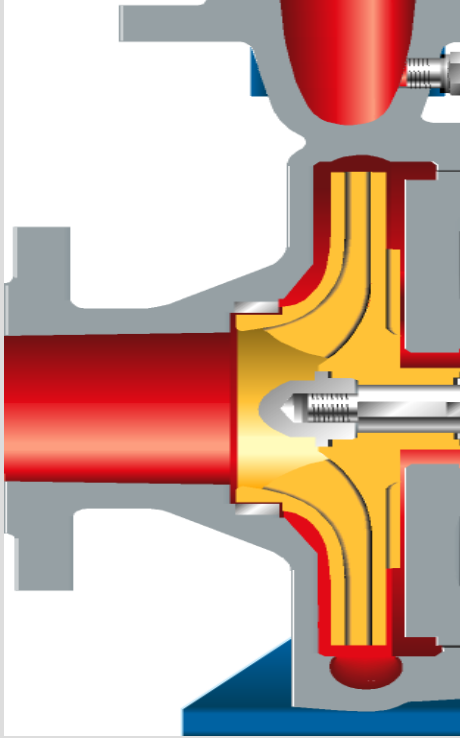


# Temel Hidrolik- Karakteristik Eğriler

**Vahap UĞURLUDEMİR,  
KSB A.Ş., Adana**

# Bir santrifüj pompanın ana parçaları

Bir santrifüj pompa 4 ana parçadan oluşur.

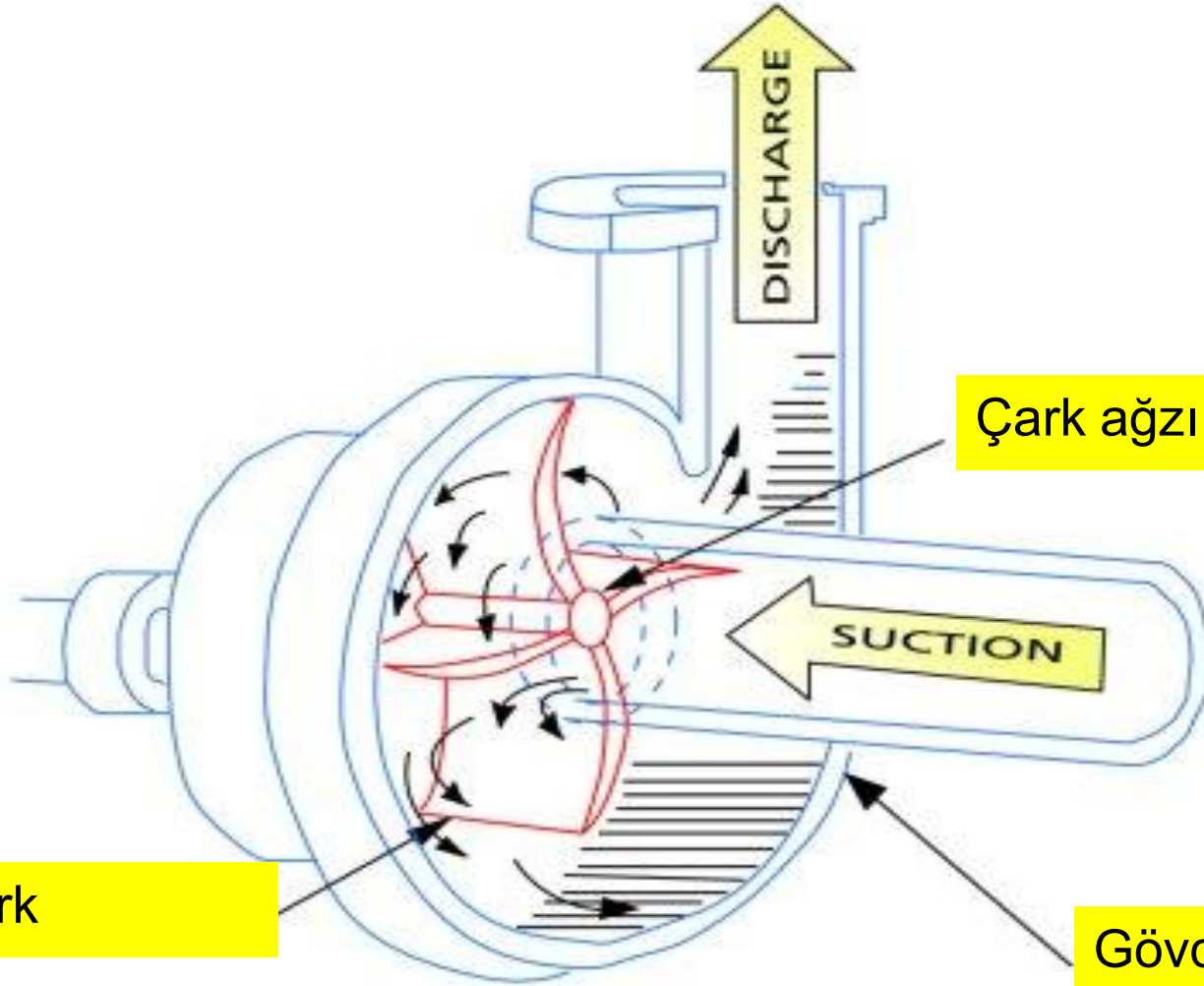


- 1** Çark: Kinetik enerjiyi akışkana transfer eder.
- 2** Pompa gövdesi: Akışkanı tutar ve kinetik enerjiyi , basma yüksekliğine dönüştürür.
- 3** Mil
- 4** Salmastra: Sızdırmazlığı sağlar.

Bir santrifüj pompa :

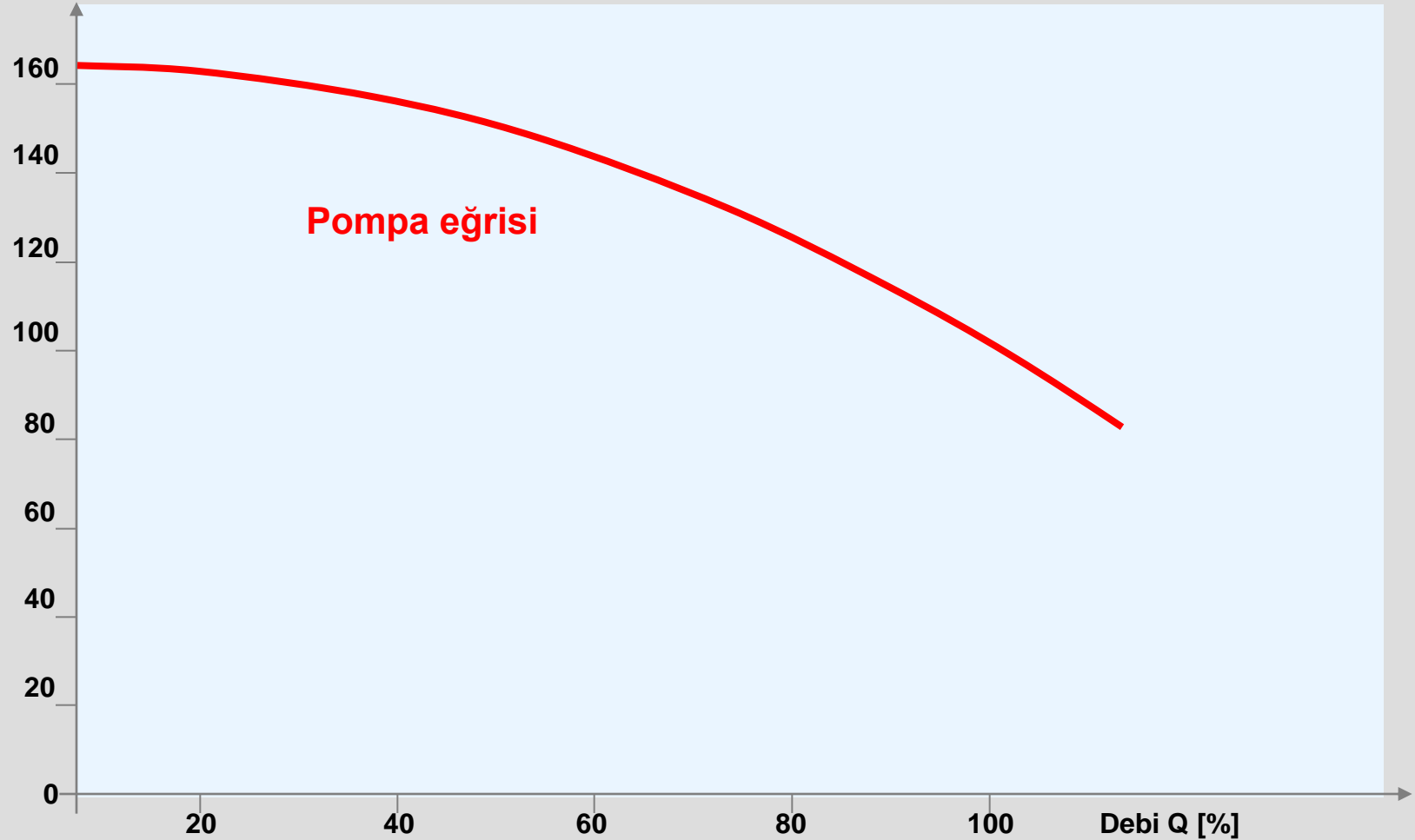
Bir santrifüj pompa, vakum yapamaz, akışkan atmosferik veya diğer bir basınçla pompanın çarkına doğru itelenir, çark akışkana hız kazandırır, bu hız gövdenin yönlendirmesi ile basma yüksekliğine dönüştürülür. Bu nedenle çark daima su içinde olmalıdır.

# Pompa hidroliği



# Bir santrifüj pompanın Karakteristik QH-eğrileri

Basma yüksekliği H [%]



- Santrifüj pompada Debi Q, bir zaman diliminde pompa basma ağzına gönderilen sıvının  **faydalı hacmidir**.
- Hacim için sıklıkla kullanılan birimler ;  **m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s, l/s, l/h**
- Dahili akışların yanında sızıntı dolayısıyla oluşacak kayıplar pompa debisi içerisinde dikkate alınmamaktadır.
- Santrifüj pompanın  **debisi** pompalanan sıvının  **yoğunluğundan bağımsızdır**.
- Pompalanan sıvının  **vizkozitesi** santrifüj pompanın  **debisini** etkiler. Vizkozite artarsa debi düşer, vizkozite düşerse debi artar.
- Debi pompa dönüş hızıyla orantılı olarak değişir.

$$Q_2 = Q_1 * n_2 / n_1$$

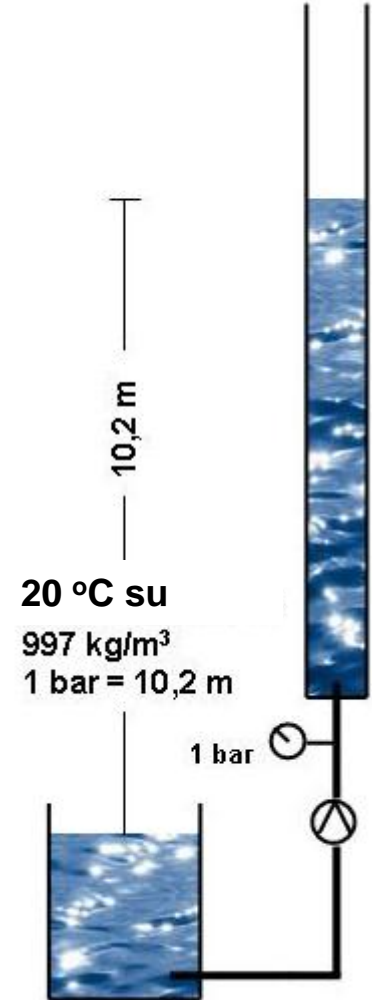
# Basma yüksekliği H

- Bir santrifüj pompanın basma yüksekliği H, pompanın akışkana verdiği  **faydalı mekanik enerjidir**, pompanın giriş ağzı ve çıkış ağzı arasında ölçülür.
- Birimi [**m**] olarak ifade edilir (sıvının birim ağırlığı N başına Nm enerji).
- Bir santrifüj pompa aynı dönme hızında farklı sıvılara, **yoğunluklarından bağımsız olarak**, aynı yüksekliği verir.
- Eğer sıvının **vizkozitesi** değişirse oluşan basma yüksekliği de değişir.
- Basınç P ve oluşan basma yüksekliği H arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir : ( $\rho$  = yoğunluk,  $g$  = yerçekimi ivmesi-9,81 m/s<sup>2</sup>)

$$H = p / \rho * g$$

- Oluşan basma yüksekliği dönüş hızının karesi ile orantılı olarak değişir:

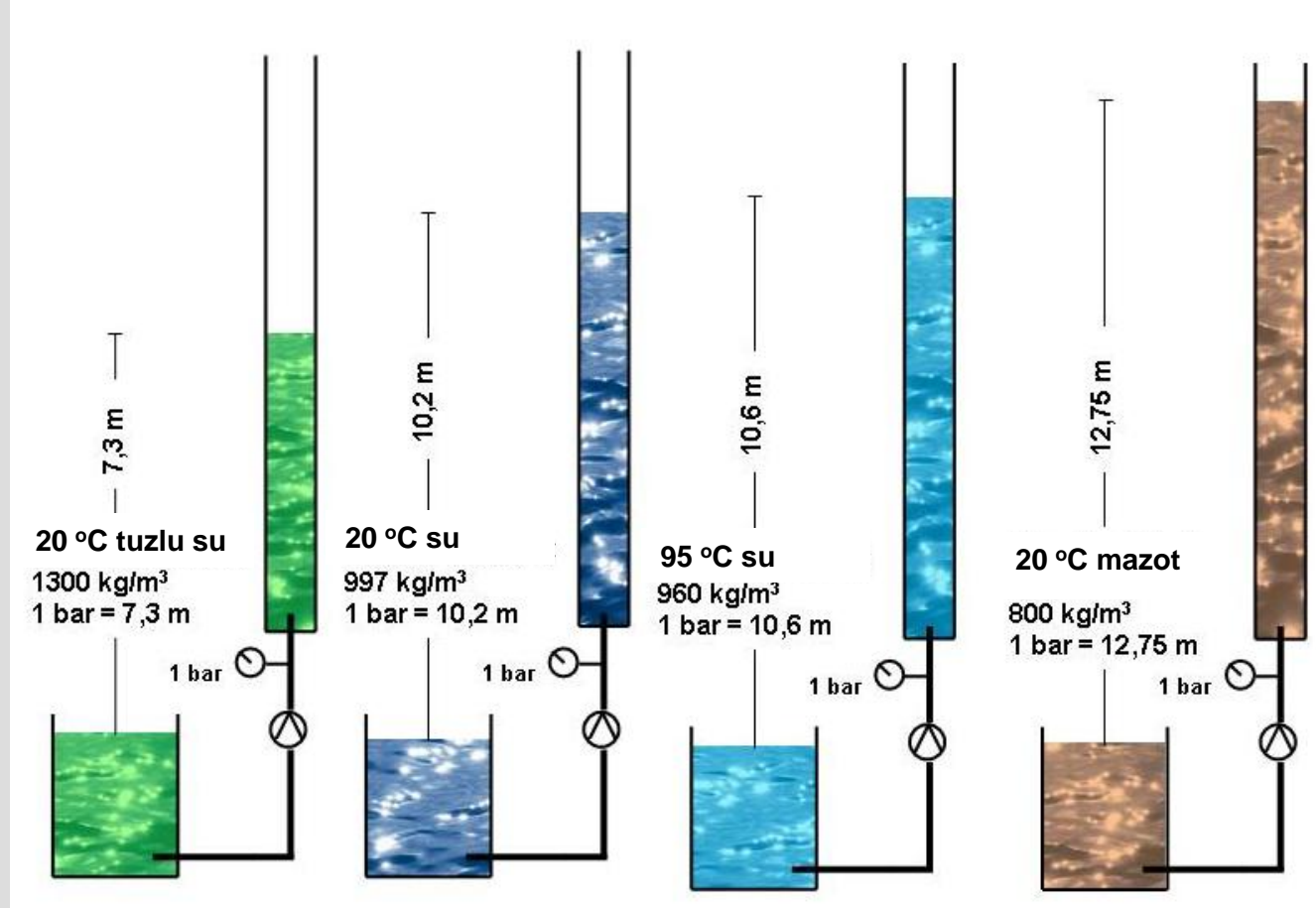
$$H_2 = H_1 * (n_2 / n_1)^2$$



# Basma yüksekliği H ile p basıncın ilişkisi

$$H = \frac{p}{\rho \cdot g}$$

- H Basma yüksekliği [m]  
p Basınç [Pa = N/m<sup>2</sup>]  
 $\rho$  Yoğunluk [kg/m<sup>3</sup>]  
g Yerçekimi ivmesi [m/s<sup>2</sup>]





- Basma yüksekliği ortam sıvısının yoğunluğundan bağımsızdır.
- Yoğunluk pompa içindeki basıncı belirler.

$$P = q \times g \times H$$

P : Basıncı (Pa) (1 bar=100.000 pascal =  $10^5$  N/m<sup>2</sup> =  $10^5$  kg/s<sup>2</sup>m)

q : Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)

g : Yerçekimi kuvveti ( m/s<sup>2</sup>)

h : Basma yüksekliği (m)

Örnek 1: Sıvı : Su, 30 °C

Basıncı : 5 bar =  $5 \times 10^5$  kg /s<sup>2</sup>m

Yoğunluk : 995,7 kg/m<sup>3</sup>

$H = 5 \times 10^5 / (996 \times 9,81)$

H= 51,17 mss (metre su sütünü)

Örnek 2: Sıvı : Yağ, 300 °C

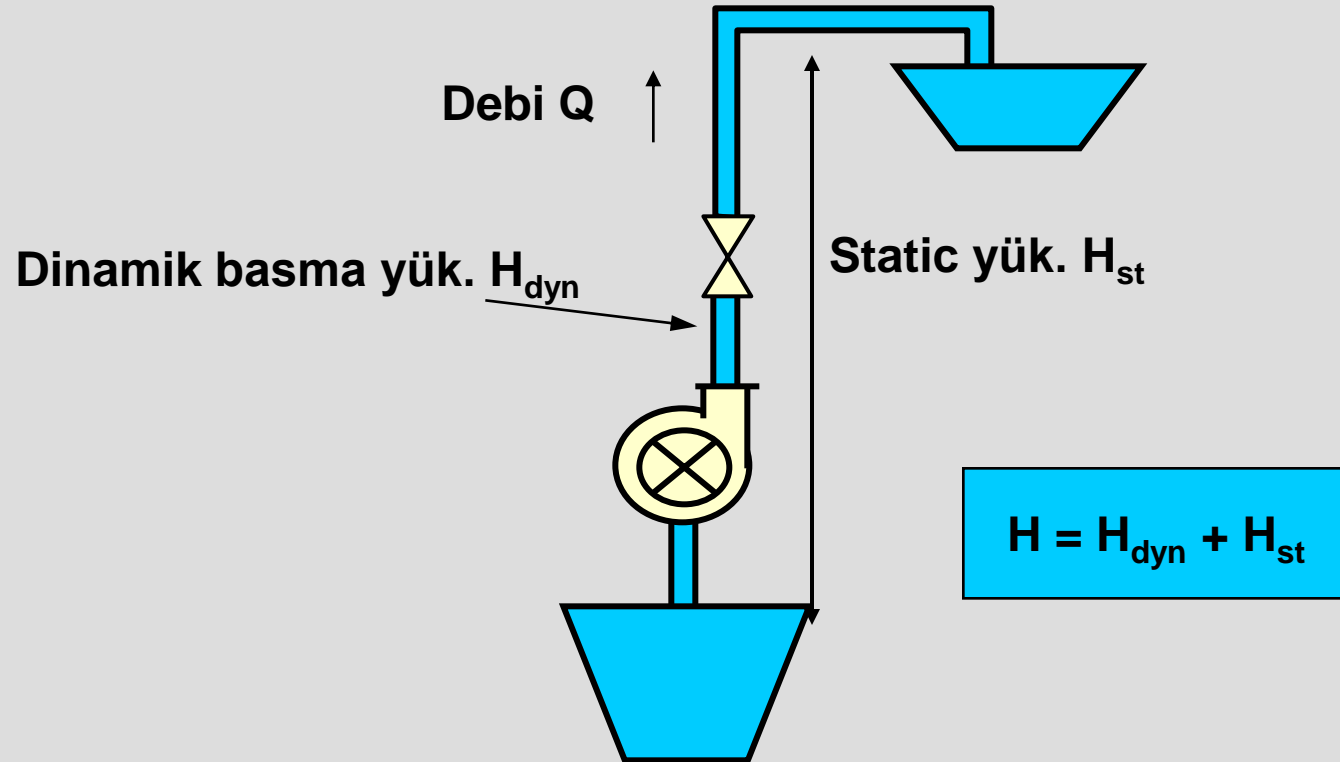
Basıncı : 5 bar =  $5 \times 10^5$  kg /s<sup>2</sup>m

Yoğunluk : 850 kg/m<sup>3</sup>

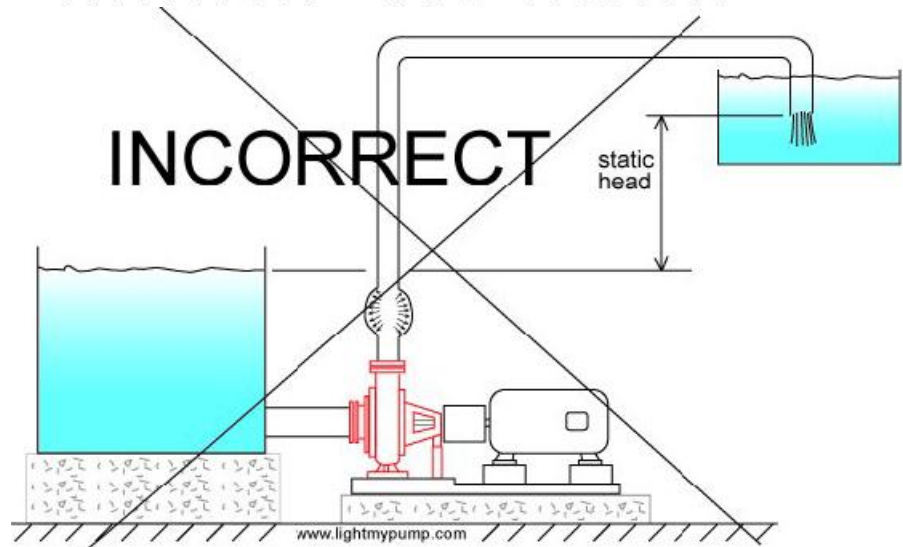
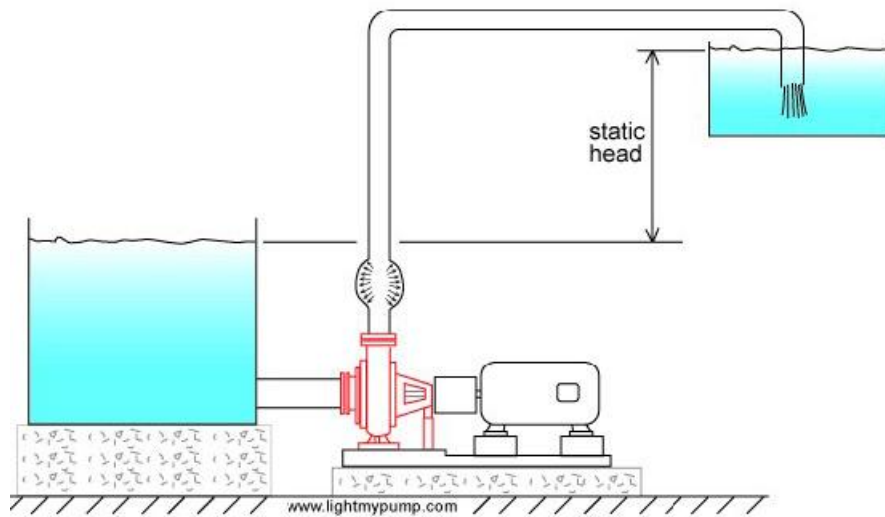
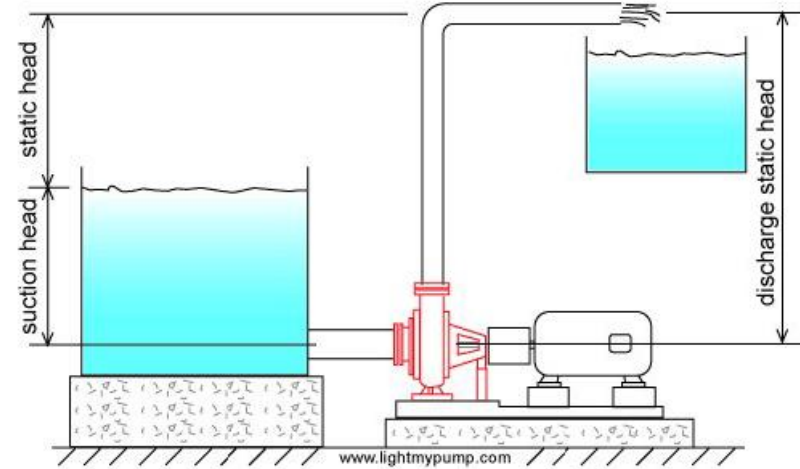
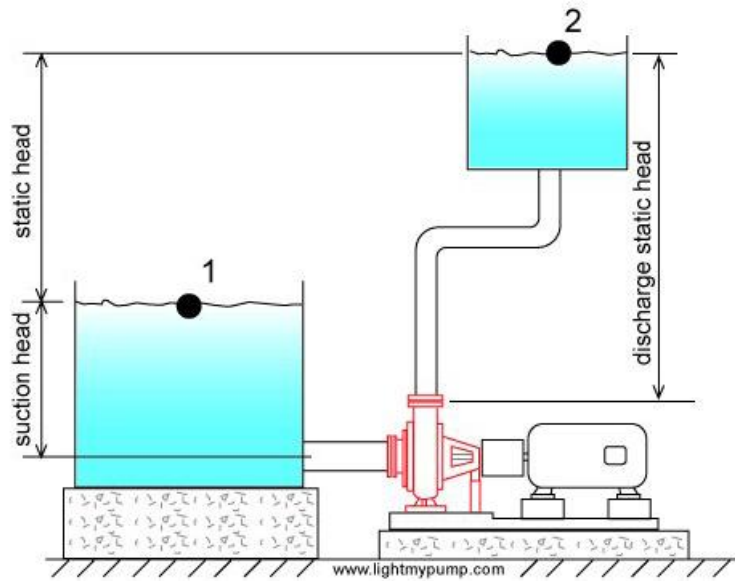
$H = 5 \times 10^5 / (850 \times 9,81)$

H= 59,96 mss (metre sıvı sütünü)

# Basma yüksekliği H

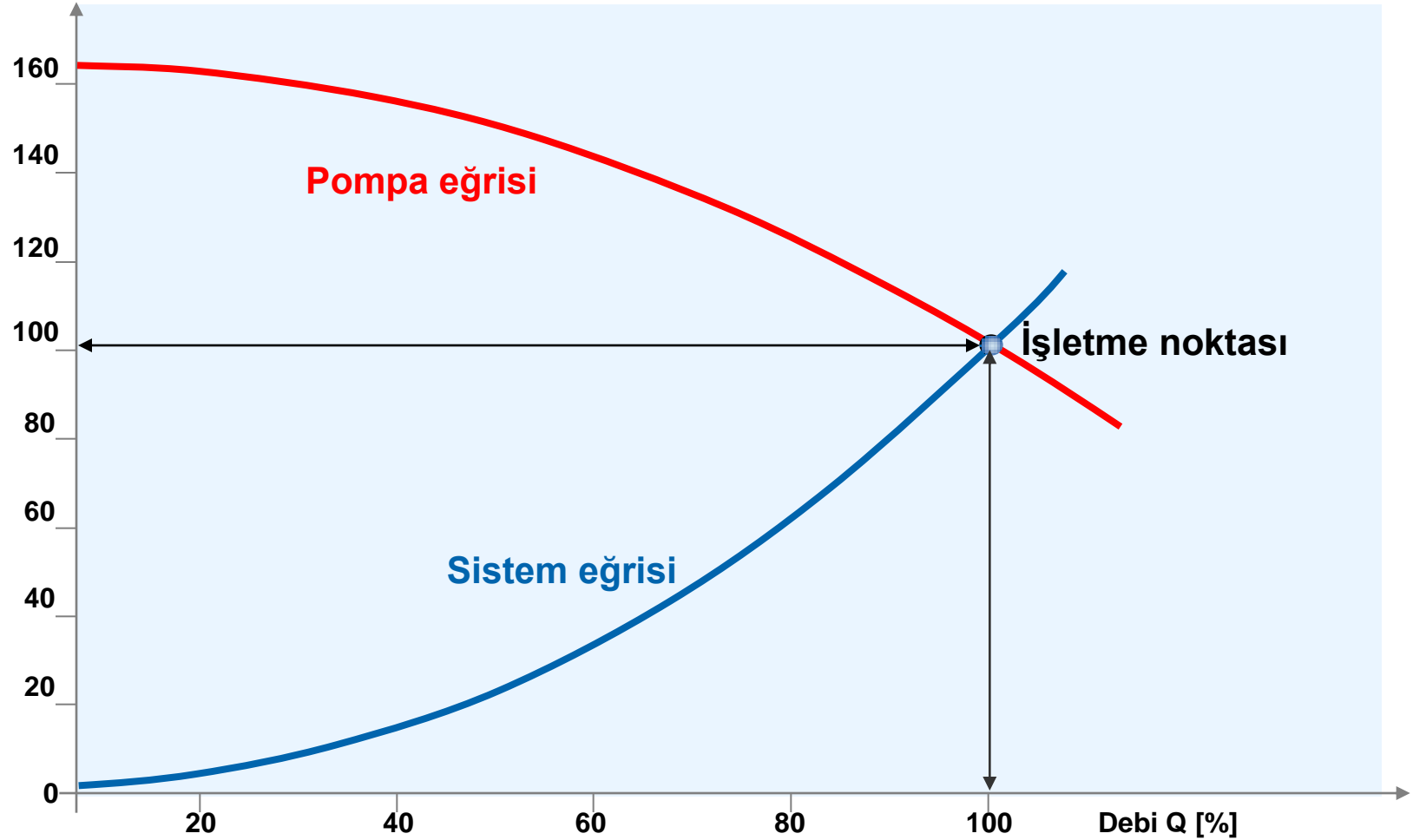


# Basma yüksekliği H



# Sistem eğrisi - $H_A$

Basma yüksekliği H [%]



# Sistem eğrisinin özellikleri $H_A$

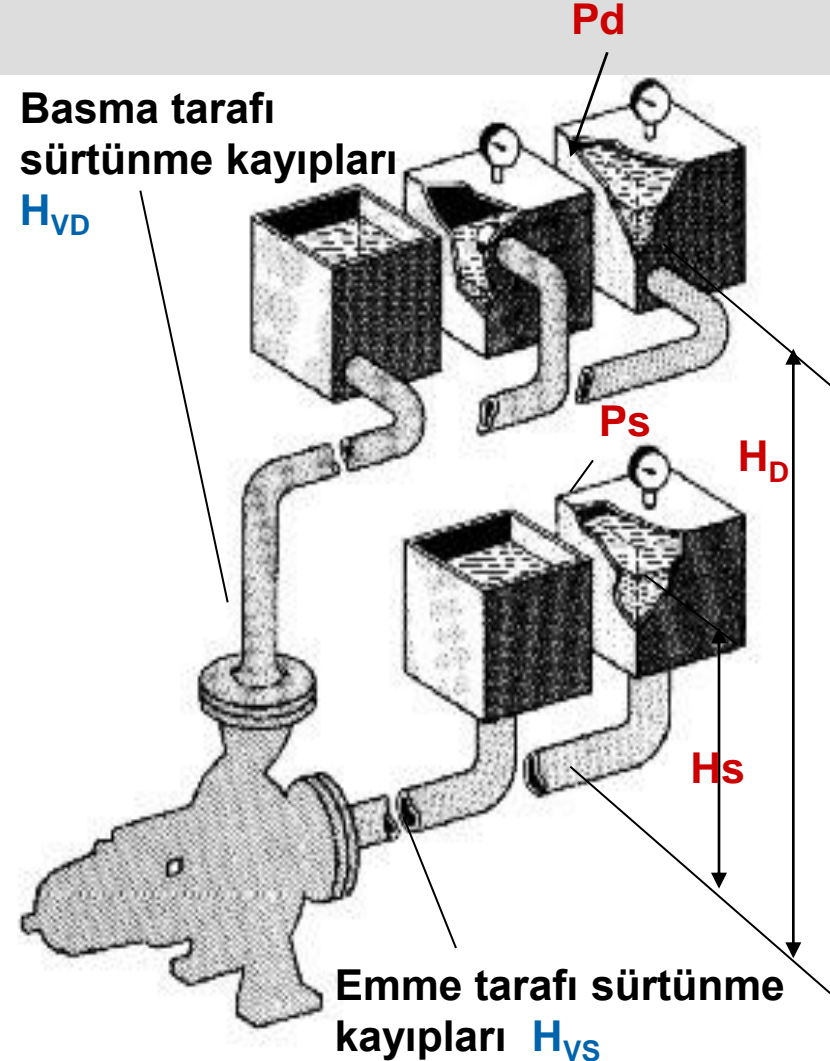
Sistemin (tesisatın) karakteristik eğrisi  $H_A$  aşağıdaki bileşenlerden oluşur :

- Basma tarafındaki statik (geometrik) yükseklik:  $H_D$
- + basma tarafındaki sürtünme kayıpları  $H_{VD}$
- + sistemin fark basıncı (emme ve basma tarafında)  $P_d, P_s$
- + emme tarafındaki sürtünme kayıpları  $H_{VS}$
- Emme tarafındaki statik (geometrik) yükseklik  $H_s$

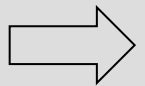
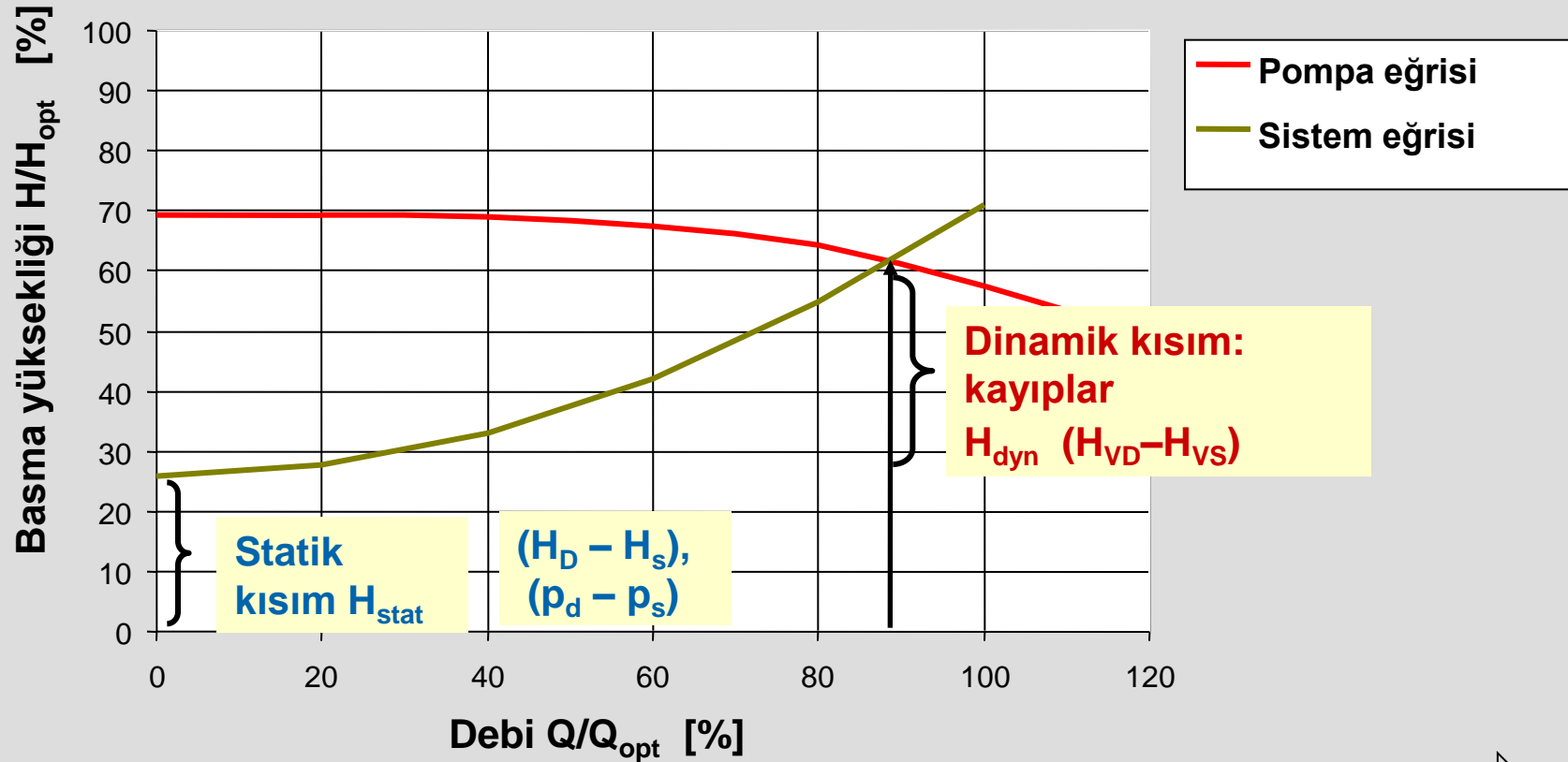
$$H_A = H_D - H_s + (p_d - p_s) + (H_{VD} - H_{VS})$$

Statik bileşenler

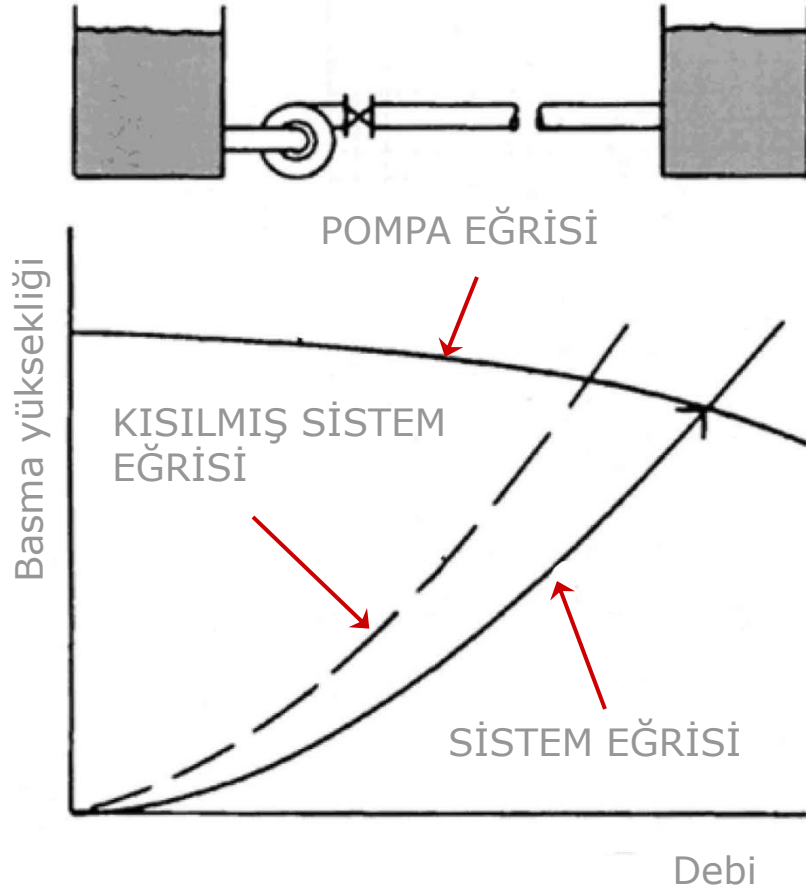
Dinamik bileşenler



# Tesisatın karakteristik eğrisi $H_A$



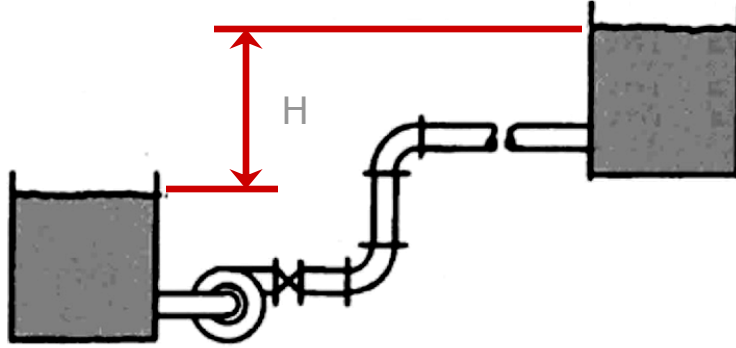
# Sistem eğrisi - $H_A$



## 0 statik yükseklik- sadece sürtünme

Emme ve basma seviyeleri aynı düzlemde olduğundan statik yükseklik yoktur. Sistem eğrisi 0 debiden başlar ve eğrinin şekli sadece boru donanımındaki kayıplar ile saptanır.

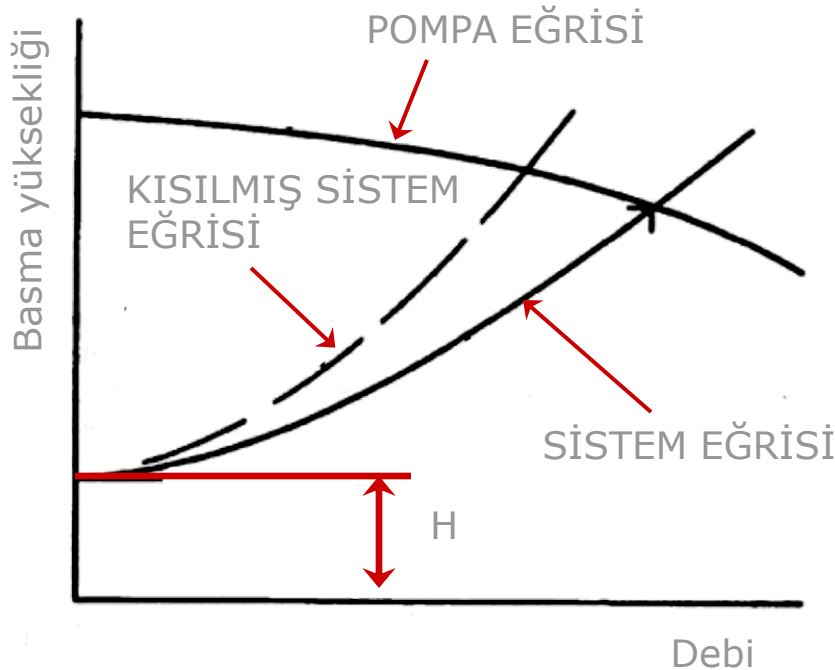
Çalışma noktası sistem eğrisi ile pompa eğrisinin kesişme noktasıdır. Debi, kısma vanası ile azaltılabilir.



## Pozitif statik yükseklik

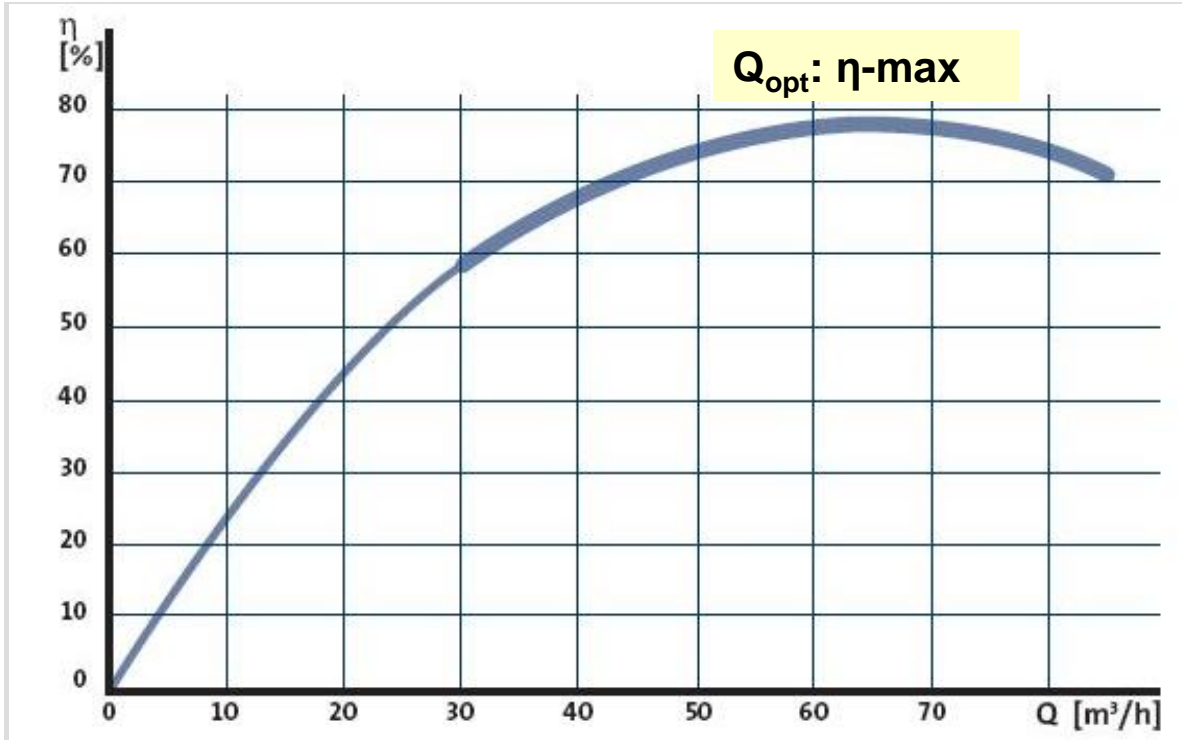
Sistem eğrisinin parabolik biçimi sistemdeki tüm sürtünme kayıpları ile belirlenir, ancak bu kez pozitif statik yükseklik vardır. Statik yükseklik sistem eğrisinin biçimini değiştirmez, yalnız 0 debideki sistem yüksekliğini belirler.

Çalışma noktası sistem eğrisi ile pompa eğrisinin kesişme noktasıdır. Debi, kısma vanası ile azaltılabilir.





# Pompa verimi $\eta$

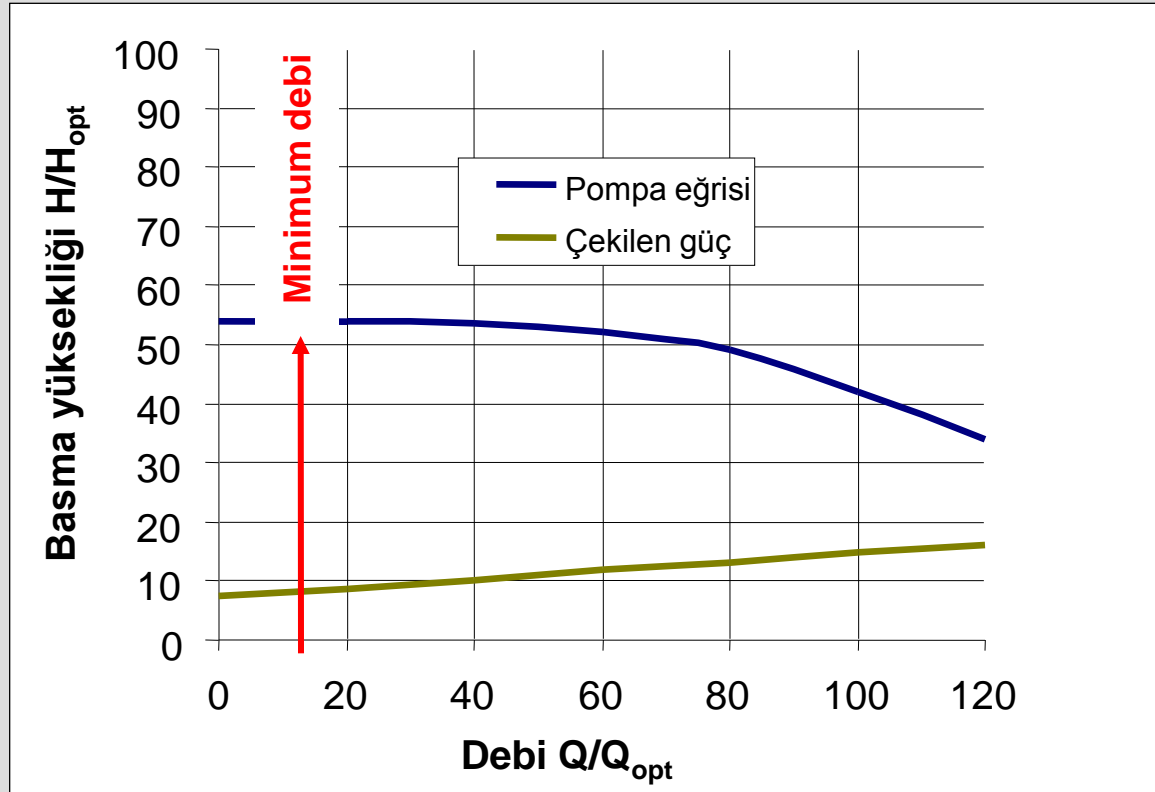


$Q_{opt}$  pompanın **en verimli** noktasındaki debidir, **EVN** (En Verimli Nokta) veya **BEP** (best efficiency point) olarak da bilinir

Verim  $\eta$ , pompanın akış değeri  $P_h$  ile pompa miline verilen mekanik güç  $P_2$  arasındaki orandır:

$$\eta = \frac{P_h}{P_2} = \frac{\rho \times Q \times g \times H}{P_2}$$

( $\rho$  [kg/dm³],  $Q$  [m³/s],  
 $g = 9,81$  m²/s,  $H$  [m],  $P$  [kW])

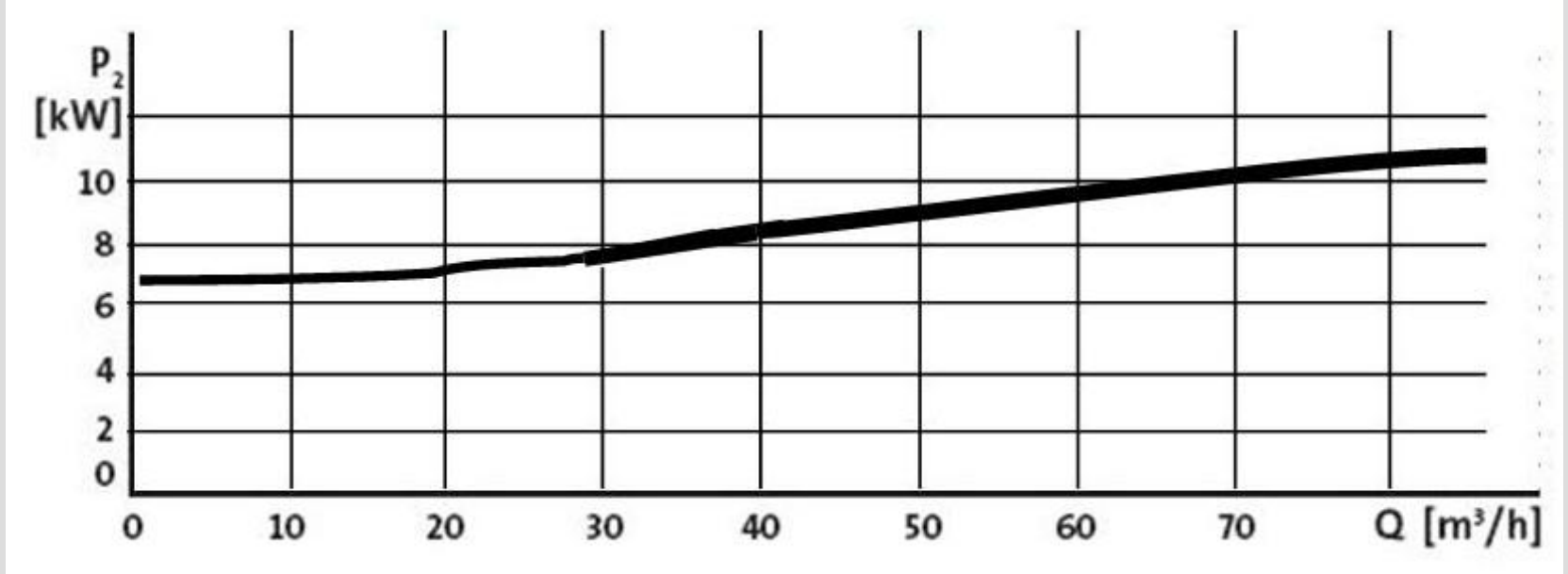


**Minimum debi nedir?** → pompayı aşırı ısınmaya ve kararsız debi oranına (ses, vibrasyon!) karşı korur

**Santrifüj pompalarda minimum debi  $Q_{opt}$  optimim debinin %15'i dir.**

Herbir pompanın gerçek verileri tip kitapçıklarında ve EasySelect seçim programında verilmektedir.

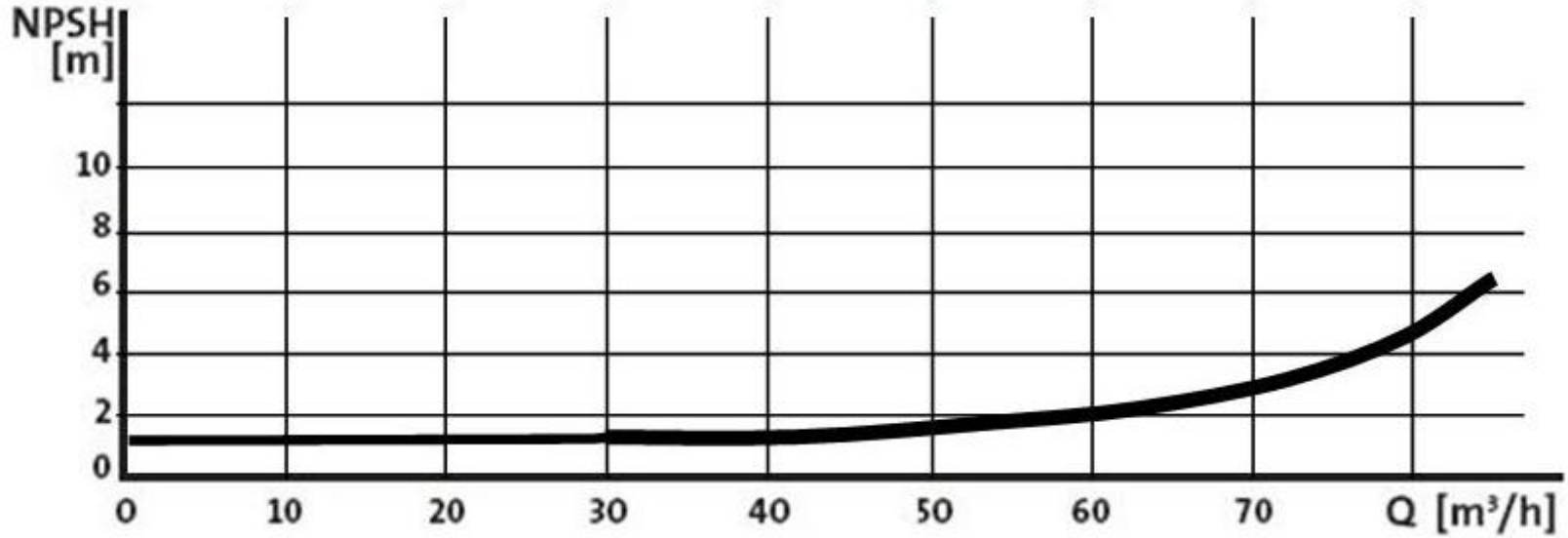
# Çekilen güç eğrisi $P_2$



**$P_2$  eğrisi**  $Q$  Debi ile mekanik olarak çekilen güç (hidrolik güç) arasındaki orantıyı gösterir. Eğer  $Q$  artarsa  $P_2$  de artar.

**Önemli :** Karakteristik eğri yalnızca  $P_2$  mekanik olarak çekilen gücü (hidrolik güç) gösterir. Toplam şebekeden çekilen güç  $P_1 = P_2 / \eta_{mot}$  (motor verimi) formülü ile hesap edilebilir.

**Kademeli pompalarda**  $P_2$  eğrisi tek bir kademe için çekilen gücü gösterir !



NPSH-değeri (**NetPositiveSuctionHead**) (**NPEY-NetPozitifEmmeYüksekliği**) buharlaşmayı engellemek için pompa giriş tarafında gerekli olan minimum basınçtır.

**NPSH-değeri [m] olarak ölçülür** ve artan debiye bağlı olarak yükselir.

NPSH-değeri her bir pompa için ISO 9906'ta göre yapılan testlerle belirlenir.

**Önemli:** Buharlaşmayı önlemek için sistemin **mevcut NPSH-değeri, pompanın NPSH-değerinden büyük olmalıdır.**

**NPSH** : **N**et **P**ositive **S**uction **H**ead

**NPEY** : **N**et **P**ozitif **E**emme **Y**ükseklđđ

$NPSH_{mevcut}$  : sistemin sağladığı **NPSH**

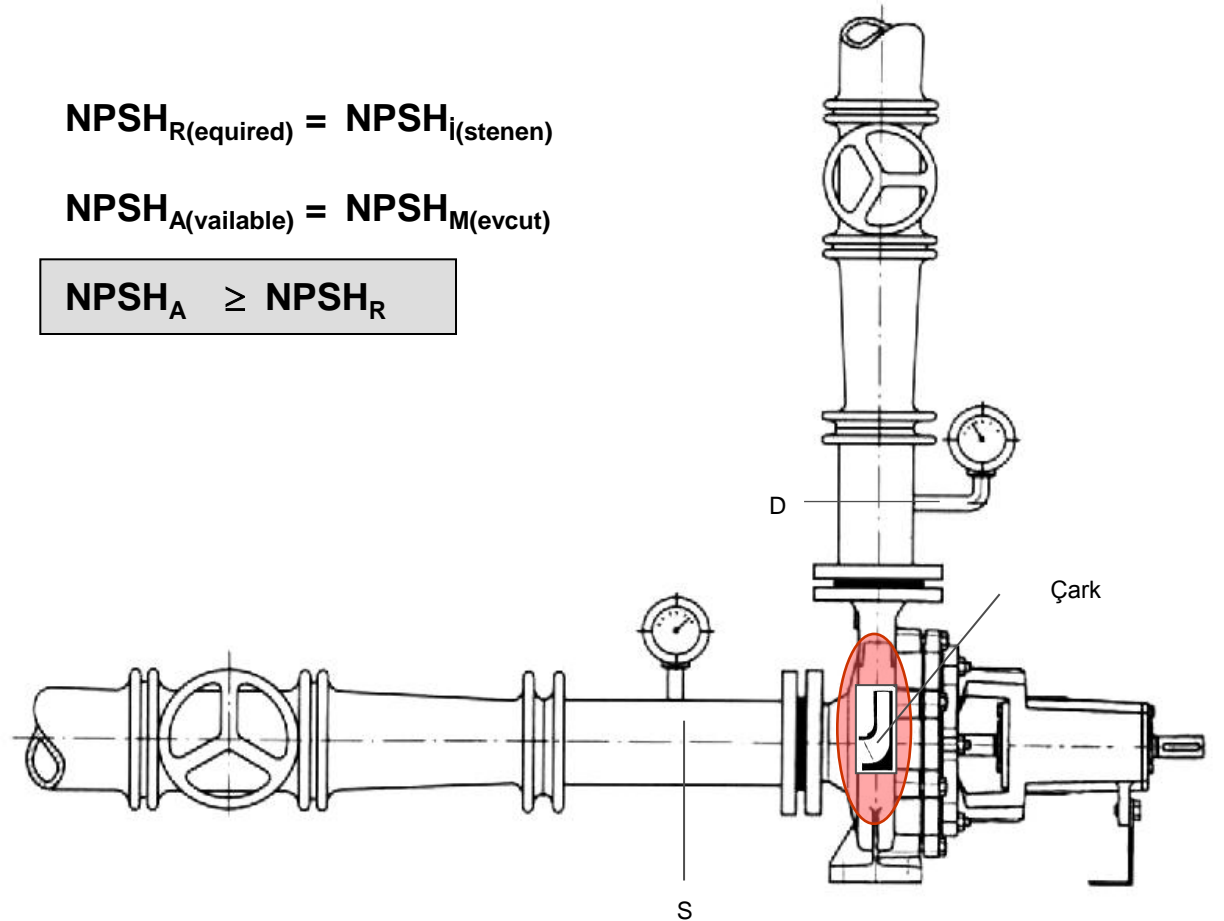
$NPSH_{istenen}$  : Kavitasyon olmaması için pompanın talep ettiğı **NPSH**

# NPSH (Net Pozitif Emme Yüksekliği)

**Pompa:**  $NPSH_{R(\text{required})} = NPSH_{i(\text{stenen})}$

**Sistem:**  $NPSH_{A(\text{vailable})} = NPSH_{M(\text{evcut})}$

**Genel:**  $NPSH_A \geq NPSH_R$



## Pompa hidroliği - NPSH<sub>mevcut</sub>

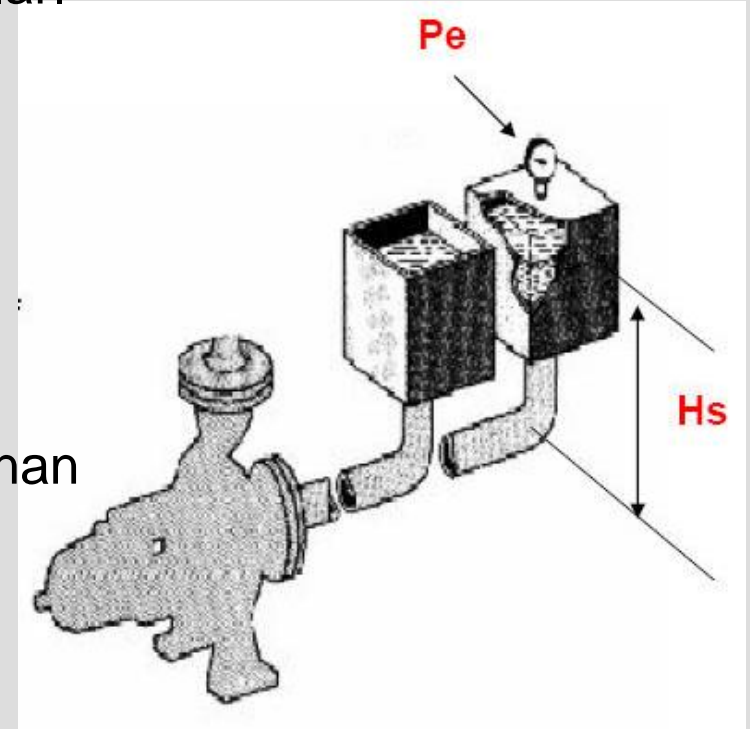
Sistemin mevcut NPSH aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$NPSH_{mevcut} = \frac{P_e + P_b - P_D}{g \times \rho} + \frac{V_e^2}{2g} \pm H_s - H_v$$

$P_e$	Emme tankındaki basınç N/m <sup>2</sup>
$P_b$	Mutlak atmosfer basıncı N/m <sup>2</sup>
$P_D$	Buharlaşma basıncı N/m <sup>2</sup>
$\rho$	Yoğunluk kg/m <sup>3</sup>
$g$	Yerçekimi ivmesi m/s <sup>2</sup>
$V_e$	Emme ağzındaki hız m/s
$H_s$	Emme tankı su seviyesi ile pompa emme ağzı eksenindeki kot farkı m
$H_v$	Emme hattındaki sürtünme kayıpları, m

NPSH<sub>mevcut</sub> çeşitli parçalardan oluşur.

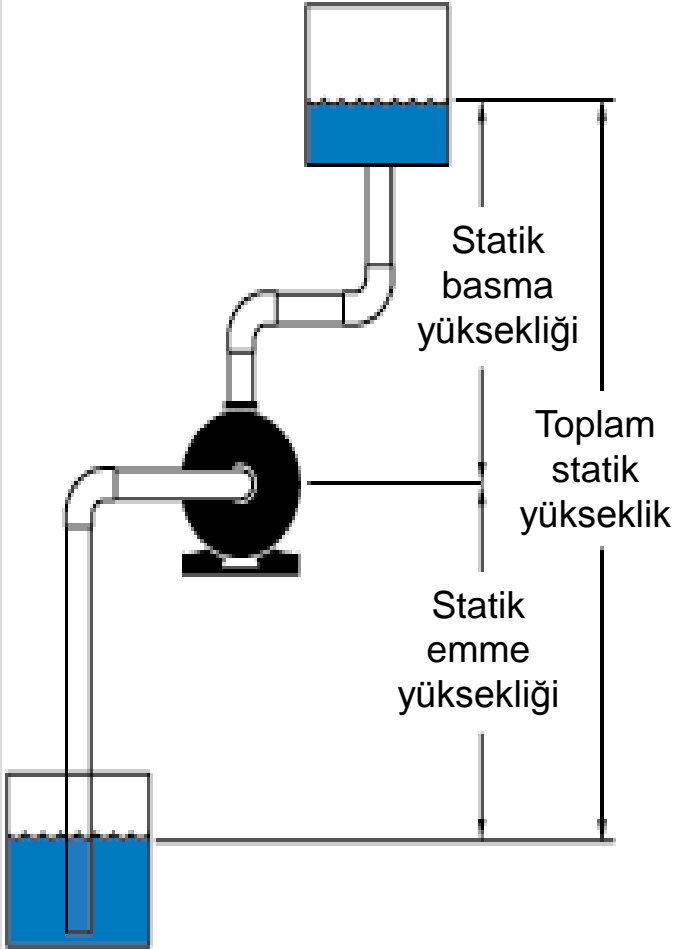
- +  $H_s$  Emme tarafındaki statik yükseklik, kot farkı
- Emme tarafındaki sürtünme kayıpları
- +  $P_e$  Atmosferik basınç
- +  $V^2/2g$  Boru hattındaki hız yüksekliği  
Bu çoğunlukla ihmal edilir.
- $P_D$  Buharlaşma basıncı, m, pompalanan sıvı sıcaklığında





# NPSH

## Mevcut NPSH



### ***NPSHa***

Negatif emişli bir sistemde, emiş haznesindeki su seviyesinin pompa merkezinden aşağıda olduğu sistemler, **NPSHa** aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$\mathbf{NPSHA = h_a - h_v - h_s - h_{fs}}$$

$h_a$  : atmosfer basıncı

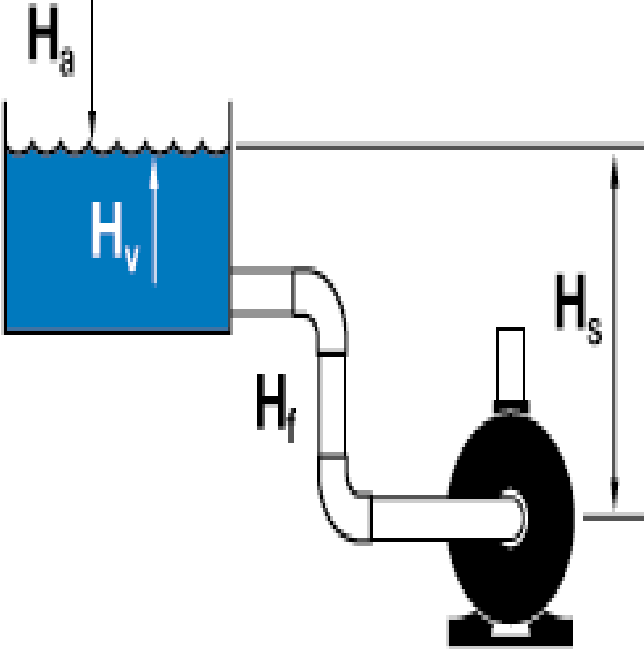
$h_v$  : buharlaşma basıncı

$h_s$  : statik emme yüksekliği

$h_{fs}$  : emmiş hattındaki sürtünme kayıpları

# NPSH

## Mevcut NPSH



### ***NPSHa***

Pozitif emişli bir sistemde, emiş haznesindeki su seviyesinin pompa merkezinden yukarıda olduğu sistemler, **NPSHa** aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$\mathbf{NPSHA = h_a - h_v + h_s - h_{fs}}$$

$h_a$  : atmosfer basıncı

$h_v$  : buharlaşma basıncı

$h_s$  : statik emme yüksekliği

$h_{fs}$  : emmiş hattındaki sürtünme kayıpları

## Pompa hidroliği - NPSH<sub>mevcut</sub>

Aşağıdaki örnekte emme borusundaki kayıplar ihmal edilmiştir.

Pompa emme tarafındaki yükseklik + 2 m ( $H_s$ )

Açık tankta atmosferik basınç\* + 10 m ( $P_e$ )

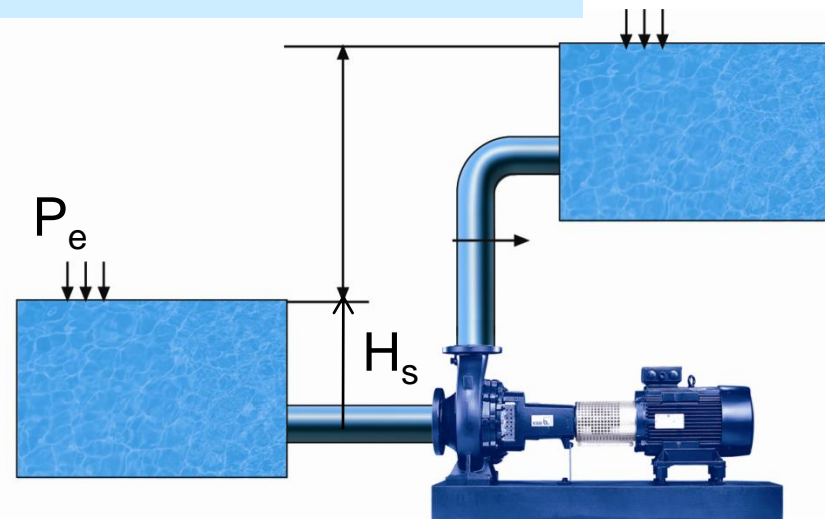
\* Atmosferik basınç, soğuk su ve deniz seviyesi için yaklaşık 10 m

Basılan sıvı, temiz su 10 °C -0.125 m\* ( $P_D$ )

$$NPSH_{mevcut} = 2 + 10 - 0.125 = 11.875 \text{ m}$$

•10 °C su ; buharlaşma basıncı 0,01227 bar, yoğunluğu 999,6 kg/m<sup>3</sup>  
 $P = \rho \times g \times h \times 10^{-5}$  formülünden,  $h = 0,125$  m hesaplanabilir.

Pompanın talep ettiği NPSH<sub>r</sub> =  
 6 m ise ???



## Pompa hidroliği - NPSH<sub>mevcut</sub>

Aynı örnek 90 °C'deki su için yapılırsa ;

Pompa emme tarafındaki yükseklik + 2 m (H<sub>s</sub>)

Açık tankta atmosferik basınç\* + 10 m (P<sub>e</sub>)

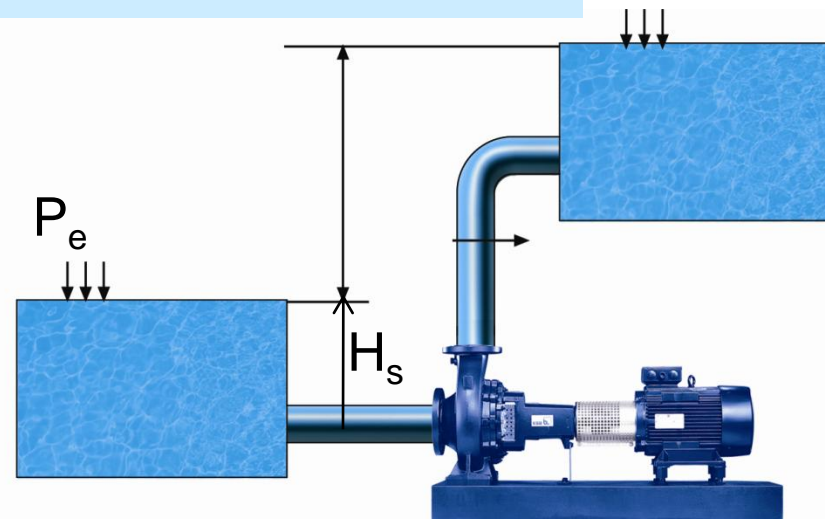
\* Atmosferik basınç, soğuk su ve deniz seviyesi için yaklaşık 10 m

Basılan sıvı, temiz su 90 °C -7.41 m\* (P<sub>D</sub>)

$$NPSH_{mevcut} = 2 + 10 - 7.41 = 4.59 \text{ m}$$

- 90 °C su ; buharlaşma basıncı 0,7011 bar, yoğunluğu 965,3 kg/m<sup>3</sup>  
P=ρ x g x h x 10<sup>-5</sup> formülünden, h= 7,41 m hesaplanabilir.

Pompanın talep ettiği NPSH<sub>r</sub> = 6 m ise ???



- ▶ **Gürültülü çalışma (vibrasyon), kavitasyon simetrik olmadığından, aşağıdakilere sebep olur**
  - ▶ kısa rulman ömrü
  - ▶ boşluklarda çarkın sürtünmeli çalışması
  - ▶ pompa milinin hasarlanması
  - ▶ mekanik salmastra yüzeylerinin hasarlanması
- ▶ **Pompanın içerisinde çakıl taşları varmış gibi bir ses oluşur**
- ▶ **Akışın kesintiye uğraması**

**Eğer**  $NPSH_{istenen} > NPSH_{mevcut}$

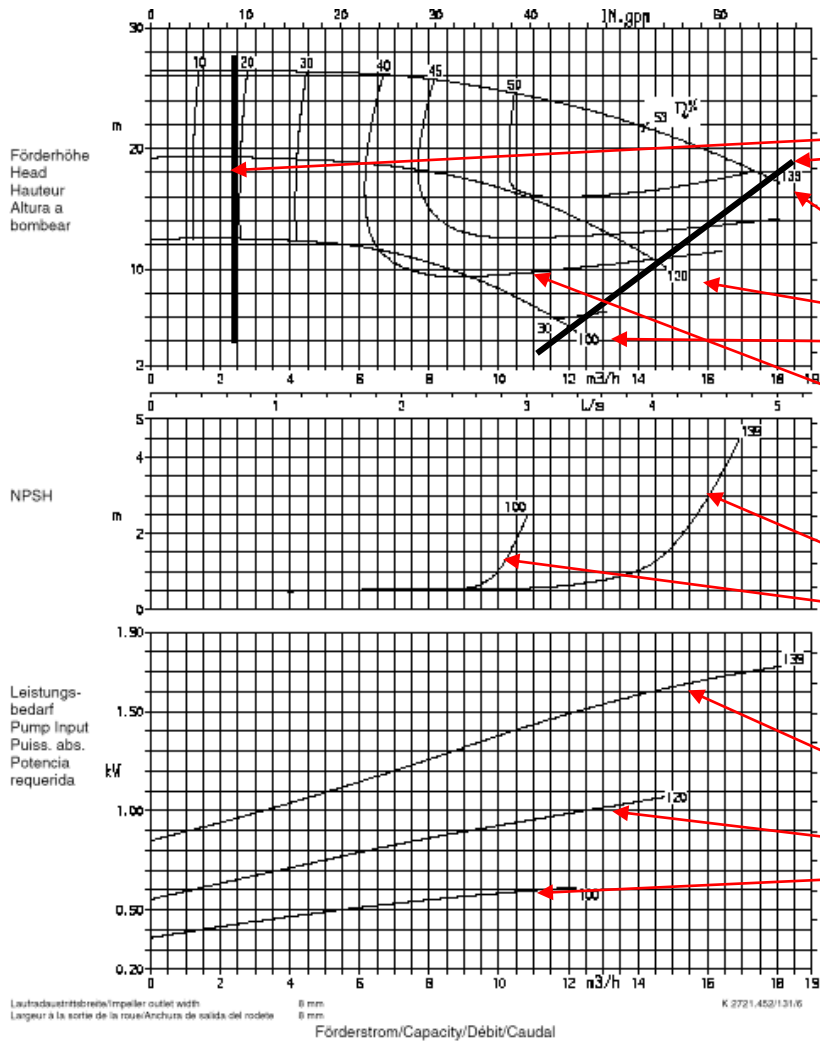
**NPSH aşağıdaki nedenlerden etkilenebilir:**

- ▶ yetersiz emme basıncı
- ▶ emme hattındaki vanalar
- ▶ yüksek akışkan sıcaklığı
- ▶ işletme noktası dizayn noktasından uzakta kalmış  $Q > Q_{dizayn}$

**Kavitasyonu engellemek için aşağıdaki önlemler alınabilir:**

- ▶ **Giriş basıncını artırmak**
  - ▶ Emme tankında su seviyesini yükseltmek
  - ▶ Emme tankını yükseltmek veya pompa seviyesini düşürmek
- ▶ **Emme borusundaki direnç kayıplarını azaltmak**
  - ▶ Daha büyük boru çapı kullanmak
  - ▶ Emiş şartlarını iyileştirmek
  - ▶ Pislik tutucuların temizlenmesi
  - ▶ Gereksiz vanaların kaldırılması
  - ▶ Az kayıp yaratan ekipmanların tercih edilmesi
- ▶ **Akışkan sıcaklığının düşürülmesi**
- ▶ **Çalışma noktasının düzeltilmesi  $Q = Q_{\text{dizayn}}$**

# Santrifüj pompa karakteristik eğrisi



Maksimum çalışma alanı

Çark çapı

Verim

Pompanın NPSH-değeri

Gerekli pompa giriş gücü



# Borularda Tavsiye Edilen Su Hızları

Soğuk su için ;

Emiş borusu 0,75 – 1,5 m/s

Basma borusu 1 – 2 m/s

Sıcak su için ;

Emiş borusu 0,5 – 1 m/s

Basma borusu 1,5 – 3,5 m/s

Katı madde içeren atıksular için ;

Yatay borularda min. 1,2 m/s\*

Dikey borularda min. 2 m/s\*

\*Çökelmeyi engellemek için

**DİKKAT !** Emme hattında hiçbir şekilde 3 m/s üzerine çıkmayınız

# POMPA ARIZA NEDENLERİ

# PROBLEM TABLOSU

PROBLEM	NEDENİ	ÇÖZÜM
<b>Pompa Yeterli Debiyi basmıyor.</b>	Pompada aşırı diferansiyel basınç oluşmaktadır.	Çalışma debi ve basıncını yeniden düzenleyin
	Aşırı karşı basınç oluşmaktadır.	Sistemi tıkanmalara karşı kontrol ediniz.
	Pompa veya sistemdeki hava tahliyesi tam olarak yapılmamış	Tahliye deliğini temizleyerek hava tahliyesi yapın.
	Emiş Borusu ve Fanlar tıkanmış.	Tıkanmaya sebep olan maddeleri temizleyin.
	Sistem emişindeki mevcut NPSH değeri düşük kalmakta.	-Emiş haznesindeki su seviyesini kontrol edin. -Emiş vanasının açık olduğuna emin olun -Emiş hattında sürtünme kaybı fazla ise tadilat yapın. - Emiş hattındaki filtreyi kontrol edin.

# PROBLEM TABLOSU



PROBLEM	NEDENİ	ÇÖZÜM
<b>Pompa Yeterli Debiyi basmıyor.</b>	Pompa ters yönde dönmekte	Elektrik bağlantılarını kontrol edin
	Pompa dönme hızı düşüktür.	Dönme hızını arttırın.
	Pompa iç aksamında aşınmalar meydana gelmiştir.	Aşınan aksamı değiştirin.
	Motor sadece iki fazda çalışmaktadır.	Arızalı sigortayı değiştirin ve elektrik bağlantılarını kontrol edin.
<b>Tahrik motoru aşırı yüklenmekte.</b>	Pompa dönme hızı çok yüksektir.	Tahrik motor hızını arttırın.
	Motor sadece iki fazda çalışmaktadır.	Arızalı sigortayı değiştirin ve elektrik bağlantılarını kontrol edin.

# PROBLEM TABLOSU

PROBLEM	NEDENİ	ÇÖZÜM
<b>Pompa çıkış basıncı aşırı artmakta.</b>	Pompa karşı basıncı şartnamede belirtilenden daha fazladır.	Pompanın çalışma noktasını yeniden set edin.
	Pompa dönme hızı çok yüksektir.	Tahrik motor hızını düşürün.
<b>Yataklarda aşırı ısınma</b>	Ünite yanlış ayarlanmıştır	Üniteyi tekrar monte edin
	Pompa ve boru aksamında titreşim oluşmaktadır	-Boru bağlantı cıvatalarını kontrol edin ve gerekliyse sıkın -Gerekliyse boru destekleri arasındaki mesafeyi kısaltın Boru ile destek arasında titreşim sönmüleyici kullanın.
	Aşırı eksenel kuvvet	Çark üzerindeki balans deliklerini temizleyin ve aşınma halkasını kontrol edin.
	Kullanılan yağ miktarının azlığı, fazlalığı veya uygunsuzluğu	Yağ miktarını azaltın/arttırın/değiştirin.

# PROBLEM TABLOSU

PROBLEM	NEDENİ	ÇÖZÜM
<b>Yataklarda aşırı ısınma</b>	Kaplin ayarsızlığı	Yeniden toleranslar dahilinde kaplin ayarı yapın.
<b>Pompadan akışkan sızması</b>	Hatalı conta	Contayı değiştirerek uygun montaj yapın.
	Salmastra hasar görmüş ya da yanlış monte edilmiştir.	Salmastrayı yeniden monte edin gerekirse değiştirin.
<b>Pompadan akışkan sızması ( mil bölgesi )</b>	Salmastra hasar görmüş ya da yanlış monte edilmiştir	Salmastrayı yeniden monte edin gerekirse değiştirin
	Pompa üzerinde titreşim oluşmaktadır.	Titreşimin kaynağını tesbit edip ortadan kaldırın.
<b>Pompa çalışırken titreşim oluşması</b>	Pompa veya sistemdeki hava tahliyesi tam olarak yapılmamış	Tahliye deliğini temizleyerek hava tahliyesi yapın.

# PROBLEM TABLOSU



PROBLEM	NEDENİ	ÇÖZÜM
<b>Pompa çalışırken titreşim oluşması</b>	Sistem emişindeki mevcut NPSH değeri düşük kalmakta.	-Emiş haznesindeki su seviyesini kontrol edin. -Emiş vanasının açık olduğuna emin olun -Emiş hattında sürtünme kaybı fazla ise tadilat yapın. - Emiş hattındaki filtreyi kontrol edin.
	Pompa iç aksamında aşınmalar meydana gelmiştir.	Aşınan aksamı değiştirin.
	Ünite yanlış ayarlanmıştır	Üniteyi tekrar monte edin
	Pompa ve boru aksamında titreşim oluşmaktadır	-Boru bağlantı cıvatalarını kontrol edin ve gerekliyse sıkın -Gerekliyse boru destekleri arasındaki mesafeyi kısaltın Boru ile destek arasında titreşim sönmüleyici kullanın.

# PROBLEM TABLOSU



PROBLEM	NEDENİ	ÇÖZÜM
<b>Pompa çalışırken titreşim oluşması</b>	Balans ayarı kaybolmuştur.	Çark balans ayarının tekrar yapılması gerekmektedir
	Rulmanlar arızalanmıştır.	Rulmanları yenileri ile değiştirin.
	Pompa içerisinden geçen min. Akışkan yeterli değildir	Min. Akış miktarını arttırın.
<b>Pompada aşırı sıcaklık artışı</b>	Pompa veya sistemdeki hava tahliyesi tam olarak yapılmamış	Tahliye deliğini temizleyerek hava tahliyesi yapın.
	Sistem emişindeki mevcut NPSH değeri düşük kalmakta.	-Emiş haznesindeki su seviyesini kontrol edin. -Emiş vanasının açık olduğuna emin olun -Emiş hattında sürtünme kaybı fazla ise tadilat yapın. - Emiş hattındaki filtreyi kontrol edin.
	Pompa içerisinden geçen min. Akışkan yeterli değildir	Min. Akış miktarını arttırın.