

Okan Üniversitesi MYO

MMAK212

HİDROLİK ve PNÖMATİK SİSTEMLER

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 2

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://olearn.okan.edu.tr>

Blackboard Learn ders sayfası

<http://okanuni.eren.xyz>

Web sayfası

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

TEMEL KAVRAMLAR

A decorative graphic consisting of a solid green horizontal bar at the top, followed by a white horizontal bar, and then three thin, parallel white lines below it, all extending across the width of the slide.

MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

TEMEL KAVRAMLAR

Pascal Kanunu

Basınç

Debi

Süreklilik

Bernoulli

Viskozite

Reynolds

Akış Çeşitleri

Kayıplar

Hidrolik Sistemlere İlişkin Temel Kavramlar

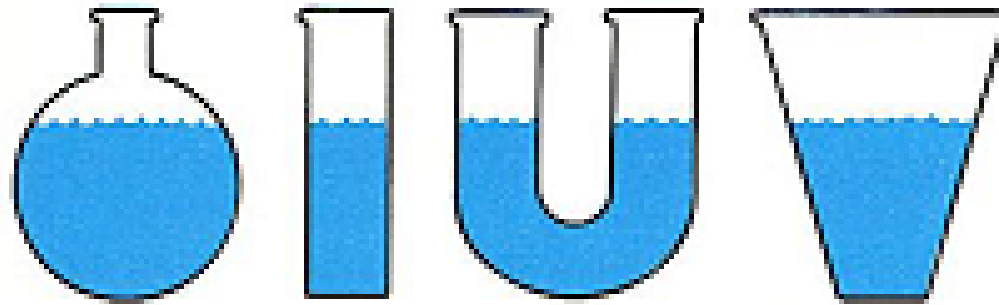
Hidroliğin temel prensipleri ya da hidrolik sistemin çalışmasında kullanılan prensipler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a) Sıvıların şekli yoktur
- b) Sıvılar sıkıştırılmaz
- c) Sıvılar uygulanan basıncı tüm yönlerde iletir
- d) Sıvılar büyük kuvvet artışlarına yol açar

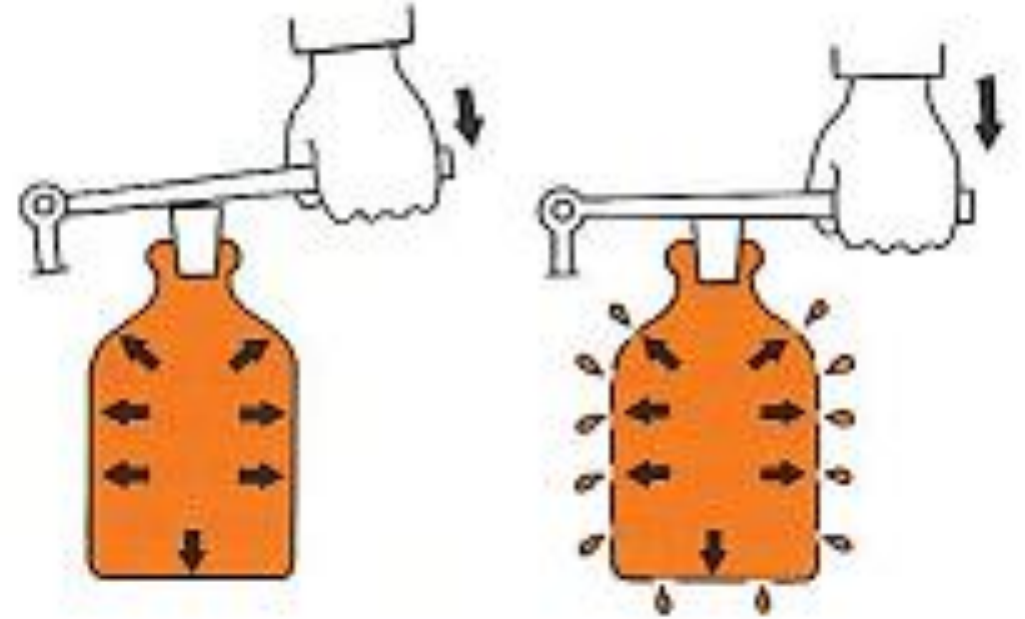
TEMEL HİDROLİK

Sıvıların şekli yoktur.

- Sıvılar buldukları kabın şeklini alırlar. Bu özellik sayesinde hidrolik sistemdeki sıvı **her yönde**, her geçitte ve **her elemandan** geçerek kolaylıkla hareket eder.



TEMEL HİDROLİK



Sıvılar sıkıştırılamaz.

- Pratikte, sıvılar, gazlara göre sıkıştırılamaz kabul edilirler. Sıkıştırılabilirmeleri için yüksek kuvvetlere ihtiyaç duyulur.
- Sıkıştırılabilirliğin bir ölçüsü olan elastiklik modülü sıvılarda çok yüksektir. Örneğin SAE 80 yağının elastiklik modülü $1,5 \times 10^9$ Pa ve suyun elastiklik modülü 2,2 GPa dır. Suyun hacminde %0,5 lik bir azalma meydana getirebilmek için yaklaşık 11×10^6 Pa'a ihtiyaç vardır.

TEMEL HİDROLİK

Büyük kuvvet artışları elde edilebilir

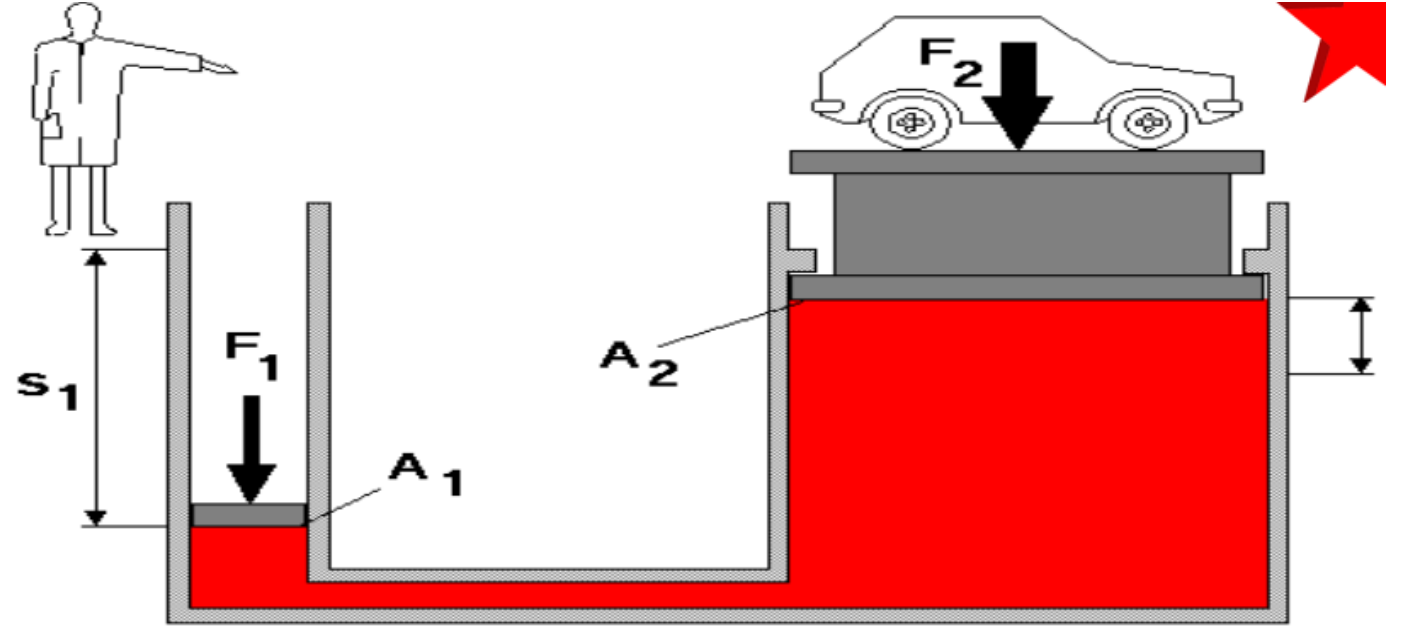
SORU:

$$V_1 = A_1 \cdot S_1$$

$$V_2 = A_2 \cdot S_2$$

$$V_1 = V_2$$

$$A_1 \cdot S_1 = A_2 \cdot S_2$$



Strok deđiřtirme (2)

Çapı 20 cm olan kuvvet pistonu 100 cm aşağı iniyor, kuvvet pistonu yağ basıncı 500 Pa ve iř pistonunun çapı 500 cm'dir.

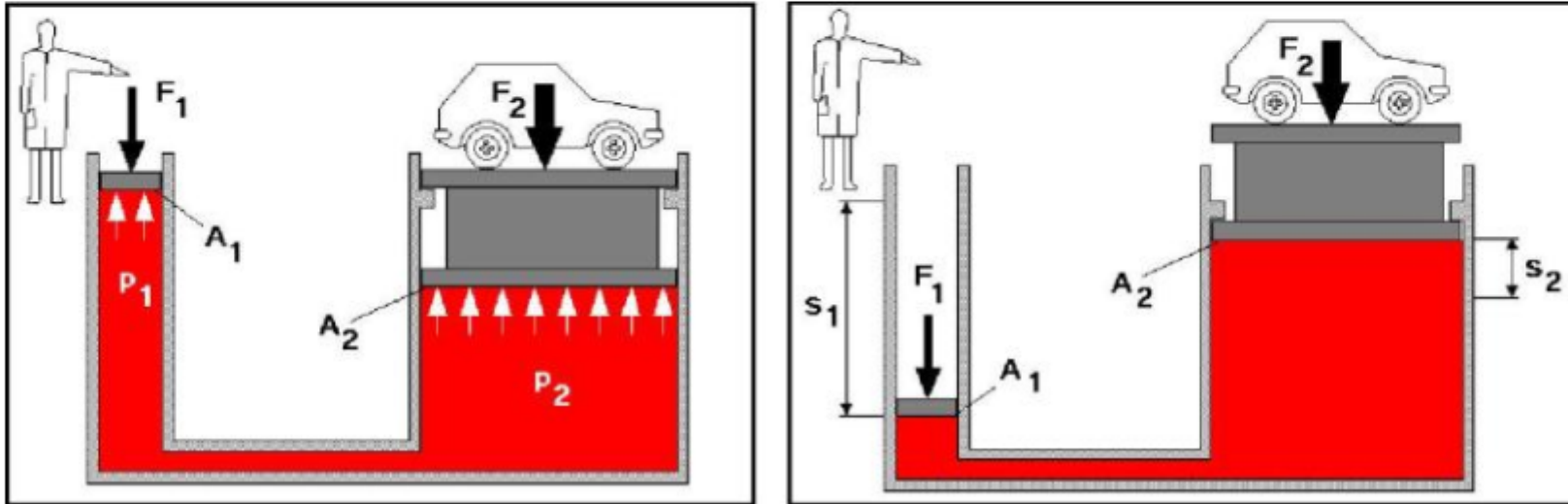
- F₁ ve F₂ kuvvetini bulunuz?
- V₁ ve V₂ hacimlerini bulunuz?

Hidrostatik

- Pascal Kanunu

Örnek problem: Bir hidrolik el presinin küçük pistonuna 10 kg'lık kuvvet uygulanarak bir araç kaldırılmak isteniyor. Küçük piston çapı 10 mm, büyük piston çapı 100 mm olduğuna göre,

- Uygulanan kuvvet sonucu oluşan basıncı,
- Pistonun uygulayabileceği azamî kuvveti,
- Baskı pistonu 20 cm hareket ettiğinde, iş pistonunun ne kadar yukarıya kalkacağını hesap ediniz (Şekil 1.4).



Hidrostatik

- Örnek problem çözüm:

Verilenler:

$$F1 = 10 \text{ Kg.}$$

$$d1 = 10 \text{ cm}$$

$$d2 = 100 \text{ cm}$$

$$S1 = 20 \text{ cm}$$

İstenenler:

$$P = ?$$

$$F2 = ?$$

$$S2 = ?$$

Hidrostatik

- Örnek problem çözüm:

İlk yapılması gereken pistonların alanlarını bulmak olacaktır. Bunun için dairenin alan formülünden yararlanılır.

$$A_1 = \frac{\pi * d_1^2}{4} = \frac{3.14 * 10^2}{4} = \frac{314}{4} = 78.5 cm^2$$

$$A_2 = \frac{\pi * d_2^2}{4} = \frac{3.14 * 100^2}{4} = \frac{31400}{4} = 7850 cm^2$$

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{10}{78.5} = 0.127 kg / cm^2$$

Hidrostatik

- Örnek problem çözüm:

$$F_2 = P * A_2 = 0.127 * 7850 = 996.95kg$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{S_2}{S_1} > \frac{78,5}{7850} = \frac{S_2}{20} \quad \text{formülünden,} \quad S_2 = \frac{78,5 \times 20}{7850} = 0,2 \text{ cm}$$

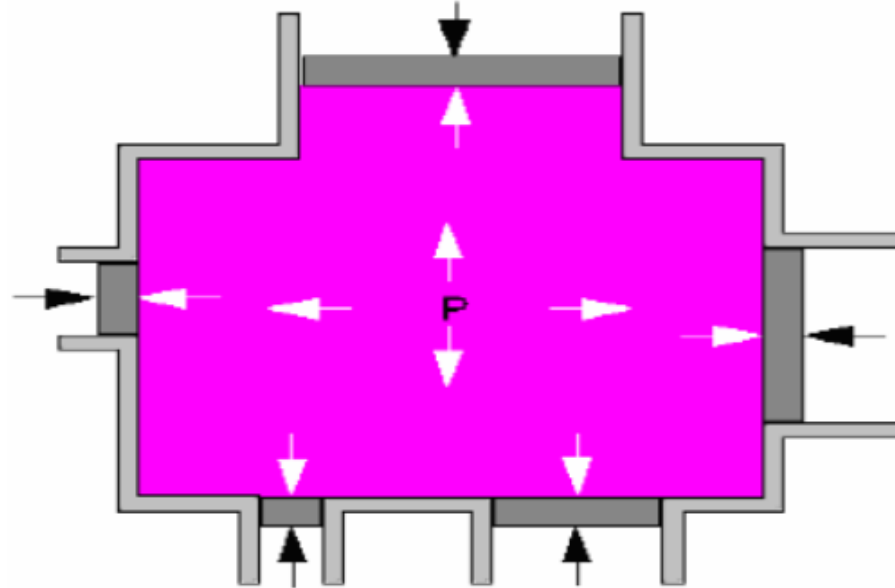
(20 cm.lik bir hareket sağladığımızda, arabanın 0,2 cm yukarı kalktığını görüyoruz.)

BASINÇ

- **Basınç:** Belirli bir kesitte sıkıştırılan akışkan Paskal prensibine göre, içinde bulunduğu kapalı bir kabın bütün çeperlerindeki her birim kesite aynı değerde bir kuvvet uygular ve buna **basınç** denir. Birimi bar'dır.

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ kg/cm}^2$$

- **Efektif Basınç:** Manometrede okunan basınç değerine denir.
- **Mutlak Basınç:** Manometrede okunan basınç değerine bir atmosfer basıncı ilave edildiğinde meydana gelen basınç değeridir.



- Şekil: Basınç yayılımı

BASINÇ

- Genel olarak aşağıdaki eşitlik biçiminde tanımlanabilir

$$BASINÇ (P) = \frac{KUVVET (F)}{ALAN (A)}$$

- Boyutsal olarak:

$$1 \text{ Paskal (Pa)} = \frac{1 \text{ Newton (N)}}{1 \text{ m}^2 (A)}$$

Birim Çevrim Tablosu

$$100.000 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$$

$$1 \text{ Mpa} = 10 \text{ bar}$$

$$1 \text{ hPa} = 0.001 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 14.5 \text{ psi (g)}$$

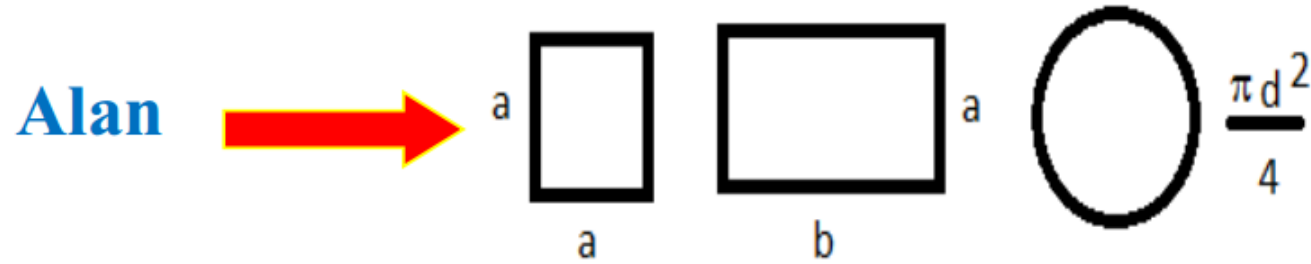
$$1 \text{ bar} = 10197 \text{ mmWS}$$

$$1 \text{ bar} = 750.062 \text{ Torr}$$

DEBİ

- Hidrolik veya pnömatik sistemde belirli bir akış kesitinden, belirli bir sürede geçen akışkan miktarı debi olarak tanımlanır.
- Hacimsel debinin birimi litre/dakika veya $\text{cm}^3/\text{saniye}$ olarak belirtilir.

DEBİ



Hacim → $V = A \cdot s \text{ (m}^3\text{)}$

Debi → $Q = V / t \text{ (m}^3\text{/s)}$

$$Q = A \cdot s / t$$

$$Q = A \cdot v \text{ (m}^3\text{/s)}$$

V = hacim (m³)

s = yol (m)

t = zaman (s)

v = hız (m/s)

A = kesit alanı (m²)

Pompa çıkış debisi =>

$$Q_{\text{(Debi)}} = \frac{V_g \text{ (iletim hacmi)} \times n \text{ (Devir sayısı)}}{1000}$$

Temel Kavramlar

Debi – Akışkan Hızı

$$V = \frac{Q}{A}$$

Q = Debi, m³/h (gpm * 0,00223)

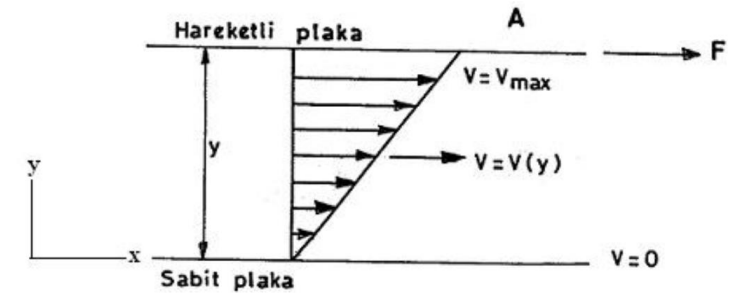
V = Akışkan hızı, m/s (ft/s)

A = Boru kesiti ($3,14 * r^2$), r , yarıçap m (ft)

- Akışkan hızı, debinin boru kesit alanına bölünmesi ile elde edilir

VİSKOZİTE

Özgül kütle ve özgül ağırlık akışkanların ayırt edici özelliklerindedir. Ancak akışkanların akış karakteristiklerini bu iki özellikle belirlemek her zaman olanaklı değildir. Özgül kütlesi birbirine çok yakın olup da tamamen farklı akış karakteristiklerine sahip olan akışkanlar da bulunmaktadır. Örneğin su (1000 kg/m^3) ve yağ (912 kg/m^3). Bu nedenle akışkanların birbiriyle olan farklılıklarını ortaya koyabilmek için ilave özelliklere gereksinim vardır. Bu özelliklerden birisi de viskozitedir.



Viskozite, akışkanların akıcılığa (deformasyona) karşı gösterdikleri dirençtir.

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \cdot \frac{dv}{dy}$$



$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \cdot \frac{V}{y}$$

τ : Kayma (kesme) gerilmesi (N/m^2),

μ : Dinamik (mutlak) viskozite (N.s/m^2),

$\frac{dv}{dy}$: Hız eğimi ya da kayma hızı (s^{-1})'dir.

VİSKOZİTE

- Viskozite : Akışa karşı iç direnç,
Akmazlık

	Su	Silikon Yağı
Yoğunluk	1 kg/dm ³	1 kg/dm ³
Viskozite	1cSt	10000cSt
Görünüm	Saydam	Saydam

VİSKOZİTE

Dinamik Viskozite

- Dinamik akmaazlığın SI birimi (Yunan sembol: μ) pascal-saniye (Pa·s) olup $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ye eşdeğerdur.
- Dinamik akmaazlığın cgs birimi, Jean Louis Marie Poiseuille adına ithafen poise (P) dır. Genellikle yüzde birlik mikturu olan centipoise (cP) kullanılır. Örneğın suyun akmaazlığı $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de $1,0020 \text{ cP}$ dır.
- $1 \text{ poise} = 100 \text{ centipoise} = 1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} = 0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ $1 \text{ centipoise} = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Kinematik Viskozite

- Kinematik akmaazlığın (Yunan sembol: ν) SI birimi ($\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$) dır. Kinematik akmaazlığın CGS birimi George Gabriel Stokes'un adına ithafen stokes olup S veya St şeklinde kısaltılır. Bazen centistokes (cS veya cSt) şeklinde de kullanılabilir.
- $1 \text{ stokes} = 100 \text{ centistokes} = 1 \text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1} = 0.0001 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$.
- Kinematik ve dinamik akmaazlık arasındaki dönüşüm ise $\nu \rho = \mu$ şeklinde verilir ve eğer $\nu = 1 \text{ St}$ ise
- $\mu = \nu \rho = 0,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot(\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)) = 0.1 \text{ poise}\cdot(\rho/(\text{g}/\text{cm}^3))$

VİSKOZİTE (*Akmazlık*)

Gazlarda Viskozite

- Gazların viskozitesi, akış tabakaları arasında momentum taşınımını sağlayan moleküler difüzyondan kaynaklanır. Gazların kinetik teorisi, gazların viskozitesinin (teorinin uygulandığı rejim içinde geçerli olmak üzere) doğru olarak tahminine yardımcı olur:
- Viskozite düşük ve orta basınç değerlerinde basınçtan etkilenmez fakat yüksek basınç altında yoğunluğu arttığı için basınçla birlikte viskozitesi artar.
- Viskozite, sıcaklık arttıkça azalır.

Sıvılarda Viskozite

- Sıvılarda, moleküller arasındaki ilave kuvvetler önemli hale gelir. Bu durumda yüzey gerilimine ilaveler olacaktır ki olgu bugün dahi tartışmalıdır. Dolayısıyla, sıvılarda:
- Viskozite basınçtan bağımsızdır (çok yüksek basınçlar hariç) ve
- Viskozite, sıcaklık arttıkça azalır (örneğin, sıcaklık 0 °C den 100 °C çıktığında, suyun viskozitesi 1,79 cP den 0,28 cP ye düşer).
- Sıvıların dinamik viskozitesi, gazların dinamik viskozitesinden on kat daha büyüktür.

VISKOZİTE (*Akmazlık*)

- **Havanın Viskozitesi**

Havanın viskozitesi sıcaklığa bağımlı olup, 15 °C'de:
 $1,78 \times 10^{-5}$ kg/m.s dir.

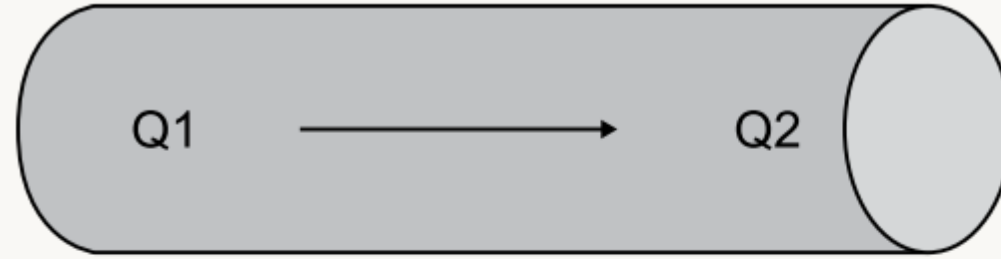
- **Suyun Viskozitesi**

Suyun viskozitesi, 25 °C'de:
 $8,90 \times 10^{-4}$ Pa•s veya $8,90 \times 10^{-3}$ dyne-sec/cm²

Süreklilik Kanunu

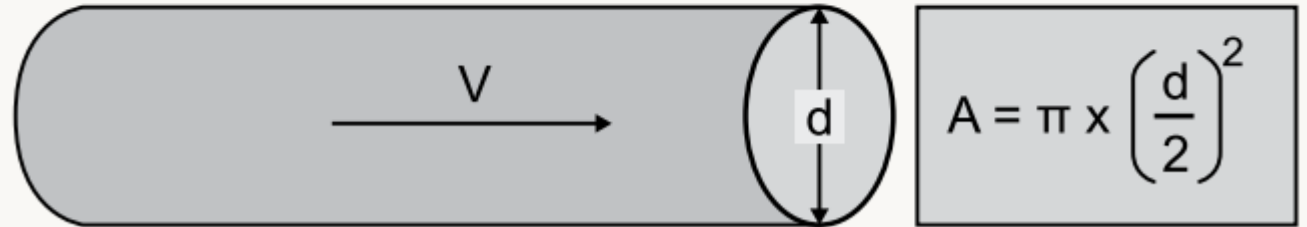
- Kapalı bir boruda debi her noktada aynıdır.
- Boru kollara ayrılırsa, boru kolu debilerinin toplamı, orijinal debiye (giriş debisine) eşit olur.
- Debi, ortalama hız ile kesitin çarpımına eşittir.

Süreklilik



$$Q1 = Q2$$

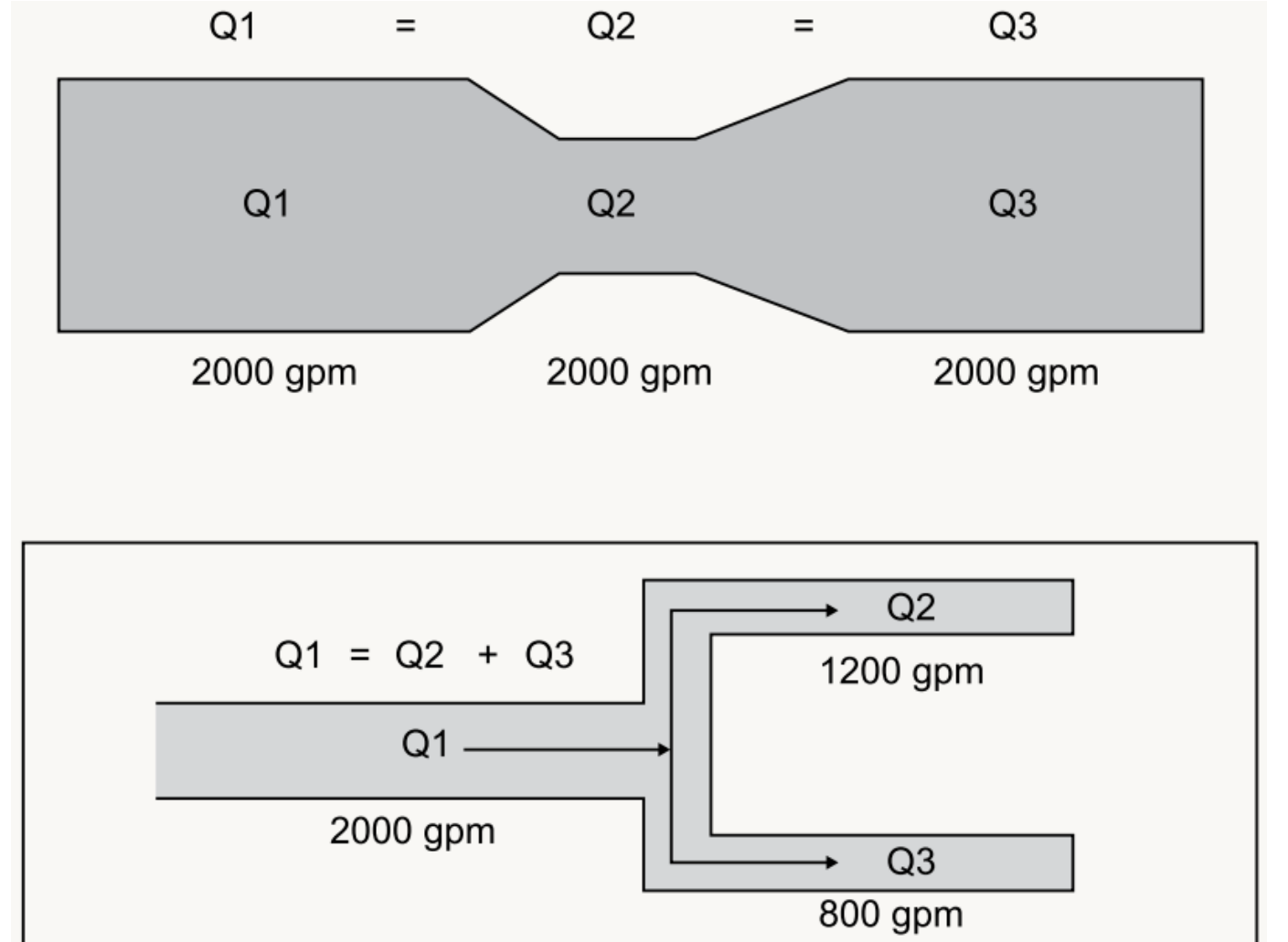
Sıvı dolu boru sistemleri için pratik bir ilke:
Herhangi bir zamanda iki noktadaki debi eşittir.



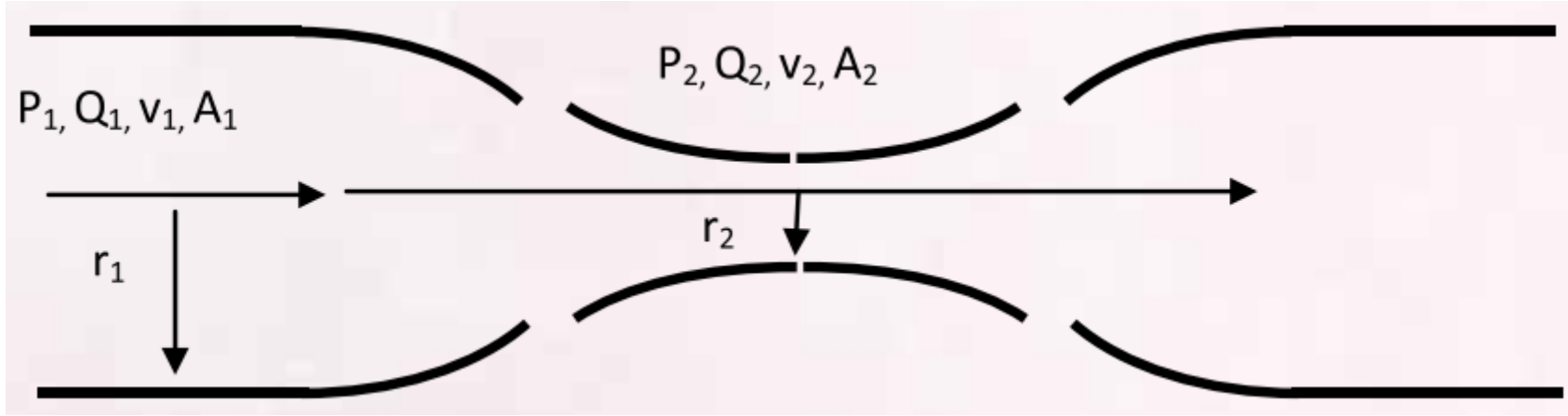
$$\begin{aligned} \text{Hacimsel debi} &= \text{Hız} \times \text{Kesit} \\ Q &= V \times A \end{aligned}$$

Süreklilik Kanunu

- Hacimsel debi borunun her bölümünde aynıdır.
- Boru kollara ayrılırsa, boru kollarındaki debilerin toplamı, giriş debisine eşit olur.



Süreklilik: Örnek Hesaplama



P = Basınç (kPa veya psi)

Q = Debi (l/s veya gpm)

v = Hız (m/s veya ft/s)

r = Boru yarıçapı (m veya ft)

A = Boru kesiti (m^2 veya ft^2)

Süreklilik: Örnek Hesaplama

A (giriş kesiti) ve B (çıkış kesiti) noktaları için aşağıdaki bilgiler elde mevcuttur:

$$\text{Debi} = Q_1 = 21 \text{ lt/s}$$

(yatay boru)

$$\text{Yoğunluk } (\rho) = 1 \text{ kg/lt}$$

$$r_1 = 15 \text{ cm}$$

$$P_1 = 5 \text{ Bar}$$

$$r_2 = 2,5 \text{ cm}$$

Basınç, debi ve boru alanları arasındaki bağıntıları kullanarak, borunun her iki kesitteki hızını ve 2 no.lu kesitteki basıncını, P_2 bulunuz.

Çözüm:

$$A_1 = 3,1416 \times (0,15)^2 = 0,0707 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 3,1416 \times (0,025)^2 = 0,002 \text{ m}^2$$

$$V = Q / A$$

$$v_1 = Q / A_1 = 0,021 / 0,0707 = 0,3 \text{ m/s}$$

$$v_2 = Q / A_2 = 0,021 / 0,002 = 10,5 \text{ m/s}$$

$$P_2 = P_1 + (\rho/2) \cdot (v_1^2 - v_2^2)$$

$$P_2 = 500.000 + (1000/2) \cdot (0,3^2 - 10,5^2) = 444.920 \text{ Pa} = 444,92 \text{ kPa}$$

$$Q_1=Q_2 \text{ süreklilik}$$

Daire kesitli boru

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$21 \text{ lt/s} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ kg/lt} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

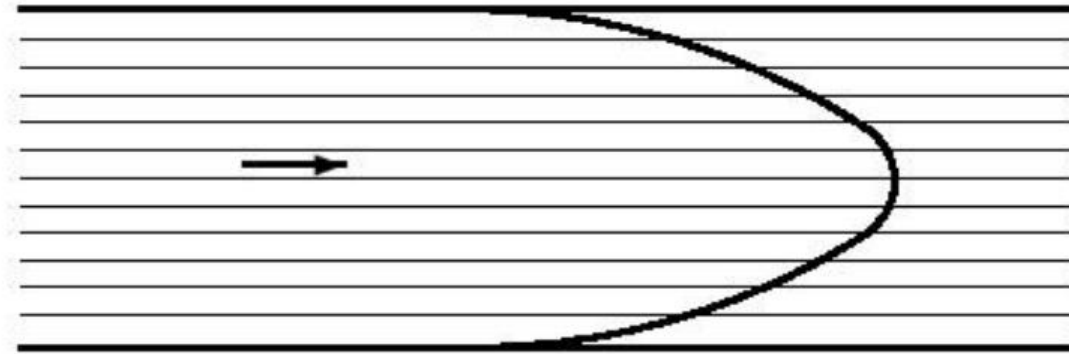
$$5 \text{ Bar} = 500.000 \text{ Pa} = 500 \text{ kPa}$$

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

Akış Çeşitleri

Laminer
(tabakalı,
düzgün) ve
türbülanslı
(girdaplı) akış
çeşitleri

Boru çapı ve akış hızına bağlı olarak ***laminer*** ve ***türbülans*** olarak üzere 2 çeşit akış vardır. Sıvılar belirli bir kritik hıza ulaşınca kadar boru içersinde ***laminer*** olarak akarlar. En orta kısımda maksimum hız vardır. Boru ile temas halindeki kısımda ise hız sıfırdır. Aşağıdaki şekilde boru içindeki laminer akış görülmektedir.

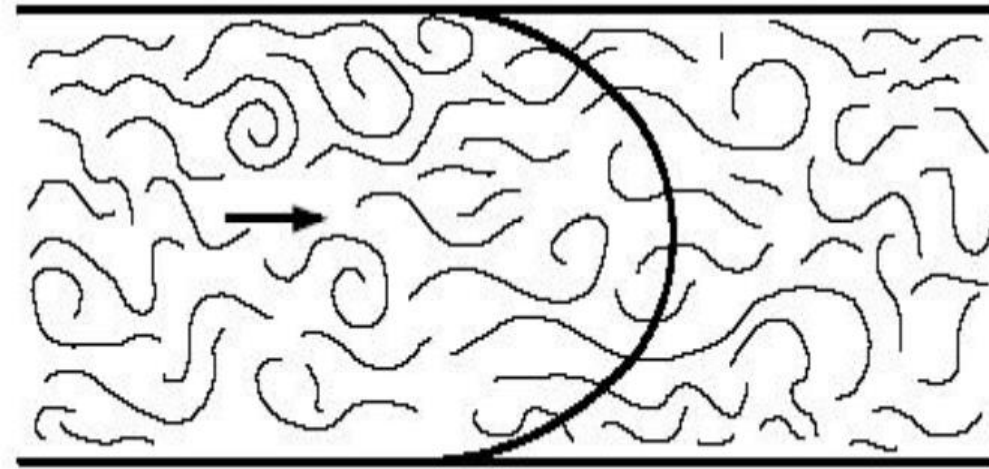


Laminer Akış

Akış Çeşitleri

Hızın artırılması durumunda kritik hızdan sonra akış şekli değişir ve **türbülanslı akış** oluşur. Aşağıdaki şekilde boru içindeki türbülanslı akış görülmektedir. Kritik hız sınırının viskozitesi ve borunun kesitine bağlıdır.

Laminer
(tabakalı,
düzgün) ve
türbülanslı
(girdaplı) akış
çeşitleri



Türbülanslı Akış

Reynolds Sayısı (*Re*)

- Bir akışkanın, atalet kuvvetlerinin ($v_s \cdot d$), viskozite kuvvetlerine (μ/ρ) olan oranıdır.
- Bu değer bu iki tip kuvvetin belli bir akış şartı altında birbirine olan göreceli önemini verir.
- Reynolds sayısı, **düzgün akış ve türbülanslı akış gibi değişik akış rejimlerini nitelemek için** kullanılır.

Reynolds Sayısı (*Re*)

- *Re* 'nin hesaplanması:

$$Q = A \times V$$

Q = Debi (mm³/s)

V = Akış Hızı (mm/s)

A = Boru Kesit Alanı (mm²)

$$Re = \frac{V \times d}{\nu}$$

Re = Reynold Sayısı

V = Akış Hızı (mm/s)

d = Çap (mm)

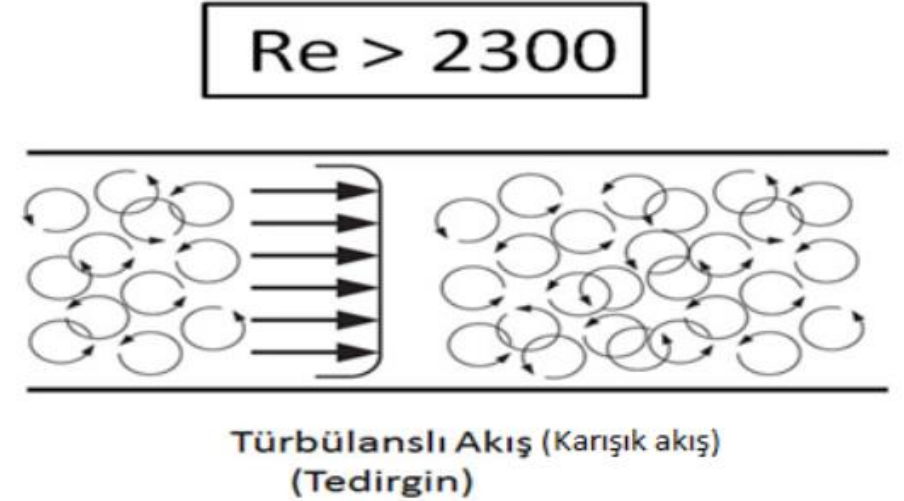
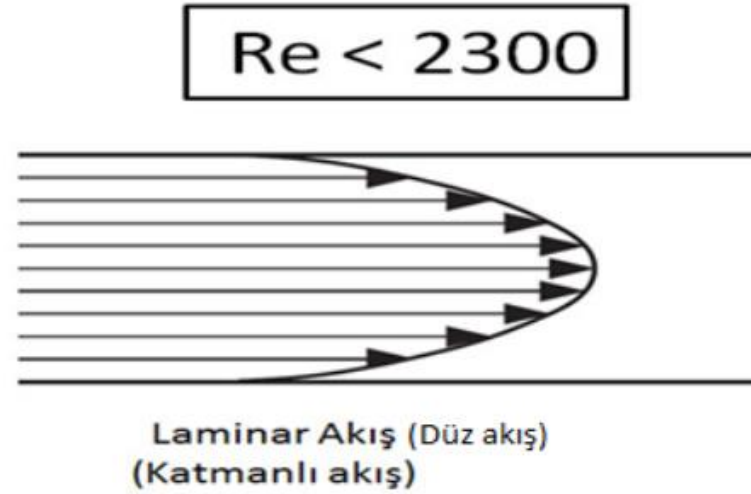
ν = Viskozite (mm²/s)

REYNOLDS

- Akışkanlar mekaniğinde birlikte kullanıldığı diğer katsayıların en önemlilerinden biridir ve dinamik benzerliği tanımlamak için kullanılır. İki geometrik olarak benzer akış modeli, akış değerleri farklı olan iki farklı sıvı içinde olsalar bile, eğer aynı ilgili katsayıya sahip iseler, bunlara dinamik benzer denir.
- Örneğin bir sineğin kanadının nasıl çalıştığını anlayabilmek için sinek kanadının büyütülmüş modelleri su içerisinde çalıştırılıp daha yavaş bir hızda aynı olay gerçekleştirilip gözlenebilmektedir. Burada önemli olan suyun ve havanın çalışma koşullarında aynı Re sayısına sahip olmalarıdır.

REYNOLDS SAYISI (Birimsiz)

- Boru içindeki sıkıştırılmaz akışta Re sayısı 2300'den küçük ise laminar akış, büyük ise türbülanslı akış olarak ele alınır.
- Isı transferinde de Reynolds teoremi farklı oranlarla kullanılmaktadır. Reynolds sayısının artması ısı taşınım katsayısını artırır.



$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Re : Reynolds sayısı (Birimsiz)

v : Akış hızı (cm/s)

d : Boru iç çapı (cm)

μ : Dinamik vizkozite (cm²/s)

ν : Kinematik vizkozite (cm²/s)

Bernoulli Denklemi

$$P_a + \frac{1}{2} \rho v_a^2 + \rho g h_a = P_b + \frac{1}{2} \rho v_b^2 + \rho g h_b$$

a = Boru boyunca ilk nokta

b = Boru boyunca ikinci nokta

P = Statik basınç, kPa (psi)

ρ = Yoğunluk, kg/m³ (lb/ft³)

v = Hız, m/s (ft/s)

g = Yerçekimi ivmesi, 9,81 m/s²
(32,2 ft/s²)

h = Yükseklik, m (ft)

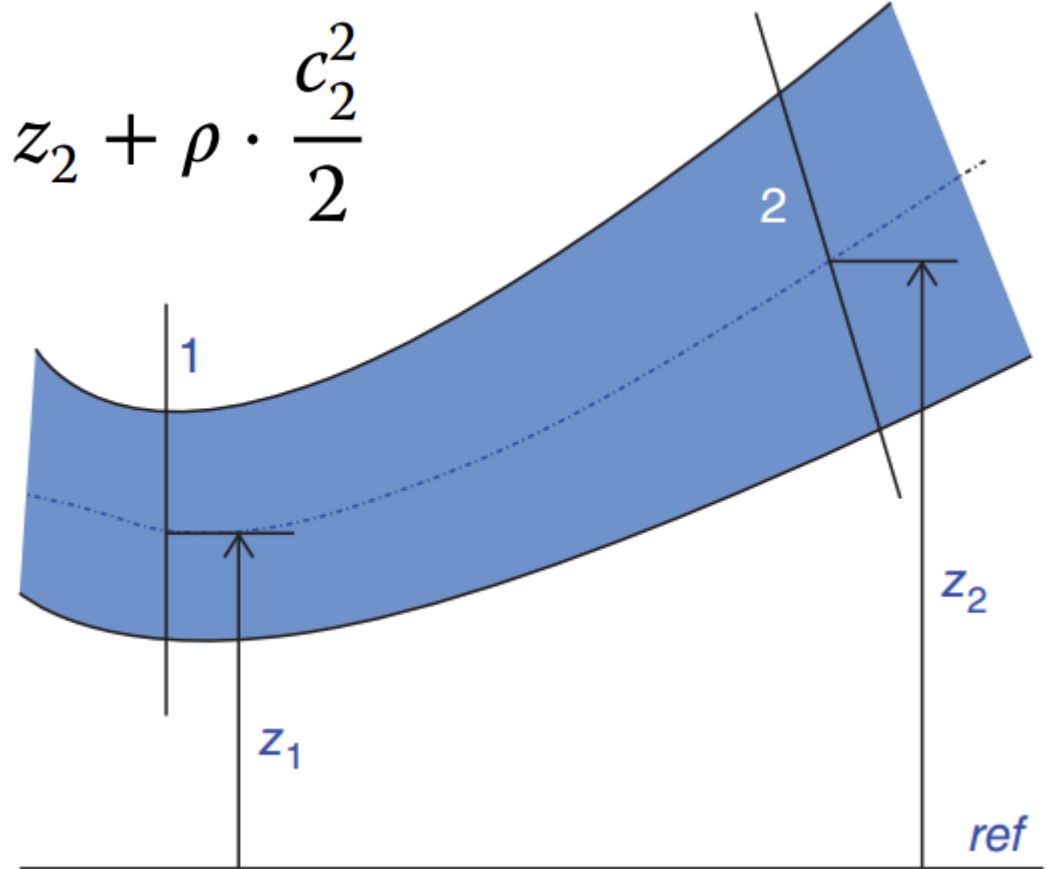
- Akışkanların akışına ilişkin temel kanunlardan birisi Bernoulli Kanunu'dur. En basit haliyle, **sürtünmesiz** bir akışkan için basınç ile akışkan hızı arasındaki ilişkiyi açıklar. Bernoulli Kanunu'na göre "Sürtünmesiz akış hattı boyunca toplam enerji sabittir." Temelde basit çocuk salıncaklarındaki potansiyel enerji ile kinetik enerji arasındaki ilişkiye benzerdir; salıncaktaki toplam enerji potansiyel enerji ile kinetik enerji arasında değişir (basınç potansiyel enerji, akışkan hızı da kinetik enerji olarak düşünülebilir). İki nokta farklı yükseklikte konumlanmışsa, bunun dikkate alınması gerekir.

Bernoulli Denklemi

$$p_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 + \rho \cdot \frac{c_1^2}{2} = p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \rho \cdot \frac{c_2^2}{2}$$

$$p_1 + \rho \cdot \frac{c_1^2}{2} = p_2 + \rho \cdot \frac{c_2^2}{2}$$

- Üstteki denklem genel hal, z eksenine göre yükseklik farkı olması durumunda
- Alttaki denklem yükseklik farkı sıfır olması durumunda (yatayda düz boru)



MMAK212 – Hidrolik ve Pnömatik Sistemler

BASINÇ KAYIPLARI

Yerel (Lokal) Kayıplar

BASINÇ KAYBI HESAPLARI

- Borularda sürtünme ve basınç düşmesi
- Yerel basınç kayıpları

BORULARDA MEYDANA GELEN BASINÇ KAYIPLARI

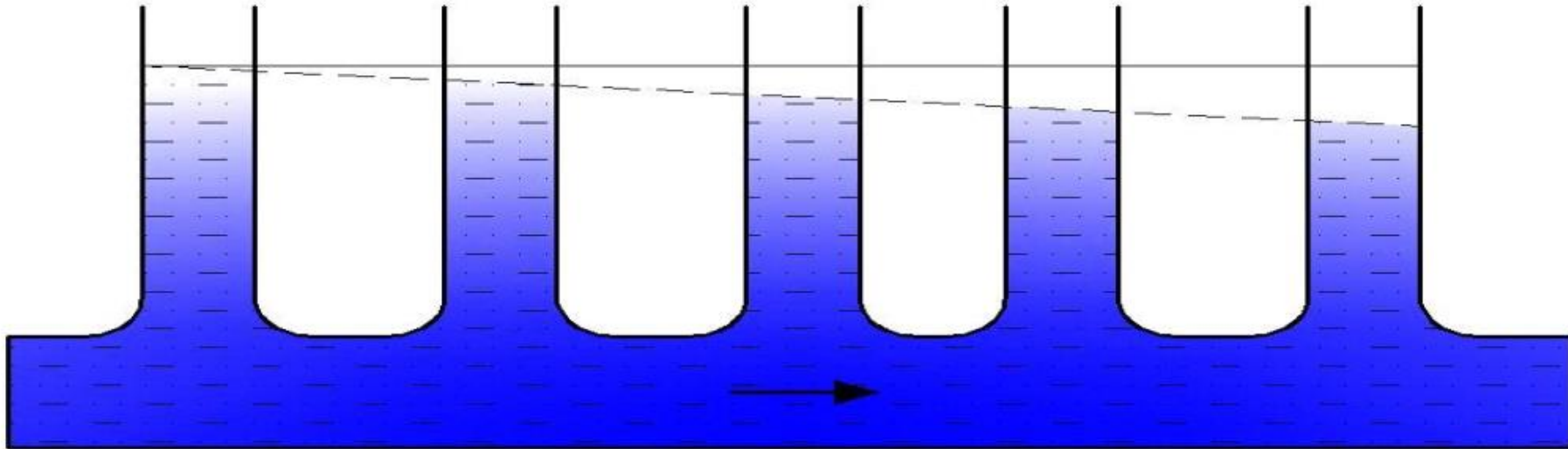
Basınç kayıplarının bağlı olduğu etkenler:

- Boruların uzunluğu (*doğru orantılı*)
- Boruların kesiti, çapı (*ters orantılı*)
- Boruların iç yüzey kalitesi (*pürüzlülük ile doğru orantılı*)
- Borulardaki büküm sayısı (*yerel basınç kayıpları*)
- Akış hızı (*karesi ile doğru orantılı*)
- Sıvının viskozitesi (*doğru orantılı*)

SÜRTÜNME VE BASINÇ DÜŞMESİ

Hidrolik enerjinin taşınması sırasında boruların iç yüzeylerinde ve sıvı içersinde sürtünme sonucu ısı oluşur. Hidrolik enerjinin taşınmasında kayıplar meydana gelir. Yani hidrolik enerji ısı enerjisine dönüşür. Şekilde görüldüğü gibi sistemde basınç kaybına yol açar.

Sürtünme ve Basınç Düşmesi



Borularda Meydana Gelen Basınç Kayıpları

ΔP : Borularda meydana gelen basınç kaybı (Pa)

l : Boru boyu (m)

d : Boru anma çapı (m)

ρ : Akışkan yoğunluğu (kg/m^3)

v : Akışkan hızı (m/sn)

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

$$\lambda = \frac{75}{\text{Re}}$$

Laminer akış

$$1 \text{ cSt} = 1 \text{ cm}^2/\text{sn} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sn}$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{1/4}}$$

Türbülanslı akış

100 metre hidrolik boruda ne kadar basınç kaybedilir?

Büyük bir güç ünitesi ile çok sayıda valf bloğunu beslemek, her valf bloğu için ayrı ayrı güç ünitesi tesis etmeye göre avantajlı olduğu durumlar olabilir. Bu tip tesislerde kaçınılmaz olarak basınçlı hidrolik hatların, pilot basınç hatlarının yada düşük basınçlı dönüş hatlarının metrelerce mesafe kat etmesi gerebilir. Boru içerisindeki akışkanı bir noktadan başka bir noktaya taşıyabilmek için yatayda dahi olsa sürtünme dirençlerini yenmemiz gerekir. Bunun doğal sonucu olarak da boruya giren akışkanın basıncı çıkan akışkanın basıncından yüksek olacaktır arada kaybolan basınç enerjimiz ısı enerjisine dönüşecektir. Peki böyle bir durumda borularda ne kadar basınç kaybedileceği nasıl tespit edebilir?



100 metre hidrolik boruda ne kadar basınç kaybederiz?

Bu sorunun cevabını vermek için bir çok parametreye ihtiyacımız vardır. Borunun çapı ve malzemesi nedir? Sistem debisi Nedir? Başlangıç noktası ile bitiş noktası arasında kot farkı var mıdır? Nakledilen akışkanın fiziksel parametreleri nelerdir? Tüm bunları bilmemiz gerekir yani maalesef ki 10 metre boruda x bar kadar, 100 metre boruda 10x kadar bar basınç kaybedilir gibi kısa bir hesap yapmak mümkün değil.

Örnek:

Kullanılacak yer: Basınç Hattı - yağ sıcaklığı 40 °C

Kullanılacak akışkan: ISO VG 46 Mineral yağ (40 °C de $\nu = 46 \text{ mm}^2/\text{s}$)

Boru iç çapı: 30 mm

Sistem debisi: 120 lt/dak

$$Q = A \times V \quad \left| \quad Re = \frac{V \times d}{\nu} \right. \quad \begin{array}{l} Q = \text{Debi (mm}^3/\text{s)} \\ V = \text{Akış Hızı (mm/s)} \\ A = \text{Boru Kesit Alanı (mm}^2\text{)} \end{array} \quad \begin{array}{l} Re = \text{Reynold Sayısı} \\ V = \text{Akış Hızı (mm/s)} \\ d = \text{Çap (mm)} \\ \nu = \text{Viskozite (mm}^2/\text{s)} \end{array}$$

İç çapı 30 mm boru için boru kesit alanı hesaplanıp sistem debisi mm^3/s biriminde soldaki süreklilik denkleminde yerine konulursa boru içi akışkan hızı bulunur.

Boru içi akış hızı: 2830 mm/s

hesaplanan bu boru akış hızı ve $46 \text{ mm}^2/\text{s}$ viskozite değerine göre Reynold sayısı hesaplanır.

- **Örnek:**
- **Akışkan yoğunluğu:** 891 kg/m^3
- **Boru boyu:** 100 m
- **Boru çapı:** 0,03 m
- **Akışkan hızı:** 2.83 m/s
- Yukarıdaki değerler formülde yerine konulursa basınç kaybı,
- $\Delta P = 478280 \text{ Pascal} \Rightarrow \Delta P = \mathbf{4,78 \text{ Bar}}$ olarak bulunur.

Görüldüğü gibi boru içi basınç kayıpları bir çok değişkene bağlı olup **örneğimizde 100 metrede 5 bar civarı bir kayıp** çıkarken boru çapı yada sistem debisinin farklı olması halinde çok daha büyük yada küçük basınç kayıpları ile karşılaşılabilir.

Yine bu hesapları yaparken unutmamız gereken bir noktada yerel kayıpların hesaba dahil edilmemiş olmasıdır. **Düz bir boru için hesap yapılmıştır.** Hat üzerinde dirsekler, çeşitli açılarda dönüşler, T bağlantılar yada herhangi bir valf var ise bunların oluşturacakları dirençler ayrı ayrı hesaplanıp toplanarak basınç kaybına ilave edilmelidir.

Yerel Basınç Kayıpları

Dirseklerde, T şeklindeki bağlantılarda, valflerde vs. akış yönünün değiştirilmesi ile birlikte oldukça büyük basınç kayıpları meydana gelir. Bu tip kayıplar bağlantı elemanlarının geometrik şekline ve hacimsel debinin büyüklüğüne bağlıdır.

$$\Delta P_f = \xi \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2}$$


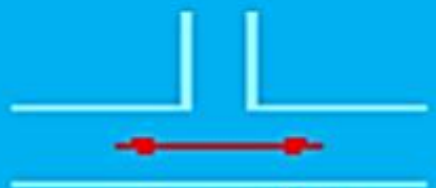









ΔP_f : Yerel basınç kaybı (Pa)

ξ : Kayıp Katsayısı (Birimsiz)

ρ : Akışkan yoğunluğu (kg/m³)

V : Akışkan hızı (m/sn)




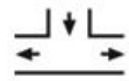
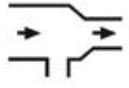
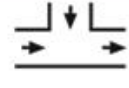



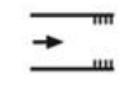

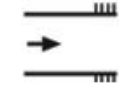
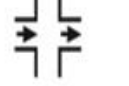

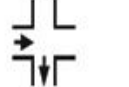

TABLO: Türbülanslı Akış İçin $\xi_{Türbülans}$ Değerleri

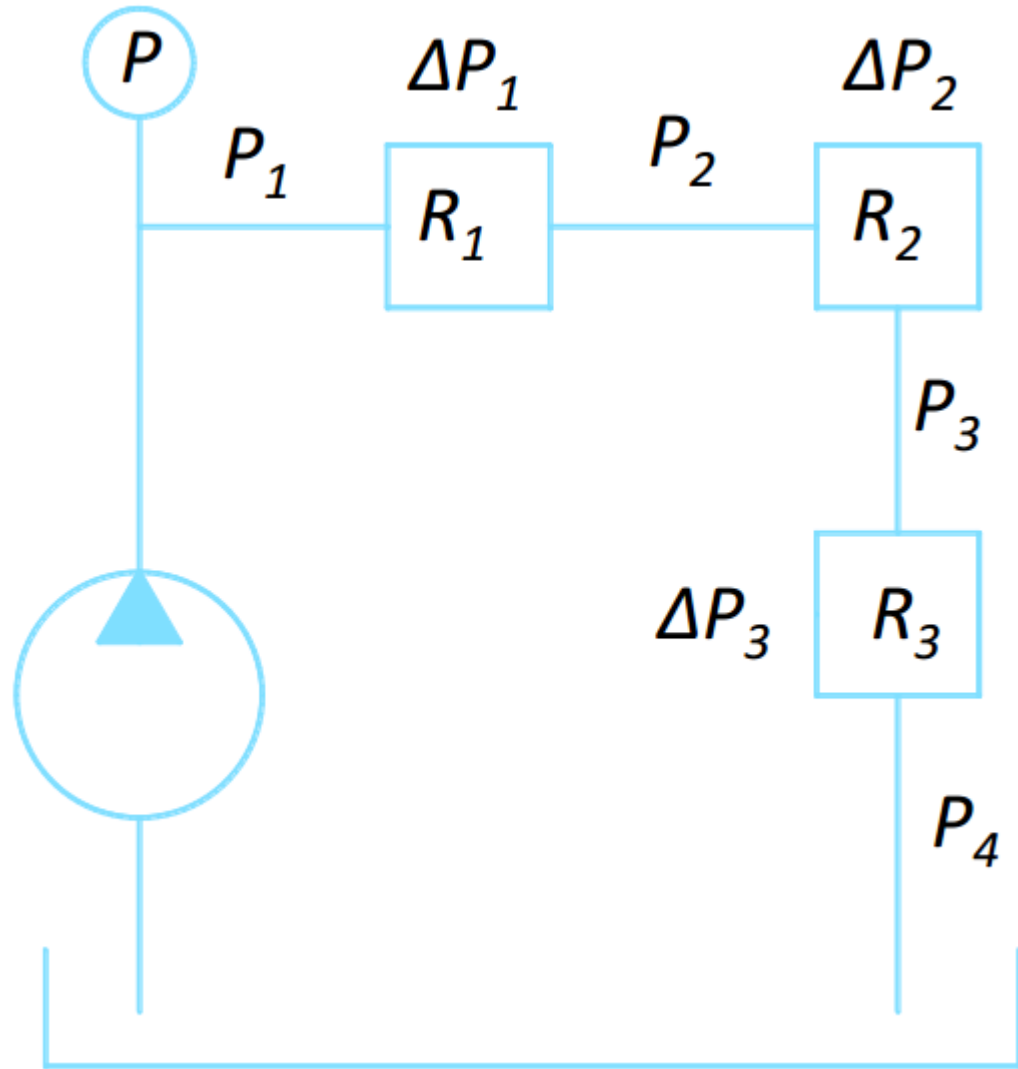
			
$\xi = 1,3$	$\xi = 0,1$	$\xi = 0,5$	$\xi = 0,8-2$
			
$\xi = 0,05$	$\xi = 0,15$	$\xi = 0,5$	$\xi = 1,2$
			
$\xi = 3-10$	$\xi = 2-3$	$= 8-16$ (Sorgulu Valf)	

Örnek: Lokal Kayıplar Tablosu

- Boru ek parçalarındaki yerel kayıp «K» katsayıları tablosu

Kaynak: <https://www.dizayngrup.com/pprc-borular-ve-ek-parcalari>

Şematik Görünüm	Yerel Katsayı (K)	Eşdeğer Boru Boyu (m)	Şematik Görünüm	Yerel Katsayı (K)	Eşdeğer Boru Boyu (m)
	0,25	0,17		0,9	0,62
	0,6	0,42		0,85	0,59
	0,5	0,35		0,35	0,24
	1,2	0,83		0,7	0,48
	0,5	0,35		0,4	0,28
	0,1	0,07		0,7	0,48
	0,35	0,24		1,25	0,87
	1,05	0,73		1,4	0,97



$$P_3 = P_4 + \Delta P_3$$

$$P_2 = P_3 + \Delta P_2 = P_4 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

$$P_1 = P_2 + \Delta P_1 = P_4 + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

$$\Delta P_T = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

$$P_1 = P_4 + \Delta P_T$$

- Hatlardaki akışkan hızı için v-kritik olarak aşağıdaki değerler tavsiye edilir.
- Basınç hattı
 - 50 bar işletme basıncına kadar 4.0 m/sn
 - 100 bar işletme basıncına kadar 4.5 m/sn
 - 150 bar işletme basıncına kadar 5.0 m/sn
 - 200 bar işletme basıncına kadar 5.5 m/sn
 - 300 bar işletme basıncına kadar 6.0 m/sn
- Emme hattı 1.5 m/sn
- Dönüş hattı 2 m/sn

HİDROLİK BORU ÇAPI HESAPLARI

- Hidrolik boru çapının hesaplanması

Hidrolik boru çapının hesaplanması

Hidrolik sistemlerde kullanılacak boruların dayanıklı, sızdırmaz ve güvenli olabilmeleri için ölçüleri uygun değerlerde belirlenmelidir. Pompanın debisi, ortalama hızı, ve çalışma hattının özellikleri bilinerek hesap yapılmalıdır.

Bu özellikler :

$$Q = \frac{V \times d^2}{21} \text{ (l/dk)}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q \times 21}{V}} \text{ (mm)}$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = 0,785 \times d^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Formülleri ile hesaplanır.

Bu formüllerde

Q = Akışkanın (pompanın) debisi (l /dk.)

V = Ortalama akış hızı (m/sn)

d = Boru iç çapı (mm)

A = Boru kesit alanı (mm²) dir.

Hidrolik Boru Çapının Hesaplanması

Örnek Problem:

Bir hidrolik devrede debisi 40 l/dk olan akışkanın ortalama hızı 6 m/sn' dir. Sistemde kullanılacak boru iç çapı ne olur?

Verilenler:

$$Q = 40 \text{ l/dk},$$

$$V = 6 \text{ m/sn}$$

İstenilenler:

$$d = ?$$

$$d = \sqrt{\frac{Q \cdot 21}{V}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 21}{6}} = 11,8 \text{ mm' dir.}$$

$$d = 11,8 \text{ mm}$$

BASINÇ KAYIPLARI

- *Örnek Video:*

Seri Bağlı Hidrolik Devre Elemanlarında Basınç Düşümü

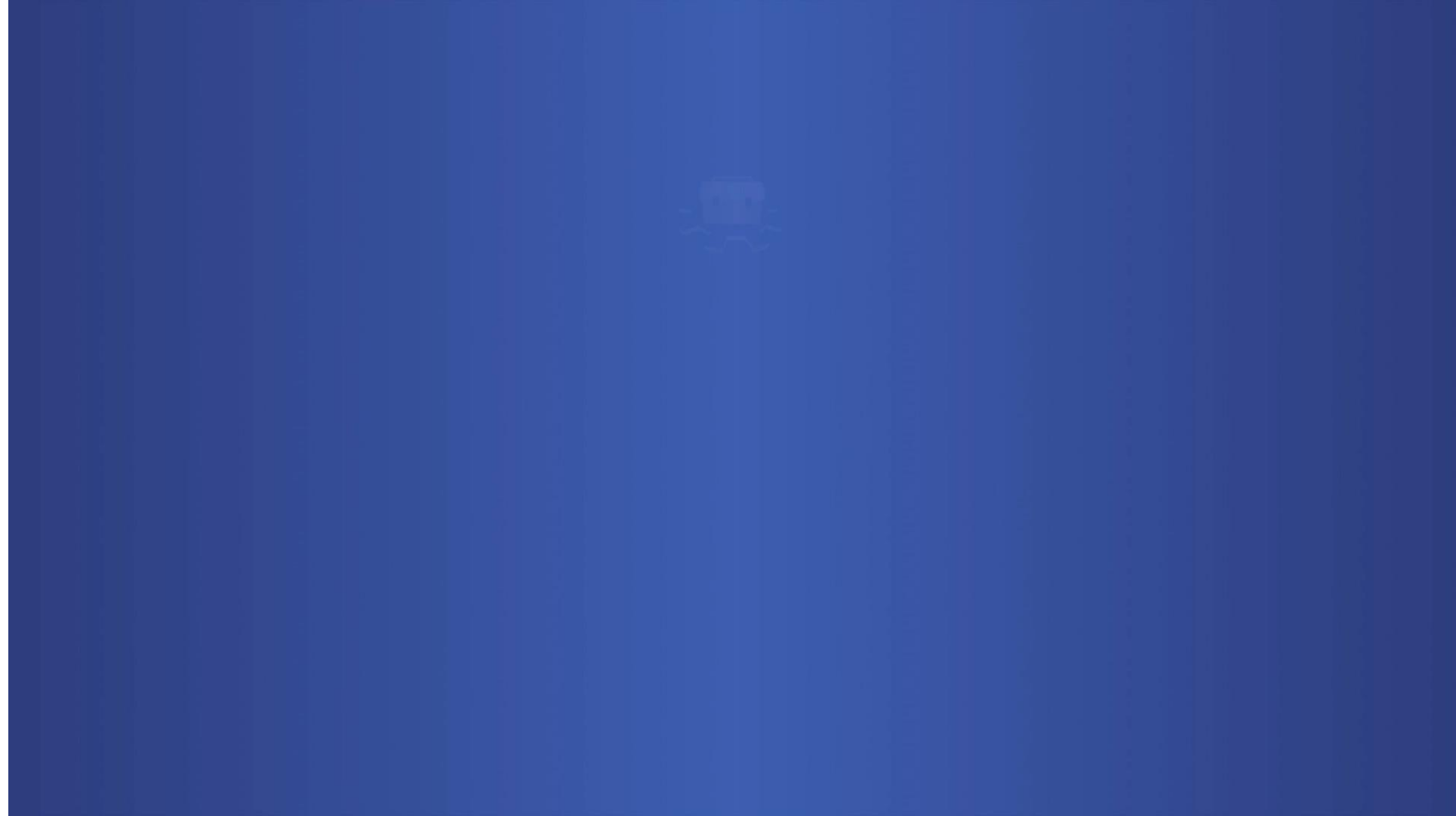
https://www.youtube.com/watch?v=F4VM_Xlp-SU

(00:00 – 05:10)

Pressure Drops in Series Circuits

BASINÇ KAYIPLARI

- *Örnek*
Video:
Seri Bağlı
Hidrolik
Devre
Elemanları
Basınç
Düşümü



BASINÇ KAYIPLARI – Paralel Devre

- *Örnek Video:*

Paralel Bağlı Hidrolik Devre Hatlarında Basınç Durumu

https://www.youtube.com/watch?v=N_0-H8nxQdo

(00:00 – 08:37)

Pressure in Parallel Circuits

BASINÇ KAYIPLARI

- *Örnek*

Video:

Paralel Bağlı
Hidrolik
Devre
Hatlarında
Basınç



PNÖMATİK BORU ÇAPI VE BASINÇ KAYBI HESABI

- Boru iç çapının belirlenmesi
- Borularda basınç düşmesi

Boruların İç Çaplarının Belirlenmesi

Boru iç çaplarının belirlenmesinde havanın akış hızı dikkate alınmalıdır. Pnömatik sistemde sürtünme kayıplarını düşük tutabilmek için **havanın akış hızı 9-10 m/s'yi geçmemelidir**. Hesaplama aşağıdaki formül ile yapılır. Bulunan değer küsürlü olursa bir üst değere yuvarlanır.

$$d = \sqrt{\frac{21 \cdot Q}{v}}$$

Q=Debi miktarı..... lt/dak

v =Ortalama hız..... m/s

d =Boru iç çapı mm

Örnek: Bir pnömatik devrede hava debisi 80 lt/dak'dır. Akış hızının 9 m/s olması istendiğine göre kullanılacak borunun iç çapını hesaplayınız. İstenen d=?

Verilenler

Q= 80 lt/dak

v= 9 m/s

$$d = \sqrt{\frac{21 \cdot Q}{v}} \quad d = \sqrt{\frac{21 \cdot 80}{9}} \quad d = \sqrt{186,66}$$

Çözüm:

$$d \cong 13,65 = 14 \text{ mm}$$

Borularda Basınç Düşmesi

Boru ve hortumlar mümkün olduğunca kısa seçilmelidir. Boru çaplarının küçük olması akış hızını artırır. Akış hızı ve basınç düşüşü arasında doğrusal bir orantı vardır. Akış hızı arttıkça basınç düşüşü artar. Tesisatın değişik noktalarında (valf bağlantıları, dirsekler, kesitin daraldığı bölgeler vb.) akış hızı belirlenen sınırların üzerine çıkar. Hava tüketiminin de artmasıyla yüksek akış hızları elde edilir. Bu kısımlarda basınç düşüşünün yanı sıra sıcaklığın aşırı düşmesi sonucu buzlanmalar oluşabilir.

Basınç düşüşünün nedenleri;

- Hattın uzunluğu ve bağlantı elemanlarının
- Türbülanslı akış
- İç sürtünmeler (moleküllerin sürtünmesi)
- Yüksek akış hızları

Boru uzunluğu ve basınç düşmesi arasındaki ilişki



KAYNAKLAR: (web)

Prof. Dr. Metin Güner – Açık Ders Malzemeleri (Ankara Üniversitesi)

- <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=771>

Doç. Dr. Seyfi Şevik – Ders Notları (Hitit Üniversitesi)

- <http://web.hitit.edu.tr/seyfisevik/dersmateryalleri/21417>

Prof. Dr. Davut Karayel – Ders Notları (Akdeniz Üniversitesi)

- <http://aves.akdeniz.edu.tr/dkarayel/dokumanlar>