

Παράσταση Γεωτεχνικών Διαφανειών

Costas Sachpazis
(M.Sc., Ph.D.)

— Ένας γρήγορος & βρώμικος
τρόπος για να μάθεις.....





Αυτή είναι μια προσπάθεια να δημιουργηθεί μια αυτοτελής ενότητα εκμάθησης στο γνωστικό αντικείμενο της Γεωτεχνικής Διερεύνησης του Υπεδάφους. Παρακαλώ «δέστε τις ζώνες σας». Καθίστε πίσω αναπαυτικά, χαλαρώστε και απολαύστε το ταξίδι.





Γεωτεχνική Διερεύνηση Υπεδάφους

Αφήγηση από:

Δρ. Κώστα Σαχπάζη



Μερικοί παραγνωρισμένοι ήρωες των έργων γεωτεχνικής μηχανικής...



... θαμμένοι ακριβώς κάτω από τα πόδια σας.

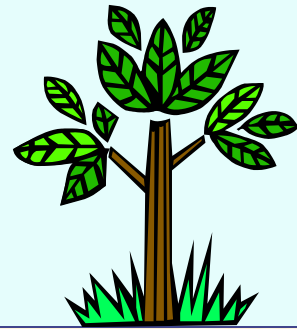
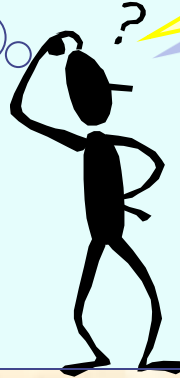
Μια καλή Γεωτεχνική Διερεύνηση Υπεδάφους είναι
βασική προϋπόθεση.





Προτεινόμενη
κατασκευή

Απαιτείται καλή γνώση
των εδαφικών συνθηκών



Προβληματικά Εδάφη

Π.χ., αντιδραστικές άργιλοι, μαλακά
εδάφη, έγκοιλα κατάρρευσης, κλπ.

Απαιτούμενα Εδαφικά Στοιχεία:

- ❖ Εδαφικό Προφίλ
 - Πάχος στρώσης και ταυτοποίηση εδάφους
- ❖ Ιδιότητες κατάταξης εδάφους
 - ποσοστό υγρασίας, όρια Atterberg, κοκκομετρία, κλπ.
- ❖ Χαρακτηριστικά Αντοχής & παραμορφωσιμότητας
 - c' , c_{u1} , ϕ' , C_{c1} , C_{r1} , O.C.R., ...
- ❖ Άλλα στοιχεία (π.χ., στάθμη υπόγειων νερών)

Βιβλιογραφική έρευνα-μελέτη

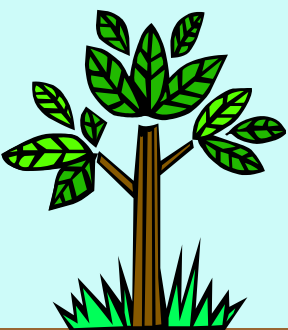
Πρώτο στάδιο της Γεωτεχνικής Διερεύνησης Υπεδάφους. Αμελητέο κόστος. Ψάξε οποιαδήποτε πηγή (π.χ., πρόσφατες διαθέσιμες πληροφορίες)

- ✓ Αεροφωτογραφίες
- ✓ Τοπογραφικοί χάρτες διάφορων κλιμάκων
- ✓ Γεωλογικοί χάρτες διάφορων κλιμάκων
- ✓ Υπάρχουσες μελέτες ή εκθέσεις γεωτεχνικής διερεύνησης υπεδάφους (για παρακείμενες περιοχές)
- ✓ Άλλες πληροφορίες. Από τοπικά συμβούλια, άρθρα, κατοίκους, κλπ.

Αναγνώριση Περιοχής

Μία επίσκεψη στην περιοχή και μία συνομιλία με τους ντόπιους θα βοηθήσει.

- ✓ Πρόσβαση – προσπέλαση περιοχής
- ✓ Τοπογραφία - Μορφολογία
- ✓ Γεωλογικές συνθήκες περιοχής
- ✓ Κατάσταση παρακείμενων κατασκευών
- ✓ Καταγραφή κάθε εμφανών προβλημάτων στην περιοχή (Καθιζήσεις, κατολισθήσεις, ερπυσμοί, αστοχίες, διαβρώσεις, κλπ)



τσάπα

γεωτρύπανο



Άργιλος

Δοκιμαστική Τάφρος
1-2 m πλάτος
2-4 m βάθος

Γεώτρηση
75 mm διάμετρος
10-30 m βάθος

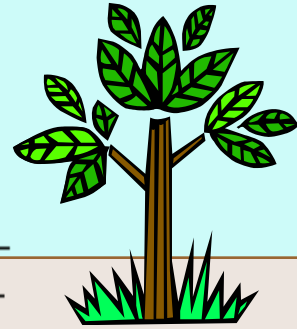
Δοκιμαστική Τάφρος

Επιτρέπει την οπτική επιθεώρηση, τον εντοπισμό των ορίων των στρωμάτων, και την πρόσβαση σε αδιατάρακτα εδαφικά δείγματα φραγμών.

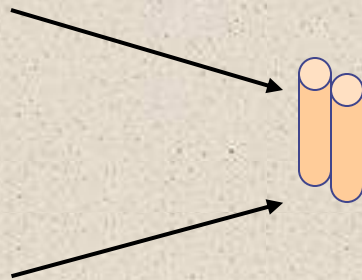


Μία πολύ μεγάλη Δοκιμαστική Τάφρος

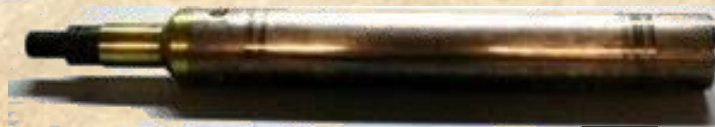
Σε στρώματα Αργίλου...



Άργιλος



συλλέξτε τα αδιατάρακτα
εδαφικά δείγματα αργίλου με
λεπτού τοιχώματος
δειγματοληπτική συσκευή (π.χ.
δειγματολήπτη τύπου **shelby**)



Γεώτρηση



Στερεοποίηση,
τριαξονικές δοκιμές
στο εργαστήριο

Αδιατάρακτα Δείγματα Αργίλου

- Απαιτούνται για τριαξονικές δοκιμές στερεοποίησης στο εργαστήριο.
- Καλής ποιότητας δείγματα απαραίτητως.

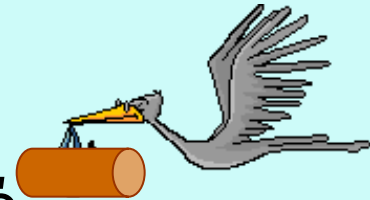
$$A_R < 10\%$$



$$A_R = \frac{O.D.^2 - I.D.^2}{I.D.^2} \times 100 (\%)$$

Δείκτης επιφάνειας

- Όσο παχύτερο το τοίχωμα, τόσο μεγαλύτερη η διαταραχή του δείγματος.
- Προσοχή κατά την μεταφορά και τον χειρισμό του δείγματος.



Στα Χονδρόκοκκα Εδάφη ...

Πολύ δύσκολο να παραληφθούν αδιατάρακτα δείγματα.

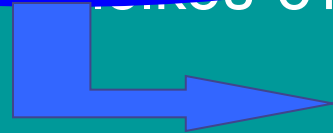
∴ Επιλέχτε καλύτερα επιτόπιες δοκιμές υπαίθρου.

Π.χ., Δοκιμές Πρότυπης Διείσδυσης

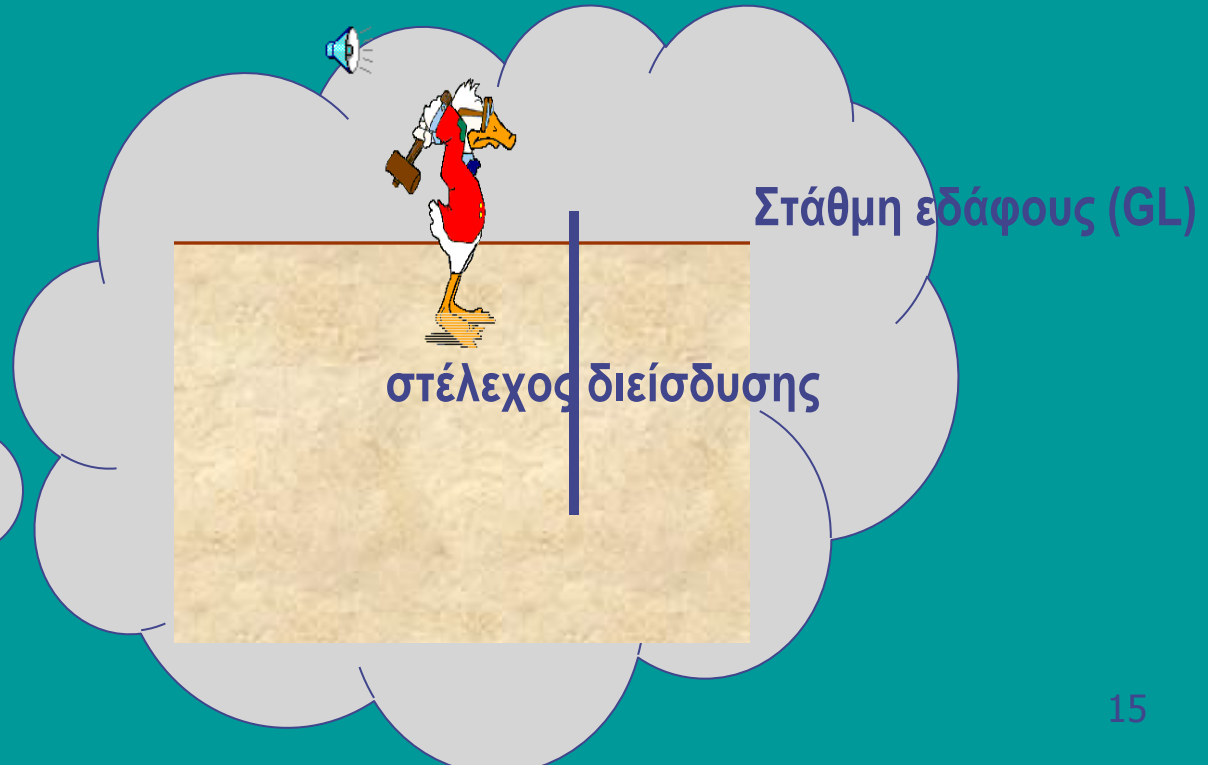
Το 80-90% των περιπτώσεων σχεδιασμού θεμελιώσεων βασίζεται σε Δοκιμές Πρότυπης Διείσδυσης

Δοκιμές Διείσδυσης

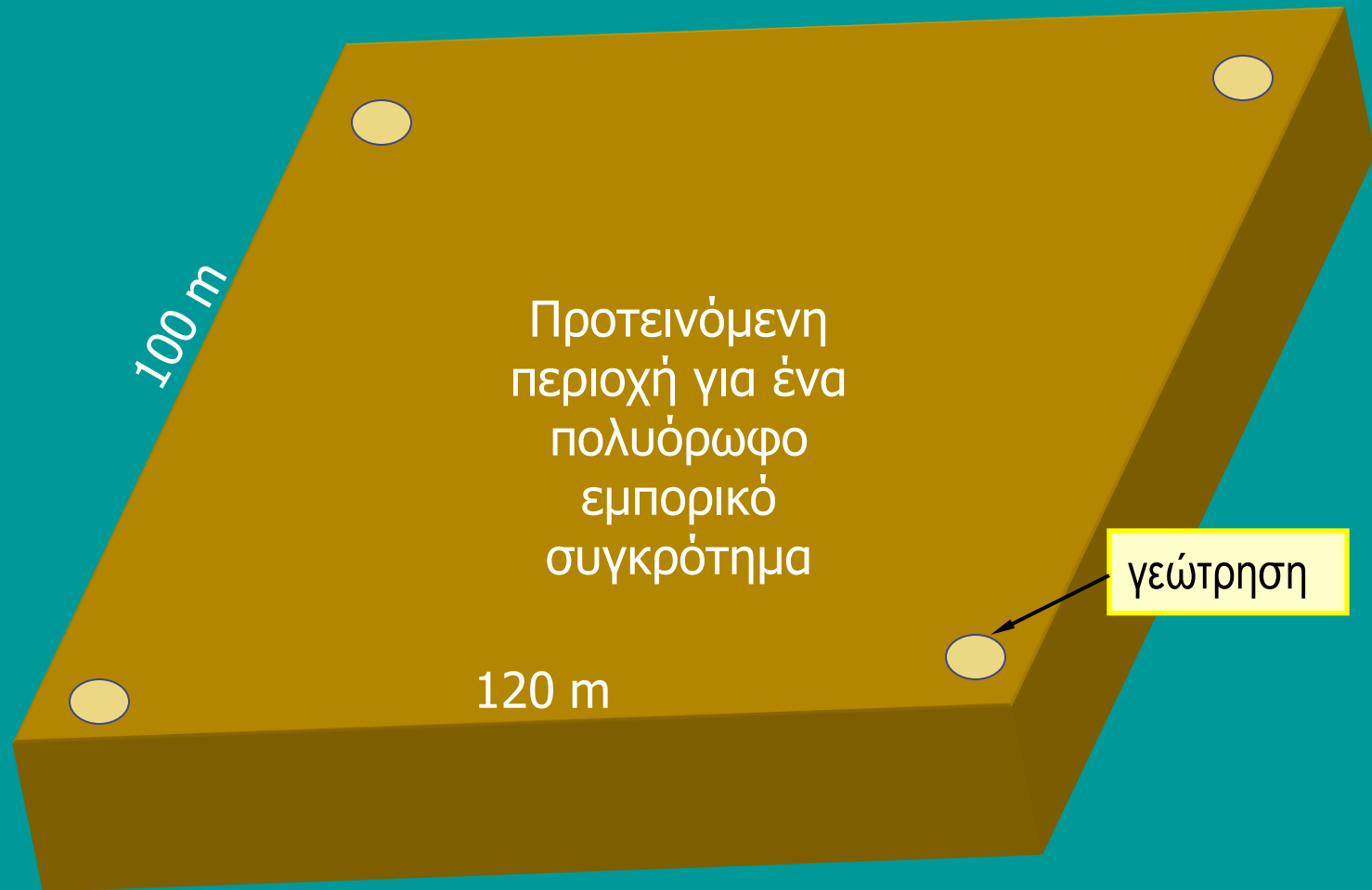
Μέτρηση της αντίστασης του εδάφους κατά την διείσδυση του ειδικού στελέχους.



$\phi', E \dots$



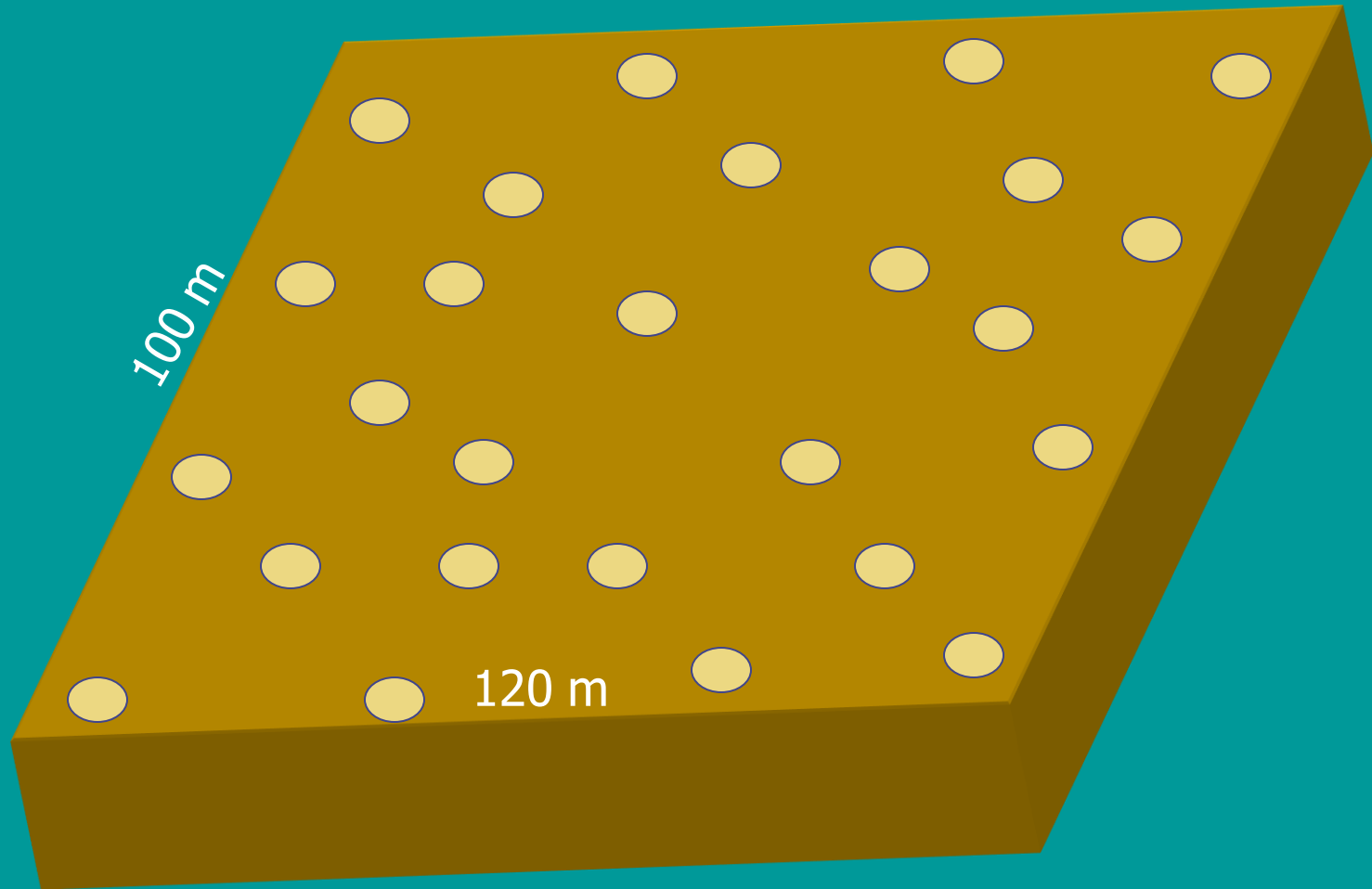
Πόσες Γεωτρήσεις χρειάζονται;



Λίγες γεωτρήσεις. Το εδαφικό προφίλ και οι εδαφομηχανικές ιδιότητες δεν προσδιορίζονται επαρκώς..



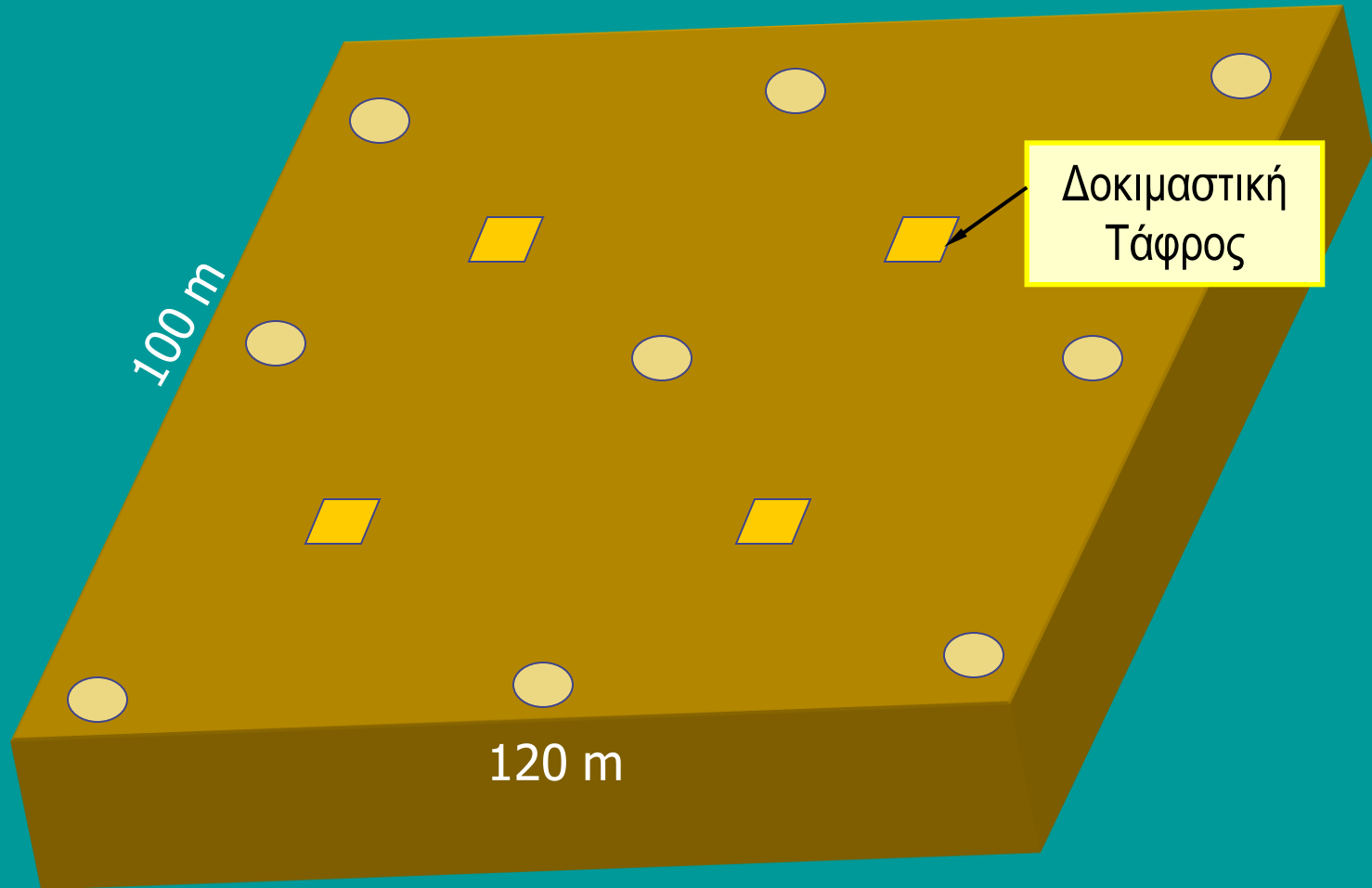
Πόσες Γεωτρήσεις χρειάζονται;



Πολλές γεωτρήσεις και... «ξετινάζεται» ο προϋπολογισμός.



Πόσες Γεωτρήσεις χρειάζονται;



Σχεδόν καλά;



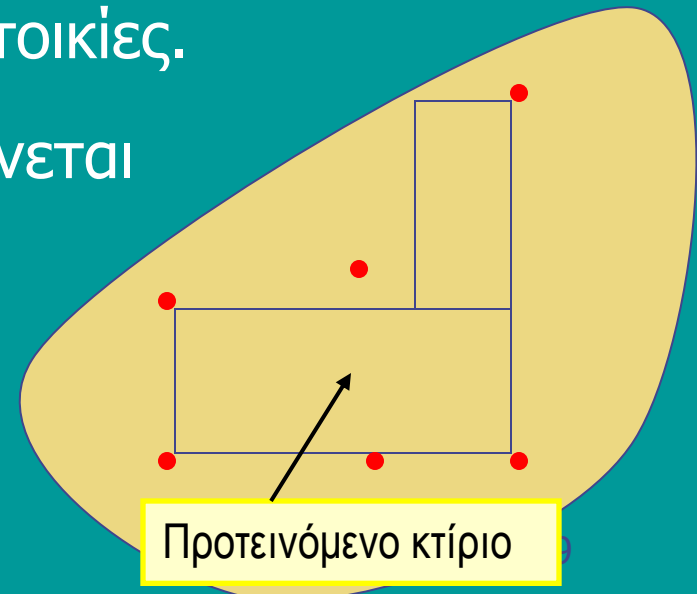
Πόσες Γεωτρήσεις χρειάζονται;

Ο αριθμός των απαιτούμενων γεωτρήσεων εξαρτάται από:

- Τον τύπο και το μέγεθος του έργου
- Τον προϋπολογισμό για την γεωτεχνική διερεύνηση
- Την εδαφική ποικιλότητα

Τυπικά οι γεωτρήσεις διατάσσονται σε αποστάσεις 20-40 m για κτίρια που δεν προορίζονται για κατοικίες.

Χωροθετήστε τις γεωτρήσεις όπου αναμένεται συγκέντρωση ιδιαίτερων φορτίων.



Προτεινόμενο κτίριο

Πόσο βαθιά να διερευνήσω ;

Διερεύνησε το υπέδαφος μέχρι το βάθος όπου αποσβένονται αρκετά οι τάσεις. Δηλαδή μέχρι το βάθος όπου αναπτύσσονται οι σημαντικοί βολβοί τάσεων.

Δοκιμή Προτύπου Διεισδύσεως (SPT)

Μετράμε τον αριθμό των κτύπων που απαιτούνται για διείσδυση 300 mm

Αριθμός Κτύπων
ή
Τιμή-N



Δοκιμή Προτύπου Διεισδύσεως (SPT)

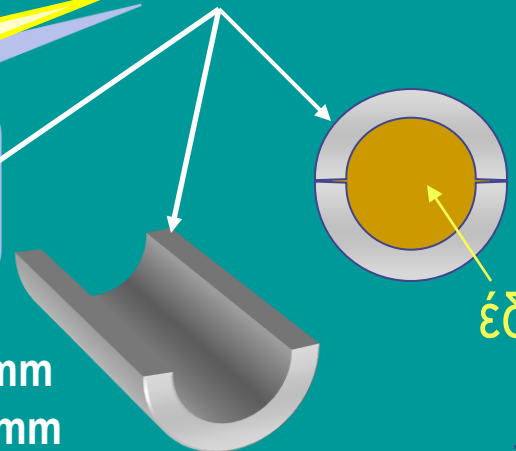
- Κυρίως για τα χονδρόκοκκα εδάφη.
Αναξιόπιστη για τις Αργίλους.
- Η τιμή-N συσχετίζεται με τα ϕ' , E ...
- Εκτελείται μέσα στις γεωτρήσεις σε διαστήματα βάθους 1.5 - 3 m περίπου
- Συλλέγονται δείγματα (διαταραγμένα) με τον δαιρετό δειγματολήπτη

Αν και δίδει κάποια προσέγγιση

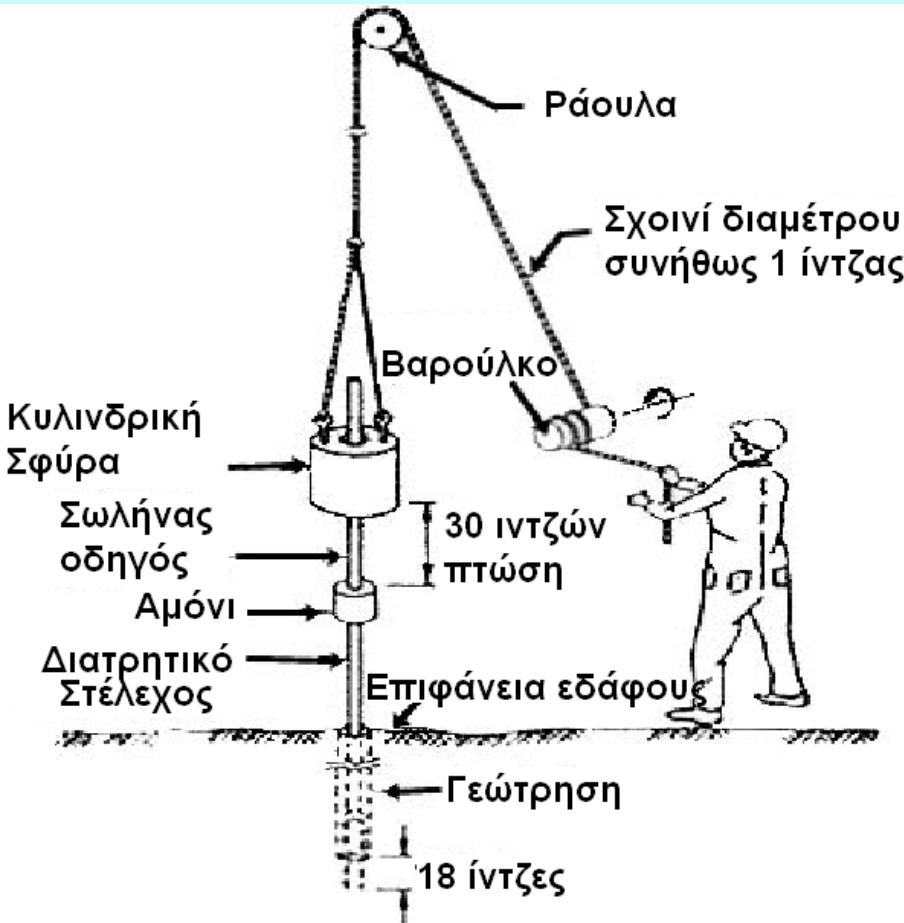
$A_R = 112\%$. Χρησιμοποιεί μόνο για ταξινόμηση

I.D. = 35 mm
O.D. = 51 mm

έδαφος



Δοκιμή Προτύπου Διεισδύσεως (SPT)

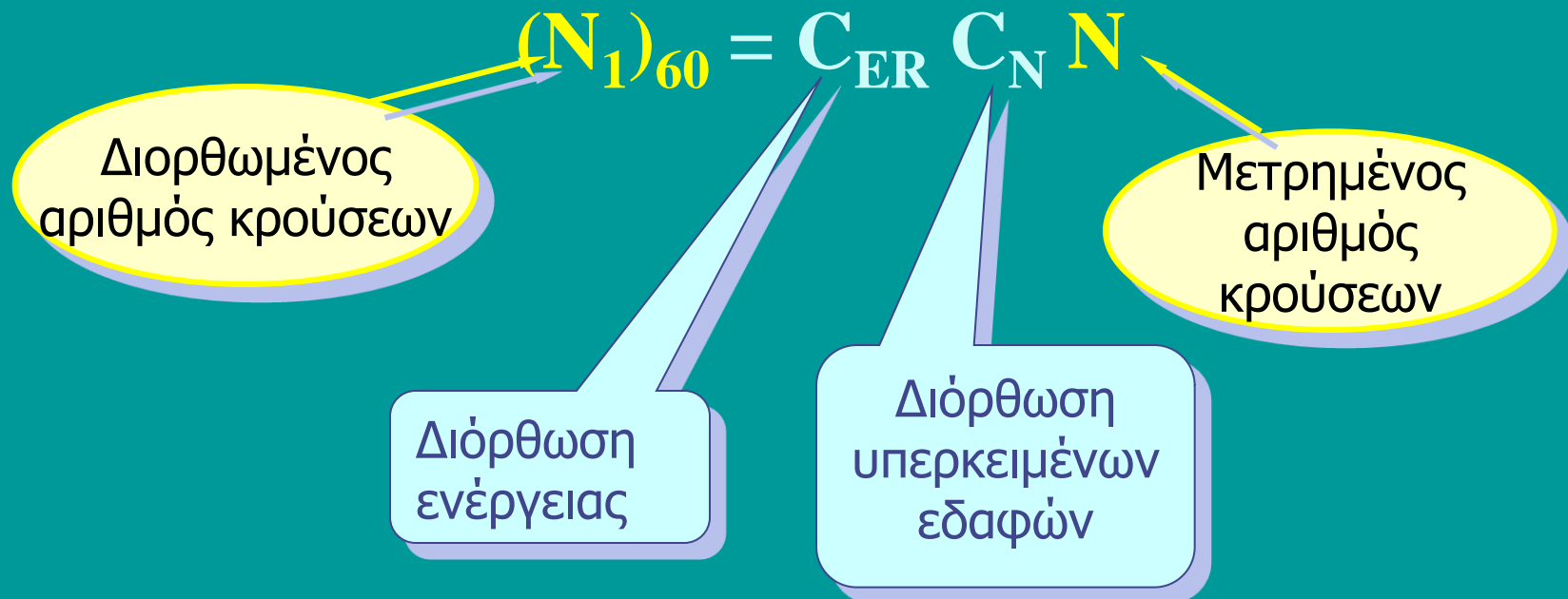


Έρευνα στη Σαουδική Αραβία

Σφύρα της δοκιμής S.P.T.



Διορθώσεις της δοκιμής SPT



Συσχετισμοί SPT στις Αργίλους

Μη διορθωμένο
για υπερκείμενα

N_{60}	c_u (kPa)	Συνεκτι- κότητα	Μακροσκοπική Περιγραφή
0-2	0 - 12	Πολύ Μαλακή	Εξιδρώνει μεταξύ των δάχτυλων όταν συμπιέζεται στην παλάμη
2-4	12-25	Μαλακή	Εύκολα μορφοποιείται στα δάχτυλα με ελαφρά πίεση
4-8	25-50	Μέσης Συνεκτικότητας	Μορφοποιείται στα δάχτυλα μόνο με ισχυρή πίεση
8-15	50-100	Στιφρή	Δεν μπορεί να μορφοποιηθεί στα δάχτυλα αλλά υποχωρεί ελαφρά με την πίεση του δείκτη
15-30	100-200	Πολύ Στιφρή	Μόνο υποχωρεί με ισχυρή πίεση του νυχιού του δείκτη
>30	>200	Σκληρή	Μόνο χαράσσεται με ισχυρή πίεση του νυχιού του δείκτη



Να χρησιμοποιηθεί με Προσοχή. Αναξιόπιστο!!

Συσχετισμοί SPT στα Χονδρόκοκκα Εδάφη

(N)₆₀	D_r (%)	Περιγραφή
0-4	0-15	Πολύ χαλαρό
4-10	15-35	Χαλαρό
10-30	35-65	Μέσης πυκνότητας
30-50	65-85	Πυκνό
>50	85-100	Πολύ πυκνό

Μη διορθωμένο
για υπερκείμενα

Δοκιμή Διείσδυσης Κώνου (CPT)



Δυναμική Δοκιμή
Διείσδυσης Κώνου
(DCPT)

Στατική Δοκιμή
Διείσδυσης Κώνου
(SCPT)

- Όμοια με SPT. Με κτύπους σφύρας
- Με χρήση κώνου αντί διαιρετού δειγματολήπτη

Κλειστό άκρο.
Χωρίς δείγμα.

- Δίδει τους αριθμούς κτύπων ανά διαστήματα βάθους 1.5 m

- Πιέζεται εντός του εδάφους με ταχύτητα 2 cm/sec
- Δίδει συνεχόμενες μετρήσεις



Δυναμική Δοκιμή Διείσδυσης Κώνου

- Απλή και χονδρική.
- Καλύτερη από SPT ή SCPT σε σκληρά εδάφη, όπως πυκνά χαλίκια
- Τόσο χονδρική όσο και η SPT. Στηρίζεται στους συσχετισμούς που βασίζονται στους αριθμούς κτύπων

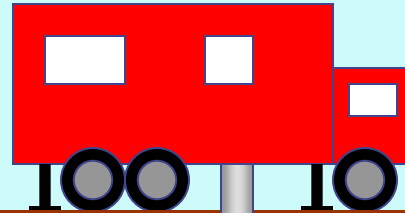


Πιεζοκώνος (CPTU)

Ένας μοντέρνος στατικός κώνος. Μετράει επίσης την πίεση νερού πόρων.



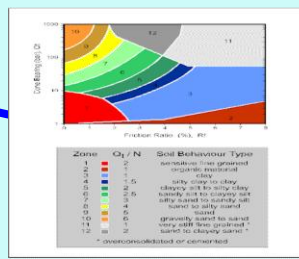
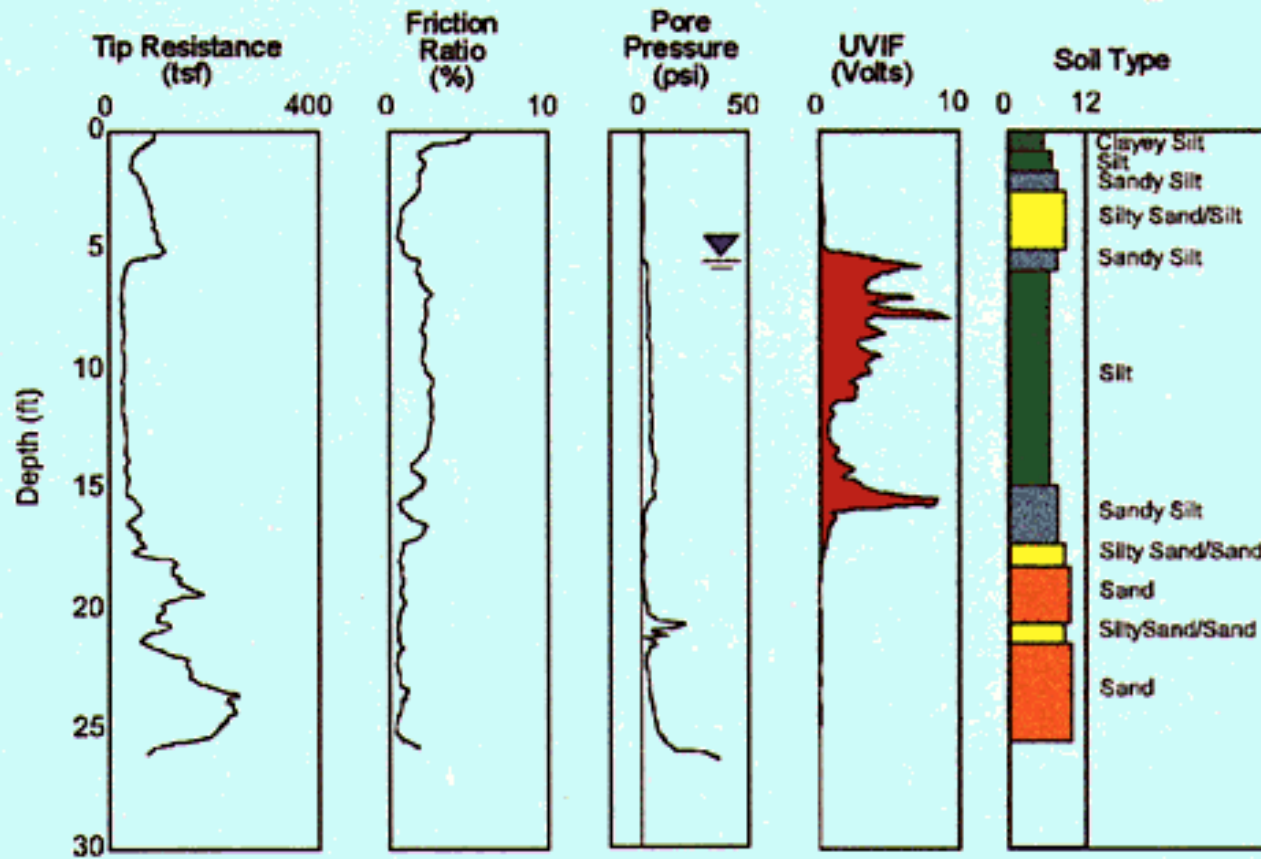
Πιεζοκώνος με κεντρική
πυρήνας λίθος για τη μέτρηση
της πίεσης νερού πόρων



Πιέζεται με
ταχύτητα 20
mm/sec

Συνεχόμενες
μετρήσεις of
 q_c , f_s και u .

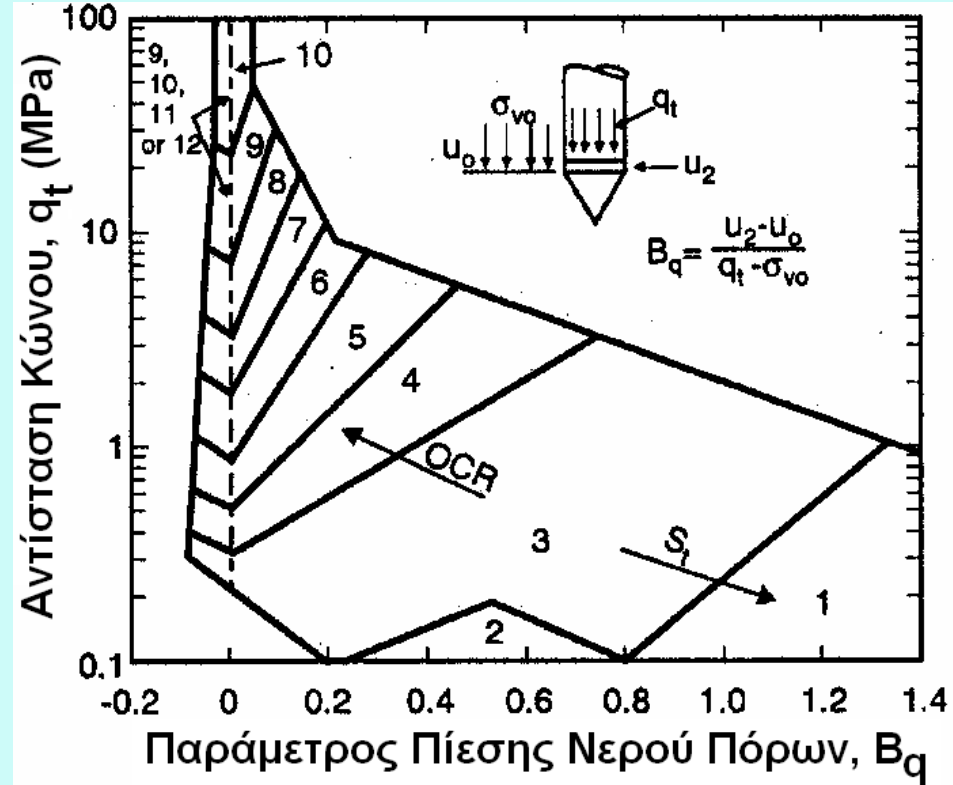
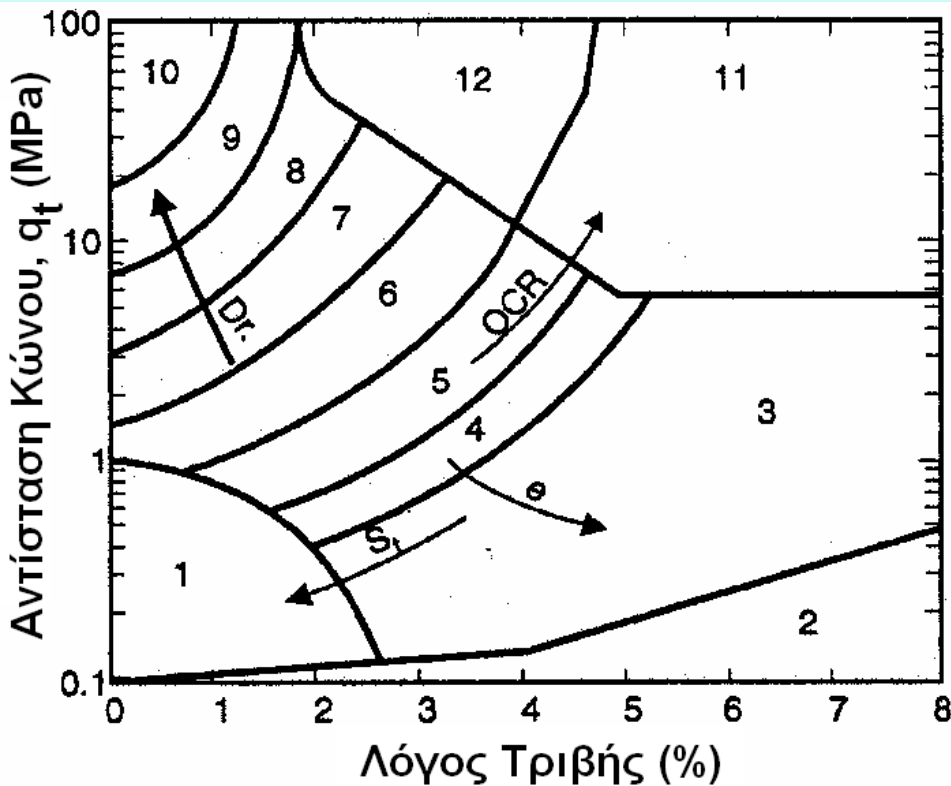
Ερμηνεύοντας τα στοιχεία του SCPT



Βλέπε επόμενη διαφάνεια



Ερμηνεύοντας τα στοιχεία του SCPT (Πιεζοκώννου)



Τύπος Συμπεριφοράς Εδάφους (κατά Robertson et al., 1986; Robertson & Campanella, 1988)

1 – Ευαίσθητα λεπτόκοκκα

2 – Οργανικά εδάφη

3 – Άργιλος

4 – Ιλυώδης άργιλος έως Άργιλος

5 – Αργιλώδης ιλύς

6 – Αμμώδης ιλύς

7 – Ιλυώδης άμμος

8 – Άμμος με ιλύ

9 – Άμμος

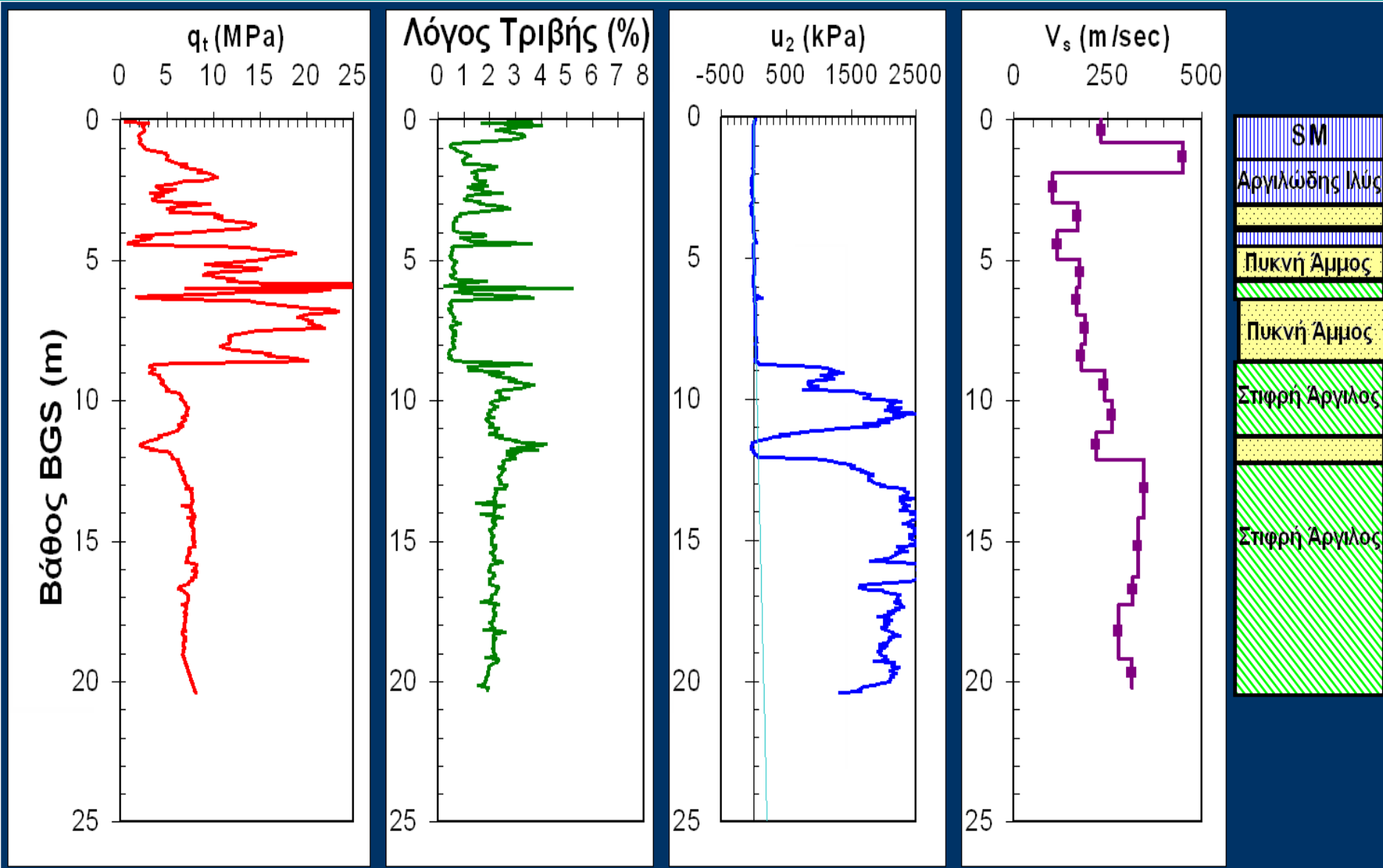
10 – Χαλικιώδης άμμος

11 – Πολύ στιφρά λεπτόκοκκα*

12 – Αργιλώδης άμμος*

*Σημείωση: Υπερστερεοποιημένα ή σιμεντοποιημένα

Διαγραφίες - στις Η.Π.Α.



Πηγή: Professor. P.W. Mayne, Georgia Inst. of Technology

Διορθώσεις του SCPT

Σε Αργίλους,

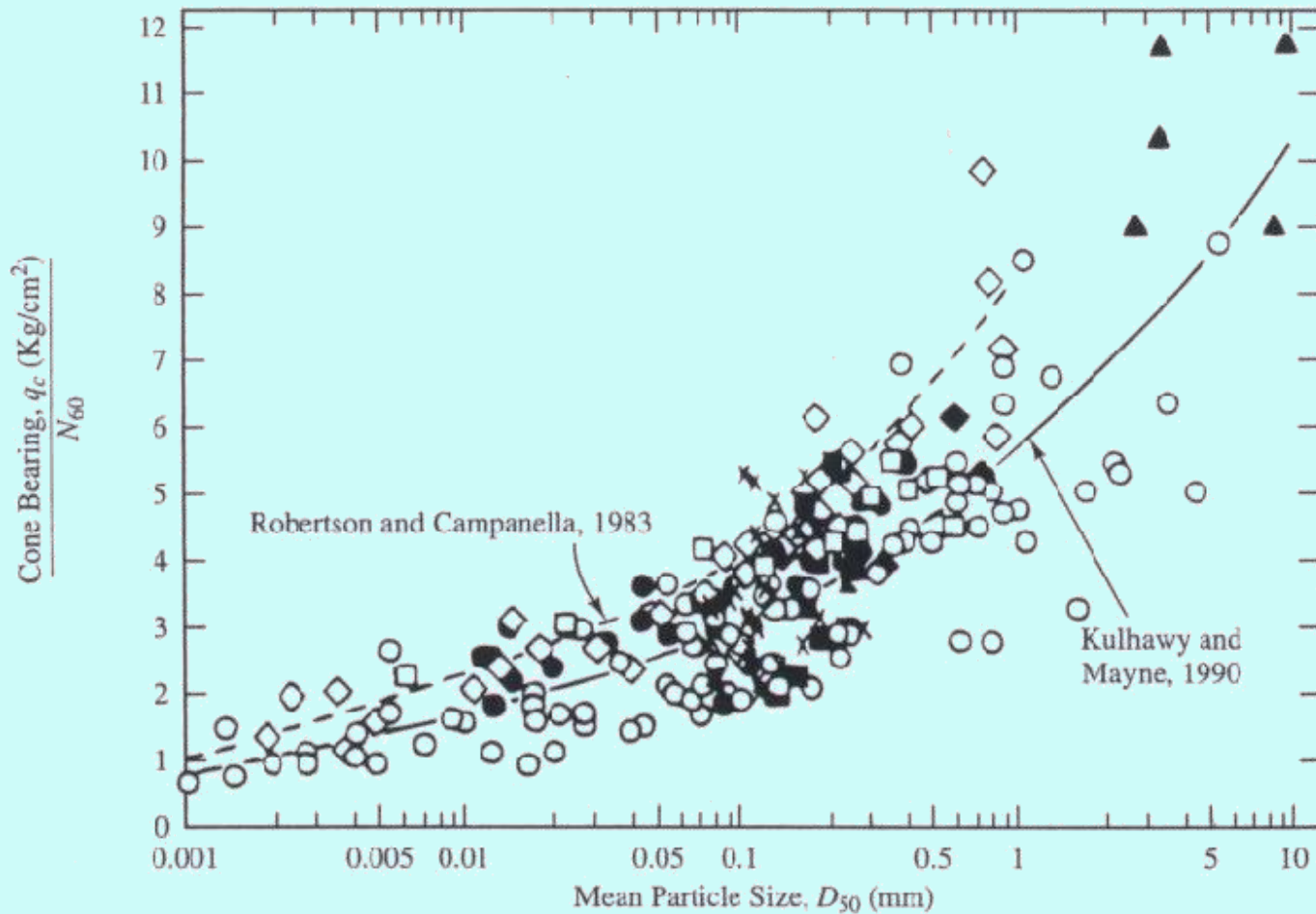
$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k}$$

→ Συντελεστής κώνου (15-20).
Μεταβάλλεται ανάλογα με
τον κώνο

Σε Άμμος,

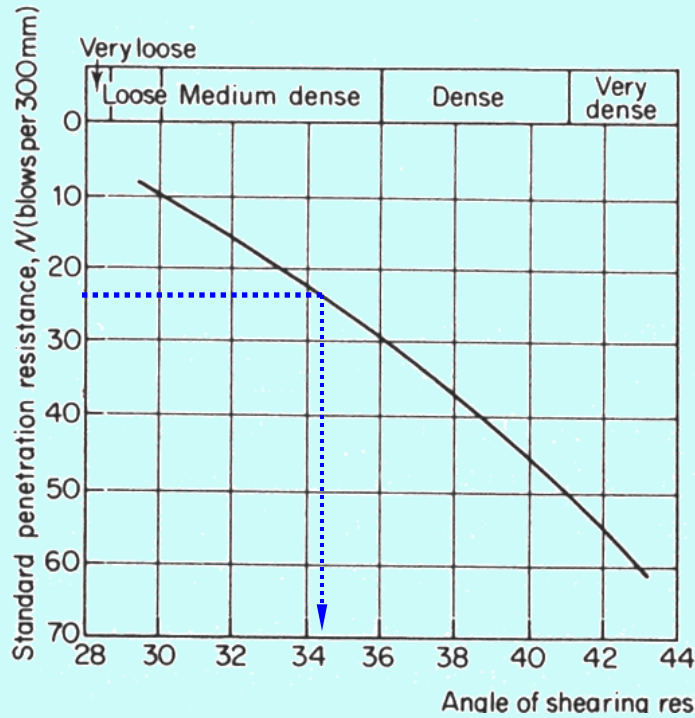
$E = 2.5-3.5 q_c$ (για νέες κανονικά στερεοποιημένες
αργιλώδεις άμμους)

Σχέση των q_c/N στα Χονδρόκοκκα Εδάφη

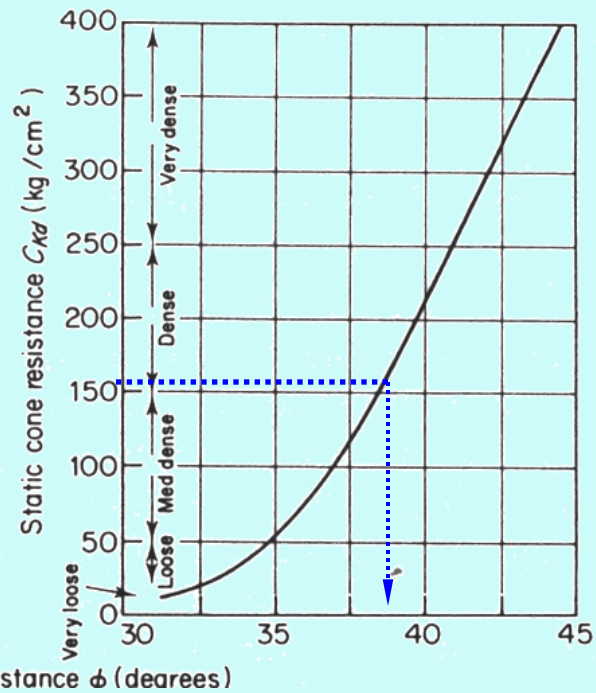


q_c σε kg/cm^2 ($1 \text{ kg/cm}^2 = 98.07 \text{ KPa}$)

ϕ' από SPT/CPT σε Χονδρόκοκκα Εδάφη



Κατά Peck et al. (1974)



Κατά Meyerhof (1976)

Δοκιμή Πρεσσιόμετρησης

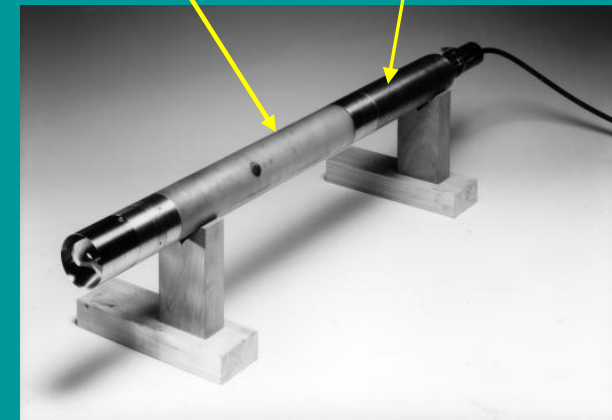
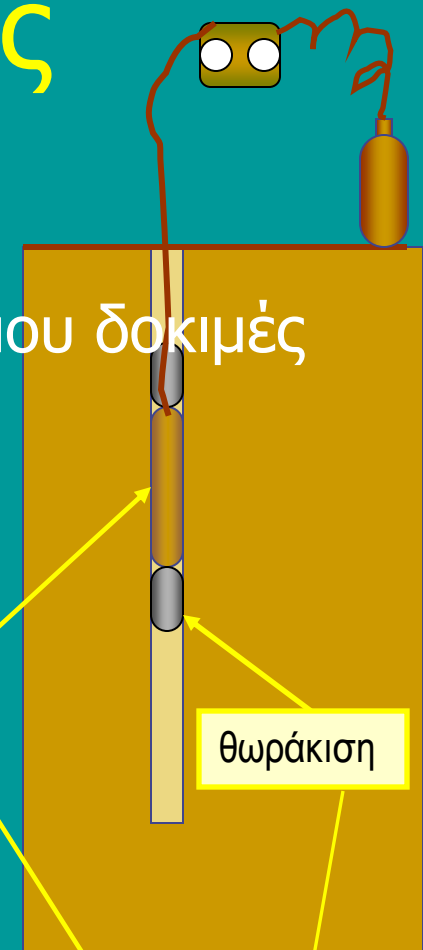
- Διόγκωση ενός κυλινδρικού στοιχείου μέσα στην γεώτρηση.
- Η πιο αντιπροσωπευτική από όλες τις επι-τόπου δοκιμές
- Δίδει την αντοχή, τους δείκτες, K_0 , c_v ...
- Κατάλληλη για όλα τα εδάφη



πρεσσιόμετρο

Κυλινδρικό
στοιχείο

θωράκιση



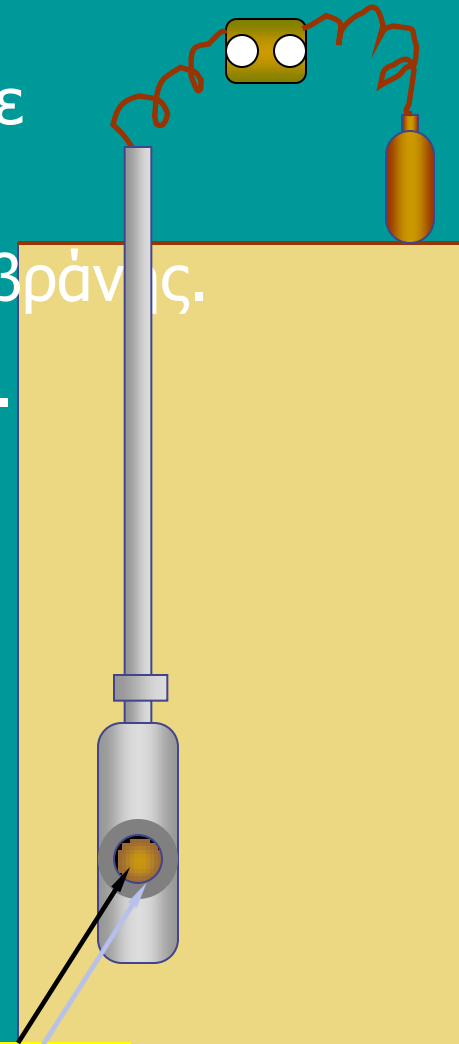
Δοκιμή Διασταλτικότητας (Dilatometer Test)

- Προχώρηση σε 20 mm/sec. Δοκιμή σε κάθε 200-300 mm.
- Δεξαμενή αζώτου για τη διόγκωση της μεμβράνης.
- Δίδει: c_u , K_0 , OCR, c_v , k , ακαμψία εδάφους.
- Ταυτοποίηση εδάφους (από διάγραμμα).

Όμοιο με
τον κώνο



60 mm διαμ.
Μεμβράνη από
εύκαμπτο χάλυβα

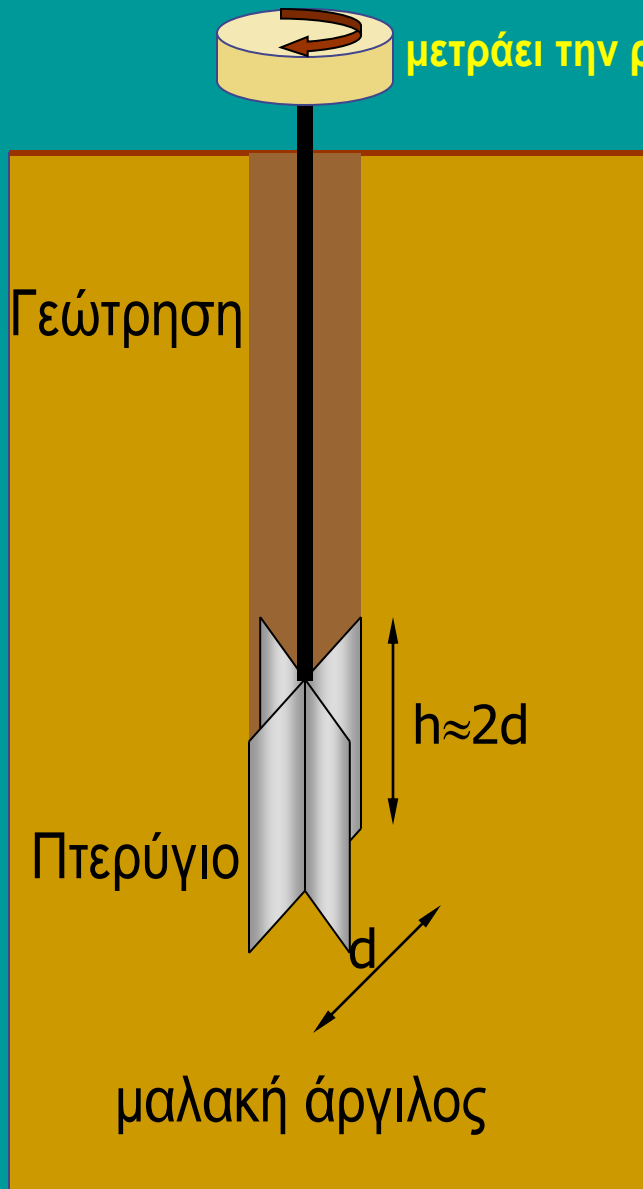


Κώνος Πρεσσιόμετρου

- Συνδυάζει πιεζοκώνο και πρεσσιόμετρο.
- Όχι συνηθισμένη δοκιμή, και εξειδικευμένη.



Δοκιμή Διάτμησης Πτερυγίου

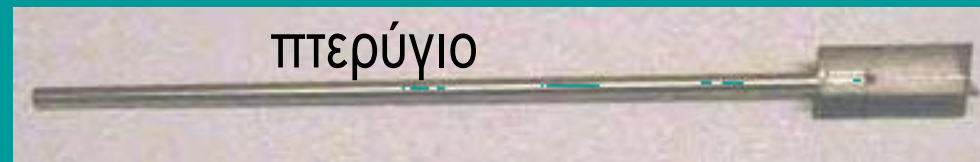


- Για αργίλους, και κυρίως για μαλακές αργίλους.
- Μετράει την ροπή που απαιτείται ώστε το πτερύγιο να διατμήσει γρήγορα την μαλακή άργιλο εντός της οποίας έχει διεισδύσει.

∴ αστράγγιστα

ροπή → αστράγγιστη διατμητική αντοχή c_u

- Συνήθως, $d = 20-100$ mm.

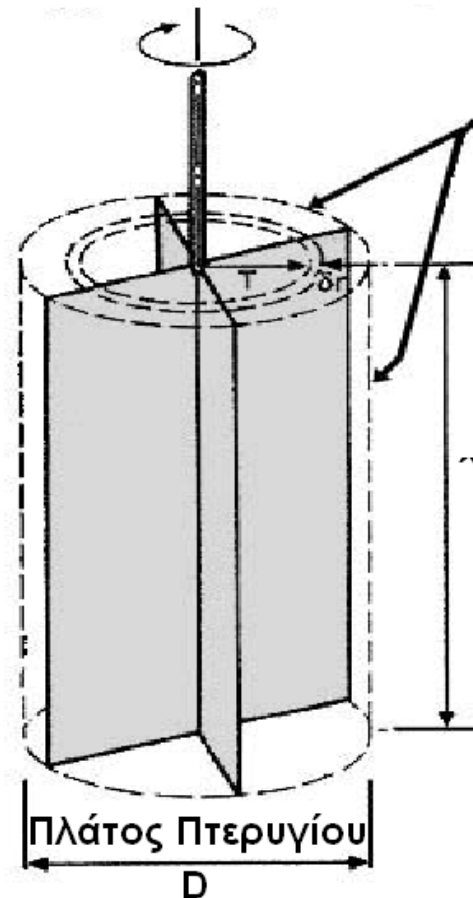


Δοκιμή Διάτμησης Πτερυγίου



Δοκιμή σε εξέλιξη

Εφαρμοζόμενη Ροπή



Υποτιθέμενη κυλινδρική επιφάνεια διάτμησης με διατμητική αντοχή = C_u στην μέγιστη ροπή

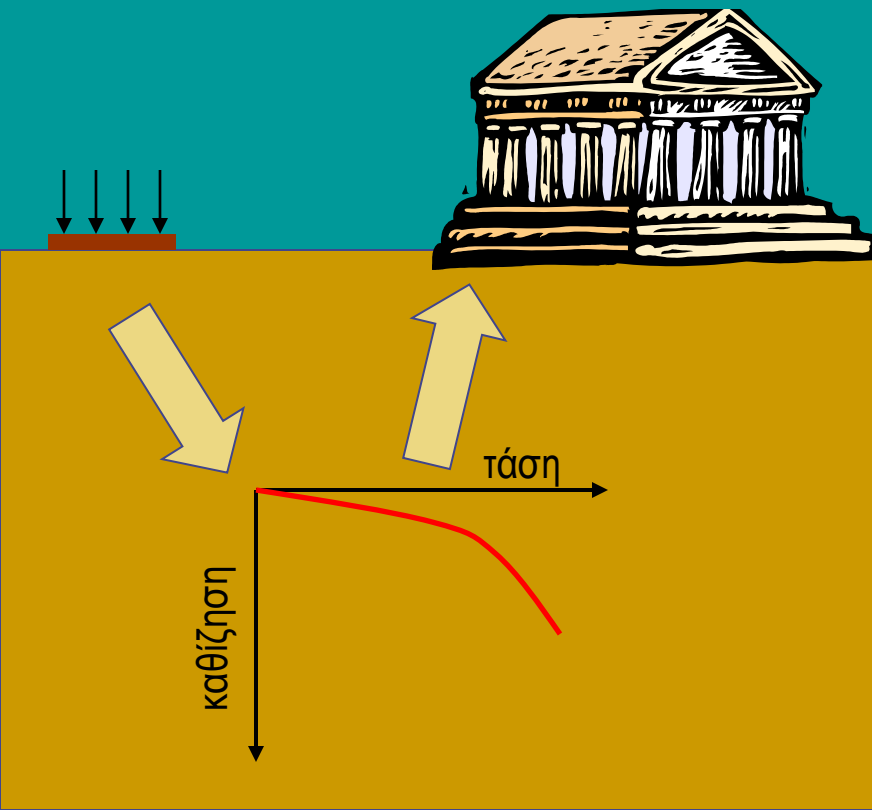
Ύψος Πτερυγίου H

Πλάτος Πτερυγίου
 D

Επιφάνεια Αστοχίας

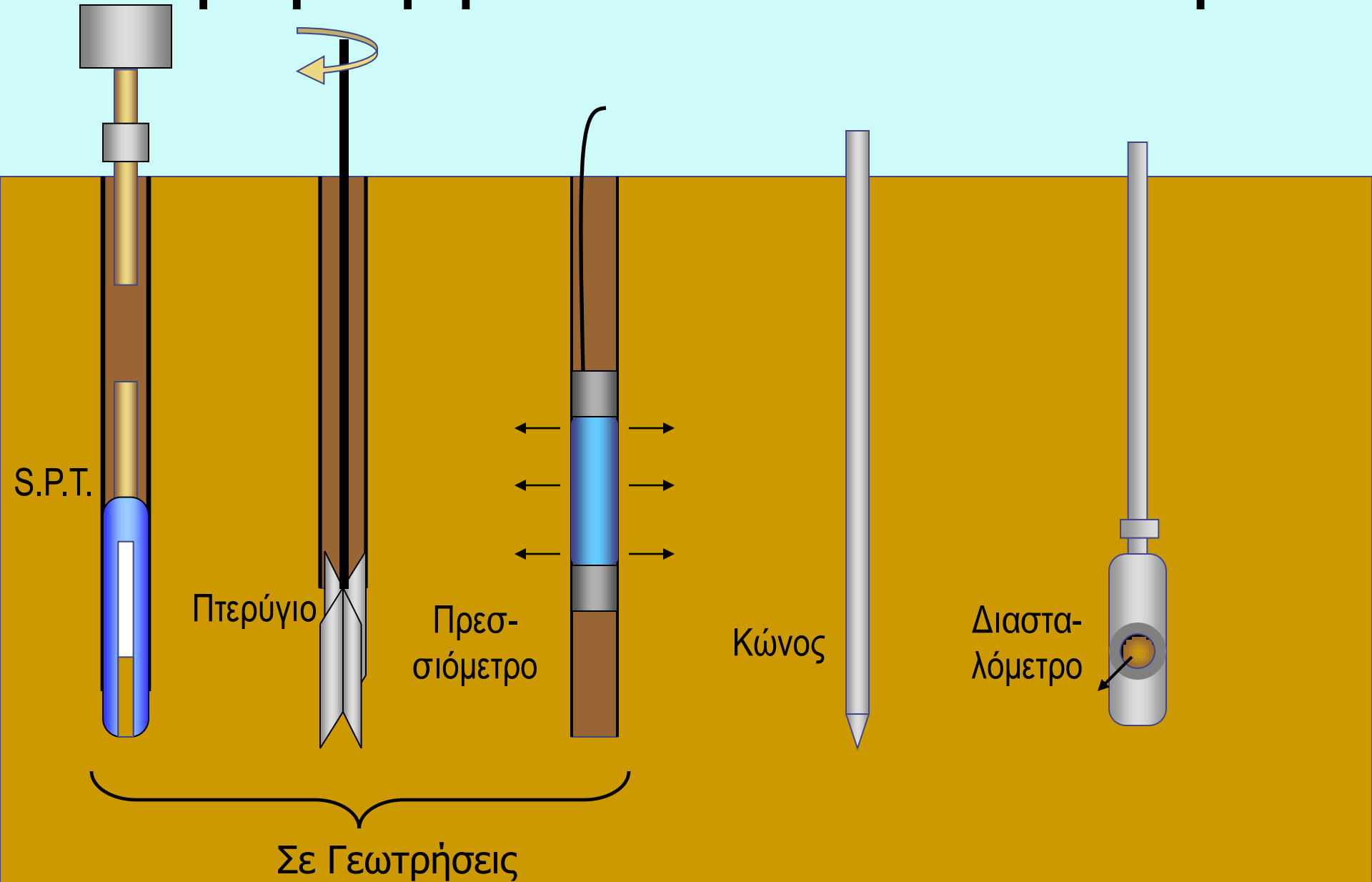
Δοκιμή Φόρτισης Πλακός

- Φόρτιση μιας τετραγωνικής πλάκας (300 mm x 300 mm) έως αστοχίας. Σχεδίαση τάσης ενάντια καθίζησης, και παρέκταση έως το πραγματικό μέγεθος.
- Η διάταξη της φόρτισης την κάνει «ακριβή» δοκιμή.
- Καλή για ανομοιογενή επιχώματα. Καταγράφει την μέση εδαφική συμπεριφορά.



Διαδικασία δοκιμής υπαίθρου.

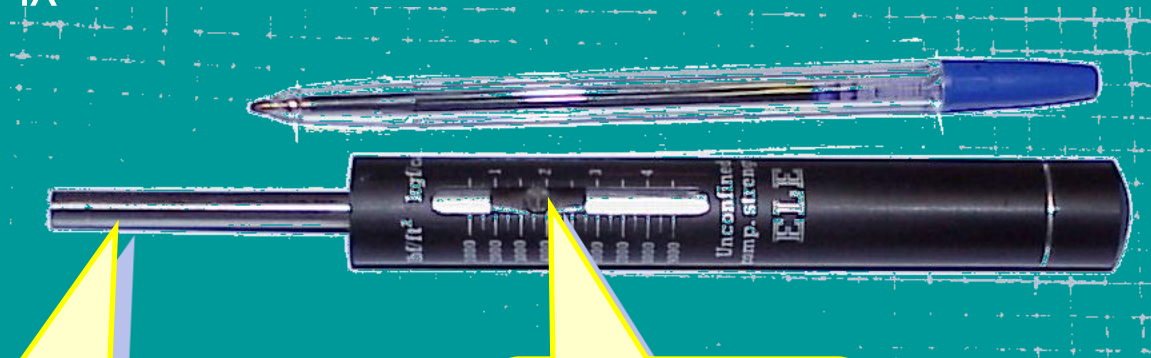
Συνήθη Όργανα επι-τόπου Δοκιμών



Πενετρόμετρο «Τσέπης»

- Μια απλή φορητή συσκευή για την μέτρηση της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη ($q_u = 2 c_u$) μίας αργίλου.
- Χρησιμοποιείται σε δοκιμαστικές τάφρους και σε δείγματα.
- Είναι απαραίτητο σε κάθε «μάχιμο» Γεωτεχνικό Μηχανικό ή Γεωλόγο Μηχανικό.

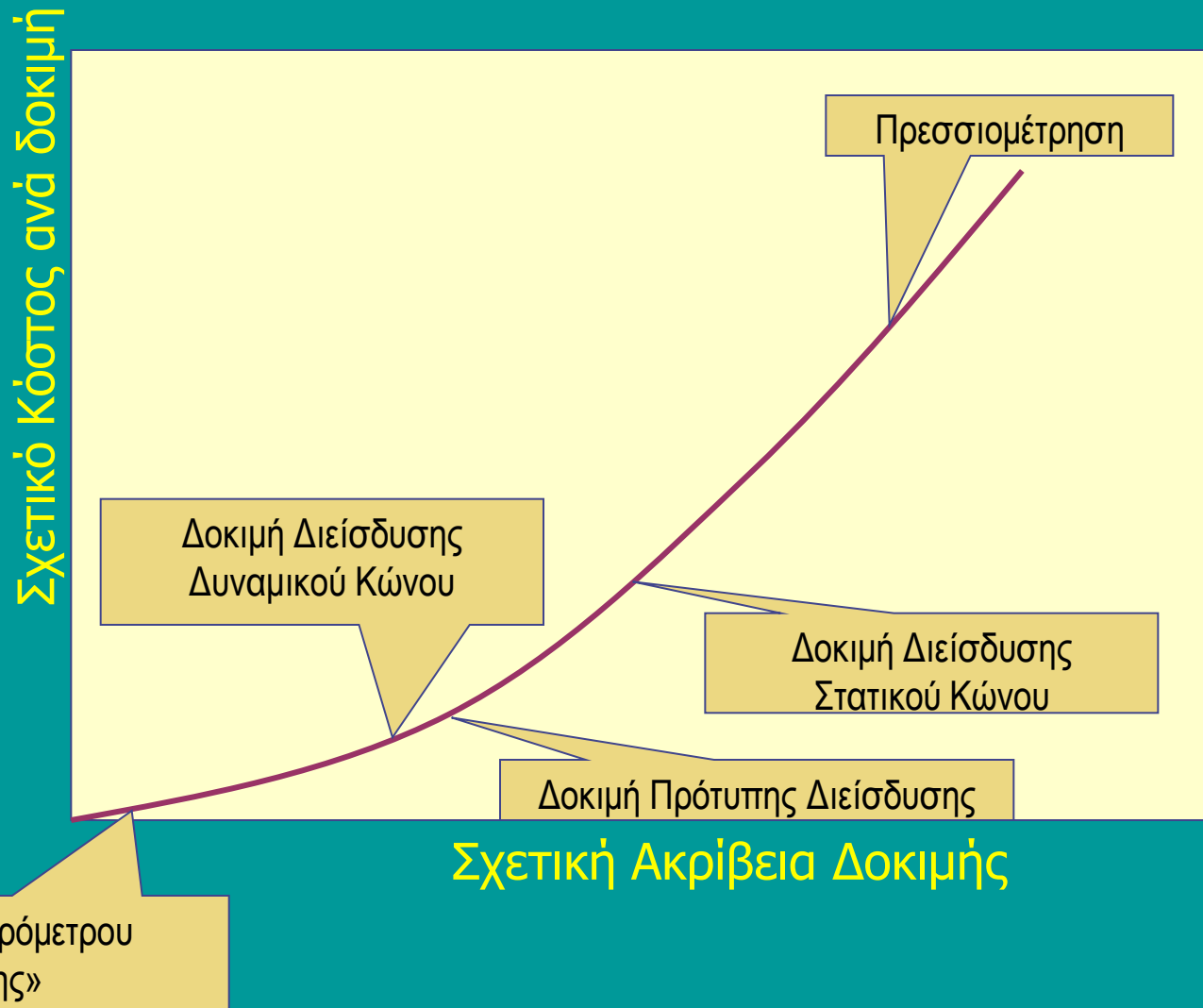
Πολύ χονδρική



Πιέζεται μέσα στην άργιλο, και.....

...δείχνει την αντοχή

Κόστος σε σχέση με την Ακρίβεια



Εάν είχαν πραγματοποιήσει μία κατάλληλη
γεωτεχνική διερεύνηση υπεδάφους...



...ο Πύργος της Πίζας δεν θα έγερνε σήμερα!

