



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

DEBİ ÖLÇÜM DENEYİ

**Hazırlayan
Doç.Dr. Bahattin TOPALOĞLU**

SAMSUN

DEBİ ÖLÇÜM DENEYİ

1. DENEYİN AMACI

Bu deneyin amacı dört farklı yöntem ile sıkıştırılamaz bir akışkanın (suyun) debisini ölçmektir. Bu yöntemler

- 1) Venturi ile debi ölçümü
- 2) Orifis ile debi ölçümü
- 3) Rotametre ile debi ölçümü
- 4) Bir tankta biriktirilen suyun hacmi ve akış süresi ölçülerek debi ölçümü

yöntemleridir. Bu deneyde debi ölçümlerinin yanı sıra kütle ve enerji korunumu (süreklilik ve Bernoulli) denklemlerinin uygulamaları yapılarak statik basınç ile akım büyüklükleri arasındaki ilişkiler incelenebilir. Aynı zamanda debimetrelerin kayıp katsayıları belirlenebilir.

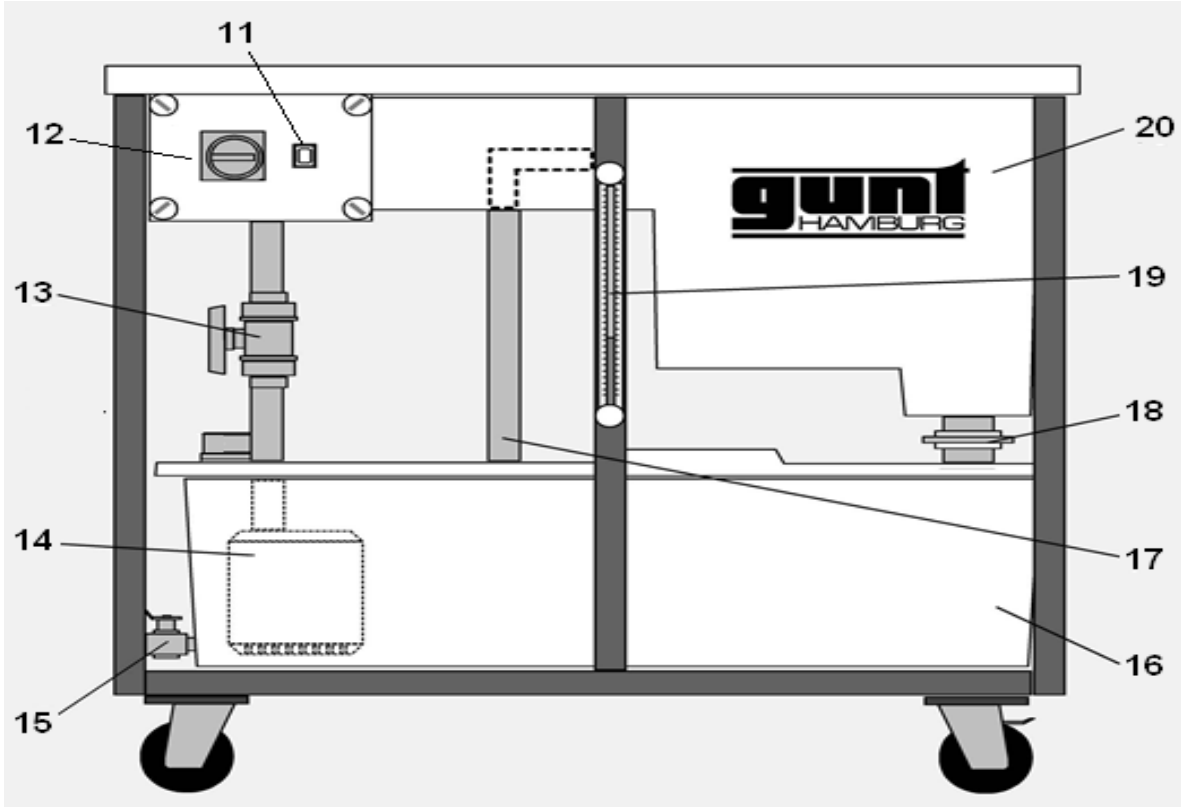
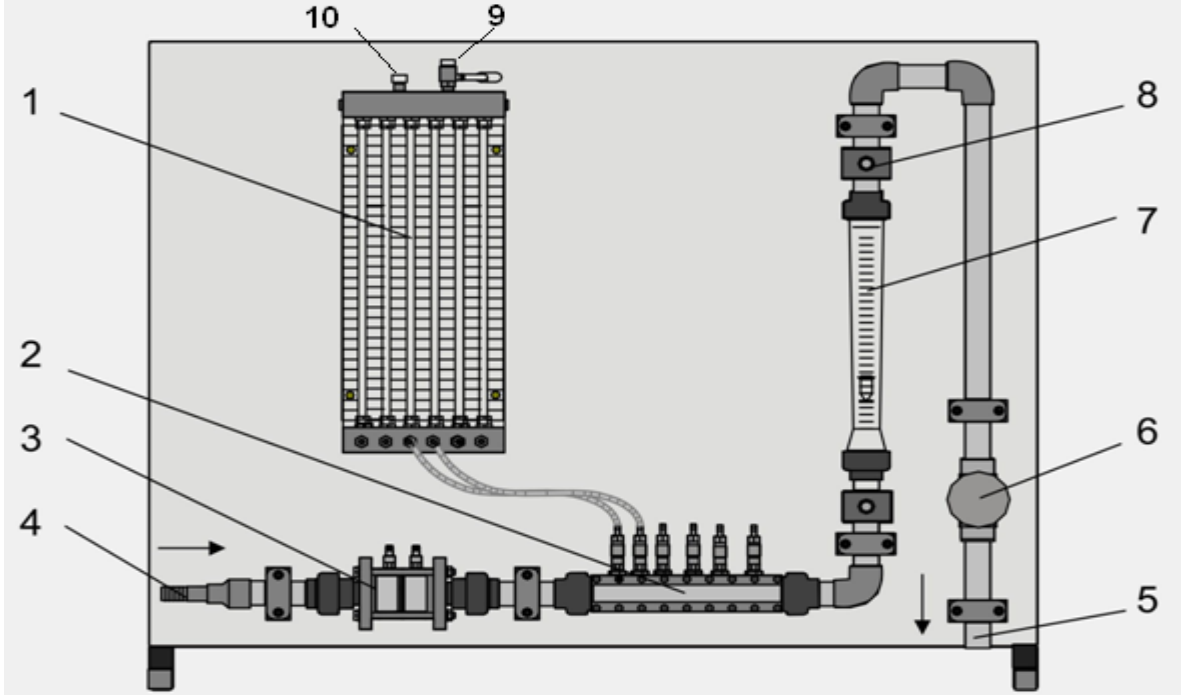
4. yöntem en basiti olmakla birlikte, doğrudan ölçüm imkanı verdiği için en doğrusu olarak kabul edilebilir. Bu nedenle bu yöntem ilk üç yöntem için karşılaştırma imkanı vermektedir.

2. DENEY DÜZENEĞİ

Deney düzeneğinin şeması Şekil 1’de görülmektedir. Debi ölçümü için bir venturi borusu (2), bir orifis (3) ve bir rotametre (7) mevcuttur. Akış debisi bir çıkış vanası (6) ile ayarlanabilir. Akış hattı üzerinde değişik noktadaki basınçlar veya basınç farkları, basınç bağlantıları 6-borulu manometreye (1) bağlanarak ölçülebilir. Ayrıca akış hattından geçen ve bir hacim ölçme tankı (20) içinde biriktirilen akışkanın hacmi ve bu sırada geçen zaman ölçülerek debi doğrudan belirlenebilir. Venturi, orifis ve rotametre akışın izlenebilmesi için şeffaf imal edilmişlerdir.

Pompa (14) ile basılan su bir hortum ile (4) nolu bağlantı noktasından deney düzeneğine girmektedir. Sırasıyla orifismetre, venturimetre ve rotametreden geçen su (5) nolu su çıkış borusundan çıkarak tanka boşalmaktadır. Tankta biriken suyun hacmi ölçülmek istendiğinde tankın altındaki sürgülü vana (18) kapatılarak su tankta biriktirilir. Bunun dışında sürgülü vana açık tutularak suyun depoya (16) akması ve böylece devir daim yapması sağlanır.

6-borulu manometre üzerinde manometrik basınç yüksekliklerini ölçmek amacıyla skala bulunmaktadır. Manometrenin alt tarafında basınç bağlantı noktaları mevcuttur. Manometrenin üst tarafında ise bir manometre boşaltım vanası (9) ve hava alma vanası (10) bulunmaktadır.

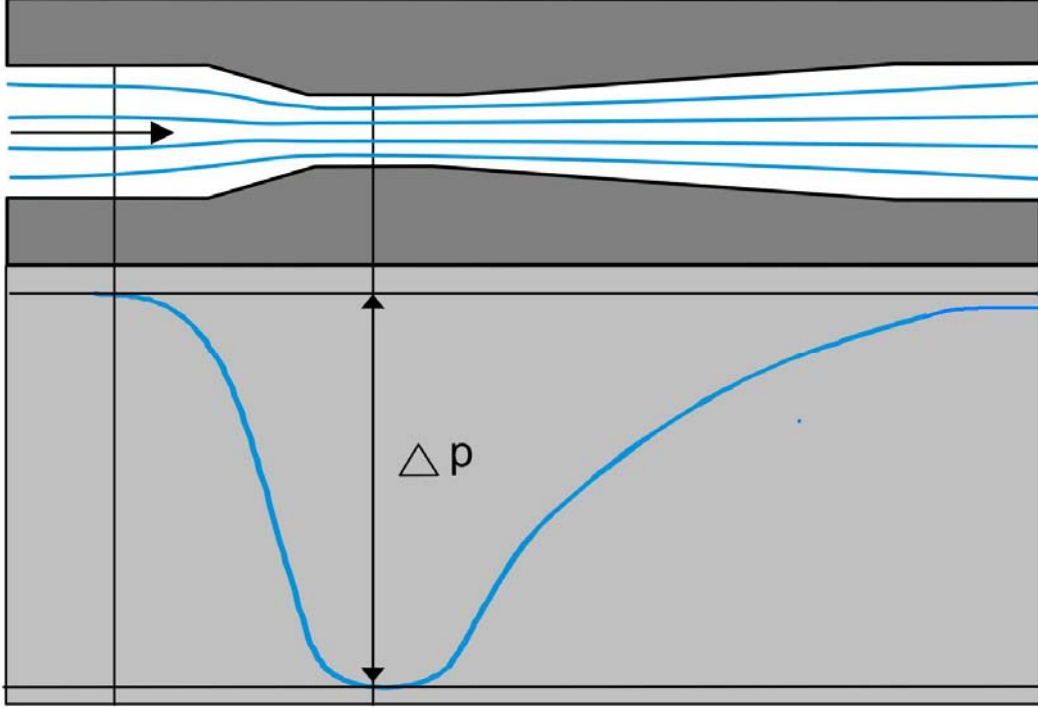


- 1) 6-borulu manometre 2) Venturimetre 3) Orifismetre 4) Su girişı hortum bağlantısı
- 5) Su çıkışı 6) Çıkış vanası 7) Rotametre 8) Basınç ölçüm bağlantı noktası
- 9) Manometre boşaltma vanası 10) Manometre hava alma vanası
- 11) Açma kapama düğmesi 12) Ana Şalter 13) Giriş vanası 14) Pompa
- 15) Depo boşaltma vanası 16) Su deposu 17) Taşma borusu 18) Sürgülü vana
- 19) Hacim göstergesi 20) Hacim ölçme tankı

Şekil 1: Deney düzeneği

2.1 Venturimetre

Venturimetre, Şekil 2’de görüldüğü gibi, daralan ve genişleyen akış bölgesine sahip olup, boru ve kanallarda akış hızını ölçerek akışın hacimsel debisini belirleyen bir ölçüm cihazıdır.



Şekil 2: Venturimetre ve akış esnasında basınç değişimi

Enerjinin korunumu nedeniyle enerji denklemi geçerlidir. Sürekli, sürtünmesiz ve sıkıştırılamaz akım için Bernoulli denklemi adını alan bu denklem aşağıdaki gibidir:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gh_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gh_2 = \text{sabit}$$

Bernoulli denklemi sürtünmesiz akışlarda, hız, basınç ve yükseklik arasındaki ilişkiyi verir.

Yatay bir sistemde $h_1=h_2$ olduğundan denklem

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} = \text{sabit}$$

haline dönüşür.

Ayrıca kütle korunumu nedeniyle süreklilik denklemi de geçerlidir ve giren kütleli debi (\dot{m}_1) çıkan kütleli debiye (\dot{m}_2) eşit olmalıdır:

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$$

Sıkıştırılmaz akışlar için yoğunluk sabit ($\rho = \rho_1 = \rho_2$) olacağından süreklilik denklemi

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

halini alır. Yukarıdaki denklemin sağındaki ve solundaki ifadeler hacimsel debiyi verir. Buna göre sıkıştırılmaz akımlarda hacimsel debi de sabittir:

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 = \dot{V} = \text{sabit}$$

Süreklilik denklemi yardımıyla enerji denkleminde dar kesitteki hız için aşağıdaki bağıntı elde edilebilir:

$$v = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho (1 - \beta^4)}}$$

Burada β dar kesit çapının boru çapına oranı ($\beta = d/D$), Δp ise her iki kesitteki basınç farkıdır.

Basınç farkı

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho g (h_1 - h_2)$$

olup ölçülebilir. Ayrıca sürtünmeler ve yersel kayıplar dikkate alınmadığından bu şekilde hesaplanan hız gerçek değerinden büyüktür. Bu durum bir C_d katsayısı ile dikkate alınırsa gerçek debi için aşağıdaki bağıntı elde edilir:

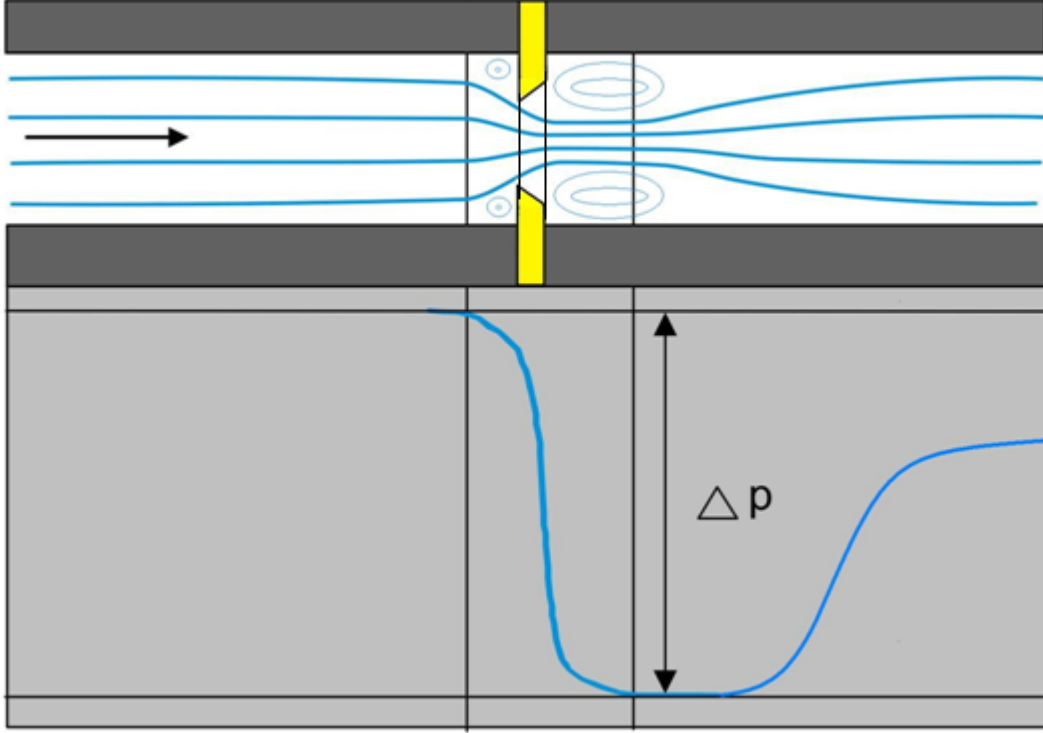
$$\dot{V} = A_o C_d \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{(1 - \beta^4)}}$$

Burada A_o en dar kesitin alanı, h manometrik statik basınç yüksekliğidir. Debi katsayısı için daima $C_d < 1$ olup, sadece sürtünmesiz akım için $C_d = 1$ dir.

2.2 Orifis metre

Orifis metre, Şekil 3'de görüldüğü gibi, ani daralan ve genişleyen akış bölgesine sahip olup, boru ve kanallarda akış hızını ölçerek akışın hacimsel debisini belirleyen bir ölçüm cihazıdır. Venturi ile karşılaştırılırsa orifislerin geometrisi daha basit olup imalatları daha kolaydır, daha ucuzdur, daha az yer kaplarlar. Buna karşılık venturilere göre daha fazla kalıcı basınç kaybına neden olurlar.

Prensip olarak yukarıda venturiler için açıklanan teori orifislerde de geçerlidir. Ancak akış hareketi venturiye göre daha karmaşıktır. Dar kesit çıkışından sonra akış hareketinde biraz daha daralma olmaktadır. Ayrıca dar kesitten önce ve bilhassa sonra girdaplar oluşmaktadır. Bu nedenle basınç düşüşü tekrar geri kazanılamamakta ve önemli miktarda basınç kaybı oluşmaktadır. Debi hesabı için venturimetrede bulunan bağıntı burada da kullanılabilir. Ancak debi katsayısı C_d çok daha küçüktür.



Şekil 3: Orifis metre ve akış esnasında basınç değişimi

2.3 Rotametre

Rotametre, konik bir ölçüm tüpü ile tüp içinde aşağı ve yukarı doğru serbest hareket edebilen bir şamandıradan oluşmaktadır (Şekil 1’de (7) nolu cihaz). Daha önce açıklanan venturi ve orifislerden farklı olarak debi ölçümü bir cisim üzerine etki eden dış akımdan kaynaklanan direnç kuvvetlerine dayanmaktadır. Dalmış cisim üzerine etki eden kaldırma kuvveti ve direnç kuvvetinin kendi ağırlığı ile dengelenmesi neticesinde cisim akım içinde belli bir yükseklikte sabit kalır. Bu yükseklik kalibrasyon sonucuna göre ölçülen debiyi verir. Debinin dalmış cismin tüp içindeki yüksekliğine göre ölçebilmesi için tüpün iç yüzeyi belli bir ölçüde koniktir. Kalibrasyonunda bu konikliğin yanı sıra, akışkan yoğunluğunun ve viskozitesinin, cismin direnç katsayısının, cisim ağırlığının rolü büyüktür.

Ölçüm tüpü, dar ucu altta olacak şekilde dik olarak konulur. Ölçülecek akışkan tüpe alt noktadan girer, şamandıranın etrafından geçerek yukarı yükselir ve üstten dışarı çıkar. Rotametre içinde akış olmadığı zaman, şamandıra ölçüm tüpünün alt kısmında durur. Burası şamandıranın maksimum çapının hemen hemen tüpün çapıyla aynı duruma geldiği yerdir. Akış olmadığı zaman kaldırma kuvveti şamandırayı hafifletir, fakat yoğunluğu sıvınınkinden daha fazla olduğundan şamandırayı yükseltmeye yetmez. Akışkan ölçüm tüpüne girdiğinde şamandıra ve tüp arasındaki halka kesitli dairesel bir açıklık giderek artar. Şamandırayı etkileyen kaldırma kuvveti ve akıştan kaynaklanan direnç kuvveti ağırlık kuvveti ile dengelenene kadar şamandıra yükselir. Şamandıranın bu denge konumundan sonra debide meydana gelebilecek herhangi bir artış şamandıranın daha yüksek bir pozisyona, azalış ise daha alçak bir pozisyona gelmesine sebep olur. Şamandıranın her pozisyonu bir akış debisine karşılık gelir. Hangi pozisyonun hangi debiyi karşılık geldiği debisi bilinen ölçümlerle daha önceden tespit edilir ve bir skala ile rotametre üzerinde işaretlenir (kalibrasyon). Daha sonra

ölçülmek istenen debiler tüp içerisindeki şamandıranın pozisyonunun gözlenmesiyle tespit edilebilir.

Ölçüm şamandırası bu anda sıvı içerisinde “yüzme” durumundadır. Denge konumundaki şamandıraya etkiyen kuvvetlerin analizini yaparak bazı kabuller çerçevesinde şamandıranın askıda kalabileceği hızı ve böylece debiyi teorik olarak hesaplamak mümkündür. Ancak güvenilir bir ölçüm için kalibrasyon gereklidir.

2.4 Bir tankta biriktirilen suyun hacmi ve akış süresi ölçülerek debi ölçümü

Akış hattından geçen ve bir tank içinde biriktirilen akışkanın hacmi ΔV ve bu sırada geçen zaman Δt ölçülerek debi doğrudan $\dot{V} = \Delta V / \Delta t$ ile belirlenebilir.

3. DENEY DÜZENİĞİNİN ÇALIŞTIRILMASI VE KAPATILMASI

1-Ana şalter (12) açılır. Giriş vanası (13) açık, diğer vanalar kapalı konumda açma kapama düğmesine (11) basılarak pompa (14) çalıştırılır.

2-(6) numaralı çıkış vanası ile (9) numaralı manometre boşaltım vanası açılarak sistemdeki tüm hava çıkana kadar beklenir.

3-Sistemdeki tüm hava boşaldıktan sonra giriş vanası (13) kapatılır.

4-Manometre yüksekliklerini ayarlamak için önce (6) numaralı çıkış vanası kapatılır. Sonra (9) numaralı manometre boşaltım vanası açık bırakılarak (10) numaralı hava alma vanası açılır. Daha sonra (6) numaralı çıkış vanası ile kontrol edilerek manometre yükseltileri “ 0 ” referans seviyesine ayarlanır.

5-Manometre seviye ayarlaması yapıldıktan sonra (9) ve (10) numaralı vanalar kapatılır. Giriş vanası (13) açılır ve (6) numaralı çıkış vanasından debi kontrolü yapılarak deney başlatılır.

6-Sırasıyla önce çıkış vanası (6), sonra giriş vanası (13) kapatılır ve açma kapama düğmesine (11) basılarak pompa durdurulur. Ana şalter (12) kapatılır.

4. DENEYLERİN YAPILMASI

1-5 farklı deney seti (5 farklı debi ile) çalışılacaktır.

2-Debiler çıkış vanası (6) kontrol edilerek ayarlanacaktır.

3-Aşağıdaki Tablo 1’de sırasıyla rotametre ve manometre yükseltileri kaydedilir. Daha sonra sürgülü vana (18) kapatılır. Tankta biriken su hacmi ΔV ve kronometre ile tutulan süre Δt ölçülür ve Tablo 1’e kaydedilir. Hacim ölçümü başlangıcında tanktaki mevcut su hacmi (eğer varsa) dikkate alınmalıdır.

Tablo 1: Deney verileri

Deney Seti	Rotametre debisi (L/h)	Manometre basınç yükseklikleri (mm SS)						Δt (s)	ΔV (L)
		Orifis metre		Venturimetre		Rotametre			
		h_1	h_2	h_1	h_2	h_1	h_2		
1									
2									
3									
4									
5									

5. DENEY RAPORU

Deney raporunun bir kapak sayfası olmalıdır (bir örneği aşağıda verilmektedir). Deney raporu aşağıdaki içeriğe uygun olarak hazırlanmalıdır:

1. Giriş

Burada kısaca deneyin amacı açıklanmalıdır.

2. Ölçümler

Burada deneyin yapılışı kısaca açıklanmalı ve ölçüm verilerinin kaydedildiği tablo sunulmalıdır.

3. Hesaplamalar ve değerlendirmeler

Burada aşağıdaki işlemler yapılmalıdır.

3.1- Ölçüm değerlerine göre venturimetre, orifis metre ve tank ile hacimsel debileri hesaplayınız. Venturimetre için geniş kesitin çapı $D=20,76$ mm, dar kesitin çapı $d=10,37$ mm, debi katsayısı $C_d=0,98$ dir. Orifis metre için ise geniş kesitin çapı $D=70$ mm, dar kesitin çapı $d=18,5$ mm, debi katsayısı $C_d=0,61$ dir.

Deneylerden birinin hesaplarını raporda detaylı olarak yazınız. Hesaplanan debileri ve rotametre debilerini bir tabloda gösteriniz. Ayrıca bir grafik üzerinde venturimetre, orifis metre ve rotametre debilerini tank ile ölçülen hacimsel debilere bağlı olarak karşılaştırmalı olarak gösteriniz.

3.2- Tank ile yapılan hacimsel debi ölçümünü doğru kabul ederek venturimetre ve orifis metre için yeni debi katsayıları ve rotametre için bir düzeltme katsayısı belirleyiniz. Bu amaçla her deney seti için bu katsayıları yeniden belirleyiniz ve bir tabloda ve grafik üzerinde debilere bağlı olarak karşılaştırmalı olarak gösteriniz. Ayrıca aritmetik ortalamalarını hesaplayarak yeni debi katsayısı ve düzeltme katsayısı olarak alınız.

3.3- Basınç farklarını hacimsel debiye bağlı olarak gösteren bir diyagram çiziniz.

4. Sonuçlar ve yorumlar

Burada deneyler ve hesaplamalarla ilgili yorumlar yapılmalıdır.

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI
DEBİ ÖLÇÜM DENEYİ RAPORU

Deney Sorumlusu

Doç. Dr. Bahattin TOPALOĞLU

Öğrencinin

Adı Soyadı:.....

Numarası:.....

Grubu:.....

Deney Tarihi ve Saati:.....