

**Değişik Tipte Düşey Orifislerin
Akış, Hız Ve Daralma Katsayılarının Analizi**

Ali Tahtalı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat 2008

**Analyses The Flow, Velocity And Narrowing Coefficients Of The
Different Types Of Vertical Orifices**

Ali Tahtalı

MASTER THESIS

Department of Mechanical Engineering

February 2008

**Değişik Tipte Düşey Orifislerin
Akış, Hız Ve Daralma Katsayılarının Analizi**

Ali Tahtalı

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Enerji-Termodinamik Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd.Doç.Dr. İrfan Üreyen

Şubat 2008

Ali TAHTALI' nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Değişik Tipte Düşey Orifislerin Akış, Hız Ve Daralma Katsayılarının Analizi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Yrd. Doç. Dr. İrfan ÜREYEN

Üye : Doç. Dr. Haydar ARAS

Üye : Yrd. Doç. Dr. Macit NURBAŞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Necati MAHİR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Sezan ORAK

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

Değişik Tipte Düşey Orifislerin Akış, Hız Ve Daralma Katsayılarının Analizi

ALİ TAHTALI

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, değişik tipteki orifislerin akış, hız ve daralma katsayılarının analizini yapmaktır.

Bu çalışma teorik ve deneysel olmak üzere iki grupta toplanabilir. Teorik çalışmada orifis katsayılarının Bernoulli ve Toricelli Teoremlerinden türetilmesinden bahsedilmiştir.

Deneysel çalışmada üçgen, dörtgen, beşgen, altıgen, yedigen ve daire orifis üretimi yapılmıştır. İmalatı yapılan 6 çeşit orifisin hız, daralma ve debi katsayıları deneysel olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Orifis, hız katsayısı, daralma katsayısı, debi katsayısı

Analyses The Flow, Velocity And Narrowing Coefficients Of The Different Types Of Vertical Orifices

ALİ TAHTALI

SUMMARY

The purpose of this thesis to analyses the flow, velocity and narrowing coefficients of the different types of vertical orifices.

This thesis can be divided into two groups as theoretical and experimental. The creation of orifice coefficients from Bernoulli and Toricelli theories are mentioned in theoretical part.

In the experimental part; production of triangular, rectangular, pentagonal, hexagonal, heptagonal and circular orifices was done. Flow, velocity and narrowing coefficients of 6 type of orifices were founded experimentally.

Keywords: Orifice, flow coefficient, velocity coefficient, narrowing coefficient

TEŞEKKÜR

Değişik Tipte Düşey Orifislerin Akış, Hız Ve Daralma Katsayılarının Analizi çalışmalarında, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. İrfan ÜREYEN'e , tezimi hazırlamam esnasında benden imkan ve yardımlarını esirgemeyen Sayın ablam Seda ASFUROĞLU ve eşi Emre ASFUROĞLU'na, imalat esnasında yardımlarını esirgemeyen amcam sayın Mak. Müh. Recep TAHTALI'ya araştırma esnasında bana yardımcı olan arkadaşım Mak. Müh Sayın Gürkan ŞAYLISOY'a ve manevi desteklerini benden esirgemeyen değerli annem Ayşe TAHTALI ve babam Mustafa TAHTALI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	v
SUMMARY.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xii
DENEY FÖYLERİ DİZİNİ.....	xiii
DENEY GRAFİKLERİ DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER DİZİNİ.....	xv
ALTLIKLAR DİZİNİ.....	xvi
 1.GİRİŞ.....	 1
 2.KAPALI KANALLARDA KESİT DARALMASI İLE DEBİ ÖLÇÜMÜ.....	 4
2.1.Sıkıştırılamayan Akışkanlar Hali.....	5
2.2.Sıkıştırılabilir Akışkanlar Hali.....	8
2.3.Kesit Daralmasına Dayanan Debi Ölçerlerin Konstrüksiyonu.....	12
2.4.Küçük Reynolds Sayıları İçin Diyaframlar.....	23
2.5.Kirli Akışlarda Debi Ölçümü.....	26
2.6.Kesit Daralmasına Dayanan Debi Ölçerlerin Birbirleriyle Karşılaştırılması Ve Montajlarında Dikkat Edilecek Hususlar.....	27
2.7.Kritik Akış.....	33
 3.ORİFİS HAKKINDA GENEL BİLGİLER VE ORİFİS TÜRLERİ.....	 35
3.1.Standart orifis serbest akımının özellikleri.....	37
3.2.Orifisten Çıkan Sıvı Jeti Hızının Ve Orifis Debisinin Tayini.....	39
3.3.Serbest Orifislerin Randımanı.....	43
3.4.Orifisten Çıkan Su İpçığı Denkleminin Tayini.....	45
3.5.Basınçlı Depo Orifislerinden Çıkan Sıvı Hızı Ve Debinin Tayini.....	46
3.6.Batmış Orifislerden Çıkan Sıvı Jeti Hızının Ve Orifis Debisinin Tayini.....	47
3.7.Dikdörtgen Kesitli Düşey Bir Orifis Debisinin Tayini.....	49

3.8.Uygulamada Kullanılan Düşey Orifis Denklemleri Ve Debi Katsayıları.....	51
3.8.1.Orifisten çıkışın tamamen serbest.....	51
3.8.2.Orifis çıkışı tamamen mansap su seviyesinin altında.....	52
3.8.3.Orifisin tabanda olması durumunda.....	53
3.8.4.Orifis seviyesi kısmen mansap su seviyesi altında.....	54
3.9.Orifis Debisi Sabit Olan Mariott Deposu.....	55
4.DİYAFRAM (ORİFİS) DEN AKIŞ DENEYİ.....	57
4.1.Deneysel Aletin Tarifi.....	57
4.2.Orifisten Geçen Akımın Teorik Olarak İzahı.....	58
4.3.Deneysel İşlem.....	63
4.3.1. C_d Akış Katsayısının Tayini.....	64
4.3.2. C_u Hız Katsayısının Tayini.....	64
4.3.3. C_c Daralma Katsayısının Tayini.....	64
4.3.4.Deney Sonuçlarının İrdelenmesi.....	65
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	75

EKLER

- 1- Daire Orifis İmalat Resmi
- 2- Üçgen Orifis İmalat Resmi
- 3- Dikdörtgen Orifis İmalat Resmi
- 4- Beşgen Orifis İmalat Resmi
- 5- Altıgen Orifis İmalat Resmi
- 6- Yedigen Orifis İmalat Resmi
- 7- Alt Kovan İmalat Resmi
- 8- Üst Flanş İmalat Resmi
- 9 Ø20 Flanş İmalat Resmi
- 10 Ø20 Flanş Yüzüğü İmalat Resmi
- 11 Su Tankı İmalat Resmi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

1.1 Belirli bir zaman aralığında belirli bir düzlemde geçen hacimsel debi.	3
2.1 Kesit daralmasına dayanan üç tip debi ölçerin prensip şeması ve bunlarda statik basınç değişimleri.	4
2.2 Tek boyutlu akış sistemi	6
2.3 Lüle, venturi ve diyafram için Y genleşme katsayısının değişimleri.	10
2.4.a Amerikan Mühendisler Birliği ASME'nin önerdiği venturimetre tasarım karakteristikleri	12
2.4.b ASME'nin önerdiği venturimetre için, C boşaltma katsayısının Re Sayısı ile değişimi	13
2.4.c ASME'nin önerdiği değişik venturimetre dar kesit çapı için, C boşaltma katsayısının Re sayısı ile değişimi	13
2.5 DIN 1952'nin önerdiği venturimetre	14
2.6.a ASME'nin önerdiği lüle dizayn karakteristikleri	15
2.6.b Amerikan Mühendisler Birliği ASME'nin önerdiği lüle için, C boşalma katsayısının Re sayısı ile değişimi.	17
2.7 DIN 1952 nin önerdiği lüleler	18
2.8 Keskin kenarlı diyaframlarda basınç ölçme borusunun bağlantı yerinin statik basınç ölçmesine etkisi	19
2.8.c Diyaframlarda akışın daraldığı (vena contracta) yer.	20
2.9.a ASME'nin önerdiği diyafram ve basınç ölçme borularının bağlandığı yerler	21
2.9.b ASME'nin önerdiği diyafram için $K=MC$ debi katsayısının Reynolds sayısı ile değişimi	21
2.10 DIN 1952 nin önerdiği diyaframlar	22
2.11 Küçük Reynolds sayılarında kullanılan ağzı yuvarlatılmış diyafram	23
2.12 Küçük Reynolds sayılarında kullanılabilen diyafram çeşitleri	24
2.13 Çift diyafram konstrüksiyonu ve bu sisteme ait $K=MC$ debi katsayısı	25
2.14 Yarıklı tipi diyafram	26

2.15 Giriş ve çıkış kesitlerinin oranlarına göre diyafram, lüle ve venturimetrede yük kaybı değişimi	27
2.16 Akışı bozucu elemandan sonra venturimetre, lüle veya diyafram gibi debi ölçme aletine kadar olan düz boru uzunlukları	30
2.17 Kesit daralmasına dayanan debi ölçerlerde, sıkıştırılabilir bir akışkanın akması durumunda basınçlar oranı ile debi değişimi	33
3.1 Orifis çeşitleri	36
3.2 Orifisten basınç ve hız dağılımı	38

TABLÖLAR DİZİNİSayfa

2.1 Venturimetre konstrüksiyonuna ait C boşaltma katsayıları	15
2.2 Akışı rahatsız eden bir elemanın debi ölçme cihazında yapabileceği hataların $\pm \%1$, $\pm \%1,5$ ve $\pm \%2$ olması için ölçme cihazı ile akışı rahatsız eden düz boru kısmının minimum uzaklığı	32

DENEY FÖYLERİ DİZİNİSayfa

1.Dikdörtgen orifis deney sonuçları	67
2.Beşgen orifis deney sonuçları	68
3.Altıgen orifis deney sonuçları	69
4.Yedigen orifis deney sonuçları	70
5.Daire orifis deney sonuçları	71

DENEY GRAFİKLERİ DİZİNİSayfa

1.Dikdörtgen orifiste akış katsayısının debi değişimi grafiği	72
2.Beşgen orifiste akış katsayısının debi ile değişimi grafiği	72
3.Altıgen orifiste akış katsayısının debi ile değişimi grafiği	73
4.Yedigen orifiste akış katsayısının debi ile değişimi grafiği	73
5.Daire orifiste akış katsayısının debi ile değişimi grafiği	74
6.Islak çapa göre debi katsayısının değişimi	74

SİMGELER DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
m	Kütleli debi, kg/s
M	Akışkan kütlesi, kg
Δt	Zaman dilimi, s
Q_v	Hacimsel debi, $\frac{m^3}{s}$
U, v	Hız, m/s
A	Alan, m^2
D, d	Çap, m
R	Gaz sabiti, J/kgK
η	Verim
ρ	Yoğunluk

ALTLIKLAR DİZİNİ**Simgeler****Açıklama**

1	Giriş
2	Çıkış
teo	Teorik
ger	Gerçek
0	Orifis alanı
C	Kesitin daraldığı alan

1.GİRİŞ

Sıvı veya gaz şeklindeki akışkanların debilerinin ölçülmesi, gerek kimya ve petrokimya endüstrisindeki tepkimeleri yönlendirmek, gerekse su, gaz ve benzeri diğerlerinin eksilen miktarlarını belirlemek bakımından, büyük öneme sahiptir. Özellikle gazlar, basınç ve sıcaklığa bağlı olarak çok kolay hacim değiştirdiklerinden, bunların debilerinin tam ve kesin belirlenmesi, güncelliğini koruyan bir ölçme problemi olarak durmaktadır. Tekniğin gelişme süreci içinde devamlı ve yeni debi ölçme yöntemleri geliştirilmekte ve çeşitli denemelerden geçirilerek uygulamaya alınmaktadır. Bu değişik yeni yöntemler akışkan maddelerin özelliklerine ve konstrüktif sınırına bağlı olarak, belirli alanlarda kullanılabilmektedir.

Akışkanların herhangi kesitli kanallar içinde akması durumunda hızlarının veya debilerinin ölçülmesi, birçok biyolojik, meteorolojik olayların incelenmesi, endüstrinin çeşitli işlemlerinde ve laboratuvarlardaki çeşitli deneylerin gerçekleştirilmesi için çok önemlidir. Pratikte hız ve debinin veya genel olarak akış olaylarının ölçülmesi için, birbirlerine göre çeşitli üstünlük ve sakıncaları olan değişik cihaz ve yöntemler geliştirilmiştir. Herhangi bir akış ölçme işleminde, ölçme cihazı ve yönteminin seçiminde hassasiyet, kapasite aralığı ve fiyat başta olmak üzere çeşitli etkenler rol oynar. (Genceli, 1994)

Akışkanlar mekaniğinin temel prensiplerinden biri olan kütle korunumu prensibine göre, kuyu veya kaynağın bulunmadığı bir sistem içinde, sürekli rejim halinde bu sisteme giren ve çıkan kütle için

$$m = \left(\frac{M}{\Delta t} \right)_{giren} = \left(\frac{M}{\Delta t} \right)_{çikan} = sabit \quad (1.1)$$

yazılabilir. Burada m (kg/s) kütleli debiyi, M (kg) akışkanın kütlesini, Δt (s) ise zaman dilimini gösterir. Birim alandan birim zamanda geçen kütle ise kütleli akı,

$$\dot{m}(kg / m^2 s) = \frac{m}{A} \quad (1.2)$$

şeklinde tanımlanır. M kütlesi yerine, $\rho(kg / m^3)$ akışkanın yoğunluğu, V (m^3) ise akışkan hacmi olmak üzere ρV yazılırsa

$$\left(\frac{\rho V}{\Delta t} \right)_{giren} = \left(\frac{\rho V}{\Delta t} \right)_{çıkan} \quad (1.3)$$

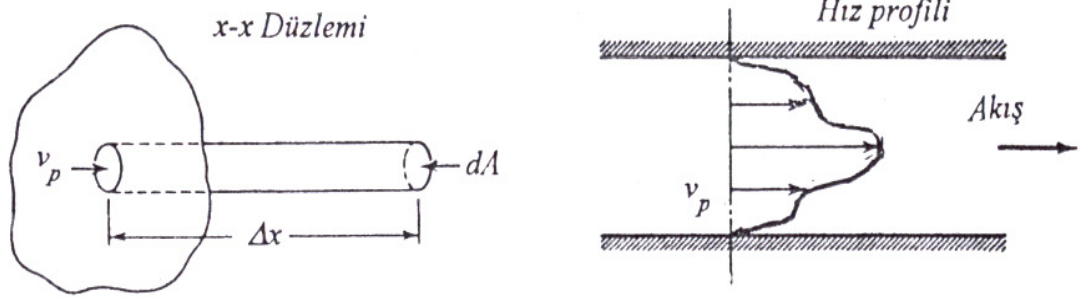
elde edilir. Şek.1.1'de görüldüğü gibi, belirli bir Δt zaman aralığında, verilen bir alanı geçen hacim miktarı veya hacimsel debi

$$Q_v \left(\frac{V}{\Delta t} \right) = \int \frac{\Delta x}{\Delta t} dA = \int v_p dA \quad (1.4)$$

şeklindedir. Burada Q_v (m^3 / s) hacimsel debiyi, v_p (m / s) herhangi bir noktadaki akışkan hızıdır. Birçok incelemede

$$\bar{v} \equiv \frac{\int v_p dA}{A} \quad (1.5)$$

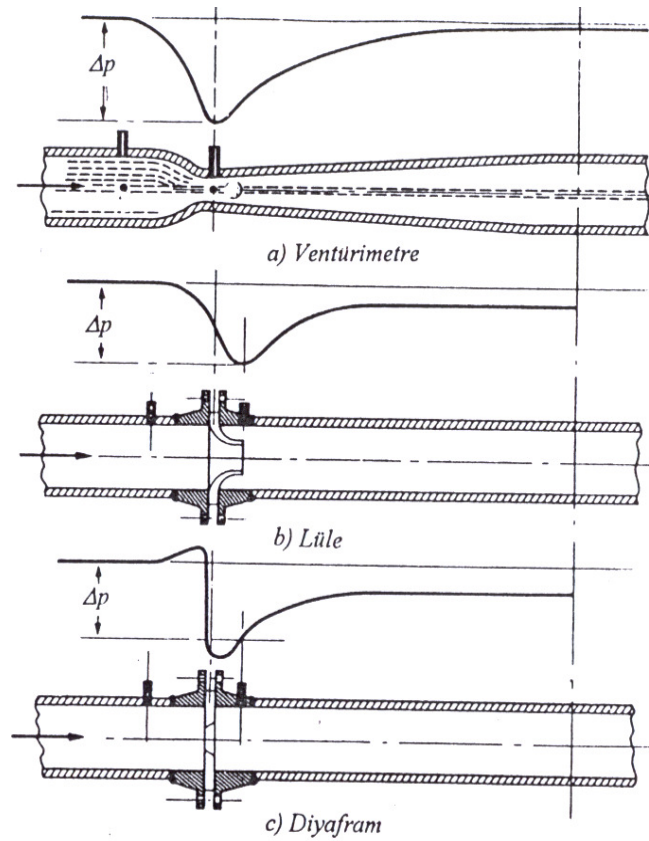
şeklinde tanımlanan ortalama hız kullanılması önemli kolaylıklar sağlar. (Genceli, 1994)



Şekil 1.1 Belirli bir zaman aralığında belirli bir düzlemden geçen hacimsel debi.
(Genceli, 1994)

2.KAPALI KANALLARDA KESİT DARALMASI İLE DEBİ ÖLÇÜMÜ

Kapalı kanallarda kanalda kesit daralması oluşturarak, akışta meydana gelen basınç farkının ölçülmesi ile akışkanın kütsel veya hacimsel debisi bulunabilir. Pratikte bu prensibe dayanan üç debi ölçer, (1) venturimetre, (2) lüle, (3) diyaframın (orifisin) prensip şemaları ile bunlardaki statik basınç değişimleri şekil 2.1 de verilmiştir.



Şekil 2.1 Kesit daralmasına dayanan üç tip debi ölçerin prensip şeması ve bunlarda statik basınç değişimleri.(Genceli, 1994)

Şekil 2.2 de görüldüğü gibi, böyle bir debi ölçmesini karakterize eden, üzerinde kesit daralması bulunan tek boyutlu bir akış sistemi göz önüne alınsın. Bu sistem için, ρ yoğunluğu, A kesit, v hız olmak üzere sürekli rejimde, iki kesitte kütleli debilerin eşitliği

$$m = \rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (2.1)$$

Şeklinde süreklilik denklemini verir. (Genceli, 1994)

2.1.Sıkıştırılmayan Akışkanlar Hali

Şek.2.2 deki akışın adyabatik ve sürtünmesiz olduğu varsayılırsa, Bernoulli Teoremine göre iki kesitte

$$\frac{p_1}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = \frac{p_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \quad (2.2)$$

eşitliği yazılabilir. Akışkan sıkıştırılmaz $\rho_1 = \rho_2 = \rho$, iki kesitteki yüksekliğin etkisinin diğer terimler yanında ihmal edilebilmesi $z_1 \approx z_2$ durumunda ve süreklilik denklemi göz önüne alınırsa, ikinci kesitteki teorik ortalama akışkan hızı için

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (2.3)$$

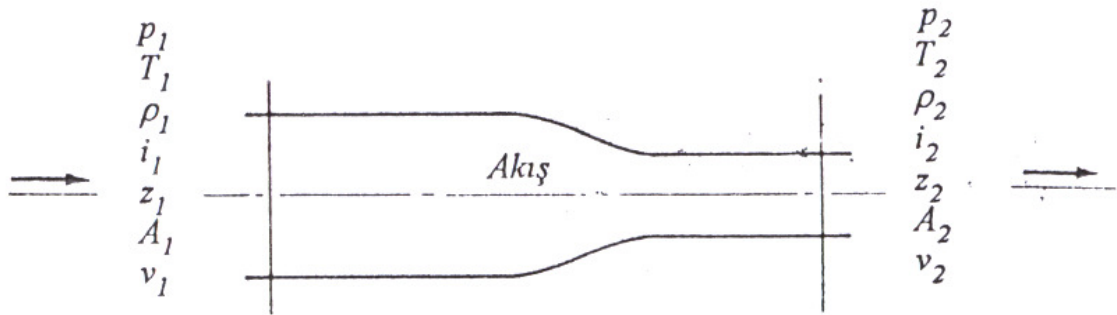
bağıntısı elde edilebilir. Bu kesitteki teorik kütleli debi ise

$$m_{teo.} = \rho A_2 v_2 = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)} \quad (2.4)$$

eşitliğinden bulunabilir. D akışın daralmadan önceki boru çapını, d daralma çapını göstermek üzere

$$\beta = \frac{d}{D} = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.5)$$

çap oranı olarak alındığında



Şekil 2.2 Tek boyutlu akış sistemi(Genceli, 1994)

$$M = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^4}} \quad (2.6)$$

v_1 geliş hızının etkisini gösteren katsayıdır. Bu nedenle M, kesit daralma elemanının “*yaklaşım hızı katsayısı*” (velocity of approach factor) olarak adlandırılır.

Gerçek akışta, hız ve basınç dağılımının düzgün olmaması ve daralma katsayısı nedeniyle teorik olarak elde edilen bu değer yardımıyla

$$m_{ger.} = C m_{teo.} \quad (2.7)$$

şeklinde gerçek akışa ait kütleli debi bulunabilir. Bu bağıntıda, “*boşaltma katsayısı*” (discharge coefficient) adını alan C katsayısı, daralma elemanının konstrüksiyonuna ve Reynolds sayısına bağlıdır.

Pratikte birçok uygulamada bu tip debi ölçerler için

$$K = CM = \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}} \quad (2.8)$$

şeklinde “*debi (verdi) katsayısı*” (flow coefficient) tanımı da yapılır. Bu durumda kütleli debi

$$m_{ger} = KA_2 \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)} \quad (2.9)$$

bağıntısından bulunur. $K = CM$ akış katsayısı, göz önüne alınan daralma elemanının geometrik büyüklüklerden yararlanılarak, teorik veya deneysel olarak tespit edilebilir. (Genceli, 1994)

2.2.Sıkıştırılabilir Akışkanlar Hali

Şek.2.2 deki sistemde çevresi ile ısı ve iş alış verişi olmayan, sürekli akışlı açık bir sistem varsayımı altında genel halde enerji denkleminin yazılması durumunda

$$i_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = i_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \quad (2.10)$$

elde edilir. Bu bağıntıda i akışkanın sisteme giriş ve çıkışındaki entalpi değerini göstermektedir. Sistemde akan akışkanın

$$p = \rho RT \quad (2.11)$$

şeklinde ifade edilebilen bir ideal gaz olduğu ve $c_p (kJ/m^3 K)$ sabit basınçta özgül ısı olmak üzere, entalpi değerinin $i = c_p T$ alınması, iki kesitteki yüksekliğin etkisinin diğer terimler yanında ihmal edilebilmesi $z_1 \approx z_2$ ve bu kanaldaki akışın

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^\gamma \quad (2.12)$$

şeklinde verilebilen, sürekli rejimde adyabatik akış olması durumunda, enerji denklemi için

$$\frac{v_2^2}{2} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2 \right] = \frac{\gamma}{\gamma-1} RT_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \quad (2.13)$$

elde edilebilir. Bu bağıntılarda $R(J/kgK)$ akan akışkanın gaz sabitini, $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$, sabit basınç ve sabit hacimdeki özgül ısıların oranını göstermektedir. Süreklilik denklemi göz önüne alındığında ikinci kesitteki teorik ortalama kütleli debi için

$$m_{teo.} = A_2 \rho v_2 = A_2 \frac{p_1}{\sqrt{RT_1}} \sqrt{2 \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{\left(\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}\right)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}}}} \quad (2.14)$$

eşitliği yazılabilir.

Pratikte kesit daralmasına göre debi ölçen cihazlarda genellikle $\frac{p_2}{p_1}$ çıkış ve girişteki basınç oranı yerine, $\Delta p = p_1 - p_2$ şeklinde basınçların farkları ölçülür. Sıkıştırılamaz akışkanların debi ölçümlerinde açıklandığı gibi, burada da C boşaltma katsayısı ile M yaklaşım hızı katsayısı tanımları göz önüne alındığında

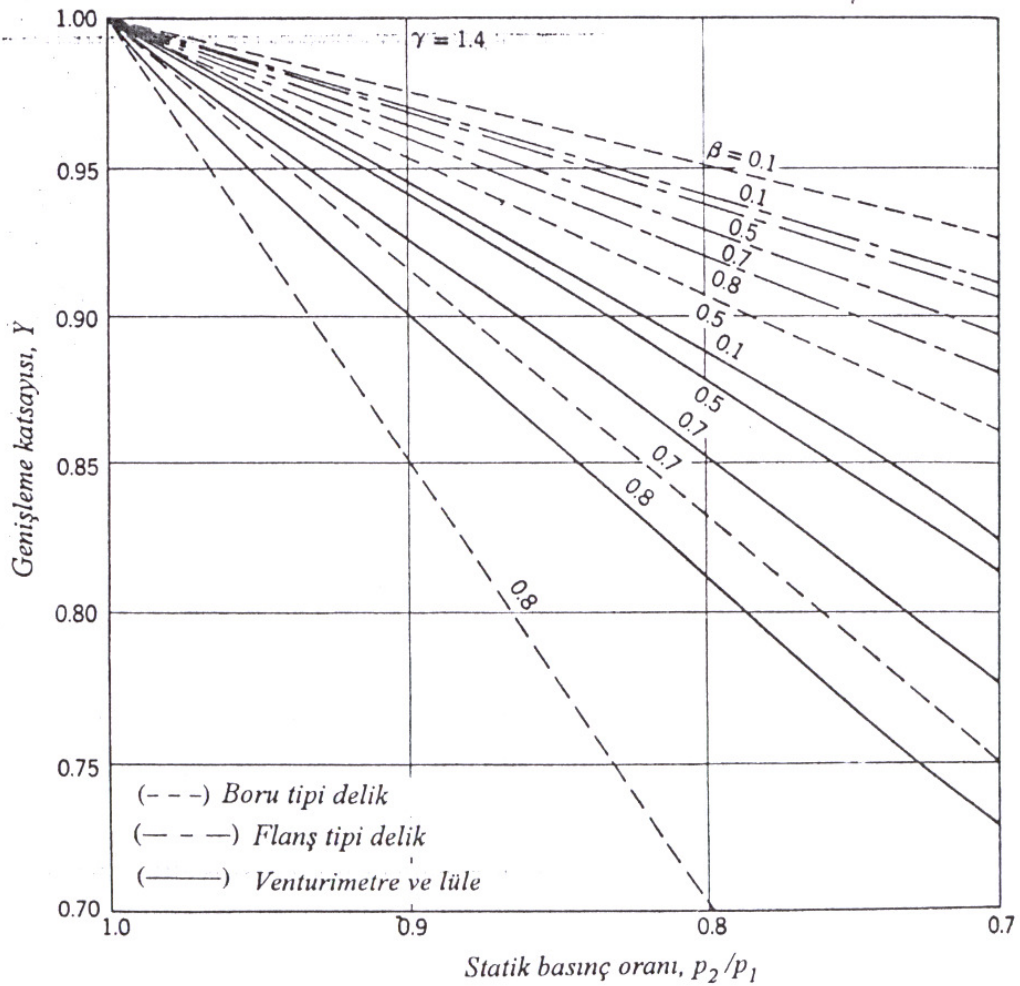
$$m_{ger.} = C M Y A_2 \sqrt{2 \rho_1 (p_1 - p_2)} \quad (2.15)$$

elde edilebilir. Bu denklemde Y “sıkıştırılabilir akış halindeki kütleli debinin sıkıştırılamaz haldeki kütleli debi” oranı şeklinde tanımlanan değere “genişleme katsayısı” (expansion factor) adı verilir. Venturimetre ve lüleler için bu katsayı

$$Y = \left[\frac{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}}}{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}}} \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}}} \frac{1 - \beta^4}{1 - \beta^4 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.16)$$

olup, burada $\beta = \frac{d}{D} = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ çap oranını göstermektedir.

Diyafram tipi debi ölçerlerde ise bu katsayı basınç ölçme deliğinin yerine bağlı olarak değişebilmektedir (Şekil 2.3). Basınç ölçme deliklerinin hemen diyaframın yanında olduğu *Flanş tipi* delik veya uzağında olduğu *boru tipi delik* için deneysel bağıntılar aşağıda verilmiştir. (Holman, 1989)



Şekil 2.3 Lüle, venturi ve diyafram için Y genişleme katsayısının değişimleri.

Flanş tipi delik:

$$Y = 1 - \left[0.41 + 0.35\beta^4 \right] \frac{p_1 - p_2}{\gamma p_1} \quad (2.17)$$

Boru tipi delik (delikler diyaframdan D ve D/2 kadar uzaklıkta olması hali)

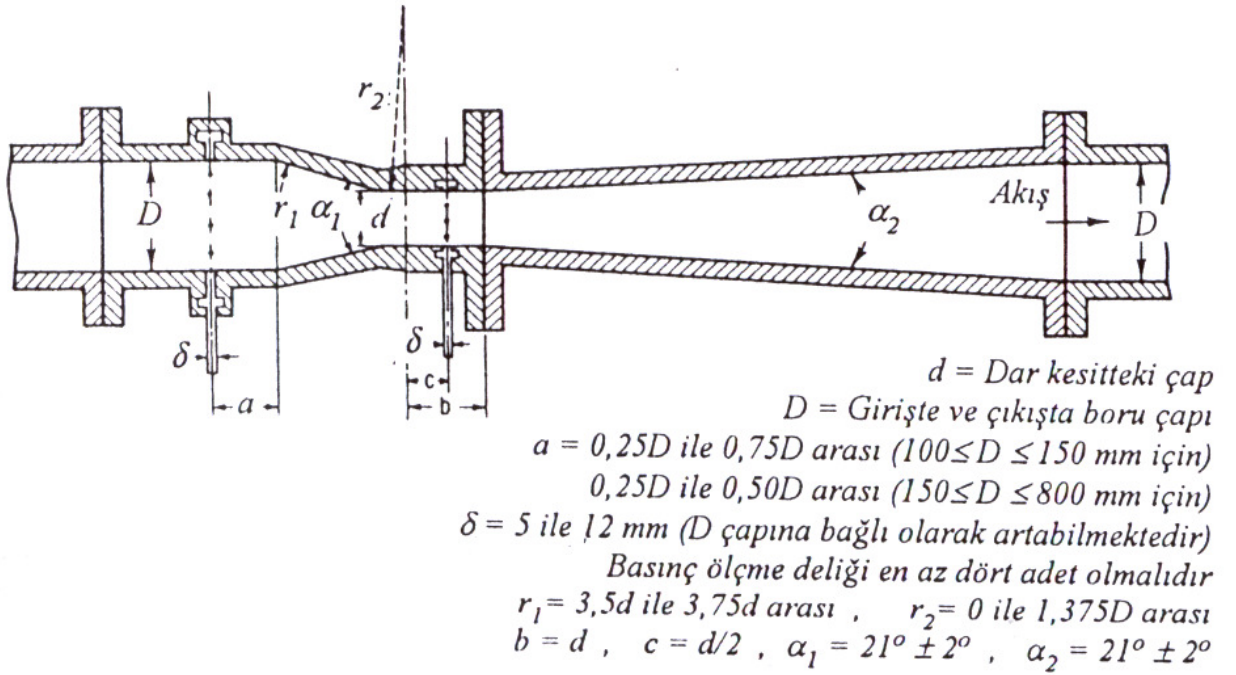
$$Y = 1 - \left[0.333 + 1.145 \left(\beta^2 + 0.7\beta^5 + 12\beta^{13} \right) \right] \frac{p_1 - p_2}{\gamma p_1} \quad (2.18)$$

şeklindedir. $0.8 \leq \frac{p_2}{p_1} \leq 1.0$ basınç oranları için, bu deneysel bağıntılar $\pm \%0.5$ hassasiyet ile kullanılabilir.

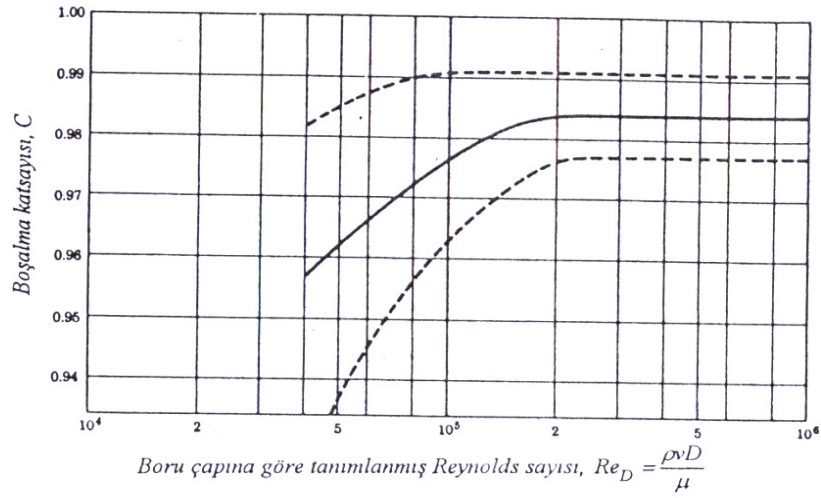
Akışkan olarak hava kullanılması durumunda ($\gamma = 1.4$) çeşitli basınç ve çap oranları için lüle, venturimetre ve diyaframlara ait bu bağıntıların değişimleri Şekil 2.3 de verilmiştir.(Benedict, 1966)

2.3.Kesit Daralmasına Dayanan Debi Ölçerlerin Konstrüksiyonu

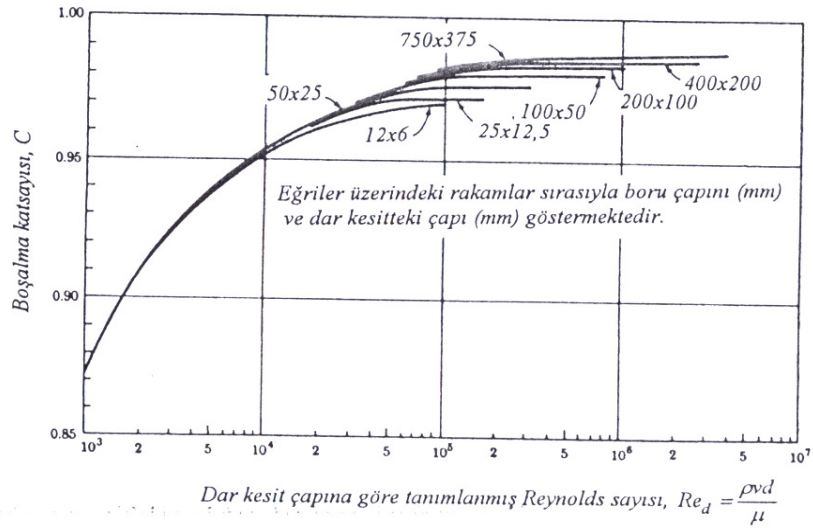
Çeşitli ülkeler bu tip debi ölçerlerin konstrüksiyonları için standartlar geliştirmişlerdir. Amerikan Mühendisler Birliği (ASME), Alman normlarına (DIN) ve Türk Standartlarına (TS) göre bu tip debi ölçerlerin konstrüksiyonlarına ait örnekler Şekil 2.4 ile Şekil 2.10 de görülmektedir.(ASME,1961 and DIN 1952)



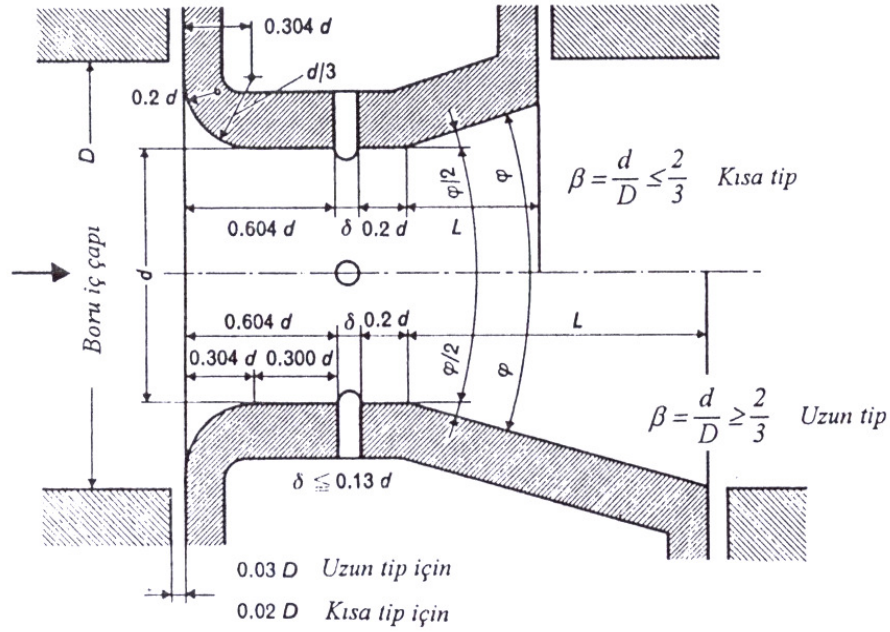
Şekil 2.4.a Amerikan Mühendisler Birliği ASME'nin önerdiği venturimetre tasarım karakteristikleri(Tuve, 1961)



Şekil 2.4.b ASME'nin önerdiği venturimetre için, C boşaltma katsayısının Reynolds Sayısı ile değişimi. ($D > 50$ mm ve $0.25 < \beta < 0.75$). Tolerans sınırları şekilde kesikli çizgi olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.4.c ASME'nin önerdiği değişik venturimetre dar kesit çapı için, C boşaltma katsayısının Reynolds sayısı ile değişimi



Şekil 2.5 DIN 1952'nin önerdiği venturimetre

ASME'nin önerdiği venturimetre tipi Şekil 2.4.a da verilmiş olup, bu konstrüksiyona göre yapılmış bir debi ölçerde, dar kesitteki çapın 50 mm den büyük olması halinde, C boşaltma katsayısının dar kesitteki hıza göre tanımlanmış Reynolds sayısına göre değişimleri Şekil 2.4.b de görülmektedir. Şekil 2.4.c de verildiği gibi, dar kesitteki çapın 50 mm den küçük olması halinde, C katsayısının değişimleri azalmaktadır. Bu katsayı, bu şekillerden alınabildiği gibi, daha hassas değerler istendiğinde doğrudan kalibrasyon ile bulunmalıdır.

Şekil 2.5 de görüldüğü gibi, DIN 1952 kısa ve uzun tip olmak üzere iki venturimetre dizaynı önermektedir. Bu önerilere uyulduğunda C boşaltma katsayısı değerleri Tablo 2.1 den alınabilir.(TS 1423, 1975)

Şekil 2.7 de ise DIN 1952 nin önerdiği kısa ve uzun tip olmak üzere iki grup lüle konstrüksiyonları görülmektedir(DIN 1952). Bunlar için boşaltma katsayıları;

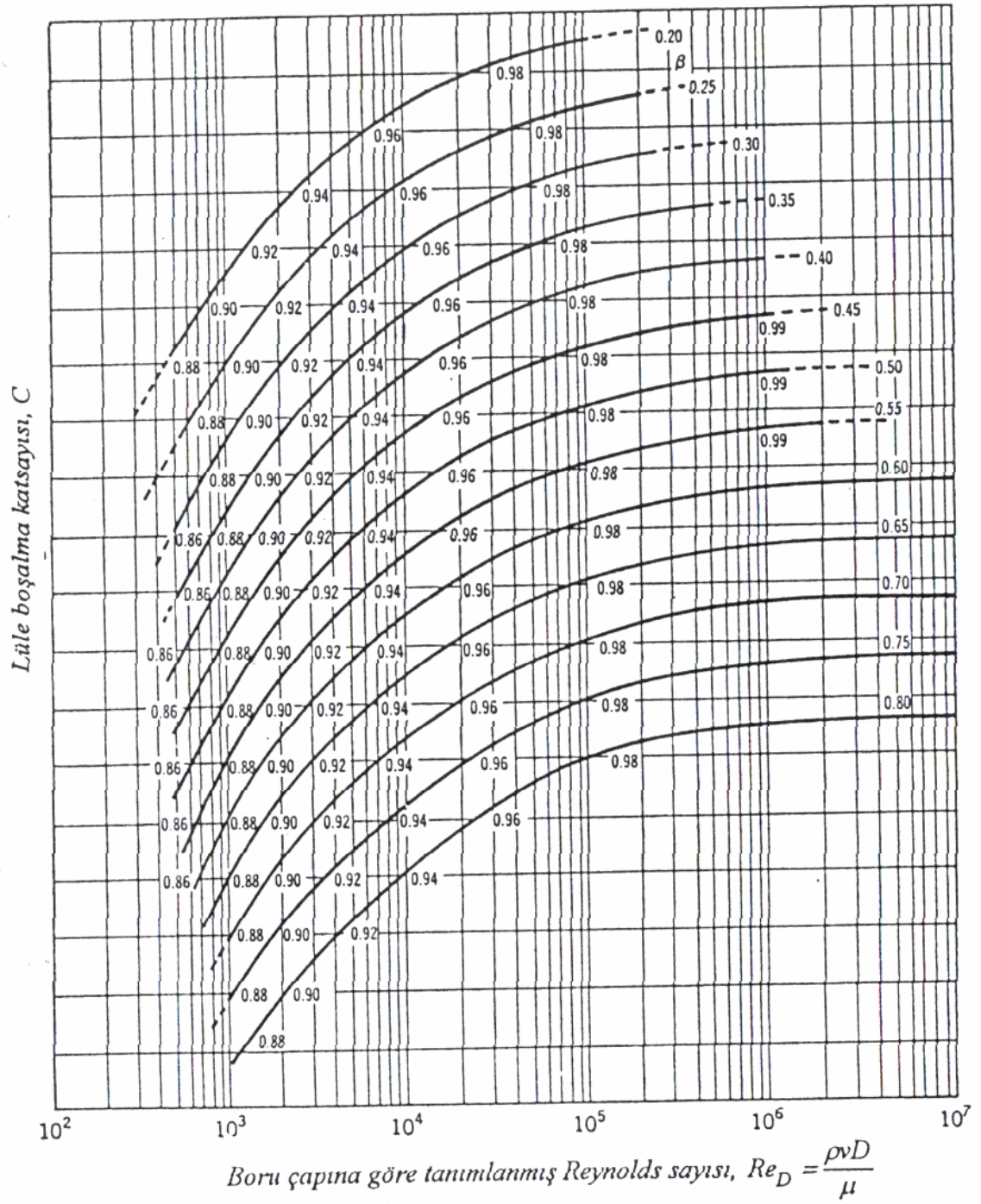
Kısa lülelerde

$$C = 0,9900 - 0,2262\beta^{4,1} + (0,000215 - 0,001125\beta + 0,00249\beta^{4,7}) \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{1,15} \quad (2.19)$$

Uzun lülerde

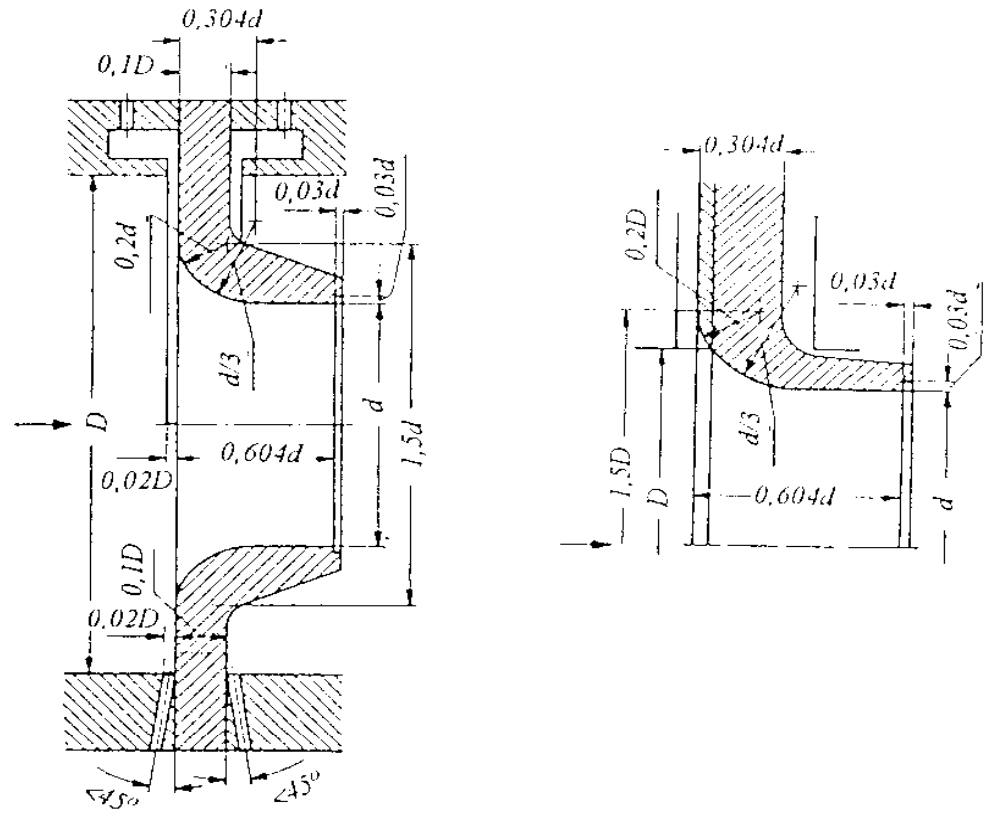
$$C = 0,9965 - 0,00653\beta^{0,5} \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0,5} \quad (2.20)$$

şeklindedir. Bu bağıntılardaki Re_D , boru çapına göre tanımlanmış Reynolds sayısıdır.

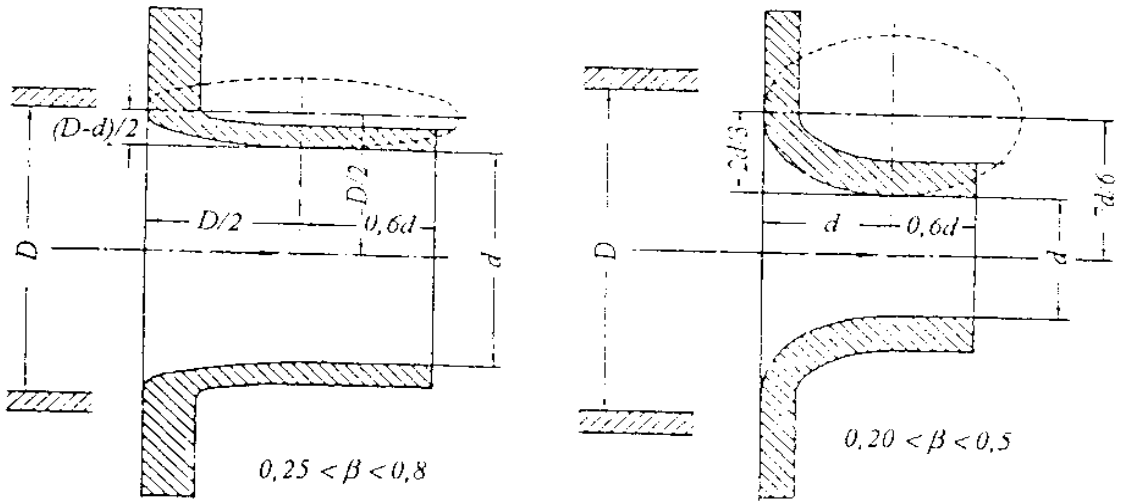


Şekil 2.6.b Amerikan Mühendisler Birliği ASME'nin önerdiği lüle için, C boşalma katsayısının Reynolds sayısı ile değişimi.

Basınç ölçme deliği girişte D kadar geride, çıkışta D/2 kadar önde.



a) ISA 1932 kısa lüleler



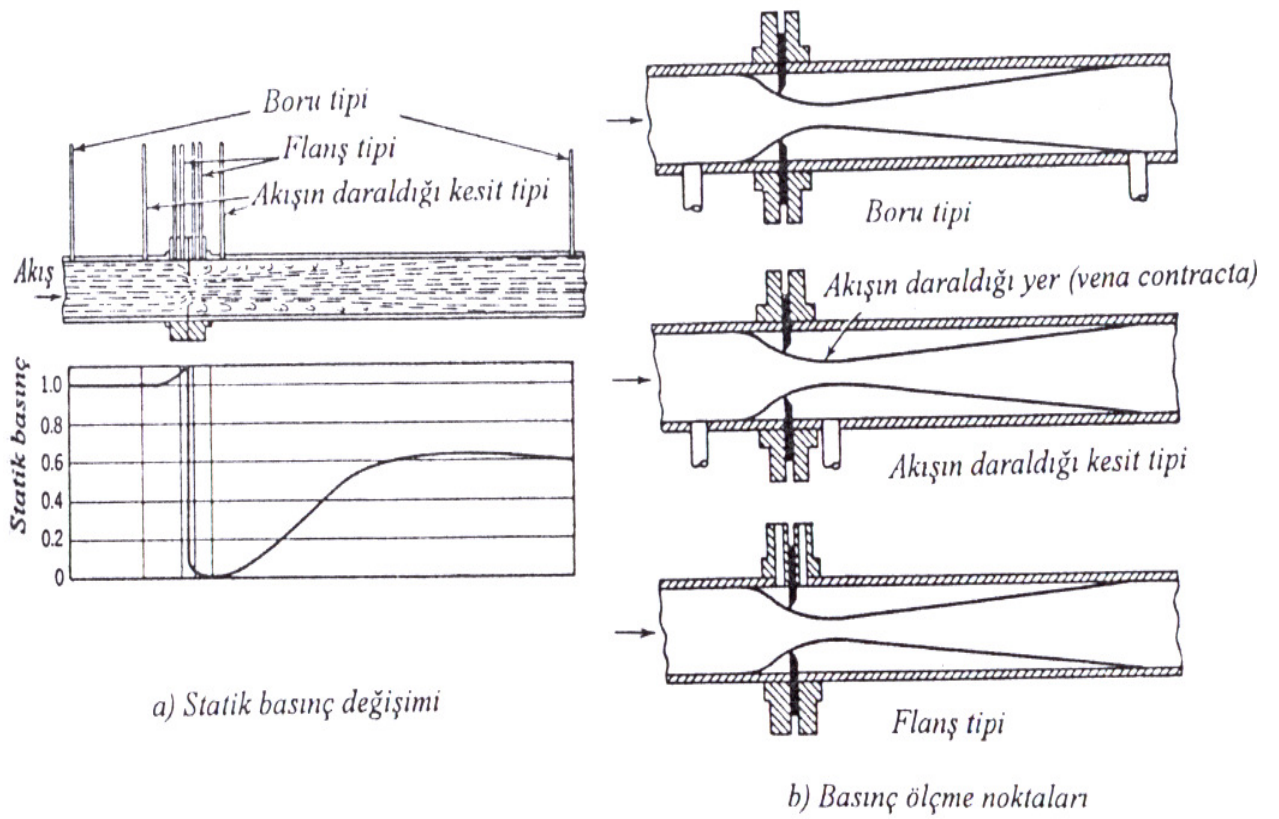
b) Uzun lüleler

Şekil 2.7 DIN 1952 nin önerdiği lüleler

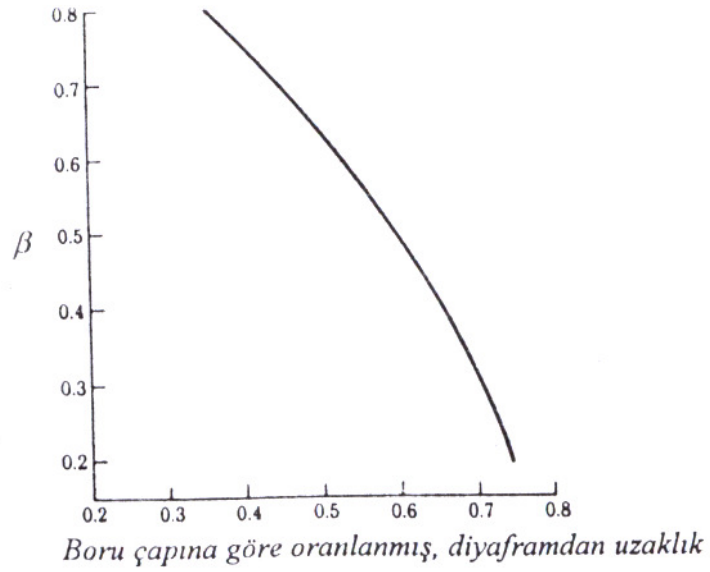
Diyafraam ile debi ölçülmesinde, basınç ölçme deliklerinin yerleri çok önemlidir.

Şekil 2.8.a da keskin kenarlı bir diyafraam boyunca statik basıncın değişimi, şekil 2.8.b

de ise üç değişik basınç ölçme noktası düzenlemesi; (1) *boru tipi*, (2) *akışın daraldığı kesit (vena contracta) tipi*, (3) *Flanş tipi* yerleri görülmektedir. Bu tip diyaframlarda akışın daraldığı kesitin (vena contracta) yeri, $\beta = d/D$ çap oranına göre değişimi şekil 2.8.c de verilmiştir.

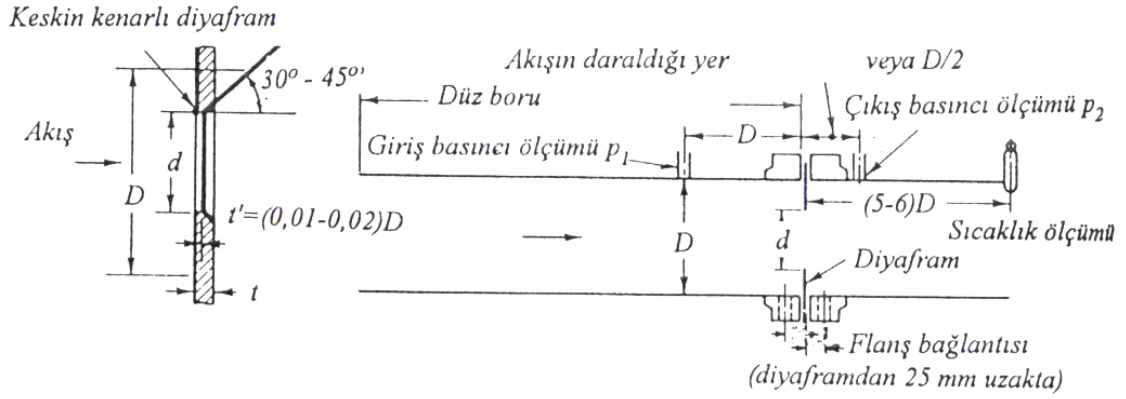


Şekil 2.8 Keskin kenarlı diyaframlarda basınç ölçme borusunun bağlantı yerinin statik basınç ölçmesine etkisi

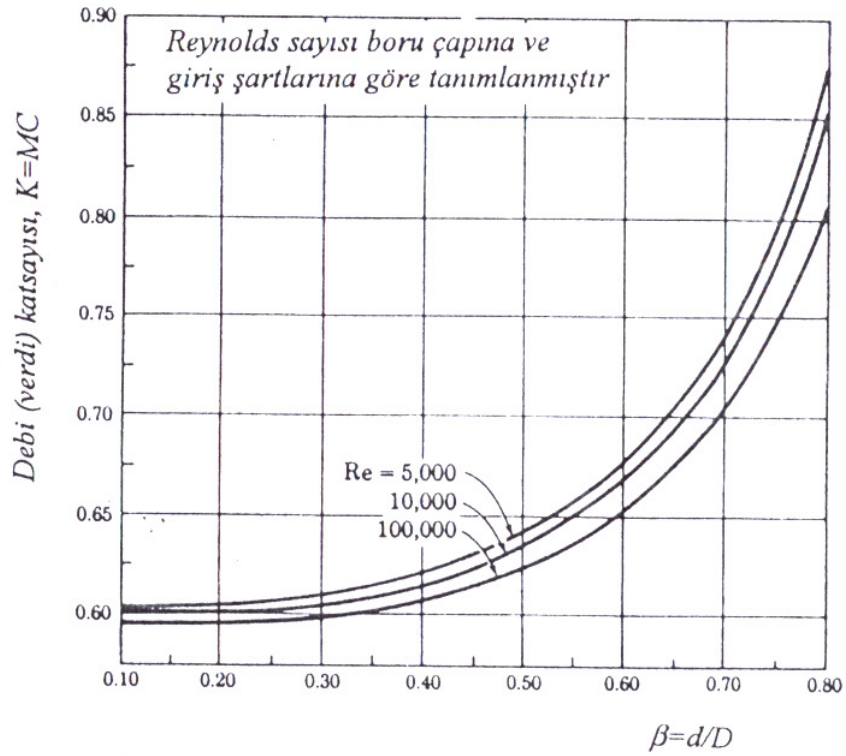


Şekil 2.8.c Diyaframlarda akışın daraldığı (vena contracta) yer.

Diyaframlar için ASME'nin önerdiği prensip şeması ve basınç ölçme yerleri, şekil 2.9.a da görülmektedir(ASME, 1971). Akış doğrultusunda basınç ölçme borusu yerinin diyaframdan D kadar geride ve $D/2$ kadar ileride olması durumunda, boru çapına göre tanımlanmış çeşitli Reynolds sayıları ve $\beta = d/D$ çap oranına göre, $K=MC$ debi katsayısının değişimleri, şekil 2.9.b de verilmiştir.



Şekil 2.9.a ASME'nin önerdiği diyafram ve basınç ölçme borularının bağlandığı yerler

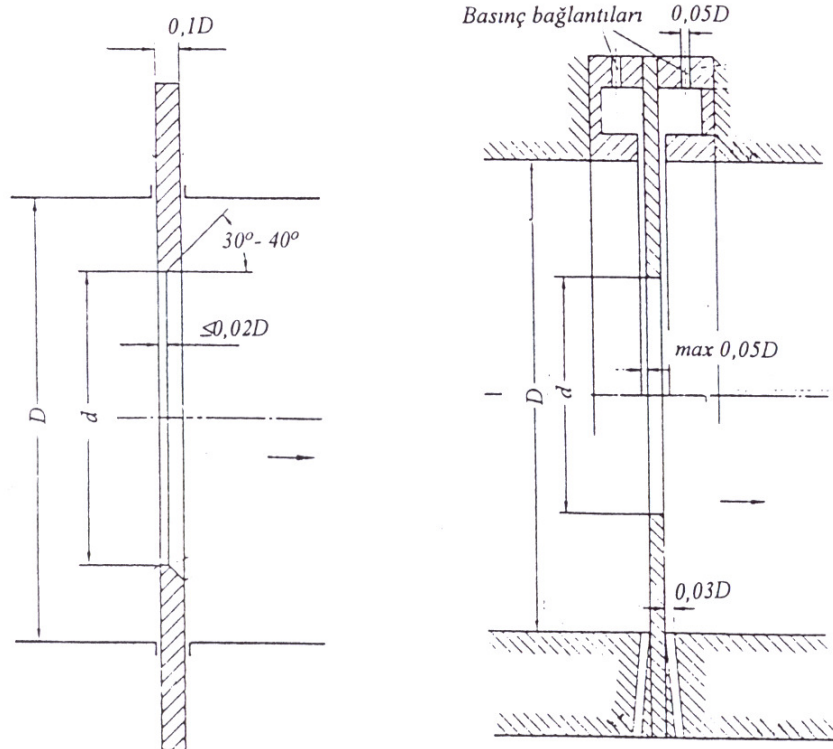


Şekil 2.9.b ASME'nin önerdiği diyafram için $K=MC$ debi katsayısının Reynolds sayısına göre değişimi

Basınç ölçme boruları D girişte D kadar geride, çıkışta $D/2$ kadar ileride ($30 < D < 75$ mm) DIN 1952'nin önerdiği keskin kenarlı diyafram ve basınç ölçme yerlerinin konstrüksiyonları, şekil 2.10 de verilmiştir. Bu tip diyaframlarda boşalma katsayısı

$$C = 0,5959 + 0,0312\beta^{2,1} - 0,1840\beta^8 + 0,029\beta^{2,5} \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0,75} + 0,09 \left(\frac{L_1}{D} \right) \beta^4 (1 - \beta^4)^{-1} - 0,0337 \left(\frac{L_2}{D} \right) \beta^3 \quad (2.21)$$

şeklindedir. Bu bağıntıda L_1 ve L_2 sırasıyla, diyaframdan önceki ve sonraki basınç ölçme noktalarının diyaframa uzaklıklarını göstermektedir.

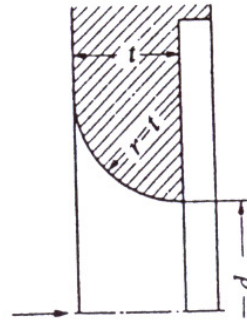


Şekil 2.10 DIN 1952 nin önerdiği diyaframlar

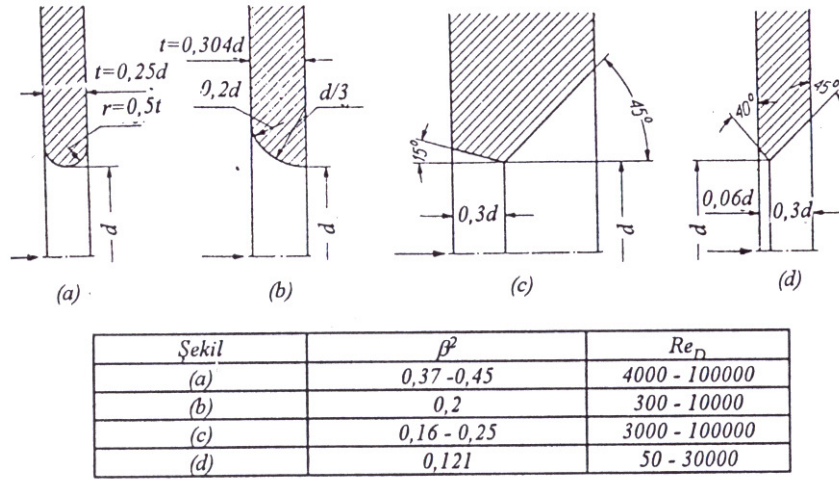
2.4.Küçük Reynolds Sayıları İçin Diyaframlar

Pratikte birçok mühendislik uygulamasında küçük debilerin ölçülmesi ile veya diğer bir anlatımla küçük Reynolds sayıları ile karşılaşılabilir. Daha önce incelenen kesit daralmasına dayanan standart debi ölçerlerin sınırlarının dışına çıkılabildiği böyle durumlarda, geliştirilmiş diyaframlara ait örnekler şekil 2.11 ve 2.12 da verilmiştir.

β^2	r/d	$K=MC$	Re_D
0,05	0,100	0,771	700 - 56000
0,16	0,112	0,792	650 - 140000
0,25	0,135	0,830	330 - 240000
0,36	0,208	0,903	300 - 270000
0,39	0,285	0,933	370 - 150000
0,44	0,377	0,974	250 - 200000
0,49	0,446	1,012	200 - 200000



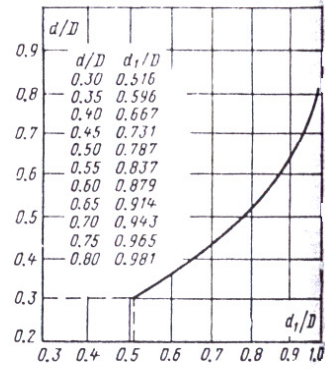
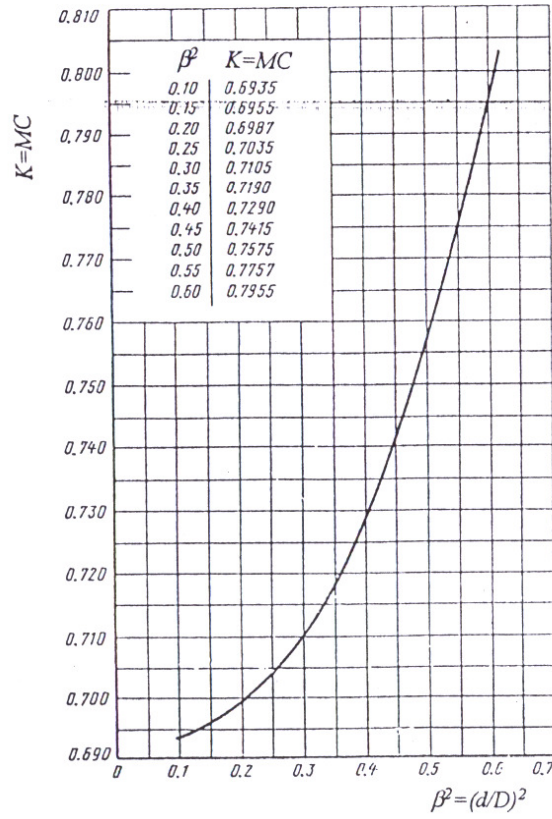
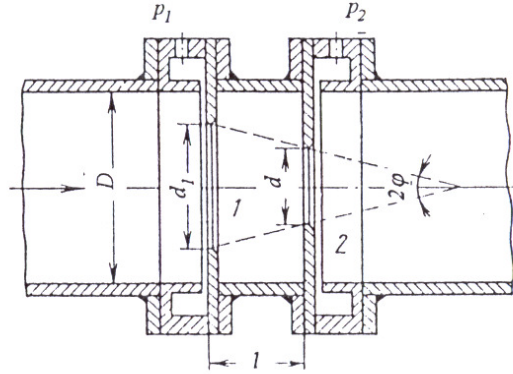
Şekil 2.11 Küçük Reynolds sayılarında kullanılan ağzı yuvarlatılmış diyafram



Şekil 2.12 Küçük Reynolds sayılarında kullanılabilen diyafram çeşitleri

Küçük Reynolds sayılı debi ölçmelerinde kullanılan diğer bir yöntemde çift diyafram kullanılmaktadır. Şekil 2.13.a da görüldüğü gibi, burada prensip olarak önce birinci diyaframda akıştaki hız (veya Reynolds sayısı) artırılır, sonra ikinci diyaframla debi ölçülür. Diyaframlar arasındaki $l=0,5D$, diyafram delikleri yardımıyla oluşturulan açı yaklaşık $\phi = 14 \pm 2^\circ$ olduğunda, deneysel olarak bulunmuş debi katsayısı $K=MC$ değeri, şekil 2.13.b de verilmiştir. (Genceli, 1994)

a) Çift diyafram

c) $l=0,5D$ durumunda d_1/D oranına göre d/D oranının değişimi

b) Debi katsayısı değişimi

Şekil 2.13 Çift diyafram konstrüksiyonu ve bu sisteme ait $K=MC$ debi katsayısı

2.5.Kirli Akışlarda Debi Ölçümü

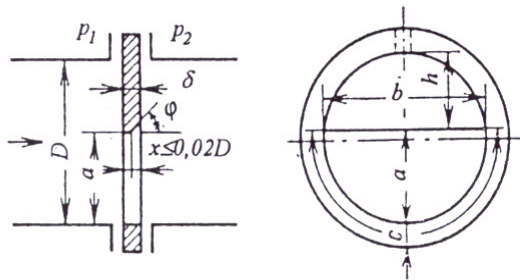
Çok kirli tanecikli sıvıların veya çok nemli ve tozlu gazların debilerinin ölçülmesinde standart diyaframlarda, diyaframın iki tarafında tanecik ve toz birikmesi hatalara neden olabilmektedir. Böyle durumlarda, şekil 2.14 de görüldüğü gibi, yarık tipi diyaframların kullanılması uygundur. Yarık yüksekliğine göre giriş ve çıkıştaki kesitlerin oranı

$$\beta^2 = \frac{A_2}{A_1} = \frac{\frac{D(c-b) + 2ba}{4}}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad (2.22) \quad \text{veya}$$

$$\beta^2 = \frac{I}{\pi} \left[\arccos \left(1 - \frac{2a}{D} \right) - 2 \left(1 - \frac{2a}{D} \right) \sqrt{\frac{a}{D} - \left(\frac{a}{D} \right)^2} \right] \quad (2.23)$$

yazılabilir. Bağıntılardaki a, b, c ve D şekil 14 de verilmiştir. Şekilde ayrıca K=MC debi katsayısı bir tablo halinde verilmiştir. (Genceli, 1994)

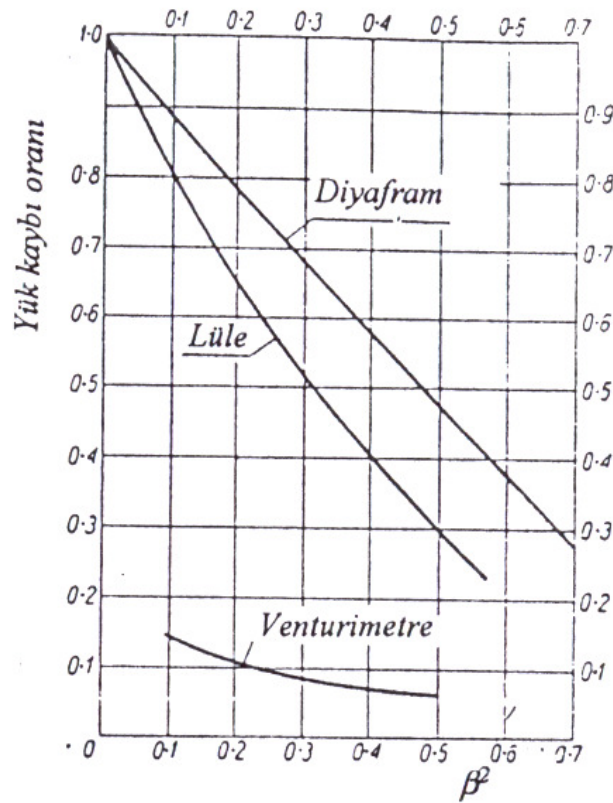
$\beta^2 = A_2/A_1$	$K=MC$	$(Re_D)_{lim}$
0,05	0,606	5000
0,1	0,610	10000
0,2	0,613	23000
0,3	0,626	40000
0,4	0,645	70000
0,5	0,674	120000
0,6	0,711	180000
0,7	0,756	250000
0,8	0,821	300000
0,9	0,917	370000



Şekil 2.14 Yarık tipi diyafram(Genceli, 1994)

2.6.Kesit Daralmasına Dayanan Debi Ölçerlerin Birbirleriyle Karşılaştırılması Ve Montajlarında Dikkat Edilecek Hususlar

Kesit daralmasına dayanan üç tip debi ölçerin birbirleriyle karşılaştırılmasındaki en önemli etkenlerden birisi, bu cihazlarda oluşan yük kaybıdır. $\beta^2 = \frac{A_2}{A_1}$ değerine göre üç tip debi ölçerdeki yük kaybının değişimi şekil 2.15 de verilmiştir. Görüldüğü gibi, diyafram ve lülelerde yük kaybı fazla iken venturimetrelerde oldukça küçüktür.



Şekil 2.15 Giriş ve çıkış kesitlerinin oranlarına göre diyafram, lüle ve venturimetrede yük kaybı değişimi

Kesit daralmasına dayanan üç tip debi ölçerin birbirlerine göre üstünlük ve sakıncaları aşağıdaki şekilde verilebilir.

1) Venturimetrelerin ölçme hassasiyetleri çok yüksektir. Şekil 2.1 ve Şekil 2.15 de görüldüğü gibi, diğer debi ölçerlerden farklı olarak, cihazda oluşan basınç kaybı büyük bir oranda yeniden kazanılabilir. Buradaki yük kaybı $0,1 \Delta p$ mertebesinde olup kesit oranına göre değişimi

$$\Delta p_{kayyp} = (0,18 - 0,2\beta^2) \Delta p \quad (2.24)$$

Bağıntısı ile verilebilmektedir. Cihazın biçimi akışa göre uygun olduğundan erozyona karşı dayanıklıdır. Bu nedenle dar kesitin çapı bozulmaz ve cihaz tortu tutmaz.

Bunlara karşılık venturimetre imalatı zor, ağır ve pahalıdır. Diğer cihazlara göre çok uzun ve büyük yer kapladıklarından her yerde kullanılamaz.

2) Venturimetrelerdeki kadar olmasa da lülelerde de basınç kaybı belirli bir oranda yeniden kazanılabilir. Bunlardaki yük kaybı

$$\Delta p_{kayyp} = \frac{1 - \beta^2}{1 + 0,9\beta^2 + \beta^4} \Delta p \quad (2.25)$$

Bağıntısı ile verilmektedir. Boyları venturimetreler kadar uzun değildir. Bunlar da erozyo mukavimdir ve tortu tutmaz.

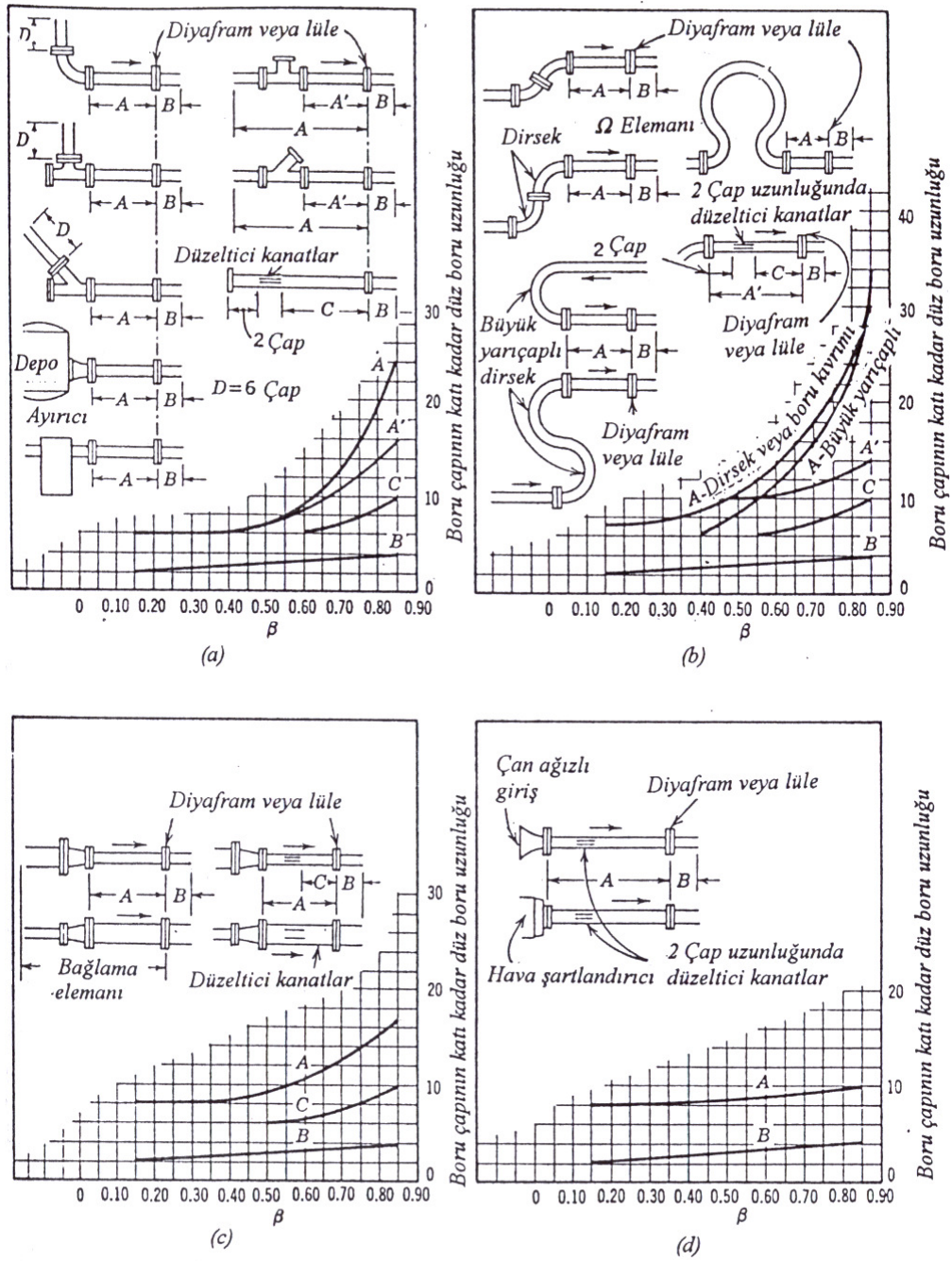
Lülelerin imalatı diyaframlardan daha zor ve pahalı, fakat venturimetrelerden daha kolay ve ucuzdur. Basınç ölçme borularının bağlantı yerlerine dikkat edilmelidir.

3) Diyaframların imalatı çok basit ve ucuzdur. Az yer kapladıklarından boru tesisatının üzerinde her yere monte edilebilir. Takılıp sökülmesi kolaydır.

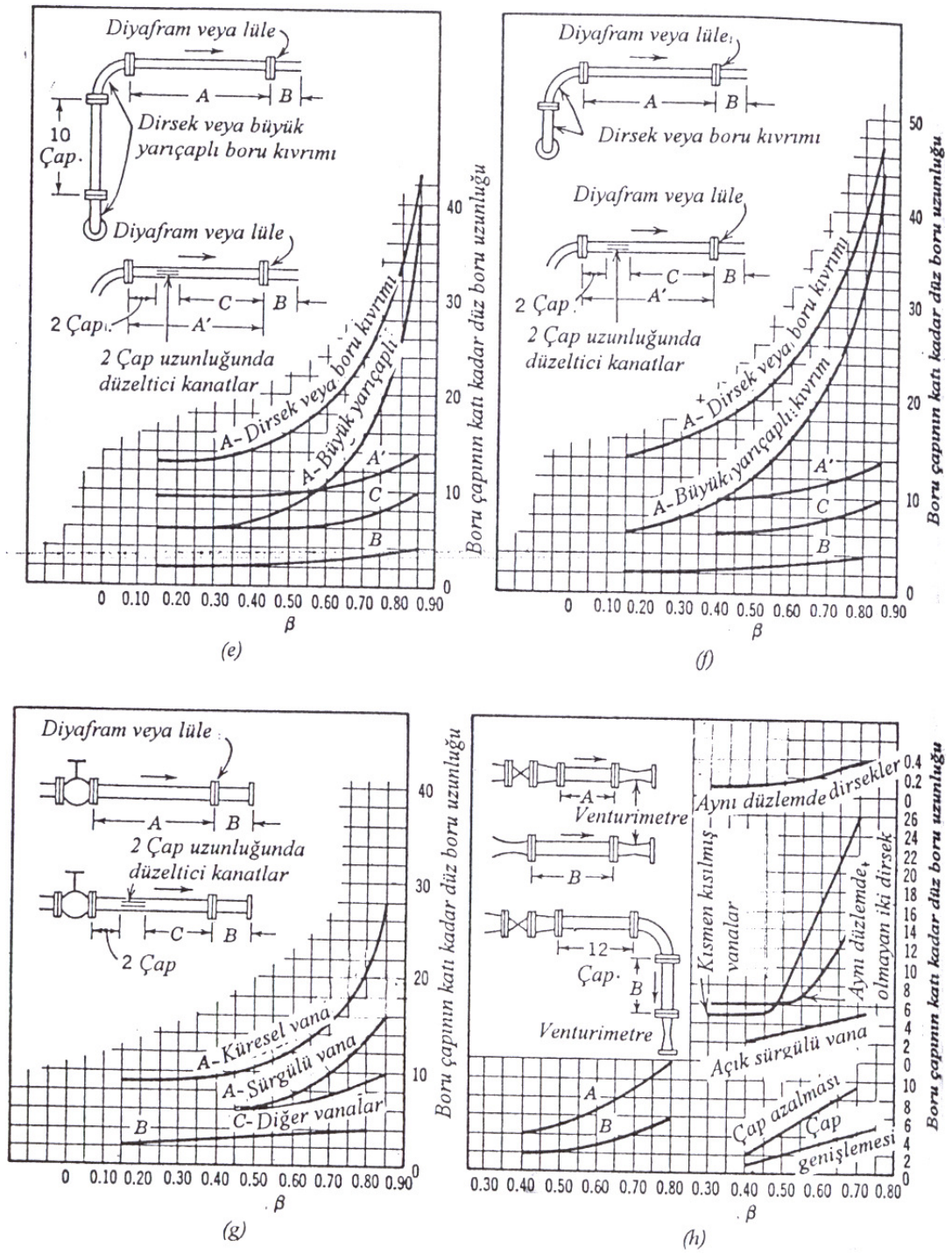
Bunlardaki yük kaybı

$$\Delta p_{kayyp} = (1 - \beta^2) \Delta p \quad (2.26)$$

Bağıntısı ile verilebilmektedir. Büyük kapasiteler için uygun değildir. Mukavemetleri fazla olmadığından, zamanla akıştaki darbelerden şekilleri bozulabilir. (Genceli, 1994)



Şekil 2.16 Akışı bozucu elemandan sonra venturimetre, lüle veya diyafram gibi debi ölçme aletine kadar olan düz boru uzunlukları



Şekil 2.16 Devam

Tablo 2.2 Akışı rahatsız eden bir elemanın debi ölçme cihazında yapabileceği hataların $\pm \%1$, $\pm \%1,5$ ve $\pm \%2$ olması için ölçme cihazı ile akışı rahatsız eden düz boru kısmının minimum uzaklığı(Clark, 1952)

Hata oranı yüzdesi	$\beta^2 = A_2/A_1$	$\beta = d/D$	Dik açılı bir dirsek, ayrı düzlemde iki dirsek veya T olması halinde düz boru uzunluğu	3/4 açık küresel veya sürgülü vana olması halinde düz boru uzunluğu	C boşalma katsayısını düzeltmek için gerekli çarpan
$\pm \% 1$	0,5	0,71	8D	14D	0,99
	0,4	0,63	7D	10D	
	0,3	0,55	5D	8D	
	0,2	0,45	4D	6D	
	0,1	0,32	3D	5D	
$\pm \% 1,5$	0,5	0,71	5D	9D	0,985
	0,4	0,63	4D	7D	
	0,3	0,55	3D	7D	
	0,2	0,45	3D	6D	
	0,1	0,32	3D	5D	
$\pm \% 2$	0,5	0,71	4D	7D	0,99
	0,4	0,63	3D	6D	
	0,3	0,55	3D	6D	
	0,2	0,45	3D	6D	
	0,1	0,32	3D	5D	

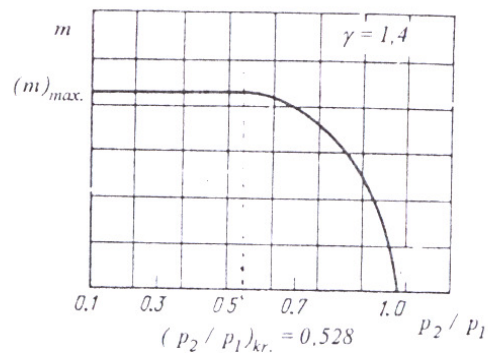
Debi ölçmesi yapılan boru veya kanal üzerindeki akışı rahatsız edebilen dirsek, T ayrımı, T birleşme, vana gibi elemanlar, lüle, diyafram ve venturimetrede ölçme hatalarına neden olabilir. Bu gibi akışı bozan elemanlar, adı geçen ölçme cihazlarından belirli uzaklıklarda olması gerekir. ASME'nin yaptığı çalışmalar sonucunda, bu tip debi ölçme cihazları ile akışı rahatsız eden elemanlar arasındaki uzaklıklar, pratik olarak boru çapının belirli katları olarak şekil 2.16 de verilmiştir. Akışı rahatsız eden elemanlardan sonra, boru içine akışı düzelten elemanların yerleştirilmesi ile bu uzaklıklar azaltılabilir.

Boru üzerindeki akışı rahatsız edici elemanların oluşturduğu hataların tespiti için Clark ve Starret, ASME nin çalışmalarından farklı bir yöntem önermişlerdir. Tablo 2.2 de görüldüğü gibi, bu çalışmada debi ölçmelerinde yapılabilecek hataların $\pm \%1$, $\pm \%1,5$ ve $\pm \%2$ olması için ölçme cihazı ile akışı rahatsız eden düz borunun minimum uzaklıkları verilmiştir.

2.7.Kritik Akış

Bütün kesit daralmasına dayanan debi ölçerlerde sıkıştırılabilir bir akışkan aktığında, çıkış basıncının veya $\frac{p_2}{p_1}$ basınçlar oranının belirli bir değerden sonra, dar kesitteki akışkan hızı ses hızına ulaşır ve bu durumda debi ölçerlerden maksimum debi geçer. Şekil 2.17 de karakterize edildiği gibi, $\frac{p_2}{p_1}$ oranı ne kadar küçülür ise küçülsün, debi ölçerden geçen debi değişmez.

$\gamma = c_p / c_v$	$(p_2 / p_1)_{kr.}$
1,2	0,564
1,3	0,546
1,4	0,528
1,5	0,512



Şekil 2.17 Kesit daralmasına dayanan debi ölçerlerde, sıkıştırılabilir bir akışkanın akması durumunda basınçlar oranı ile debi değişimi

İdeal gazlarda, γ sabit özgül ısı oranı ve izantropik akış için kritik çıkış basıncı ve bu kesitteki kritik sıcaklık ile kritik yoğunluk

$$(p_2)_{kr} = p_1 \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}, \quad (T_2)_{kr} = T_1 \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right), \quad (\rho_2)_{kr} = \rho_1 \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad (2.27)$$

bağıntıları ile bu durumda geçen teorik kütleli debi ise

$$m_{teo} = A_2 \left(\frac{p_1}{\sqrt{RT_1}} \right) \sqrt{\gamma} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma + 1}{2(\gamma - 1)}} \quad (2.28)$$

şeklinde verilebilmektedir. Gerçek debi için bu değerin C boşalma katsayısı ile çarpılması gerekir. Lüleler için bu katsayı $C \approx 0,97 - 1,0$ arasındadır. (Benedict, 1972)

3.ORİFİS HAKKINDA GENEL BİLGİLER VE ORİFİS TÜRLERİ

Bir deponun yüzeyinde bulunan veya açılan ve sıvının çıkmasını sağlayan çevresi kapalı açıklıklara orifis denir. Eğer akış orifisi tamamen dolduracak şekilde yani basınçlı olarak meydana geliyorsa veya diğer bir ifade ile su, orifisten fışkırarak dışarı çıkarsa böyle akımlara orifis akımları, şayet orifisten çıkan sıvı orifisi doldurmuyorsa veya orifisin çevresi kapalı değilse böyle akımlara savak akımları denir.(Topkaya, 1974)

Orifisler aşağıda belirtildiği gibi sınıflandırılırlar.

A) Orifisin üzerinde bulunduğu düzlemin durumuna göre;

- 1) Orifisin üzerinde bulunduğu düzlem düşey ise böyle orifislere düşey orifis (şekil 3.1.a ve b)
- 2) Orifisin üzerinde bulunduğu düzlem yatay ise böyle orifislere yatay orifis (şekil 3.1.c)
- 3) Orifisin üzerinde bulunduğu düzlem yatayla herhangi bir açı yapıyorsa böyle orifislere yan orifis (şekil 3.1.c) denir.

B) Orifisin geometrik şekline göre,

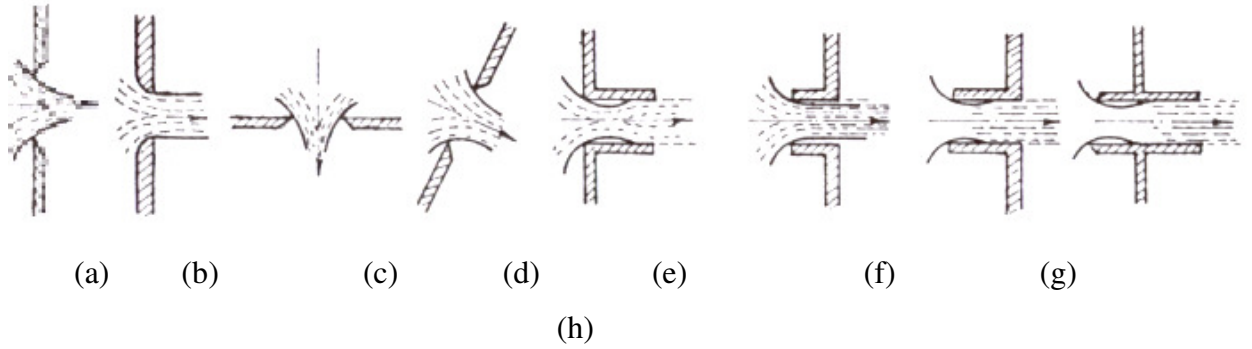
- 1) Orifisin geometrik şekli dikdörtgen ise, dikdörtgen kesitli orifis,
- 2) Orifisin geometrik şekli yamuk ise, yamuk kesitli orifis,
- 3) Orifisin geometrik şekli üçgen ise, üçgen kesitli orifis,
- 4) Orifisin geometrik şekli daire ise, dairesel kesitli orifis denir.

Geometrik şekli daire ince ve keskin kenarlı orifislere standart orifis denir.

C) Orifisin memba tarafındaki su seviyesine göre,

1) Eğer sıvı, orifisten doğrudan doğruya havaya fışkırırsa böyle orifislere serbest orifis ve bu akıma da serbest orifis akımı denir.

2) Eğer sıvı, orifisten doğrudan doğruya havaya değil de sıvı içine fışkırırsa veya diğer bir ifade ile, orifis diğer bir deponun, su seviyesi altına açılırsa böyle orifislere, batmış orifis ve bu akıma batmış orifis akımı denir.



Şekil 3.1

- (a) İnce ve keskin kenarlı düşey orifis
- (b) İnce ve yuvarlak kenarlı düşey orifis
- (c) İnce ve keskin kenarlı yatay orifis
- (d) İnce ve keskin kenarlı yan orifis
- (e) Dış lüleli orifis
- (f) ve (g) İç lüleli orifis
- (h) İç –Dış lüleli orifis

D) Orifisin lüleli veya uzatmalı olmasına göre;

Orifislere, orifis çapının bir veya üç katı uzunluğunda bir boru takılarak elde edilen orifislere uzatmalı veya lüleli orifisler denir.

Lülelerde üç kısma ayrılır;

1) Dış Lüleler

Orifislere, deponun dışına doğru takılan lülelerdir (şekil 3.1.e)

2) İç Lüleler

Orifislere deponun iç kısmına doğru takılan lülelerdir (şekil 3.1.f)

3) İç-Dış Lüleler

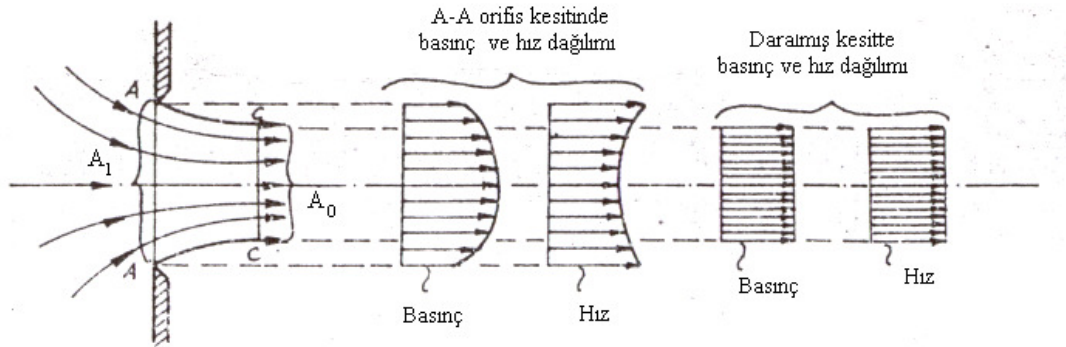
Bir kısmı deponun içinde ve bir kısmı da deponun dışında bulunan lülelerdir (şekil 3.1.h)

Bu son üç tür lüleye literatürde borda lüleleri de denir. Çok kalın kenarlı orifisler lüleli orifis olarak da kabul edilebilirler. Boru içine debi ölçmek için yerleştirilen diyaframlarda aslında birer orifistir. (Topkaya, 1974)

3.1.Standart orifis serbest akımının özellikleri

İnce ve keskin kenarlı dairesel (standart) bir orifisi ele alalım (şekil 3.2). Böyle bir orifisten sıvı elemanları ataletleri sebebiyle, orifisten tam bir 90° lik açı yaparak dönemedikleri için orifisten çıkan sıvı iplikleri birbirine yaklaşarak devam eder ve orifisten biraz uzakta sıvı jetinin kesit alanı en küçük olur. Bu kesite daralmış veya büzülmüş kesit denir. İnce ve keskin kenarlı dairesel kesitli (standart) orifislerde orifisin çapı d ise, daralmış kesit orifisten takriben $(d/2)$ uzaklıkta meydana gelir. Orifis

düzleminde sıvı elemanlarının, sıvı jeti eksenine doğru birer hız bileşeni olduğu için sıvı jeti eksenindeki basınç, atmosfer basıncından büyük olur. Daralmış kesitte ise akım ipçikleri birbirine paralel olduğu için bu kesitten itibaren sıvı ipçiklerinin basıncı p_0 atmosfer basıncına eşit olur. Ayrıca daralmış kesitte, sıvı jetinin kesiti en küçük olduğu için daralmış kesitte akım hızı maksimum ve akım ipçiklerinin hızları birbirine eşit olur. Yalnız sıvı jeti dış yüzeyinin atmosfere sürtünmesi sebebiyle dış yüzeyde bulunan sıvı ipçiklerinin hızları biraz azalır.



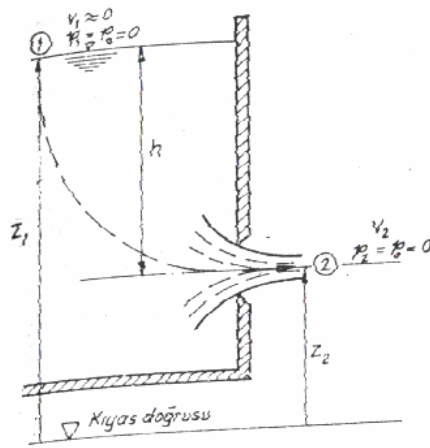
Şekil 3.2

Daralmış kesit alanı: $A_0 = C_c A_1$ veya $C_c = \frac{A_0}{A_1}$ (3.1)

Burada A_0 daralmış kesit alanı
 A_1 orifis alanı
 C_c daralma veya büzülme katsayısı

Orifislerde debi tayini, akım ipçikleri basıncının atmosfer basıncına eşit bulunduğu ve dolayısı ile akım hızlarının da birbirine eşit olduğu daralmış kesite göre yapılır. (Topkaya, 1974)

3.2.Orifisten Çıkan Sıvı Jeti Hızının Ve Orifis Debisinin Tayini



Şekil 3.3

Şekil 3.3 de gösterildiği gibi kesit alanı çok büyük olan bir depoya ait orifisin kesit alanı A_1 ve depodaki su yüksekliği de sabit olsun. Orifis eksenini ile sabit su yüzeyi arasındaki mesafeyi h ile gösterelim. Sıvı jetinin teorik hızını hesaplamak için sıvının serbest yüzeydeki 1 noktası ile daralmış kesit eksenindeki 2 noktası arasına Bernoulli denklemini uygulayalım.

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{(r)_{1-2}} \quad (3.2)$$

Burada:

- 1) 1 noktası, sıvının serbest yüzeyinde bulunduğu için p_1 basıncı atmosfer basıncına eşittir.
- 2) Depo yüzeyi çok geniş olduğu için v_1 hızı sıfır kabul edilir.
- 3) 2 noktası, daralmış kesit üzerinde bulunduğu için p_2 basıncı atmosfer basıncına eşittir.
- 4) Teorik hız hesaplandığı için dikkate alınan sıvı ideal yani viskozitesi sıfır olup 1 ve 2 noktaları arasındaki yük kaybı ($\Delta h_{r_{1-2}} = 0$) sıfır olur.
- 5) $v_2 = v_{teorik}$
- 6) $z_1 - z_2 = h$ olup Bernoulli denkleminde yerine koyulursa, sıvı jetinin hızı:

$$v_{teorik} = \sqrt{2gh} \quad (3.3) \text{ bulunur.}$$

Bu eşitlik ilk defa Toriçelli tarafından bulunduğu için buna Toriçelli Denklemi veya Toriçelli Teorimi denir.

Toriçelli teoremine göre, orifisten çıkış hızı, sıvının γ özgül ağırlığına tabi olmayıp h yüksekliğinden serbest olarak düşen bir cismin hızına eşittir.

Sıvının 1 ile gösterilen serbest yüzeyinde bulunan bir sıvı elemanı, orifisin iç yüzeyinde basınç enerjisine sahip olup bu enerji orifisten çıkışta kinetik enerjiye çevrilir. Bu sebeple orifisler, basınç enerjisini kinetik enerjiye çeviren bir transformatör kabul edilebilir.

Orifisten çıkan teorik debi;

$$Q_{teo} = A_1 v_{teo} \quad (3.4)$$

Burada Q_{teo} orifisten çıkan teorik debiyi

A_1 orifis alanını

v_{teo} sıvı jetinin teorik hızını belirtir.

Uygulamada orifisten çıkan gerçek debi, hesaplanan teorik debiden aşağıdaki iki sebepten dolayı küçüktür.

1- Sürtünme sebebiyle gerçek hız teorik hızdan daha küçüktür. Bu nedenle gerçek hız;

$$v = c_v v_{teo} = c_d \sqrt{2gh} \quad \text{veya} \quad c_v = \frac{v}{v_{teo}} = \frac{v}{\sqrt{2gh}} \quad (3.5)$$

eşitliği ile elde edilir.

Burada v sıvı jetinin gerçek hızı

$v_{teo} = \sqrt{2gh}$ sıvı jetinin teorik hızı

c_v hız katsayısıdır.

2- Orifisin debisinin hesabında, yukarıda belirtilen özelliklerden dolayı esas kabul edilen daralmış kesit alanı A_0 , orifis alanı A_1 den küçük olup yukarıdaki $C_c = \frac{A_0}{A_1}$ eşitliği ile ifade edilir. Burada C_c daralma veya büzülme katsayısıdır.

Bu suretle orifisten çıkan gerçek debi,

$$Q_{ger} = A_0 v \quad (3.6) \text{ olur.}$$

A_0 ve v değerleri yerine konularak :

$$Q = (C_c A_1) (C_d \sqrt{2gh}) = C_c C_v A_0 \sqrt{2gh} = C_d A_0 \sqrt{2gh} \quad (3.7)$$

Burada Q orifisten çıkan gerçek debi
 $C_d = C_c C_v$ debi katsayısı
 A_1 orifis alanını
 g yerçekimi ivmesi
 h ofris eksenini ile su yüzeyi arasındaki yükseklik farkıdır.

C_d katsayısı orifisin cinsine göre deneysel olarak tayin edilir.

Standart orifis akımlarında;

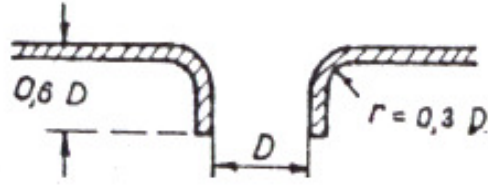
$$\text{Daralma katsayısı } C_c = \frac{\text{Daralma alanı}}{\text{orifis alanı}} = 0,61 - 0,64$$

$$\text{Hız katsayısı } C_v = \frac{\text{Gerçek hız}}{\text{Teorik hız}} = 0,96 - 0,98$$

$$\text{Debi katsayısı } C_d = \frac{\text{Gerçek debi}}{\text{Teorik debi}} = C_c C_v = 0,59 - 0,63$$

Uygulamada genel olarak $C_d = 0,62$ kabul edilir.

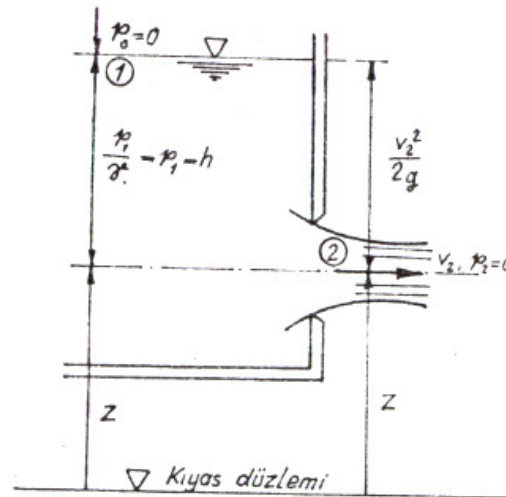
Büzülmeye sebep olan orifislerin debisi kararlı değildir. Orifisin debisini kararlı hale getirmek için şekil 3.4 de olduğu gibi uzunluğu $L=0,3 D$ olacak şekilde yuvarlatılmış bir kısım eklenir. Bu durumda büzülme katsayısı (C_c) 1 olur ve debi katsayısı (C_d) 0,96-0,99 olur. (Topkaya, 1974)



Şekil 3.4

3.3.Serbest Orifislerin Randımanı

Orifisler basınç enerjisini kinetik enerjiye dönüştüren birer transformatördür. Bir enerji dönüşümünde ise daima bir yük kaybı meydana gelir.



Şekil 3.5

Orifisin randımanını, Bernoulli denklemi yardımıyla bulabiliriz.

$$\text{Randıman } \eta = \frac{\text{Orifisten çıkan enerji yüksekliği}}{\text{Orifise giren enerji yüksekliği}} \quad (3.8)$$

$$\eta = \frac{z + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}}{z + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}} \quad (3.9)$$

ve burada

$$\frac{p_1}{\gamma} = h, \quad p_2 = p_0 = 0 \quad \text{ve} \quad v_1 = 0$$

olup

$$\eta = \frac{z + \frac{v_2^2}{2g}}{z + h} \quad (3.10)$$

bulunur.

Kıyas doğrusunun orifis ekseninden geçtiğini kabul edersek, bu durumda $z=0$ olup

$$\eta = \frac{\frac{v_2^2}{2g}}{h} = \frac{v_2^2}{2gh} = \left(\frac{v_2}{\sqrt{2gh}} \right)^2 \quad (3.11)$$

bulunur.

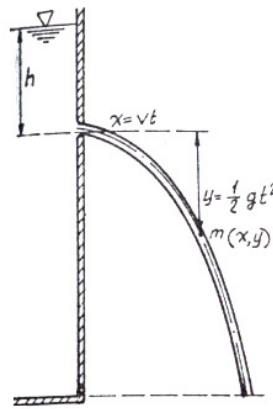
$$\text{Sonuçta } \frac{v_2}{\sqrt{2gh}} = C_v \quad \text{hız katsayısı olup, orifisin randımanı hız katsayısının}$$

karesine eşit olur.

Uzatmalı orifisler için $C_v = 0,82$ ve $\eta = C_v^2 = 0,82^2 = 0,67$ dir. (Topkaya, 1974)

3.4.Orifisten Çıkan Su İpçığı Denkleminin Tayini

h su yükü altında bir orifisten çıkan su ipçığının herhangi bir m noktasının apsisi x ve ordinatı y olsun.



Şekil 3.6

Büzülmüş kesitteki akım hızı v kabul edildiğinde, t zamanı sonunda dikkate alınan m sıvı elemanının apsisi $x = vt$ ve serbest düşüm kanununa göre ordinatı $y = \frac{1}{2}gt^2$ olur. Bu iki denklem arasında t yok edilerek:

$$x^2 = \frac{2v^2}{g}y \text{ veya } v = \sqrt{\frac{gx^2}{2y}} \quad (3.12) \text{ bulunur.}$$

Bu ise, tepe noktası orifiste bulunan bir parabol denklemdir. Diğer taraftan $v_{ger} = C_v \sqrt{2gh}$ olup, yerine koyarsak

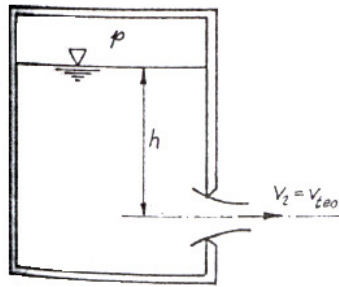
$$x^2 = 4 C_c^2 h y \quad (3.13)$$

ve buradan hız katsayısı

$$C_c = \sqrt{\frac{x^2}{4yh}} \quad (3.14) \text{ bulunur. (Topkaya, 1974)}$$

3.5.Basınçlı Depo Orifislerinden Çıkan Sıvı Hızı Ve Debinin Tayini

Üstü kapalı ve basınçlı bir sıvı deposunu dikkate alalım.



Şekil 3.7

Bu durumda sıvının yüzeyine tesir eden bir p basıncının, $h_1 = \frac{p}{\gamma}$ sıvı yüksekliğine eş değer olan yüksekliğinin depodaki h yüksekliğine ilave etmek gerekir. Yani deponun basınçlı olması halinde depodaki sıvı yüksekliği ($h + h_1 = h + \frac{p}{\gamma}$) alınır.

$$v_{teo} = \sqrt{2g \left(h + \frac{p}{\gamma} \right)} \quad (3.15) \text{ olur.}$$

p basıncının çok büyük olması durumunda h sıvı yüksekliği, p ye göre ihmal edilebilir. Bu durumda:

$$v_{teo} = \sqrt{2g \left(\frac{p}{\gamma} \right)} \quad \text{ve} \quad Q_{teo} = A_0 \sqrt{2g \frac{p}{\gamma}} \quad (3.16) \text{ şeklinde alınır.}$$

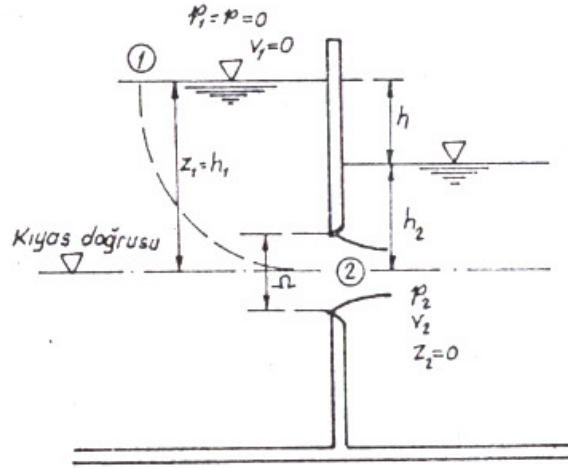
Bu eşitliklerden özgül ağılıkları birbirinden farklı iki sıvının, aynı basınçlı ve aynı orifis alanlı bir depodan çıkış hız ve debileri arasında:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\gamma_1}{\gamma_2}} \quad (3.17) \text{ bağıntısı bulunur. (Topkaya, 1974)}$$

3.6. Batmış Orifislerden Çıkan Sıvı Jeti Hızının Ve Orifis Debisinin Tayini

Birbirine bir orifis ile bağlı bulunan iki depo arasındaki seviye farkı h , orifis ekseninden itibaren birinci depodaki su yüksekliği h_1 ve ikinci depodaki su yüksekliği h_2 olsun. Birinci depodan ikinci depoya geçen sıvı akımının hızını hesaplayabilmek için orifis ekseninden geçen yatay bir kıyas doğrusuna göre 1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli denklemi uygulanır:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{(r)1-2} \quad (3.18)$$



Şekil 3.8

Burada $z_1 = h_1$, $z_2 = h_2$ ve $h_1 - h_2 = h$

$p_1 = p_0 =$ atmosfer basıncı

$v_1 \approx 0$ depo yüzeyi çok geniş olduğu için

$\Delta h_{(r)1-2} = 0$ 1 ve 2 noktaları arasında yük kaybını sıfır kabul edelim.

$\frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} + h_2 = h_2$ olup bu değerler Bernoulli denkleminde yerine koyulursa,

Teorik hız ; $v_{2teo} = \sqrt{2gh}$ (3.19)

Teorik debi; $Q_{teo} = A_0 \sqrt{2gh}$ (3.20)

Gerçek debi; $Q_{ger} = C_d A_0 \sqrt{2gh}$ (3.21) olarak bulunur.

Burada h su seviyeleri arasındaki kot farkı

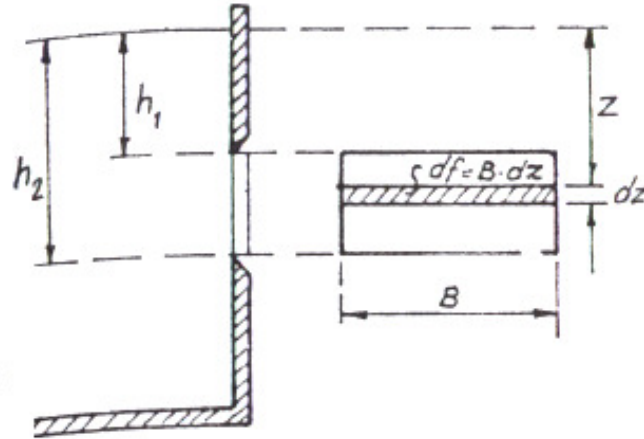
A_0 Orifis alanı

C_d Debi katsayısı olup, deneysel olarak bulunur.

Batmış orifislere ait C_d debi katsayısı, batmamış orifislerinkinden %10 oranında küçüktür. (Topkaya, 1974)

3.7.Dikdörtgen Kesitli Düşey Bir Orifis Debisinin Tayini

Orifislerin debileri aşağıdaki yolla da bulunabilir.



Şekil 3.9

Dikdörtgen düşey bir orifisin genişliği B , üst kenarının su yüzeyine mesafesi h_1 ve alt kenarının su yüzeyine mesafesi h_2 olsun.

Bu durumda orifisten z yükü altında çıkan suyun teorik hızı :

$$v = \sqrt{2gz} \quad (3.22) \text{ olur.}$$

$df = (B dz)$ alanından geçen teorik debi:

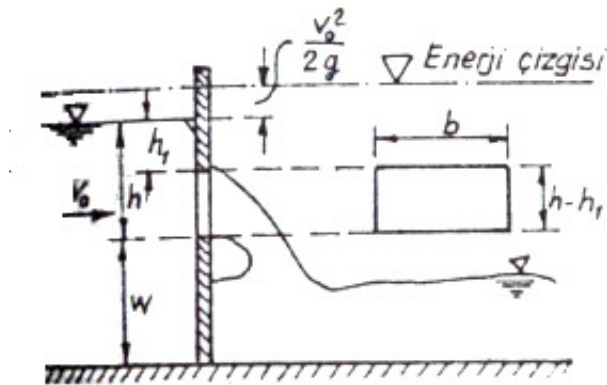
$$dQ = df v = B \sqrt{2gz} dz \text{ olup}$$

Bu denklem h_1 ve h_2 sınırları arasında entegre ederek teorik debi:

$$Q_{teo} = \frac{2}{3} B \sqrt{2g} \left(h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}} \right) \quad (3.23) \text{ ifadesi elde edilir. (Topkaya, 1974)}$$

3.8.Uygulamada Kullanılan Düşey Orifis Denklemleri Ve Debi Katsayıları

3.8.1.Orifisten çıkışın tamamen serbest



Şekil 3.10

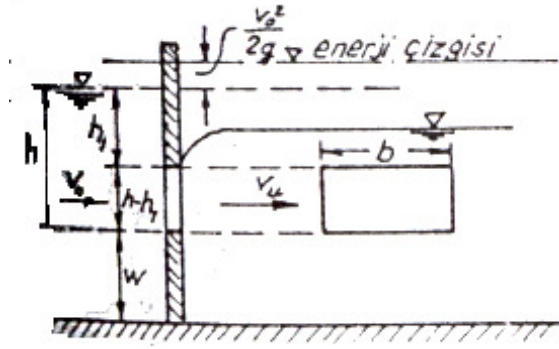
$$Q = \frac{2}{3} C_d b \sqrt{2g} \left[\left(h + \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(h_1 - \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \quad (3.24)$$

$v_0 \approx 0$ için

$$Q = \frac{2}{3} C_d b \sqrt{2g} \left[h^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}} \right] \quad (3.25)$$

Burada : $0,62 \leq C_d \leq 0,90$

3.8.2.Orifis çıkışı tamamen mansap su seviyesinin altında



Şekil 3.11

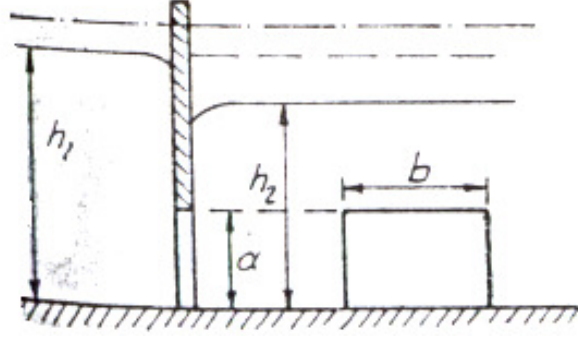
$$Q = C_d b (h - h_1) \sqrt{2g \left(h - \frac{v_0^2}{2g} \right)} \quad (3.26)$$

$v_0 \approx 0$ için

$$Q = C_d b (h - h_1) \sqrt{2gh} \quad (3.27)$$

Burada : $0,62 \leq C_d \leq 0,90$

3.8.3.Orifisin tabanda olması durumunda

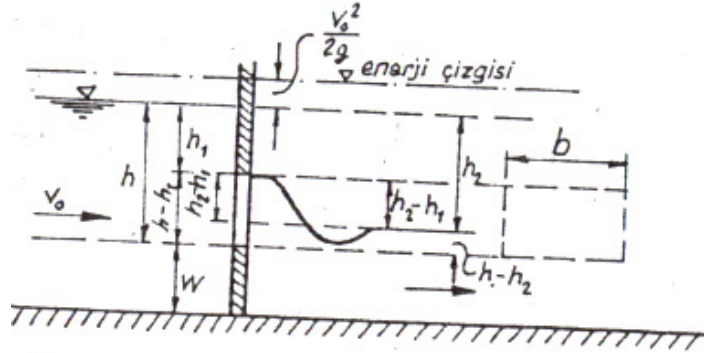


Şekil 3.12

$$Q = C_d b a \sqrt{2g (h_1 - h_2)} \quad (3.28)$$

Burada $C_d = \left(0,64 + 0,30 \frac{a}{h_2 - 0,5a} \right)$ (3.29) olur.

3.8.4.Orifis seviyesi kısmen mansap su seviyesi altında



Şekil 3.13

$$Q = \frac{2}{3} C_{d_1} b \sqrt{2g} \left[\left(h_2 + \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(h_1 - \frac{v_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] + C_{d_2} b \sqrt{2g} (h - h_2) \sqrt{h_2 + \frac{v_0^2}{2g}} \quad (3.30)$$

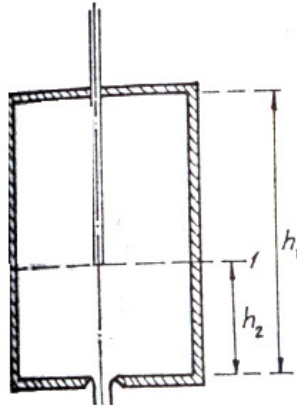
$v_0 \approx 0$ için

$$Q = \frac{2}{3} C_{d_1} b \sqrt{2g} \left[h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}} \right] + C_{d_2} b \sqrt{2g} (h - h_2) \sqrt{h_2} \quad (3.31)$$

Burada $0,60 \leq C_{d_1} \leq 0,80$ ve $0,60 \leq C_{d_2} \leq 0,80$ olur ve $C_{d_1} = C_{d_2} = 0,63$ olarak kabul edilebilir.

3.9.Orifis Debisi Sabit Olan Mariott Deposu

Mariott, yatay olan tabanında keskin kenarlı bir orifis bulunan prizmatik veya silindirik kapalı bir depoyu tamamen doldurduktan sonra üst kısmından depo içine ince bir boru sokmak suretiyle depodaki suyun, ince borunun alt ucuna kadar olan kısmının orifisten sabit bir debi ile çıkmasını sağlamıştır.



Şekil 3.14

Bu olayın teknik açıklaması aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

Orifisin kapağı açıldığı zaman, su kapalı depoyu tamamen doldurduğu için orifisin ilk debisi:

$$Q = C_d A_0 \sqrt{2gh_2} \quad (3.32) \text{ olur.}$$

Fakat orifisin kapağı açılır açılmaz gayet kısa bir zaman içinde, ince boru içerisindeki su tamamen boşalır. Bu andaki depodaki su seviyesinde ise henüz bir değişiklik olmayıp, borunun alt ucundan geçen yatay düzlem üzerine, sabit atmosfer basıncı etki eder. Bu sebeple bu andan itibaren orifisten çıkan debi :

$$Q = C_d A_0 \sqrt{2gh_2} \quad (3.33) \text{ olup,}$$

Depodaki su seviyesi ince borunun alt ucundan geçen 1-1 düzlemi seviyesine inene kadar sabit kalır. Ondan sonra normal orifisler gibi debi gittikçe azalır ve nihayet sıfırlanır. (Topkaya, 1974)

4.DİYAFRAM (ORİFİS) DEN AKIŞ DENEYİ

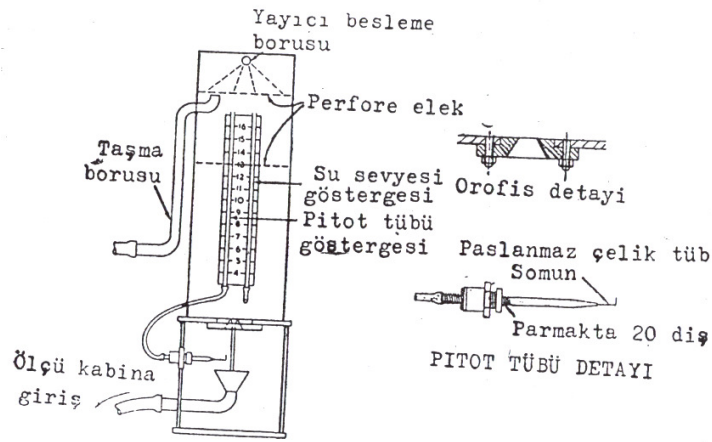
Keskin köşeli dar bir orifisten akan akışkanın debisi hesap edilen debiden daha azdır. Çünkü hesap yapılırken daralmadan dolayı akımın üniforma ve paralel olmadığı halde, öyleymiş gibi debi hesaplanır. Debinin daha az oluşunun sebebi akımın dar delikten geçerken büzülmesi ve delikten geçtikten sonra muayyen bir mesafe daha bu şekilde kalması yüzündendir.

Deneyisel olarak, debinin azalan miktarı akışkanın orifisten geçerken büzülmesi ve enerji kaybı bir deponun tabanına açılan keskin köşeli bir orifis vasıtası ile depo içerisindeki akışkanı atmosfere akıtmak suretiyle bulunur.(Pancar, 1985)

4.1.Deneyisel Aletin Tarifi

Şekil 4.1 de hidrolik tezgah üzerine koyulmuş bir diyafram (orifis) deney hattını göstermektedir. Hidrolik besleme suyu irtibatı geniş delikli bir süzgeç vasıtasıyla yapılmıştır. Hidrolik tezgahın su deposuna akan su perfore saçtan geçerek depoyu doldurur. Perfore saçın hemen altındaki bir taşma borusu vasıtasıyla depodaki su seviyesi sabit tutulur. Taşan su taşıma borusu vasıtası ile ikinci bir perfore saçtan geçerek akımın stabilize ettikten sonra keskin köşeli bir orifise girer. Bu orifis deponun tabanındadır. Orifisin iç yüzeyleri hidrolik bakımından pürüzsüz olarak işlenmiştir. Orifisten çıkan akım bir hunide toplanır. Huni çıkışından itibaren lastik bir boru vasıtasıyla ölçü kabına girer. Depo üzerinde, şekil 4.1 de görüldüğü gibi bir taksimatlı cetvel ve bunun üzerinde pitot tüpünün cam borucuğu bulunmaktadır. Taksimatlı cetvel sıfır ile 16” (parmak) arası taksimatları sahiptir. Sıfır noktası orifis plakasının alt kenarının 0,25 “ altında başlar. Yine aynı taksimatlı cetvel üzerine ikinci bir cam tüp ilave edilmiştir. Bu tüp (pitot tüpü vasıtası ile) toplam basıncı ölçmek için kullanılır.

Orifisten çıkan jetin kesit alanı boyunca pitot tüpü ucu bir vida mekanizması vasıtası ile gezdirilir. Bu vidanın hatvesi parmakta 20 diştir. Vidanın tam bir devri pitot tüpünü 0,050 inch ileri iter. Bu şekilde orifisten geçen jetin kesit alanı da keskin köşeli bir bıçağı, jetin kesit alanı boyunca bir taraftan diğer tarafa hareketi ile, aşağıda tarif edileceği gibi ölçülür.(Gökelim, 1970)



Şekil 4.1

4.2.Orifisten Geçen Akımın Teorik Olarak İzahı

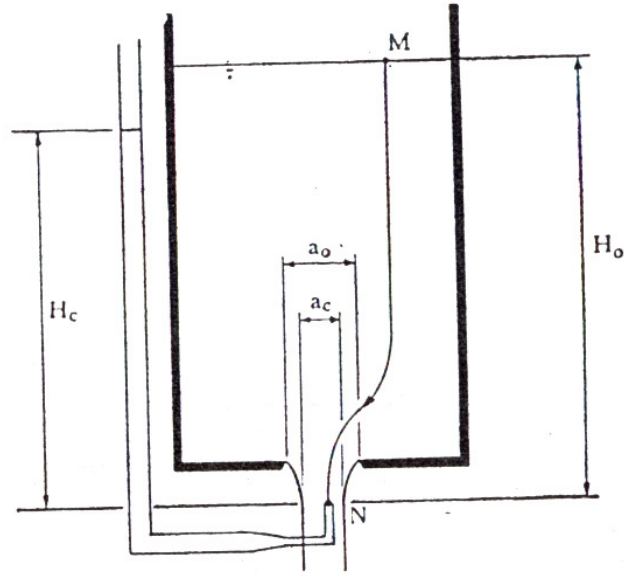
Bir orifisten geçen akımın ana hatları şekil 4.2 den görülebilir. Depo kafi derecede büyük seçilmekle, depo üst seviyesine yakın olan yerlerdeki hızların ihmal edilecek kadar küçültülmesi mümkündür. Yalnız bu hususta şunu ilave etmek gerekir. Depo içerisindeki hızlar orifis civarında epey büyük değer alırlar. Orifise yakın bir yerde, hızlar orifise yaklaştıkça artarlar. Ve deliğin merkezine doğru ivmelenirler.

Depo yüzeyinde bir (M) noktası alıp, bu noktadan itibaren bir akım iplikçliğini çizelim. Bu akım iplikçigi (MN) yönünü takip etsin. M noktasında hız sıfır olup, depo içerisinde ise, deneysel olarak yapılacak işlemlere tesir etmeyecek kadar hız küçük değerdedir.

Hızın M den N e doğru artışı ve N de maksimum değer alışı orifis çıkışında bir akım huzmesi daralması meydana getirir. Akım iplikçığının orifis girişindeki bu kavisli dönüşünden dolayı meydana gelen daralma N noktasında en dar kesiti meydana getirir.

Daralmanın en fazla olduğu yer, takriben orifis alt yüzeyinden itibaren orifis yarıçapı kadar uzaklıktadır. Huzmenin bu dar kesitine Vena Contracta denir. Jet huzmesinin yüzeyindeki basınç atmosfer basıncıdır. Fakat Vena Contracta ya ulaşıncaya kadar, jet akımının içindeki basınç atmosfer basıncından fazladır. Bu fazlalık akım iplikçiklerinin N noktasına varıncaya kadar ivmelenmesinden meydana gelir. N noktasına varılınca bu noktadan sonra jet iç basıncıda atmosfer basıncına eşit olur. Huzmenin daralmış kesit alanının, orifis kesit alanına oranı daralma katsayısını verir. Daralmış kesitte akım iplikçikleri paralel hale gelir ve eğrilik yarıçapları sonsuz olarak kabul edilebilir.

Şekil 4.2 deki durumu ele alacak olursak. M noktası depo üst su yüzündeki bir nokta olup N noktası Vena Contracta kesiti içindeki bir noktadır. MN bir akım iplikçigini göstermektedir.



Şekil 4.2 Orifisten akış

Bernoulli denklemine göre,

M noktasındaki toplam yük;

$$H_M = \frac{U_M^2}{2g} + \frac{P_M}{W} + Z_M \quad (4.1) \text{ olarak yazılır.}$$

N noktasındaki toplam yük;

$$H_N = \frac{U_N^2}{2g} + \frac{P_N}{W} + Z_N \quad (4.2) \text{ olarak yazılır.}$$

M ve N noktaları arasındaki kayıplar ihmal edilmek şartıyla, teorik olarak

$$H_M = H_N$$

veya

$$H_M = \frac{U_M^2}{2g} + \frac{P_M}{W} + Z_M = H_N = \frac{U_N^2}{2g} + \frac{P_N}{W} + Z_N \quad (4.3) \text{ yazılabilir.}$$

Yukarıdaki denklemde P_M ve P_N atmosfer basıncıdır ve U_M üst su yüzeyindeki su hızı olup ihmal edilecek kadar küçüktür.

$$Z_M - Z_N = H_0 \quad (4.4) \quad \text{olarak}$$

gösterilir.

Su üst yüzündeki hız enerjisinin orifis kesitindeki hız enerjisinden çok daha küçük olması bakımından, teorik olarak,

$$H_0 = \frac{U_N^2}{2g} \quad (4.5)$$

yazılabilir.

Bu netice N noktasındaki Vena Contracta (dik kesit) düzlemi içerisine düşen her nokta için doğrudur. Vena Contracta kesiti içinde ideal bir U_0 hızı için denklemi,

$$H_0 = \frac{U_0^2}{2g} \quad (4.6) \text{ şeklinde yazabiliriz.}$$

Orifis geçişindeki enerji kaybından dolayı, gerçek geçiş hızı U_0 hızından daha küçük bir U_c değerindedir.

Gerçekte (Pratik olarak) şöyle yazılır.

$$H_c = \frac{U_c^2}{2g} \quad (4.7)$$

Asıl hızın ideal hıza oranı hız katsayısını verir.

$$C_u = \frac{U_c}{U_0} = \frac{\sqrt{H_c 2g}}{\sqrt{H_0 2g}} = \sqrt{\frac{H_c}{H_0}} \quad (4.8) \text{ olup,}$$

Yine aynı şekilde Vena Contracta kesit alanı ile orifis delik alanı arasındaki oran daralma katsayısı adı verdiğimiz C_c ile gösterilir.

$$C_c = \frac{A_c}{A_0} \quad (4.9)$$

Gerçek debinin teorik debiye (yani jet in ideal bir U_0 hızıyla, huzme alan büzülmeden akış debisi) oranı akış katsayısı adı verdiğimiz C_d ile gösterilir.

$$\text{Gerçek debi} \quad Q = U_c A_c \quad (4.10)$$

Eğer jet U_0 hızı ile A_0 alanından geçmiş olsaydı Q_0 debisi

$$Q_0 = U_0 A_0 = \sqrt{2gH_0} A_0 \quad (4.11)$$

olurdu ve akış katsayısının tarifinden

$$C_d = \frac{Q}{Q_0} = \frac{U_c A_c}{U_0 A_0} \quad (4.12)$$

ve deneysel olarak ölçülen değerle

$$C_d = \frac{Q}{\sqrt{2gH_0} A_0} \quad (4.13) \text{ olarak bulunur.}$$

C_d denkleminde C_u ve C_c değerlerini yerine yazarsak

$$C_d = C_u C_c \quad (4.14) \text{ ifadesi bulunur. (Gökelim, 1970)}$$

4.3.Deneysel İşlem

Deney esas olarak iki kısma ayrılabilir.

Birinci kısımda sabit bir H_0 yükü altında değişik tipteki orifislerin C_d , C_u ve C_c katsayılarını tayini.

İkinci kısımda değişik H_0 yüklerinde orifisten geçen debinin hesabıdır.

Deneye başlamadan önce hidrolik tezgah üzerine konulan su deposu alt yüzeyi tezgah tabanına paralel olacak durumda ayarlanarak yerleştirilmelidir. Hidrolik tezgahtan suyun depoya olan irtibatı, depodan ağırlık baskülüne olan çıkış irtibatı ve nihayet su deposunun taşma borusu, hidrolik tezgahın merkezindeki drenaja bağlanmalıdır. Keskin köşeli orifisin kesit alanı not edilmelidir.

Deneye başlamak için, hidrolik tezgahtan gelen besleme suyuna yol verilerek su depoyu, taşma borusu ağzına kadar doldurulur. Ve sonradan debi kısılarak yine bir miktar suyun taşma borusundan drenaj deliğine gitmesi sağlamak amacıyla besleme suyu ayarlanır. Bu ayar sayesinde, su deposundaki su üst seviyesi, deneyler yapıldığı sürece sabit kalır.

4.3.1. C_d Akış Katsayısının Tayini

C_d akış katsayısını tayin etmek için, orifisten geçen debinin belirli bir miktarı su tartı baskülünde biriktirilir. Bu durumdaki H_0 yüksekliği not edilir.

4.3.2. C_u Hız Katsayısının Tayini

C_u hız katsayısını tayininde pitot tüpü kullanılır. Pitot tüpünün toplam basınç ucu orifis deliğinin hemen altına, akıma karşı olarak tutulur. Böylece H_c yüksekliği pitot tüpünden okunur. Bu durumdaki H_0 yüksekliği okunarak not edilir.

4.3.3. C_c Daralma Katsayısının Tayini

C_c daralma katsayısının tayininde Vena Contracta kesitindeki çapın ölçülmesi gerekir. Bu işlemi yapmak için pitot tüpü baş kısmına keskin köşeli bir bıçak tespit edilir. (Keskin bıçağın yüzü hareket yönüne dik durumda olmak üzere) Pitot tüpü baş

kısımında bu keskin köşeli bıçak olduğu halde, bundan önce bahsedildiği gibi ayar vidası çevrilerek hareket ettirilir. Jet huzmesinin başladığı ve bittiği yerde, vidanın çevrildiği devir adedine göre kat edilen yatay mesafe not edilir ve not edilen bu değerden sonra jet huzmesinin alanı hesaplanır.

Deneyin ikinci kısmında su deposuna giren su miktarı azaltılarak kademe kademe değişik H_0 yükseklikleri elde edilir.

Orifisten geçen debi her kademe için, yani muhtelif H_0 yükseklikleri için ayrı ayrı hesap edilir. Her seferinde yeni bir H_0 yükü için denemeye başlamadan önce, depo içerisindeki su üst yüzünün sakin ve düzgün hale gelinceye kadar beklemek, doğru ve hassas bir sonuç almak için oldukça önemlidir.(Pancar, 1985)

4.3.4.Deney sonuçlarının İrdelenmesi

Vana, musluk gibi akışı kesen veya kısan tesisat elemanlarında akış laminar hale gelmeden önce orifisten çıkan su iplikçığı değişik geometrilere sahip olabilmektedir. Bu durumu incelemek ve vana, musluk elemanlarının çıkışındaki orifislerin kısılma veya kapanma anındaki değişik geometrilerinde akış, hız ve daralma katsayılarını bulmak amacı ile yapmış olduğumuz deneyler sonucunda bulduğumuz değer aşağıdaki gibidir.

Deneylerde, orifisin sahip olduğu geometrinin; akış, hız ve daralma katsayılarına etkilerini incelemek amacıyla orifislerin sahip oldukları akış alanları eşit olarak ayarlanmıştır. Alanların eşit olmasından dolayı orifislerin sahip oldukları ıslak çevreler değişiklik göstermiştir.

Deneyler sonucunda her orifis kendi içinde incelendiği taktirde;

- a) Dikdörtgen orifiste akış katsayısının en düşük seviyesi ortalama 0.344 değerinden %27.7 düşük, en yüksek değeri ise ortalama 0.344 değerinden %36 yüksek çıkmıştır.
- b) Beşgen orifiste akış katsayısının en düşük seviyesi ortalama 0.375 değerinden %27.7 düşük, en yüksek değeri ise ortalama 0.375 değerinden %36 yüksek çıkmıştır.
- c) Altıgen orifiste akış katsayısının en düşük seviyesi ortalama 0.473 değerinden %8.5 düşük, en yüksek değeri ise ortalama 0.473 değerinden %11 yüksek çıkmıştır.
- d) Yedigen orifiste akış katsayısının en düşük seviyesi ortalama 0.470 değerinden %15.7 düşük, en yüksek değeri ise ortalama 0.470 değerinden %13.6 yüksek çıkmıştır.
- e) Daire orifiste akış katsayısının en düşük seviyesi ortalama 0.596 değerinden %18.8 düşük, en yüksek değeri ise ortalama 0.470 değerinden %13.1 yüksek çıkmıştır.

Bu sonuçlar kendi aralarına değerlendirildiğinde daire orifisin geometrisinden dolayı ortalama akış katsayısı daha yüksek ve kararlı bulunmuştur.

Orifisler ıslak çaplarına göre değerlendirildiğinde ise, en düşük ıslak çapa sahip olan, dolayısı ile en az hava direncine maruz kalan daire orifisin akış katsayısının diğerlerinden daha büyük olduğu gözlenmiştir.

Orifisler dinamik su seviyelerine göre değerlendirildiğinde ise, yüksek dinamik su seviyesi koşullarında, çıkış hızı dolayısıyla kinetik enerjisinin fazla olmasından dolayı akış katsayısının daha düzenli bir yapı sergilediği gözlenmiştir.

Deney sonuçlarından da görüldüğü gibi hız katsayısı genel olarak benzerlik göstermektedir. Dolayısı ile orifisin akış katsayısını etkileyen en önemli faktör daralma

katsayısı olmaktadır. Daralma katsayısı ise sahip olduğu geometriye bağlı olarak ıslak çevre ile değişmekte ve üzerine gelen hava direncine bağlı olarak azalıp artmaktadır.

OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	ORİFİS DENEY FÖYÜ (Deney föyü 1)	MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DENEY TARİHİ : 11.08.2007	ORİFİS TÜRÜ :DİKDÖRTGEN	
DENEYİ YÜRÜTEN: ALİ TAHTALI	AKIŞKAN : SU	

	Hc(mm) Dinamik Su Seviyesi Yüksekliği	Ho(mm) Depo Su Seviyesi Yüksekliği	dc(mm) Daralan Suyun Çapı	Ac(mm²) Daralan Suyun Kesit Alanı	Ao(mm²) Orifis Kesit Alanı	Cu Hız Katsayısı	Cc Daralma Katsayısı	Cd Akış Katsayısı	Qt (m³/h) Teorik Debi	Qg (m³/h) Gerçek Debi
1	596	607	8	50.27	112	0.991	0.449	0.445	1.391	0.619
2	594	604	8.1	51.53	112	0.992	0.460	0.456	1.388	0.633
3	592	602	8.1	51.53	112	0.992	0.460	0.456	1.386	0.632
4	590	600	8.2	52.81	112	0.992	0.472	0.468	1.383	0.647
5	589	600	8.1	51.53	112	0.991	0.460	0.456	1.383	0.631
6	492	503	6.9	37.39	112	0.989	0.334	0.330	1.267	0.418
7	490	502	6.7	35.26	112	0.988	0.315	0.311	1.265	0.394
8	492	501	6.8	36.32	112	0.991	0.324	0.321	1.264	0.406
9	490	500	6.8	36.32	112	0.990	0.324	0.321	1.263	0.405
10	487	500	6.7	35.26	112	0.987	0.315	0.311	1.263	0.392
11	396	405	6.1	29.22	112	0.989	0.261	0.258	1.137	0.293
12	392	402	6	28.27	112	0.987	0.252	0.249	1.132	0.282
13	390	401	6.1	29.22	112	0.986	0.261	0.257	1.131	0.291
14	390	400	6.2	30.19	112	0.987	0.270	0.266	1.130	0.301
15	393	400	6.1	29.22	112	0.991	0.261	0.259	1.130	0.292

DÜŞÜNCELER: 30 °C'DE ÇEVRE UZUNLUĞU 42 mm OLAN DİKDÖRTGEN ORİFİS İLE YAPILAN DENEY SONUÇLARI

OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	ORİFİS DENEY FÖYÜ (Deney föyü 2)	MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DENEY TARİHİ : 11.08.2007	ORİFİS TÜRÜ :BEŞGEN	
DENEYİ YÜRÜTEN: ALİ TAHTALI	AKIŞKAN : SU	

	Hc(mm) Dinamik Su Seviyesi Yüksekliği	Ho(mm) Depo Su Seviyesi Yüksekliği	dc(mm) Daralan Suyun Çapı	Ac(mm ²) Daralan Suyun Kesit Alanı	Ao(mm ²) Orifis Kesit Alanı	Cu Hız Katsayısı	Cc Daralma Katsayısı	Cd Akış Katsayısı	Qt (m ³ /h) Teorik Debi	Qg (m ³ /h) Gerçek Debi
1	581	600	8.3	54.11	110	0.984	0.492	0.484	1.359	0.658
2	580	600	8.4	55.42	110	0.983	0.504	0.495	1.359	0.673
3	580	602	8.4	55.42	110	0.982	0.504	0.495	1.361	0.673
4	578	600	8.2	52.81	110	0.981	0.480	0.471	1.359	0.640
5	583	602	8.3	54.11	110	0.984	0.492	0.484	1.361	0.659
6	490	500	7	38.48	110	0.990	0.350	0.346	1.240	0.430
7	492	500	7.1	39.59	110	0.992	0.360	0.357	1.240	0.443
8	492	502	7	38.48	110	0.990	0.350	0.346	1.243	0.430
9	492	500	7.1	39.59	110	0.992	0.360	0.357	1.240	0.443
10	490	500	7.1	39.59	110	0.990	0.360	0.356	1.240	0.442
11	390	400	6.3	31.17	110	0.987	0.283	0.280	1.109	0.310
12	390	402	6.3	31.17	110	0.985	0.283	0.279	1.112	0.310
13	392	400	6.5	33.18	110	0.990	0.302	0.299	1.109	0.331
14	393	403	6.3	31.17	110	0.988	0.283	0.280	1.114	0.312
15	390	400	6.4	32.17	110	0.987	0.292	0.289	1.109	0.320

DÜŞÜNCELER: 30 °C'DE ÇEVRE UZUNLUĞU 40 mm OLAN BEŞGEN ORİFİS İLE YAPILAN DENEY SONUÇLARI

OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	ORİFİS DENEY FÖYÜ (Deney föyü 3)	MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DENEY TARİHİ : 11.08.2007	ORİFİS TÜRÜ :ALTİGEN	
DENEYİ YÜRÜTEN: ALİ TAHTALI	AKIŞKAN : SU	

	Hc(mm) Dinamik Su Seviyesi Yüksekliği	Ho(mm) Depo Su Seviyesi Yüksekliği	dc(mm) Daralan Suyun Çapı	Ac(mm²) Daralan Suyun Kesit Alanı	Ao(mm²) Orifis Kesit Alanı	Cu Hız Katsayısı	Cc Daralma Katsayısı	Cd Akış Katsayısı	Qt (m³/h) Teorik Debi	Qg (m³/h) Gerçek Debi
1	590	600	8.6	58.09	112	0.992	0.519	0.514	1.383	0.711
2	590	602	8.6	58.09	112	0.990	0.519	0.513	1.386	0.711
3	591	600	8.5	56.75	112	0.992	0.507	0.503	1.383	0.696
4	589	601	8.7	59.45	112	0.990	0.531	0.525	1.385	0.728
5	592	603	8.5	56.75	112	0.991	0.507	0.502	1.387	0.696
6	490	500	8.1	51.53	112	0.990	0.460	0.455	1.263	0.575
7	490	502	8.1	51.53	112	0.988	0.460	0.455	1.265	0.575
8	492	500	8	50.27	112	0.992	0.449	0.445	1.263	0.562
9	492	502	8.1	51.53	112	0.990	0.460	0.455	1.265	0.576
10	489	500	7.9	49.02	112	0.989	0.438	0.433	1.263	0.547
11	391	400	8.2	52.81	112	0.989	0.472	0.466	1.130	0.527
12	391	402	8.1	51.53	112	0.986	0.460	0.454	1.132	0.514
13	392	401	8.2	52.81	112	0.989	0.472	0.466	1.131	0.527
14	390	403	8.2	52.81	112	0.984	0.472	0.464	1.134	0.526
15	388	400	8	50.27	112	0.985	0.449	0.442	1.130	0.499

DÜŞÜNCELER: 30 °C'DE ÇEVRE UZUNLUĞU 39 mm OLAN ALTİGEN ORİFİS İLE YAPILAN DENEY SONUÇLARI

OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	ORİFİS DENEY FÖYÜ (Deney föyü 4)	MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DENEY TARİHİ : 11.08.2007	ORİFİS TÜRÜ :YEDİGEN	
DENEYİ YÜRÜTEN: ALİ TAHTALI	AKIŞKAN : SU	

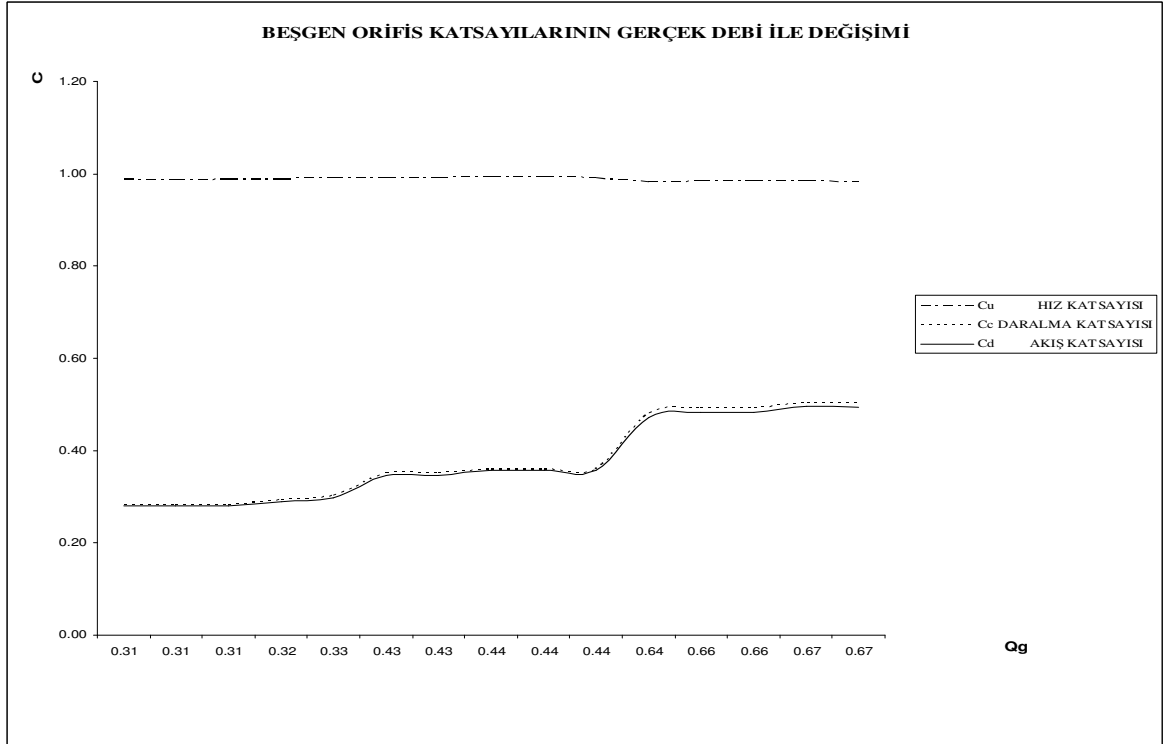
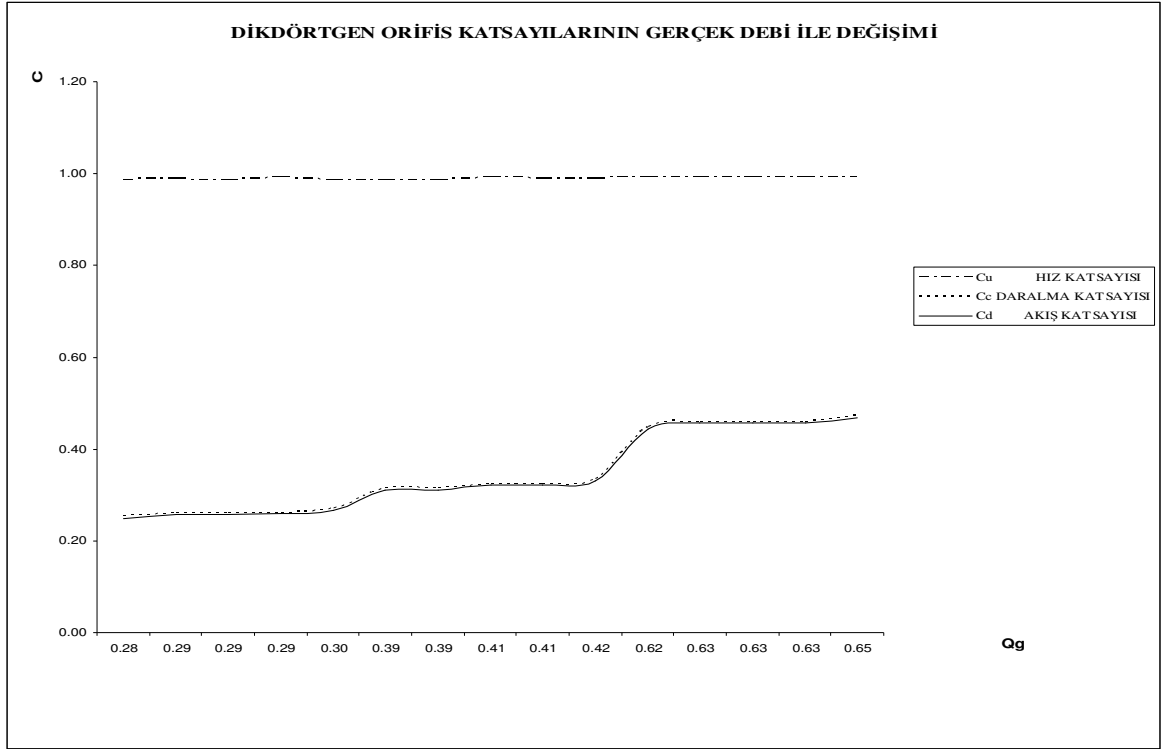
	Hc(mm) Dinamik Su Seviyesi Yüksekliği	Ho(mm) Depo Su Seviyesi Yüksekliği	dc(mm) Daralan Suyun Çapı	Ac(mm ²) Daralan Suyun Kesit Alanı	Ao(mm ²) Orifis Kesit Alanı	Cu Hız Katsayısı	Cc Daralma Katsayısı	Cd Akış Katsayısı	Qt (m ³ /h) Teorik Debi	Qg (m ³ /h) Gerçek Debi
1	590	600	8.7	59.45	113	0.992	0.526	0.522	1.396	0.728
2	591	601	8.7	59.45	113	0.992	0.526	0.522	1.397	0.729
3	589	600	8.6	58.09	113	0.991	0.514	0.509	1.396	0.711
4	589	602	8.8	60.82	113	0.989	0.538	0.532	1.398	0.744
5	590	600	8.8	60.82	113	0.992	0.538	0.534	1.396	0.745
6	491	500	8.4	55.42	113	0.991	0.490	0.486	1.274	0.619
7	490	500	8.4	55.42	113	0.990	0.490	0.485	1.274	0.619
8	490	502	8.5	56.75	113	0.988	0.502	0.496	1.277	0.633
9	489	500	8.3	54.11	113	0.989	0.479	0.474	1.274	0.603
10	493	503	8.4	55.42	113	0.990	0.490	0.486	1.278	0.620
11	390	400	7.6	45.36	113	0.987	0.401	0.396	1.140	0.452
12	393	400	7.7	46.57	113	0.991	0.412	0.408	1.140	0.465
13	392	402	7.6	45.36	113	0.987	0.401	0.396	1.142	0.453
14	390	401	7.6	45.36	113	0.986	0.401	0.396	1.141	0.452
15	392	404	7.7	46.57	113	0.985	0.412	0.406	1.145	0.465

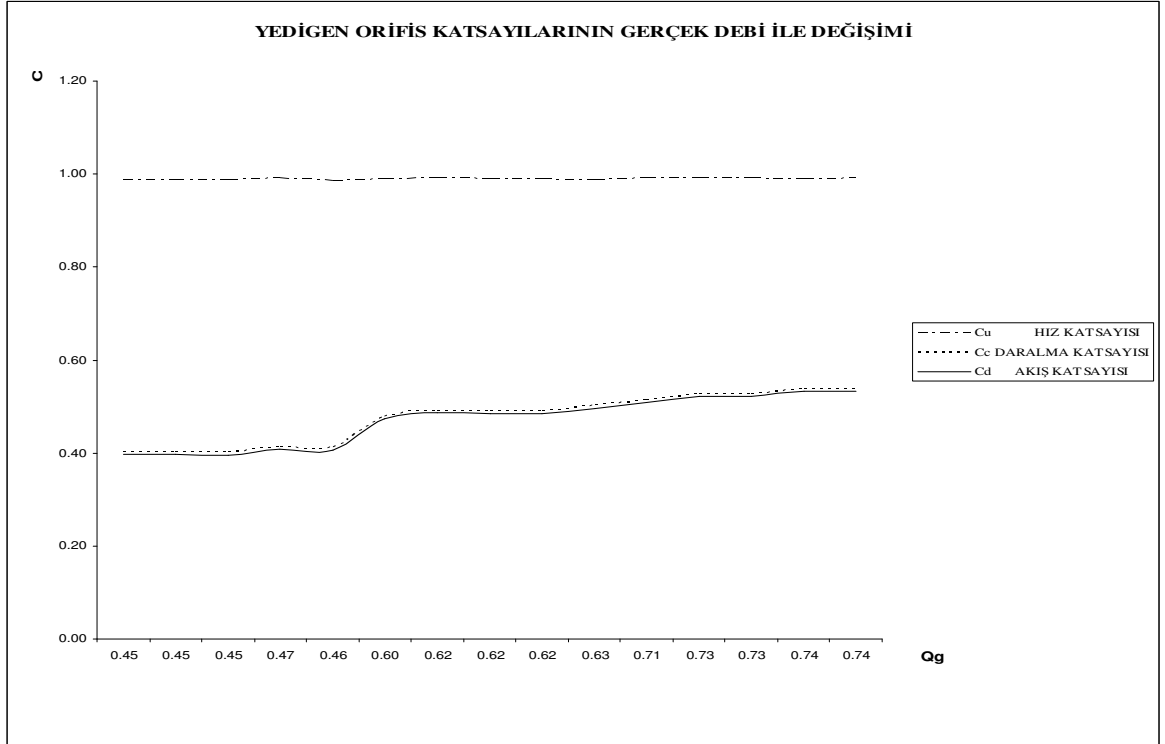
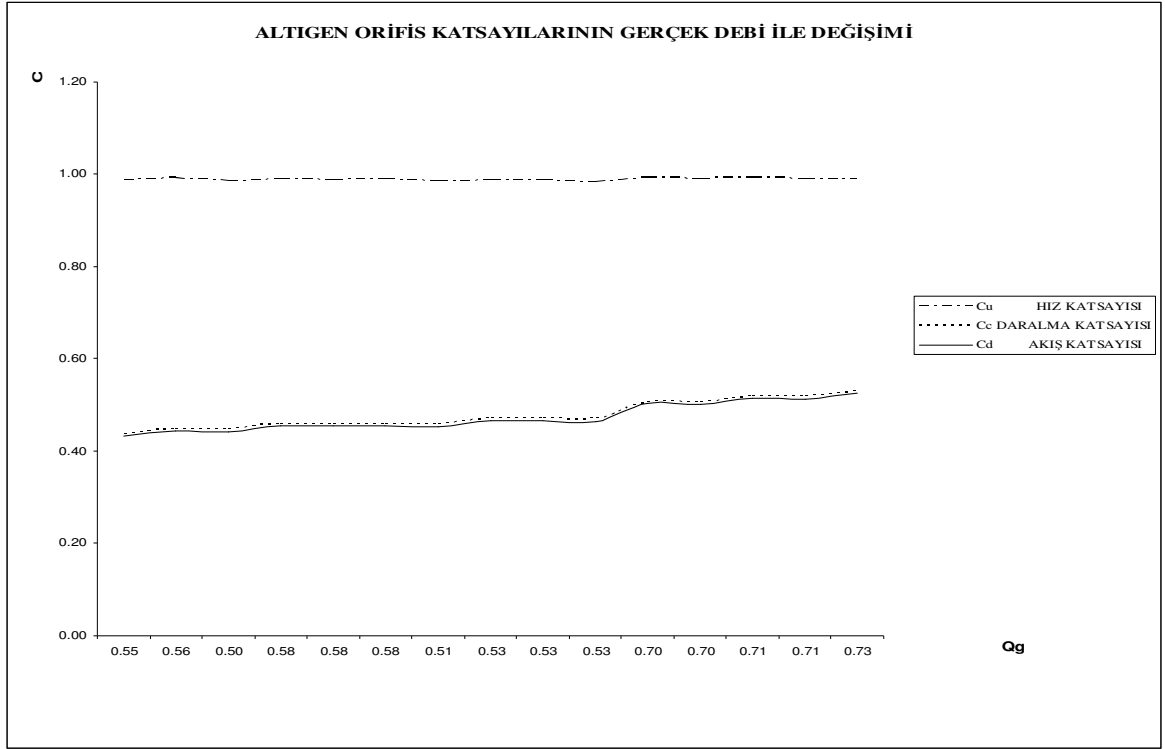
DÜŞÜNCELER: 30 °C'DE ÇEVRE UZUNLUĞU 39 mm OLAN YEDİGEN ORİFİS İLE YAPILAN DENEY SONUÇLARI

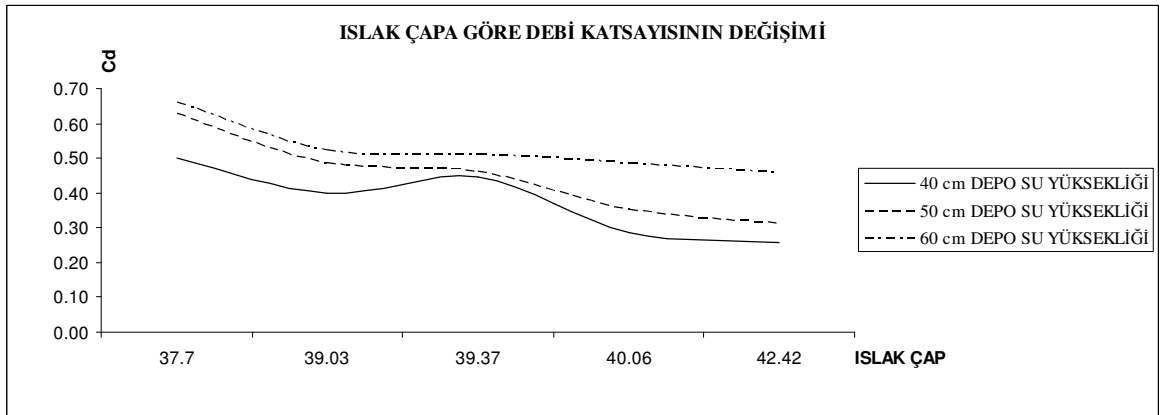
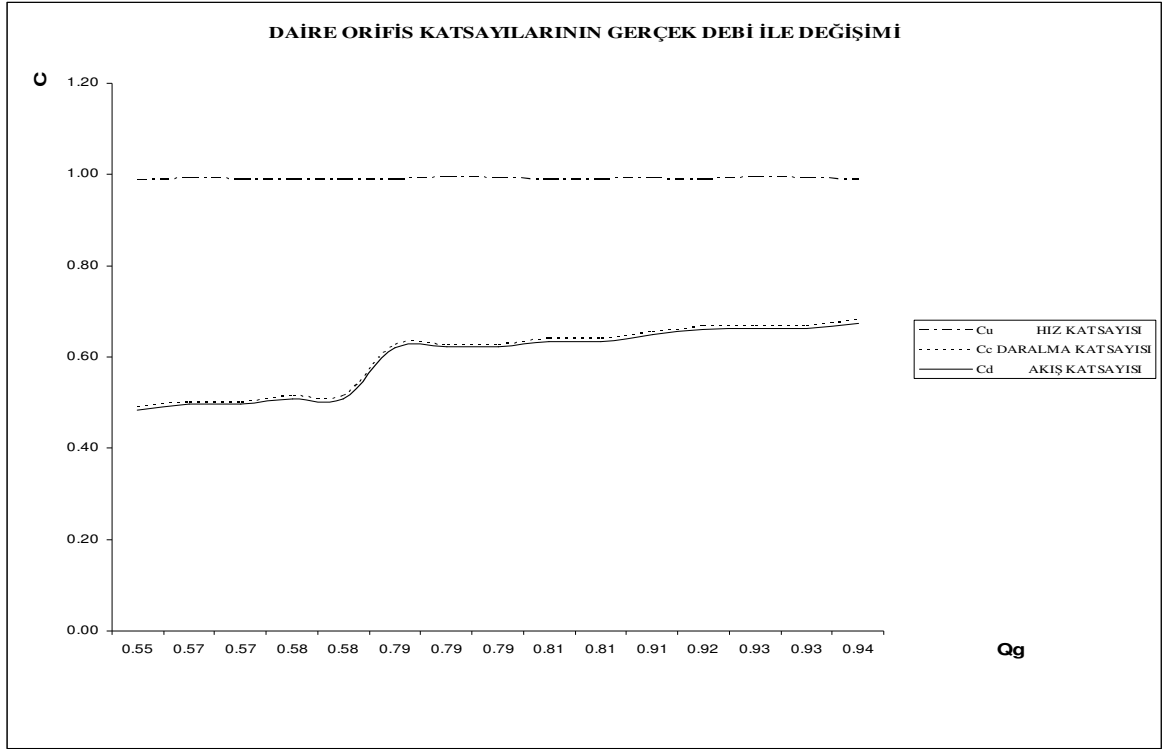
OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ	ORİFİS DENEY FÖYÜ (Deney föyü 5)	MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DENEY TARİHİ : 11.08.2007	ORİFİS TÜRÜ :DAİRE	
DENEYİ YÜRÜTEN: ALİ TAHTALI	AKIŞKAN : SU	

	Hc(mm) Dinamik Su Seviyesi Yüksekliği	Ho(mm) Depo Su Seviyesi Yüksekliği	dc(mm) Daralan Suyun Çapı	Ac(mm ²) Daralan Suyun Kesit Alanı	Ao(mm ²) Orifis Kesit Alanı	Cu Hız Katsayısı	Cc Daralma Katsayısı	Cd Akış Katsayısı	Qt (m ³ /h) Teorik Debi	Qg (m ³ /h) Gerçek Debi
1	588	600	9.8	75.43	113	0.990	0.668	0.661	1.396	0.922
2	590	600	9.7	73.90	113	0.992	0.654	0.648	1.396	0.905
3	590	602	9.9	76.98	113	0.990	0.681	0.674	1.398	0.943
4	592	600	9.8	75.43	113	0.993	0.668	0.663	1.396	0.925
5	593	603	9.8	75.43	113	0.992	0.668	0.662	1.399	0.926
6	490	500	9.5	70.88	113	0.990	0.627	0.621	1.274	0.791
7	492	502	9.6	72.38	113	0.990	0.641	0.634	1.277	0.810
8	494	505	9.6	72.38	113	0.989	0.641	0.634	1.280	0.811
9	493	500	9.5	70.88	113	0.993	0.627	0.623	1.274	0.794
10	492	500	9.5	70.88	113	0.992	0.627	0.622	1.274	0.793
11	393	400	8.5	56.75	113	0.991	0.502	0.498	1.140	0.567
12	392	401	8.6	58.09	113	0.989	0.514	0.508	1.141	0.580
13	390	400	8.4	55.42	113	0.987	0.490	0.484	1.140	0.552
14	395	403	8.5	56.75	113	0.990	0.502	0.497	1.144	0.569
15	391	400	8.6	58.09	113	0.989	0.514	0.508	1.140	0.579

DÜŞÜNCELER: 30 °C'DE ÇEVRE UZUNLUĞU 37,5 mm OLAN DAİRE ORİFİS İLE YAPILAN DENEY SONUÇLARI



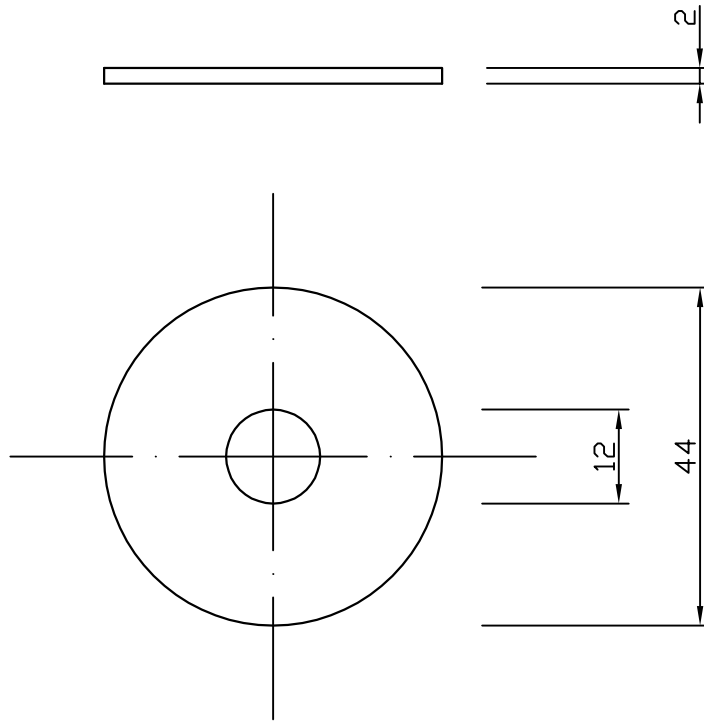




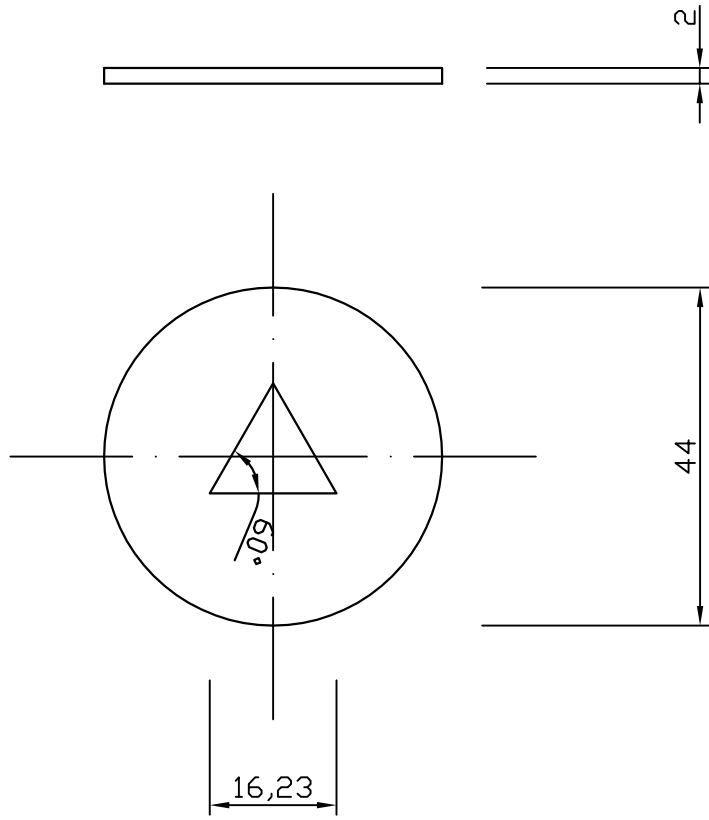
KAYNAKLAR DİZİNİ

- 1)Genceli, O.F., 1994, Ölçme Tekniği, Birsen Yayınevi, İstanbul
- 2)Holman, J.P.,1989, Experimental Methods For Engineers, McGraw-Hill Book Co.
- 3)Benedict, R.P., 1966, Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements, John Wiley and Sons, Inc., New York
- 4)ASME, 1971, Fluid Meters, Their Thoery and Application, New York
- 5)DIN, 1952, Ausgabe 7.82/ISO 5167
- 6)Tuve, G.L., 1961, Mechanical Engineering Experimentation, McGraw-Hill Book Co.,New York
- 7)TS 1423, 1975, Akışkan Verdisinin Orifis Plakalar ve Lüleler ile Ölçülmesi, Ankara
- 8)Clark, W.J., 1952, Fulid Flow Through Square-Edged Orifice Plates, Some Practicle Aspects, Trans. Soc. Instrument Technology
- 9)Benedict, R.P., 1972, A Note on the Critical Pressure Ratio across a Fluid Meter
- 10)Topkaya, H., 1974, Hidrodinamik ve Hidrostatik, Güven Kitapevi, Ankara
- 11)Pancar, Y., 1985, Hidrolik Makinalar Laboratuar Deneyleri, Eskişehir
- 12)Gökelim, A.T., 1970, Hidrolik Laboratuar Deneyleri, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul

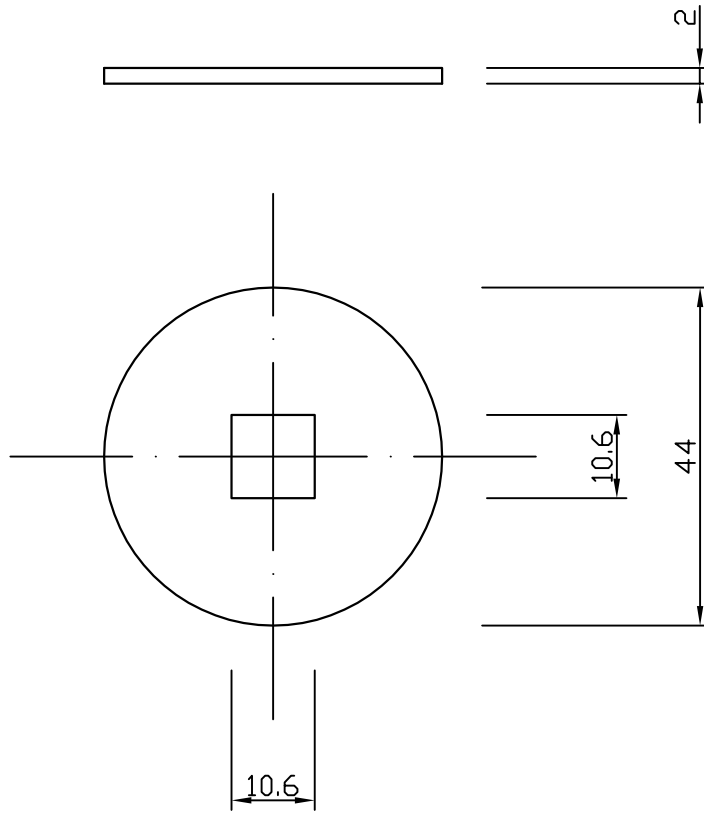
EKLER



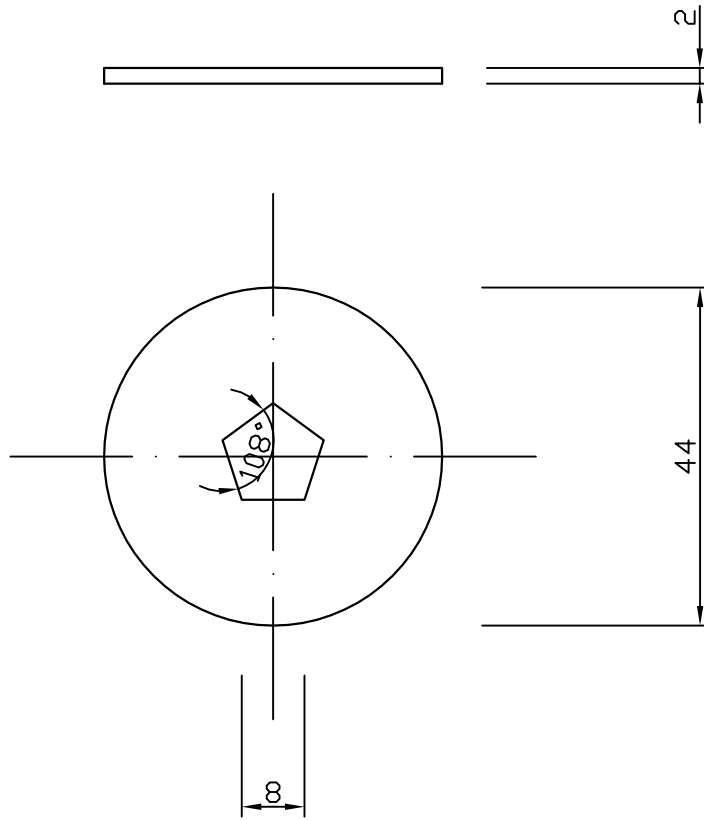
Daire Orifis	ST 42	1	1:1	1
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No



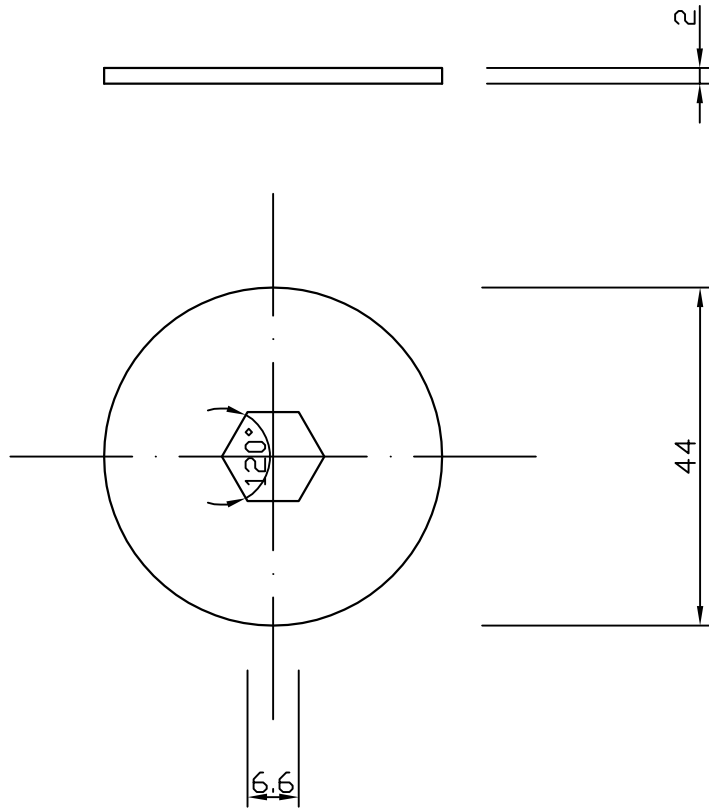
Üçgen Orifis	ST 42	1	1:1	2
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No



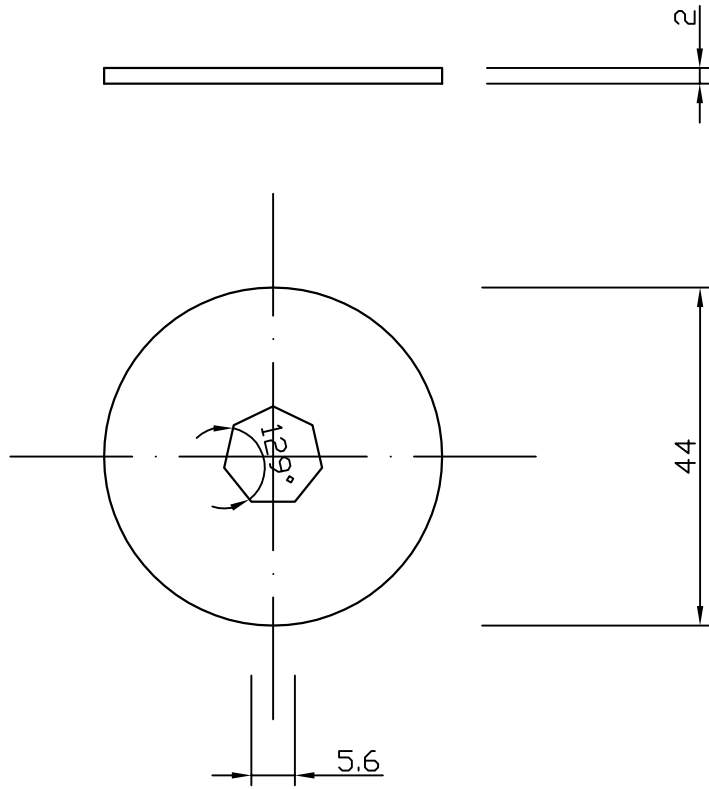
Dikdörtgen Orifis	ST 42	1	1:1	3
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No



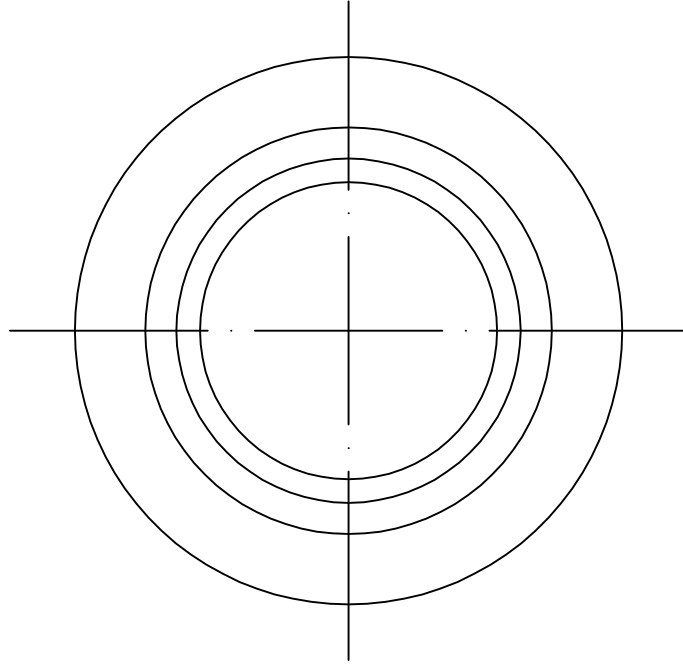
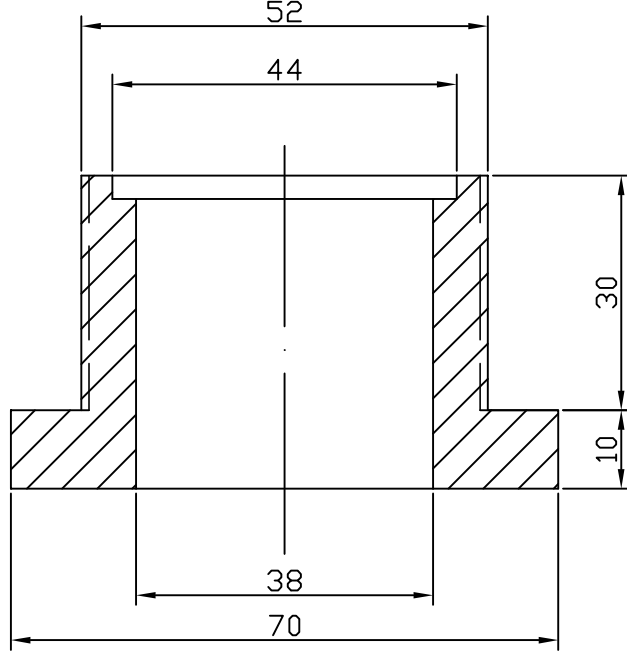
Beşgen Orifis	ST 42	1	1:1	4
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No



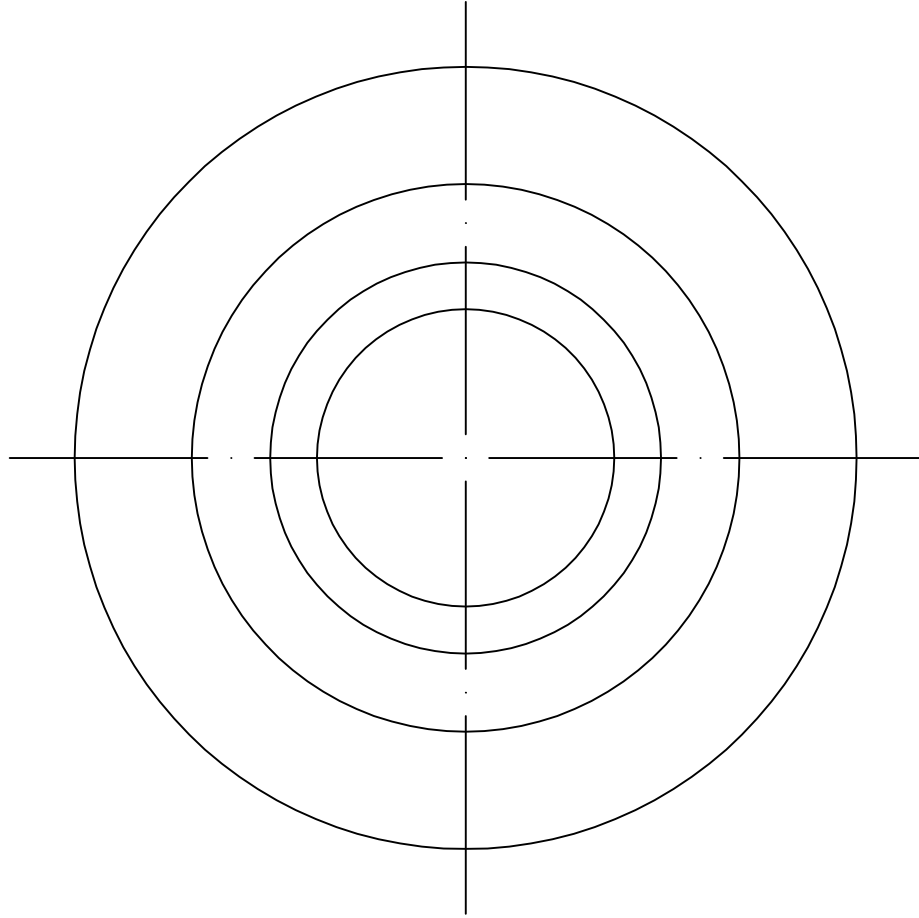
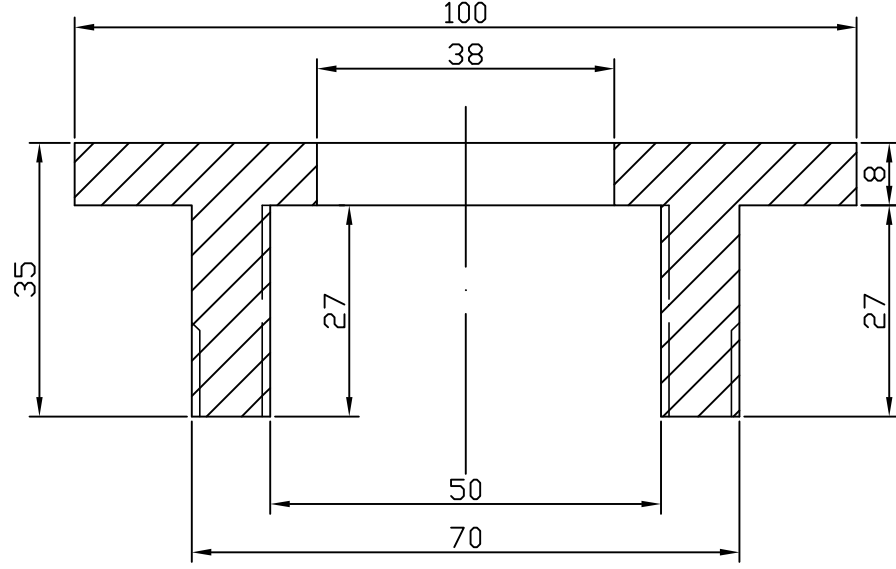
Altıgen Orifis	ST 42	1	1:1	5
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No



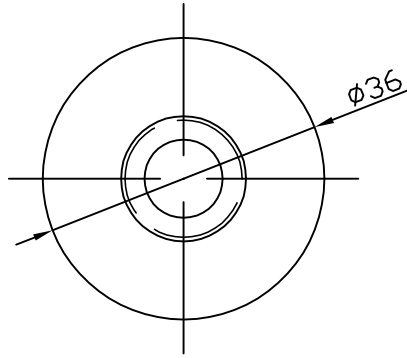
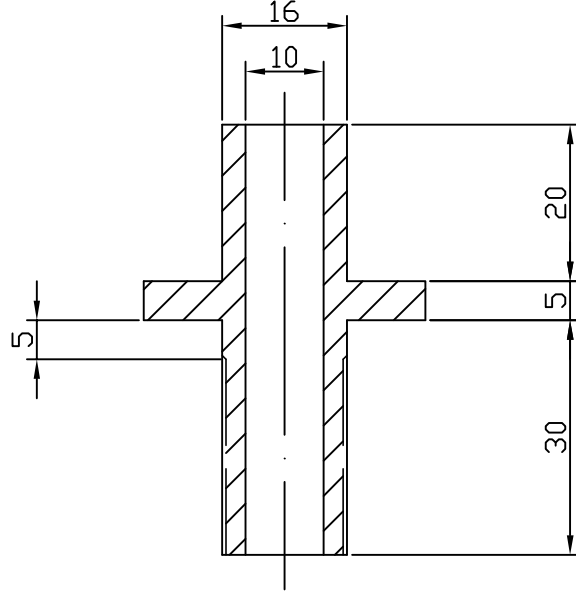
Yedigen Orifis	ST 42	1	1:1	6
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No



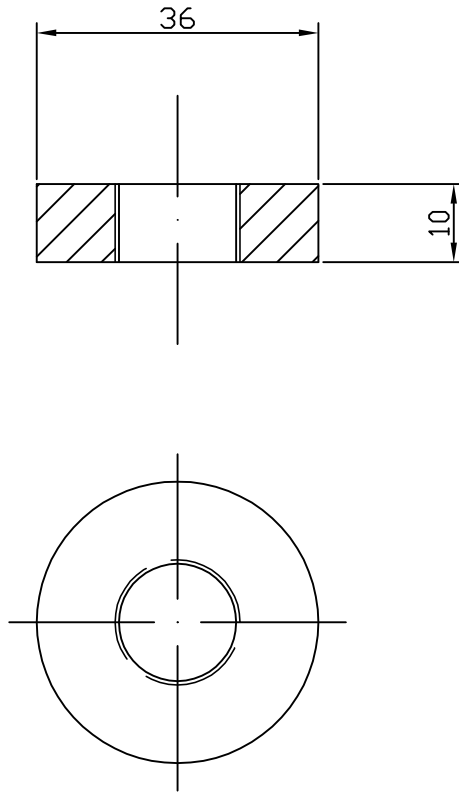
Alt kovan	Prinç	1	1:1	7
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No



Üst flaş	Prinç	1	1:1	8
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No

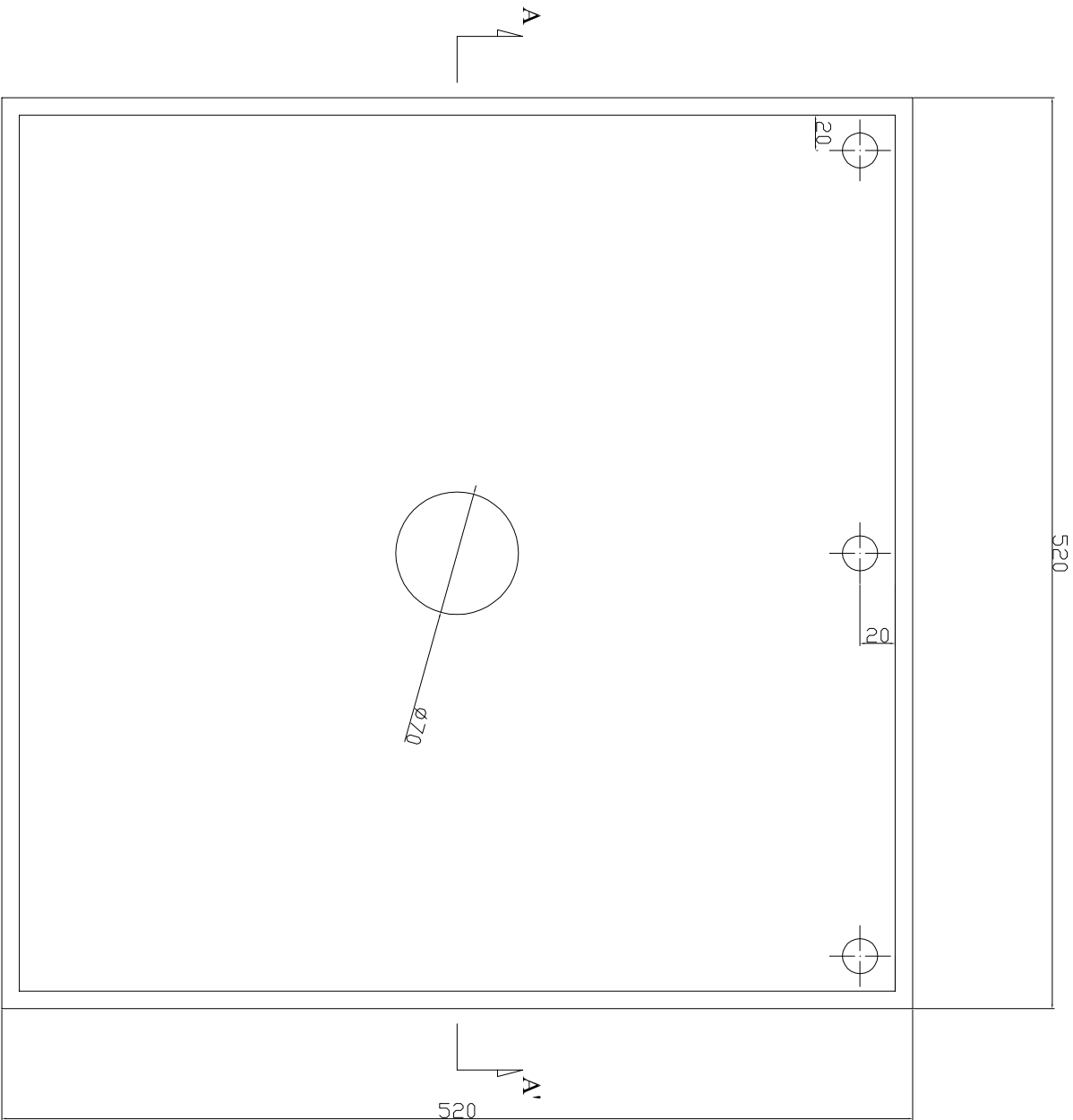


Ø20 flanş	Prinç	3	1:1	9
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No



Ø20 flanş yüzüğü	Prinç	3	1:1	10
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No

AA' Kesiti



Su tankı	Fiberglass	1	1:4	11
Parça Adı	Malzeme	Adet	Ölçek	Resim No