

# POMPALI SİSTEM UYGULAMALARINDA ÖMÜR BOYU MALİYET YAKLAŞIMI

**Onur KONURALP**  
**Kahraman ALBAYRAK**

## ÖZET

Ömür Boyu Maliyet (ÖBM) kavramı dünyada artan enerji tüketiminin pompalı sistemler için analiz edilmesi ve sistemlerin enerji verimliliğinin artırılması amacıyla geliştirilmiş bir kavramdır. Dünyadaki bütün enerji tüketiminin yaklaşık %20'si pompalar tarafından kullanılmakta ve bu oran bazı sektörlerde %50'yi bulmaktadır. Pompalı sistemlerdeki tüketilen enerjinin büyüklüğü, sistemin bütün bileşenleri ile analizinin gerekliliğini ortaya çıkartmış ve verimliliğinin artırılması amacıyla; hem yeni yatırımlar hem de işletilen sistemlerin analizlerinde bir bütün olarak "Ömür Boyu Maliyet" yaklaşımının geliştirilmesini sağlamıştır. ÖBM kavramı içeriğindeki bileşenler yardımı ile enerji verimliliği ve tasarrufu yönünde önemli iyileştirmeler sağlanmaktadır.

Pompalarda ÖBM kavramı tüm bileşenleri ile pompalı bir sistemin enerji analizinin; sistemin tasarımından, işletmesine ve daha sonra devreden çıkartılmasına kadar geçen tüm ömrü boyunca yapılmasını ve enerji maliyetinin düşük tutulmasını amaçlayan, bunun için uygulamacıya yol gösteren bir yaklaşım bütünüdür. Genelde yeni kurulan bir pompalı sistem için ilk yatırım maliyeti sistemin tüm ömrü içindeki maliyetinin düşük bir yüzdesidir. Bu bildiride ülkemizde üzerinde yeterince durulmayan ÖBM yaklaşımının bileşenleri üzerinde durulacak ve yeni yatırımlar ile işletmede olan pompalı sistemlerin enerji verimlilikleri ve yapılabilecek iyileştirmeler örneklerle incelenecektir.

ÖBM kavramı sadece bugüne değil, geçmişe dönük bir muhasebeye ve geleceğe dönük bir değerlendirmeye açık yaklaşımlara olanak vermektedir. Bu kavramın enerji kaynakları kısıtlı ülkemiz açısından önemi ele alınarak özellikle kurulu sistemlerdeki küçük iyileştirmelerin getirdiği tasarrufların değeri üzerinde durulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Pompalar - Pompa Seçimi - Ömür Boyu Maliyet (Ömb) - Pompalı Sistemler - Enerji Verimliliği

## ABSTRACT

With the growing consumption of the energy throughout the world, the concept of Life Cycle Cost (LCC) were developed to analysis the pump systems and to increase the energy efficiency of them. Around 20 % of the total energy consumption all over the world is because of the pumps, as a matter of fact, in some sectors these percentage increases up to 50. These high consumption in pump systems needs to create a complete analysis of such systems with new concept, LCC, so that LCC will have been started to use for increasing the energy efficiency of the systems on both analysing the old systems and new investments. With help of the tools coming with LCC, there become very effective increases on energy efficiencies so as economy savings on the pump systems.

The concept of LCC covers all the components of a pump system to get the complete energy analysis aiming to the user for low energy cost from; design, management and even disposing through the life of the system. Generally, the first investment cost is a lower percentage of the total cost through the life of the system. In this paper, the concept of LCC which is not applied so much in our country, will try to explain with examples of new investments and energy efficiency analyses of old systems.

**Key Words:** Pumps - Pump Selection - Life Cycle Cost (Lcc) - Pumping Systems - Energy Efficiency

## 1. GİRİŞ

Ömür Boyu Maliyet (ÖBM) kavramı dünyada artan enerji tüketiminin pompalı sistemler için analiz edilmesi ve sistemlerin enerji verimliliğinin artırılması amacıyla geliştirilmiş bir kavramdır. Pompalı sistemlerdeki tüketilen enerjinin büyüklüğü, sistemin bütün bileşenleri ile analizinin gerekliliğini ortaya çıkartmış ve verimliliğinin artırılması amacıyla; hem yeni yatırımlar hem de işletilen sistemlerin analizlerinde bir bütün olarak “Ömür Boyu Maliyet” yaklaşımının geliştirilmesini sağlamıştır. ÖBM kavramı içeriğindeki bileşenler yardımı ile enerji verimliliği ve tasarrufu yönünde önemli iyileştirmeler sağlanmaktadır [1].

ÖBM kavramının ülkemiz açısından öneminin her geçen gün daha da arttığı, kurumlar ve kişiler tarafından farklı terimler ya da hesaplama yöntemleri kullanılıyor olsa da gözlenmektedir. Bu çalışma ile hem kavramsal hem de uygulama olarak ortak bir yaklaşıma ulaşılabileceği düşünülmektedir [2].

Özellikle, 60’lı yılların sonu ile 70’li yılların başlarında ülkemizde ilk yatırım olarak genelde dış alımla planlanan ve yüksek bakım, onarım maliyetleri ile işletilmekte olan yüksek enerji tüketimine sahip pompalı sistemler ömürlerinin sonuna yaklaşmış durumdadır. Ülkemizde özelleştirmenin de etkisi ile daha verimli işletme anlayışı yaygınlaşacak ve 2000’li yıllar yüksek enerji tüketen, hem yeni pompalı sistemlerin tasarımı hem de eski sistemlerin yenilenmesi dönemi olacaktır. Bu durum, bu ara dönemde bizim sektörümüze çok daha büyük bir sorumluluk yüklemektedir. Şu anda yüksek enerji tüketimine sahip birçok sistem ya ömürlerini tamamlamakta ve yenilenmeye gerek duyulmakta ya da geçen yıllarla oluşan farklı işletme gereklilikleri ile enerji verimliliği açısından düşük (tasarım değerlerinin uzağında) yüksek enerji maliyetleri ile işletilmektedirler. Halen kurulu sistemlerde bu kavram ışığında yapılacak iyileştirmelerle büyük enerji tasarrufları yapılabileceği öngörülmektedir. Yeni kurulan sistemler için de bu kavram ışığında yapılacak tasarımlar, sistemlerin ömür boyu maliyetlerinde ülkemiz kaynaklarının verimli kullanılması yönünde büyük katkılar yapacaktır.

Ülkemiz için veriler elimizde bulunmasa da dünyadaki enerji tüketiminin artan bir ivmeleme ile yaklaşık %20’si pompalar tarafından tüketilmektedir. Bazı sektörlerde ise bu oran %50’lere kadar çıkmakta, işletmenin toplam üretim maliyetinde çok büyük oranlar tutabilmektedir. Ülkemiz için düşünüldüğünde, ÖBM kavramı içinde sadece bir bileşen olan düzenli bakım onarım anlayışının bile yaygınlaşmadığı bilgisi ile bu oranların çok daha yükseklerde olduğu öngörülebilir.

Küçük ya da büyük “pompa”lar her yerdedir ve bir şekilde enerji tüketmektedirler. Çok küçük iyileştirmeler bile kimi zaman uzun, kimi zaman ise çok kısa süreler içinde enerji maliyetlerinde önemli düşüşler sağlayabilir. Bir çiftçi için bir hasat döneminde düşen enerji maliyeti bile hem kendisi hem de ülke ekonomisi için çok değerlidir. Binlerce çiftçi, binlerce belediye, binlerce fabrika, onbinlerce pompa kullanmaktadır.

## 2. KAVRAM OLARAK “ÖMÜR BOYU MALİYET”

Herhangi bir pompalı sistem için **ÖBM**, gerecin; satın alınması, montajı, işletilmesi, bakımı ve imhası gibi tüm aşamaları ile bütün ömrü boyunca oluşan toplam maliyetini bir arada tanımlar. ÖBM tanımlanabilen ve ölçülebilen bütün aşamaları kapsayan bir yönteme dayalı olarak aşağıda verilen denklem ile hesaplanabilir [1].

ÖBM yönteminde olası farklı tasarımların, değişik çözümlerin karşılaştırılması ve eldeki verilerin yeterliliği ile mali açıdan en uygun sonuca ulaşmak mümkündür. ÖBM için bileşenler aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\text{ÖBM} = C_{ic} + C_{in} + C_{ce} + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d \quad (\text{Denklem-1})$$

## 2.1 ÖMÜR BOYU MALİYET KAVRAMININ TEMEL BİLEŞENLERİ

(Denklem-1) içerisindeki terimler aşağıdaki biçimde tanımlanır.

ÖMB	= Ömür Boyu Maliyet
$C_{ic}$	= ilk yatırım maliyeti (pompa, sistem, borular, yardımcı ekipmanlar)
$C_{in}$	= montaj ve işletmeye alma maliyeti
$C_e$	= enerji maliyeti
$C_o$	= çalıştırma maliyeti (sistemin normal çalışması için operatör maliyeti gibi)
$C_m$	= bakım maliyeti (parçalar ve adam-saat)
$C_s$	= işletme ile gelen ekstra maliyetler (duraklama zamanları, üretim kaybı)
$C_{env}$	= çevre etkisi ile gelen maliyet (çevre vergisi ya da arıtma benzeri maliyetler)
$C_d$	= demontaj ve imha maliyeti (elden çıkarma, devre dışı bırakma)

Bütün bir sistemin başlangıcından devreden çıkışına kadar çeşitli maliyetlerden oluşan ömür boyu maliyet yaklaşımı için, ne kadar çok bilgi ve öngörü ile hesaplama yapılırsa o kadar doğru bir maliyete ulaşılabilir. Kimi zaman bu bileşenlerden bazıları önemsiz görülebilir ve dikkate alınmayabilir kimi zaman ise farklı sistemler için farklı bileşenler toplam maliyet içerisinde daha etkin bir durumda olabilir. Buna en tipik örneklerden biri sistem parçalarından bazılarının yurt dışı alımlar sonrasında bakım onarım ve bakım onarımı yapacak adam-saat maliyetlerinin yüksekliği ve bununla oluşan duraklama ve üretim kaybı maliyetleri olarak anılabilir. Orijinal parça bazında maliyetler de önem kazanabilir. Kimi zaman bazı Ortadoğu ülkelerinde enerji maliyetleri yüzdesel olarak düşerken, ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği ve sistemin sürekliliği yani üretim zamanlarındaki kayıplar daha önemli olabilir.

## 2.2 SİSTEM POMPA İLİŞKİSİ

Pompa ancak bir sistemin parçası olarak işlevseldir. Sisteme uyumlu olarak seçilmiş bir pompa ve amaca uygun tasarlanmış sistem birlikte canlı bir organizma gibi işletmenin gerisinde sessizce kimseye fark ettirmeden görevlerini yaparlar. Tek başına çok verimli, tam istenen değerlerde, ilk yatırım maliyeti yeterince düşük bir pompanın seçimi o pompanın o sistem içerisinde yeterli verimlilikte çalışacağını ve sistemin diğer parçaları ile uyumlu olacağını, enerji verimliliği açısından uygun bir yerde çalışacağını garanti etmez.

Pompa bir sistem kimi zaman doğrudan pompaya bağlanmış motoru ile bir hafriyat çukurundan birkaç metre yükseklikteki kanalizasyona su basacak kadar basit olabilir. Tarlada bir kuyudan girişlerinde belli bir basınç isteyen fıskiyelelere belirli çaplarda borularla suyu aktaran bir sulama sistemi şeklinde göreceli olarak daha gelişkin bir sistem de olabilir. Kimi zaman da çok kademeli bir çok pompanın seri paralel bağlantılarıyla, kumandalı ayar vanaları, frekans değiştiricileri, çeşitli hatlardaki basınca ya da debiye göre değişen devirlere sahip pompalar ya da bazen duran bazen gün boyu çalışan, bazen basma hatlarındaki yüklerin arttığı bazen azaldığı çok daha karmaşık ilişkilerle birbirine bağlanmış mevsimsel ya da rasgele sistem karakteristiğine sahip bir çok ekipmanla çalışan bir yapı olabilir. Küçük, büyük, karışık ya da basit bütün sistemlerde pompa tek başına değildir.

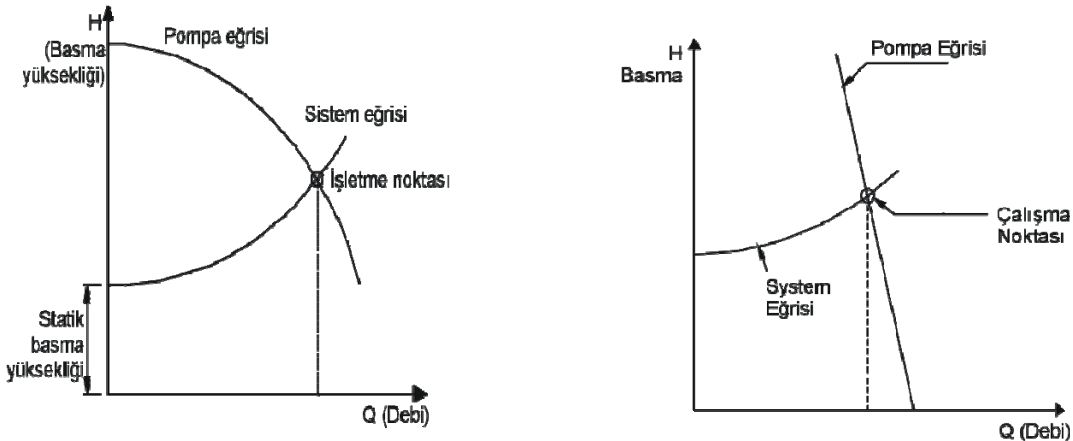
Ömür boyu maliyet yaklaşımı bir bütün olarak her durumu içermeye çalışan ve gereksiz olanları ayıklayarak bütün bir maliyet analizine olanak veren bir araçtır. ÖBM değerinin düşürülebilmesi için pompalı sistemin tasarımı çok önemlidir. Genel olarak bütün pompalı sistemler; pompa(lar), akışkanı aktarıcı boru hattı(ları) ve kontrol ünitelerinden oluşur. Sistem bir işe yönelik istenen çıktıları sağlayabilecek şekilde tasarlanır ve tasarım kriterleri için başlangıç değerlerini verir. Sistem çıktı değerleri pompa ya da pompaların diğer ekipmanlarla uyumlu çalışması ile elde edilebilir. Pompa ve sistem karakteristikleri bir noktada kesişirler ve o nokta ortak çalışma noktasıdır. Ortak çalışma noktasının tüm ekipmanlar için en verimli nokta olması ömür boyu maliyetlerini düşürecektir.

Çoğunlukla farklı zaman dilimlerinde (bazen mevsimsel bazen günlük olarak) farklı sistem karakteristikleri oluşur ve pompa karakteristikleri ile oluşan kesişim noktası yani çalışma noktası değişir. Herhangi bir sistem karakteristiği için düşünülen ortak çalışma noktasının tüm ekipmanlar için en verimli noktada olması imkânsız bir durum alır. Bu yüzden dönemsel olarak sistemin süreklilik eğrilerinin çıkartılması-hesaplanması çeşitli taleplere bağlı oluşan sistemin değişkenliğine göre

pompanın farklı kontrol yöntemleri ile karakteristiğinin değiştirilerek uyumunun sağlanması gerekir (Şekil 1). Bu uyum sırasında, önemli olan değişen çalışma noktalarında da sistemin bileşenlerinin mümkün olduğunca verimli ve işlevsel çalışmalarını sağlayacak, aşınma, titreşim, kavitasyon, gürültü gibi bir süre sonra yüksek bakım, onarım maliyetleri yaratacak olumsuzluklardan uzakta bir tasarım yapılmasıdır. Kurulu sistemlerde ise ilk yatırım maliyetleri dışındaki maliyet kaynakları incelenerek çözümler geliştirilebilir.

Örneğin çok az bir süre çok yüksek bir debiye gerek duyulan bir sistemde (yağmursuz mevsimde sulama gereklerindeki artış gibi) o süre için bir yatırım yapmak (pompa boru v.b.) ve yılın büyük bölümünde çeşitli kontrol ekipmanları (vana v.b.) pompayı tasarım değerlerinin uzağında çalıştırmak sistemin sürekliliğine bakıldığında daha küçük bir pompa daha düşük güçlü bir motor daha düşük bir boru hattı çapı ve artan debi gereksinimi zamanında kullanılmak üzere bir frekans kontrollü değişken devir uygulaması ya da yedek bir pompa yatırımı ömür boyu maliyet açısından daha karlı bir yatırım haline dönüşebilir. Burada da frekans kontrolü ile değişken devirli uygulama yapılırken sistemin titreşim açısından da değerlendirilmesi önem kazanmaktadır; pompanın, borulama sistemin ve istasyonun mekanik titreşim özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir [3].

Açık olmanın ve ezberci olmamanın yolu; bu yaklaşımların önemli ve maliyet kavramı ile yakından ilişkili olduğunu bilmek, sistemi iyi tanımlamak, sisteme göre üreticiden ya da üreticilerden alternatif teklifler alabilmek bunları ÖMB yaklaşımı ile fiziksel karşılaştırmalarını yapabilmek ve karara varabilmek için çözümler olduğunu ya da üretilebileceğini bilmekten geçer.



Şekil 1. Bir Santrifüj (sol) ve Pozitif Deplasmanlı (sağ) Pompa İçin Genel Pompa ve Sistem Eğrileri.

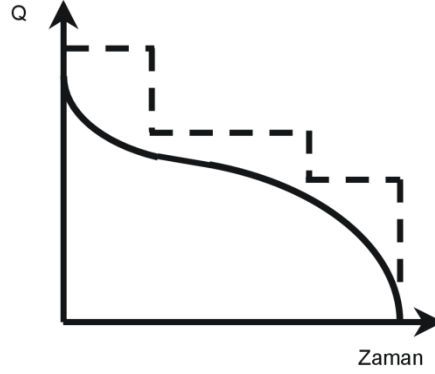
### 2.3 YENİ BİR POMPALI SİSTEMİN TASARIMININ ÖMÜR BOYU MALİYET AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ NE İLGİLİ BİLEŞENLERİN BELİRLENMESİ

Yapılması istenilen işlemin gereklilikleri, sistemin tasarımı için temel yaklaşımları beraberinde getirir. Bir pompa sistemi için farklı çözümler karşılaştırılırken, sistem rasyonelliğinin belirlenmesi bir temel oluşturabilir. Uzun erimde verimli bir çözüme ulaşmak için basit temel gerçekler belirlenmelidir. Öncelikle; İşlem için gerekli olan nedir?

İşlemin istekleri çoğunlukla kullanıcıyı bir tarafa yönlendirir. Örneğin, debinin değişken olma zorunluluğu var mıdır? Eğer öyle ise bu değişkenlik sürekli mi yoksa kesintili bir değişiklik mi olmalıdır. Dur-kalk çalışan bir pompa grubu kullanılabilir mi? Debi gereksiniminin en yüksek değeri nedir ve zamana göre debi nasıl değişmektedir?

Bu sorulara verilecek yanıtlarla debinin değiştirilip değiştirilemeyeceği ve nasıl ayarlanacağı belirlenecektir. Bu yanıtlar ayrıca pompa sistemi hakkında da ipuçları olacaktır.

Debi gereksinimini göstermek için en kolay yol bir süreklilik eğrisi çizmektir. Süreklilik eğrisi en basit formu ile (Şekil 2) zaman içinde ne kadar bir debiye gereksinim olduğunu gösterir. Kesik çizgiler 3 farklı debi gereksinimini belirtmektedir. Düz çizgi ile belirlenen eğri üzerindeki her nokta yıl boyunca kaç saat süreyle debinin düşey eksen üzerindeki debi değerini aştığını göstermektedir. Bu eğrinin nasıl çizileceği konusunda ve diğer şekiller için bkz. [1].



Şekil 2. İki Farklı Pompalı Tesis İçin Süreklilik Eğrileri

Süreklilik eğrisi pompalama gereksinimini anlamak için yardımcı olur. Sistem gerek duyulan en yüksek debiyi sağlamalı ama bunu mümkün olan en ekonomik şekilde yapmalıdır, ayrıca sistemin hangi debide daha uzun süre çalışacağını bilmek önemlidir.

Bu bilgilerin ışığında boru hattı tasarlanabilir. Örneğin, en yüksek debide çalışma süreleri yıl içinde toplam olarak az zaman alacaksa boru çaplarını büyütürken maliyeti arttırmak gereksiz olabilir. Bunun yanında eğer çalışma periyodunun uzun bir süresinde yüksek debi gerekiyorsa boru boyutları ile gelen kayıplar dikkate alınmalıdır. Boru hattı tasarımında süreklilik eğrisi önemlidir ve sistem karakteristiğini doğrudan etkiler.

Sistem eğrisinin karakteristiği (Şekil 2) tanımladığı boru hattında, belirlenen debiyi basmak için her pompadan ne kadar manometrik yükseklik ya da basma yüksekliğine gerek duyulduğunu gösterir. Basma yüksekliği iki bileşene sahiptir; statik basma yüksekliği,  $H_s$ , dinamik basma yüksekliği,  $H_j$ .

Statik basma yüksekliği akışkanın ne kadar yükseltileceğini tanımlar ve debiden bağımsızdır.

Dinamik basma yüksekliği ise gereken debide akışkanın geçtiği boru hattı boyunca borular, vanalar, dirsekler gibi parçalarda oluşan sürtünmeyi yenmek için gereken enerjiyi tanımlar. Sürtünme kayıpları tamamen türbülanslı pürüzlü boru akış rejiminde debinin karesiyle orantılıdır. Yani debi iki katına çıkarken kayıplar dört katına çıkar. Süreklilik eğrisi pompanın sistem eğrisi üzerinde ne zaman ne kadar süre çalışacağını belirlemek için de kullanılabilir. Eğer sistem eğrisinin üzerinde yüksek bir yerde çalışma süresi uzun ise boru çapları değiştirilerek sistem kayıpları azaltılmalıdır.

### 3.1 POMPALI BİR SİSTEMİN BİLEŞENLERİ

Genel bir yaklaşımla pompalı bir sistem için bileşenler aşağıdaki gibi düşünülebilir.

- Borular

Borular basılan akışkan için geçiş yollarıdır. Sistem içinde çapları değişebilir, çeşitli branşmanlara ayrılabilirler, yön değiştirebilirler (dirsekler), tırmanabilir, düz gidebilirler, kimi yerlerinde kontrol ekipmanlarına (vanalar, çekvalfler, sensörler) sahip olabilirler, içlerinden akışkandan kaynaklanan tıkanmalar oluşabilir. Sonuçta hem kendileri hem de hatları boyunca yerleştirilen ekipmanlar ile sürtünme kaynaklı basma yüksekliği kayıplarına sebep olurlar ve akışkanı istenilen yere ulaştırırlar. Boru çapının büyümesi ilk yatırım maliyetlerinin artışı da beraberinde getirir. Boru çapları küçültüldüğünde borular için ilk yatırım maliyeti düşer ama kayıplar artar aynı iş için daha fazla basma

yüksekliğine sahip pompalara gerek duyulur ve motor güçleri artar, işletme sırasındaki enerji maliyeti yükselir.

- Pompa(lar)

Pompalar sistemin kalbidir. Seçimleri bütün maliyet bileşenlerini doğrudan etkilerler. Sistem karakteristiğinin sistemin süreklilik eğrisi (dönemsel değişimleri, debi basma yüksekliğindeki farklı talepler) ile belirlenmesinden sonra debi-basma yüksekliği değerleri ortaya çıkar ve pompa tipinin belirlenmesi aşamasına gelinir. Değişik tip ve büyüklükte pompa üretilmektedir. İşin hangi tip bir pompa ile yapılabileceği alternatiflerle birlikte belirlenmelidir. Teorik olarak bütün tip pompalar bir ya da daha fazla sayıda seri ya da paralel çalıştırılarak istenilen işi yapabilir. İşin yapılabilirliği sisteme uyumu getirmez. Çoğunlukla sistemin fiziki yapısı bir grup tip pompanın doğrudan elenmesini sağlar. Akışkan özellikleri bir başka elemeyi gerektirir. Dinamik ya da statik yükler, sistemin sürekliliğine uyum sağlayabilecek esneklikte bir performans karakteristiği dayatabilir. Kapalı ya da açık devre bir sistem olması, emme yapısı (ENPY), basma hattının yapısı, su darbesi olasılığı, devreye girme çıkma sıklığı, ortamdaki izin verilebilir gürültü seviyesi, olası devir sınırlamaları gibi birçok bağımlı ya da bağımsız değişken, pompa tipinde ve sayısında başlangıç olarak bir sınırlama getirebilir. Ülkemiz açısından önemli eksikliklerden biri de özellikle istasyonlardaki ya da işletmelerdeki pompaların sistem değiştirilmeden yenilenmesi sırasında ortaya çıkmaktadır. Tesisin ilk kurulumu sırasında ülke koşullarına ya da tasarımcıya bağlı olarak belirlenen pompa tipi, hızı, gücü, devri v.b. kriterlerin aynı şekilde sürdürülmesi için yapılan şartnamelere de giren kısıtlamalar olabilmektedir. Sistemin işletme sürecindeki durumu göz önüne alınmadan yapılan ve alternatif yaklaşımlara izin vermeyen satın alma yaklaşımları ülke ekonomisi için hem ilk yatırımda hem de ömür boyu maliyette büyük kayıplara neden olmaktadır. Bu konuda da üreticilerimize işletmeleri yönünde önemli görevler düşmektedir.

- Sürücüler

Pompaya güç aktaran yapılar sürücüler olarak tanımlanabilir. Elektrik ya da dizel motorlar günümüzde en yaygın olanlarıdır. Alternatif enerji kaynaklarının yaygınlaşması ile bir arada çalışan enerji üretilen enerjiyi kullanan paket yapılar da hızla yaygınlaşmaktadır. Sürücüler farklı güçlerde, yapılarda, devirlerde, tiplerde olabilirler. Birbirine alternatifli çalışan yapılar da (hem elektrik hem dizel gibi) oluşturulabilir. Sistemin karakteristiğine göre farklı güç, moment, devir, çalışma gerilimi, koruma sınıfı v.b., gereksinimlerine bağlı olarak seçimleri yapılmalıdır.

- Güç aktarıcı yapılar

Kimi zaman doğrudan sürücü ve pompa birbirine bağlanırken kimi zaman da pompa tipine ya da fiziki gerekliliklere bağlı olarak güç aktarıcı yapılar gerekebilir. Örneğin; aramilleri, kayış kasnak yapıları, kardan şaftlar, dişliler, dişli kutuları, kaplinler (mekanik, hidrolik) v.b.

- Sistem çıktılarının kontrolüne yönelik ekipmanlar

Sistem çıktılarının da sistemin sürekliliğine bağlı olarak kontrol edilmesi gerekebilir. Bu kontroller bazen pompa üzerinden (durdurma devreye alma, devreye giren pompa sayılarında azalma ya da artma, kanat giriş açılarındaki değişikliklerle, strok ayarlarında oynamalarla pompa performansının değiştirilmesi) yapılır. Bazen de boru hattı boyunca yerleştirilen vanalar yardımı ile istenilen değerlere ulaşılmaya çalışılır. Baypas da bir kontrol yöntemi olarak sıkça kullanılır. Sistemdeki fazla debinin sistem dışına akıtılması da uygulamalar arasındadır. Kimi zaman sürücünün devri (frekans konvertörleri, kasnak çapları, dişli ayarları v.b. ekipmanlarla) basma hattı boyunca ya da emiş yapısında (dinamik seviye kontrolü) yerleştirilen sensörlerden alınan değerlerle değiştirilerek pompa karakteristiği farklılaştırılır.



### 3.2 SİSTEMİN ÖZGÜL ENERJİSİ VE VERİM

#### Özgül Enerji

Pompalı bir sistem belli bir hacimdeki akışkanı bir noktadan diğer bir noktaya aktarmak amacıyla tesis edilir. Sirkülasyon sistemlerinde bu iki nokta birleşmiştir. Özgül enerji,  $E_s$ , pompalamanın maliyetini hesaplamada yararlı bir ölçüdür. Özgül enerji (birim hacim başına sarf edilen enerji)  $W\text{-sa}/m^3$  olarak değerlendirilir (bkz. Denklem 2-1).

Debinin sabit olduğu sistemler için ileride verilecek denklemler basitleştirilerek kullanılır. Debi değişkense denklemlerin uygulamaları da zorlaşır. Öncelikle özgül enerjinin,  $E_s$ , debinin bir fonksiyonu olarak tanımlanması gerekir. Bunun için pompa, motor ve aktarıcı üreticilerinin bilgileri gerekir. Pompa üreticisi işletme şartlarına göre farklı devirlerde ya da tek devirde performans eğrilerini sağlar. Motor ve aktarıcı üreticileri de farklı hız ve yüklerde verim değişimlerini verirler.

$E_s$  değeri hesaplandığında toplam enerji maliyetini bulmak için bu bilginin süreklilik eğrisi diyagramı ile birleştirilmesi gerekir. Böylece tasarımcı uygulayabileceği farklı sistemleri pompa sayısı, ayar yöntemleri gibi kıstaslarla karşılaştırabilir.

$$\text{Özgül Enerji} = \frac{\text{Sarfedilen Enerji}}{\text{Pompalanan Hacim}} \quad E_s = \frac{P_{in} \times \text{Zaman}}{V} = \frac{P_{in}}{Q} \quad (\text{Denklem 2})$$

$P_{in}$ , motora verilen giriş gücü ve  $E_s$ ,  $Q$  debisinin bir fonksiyonudur. Bu bağıntıyı kurmak gereklidir (bu ilişki özellikle değişken hızlı motorlarda kullanıldığında iyi tasarlanmalıdır). Statik basma yüksekliğine sahip olan ve olmayan sistemler kendilerine özgü özelliklere sahip olduklarından ayrıca incelenmelidir.

**Statik basma yüksekliğine sahip olmayan sistemler ve kapalı çevrim sistemlerde** özgül enerji, sistemdeki borular, vanalar ve benzeri ekipmanlarla oluşan sürtünme kayıpları ve kombine motor-pompa ünitesinin verimleri ile ilişkilidir.

Bu tip sistemlerde sistem hız değiştirme mekanizması-motor-pompa verimleri bütün çalışma noktaları için birlikte belirlenmelidir. Bu tip sistemlerde sistem eğrisi benzer çalışma noktaları eğrisi ile aynı olduğu için hız değişimine rağmen pompa veriminin yaklaşık aynı kaldığı unutulmamalıdır, fakat çeviricilerin ve motorların verimleri azalan yük ile çok düşük değerlere gerileyebilir. Ayrıca eğer sistem eğrisi, vanalar ile değiştirilirse pompa çalışma noktası dolayısıyla pompa verimi de değişir.

**Statik basma yükseklikli sistemlerde** ise enerji kullanımı biraz daha farklı bir yaklaşımla hesaplanır. Pompadan istenen basma yüksekliği statik ve dinamik (sürtünme kayıpları) olarak ikiye ayrılır.  $H_{stat}$  ve  $H_j$  toplamı özgül enerji denkleminde kullanılan toplam basma yüksekliğini verir:

$$P_{in} = \frac{Q \times (H_{stat} + H_j) \times \rho \times g}{\eta_{h11} \times \eta_{motor} \times \eta_{pompa}} \quad (\text{Denklem 3})$$

Denklemden,  $\rho$  (özgül ağırlık),  $g$  (yerçekimi ivmesi),  $\eta$  (hız değişimi, motor, pompa için verim),  $H_{stat}$  (statik basma yüksekliği-geometrik yükseklik),  $H_j$  (hat boyu sürtme kaybı) olarak geçmektedir.

$$E_s = \frac{H_{stat} + H_j}{H_{stat}} \times \frac{\rho \times g \times H_{stat}}{\eta_{h11} \times \eta_{motor} \times \eta_{pompa}} \quad \text{eğer} \quad \frac{H_{stat} + H_j}{H_{stat}} = f_{HS}$$

buradan,

$$E_s = \frac{\rho \times g \times H_{stat}}{\eta_{h11} \times \eta_{motor} \times \eta_{pompa} \times f_{HS}} \quad (\text{Denklem 4})$$

“Sistem katsayısı” olarak tanımlanan  $f_{HS}$  sistemdeki statik (geometrik) basma yüksekliği payını belirtir. Görüldüğü gibi eğer bütün verimler %100 olarak düşünülüyorsa ve sürtünme kayıpları sıfır kabul

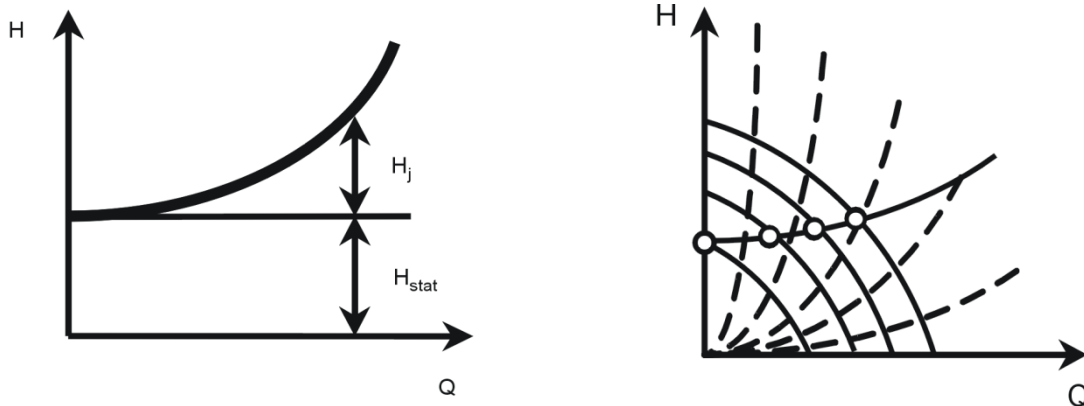
edildiğinde,  $E_s$  en düşük değerini  $H_{stat} \times \rho \times g$  ile alır. Eğer sistemde hız değişikliği için bir düzenek yoksa  $\eta_{hız} = 1$  olur.

### Verim

Verim konusu temel kavramlardan biridir. Önemli nokta pompalı bir sistemde süreklilik eğrisine bağlı olarak seçimleri yapılan ve birbiri ile ilişkileri tanımlanan buna göre kontrol edilen tüm ekipmanların süreklilik eğrisinin çoğunluğunda EVN noktalarında ya da o noktaya en yakın alanlarda çalışmalarının sağlanmasıdır. Sistem bir bütündür ve sistemin verimliliği de bütün ekipmanların ayrı ayrı verimli olmaları ile ilişkilidir. Pompalar en verimli çalışma noktalarında seçilebilir, pompanın sürçüsü de en verimli noktasına yakın bir yerde seçilmelidir. Aktarıcı elemanların verimleri (dişli kutuları v.b.) ya da kontrol ekipmanlarının (vana ile kontrol, frekans konvertörleri ile kontrol), FKS kullanıldığında motor veriminin nasıl değiştiği hepsi birbiri ile ilişkili ortak genel bir yaklaşım gerektirir.

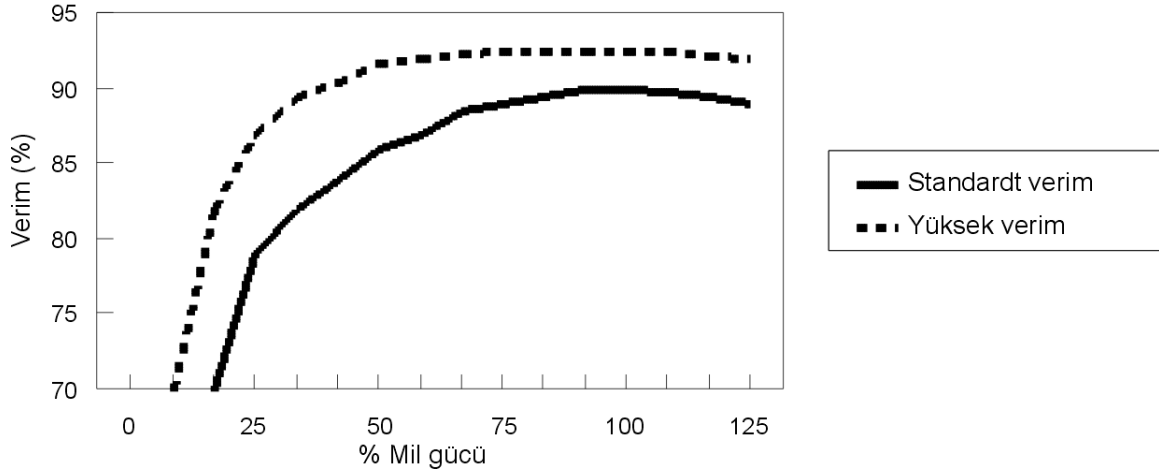
Pompa ya da pompa sayısının belirlenmesi, kontrolün nasıl yapılacağı belirlenmesi, sistemin farklı çıkışlara göre kendini nasıl ayarlayacağı tanımlanması; bütün bunlar üzerinde ciddi olarak çalışılması gereken noktalar. Pompa çok verimli olabilir ama öyle bir noktada çalışıyordur ki (yanlış seçim ya da sistemdeki bir uyumsuzluk yüzünden) çok daha verimsiz ama daha farklı bir pompa enerji maliyetlerinde büyük düşüşleri beraberinde getirebilir (Şekil 3 : Statik basmalı bir sistem ve pompa için hızla bağlı verim değişimleri).

Pompalar, motorlar, FKS'lerle çalışan motorlar, kayış-kasnaklar, aktarıcılar (kaplinler v.b.) her ekipmanın bir verimi vardır (Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5). Bunların hepsi de genelde en uzun ömürlü durumlarını, tasarım değerlerine yakın olan alanlarda sağlayabilirler. Tasarım değerlerinin uzağında çalışan bir çok sistem elemanı verimsiz çalışmanın ötesinde, bakım onarım maliyetlerini de arttırıcı bir eğilime sahiptir. Pompalar kaviteasyona girebilir, oluşturdukları titreşimle sistemdeki diğer bütün bağlantılı ekipmanlara da zarar verebilirler, Önerilen çalışma aralıklarının dışında çalışan bütün ekipmanlar yakın ya da uzak gelecekte maliyet arttırıcıdır. İlk seçimler sırasında hiçbir zaman oluşmayacak sistem değerleri için yapılan garantili seçim ve alımlar hem ilk yatırım maliyetlerini arttırıcı hem de ömür boyu maliyeti arttırıcı olabilir.

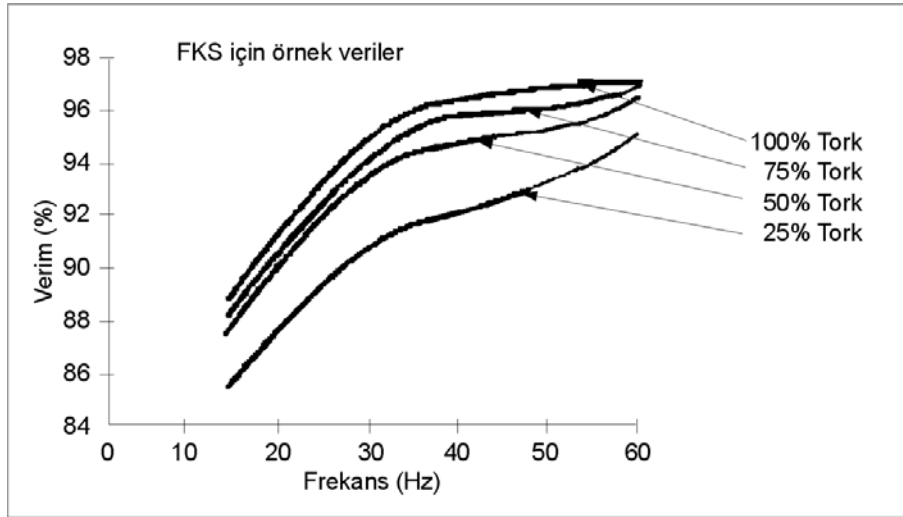


**Şekil 3.** Statik Basmalı Bir Sistem ve Pompa İçin Hıza Bağlı Verim Değişimleri (Düşük Hızlarda Sistem Eğrisi İle Pompa Eğrisi Kesişmeyebilir)





Şekil 4. 30 kW 4 Kutuplu (1500 d/d) Bir Motor İçin Verimindeki Yüklenmeye Bağlı Değişimler



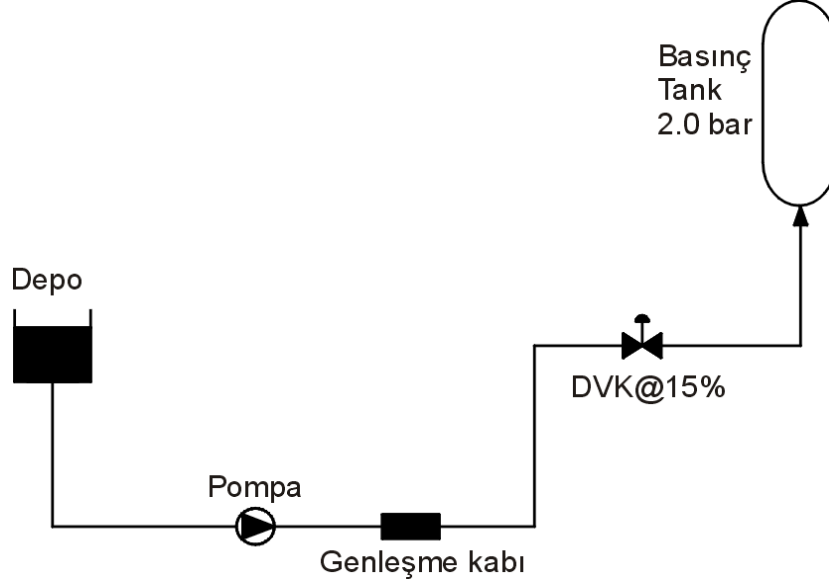
Şekil 5. Değişken Hızlı Tahrik Sistemlerine Ait Tipik Verim Eğrisi

#### 4. BİR SİSTEMİN ÖMÜR BOYU MALİYET YAKLAŞIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE ALTERNATİFLİ BİR ANALİZ ÖRNEĞİ

Örnek POMSAD yayınları arasında çıkan **“Pompalarda Ömür Boyu Maliyet: Pompalı Tesisler İçin ÖMB Analiz Rehberi”** kitabından alınmıştır [1].

Kurulu sistemlerde yapılabilecek çok şey, önerilebilecek bir çok yaklaşım vardır. Henüz geliştirilmemiş (FKS gibi) teknolojiler yüzünden yıllardır dur-kalk yöntemi ile çalışan paralel ya da seri pompalı sistemlerde pompa adedi ya da kontrol üniteleri değiştirilerek büyük kazançlar elde edilebilir. Kimi zamanda o günkü koşullara göre büyük ya da yanlış seçilmiş pompalarla tasarlanan sistem için yıllar sonra elde yeterince veri (sistem sürekliliği açısından) toplamış olabilir ve bir bakım, onarım ya da yenileme sırasında aynı tip bir uygulamadan vazgeçmenin (pompa tipinin de değiştirilebileceği düşünülerek) maliyetlerde kazanç yaratabileceği mutlaka incelenmelidir. Kısaca sonuçları incelenecek olan örnekte sistem içinde sürekli olarak belirli peryotlarla arıza yapan ve değiştirilmesi gereken bir ayar vanası problemi incelenmektedir.

Sistem katı parçacık içeren bir akışkanı bir toplama tankından basınç tankına aktaran bir pompaya sahiptir. Isı eşanjörü akışkanı ısıtır ve ayar vanası basınç tankına basılan  $80 \text{ m}^3/\text{sa}$ 'lik debiyi düzenler. İşletme mühendisleri sistemdeki ayar vanasının kavitasyon kaynaklı erozyona uğrayıp sorunlar yarattığını belirtmektedir. Vana her 10–12 ayda bir arızaya girerek, 4000 Euro'luk bir onarım maliyeti ortaya çıkarmaktadır. Kaviteye daha dirençli bir vana satın alınarak mevcut vananın değiştirilmesi düşünülmektedir. Ayar vanasını değiştirmeden önce, proje mühendislerinden biri sistemde ÖBM analizi yapılarak alternatif bir yaklaşımda bulunulup bulunulamayacağını incelemek istemiştir.



**Şekil 6.** Ayar Vanasının Problem Çıkardığı Pompa Sisteminin Genel Görünümü

İlk adım sistemin sürekli çalışırken gözlenmesi ve arızaya giren vananın kontrol edilerek bu sorunun giderilmesi için ne yapılabileceğinin incelenmesi olmalıdır.

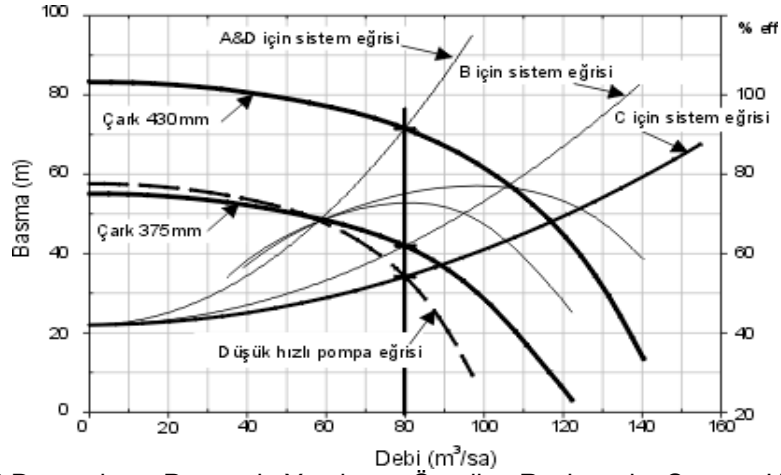
Ayar vanası sürekli olarak %15 - %20 açıklığında çalıştırılmakta ve kavitasyon kaynaklı bir gürültü duyulmaktadır. İlk izlenim vananın doğru büyüklükte seçilmediğidir. Sistemin ilk tasarım değerlerinin kontrol edilmesinden sonra, pompanın  $80 \text{ m}^3/\text{sa}$  yerine  $110 \text{ m}^3/\text{sa}$  debiyeye göre boyutlandırıldığı bu yüzden de vana kısılınca beklenenden fazla bir yük kaybı ve basınç düşüklüğü yarattığı anlaşılmıştır. Çalışma debisinde, yüksek basınç yaratan ayar vanası belli aralıklarda kavitasyon kaynaklı arızaya girmekte ve bu sistem için uygun olmadığı anlaşılmaktadır.

### Örnek İrdelemesi

Aşağıdaki dört yaklaşım önerilmiştir:

- Sistemdeki yüksek basınç farkında kavitasyonsuz çalışabilecek yeni bir ayar vanası kullanılabilir.
- Pompa çarkı traşlanabilir, pompa basma yüksekliği düşer ve böylece mevcut vana üzerindeki basınç farkı azalır.
- Hızı ayarlanabilir bir tahrik ünitesi kullanılabilir (frekans kontrolü gibi [FKS]) ve ayar vanası sistemden çıkarılabilir. FKS ile pompa hızı gereken işlem debisine göre ayarlanabilir.
- Sistem bu haliyle bırakılabilir ve periyodik onarımlarla ayar vanasının kullanımına devam edilebilir.

Sisteme uygun farklı büyüklükte bir ayar vanasının maliyeti 5000 Euro'dur. Pompa performansının değiştirilmesi için yapılacak sökme, çark traşlaması ve montaj maliyeti 2250 Euro'dur. Sistem  $80 \text{ m}^3/\text{sa}$  debi ile yılda 6000 saat çalışmaktadır. Enerji maliyeti  $0.08 \text{ Euro/kW-sa}$ 'tir. Motor verimi ise %90'dır.



**Şekil 7.** Mevcut Durumda ve Pompada Yapılması Önerilen Revizyonlar Sonrası Hallerde, Pompa Eğrileri İle Sistem Eğrilerinin Birlikte Gösterimi.

### Ömür Boyu Maliyet ve Kabuller

- Güncel enerji maliyeti 0.08 Euro/kWsa olarak kabul edilmiştir.
- Tesis yılda 6000 saat çalışacaktır.
- İşletmeci şirket pompaların periyodik bakımı için yılda 500 Euro ve her iki yılda bir onarım için 2500 Euro harcayacaktır.
- İki pompa yedekli olarak kullanılacağı için duraklamadan doğan üretim kaybı maliyeti yoktur.
- Bu proje için demontaj ve imha maliyeti yoktur.
- Bu projenin ömrü 8 yıldır.
- Faiz oranı % 8, enflasyon ise % 4 olarak alınacaktır.

### Değişikliklerin Kapsamı

#### Durum (A)-Yüksek Basınç Farkına Uyum İçin Ayar Vanasının Yenilenmesi

- Yeni ayar vanasının fiyatı montaj maliyeti de dahil 5000 Euro'dur.

#### Durum (B)- Ayar Vanası Üzerindeki Yüksek Basınç Farkını Azaltmak İçin Pompa Çarkının Tıraşlanması

- Çarkın tıraşlanma maliyeti demontaj, tornalama ve montaj dahil 2250 Euro'dur.

#### Durum (C)- 30 kW'lık Bir FKS Yerleştirilerek Ayar Vanasının Sistemden Çıkarılması

- FKS maliyeti 20000 Euro'dur, ayrıca teklif, satın alma ve montaj için de 1500 Euro harcanacaktır
- FKS için her yıl düzenli bakım yapılacak ve bunun için 500 Euro harcanacaktır ayrıca 500 Euro'da pompa onarımı için kullanılacaktır.
- FKS'nin verimi, pompa çalışma noktasında motoru tahrik ederken % 94'tür.

#### Durum (D)- Mevcut Tesisin Çalıştırılmasına Devam Edilmesi

- Ayar vanası için her yıl onarım için 4000 Euro harcanacaktır.

Pompa çarkının tıraşlanması ile 80 m<sup>3</sup>/sa debide çalışan pompanın basma yüksekliği 42 mSS'ye düşer. Bu basma yüksekliği ile ayar vanası üzerindeki basınç farkı 10 mSS'ye kadar düşer ve vananın tasarım noktasına yaklaşılır. Düşük çaplı çark ile yıllık enerji maliyeti 6720 Euro'ya geriler. Çarkın tıraşlanması için 2250 Euro ile belirlenen değer demontaj, tornalama ve montaj maliyetlerinin toplamıdır.

30 kW'lık bir FKS maliyeti 20000 Euro'dur (artık daha da ucuz), 1500 Euro'luk bir maliyet de montaj gideri olarak gösterilmiştir. FKS için yıllık 500 Euro civarında bir bakım maliyeti düşünülebilir. Fakat sistemin ilk sekiz yılı için herhangi bir onarım maliyeti gelmeyecektir.

Sistemi hiç değiştirmeden bırakmak ise ayar vanası için yıllık 4000 Euro onarım maliyetini kabul etmek olacaktır.

Sonuçlara göre işletme kararını değişik birçok yaklaşımı bir arada değerlendirerek verebilir. Eskiden yapılmış olan her zaman doğru değildir.

**Tablo 1.** Arızaya Giren Ayar Vanalı Sistem İçin Önerilen Dört Yaklaşım İçin Maliyet Analizleri ve Karşılaştırma

Maliyet	Durum (A) Ayar Vanasının Değiştirilmesi	Durum (B) Çark Traşlanması	Durum (C) FKS Kullanımı ve Vananın Çıkartılması	Durum (D) Ayar Vanasının Sürekli Onarılması
Pompa Maliyet Bilgileri				
Çark Çapı	430 mm	375 mm	430 mm	430 mm
Pompa Basma Yüksekliği	71.7 mSS	42.0 mSS	34.5 mSS	71.7 mSS
Pompa Verimi	% 75.1	% 72.7	% 77	%75.1
Debi	80 m <sup>3</sup> /sa	80 m <sup>3</sup> /sa	80 m <sup>3</sup> /sa	80 m <sup>3</sup> /sa
Güç Tüketimi	23.1 kW	14.0 kW	11.6 kW	23.1 kW
Yıllık Enerji Maliyeti	11088 Euro	6720 Euro	5568 Euro	11088 Euro
Yeni Ayar Vanası	5000 Euro	0	0	0
Çark Traşlanması	0	2250 Euro	0	0
FKS	0	0	20000 Euro	0
FKS Montajı	0	0	0	0
Ayar Vanasının Yıllık Onarım Maliyeti	0	0	0	4000 Euro

**Tablo 2.** Yaklaşımlar İçin Genel Karşılaştırma

	<b>Durum (A) Ayar Vanasının Değiştirilmesi</b>	<b>Durum (B) Çark Traşlanması</b>	<b>Durum (C) FKS Kullanımı ve Vananın Çıkartılması</b>	<b>Durum (D) Ayar Vanasının Sürekli Onarılması</b>
<b>Girdiler</b>				
İlk Yatırım Maliyeti (Euro)	5000	2250	21500	0
Enerji Maliyeti (şimdiki) (kWsa)	0.08	0.08	0.08	0.08
Ekipmanın Kullandığı Gücün Ağırlıklı Ort. (kW)	23.1	14.0	11.6	23.1
Yıllık Ortalama Çalışma Süresi (saat)	6000	6000	6000	6000
Yıllık Enerji Maliyeti = Enerji Maliyeti x Gücün Ağırlıklı Ortalaması x Yıllık Ortalama Çalışma Süresi (saat)	11088	6720	5568	11088
Yıllık Periyodik Bakım Maliyeti (Euro)	500	500	1000	500
Her İki Yılda Bir Onarım Maliyeti (Euro)	2500	2500	2500	2500
Diğer Yıllık Maliyetler (Euro)	0	0	0	4000
Duraklama Üretim Kaybı Maliyeti (Euro)	0	0	0	0
Çevre Maliyeti (Euro)	0	0	0	0
Demontaj ve Hurdayı elden çıkarma (Euro)	0	0	0	0
İşletme Ömrü (yıl)	8	8	8	8
Faiz Oranı (%)	8.0	8.0	8.0	8.0
Enflasyon Oranı (%)	4.0	4.0	4.0	4.0
<b>Çıktılar</b>				
Bugünkü ÖBM değeri	91827	59481	74313	113930

**Tablo 3-4-5-6.** Yaklaşımlara Özel Ayrıntılı Hesaplama Tabloları.**Tablo 3.** Ömür Boyu Maliyet Hesapları Tesisin Tanımı: Ayar Vanasının Değiştirilmesi

<b>Girdiler</b>	<b>Bütün Değerler Euro</b>
İlk Yatırım Maliyeti	5000
Satın alma ve Montaj Maliyeti	0
Enerji Maliyeti (şimdiki) (kWsa)	0.08
Ekipmanın Kullandığı Gücün Ağırlıklı Ortalaması (kW)	23.10
Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	6000
Yıllık Enerji Maliyeti = Enerji Maliyeti x Gücün Ağırlıklı Ortalaması x Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	11088
Yıllık İşletme Maliyeti	0
Yıllık Bakım Maliyeti (yıllık periyodik bakım)	500
Her İki Yılda Bir Onarım Maliyeti	2500
Diğer Yıllık Maliyetler	0
Duraklama Üretim Kaybı Maliyeti	0
Çevre Maliyeti	0
Demontaj ve Hurdayı elden çıkarma	0
n - İşletme Ömrü (yıl)	8
i - Faiz Oranı	% 8
p – Enflasyon Oranı	% 4
<b>Çıktılar</b>	
Bugünkü ÖBM değeri	91827
ÖBM içinde Şimdiki Enerji Maliyeti	75129
ÖBM içinde Periyodik Bakım Maliyeti	3388



**Tablo 4.** Ömür Boyu Maliyet Hesapları Tesisin Tanımı: Çarkın Tıraşlanması

<b>Girdiler</b>	<b>Bütün Değerler Euro</b>
İlk Yatırım Maliyeti	2250
Satın alma ve Montaj Maliyeti	0
Enerji Maliyeti (şimdiki) (kWsa)	0.08
Ekipmanın Kullandığı Gücün Ağırlıklı Ortalaması (kW)	14.0
Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	6000
Yıllık Enerji Maliyeti = Enerji Maliyeti x Gücün Ağırlıklı Ortalaması x Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	6720
Yıllık İşletme Maliyeti	0
Yıllık Bakım Maliyeti (yıllık periyodik bakım)	500
Her İki Yılda Bir Onarım Maliyeti	2500
Diğer Yıllık Maliyetler	0
Durakalama Üretim Kaybı Maliyeti	0
Çevre Maliyeti	0
Demontaj ve Hurdayı elden çıkarma	0
n - İşletme Ömrü (yıl)	8
i - Faiz Oranı	% 8
p – Enflasyon Oranı	% 4
<b>Çıktılar</b>	
Bugünkü ÖBM değeri	59481
ÖBM içinde Şimdiki Enerji Maliyeti	45533
ÖBM içinde Periyodik Bakım Maliyeti	3388

**Tablo 5.** Ömür Boyu Maliyet Hesapları Tesisin Tanımı: FKS Kullanımı ve Ayar Vanasının Çıkarılması

<b>Girdiler</b>	<b>Bütün Değerler Euro</b>
İlk Yatırım Maliyeti	20000
Satın alma ve Montaj Maliyeti	1500
Enerji Maliyeti (şimdiki) (kWsa)	0.08
Ekipmanın Kullandığı Gücün Ağırlıklı Ortalaması (kW)	11.6
Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	6000
Yıllık Enerji Maliyeti = Enerji Maliyeti x Gücün Ağırlıklı Ortalaması x Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	5568
Yıllık İşletme Maliyeti	0
Yıllık Bakım Maliyeti (yıllık periyodik bakım)	1000
Her İki Yılda Bir Onarım Maliyeti	2500
Diğer Yıllık Maliyetler	0
Durakalama Üretim Kaybı Maliyeti	0
Çevre Maliyeti	0
Demontaj ve Hurdayı elden çıkarma	0
N - İşletme Ömrü (yıl)	8
i - Faiz Oranı	% 8
P - Enflasyon Oranı	% 4
<b>Çıktılar</b>	
Bugünkü ÖBM değeri	74313
ÖBM içinde Şimdiki Enerji Maliyeti	37727
ÖBM içinde Periyodik Bakım Maliyeti	6776

**Tablo 6.** Ömür Boyu Maliyet Hesapları Tesisin Tanımı: Mevcut Sistemi Korumak ve Ayar Vanasını Her Yıl Tamir Ettirmek

Girdiler	Bütün Değerler Euro
İlk Yatırım Maliyeti	0
Satın alma ve Montaj Maliyeti	0
Enerji Maliyeti (şimdiki) (kWsa)	0.08
Ekipmanın Kullandığı Gücün Ağırlıklı Ortalaması (kW)	23.1
Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	6000
Yıllık Enerji Maliyeti = Enerji Maliyeti x Gücün Ağırlıklı Ortalaması x Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	11088
Yıllık İşletme Maliyeti	0
Yıllık Bakım Maliyeti (yıllık periyodik bakım)	2500
Her İki Yılda Bir Onarım Maliyeti	4000
Diğer Yıllık Maliyetler	0
Duraklama Üretim Kaybı Maliyeti	0
Çevre Maliyeti	0
Demontaj ve Hurdayı elden çıkarma	0
N - İşletme Ömrü (yıl)	8
i - Faiz Oranı	% 8
P - Enflasyon Oranı	% 4
<b>Çıktılar</b>	
Bugünkü ÖBM değeri	113930
ÖBM içinde Şimdiki Enerji Maliyeti	75129
ÖBM içinde Periyodik Bakım Maliyeti	3388

## SONUÇ

Ülkemiz ÖBM yaklaşımları açısından gerçekten bakir bir durumdadır. Ülkemizdeki yerli pompa sektörü tasarım ve üretimi düşünüldüğünde POMSAD üyelerinin kuruluş tarihleri baz alınarak 1960'lı yıllara kadar gitmektedir. Ama ülkemizde çok daha uzun yıllardır pompalar kullanılmaktadır. Sanayi yatırımlarının devlet eliyle cumhuriyetin kuruluşu ile başladığı düşünüldüğünde bu büyük sanayi kuruluşlarında pompalı sistemler kuruluşların işletmeye alınışından beri kullanılmaktadır. 1960'larla birlikte ise sanayi alanında kullanılan pompaların hızla yaygınlaşmasını 1970'lerde büyük sulama projeleri ile bağlantılı barajlar, bentler, göletlerin yapımı ile büyük güçlü yüksek debili pompaların ülkemizde kullanılması artmıştır. Buna bağlı olarak göreceli düşük debili, düşük güçlü pompalar ile sulu tarımın yaygınlaşması başlamış; önce dizel motorlarla ardından elektrik enerjisinin yaygınlaşması elektrik motoru ile kullanılan sulama amaçlı pompaların kullanımı ülkemizde hızla artmıştır. Ardından 1980'lerle şehirleşmenin hızla yaygınlaşması şehir içme, arıtma suyu tesislerinin yaygınlaşmasını getirmiş pompalı sistemler yaşamımızın artık günlük hayat içinde de vazgeçilmez parçaları haline gelmiştir. Türk pompa sanayi ise sulu tarıma geçiş dönemini DSİ ile başarıyla desteklemiş, ardından dış alımların düştüğü yerel üretimin örtülü de olsa destek gördüğü yetmişli yıllarda İller Bankası ile belediyelere önemli yatırımlarda pompalar sağlamıştır. Fakat bu dönem genel olarak gelişen bir sektörün sıkıntılarını da beraberinde getirmiş, ülkede o an için olanla yetinme anlayışı verimsiz, yanlış seçime sahip hatalı tasarlanmış sistemlerin de ülkemizde yaygınlaşmasını da ne yazık ki beraberinde getirmiştir.

Sonrasında ise yeni alımlar, bakımlar, onarımlar için iki yol izlemiştir. Birinci yol dış alımlarla henüz yerel sanayinin gelişmediği dönemde işletmeye alınan yabancı üreticilerin pompalarının aynı üreticilerden aynı değerlerle, aynı motorlarla, v.b. aynılarla yenilenmesi kolaycılığını izlemiştir. Bu durum ilk yatırım maliyetlerini de büyük oranda arttırmaktadır. İkinci yol ise yerli üreticilerin o günkü koşullarda verdikleri pompalı sistemlerin yine aynı şekilde yeni bir değerlendirmeye ya da yenilenmeye gerek duyulmadan eski yapının korunması amacıyla aynı şekilde değiştirilmeleri ya da yeni kurulanlarının daha öncekilere benzerleri ile kurulması ile sürdürülmüştür. Bu durum ise ömür boyu maliyet kavramı içinde işletme maliyetlerinde artışa sebep olabilmektedir [2].

Üçüncü bir yol daha vardır, sistemleri incelemek, değişime açık olmak, yenilemeden çekinmemek.

*Bizler belki de çoğu zaman üzerinde çalışıp emek harcaııp sistemi yeniden incelemek yerine ezbere eskiyi ve onun getirdiği maliyet yüklerini her yıl, her bakımda, her yedeklemede geleceğe taşımaktayız. Ülkemiz açısından büyük maliyetleri süreklilik haline getiren bu yaklaşımı ancak biz, eğer istersek değiştirebiliriz.*

## KAYNAKLAR

- [1] POMSAD Yayınları No: 12, Pompalarda Ömür Boyu Maliyet: Pompalı Tesisler İçin ÖMB Analiz Rehberi
- [2] KARADOĞAN H., "Değişken Devirli Pompa Kullanan Büyük İstasyonları Bekleyen Bazı Sorunlar", 4. Pompa Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 2001
- [3] Çeşitli Kamu ve Özel Sektör Pompa İhaleleri Teknik Şartnameleri

## ÖZGEÇMİŞ

### Onur KONURALP

1972 doğumlu olan Makina Y. Mühendisi Onur KONURALP, 1988 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği'ne girerek lisans, ardından da lisansüstü çalışmalarını 1999 yılında tamamladı. 1996 yılında, lisansüstü çalışmaları sırasında Layne Bowler Pompa Sanayi'nde AR-GE mühendisi olarak çalışmaya başladı. Düşey milli ve dalgıç pompa tasarımları başta olmak üzere, genel olarak pompalar, enerji verimliliği, konularında çalışmalarını sürdürmektedir. Birikimlerini çeşitli kongrelerde sunumlar, makaleler, eğitim çalışmaları v.b. alanlarda paylaşmakta olup 2001 yılından beri Layne Bowler Pompa Sanayi Proje ve Kalite Kontrol Müdürlüğü yapmaktadır.

### Kahraman ALBAYRAK

Prof. Dr. Kahraman Albayrak 1949 Mengen doğumlu olup Makina Mühendisliği dalında 1971 Lisans, 1974 Yüksek Lisans, 1984 Doktora derecelerini Orta Doğu Teknik Üniversitesinden almıştır. Uygulamalı Akışkanlar Mekaniği konularında uzmanlaşmış olan Prof. Dr. Kahraman Albayrak ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Akım makinaları (Pompalar, Türbinler, Rüzgar Türbinleri), itki sistemleri, rüzgar tünelleri konuları başta olmak üzere uzmanlık alanı kapsamında akademik ve endüstriyel birçok proje gerçekleştirmiştir. Bu projeler arasında iki adet rüzgar tüneli tasarım imalatı ve testleri, ikincil jet ile itki vektör kontrolü, dönen paraşütler, dizel otobüslerin sıkıştırılmış doğal gaz dönüşürülmesi(çift yakıtlı otobüsler), pompa tasarımı, iç akış sayısal çözümleri ve performans iyileştirilmesi çalışmaları gerçekleştirmiştir. Bu konularla ilgili 40 civarında yurt içi ve yurt dışı yayını bulunmaktadır.

Prof. Dr. Kahraman Albayrak 2004-2008 yılları arasında Makina Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Yönetim Kurulu başkanlığı, 1999-2002 yılları arasında Roketsan' a danışmanlık yapmış olup, 2003 yılından beri Layne Bowler Firmasına danışmanlık yapmaktadır.

Prof. Dr. Kahraman Albayrak evli ve iki çocukludur.