

**ENDÜSTRİLERDE KULLANILAN SANTRİFÜJ POMPALARIN
ENERJİ VERİMLİLİKLERİNİN ANALİZİ**

Osman Bayram
16 14 21 102

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Enerji Etkin Yapılar Tezli Yüksek Lisans
Enerji Etkin Yapılar Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ayhan ONAT

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Şubat 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Osman BAYRAM'ın "Endüstrilerde Kullanılan Santrifüj Pompaların Enerji Verimliliklerinin Analizi" başlıklı tezi 04.02.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Enerji Etkin Yapılar Anabilim Dalında Yüksek Lisans/Doktora tezi ~~oy birliğiyle / oy çokluğuyla~~ olarak kabul edilmiştir.

Unvanı, Adı ve soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Doç. Dr. Ayhan ONAT

(Marmara Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Nevin TAŞALTIN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Neslihan Yüce DOĞDU



Prof. Dr. İter BÜYÜKDİĞAN
Enstitü Müdürü



ŞEKİL ONAY SAYFASI

Doküman No	FR-105
İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
Revizyon Tarihi	10.12.2018
Revizyon No	01
Sayfa	1/2

ŞEKİL ONAY SAYFASI

18/02/2019

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,	
Aşağıda bilgileri bulunan lisansüstü öğrencinin tezi şekil yönünden tarafımda incelenmiş ve Enstitüye teslim edilmesi uygun bulunmuştur.	
<i>Doç. Dr. Nevin TAŞALTIN</i> Anabilim Dalı Başkanı Adı-Soyadı İmza	
ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI SOYADI	Osman Bayram
ÖĞRENCİ NUMARASI	16 14 21 102
ANABİLİM DALI	Enerji Etkin Yapılar Anabilim Dalı
PROGRAMI	(X) YÜKSEK LİSANS () DOKTORA () SANATTA YETERLİK
DANIŞMANI	Doç. Dr. Ayhan ONAT
TEZ BAŞLIĞI	Endüstrilerde Kullanılan Santrifüj Pompaların Enerji Verimliliklerinin Analizi
SAVUNMA TARİHİ	04/02/2019
e-posta	osman.bayram@hotmail.com.tr

İç Kapak	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Jüri Onay Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Etik İlke ve Kurallara Uyum Beyanı	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
İntihal Raporu	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Teşekkür Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok

Hazırlayan
İlgili Birim

Kalite Koordinatörü
Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ

Kurumsal Yetkili
Prof. Dr. Belma AKŞİT

(Doküman No: FR-105; Yayın Tarihi 20.12.2017; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)



ŞEKİL ONAY SAYFASI

Doküman No	FR-105
İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
Revizyon Tarihi	10.12.2018
Revizyon No	01
Sayfa	2/2

Öz (Başlık-Öz-Anahtar Sözcükler)	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Abstract (Title-Abstract-Key Words)	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
İçindekiler	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Çizelgeler Listesi	<input type="checkbox"/> Var <input checked="" type="checkbox"/> Yok
Şekiller Listesi (varsa)	<input type="checkbox"/> Şekil yok <input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Kısaltmalar Listesi	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Tablolar Listesi (varsa)	<input type="checkbox"/> Tablo yok <input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Ekler Listesi (varsa)	<input checked="" type="checkbox"/> Ek yok <input type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Özgeçmiş	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Sayfa Genişliği	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Yazı Tipi	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Referans Kullanımı	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Kaynakça Yazımı	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Ekler (varsa)	<input checked="" type="checkbox"/> Ek yok <input type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir

Dr. Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU
İmza

Hazırlayan
İlgili Birim

Kalite Koordinatörü
Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ

Kurumsal Yetkili
Prof. Dr. Belma AKŞİT

(Doküman No: FR-105; Yayın Tarihi 20.12.2017; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

 maltepe üniversitesi	ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI	Doküman No	FR-178
		İlk Yayın Tarihi	01.03.2018
		Revizyon Tarihi	
		Revizyon No	00
		Sayfa	1/1

Revizyon Takip Tablosu

REVİZYON NO	TARİH	AÇIKLAMA
00	01.03.2018	İlk yayın.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

04/02/2019

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarından bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmamın Maltepe Üniversitesinde kullanılan “bilimsel intihal tespit programı” ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığını beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Osman Bayram



Hazırlayan	Kalite Koordinatörü	Kurumsal Yetkili
İlgili Birim	Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Prof. Dr. Belma AKŞİT

(Doküman No: FR-178; Yayın Tarihi: 01.03.2018; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

İNTİHAL RAPORU

Osman Bayram TEZ SON

ORIGINALITY REPORT

11%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.emo.org.tr Internet Source	3%
2	kobienvr.com Internet Source	1%
3	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Student Paper	1%
4	enerji.gov.tr Internet Source	1%
5	www.slideshare.net Internet Source	1%
6	senkronas.com.tr Internet Source	1%
7	www.aytekchillers.com Internet Source	1%
8	31.45.242.218 Internet Source	<1%
9	www.wsw-netz.de	

Doc. Dr. Ayhan ÖNAT
ayhanOnat

TEŞEKKÜR

Eğitim ve iş hayatım boyunca tecrübelerimin ve birikimlerimi burada Tez'e aktarma fırsatı buldum. Emekleri ve yardımları geçen, isimlerini dile getiremediğim herkese öncelikle teşekkür ederim. Araştırmamda ve tecrübelerimin neticesinde başlamış olduğum yüksek lisans sürecinde maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen ailem ve sevgili eşim Deniz Bayram'a bu vesileyle teşekkürlerimi bir borç bilirim. Bu zaman dilimine kadar üzerimde emeği geçen yöneticilerimizin ve öğretmenlerimizin bizlere bilgi ve tecrübelerini aktarmalarından dolayı emekleri için teşekkürlerimi ifade etmek isterim. Burada sunmuş olduğum tez ile bilgi ve tecrübelerimizi kalıcı kılmak amacıyla kaleme almış olacağım, tez çalışmamda sürekli gelişen teknolojilerin uyumu ve bize yeni ufuklar gösteren değerli tüm öğretmenlerimizi saygıyla anar teşekkür ederim. Yüksek lisans tez sürüsünce bizlere katkılarını sağlayan, aynı zamanda bizleri terleten ve bizle beraber terleyen çok değerli tez danışmanımız sevgili Doç. Dr. Ayhan Onat Hocamıza emeklerinde ve bizlere kattığı bilgi birikimleri için teşekkür ederim. Bu süreçte ikinci tez danışmanımız Dr. Öğr. Üyesi Aliye Ceren Onur hocamızın da bizlere değerli vakitlerini ayırması her zaman o güler yüzünü esirgemediği için teşekkür ederim. Beni dinleyen jüri üyelerine teşekkür ederim. Yüksek lisan eğitimi sürecinde birliklerini ve beraberliklerini esirgemeyen Tolga iek ve Tarkan Özer sınıf arkadaşlarıma teşekkür ederim. Eğitimime ve araştırmalarımnda destek olan "Wilo Pompa Sistemleri A.ř." ailesine bu vesile ile teşekkür ederim. Saygılarımla.

Osman Bayram

şubat 2019

ÖZ

ENDÜSTRİLERDE KULLANILAN SANTRİFÜJ POMPALARIN ENERJİ VERİMLİLİKLERİNİN ANALİZİ

Osman Bayram

Yüksek Lisans Tezi

Enerji Etkin Yapılar Tezli Yüksek Lisans

Enerji Etkin Yapılar Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayhan ONAT

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aliye Ceren ONUR

Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019

Dünyada enerji kaynaklarının hızlı ve kontrolsüz tüketimi, yeryüzündeki tüm canlıların yaşamını olumsuz etkileri bilinmektedir. Her geçen gün iklimdeki değişikliğin boyutu ve şiddeti büyüyor. İklimdeki etkisinin azaltılması için bilimsel çalışmalar sonucunda protokoller imzalandı. Karbon salınımının en düşük seviyede tutulabilmek için temiz enerji kullanılması gerekiyor. Gelecek nesillerimize temiz dünya bırakabilmemiz için ülkelerin ortak aldıkları iklim değişim programını ivedilikle hayata geçirmek zorundadırlar. Ülkemizde mevcut yapılar tekrar tasarlanmalı ve ömür maliyeti hesaplanmalıdır. Tasarlanacak yapılar son teknoloji kullanılmasına teşvik edilmeli ve kanunlarla desteklenmelidir. Mevcut yapılarda kullanılan eski teknolojiler yeni teknolojiler ile kıyaslanarak verimsiz makinaların ve sistemlerin incelenip tek tek tespit edilmelidir. Çalışma sonucunda tespit edilen verimsiz sistemlerin yenilenerek daha verimli hale getirilmesi için bilimsel hesaplamalar yapılacaktır.

Ülkemiz gelişmekte olan her ülke gibi enerjiye büyük oranda ihtiyaç duymaktadır. Birincil kaynaklar olarak bilinen fosil yakıtların rezervleri büyüme için yeterli değildir. Bu yüzden üretilen enerjinin en verimli şekilde tüketilmesi gerekmektedir. Enerjiye bağlılığımız ülkemizin kalkınmasıyla beraber artış gösteriyor. Bu artışı karşılamak için alternatif enerji kaynaklarına yoğunlaşmalıyız. Milli çıkarlarımız için komşularımızla enerji ticareti iyileştirilip geliştirmelidir. En ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir. Tasarrufla edilecek enerji sayesinde çevreye Karbondioksit (CO₂) güncel haliyle karbon ayak izini azalmasını sağlamış olacaktır. Azalan karbondioksit sayesinde çevrenin doğal dengesini sağlamış olacaktır.

Bilimsel araştırmalar sonucu enerji tüketiimi en çok endüstrilerdedir. Enerji israfi bu yapıların incelenen sistemlerinde tüketimin en fazla olduğu yer, elektrikli dönen makinalardır. Bu makinaların verim kayıpları fazla olmasından dolayı enerji kayıpları artırmaktadır. Endüstrilerdeki bu kayıpların nedeni ve tedbir alınması gereken yerler fanlar, kompresörler ve pompalardır. Buradaki tez çalışmamda, pompalarda enerji verimliliği ile ilgili bilgileri ayrıntılı bir şekilde ifade edilmektedir. Bu çalışmanın ülke çıkarlarımızın doğrultusunda ekonomiye katkı sağlayacaktır. Üretilen her ürünün enerji girdileri azaltılarak, ürün kalitesi artırılıp ve global piyasada daha rekabetçi hale gelir. Çalışmalar ülke çıkarının olduğu üretimde enerji girdilerini minimum düzeye indirmek ve rekabet alanında pazar gücünü güçlendirmektedir. Ülke politikası olarak yenilenebilir enerji kaynakların yatırımı ve tasarruf teşviklerin sağlanması ile ilgili kanun ve tasarıların yürütüldüğü bilinmektedir. Endüstrilerdeki enerji tüketiminin tespiti sırasında ölçüm yapılan pompaların on yaş ve 5,5 kW üzeri sistemlerde göz arda edilemeyecek oranlarda enerji tasarrufu ön görülmektedir. Bu tespit bilimsel ölçüm teknikleri ile yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Santrifüj pompa, enerji verimliliği, analiz, değişken devirli, ömür boyu maliyet, tesisat, performans, etüt, ölçüm, optimizasyon, v.b.

ABSTRACT

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY OF CENTRIFUGAL PUMPS USED IN INDUSTRIES

Osman Bayram

Master Thesis

Master of Science in Energy Efficient Constructions

Energy Efficient Constructions (With Thesis)

Advisor: Doç. Dr. Ayhan ONAT

Co-Advisor: Dr. Öğr. Üyesi Aliye Ceren ONUR

Maltepe University Graduate School of Natural and Applied Sciences, 2019

The rapid and uncontrolled consumption of energy resources in the world is known to have a negative impact on the lives of all living creatures on earth. The size and intensity of change in the climate is growing day by day. Protocols were signed as a result of scientific studies to reduce the impact on the climate. In order to keep carbon emission to a minimum, clean energy should be used. In order for us to leave a clean world to our future generations, they have to realize the climate change program that the countries have taken jointly. The existing structures in our country should be redesigned and the life cost should be calculated. The structures to be designed should be encouraged to use the latest technology and be supported by laws. The old technology used in the existing structures should be examined and compared with new technologies and the inefficient machines and systems should be examined and determined one by one. Scientific calculations will be carried out in order to make the inefficient systems identified as a result of the study renewed and become more efficient.

Our country, like every developing country, needs a great deal of energy. The reserves of fossil fuels, known as primary sources, are not sufficient for growth. Therefore, the energy produced must be consumed in the most efficient way. Our commitment to energy increases with the development of our country. To meet this increase, we must concentrate on alternative energy sources. For our national interests, energy trade should be improved and improved with our neighbors. The cheapest energy is the energy saved. Thanks to the energy to be saved, carbon dioxide (CO₂) to the environment will provide the current carbon footprint to be reduced. Thanks to the reduced carbon dioxide, the natural balance of the environment will be ensured.

As a result of scientific research, energy consumption is mostly in industries. Energy wastage is the electrical consuming machines where the consumption is the highest in the systems studied. Because of the high yield losses of these machines, energy losses increase. The cause of these losses in industries and the places where measures should be taken are fans, compressors and pumps. In my thesis study, information about energy efficiency in pumps will be expressed in detail. This study will contribute to the economy in line with the interests of our country. By reducing the energy inputs of each product produced, the product quality will be increased and become more competitive in the global market. The works strengthen the market power in the field of competition by minimizing the energy inputs in the country where the interest is in the country. It is known that the laws and drafts related to the investment of renewable energy resources and provision of saving incentives are carried out as country policy. During the determination of the energy consumption in the industries, the energy consumption of the pumps, which are measured over ten years and above 5.5 kW, can be ignored. This determination was made by scientific measurement techniques.

Key words: centrifugal pump, energy efficiency, analysis, variable speed, lifetime cost, installation, performance, surveying, measurement, optimization, etc.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAY	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI...Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
İNTİHAL RAPORU	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
TEŞEKKÜR.....	vii
ÖZ	viii
ABSTRACT.....	x
İÇİNDEKİLER	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
TABLO LİSTESİ.....	xvii
SİMGE LİSTESİ.....	xviii
KISALTMA LİSTESİ	xxi
ÖZGEÇMİŞ	xxiii
BÖLÜM 1: GİRİŞ	1
1.1.Problem.....	1
1.2.Amaç.....	2
1.3.Önem.....	4
1.4.Varsayımlar.....	4
1.4.1.Elektrik Motorlarında Enerji Sarfiyatı.....	5
1.4.2.Pompalarda Kullanılan Elektrik Motorları	5
1.4.3.Tesisat Kayıplarında Öne Çıkan Unsurlar	6
1.5.Sınırlıklar	7
1.6.Tanımlar.....	7
1.6.1.Enerji Verimliliği.....	7
1.6.2.Santrifüj Pompa	8
1.6.3.Santrifüj Pompa Çalışma Prensibi	8
1.6.4.Elektrik Motorlarında Verimlilik Sınıfları.....	9
1.6.5.Ömür Maliyet Analizi ve LCC Teorisi.....	11
1.7.Literatür Taraması	12
BÖLÜM 2: YÖNTEM.....	16
2.1.Enerji Verimlilik Etütleri	16

2.2.Kapasite Tespiti	17
2.3.Enerji Tasarruf Projelerinin Kriterleri	17
2.4.Pompa Seçimlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar	18
2.5.Pompa Karakteristik Eğrisi.....	18
2.6.Pompalarda Çalışma Noktasını Tespiti	19
2.7.Sabit ve Değişken Devirli Pompalar.....	19
2.8.Pompalarda Devir Hızının Değişimi	20
2.9.Pompa Toplam Verimi	21
2.10.NPSHpompa (Net Positive Suction Head)	22
2.11.Kavitasyon	23
2.11.1.Kavitasyon Oluşumu	24
2.11.2.Kavitasyonun Başlıca Nedenleri.....	25
BÖLÜM 3: HİPOTEZLER.....	26
3.1.Pompalarda Ölçme Standarttı	26
3.1.1.Pompa Ölçümlerin ve Kabul Kriterleri.....	26
3.1.2.Santrifüj Pompalar ve Hidrolik Performans Kabul Deneyleri.....	27
3.2.Endüstrilerde Kullanılan Santrifüj Pompaların Etütleri	28
3.2.1.Sistem Analizi.....	28
3.2.2.Su Tüketimi	29
3.2.3.Basınç Kaybı Tespiti.....	29
3.2.4.Enerji Analizi.....	30
3.2.5.Kontrol Sistemi	30
3.2.6.Ölçü Aletleri ve Kullanım Teknikleri.....	30
3.2.7.Debi Ölçümü Q.....	31
3.2.8.Basınç Kaybı Ölçümü ΔP	31
3.2.9.Enerji Ölçümü P_1	32
3.2.10.Pompa Kontrol Sistemi.....	33
3.2.11.Enerji Verimliliği Analizi	33
3.2.12.Pompa Seçim Programı	34
BÖLÜM 4: BULGULAR VE YORUMLAR.....	35
4.1.Problem ile İlgili Gözlem Yapma ve Verileri Toplama	35
4.2.Ölçüm Deneyler Tasarlayıp, Hipoteze Dayalı Tahminler	35

4.3.Eski Pompanın Eğri Analizi	36
4.4.Yeni Pompanın Eğri Analizi.....	38
4.5.Sürücü Kontrollü Deneyler Yapılması	39
4.6.Verilerin Analizi	39
4.6.1.Enerji Maliyet	40
4.6.2.Yıllık Enerji Gereksinimi	41
4.6.3.On Yıllık Maliyet Analizi.....	41
4.6.4.On yıllık Enflasyon Etkisi Analizi.....	42
BÖLÜM 5: SONUÇLAR	43
KAYNAKÇA.....	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.1. Elektrik Motorların Enerji Tüketimleri
- Şekil 1.2. Santrifüj Pompa Çalışma Prensibi
- Şekil 1.3. TS EN 60034 Standardına Göre Verimlilik Grafiği
- Şekil 1.4. IE4 Elektrik Motor Teknolojisi
- Şekil 2.1. Pompa Karakteristik Eğrisi
- Şekil 2.2. Pompa Karakteristik Eğrisi ve Sistem Eğrisine Göre Çalışma Noktası
- Şekil 2.3. Pompa Verimlerini karşılaştırılması, a) Sabit Devirli Pompalar b) Değişken Devirli
- Şekil 2.4. Pompa Devir Analizi
- Şekil 2.5. Pompa Çalışma Alanlarını Gösterimi
- Şekil 2.6. Pompa NPSH Hesabı - Negatif
- Şekil 2.7. Pompa NPSH Hesabı - Pozitif
- Şekil 2.8. Kavitasyon Eğrisi
- Şekil 2.9. Kavitasyon Basamakları
- Şekil 3.1. Ultrasonik Debimetre Boru Bağlantısı
- Şekil 3.2. TS-EN-ISO-9906 Basınç Ölçüm Noktaları
- Şekil 3.3. Ölçü Aletleri
- Şekil 3.4. Ultrasonik Debi Metre - FLEXIM FLUXUS F 601
- Şekil 3.5. Manometre - WIKA CPH 6200-S2
- Şekil 3.6. Enerji Analizörü - CHAUVIN ARNOUX C.A.8332B
- Şekil 3.7. Enerji Analizleri ve Pompa Seçimi
- Şekil 4.1. Sistemin Eski Görünüşü
- Şekil 4.2. Eski Pompa Eğrisi

Şekil 4.3. Yeni Pompa Eğrisi

Şekil 4.4. Yeni Pompa Grubu

Şekil 4.5. Eski ve Yeni Sistemin Enerji Maliyeti Karşılaştırılması

Şekil 4.6. Eski ve Yeni Sistemin Yıllık Enerji İhtiyaçlarının Karşılaştırılması

Şekil 4.7. Eski ve Yeni Sistemin On Yıllık Maliyet Analizinin Karşılaştırılması



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Çizelge üç İzin verilen dalgalanma genliği

Tablo 4.1. Sistem Bilgisi ve Pompa Etiket Değerleri

Tablo 4.2. Sistem Analizi ve Ölçüm Verileri

Tablo 4.3. Analiz Sonucu Tasarruf Verileri

Tablo 4.4. On Yıllık Maliyet Tablosu



SİMGELER LİSTESİ

A	Borunun kesit alanı [m ²]
COSφ	Elektrik motorunun güç faktörü
CO ₂	Karbondioksit
D	Çark çapı [m]
ENPY	Emmedeki net pozitif yük [m]
ENPY _G	Emmedeki gerekli net pozitif yük [m]
ENPY _M	Emmedeki mevcut net pozitif yük [m]
G	Yerçekimi ivmesi [m/s ²]
H	Yük kaybı [m]
H	Yük, basma yüksekliği, manometrik yükseklik [m]
H _d	Dinamik basma yükü [m]
H _m	Manometrik yükseklik [m]
H _{opt}	Optimum yükseklik [m]
H _p	Basınç yük kaybı [m]
H _{pd}	Basma basınç yük kaybı [m]
H _{ps}	Emme basınç yük kaybı [m]
H _s	Sistem yüksekliği [m]
H _{statik}	Statik basma yüksekliği, düşey kot [m]
H _{toplam}	Toplam basma yüksekliği [m]
H _v	Hız yükü kaybı [m]
H _{vs}	Emme hız yükü kaybı [m]
H ₂ O	Su
K	Boru iç yüzeyi ortalama pürüz yüksekliği [mm]
K	Lokal kayıp katsayısı
L	Boy [m]
M _a	Arıza maliyeti (üretim kaybı) [₺]
M _b	Bakım ve onarım maliyeti [₺]
M _{çev}	Çevre maliyeti [₺]
Me	Enerji maliyeti [₺]
M _h	Yeniden işletmeye alma / hurdaya çıkarma maliyeti [₺]

M_i	İşletme maliyeti (işçilik giderleri) [₺]
M_{iym}	İlk yatırım maliyetleri, satın alma fiyatı [₺]
M_m	Montaj ve işletmeye alma maliyeti [₺]
M	Dinamik (mutlak) viskozite [$\text{Pa}\cdot\text{s} = \text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2 = \text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$]
N	Pompa devri [dev/dak]
$NPSH$	Net pozitif emme yüksekliği [m]
$NPSHA$	Mevcut net pozitif emme yüksekliği [m]
$NPSHR$	Gerekli net pozitif emme yüksekliği [m]
P	Basınç [$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$]
P	Güç [$\text{W} = \text{J}/\text{s} = \text{N}\cdot\text{m}/\text{s}$]
P_1	Motor Şebekeden Çektiği Enerji [Kw]
P_{2s}	Pompalanan sıvının su (katkılı) olduğu durumdaki çalışma noktasındaki
P_{2w}	Pompalanan sıvının su olduğu durumdaki çalışma noktasındaki (QS , HW) mil gücü[W, kW]
P_d	Basma basıncı [Pa]
P_d	Net Hidrolik Güç [W, kW]
P_e	Efektif Güç [W, kW]
P_h	Hidrolik Güç [W, kW]
P_h	Akışkan basıncı [Pa, bar]
P_i	Gereken giriş gücü [W, kW]
P_M	Motor gücü [W, kW]
P_m	Yay basıncı [Pa, bar]
P_N	Nominal basınç veya anma basıncı [Pa, bar]
p_s	Emme tankındaki mutlak basınç [Pa, bar]
P_{set}	Gerekli basınç olan [Pa, bar]
P_t	Toplam basınç [Pa, bar]
P_v	Sıvının (çalışma sıcaklığındaki) mutlak buharlaşma basıncı [Pa, bar]
Q	Debi [m^3/s , m^3/h]
Q_{max}	Maksimum debi [m^3/s , m^3/h]
Q_{min}	Minimum debi [m^3/s , m^3/h]
Q_{opt}	Optimum debi [m^3/s , m^3/h]

Q_s	Sistem debisi [m^3/s , m^3/h]
T	Sıcaklık [$^{\circ}C$]
V	Hacim [m^3]
V_d	Basma hattındaki sıvı hızı [m/s]
V_s	Sıvının emme flanşı kesitindeki hızı [m/s]
Z	Referans düzlemine göre düşey kot [m]
Z_d	Statik basma düşey kot [m]
Z_s	Statik emme düşey kot [m]
ΔP	Akışkan basıncı ile dışarıdaki basınç (genellikle atmosfer basıncı) arasındaki fark [bar]
η	Verim
H_g	Pompa Genel Verimi
H_h	Hidrolik verim
H_m	Mekanik verim
H_v	Hacimsel verim veya volumetrik verim
ρ	Sıvının, suyun yoğunluğu [kg/m^3]

KISALTMALAR LİSTESİ

BEP	Best Efficiency Point (En verimli nokta, en iyi çalışma noktası)
DHS	Değişken Hız Sürücüsü
DIN	Alman Normu
DN	Diameter Nominal (Nominal çap veya anma çapı)
EFF	Efficiency
EHEDG	European Hygienic Equipment Design Group
EN	European Norms
ENPY	Emmedeki Net Pozitif Yük
ENPYG	Emmedeki Gerekli Net Pozitif Yük
ENPYM	Emmedeki Mevcut Net Pozitif Yük
EPDM	Etilen-propilen kauçuğu
FK	Frekans Konvertörü
G H	Garanti edilmiş basma yüksekliğini
G Q	Garanti noktası daima garanti edilmiş debiyi
HI	Hydraulic Institute
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu(The International Electrotechnical Commission)
LCC	Life Cycle Cost
NEMA	Uluslararası Elektrik Üreticileri Birliği (National Electric Manufacturers Association)
NPSH	Net Positive Suction Head (mevcut net pozitif emme yüksekliği)
NPSH _A	Net Positive Suction Head Available (gerekli net pozitif emme yüksekliği)
NPSH _R	Net Positive Suction Head Required (gerekli net pozitif emme yüksekliği)
Opt	Optimum (En iyi, en verimli)
ÖBM	Ömür Boyu Maliyet
PI	Proportional-Integral (Oransal integral)
PN	Pressure Nominal (Nominal basınç veya anma basıncı)
QHD	Qualified Hygienic Design
Rpm	Revolution Per Minute (Dakikadaki devir sayısı)

TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TS	Türk Standardı
TSE	Türk Standardı Endüstrisi
	“ G Q G H Garanti edilmiş basma yüksekliğini



ÖZGEÇMİŞ

OSMAN BAYRAM

ENERJİ ETKİN YAPILAR ANABİLİM DALI

Eğitim

Derece Yıl, Üniversite, Enstitü, Anabilim / Anasanat Dalı

Y.Ls. - Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü

Enerji Etkin Yapılar Anabilim Dalı

Ls. 2011 Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi

Enerji Öğretmenliği

Ö.Ls 2006 Ankara Üniversitesi Kastamonu Meslek Yüksek Okulu

Elektrik

Lise 2000 Şehit Öğretmen Hüseyin Ağırman Mesleki ve Teknik Anadolu

Elektrik-Elektronik Teknolojisi

İş/İstihdam

Yıl Görev

2014 - Enerji Çözümleri - Wilo Pompa Sistemleri A.Ş.

2013- 2014 Satış Sonrası Hizmetler - 2C Mühendislik

2012-2013 Teknik Servis Müdürü - Aironn Havalandırma Sistemleri

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : Kartal 1982 Cinsiyet: Erkek

Yabancı diller : İngilizce

GSM / e-posta : 0505 857 25 22 / osman.bayram@hotmail.com.tr

BÖLÜM 1: GİRİŞ

İnsanlar yaşamı boyunca kendini güvende ve rahat hissetmek için ekonomik birikimler yapmaktadır. Bu birikimlerin elde etmenin yolu tasarruf etmektedir. Bireylerin doğasında olan tasarruf etme arzusu ile ekonomik kazanç sağlama yöntemlerinden biride enerjinin verimli ve doğru tüketilmesidir. Enerjinin ihtiyaçlar doğrultusundan en verimli şekilde kullanılmasıdır. Bireyler bilinçlendikçe gereksiz enerji tüketimini azaltarak kazanç sağlamaya başlar. Tasarruf edilen enerji sayesinde ülke ekonomisi ve çevre kirliliğine karşı katkı sağlayacaktır. Ülkemizin enerji çeşitliliğinin az olması, sürdürülebilirlik ve kalkınmanın en önemli yöntemi mevcut enerjinin verimli olarak kullanılması ile gerçekleşir. Son yıllarda “**Hydraulic Institute (HI)** tarafından geliştirilen ömür boyu maliyet (ÖBM) ile bilinmektedir. Ömür boyu maliyetin önemi enerji tüketen tüm makinalar için önem arz etmektedir. Günümüz teknolojiler ile verimli hale getirilmiş ve yüksek teknolojiler için ar-ge çalışmaları devam etmektedir. Günümüzde kullanılan pompalarda, on yıl önceki teknoloji ile yapılan pompalar arasındaki verimlilik farkı ciddi boyutlara ulaştığı bilinmektedir. ÖBM açısından pompaların ilk yatırım maliyeti değil, çalışma süresi boyunca maliyetlerinin daha çok dikkat edilmeleri için araştırma yapılması üzerinde durulmaktadır. Satın alma maliyeti, enerji tüketim maliyeti, arıza bakım yedek parça maliyetleri, arıza yaptığında üretim kayıp maliyetleri ve montaj gibi bazı ekonomik maliyetlerde dikkate alınır. Bütün bu yatırım maliyetlerine yatırım kredisi ve yıllara ait enflasyon oranlarının da hesaba katılmalıdır. Bu durumda pompa ömür boyunca maliyet hesabı yapılacak olursak, dayanıklı ve verimli santrifüj pompa tercih edilmesi ön plana çıkacaktır.

1.1.Problem

Binalarda ve endüstride enerji kayıplarının azaltılması, yeni teknolojilerin kullanılması ile mümkündür. Enerjinin verimli ve tasarruflu kullanması ülkemize katma değer sağlayacaktır. Endüstride düzensiz ve plansız büyüyen firmalar, işletmelerinde enerji verimlilik sınıfları düşük pompalar kullanmaktadır. Yapılan analizlerde bu pompaların ciddi oranda fazla enerji tükettiği ve birim enerji başına düşen üretim maliyetlerinin arttığı bilinmektedir. Yapılan bu çalışma ile birim başına düşen enerji

maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir. Endüstride kullanılan düşük verimli pompaların daha verimli pompalar ile değiştirilmesi enerji maliyetlerini azaltacak ve kısa sürede sistem kendisini amorti edecektir. Saha analizleri yapılarak problemler tespit edilerek ve çözüm önerileri ortaya konulacaktır. Literatür taraması sonucunda daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilen verilerle yeni çözümler araştırılarak ortaya koyulacaktır. Teorik hesaplama ve ilgili yazılımlar kullanılarak eski ve yeni sistemler arasındaki enerji tüketim analizleri yapılacaktır. Sonuç olarak, yapılan ölçümlerle elde edilen verilerle eski ve yeni sistemler için pompa eğri analizleri, enerji maliyetleri, yıllık enerji ihtiyaçları ve ömür maliyet analizleri hesaplanarak problem çözüm bulunacaktır.

1.2.Amaç

Pompalarda yeni teknolojilerin kullanılması ile beraber birtakım senaryo ve yazılımlar ile enerji verimliliği amaçlanmaktadır. Konutlarda tasarruf sağlamak ve daha iyi yaşam standardına ulaşılabilecektir. Endüstride tasarruflar ile üretim kalitesini arttıracak ve sanayi ürünlerini daha kaliteli üretimini sağlayarak enerji girdilerini azalması hedeflenmektedir. Endüstride tüketilen enerji daha verimli kullanılarak üretim kalitesini negatif etkisini azaltmak ve üretim kalitesine katma değer sağlamaktadır. Minimum kayıplar ile yüksek verimlerin elde edilebilmesi tasarruf sağlanacaktır. Sağlanan tasarruflarla beraber ülke ekonomisine katkı sağlanarak hizmet edilecektir. Enerji verimliliği amacı ekonomik ve sosyal kalkınmayı hedeflemektir. Sürdürülebilir kalkınma için enerji verimliliği doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle doğayı korumuş ve sera gazı salınımlarının azaltılmasında önemli role sahiptir. Enerji verimliliği hassasiyeti ile ele alınarak sürdürülebilir çevre politikasını amaçlamaktadır.

Enerjinin verimli uygulamaları ile tasarruf edilen enerji arttıkça, enerji arz azalmasına neden olup dışa bağımlılık risklerinin minimuma indirilmesi hedeflenmektedir. Enerjinin tasarruf edilmesi ile çevrenin korunması ve iklim değişikliğinin önüne geçilmiş oluruz. Bu ön çalışmaların sonucudur. Ön çalışmalar netice verdikçe (CO₂) karbondioksit salınımların azaltılarak, ülkemizin iklim politikalarına destek verilerek çevre kirliliğini neden olan birinci enerji kaynakların etkisi azaltılması sağlanacaktır. Ulusal çıkarları doğrultusunda hedeflenen enerji stratejinin en önemli bileşenlerinden biridir. Enerji verimliliği çalışmaların ülkemize hedeflenen stratejiye göre 2023 yılına kadar en az %20 oran ile enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmektedir [1].

Enerji verimliliğine neden ihtiyacımız var? Sorusuna cevap olarak kısıtlı miktarlarda ve oranda olan doğal kaynaklarımız zaman geçtikçe hızla azalmaktadır. Ülkemiz dışa bağımlılığı da aynı hızla artmaktadır. Birincil enerji kaynaklarımızın doğru ve verimli bir şekilde tüketim politikalarını amacını sağlamaktadır. Ülkemiz mevcut kullanımdaki doğal kaynakların, fosil yakıtların kullanımları sonucunda çevreye verdiği zarar ile yeni problemler ile karşı karşıya kalması engellenecektir. Fosil kaynaklardan doğabilecek problem maliyeti ile ekonomiye ek yük getireceğini önlemeyi amaçlamaktadır. Fosil yakıtların daha çok enerjide hammadde olarak kullanılmasını amaçlanmalıdır. Kimya ve petrol bazlı ürünler endüstrisinde hammadde temininde problem yaşamaktadır. Enerji verimliliği ile bu problemlerin azalmasına yardımcı olmayı hedeflemektedir. Üretilen enerjinin ihtiyaçlar doğrultusunda, enerji gereksiminin dışında kullanılması yapılan işin değerinden fazla maliyet artışlarına önüne geçmeyi amaçlar. Katma değeri yüksek ürünler üretilmesinde destek sağlayacaktır.

Ülkemizin ve dünyanın her geçen gün nüfusu artmaktadır. Dünyamızın tespit edilen mevcut kaynakları enerji üretimi için kısıtlı. Hızla tükenen enerji kaynakların ve bu kaynakların birçoğu geri dönmesi mümkün değildir. Fosil yakıtlı ürünler, yakıtların hesaplanan süreden önce bitmesi mümkün ve kaçınılmaz sona son sürat yaklaşmaktadır. Dünya’da enerji tüketiminin bu hızla devam etmesi durumunda 2020 yılında fosil yakıt kaynaklarının yarısının tüketilmiş olacağı tahmin edilmektedir. Özellikle petrol ürünlerin enerjiye dönüştürülmesi ile kullanılan yakıtların azalmasıyla beraber hammadde bulması problemler doğacaktır. Bununla beraber hammadde temini için dışa bağımlılığımız aratarak ekonomik ihtiyaçlar oluşacaktır. Yaşamımızda günlük tüketilen enerji ağırlıklı fosil yakıt bazlı kaynaklardır. Fosil yakıtlar İlaç, plastik üretiminde ve kimya endüstrinin hammadde sentezlenmesinde birincil kaynak olarak yararlanılmaktadır. Fosil yakıtların enerji üretiminden daha çok endüstride hammadde için kullanılmasında insani acıdan daha faydalı olur. Doğal kaynaklarımız tükendiğinde, hem ihtiyacımız olan enerjiyi hem de üretim için gereken hammadde ihtiyacımızı dışa bağımlı kalacağız. Dışa bağımlı olduğumuz diğer ülkeler bu durumu kendi çıkarları için kullanarak bağımsızlığımızın kontrolünü kaybetme riski ile karşı karşıya kalabiliriz. Ülkemiz su, rüzgâr, güneş ve jeotermal enerji kaynaklı yatırımlarını arttırmalıdır. Yenilenebilir enerji santrallerin kaynakları açısından zengindir.

1.3.Önem

Enerji verimliliği ülkemizin iklim değişikliği ve politikaları doğrultusunda, incelemeler sonucunda, coğrafi konumunda göz önüne alındığında avrupa ülkeleri ile yakınlığı, yakın doğu ve batı Asya'yı içine alan ılık ve yağışlı iklim kuşağı üzerinde yer almaktadır. Ülkemiz OECD üyesi olması nedeniyle iklim değişikli nedenlerine karşı yapılan sözleşmeye sadık olmakla yükümlüğü anlayışı içindedir. Sözleşmelerin ve protokollerin vermiş olduğu yükümlülükleri ve ödevlerini yerine getirmek için enerji ve çevre bakanlıkların aldığı bir dizi kanunlar ve yaptırımları hayata geçiliyor. Ülkemizin iklim politikalar Kyoto ve Paris antlaşmaların verdiği ödev doğrultusunda gerçekleştiğini ve benimsediğini söyleye biliriz. Ülkemizin amacı enerji verimliliğine önem vererek hem çevreyi temiz tutmak hem de dışa bağımlılığı azaltmayı hedeflemektedir. Yenilene bilen enerji kaynaklarına yönelerek gelişmekte olan ülkelerin yaşadığı enerji problemini ortadan kaldırmayı hedeflemekte ve önemsemektedir. Enerji sahip ve verimli kullanmak coğrafi bölgemizde güçlü politika sağlamak için en önemli unsurlardandır [2].

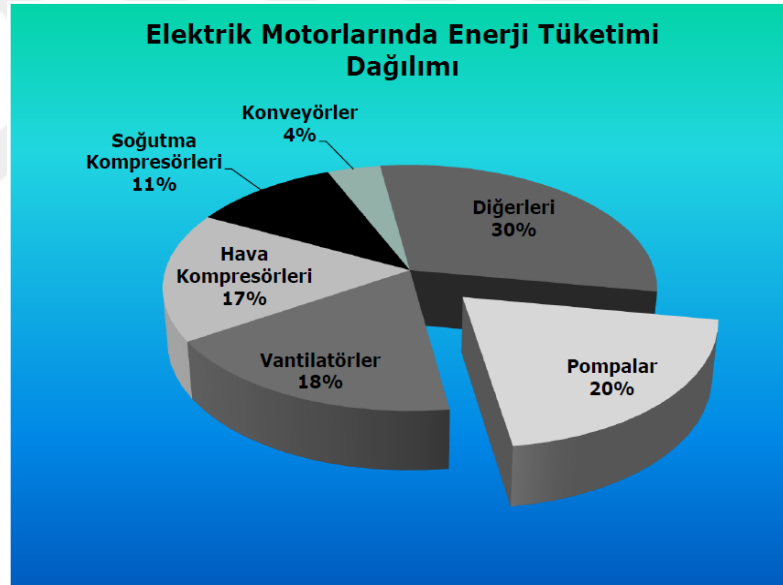
1.4.Varsayımlar

Burada ki tez çalışmasında bilimsel araştırmalar sonucu kabul gören standartlara dayandırılır. Kabuller ve bilimsel araştırmalar üzerinden problemlerin çözümü olarak yararlanılacaktır. Kabul görülen TSE standartlarının endüstrimizde kullanılması sistemlerin ve üretim daha verimli hala getirilmesi hedeflenir. Endüstride kullanılan elektrik motorları, pompa ve Panoların sistem verimlilikleri üzerine verimlilik artırıcı çalışmalar derlenir. Verimlik artırılarak elektrik motor ve hidrolik verimlilikler analizler sonucu enerji sarfiyatlılarına dikkat edilmesi bilimsel araştırmalar ve ölçüm sapmalarının varsayım olarak kabul edilir. Teknolojini gelişmesi ile daha verimli pompaların ve elektrik motorlarının seçimleri yapılarak sistem verimliliği artırıcı enerji sınıfların ortaya konmaktadır. Son yıllarda enerji verimliliği projeleri ve verimlilik artırıcı çalışmaların kabul görmektedir. Pompalarda enerji verimliliği ve standartların oluşması sağlamaktadır. Mevcut koşullarının araştırılması ve analizlerin ortaya çıkarılması sonucunda sistemlerin verimlilik derecelerinin artırıcı unsurların kabul edilir. Yapılarda ve endüstride kullanılan santrifüj pompalar ve sistemler enerji verimliliğine yönelik oluşan kayıpların tespitler edilir. Endüstride pompalarda verimlilik artırıcı yöntemlerin kabul görmektedir. Yayınlanan ar-ge çalışmaları günümüz teknolojilerine uyarlanmış olup son haliyle

kullanıcılar sunulmuştur. Bu teknolojilerin kullanımı enerjiyi daha verimli kullanmamızı sağlayacaktır. Sistemlerin ve cihazların mevcut kayıplarında öne çıkan unsurların, kabul görülen standartlar üzerinden hesaplanarak bilimsel varsayımlarına uyarlanır.

1.4.1. Elektrik Motorlarında Enerji Sarfiyatı

Ülkemizde kullanılan elektrik motorlarının enerji tüketim dağılımlarına dikkat çekmekte fayda vardır. Elektrik motorların %4 konveyörler, %11 soğutma kompresörleri, %17 hava kompresörleri, %18 vantilatörler ve % 20 pompaların enerji tükettiği bilinmektedir. Buradan tespit edilen en çok tüketim santrifüj pompalardır. Öncelik her zaman büyükten küçüğe doğru iyileştirme kabul görmektedir. Elektrik mühendisler odasının yaptığı araştırmalar doğrultusunda ülke ekonomisine katkı sağalmaktadır. Şekil 1.1’de ülkemizde endüstrisinde kullanılan elektrik motorlarının elektrik enerjisi tüketimleri verilmektedir [3].



Şekil 1.1. Elektrik Motorların Enerji Tüketimleri

1.4.2. Pompalarda Kullanılan Elektrik Motorları

HVAC sistemleri fan elektrik motorları % 18 Pompa elektrik motorları % 20 Hava Kompresör elektrik motorları % 17 Soğutma Kompresör elektrik motorları % 11 ve diğer elektrik motorları kullanım % 34’ tür. Endüstride en çok tercih edilen ~3 faz asenkron motorlardır AC. Toplam elektrik enerjisinin %36’sı ve sanayide tüketilen elektrik enerjisinin %70’i, AC elektrik motorlarında tükettiği tespit edilmiştir. Elektrik motoru verimini düşüren sebepler genel olarak motor içi enerji kayıplarında meydana

gelmektedir. Bu kayıpların ana nedenleri, manyetik demir nüve kayıpları, stator sargı direncin kayıpları, rotor sargı direncin kayıpları, alüminyum enjeksiyonlu rotor direncin kayıpları, sürtünme kayıpları, hava ve mekanik sürtünme kayıpları olarak ifade edilebilir. Bu kayıplar verim analizleri incelendiğinde standarttı oluşturulmakla eski ve yeni standartlar oluşturulmuştur. Eski standartta ifade edilen $EFF1 > EFF2$ verim sınıfında oluşmakta iken yeni teknolojik gelişmeler ile yeni standartlar oluşturulmuş ve şu şekilde ifade edilmeye başlanmıştır, $IE1 > IE2 > IE3$ teknolojidenden itibaren EC motor $IE4$ ve $IE5$ verim sınıfına ulaşılmıştır, her geçen gün teknolojisinin nimetlerinden faydalanarak. Minimum enerji kaybı yüksek verim seviyelere ulaşılmaktadır. Teknolojini hızlı gelişmesi ve yasal mevzuatlar gereği pompa ve elektrik motorların güncelleşmesi zaruret haline gelmektedir. Endüstriyel üretim faaliyet girdileri enerji maliyeti (Me) ürün satış rekabeti açısından enerjiyi en verimli şekilde kullanılarak sektörde rekabet içinde kalması için en önemli parametriklerden biridir.

1.4.3. Tesisat Kayıplarında Öne Çıkan Unsurlar

Tesisat genellikle debi ve basıncın sağlayıp sağlamadığı ilk dikkat edilen noktalardan oluşmaktadır. Mevcut kapasite ihtiyacı sağlıyor ve sistem sorumsuz çalışıyor ise tasarımının doğru yapıldığı düşünülmektedir. Hâlbuki endüstride çalışan pompaların yaklaşık %30'na yakın kısmı büyük seçilmiştir. Bu seçimin büyük olması sistem ihtiyacını fazlasıyla karşılamasıdır. Pompanın büyük tasarlanması işletmeye fazladan enerji tüketimi artırmaktadır. Pompaların gereksiz büyük seçimleri tesisatta ek kayıpları ve pompalarda mekanik sorunları doğurmaktadır. Sistemin pompanın doğru seçimi, düzgün tasarlanmasında ve sistemin bir bütün olarak düşünülmelidir. Tesisatta kullanılan boru, armatür, fittings ve benzeri tesisat malzemelerin seçimi ve dizaynı benzeri öneme arz etmektedir. Tesisat kayıplarının ciddi derecede ortaya problem çıkmaktadır. Pompalar kapasitesi belirlenirken özellikle basma yüksekliği doğru hesaplanmalı ve gereksiz emniyet marjları kaçınılmalıdır. Seçim esnasındaki risklerin azaltılarak ileride oluşacak kayıpların öngörülmesidir. Öngörülemeyen ek unsurlar sistemde basınç yükü ve debi artışına neden olur. Sonucunda pompanın yanlış tercih edilmesi hem yatırım maliyetlerini hem de tüketim maliyetlerini artıracaktır.

1.5. Sınırlıklar

Ülkemizin mevcut teknolojiler ile sınırlı enerji kaynaklarını tüketim planlanması ve doğru politikalar ile enerjinin tüketimlerin belirlenmektedir. Yatırımların enerjinin uzun ve orta vadede tüketimi hedeflenmiştir. Ekonomik kalkınma ve geleceğimiz için alternatif enerji kaynaklarına yönelmelidir. Enerji tüketim politikalarımızdan biride enerji verimliliği hususu üzerinedir. Enerjini tüketimi yaygın ve çok geniş bir alana hitap etmesi nedeni ile endüstrilerde kullanılan santrifüj pompalar incelenir. Pompaların sistemlerdeki performansları belirli bir alan kesit alının incelenecektir. Problemlerin belirlenmesi üzerine bir dizi sınırlamalar yapmaktadır. Endüstrilerimiz yıl boyu etütlerin ve verimlilikleri artırıcı projelerin gelişmesine kaynak sağlayacaktır. Endüstri tüketilen enerjinin karşılığında üretimin minini mum ve maksimum çalışma sınırlıklarını tespit edilmesi beklenir. Hesaplanan tüketim eğrileri ile mevcut teknolojinin neresinde oldukları belirlemektedir. Sistem verimlilikleri artırıcı projeler çalışmalarda sınırlamak mümkündür. Bu çalışmaları tabana yayarak sınırlıkları büyütme fırsatı sağlayacaktır. Enerji kaynakların tüketimi ile rekabet sınırlıkların tespit edilmesini sağlar. Sınırlıklar dünya standartlarını ve gelişmiş ülkelerdeki enerji yoğunluğunu ve benzer karşılaştırılmaları belirlenir.

1.6. Tanımlar

Buradaki araştırmalarımızda çok sık karşılaşıcağımız terimleri irdelenecektir. Enerji verimliliği, santrifüj pompayla ilgili açıklamalar, çalışma prensibinden bahsedilir. Standartlar üzerinden pompaların ve motor verimliliklerini, teknolojinin gelişmesi ile IE4 elektrik motor teknolojileri ifade edilir. Ar-Ge aşamasında elektrik motorları IE5 seviyelerine ulaşıldığını ve standartlarının oluşturulma aşamasında olduğu bilinmektedir. Pompalarda kavitasyon, enerji tüketimi, verimliliği ve ömür maliyeti ile ilgili tanımlara yer verilmiştir.

1.6.1. Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği, bir ürünün veya bir sistemin üretim esnasında işletmeye ek yük getirmeksizin tasarruf etmesi sağlanmaktadır. Tasarrufu mümkün kılan kayıpları minimuma indirmek ve atıkları tekrar kullanılabilir hale getirerek sistem verimi artırılmasıdır. En ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir, enerjinin doğru kullanımı kaçak

kayıpların geri kazanımı verimlik artıran etkenlerdir. Enerji oluşumunda girdi ve çıktıkların kıyaslanması ile elde edilen ürünün maliyetini belirlemektedir. Maliyetlerin azalması ticarete rekabeti güçlendirmektedir. Enerjinin doğru kullanılması ihtiyacımızı belirleme ve sınırlama ile başlar, ihtiyacımıza uygun cihazlar seçilir ve gereksiz maliyetlerinde ortadan kaldırılmasına sebep olacaktır. Mevcut kullanmış olduğumuz verimsiz düşündüğümüz cihazların, mevcut teknolojilerini takip ederek ilk yatırım maliyetlerini aşmadığı sürece değiştirilmesine önem verilmez. Ömür maliyeti ile kullanım maliyetlerini analiz ederek bütçeye kar zarar ilişkisini ortaya somut olarak ifade edecektir. Enerjinin gereksiz yere kullanımının önüne geçip kontrol mekanizmasının artırılması gerekmektedir.

1.6.2. Santrifüj Pompa

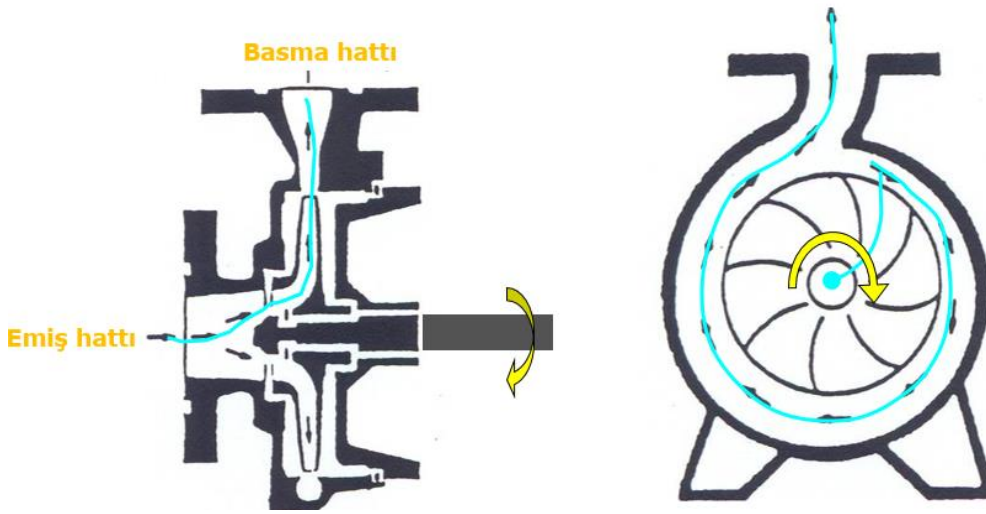
Bir akışkanın bir yerden başka bir yere taşınmasına pompa denir. Santrifüj ise dairesel dönme hareket ile oluşan merkezkaç etkisidir. Pompa merkezkaç etkisi ile içine çektiği su veya akışkana kazandırdığı kinetik enerjinin dönüştürmesini sağlayan bir basit makinedir. Pompa genellikle akışkanları transfer edilmesini veya devir daim için döndürülerek sistemin bir parçası olarak kullanılmaktadır.

Santrifüj pompalarla tarihi ilgili geniş bir bilgi vermek gerekirse; Brezilyalı bilim tarihçisi olan Reti' ye göre santrifüj pompa olarak ifade edilebilecek ilk makine 1475 yılının ilk çağı mühendislerinden İtalyan Francesco ve Giorgio Martini'nin bilimsel bir tezinde rastlanmaktadır. Gerçek santrifüj pompalara 1600' lü yılların sonlarına, Denis Papin düz çarklı bir tane yapana dek rastlanmamıştır. Açılı çark ilk olarak 1851 yılında İngiliz mucit John Appold tarafından bulunmuştur. (World Pumps, 2009) İnsanoğlu birçok pompayı yaklaşık 4000 yıldır kullanmaktadır. Aslında teknolojideki çok önemli gelişmelere dönüp bakarsak son 50 yılın bu süre içerisinde çok önemli bir payı oluşturduğunu göreceğiz. 1959'da tüm temel pompa dizaynları tanıtılmış ve ticari olarak üretilmeye başlanmıştır.

1.6.3. Santrifüj Pompa Çalışma Prensibi

Santrifüj pompanın diğer dönen makinalar gibi sabit eksen üzerinde belirlenmiş kanat açısı ve açısal hızla beraber mi etrafında dönmektedir. Santrifüj pompanın dönen mekanizması çark olarak ifade edilmektedir, çark iki diskin arasına paralel yerleşmiş

kanatların birliktelikte radyan ve hücum acısı ile şekillenmiş bileşenlerden oluşmaktadır. Çarka dönme hareketini mil sayesinde iletilmektedir. Şekil 1.2’ de verildiği gibi çark içindeki bir akışkanın diğer yandan çarkla beraber $u = rw$ hızıyla dönme eksenini etrafında dönerken akışkanın “w” hızıyla çarkla beraber hareket edip gövdenin yönlendirilmesi ile çarkı terk etmektedir. “u” çevresel hızını ifade ederken , “w” bağımlı hız ifade edecektir. Suyun veya akışkan dolu bir çark eksenini etrafında dönmesi ile beraber, bu dönme etkisi ile merkezkaç ile ifade edilen etkinin çark yüzeyinden çıkmaya başlayacaktır. Akışkanın basma yüzeyinden çıkması sonucu emiş ile basınç hattı doğrultusunda bir basınçlandırılmış bir akış sağlanmış olacaktır.



Şekil 1.2. Santrifüj Pompa Çalışma Prensipleri

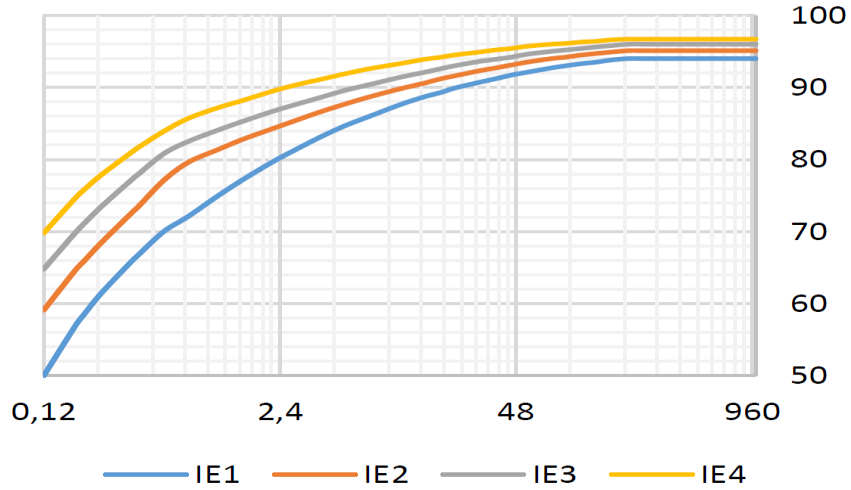
Bir merkezkaç pompanın emme özelliği yoktur. Suyun veya herhangi bir akışkanın, atmosferik etki veya herhangi bir basınçla pompanın çarkına yönlendirilerek burada çarkın merkezkaç etkisi ile su veya akışkana hız kazandırılmaktadır. Kazanılan akış hızını gövdenin yönlendirmesi ile basma yüksekliğine dönüşecektir, bu nedenle çark kesintisiz akışkan veya su içinde olmalıdır.

1.6.4. Elektrik Motorlarında Verimlilik Sınıfları

Elektrik motorlarında verimlilik üzerine kurulan ilk oluşum, tüketiciyi korumak ve haksız rekabeti önlemek için 1998 yılında CEMEP (Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi) tarafından kabul edilen ve tamamen ihtiyari olan elektrik motorlarını, EFF3, EFF2 ve EFF1 olmak üzere verimlilik değerlerine göre sınıflandıran uygulamadır. 1,1-90 kW motorları kapsayan bu uygulamada EFF3 en düşük verimlilik sınıfı, EFF1 en yüksek verimlilik sınıfı olarak belirlenmiştir. Verimlilik

sınıflarına ise 2008 yılında IEC tarafından yayımlanan ve 2009 yılında CENELEC ile Avrupa Normu haline gelen ve 2010 yılında ise TSE tarafından kabul edilen TS EN 60034-30 standardı, verimlilik sınıflarına IE1, IE2, IE3, IE4 şeklinde yeni bir tanımlama getirilmiştir. Bu yeni tanımlamaya göre IE1=> EEF2'nin, IE2 => EFF1'in karşılığı olup, IE1 Standard verimli, IE2 Yüksek verimli, IE3 Çok Yüksek Verimli Motorlar ve IE4 Süper Çok Yüksek Verimli Motorlar olarak tanımlanmıştır. Şekil 1.3' de TSE 60034 standardına göre verimlilik grafiği gösterilmektedir [4].

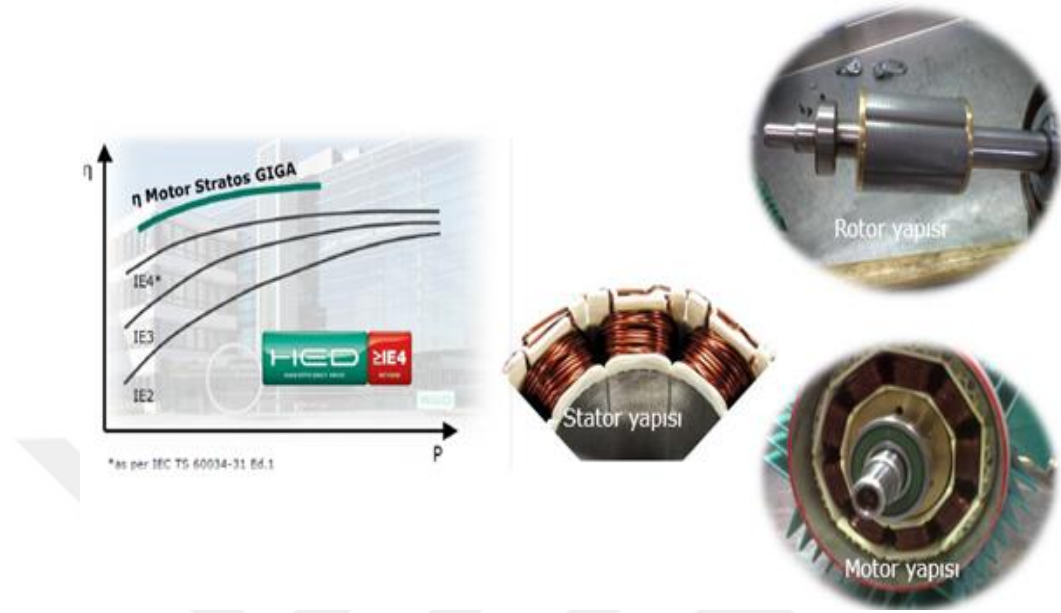
İlk olarak 2,4 ve 6 kutuplu anma gerilimi 1000V aşmayan ve 0,75 ila 375 kW güç aralığında sincap kafesli asenkron motorları kapsayan TS EN 60034-30 standardı, 2014 yılında doğrudan şebekeden beslenen motorlar ve değişken hız (DHS) sürücülü motorlar olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Şebeke tarafından doğrudan beslenen motorlar için verimlilik sınıflarını tayin eden TS EN 60034-30-1 standardı yayınlanmıştır. TS EN 60034-30-1 standardı farklı olarak 0,12 ila 1000 kW güç aralığını kapsamakta ve IE4 verimlilik sınıfını tanımlarken IE5 verimlilik sınıfının ileride yayımlanacağını bildirmektedir. Ayrıca 8 kutuplu motorlar da bu değişiklik ile kapsama dâhil olmuş bulunmaktadır [4].



Şekil 1.3. TS EN 60034 Standardına Göre Verimlilik Grafiği

IE1 ve IE2 verimlilik sınıfı motorların piyasaya dağıtımını yasaklamakta ve diğer verimlilik sınıfları için süreç tanımlamaktadır. Şekil 1.4' de IE4 elektrik motor teknolojisi gösterilmektedir [3]. Enerji verimliliğinde elektrik motorlarının test ve muayenesi BTSB'nin koordinasyonunda ve TSE'nin ana paydaşı olduğu "Elektrik Motorları Piyasa Gözetim ve Denetimi Projesi" ile elektrik motorları, 2012 yılında yayımlanan "Elektrik

Motorları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ” kapsamında denetlenmektedir [5].



1.6.5. Ömür Maliyet Analizi ve LCC Teorisi

Ömür Maliyeti “LCC teorisi” ile ifade edilmesinde fayda vardır. Toplam maliyet, ürünün satın alınmasından kullanım ömrünün sonuna kadar tüm maliyetleri kapsar. Bu teori, ilk kez 1961 yılında Harvard’da Ekonomi Profesörü Raymond tarafından ortaya konulmuştur. Raymond’a göre %5 Yatırım Maliyeti,%10 Bakım Maliyeti(Mb) ve %85 Enerji Maliyetini (Me) savunmaktadır. Türkiye’nin elektrik enerjisi üretiminin %50’si sanayide tüketilmektedir.

Sanayide kullanılan elektriğin 2/3’ü motorlar tarafından kullanılmaktadır. Yüksek verimli motorların kullanımı sera gazı salınımlarında ciddi oranda azalmasına sebep olacaktır. Türkiye’nin toplam elektrik tüketimi 230 milyar kWh*. Pompaların sanayi tüketiminin %20’sini tükettiğini ve bu enerjiden %30 tasarruf edilmesi durumunu 6,9 milyar KWh hesaplanır. Burada tasarrufun amacı enerjinin en verimli bir şekilde kullanılmasıdır. Ülkemiz ne kadar kendi kendine yeten ülkeler arasında gözükse de gelişmekteki ülkelerin enerjiye ihtiyacı her geçen gün hızlı artmaktadır. Bu durumda ülkemizi dışa bağımlılığı artırmaktadır. Dünya Enerji politikalarında her alanda tasarruf ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde de bu konularla ilgili bakanlıkların; Enerji ve tabii kaynaklar bakanlığı ile Bilim sanayi ve teknoloji bakanlığının teşvik ve yaptırımlar ile yürütülmektedir [6].

1.7.Literatür Taraması

Literatür araştırmalar sonucu benzer problemlerin incelendiğini, enerji verimliliği artırıcı ve önleyici çalışmalar farklı alanlarda karşılaşılmaktadır. Bu araştırmalar sonuçları enerji verimliliği çalışmalarında problemlerin çözümünde büyük ölçüde kabul görmektedir. Literatür taramalar sonucu aşağıda enerji verimliliği ile ilgili problemler cevap aranmış olup sonuçları paylaşılmıştır.

- Literatür taramasında bazı bulgular ve önerileri incelenerek; enerji verimliliğinde tasarruf edebilmenin öne çıkan üç ana başlık altında toplamaktadır. Bunlardan ilki kısa vadede enerji maliyetinde azaltmak, ikincisi ülke ekonomisine katma değer sağlamak ve enerji girdilerinin azaltma imkânı sunmasıdır. Son olarak tüm camlıları ilgilendiren, enerji üretiminde çevreye verilecek zararın etkisini azalmasını sağlanacaktır. Araştırma ve analizi sonucunda, enerji tüketimin %20'si pompalarda gerçekleşmektedir. “Bir pompa imalatında %8' i yatırım maliyeti olurken ömrü boyunca işletme maliyetinin %60'ını ulaşmaktadır”. İyi bir sistem tasarımı ve sisteme uygun bir pompa seçimiyle pompalarda tüketilen enerjinin %30' unun tasarruf elde edilebilir. Tasarruf edilen enerjinin belirli bir bölümlüde elektrik motorlarının verimlerinin kaynaklanmakta ve mevcut teknolojileri ile verimlilikleri arttırıla bilir. Sürekli alışan sistemlerde orta güçteki elektrik motorlarının yüksek verimli, IE3-IE4-IE5 sınıfları gibi teknolojilerin kullanılmakta ve özellikle IE5 motor teknolojisi gelişmektedir. Enerji sınıfların gelişmesi ile beraber motorlarda yaklaşık %32 tasarruf sağlayarak %98 verimliliklere ulaşılmaktadır. Bunun anlamı teknolojinin takibi ve işletmeye maliyetleri göz önüne alınıp takiplerin ve değişimlerin periyodik yapılmasında önemli rol oynamaktadır [7].
- Enerji verimlilik çalışmalarında ilk tespitlerde sistemlerin incelenmesi sırasında, sistemin ihtiyacı ne kadar? Sorusuna cevap bulmaktır. Sistemlerin ihtiyacı kullanıcıyı belli bir yöne yönlendirmektedir. Enerji tasarrufların daha çok değişken debili bir kapasiteye ihtiyacı var mı veya yok mu? Soruların cevabı belirlenerek sistem gereksinimini sağlamak gerekmektedir. Eğer değişken debiye ihtiyaç var ise sürücü kontrol sistem kurulması gereklimi sorusuna yönlendirmektedir. Kapasite ihtiyaçlarının saptamak ve senaryonun belirlenmesi sonucunda kapasite ihtiyacının değişkenlik göstermesi durumunda hesaplamalar yapılıp kontrol biçimine cevap aranmıştır. Statik basıncın az olduğu sistemin değişken debilerde sürücü kontrol

panoların vasıtası ile sistemlerde önemli derecede enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Statik basma yüksekliğinin fazla olduğu sistemlerde ise sürücülü kontrollü pompa sistemlerinin enerji tüketimi yönünden faydası olmayabilir, hatta sistemde hesaplanan ihtiyaca ek sürücülerin enerji tüketimleri ilave edilecektir [8].

- Amerika Hidrolik Enstitüsünün yaptığı bir araştırmada sonucunda, gelişmiş ülkelerde tüketilen enerjinin %20 si santrifüj pompalar tarafından kullanılmaktadır. Tasarlanmış bir sistem uygun pompaların seçimiyle beraber şebekeden çekilen elektrik enerjisinin %30'unun tasarruf sağlayabileceği teknolojiler ile ortaya koymuştur. Bu çalışmalar sistemlerde enerji verimliliği konusunda yapılan araştırmalar hakkında yardımcı olacaktır. Pompalarda enerji verimliliğini artırma yolları incelenir. Araştırma sonucunda elde edilen bulguların öneriler ile beraber sunulmaktadır. Pompa seçiminde ve yüksek verimli sistem tasarımında mühendislerin özenli hesaplamalar sonucunda sistemlerde enerji verimliliği artacaktır. Tesisatta sıkça karşılaştığımız kontrol vanaları, basınç düşürücülerin yerine enerjiyi yok etmeden aynı işlevi yapacak başka çözümlere yönlendirilmelidir. Tasarlanan tesisatlarını işletme maliyetini de göz önünde bulundurularak uygulanabilir çözümler sunulmalıdır [9].
- Enerji tüketimlerinin en yoğun bölgeler Endüstrilerde gerçekleşmektedir. Sistemleri izlenmesi sonucunda ağırlıklı enerji tüketiminin yoğun olduğu makinalar; kompresörlerde, elektrik motorlarında, pompalarda ve aydınlatmada ön plana çıkmaktadır. Sistemlerde önemli boyutlarda enerji tasarrufu ulaşmaya ve çözümlere yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Endüstrilerde güneş enerjisinden faydalanarak aydınlatmaya bölümlerinde büyük bir oranda katkısı olacaktır, sistemlere yönelik bir maliyet analizi yapılarak en ekonomik tasarrufun FV kaynaklı üretim olduğuna dair bir hesaplamalı analiz yapılmaktadır. Araştırma sonucunun verilerin ışığında birçok sanayi kuruluşu programsız ve plansız gerçekleşen fizibilite çalışmaları yapılmadan tasarlanıp üretim yaptığı için sanayide yapılacak çalışmalar sonucunda panellerden üretilen enerjinin daha verimli kullanılmasına yönelik araştırmalar sağlanmaktadır. Enerji tüketiminin pik olduğu Endüstrilerin işletmenin katma değerini artırılmasına yönelik yenilenebilir Enerji Kaynakları projelendirilerek elektrik üretimi tasarımlarında FV enerjinin üretimine yönlendirilmelidir [10].

- Tarımsal sulamada kullanılmakta olan pompaların verimlilik artırıcı çalışmalarında, ihtiyaçlar ve imkânlar doğrultusunda tespitler sonucunda Kavitasyon karakteristiklerinin belirlenmesinde verimlilik artırıcı çalışmalarda büyük oranda hesaplanmıştır. Verimlilik artırma amacıyla yapılan çalışmadaki, sulamada ağırlık kullanılan boru çaplarına uygun yatay milli santrifüj pompaların, işletme ve kavitasyon karakteristikleri hesaplanması imkan sağlamıştır. Hesaplamalar sonucunda pompaların uygun değerinde devir hızı, özgül hızları ve çalışma aralıklarının saptamak, devir hızına bağlı bulgular elde edilmektedir. Pompa üreticilerin belirlemiş olduğu; statik emiş NPSH yüksekliği belli olan bir tesisatta merkezkaç pompanın kavitasyon maruz kalmadan çalışabileceği maksimum ve minimum devir ile debinin bilinmelidir. Sistemin tasarımı ve doğru kapasitenin belirlenmesi için uygun değerinde devir sayısı ve debisi belli olan bir sistemin herhangi tarımsal sulamada emniyetli statik emme yüksekliğinde problemsiz bir şekilde çalışmasını sonucu olacaktır [11].
- Santrifüj pompalarda ihtiyaçları doğrultusunda değişken debi, sistemlerde enerji tüketimlerinin senaryoların kurgusu ile tasarrufu sağlanacak sistemlerde kapasitelerin belirlenmesi ve tüketim hesaplamaların yapılması sonucunda değişken devreli sistemlerde seçim yapılacaktır. Sistemin ihtiyacı olan kapasite seçimi doğru tercih edilmekle beraber tüketimin ne kadar değişken olsa da tasarrufun yeterince değişken olanlar için yeterli görülmemektedir. Buna benzer sistemlerde otomasyon sistemlerinde senaryolara uygun teknoloji ve elektronik sistemlerden faydalanarak enerji ve su tüketimini minimum seviyelere indirmek mümkündür [12].
- Yapılarda kullanılan iklimlendirme sistemlerinde, kontrol sistemlerinde enerji verimliliği araştırma çalışmalarında; ısıtma – soğutma, havalandırma ve nem ihtiyacını düzenli ve konfor etkilemeden kontrollü otomasyon sistemleri önemli rol oynamaktadır. Bir mahal iklimlendirme sistemine soğutma ve ısıtma ihtiyacını sağlayan enerji kaynakların bir arada belirli bir fonksiyonel düzeyde sistemin bir bütün halinde sorunsuz çalışmasını sağlamaktır. Bir hacmi ısıtmak için, gerekli enerjiyi çeşitli kaynaklardan faydalanarak ısıtılabilir. İklimlendirme sistemlerinde yaygın olarak bilinen soğutma işlemleri kullanılan Çillerler, ısı pompaları ve klimaların soğutma sistemlerini içerir. İklimlendirme sistemlerinde soğutma işlemi maliyeti yüksek bir prosestir. Enerji maliyeti yüksek olan bu sistemlerde tasarruf imkânı yüksektir. Enerji verimliliğini artırmak için dikkat edilmesi gereken, ekipman secimi

ve şartlandırma işleminde sistem tasarımı önemli bir rol oynamaktadır. İklimlendirme sistemleri tasarımında enerji tüketimi, konfor, verim ve çevre etkisini irdelenerek sonuçları gözlemesini araştırmaktadır [13].

- Enerjinin etkin yönetimi ilkesi, enerjinin en verimli kullanılması ve teknolojik ürünlerin takibiyle başlar. Etkin kullanılan enerji üretkenliği ve kaliteyi öne çıkarmaktadır. Üretkenlik sürekliliği için enerji tüketimi takibi ve senaryoların geliştirilmesi ile gerçekleşir. Bu ilkenin etkin kullanım yöntemi, eğitilmiş teknik personellerin çalıştırılması ve enerji yöneticisi olarak tahin edilmelidir. Yapılacak personel yatırımların tasarruf edilen projeler ile sistem sürekliliğin sağlayacaktır. Ekonomik kaynakları sağlamak ve etkin sonuçlar elde etmek için gerekli desteği belirlenen koşullarda zorlulukları savunmaktadır [14].
- Türk Mühendisler ve Mimarlar Oda Birliğinin yayınlamış olduğu: Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği çalışmalarında elde edilen verilerinin istinaden “enerji verimliliğinin tematik kapsamı açısından” işleminde personel ve yönetim standart düzeylerde olması ve ülke çıkarlarının gözetilerek yaygınlaştırılmalıdır. Odanın bulguları, enerji sektörünün uğraştığı sorunların içeride çözülmesi ve desteklenmesi için pek de zor değildir. Ortalama yatırımların 2 yılda geriye dönüşüm sağlaması ve sistem verimliliği % 25 civarında enerji tasarrufu potansiyel mevcut olup bu potansiyelin milli imkânlar doğrultusunda iyileştirmesi ve tasarlama imkânı sağlamaktadır. Bu çalışmalar ve tasarrufun etkisi ile istihdam sağlayacak ve belirli bir oranda israf ortadan kaldırılmış olacaktır. Elde edilen tasarruf sonucu yeni projeler doğuracağından ülke katma değerinde sürekli artışlar beklenirken cari açığı ayını doğrultuda azalacaktır. Endüstri bölgelerinde enerji girdileri azalması kaliteyi artıracak olup rekabetimizde güçlendirecektir [15].

BÖLÜM 2: YÖNTEM

Buradaki tez çalışmasında bilimsel araştırmaların ve mevcut sistemlerde teknik ölçümlerin sonuçlarının analiz edilecektir. Toplanan sonuçların bilimsel verilere dayandırılarak bilimsel araştırma yöntemi kullanılmaktadır. Teknik ölçümlerle ilgili sistem testlerin ve analizlerin araştırmaların doğrultusunda verilerin toplanır, endüstride enerji verimliliği ile ilgili benzer araştırmalar karşılaştırmalar yapılmaktadır. Endüstride mevcut kullanılan santrifüj pompalarının sistem verimlilik artırıcı projeler sunulması hedeflenmektedir. Enerji verimliliği kapsamında projelerin değerlendirilerek pompalarda tasarruf ve değişim ile sistemlerin gençleştirilmesi tavsiye edilir. Bilimsel araştırmalar neticesinde problemlerin tespit edilmesi ve enerjinin verimli kullanılarak tasarruf etmeyi hedeflenmektedir. Teorik araştırmaların sonucunda endüstride çalışan pompalardan kesit alınarak üzerinden hipotez ortaya koyulacaktır. Hipotezin savunulması için endüstride yapılan ölçümlerin ve teorik çalışmaların karşılaştırılması yapılır. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler ile pompa eğri analizleri, enerji maliyetleri, yıllık enerji ihtiyaçları ve ömür maliyetleri analizlerin sunulacaktır.

2.1.Enerji Verimlilik Etütler

Enerji bakanlığını verileri doğrultusunda; 27/10/2011 tarihli ve 28097 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan “Enerji Kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına dair yönetmeliğin 30 uncu maddesinin birinci fıkrasında yer alan 1. ve 2. Maddeler, 1. Genel Müdürlük tarafından, kamu kesimine ait enerji yöneticisi görevlendirmekle yükümlü binalarda enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik tedbirleri ve bunların fayda ve maliyetlerini belirlemek üzere etütler yapılır veya şirketlere yaptırılır. Bu etütler her on yılda bir yenilenir. Genel Müdürlük tarafından bu etütlerin yapılmasında yıllık toplam enerji tüketimi yüksek olan binalara öncelik verilir. Kamu kurum ve kuruluşları bu etütlerin yapılması için gerekli koşulları sağlar. Etüdün tamamlanmasını takip eden yıllarda kurum ve kuruluşların bütçelerinde bakım ve idameye ilişkin konulan ödenekler öncelikle bu etütler ile belirlenen önlemlerin uygulanmasına ilişkin projelerin hazırlanması ve uygulanması için kullanılır. 2. Kamu kesiminde ilgili kurum veya kuruluşlarca yapılan veya yaptırılan etütlere ilişkin raporların ve etütler ile belirlenen önlemlerin uygulanmasına ilişkin projelerin birer sureti ilgili

kurum veya kuruluş tarafından Genel Müdürlüğe gönderilir.” hükmü yer almaktadır. Bu çerçevede, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) kamu kesimine ait Kanun kapsamında yükümlü bulunan binalarda, yetkilendirilmiş Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri aracılığıyla detaylı enerji verimliliği etüt programı başlatmıştır. İlerleyen dönemlerde belirli bir plan dâhilinde kamu binalarında etüt çalışmalarına devam edilecektir” [1].

2.2.Kapasite Tespiti

Proseslerde tüketilen akışkanın ve karşılığında şebekeden çekilen enerjinin tespitlerinde yapılan çalışmadır. Ölçüm sonuçlarının değerlendirme ve analiz sonuçların elde edilmesi ve tasarruf oranlarının belirlenme sürecidir. Yapılarda veya Endüstrilerde enerjinin nerelerde ve nasıl kullanıldığını, yeterince tasarruf yapıldığını veya kullanılan enerjinin karşılığını uygun düzeyde kullanılıp kullanılmamasını tespitlerini ortaya koyan bir araştırma sonucudur. Araştırma sonucu yapının enerji verimliliği açısından hangi aşamada olduğunu enerji tüketimini minimum seviye indirgenmede hedef çalışma olacaktır. Hedeflenen tasarrufunun enerjisi, bölgeler ve cihazların tek tek tüketimi raporlanması sonucu mevcut teknoloji ile kıyaslama imkânı sunacaktır. Yapının veya Endüstrinin bir yandan teknolojik durumunu ortaya çıkmış olacak kurum ve kuruluşlar raporları sonucu teşvik ve hedeflenen bölgelere ilgili yatırımlar yapılmasına nokta atış olarak destek olmuş olacaktır.

2.3.Enerji Tasarruf Projelerinin Kriterleri

Sistemlerin enerji etütleri sonucu amortisman belirlenmesi ve tasarruf oranlarına göre ortalamaların belirlenmesidir. Tasarruf edilen enerji geri dönüşüm maliyeti dört yıl ve altı ise kabul edilebilir dönüşüm yatırımdır. Amortisman süreleri dört yılın üstü projeler ömür maliyet analiz sonuçlarına göre değerlendirilmeye alınır. Projelerin mühendislik ve yazılım ile çözümlenmelidir. Sistemlerin mevcut teknoloji ve senaryoların geliştirilerek ilgili prosese uygun olanlar tespit edilmelidir. Yazılımlar, senaryo, sürücü ve sensörler ile bir bütün içerisinde kullanılması, son teknolojik ürünlerden faydalanarak sistem analizlerinin sonuçlarının uyarlanmalıdır. Uygun teknoloji ve doğru senaryonun kullanımı hedeflenen enerji tasarrufuna belirli sınırlıklar ile yaklaşılacaktır.

2.4.Pompa Seçimlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

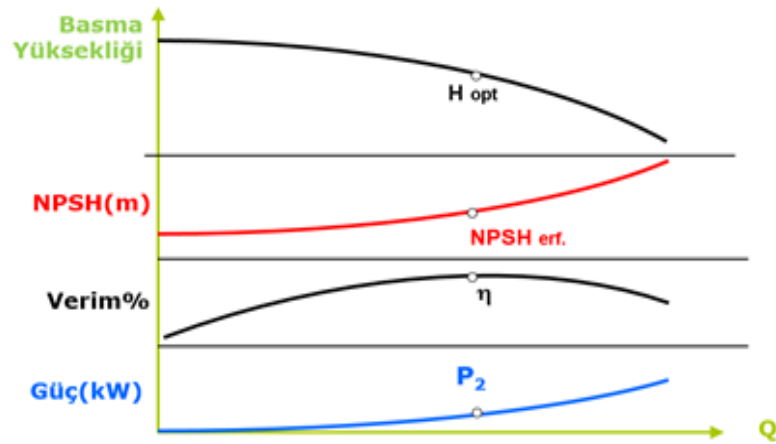
Ölçümlerin sonucu veya proje aşamasında pompa seçimleri için sistemin ihtiyaçlarına yönelik kapasitenin saptanması önemlidir. Hesaplamaları sonucunda pompa seçiminde öne çıkan beş nokta ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktaların tespiti ile sistem kapasitesi tahin edilerek pompanın çalışma noktası bulunur. Sistem eğrisi üzerinde pompa verim noktası seçilerek pompa seçimi gerçekleştirilir.

- Q Debi ($m^3/h, l/s, \dots$)
- H Basınç (bar, mSS, Pa, ...)
- η Verim (%)
- NPSH (m, Pa, ...)
- P Güç (W, kW, HP, ...)

Bu kriterleri pompa kapasitesini belirlerken en önemli unsurlardır. İhtiyaçlar belirlenirken tüm tesisatlar bu kriterler üzerine tahsis edilmelidir.

2.5.Pompa Karakteristik Eğrisi

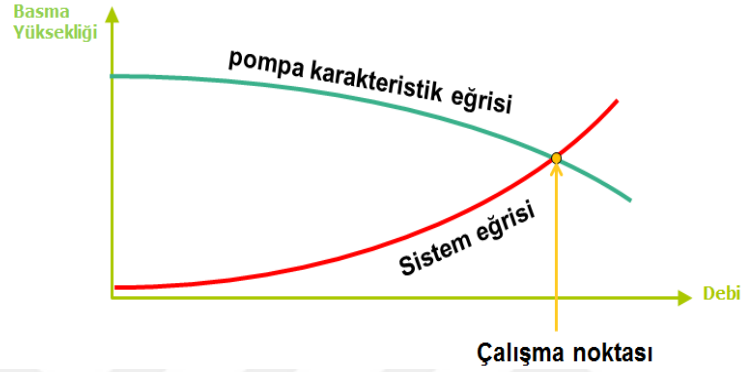
Pompa karakteristik eğrisi her pompa için performans karnesini belirtmektedir. Karneyi ve teknik performansına göre sistem temlerinde tercih edilmesinde bizi doğru tercihlere yardımcı olmaktadır. Şekil 2.1’ de pompa karakteristik eğrileri gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Pompa Karakteristik Eğrisi

2.6.Pompalarda Çalışma Noktasını Tespiti

Q ve H verileri pompa karakteristik eğrisinde kesişim noktası sistem çalışma noktasını ve aynı zamanda çalışmakta olduğu verim noktasını da tahin edilmektedir. Şekil 2.2' de Pompa karakteristik eğrisi ve sistem eğrisine göre çalışma noktası gösterilmektedir.

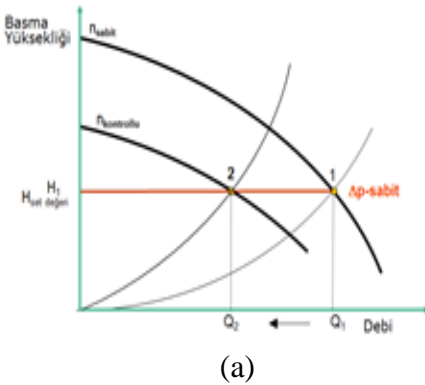


Şekil 2.2. Pompa Karakteristik Eğrisi ve Sistem Eğrisine Göre Çalışma Noktası

2.7.Sabit ve Değişken Devirli Pompalar

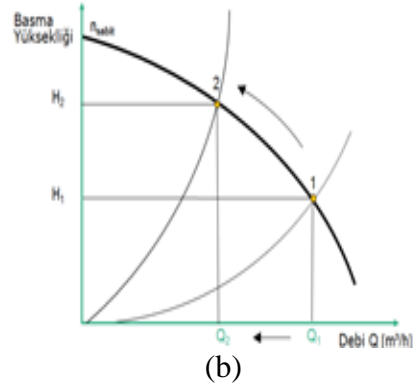
Pompa sistemlerinde elektrik motorlarında yol verme yöntemleri sabit ve değişken devirli iki farklı yöntemle yapılmaktadır. Şekil 2.3a' da sabit devirli pompanın basma yüksekliği ile debi arasındaki ilişki verilmektedir. Sistem debi ihtiyacı azaldıkça sistem basıncı artmaktadır. Şekil 2.3b değişken devirli (DHS) pompalarda debi azaldığında basıncı sabit tutularak enerji verimliliği sağlanmaktadır.

Devir Hızı Kontrolü (ΔP -c)



(a)

Sabit Devir Hızı



(b)

Şekil 2.3.Pompa Verimlerini karşılaştırılması, a) Sabit Devirli Pompalar b) Değişken Devirli

2.8.Pompalarda Devir Hızının Değişimi

Birinci noktada sistem çalışırken ihtiyacın yüksek olduğu noktadır, ikinci nokta ise ihtiyacın azaldığı ve enerji gereksinimini azaldığı noktayı ifade eder. Bir noktasında yüksek devirde çalışan pompa sistem debi ihtiyacı azaldığı zaman devrini iki noktasına düşürerek daha az enerji tüketmektedir. Frekans sürücüsü kullanarak devir hızı 2 kat düşürülen bir pompanın harcadığı güç yaklaşık 8 kat düşmektedir. Şekil 2.4' de pompa devir analizi gösterilmektedir.

Devir sayısı debi oranının orantılı olarak değişir.

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right) = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right) \quad (2.1)$$

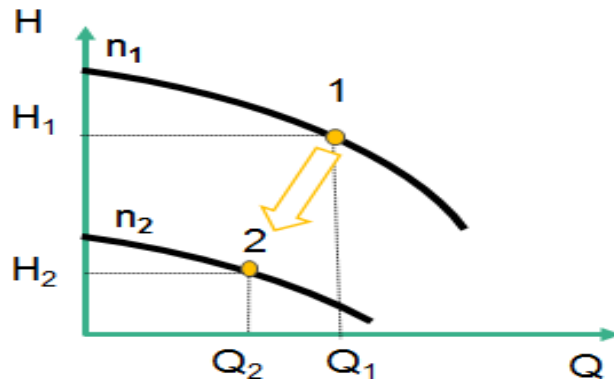
Devir sayısı basma yüksekliğinin karesiyle orantılı olarak değişir.

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \left(\frac{H_1}{H_2}\right) \quad (2.2)$$

Devir sayısı harcanan gücün küpü ile orantılı olarak değişir.

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right) \quad (2.3)$$

Pompalarda devir hızını değişimi ve çalışma alanlarının sınırlılıklarını eğri üzerinde belirlenmesi;



Şekil 2.4. Pompa Devir Analizi

Buradaki Eğride;

n_1 = 1.noktadaki devir hızını,

n_2 = 2.noktadaki devir hızını,

Q_1 = 1.noktadaki debisini,

Q_2 = 2.noktadaki debisini,

H_1 = 1.noktadaki basma yüksekliğini,
 H_2 = 2.noktadaki basma yüksekliğini,
 P_1 = 1.noktadaki harcanan gücünü,
 P_2 = 2.noktadaki harcanan gücünü ifade etmektedir.

2.9.Pompa Toplam Verimi

Pompalarda toplam verim hesaplanırken formüllerden yararlanılmaktadır, pompa verimi eşitlik 2.4, motor verimi eşitlik 2.5 ve toplam verim eşitlik 2.6'da verilmektedir.

$$\eta_{pompa} = \frac{Q \times H}{367 \times P_2} \quad (2.4)$$

$$\eta_{motor} = \frac{P_2}{P_1} \quad (2.5)$$

$$\eta_{toplam} = \eta_{pompa} \times \eta_{motor} \quad (2.6)$$

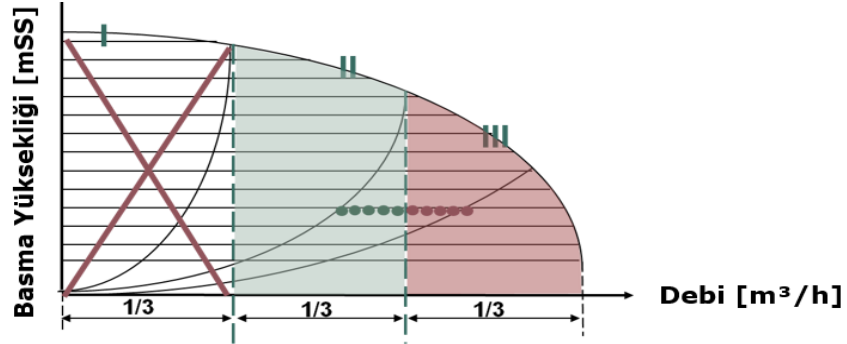
Burada;

Q = Çalışma noktasındaki debiyi,
 H = Çalışma noktasındaki basma yüksekliğini,
 P_2 = Mil gücünü,
 P_1 = Şebekeden çekilen gücünü,
 η = verimi ifade etmektedir.

Pompa verimsizliklerinin sebepleri

- Hatalı boyutlandırma,
- Tasarım aşamasında gereksiz büyük ürünlerin seçimi,
- Yaşlanan sistemlerdeki verim kaybı ve eskiyen teknoloji,
- Düşük verimli ürünlerin kullanılması,
- Optimize olmayan kurulum ve kontrol değerleri,
- Farklı nedenlerden dolayı çalışma noktasının değişmesi.

Şekil 2.5'de pompaların debi ve basma yüksekliğine göre çalışma bölgeleri gösterilmektedir. Pompaların en verimli çalışma alanı II. bölgedir. Pompaların bu bölgede çalıştırılması önerilir. I. bölgede pompaların hiç çalıştırılmaması önerilmektedir. III. bölgede ise çalışan pompalarda verim ve çalışma ömrü azalmakta ve ayrıca arızalanmalar meydana gelmektedir.

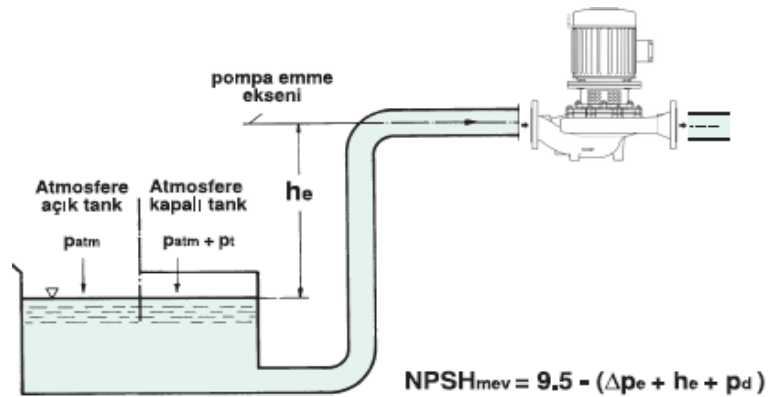


Şekil 2.5. Pompa Çalışma Alanlarını Gösterimi

2.10.NPSH_{pompa} (Net Positive Suction Head)

Pompanın kavitasyona maruz kalmaması için minimum basınç değeridir, pompanın karakteristik özelliği olup değiştirilemez. Pompanın NPSH değeri ne kadar düşük ise pompa için gerekli olan emme tarafındaki, düşük basınca ne kadar dayanıklı olduğunu gösterir. 1450 d/dk bir pompanın NPSH'ı 2900 d/dk'ya göre daha düşüktür. $NPSH_{pompa}$ değeri debiye bağlıdır. Debi arttıkça artar. Debinin belli bir değerinden sonra çok fazla artar. Bu yüzden pompaların aşırı debide çalıştırılmaları sakıncalıdır. $NPSH_{pompa}$ hesabı mevcut akışkan miktarına bağlıdır. Birim zamanında geçen akışkan miktarı arttıkça $NPSH_{pompa}$ değeri artış gösterecektir. Akış miktarı aşırı artış göstermesi sonucu değer hızla artış gösterecek ve bu duruma pompa aşırı debiye maruz kaldığı ile ifade edilecektir. Pompalar için bu durum istenmez ve pompa ömrünü kısaltacaktır. Dikkat edilmesi gereken hususlardan $NPSH_{sistem}$ sistemin bir karakteristiğidir, ömür ve bakım mahiyetlerine doğrudan etkisi vardır. Kullanıcı tarafından iyileştirilebilir. Şekil 2.6'da pompanın NPSH negatif çalışma koşulunu ve şekil 2.7'de ise NPSH pozitif çalışma koşulunu göstermektedir.

Her zaman $NPSH_{mevcut} > NPSH_{pompa}$ olmalıdır [6].



Şekil 2.6. Pompa NPSH Hesabı - Negatif

Burada;

Δp_e : Emiş hattı direnç kayıpları

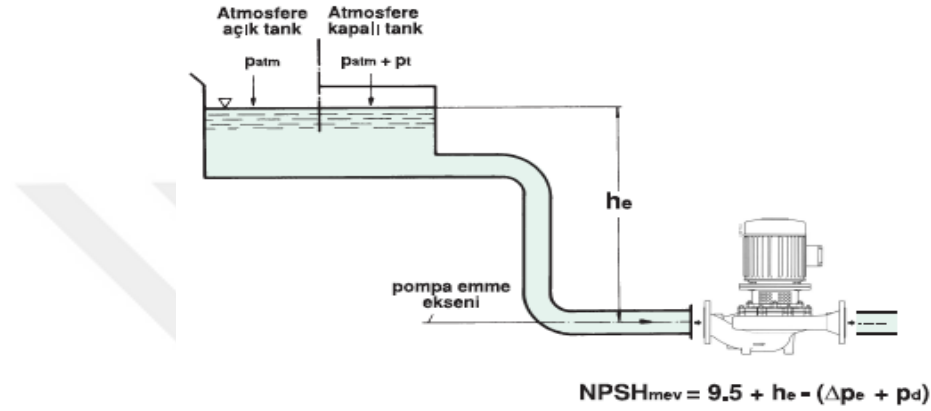
h_e : Emiş derinliği

P_d : Akışkan buharlaşma basıncı

$$NPSH_{mevcut} > NPSH_P$$

P_t : Ön basıncı

P_{atm} : Atmosfer basıncı (9,5 m)



şekil 2.7. Pompa NPSH Hesabı - Pozitif

Burada;

Δp_e : Emiş hattı direnç kayıpları

h_e : Emiş derinliği

P_d : Akışkan buharlaşma basıncı

$$NPSH_{mevcut} > NPSH_P$$

P_t : Ön basıncı

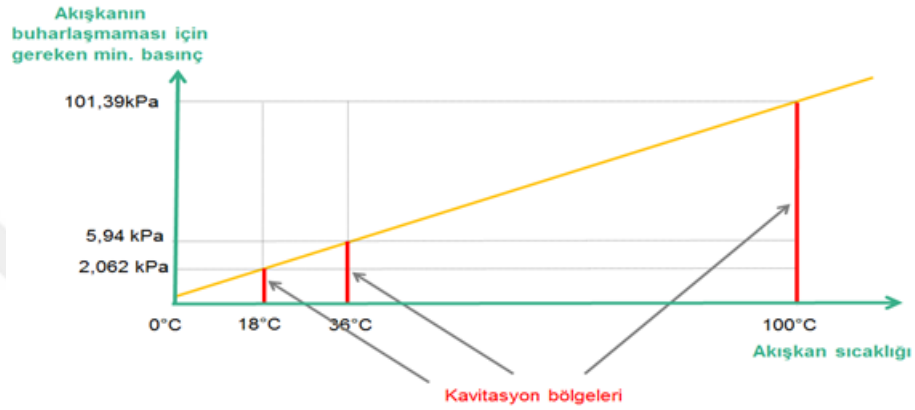
P_{atm} : Atmosfer basıncı (9,5 m)

2.11.Kavitasyon

Kavitasyon pompa ömür maliyetini etkileyen etkenlerden en önemli unsurudur. Kavitasyon; hidrolik çarkta kabarcıkların bombardıman sonucu oluşmaktadır ve bir korozif etkidir. Mevcut sistemlerdeki kabarcık çarpma sesli olarak tespit edilebilir, genelde tesisatta içinde taşın çevresine çarpmadan meydana gelen sese benzemektedir. Pompa ve tesisatta titreşim ve gürültülü ses olur, pompa veriminde düşüşüne neden olmakta ve emiş akışını etkimektedir. Pompa gövde, çark, mil... benzeri unsurlar aşınmalar maruz kalacaktır.

2.11.1. Kaviteasyon Oluşumu

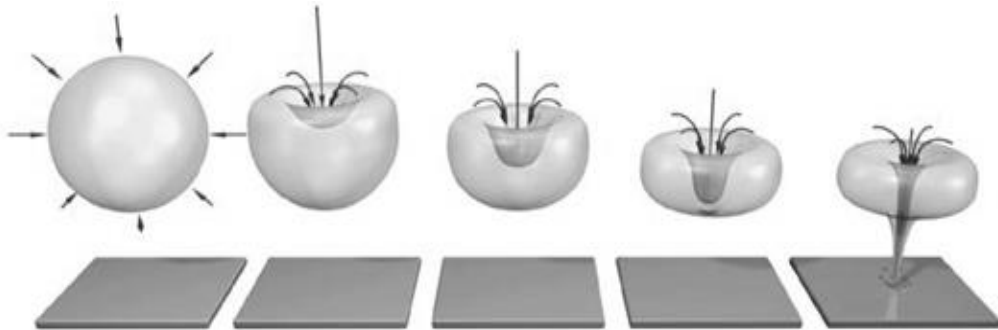
Basınca göre suyun kaynama sıcaklığı değişmektedir. Basınç artıka kaynama sıcaklığı artmakta, basınç düştükçe kaynama sıcaklığı düşmektedir. Örnek olarak 101,39 kPa basınçta su 100 °C’de kaynar 5,94 kPa basınçta ise su 36° C’de, 2,062 kPa basınçta ise 18° C’de kanmaktadır. Bu da bize düşük basınçlarda, suyun düşük sıcaklıkta kaynayacağını göstermektedir. Pompalarda ki emiş basınç düştüğünde kaviteasyon riski doğmaktadır. Şekil 2.8’de basınç ve sıcaklığa bağlı kaviteasyon eğrisi gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Kaviteasyon Eğrisi

Kaviteasyon oluşum basamakları aşağıda verilmekte ve şekil 2.9’da gösterilmektedir.

- Pompaların emiş yaptığı çapta basınç düşük olur.
- Eğer pompa emişinde basınç 0,20 mSS olursa 18° C sıcaklıktaki su kaynayabilir.
- Bu durumda sıvı pompaya su-buhar karışımını halinde girer.
- Su buharlaşır ise hacmi genişler.
- Pompa çıkışında basınç yükselir.
- Basınç yükselmesi sonucu buhar hızlıca yoğunlaşır ve bu sırada hacmi küçülür.
- Küçülen hacme su kolayca dolar.
- Yoğuşan buhar tanecikleri özellikle çark ve gövdeye aşınma meydana getirir.



Şekil 2.9. Kaviteasyon Basamakları

2.11.2. Kavitasyonun Başlıca Nedenleri

Kavitasyon oluşumuna neden olan öne çıkan unsurlar aşağıda verilmektedir.

- Emiş hattı kot farkı yüksek olması ($H_{\max} < 1 \text{ atm}$),
- İzin verilen su debisinin çalışma bölgesinin dışında olması,
- Çark devir sayısını artması sonucunda,
- Pompanın çalıştığı bölgenin deniz kodundan yüksek kesimlerde bulunması,
- Emme borusundaki basınç kayıpların fazla olması,
- Akışkan içerisinde havanın bulunması,
- Pompanın büyük seçilmesi ve karşı basınç değerinin doru hesaplanmaması,
- Emiş hattın direncin fazla veya vananın kısık olması,
- Emiş klapesi tıkanmış veya işlevini yitirmiş olması,
- Emme hattının uzun ve kesitin tasarım değerinden küçük olması,
- Emme hattında süzgeç varsa tıkanmış olması.

BÖLÜM 3: HİPOTEZLER

Buradaki tez çalışmasının hipotezi endüstride ölçüm kesit almada öncesi ve sonrası belirli bir düzende standartlara uygun olarak tespitlerin sağ çalışmaları ile beraber yürütülmesi ve ölçüm sonuçların irdelenmesi ve karşılaştırma sonuçları sunulacaktır. TSE ölçüm standartlarına göre pompa performansları sunulacaktır.

3.1.Pompalarda Ölçme Standarttı

TS-EN-ISO-9906 Rot dinamik Pompaların hidrolik performans kabul deneyleri Sınıf 1,2,3 standarttı ile belirlenmektedir. Bu Standardı CEN tarafından 16.03.2012 tarihinde onaylanan ve Temmuz 2012’de TS EN ISO 9906:2012’nolu Türk standardı olarak kabul edilen EN ISO 9906: 2012 standardı esas alınarak, Türk Standartları Enstitüsü Makina İhtisas Kurulu'na bağlı TK18 İmalat Makinaları ve Takımları Teknik Komitesi marifetiyle Türkçeye tercüme edilmiş, TSE Teknik Kurulunun tarafından kabul edilerek yayımına karar verilmiştir [16].

3.1.1. Pompa Ölçümlerin ve Kabul Kriterleri

Belirtilen ve üzerinde anlaşılmış beyan noktası (çalışma noktası), bundan sonra ”garanti noktası” olarak tanımlanacak olup, bir kabul sınıfı ve buna uygun tolerans olarak değerlendirilmelidir. Bir pompa performans deneyi için, bu garanti noktası daima garanti edilmiş debiyi “ G Q ” ve garanti edilmiş basma yüksekliğini “ G H ”tanımlamalıdır ve isteğe bağlı olarak garanti edilmiş verim, garanti edilmiş mil gücü veya garanti edilmiş Emmedeki Gerekli Net Pozitif Yükte (ENPYR) tanımlanabilir. Uygulanabilir durumlarda bu isteğe bağlı garanti değişkenlerin Madde 4.3.3 ve Madde 5.8’deki deneyler için tanımlanması gerekebilir.

Kabul sınıf toleransları sadece garanti noktasında uygulanır. Belirtilen diğer çalışma noktaları toleransları da dâhil olmak üzere, imalatçı ve alıcı arasında ayrı bir anlaşmayla olmalıdır. Belirtilen diğer çalışma noktaları üzerinde anlaşılmış, fakat bu noktalara ait toleranslar verilmemişse, bu noktalar için kabul seviyesi olarak Sınıf 3 alınmalıdır. Garanti noktası yazılı bir sözleşme ile müşteriye özel pompa performans eğrisi veya benzeri yazılı proje özel dokümantasyonuyla ayrıntılı olarak verilebilir.

İmalatçı ve alıcı arasında üzerinde anlaşma olmadığı takdirde aşağıdaki hususlar uygulanmalıdır:

- a) Kabul sınıfı Tablo-3.1 'de verilen sınıflara göre olmalıdır.
- b) Deneyle, imalatçının deney standında temiz, soğuk suyla bu standartta belirtilen yöntem ve deney düzeneğiyle yapılmalıdır.
- c) Pompa performansı pompa giriş bağlantısı (flanşı) ve çıkış bağlantısı (flanşı) arasında garanti edilmelidir.
- d) Pompa dışındaki boru ve bağlantı parçaları (dirsek, redüktör ve vana) bu garantinin bir parçası değildir. Uygulamada üretim ve ölçme toleranslarının birleşimi deney değerlerinde tolerans kullanılmasını gerektirmektedir. Çizelge 8'de verilen toleranslarda, imalat ve ölçüm toleransları da hesaba katılmıştır [16].

3.1.2. Santrifüj Pompalar ve Hidrolik Performans Kabul Deneyle

Sınıf 1,2,3 Kapsam: Bu Standard, santrifüj pompaların Ölçüm kabulü için, hidrolik performans deneylelerini kapsar. Bu standart, pompa deney tesislerinde (örneğin imalatçının pompa deney tesisleri veya deney laboratuvarları) yapılan pompa kabul deneylelerinde kullanılmak amacıyla hazırlanmıştır. Bu standart her boyutta pompa ve pompalandığında temiz soğuk su özelliklerinde olan her akışkana uygulanabilir.

Buradaki Standard, üç kabul seviyesi tanımlar:

- 1B, 1E ve 1U sınıfları, dar toleranslı,
- 2B ve 2U sınıfları geniş toleranslı,
- 3B sınıfı, çok geniş toleranslı.

Bu standart, hem herhangi bir bağlantı parçası olmadan pompanın sadece kendisine hem de giriş ve/veya çıkış bağlantılarının ilgili parçalarının tamamı veya bir kısmı ile birlikte bir pompa grubuna uygulanabilir.

ISO 17769-1, Liquid pumps and installation - General terms, definitions, quantities, letter symbols and units -Part 1: Liquid pumps (Sıvı pompaları ve kurulumları- Genel terimler, tanımlar, miktarlar, harf sembolleri ve birimler –Bölüm 1:Sıvı Pompaları)

ISO 17769-2, Liquid pumps and installation - General terms, definitions, quantities, letter symbols and units -Part 2: Pumping system (Sıvı pompaları ve kurulumları- Genel terimler, tanımlar, miktarlar, harf sembolleri ve birimler. Bölüm

2:Pompalama sistemleri) Bu standardın amacı bakımından ISO 17769-1 ve 17769-2’de verilen terimler, tarifler, nicelikler, semboller ve aşağıda kabul verilenler uygulanır [16]. Tablo 3.1’ de TS-EN-ISO-9906 standarttı dalgalanma genlikleri sayısal olarak verilmektedir.

Tablo 3.1. Çizelge üç İzin verilen dalgalanma genliği

Ölçülen Büyüklük	İzin Verilen Dalgalanma Genliği		
	Sınıf 1	Sınıf 2	Sınıf 3
	%	%	%
Debi	±2	±3	±6
Yük Farkı	±3	±4	±10
Çıkış Yüğü	±2	±3	±6
Giriş Yüğü	±2	±3	±6
Giriş Gücü	±2	±3	±6
Devir Sayısı	±0,5	±1	±2
Döndürme Momenti	±2	±3	±6
Sıcaklık	0,3 °C	0,3 °C	0,3 °C

3.2.Endüstrilerde Kullanılan Santrifüj Pompaların Etütleri

Mevcut sistemlerin enerji tüketimlerinin ve çalışma şartlarının tespit edilmesindeki süreç ve teknikler;

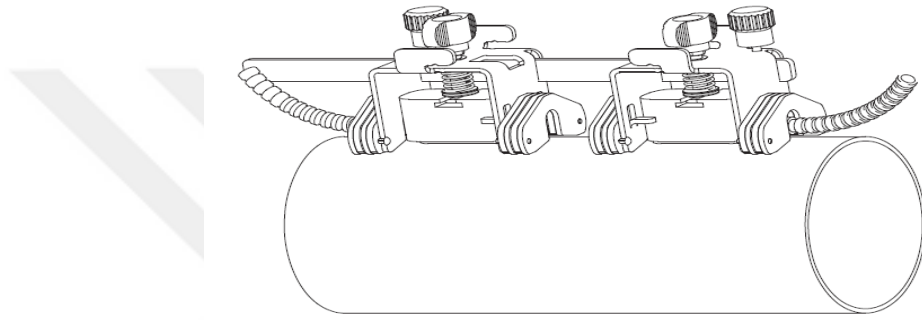
- Sistem Analizi
- Su tüketimi tespiti; Debisi
- Basınç kaybı tespiti; Basma Yüksekliği
- Enerji Analizi; Tüketilen Enerji
- Kontrol Sistemi

3.2.1. Sistem Analizi

Endüstride analiz yapılacak sistemin baştan sona verilerin toparlanma sürecidir. Sistemin çalışma performansı tespiti ve uygunluğu kontrollü amaçlamaktadır. Sistemlerin mevcut tasarımı ve projenin detaylı bir biçimde incelenme sürecidir. Sistemin hangi koşullarda çalıştığını ve verimini ortaya çıkartır.

3.2.2. Su Tüketimi

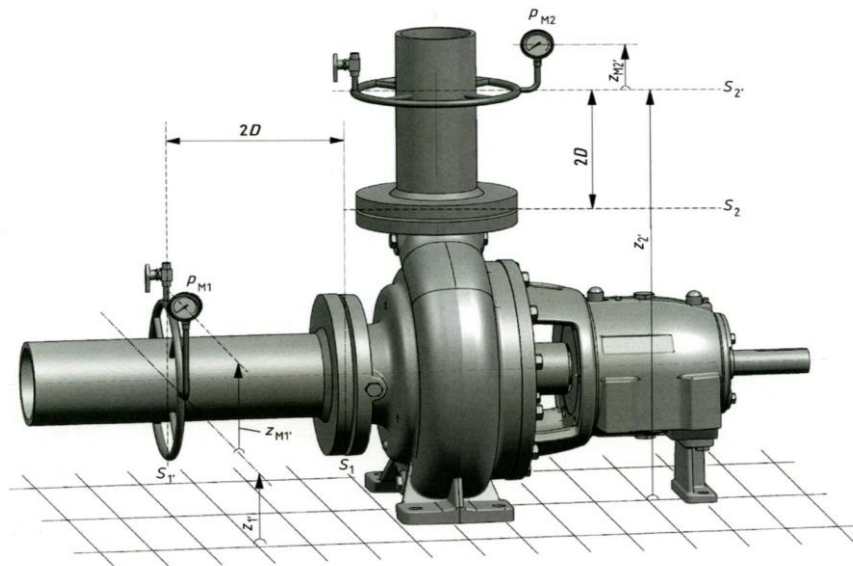
Analiz yapılacak sistemin, boru yüzeyinden proplar vasıtasıyla ultrasonik debi kullanılarak akışkan hızı ölçülür. Yapılan hesaplamalarda bazı durumlarda ortalama bazı durumlarda ise anlık değerler alınır. Sistem çok değişken ise ortalama, kararlı veya oturmuş ise anlık değer alınır. Ölçümlerin doğru ve hassas alına bilmesi için boru içerisindeki su akışın lineer olması gerekmektedir. Boru ölçüm noktasında boru iç çapının 4 katı kadar bir uzunlukta lineer akışı bozucu herhangi bir etken olmamalıdır. TS-EN-ISO-9906 standardına göre debi ölçüm şartları belirlenir ve ölçüm cihazı bağlantıları yapılır. Şekil 3.1’de Ultrasonik debimetre boru bağlantısı gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Ultrasonik Debimetre Boru Bağlantısı

3.2.3. Basınç Kaybı Tespiti

Analizi yapılan sistemin, tesisattan kaynaklanan basınç kayıplar manometre yardımı ile ölçülür. Basınç ölçümü, TS-EN-ISO-9906 standardı ve tekniklerine göre ölçüm yapılır. Şekil 3.2’de TS-EN-ISO-9906 basınç ölçüm noktaları gösterilmektedir.



Şekil 3.2. TS-EN-ISO-9906 Basınç Ölçüm Noktaları

3.2.4. Enerji Analizi

Santrifüj pompada üretilen debi ve basma yüksekliğinin oluşan iş karşılığında şebekeden çektiği elektrik enerjisinin karşılığını ifade edilmektedir. Enerji analizörü ile ölçümü eşzamanlı gerçekleştirilmeli ve tepkime sürelerine göre izlenerek enerji tüketimlerinin saptanarak kayıt altına alma işlemidir.

3.2.5. Kontrol Sistemi

Pompanın elektrik enerjisi ve sisteme özgü senaryo çalıştırılma biçimidir. Sistemin uygunluğuna göre pompaya direk yol verme, Y- Δ , Soft Starter ve Sürücü kontrol gibi bilindik yöntemlerle pompalar çalıştırılmaktadır. Sistemde mevcut değerlerin saptanması esnasında öncelikli olarak sistem kabiliyetlerini ve hassasiyetlerine göre kontrol edilmelidir.

3.2.6. Ölçü Aletleri ve Kullanım Teknikleri

Bir fabrikanın ihtiyacına yönelik sistem kapasite tespiti için; Ham su, Su Temini, Hidrofor grubu, Teknolojik Su, Sekonder, Primer, Kule, Chiiller, soğutma ve ısıtma... vb. terimlerle ifade edilen veya özel firma kotlarıyla isimlendiren sistemin teknik dataların toplanarak ölçüm hazırlıkları tespiti yapılır. Sistem akışkan cinsi, sıcaklığı, çalışma süresi ve pompa yaşı gibi ek unsurlarda göz önünde tutulmalıdır. Sistemin Kontrol biçimi mevcut proje pompa ve motor etiket bilgilerinin toplanma süreci. Sistemin mevcut kapasitesi örtüşüp örtüşmediği tespit edilerek verim analizlerini derlenip toplanma süreci sistem raporlamaların ilk adımlarındandır. Şekil 3.3'de ölçü aletlerin verilmektedir.



Şekil 3.3. Ölçü Aletleri

3.2.7. Debi Ölçümü Q

Bir fabrikanın veya işletmenin yıllık su ihtiyacının bilinmesi ve bu ihtiyaca yönelik en verimli pompa seçimlerinin tesisat tipi (açık veya kapalı devre) belirlenerek sisteme uygun model tespiti için gerekli verilerden biridir. Sistem Debi ölçümlerinin gerçekleştirilerek anlık veriler toplanır. Debi ölçümleri ultrasonik debimetre ile gerçekleştirilmiştir. “FLEXIM FLUXUS F 601” markası ve model ile ölçüm sahasında mobil olarak profesyonel ölçümler sağlamakta ve ölçüm metotları uygulaması gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.4’de debimetre bağlantısı gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Ultrasonik Debi Metre - FLEXIM FLUXUS F 601

3.2.8. Basınç Kaybı Ölçümü ΔP

Mevcut sistemin pompa grubun kolektör veya pompanın Δp (basma-emiş) basıncın tespit edilerek net basınç kaybını manometre değerleri alınır ve akma basıncı eklenerek sistemin optimize etmemizi sağlamaktadır. Sistemin görünür kayıplarını tespit etmek amacıyla ölçümler “WIKA CPH 6200-S2” Manometre marka ve Model ile sistem basınç kaybını hassas ölçümler sağlamakta ve ölçüm tekniği ile kolaylıkla gerçekleştirilir. Şekil 3.5’de Dijital manometre gösterilmektedir. Net basınç kaybı hesabı için denklem 2.7’de hesaplanmaktadır.

$$\Delta P = P_c - P_g \quad (2.7.)$$

ΔP =Net Basınç

P_{ϕ} = Pompa Çıkış basıncı

P_g = Pompa Çıkış Basıncı



Şekil 3.5. Manometre - WIKA CPH 6200-S2

3.2.9. Enerji Ölçümü P_1

Enerji analizörü ile eş zamanlı ölçümler ile sistemde debi ve basma yükseklikleri ölçümleri esnasında panodan veya pompa bağlantı noktalarından enerji tüketimleri eş zamanlı ölçümlerin alınmasına dikkat edilmelidir. Sistem değişken debili ise mutlaka minimum, maksimum ve ortalama tespit edilerek verilerin kayıt edilir. “CHAUVIN ARNOUX C.A.8332B” Enerji Analizörü markası ile profesyonel ölçümler sağlamakta ve ölçüm teknikleriyle gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.6’da Enerji analizörü gösterilmektedir. Pompa ve panodan ölçülen elektrik enerjisi denklem 2.8’de verilmektedir.

$$P_1 = \sqrt{3}xUxIx\text{Cos}\varphi \quad (2.8)$$

P_1 = Tüketilen Enerji

$\sqrt{3}$ = 3 Faz Açısı

U =Gerilim

I =Akım

$\text{COS}\varphi$ = Reaktif Güç İhtiyacı



Şekil 3.6. Enerji Analizörü - CHAUVIN ARNOUX C.A.8332B

3.2.10. Pompa Kontrol Sistemi

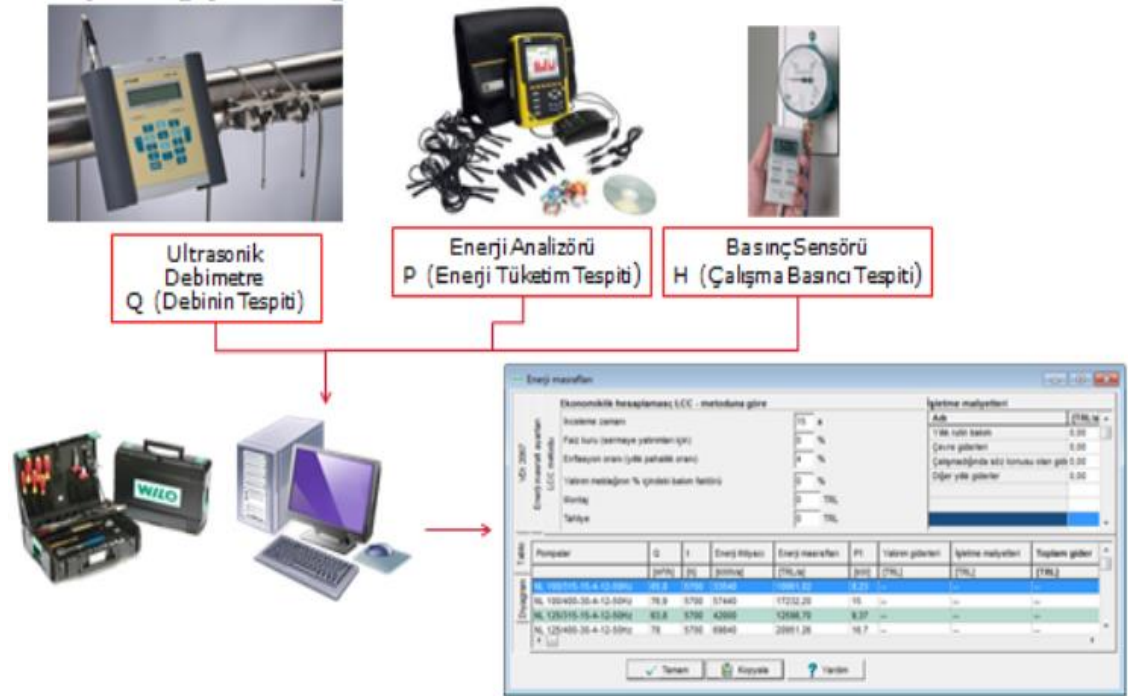
Mevcut sistemde çalışan pompa grubun Y- Δ , Soft-Start, Sürücü kontrol... vb. bilgilerin tespit edilmesi ve ihtiyacın hangi süreç için elverişli ise o sistemin önerilmesi açıdan önemlidir, kontrol sistemleri gereksiz enerji kayıpların bazı senaryolar ile minimize etmekte mümkündür.

3.2.11. Enerji Verimliliği Analizi

Mühendislik hizmetleri açısından sahadaki ölçülen verilerin bir araya toplanarak sisteme en verimli ve en uygun pompa modeli seçilmektedir. Akışkanın cinsi sıcaklığı pozitif ve negatif emiş durumları ve mevcut tesisat malzemelerin sistem etkisi yorumlamak ve nihai karar aşamasında tüketicisiyle sunulma işlemidir. Sistemin mevcut durumu ve kapasite ihtiyacı saptanmaları kararında ölçüm tekniği ve sistem %80-90 kapasitede devrede olması yanılma payını minimuma indirecektir. Verimlilik çalışması yapılırken sistem tüketicinin mevcut parametreler dışına çıkılmadan değişimi gerçekleştirilmelidir. Endüstride genel kanı her zaman fazla kapasitede pompa seçimi yapılmakta olup bu yargıyı kırmak ve uygun çalışma noktasında, pompa önerilerek daha az enerji ile prosesin istenilen düzeyde çalışmasını sağlamaktır.

3.2.12. Pompa Seçim Programı

Burada pompa seçimleri Wilo-select4 programından yararlanılmıştır. Sisteme en uygun model ve kapasite tercih edilmek için kullanılmaktadır. “Wilo-Select 1994-2017 VSX - VOGEL SOFTWARE GmbH Spaix® 4, Sürüm 4.3.4 - 2017/06/15 (Build 582).” Uygulamada Debi $Q(m^3/h)$, Basınç H (mSS), Verim (%), NPSH (m), Hidrolik Güç P_2 (kW), Elektrik Motor Kurulu Güç P_{2n} (kW) ve Şebekeden Çekilen Enerji P_1 (kW) seçilen pompa değerlerini program sayesinde elde edilmektedir. Sağda ölçülen vereleri sisteme girilerek en uygun pompa seçimini karşılaştırmamızı sağlamakla beraber analizleri bilgisayar ortamında gerekli grafiklerle desteklenerek işlem yapılmasında en etkili bir yöntemdir. Pompa teknolojileri teknik alanlarda verimlilikleri en üst noktaya taşımaya devam etmektedir. Şekil 3.7’de Enerji analizleri ve pompa seçimi gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Enerji Analizleri ve Pompa Seçimi

BÖLÜM 4: BULGULAR VE YORUMLAR

Bu bölüm, problemle ilgili bulguların gözlemlenmesini, sistemlerin analizini, ölçülen değerlerin analizini, eski ve yeni sistem karşılaştırılması ve verim analizlerini içermektedir. Analizlerin sonucunda yorumlanmaktadır. Problem ile ilgili gözlemlerin yapılarak verilerin toplanacaktır. Ölçüm deneylerin tasarlayıp, hipoteze dayalı tahminlerin yapılacaktır. Eski pompa yeni pompa verileri karşılaştırılarak bulgular toplanarak yorumlanmasını analizlerinin sonuçları sunulacaktır.

4.1.Problem ile İlgili Gözlem Yapma ve Verileri Toplama

Endüstride kullanılan santrifüj pompa ölçümleri ve analiz çalışma sonuçları ele alınacaktır. Endüstriden mevcut bir uygulama üzerinden analiz yapılacaktır. Burada kullanılan ölçü aletleri kalibre edilmiş ve ilgili standartlar kullanarak ölçümler yapılacaktır. Ölçümlerin doğru sonuç vermesi için TSE'nin ilgili standartlara uyularak hassas ve titiz bir şekilde sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Endüstriyel örnek bir uygulama üzerinden gidilerek enerji analizleri yapılmaktadır. Eski ve yeni önerilecek sistem pompa eğri analizleri, enerji maliyetleri, yıllık enerji ihtiyaçları ve ömür maliyet analizleri açısından karşılaştırılır. Sonuçlar karşılaştırılarak sistem verimliliğinin artırılması için öneriler yapılmaktadır.

4.2.Ölçüm Deneyler Tasarlayıp, Hipoteze Dayalı Tahminler

Endüstrilerde soğutma kulelerin suyu soğutma devirdaim pompalarda ölçüler alınacaktır. Pompa enerji verimliliği analizi kapsamında mevcut sistem bilgileri toplanarak mevcut pompa değerleri belirlenmiştir. Tablo 4.1'de eski ve yeni sistem bilgileri verilmektedir. Eski ve yeni sistem 2 asıl 1 yedek olarak önerilmektedir. Pompaların hidrolik verileri eski pompa %75 iken, önerilen pompa hidrolik verimi % 84 seviyelerindedir. Öncelikli olarak hidrolik verim yükseltilmesi hedeflenmektedir. Elektrik motor verimliliği eski pompa motor enerji sınıfı IE2 den, yeni pompa motor enerji sınıfı IE3 yükseltilmektedir. Motorların kurulu gücü kapasitesi 30 kW dan 22 kW indirilmesi söz konusudur. Kurulu gücün küçülterek bakım maliyetlerinin düşmesine neden olacaktır. Mevcut ve yeni durumu karşılaştırma tablosunda, eşit koşullarda hidrolik verim ve motor verimlerin artırmak karşılığında enerji tasarrufu elde edilmektedir.

Tablo 4.1. Sistem Bilgisi ve Pompa Etiket Değerleri

ANALİZ (2017)	SİSTEM BİLGİSİ ve POMPA ETİKET DEĞERLERİ						
	Q _{Ort} Debi m ³ /h	H Basınç mSS	P _M Motor kW	P _n Motor Sınıfı	Hidrolik Verim %	Sistem Pompa Adet	Çalışan Pompa Adet
ESKİ POMPA	240	35	30	IE2	75 %	3	2
YENİ POMPA	220	29,3	22	IE3	83,6%	3	2

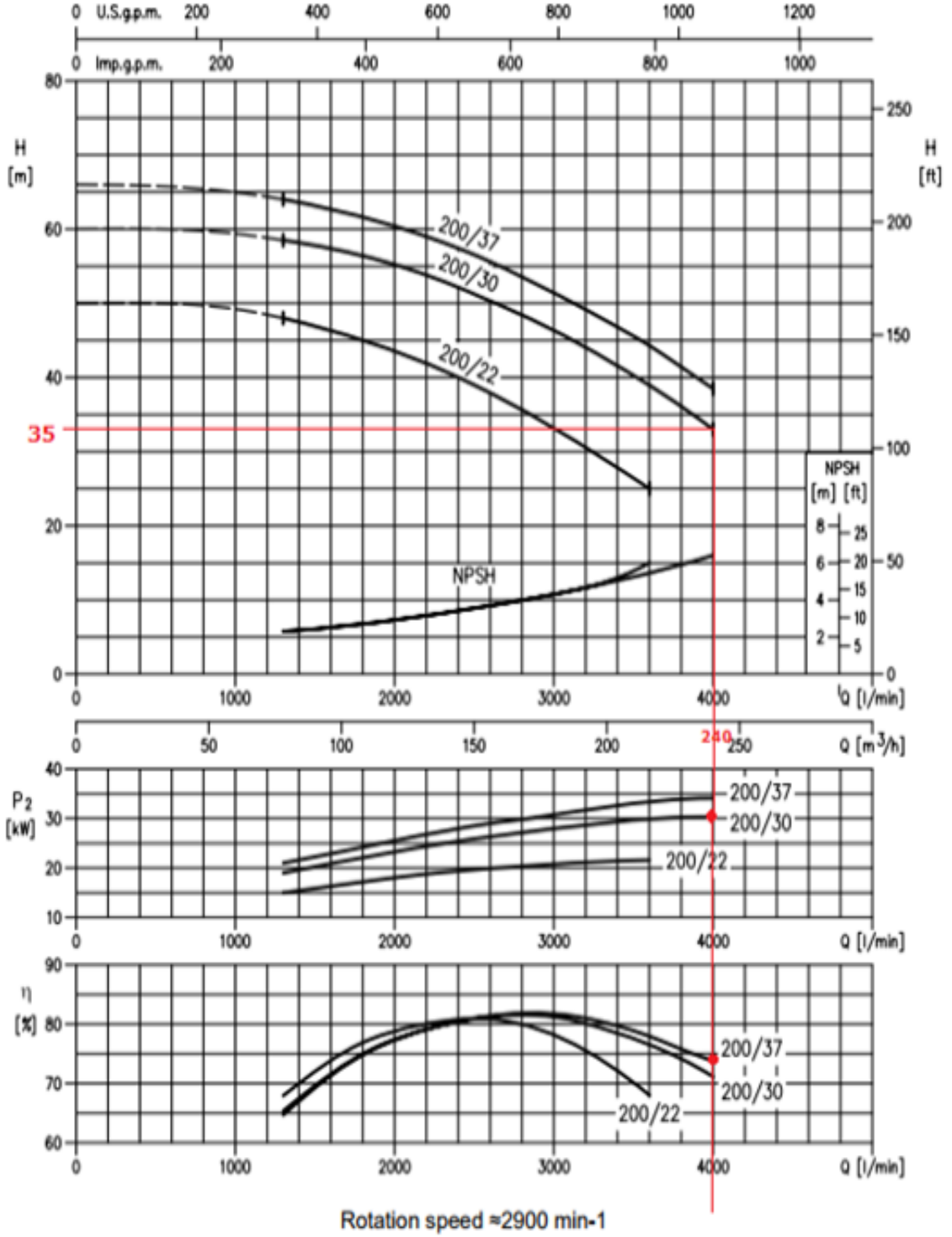
Ölçümler esnasında debi ve basma yükseklikleri mevcut sisteme uyarlandığı için etiket verilerinde değişim söz konusu olmuştur. Sistem analizlerinin kademeli olarak incelenmesi, mevcut sistemin iyi bir şekilde analizlerini gerektirmektedir. Bunun amacı ise kurulu bir sistemin yeni sisteme uyarlanırken hata yapılmasını önlemektir. Şekil 4.1’de sistemin eski görünümü verilmektedir.



Şekil 4.1. Sistemin Eski Görünüşü

4.3.Eski Pompanın Eğri Analizi

Eski pompa 30 kW olup motor verimi IE2’dir. Ölçülen değerler Şekil 4.2’de verilen pompa eğrisi üzerinde gösterilmektedir. Bu deneyde debi 240 m³/h ve basma yüksekliği 35 mSS ölçülmüştür. Ölçülen bu değerler şekil 4.2.’de eğri üzerine yerleştirdiğinde pompanın III. bölgede yani fazla debide ve verimsiz bir noktada çalışmakta olduğunu göstermektedir.

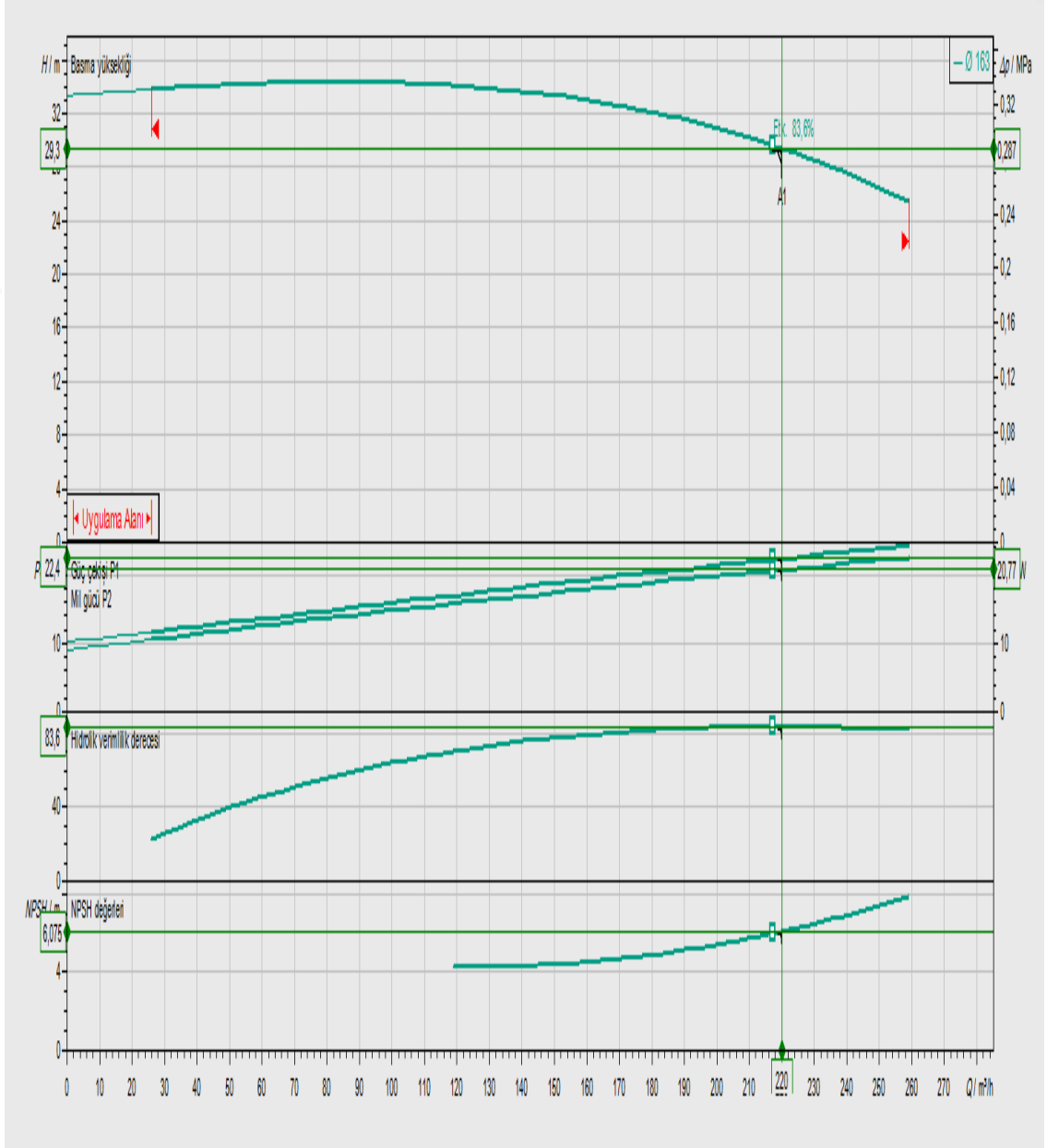


Şekil 4.2. Eski Pompa Eğrisi

İkinci pompa sürücülü olduğundan farklı kapasitede çalıştığı sistem incelendiğinde ve gerekli hesaplamalar yapıldığında sistemin $240+93=333 \text{ m}^3/\text{h}$ debi ve 35 mSS yani yaklaşık 3,5 bar basınç değerlerinde çalıştığı belirlenmiştir.

4.4.Yeni Pompanın Eğri Analizi

Yeni Pompa 22 kW olup motor verimi IE3'dür. Yeni pompa eğrisi Şekil 4.3'de gösterilmektedir. Sistemin doğru seçimi ve istenilen değerlerde enerji verimli bir şekilde çalışması için uygun pompa seçimleri yapılmıştır.



Şekil 4.3. Yeni Pompa Eğrisi

Burada pompanın debisi 220 m³/h ve basma yüksekliği 30 mSS belirlenmiş ve bu değerleri sağlayacak enerji verimli pompa seçimi yapılmıştır. Şekil 4.4'de yeni pompa grubu gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Yeni Pompa Grubu

4.5.Sürücü Kontrollü Deneyler Yapılması

Sistem analizi ve ölçüm verileri toplanarak tablo üzerinde karşılaştırmalara yer verilmektedir. Sistem üzerinden belirli noktalardan ölçümler alınarak ortalama değerler bulunmuş ve hesaplamalarda bu ortalama değerler referans alınmıştır. Ölçümler ve yapılan hesaplamalar sonucunda eski ve yeni durum için Tablo 4.2’ de verilen değerler 2017 yılında elde edilmiştir.

Tablo 4.2. Sistem Analizi ve Ölçüm Verileri

ANALİZ (2017)	SİSTEM ANALİZİ - ÖLÇÜM VERİLERİ								
	Toplam Debi m ³ /h	ΔP Basınç mSS	P ₁ -1Güç Tüketimi kW	P ₁ -2 Güç Tüketimi kW	FK Sürücü Hz	Yıllık Çalışma Süresi (Saat)	Yıllık Tüketim kWh	Elektrik Birim Maliyeti ₺	Yıllık Tüketim ₺

ESKİ POMPA	333	29	33,9	12,3	42	8.700	401.940	0,28	112.543
YENİ POMPA	333	29	22,6	13,5	46	8.700	314.070		87.940

4.6.Verilerin Analizi

Analiz sonucu tasarruf verileri toplanarak karşılaştırmalara imkân sunulacaktır. Verilerin 2017 yılına ait ve Tablo 4.3’deki eski ve yeni sistemin karşılaştırma sonuçları

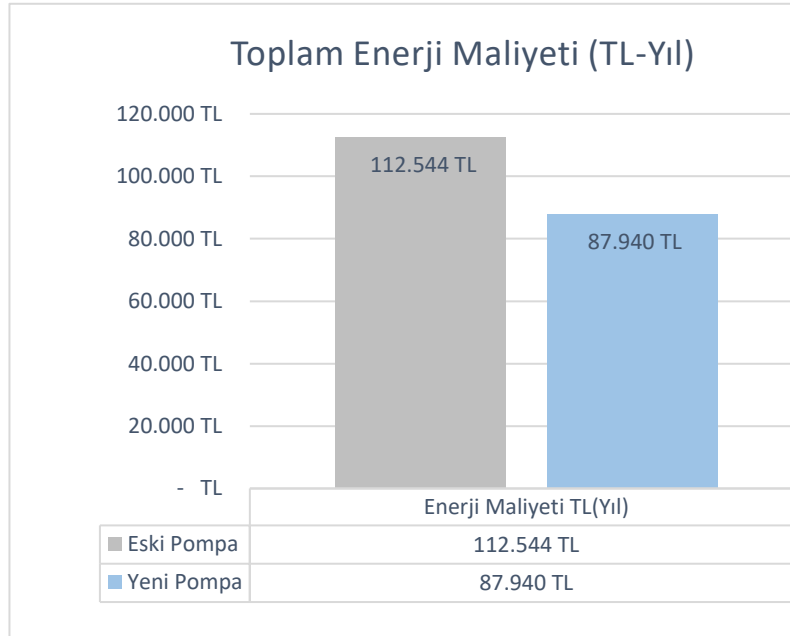
bize ortalama %21,9 tasarruf hesaplanmaktadır, sistemin maliyet analizleri sonucu işletmeye 12,6 ay buda ortalama 1 yılda amortisman süresince yatırım maliyetini sağlamış ve sistemini yenilemiş olacaktır.

Tablo 4.3. Analiz Sonucu Tasarruf Verileri

ANALİZ (2017)	ANALİZ SONUCU TASARRUF VERİLERİ							
	Değişen Pompa Sayısı	Yıllık Tüketim ₺	Yıllık Fark kWh	Yıllık Kazanç ₺	Tasarruf Oranı %	Yaklaşık Pompa Birim Fiyatı ₺	Miyim Toplam Yatırım Fiyatı ₺	Amortism an Süresi Ay
ESKİ POMPA	2	112.544	87.870	24.604	21,9	12.927	25.854	12,6
YENİ POMPA	2	87.940						

4.6.1. Enerji Maliyet

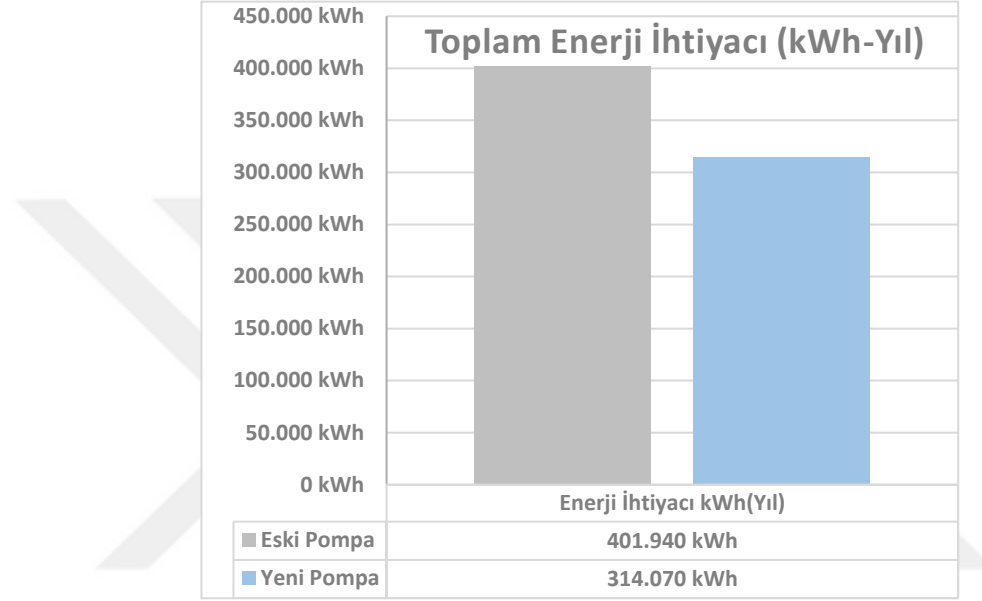
Sistem analizi sonucu yıllık 24.604,00 ₺ tasarruf sağlanmış olup ülke ekonomisine ve doğaya salınacak Karbon salınımını (CO₂) azaltma imkânı sağlanmıştır. Sistemi verimliliğini uygun değer tutulması ve her geçen gün çevreci ürünlerin tercih edilmesi ön plana çıkarak sürdürülebilir çevre politikasında uygun olacaktır. Şekil 4.5’de eski ve yeni sistemin enerji maliyeti karşılaştırılması gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Eski ve Yeni Sistemin Enerji Maliyeti Karşılaştırılması

4.6.2. Yıllık Enerji Gereksinimi

1 kW_h enerji için ortalama 0,6 kg CO₂ salınımını atmosfere bırakılmaktadır. Bu yapılan analiz sonucunda 87.870 kW_h yılda elektrik enerjisini tasarrufu sağlaması sonucunda karbondioksit salınımını yıllık 52.722 kg CO₂ 'nin doğaya bırakılmasını önlemiş olacağız. Emisyon oranının azalmasıyla beraber binlerce ağcın kesilmekten kurtarmış olacağız. Şekil 4.6'da eski ve yeni sistemin yıllık enerji ihtiyaçlarının karşılaştırması gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Eski ve Yeni Sistemin Yıllık Enerji İhtiyaçlarının Karşılaştırması

4.6.3. On Yıllık Maliyet Analizi

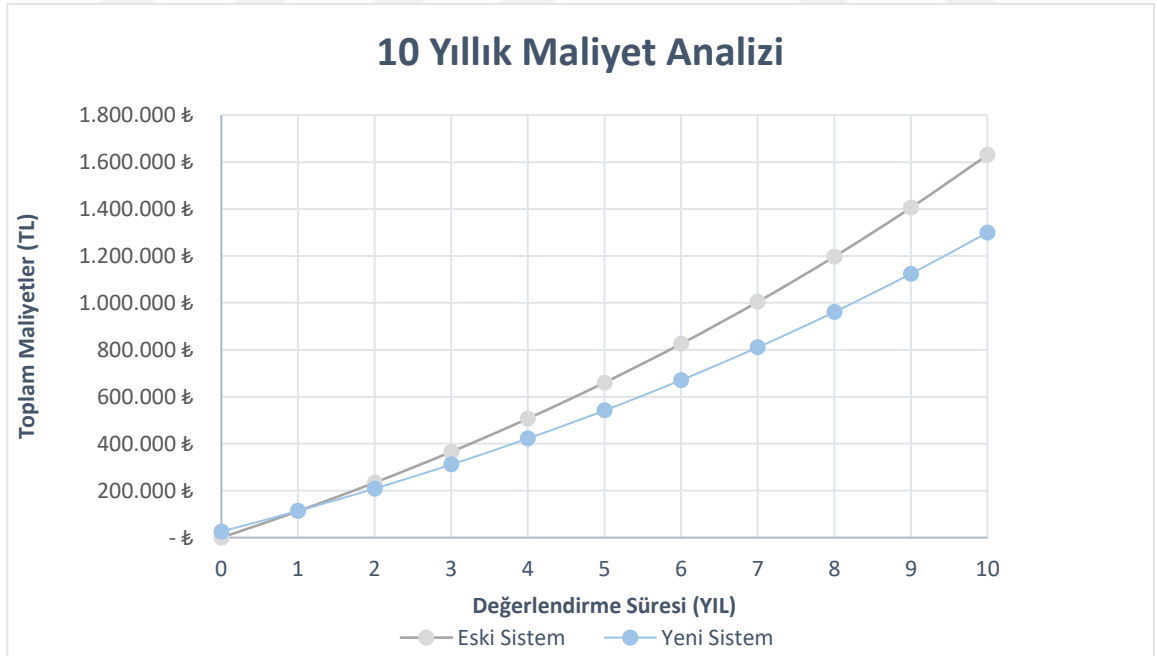
Pompa değişimi sayesinde tasarruf yapılan enerji miktarının ortalama 880.000 kW_h miktarı kadar enerji üretimi azalacak ve üretim maliyetlerinin ciddi oranlarda düşmesi beklenecektir. Bu etki sayesinde zincirleme reaksiyonla gerçekleşerek “1 adet ağacın yıllık ortalama 11 kg CO₂ ‘ti tutabilmektedir” bu neden tasarrufumuzun sayesinde yılda yaklaşık 47.930 adet ağacı kurtarmış olacağız. Pompa değişiminin ekonomiye katkısı doğaya yapılan zararı daha çok faydasını görülmektedir, sadece basit bir pompa seçimi ve tercih ile nesillerimize temiz bir gelecek bırakabileceğimize elimiz mümkün. Ömür maliyeti hesaplanırken on yıllık maliyet analizlerin incelenmektedir. Tablo 4.4 ‘de ayrıntılı bir biçimde on yıllık maliyet tablosu verilmektedir.

Tablo 4.4. On Yıllık Maliyet Tablosu

Yıl (2017)	Eski Sistem Enerji Gideri ₺	Eski Sistem Toplam Maliyet ₺	Yeni Sistem Enerji Gideri ₺	Yeni Sistem Toplam Maliyet ₺
0	.	.	.	25.854
1	112.543	112.543	87.940	113.794
2	121.547	234.090	94.975	208.768
3	131.270	365.360	102.573	311.341
4	141.772	507.132	110.779	422.120
5	153.114	660.246	119.641	541.761
6	165.363	825.609	129.212	670.973
7	178.592	1.004.201	139.549	810.522
8	192.879	1.197.080	150.713	961.235
9	208.310	1.405.390	162.770	1.124.005
10	224.974	1.630.364	175.792	1.299.797

4.6.4. On yıllık Enflasyon Etkisi Analizi

Enflasyon oranı yıllık %8 ön görülerek on yıllık maliyet analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda şekil 4.7'deki grafik elde edilmiştir. Yatırım maliyetini 12,6 ay amorte etmektedir. Grafik bize yıllar arttıkça aradaki makas artacağını ifade etmekte,



Şekil 4.7. Eski ve Yeni Sistemin On Yıllık Maliyet Analizinin Karşılaştırılması

Sistemlerin düzenli izlenerek ve teknolojinin daha verimli ürünlerini kullanılması ile tasarruf oranlarının sürekli olarak iyileşmesini sağlamış olacaktır.

BÖLÜM 5: SONUÇLAR

Endüstride yapılan etütler sonucunda, fabrikanın kule soğutma pompalarının, eski sistemde ki mevcut pompaların toplam debisi ve basma yüksekliği; $Q:333 \text{ m}^3/\text{h}$ ve $\Delta p:29 \text{ mSS}$ basınç ölçüm sonucu veri değerleri elde edilmiştir. Ölçülen kapasite karşılığında enerji hattından $46,2 \text{ kW}$ enerji tükettiğini ölçülerek tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ve analiz sonucunda yeni model önerilmiştir. Önerilen Pompa değişiminde sonrası sistem veri analizleri incelendiğinde, değişen pompa tüketimi $Q:333 \text{ m}^3/\text{h}$ ve $\Delta p: 29 \text{ mSS}$ basınç, kapasite karşılığında enerji hattından $36,1 \text{ kW}$ enerji tükettiğini ölçülerek tespit edilmiştir. Eski Sistem ilk kurulu güç $3 \times 30\text{kW}$ ve çalışan pompa 2asıl bir yedektir. Değişim sonucu yeni sistem kurulu gücü $2 \times 22 \text{ kW}$ 2 asıl olarak değişim gerçekleştirildi. Çalışma süresince ortalama saatte $10,1 \text{ kW/h}$ tasarruf sağlanmaktadır. Sistem kurulu gücü 30 kW 'tan 22 kW indirilmiş olup bakım maliyetlerinde de azalma sağlanması ile beraber enerji tasarrufuna ulaşılmıştır. Tasarruf miktarı 87.870kWh ve $\%21,9$ oranda hesaplanan karşılaştırma neticesinde tasarruf yapıldığı tespit edildi. Yılda ortalama 8700 h (saat/yıl) çalıştığını belirler, çalışma süresi kabul sayılarak yıllık tasarruf sonucu sistem kendin yaklaşık $12,6$ ayda amorte edeceği hesaplanmıştır. Soğutma kulesi pompaların sistemin yıllık ekonomiyeye katkısı ortalama $24.604,00 \text{ ₺}$ tasarruf ettiği ölçümler hesaplanmıştır. Sistemin ölçüm ve hesaplamalar neticesinde hesaplanan ve kabul edilen düzeyde 2017 yılına ait ölçüm ve araştırma gerçekleşmiştir. Bu tasarruf bir yılda 15 askeri ücretlini maaşına denk geldiğini ifade edebiliriz. Elde edilen tasarruf yeni yatırımlara ve çalışan personele katma değer olarak döneceğini düşünüyorum. Sonuç olarak ülke ekonomisine küçükte olsa araştırmalar sonucu katkı sağlanmıştır.

Enerji tasarrufu ülke ekonomisine katkısı göz arda edilmeyecek kadar önemlidir. Ölçüm verileri sayesinde somut olarak ifade edilmektedir. Ekonomik boyutu yanı sıra çevreye kirliliğine karşı katkısını göz önüne alırsak, ülkemiz için hesaplanan karbon emisyonu azaltmak ve bu doğrultuda ölçüm analizleri sonucunda sistemde yaklaşık 204.349 CO_2 emisyonun doğaya salımı azalması hesaplanmaktadır. Gelecek nesillerimize daha temiz bir ülke ve dünya bırakabilmemiz için daha verimli sistemler tercih edilmelidir. Enerjimizi ve ekonomimizi boşa yere israf edilmemelidir. Yatırımlarımızı yenilenebilir enerji kaynaklarından aktararak temiz enerjiden faydalanmalıdır. Ülke genelinde bu tip yatırımlar yaygınlaştırılmalı ve teşvik edilmelidir.

Yeni yatırımların ömür maliyetleri hesaplanmalı ve eski yatırımlar incelenerek verimli sistemlere dönüşümleri gerçekleştirilmelidir.



KAYNAKÇA

- [1] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, «Etütler,» T.C. Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı, Ankara, 2011.
- [2] Paris Anlaşması, «İklim Değişikliği Müzakereleri,» T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 2016.
- [3] Elektrik Mühendisler Odası, «Elektrik Motorları İle İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklere Dair Tebliğ,» Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığından, Ankara, 2012.
- [4] TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ, Döner Elektrik Makineler, Ankara: TSE, 2014.
- [5] TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ, «Türkiye ve Dünyada Elektrik Motorları Enerji,» Elektrik Mühendisler Odası, Kocaeli, 2013.
- [6] Wilo Akadem, Pompalarda Enerji Verimliliği, İstanbul: Wilo Pompa Sistemleri A.Ş, 2014.
- [7] A. SARIGÜL, Santrifüj pompalarda Enerji Verimliliği, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Programında, 2010.
- [8] D. ÇUHA, «Santrifüj Pompa Sistemlerinde Enerji Tasarrufu,» TTMD Makale 40-3, 2005.
- [9] A. Ö. ERTÖZ, «Pompalarda Enerji Verimliliği,» VI. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ VE SERGİSİ, İzmir, 2001.
- [10] M. S. C. v. M. S. MAMIŞ, «Endüstriyel Tesislerde Verimlilik ve Güneş Enerjisi Kullanımı,»VI.ENERJİ VERİMLİLİĞİ, KALİTESİ SEMPOZYUMU VE SERGİSİ BİLDİRİLERİ, Bitlis, 2014.
- [11] T. E. v. S. Çalışır, «Sulamada Kullanılan Santrifüj Pompalarda Kaviteyasyon Karakteristiklerinin,»Tarımsal Mekanizasyon 23. Ulusal Kongresi, Çanakkale, 2006.
- [12] B. Nalbantoğlu, Pompalarda Enerji Tasarrufu, İstanbul: Alarko-Carrier San. ve Tic. A.Ş. Medya Makale6, 1995.
- [13] Ö. A. v. A. Y. Harun Kemal ÖZTÜRK, «Yapılarda Kullanılan HVACSistemlerinde Kontrol,» no. 90, 2005.
- [14] Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, «Enerji Verimliliği için 2023 Vizyon ve Çözümleri,» İstanbul, 2017.

- [15] TMMOB , Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Oda Raporu, Ankara: MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI, 2008.
- [16] TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ, Rotodinamik pompalar - Hidrolik performans kabul deneyleri, Ankara: TSE, 2012.
- [17] S. ÖĞÜT, POMPALARDA ENERJİ TASARRUFU, Kocaeli: Alarko-Carrier San. ve Tic. A.Ş. Medya Makale1101-3, 2000.
- [18] B. TÜRKMEN, Santrifüj Pompal Sistemlerinde Enerji Tasarrufu, Ankara: Makine Mühendisler Odası, 2009.
- [19] M. YALÇIN, Radyal Pompa Çarklarındaki Daimi Olmayan Akışın Deneysel İncelenmesi, İstanbul: İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FBE Isı Akışkan Lisansüstü Programı, 2005.

