

Pompa Teknolojisinin Temel Prensipleri ve Pompalarda Enerji Verimliliği

Ege KARABACAK
Elektrik Mühendisi

Tanıtım, Eđitim ve Etüt Dairesi Başkanlığı
e-posta:ekarabacak@enerji.gov.tr

Nisan, 2020



**T.C. ENERJİ VE TABİİ
KAYNAKLAR BAKANLIđI**

POMPA: Başka bir kaynaktan aldığı mekanik enerjiyi dönüştürerek, sıkıştırılmayan akışkanlara hidrolik enerji olarak veren makinedir.

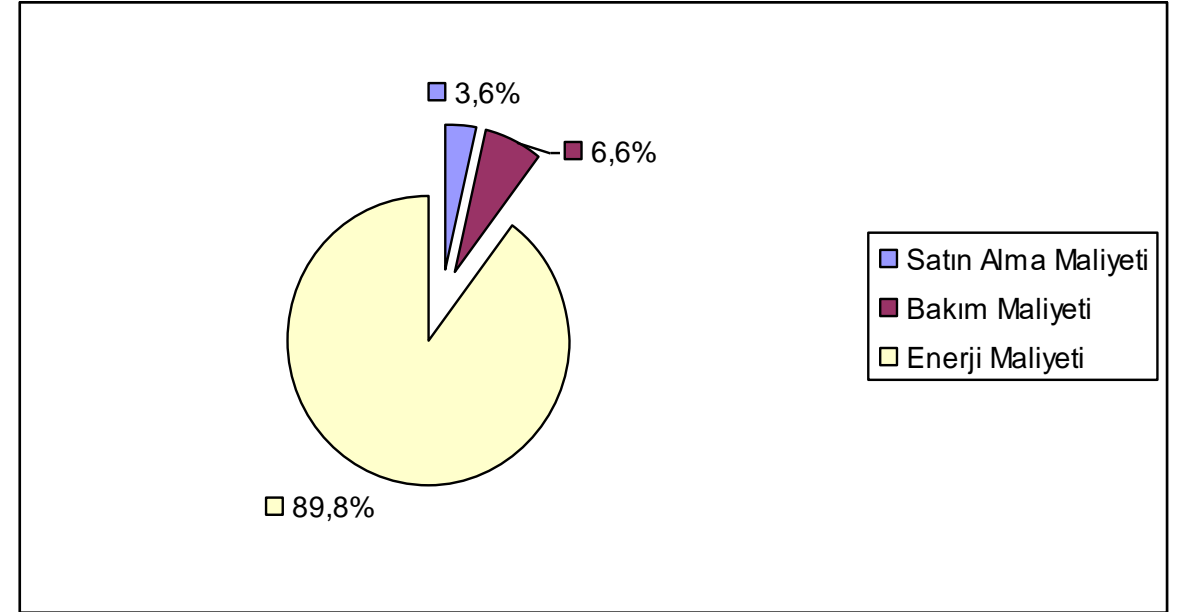
- Sıvıların naklinde kullanılan pompaların elektrik tüketimi dünyadaki toplam elektrik tüketiminin %20'sine karşılık gelmektedir.
- İyi bir sistem dizaynı ve uygun pompalar kullanılarak pompaların tükettiği enerjide %30 azalma sağlanabilir.

Pompa Seçimi

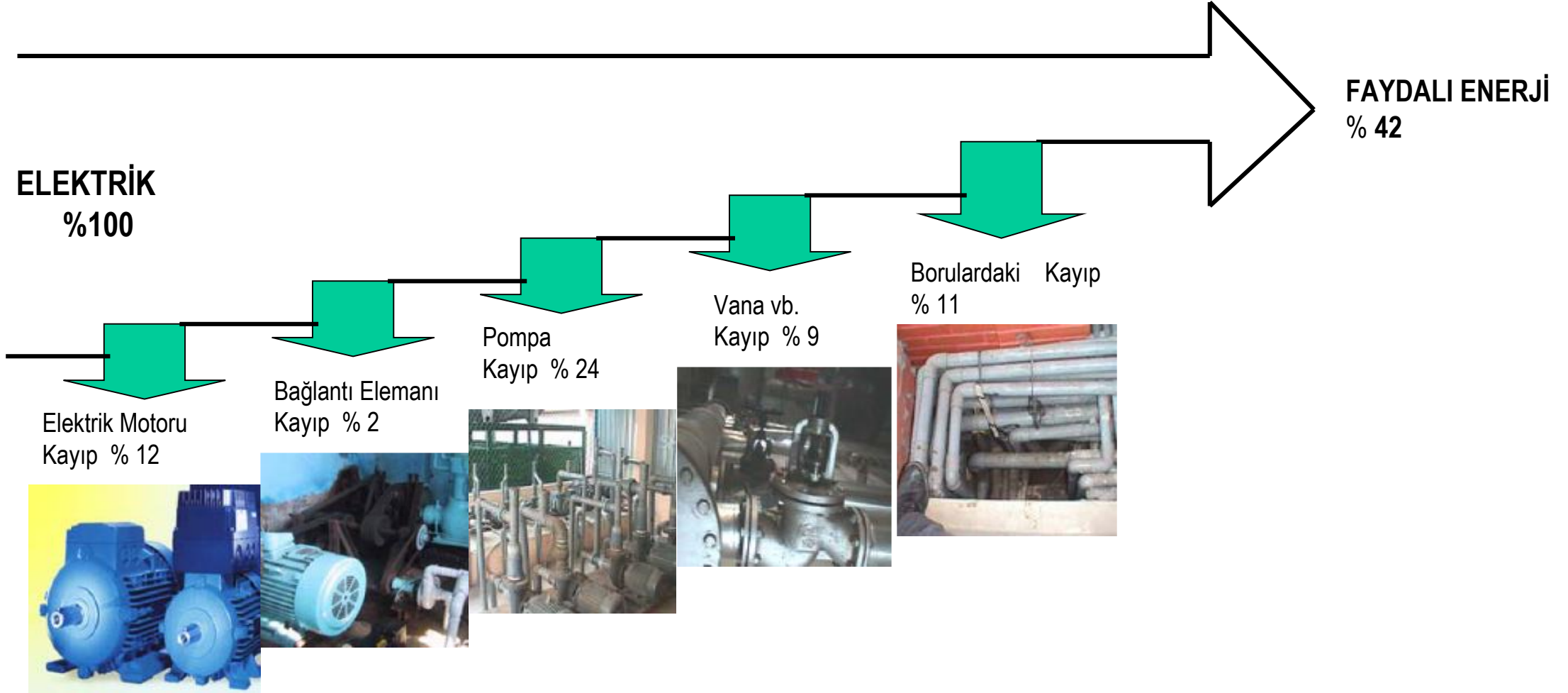
- Pompa seçiminde ilerideki ihtiyaçları göz önüne almak için pompa debisinin % 25, basma yüksekliğinin de % 10 arttırılarak sipariş verilmesi en yaygın uygulamadır.
- Bu uygulama ile pompalar en iyi verim noktalarından uzaklarda çalıştırılmakta, debi fazla geldiği için de vana kısılarak debiyi ayarlamak mecburiyeti doğmaktadır. Bu da pompanın yaptığı işe karşılık tükettiği enerji miktarını artırdığından pompa sisteminin verimsiz çalışması sonucunu doğurur.

Pompa Ömür Boyu Maliyeti

- Bir pompanın satın alma maliyeti ömür boyu maliyetinin sadece %3 ünü oluştururken enerji maliyetinin ömür boyu maliyet içindeki payı %90 a yakındır.



Pompa Sistemlerinde Enerji Akışı



Hacimsel Pompalar

HACİMSEL (Volumetrik) POMPALAR

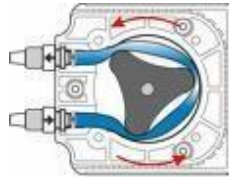
- Hacimsel pompalarda enerji sıvıya bir hacim içerisinde hareket eden yüzey tarafından hacmin daraltılmasıyla tatbik edilen bir basınç vasıtasıyla devredilir. Bu tip pompalara pozitif yer değiştirmeli pompalarda denir.



Dişli



Diyaframalı



Perilstaltik



Paletli



Pistonlu



Lobe tipi

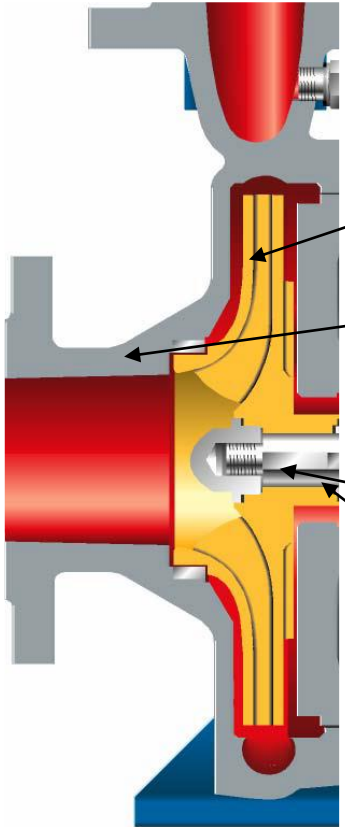
Santrifüj Pompalar

SANTRİFÜJ POMPALAR

- Santrifüj pompalar, bir gövde ve kanatlardan oluşan bir çarktan meydana gelmektedir. Çark ile gövde arasındaki boşluk gittikçe genişleyen spiral şeklinde olup belirli bir yerde çıkış ağzı bulunur. Merkez kısımdan aksenal olarak giren sıvı çarkın kanatları tarafından döndürülür ve merkezkaç kuvvetlerin etkisi altında çark ile gövde arasındaki boşluğa fırlatılır. Burada dairesel bir yörünge takip ederek çıkış ağzından çıkar. Daha iyi bir etki oluşturmak için çarkın kanatları dönme yönüne ters olarak kıvrılır.
- Santrifüj pompaların oluşturduğu basınç düşüktür. Çark çapı basınç ile doğru orantılı olduğundan bu tip pompalarla yüksek basınç elde edilmesi zor ve maliyeti yüksektir. Bunun yerine kademe artırılmak suretiyle çok kademeli yüksek basınç pompaları geliştirilmiştir. Burada amaç sabit debi ile yüksek basınç elde edilmesidir.



Santrifüj Pompa Ana Parçaları



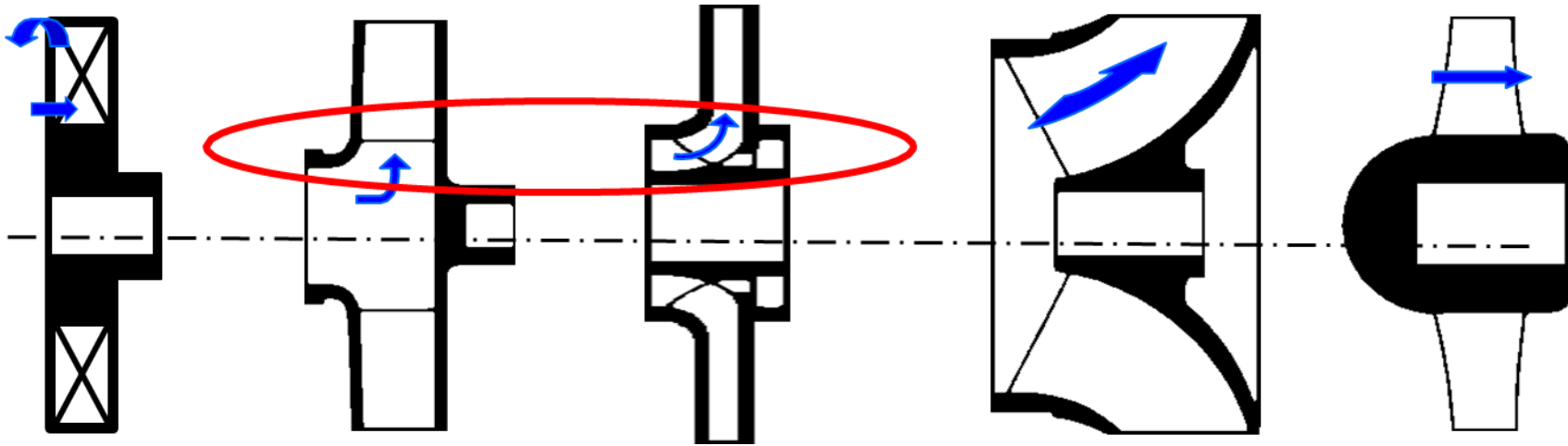
1 Çark: Kinetik enerjiyi akışkana transfer eder.

2 Pompa gövdesi: Akışkanı tutar ve kinetik enerjiyi, basma yüksekliğine dönüştürür.

3 Mil

4 Salmastra: Sızdırmazlığı sağlar.

Santrifüj Pompa Çark Çeşitleri



yandan
kanallı çark

radyal
akışlı çark

3D radyal
akışlı çark

karışık akışlı
(yarı eksenel) çark

eksenel çark

Santrifüj Pompa Çeşitleri

- Santrifüj pompalar motor ve sızdırmazlık şekline göre ikiye ayrılır.



ISLAK ROTORLU



KURU ROTORLU

Santrifüj Pompa Çeşitleri

Islak Rotorlu Pompa Özellikleri:

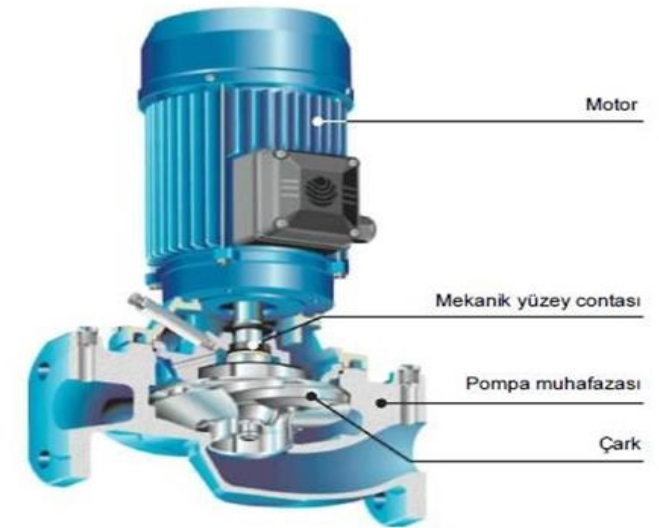
- Tüm dönen elemanlar akışkan içerisinde çalışır.
- Akışkan yatakları yağlar, yatakları ve rotoru soğutur.
- Sessiz çalışır
- Mil sızdırmazlığı rotor kılıfı ile sağlanmıştır.
- Herhangi bir sızdırmazlık elemanı yoktur, bakım gerektirmez.



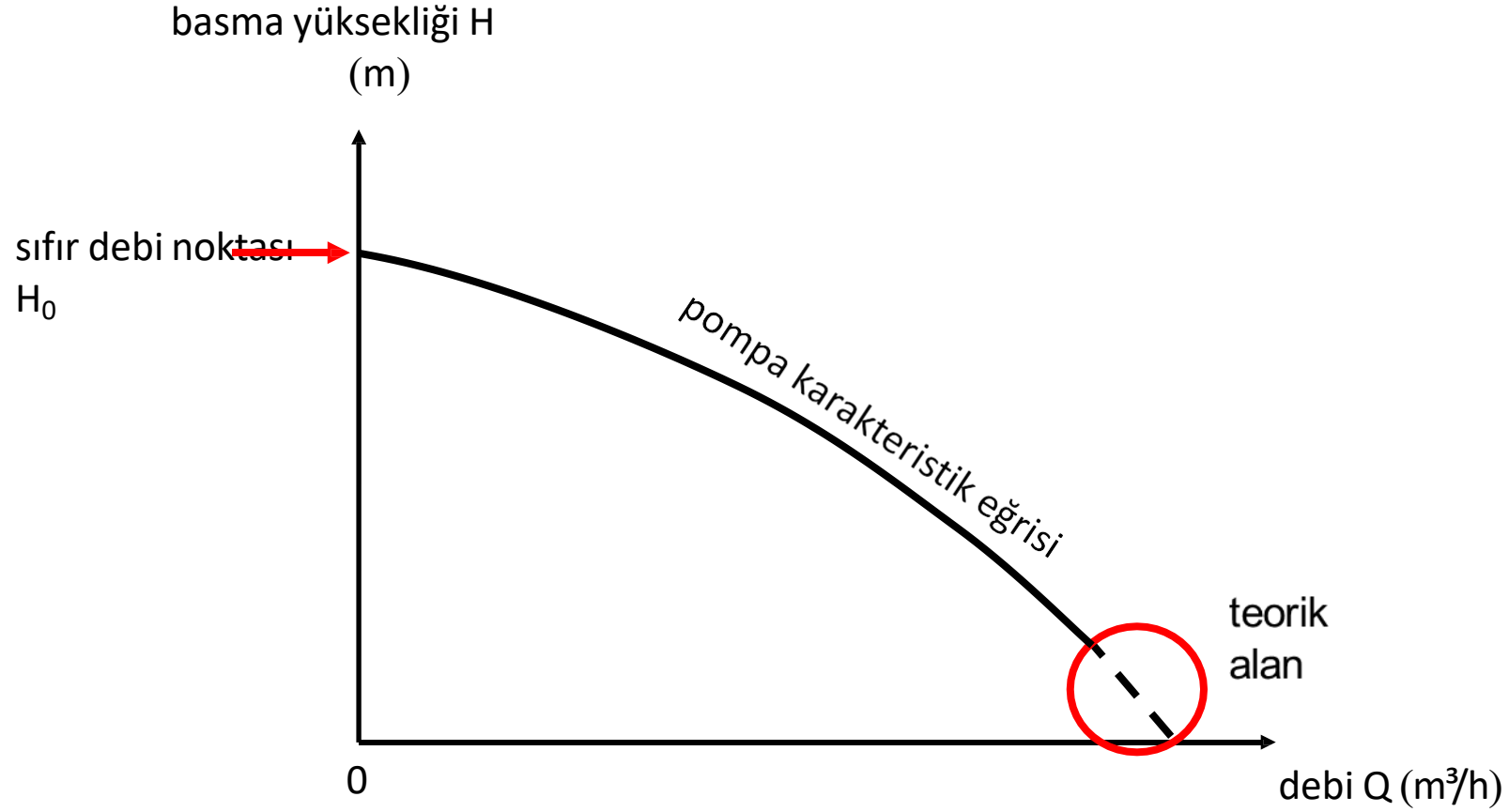
Santrifüj Pompa Çeşitleri

Kuru Rotorlu Pompa Özellikleri:

- Pompalanan akışkanla elektrik motoru arasında temas yoktur
- Çarkı taşıyan pompanın mili ve elektrik motorunun mili bir kaplin vasıtasıyla birleştirilir veya yekpare milli olabilir
- Motor yatağının (rulman) dışarıdan yağlanması gerekir
- Motorun bir fan vasıtası ile soğutulması gerekir
- Mil sızdırmazlığı için sızdırmazlık elemanı (yumuşak/mekanik salmastra) gerekir.
- Devir hızına bağlı olarak sesli çalışır
- Bakım gerektirir



Santrifüj Pompanın Karakteristik Eğrisi

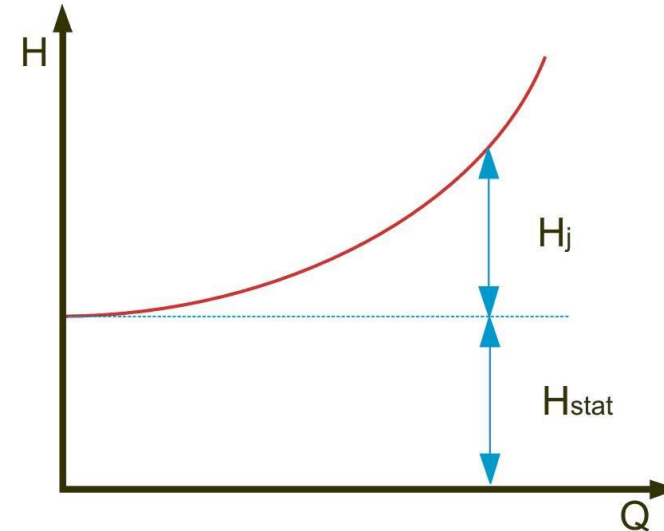
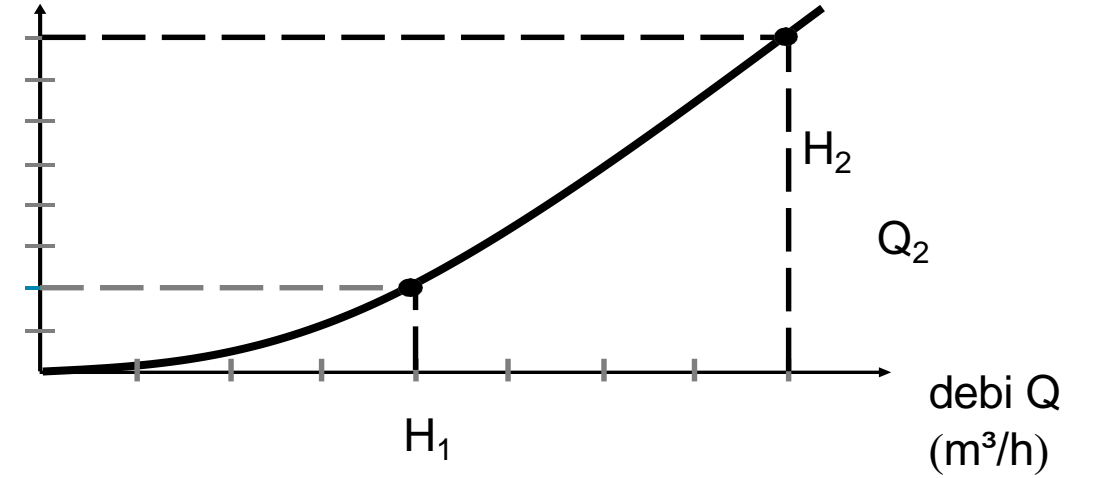


Sistem Karakteristik Eğrisi

- Sistem eğrisi pompanın istenen bir kapasiteyi pompa sistemi boyunca vermesi için, ne kadar basma yüksekliği (basınç) gerekli olduğunu gösterir.
- Basma yüksekliği= $H_{statik}+H_{dinamik}$
- Statik Basma Yüksekliği, kapasiteden bağımsız- kot farkı veya basınçlı bir tanka basılıyor ise fark basınçtır.
- Dinamik Basma Yüksekliği, tesisat sistemindeki sürtünme kayıplarından oluşur ve kapasite değişiminin karesi ile orantılı olarak artar veya azalır.

Basma Yüksekliği H

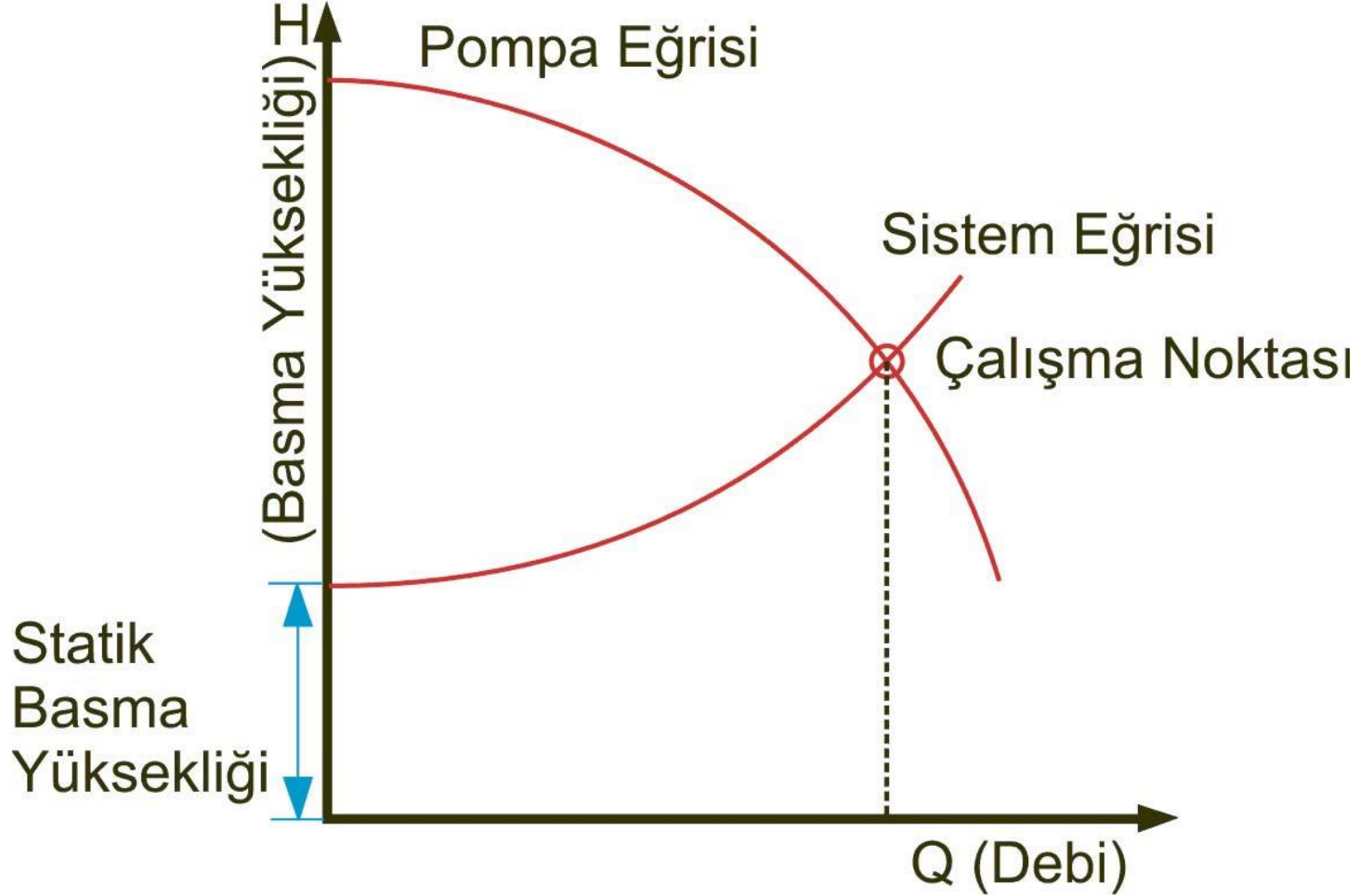
(m)



Pompa Hesaplamalarında Kullanılan Büyüklükler

- h_d : Çıkış basıncı göstergesi (kpa)
- h_s : Emiş basıncı göstergesi (kpa)
- V_d : Akışkanın çıkış basıncı ölçüm noktasındaki hızı (m/sn)
- V_s : Akışkanın emiş basıncı ölçüm noktasındaki hızı (m/sn)
- h_m : Emiş ve çıkış ölçüm noktası arasındaki yükseklik farkı (m)
- g : Yerçekimi ivmesi 9,8 (m/sn²)
- $10 \text{ m} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 0,098 \text{ Mpa} = 98 \text{ kPa}$
- $0,1 \text{ Mpa} = 100 \text{ kPa} = 100/9,8 = 10,2\text{m}$
- $1 \text{ Atu} = 0,1013 \text{ Mpa} = 101,3 \text{ kPa}$
- (λ : Özgül yoğunluk 999,6 kg/m³ 10°C)

Pompa Çalışma Noktası



Pompa Basma Yüksekliği

- Basma yüksekliği her zaman tesisat dirençlerini karşılayacak şekilde olmalıdır.
- Pompa basma yüksekliği aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır

$$H = (h_d - h_s + \frac{V_d^2}{2} - \frac{V_s^2}{2} + hm) / g$$

D :Boru Çapı(m)

Q: Debi(m³/sa)

Emme Hızı V_s (m/sn) = $Q / (\pi \times D^2 / 4)$

Çıkış Hızı V_d (m/sn) = $Q / (\pi \times D^2 / 4)$

Pompa Verimi

Pompa verimi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır

Teorik Güç:

$$L_t = QP / 60 \times H / 60 \times \lambda / 102 \text{ (kW)}$$

Pompanın Verimi:

$$\eta = L_t / L \times 100 \text{ (\%)}$$

Pompa Verimi Hesabı

Debi QP : 30(m³/sa) Pd : 289 kPa Ps : -8kPa hm : Çıkış ve Emiş noktaları arasındaki seviye farkı : 0 (m)

L : 4,98kW ise pompanın verimini hesaplayınız?

$$\begin{aligned} \text{Emme Hızı } V_s \text{ (m/sn)} &= QP / (\pi \times D^2 / 4) \\ &= ((30) / (\pi \times (0,08)^2 / 4)) / (60)^2 \\ &= 1,66 \text{ (m/sn)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Çıkış Hızı } V_d \text{ (m/sn)} &= QP / (\pi \times D^2 / 4) \\ &= ((30) / (\pi \times (0,05)^2 / 4)) / (60)^2 \\ &= 4,25 \text{ (m/sn)} \end{aligned}$$

Toplam Basma Yüksekliği

$$H = (Pd - Ps + (V_d^2/2 - V_s^2/2) + hm) / 9,8$$

$$H = (289 - (-8) + ((4,25)^2/2 - (1,66)^2/2) + 0) / 9,8$$

$$H = 31,09 \text{ (m)}$$

Teorik Güç

$$L_t = (Q / 60) \times (H / 60) \times \lambda / 102 \text{ (kW)}$$

$$L_t = (30/60) \times (31,09/60) \times (999,6/102)$$

$$L_t = 2,53 \text{ kW}$$

Pompa Verimi

$$\eta = (L_t / L) \times 100 \text{ (\%)}$$

$$\eta = (2,53 / 4,98) \times 100$$

$$\eta = 50,87$$

Değişken Debi

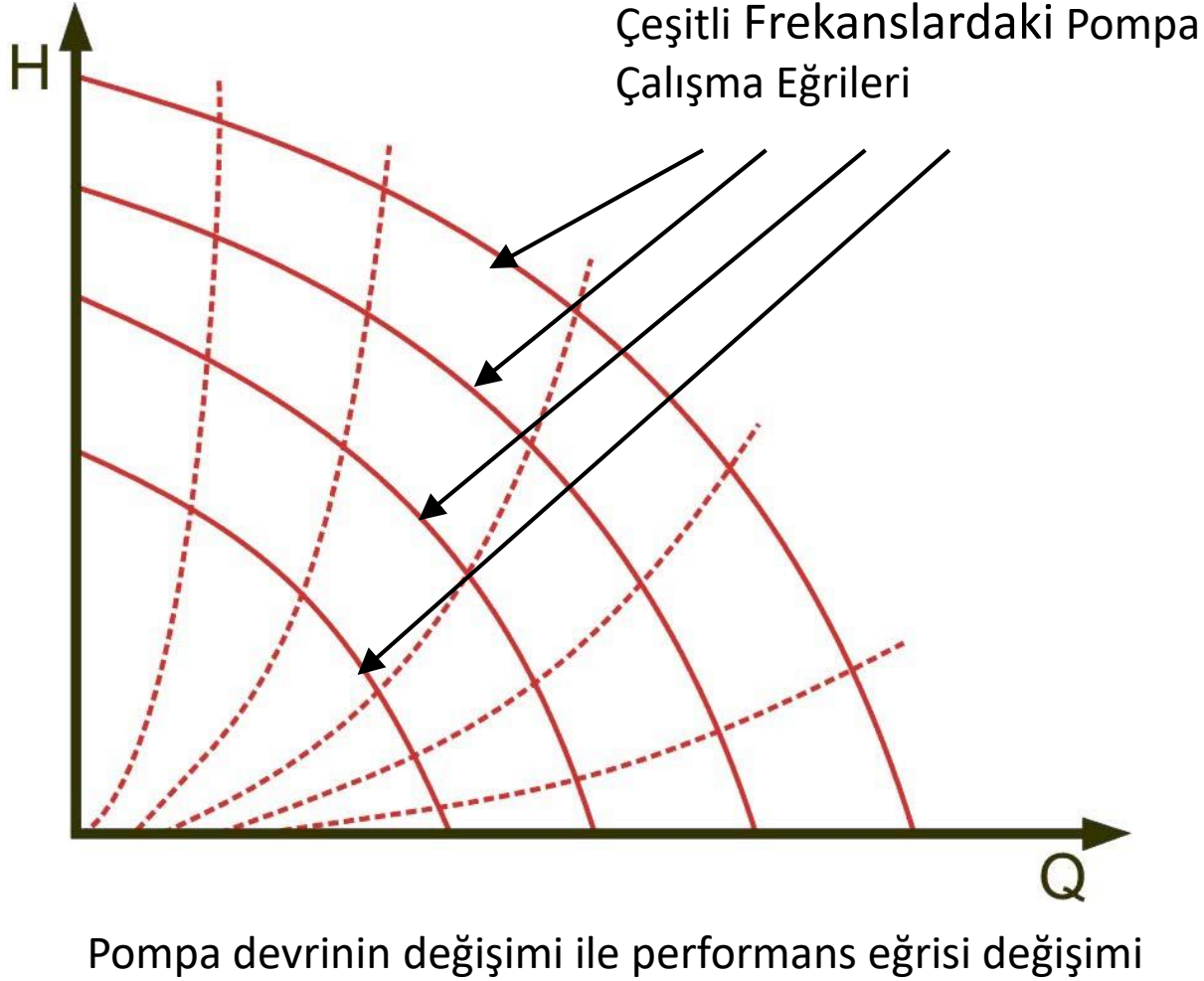
Pompa sistemlerinde değişken debi elde etme yolları:

- **Kesintili Çalıştırma:** Pompayı ihtiyaç olunca çalıştırmak
- **Seviye Kontrollü Çalıştırmak:** Sistemi bir depodan besleyerek pompayı depo seviyesine göre kesintili çalıştırmak
- **Paralel Pompalar Kullanmak:** Çalışan pompa sayısını değiştirmek
- **Çıkış Vanasını Kısımak:** Pompa çıkışındaki debi kontrol vanası ile sistem karakteristiğini değiştirerek debiyi ayarlamak
- **By-Pass Hattı Kullanmak:** Pompayı devamlı çalıştırarak akışkanın bir bölümünü depoya geri basmak
- **Frekans İvertörü(Değişken Hız Sürücüsü) Kullanmak:** Değişken hız sürücüsü yardımı ile frekansı değiştirerek pompanın sistem gereksinimini karşılayacak devirde dönmesini sağlamak

Değişken Hız Sürücüsü

- Pompa devrinin değiştirilmesi ile 1 pompadan çok sayıda pompa yaratılmış olmaktadır.
- Pompa verimliliği genellikle değişmemektedir, fakat santrifüj pompalarda pompanın nominal debisinin %60 altına düşülmesi durumunda, çark içindeki akış düzeni değişmektedir ve pompada titreşim artışı ve verim düşüşü yaşanmaktadır.

Değişken Hız Sürücüsü



Benzeşim Kanunları :

$$Q1/Q2 = n1/n2 = f1/f2$$

$$H1/H2 = (n1)^2/(n2)^2 = (f1)^2/(f2)^2$$

$$P1/P2 = (n1)^3/(n2)^3 = (f1)^3/(f2)^3$$

f = frekans

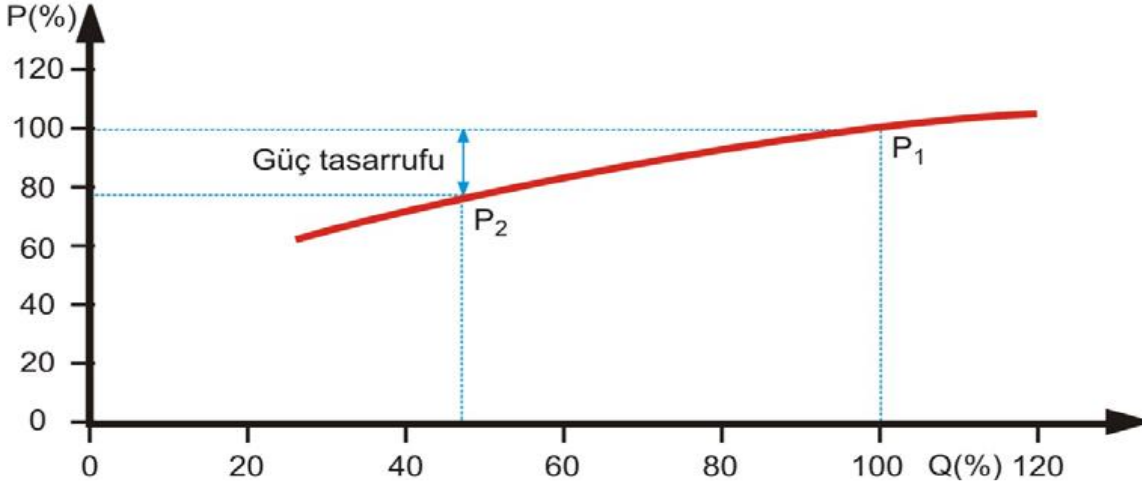
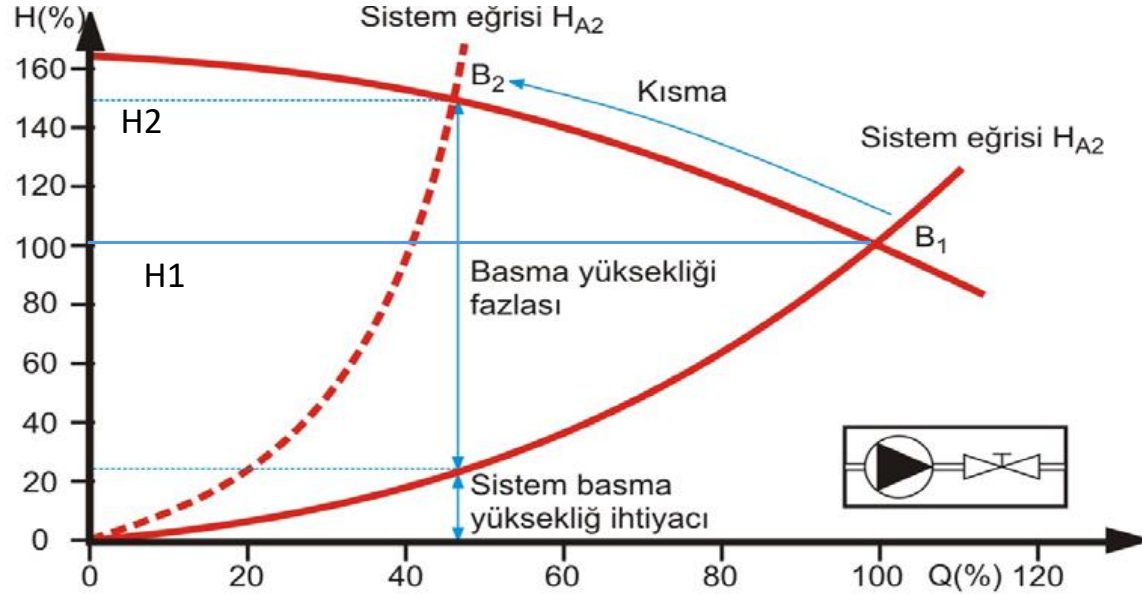
n = Pompa devri - d/dak

Q= Kapasite(Debi)

H= Basma yüksekliği

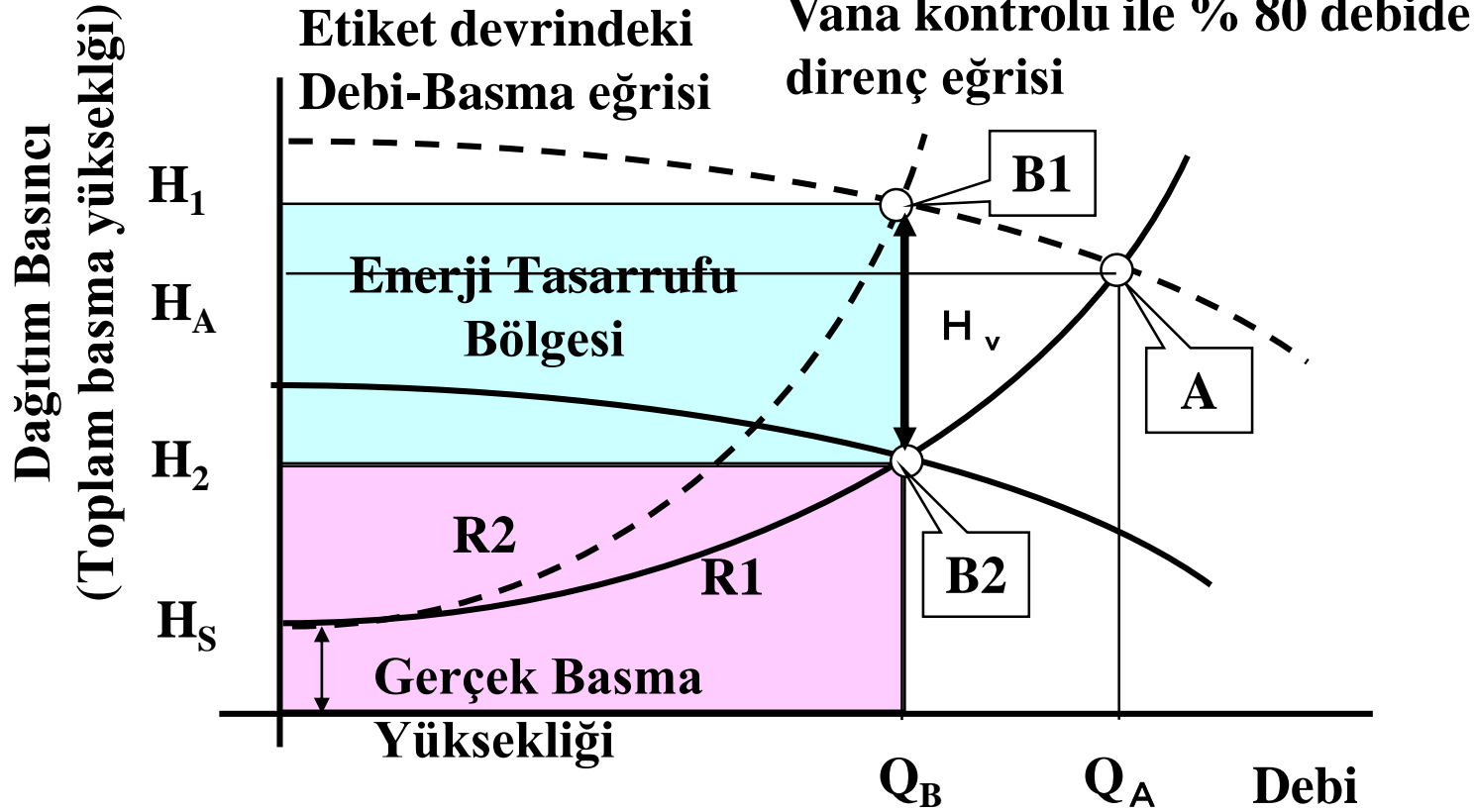
P= Pompa nominal gücü

Çıkış Vanası Kısılması ile Debi Ayarlaması



- İlk durumda pompa tam yükte çalışırken çalışma noktası B_1 ve basma yüksekliği H_1 kadarken, çıkış vanasını kısarak debiyi mevcudun %50'sine düşürdüğümüzde çalışma noktası B_2 , basma yüksekliği ise H_2 kadar olacaktır.
- Mevcut durumda tüketilen güç P_1 kadarken çıkış vanasını kısarak debiyi mevcudun %50'sine düşürdüğümüzde tüketilen güç P_2 kadar olacaktır.

Değişken Hız Sürücüsü ile Debi Ayarlaması



- İlk durumda pompa tam yükte çalışırken çalışma noktası A iken çıkış vanasını kısarak debiyi mevcudun %80'ine düşürdüğümüzde çalışma noktası B1, basma yüksekliği H_1 kadar olacaktır.
- Çıkış vanasını kısmak yerine değişken hız sürücüsü kullanarak debiyi mevcudun %80'ine düşürdüğümüzde ise çalışma noktası B2, basma yüksekliği H_2 kadar olacaktır.

Santrifüj Pompalarda Enerji Tasarrufu

Santrifüj pompalarda enerji tasarrufu için aşağıdakiler yapılmalıdır;

- Pompaların maksimum verimli noktalarda çalışabilmesi için, debi ve basma yüksekliği hesaplanırken emniyet payları büyük tutulmamalıdır.
- Pompa şartnamelerinde gereksiz sınırlamalar koyarak imalatçıların maksimum verimli pompalar seçmesi engellenmemelidir.
- Kapasite ihtiyacının değişken olduğu sistemlerde, mümkün olduğu kadar pompa sayısı arttırılmalı ve paralel çalışma ile enerji tasarrufu sağlanmalıdır.
- Yüksek devirli pompalar genellikle daha yüksek verime sahiptir.
- Değişken devirli pompa kullanımı özellikle statik basma yüksekliğinin küçük olduğu sistemlerde enerji tasarrufu sağlayabilir.

Santrifüj Pompalarda Enerji Tasarrufu

- Pompa ufak dahi olsa pompa verimi ilk satın almada dikkate alınmalıdır.
- Büyük seçilmiş pompaların düşük kapasitelerde çalıştırılmasından kaçınılmalıdır.
- Geniş bir aralıkta çalışacak pompaların maksimum verimli bölgesinin geniş aralıkta olmasına dikkat edilmelidir.
- Eskiyen pompaların iç yüzeylerinin kaplanması ve elden geçirilmesi verimde 1-2% artış sağlar.
- Sistem maksimum kapasiteyi karşılayacak şekilde seçilmeli, fakat sistemin zamanın çoğunda hangi kapasitede çalışacağı bilinmelidir. Bu analizden sonra boru sistemi dizayn edilebilir. Eğer maksimum kapasitede sadece kısa süre çalışacaksa, büyük çaplı boruya gerek yoktur veya tersi durum geçerlidir.

Pompa Teknolojisinin Temel Prensipleri ve Pompalarda Enerji Verimliliği

Ege KARABACAK
Elektrik Mühendisi

Tanıtım, Eđitim ve Etüt Dairesi Başkanlığı
e-posta:ekarabacak@enerji.gov.tr

Nisan, 2020



**T.C. ENERJİ VE TABİİ
KAYNAKLAR BAKANLIđI**

