

# Santrifüj Pompalarda Enerji Verimliliği ve Uygulamaları

Yrd.Doç.Dr.Zehra YUMURTACI  
Abdülkadir SARIGÜL

## ÖZET

*Ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli girdilerden biri enerjidir. Bu yönüyle enerji bir toplumun yaşam standardının yükseltilmesinde önemli rol oynar. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması da yine enerji ile mümkündür. Ancak, enerji kaynaklarının en önemlisini oluşturan petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtların hızla tükenmekte oluşu ve bu kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar tasarrufu ve enerji verimliliğini gündeme getirmiştir. Bu doğrultuda, enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak için çok çeşitli programlar uygulanmaktadır. Elektrik tüketen makineler arasında yapılan bir araştırmada, pompalar %20 ile başta gelmektedir. Bu sebeple, pompaların uygun kullanımı ve pompalama sistemlerinin enerji verimliliği önemle ele alınan bir konu olmuştur. Bilindiği gibi, pompa verimlerinde üst sınırlara yaklaşıldığı, yapılacak iyileştirmelerin birkaç puandan fazla olamayacağı görülmektedir. Ancak, pompaj sistemi verim iyileştirmelerinin pompaların uygun seçimi ve kullanımı, borulardaki basınç kayıplarının optimuma getirilmesi, değişken debili sistemlerin ve otomasyonda kullanılan dizayn sistemlerinin iyileştirilmesi yolu ile elde edilecek enerji tasarrufunun %30 civarında olacağı hesaplanmıştır.*

**Anahtar Sözcükler:** Pompa, enerji verimliliği, değişken devirli pompa, pompaj verimliliği, performans optimizasyonu, frekans konvertörü

## 1. GİRİŞ

Pompaj sistemleri, inşaat, elektrik, boru sistemleri, pompalar, vanalar, motorlardan meydana gelmektedir. Bir pompaj sistemimde pompalar yapım maliyetinin %8'ini fakat işletme maliyetinin %60'ını oluşturur.

Dünyayı tehdit eden iklim değişikliklerinin yavaşlatılması hatta önlenmesi için atmosfere atılan CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> gibi gaz emisyonlarının kontrolü ve gereken önlemler Kyoto Protokolü, Kopenhag Kriterleri gibi uluslararası anlaşma ve görüşmeler ile koordine edilmeye çalışılmaktadır. Bugün için alınabilecek en etkili önlem fosil yakıtları en geniş çapta kullanan enerji santrallerine olan ihtiyacın azaltılmasıdır. Diğer bir değişle enerji tüketen proseslerin verimlerinin artırılması yolu ile konfor ve gelişmenin daha az enerji tüketerek sürdürülmesidir.

## Abstract:

Energy is one of the significant inputs of economic and social development. In this aspect, energy plays an important role for the raising of the living standards of a society. Sustainable development is possible through energy as well. However, the rapid depletion of fossil fuels such as oil, natural gas, and coal which constitute the most important of energy resources and the environmental problems caused by these resources have put energy saving and energy efficiency on the agenda. To this end, various programs are used to ensure efficient use of energy. A research conducted on electricity consuming machines puts pumps on the first rank with 20%. For this reason, proper use of pumps and efficiency of pumping systems have been an issue of great import. As known, it appears that upper limits are approached in pump efficiencies and that potential improvements could not be more than a few points. However it has been calculated that the energy saved through efficiency improvements of pumping systems; proper selection and use of pumps, optimization of pressure losses in pipes and the improvement of variable flow systems and the design systems used for automation would be around 30%.

## Key Words:

Pump, energy efficiency, variable speed pump, pumping efficiency, performance optimization, frequency converter

## Makale

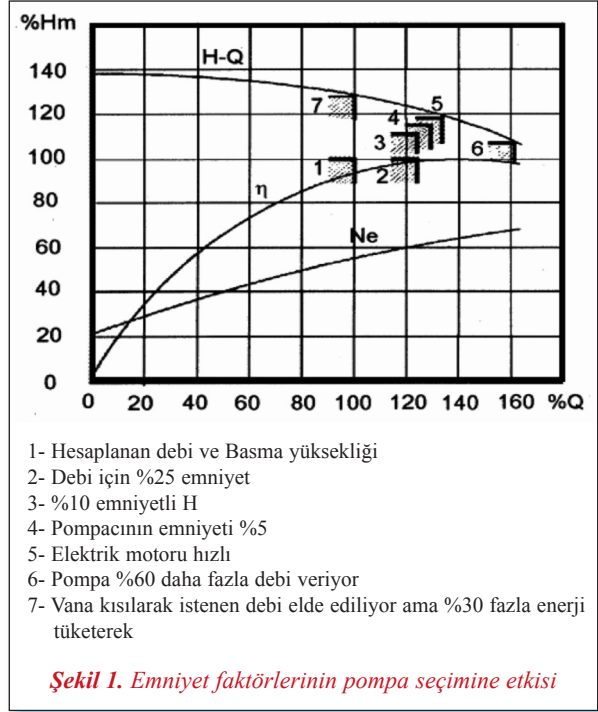
Yüksek verimli pompa üretimi için çalışmalar hesaplamalı akışkanlar dinamiğinden de yararlanılarak büyük bir hızla sürmektedir. Zaten üst sınıra yaklaşmış olan pompa verimleri ancak birkaç puan daha arttırılabilecektir.

Enerji verimliliği yüksek pompaj sistemleri için neler dikkat etmeliyiz?

- Pompa karakteristiği çalışacağı sisteme uygun mu?
- Debi değişken mi?
- Değişken ise pompa ve sistem değişken devirli pompaj kriterlerine uygun mu?
- Boru ve pompaj sistemleri uygun mu seçilmiş?
- Pompa ISO, HI, EUROPUMP standartlarına uygun mu?
- Sistem ömür boyu maliyet esaslarına uygun mu?

### 1.1 Pompa Karakteristiği Uygunluğu

Pek çok uygulamada pompaların gereğinden çok büyük seçildiği gözlenmektedir. Örneğin bir projede hesaplamalar sonunda  $Q=100 \text{ m}^3/\text{h}$   $H_m=100 \text{ mss}$  (1) olan bir pompa gereksinimi pompa sipariş edilirken ilerideki ihtiyaçlar için debiye %25 emniyet payı ekleniyor. (2) (Şekil 2) Manometrik basma yüksekliği az gelirse diye  $H_{de}$  %10 artırılıp pompa sipariş ediliyor (3). Siparişi alan pompacı da debi ve basma yüksekliğine %5 zam yaparak pompayı seçiyor (4). Elektrik motorları da tam yükte çalışmadığı için biraz hızlı döndüğünden çalışma noktası (5)'e geliyor. Pompa yerine monte edilip çalıştırıldığında sistem karakteristiği (5) noktasında değil (6) noktasında olduğundan pompa debisi  $160 \text{ m}^3/\text{h}$  oluyor. Hesapla bulunan  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  yerine  $160 \text{ m}^3/\text{h}$  elde edilince debiyi dizayn debisine vana kısarak getirildiğinde, basma yüksekliğini  $130 \text{ mSS}$ 'den  $100 \text{ mSS}$ 'na düşürürken vanada yok ettiğimiz enerji %30 olmaktadır. Bu sebepten pompaların büyük seçilmesi gerekir. İlerideki ihtiyaçlara göre seçim yapılacaksa pompayı biraz büyük motor ve en büyük çark çapından daha küçük bir çapta seçmek uygun olur. İleride tüm pompayı değiştireceğimize sadece yeni bir çark alarak lüzumsuz yere enerji harcamamız oluruz. Bu durum Şekil 1'de gösterilmektedir.



### 1.2 Debi Değişkenliği

Birçok uygulamada debi sabit değildir. Debiyi azaltmak için vana kullanılırsa, basıncı yaratmak için pompaya aktardığımız enerjiyi vanayı kısarak yok etmiş oluruz. Bu durum, otomobilin gazına sonuna kadar basıp aracın hızını frenle kontrol etmeye benzemektedir. Debiyi değiştirmek gerekli mi? Sorusuna verilecek cevaplar sistem dizaynını etkileyecektir. Seçilen debi değiştirme yönteminin sistemin enerji verimliliğine etkisi vardır. Debi değiştirme yöntemleri ve çözümleri aşağıda sıralanmıştır:

- Pompayı ihtiyaç olunca çalıştırmak (Kesintili Çalıştırma) ;Pompayı ihtiyaç olunca çalıştırmak yaygın olarak kullanılmaktadır. Pompaları büyük seçmek hem satın alma hem de kullanım maliyetini arttıracaktır. Burada uygun enerji tarifesi süresinde çalıştırmak da düşünülmelidir.
- Sistemi bir depodan besleyerek pompayı depo seviyesine göre kesintili çalıştırmak; Sistemi depodan besleyerek depoyu enerji tarifesinin uygun olduğu zamanlarda doldurup gün boyunca

- kullanmak da uygun bir çözümdür.
3. Çalışan pompa sayısını değiştirmek (paralel pompalar); Çalışan pompa sayısını değiştirerek debiyi ayarlamak bilhassa basma yüksekliği büyük, sürtünme kaybı az olan sistemlerde yegane debi kontrol metodudur.
  4. Pompayı devamlı çalıştırarak akışkanın bir bölümünü depoya geri döndürmek (by-pass); Pompayı devamlı çalıştırıp akışkanın bir bölümünü depoya geri döndürmek (by-pass) veya vana ile kısma yaparak debiyi kontrol etmek hiç arzu edilmeyen bir çözümdür. Onun yerine frekans değiştiricili bir pompa kullanılmalıdır.
  5. Pompa çıkışındaki debi kontrol vanası ile sistem karakteristiğini değiştirerek debiyi ayarlamak; Pompa devrini frekansı değiştirmeden mekanik veya elektrikli yollarla değiştirmek geçmişte kalan uygulamalardır. Hem pahalı hem de bakımı zor olduğundan artık kullanılmamaktadır.
  6. Sabit devirli elektrik motoru ile pompa arasına hidrolik veya elektrikli kavrama koyarak pompa devrini debi veya basınç ihtiyacına göre ayarlamak.
  7. Elektrik motoruna frekans değiştirici yardımı ile uygulanan gerilim ve frekansı değiştirip pompayı istenen debi ve basma yüksekliğini sağlayacak devirde döndürmek; Bir pompaj sisteminde debi değişken olduğunda elde edilecek kazanç, düşük debilerde sürtünme kayıplarının azalmasıyla pompayı daha yavaş döndürerek elde edilir. Frekans Konvertörü (FC) veriminin %95 civarında olduğu göz önüne alınırsa, sürtünme kayıplarının azalması ile elde edilecek kazancın FC kullanımından dolayı kaybedilenden daha fazla olması gerekir. Sürtünme kaybının toplam basma yüksekliğine göre az olduğu sistemlerde FC yerine paralel pompalar kullanılmalıdır. Enerji verimliliği bakımından Pek çok uygulamada frekans değiştiricisi kullanmak en uygun çözüm olarak sunulmaktadır. Debi değişken değil ise en iyi çözüm daima en iyi verim noktasında çalışan sabit devirli bir pompadır.

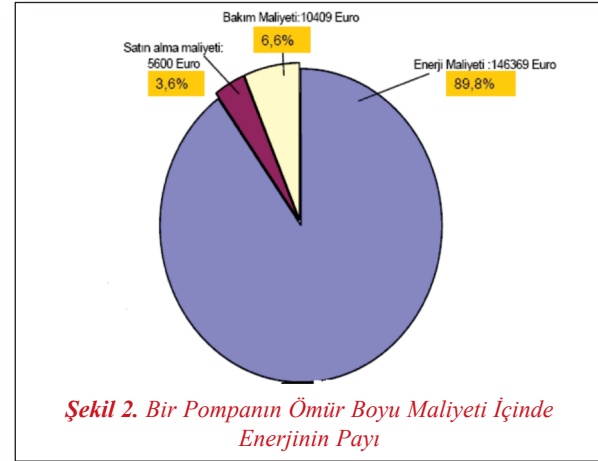
## 2. BİR POMPANIN ÖMÜR BOYU MALİYETİ İÇİNDE ENERJİNİN PAYI

Son on yıldır dünyada pompa seçiminde ömür boyu maliyet (ÖBM) üzerinde durulmaktadır. Bundan amaç, pompa satın alınırken, sadece satın alma fiya-

tının değil, pompanın ömür boyu maliyetinin önemli olduğu ifade edilmektedir. Ömür boyu maliyet içinde satın alma, işletme ve bakım, enerji maliyeti olduğu kadar arıza halinde üretim kaybı maliyeti, söküp atma maliyeti gibi hususlar da dahil edilmektedir. Bütün bu elemanlarla enflasyon ve banka faizini de hesaba katarak ÖBM hesabı yapıldığında yüksek verimli ve dayanıklı pompaların satın alınması tavsiye edilmektedir.

Pompaların ömür boyu maliyeti ise Şekil 2’de gösterilmiştir. Buradan da görülebileceği gibi 20 yıllık ömür süresinde bir pompanın tüketeceği enerji bedeli satın alma fiyatının 17–20 katıdır. Bu süredeki bakım masrafları da pompa bedelinin iki katı kadar olmaktadır.

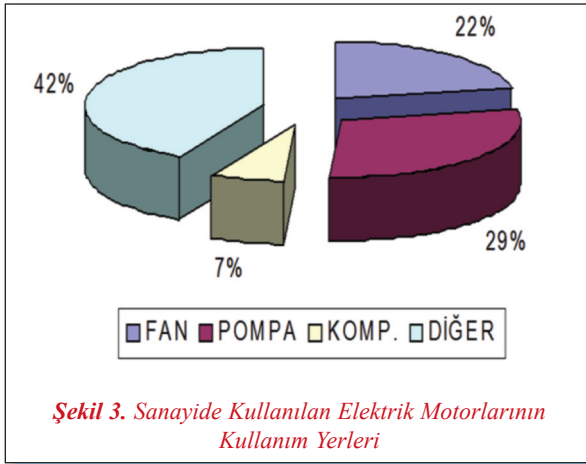
$$\begin{aligned} \text{ÖBM} = & M_{\text{ilk yatırım}} + M_{\text{montaj-çalıştırma}} + M_{\text{enerji}} + M_{\text{işletme}} \\ & + M_{\text{bakım-onarım}} + M_{\text{çalışmama}} + M_{\text{çevre}} + M_{\text{sökme}} \end{aligned}$$



Şekil 2. Bir Pompanın Ömür Boyu Maliyeti İçinde Enerjinin Payı

## 3. POMPALARDA YÜKSEK VERİMLİ MOTOR KULLANIMI

Üretilen toplam elektriğin yaklaşık yarısı, sanayi sektöründe kullanılan elektriğin ise yaklaşık üçte ikisi motorlar tarafından tüketilmektedir. Bu da sanayide yüksek verimli motor kullanımının enerji maliyetinin düşürülmesinde ne kadar önemli olduğunu gösterir. Yüksek verimli motorların kullanımı aynı zamanda sera gazlarının salımında ciddi azalmalara sebep olmakta, enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına ve çevremizin olumlu etkilenmesine katkı yapmaktadır.

**Makale**

Tipik bir motorun satın alma maliyeti, o motorun ömrü boyunca kullandığı elektrik enerji toplam maliyetinin %2'sinden bile azdır. Yani, enerji maliyeti toplam maliyetin %98'i olabilmektedir. Yani tipik bir motor ortalama 20 yıl olan çalışma ömrü boyunca satın alma maliyetininin 50 katından fazlasını tükettiği enerjinin maliyeti olarak ödemektedir. Başka bir deyişle, bir motorun bir kaç ayda tükettiği enerjinin maliyeti, o motorun satın alma maliyetine eşdeğerdir. Ortalama bir motor, satın alma maliyetine eşdeğer enerjiyi 2 ayda tüketmektedir. Motor alırken standart ve yüksek verimli motorların ilk maliyetindeki az bir farka (%10 – %25 arası) tamah edip ileride bunun çok fazlasını ilave enerji maliyeti olarak ödemektedirler. Bozulan eski motorları da ucuz olduğu için tekrar sardırırmaktadırlar. Hâlbuki tekrar sardırılan eski motorların zaten düşük olan verimleri daha da düşebilmekte (her tamirde %0,5 kadar) ve tamirle sağlanan maliyet tasarrufu artan enerji tüketimi ile kısa sürede yok olabilmektedir. Eskisinin yerine alınacak olan yüksek verimli yeni bir motor ise ilave maliyetini tasarruf ettiği enerjiden kısa sürede ödeyecek, çalışma ömrü boyunca da enerji ve maliyet tasarrufu sağlamaya devam edecektir.

Birim elektrik enerjisi (kWh) üretiminde ortalama 0.65 kg CO<sub>2</sub> salındığı dikkate alınır, yüksek verimli motorların çevreye olan faydaları daha da anlaşılabilir olacaktır. Enerji tasarrufu ve çevre katkısına ek olarak yüksek verimli motorlar daha yüksek güvenilirlikleri (ve dolayısı ile daha az arızalanıp üretim kaybına daha az sebep olmaları) ve daha düşük bakım masrafları ile de işletme maliyetlerini düşürürler.

#### 4. SANTRİFÜJ POMPALARDA PERFORMANS AYARI

Belli bir uygulama için pompa seçerken, pompanın yüksek verimlilik alanında çalışma noktası olan pompayı seçmek önemlidir. Aksi takdirde, pompanın güç tüketimi gereğinden fazla olacaktır. Ancak bazen sistem ihtiyaçlarının değişkenlik göstermesi veya sistem eğrisinin zamanla değişmesi gibi durumlarda, optimum çalışma noktasına uyan pompayı seçmek mümkün olmayabilir. Dolayısıyla, değişen ihtiyaçlara göre pompa performansını ayarlamak gerekebilir. Pompa performansını değiştirmek için en fazla aşağıdaki önlemler kullanılmaktadır:

- Kısmi Kontrolü
- Bypass Kontrolü
- Çark Çapını Değiştirmek
- Hız Kontrolü

Pompa performansını ayarlamak için hangi metodun kullanılacağı ilk yatırım masrafları ile pompanın işletme masraflarının birlikte değerlendirilmesine bağlıdır. Çark çapının değiştirilmesi yöntemi dışındaki tüm yöntemler pompa çalışır durumdayken gerçekleştirilebilir. Sistemler için genellikle gereğinden büyük pompalar seçilmektedir ve dolayısıyla performansın sınırlanması gereklidir. Öncelikle debi ve bazı uygulamalarda maksimum basma yüksekliği sınırlanabilir.

#### 5. SANTRİFÜJ POMPALARDA FREKANS KONVERTÖRÜ UYGULAMASI VE SAĞLANAN ENERJİ TASARRUFU

Sürekli artan enerji fiyatları enerji ve maliyet tasarrufu yapmak isteyen firmaların ilgisini kayda değer ölçüde arttırdı. Bu konuda görüşmeler genellikle alternatif enerji kaynakları ve yeni enerji tasarruf teknolojileri arasında dönerken, yaygın kullanıldığında büyük tasarruflar sağlayabilecek mevcut teknik çözümlere çok az önem verilmesi şaşırtıcıdır. Kanıtlanmış ve düşük yatırım maliyetli bir çözüm pompaj, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme uygulamalarında kullanılan Frekans Konvertörleridir (FC). Bunun gibi diğer teknolojilerin sadece çok azı yapılan yatırımı bir yıldan daha az bir sürede geri kazanılabilmektedir.

### 5.1. Frekans Konvertörü Nedir?

Su boru hattı sistemlerinde kullanılan elektrik motorlarının çoğu, indüksiyon veya asenkron motor olarak da bilinen kısa devreli motorlardır. Benimsenmiş olmaları, nispeten uygun fiyatlı, az bir bakım masrafı gerektirmeleri ve yüksek oranda güvenilir olmalarına dayanmaktadır. Bu modellerde motor dönme sayısını (devrini) kontrol altına almanın tek yolu giriş akım (alternatif akım) frekansını değiştirmek ile mümkündür. Frekans Konvertörünün devreye girdiği yer burasıdır.

Frekans Konvertörü; İntertör, Değişken Hız Sürücüler (DHS - VFD), Değişken Frekanslı Sürücüler (VFD) veya Frekans Dönüştürücüsü gibi birçok isimle bilinmektedir. Tüm bunlar aynı şeyi tanımlamaktadır ve elektrik motorlarında kademesiz hız ayarını sağlayan elektronik bir cihazdır. Günümüzdeki VFD sistemleri, sistem içerisindeki diğer elemanların kontrolü ve korunması gibi farklı fonksiyonları da yerine getirirler.

### 5.2 FC Hız Ayarı Sayesinde Enerji Tasarrufu

Pompalar gibi akış üreten cihazlar genellikle hız ayarı olmadan kullanılmaktadırlar. Bunun yerine akış, geleneksel metod ile regülatörler, valflar veya supaplar yardımı ile kontrol altına alınmaktadır. Akış değişken motor hızıyla kontrol edilmediğinde, motor sürekli tam hızda çalışır.

Pompaların hizmet verdikleri sistemlerin azami debiye nadiren ihtiyaç duymaları yüzünden, hız ayarsız bir sistem çoğu zaman önemli miktarda enerjiyi boşa kullanmaktadır. FC ile motor hızının ayarlanması sisteme göre değişmekle beraber %70'e varan bir enerji tasarrufu imkânı sunmaktadır.

### 5.3 Santrifüj Pompalarda Benzeşim Kanunları

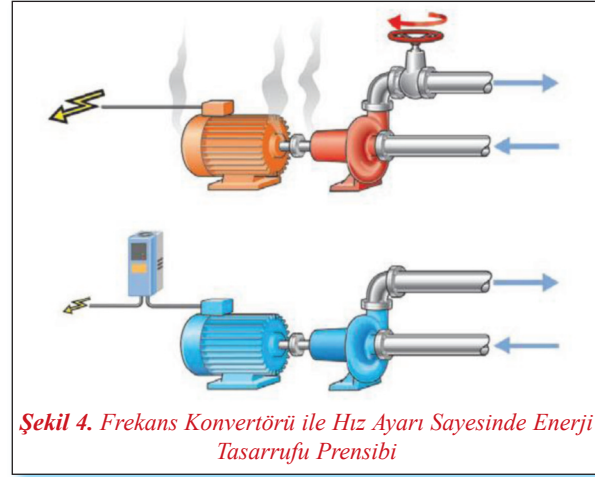
Basınç, basma yüksekliği, debi, transmisyon devir

sayısı ve güç gibi değişkenlerin kendi aralarındaki ilişki, benzerlik kanunları aracılığı ile ifade edilebilmektedir.

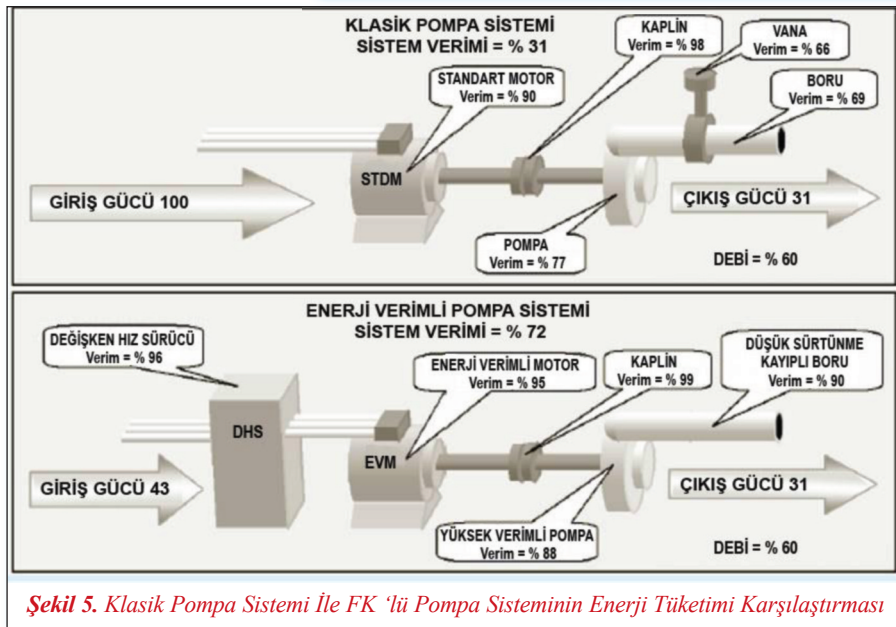
$$\frac{Q_n}{Q} = \frac{n_n}{n_x} ; \frac{H_n}{H_x} = \left(\frac{n_n}{n_x}\right)^2 ;$$

$$\frac{P_n}{P_x} = \left(\frac{n_n}{n_x}\right)^3 ; \frac{n_n}{n_x} = 1 \quad (1.1)$$

Bu kanunlardan, debinin hız (devir) ile doğru orantılı olarak arttığı ve basıncın da hızın karesi ile orantılı olarak arttığı görülmektedir. Enerji tasarrufu bakımından en önemli nokta, güç tüketiminin hızın küpü ile orantılı olarak artmasıdır. Bunun anlamı, devir



Şekil 4. Frekans Konvertörü ile Hız Ayarı Sayesinde Enerji Tasarrufu Prensibi



Şekil 5. Klasik Pompa Sistemi İle FK 'lü Pompa Sisteminin Enerji Tüketimi Karşılaştırması

## Makale

sayısının en küçük seviyede azalmasının dahi elektrik tüketiminde büyük tasarruflara sebep olacaktır.

### 5.4 Frekans Konvertörlü (FC) Pompa Uygulamalarında Gider Tasarrufu ve Maliyet Analizi

Direkt bağlanmış ve FC kontrolü altında bulunan pompa sistemleri arasındaki yatırım masraflarının kabaca hesaplanmasının bir karşılaştırması aşağıdadır.

#### Örnek Çalışma 1. Bir Hastanenin Isıtma Sistemi – Sirkülasyon Pompaları

70,000 m<sup>2</sup>'lik bir alanı kaplayan ana bina, poliklinik ek binası ve hemşire lojmanından oluşan hastanenin ısıtması merkezi bir ısıtma sistemi ile sağlanmaktadır. Kullanılan pompanın teknik verileri aşağıdadır:

- Enerji çıkışı 5,250 kW
- Basit sıcaklık seçimi: 80° C / 60° C
- Tam yükteki kapasite: Q= 224 m<sup>3</sup>/h
- Ana pompaların yıllık çalışma süresi: 6,400 h/yıl
- Hidrolik seçim: iki Etaline pompa (100% yedekli), her pompa FC 'lı olarak seçilmiştir.

Dizayn noktasına göre yapılan uygun seçim kısmi yüklenme koşullarında ekonomik çalışma sağlar. PumpDrive üzerindeki dinamik basınç kompanzasyonu sayesinde, diferansiyel basınç transmittersi kullanılan sistemlere göre daha az montaj maliyeti sağlar.

FC'ün bu ısıtma sisteminde kullanılmasının sonucunda %58 enerji tasarrufu sağlanmıştır!

<b>Alternatif 1.</b> Direkt olarak bağlanmış olan pompa	
Pompa ve Motor (~3 kW)	1000 Euro
Kurulum	1000 Euro
DOL toplam maliyeti:	2000 Euro
15 yıl üzerinden enerji tüketimi	
DOL ile yapılan tüketim	394 200 kW
<b>DOL ile enerji masrafı (9 Sent/kWs)</b>	<b>35.478 Euro</b>
<b>Alternatif 2.</b> VFD İle Olan Çözüm	
Pompa ve Motor (~3 kW)	1000 Euro
VFD	800 Euro
Kurulum	1200 Euro
VFD ile toplam maliyet:	3000 Euro
15 yıl üzerinden enerji tüketimi (%30 oranında tahmin edilen enerji tasarrufu)	
VFD ile yapılan tüketim	275.940 kW
<b>VFD ile enerji masrafı (9 Sent/kWs)</b>	<b>24.834 Euro</b>
<b>15 yıl üzerinden enerji tasarrufu:</b>	<b>118.260 kW</b>
<b>15 yıl üzerinden enerji masraf tasarrufu:</b>	<b>10.643 Euro</b>
<b>1 yıl için enerji masraf tasarrufu:</b>	<b>709 Euro</b>

	2 pompa PumpDrive bağlı değil	2 pompa PumpDrive bağlı
Alış Fiyatı	4,320 EUR	20,020 EUR
Montaj ve devreye alma	300 EUR	600 EUR
<b>Toplam alış maliyeti</b>	<b>4,620 EUR</b>	<b>20,620 EUR</b>
	2 pompa PumpDrive bağlı değil	2 pompa PumpDrive bağlı
<b>5 yıllık enerji maliyeti</b>	<b>53,788 EUR</b>	<b>22,673 EUR</b>

#### Örnek Çalışma 2. İlaç Endüstrisi soğutma sistemi – Sirkülasyon Pompaları

Üç adet santrifüj pompa bir ilaç şirketinin soğutma suyunu sağlamaktadır. 6°C'ye kadar soğutulan su çeşitli kullanım alanlarına transfer edilmektedir.

Sistem soğutma suyunda mevsimsel olarak oluşan iniş çıkışları gidermek amacı ile kullanılmaktadır.

Sistem minimum 150 m<sup>3</sup>/saat'den 620 m<sup>3</sup>/saat'e kadar olan pik yüklemelere göre dizayn edilmiştir. Kullanılan pompanın teknik verileri aşağıdadır:

- Soğutma çıkışı: 4,250 kW
- Tam yükte kapasite: Q= 620 m<sup>3</sup>/h
- Pompa çalışma saati: 7,640 h/yıl

Hidrolik seçim: üç Etanorm R pompa (100% yedekli), her pompa FC ile çalışmaktadır.

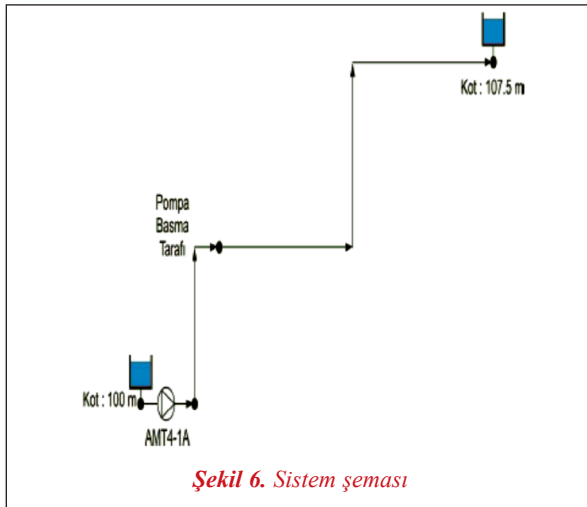
PumpDrive'in soğutma sisteminde kullanılmasının sonucunda %47 enerji tasarrufu sağlanmıştır!

	3 pompa PumpDrive bağılı değil	3 pompa PumpDrive bağılı
Alış Fiyatı	14,465 EUR	29,988 EUR
Montaj ve devreye alma	600 EUR	1,200 EUR
<b>Toplam alış maliyeti</b>	<b>15,065 EUR</b>	<b>31,188 EUR</b>
	3 pompa PumpDrive bağılı değil	3 pompa PumpDrive bağılı
<b>Bir yıl sonra enerji maliyeti</b>	<b>20,123 EUR</b>	<b>10,724 EUR</b>

artışı düşünülerek pompalar büyük seçilmişlerdir: 60 m<sup>3</sup>/h.

Pompaların kapasitesi büyük seçildiğinden devreye girip çıkma süreleri çok kısa aralıklarla olmaktadır: Her 5 dakikada devreye girip, 1 dakika çalışmaktadır. Kullanılan pompanın teknik verileri aşağıdadır:

### Örnek Çalışma 3. Atık Su Yönetimi Yapılan Bir Santrifüj Pompada Tasarruf Çalışması



Şekil 6. Sistem şeması

Her bir pompa 2000 saat/yıl çalışmaktadır.

Enerji maliyeti 0,08 Euro/kWh

Pompa tipi: Dalgıç tip

Kapasite= 60 m<sup>3</sup>/h

Hstatik= 5,25 m

Hdinamik= 38,75 m (Boru ve fitting, vana sürtünme kayıpları)

Htoplam= 44 m

#### Enerji tasarrufu için öneri:

Mevcut pompaların 30 m<sup>3</sup>/h'lik ufak pompa ile değiştirilmesi

H<sub>statik</sub> : 5,25 m

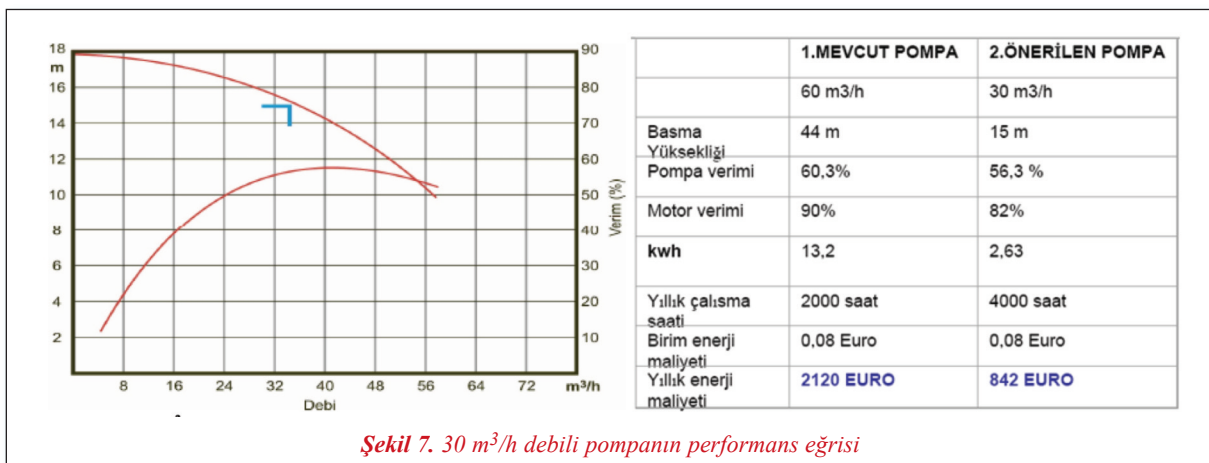
H<sub>dinamik</sub> : 9,7 m (Kapasitenin yarıya düşmesi ile sürtünme kayıpları 4 kat azalmıştır.)

H<sub>toplam</sub> : 15 m

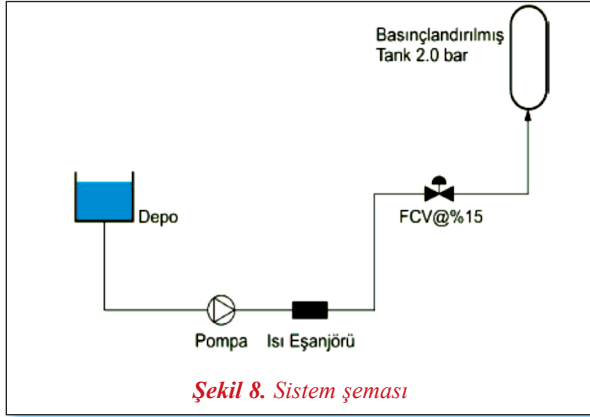
#### Mevcut durum:

1 adedi yedek, iki adet atık su dalgıç pompası on/off pozisyonunda çalışmaktadırlar. Gelecekteki kapasite

Bu değişiklikle yılda 1278 Euro enerji tasarrufu sağlanmaktadır.



Şekil 7. 30 m<sup>3</sup>/h debili pompanın performans eğrisi

**Makale****Örnek Çalışma 4. Kontrol Vanalı Bir Pompa Sistemi****Mevcut durum:**

Tek pompalı bir devre, içinde katı parça içeren proses akışkanını, bir tanktan alıyor ve basınçlı bir tanka transfer ediyor. Bir eşanjör sistemi ile akışkan ısıtılıyor ve kontrol vanası debi kontrolünü sağlayarak basınçlı tanka 80 m<sup>3</sup>/h akışkan gitmesini sağlıyor.

Problem: Kontrol vanası kısa sürede aşınıyor.  
Yıllık tamirat masrafı: 4000 Euro

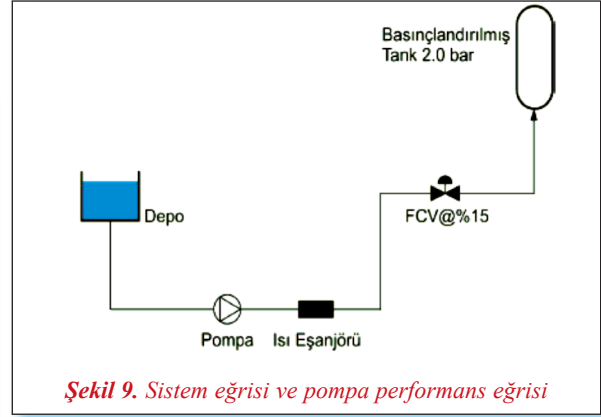
**İnceleme Sonuçları**

Kontrol vanası 15-20% açık pozisyonda çalışıyor, bu durum kontrol vanasının uygun ölçüde seçilmediğinin işaretidir.

Sistemin ilk dizayn bilgilerine bakıldığında 80 m<sup>3</sup>/h kapasitenin yeterli olmasına rağmen, pompanın 110 m<sup>3</sup>/h seçildiği ve bu nedenle kontrol vanası boyunca olması gerekenden daha fazla basınç kaybı meydana getirdiği tespit edilmiştir.

Bu tespitler ışığında aşağıdaki öneriler yapılmıştır:

- Yeni ve daha yüksek basınç farklarına dayanıklı bir kontrol vanası satın alınabilir. Maliyeti: 5000 Euro
- Pompa çark çapı küçültülebilir, böylece pompa basma yüksekliği düşürülebilir, bu sayede kontrol vanasında



fark basınç değeri aşağıya iner. Maliyeti: 2250 Euro.

- Frekans konvertör sistemi adapte edilir ve kontrol vanası kaldırılır. Frekans konvertör cihazı ile pompa hızı değiştirilerek, istenilen kapasite değeri sağlanabilir. Maliyeti: 21500 Euro.
- Sistem aynı şekilde bırakılır ve kontrol vanasının her yıl bakımı yapılır. Maliyeti: 4000 Euro.

**Öneriler:**

Çark çapının 375 mm'ye düşürülmesi ile, pompa basma yüksekliği 42 m'ye (80 m<sup>3</sup>/h debide) düşecektir. Bu basınç düşümü kontrol vanası boyunca fark basınç değerini 10 m'den daha aşağıya düşürecektir ki, bu fark basınç değeri vananın çalışabileceği dizayn değerine uymaktadır. Çizelgedeki çözümlerin toplam maliyetlerine ve elektrik tasarruflarına bakıldığında çark çapının tornalanması ve frekans konvertörü uygulaması en uygun çözümler olarak çıkmaktadır.

MALİYET	Kont.Vanası Değişimi (A)	Çark Çapı Küçültmesi (B)	Frek. Konvertör Uygulaması (C)	Kontrol Vanası Tamiri (D)
Çark çapı	430 mm	375 mm	430 mm	430 mm
Pompa Basma Yük.	71,7 m	42 m	34,5 m	71,7
Pompa Verimi	75,1%	72,7%	77%	75,1%
Kapasite	80 m <sup>3</sup> /h	80 m <sup>3</sup> /h	80 m <sup>3</sup> /h	80 m <sup>3</sup> /h
Enerji Tüketimi	11088 Euro	6720 Euro	5568 Euro	11088 Euro
Yeni Kontrol Vanası	5000 Euro	0	0	0
Çark Tornalanması Maliyeti	0	2250 Euro	0	0
Frekans Konvertör Maliyeti	0	0	21500 Euro	0
Vana Tamiri/yıllık	0	0	0	4000 Euro



## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerji tasarrufunun temelde üç önemli faydası bulunmaktadır. En kısa vadede şahıs veya firmalar için görünen faydası maliyetlerin azaltılması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, elektrik enerjisinin yoğun olarak kullanıldığı pompa sistemlerinde enerji tasarrufunun nasıl yapılacağı konusu uygulama örnekleri ile aydınlatılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, enerji tasarrufu ile çevremizi de korumuş oluruz.

Sonuç olarak elektrik enerjisinin tükenen kaynaklardan sağlanması, elde etme güçlüklerinin artması ve ekolojik dengeyi bozma tehlikesi karşısında elektrik enerjisini tasarruflu kullanmak zorunda olduğumuz ortaya çıkmaktadır. Tasarruflu kullanımda amaç; aynı işleri daha az güçle yani daha az kayıpla yaparak sanayi kuruluşlarına önemli parasal tasarruflar sağlamak ayrıca ülke ekonomisine ve çevre korunmasına katkıda bulunmaktadır. İnsanın elektrik enerjisi tüketimi, birincil enerji tüketiminden daha hızlı artmaktadır ki bu artış ülkemizde daha fazladır çünkü ülkemiz henüz gelişmekte olan bir ülke olduğu için enerji ihtiyacı Avrupa ve Amerika ülkelerine oranla daha fazladır. Örneğin, gelişmiş bir Avrupa ülkesinde elektrik enerjisi ihtiyacı 10 yılda iki katına çıkarken bu süre Türkiye’de 7 hatta 5 yıla kadar düşebilmektedir. Bu açıklamalardan da görüleceği üzere ülkemizde elektrik enerjisi tasarrufuna fazlasıyla önem vermeli bu konuda sanayi kuruluşlarını ve bireye kadar tüm tüketicileri bilinçlendirmemiz gerekmektedir.

Daha önce de ifade edildiği üzere, toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %20’si pompalarda gerçekleşmektedir ve bir pompa sisteminde pompalar yapım maliyetinin %8’ini fakat işletme maliyetinin %60’ını oluşturmaktadır. İyi bir sistem dizaynı ve uygun pompaların seçimiyle pompalarda tüketilen enerjinin %30’unun tasarruf edilebileceği açıklanmıştır. Pompa seçiminde ve yüksek verimli sistem dizaynına bizlerin göstereceği özen sayesinde enerji verimliliği artacaktır. Tesisatta sıkça karşılaştığımız kontrol vanaları, basınç düşürücülerin yerine enerjisi yok etmeden aynı işlevi yapacak başka çözümlere yönelmelidir. Kontrol vanaları yerine istenen basıncı sağlayan değişken devirli pompalar kullanılabilir.

Dizayn ettiğimiz sistemlerde işletme maliyetini de göz önüne alacak çözümler üretmeliyiz.

Yeni yapılacak sistemlerde fizibilite mevcut ekonomik şartlara uygun olarak yapılmalıdır. Enerji tasarrufu sağlayacak değişken devirli pompa sistemlerinde debi frekans kontrollü pompalarla kolayca değiştirildiği halde düşük devirli çalışmada problem yaşamamak için sistemin dengesine dikkat edilmelidir. Devir sayısı azaltılınca sistem dengesizliklerinin belirgin hale geldiği unutulmamalıdır. Kısık vana ile çalışmada para harcayarak yarattığımız hidrolik enerjisi yok ediyoruz. Pompa ve pompaj sistemlerinde enerji masrafları işletmelerin ekonomilerinde önemli bir gider kalemidir. Ülkemizde elektrik motorlarının verimlerinin de artırılması gerekmektedir. Devamlı çalışacak orta güçteki elektrik motorlarının yüksek verimli olması en az %3 tasarruf sağlayacaktır. Yanan elektrik motorlarının sarımı veya yüksek verimli bir motorla yenilenmesi alternatifidir. Amerika ve Avrupa’daki pek çok işletmede pompaj sistemlerinin optimizasyonu ile ortalama %30 enerji tasarrufu sağlanabileceği Hidrolik Enstitü ve Europump tarafından bildirilmektedir. Verilen örneklerden de görüleceği üzere tasarruf çalışmaları pompa sistemlerinde %15-40 arasında enerji tasarruf etmemizi sağlayabilmektedir. Ömür Boyu Maliyet analizinde ortaya çıkarıldığı üzere bir pompa sisteminin ilk yatırım maliyeti işletme ve enerji maliyetlerinin yanında çok küçük kalmaktadır. Bu durum işletmelere açıklanıp, mevcut verimsiz sistemlerini verimli sistemler ile değiştirilmeleri veya iyileştirmeleri hususunda etkileyici bir unsur olarak kullanılmalıdır.

2008 yılı EİEİ raporlarına göre ülkemizin toplam kurulu gücü 41.817,20 MW tır. Toplam elektrik üretimi 205,4 milyar kWh/yıl, elektrik enerjisi tüketimi ise 204 milyar kWh/yıl olarak gerçekleşmiştir. Tüketilen bu enerjinin %20’sinin pompalarda tüketildiğini hesaplarsak bu değer 40,8 milyar kWh, enerji maliyeti ise yıllık 7,2 milyar TL olacaktır. Bahsedilen yöntemler ile pompalarda tüketilen enerjinin %30’unun tasarruf edilmesi durumunda ise yıllık tasarruf miktarı yıllık 2.16 milyar TL olur.

**Makale**

Daha mutlu, daha sağlıklı bir nesil ve daha varlıklı, ekonomik olarak daha kendine yeten bir ülke için enerjinin verimli kullanılmasının önemi anlaşılmalı, bireyden başlayarak sanayi kuruluşlarına kadar ulusal düzeyde önlemler alınmalı ve bilinçlendirme faaliyetlerine girilmelidir.

**KAYNAKLAR**

- [1] Study On Improving The Energy Efficiency Of Pumps, ETSU, AEAT PLC, (United Kingdom) CETIM (France), David T. Reeves (United Kingdom), NESA (Denmark), Technical University Darmstadt (Germany), (European Commission), February 2001
- [2] Classification of Circulators. N. Bidstrup, G. Hunnekuhl, H. Heinrich, T. Andersen., February 11, 2003
- [3] Good Practice Guide 249, DETR The Department of the Environment, Transport and the Region's Energy Efficiency Best Practice Programme, September 1998
- [4] Değişken Devirli Pompa Seçimi, A.Özden ERTÖZ, Ender DUYMUŞ, 4. Pompa Kongresi, İstanbul, 2001
- [5] EUROPEAN COMMISSION "Study on improving the energy efficiency of Pumps"
- [6] LAPRAY J. F. "Pump and system optimization" Chairman of Europump group
- [7] ERTÖZ A. Ö. "Pompalarda enerji verimliliği" 5. Pompa Kongresi İstanbul, 2003.
- [8] ERTÖZ A.Ö, DUYMUŞ E "Değişken Devirli Pompaların Seçimi" 4. Pompa Kongresi, İstanbul, 2001
- [9] Europump & Hydraulic Institute