

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

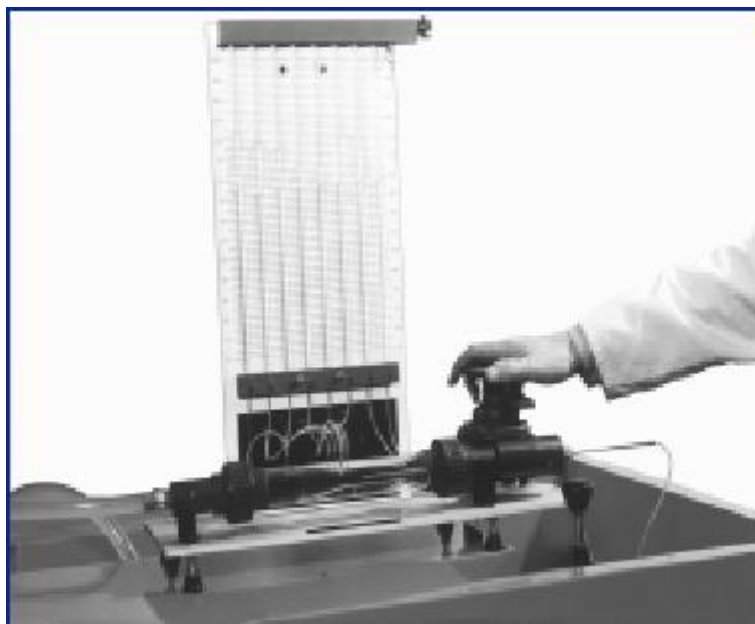
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
(ΕΞΑΜΗΝΟ 3^ο)

ΠΕΙΡΑΜΑ 2^ο

‘ΘΕΩΡΗΜΑ BERNOULLI’



XANIA 2017



Θεωρία- Εξίσωση Bernoulli.

Η εξίσωση Bernoulli εκφράζει την αρχή διατήρησης μηχανικής ενέργειας για μια σταθερή, ασυμπίεστη, χωρίς τριβές ροή.

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

Όπου:

P = υδροστατική πίεση

v = ταχύτητα υγρού

z = κάθετη ανύψωση του υγρού

$z_1 = z_2$ για οριζόντιο σωλήνα

οπότε έχουμε:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Η υδροστατική πίεση μετριέται χρησιμοποιώντας το μανόμετρο που είναι συνδεδεμένο με το σημείο μέτρησης της πίεσης στο τμήμα δοκιμής.

Το μανόμετρο μετράει την υδροστατική πίεση h σε μέτρα (m) και συνδέεται με το P από την σχέση:

$$h = \frac{P}{\rho g}$$

Οπότε η εξίσωση Bernoulli εκφράζεται ως:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (1)$$

Ο λόγος $\frac{v_1^2}{2g}$ εκφράζει την δυναμική πίεση

Συνολική Πίεση.

Η συνολική πίεση h^0 υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$h^0 = h + \frac{v^2}{2g}$$

Άρα από την εξίσωση του Bernoulli: $h_1^0 = h_2^0$

Επίσης μπορεί να μετρηθεί και από την βελόνα μέτρησης ολικής πίεσης (h_8).

Μέτρηση Ταχύτητας ροής.

Η ταχύτητα ροής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$v = \frac{Q_v}{A}$$

Όπου:

Q_v : η ογκομετρική παροχή

A : το εμβαδόν συγκεκριμένων σημείων στον σωλήνα

Η ογκομετρική παροχή υπολογίζεται από την σχέση:

$$Q_v = \frac{V}{t}$$

Όπου:

V : είναι γνωστός όγκος νερού

t : είναι ο χρόνος που χρειάζεται να συγκεντρωθεί ο συγκεκριμένος όγκος νερού

Εξίσωση Συνέχειας.

Για ένα ασυμπίεστο ρευστό διατήρηση της μάζας απαιτεί και διατήρηση του όγκου.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2)$$

Διαδικασία Πειράματος - Εξοπλισμός

Τοποθετήστε τη συσκευή **Bernoulli** στον υδραυλικό πάγκο έτσι ώστε η βάση της να είναι οριζόντια. Αυτό είναι απαραίτητο για την ακριβή μέτρηση του ύψους από τα μανόμετρα.

Προσδιορίστε την κατεύθυνση του τμήματος δοκιμής.

Εξασφαλίστε ότι το τμήμα δοκιμής έχει το συγκλίνον τμήμα 14° στην κατεύθυνση ροής. Εάν πρέπει να αντιστρέψετε το τμήμα δοκιμής, η βελόνα που μετράει τη συνολική πίεση πρέπει να αποσυρθεί πριν αποσυνδέσετε τις συνδέσεις.

Συνδέστε το ρυθμιστή εισροής του νερού.

Εξασφαλίστε ότι ο σωλήνας εκροής είναι τοποθετημένος επάνω από την ογκομετρική δεξαμενή, προκειμένου να διευκολύνετε την χρονομέτρηση της συλλογής νερού. Συνδέστε τον ρυθμιστή εισροής με τον υδραυλικό πάγκο, κλείστε τη βαλβίδα του υδραυλικού πάγκου και τη βαλβίδα ελέγχου ροής της συσκευής και εκκινήστε την αντλία. Βαθμιαία ανοίξτε τη βαλβίδα του υδραυλικού πάγκου για να γεμίσετε την συσκευή δοκιμής με νερό.

Αφαίρεση του αέρα από τα μανόμετρα

Προκειμένου να αποβάλετε τον αέρα από τα σωληνάκια και τα μανόμετρα, κλείστε την βαλβίδα του υδραυλικού πάγκου, την βαλβίδα ελέγχου ροής της συσκευής και ανοίξτε τη βαλβίδα διαρροής αέρα καθώς και αφαιρέστε το καπάκι από την παρακείμενη αεροβαλβίδα.

Συνδέστε ένα μικρού μήκους σωληνάκι από την αεροβαλβίδα στην ογκομετρική δεξαμενή. Κατόπιν ανοίξτε τη βαλβίδα του υδραυλικού πάγκου και επιτρέψτε ροή νερού μέσω των μανόμετρων για να αποβληθεί όλος ο αέρας από τα μανόμετρα. Κατόπιν, σφίξτε την αεροβαλβίδα και ανοίξτε εν μέρει την βαλβίδα του υδραυλικού πάγκου και τη βαλβίδα ελέγχου ροής της συσκευής. Έπειτα, ανοίξτε ελαφρώς τη βαλβίδα διαρροής αέρα για να επιτραπεί η εισαγωγή αέρα στην κορυφή των μανόμετρων (μπορεί να πρέπει να ρυθμίσετε και τις δύο βαλβίδες προκειμένου να το επιτύχετε αυτό). Σφίξτε ξανά τη βαλβίδα όταν τα επίπεδα μανόμετρων φθάσουν σε έναν κατάλληλο ύψος.

Η μέγιστη ογκομετρική παροχή θα υπολογιστεί από την ανάγκη να καταγραφεί η μέγιστη (h_1) και ελάχιστη (h_5) ένδειξη των μανόμετρων στην αναγραφόμενη κλίμακα. Αν είναι απαραίτητο, τα επίπεδα των μανόμετρων μπορούν να ρυθμιστούν περαιτέρω με την χρησιμοποίηση της βαλβίδας διαρροής αέρα και της παρεχόμενης αντλίας χειρός.

Καταγραφή αποτελεσμάτων.

Μετρήσεις πρέπει να ληφθούν για τρεις διαφορετικές παροχές.

Καθορισμός του ποσοστού ροής.

Πάρτε το πρώτο σύνολο μετρήσεων στη μέγιστη παροχή, κατόπιν μειώστε τη ροή ώστε να δώσει διαφορά περίπου 50mm. Επαναλάβετε ολόκληρη τη διαδικασία για μια παροχή που να δώσει διαφορά (h_1-h_5) περίπου μισή μεταξύ αυτών που λάβατε στις ανωτέρω δύο δοκιμές.

Ανάγνωση της στατικής πίεσης.

Καταγράψτε τις ενδείξεις (h_1-h_5) των μανόμετρων όταν σταθεροποιήσουν τα επίπεδα. Βεβαιωθείτε ότι η βελόνα συνολικού έλεγχου πίεσης έχει αποσυρθεί από το τμήμα δοκιμής.

Χρονομετρημένη συλλογή όγκου νερού.

Πρέπει να πραγματοποιήσετε χρονομετρημένη συλλογή όγκου νερού, χρησιμοποιώντας την ογκομετρική δεξαμενή, προκειμένου να καθορίσετε την ογκομετρική παροχή. Αυτό επιτυγχάνεται μετρώντας (με ένα χρονόμετρο) το χρόνο που χρειάζεται για να συσσωρευτεί ένας γνωστός όγκος νερού μέσα στην ογκομετρική δεξαμενή, ο οποίος διαβάζεται από έναν πλαϊνό μετρητή. Επίσης πρέπει να συλλέξετε νερό για τουλάχιστον ένα λεπτό για να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα συγχρονισμού. Και σε αυτή την περίπτωση η βελόνα συνολικού έλεγχου πίεσης πρέπει να αποσυρθεί από το τμήμα δοκιμής κατά τη διάρκεια αυτών των μετρήσεων. Κατόπιν εισάγετε τα αποτελέσματα στον πίνακα και επαναλαμβάνετε αυτήν την μέτρηση δύο φορές για να ελέγξετε την επαναληψιμότητα.

Μέτρηση της συνολικής πίεσης.

Μετρήστε τη συνολική κατανομή πίεσης μετατοπίζοντας την βελόνα συνολικού έλεγχου πίεσης σε όλο το μήκος του τμήματος δοκιμής. Το σημείο αναφοράς είναι το σημείο πίεσης που συνδέεται με το μανόμετρο h_1 .

Αντιστροφή του τμήματος δοκιμής.

Εξασφαλίστε ότι η βελόνα συνολικού έλεγχου πίεσης αποσύρεται πλήρως από το τμήμα δοκιμής. Ξεβιδώστε τις δύο συνδέσεις και αφαιρέστε το τμήμα δοκιμής, αντιστρέψτε το και βιδώστε ξανά τις συνδέσεις.

Πίνακας Αποτελεσμάτων.

Όγκος Νερού (m ³)	Χρόνος t (sec)	Παροχή Q (m ³ /sec)		Απόσταση μέσα στον αγωγό (m)	Εμβαδόν αγωγού A (m ²)	Υδροστατική Πίεση h (m)	Ταχύτητα v (m/sec)	Δυναμική Πίεση (m)	Συνολική Πίεση h ⁰ (m)	Συνολική Πίεση h ₈ (m)
			h ₁	0.00	490.9 x 10 ⁻⁶					
			h ₂	0.0603	151.7 x 10 ⁻⁶					
			h ₃	0.0687	109.4 x 10 ⁻⁶					
	Μέση Παροχή		h ₄	0.0732	89.9 x 10 ⁻⁶					
			h ₅	0.0811	78.5 x 10 ⁻⁶					
			h ₆	0.1415	490.9 x 10 ⁻⁶					

			h ₁							
			h ₂							
			h ₃							
	Μέση Παροχή		h ₄							
			h ₅							
			h ₆							

			h ₁							
			h ₂							
			h ₃							
	Μέση Παροχή		h ₄							
			h ₅							
			h ₆							

Πίνακας Αποτελεσμάτων.

Όγκος Νερού (m ³)	Χρόνος t (sec)	Παροχή Q (m ³ /sec)		Απόσταση μέσα στον αγωγό (m)	Εμβαδόν αγωγού A (m ²)	Υδροστατική Πίεση h (m)	Ταχύτητα v (m/sec)	Δυναμική Πίεση (m)	Συνολική Πίεση h ⁰ (m)	Συνολική Πίεση h ₈ (m)
			h ₁	0.00	490.9 x 10 ⁻⁶					
			h ₂	0.0603	151.7 x 10 ⁻⁶					
			h ₃	0.0687	109.4 x 10 ⁻⁶					
	Μέση Παροχή		h ₄	0.0732	89.9 x 10 ⁻⁶					
			h ₅	0.0811	78.5 x 10 ⁻⁶					
			h ₆	0.1415	490.9 x 10 ⁻⁶					

			h ₁							
			h ₂							
			h ₃							
	Μέση Παροχή		h ₄							
			h ₅							
			h ₆							

			h ₁							
			h ₂							
			h ₃							
	Μέση Παροχή		h ₄							
			h ₅							
			h ₆							

Συμπεράσματα.

- 1.** Σχολιάστε την εγκυρότητα της εξίσωσης Bernoulli για τις διαφορετικές παροχές
2. Τι παρατηρήσεις έχετε να κάνετε σχετικά με τις συνολικές πιέσεις για τις διαφορετικές παροχές της κάθε περίπτωσης.
3. Χρησιμοποιείτε τις εξισώσεις 1 και 2 για δώσετε την μια εξίσωση που περιγράφει την θεωρητική μεταβολή της στατικής πίεσης κατά μήκος του αγωγού. Επιλέξετε ως σημεία αναφοράς τα σημεία 1 και 5 στον αγωγό.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.

ΟΙ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΤΩΝ MANOMETΡΩΝ ΕΙΝΑΙ ΣΕ (mm) ΚΑΙ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΜΕΤΑΤΡΑΠΟΥΝ ΣΕ (m) ΟΤΑΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΟΙ ΠΡΑΞΕΙΣ.