



ΑΣΚΗΣΗ 2-3^η ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ Ι

ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (Maag, Lefranc, Lugeon)

Σε γεωτεχνική γεώτρηση, βάθους 30m, που διανοίχτηκε στα πλαίσια μελέτης για την κατασκευή φράγματος, διατρήθηκαν 17m εδαφικών σχηματισμών και 13m βράχου. Η ανόρυξη πραγματοποιήθηκε με κοπτικά διαμέτρου NW (κατά την Αμερικάνικη τυποποίηση), ενώ για την προχώρηση στους υπερκείμενους εδαφικούς σχηματισμούς χρησιμοποιήθηκαν περιφραγματικοί σωλήνες. Κατά τη διάρκεια ανόρυξης της γεώτρησης πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες δοκιμές υδροπερατότητας:

1. Δοκιμή Lefranc στο βάθος των 7,00m. Η δοκιμή έγινε στην επαφή υδροστεγανού – υδροπερατού σχηματισμού στην κυκλική επιφάνεια του πυθμένα, με σταθερή παροχή νερού 5 l/min και διατήρηση της στάθμης στην επιφάνεια.
2. Δοκιμή Lefranc στο βάθος των 9,00- 10,00m. Η δοκιμή έγινε σε κυλινδρικό θύλακα με σταθερή παροχή νερού 2 l/min και διατήρηση της στάθμης στην επιφάνεια.
3. Δοκιμή Maag στο βάθος των 14,00m. Η δοκιμή έγινε σε σφαιρικό θύλακα διαμέτρου 99mm. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής η στάθμη του νερού κατέβηκε από την επιφάνεια του εδάφους στο βάθος των 1,20m σε χρόνο 15 λεπτών.
4. Δοκιμή Lugeon στο βάθος των 20,00- 23,00m. Η δοκιμή έγινε σε βήματα πίεσης 2, 4, 6, 4 και 2 atm με αντίστοιχες απώλειες νερού σε κάθε βαθμίδα πίεσης 18, 25, 30, 11 και 9 lit, σε χρόνο 10 λεπτών. Σημειώνεται ότι η πιεζομετρική επιφάνεια βρέθηκε στο βάθος των 16,00 m και η κορυφή του αεροφυλάκιο, της διάταξης εκτέλεσης της δοκιμής, είναι 1 m από την επιφάνεια του εδάφους.
5. Δοκιμή Lugeon στο βάθος των 25,00- 29,00m. Η δοκιμή έγινε σε βήματα πίεσης 2, 4, 6, 4 και 2 atm με αντίστοιχες απώλειες νερού σε κάθε βαθμίδα πίεσης 18, 20, 30, 35 και 28 lit, σε χρόνο 10 λεπτών.

Με τη βοήθεια των παραπάνω δεδομένων να προσδιορίσετε το συντελεστή υδροπερατότητας k σε κάθε περίπτωση. Για τις τρεις πρώτες περιπτώσεις να

εξεταστεί πώς μεταβάλλεται η υδροπερατότητα αν θεωρηθεί ότι η πιεζομετρική επιφάνεια βρεθεί σε βάθος 8m. Για τις δύο τελευταίες δοκιμές να κατασκευαστούν τα σχετικά διαγράμματα πιέσεων - απωλειών και αφού περιγράψετε την συμπεριφορά της βραχομάζας, κατά την διάρκεια της δοκιμής, να υπολογίσετε τους συντελεστές υδροπερατότητας k σε όλες τις βαθμίδες φόρτισης.

Πίνακας 1. Οι χρησιμοποιούμενες διάμετροι εξαρτημάτων διάτρησης δειγματοληπτικών/γεωτεχνικών γεωτρήσεων σύμφωνα με την Αμερικάνικης τυποποίησης.

Διάμετρος Κοπτικών Εξ. Διαμ./ Εσ. Διαμ. (mm)	Διάμετρος Περιφραγματικών Εξ. Διαμ./ Εσ. Διαμ. (mm)
	S (146/140)
HW (114,3/101,6)	P (121/115)
NW (89,1/76,4)	H (99/93)
BW (73,2/60,5)	N (76/70)
AW (57,4/48,6)	B (60/54)

Το πάχος των τοιχωμάτων του περιφραγματικού είναι 3mm.

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ – ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

0.1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Η γνώση της διαπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών είναι αναγκαία προκειμένου να αντιμετωπιστούν γεωτεχνικά προβλήματα:

(α) εισροών νερού μέσα σε εκσκαφές (π.χ. σήραγγες, στοές μεταλλείων-ορυχείων, εκσκαφές θεμελιώσεων, ανοικτές εκσκαφές μεταλλείων)

(β) διαρροών κάτω από κατασκευές συγκράτησης νερού (π.χ. φράγματα, λιμνοδεξαμενές, αναχώματα λιμνών, κανάλια, κλπ).

Διαπερατότητα είναι η ιδιότητα των υλικών να επιτρέπουν την κίνηση ενός ρευστού διαμέσου της μάζας τους. Συνεπώς οποιοσδήποτε σχηματισμός επιτρέπει τη διέλευση ρευστού δια μέσου της μάζας του καλείται περατός (permeable), ενώ όταν η κίνηση αυτή μέσα στη μάζα του σχηματισμού είναι πολύ δύσκολη έως αδύνατη, τότε αυτός καλείται αδιαπέρατος (impermeable).

Η εσωτερική ή πραγματική διαπερατότητα (intrinsic permeability) φαίνεται να είναι στενά συνδεδεμένη με το πορώδες των διάφορων εδαφικών ή και βραχωδών σχηματισμών.

Για τους βραχώδεις σχηματισμούς, πέρα από το πρωτογενές πορώδες, η διαπερατότητα συνδέεται και με την παρουσία και άλλων κενών χώρων μέσα στη μάζα τους, όπως για παράδειγμα ρωγμών, διαρρήξεων, καρστικών αγωγών, κλπ, που διαμορφώνουν το δευτερογενές πορώδες ή ρωγμώδες. Τέτοια κενά ενδεχόμενα να μην επηρεάζουν την υδροπερατότητα, αν δεν υπάρχει σύνδεση-επικοινωνία μεταξύ τους, οπότε ο σχηματισμός είναι αδιαπέρατος. Για παράδειγμα αναφέρονται τα κενά που δημιουργεί ο εγκλωβισμός αερίων στη μάζα ενός ηφαιστειακού πετρώματος, τα οποία πολλές φορές δεν επικοινωνούν μεταξύ τους και κατά συνέπεια δεν επηρεάζουν την περατότητα των πετρωμάτων.

Ποιο συγκεκριμένα, η αρχική διαπερατότητα στους πορώδεις σχηματισμούς σχετίζεται με:

- Το πορώδες και τη κοκκομετρική σύσταση, παράμετροι που καθορίζουν της διαστάσεις των πόρων (τριχοειδείς ή μη) αλλά και τη μεταξύ τους επικοινωνία.
- Οι βαθμοί στερεοποίησης και διαγένεσης του πορώδους μέσου, οι οποίου αυξανόμενοι μειώνουν της τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας.
- Δευτερευόντως, η θερμοκρασία του σχηματισμού και του ρευστού, η οποία επηρεάζει το κινηματικό ιξώδες του ρευστού, και ο όγκος των αερίων εγκλεισμάτων, που μειώνουν το πορώδες.

Αναφορικά με τη δευτερογενή διαπερατότητα, αυτή επηρεάζεται από:

- το φυσικό μέγεθος των πόρων, ρωγμών και εγκοίλων που περιέχονται στη βραχώμαζα.
- Το βαθμό διασύνδεσης και επικοινωνίας των όποιων κενών μέσα στη μάζα του πετρώματος (ενεργό πορώδες).

Συνεπώς, στους βραχώδεις σχηματισμούς η διαπερατότητα εξαρτάται κυρίως από το δευτερογενές πορώδες και είναι μόνο έμμεσα συνδεδεμένη με το πρωτογενές πορώδες.

Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα, πέρα από το υλικό μέσο (μέγεθος πόρων, βαθμός σύνδεσης των πόρων κλπ) στην περίπτωση της υδραυλικής αγωγιμότητας υπεισέρχονται και οι ιδιότητες του ρευστού (ιξώδες, πυκνότητα κλπ).

Στην περίπτωση που το κινούμενο ρευστό είναι το νερό, τότε γίνεται αναφορά στην υδραυλική αγωγιμότητα (hydraulic conductivity) ή όπως συνήθως καλείται, στο συντελεστή υδροπερατότητας.

Συνεπώς, θα πρέπει να διακρίνεται η εσωτερική ή πραγματική διαπερατότητα K , η οποία είναι μια ιδιότητα του υλικού μέσου μεταβίβασης του ρευστού και ανεξάρτητη των ιδιοτήτων του ρευστού που "μεταβιβάζεται", από την υδραυλική αγωγιμότητα ή συντελεστή υδροπερατότητας k .

1.Δοκιμές εισπίεσης νερού (Pumping in tests)

Οι δοκιμές εισπίεσης νερού (Pumping in tests), αποτελούν τον καταλληλότερο τρόπο εκτίμησης της υδραυλικής αγωγιμότητας, k , σε επιλεγμένα τμήματα μίας γεώτρησης. Εφαρμόζονται σε γεωτεχνικές γεωτρήσεις και αποτελούν τον μόνο τρόπο επιτόπου υπολογισμού της υδραυλικής αγωγιμότητας, κυρίως για το τμήμα του υπεδάφους που βρίσκεται πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα, δηλαδή στην ακόρεστη ζώνη.

Οι δοκιμές εισπίεσης χαρακτηρίζονται από την ταχύτητα εκτέλεσής τους, τη δυνατότητα συχνής επανάληψης αυτών κατά τη διάρκεια της διάτρησης, αλλά και για την καλή αξιοπιστία των αποτελεσμάτων τους.

Η υδραυλική αγωγιμότητα ακόμα και σε ένα ομοιόμορφο σχηματισμό μεταβάλλεται χωρικά, ενώ, η παρουσία στρωσιγένειας υποδηλώνει συνήθως διαφορετική περατότητα κατά την οριζόντια και την κατακόρυφο. Εν τούτοις, καθώς δεν υπάρχει ικανοποιητική επιτόπου μέθοδος διαφοροποίησης της οριζόντιας από την

κατακόρυφη διαπερατότητα, οι τιμές που λαμβάνονται στην ύπαιθρο θεωρούνται αντιπροσωπευτικές του συνόλου του εδαφικού στρώματος.

Κατά τις επιτόπου δοκιμές εισπίεσης, είτε εισάγεται μέσα στη δειγματοληπτική γεώτρηση ποσότητα νερού και μετράται το επιβαλλόμενο φορτίο κάτω από δεδομένη πίεση, είτε η στάθμη του νερού ανυψώνεται και καταγράφεται ο ρυθμός με τον οποίο επανέρχεται στην αρχική της θέση. Στην πρώτη περίπτωση πρόκειται για δοκιμές σταθερού φορτίου (Constant head test), ενώ στη δεύτερη για δοκιμές μεταβλητού φορτίου (Falling head test).

1.1. ΔΟΚΙΜΗ MAAG (ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ, ΓΙΑ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΙΚΑ ΥΛΙΚΑ)

Η απλούστερη μέθοδος προσδιορισμού του συντελεστή υδροπερατότητας είναι η δοκιμή Maag, που χρησιμοποιείται στην περίπτωση λεπτόκοκκων εδαφικών υλικών, δηλαδή υλικών με χαμηλή υδροπερατότητα.

Σύμφωνα με τη δοκιμή αυτή, παροχετεύεται νερό στη γεώτρηση και μετριέται ο χρόνος που χρειάζεται για να κατέβει η νέα στάθμη που δημιουργήθηκε σε μια πιο χαμηλή θέση. Αν το πρόσθετο υδραυλικό φορτίο σε σχέση με την υδροστατική στάθμη του υδροφόρου είναι σε ένα ύψος περισσότερο από 2 μέτρα, οι μετρήσεις χρόνου - στάθμης γίνονται κάθε φορά που η στάθμη πέφτει περίπου 10 εκατοστά. Αν το φορτίο είναι σε ύψος λιγότερο από ένα μέτρο, οι αναγνώσεις της πτώσεως της στάθμης θα γίνονται κάθε 1, 2 ή και 5cm. Οι μετρήσεις συνεχίζονται μέχρι το πρόσθετο υδραυλικό φορτίο να μειωθεί κατά 20%.

Γενικά ο συντελεστής k υπολογίζεται με βάση το τύπο:

$$k = \frac{A}{ct} \ln \frac{h_1}{h_2}, \quad \text{Όπου:}$$

A = το εμβαδό της διατομής του δοκιμαζόμενου τμήματος (πr^2 σε cm^2),

c = συντελεστής που εξαρτάται από τη γεωμετρία του δοκιμαζόμενου τμήματος

t = η χρονική διάρκεια του βήματος πτώσης της στάθμης (σε sec),

h_1 = το αρχικό ύψος της στάθμης πάνω από το επίπεδο αναφοράς (σε cm),

h_2 = το τελικό ύψος της στάθμης πάνω από το επίπεδο αναφοράς (σε cm).

Σαν επίπεδο αναφοράς λαμβάνεται το μέσο του δοκιμαζόμενου τμήματος, όταν η δοκιμή εκτελείται σε ξερό περιβάλλον ή η υδροστατική στάθμη, όταν η δοκιμή γίνεται κάτω από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα.

Αναφορικά με το συντελεστή c αυτός μπορεί να λάβει διάφορες τιμές ανάλογα με τη γεωμετρία του δοκιμαζόμενου τμήματος, όπως:

$c = 4\pi r$ για σφαιρικού σχήματος δοκιμαζόμενο τμήμα, ακτίνας r ,

$c = 2,75d$ όταν το δοκιμαζόμενο τμήμα είναι η κυκλική επιφάνεια του πυθμένα της γεώτρησης, με d την εσωτερική διάμετρο της προσωρινής σωλήνωσης στο βάθος της δοκιμής (Σχήμα 1α).,

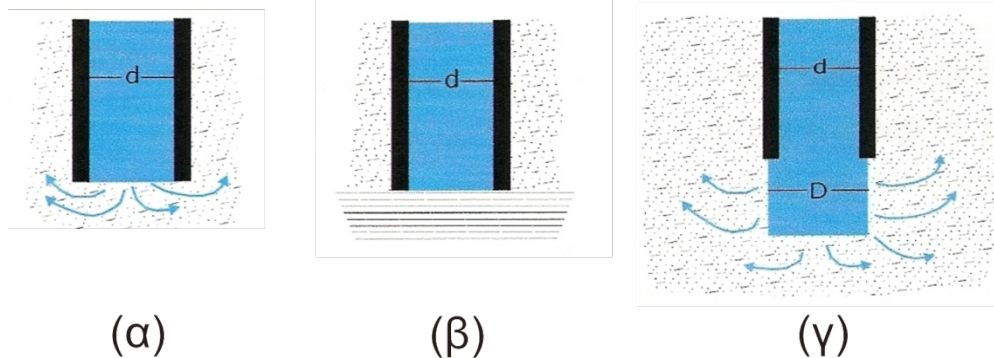
$c = 2d$ όταν η δοκιμή γίνεται στην επαφή υδροστεγανού – υδροπερατού σχηματισμού (Σχήμα 1β),

$$c = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{2L}{D}\right)} \text{ όταν το δοκιμαζόμενο τμήμα είναι διαμέτρου } D \text{ και μήκους } L \text{ με}$$

σχέση $L \geq 5D$ (Σχήμα 1γ), και τέλος,

$$c = \frac{2\pi L}{\sinh^{-1}\left(\frac{L}{D}\right)} \text{ όταν το δοκιμαζόμενο τμήμα είναι διαμέτρου } D \text{ και μήκους } L \text{ με}$$

σχέση $5D > L > D/2$ (Σχήμα 1γ).



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση των διαφόρων μορφών που μπορεί να έχει ο δοκιμαζόμενος θύλακας.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και προκειμένου για δοκιμαζόμενο τμήμα με μήκους πενταπλάσιου ή και μεγαλύτερο της διαμέτρου του ($L \geq 5D$), ο υπολογισμός μπορεί να γίνει βάσει του παρακάτω τύπου:

$$k = \frac{A \times \ln\left(\frac{2L}{D}\right) \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{2\pi \times L \times t}$$

όπου k = συντελεστής υδροπερατότητας (σε cm/sec)

D = εξωτερική διάμετρος σωλήνα (σε cm)

L = μήκος δοκιμαζόμενου τμήματος (σε cm)

t = η χρονική διάρκεια του βήματος πτώσης της στάθμης (σε sec)

h_1 = το αρχικό ύψος της στάθμης πάνω από το επίπεδο αναφοράς (σε cm),

h_2 = το τελικό ύψος της στάθμης πάνω από το επίπεδο αναφοράς (σε cm).

1.2. ΔΟΚΙΜΗ LEFRANC (ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ, ΓΙΑ ΑΔΡΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΙΚΑ ΥΛΙΚΑ)

Η δοκιμή Lefranc εφαρμόζεται στην περίπτωση αδρόκοκκων εδαφικών υλικών, δηλαδή υλικών με αυξημένη υδροπερατότητα. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, με τη βοήθεια αντλίας νερό, διοχετεύεται στη γεώτρηση ελεγχόμενη ποσότητα νερού έτσι ώστε να διατηρείται η στάθμη σε επιθυμητό ύψος. Κατά την διάρκεια της δοκιμής μετρίεται η παροχή ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. 1min) και για προδιαγεγραμμένο χρονικό διάστημα (π.χ. 10-20min). Γενικά ο υπολογισμός του συντελεστή υδροπερατότητας εξαρτάται από τη μορφή του δοκιμαζόμενου τμήματος αλλά και την θέση του σε σχέση με την στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Ο συντελεστής υδροπερατότητας, k , υπολογίζεται με βάση το γενικό τύπο:

$$k = \frac{Q}{ch},$$

όπου:

Q = η παροχή του νερού σε cm^3/sec ,

c = συντελεστής σχετιζόμενος με τη γεωμετρία του δοκιμαζόμενου τμήματος, ακριβώς όπως αναφέρθηκε στη δοκιμή Maag,

h = το ύψος της φορτίζουσας στήλης, σε cm.

Μια εφαρμόσιμη μορφή του τύπου αυτού για τη συνήθη περίπτωση όπου το δοκιμαζόμενο τμήμα είναι κυλινδρικό διαμέτρου D και μήκους L με σχέση $L \geq 5D$, είναι η ακόλουθη:

$$k = \frac{Q}{2\pi \times L \times h \times \ln 2L/D},$$

όπου

k = συντελεστής υδροπερατότητας σε cm/sec

Q = παροχή (cm^3/min)

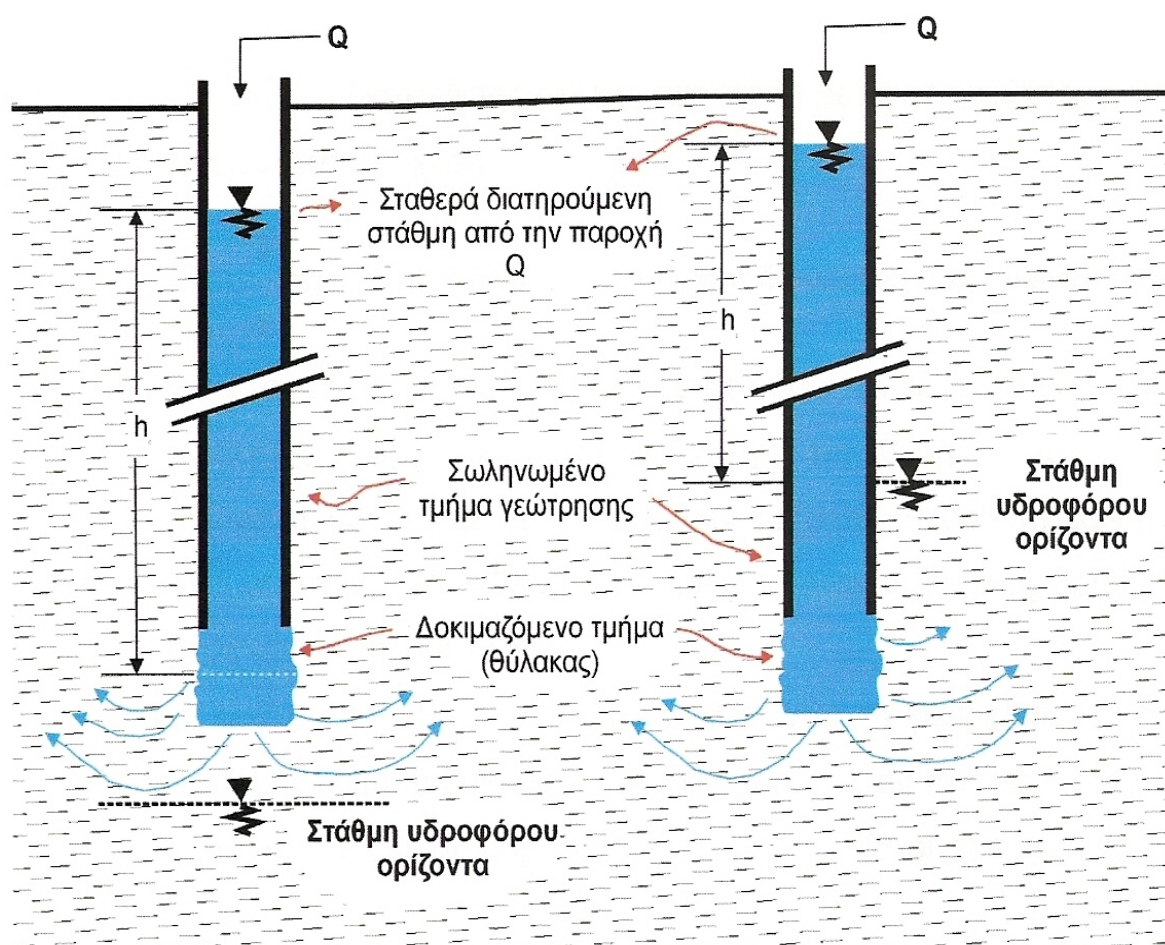
L = μήκος δοκιμαζόμενου τμήματος (cm)

h = πρόσθετο υδραυλικό φορτίο (cm)

D = διάμετρος δοκιμαζόμενου τμήματος (cm).

Όπως και στην δοκιμή Maag, σαν επίπεδο αναφοράς λαμβάνεται το μέσο του δοκιμαζόμενου τμήματος, όταν η δοκιμή εκτελείται σε ξερό περιβάλλον, ή η υδροστατική στάθμη, όταν η δοκιμή γίνεται κάτω από τη στάθμη του υδροφόρου

ορίζοντα (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Σχηματική απεικόνιση γεωτεχνικής γεώτρησης στην οποία εκτελείται δοκιμή Lefrank. Παρουσιάζονται τα διαφορετικά επίπεδα αναφοράς ανάλογα με τη στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

1.3. ΔΟΚΙΜΗ LUGEON (ΓΙΑ ΒΡΑΧΩΔΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥΣ)

Για τους βραχώδεις σχηματισμούς χρησιμοποιούνται οι δοκιμές παρεμβυσμάτων (Packer tests). Πρόκειται για τις δοκιμές που είναι γνωστές με το όνομα Lugeon tests, από το όνομα Ελβετού γεωλόγου ερευνητή.

Στη δοκιμή Lugeon το δοκιμαζόμενο τμήμα συνήθως έχει μήκος 3-5m και εκτείνεται έως το πυθμένα της γεώτρησης. Το δοκιμαζόμενο τμήμα απομονώνεται από πάνω με κατάλληλο παρέμβυσμα (packer) το οποίο διογκούμενο με ειδική τεχνική, εφάπτεται ερμητικά με τα τοιχώματα της γεώτρησης. Με την διαδικασία αυτή κατά τη διάρκεια της δοκιμής δεν επιτρέπεται διαφυγή νερού μέσα από την στήλη της γεώτρησης. Μετά την απομόνωση, εισπνέζεται νερό από την επιφάνεια του εδάφους με τη βοήθεια αντλίας.

Η δοκιμή εκτελείται με την εφαρμογή πίεσης κατά βαθμίδες. Ένα μανόμετρο, ένας υδρομετρητής και μία βαλβίδα ανακούφισης, προσαρμοσμένα σε κατάλληλο αεριοφυλάκιο (πιεστικό καζανάκι), επιτρέπουν την μέτρηση της ποσότητας νερού που απορροφήθηκε, για κάθε βαθμίδα πίεσης. Κάθε βαθμίδα πίεσης διαρκεί 5 ή καλύτερα 10min και η ποσότητα του νερού που απορροφάται από την βραχομάζα μετριέται με την χρήση του υδρομετρητή. Η δοκιμή γίνεται με την εφαρμογή κατάλληλα επιλεγμένων πιέσεων προσαρμοσμένων στις πιέσεις λειτουργίας του κάθε τεχνικού έργου. Η μέγιστη πίεση προσεγγίζεται με βαθμίδες σταδιακά αυξανόμενης πίεσης και μετά την επίτευξή της οι βαθμίδες επαναλαμβάνονται με ανάστροφη φορά, μέχρι την πλήρη αποτόνωση του δοκιμαζόμενου θύλακα (π.χ. 1-2-4-6-4-2-1 Atm).

Η πραγματική πίεση που εφαρμόζεται στο δοκιμαζόμενο τμήμα ισούται με το άθροισμα της μανομετρικής πίεσης και της υδροστατικής πίεσης του νερού που πληρώνει την κατιούσα στήλη των στελεχών του γεωτρύπανου. Σαν παράδειγμα αναφέρεται ότι δοκιμή που εκτελείται σε βάθος 10m ασκεί στον δοκιμαζόμενο τμήμα μια ατμόσφαιρα 1Atm επιπρόσθετης πίεσης λόγω της στήλης νερού ύψους 10 m που πληρώνει τα στελέχη από την επιφάνεια του εδάφους έως το μέσο του δοκιμαζόμενου τμήματος. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της δοκιμής, οι απώλειες πίεσης λόγω τριβών κατά την κίνηση του νερού μέσα στο δίκτυο των σωλήνων της διάταξης πρέπει να αφαιρούνται από της τελικές πιέσεις.. Όμως, επειδή οι απώλειες αυτές είναι συνήθως πολύ μικρές και δύσκολο να μετρηθούν δεν λαμβάνονται υπόψη.

Η δοκιμή μπορεί να εκτελεστεί και σε ανιόντα βήματα μέσα σε γεώτρηση που έχει ήδη ανορυχθεί, με τη βοήθεια διπλών παρεμβυσμάτων (Packers). Για την εξάλειψη προβλημάτων απωλειών νερού λόγω παράκαμψης των παρεμβυσμάτων σε πολύ κερματισμένα πετρώματα, χρησιμοποιούνται συστήματα πολλαπλών παρεμβυσμάτων ή και συστήματα παρεμβυσμάτων μεγάλου μήκους που διογκώνονται με την χρήση πεπιεσμένου αέρα.

Κατά την εφαρμογή των συγκεκριμένων δοκιμών οι μετρήσεις της υδροπερατότητας γίνονται σε μονάδες Lugeon. ***Μια μονάδα Lugeon, είναι η υδροπερατότητα που έχει μια βραχώδης μάζα κάτω από πίεση 10Atm (φορτίο 100m πάνω από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα), όταν ένα (1) m γεώτρησης διαμέτρου NX (76mm) σε αυτή τη βραχομάζα επιτρέπει απώλειες ενός (1) λίτρου νερού ανά λεπτό.***

Για πρακτικούς λόγους εφαρμογής έχει καθιερωθεί ένας παράγοντας μετατροπής των μονάδων Lugeon σε τιμές συντελεστή k που εξισώνει **ένα (1) Lugeon με 10^{-5} cm/sec (10^{-7} m/sec).**

Γενικά, έχουν διαμορφωθεί διάφοροι τύποι υπολογισμού του συντελεστή

υδροπερατότητας, k , με την χρήση των δοκιμών εισπίεσης. Ο τύπος που ακολουθεί είναι ο πλέον διαδεδομένος:

$$k(\text{cm/sec}) = \frac{Q}{2\pi LP} \times \ln \frac{2L}{D}, \quad \text{για } L \geq 5D$$

Όπου:

Q = οι απώλειες (σε cm^3/sec ή lit/min),

L = το μήκος του εισπιεζόμενου τμήματος (σε cm),

P = η πραγματική ασκούμενη πίεση της δοκιμής σε cm στήλης νερού, (10m στήλης νερού = 1atm),

D = η διάμετρος του δοκιμαζόμενου τμήματος (σε cm).

Τύποι σαν τον προαναφερόμενο χρησιμοποιούνται κυρίως για πορώδη πετρώματα ή για πετρώματα με πολύ πυκνό δίκτυο λεπτών ρωγμών. Όμως στην πράξη το έντονα διερρηγμένο πέτρωμα εξομοιώνεται με έδαφος αυξημένης περατότητας οπότε ο τύπος εφαρμόζεται κανονικά.

Οι μονάδες Lugeon ή και οι τιμές του συντελεστή υδροπερατότητας, k , που προκύπτουν από αυτές τις δοκιμές, αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην εκτίμηση των διαρροών της βραχομάζας κάτω από ένα τεχνικό έργο (π.χ. φράγμα) και κατ' επέκταση στον καθορισμό των μεθόδων περιορισμού των διαφυγών.

Αναλυτικότερα, επικρατεί η άποψη (Lugeon, 1932) ότι:

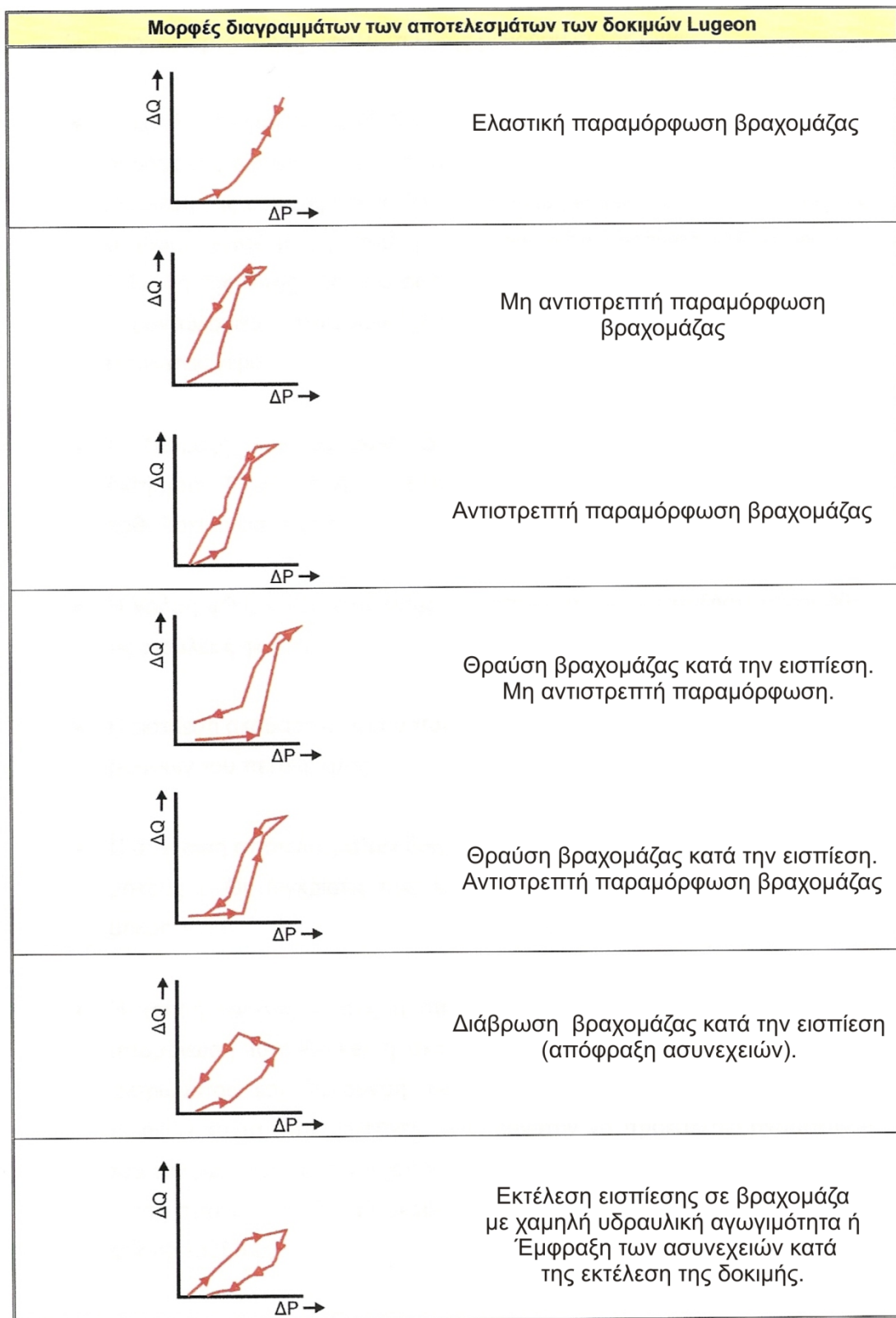
- Για φράγματα πάνω από 30m ύψος η βραχομάζα θεμελίωσης θεωρείται στεγανή αν οι απώλειες είναι μικρότερες των 1-2 μονάδων Lugeon (U.L.).
- Για φράγματα μέχρι ύψους 30m το αντίστοιχο αποδεκτό όριο είναι 3 U.L.
- Για πολύ μικρά φράγματα το όριο των 3U.L. πιστεύεται ότι είναι υπερβολικό. Στην περίπτωση αυτή πρέπει οι μέγιστες πιέσεις της δοκιμής να περιορίζονται οπωσδήποτε κάτω από τις 10 Atm (Μαρίνος, 1969, Antoine-Barbier, 1973).

Επιπλέον οι δοκιμές Lugeon μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τον καθορισμό της κατάστασης του κερματισμού μιας βραχομάζας αλλά και για την μελέτη της συμπεριφοράς αυτής σε καθεστώς υψηλής υδροστατικής πίεσης. Δηλαδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι υψηλές πιέσεις που πρόκειται να εφαρμοστούν στην βραχομάζα κατά τη λειτουργία ενός τεχνικού έργου (π.χ. φράγματα, λιμνοδεξαμενές, κλπ) είναι δυνατόν να προκαλέσουν ελαστικές ή πλαστικές παραμορφώσεις, θραύσεις ή ακόμα και απόφραξη των ασυνεχειών από το λεπτομερές υλικό πλήρωσής τους (Σχήματα 3).

Πίνακας 1. Κατηγορίες υδροπερατότητας με βάση το συντελεστή k (Bulletin of

IAEG, No19, pp364-371, 1979).

KATHΓΟΡΙΑ	cm/sec			m/sec		
Πολύ Υψηλής Υδροπερατότητας	> 1	-		$> 10^{-2}$	-	
Υψηλής Υδροπερατότητας	1	-	10^{-2}	10^{-2}	-	10^{-4}
Μέσης Υδροπερατότητας	10^{-2}	-	10^{-3}	10^{-4}	-	10^{-5}
Χαμηλής Υδροπερατότητας	10^{-3}	-	10^{-5}	10^{-5}	-	10^{-7}
Πολύ Χαμηλής Υδροπερατότητας	10^{-5}	-	10^{-7}	10^{-7}	-	10^{-9}
Πρακτικά Αδιαπέρατος	$< 10^{-7}$	-		$< 10^{-9}$	-	



Σχήμα 3. Παραδείγματα γραφικών παραστάσεων ΔQ - ΔP και η σχετική ερμηνεία τους αναφορικά με την συμπεριφορά της βραχομάζας σε υψηλές υδροστατικές πιέσεις.