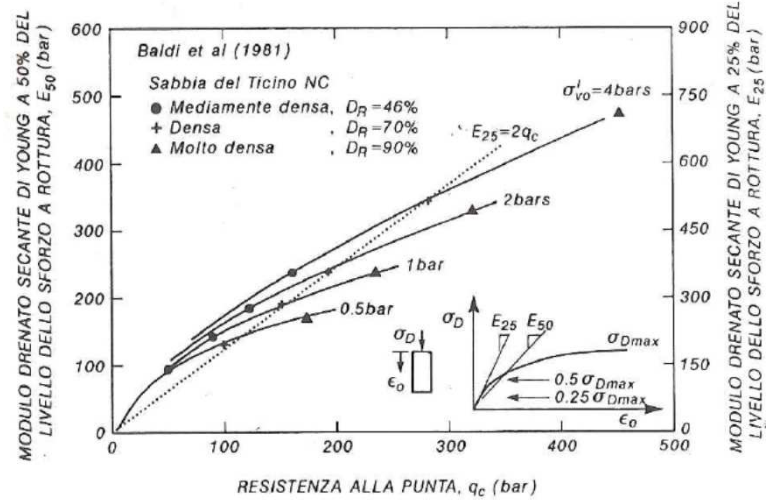
DEFINIZIONE MODULI DI DEFORMAZIONE

Trattazione di Robertson – Campanella (1983)

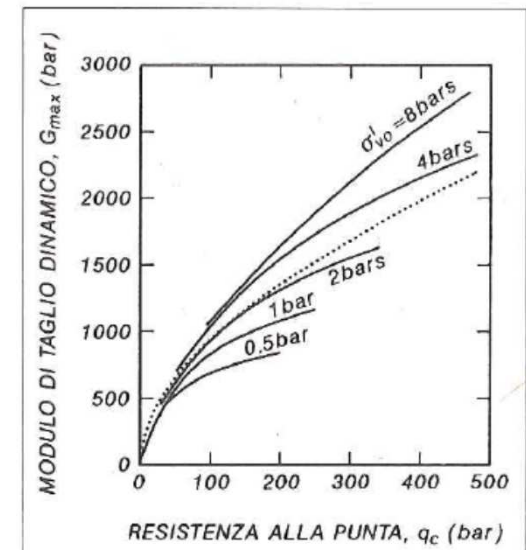
Modulo confinato tangente (M_t)



Modulo di Young ($E_{50}; E_{25}$)



Modulo di taglio dinamico (G)



DEFINIZIONE VELOCITA' ONDE DI TAGLIO (V_{s30})

Formulazione Barrow & Stokoe (1983):

(valida per tutti i terreni)

$$V_s = \alpha + \beta \cdot q_c$$

$$\alpha = 506$$

$$\beta = 2.1$$

Formulazione Mayne & Rix (1995):

(valida per terreni a grana fine)

$$V_s = \alpha \cdot q_c^\beta$$

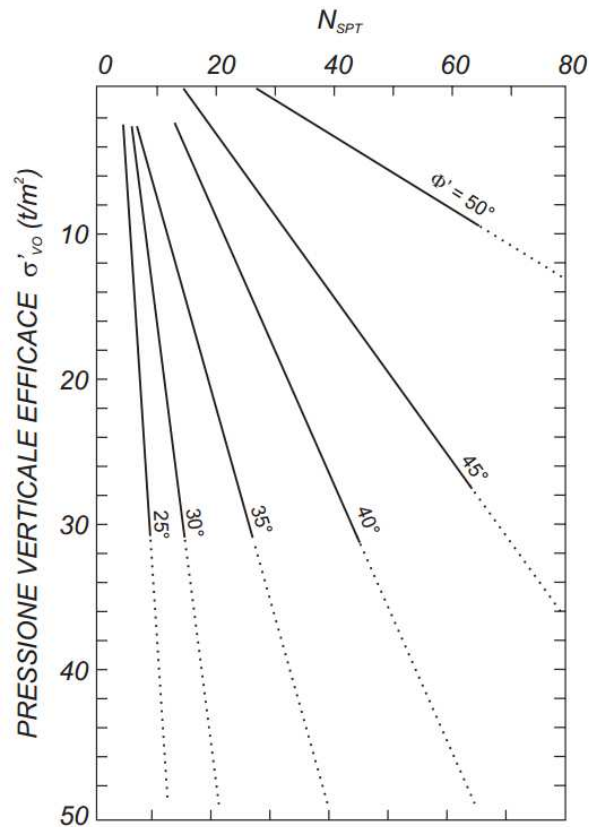
$$\alpha = 1.75$$

$$\beta = 0.627$$

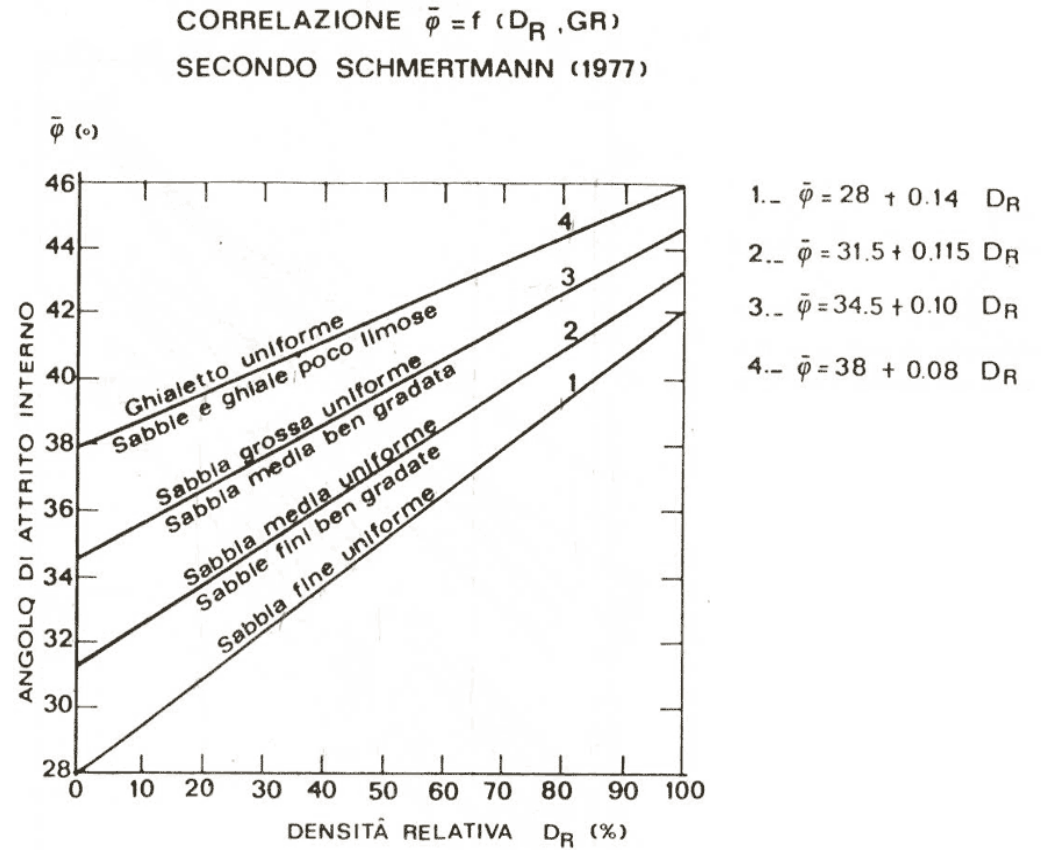
INTERPRETAZIONE DI
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
(SPT)

DEFINIZIONE ANGOLO DI RESISTENZA A TAGLIO (Φ)

Trattazione De Mello (1971):



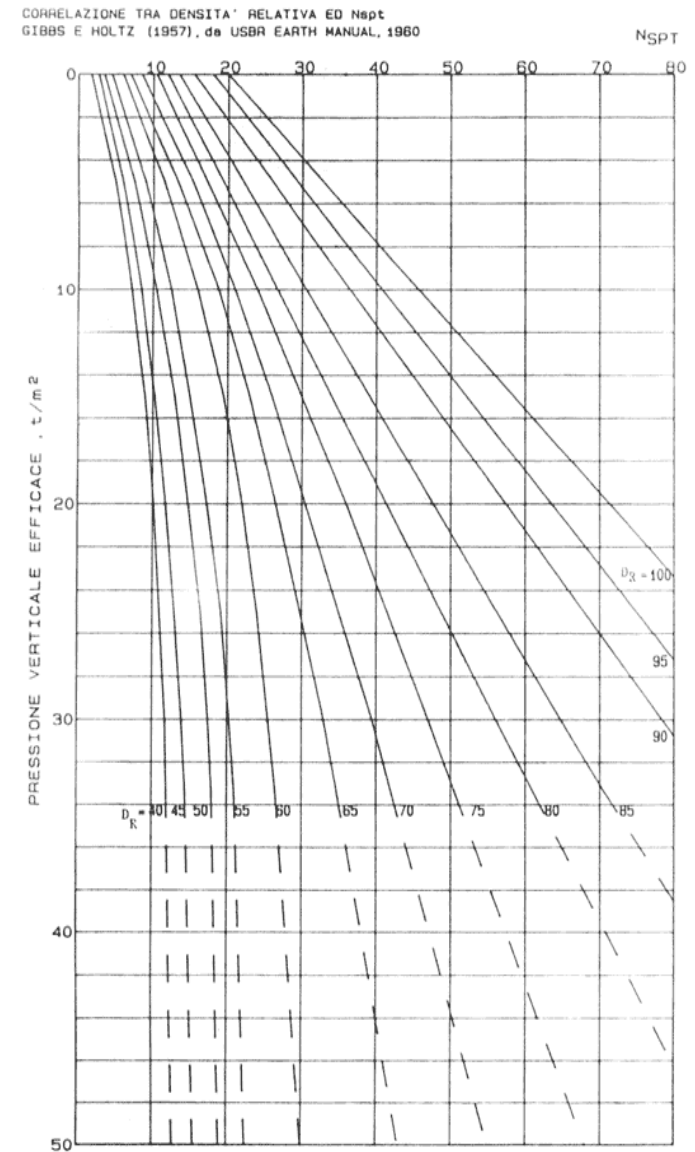
Trattazione Schmertmann (1978):



DEFINIZIONE DENSITA' RELATIVA (D_r)

Trattazione Gibbs Holtz (1951):

NSPT	Density	Relative density (%)
0 - 4	Very loose	0 - 15
4 - 10	Loose	15 - 35
10 - 30	Medium dense	35 - 65
30 - 50	Dense	65 - 85
>50	Very dense	85 - 100



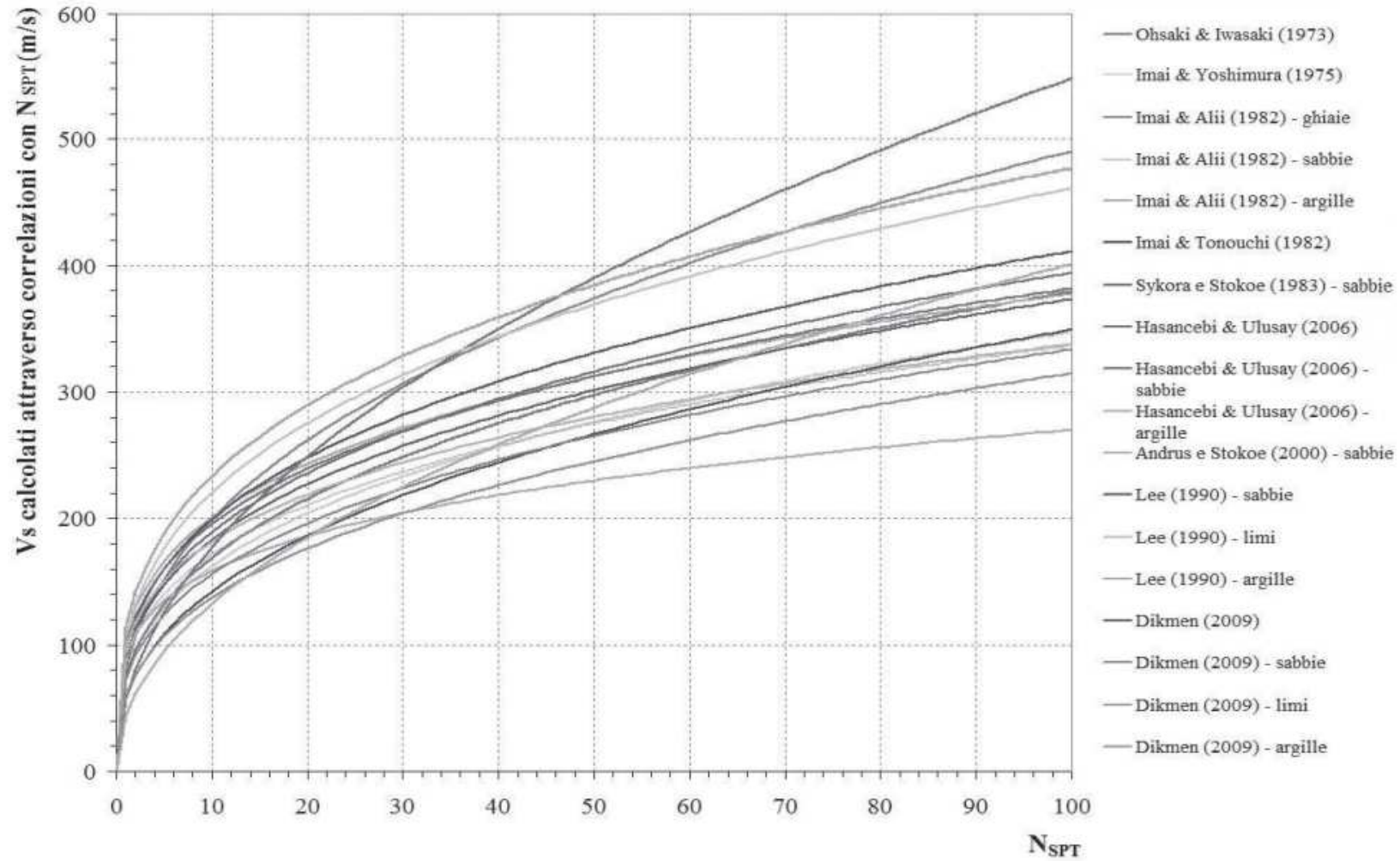
DEFINIZIONE
VELOCITA' ONDE
DI TAGLIO (Vs)

Formulazioni empiriche

(da Brandenberg 2010)

Author(s)	I.D.	All soils	Sand	Silt	Clay
Shibata (1970)	A	-	$V_s = 31.7 N^{0.54}$	-	-
Ohba and Toriuma (1970)	B	$V_s = 84 N^{0.31}$	-	-	-
Imai and Yoshimura (1975)	C	$V_s = 76 N^{0.33}$	-	-	-
Ohta et al (1972)	D	-	$V_s = 87.2 N^{0.36}$	-	-
Fujiwara (1972)	E	$V_s = 92.1 N^{0.337}$	-	-	-
Ohsaki and Iwasaki (1973)	F	$V_s = 81.4 N^{0.39}$	-	-	-
Imai et al (1975)	G	$V_s = 89.9 N^{0.341}$	-	-	-
Imai (1977)	H	$V_s = 91 N^{0.337}$	$V_s = 80.6 N^{0.331}$	-	$V_s = 80.2 N^{0.292}$
Ohta and Goto (1978)	I	$V_s = 85.35 N^{0.348}$	-	-	-
Seed and Idriss (1981)	J	$V_s = 61.4 N^{0.5}$	-	-	-
Imai and Tonouchi (1982)	K	$V_s = 96.9 N^{0.314}$	-	-	-
Sykora and Stokoe (1983)	L	-	$V_s = 100.5 N^{0.29}$	-	-
Jinan (1987)	M	$V_s = 116.1 (N+0.3185)^{0.202}$	-	-	-
Okamoto et al (1989)	N	-	$V_s = 125 N^{0.3}$	-	-
Lee (1990)	O	-	$V_s = 57.4 N^{0.49}$	$V_s = 105.64 N^{0.32}$	$V_s = 114.43 N^{0.31}$
Athanasopoulos (1995)	P	$V_s = 107.6 N^{0.36}$	-	-	$V_s = 76.55 N^{0.445}$
Sisman (1995)	Q	$V_s = 32.8 N^{0.51}$	-	-	-
Iyisan (1996)	R	$V_s = 51.5 N^{0.516}$	-	-	-
Kanai (1966)	S	$V_s = 19 N^{0.6}$	-	-	-
Jafari et al (1997)	T	$V_s = 22 N^{0.85}$	-	-	-
Kiku et al (2001)	U	$V_s = 68.3 N^{0.292}$	-	-	-
Jafari et al (2002)	V	-	-	$V_s = 22 N^{0.77}$	$V_s = 27 N^{0.73}$
Hasancebi and Ulusay (2006)	W	$V_s = 90 N^{0.309}$	$V_s = 90.82 N^{0.319}$	-	$V_s = 97.89 N^{0.269}$
Ulugergerli and Uyanik (2007)	X	${}^a V_{su} = 23.291 \ln(N) + 405.61$	-	-	-
Ulugergerli and Uyanik (2007)	Y	${}^b V_{su} = 52.9 e^{-0.011N}$	-	-	-
Dikmen (2009)	Z	$V_s = 58 N^{0.39}$	$V_s = 73 N^{0.33}$	$V_s = 60 N^{0.36}$	$V_s = 44 N^{0.48}$
Pitilakis et al. (1999)	AA	-	$V_s = 145(N_{60})^{0.178}$	-	$V_s = 132(N_{60})^{0.271}$
Hasancebi and Ulusay (2006)	AB	$V_s = 104.79(N_{60})^{0.26}$	$V_s = 131(N_{60})^{0.205}$	-	$V_s = 107.63(N_{60})^{0.237}$

DEFINIZIONE VELOCITA' ONDE DI TAGLIO (V_s)



DEFINIZIONE VELOCITA' ONDE DI TAGLIO (Vs)

Trattazione Yoshida Monotori (1988)

valori stimati sulla base di confronto fra prove in laboratorio e risultati in situ da SPT

Sabbia fine:

$$V_s = 49 \cdot N_{SPT}^{0.25} \cdot \sigma'_{v0}{}^{0.14}$$

Ghiaia

$$V_s = 56 \cdot N_{SPT}^{0.25} \cdot \sigma'_{v0}{}^{0.14}$$

Ghiaia grossa

$$V_s = 60 \cdot N_{SPT}^{0.25} \cdot \sigma'_{v0}{}^{0.14}$$

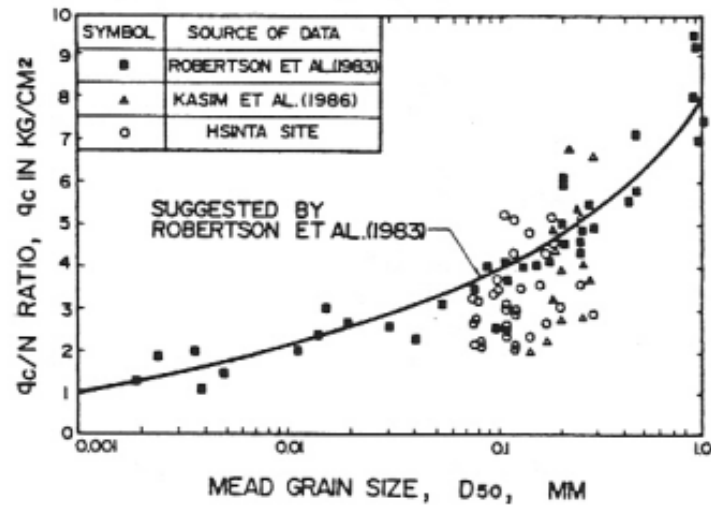
Valore valido per i suoli in generale

$$V_s = 55 \cdot N_{SPT}^{0.25} \cdot \sigma'_{v0}{}^{0.14}$$

CORRELAZIONE RISULTATI DA PROVE PENETROMETRICHE
CPT E SPT

Correlazione in funzione della dimensione dei grani per terreni granulari

Trattazione Robertson (1983)



$$q_c = 0.45 \cdot N_{SPT}$$

Valori validi per sabbia

$$f_s = 0.0068 \cdot N_{SPT}$$

$$q_c = 0.13 \cdot N_{SPT}$$

Valori validi per limo argilloso

$$f_s = 0.0048 \cdot N_{SPT}$$

Soil type	q_c / N	Nr of comp. tests	Author
A	8-10		Schmertmann (1970)
A	18		Meigh-Nixon (1961)
B	5-6		Schmertmann (1970)
C	8		Meigh-Nixon (1961) and Y. Lacroix (1971)
C	10	122	De Alencar Velloso (1959)
C	4		Meyerhof (1956)
D	3-4		Schmertmann (1970)
D	6	104	De Alencar Velloso (1959)
E	3-5	131	De Alencar Velloso (1959)
F	2	120	De Alencar Velloso (1959)
F	2		Schmertmann (1970)
F	4-5		Franki
G	3-5	202	De Alencar Velloso (1959)
G	2-3		Franki

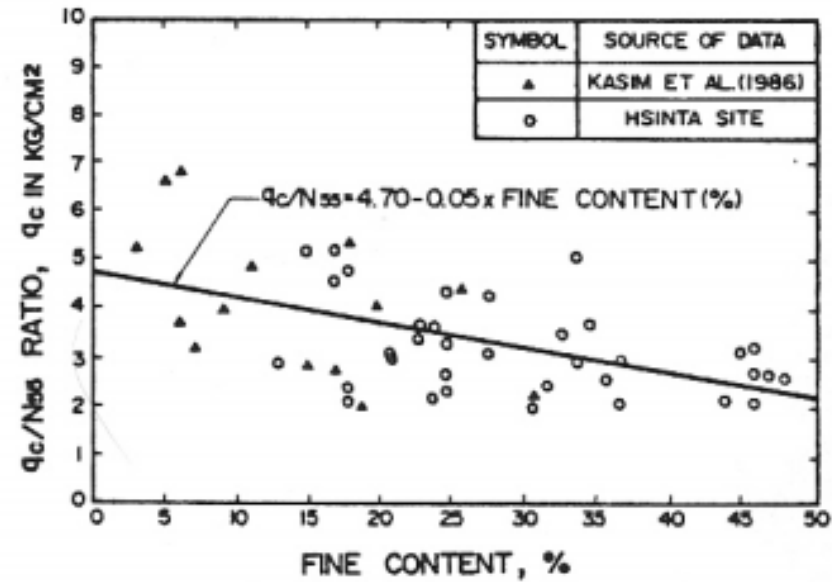
q_c in kgf/cm^2

N in blows/300 mm

- A = sandy gravels and gravels
- B = coarse sands and sands with little gravel
- C = sand
- D = clean, fine to medium sands and slightly silty sands
- E = sandy silt
- F = sandy clay, silty sand, cohesive silt-sand mixtures
- G = clay, silty clay, clayey silt

Correlazione in funzione del contenuto in percentuale di fine

$$q_c / N_{55} = 4.70 - 0.05 \cdot (\%fine)$$



Quadro di riferimento per
classificazione dei suoli
mediante prove meccaniche
statiche e dinamiche

Robertson (1986)

