



ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΤΟΜΕΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Με θέμα: Προσδιορισμός συντελεστή διαπερατότητας φίλτρων για αξιοποίηση σε υδρομαστεύσεις.

ΑΜΑΝΑΤΙΔΗΣ ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ

A.M 2010/0037

ΜΑΝΟΣ ΑΝΕΣΤΗΣ

A.M 2010/

ΤΕΡΛΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

A.M 2010/

-Θεσσαλονίκη 2014-

Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων Καθηγητής : Σαμαράς Γρηγόριος

Μέλη:

1. Πεγλιβανίδης Γεώργιος
2. Σβωλόπουλος Ιωάννης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στους ανθρώπους, που χωρίς τη καθοριστική συμβολή τους, καθώς και την εμπιστοσύνη τους, και την βοήθεια τους δεν θα ήταν δυνατή η επιτυχής ολοκλήρωση της.

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε:

Τον επιβλέποντα κ. Σαμαράς Γρηγόριος για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε σε όλη την διάρκεια της πειραματικής εργασίας, για τη συνεχή και πολύτιμη συνεργασία, για τις γνώσεις που μας προσέφερε καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές και υποστήριξη.

Τον καθηγητή κ. Πεχλιβανίδη Γεώργιο για την συνεργασία, βοήθεια και επιστημονική του εμπειρία. Η καθοδήγηση, οι συμβουλές του η εποικοδομητική κριτική του, καθώς και η εμπειρία του υπήρξαν πολύτιμες σε όλη την διάρκεια της εργασίας.

Τον καθηγητή κ. Σβωλόπουλο Ιωάννη μέλος τις επιτροπής για τις χρήσιμες υποδείξεις του κατά την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ – ΣΚΟΠΟΣ.....	
1.2 ΟΡΙΣΜΟΙ	
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	
2.1 ΡΟΗ ΣΕ ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΩ.....	
2.2 ΝΟΜΟΣ DARCY – ΠΕΡΙΟΧΗ ΙΣΧΥΟΣ	
2.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ (ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K (ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ)	
2.4 ΡΟΗ ΕΚΤΟΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΙΣΧΥΟΣ DARCY	
3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ	
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	
3.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	
3.3 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΥΛΙΚΩΝ.....	
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	
4.1 ΥΛΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ.....	
4.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ.....	
4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ.....	
4.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	
4.5 ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ.....	
4.6 ΠΡΟΣΣΕΓΓΙΣΗΣ ΣΧΕΣΗΣ $\alpha=a(D)$ $b=b(D)$	
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	
6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΝΕΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Τιμές K (Συντελεστής σχετικής διαπερατότητας) για διάφορα είδη εδαφών.

Πίνακας 3.1. Διάμετρος υλικού βάση κόσκινου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1. Γράφημα γραμμικών απωλειών f , σαν συνάρτηση του αριθμού Reynolds...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1. Εικόνα 3.1. Πειραματική συσκευή εργαστηρίου.

Εικόνα 3.1.2. Σχάρα συγκράτησης πειραματικού υλικού.

Εικόνα 3.1.2. Σχάρα συγκράτησης πειραματικού υλικού.

Εικόνα 3.1.3. Δοχείου διήθησης νερού από τον αγωγό.

Εικόνα 6.1. Απεικονίζει πειραματικής συσκευής κατόπιν μετατροπής.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο – Σκοπός

Αντικείμενο στην παρούσα εργασία είναι η διερεύνηση και η αξιολόγηση εργαστηριακών μεθόδων προσδιορισμού του συντελεστή διαπερατότητας φίλτρων για αξιοποίηση σε υδρομαστεύσεις.

Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δείγματα κόκκων με διάφορη ποσοστιαία αναλογία, τα οποία πέρασαν από διάφορα κόσκινα και διαχωρίστηκαν ανάλογα με την διάμετρο τους.

Η εργασία αναπτύσσεται σε 4 κεφάλαια στα όποια διαπραγματεύονται τα παρακάτω ζητήματα :

Στο κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

Στην συνέχεια, στο κεφάλαιο 2 : Θεωρητικό υπόβαθρο

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται αναφορά : Για την πειραματική συσκευή

Ακόμη στον κεφάλαιο 4 αναφερόμαστε : Στην πειραματική διαδικασία

Στο κεφάλαιο 5 καταχωρήσαμε : Συμπεράσματα και παρατηρήσεις

Τέλος στο κεφάλαιο 6 : Προτάσεις για συνέχιση της έρευνας

1.2 Ορισμοί

Διαπερατότητα :

Διαπερατότητα είναι η ιδιότητα ενός σώματος να διαπερνάται από το νερό. Διαπερατά πετρώματα θεωρούνται αυτά που επιτρέπουν την διέλευση του νερού μέσα από τους πόρους ή τις ρωγμές τους. Για να μπορεί να θεωρηθεί ένα πέτρωμα διαπερατό, θα πρέπει οι ρωγμές και οι πόροι του είτε να επικοινωνούν είτε να διαθέτουν ένα ορισμένο μέγεθος .

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Ροή σε πορώδες μέσω

Πορώδες

Ορισμός: Για ένα δείγμα εδάφους όγκου V και με όγκο κενών V_n , σαν πορώδες χαρακτηρίζεται ο λόγος.

$$n = \frac{V_n}{V}$$

Η διέλευση ενός ρευστού μέσα από ένα στρώμα κοκκώδους υλικού γίνεται με κάποια δυσκολία μια και το στρώμα προβάλλει αντίσταση στην ομαλή ροή και στην διέλευση του ρευστού. Η αντίσταση αυτή εξαρτάται από το πάχος του στρώματος, τον τρόπο διευθέτησης του υλικού και το μέγεθος των κόκκων αυτού, γιατί από αυτό καθορίζεται το μέγεθος των διακένων μεταξύ των κόκκων, από τα οποία είναι αναγκασμένο να περάσει το ρευστό. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος των κόκκων, τόσο μεγαλύτερα τα διάκενα και επομένως μικρότερη η αντίσταση που προβάλλεται στην διέλευση του ρευστού. Η αντίσταση προβάλλεται στην διέλευση του ρευστού εκδηλώνεται με την διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο όψεων του στρώματος.

Η ροή ρευστών μέσα από πορώδη στρώματα λεπτόκοκκων υλικών περιγράφεται από διάφορες εμπειρικές εξισώσεις. Έτσι σε περιοχές ροή διαπερατότητας, όπου η μέση διαδρομή των μορίων του ρευστού είναι πολύ μικρότερη της διαμέτρου των πόρων και σε περιπτώσεις όπου η αντίσταση πίεσης ΔP είναι μικρή τότε είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε την παρακάτω εξίσωση για συμπίεστα και ασυμπίεστα ρευστά:

$$\Delta P = \frac{2f_m \rho Q^2 L (1-\varepsilon)^{3-n}}{D_p A^2 \varepsilon^3 \phi^{3-n}}$$

Τα f_m και n δίνονται από γράφημα Σχήμα 1, για διάφορους αριθμούς Re, ρ . Ο αριθμός Re, ρ ορίζεται από τη σχέση:

$$Re, \rho = \frac{D_p V_o \rho}{\mu} = \frac{D_p Q \rho}{\mu A}$$

Όπου :

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \text{ και } Q = V_o \quad A$$

Η σφαιρικότητα Φ , ορίζεται ως ο λόγος της επιφάνειας S σφαίρας διαμέτρου D_p και όγκου ίσο με τον όγκο του σωματιδίου u_p , προς την επιφάνεια του σωματιδίου S_p .

$$\Phi = \frac{S}{S_p} = \frac{\pi D_p^2}{S_p} = \frac{(36 \pi U_p^2)^{1/3}}{S_p}$$

2.2 Περιοχή ισχύος του Νόμου Darcy.

Ο νόμος του Darcy εκφράζει μακροσκοπικά τις εξισώσεις Navier – Stokes με την βασική προϋπόθεση ότι η ροή είναι στρωτή και ως εκ τούτου οι αδρανειακοί όροι μπορούν να αμεληθούν. Εξάλλου η γραμμική συσχέτιση της ταχύτητας και της κλίσης της γραμμής ενέργειας (και της πιεζομετρικής γραμμής) είναι χαρακτηριστικό της στρωτής ροής.

Έστω ότι έχουμε ένα σωλήνα d γεμάτο πορώδες υλικό όπως π.χ. άμμο. Όταν η ροή είναι στρωτή τότε ο συντελεστής τριβών είναι αντιστρόφως ανάλογος του αριθμού Reynolds \Re

$$F \propto \frac{1}{\Re} ; \Re = \frac{ud}{\nu}$$

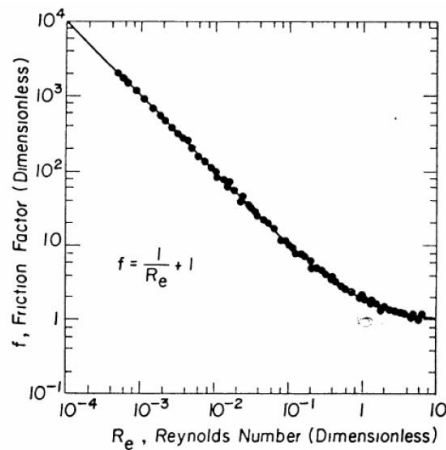
Τότε η κλίση των γραμμικών απωλειών (κατά Darcy – Weisbach) είναι

$$J = \frac{f u^2}{d 2g} \propto \frac{1}{Rd} \frac{u^2}{2g} = \frac{\nu}{ud^2} \frac{u^2}{2g} = \frac{\nu}{d^2} \frac{u}{2g} \propto u.$$

Όμως από το Νόμο του Darcy

$$u = -K \frac{dh}{dx} = -KJ \Rightarrow J = -\frac{u}{K}$$

Που είναι σχέση ανάλογη με την παραπάνω. Εάν τώρα κατασκευάσουμε το διάγραμμα γραμμικών απωλειών f , σαν συνάρτηση του \Re , (μεταβάλλοντας την παροχή) καταλήγουμε στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 1.1 : Γράφημα γραμμικών απωλειών f , σαν συνάρτηση του αριθμού Reynolds.

Ο νόμος του Darcy όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα είναι εξαιρετικά ακριβής για $Re < 0.02$ και αποδεκτός για $Re < 0.1$. Βέβαια, τα όρια ισχύος του εξαρτώνται από τον ορισμό της χαρακτηριστικής κλίμακας μήκους που θα χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό του \mathfrak{R} και την ταχύτητα διήθησης. Για παράδειγμα εάν ορίσουμε σαν d τη μέση διάμετρο των κόκκων του πορώδους υλικού και u_e τη μέση φαινομενική ταχύτητα (διήθησης), τότε

$$\mathfrak{R} = \frac{u_e d_{10}}{\nu}$$

Όπου ν είναι το κινηματικό ιξώδες του ρευστού, u_e η ταχύτητα διήθησεως και d_{10} μία χαρακτηριστική διάμετρος κόκκων. Βασικό κριτήριο για στρωτή ροή είναι ο παραπάνω αριθμός του Reynolds να είναι μικρός.

Συγκεκριμένα:

- Η κρίσιμη τιμή του \mathfrak{R} για την οποία έχουμε μετάβαση από στρωτή σε τυρβώδη ροή είναι μεταξύ 1 και 12.
- Ικανοποιητικά μπορούμε να θεωρήσουμε ότι για στρωτή ροή $\mathfrak{R} < 1$.
- Στο εξής, θα θεωρήσουμε στρωτή ροή για

$$\mathfrak{R} = \frac{u d_{10}}{\nu} < 1$$

- Για μεγαλύτερους αριθμούς \Re και η μετάβαση σε τυρβώδη ροή δεν ισχύει ο Darcy αλλά κάποιος πιθανά τετραγωνικός νόμος όπως

$$J = au = bu^n \text{ όπου } n = 1 \text{ έως } 2$$

$$J = - \frac{dh}{dl}$$

2.3 Συντελεστής (σχετικής) διαπερατότητας K (υδραυλική αγωγιμότητα).

Ο συντελεστής σχετικής διαπερατότητας K , αποδείχθηκε πειραματικά ότι δεν είναι μέγεθος που εξαρτάται αποκλειστικά μόνο από τα χαρακτηριστικά του πορώδους υλικού, αλλά και από τα χαρακτηριστικά του ρευστού, που κινείται στο πορώδες υλικό. Αποδείχθηκε ότι ο συντελεστής σχετικής διαπερατότητας είναι αντιστρόφως ανάλογος του κινηματικού ιξώδους ν του ρευστού.

Ως συντελεστή (σχετικής) διαπερατότητας K ορίζουμε :

$$K = k \frac{g}{\nu}$$

Όπου k είναι ο συντελεστής γεωμετρικής διαπερατότητας. Σημειώνουμε ότι

- Ο συντελεστής σχετικής διαπερατότητας K είναι συνάρτηση του μεγέθους και σχήματος των κόκκων, του μεγέθους και σχήματος των διάκενων και των ιδιοτήτων του υγρού ρ και μ .
- Έχουν γίνει προσπάθειες συσχετισμού του K και της γεωμετρίας των κόκκων χωρίς ιδιαίτερη όμως επιτυχία.
- Για σταθερή θερμοκρασία και δεδομένη δομή εδαφικού υλικού ο συντελεστής K παραμένει σταθερός.
- Ο συντελεστής K μετριέται με τα διαπερατόμετρα οι οποίες είναι συσκευές σαν αυτή του Darcy.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές του K για τα διάφορα είδη εδαφών:

Έδαφος	K (m/sec)
Άργιλος	$<10^{-9}$
Αμμώδης άργιλος	$10^{-9} : 10^{-8}$
Ανθρακούχος άργιλος	$10^{-9} : 10^{-7}$
ΐλύς	$10^{-8} : 10^{-7}$
Εξαιρετικά λεπτόκοκκη άμμος	$10^{-6} : 10^{-5}$
Λεπτόκοκκη άμμος	$10^{-5} : 10^{-4}$
Χονδόκοκκη άμμος	$10^{-4} : 10^{-3}$
Άμμος με χαλίκι	$10^{-3} : 10^{-2}$
Λεπτόκοκκα χαλίκια	$>10^{-2}$

Πίνακας 2.1. Τιμές K για διάφορα είδη εδαφών.

2.4 Ροή εκτός περιοχές ισχύος Darcy.

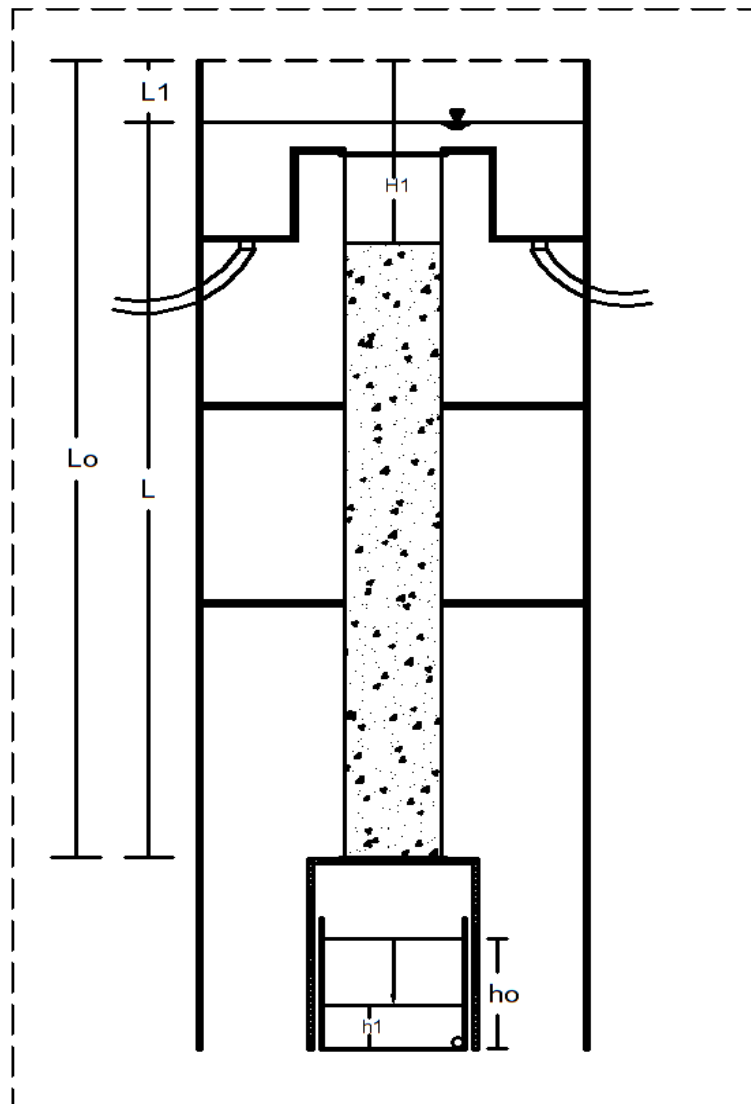
Ο νόμος Darcy, σαν εμπειρικός νόμος δεν έχει απεριόριστα όρια εφαρμογής. Δεν ισχύει, όταν ο αριθμός Reynolds παίρνει τιμές μεγαλύτερες από μία κρίσιμη τιμή. Εντούτοις δεν ισχύει για πού μεγάλες υδραυλικές βαθμίδες σε χονδρόκοκκα εδάφη όπου η ροή από στρωτή γίνεται τυρβώδης. Δεν ισχύει όταν εφαρμόζονται πάρα πολύ μικρές υδραυλικές βαθμίδες σε αργιλικά κυρίως υλικά.

Ακόμη όταν ο αριθμός Reynolds είναι μεγαλύτερος από 1, δεν ισχύει ο νόμος του Darcy. Δίνονται διάφορες άλλες κρίσιμες τιμές μεγαλύτερες της μονάδας και μικρότερες του 10.

Συγκεκριμένα ο Νόμος του Darcy δεν ισχύει:

- Όταν συσχετίζει την ταχύτητα διήθησης με άλλα υδραυλικά στοιχεία.
- Όταν δεν θεωρεί μέση τιμή της u_e , παρά την υδροδυναμική της τιμή.
- Όταν δεν έχει συγκεκριμένη κατεύθυνση, την κατεύθυνση του σωλήνα.

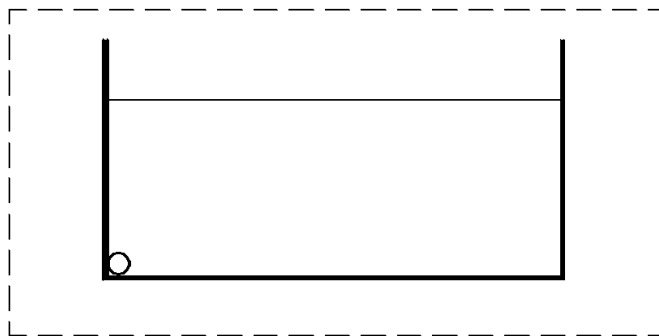
3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ



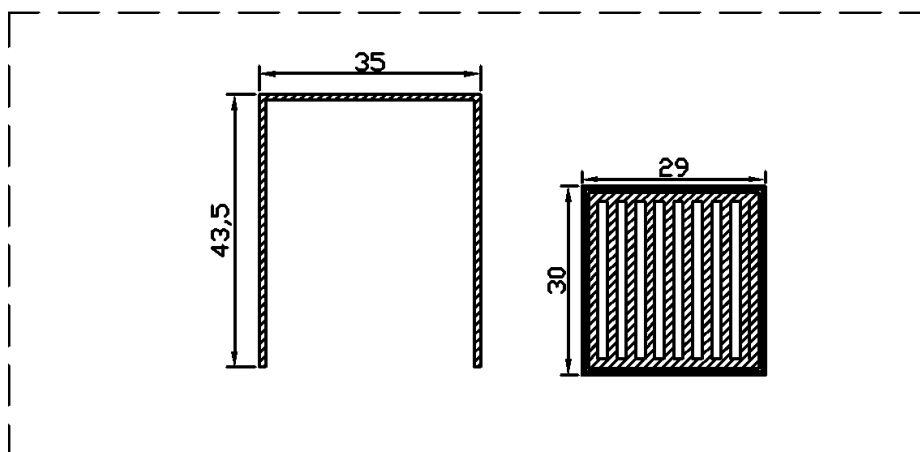
Εικόνα 3.1. Πειραματική συσκευή εργαστηρίου.

3.1 Περιγραφή πειραματικής συσκευής.

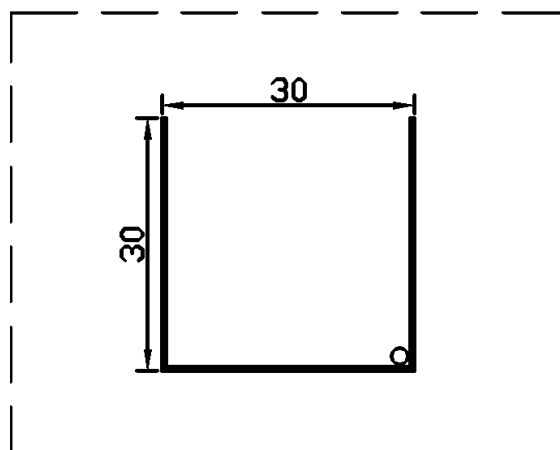
Η πειραματική συσκευή απαρτίζεται από διάφορα μέρη τα οποία συντελούν στην ομαλή λειτουργία της συσκευής. Πρώτα από όλα αποτελείται από μία δεξαμενή με διαστάσεις $M=122\text{εκ.}$ $\Pi=63\text{εκ.}$ $Y=48,5$, με μια είσοδο παροχής νερού και μια έξοδο εκροής προς την αποχέτευση (Σχήμα 3.1.1). Πάνω της είναι τοποθετημένη η αντλία με χαρακτηριστικά 1.1 KW, 1.5 HP, 5 Hz. Στο πάνω μέρος της πειραματικής συσκευής έχουμε τοποθετημένο έναν συλλέκτη νερού ανομοιόμορφου σχήματος με διαστάσεις $M=81\text{εκ.}$ $\Pi=41\text{εκ.}$ $Y=40\text{εκ.}$ Στο κάτω μέρος του δεξιά και αριστερά υπάρχει είσοδος (δεξιά) και έξοδος (αριστερά) της ροής προς την δεξαμενή και μία λαμαρίνα λεπτού πάχους για να καθορίζουμε το ύψος του νερού και να μεταβάλλουμε μέσω αυτού το υδραυλικό φορτίο. Η δεξαμενή συνδέεται με τον συλλέκτη νερού με δύο αγωγούς διαμέτρου $\Phi 50$ από τους οποίους πραγματοποιείται η είσοδος και η έξοδος του νερού. Ακόμη έχουμε έναν κατακόρυφο αγωγό (σωλήνα) υλικού PVC μήκους 184εκ. διαμέτρου $\Phi 110$ και εσωτερικής διαμέτρου $\Phi 99$, οπύ είναι τοποθετημένος στο κάτω μέρος του συλλέκτη. Στο κάτω μέρος της συσκευής είναι τοποθετημένη μία μεταλλική κατασκευή η οποία στο πάνω μέρος της έχει σχάρα για να συγκρατεί το υλικό από τον αγωγό και προστίθεται και ένα τούλι για να εμποδίζει ακόμα και την πιο λεπτή μας στρώση να περνά στο δοχείο μας (Σχήμα 3.1.2). Τέλος έχουμε ένα δοχείο ακριβώς κάτω από τον αγωγό στο οποίο εκρέει το νερό που διηθείται από τον αγωγό. Το δοχείο περιέχει στο εσωτερικό του αρίθμηση και συνδέεται με σωλήνα ο οποίος οδηγεί τα νερά στην αποχέτευση του εργαστηρίου(Σχήμα 3.1.3).



Εικόνα 3.1.1. Δεξαμενή πειραματικής συσκευής



Εικόνα 3.1.2. Σχάρα συγκράτησης πειραματικού υλικού.



Εικόνα 3.1.3. Δοχείου διήθησης νερού από τον αγωγό.

3.2 Τρόπος λειτουργίας συσκευής.

Πρώτα από όλα γεμίζουμε την δεξαμενή με νερό έως ένα επιθυμητό ύψος ώστε να μην δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας. Εφόσον έχουμε τοποθετήσει το (τούλι) στο κάτω μέρος του αγωγού και έχουμε κλείσει την σχάρα με ειδικούς σφικτήρες προσπαθούμε να αλφαδιάσουμε τον κατακόρυφο αγωγό. Στην συνέχεια γεμίζουμε τον αγωγό στο ύψος που απαιτεί το πείραμα μας, κάθε φορά. Ακόμη ρυθμίζουμε την λαμαρίνα που είναι τοποθετημένη στον συλλέκτη ώστε να έχουμε μικρό ή μεγάλο φορτίο νερού.

Εφόσον έχουν ρυθμιστεί όλες οι παραπάνω διαδικασίες ανοίγουμε τον διακόπτη της αντλίας για να ξεκινήσουμε το πείραμα. Το νερό εισέρχεται στον συλλέκτη νερού όπου ένα μέρος διηθείται προς τον κατακόρυφο αγωγό και ένα μέρος επιστρέφει πίσω στην δεξαμενή. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται ένας κύκλος εργασίας. Περιμένουμε μέχρι να γεμίσει ο κατακόρυφος σωλήνας και να σταθεροποιηθεί η στάθμη του νερού στο πάνω μέρος του συλλέκτη. Όταν πραγματοποιηθεί η παραπάνω διαδικασία μετράμε το ύψος του νερού και κλείνουμε την έξοδο του νερού με ειδική βάνα από το δοχείο νερού. Μετράμε τον χρόνο που έκανε να γεμίσει το δοχείο μας από ένα κατώτατο σε ένα ανώτατο ύψος της επιλογής μας (π.χ. από 18εκ. σε 2εκ.). Τέλος καταγράφουμε τα αποτελέσματα σε ειδικούς πίνακες.

3.3 Προσέγγιση υλικών.

Το υλικό που μας ανατέθηκε να συλλέξουμε, και κατόπιν να χρησιμοποιήσουμε στο πείραμα μας, ήταν πέτρα θαλασσίας η οποία ήταν γυαλισμένη, διαφορετικής κοκκομετρικής διαβάθμισης για την μεγαλύτερη ευχέρεια πειραμάτων.

Το συγκεκριμένο υλικό δεν ήταν εύκολο να βρεθεί στις περισσότερες παραλίες λόγω ότι χαρακτηρίζονται κυρίως από λεπτόκοκκη άμμο. Το είδος και η ποσότητα του συγκεκριμένου υλικού διατίθεται στην παραλία της Τρανής Αμμούδας, στο δεύτερο πόδι Χαλκιδικής.

Εφόσον διατεθούμε το κατάλληλο υλικό και στην συγκεκριμένη ποσότητα, μεταφέρθηκε στο εργαστήριο της Υδραυλικής μέχρι να αφαιρεθεί η υγρασία της. Στην συνέχεια με βάση τα παρακάτω κοσκίνα έγινε η διαλογή ανάλογα με την διάμετρο που χρειαζόμασταν.

Αριθμός κόσκινου	Διάμετρος υλικού (mm)
No. 40	$D < 0.425 \text{ mm}$
No. 10	$D < 2 \text{ mm}$
No. 4	$D < 4.75 \text{ mm}$
No. $\frac{1}{4}$ ‘‘	$D < 6.35 \text{ mm}$
No. $\frac{1}{2}$ ‘‘	$D < 12.7 \text{ mm}$

Πίνακας 3.1. Διάμετρος υλικού βάση κόσκινου.

4.5 Τελικά αποτελέσματα διαδικασίας.

Τυπολόγιο τελικών αποτελεσμάτων

- Πειραματική διαδικασία 1

j	V_m (cm/s)	a	b
1.971	1.88	0.92205	0.03510
1.971	1.94	0.92205	0.03510
2.037	2.08	0.92205	0.03510
2.037	2.04	0.92205	0.03510
1.205	1.23	0.92205	0.03510
1.206	1.20	0.92205	0.03510
1.247	1.31	0.92205	0.03510
1.248	1.27	0.92205	0.03510
1.043	1.21	0.92205	0.03510
1.042	1.19	0.92205	0.03510
1.009	0.995	0.92205	0.03510
1.009	0.970	0.92205	0.03510

Για τις μέσες τιμές έχουμε:

j	V_m (cm/s)	a	b
1,971	1,91	0,90974	0,04745
2,037	2,06	0,90974	0,04745
1,205	1,21	0,90974	0,04745
1,248	1,29	0,90974	0,04745
1,043	1,20	0,90974	0,04745
1,009	0,98	0,90974	0,04745

- Παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα στα a και b είναι ίδια σε όλες τις στήλες με αυτό διαπιστώνουμε ότι τα αποτελέσματα είναι σωστά.

- Πειραματική διαδικασία 2

j	Vm (cm/s)	a	b
2,906	4,96	0,13547	0,07192
2,906	5,21	0,13547	0,07192
3,008	5,40	0,13547	0,07192
3,008	5,75	0,13547	0,07192
1,726	4,46	0,13547	0,07192
1,730	4,07	0,13547	0,07192
1,673	4,29	0,13547	0,07192
1,674	3,45	0,13547	0,07192
1,019	2,98	0,13547	0,07192
1,019	2,83	0,13547	0,07192
1,046	3,129	0,13547	0,07192
1,046	3,017	0,13547	0,07192

Για τις μέσες τιμές έχουμε:

j	Vm (cm/s)	a	b
2,906	5,09	0,08933	0,08490
3,008	5,57	0,08933	0,08490
1,728	4,26	0,08933	0,08490
1,674	3,87	0,08933	0,08490
1,019	2,90	0,08933	0,08490
1,047	3,07	0,08933	0,08490

4.6 Προσέγγιση σχέσης $a = a(D)$ $b = b(D)$

$$a = \frac{(\sum V_i^4) * (\sum J_i V_i) - (\sum V_i^3) * (\sum J_i * V_i^2)}{(\sum V_i^2) * (\sum V_i^4) - (\sum V_i^3)^2}$$

$$b = \frac{(\sum V_i^3) * (\sum J_i * V_i) - (\sum V_i^2) * (\sum J_i * V_i^2)}{(\sum V_i^3) - (\sum V_i^2) * (\sum V_i^4)}$$

Αναλυτικότερα έχουμε :

A =	AA =	$\sum V_i^2$
B =	BB =	$\sum V_i^3$
Γ =	AC =	$\sum V_i^4$
Δ =	AD =	$\sum J_i * V_i$
E =	AE =	$\sum J_i * V_i^2$

Τελικά έχουμε

$$a = \frac{B * \Delta - \Gamma * \Delta}{B^2 - A * \Gamma}$$

$$b = \frac{B * \Delta - A * E}{B^2 - A * \Gamma}$$

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

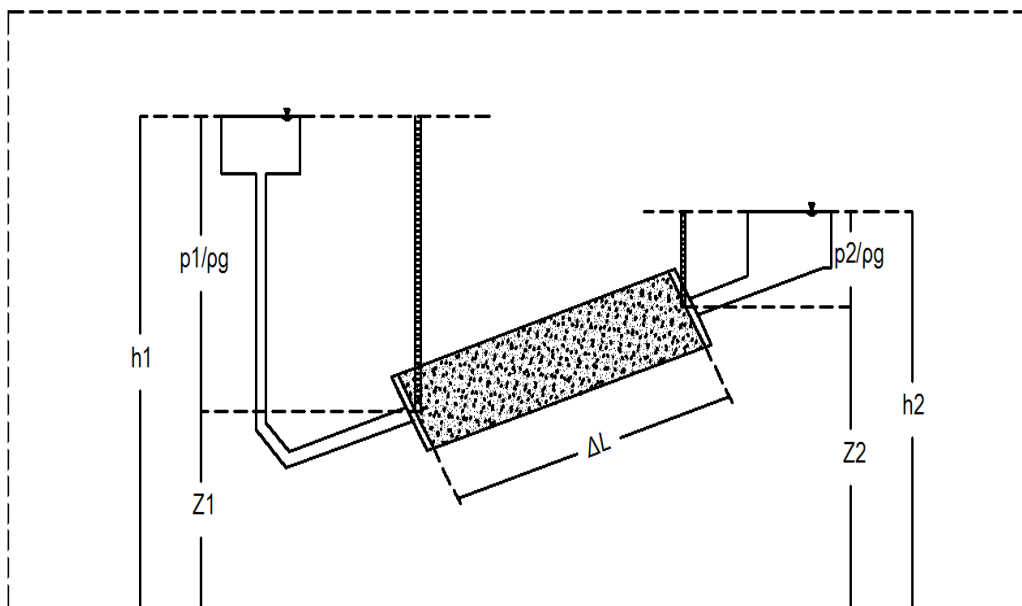
- Παρατηρούμε ότι στο πείραμα δεν ισχύει ο νόμος του Darcy.

- Κατά την 3_η, 4_η και 5_η εργαστηριακή δοκιμή δεν μπορέσαμε να πραγματοποιήσουμε το πείραμα ούτε να καταγράψουμε αποτελέσματα, διότι τα διάκενα που σχηματίζονταν από τα υλικά ήταν επαρκώς ώστε το νερό να περνά με άνεση. Σε αυτή την περίπτωση τοποθετήσαμε στο κάτω μέρος του αγωγού μια στρώση μικρότερης διαμέτρου υλικού (γύρω στους 40 εκ.) ώστε να μπορέσουμε να καταγράψουμε αποτελέσματα.

6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΝΕΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.

Κατά την εκτέλεση των πειραμάτων διαπιστώθηκε ότι η συγκεκριμένη πειραματική συσκευή δεν αντιπροσώπευε τον Νόμο του Darcy, αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε ορισμένα υλικά να παρουσιαζόταν πρόβλημα στις μετρήσεις κατά την διάρκεια των πειραματικών εργασιών.

Μετά από πολύωρες σκέψεις ,δοκιμές και φυσικά με την βοήθεια του επιβλέποντα καθηγητή καταλήξαμε ότι πρέπει να πραγματοποιηθούν μετατροπές στην συσκευή, ώστε να είναι αντάξια αυτής του Darcy. Οι μετατροπές οι οποίες θα πρέπει να πραγματοποιηθούν απεικονίζονται παρακάτω (Σχήμα 6.1) .



Εικόνα 6.1. Απεικονίζει πειραματικής συσκευής κατόπιν μετατροπής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ