



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**MUHTELİF ALTYAPI ÜRÜNLERİ ÜRETEN
BİR DÖKÜM FABRİKASININ ENERJİ
ETÜDÜ**

Bahtiyar TAŞDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Haziran-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Bahtiyar TAŞDEMİR tarafından hazırlanan “Muhtelif Altyapı Ürünleri Üreten Bir Döküm Fabrikasının Enerji Etüdü” adlı tez çalışması 24/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Ali KAHRAMAN

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Fatih AKKURT

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk DARICI

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Bahtiyar TAŞDEMİR

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHTELİF ALTYAPI ÜRÜNLERİ ÜRETEBİR DÖKÜM FABRİKASININ ENERJİ ETÜDÜ

Bahtiyar TAŞDEMİR

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih AKKURT

2019, 54 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Ali KAHRAMAN
Dr. Öğr. Üyesi Fatih AKKURT
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk DARICI**

Enerji verimliliği, endüstriyel işletmelerde aynı işin daha az enerjinin kullanılarak sağlanması, işletmenin ekonomik verimliliği ve ülke ekonomisi için zorunludur. Türkiye enerji tüketimi açısından günümüzdeki durumu dünya ortalamasının üzerindedir. Türkiye’de enerji giriş maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı mevcut enerjinin daha tasarruflu kullanılması gerekmektedir. Enerjinin %35’lik bir kısmının tüketildiği sanayi kuruluşlarında yapılacak bir enerji etüdü çalışmasının ülkemizin var olan enerji açığına da önemli katkılar sağlayacağı bir gerçektir. Bu tez çalışmasının konusu, muhtelif altyapı ürünleri üreten bir döküm fabrikasının enerji etüdü 01.01.2018–29.02.2018 tarihleri arasında gerçekleştirilen detaylı enerji etüt çalışmalarında fabrikanın tüm bölümleri detaylı olarak incelenmiştir. Yapılan bu incelemelerde enerjinin boşa harcandığı kaynaklar, verimli çalışmayan ekipmanlar ve kaçak gerçekleşen enerji noktaları tespit edilmiştir. Eksiklerin giderilmesi yönelik enerjinin verimli kullanımı hakkında öneri ve projeler ortaya konmuştur. Ayrıca işletmede tüketilen enerjinin aylık ve yıllık dökümü çıkarılarak yapılabilecek verimlilik artırıcı uygulamalarda tahmini tasarruf tutarları hesaplanmıştır. Enerji tasarruf potansiyelini, enerji kayıplarını ve sera gazı emisyonlarını belirlemek ve bunlarla ilgili geri kazandırıcı veya önleyici tedbirleri teknik ve ekonomik boyutları ile ortaya konması hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Enerji, enerji etüdü, endüstriyel işletmeler, verimlilik

ABSTRACT

MS THESIS

**ENERGY STUDY OF A CASTING PLANT PRODUCING VARIOUS
INFRASTRUCTURE PRODUCTS**

Bahtiyar TAŞDEMİR

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL ELECTRONICAL ENGINEERING**

Advisor: Dr. Öğr. Fatih AKKURT

2019, 54 Pages

Jury

Prf. Dr. Ali KAHRAMAN

Asts. Prof. Fatih AKKURT

Asts.Prof. Selçuk DARICI

Energy efficiency in industrial enterprises provide the same job using less energy, and is a necessity for the country's economy and the economic efficiency of the enterprise. The current situation in terms of Turkey's energy consumption is above the world average. In Turkey, energy input costs are high, since it is necessary to use the available energy more efficient. Energy 35% of energy consumed in industrial organizations is to be made a portion of work study that will provide a significant contribution to our country's energy deficit is a fact. The subject of this thesis, the energy of a plant that produces casting products for various infrastructure study detailed energy surveys performed between the dates of 01.01.2018–29.02.2018 in all parts of the plant are discussed in detail. In this paper, resources are being wasted energy, efficient, non-working equipment and fugitive energy points that occur have been identified. For the elimination of deficiencies has been demonstrated in projects and suggestions about the efficient use of energy. Also the energy consumed in operation of dump that can be made by subtracting monthly and annual productivity-enhancing applications, estimated in the amount of savings was calculated. Energy savings potential, identify energy losses and greenhouse gas emissions ,technical and economic dimensions of restorative or preventive measures aimed to reveal about them back.

Keywords: Energy, energy audit , industrial businesses, productivity

ÖNSÖZ

“Muhtelif altyapı ürünleri üreten bir döküm fabrikasının enerji etüdü” konulu tez çalışmamda beni yönlendirerek yardımlarını eksik etmeyen tez danışmanı hocam Dr. Öğr. Üyesi Fatih AKKURT 'a, manevi desteğini esirgemeyen ve bana hep güvenen sevgili eşim Esra SAYIN TAŞDEMİR 'e, çalışmam esnasında yardımlarını esirgemeyen abim Oğuz TAŞDEMİR 'e, bana uğur getiren biricik kızım Deren TAŞDEMİR 'e, bugünlere gelmemde her türlü fedakarlığı yapan annem ve ebediyete intikal eden babama teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bahtiyar TAŞDEMİR
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Dünya'da Enerji Tasarrufu ile İlgili Çalışmalar.....	3
1.2. Türkiye’de Enerji Tasarrufu ile İlgili Çalışmalar.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Enerji Yönetimi.....	11
3.1.1. Enerji yönetim politikası ve stratejisi.....	12
3.1.2. Enerji yöneticisinin görevlendirilmesi.....	13
3.1.3. Enerji yöneticisinin görevleri.....	14
3.1.4 Enerji komitesi.....	14
3.2. Fabrikalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması.....	16
3.2.1. Mevcut tesislerde enerji verimliliğini arttırıcı önlemler.....	16
3.2.2. Yeni kurulacak tesislerde enerji verimliliğini arttırıcı önlemler.....	17
3.3. Enerji Etüdü Yapılan İşletmenin Tanıtımı.....	17
3.3.1. Endüstriyel işletme bilgileri.....	17
3.3.2. Proses bilgileri.....	18
3.3.3. Ön enerji etüt bilgileri.....	19
3.4. Hedef Belirleme ve Enerji İzleme.....	20
3.4.1. Enerji tüketim standardının belirlenmesi.....	21
3.4.2. Enerji tüketim hedefi belirlenmesi.....	23
3.5. Karbon Ayak İzi Hesabı.....	24
3.6. Kullanılan Cihazlar ve Alınan Ölçümler.....	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	26
4.1. Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri.....	26
4.2. Üretim -Tüketim Analizleri.....	29
4.3. Enerji Yönetimi İle İlgili Mevcut Durum Değerlendirmesi.....	31
4.4. Genel Bulgular ve Öneriler.....	31
4. 5. Potansiyel Enerji Verimliliği Yatırım Projeleri Analizleri.....	32
4.5.1. İndüksiyon Ocaklarında Kapağın Daha Fazla Kapatılması Projesi.....	32
4.5.2. Basınçlı Hava Kompresörü Değişken Hızlı Sürücü Uygulaması Projesi.....	34

4.5.3. Basınçlı Hava Sistemindeki Kaçakların Giderilmesi.....	35
4.5.4. Fan Motorlarında Verimli Kayış Uygulaması.....	37
4.5.5. Yüksek Verimli Motor Uygulaması Projesi.....	38
4.5.6. Aydınlatma Projesi.....	41
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR.....	49
EKLER.....	52
EK-1 TEP Çevrim Tablosu.....	52
EK-2 Elektrik Ölçümleri.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CO ₂	: Karbondioksit
Db	: Desibel
Dk	: Dakika
h	: Saat
kCal	: Kilo Kalori
kg	: Kilo Gram
kW	: Kilo Watt
kWh	: Kilo Watt Saat
m ²	: Metre Kare
m ³	: Metre Küp
MWh	: Mega Watt Saat
R2	: Regresyon Uyumluluk Katsayısının
tCO ₂	: Ton Karbondioksit
η _{standart}	: Standart Tip Motor Verimi
η _{yüksek verimli}	: Yüksek Verimli Tip Motor Verimi
\$: Dolar
W	: Watt

Kısaltmalar

AC	: Alternatif Akım
ABD	: Amerika Birleşik Devleti
CEMEP Komitesi	: Avrupa Elektrik Makineleri Güç Elektroniği İmalatçılar
ÇS	: Çalışma Süresi
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EY	: Enerji Yöneticisi
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GÖS	: Geri Ödeme Süresi
IEC	: Uluslararası Elektro Teknik Komitesi
IE	: Uluslararası Verimlilik
IE1	: Standart Verimlilik

IE2	: Yüksek Verimlilik
IE3	: Üst Seviye Verimlilik
JICA	: Japon Teknik İşbirliği Teşkilatı
SET	: Spesifik Enerji Tüketimi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TL	: Türk Lirası
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TPS	: Toyota Üretim Sistemi
VAP	: Verimlilik Artırıcı Projelerin
VFD	: Değişken Frekanslı Sürücü
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YO	: Yükleme Oran

1. GİRİŞ

Enerjinin üretimi, çevrimi ve tüketimi çevreyi olumsuz etkileyen sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Özellikle atmosfer, enerji kullanımını sonucu kirlenmekte ve fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkan karbon emisyonlarını minimize ederek bu emisyonların neden olduğu küresel ısınma ve buna bağlı olarak ortaya çıkan iklim değişikliklerini önlemenin iki temel yolu vardır. Birincisi fosil yakıtlar yerine yenilenebilir çevre dostu enerji kaynaklarını kullanmak, ikincisi enerjiyi daha verimli kullanmak ve enerji tasarrufu yapmaktır. Bugün herkes tarafından kabul edilen bir gerçek ise en ucuz enerjinin, verimli kullanım sonucu tasarruf edilen enerji olduğudur. Fosil yakıtlarının azalmasının yanında enerji tüketimindeki hızlı artışa bağlı olarak ozon tabakasının incilmesi ve sera gazı emisyonlarının insan yaşamını tehdit eder duruma gelmesi nedeniyle, enerji günümüzün en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır.

Dünyanın her yerinde, ülkeler enerji üretiminin ve kullanımının yeni yollarını keşfetmek için birbirleriyle adeta yarış içerisindedir. Bu yarışta önde olan ülkeler, dünya ekonomisine yön verecektir. Artık sadece fosil yakıtlara dayalı enerji ile modern yaşamının sürdürülebilir olmadığı kanıtlanmıştır. Bu sürdürülebilirliği sağlamak için enerji kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Arz sorunları ve artan enerji maliyetleri de enerji verimliliği kavramını ön plana çıkarmaktadır. Enerji verimliliği daha düşük karbonlu bir ekonomiye dönüşümü sağlayabileceği gibi enerji güvenliğine ve ekonomilerin rekabetçiliğine de fayda sağlayacaktır. Bu nedenle enerji verimliliği, sürdürülebilir kalkınmanın ve rekabetçiliğin en önemli bileşenidir [1]. Hızla tükenen fosil yakıtlarının yerine bir yandan alternatif enerji kaynakları aranırken, diğer yandan mevcut kaynakları etkin biçimde değerlendirilmesi gündeme gelmekte ve enerji tüketiminin konforu etkilemeden düşürülmesi yönünde eğilimler oluşmaktadır. Bu eğilimler genel olarak enerjinin daha verimli kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır[2].

Enerji tasarrufu kavramı, enerji atıklarının değerlendirilmesi, enerji verimliliğinin artırılması ve mevcut enerji kayıplarının önlenmesi yoluyla tüketilen enerji miktarının ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden, en aza indirilmesi olarak tanımlanabilir. Enerji tasarrufu, kısa ve orta dönemde ülkelerin enerji teminiyle ilgili sorunlarının çözümüne küçümsenemeyecek katkılar sağlar. Enerji tasarrufu enerjiyi kullanmamak anlamına gelmez. Enerji tasarrufu, enerjinin gereksiz

kullanım sahalarını belirlemek ve israfı asgari düzeye indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için alınan önlemleri içerir. En ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir.

Enerjiyi verimli kullanmak ve enerji tüketen sistemlerde enerji tasarrufu sağlayabilmek için enerji yönetiminin en iyi şekilde yapılması gerekmektedir. İyi bir enerji yönetimi, iyi bir enerji denetimi ile başlar. Bir enerji denetimi, mevcut bir tesiste, binada veya yapıda nerede ve ne kadar enerji tüketildiğini tanımlar. Endüstriyel bir enerji denetimi, işletme içinde kapsamlı bir enerji yönetimi programının tanımlanması ve izlenmesinde etkili bir araçtır. Enerji yönetimi kapsamında enerji yoğun olarak kullanıldığı sektörlerde, enerjinin nerede ve nasıl tüketildiğini ve sisteminin ne kadar verimli olduğunu belirlemek için enerji muhasebesi yapılır. Ayrıca bu kapsamda yüksek enerji kullanım alanları tanımlanır, enerji israf edildiği bölümlere dikkat çekilir ve enerji tasarrufunun yapılabileceği alanlar işaret edilir [3].

Metal döküm endüstrisi enerjinin yoğun olarak kullanıldığı sektörlerden birisidir. Metal döküm endüstrisinde dünyada 48.300'den fazla kayıtlı kuruluşun olduğu tahmin edilmektedir [4]. Metal döküm endüstrisinde, enerji tüketiminin yarısından fazlasını eritme işlemi oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu durum sektörde çok fazla enerji kullanılmasına neden olmaktadır [5]. Enerjinin yoğun olarak kullanıldığı bu sektörde, enerji verimliliğinin artırılması, işletmelerde enerji tasarrufunun sağlanması ve iyi bir enerji yönetiminin yapılması giderek daha önemli bir hale gelmektedir. Döküm sektöründe enerji verimliliğini arttırmak için yapılacak olan çalışmalar işletmelerin rekabet güçlerini arttıracak ve ekonomik olarak ta pek çok fayda sağlayacaktır [6]. Enerji maliyetlerini azaltmanın iki yolu mevcuttur. Birincisi, enerji tedarikçileriyle daha düşük fiyatlara pazarlık yaparak satın alınan enerjinin birim fiyatını düşürmek, ikincisi, işletmede iyi bir enerji yönetimi yaparak işletmedeki enerji israfının azaltılmasıdır [7].

Bu çalışmada, Muhtelif altyapı ürünleri üreten bir döküm firmasında 01 Ocak - 29 Şubat 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilen detaylı enerji etüdü kapsamında mevcut işleyiş koşullarına bağlı olarak gerçekleşen enerji tüketimi incelenmesi, enerji verimliliği potansiyelinin tespit edilmesi ve verimlilik artırıcı projelerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Her bir tasarruf potansiyeli için gerçekleştirilmiş enerji tasarrufu çalışmalarında tasarruf miktarı, tasarrufun mali karşılığı, CO₂ emisyonlara etkisi, yatırım tutarı ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Böylelikle döküm sektöründe iş yoğunluğu, önemsememe, eğitimsizlik veya bilinçsizlik gibi nedenlerle kaybolacak tasarruf potansiyelini nerelerde aramız gerektiği vurgulanmıştır.

1.1. Dünya’da Enerji Tasarrufu ile İlgili Çalışmalar

Sanayinin enerji kullanımını azaltma gereksinimi 1970’li yılların başında başlamıştır. Enerji verimliliği politikalarını tetikleyen en önemli faktör, 1970’li yıllarda başlayan enerji krizi ve buna bağlı gelişen petrol artışları fiyat olmuştur. Piyasalardaki sert rekabet, firmaları üretim maliyetlerini düşürmeye zorlamıştır. Yeni teknolojik gelişmeler eski teknolojiyle üretim yapan donanımların yerine daha az enerji tüketen makinelerin kullanılmasına öncülük etmiştir. Dünyada, enerji verimliliği ile ilgili olarak en sıkı önlemlerin alındığı 1973-1985 yılları arasında çalışmaların yürütüldüğü ülkelerde gayri safi yurtiçi hasıla %32 civarında büyürken aynı dönemde enerji tüketimi artışı sadece %5 olmuştur. Bunun sonucunda birim gayri safi yurtiçi hasıla başına enerji tüketimi %25 civarında düşmüştür. Bunda ekonomideki yapısal değişikliklerin yanı sıra enerji verimliliğindeki, iyileştirmelerin etkisi de büyük olmuştur [8].

Enerji verimliliğinin artması, bu dönemde devletlerin kararlı politikaları yürürlüğe koyması ve yüksek enerji fiyatlarının etkisi ile bu politikaların hayata geçirilmesinde halkın istekli davranmasından kaynaklanmıştır. Bu dönemden sonra enerji verimliliği çalışmaları, düşük seyreden enerji fiyatları sebebiyle, bir durgunluk dönemine girmiştir. Son senelerde dünyada enerji tüketiminin iklime etkisinin azaltılması için, mümkün olduğunca daha az enerji tüketilmesinin çözümlerden biri olduğu uluslararası platformlarda vurgulanmaktadır. 1990’lı yıllarla birlikte enerji ve çevre politikaları içinde enerji verimliliği tekrar öncelik almaya başlamıştır. Enerji tasarrufu çalışmalarında en etkin ve somut sonuç alan ülkelerden birisi ABD’dir. Bu ülkede son otuz yıl içerisinde enerji verimliliği yüksek teknolojiler kullanılmıştır. Böylelikle işletmelerde enerji verimi önemli miktarda arttırılmıştır. 1973 yılından bugüne ekonomideki büyüme %126 oranında gerçekleştirilirken, aynı süre zarfında enerji kullanım oranındaki artış yalnızca %30 olmuştur [9].

1.2. Türkiye’de Enerji Tasarrufu ile İlgili Çalışmalar

Enerji verimliliği konusunda, Enerji Bakanlığı bünyesinde Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) Genel Müdürlüğü uzun süredir çalışmalar yürütmektedir. Bu amaçla enerji verimliliğinin artırılması için etüt, eğitim, bilinçlendirme, istatistik, değerlendirme ve mevzuat geliştirme çalışmaları yürütülmektedir. Sanayide enerji verimliliğinin artırılması için Japon Teknik İşbirliği Teşkilatı (JİCA) ile proje çalışması yapılmıştır [10].

Yapılan çalışmalar yakın zamanda gerçekleştirilen düzenlemeler ile mevzuata yansıtılmış olup düzenlemeler halen devam etmektedir. Yürürlüğe giren yönetmelik ve kanunlar yayınlanma tarihlerine göre aşağıda sıralanmıştır.

- 2 Mayıs 2007 **Enerji Verimliliği Kanunu**, Kanun No: 5627
- 09 Ekim 2008 **Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği**, Sayı: 27019
- 25 Ekim 2008 **Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik**, Sayı: 27035
- 5 Aralık 2008 **Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği**, Sayı: 27075
- 6 Şubat 2009 **5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu Kapsamında Yapılacak Yetkilendirmeler, Sertifikalandırmalar, Raporlamalar ve Projeler Konusunda Uygulanacak Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ**, Sayı: 27133
- 27 Ekim 2011 **Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik**, Sayı: 28097

Ülkemizin enerji tüketimi yüksek olan sanayi sektöründeki enerji verimliliğinin artırılması için gerekli düzenlemeleri sağlamak amacı ile hazırlanan, 11/11/1995 tarih ve 22460 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Artırılması Hakkındaki Yönetmelik” gereğince; yıllık toplam enerji tüketimi 2.000 TEP ve yukarısında olan tüm fabrikalar enerji yöneticisi atamakla yükümlüdür. Yönetmelik gereğince EİEİ Genel Müdürlüğü tarafından sanayi kuruluşlarında çalışan mühendislere yönelik Enerji Yöneticisi kursları düzenlenmektedir.

27/10/2011 tarihli ve 28097 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik” in 30 uncu maddesinin birinci fıkrasında yer alan “Genel Müdürlük tarafından, kamu kesimine ait enerji yöneticisi görevlendirmekle yükümlü binalarda (Toplam inşaat alanı 10.000 m² ve üzeri veya Yıllık Toplam Enerji Tüketimi 250 TEP ve üzeri) 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.” 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. 2014 yılı içerisinde 166 adet kamu binasının etütleri ve enerji kimlik belgeleri bu yolla tamamlanmış olup değerlendirmeleri yapılmıştır. Ayrıca “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik” in 10 uncu maddesinin birinci fıkrasının (b) bendinde yer alan “Yıllık toplam enerji tüketimi 5000 TEP ve üzeri olan endüstriyel işletmeler ile toplam inşaat alanı 20.000 m² üzerinde olan hizmet sektöründe faaliyet gösteren binalarda etüt yapılır veya şirketlere yaptırılır. Bu etütler her dört yılda bir yenilenir.” hükmü doğrultusunda 2015 yılında başlanan etüt çalışmaları neticesinde 2017 yılı Ocak ayı itibariyle 270 adet endüstriyel işletmede ve 220 hizmet sektöründe faaliyet gösteren binada etüt yaptırılmış ve etüt raporları yapılmıştır [11].

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Döküm fabrikalarının enerji etüdü ile ilgili geniş bir literatür araştırması yapılmış olup ve tezin içeriğini şekillendirmiş temel yayınlara ilişkin özetler aşağıda belirtilmiştir. Bunlardan bazıları konu ile ilgili genel bilginin kazanılmasında etkin rol oynamakta, bazıları ise tez süresince gelişen tez içeriğinde yer bulmaktadır.

M. Noro., R. M. Lazzarin, bu çalışmada İtalya Devletinin döküm endüstrisinde enerji yönetimi ile ilgili yapmış olduğu yasal çalışmaları anlatılmıştır. Bu çalışma kapsamında Vicenza eyaletinde bulunan bazı dökümhanelerdeki döküm teknisyenleri ve Padua Üniversitesi'nin Centro Produttivita Veneto uzmanları ile birlikte ortak denetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu denetim çalışması sonucunda, enerji denetimlerinin gerçekleştirilme yöntemi, teknik ve ekonomik olarak değerlendirilen enerji tasarrufu teklifleri sonuçlarıyla birlikte belirtilmiştir [12].

Dr.M.Arasu, L.Rogers Jeffrey, bu çalışmada dört dökümhanedeki bir ton sıvı metali üretmek için gerekli olan enerji etüd çalışması yapılmıştır. Standart normlarla karşılaştırılabilecek ve sapma kontrol yöntemlerini uygulamak için kullanılabilir dökümhanelerin mevcut enerji tüketimi hakkında bir fikir vermiş ve aynı zamanda enerji tasarrufu ve maliyet kontrolü için çeşitli yollar araştırılmıştır. Sonuç olarak, enerji tüketiminin fazla olan döküm endüstrisinde enerjinin nerede ve nasıl tüketildiğini, enerji yönetim sisteminin ne kadar verimli olduğunu belirlemek için enerji muhasebesi gerekli olduğu sonucuna varılmıştır [13].

G. Patange, M. Khond, bu çalışmada küçük ve orta ölçekli endüstrilerde enerji yönetimi üzerine Hindistan'da yer alan 100 adet dökümhanede araştırma yapılmıştır. Enerji tüketimi ve proses detayları iki yıllık bir süre için dökümhanelerin ziyaret edilmesiyle toplanmıştır. Toplanan veriler sonucunda; ısı radyasyonunun dökümhanede önemli bir rol oynadığı, 40 W ışıktan oluşan T5 lambaların kurulması gerektiği, baca gazı incelemesi sonucunda hava akışını kontrol etmek için amortisör kullanılması gerektiği, motorların yeniden sargılamak yerine enerji verimli motorların tercih edilmesi gerektiği ve kompresörün VFD(değişken frekanslı sürücü) monte edildiği bilgileri anlatılmıştır [14].

Renato M. Lazzarin, Marco Noro, bu çalışmada İtalya'da yer alan 5 adet dökümhanede yapılan enerji denetimleri, demirin erimesinden elde edilen dökümün sonucunda var olan çeşitli işlemlerde enerji kullanımını açıklanmış, enerji tüketiminin üzerindeki etkiyi değerlendiren, bölüm başına enerji kullanımının detaylı bir analizini ve enerji performans endekslerini üreten ana ekipmanlar araştırılmış, indüksiyon

ocakları ve soğuk veya sıcak hava kupolleri bulunan dökümhaneler için bir çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak, en çok enerjinin indüksiyon ocaklarında harcandığı , iyi yalıtılmış bir kapağın ısı kaybını azaltılabileceği ve patlama kupollerinde verimliliği artırmak için en iyi önlemin hem sıcaklığa hem de korozyona dayanıklı uygun ısı eşanjörleri ile yanma havasında ön ısıtma yapılarak olabileceği belirtilmiştir [15].

Rub Nawaz Ansari, bu çalışmada Johannesburg Üniversitesi'nde yapılan araştırmalara göre, dökümhanedeki en yüksek elektrik enerjisinin eritme ünitesi tarafından tüketildiği, erime metallere enerji tüketimini azaltmaya çalışıldığı, dökümhanelerde ve buna bağlı olarak tüm imalat sektöründe işletme ve üretim maliyetlerini düşürmek için yapılması gerekenler anlatmıştır. 2013'te Polonya'da J.Jezierski ve K. Janerka tarafından 300 dökümhanede düzenlenen ankette, Toyota Üretim Sistemi (TPS) olarak da bilinen yalın üretim teknikleri yaygın ve düzgün bir şekilde uygulanmadığının sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, işletmelerde temiz hurda kullanımının seçilmesi, kaliteli döküm sağlayan minimum çekme sıcaklıklarının korunması, optimize edilmiş programlamaların olması, fabrika tavsiyelerine göre refrakter kalınlığını korunması ve hammadde eritirken veya tutarken kapağın tüm amaçlarla açık olduğu sürenin azaltılması gerektiği önerilmiştir [16].

M.S.Prashanth, R.Eshwar, Vikram K. Patel, J. Selvaraj, Rohit R., Rahul R., Gopi Krishna Menon, bu çalışma Hindistan'da bulunan demir döküm sektöründeki, enerji denetimi ve enerjinin korunmasının önemini vurgulamak, enerjinin korunmasının önemine ışık tutmak, sanayi sektörünün verimli enerji tüketiminin önemini vurgulamak, gerekli işlemleri uygun maliyetle ve ekonomik bir şekilde uygulamak amacıyla başlatılmıştır. Bu araştırma dökümhanelerdeki enerji israfını azaltmaya yönelik bir çözüm bulma olasılıklarını incelemiştir. Bu amaçla, basınçlı hava, hammadde ve fırın gibi önemli alanlar tespit edilerek bir enerji etüdü yapılmıştır. Denetim, basınçlı hava sistemini inceleyerek başlanılmış, sonrasında envanter ve hammadde kullanımı araştırılmış ve indüksiyon ocaklarının yalıtım durumuna bakılmıştır. Sonuç olarak, basınçlı hava sistemindeki hatalar tespit edilmiş ve düzeltici önlemler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra çeşitli faktörlerden kaynaklanan enerji israfı ölçülmüş ve daha iyi enerji kullanımı gösterecek şekilde geliştirilmiş tasarımlar oluşturulmuştur. Fırın yalıtımdaki ateş tuğlaları, yüksek termal şok direncine sahip seramik elyaf malzemelerle değiştirilmiştir. Küçük ölçekli dökümhanede gerçekleştirilen bu basit girişimlerin yılda yaklaşık 58 MWh enerji tasarrufu sağlayabileceği öngörülmüştür [17].

Patrik Thollander, Sandra Backlund, Andrea Trianni, Enrico Cagno, bu çalışmada 2010-2011 yıllarında Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Polonya, İspanya ve İsveç'te bulunan ulusal döküm birlikleri ve araştırma enstitüleri ile işbirliği içinde, e-posta veya posta yoluyla 831 dökümhaneye bir anket gönderilmiştir. Ankete 125 dökümhane cevap vermiştir ve bunlardan 65'i tamamen cevaplamıştır. Çalışmadaki katılımcılardan dökümhanelerindeki enerji tasarrufu potansiyelini tahmin etmeleri istenmiştir. Toplamda, katılımcılar işletmelerinin %7,5'lik bir enerji tasarrufu potansiyeli olduğunu tahmin etmişlerdir. Çalışılan dökümhanelerin neredeyse yarısından uzun vadeli bir enerji stratejisine sahip olmadığı, yaklaşık dörtte birinde Enerji Performans Sözleşmesini kullanıldığı ve yaklaşık on kuruluştan sadece birinde Üçüncü Parti Finansmanı kullandığını belirtilmiştir. Çalışılan dökümhaneler arasında, beşte üçü enerji denetimi yapmıştır. Sonuç olarak, araştırmadaki beş dökümhaneden ikisinin enerji denetimi yapmadığını ve enerji denetimi yapan dökümhanelerin, enerji denetimi yapmamış olan dökümhanelerden ortalama olarak daha yüksek enerji kullanımına sahip olduğunu gösterilmiştir. Enerji denetimi yapan firmalar, enerji denetimi yapmayan dökümhanelerden daha düşük enerji verimliliği potansiyeli olduğunu tahmin edilmiştir [18].

Somnath Bliattacharjee, N. Vasudevan, bu çalışmada Hindistan'ın Uttar Pradesh eyaletinde Agra'da bulunan kayıtlı 200 adet küçük ölçekli döküm endüstrisindeki enerji tüketim durumu değerlendirmek için bir çalışma yapılmıştır. Enerji israf alanlarında ve eritme fırınlarında uygulanabilecek olası enerji tasarrufu seçeneklerini belirlemek için fırınların detaylı kütle ve enerji dengesi yapılmıştır. Gerçekleştirilen enerji etüde indüksiyon ocaklarının kok besleme hızının (bir ton demiri eritmek için gereken kök miktarı - fırın verimliliğinin bir endeksi) çok yüksek olduğu, püskürtme hacminin ve püskürtme basıncının yanlış boyutlandırıldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, fırın işletme uygulamalarını iyileştirilerek ve basit maliyet etkin güçlendirme önlemleri alınarak, fırınlardaki kok tüketiminin %25-35 oranında düşürmenin mümkün olduğu, uygun enerji koruma önlemleri alınarak kaynaktaki kirlilik oluşumunu azaltmak için önemli bir kapsam olduğu, yalnızca işletim uygulamalarını iyileştirilerek ve mevcut tasarımı optimize ederek enerjinin %15'inden tasarruf etme ihtimalinin olduğu gözlenmiştir [19].

Patrik Thollander, Nawzad Mardan, Magnus Karlsson, bu çalışmada yatırım karar destek uygulanması ve karmaşık üretim ile ilgili yatırım kararlarının alınması durumunun, İsveç'teki küçük ve orta ölçekli üreticiler için durumunun başarılı bir

şekilde kullanılıp kullanılmayacağını araştırılmıştır. Sonuç olarak, dökümhanenin 5 adet fırınının eski olduğu yenileriyle değiştirildiği zaman 11 ton/saat erime kapasitesine sahip olacağı ve yaklaşık %30 daha az elektrik kullanılacağı tespit edilmiştir [20].

Patrik Thollander, Magnus Karlsson, Mats Soderstrom, Dan Creutz, bu çalışmada İsveç demir ve çelik döküm endüstrisindeki enerji verimliliği potansiyelini araştırmak için 2003 yılında yaklaşık 6 ay boyunca bir endüstriyel enerji etüdü çalışması Linköping Üniversitesi'ndeki Enerji Sistemleri bölümü tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, yüksek elektrik fiyatlarının İsveç demir ve çelik döküm endüstrisi üzerindeki etkisini araştırmak, kapsamlı bir endüstriyel enerji denetiminden kaynaklanan orta büyüklükteki bir İsveç demir dökümhanesi için bir enerji verimliliği potansiyelini ölçmek ve bunların enerji maliyetine etkilerini araştırmaktır. Sonuç olarak, yeni bir indüksiyon fırınına yatırım yapılması gerektiği, atık ısının yerel bölgesel ısıtma sistemine teslimi ve birlikte stratejik üretim planlaması gereği, yük yönetimiyle birlikte yoğun saatlerde güç talebini azaltmak için önerilmiştir. Ayrıca, basınçlı hava sisteminde sızıntıların giderilmesi, yeni bir kum hazırlama işlemine yatırım yapılması ve daha verimli pota ısıtması yoluyla büyük enerji tasarrufu sağlanabileceği belirtilmiştir. Bu önlemlerin uygulanması durumunda, dökümhanede enerji kullanımını yaklaşık %33 azaltılabileceği ve daha spesifik olarak elektrik kullanımını %23 oranında azalacağı ortaya çıkmıştır. Uygulamalar tasarruflar sonucunda 3000 kW'lık enerji tasarrufu elde edilebileceği tespit edilmiştir [21].

Sangmesh Bhalke, Ganesh Chate, Anupama Kallol, Sadanand Humbarwadia, Md. Riyaz, bu çalışmada Hindistan da bulunan 12 dökümhanede enerji etüdü yapılmıştır. Etüd sonucunda indüksiyon fırınının fazla güç harcadığı tespit edilmiştir. Temiz hurda kullanıldığında, ortalama güç tüketiminin yaklaşık %7,8 azaldığı gözlenmiştir. İndüksiyon ocağı kapağının ve şarj malzemesinin kapatılması durumunun güç tüketiminde çok önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Kapalı çalışma durumunda güç tüketimine %59,6 azaltıcı etkisi olduğu tespit edilmiştir [22].

Taner T., bu çalışmada kapsamında tekstil ve döküm sektörlerinde enerji taraması yapılmıştır. Belirlenen sanayi işletmelerinde enerji etütleri gerçekleştirilerek fabrikalarda ki enerji tüketim durumlarını ve enerjinin kullanıldığı alanlar belirlenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda enerji tasarruf imkanları araştırılmıştır. Yapılan enerji etüdü sonucunda görülen enerji tasarruf olanakları dikkate alınarak bu tesisler için çözüm önerileri yetkililerle paylaşılmıştır [23].

Kimsesiz E., bu çalışmada enerji yönetim sisteminin Erdemir Entegre demir çelik işletmesinde 1982 yılında başlatıldığını ve günümüze kadar sürdürüldüğü belirtilerek, çalışmaların sonuçları ve çevresel etkileri açıklanmıştır. Erdemir’de enerji tasarruf çalışmaları neticesinde yaklaşık %40 oranında enerji tasarrufu gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Erdemir ve ABD Entegre demir çelik tesislerindeki özgül enerji tüketim durumlarının karşılaştırılması yapılmıştır [24].

Hepbaşlı A., bu çalışmada enerji verimliliğinin iyileştirme yöntemleri ve enerji tasarrufunun tanımından bahsedilmiştir. Enerji yönetim sistemini oluşturan aşamalardan bahsedilmiştir. Programlı ve sistematik bir enerji yönetim sisteminin nasıl gerçekleştirileceğinden bahsedilmiştir [25].

Kaya D., Güngör C., bu çalışmada endüstriyel işletmelerde tasarruf edilebilecek enerji miktarları ve bunun karşılığı olan mali değerler için hesaplama yolları belirtilmiştir. Türkiye ve ABD’nin Arizona ve Nevada eyaletlerinde endüstriyel işletmelerde gerçekleştirilmiş olan enerji tasarrufu çalışmalarından örnekler verilmiştir. Bu örneklerde enerji tasarruf miktarı, tasarrufun mali karşılığı, yatırım tutarı ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada ele alınan başlıca tasarruf konuları; yüksek verimli motorların kullanımı, kompresör emiş havasının dış ortamdan alınması, basınçlı hava sistemlerinde düşük basınçlı hava kullanımı, basınçlı hava sistemindeki kaçakların önlenmesi, sıcak ve soğuk yüzeylerin izolasyonu, boşta çalışma süresinin azaltılması, standart V-kayışları yerine yüksek verimli olanların kullanılması olarak belirtilmiş ve bunlar detaylarıyla çalışmada ayrıntılı bir şekilde belirtilmiştir [26].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Enerji Yönetimi

Enerji yönetimi ürün kalitesinden, güvenlikten ve çevresel koşullardan fedakarlık etmeksizin ve üretimi azaltmaksızın enerjinin daha verimli kullanımı doğrultusunda yapılandırılmış ve organize edilmiş disiplinli bir çalışmadır. Enerji yönetimi para veya personel yönetiminden farklı değildir. Amaç yönetilen metanın etkin şekilde kullanılmasıdır. Yönetim, planlama, koordinasyon ve kontrol gibi birbirinden bağımsız olduklarında etkisiz kalabilecek işlevlerin bir araya gelerek oluşturdukları bir bütündür. Enerji yönetimi enerjinin verimli kullanımı doğrultusunda yapılandırılmış ve organize edilmiş disiplinli bir çalışmadır ve bütüncül yaklaşımlarla hiç yatırımsız %10 enerji tasarrufu sağlamanın mümkün olduğu bu konuda yapılmış bir çok araştırma sonucunda kanıtlanmıştır [27].

Ayrıca enerji yönetimi kapsamındaki verimliliği çalışmalarının sonuçları sadece enerji tüketimi üzerinde de etkili değildir. Bu çalışmalar sırasında tesis veya ünite üzerinde dikkatli bir izleme yapılması nedeniyle, ürün kalitesinde artış ve çevresel zararların azaltılması sağlanmaktadır. Bunlar da ek yararlar olarak sanayi kuruluşunun rekabet edebilirliğini ve karlılığının arttırmaktadır. Böylece enerji yönetimi faaliyetleri diğer olumlu yan etkilerle işletmede topyekun bir iyileşmeye öncülük eder. Aşağıda enerji yönetimi ile olumlu yönden etkilenebilecek fonksiyonlar belirtilmektedir.

- **Süreçlerin Optimizasyonu:** Enerji yönetimi çerçevesinde enerji optimizasyonu yapılırken üretim süreci de gözden geçirilmek zorundadır. Böylece ürün kalitesini ve miktarını da arttırmak üzere olanaklar ve üretim kayıplarının nedeni de ortaya çıkarabilir.
- **Birim Maliyetlerinin Düşürülmesi:** Yakından izlenen sistemlerdeki her türlü kaybın yeri ve miktarı kolayca tespit edilebilir ve önlem alınarak maliyetlerin düşmesi sağlanabilir. Sadece enerji konusunda değil, insan gücünün kullanımı, atık hammadde azalma ve iyileştirilmiş ürün, enerji yönetiminin tetiklediği diğer yararlardır ve maliyetlerin düşürülmesinde etkindir.
- **Kaliteli ve Yeteri kadar Enerji Kullanımı:** Sistemlerin incelenmesi ve enerji stratejisinin geliştirilmesi, ucuz, güvenilir ve temiz enerji imkanlarının ortaya çıkarılmasını sağlar.

- **Rekabetçi Koşulların Korunması:** Enerji yönetimi tüm maliyet ve kalite koşullarının yakından izlenmesi imkanı yaratmaktadır. Ulusal ve uluslararası rakiplerle ürün bazındaki karşılaştırmalarla iyileştirme imkanları ve hedefleri belirlenebilmektedir.
- **Tesis Ömrünün Arttırılması:** Enerji yönetimi sistemi çerçevesinde koruyucu bakım onarım çalışmaları ile donanım performansı yükselirken tesis ömrü de uzayacaktır.
- **Bakım Giderlerinin Azaltılması:** İzleme ve koruyucu bakım onarım çalışmaları ile sağlanabilir.
- **Yaklaşan Enerji Krizlerine Hazırlık:** Enerji yönetimi konusundaki strateji çerçevesindeki alternatif enerji senaryoları ile tesisin herhangi bir enerji kesintisi veya enerji fiyatlarındaki artışa hazırlıklı olması sağlanabilir.
- **Yaşadığımız Çevrenin Korunması:** Enerji ve çevre yönetimi bir işletmede ortak hedeflerle çalışırlar ve birbirleri üzerinde olumlu etkiye sahiptir [27].

3.1.1. Enerji yönetim politikası ve stratejisi

Enerji yönetim politikası, işletmede hedeflere ulaşmak üzere belirlenmiş ve herkesin üzerinde mutabakat sağladığı vizyondur. Bu politikanın belirlenerek ortaya konması enerji yönetim prosedürünün buna göre düzenlenmesi işletmenin enerji yönetimi programının başarısını sağlar. Enerji yönetimi politikası ve stratejisi, şirkete yol gösterecek ve şirket verimliliğinde kilometre taşlarından birisi olacaktır. Bu politika, işletmenin geniş kapsamlı enerji yönetim hedeflerini açıklayan politika ifadesi ve işletmenin enerji yönetim programını nasıl organize edileceğini belirleyen bir strateji olmak üzere iki bölümden oluşur. Bir enerji politikasının belirlenmesi;

- Şirketin enerji yönetim programına olan bağlılığı açıklar,
- Şirkette amaç birliği sağlayarak bu amacın herkesçe benimsenmesini sağlar,
- Sistematik bir enerji yönetim programı için rehberlik eder,
- Kişilerin davranışlarındaki değişiklikler için katalizör olarak etki eder,
- Enerji yönetimine yeterli kaynak ayrılmasını garantiye alır,
- Şirket yapısında ve gelişme stratejisinde enerji verimliliği kavramının yerleştirilmesini sağlar [27].

Politika her işletmenin kendine hastır ve bu politika, işletmedeki enerji yönetiminin amacını, hedeflerini ve enerji yönetimi konusunda kararlılığını ortaya koymalıdır. Bu herkese açık yıllık raporlar ve diğer şirket dokümanlarında görülebilir olmalı ve ölçülebilir özel hedefleri içermeli ve gelişmeler ve sonuçlar sürekli olarak dokümante edilmelidir.

Politika; hedefleri, sorumlulukları, organizasyonu, zamanlamayı ve kilometre taşlarını ve kaynakları kapsamalı, işletmenin yapısına uygun olmalıdır. Politika geliştirme aşamasında politikanın etkin olabilmesi için, işletmedeki her seviyeden kişilerden ve bu politikadan etkileneceklerden katkı alınmalı ve bu kişilerin olayın içinde olduğu hissettirilmelidir. Slogan “dahil et ama zorlama” olmalıdır.

Enerji yönetim stratejisi, politikada belirtilen amaçları gerçekleştirmek üzere bir yol haritası ortaya koymak üzere hazırlanır. Belirlenen hedefler strateji ile gelmek istenen noktaları tanımlar. Hedefler kesin ve mantıklı, özgün, ölçülebilir, başarılabılır, gerçekçi, zamanlı olmalıdır [27].

3.1.2. Enerji yöneticisinin görevlendirilmesi

25 Ekim 2008 tarihli Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik gereğince enerji yöneticisi görevlendirilmesi ve enerji yönetim birimi kurulması hususunda bazı şartlar belirlenmiştir. Enerji yöneticisi atanmasındaki kriterler şunlardır:

Sanayi tesislerinde;

- Yıllık enerji tüketimi 1000 TEP'den fazla olan işletmelerde çalışanlar arasından enerji yöneticisi görevlendirilir.
- 50.000 TEP ve üzeri olan işletmelerde enerji yöneticisinin sorumluluğunda bir Enerji Yönetim Birimi kurulur. Enerji yönetim birimlerinde, enerji yöneticisi dışında, en az bir makine ve bir elektrik veya elektrik-elektronik mühendisi çalıştırılır.
- Organize sanayi bölgelerinde yıllık enerji tüketimi 1,000 TEP'in altında olan işletmelere hizmet vermek üzere enerji yönetim birimi oluşturulur ve bu birimde, enerji yöneticisi dışında, en az iki teknik eleman çalıştırılır.
- 100 MW kurulu gücü olan elektrik üretim tesislerinde sertifikalı enerji yöneticisi görevlendirilir.

Endüstriyel işletmelerde, organize sanayi bölgelerinde ve binalarda enerji yöneticisi görevlendirmesi şu kriterlere göre yapılır:

- En az iki yıllık mesleki tecrübeye sahip olmak,
- TMMOB Meslek odalarına kayıtlı olmak,
- Enerji yöneticisi sertifika sahibi olması gereklidir [27].

3.1.3. Enerji yöneticisinin görevleri

Enerji yöneticisinin görevleri şu şekilde açıklanabilir.

- Enerji verileri toplama ve analizlerini yapar. Bu kapsamda enerji yöneticisi fabrikadaki tüm enerji ve su tüketim kayıtlarını tutar, tüm sayaç okumalarını denetler ve SET için endeksleri geliştirir ve bu endekslerin tüm önemli üretim sahaları için aylık bazda devam ettirir.
- Enerji satın alınmasını denetleme işlemini yapar. Bunun için tüm aylık yakıt faturalarını gözden geçirir ve birbirleriyle uyumluluğunu kontrol ederek her durumda optimum tarifeyi uygular, yakıt değiştirme olanaklarını araştırır, enerji ikmal yetersizliği ve kesintisi halinde uygulanacak planlar geliştirir.
- Enerji tasarruf imkanlarını değerlendirir. Değerlendirirken enerji tasarruf potansiyel alanlarını belirler ve bu alanlar için projeler geliştirir, enerji tasarruf projeleri için gerekli mali analizleri yapar, makine ve tesislerin verimli olarak işletilmesi için performans standartlarını oluşturur.
- Enerji tasarruf projelerinin denetlenmesi aşamasında işletme iyileştirmeleri ile sağlanacak enerji tasarrufu için ekipman bakım onarım, operatör eğitim programı gibi bazı programları başlatır, yatırım gerektiren enerji tasarruf projelerinin işlemlerini (şartname, ihale, montaj) takip eder .

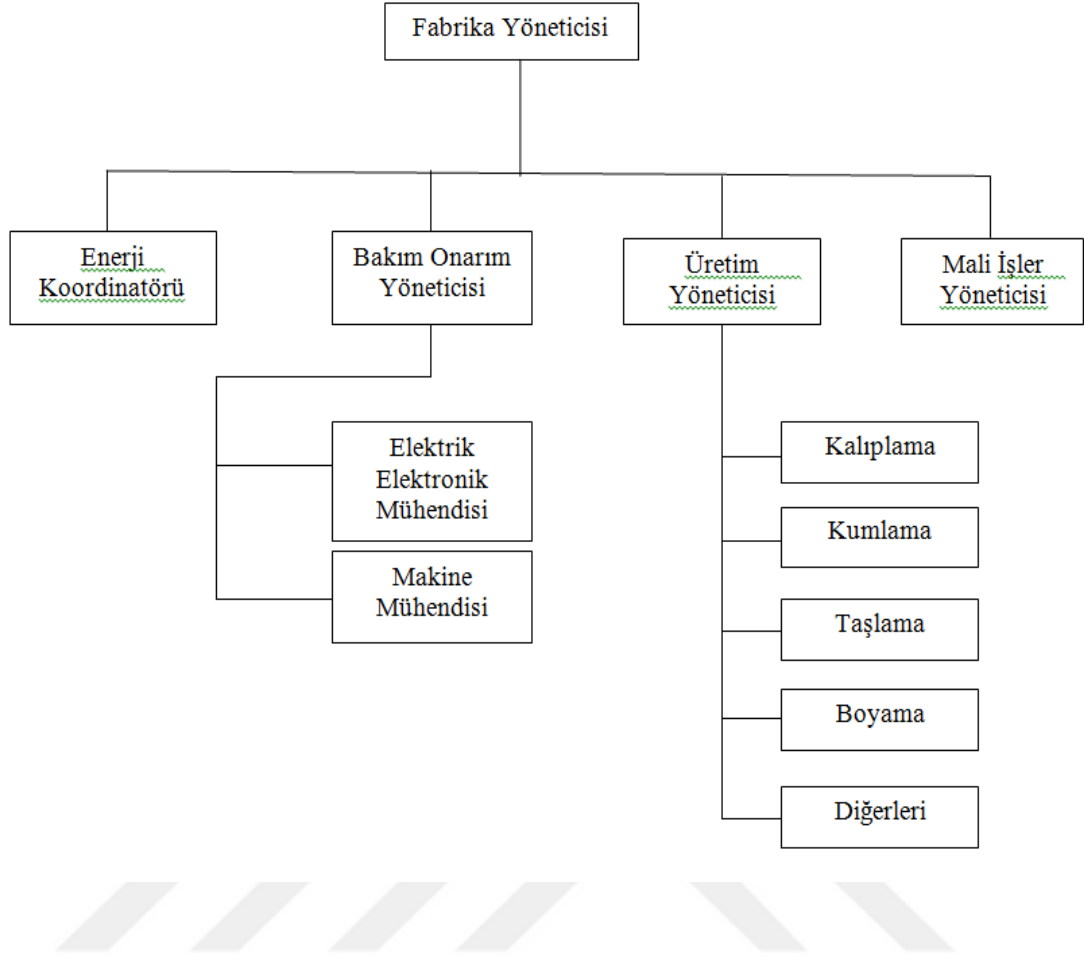
3.1.4. Enerji komitesi

Belirli büyüklüklerin üzerinde (Enerji Verimliliği Yönetmeliğine göre yıllık 50.000 TEP ve üzeri enerji tüketimi) enerji tüketen veya enerjinin toplam maliyetler içinde %20 ve üzerinde pay aldığı işletmelerde, etkin bir enerji yönetimi programı için fabrikadaki üretim, bakım ve muhasebe bölümlerinden oluşan bir enerji komitesi oluşturulmalıdır. Komitenin amacı; işletmenin farklı çalışma alanlarında tüm enerji ile ilgili faaliyetleri planlamak, uygulamak/uygulatmak ve sonuçları izleyerek gerekli düzenlemeleri yapılmasını sağlamaktır. Enerji komitesinin niteliği, mevcut yönetim yapısına, kullanılan enerjinin tip ve miktarına ve fabrikanın diğer özel faktörlerine bağlı olarak fabrikadan fabrikaya değişir.

Enerji tüketim ve üretim verileri daimi olarak komite tarafından her ay gözden geçirilmelidir. Önceki aylarla yapılan karşılaştırmaları yanı sıra önceden oluşturulan

hedefler ve kabul edilen standartların karşılaştırmaları yapılmalı, başlanmış enerji tasarrufu projeleri veya planlanan yatırımlar gözden geçirilmelidir. Son olarak, daha sonraki toplantı için amaç ve hedefler oluşturulmalıdır. Komite olsa da şirket içi veya dışı danışmanların bilgi ve deneyiminden gereğinde faydalanır. Komite bir üst düzey yöneticinin yönetiminde ve Enerji Yöneticisinin koordinasyonu ile, bazı şirketlerinde sadece ilgili bölümlerden bazı şirketlerde ise tüm bölümlerden görevlendirilmiş uzmanlarla periyodik olarak toplanır. Enerjinin kullanımında verimliliğin artırılarak üretimde birim enerji tüketiminin azaltılmasını sağlayacak potansiyel belirleme çalışması yapılmıştır [27].

Şekil 3.1.'de muhtelif altyapı ürünleri üreten bir döküm fabrikasının enerji organizasyon şeması verilmiştir. Bu şemada, fabrika yöneticisine bağlı olarak çalışan enerji koordinatörü, bakım onarım yöneticisi olarak elektrik elektronik mühendisi ve makine mühendisi, kalıplama, kumlama, taşlama ve boyama bölümlerinden sorumlu olan üretim yöneticileri ve mali işler yöneticisi bulunmaktadır. Bu enerji organizasyon şeması fabrikadan fabrikaya farklılık göstermektedir.



Şekil 3.1. Muhtelif altyapı ürünleri üreten bir döküm fabrikasının enerji organizasyon şeması

3.2. Fabrikalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması

3.2.1. Mevcut tesislerde enerji verimliliğini arttırıcı önlemler

Kurulu bir tesiste enerji verimliliğini arttırmak için çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlardan bazıları maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

- Mevcut yakma sisteminin en verimli şekilde kullanımı ile yakıtların yakılması,
- Isıtma, soğutma, iklimlendirme ve ısı transferinde en yüksek verimin elde edilmesi,
- Isı yalıtımının standartlara uygun olarak yapılması, ısı üreten, dağıtan ve kullanan tüm ünitelerin yalıtılarak ısı kaybının en aza indirilmesi,
- Atık ısı geri kazanımı,
- Elektrik tüketiminde kayıpların önlenmesi,
- Elektrikten ış, ısı vb. dönüşümlerde verimliliğin artırılması, mümkün olduğu takdirde bileşik ısı-güç üretimine geçilmesi,
- Otomatik kontrol uygulamaları ile insan faktörünün en aza indirilmesi,

- Hava kirletici emisyonların minimuma çekilmesi ve tüketilen enerji atıklarının çevreyi en az kirletecek şekilde saklanması için azami çaba gösterilmesi gerekir.

3.2.2. Yeni kurulacak tesislerde enerji verimliliğini artırıcı önlemler

Eğer yeni bir tesis kurulacaksa, önceden bazı tedbirleri almak yerinde olur. Kurulu bir tesis için yapılması düşünülen iyileştirmeler yeni kurulacak tesis için de geçerlidir.

- Yeni alınacak makineler enerji verimi yüksek olan teknolojiler arasından, standardizasyon ve kalite güvenlik sisteminin gereklerine dikkat edilerek seçilmelidir.
- Tesis, ısı yalıtımı açısından en verimli şekilde projelendirilir ve uygulama projeye uygun olarak yapılmalıdır.
- Tesisin kuruluşu aşamasında enerji verimliliği ile ilgili tüm ölçüm cihazları temin ve monte edilmelidir.
- Hava kirletici emisyonların minimuma çekilmesi ve tüketilen enerji atıklarının çevreyi en az kirletecek şekilde saklanması için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.
- Bileşik ısı-güç üretimine önem verilmelidir.

3.3. Enerji Etüdü Yapılan İşletmenin Tanıtımı

3.3.1. Endüstriyel işletme bilgileri

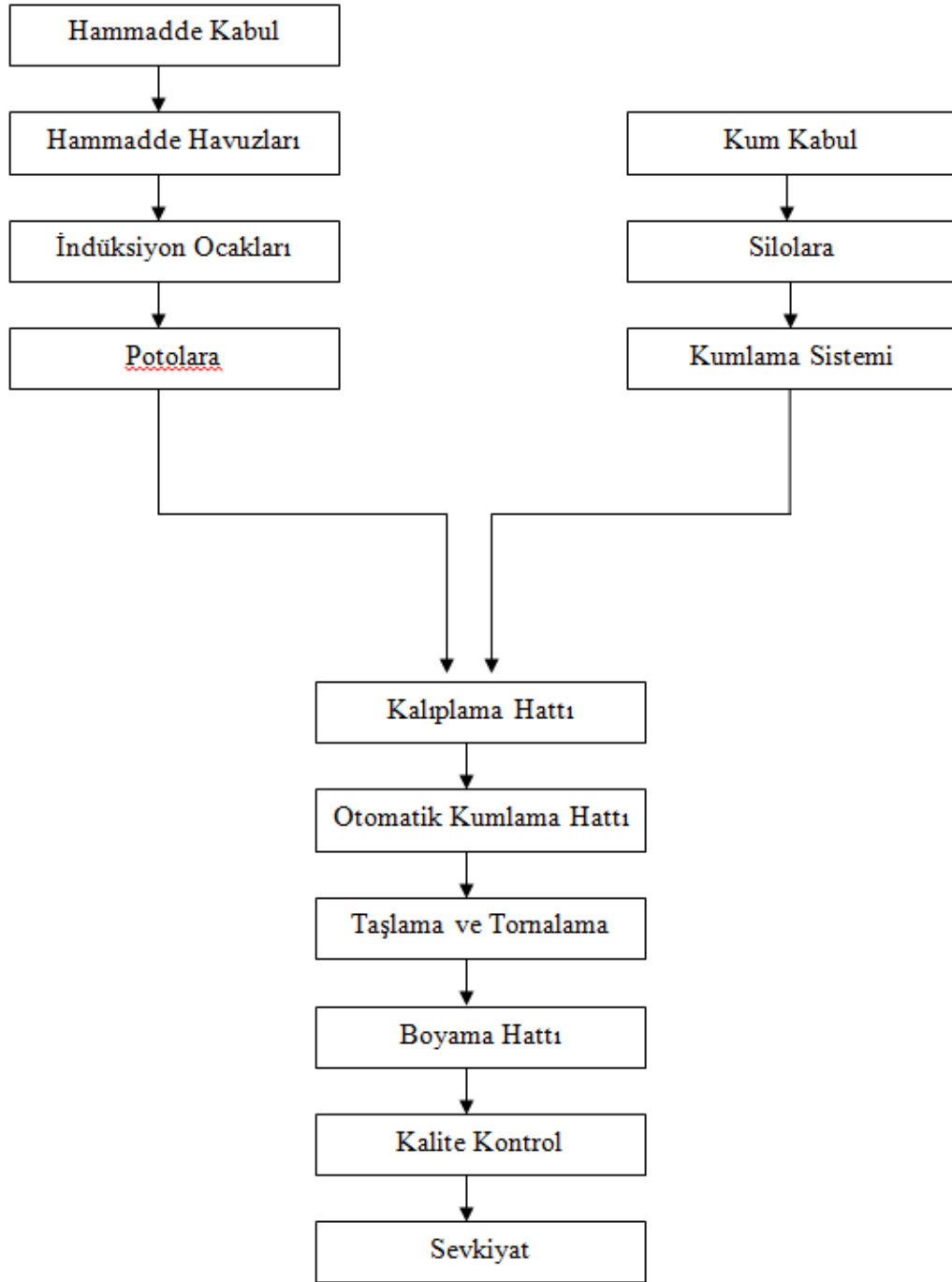
Muhtelif altyapı ürünleri üreten firma, uzun zamandan beri pik ve sfero döküm ürünleri üretimi konusunda faaliyet göstermektedir. Konya ilinde faaliyet gösteren firma da 300 işçi çalışmakta ve çalışan işçiler 3 vardiya şeklinde görev yapmaktadır. Fabrikada 2 adet kalıplama hattı, 2 adet kumlama sistemi, 4 adet indüksiyon ocağı, işleme tezgahları, kumlama ve temizleme makineleri mevcuttur. 2017 yılında 13.000 ton pik ve sfero dökümü yapılmıştır. Bunun 11.000 tonu sfero, 2.000 tonu ise pik dökümü yapılmıştır.

3.3.2. Proses bilgileri

Fabrikada telekom mendhol kapak, kanalizasyon rögar kapak, yağmursuyu ızgarası ve otomotiv parçaları dökümü yapılmaktadır. Sfero ve Pik döküm hammaddeleri araçlarla fabrikaya getirilerek hammadde havuzlarına dökülür. Döküm hurdası (belirli bir kimyasal bileşime göre seçilen hurda) veya külçeler istenen bileşimi elde etmek için miktatsız vinç ile 1. hatta bulunan 2 adet 1 ton/saat' lik ocak, 2. hatta bulunan 2 adet 6 ton/saat' lik ocaklara belirli oranlarda karıştırılarak yüklenir. 1400-

1500 °C değerleri arasında hammadde ergitme işlemi yapılır. Bu aşamada, cüruf taşma çentiği yardımıyla cüruf sıcak metalden uzaklaştırılır ve eritilen hammaddeler manuel ve otomatik şekilde potalara aktarılır. 18 ton/saat kapasiteli kum hazırlama sisteminde kum belirli bir tavda hazırlanarak, çalışma hızı 110 derece/saat olan kalıplama hattına tavlı kum aktararak kalıplama işlemi yapılır. Ergitme işlemi yapılan hammadde hazırlanan kalıplara dökülür.

Dökümlerin soğutma aşamasından sonra, sallama ve çıkarma aşaması, dökümün kalıp kutusu ve kumla ayrılmasını sağlar. Bu aşamada, dolaşımdaki hurda ve kum üretim sürecinde tekrar kullanılmak üzere geri kazanılır. Bitirme aşamasında kalan kumu gidermek için otomatik kumlama makineleriyle kumlama yapılır. Son olarak, çapak alma işlemi otomatik veya manuel olarak yapılır. Kalıplama hattından belli bir süre bekleyen kalıplardan çıkarılan ürünler tornalama bölümüne aktararak kalıpta oluşan çapakları temizlenmesine ve şekil verilmesi sağlanır. Tornalama bölümünden çıkan ürünler boyama işleminden sonra paketleme-sevkiyat ünitesine gönderilir. İfade edilen üretim akışı Şekil 3.2.'de şema olarak belirtilmiştir.



Şekil 3.2. Üretim akış Şeması

3.3.3. Ön enerji etüt bilgileri

Muhtelif altyapı ürünleri üreten bir döküm firmasında 2017 yılına ait verilere dayanarak 01 Ocak - 29 Şubat 2018 tarihlerinde Detaylı Enerji Etüdü gerçekleştirilmiş ve çalışmalara ait bilgiler ve etüt sonuçları bu tez çalışmasında ele alınmıştır. Etüt kapsamında indüksiyon ocakları, aydınlatma sistemi, soğutma suyu tesisatı, hidrofor tesisatı, soğutma kuleleri, soğutma fanları, elektrik motorlarının enerji analizörü ile

ölçülmüş çalışma rejimleri tespit edilmiştir. Basınçlı hava kompresörleri ve tesisatında incelenmiş, basınçlı hava kompresörleri çalışır durumda iken enerji tüketimleri 24 saat enerji analizörü ile kayda alınarak çalışma rejimleri, kurutucunun çalışma performansı ölçümlerle tespit edilmiştir. Basınçlı hava tüketim noktaları incelenerek kullanımdaki verimsizlikler, basınçlı hava tesisatında kaçak noktaları ve kaçak miktarı, ölçüm ve analizler yapılmış, tasarruf potansiyelleri belirlenmiştir. Tespit edilen potansiyelin ne şekilde değerlendirileceğine ilişkin proje önerileri sunulmuştur. Orta gerilim ve alçak gerilim güç dağıtım sistemleri incelenmiş, trafolar ve ana baralar ve büyük güçlü motorlar bazında güç değerleri ve harmonikler ölçülmüş, güç dağıtım sistemi incelenerek, güç dağılımı tespit edilmiştir. İnceleme sonuçlarına bağlı olarak enerji tasarrufu yapılabilecek noktalar için iyileştirme hesaplamaları ve önerileri bölüm 5’de sunulmuştur.

3.4. Hedef Belirleme ve Enerji İzleme

İzleme ve hedef belirleme, enerji tasarrufu yatırımları ile sağlanan mali kazançları takip etmenin yanı sıra enerji kaynaklarının maksimum seviyede etkin olarak kullanılmasını sağlayan enerji yönetimi içindeki disiplinli bir yaklaşımdır. En basit anlamda izleme bütün organizasyonun enerji tüketiminin sistematik ve düzenli ölçümünü ve kaydedilmesini kapsamaktadır. Bu veriler elde edildikten sonra iyileştirme için gerekli öneriler ile birlikte yönetime sunulmalıdır. Bu veriler genellikle yakıt faturalarından ve ölçümlerle elde edilir. TEP değeri ifade olarak ton eşdeğer petrolün kısaltılmış halidir. İşletmelerde kullanılan farklı enerji türlerinin ortak bir enerji değeri ile hesaplanabilmesi için geliştirilmiştir. Farklı enerji türlerini miktarları TEP dönüşüm tablosuyla tep değerine dönüştürülür. Ek1 ‘de TEP çevrim tablosu sunulmuştur. Aylık yakıt faturalarından veri elde ediliyorsa, farklı okuma tarihleri nedeniyle bunların tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Aylık finansman ve üretim rakamları gibi şirketin diğer gözden geçirme işlemlerinin, enerji için yapılacak izleme işlemleri ile bağdaştırması önemlidir. Böylece enerji akışları hakkındaki bilgilerin anlamlı bir şekilde diğer performans verileriyle ilişkilendirilmesi sağlanabilir.

Tesisler kendi izleme sistemini kurarak kendilerine bir hedef belirleme yoluna gitmelidir. Bu sayede hedeflere ulaşmada elde edilen başarıların arttığı görülmüştür. Fabrikalar sadece genel tüketimlerini değil aynı zamanda bölüm bazında da enerji tüketim seviyeleri içinde hedef belirlemelidir. Fabrikalar tarafından enerji izleme

sistemleri son yıllarda oldukça gelişmiştir. Bu aynı zamanda hedeflerin belirlenmesinde ve gerçek performansın izlenmesinde yardımcı olmaktadır.

Enerji tüketim seviyesi tespit edildikten sonra bu tüketim seviyelerini düşürmek için hedefler belirlememiz gerekir. Hedef enerji tüketimlerinde hangi seviyelere ulaşabileceğimizi gösterir. Takip ve hedefleme arasındaki temel fark, takipte anlık tüketim seviyesi korunmaya çalışılır. Hedef belirleme hangi seviyede enerji tasarrufu sağlanacağı belirler. Hedef belirlemenin iki temel elemanı vardır. Bunlar tüketimlerin hangi seviyeye düşürüleceği ve tasarrufların hangi zaman aralığında yapılabileceğidir. Hedeflerin gerçekçi olması uygulama şansını artırır. Teknolojik yatırım ve yönetim teknikleri hedef tespitinde ana hareket planıdır.

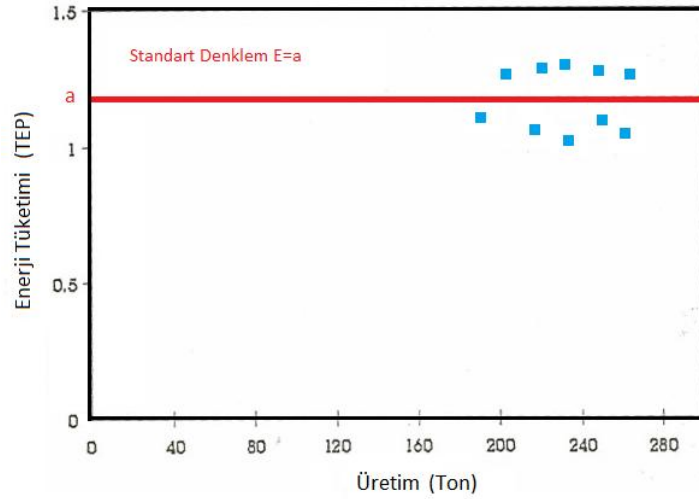
Enerji takip ve kontrolü enerji tasarrufları ve enerji verimliliği stratejileri geliştirmede önemlidir. Geçmiş ve bugünkü enerji kullanımı, talep ve maliyet bilgileri olmadan tasarruf ve verimlilik programlarının işletilmesi mümkün değildir. Periyodik kontroller üretimle enerji arasındaki ilişkiyi ancak gerçek ve doğru veri ile verir. Enerji yönetiminde belirlenen hedeflerin yakalanması merkezi bir koordinasyonla sağlanabilir. Uzun ve kısa dönemli yönetim optimizasyon ve kontrol kararları enerji yönetim sisteminde merkezi olarak sağlanır.

3.4.1. Enerji tüketim standardının belirlenmesi

İşletme ile ilgili enerji verileri toplandıktan sonra tesisin enerji tüketimi ile ilgili standart doğru belirlenir. Standart doğru enerji gereksinimi hesaplamakta kullanılabilir. Son verilere en iyi uyan bu doğru denklemi, incelenen bölümün enerji tüketim performansını oluşturur. Amaç bu performansı tutturmak ve iyileştirmektir. Genelde aylık olarak karşılaştırma yapılarak bu standardın üzerinde performans sağlanması amaçlanır. Bu denklem, o bölümün beklenen enerji tüketimi ve Spesifik Enerji Tüketimini hesaplamada kullanılır. Üç çeşit standart doğru denklem çeşidi vardır:

1. $E = a$ denklemi

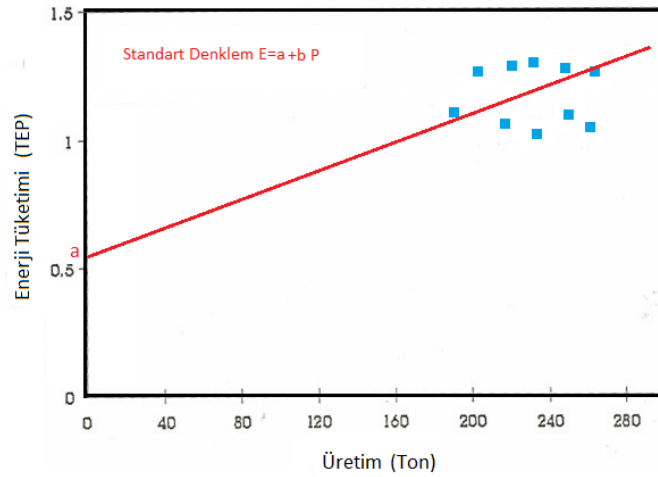
Enerji tüketiminin üretimden bağımsız olan uygulamalarda ortaya çıkan denklem tipidir (Şekil 3.3.). Tüketilen enerji miktarı üretim artışına bağlı olarak sabittir. Bu tip uygulamalarda Üretim miktarı ne olursa olsun tüm makinalar maksimum kapasitede çalışır tutulmaktadır. İşletmenin üretim miktarına göre enerji ihtiyacını belirleyen spesifik değişken yoktur.



Şekil 3.3. Standart Denklem ($E = a$)

2. $E = a + b P$

Enerji tüketiminin üretim miktarının artışına bağlı olarak değiştiği denklem tipidir (Şekil 3.4.). Denklemde a ve b değerleri sabittir. P spesifik değişkeni yani üretim miktarını ifade eder. İşletmede enerji tüketimi üretime bağlıdır. Denklemdeki a sabiti üretimle ilgili olmayan enerji miktarıdır. Üretim olmasa bile sabit enerji tüketim miktarını belirtir. (bina ısıtma, basınçlı hava, aydınlatma v.b.). Denklemdeki b sabiti (doğru eğimi) ise birim üretim artışına karşılık gelen enerji tüketim artışıdır.



Şekil 3.4. Standart Denklem ($E = a + b P$)

3. $E = a + b P_1 + c P_2 + d P_3 + \dots$

Enerji tüketiminin birden fazla değişkene bağlı olarak (üretim, hava koşulları, çalışma saatleri, vs..) değiştiği denklem tipidir. Denklemdeki a sabiti değişkenlerden

bağımsız enerji tüketim miktarıdır. Denklemdaki b, c, d değerleri ilgili değişkenlere bağlı birim değişken artışına karşılık gelen enerji tüketim artışıdır.

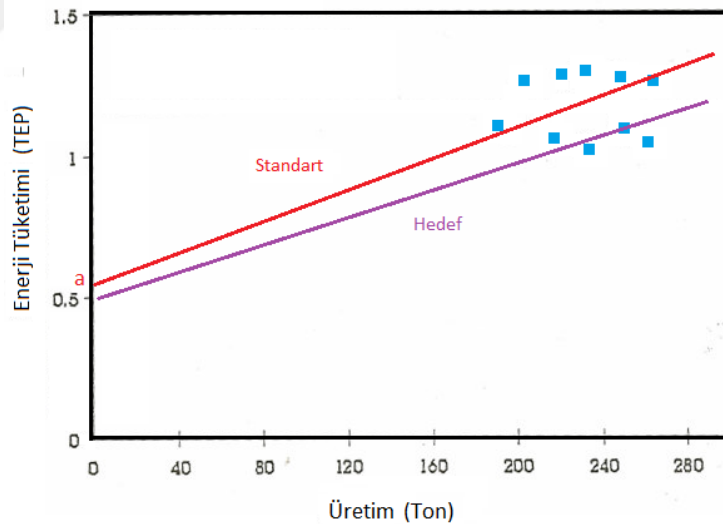
3.4.2. Enerji tüketim hedefi belirlenmesi

Her bir bölüm için standart belirlenirken aynı zaman da verimliliğin iyileştirilmesi için gerekli motivasyonu sağlayacak hedef de belirlenmelidir. Her bir izleme periyodunda gerçek üretim değerleri veya diğer spesifik değişkenler kullanılarak hedefler belirlendikçe, bu hedeften sapan iyi ve kötü performans değeri ortaya çıkar. Üç metot vardır.

1) En iyi geçmiş performansa dayalı hedef doğrusu çizimi:

Bu yöntemde enerji tüketimi - üretim grafiğinde oluşan noktalara göre standart doğru eğrisi elde edilir. Standart doğrunun altında kalan değerler en iyi verime sahip olan tüketimleri ifade eder. Bu doğrunun altında kalan noktalara göre regresyon analizi ile yeni bir doğru çizilerek hedef doğrusu bulunur.

En iyi geçmiş performansa dayalı hedef doğrusunun çizimi Şekil 3.5.'de görülmektedir.



Şekil 3.5. En iyi geçmiş performansa dayalı hedef doğrusu

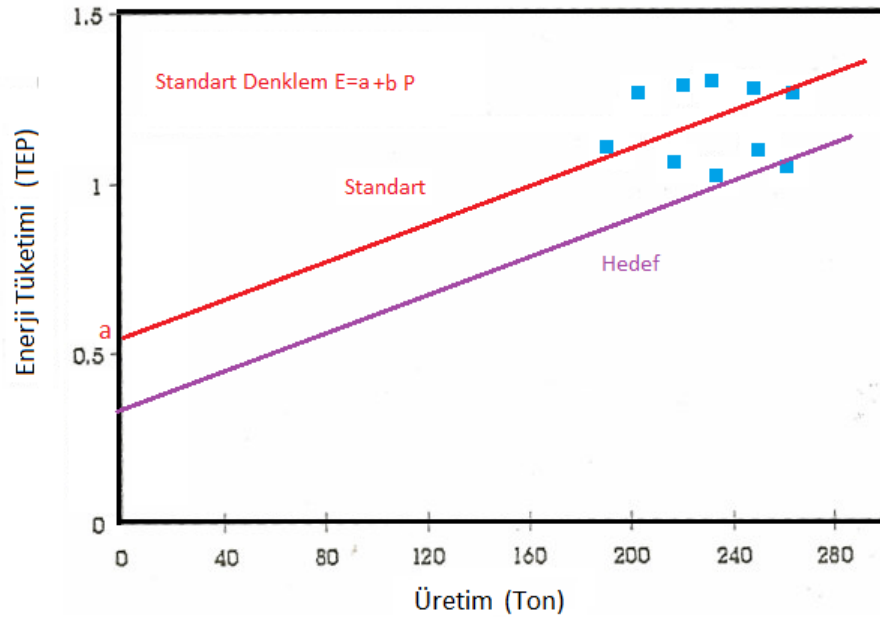
2) Basit yüzde indirimine dayalı hedef doğrusu çizimi:

Bu yöntem en iyi geçmiş performansa dayalı metotla belirlenen hedefin uygun bulunmadığı durumda kullanılır. Hedef doğrusu standart doğruya paralel olarak belirli bir indirim (Örn. % 5) yapılarak belirlenir. Bu indirim a değerinde %5 azalmanın karşılığı olarak uygulanır.

3) Beklenen performansa dayalı hedef doğrusu çizimi:

İşletme ile ilgili yeterli bilgi var ise, elde edilmesi mümkün performansa göre hedef belirlenebilir. Bu hedef standart metot kullanılarak hesap edilemez. Tecrübeye ve standart eşitliğin sekline göre belirlenmelidir. $E = a + b P$ denkleminde a 'nın değeri düşürülmeye çalışılır [28].

Basit yüzde indirime ve beklenen performansa dayalı hedef doğrusunun çizimi Sekil 3.6.'da görülmektedir.



Şekil 3.6. Standart denklem doğrusuna paralel hedef doğrusu

3.5. Karbon Ayak İzi Hesabı

Elektrik için CO₂ dönüştürme faktörü IPCC (İnternational Panel on Climate Change) göre 0.6 ile 0.5 arasındadır.

Türkiye için dönüştürme faktörleri;

Şebeke elektriği: 1kWh=0.58 kg CO₂

Bir bölgenin 1,000,000 kWh elektrik kullanması halinde 580,000 kg'lık (580 ton) CO₂ emisyon üretiminden sorumlu olacaktır. Bu, doğal olarak, bölgede değil üretim kaynağında meydana gelecektir. Dönüştürme oranları, ülkeye ve şebeke elektriği kaynağına göre farklılık göstermektedir. Örnek olarak, şebeke elektriğinin çoğunu nükleer veya yenilenebilir kaynaklardan elde eden bir ülke, şebeke elektriğinin büyük bir kısmını kömür veya diğer karbon bazlı yakıtlardan elde eden bir ülkeye göre daha düşük dönüştürme faktörüne sahip olmaktadır [29].

3.6. Kullanılan Cihazlar ve Alınan Ölçümler

Enerji etüdü çalışmasında Tablo 3.1.'de gösterilen, akredite olmuş ulusal kuruluşlar tarafından kalibrasyonu yapılmış ve etiketlenmiş cihazlar kullanılmıştır.

Tablo 3.1. Enerji etüdünde kullanılan cihazlar

Cihazın Adı	Kullanım Amacı ve Özellikleri	Marka	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
Termal Kamera	Isı kayıplarını belirlemek üzere; gerçek görüntü ile termal görüntüyü aynı anda çekebilen, termal görüntüleri harici hafıza kartı vb. taşınabilir belleklere kaydedilebilen, raporlama özellikli, USB ara yüzü bilgisayar yazılımı olan bir cihazdır.	Minolta	-40 C° - 2000 C°	±2 °C
İnfrared Sıcaklık Ölçer	Ulaşılması zor olan ve döner fırın vb. hareketli alanların sıcaklıklarını ölçmek amacıyla kullanılır.	Fluke	-30 C° - 500 C°	±1 °C
Elektrik Enerji Analizörü	Muhtelif alanlarda elektrik ile ilgili parametreleri ölçmek amacıyla kullanılır.	Fluke	600 V- 1000 V	%1 V
Pens Ampermetre	Muhtelif alanlarda elektrik ile ilgili parametreleri ölçmek amacıyla kullanılır.	Fluke	400 A Ac ve Dc 600 V Ac ve Dc	%4 V
Takometre	Döner ekipmanlarını vb. devir sayılarının ve yürüyen bant, kumaş vb. ilerleme hızlarını ölçmek amacıyla kullanılır.	Lutron	10 – 99,999 RPM	±(0,05+1d.)
Lüksmetre	Aydınlık seviyelerini ölçmek amacıyla kullanılır.	Lutron	2.000 - 20.000 -100.000 Lüks	±%3+±%0.5 °C
Ultrasonik Kaçak Dedektörü	Hava kaçaklarının oluşturdukları, insan kulağının duyamayacağı seviyedeki sesleri bir mikrofon vasıtası ile algılayarak, kulağın duyabileceği seviyeye yükselterek çalışır.	Allsun	40 khz ± 2 khz	-

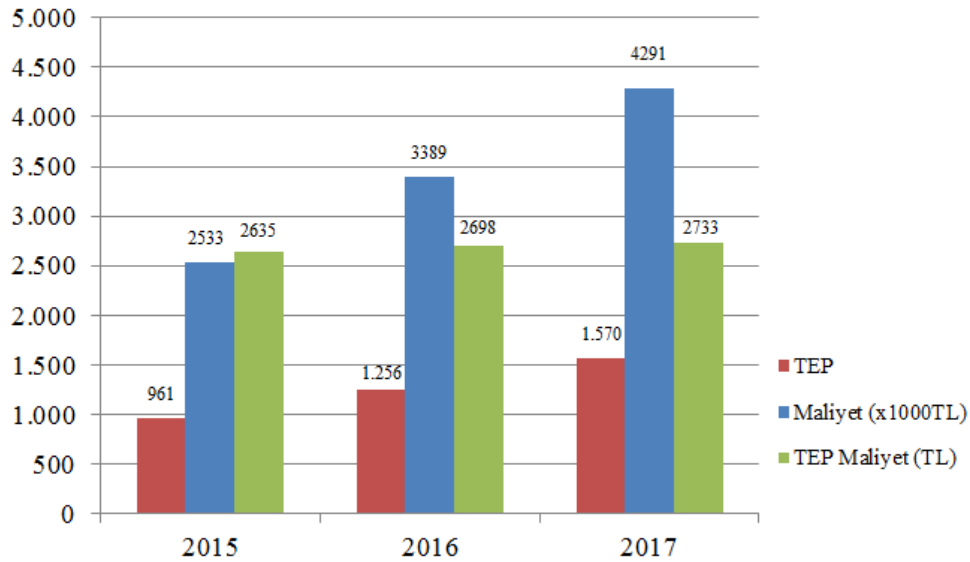
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri

İşletmede üretim sırasında kullanılan cihazların tamamı elektrik enerjisi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Elektrik enerjisi dışında herhangi farklı bir enerji kaynağı kullanılmamaktadır. Dolayısıyla enerji etüdü sadece elektrik enerjisi kullanımı esas alınarak yapılmıştır. Fabrikada son üç yıla ait enerji tüketim ve maliyet değerleri Tablo 4.1’de ve Şekil 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Son üç yıla ait enerji tüketim ve maliyet değerleri

Yıl	kWh	TEP	Maliyet (TL)	Maliyet (x1000TL)	TEP Maliyet (TL)
2015	11.177.745	961	2532971	2533	2635
2016	14.608.695	1.256	3389217	3389	2698
2017	18.258.638	1.570	4290780	4291	2733



Şekil 4.1. TEP cinsinden son üç yıla ait enerji tüketim ve maliyet değerleri

İşletmede 2015-2017 yılları arasında enerji tüketim değerleri yalnızca bir çeşit enerji türü olmasına rağmen TEP’e dönüştürülmüştür. Yıllara göre tüketim değerleri sırasıyla 961, 1.256 ve 1.570 TEP değerleri olarak artış göstermiştir. Bu durum işletmenin üretimini ilerleyen yıllar boyunca artışının bir neticesidir. Bir TEP enerjinin maliyeti de 2015 için 2635 TL, 2017 için 2698 TL, 2017 yılı için 2733 TL olarak belirlenmiştir. Elektrik enerjisi birim fiyatı ilerleyen yıllara göre artış göstermiştir.

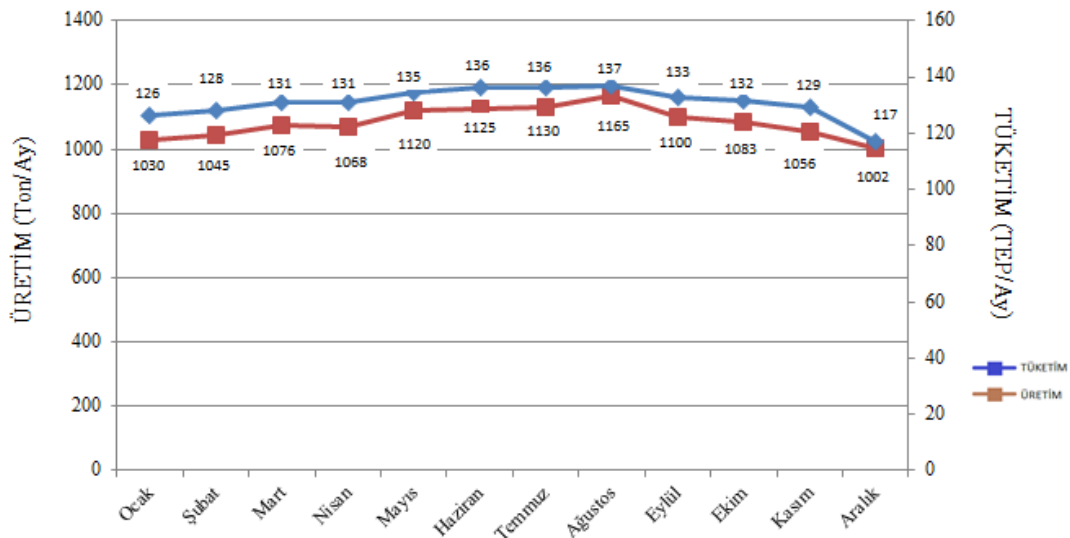
İşletmede elektrik enerjisi üç zamanlı tarife ile satın alınmaktadır. Üç zamanlı tarifede birim enerji fiyatı günün üç farklı zaman dilimine göre değişmektedir. Zaman

dilimleri, gün içinde elektrik talebine göre ayarlanmaktadır. Saat aralıkları tüm Türkiye için aynı uygulanmaktadır. Tarifenin mantığı, tüketici talebin en yüksek olduğu saatte en yüksek fiyattan, daha düşük olduğu saatlerde ise daha düşük birim fiyatlardan faturalandırılmasıdır. Elektrik birim fiyatının en ucuz olduğu zaman aralığı gece zaman dilimi, pahalı olduğu zaman aralığı ise gündüz zaman dilimi, en pahalı olduğu zaman aralığı ise puant zaman dilimidir.

İşletmenin 2017 yılı elektrik faturaları esas alınarak aylık elektrik tüketimi incelenmiştir. Aylara göre elektrik tüketimi ve maliyetleri Tablo 4.2.'de Şekil 4.2.'de görülmektedir.

Tablo 4.2. 2017 aylık üretim, elektrik tüketimi ve maliyet değerleri

Ay	kWh	TEP	Maliyet (TL)	TEP Maliyet (TL)	Üretim (Ton)	SET
Ocak	1.470.255	126	345510	2733	1030	0,123
Şubat	1.489.678	128	350074	2733	1045	0,123
Mart	1.521.082	131	357454	2733	1076	0,122
Nisan	1.520.562	131	357332	2733	1068	0,122
Mayıs	1.565.874	135	367980	2733	1120	0,120
Haziran	1.580.650	136	371453	2733	1125	0,121
Temmuz	1.585.542	136	372602	2733	1130	0,121
Ağustos	1.590.566	137	373783	2733	1165	0,117
Eylül	1.545.666	133	363232	2733	1100	0,121
Ekim	1.530.151	132	359585	2733	1083	0,122
Kasım	1.500.263	129	352562	2733	1056	0,122
Aralık	1.358.349	117	319213	2733	1002	0,117
Toplam	18.258.638	1.570	4290780		13000	

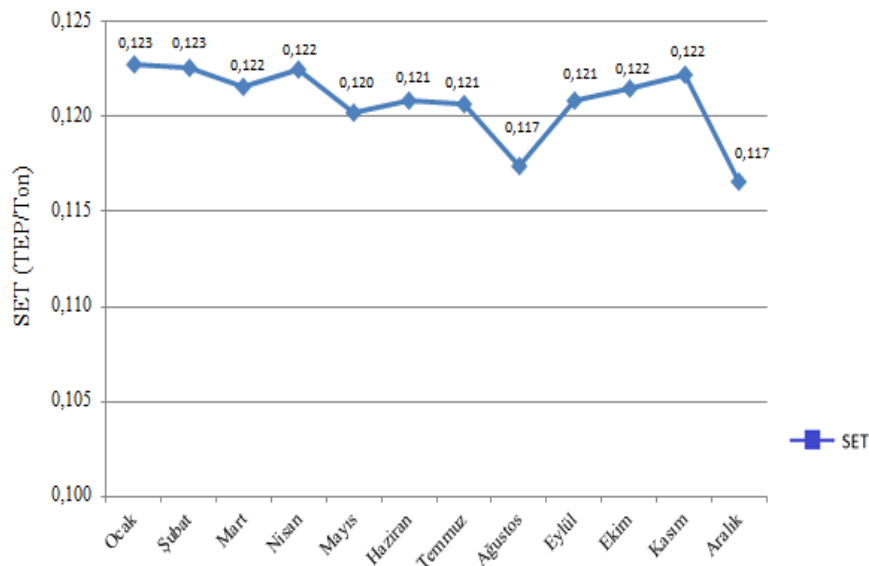


Şekil 4.2. 2017 yılı aylık üretim ve tüketim miktarları

2017 yılı için işletmede aylık minimum 1002 ton, maksimum 1165 ton aralığında üretim gerçekleştirilmiştir. Üretim miktarının seyri Ocak ayında 1030 tondan başlayarak Ağustos ayına kadar artış şeklinde devam etmiştir. Ağustos ayında maksimum 1165 ton üretim yapılmıştır. Ağustos ayından sonra üretim seyri Aralık ayına kadar azalış şeklindedir. Aralık ayında 1002 ton ile yılın en az aylık üretim miktarı görülmüştür.

2017 yılı için elektrik tüketimi değerleri de üretime benzer bir seyrinde değişmiştir. Bu doğal bir sonuçtur çünkü üretim ne kadar artarsa elektrik tüketimi de buna bağlı olarak artacaktır. Elektrik tüketimi aylara göre 117 ile 137 arasında değişmiştir. Üretime benzer bir şekilde maksimum elektrik tüketim miktarı Ağustos ayında 137 TEP, Aralık ayında 117 TEP olarak belirlenmiştir.

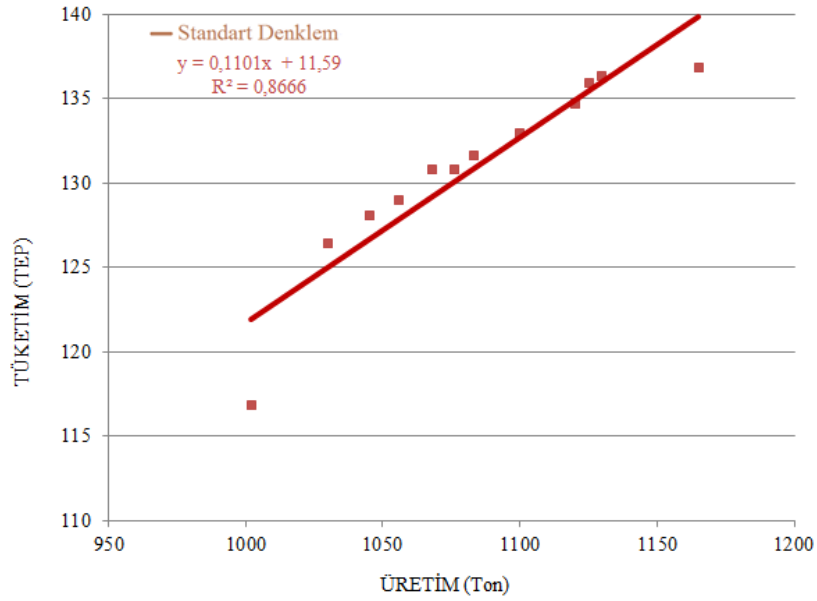
SET değeri birim ürün başına kullanılan enerjidir. SET değerinin büyük çıkması kötü performansı ve enerjinin gereksiz yere arttığını gösterir. İşletmenin 2017 yılı için aylara göre SET (Spesifik Enerji Tüketimi) grafiği Şekil 4.3.'de görülmektedir. En düşük SET değerleri 0,117 (TEP/ton) değeri ile Ağustos ve Şubat ayları için belirlenmiştir. Bu durum bu aylardaki enerji tüketim performansının en iyi olduğu anlamına gelmektedir. Enerji tüketim performansı en kötü olan aylar 0,123 (TEP/ton) değeri ile Ocak ve Şubat ayları için belirlenmiştir.



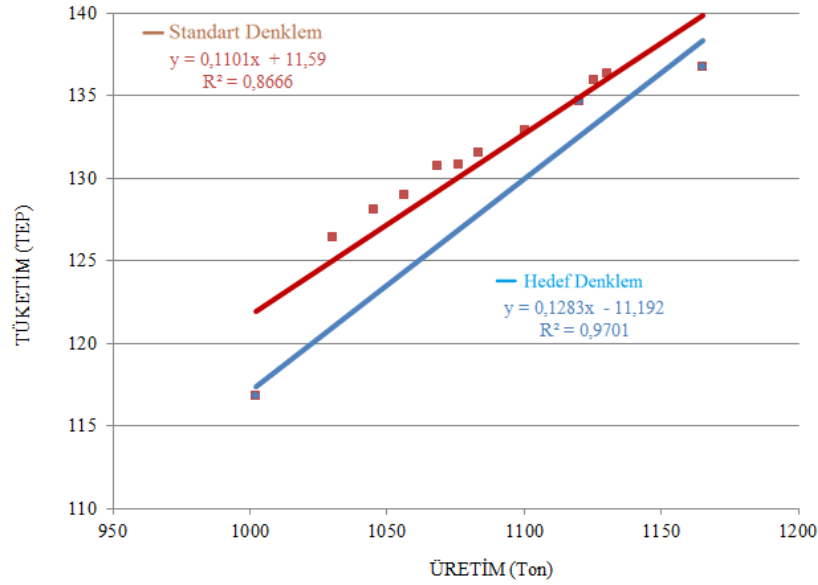
Şekil 4.3. 2017 yılı aylık olarak SET değeri

4.2. Üretim-Tüketim Analizleri

İşletmenin aylık üretim ve enerji kullanım verileri kullanılarak 2017 yılı için standart denklem bulunmuştur. Denklemin regresyon uyumluluk katsayısı $R^2=0.8666$ ve standart denklem bağıntısı $y=0,11099x + 11,832$ olarak bulunmuştur. Standart denklem grafiği Şekil 4.4.'de görülmektedir. Oluşturulan doğru grafiğinin altında kalan noktalar enerji kullanımındaki verimliliğin iyileştiğini göstermekte ve işletmenin daha verimli çalıştığı aylara karşılık gelmektedir. Bu noktalarda spesifik enerji tüketim değerleri azalırken fabrikanın üretim miktarı artmaktadır. Standart denklem doğru grafiğinin altında kalan noktalara göre işletme için hedef denklemi ve yeni regresyon uyumluluk katsayısı R^2 en iyi geçmiş performansa dayalı hedef doğrusu olarak belirlenmiştir. Hedef denklem grafiği Şekil 4.5.'de görülmektedir. Hedef denklem $y=0,1283x - 11,192$ R^2 değeri 0,9702 ve olarak bulunmuştur. Regresyon uyumluluk katsayısının ($R^2=0.9648$) 1 değerine yakın olması, gerçekleşen enerji tüketimi ile net üretim miktarı arasındaki ilişkinin güçlü olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.4. Standart doğru ve denklemi



Şekil 4.5. Hedef doğrusu ve denklemi

Hedef denkleminden faydalanarak işletme için aylık üretim değerlerine karşılık gelen aylara göre hedef enerji tüketim miktarları TEP olarak tespit edilmiştir. Mevcut aylık tep değerleri ile hedef değerleri arasındaki fark, işletmenin aylık iyileştirme potansiyelini oluşturmaktadır. Aylık iyileştirme potansiyel değerleri toplanarak işletmenin yıllık iyileştirme potansiyeli 36,6 TEP olarak hesaplanmıştır. 2017 yılı için birim TEP maliyeti 2733TL dir. Yıllık iyileştirme potansiyeli ile birim TEP maliyetinin çarpımı ile işletmenin 100.140 TL/Yıl'lık iyileştirme potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Tüm değerler Tablo 4.3.' de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.3. İşletmenin iyileştirme potansiyeli değerleri

Ay	Üretim (Ton)	TEP	Hedef TEP	Aylık İyileşme (TEP)	TEP Maliyet (TL)	Aylık İyileşme (TL)
Ocak	1030	126,4	121,0	5,5	2733	14988
Şubat	1045	128,1	122,9	5,2	2733	14293
Mart	1076	130,8	126,9	4,0	2733	10805
Nisan	1068	130,8	125,8	4,9	2733	13488
Mayıs	1120	134,7	132,5	2,2	2733	5906
Haziran	1125	135,9	133,1	2,8	2733	7625
Temmuz	1130	136,4	133,8	2,6	2733	7022
Ağustos	1165	136,8	138,3	-1,5	2733	-4068
Eylül	1100	132,9	129,9	3,0	2733	8168
Ekim	1083	131,6	127,8	3,8	2733	10482
Kasım	1056	129,0	124,3	4,7	2733	12925
Aralık	1002	116,8	117,4	-0,5	2733	-1494
Toplam	13000	1.570,2	1533,6	36,6		100.140

4.3. Enerji Yönetimi İle İlgili Mevcut Durum Değerlendirmesi

Fabrikanın toplam enerji tüketimi 1570,24 TEP olduğu için Enerji Yönetim Birimi oluşturulmuştur. Birimde enerji yöneticisine bağlı olarak çalışan, üretim ve bakım gruplarından mühendisler görevlendirilmiştir. Fabrika genelinde elektrik enerjisi tüketen tüm ekipmanlar enerji analizörleri ile izlenmektedir. Kapsamlı bir izleme ve raporlama uygulaması kurulmuştur. Elektrik enerjisi tüketimi günlük olarak raporlanmaktadır. Fabrikanın enerji tüketimi ve üretim miktarını takip ettiği günlük rapor ve aylık raporlarda her bir ünite için özgül enerji tüketimi (kWh/ton ve kcal/ton) hesabı detaylı olarak yapılmakta ve gelişimi takip edilmektedir. Raporlar her sabah önce Ön Toplantıda ardından Günlük İşletme Toplantısında değerlendirilip aksiyonlar belirlenmekte ve sonuçları takip edilmektedir.

Sonuç olarak fabrikada enerji tüketiminin izlenmesi, raporlanması, gelişiminin takip edilmesi ve azaltılması için politikalar belirlenmesi, kurallı ve düzenli bir şekilde yürütülmektedir. 5627 sayılı ve 18/04/2007 tarihinde yürürlüğe giren “Enerji Verimliliği Kanunu” ve 28097 sayılı, 27/10/2011 tarihli “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik” kapsamında Endüstriyel İşletmelerde Verimlilik Artırıcı Projelerin (VAP) uygulanmasına yönelik destekler sağlanmaktadır. Enerji tasarrufu sağlayacak uygulamalar projelendirilerek VAP desteklerinden yararlanmak üzere Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’ne başvuru yapılabilir.

4.4. Genel Bulgular ve Öneriler

Tesiste yapılan enerji etüdü sonucunda işletme enerji yönetimi açısından değerlendirilmiş, yapılan ölçümlerin ve hesaplamaların sonuçları verilmiş, uygulanması faydalı olabilecek iyileştirme önerileri projeler halinde sunulmaktadır. Bu öneriler şunlardır:

1. İndüksiyon ocağının kapağının daha fazla kapalı tutulması elektrik tüketimi düşürecektir.
2. Basıncılı hava sistemindeki kaçakların giderilmesi.
3. Basıncılı hava kompresörüne invertör uygulanması
4. Fan motorlarına verimli kayış uygulaması
5. Yüksek Verimli Motor Uygulaması
6. Aydınlatma

4. 5. Potansiyel Enerji Verimliliği Yatırım Projeleri Analizleri

4.5.1. İndüksiyon Ocaklarında Kapağın Daha Fazla Kapatılması Projesi

Kapakların kapalı tutulması ile enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Kapağın açık kalması durumunda ergitme işlemi uzayacağından elektrik tüketimi artar. Kapalı kapak radyasyon kayıplarını %10'a kadar düşürür. Şarj tamamlandıktan sonra kapak kapatılmalıdır. Şekil 4.6.'de ocak kapasitesine göre oluşan termal kayıp grafiği aşağıda belirtilmiştir [30].



Şekil 4.6. Ocak kapağı ile enerji tasarrufu [30].

- **Enerji tasarruf analizi:**

Sıvı metal potaya transfer edilirken kapak hep kapalı tutulmalıdır. Kapakların kapalı tutulması enerji tüketiminde önemli tasarruf sağlar. Ocak kapasitesine göre kapakların açılı veya kapalı olması durumundaki enerji kayıp değerleri Şekil 4.6.'daki grafik kullanılarak belirlenmiş ve Tablo 4.4.'de sunulmuştur.

Tablo 4.4. Kapakların açık ve kapalı durumları için güç değerleri

Ocak Kapasitesi (Ton)	Enerji Kaybı (kW)	
	Kapak Açık	Kapak Kapalı
1	100	50
6	350	150

Döküm işletmesinde 6 tonluk 2 adet ve 1 tonlukta 2 adet ocak bulunmaktadır. İmalat sırasında ocaklara hammadde yüklerken ve cüruf alırken indüksiyon ocaklarının kapakları açılmaktadır. Bu işlem her bir ocakta günde en az 15 kere tekrarlanmaktadır. Bu arada eksik malzemelerin ya da alaşımlandırma amacıyla kapaklar fazladan 5 defa açılmaktadır. Dolayısıyla ocak kapakları günde ortalama 20 defa açılmaktadır. Her

açılıp kapanma işlemi yaklaşık olarak 15 dakika sürmektedir. Bu süre kimi zaman işçilerin duyarsızlığı sebebiyle 20 dakikaya uzayabilmektedir. Bu süre işçilerin eğitimi neticesinde daha da kısaltılarak 15 dakikaya düşürülebilir. Bu duruma göre her bir kapak açılımlında 5 dakika tasarruf sağlanması, bunun günde 20 defa 4 ocakta tekrarlanması, bunun haftada 5 gün ve ayda 4 hafta tekrarlanması durumunda 8.000 dakika (134 saat) kapaklar fazladan açık kalmaktadır.

6 tonluk ocak (2 adet)

Açık kapaktaki termal kayıp yaklaşık = 350 kWh

Kapalı kapaktaki termal kayıp yaklaşık= 150 kWh

Kapalı kapaktaki tasarruf= 350-150 = 200 kWh

Kapasite faktörü = 0.50

Bu kapakların ayda 67 saat açık kaldığı öngörülmüştür;

Aylık elektrik tasarrufu = 200 kWh x 0.5 x 67 h= 6.700 kWh/Ay = 0,58 TEP/Ay

1 tonluk ocak (2 adet)

Açık kapaktaki termal kayıp yaklaşık = 100 kWh

Kapalı kapaktaki termal kayıp yaklaşık= 50 kWh

Kapalı kapaktaki tasarruf= 100-50 = 50 kWh

Kapasite faktörü = 0.50

Bu kapakların ayda 67 saat açık kaldığı öngörülmüştür;

Aylık elektrik tasarrufu = 50 kWh x 0.5 x 67 h= 1.675 kWh/Ay = 0,14 TEP/Ay

Toplam elektrik tasarruf =6.700 kWh/Ay+1.675 kWh/Ay=**8.375 kWh/Ay= 0,72 TEP/Ay**

2017 rakamlarına göre birim TEP enerjinin maliyeti 2.733 TL' dir.

Aylık para tasarrufu=0,72 TEP/Ayx 2.733 TL=1.967 TL/Ay'dır.

Yıllık para tasarrufu=1.967 TL x 12= 23.604 TL/Yıl'dır.

- **Yatırım maliyet analizi:**

Çalışanlara indüksiyon ocağının kapağının kapatılması hakkında yapılacak olan eğitimle enerjinin verimli kullanılması hakkında personelinin bilinçlenmesi ile enerji tasarrufu sağlanması beklenmektedir. Çalışanlara verilecek olan 2 günlük eğitimin maliyeti **10.000 TL'** dir. Bu yatırım maliyetinin basit geri ödeme süresi:

GÖS =10.000 (TL) / 23.604 (TL/Yıl) =0,42 yıl 'dır.

- **CO₂ emisyonlarına etkisi:**

İndüksiyon ocaklarının kapalı tutulması projesinde yıllık elektrik tasarrufu 100500 kWh hesaplanmıştır. CO₂ salınımındaki azalma:

100500 kWh/Yılx0.583 Ton/MWh=**58,6 Ton/Yıl** olarak bulunmuştur.

4.5.2. Basınçlı Hava Kompresörü Değişken Hızlı Sürücü Uygulaması Projesi

Endüstriyel tesislerde kullanımı yönünden çok değerli kaynaklardan biri olan “basınçlı hava” bu tesislerin çok para ödedikleri işlemlerden bir tanesini oluşturmaktadır. Basınçlı hava sisteminde olacak bir arıza birçok tesiste üretimin durmasına sebep olmaktadır [31].

Yapılan enerji tasarrufu çalışmalarından, enerji tasarruf potansiyelinin en yüksek olduğu alanlardan birisi basınçlı hava sistemi olduğu görülmüştür. 10 kW ile 10.000 kW arasında üretim kapasitesine sahip kompresör sistemlerindeki yetersiz tesisat ve bakımdan kaynaklanan enerji kaybı kompresörün harcadığı enerjinin %50’sine varabilir ve basit işletme tedbirleri ile bunun yarısının önlenmesi pratik olarak mümkündür. Bir kompresörün bir sene çalıştırmak için harcanan elektrik enerjisinin maliyeti genelde kompresörün satın alma fiyatını geçmektedir [32].

Tesiste hem merkezi hava sistemini beslemek hem de değişik noktalarda özel bir ünitenin ihtiyacını karşılamak için kurulmuş, çalışma basınçları 7– 9 bar aralığında olan tipte basınçlı hava kompresörü bulunmaktadır. Tablo 4.5.’de işletmede bulunan basınçlı hava kompresörünün nominal değerleri verilmiştir.

Tablo 4.5. Basınçlı hava kompresörü

Marka	Model	Cins	M. Gücü (kW)	Üretim Yılı	Çalışma Basıncı (Bar)	Kapasite (m ³ /dk)
Atlas Copco	GA55	Vidalı	55	2005	7,5	10,59

Kompresör 7-9 bar basınç değerlerine göre çalışmaktadır. Kompresör ihtiyaca göre devreye girmekte veya yüksüz boşa çalışmaktadır. Buda önemli miktarda enerji tüketimine neden olmaktadır. Bunu önlemenin önemli yolu sürücü kullanarak enerji tüketimini azaltmaktır.

- **Mevcut enerji tüketimi ve maliyeti:**

İşletmemizde gücü 55 kW olan GA55 vidalı tip kompresör bulunmaktadır. Kompresörün günde 20 saat, 5 günde ve 4 hafta olmak üzere ayda 400 saat çalıştığı tespit edilmiştir.

Aylık elektrik tüketimi = 55 kW x 400 h = **22.000 kWh/Ay = 1,89 TEP/Ay**’dir.

- **Enerji tasarruf analizi :**

Kompresörlerin yükte ve boşa çektiği güçleri, çalışma süreleri ölçülerek invertör sonrası potansiyelin belirlenip tasarruf miktarını bulmak için Tablo 4.6.’da kompresör yük tasarruf tablosu gösterilmektedir.

Tablo 4.6. Kompresör yük tasarruf tablosu

			Çalışma zamanı (saat)	Çekilen birim güç (kW/h)	Toplam çekilen güç (kW/Ay)
100%	Kapasite Toplam Çalışma Zamanının	50%	200	55	11000,000
80%	Kapasite Toplam Çalışma Zamanının	25%	100	44	4400
50%	Kapasite Toplam Çalışma Zamanının	25%	100	27,5	2750
Toplam Güç Tüketimi (kW/Ay)					18150

Aylık elektrik tasarrufu= $22.000\text{kWh}/\text{Ay}-18.150\text{kWh}/\text{Ay}=\mathbf{3.850\text{kWh}/\text{Ay}}=\mathbf{0,33\text{ TEP}/\text{Ay}}$

Yıllık elektrik tasarrufu = $3.850\text{ kWh}/\text{Ay} \times 12 = 46.200\text{ kWh}/\text{Yıl}=\mathbf{3,96\text{ TEP}/\text{Yıl}}$

2017 rakamlarına göre birim TEP enerjinin maliyeti 2.733 TL' dir.

Aylık para tasarrufu = $0,33\text{ TEP}/\text{Ay} \times 2.733\text{ TL} = 902\text{ TL}$ 'dir.

Yıllık para tasarrufu = $902\text{ TL} \times 12 = \mathbf{10.824\text{ TL}/\text{Yıl}}$ 'dir.

- **Yatırım maliyet analizi:**

Fabrikada mevcut durumda kullanılan 55 kW'lık motor için alınacak invertörün maliyeti **25.000 TL** dir. Yatırımın basit geri ödeme süresi:

$\text{GÖS} = 25.000\text{ TL} / 10.824\text{ TL}/\text{Yıl} = \mathbf{2,3\text{yıl}}$ 'dir.

- **CO₂ Emisyonlarına Etkisi:**

Basınçlı hava kompresörü değişken hızlı sürücü uygulaması projesinde yıllık elektrik tasarrufu 46.200 kWh olmaktadır. CO₂ salınımındaki azalma:

$46.200\text{ kWh}/\text{Yıl} \times 0.583\text{ Ton}/\text{MWh} = \mathbf{26,9\text{ ton}/\text{Yıl}}$ olarak bulunmuştur.

4.5.3. Basınçlı Hava Sistemindeki Kaçakların Giderilmesi

Hava kaçakları, basınçlı hava sisteminde meydana gelen enerji kayıplarının en önde gelen sebeplerinden biridir. Bir kompresörün hava kaçaklarının oluşturduğu basınç düşümünün önlenmesi için daha uzun zaman çalışması gerekmektedir. Üretilen basınçlı havanın yaklaşık %25'i sızıntılar nedeniyle kayıp olmaktadır [33].

Kaçak hava miktarı hat basıncına, basınçlı havanın kaçak noktasındaki sıcaklığına, kompresör emişindeki hava sıcaklığına ve havanın kaçtığı deliğin çapına bağlıdır. Genelde hava kaçakları, boruların bağlantı yerlerinde, flaşlarda, manşon ve dirseklerde, redüksiyonlarda, vana gövdelerinde, filtrelerde, hortumlarda, çek vanalarda, uzatmalarda ve basınçlı havayı kullanan cihazlarda olmaktadır. Sıcaklık değişimleri ve titreşim bağlantılarının gevşemesi sızıntıların başlıca sebepleridir. Bu nedenle boruların birleşme yerlerini periyodik olarak gözden geçirilmesi alınacak tedbirlerin başında gelir.

Kaçaklar genelde son kullanım yerinde veya basınçlı hava hattının ekipmana bağlandığı yerde olur. Sık sık basınçlı hava girişinin açıp kapandığı bu gibi yerlerde contalar hızla bozulur. Bu nedenle contaların periyodik olarak bakımının yapılarak eskiyenlerin değiştirilmesi gerekmektedir. Basınçlı hava kaçaklarını bulmanın birçok metodu vardır. Kullanılan en modern metot, ultrasonik ses detektörü kullanmaktır. Hava kaçaklarının oluşturdukları, insan kulağının duyamayacağı seviyedeki sesleri bir mikrofon vasıtası ile algılayarak, kulağın duyabileceği seviyeye yükselterek çalışan bu cihazlar ile yaklaşık olarak da olsa kaçan havanın miktarı tahmin edilmektedir [34].

Ultrasonik kaçak detektörü ile tarama yapılarak basınçlı hava kaçak noktalarının yerleri tespit edilmiş, bu noktalarda ortamın ses etkisi filtre edilerek yapılan ölçümler ve hat basıncı beraber değerlendirilerek kaçak hava debileri bulunmuştur. Tablo 4.7.'de fabrika içerisinde ölçülen hava kaçakları gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Ölçülen hava kaçakları

Açıklama	Basınç (bar)	Ses Şiddeti (db)	Kaçak Miktarı (m ³ /dk)
GA55 tahliye vanası	7,2	65	0,099
Sağ filtre orta nokta	5	55	0,0595
Sol filtre kollektör bağlantı noktası	5	50	0,0574
Kalıplama hattı kapı klape girişi	6	45	0,0579
Kalıplama hattı döner tabla klape	6	52	0,0798
Kalıplama hattı 3. Araba klape	6	47	0,0672
Kalıplama hattı göbek klape	6	45	0,1187
Kalıplama hattı hat klape	6	42	0,0949
Kumlama sistemi mixer klape	5,5	56	0,1016
Kumlama sistemi elek klape-1 bağlantı noktası	5,5	51	0,073
Kumlama sistemi 3.bant klape girişi	5,5	48	0,0767
Kumlama sistemi elek klape-6 bağlantı noktası	5,5	45	0,1082
Kumlama sistemi elek altı bant klape	5,5	45	0,076
Maça makinesi besleme girişi	6,2	60	0,359
Kumlama makinesi kapak klape	6,4	55	0,149

- **Enerji tasarruf analizi:**

Toplam değerleri kullanılarak kaçak miktarı 1,58 m³/dk olarak tespit edilmiş, özgül güç ortalaması 6,12 [kW/(m³/dk)] alınarak kaçak miktarına karşılık gelen elektrik gücü 9,30 kW olarak hesaplanmıştır. Kompresörün aylık 400 saat çalıştığını göz önüne alınarak;

$$\text{Aylık elektrik tasarrufu} = 9,30 \text{ kW} \times 400 \text{ h} = \mathbf{3.720 \text{ kWh/Ay}} = \mathbf{0,32 \text{ TEP/Ay}}$$

$$\text{Yıllık elektrik tasarrufu} = 3.720 \text{ kWh/Ay} \times 12 = \mathbf{44.640 \text{ kWh/Yıl}} = \mathbf{3,8 \text{ TEP/Yıl}}$$

$$\text{Yıllık para tasarrufu} = 3,8 \text{ TEP/Yıl} \times 2.733 \text{ TL/TEP} = \mathbf{10.385 \text{ TL/Yıl}}$$
 dir.

- **Yatırım maliyet analizleri:**

İşletmemizde, basınçlı hava tesisattaki değiştirilmesi için gereken malzemelerin 2017 piyasa değerlerine göre değişim maliyetleri **8.750 TL** olarak belirlenmiştir. Yatırımın basit geri ödeme süresi

$$\text{GÖS} = 8.750 \text{ TL} / 10.385 \text{ TL/Yıl} = \mathbf{0.84 \text{ yıl}}$$
 olarak hesaplanmıştır.

- **CO₂ emisyonlarına etkisi:**

Basınçlı hava sistemindeki kaçakların giderilmesi uygulama projesinde yıllık elektrik tasarrufu 44.640 kWh olmaktadır. CO₂ salınımındaki azalma:

$$44.640 \text{ kWh/Yıl} \times 0.583 \text{ Ton/MWh} = \mathbf{26,02 \text{ Ton/Yıl}}$$

4.5.4. Fan Motorlarında Verimli Kayış Uygulaması

İşletmelerde havalandırma sistemlerinde bulunan kayış-kasnak mekanizmalarında meydana gelen ısınmanın ve sistemde meydana gelebilecek kaymaların azaltılması amacı ile endüstriyel tesislerde V kayışları kullanılmaya başlanmıştır. Bu tip kayışlar tesise önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır. Sadece V kayışlarına geçilmesi ile sağlanan verim artışı %2 ile %4 arasında kalırken, sistemde yüksek verimli V kayışlarının kullanılması ile sağlanan verim artışı %2 ile %8 arasında değişmektedir [35].

Kayışlar genelde motordan sürülen fan sistemine güç transferi için kullanılırlar. Kayış sürüş uygulamalarının çoğunda standart V-kayışlarına rastlanır. Bunlar kayış ailesinin en düşük maliyetli seçenekleridir. V-kayışları yeniyken genelde % 90–95 aralığında verime sahiptirler. Fakat eski bir kayış gevşeme ve eskiyen tutma yüzeyinden doğan patinaj sebebiyle verimi önemli ölçüde düşürür.

Dişli V-kayışlar normalde düz olan alt kısmın yerine standart V-kayışlara göre daha iyi tutuş ve daha az kayma sağlayan boydan boya girintiler olması dışında standart V-kayışlara benzerdirler. Genelde % 2-5 arasında fazladan verim sağlarlar. Senkron

kayışlar dişli kayışlarla oluklu kasnakların birleşimidir ve kaymayı en aza indirerek verimi % 97–99 aralığında artırır.

İşletmede mevcut geleneksel V-kayışları düz, kama, dişli veya kaydırmaz kayışlarla değiştirilebilir. V-kayış tahriklerinin, kurulduğunda %95 ile %98 arasında azami verimliliğe sahiptir ancak bu rakam, yıpranma ve kayış gerilimini ayarlayamamadan ötürü zaman içerisinde %93'e gerileyebilir. Dişli kayışlar daha az bakım gerektirir, çalışırken daha soğuk olur ve standart V-kayışlara göre %2 daha verimlidir. Kaydırmaz kayışlar da diğer V-kayış türlerine göre daha verimlidir ve verimliliklerini uzun süre koruyabilir ancak bütün uygulamalar için elverişli değildir [36].

- **Enerji ve maliyet tasarruf analizleri:**

İşletmede havalandırma santralindeki taze hava emiş ve egzoz fanlarında düz kayış olduğu tespit edilmiştir. Düz kayışlara göre dişli veya senkron kayışlar %2-5 arasında daha verimli çalışır. Fanların aylık çalışma süresi ortalama 400 saat ve motor gücü 37,28 kW' dır.

Normal kayışla çalışma durumunda sistemin gücü % 92 verimle sistemin gücü,
 $37,28 \text{ kW} \times 0.92 = 34,29 \text{ kW}$ ' dır.

Dişli kayışla çalışma durumunda sistemin gücü % 98 verimle sistemin gücü,
 $37,28 \text{ kW} \times 0.98 = 36,53 \text{ kW}$ ' dır.

İki farklı kayışın kullanımında ki güç farkı $= 36,53 \text{ kW} - 34,29 \text{ kW} = 2,24 \text{ kW}$ ' dir.

Aylık elektrik tasarrufu = $2,24 \text{ kW} \times 400 \text{ h} = 896 \text{ kWh/Ay} = 0.08 \text{ TEP/Ay}$

Yıllık elektrik tasarrufu = $896 \text{ kWh/Ay} \times 12 = 10.752 \text{ kWh/Yıl} = 1 \text{ TEP/Yıl}$

Yıllık para tasarrufu = $1 \text{ TEP/Yıl} \times 2.733 \text{ TL/TEP} = 2.733 \text{ TL}$ ' dir.

- **Yatırım maliyet analizleri:**

İşletmedeki, havalandırma santrallerindeki taze hava emiş ve egzost fanlarında düz kayış yerine dişli kayışla değiştirilmesi öngörülmüştür. Bu değişimin 2017 piyasa değerlerine göre maliyeti **3.000 TL** olarak belirlenmiştir. Yatırımın basit geri ödeme süresi:

$\text{GÖS} = 3.000 \text{ TL} / 2.733 \text{ TL/Yıl} = 1,09 \text{ yıl}$ olarak hesaplanmıştır.

- **CO₂ emisyonlarına etkisi:**

Fan motorlarında verimli kayış uygulaması projesinde yıllık elektrik tasarrufu 10,752 kWh/Yıl olarak hesaplanmıştır. CO₂ salınımındaki azalma:

$10,752 \text{ kWh/Yıl} \times 0.583 \text{ Ton/MWh} = 6.26 \text{ Ton/Yıl}$

4.5.5. Yüksek Verimli Motor Uygulaması Projesi

İşletmelerde en etkin enerji tasarrufu yöntemlerinden birisi yüksek verimli AC motorun kullanımınıdır. Bir elektrik motorunun belirli bir güç çıkışı için çektiği enerji verimi ile ters orantılıdır. Bütün motorlar gibi elektrik motorları da kullandıkları enerjinin tamamını mekanik enerjiye çeviremezler. Motorun mekanik güç çıkışının, çekilen elektrik gücüne oranı motor verimi olarak adlandırılır ve motor tipi ve büyüklüğüne göre %70-96 arasında değişir. Ayrıca kısmi yükte çalışan motorların verimleri de düşüktür. Verim değerleri farklı tip motorlara göre değişiklik gösterir.

Son yıllarda geliştirilen yüksek verimli motorların maliyetleri standart motorlara göre % 15-25 daha pahalı olmakla birlikte, çoğu zaman işletme maliyetlerinin düşük olmaları nedeni ile bu fark kısa bir sürede geri kazanılır. Ayrıca yüksek verimli motorlarda azalan kayıplar nedeniyle, açığa çıkan ısının dışarıya verilmesi ihtiyacı azalır. Standart bir motorun yüksek verimli bir motor ile değiştirilmesi durumunda tasarruf edilecek enerji aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Enerji tasarrufu} = \text{Toplam nominal güç} \times \text{ÇS} \times \text{YO} \times (1/\eta_{\text{standart}} - 1/\eta_{\text{yüksek verimli}})$$

ÇS: Çalışma süresi

YO: Yükleme oranı (fiili yükün tam yüke oranı)

η_{standart} : standart tip motor verimi

$\eta_{\text{yüksek verimli}}$: yüksek verimli tip motor verimi

Hesaplanan enerji tüketimi miktarıyla elde edilecek para tasarrufu

$$\text{Para tasarrufu} = \text{Enerji tasarrufu} \times \text{Enerjinin birim fiyatı}$$

Avrupa Elektrik Makineleri Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi (CEMEP) 1998 yılında 1,1 kW ile 90 kW'a kadar olan elektrik motorlarını 3 temel verimlilik sınıfında değerlendirmiştir. Bu sınıflar aşağıda belirtilmiştir.

EFF3 Sınıfı: En verimsiz olan elektrik motor sınıfıdır. Düşük alım maliyeti nedeniyle tercih edilen motor sınıfı olmuştur. Ancak bu motorlar uzun vadede daha yüksek maliyete neden olurlar. Bu sınıf motorlar ancak seyrek olarak çalıştırılacak olan motorlar için seçilmelidir.

EFF2 Sınıfı: Orta verimli elektrik motor sınıfıdır. Dünya'da en çok tercih edilen motor sınıfıdır.

EFF1 Sınıfı: En verimli elektrik motor sınıfıdır. Yüksek alım maliyeti olmasına rağmen uzun kullanım süresince daha ucuza gelmektedir.

Bu sınıflandırma dar kapsamlı kaldığı için 15 Haziran 2011 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından yeni

verimlilik sınıfları belirlenmiştir. Buna göre 0,75 kW'tan 375 kW'a kadar motorların sınıfları Uluslararası Verimlilik (IE) şeklinde belirlenmiştir [37].

IE1: Standart Verimlilik

IE2: Yüksek Verimlilik

IE3: Üst Seviye Verimlilik

İşletmede kurulu gücün bir kısmını farklı büyüklüklerdeki motorlar oluşturmaktadır. Fakat motorların çoğunluğu küçük güç değerlerinde olduğundan bu motorlarda herhangi bir tasarruf potansiyeli görülmemiştir. Tablo 4.8.'de değişimi önerilen farklı güçteki motorlar etiket değerleriyle aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 4.8. Değişimi önerilen motor envanterleri

Adet	Motor Adı	Motor Gücü (kW)	Devir Sayısı (d/d)	Verimlilik Sınıfı	Sürücü (İnvertör:var/yok)	Çalışma Süresi (saat)
2	Soğutma kulesi fan motoru	5,5	-	EFF 2	Yok	12
3	Hidrolik pompa motoru	7,5	1,45	EFF 2	Yok	16
1	Hidrolik ünite soğutma motoru	7,5	2,565	EFF 2	Yok	16
2	Ocak soğutma pompası	18,5	2,995	EFF 2	Yok	16
1	Ocak havalandırma baca fanı	30	1,45	EFF 2	Yok	16
1	Sarmak havalandırma fanı	30	1,46	EFF 2	Yok	16
1	Kumlama makinası	37	-	EFF 2	Yok	16
2	Ocak havalandırma baca fan motoru	37	-	EFF 2	Yok	16

- **Enerji ve maliyet tasarruf analizleri:**

5,5 kW'lık 2 motor için

Aylık elektrik tas.= $5,5\text{kW} \times 12\text{h} \times 0,8 \times (1/0,857 - 1/0,896) \times 26 = 102,42 \text{ kWh/Ay} = 0,01 \text{ TEP/Ay}$

Yıllık elektrik tas. = $102,42 \text{ kWh/Ay} \times 12 = 1229,011 \text{ kWh/Yıl} = 0,105 \text{ TEP/Yıl}$

Aylık para tas. = $0,01 \text{ TEP/Ay} \times 2.733 \text{ TL} = 24,1 \text{ TL 'dir.}$

Yıllık para tas. = $24,1 \text{ TL} \times 12 = 288,9 \text{ TL/Yıl 'dir.}$

7,5 kW'lık 4 motor için

Aylık elektrik tas.= $7,5\text{kW} \times 16\text{h} \times 0,8 \times (1/0,87 - 1/0,901) \times 26 = 298,855 \text{ kWh/Ay} = 0,308 \text{ TEP/Ay}$

Yıllık elektrik tas. = $298,855 \text{ kWh/Ay} \times 12 = 3,586 \text{ kWh/Yıl} = 0,308 \text{ TEP/Yıl}$

Aylık para tas. = $0,308 \text{ TEP/Ay} \times 2.733 \text{ TL} = 70,2 \text{ TL 'dir.}$

Yıllık para tas. = $70,2 \text{ TL} \times 12 = 842,9 \text{ TL/Yıl 'dir.}$

18,5 kW'lık 2 motor için

Aylık elektrik tas.= $18,5\text{kW} \times 16\text{h} \times 0,8 \times (1/0,9 - 1/0,924) \times 26 = 287,85 \text{ kWh/Ay} = 0,02 \text{ TEP/Ay}$

Yıllık elektrik tas. = $287,85 \text{ kWh/Ay} \times 12 = 3454,205 \text{ kWh/Yıl} = 0,29 \text{ TEP/Yıl}$

Aylık para tas. = $0,02 \text{ TEP/Ay} \times 2.733 \text{ TL} = 67,7 \text{ TL}$ 'dir.

Yıllık para tas. = $67,7 \text{ TL} \times 12 = 811,9 \text{ TL/Yıl}$ 'dir.

30 kW'lık 2 motor için

Aylık elektrik tas.= $30\text{kW} \times 16\text{h} \times 0,8 \times (1/0,914 - 1/0,936) \times 26 = 428,970 \text{ kWh/Ay} = 0,04 \text{ TEP/Ay}$

Yıllık elektrik tas. = $428,970 \text{ kWh/Ay} \times 12 = 5147,648 \text{ kWh/Yıl} = 0,442 \text{ TEP/Yıl}$

Aylık para tas. = $0,04 \text{ TEP/Ay} \times 2.733 \text{ TL} = 100,8 \text{ TL}$ 'dir.

Yıllık para tas. = $100,8 \text{ TL} \times 12 = 1209,9 \text{ TL/Yıl}$ 'dir.

37 kW'lık 2 motor için

Aylık elektrik tas.= $37\text{kW} \times 16\text{h} \times 0,8 \times (1/0,92 - 1/0,939) \times 26 = 458,448 \text{ kWh/Ay} = 0,04 \text{ TEP/Ay}$

Yıllık elektrik tas. = $458,448 \text{ kWh/Ay} \times 12 = 5501,386 \text{ kWh/Yıl} = 0,473 \text{ TEP/Yıl}$

Aylık para tas. = $0,04 \text{ TEP/Ay} \times 2.733 \text{ TL} = 107,8 \text{ TL}$ 'dir.

Yıllık para tas. = $107,8 \text{ TL} \times 12 = 1293 \text{ TL/Yıl}$ 'dir.

- **Yatırım maliyet analizleri:**

İşletmedeki, bazı motorların EFF2 verimlilik sınıfı motorlar yerine IE3 verimlilik sınıfına ait motorlarla değiştirilmesi öngörülmüştür. Bu değişimin 2017 piyasa değerlerine göre maliyeti **27000 TL** olarak belirlenmiştir. Yatırımın basit geri ödeme süresi:

$\text{GÖS} = 27000 \text{ TL} / 4446 \text{ TL/Yıl} = 6,07 \text{ yıl}$ olarak hesaplanmıştır.

- **CO₂ emisyonlarına etkisi:**

Yüksek verimli motor uygulaması projesinde yıllık elektrik tasarrufu 18918 kWh/Yıl olarak hesaplanmıştır. CO₂ salınımindaki azalma:

$18918 \text{ kWh/Yıl} \times 0,583 \text{ Ton/MWh} = 11 \text{ Ton/Yıl}$

4.5.6. Aydınlatma Projesi

Aydınlatma, insanların işlerini güvenli ve verimli bir şekilde yürütebilmeleri için hayati önem taşır. Enerji verimli lambalar kullanmak bu açıdan atılması gereken adımların başında gelmektedir. Enerji verimli lambalar kullanarak verimli bir aydınlatma elde edilir ve aydınlatma maliyetleri önemli miktarda azaltılmaktadır.

Aydınlatma sistemleri her şeyden önce ortamda yapılacak işe uygun görme koşullarının konforlu bir şekilde sağlanabilmesi amacı ile tesis edilmelidir. İşin

hassasiyetine göre, sağlanması gereken aydınlık düzeyi değerleri değişmektedir. Uluslararası standart ve önerilerde, görüş koşulları ve tesisatın ekonomikliği esas alınarak belirlenen, değişik hacimlerde olması gereken optimum aydınlık düzeyi değerleri verilmektedir. Söz konusu standartlarda iyi bir aydınlatmada sadece yeterli ortalama aydınlık düzeylerinin yaratılması değil, bunun yanı sıra aydınlık düzeyi ve parlılığının hacim içinde düzgün dağılımı, ışık kaynaklarının renksel geri verimlerinin iyi ve ışık renklerinin uygun olması, kamaşma, fliker ve stroboskopik etkilerin sınırlandırılması gibi ölçütlerin de önemli olduğu belirtilmektedir [38].

Aydınlatmanın temel başlangıç noktası ışık kaynaklarının, lambaların seçimidir. Şüphesiz bu ışık kaynaklarının verimli yardımcı elemanlarla birlikte, fotometrik değerleri bilinen, ışığı istenilen şekilde yayan ve içindeki elemanları dış etkilerden koruyan kaliteli armatürler içinde olmaları; bu armatürlerin yapılan tasarım hesaplarına uygun olarak yerleştirilmeleri ve kullanım zamanlarını kısaltan otomasyon sistemlerinin tesisi de son derece önemli ve gereklidir. Ancak bu şekilde amaca uygun, kaliteli, görüş koşullarını sağlayan, fakat minimum düzeyli bir aydınlatma gerçekleştirilerek elektrik enerjisinin değeri azaltıldığında, gerçek bir tasarruftan söz edilebilir. Aksine çalışma konfor ve güvenliğini bozan bir aydınlatma yaratılarak kullanılan elektrik enerjisi miktarı azaltıldığında, iş verimi ve kalitesinde oluşabilecek bozulmalar nedeni ile sağlanması amaçlanan maddi getirilere hiçbir zaman erişilemeyecektir. Fabrikada bulunan mevcut armatürler Tablo 4.9.'da gösterilmektedir.

Tablo 4.9. Aydınlatma sistemleri

Mahal	Armatür Tipi	Armatür Güç (W)	Çalışma Saati	Adet	Tavsiye Edilen LED Güç (W)
Dökümhane	2x54 W T5 sıva üstü armatür	108	10	65	33
Boyahane	2x54 W T5 sıva üstü armatür	108	10	9	33
Torna Tesfiye	2x54 W T5 sıva üstü armatür	108	10	9	33
Taşlama	2x54 W T5 sıva üstü armatür	108	15	12	33
Demir atölyesi	2x54 W T5 sıva üstü armatür	108	10	8	33
Dökümhane	2x54 W T5 sıva üstü armatür	108	12	80	33

- **Enerji ve maliyet tasarruf analizleri:**

Dökümhane 1

Aylık elektrik tas.=(108-33)kWx10hx 26günx65 Adet =**1267,5 kWh/Ay=0,11TEP/Ay**

Yıllık elektrik tas. = 1267,5 kWh/Ay x 12 = 15.210 kWh/Yıl=**1,31 TEP/Yıl**

Aylık para tas. = 0,11 TEP/Ay x 2.733 TL =297,9 TL 'dir.

Yıllık para tas. = 297,9 TL x 12 = **3574,9 TL/Yıl 'dir.**

Boyahane

Aylık elektrik tas.=(108-33)kWx10hx 26günx9 Adet =**175,5 kWh/Ay=0,02TEP/Ay**

Yıllık elektrik tas. = 175,5 kWh/Ay x 12 = 2.106 kWh/Yıl=**0,181 TEP/Yıl**

Aylık para tas. = 0,02 TEP/Ay x 2.733 TL =41,2 TL 'dir.

Yıllık para tas. = 41,2 TL x 12 =**495 TL/Yıl 'dir.**

Torna-Tesviye

Aylık elektrik tas.=(108-33)kWx10hx 26günx9 Adet =**175,5 kWh/Ay=0,02TEP/Ay**

Yıllık elektrik tas. = 175,5 kWh/Ay x 12 = 2.106 kWh/Yıl=**0,181 TEP/Yıl**

Aylık para tas. = 0,02 TEP/Ay x 2.733 TL =41,2 TL 'dir.

Yıllık para tas. = 41,2 TL x 12 =**495 TL/Yıl 'dir.**

Taşlama

Aylık elektrik tas.=(108-33)kWx15hx 26günx12 Adet =**351 kWh/Ay=0,03TEP/Ay**

Yıllık elektrik tas. = 351 kWh/Ay x 12 = 4.212 kWh/Yıl=**0,36 TEP/Yıl**

Aylık para tas. = 0,03 TEP/Ay x 2.733 TL =82,5 TL 'dir.

Yıllık para tas. = 82,5 TL x 12 =**990 TL/Yıl 'dir.**

Demir Atelyesi

Aylık elektrik tas.=(108-33)kWx10hx 26günx8 Adet =**156 kWh/Ay=0,01TEP/Ay**

Yıllık elektrik tas. = 156 kWh/Ay x 12 = 1.872 kWh/Yıl=**0,16 TEP/Yıl**

Aylık para tas. = 0,16 TEP/Ay x 2.733 TL =36,7 TL 'dir.

Yıllık para tas. = 36,7 TL x 12 =**440 TL/Yıl 'dir.**

Dökümhane 2

Aylık elektrik tas.=(108-33)kWx12hx 26günx80 Adet =**1.872 kWh/Ay=0,16TEP/Ay**

Yıllık elektrik tas. = 1.872 kWh/Ay x 12 = 22.464 kWh/Yıl=**1,93 TEP/Yıl**

Aylık para tas. = 0,16 TEP/Ay x 2.733 TL =440 TL 'dir.

Yıllık para tas. = 440 TL x 12 =**5279,9 TL/Yıl 'dir.**

- **Yatırım maliyet analizleri:**

İşletmedeki, 2x54W T5 sıva üstü armatürün LED armatürle değiştirilmesi öngörülmüştür. Bu değişimin 2017 piyasa değerlerine göre maliyeti **12800 TL** olarak belirlenmiştir. Yatırımın basit geri ödeme süresi:

$$\text{GÖS} = 12800 \text{ TL} / 11274 \text{ TL/Yıl} = \mathbf{1,13 \text{ yıl}}$$
 olarak hesaplanmıştır.

- **CO₂ emisyonlarına etkisi:**

Aydınlatma projesinde yıllık elektrik tasarrufu 47970 kWh/Yıl olarak hesaplanmıştır. CO₂ salınımindaki azalma:

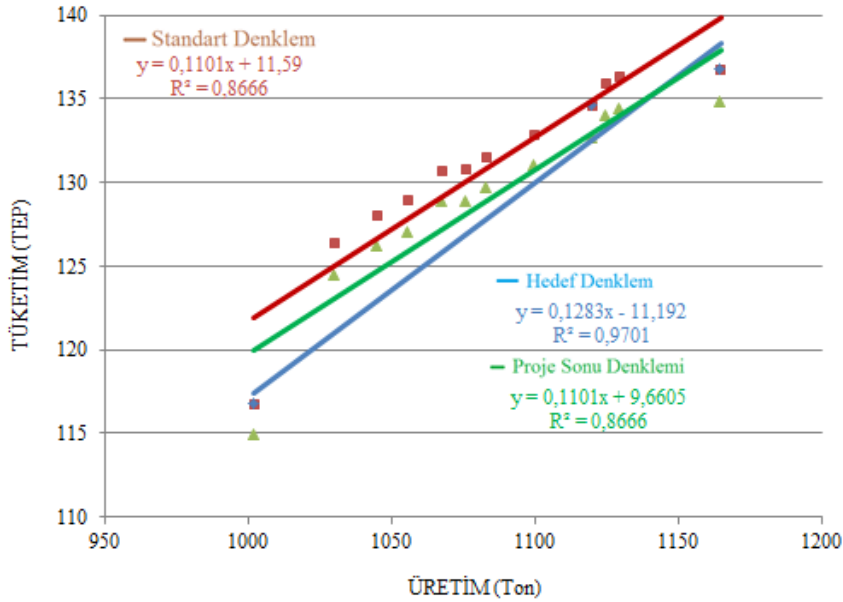
$$47970 \text{ kWh/Yıl} \times 0.583 \text{ Ton/MWh} = \mathbf{27 \text{ Ton/Yıl}}$$

İşletmede gerçekleştirilmesi planlanan projeler için yapılan elektrik tüketimi ve para tasarruf değerleri Tablo 4.10.'da ayrıntılı olarak sunulmuştur. Tablo değerlerine gören yüksek enerji tasarrufunun yapılacağı projenin yılda 8,64 TEP/Yıl değeri ile ocağının kapağının daha fazla kapalı tutulması projesi olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla, 4,08 TEP/Yıl değeriyle aydınlatma projesi, 3,96 TEP/Yıl değeriyle basınçlı hava sisteminde sürücü kullanılması projesi, 3,84 TEP/Yıl değeriyle basınçlı hava sistemindeki kaçakların giderilmesi projesi, 1,68 TEP/Yıl değeriyle mevcut motorların yüksek verimlilik sınıfı motorlarla değiştirilmesi projesi izlemiştir. Yıllık en az enerji tasarrufunun fan motorlarında verimli kayış kullanılması projesiyle 0,96 TEP/Yıl olarak elde edileceği belirlenmiştir. Tüm projelerin sağlayacağı yıllık tasarruf miktarı 23,16 TEP/Yıl'dır. Bu değer tüm işletme için %0,14 enerji tasarrufuna karşılık gelmektedir. 2017 rakamlarına göre birim TEP enerjinin maliyeti değerine göre yıllık 63286 TL para tasarrufuna karşılık gelmektedir.

Çalışmada her bir projenin aylık enerji tasarruf değerlerinin toplamını mevcut enerji tüketim değerlerinden çıkararak proje sonunda işletmenin aylık enerji tüketim değerleri TEP olarak belirlenmiştir. Belirlenen aylık enerji tüketim değerleri kullanılarak proje sonu denklemi oluşturulmuştur. . Denklemin regresyon uyumluluk katsayısı $R^2=0,8666$ ve standart denklem bağıntısı $y=0,1101x+9,6605$ olarak bulunmuştur. Projeler sonu denklemi Şekil 4.7.' de görülmektedir. Bu denklemin doğrusu standart denklem ile hedef denklemi arasında oluşmuştur. Bunun anlamı uygulanan projelerin hedef tasarruf değerlerine henüz ulaşmadığıdır. Doğrulardan elde edilecek başka bir sonuç ise ürün miktarını artışıyla tasarruf hedefine yaklaşılabileceğidir. Hedef doğrusu ile proje sonu doğrusunun ürün miktarının artışı ile birbirine yaklaşması ve en sonunda kesişmesi bunu açıkça göstermektedir.

Tablo 4.10. İşletmenin projeler sonunda aylık TEP değerleri

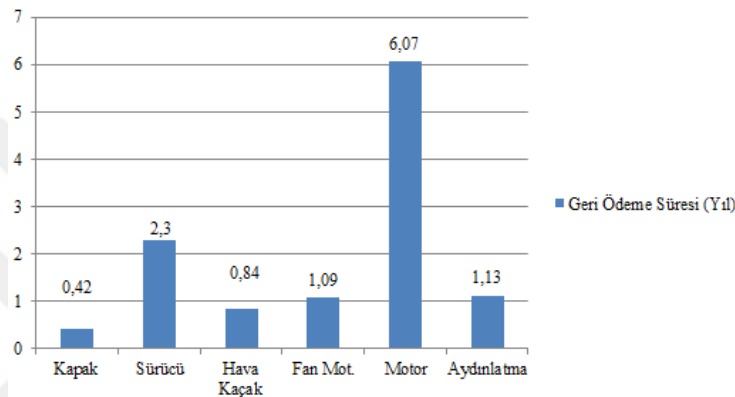
Ay	Üretim (Ton)	Mevcut TEP	İyileştirme Projeleri Aylık TEP Kazançları							Proje Sonu TEP	Aylık İyileşme (TL)
			Kapak	Sürücü	Hava Kaçak	Fan Mot.	Motor	Aydınlatma	Toplam		
Ocak	1030	126,4	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	124,5	5274
Şubat	1045	128,1	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	126,2	5274
Mart	1076	130,8	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	128,9	5274
Nisan	1068	130,8	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	128,8	5274
Mayıs	1120	134,7	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	132,7	5274
Haziran	1125	135,9	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	134,0	5274
Temmuz	1130	136,4	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	134,4	5274
Ağustos	1165	136,8	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	134,9	5274
Eylül	1100	132,9	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	131,0	5274
Ekim	1083	131,6	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	129,7	5274
Kasım	1056	129,0	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	127,1	5274
Aralık	1002	116,8	0,72	0,33	0,32	0,08	0,14	0,34	1,93	114,9	5274
Toplam	13000	1.570,2	8,64	3,96	3,84	0,96	1,68	4,08	23,16	1.547,1	63.286,0

**Şekil 4.7.** Projeler Sonu Denklem

Yapılan projelerin geri ödeme süreleri Şekil 4.8.'de sunulmuştur. En kısa zamanda geri ödeme sağlanacak proje 0,42 yıl ocağının kapağının daha fazla kapalı tutulması projesidir. Bunu sırasıyla 0,84, 1,09, 1,13, 2,3 yıl ile hava kaçaklarını önleme, fan motorlarında verimli kayış uygulaması ve aydınlatma projesi, basınçlı hava sisteminde sürücü kullanılması projeleri izlemektedir. En uzun geri ödeme süresine sahip proje 6,07 yıl ile mevcut motorların yüksek verimlilik sınıfı motorlarla değiştirilmesi projesi olarak belirlenmiştir.

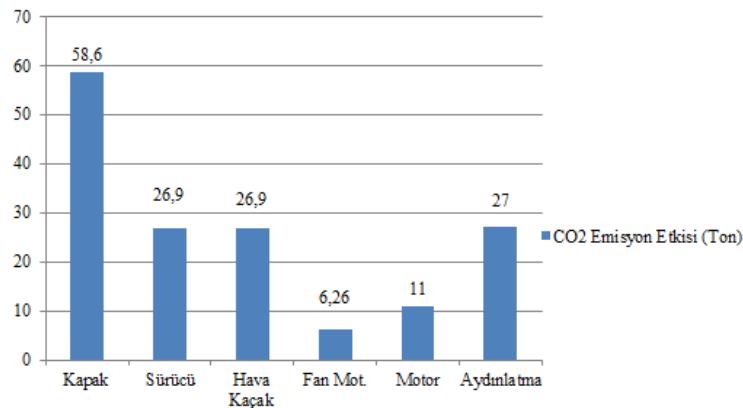
Bir projenin avantajlı olabilmesi maliyetine karşılık sağlayacağı enerji tasarrufuyla bağlantılıdır. Bunun net göstergesi ise projenin geri ödeme süresine

bakılarak anlaşılabilir. Dolayısıyla projelerin öncelik sırasının geri ödeme sürelerine göre olması işletme açısından uygun olacaktır. Yapılan çalışma için projelerin geri ödeme süreleri Şekil 4.8.'de sunulmuştur. En az geri ödeme süresi ve öncelikli uygulanması önerilen proje 0,42 yıl ile indüksiyon ocaklarında kapak kullanım projesidir. Bunu sırasıyla 0,84 yıl ile basınçlı hava sistemindeki kaçakların giderilmesi, 1,09 yıl ile fan motorlarında verimli kayış uygulaması, 1,13 yıl ile aydınlatma projesi ve 2,3 yıl ile basınçlı hava kompresörü değişken hızlı sürücü uygulaması projeleridir. En fazla geri ödeme süresi ve avantajı en az olan projenin 6,07 yıl ile yüksek verimli motor uygulaması projesi olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 4.8. Projelerin geri ödeme süreleri

Projelerin CO₂ salınımindaki azalma etkisi Şekil 4.9.'da sunulmuştur. En fazla emisyon azaltma etkisi 58,6 ton/yıl ile ocağının kapağının daha fazla kapalı tutulması projesi olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla 27 ton/yıl ile aydınlatma projesi, 26,9 ton/yıl basınçlı hava sisteminde sürücü kullanması ve hava kaçaklarını önleme projeleri ve 11 ton/yıl ile yüksek verimli motor uygulaması projesi izlemiştir. En düşük emisyon azaltma etkisi 6,26 ton/yıl ile fan motorlarında verimli kayış kullanılması projesi olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Projelerin CO₂ salınımindaki azaltma etkis

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerji etüd çalışmalarında, daha az enerjinin tüketilmesi ve enerjinin en iyi şekilde kullanılması hedeflenmektedir. Bu hedefin gerçekleştirilmesi için, enerji tüketimi ve üretim ilişkisini iyi bir şekilde tespit edilmesi gerekir. Bu ilişkinin değişimi regresyon analizinin doğru denklemleriyle ifade edilmesi ve spesifik enerji tüketimi ile bulunabilir. Bu uygulamalar vasıtasıyla enerjinin verimli ve verimsiz kullanıldığı aylar ortaya çıkartılır. Verimsiz üretimin yapıldığı aylardaki olumsuzluklar bulunarak ortadan kaldırılırsa enerji tüketiminden tasarruf edilir.

Bu çalışma, enerjinin korunmasının önemine ışık tutmak, fikirleri uygun maliyetli ve ekonomik bir şekilde uygulamak amacıyla başlatılmıştır. Çalışmada, muhtelif altyapı ürünleri üreten bir döküm fabrikasının enerji tüketim durumu, üretim değerleri ve enerji yönetimi durumları incelenmiştir. İşletmenin aylık üretim miktarlarına karşılık tüketilen toplam enerji değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar tablolar haline getirilmiş ve grafiksel olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan bu tablo ve grafiklere göre regresyon analizi hesapları ve ürün başına tüketilen enerji miktarı hesapları yapılmıştır.

Tesiste yapılan enerji etüdü sonucunda işletme enerji yönetimi açısından değerlendirilmiş, yapılan ölçümlerin ve hesaplamaların sonuçları verilmiş, uygulanması faydalı olabilecek iyileştirme önerileri araştırılmıştır. Bu kapsamda işletme için indüksiyon ocağının kapağının daha fazla kapalı tutulması, basınçlı hava sistemindeki kaçakların giderilmesi, basınçlı hava kompresörüne invertör uygulanması, fan motorlarına verimli kayış uygulaması, mevcut motorların yüksek verimli motorlarla değiştirilmesi ve aydınlatma armatürlerinin yenilenmesi projeleri sunulmuştur.

Aylık üretim ve enerji tüketim değerlerine göre standart denklem oluşturulmuştur. Standart denklemin altında kalan verilere göre hedef denklemi ve doğrusu belirlenmiştir. Hedef denkleminde faydalanarak işletme için aylık üretim değerlerine karşılık gelen aylara göre hedef enerji tüketim miktarları TEP olarak tespit edilmiştir. Mevcut aylık TEP değerleri ile hedef değerleri arasındaki fark, işletmenin aylık iyileştirme potansiyelini belirlenmiştir. İşletmenin yıllık iyileştirme potansiyeli 36,6 TEP olarak hesaplanmıştır. Yıllık iyileştirme potansiyeli 100.140 TL/Yıl'lık olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre işletmenin %0,23 iyileştirme potansiyeli olduğu tespit edilmiştir.

İşletmede gerçekleştirilmesi planlanan projelere göre proje sonu denklemi oluşturulmuştur. Proje sonu denkleminde işletmenin sağlayacağı yıllık tasarruf

miktarı 23,16 TEP/Yıl bulunmuştur. Bu değer tüm işletme için %0,14 enerji tasarrufuna karşılık gelmektedir. Projelerin neticesinde yıllık 63.286 TL para tasarrufu sağlanacağı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre işletmenin hedef tasarruf değerlerine ulaşabilmesi için daha farklı projelerin önerilebileceği anlaşılmıştır.

Yapılan projelerin geri ödeme süreleri sırasıyla indüksiyon ocaklarında kapak kullanım projesi için 0,42 yıl, basınçlı hava sistemindeki kaçakların giderilmesi projesi için 0,84 yıl, fan motorlarına verimli kayış uygulaması projesi için 1,09 yıl, aydınlatma projesi için 1,13 yıl, basınçlı hava kompresörüne invertör uygulanması projesi için 2,3 yıl ve yüksek verimli motor uygulaması projesi için 6,07 olarak bulunmuştur. İşletme için projelerin uygulanmasını geri ödeme süresi esas alınarak yapılması öngörülmüştür.

Yapılan projelerin CO₂ salınımındaki azalma etkisi sırasıyla indüksiyon ocaklarında kapak kullanım projesi için 58,6 ton/yıl, aydınlatma projesi için 27 ton/yıl, basınçlı hava kompresörüne invertör uygulanması ve basınçlı hava sistemindeki kaçakların giderilmesi projesi için 26,9 ton/yıl, yüksek verimli motor uygulaması projesi için 11 ton/yıl ve fan motorlarına verimli kayış uygulaması projesi için 6,26 ton/yıl olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, endüstriyel tesislerde uygulanabilecek enerji tasarrufu yöntemleri, bilimsel olarak gerçekliği tamamen ortaya konmuş uygulamalardır. Bu konuya sanayi işletme yöneticilerinin önem vermesi ve mühendislerin tasarruf metotlarını öğrenip uygulamaları enerji tüketimlerinde önemli azalmalar sağlayacaktır. Enerji tasarrufu sayesinde daha az fosil yakıt yakılması sonucu istenmeyen emisyonlar azalacak ve karbon emisyonunun neden olduğu küresel ısınma etkileri azalacaktır. Ayrıca, enerji tasarrufu ve verimliliği ülkemizin yapması gereken ve çok yüksek yatırım gerektiren yeni enerji yatırımlarının getireceği yükü azaltacaktır. İşletmenin enerji tasarrufu sağlayabilmesi için bahsedilen projelerin hayata geçirilmesi hedeflenen tasarruf değerlerine ulaşabilmek amacıyla işletmede yeni proje arayışlarının devam ettirilmesi önerilir.

KAYNAKLAR

- [1] TEVEM ve ENVERDER, 2010, Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu, Yeşil Ekonomiye Geçiş, Türkiye Enerji Verimliliği Meclisi, TEVEM, Enerji Verimliliği Derneği, ENVERDER,
adres: <http://www.enver.org.tr/modules/mastop> .
- [2] Kavak, K., 2005, Dünyada Ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin incelenmesi. Devlet Planlama Teşkilatı, DPT,
adres: www.dpt.gov.tr/DocObjects/Download/3154/enerji.pdf.
- [3] Anonymous, 2003, Energy Savings Toolbox an Energy audit Manual and Tool Natural Resources Canada through the Canadian Industry Program for Energy Conservation, *Ottawa*, 8-11.
- [4] Goel Ms.,Gulati S.M., 2008, Enhancing Competitiveness of Small and Medium Size Foundries Scope, Challenges and Way Forward, Foundation for MSME Cluster, *Canada*, 13-15.
- [5] Anonymous, 2005, Advanced Melting Technologies: Energy Saving Concepts and Opportunities for the Metal Casting Industry, *BCS Columbia*, 2-5.
- [6] Worrell E., Laitner J., Ruth M., Finman H., 2003, Productivity benefits of industrial energy efficiency measures, *Energy*, 28(12), 1081–98.
- [7] Thollander P., Svensson IL., Trygg L., 2010, Analyzing variables for district heating collaborations between energy utilities and industries, *Energy*, 35(9), 49–56.
- [8] Turan, S., 2006, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, *Dergipark*, 84-88.
- [9] Kaya D., Güngör C., 2002b, Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli-II, *Mühendis ve Makine*, 515.
- [10] Heperkan, H. A., Olgun, B., 2009, Enerji verimliliği ve Türkiye'deki mevzuat, *Güneş Enerjisi Sistemleri Dergisi*, 14(5), 56-58.
- [11] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017, Kamu binalarında enerji verimliliği etüdü, *ETKB*, Ankara, 32-37.
- [12] M. Noro., R. M. Lazzarin, Energy audit experiences in foundries, 2014.

- [13] Dr.M.Arasu, L.Rogers Jeffrey, Energy consumption studies in cast iron foundries, 2009.
- [14] Patange, G., Khond, M., 2015, Energy efficiency in small and medium scale foundry industry, 55(2), 257-259.
- [15] Renato M., Lazzarin, Marco N., 2015, Energy efficiency opportunities in the production process of cast iron foundries, *Elsevier*, 509-520.
- [16] Ansari, R. N., 2010, Foundry energy optimization, 2-6.
- [17] Prashanth, M. S., Eshwar, R., Vikram, K., Patel, J. S., Rohit R., Rahul R., Gopi K. M., 2014, A multi faceted approach to energy conservation in foundries, *Elsevier*, 97, 1815-1824.
- [18] Thollander, P., Backlund, S., Trianni, A., Cagno E., 2013, Beyond barriers-A case study on driving forces for improved energy efficiency in the foundry industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden, *Elsevier*, 111, 636-643.
- [19] Bliattacharjee, S., Vasudevan, N., 2006, Energy efficiency considerations in the indian foundry industry, *IEEE*, 2263-2267.
- [20] Thollander, P., Mardan, N., Karlsson, M., 2008, Optimization as investment decision support in a swedish medium-sized iron foundry, *Elsevier*, 86, 433-440.
- [21] Thollander, P., Karlsson, M., Soderstrom, M., Creutz, D., 2004, Reducing industrial energy costs through energy-efficiency measures in a liberalized european electricity market case study of a swedish iron foundry, *Elsevier*, 81, 115-126.
- [22] Bhalke, S., Chate, G., Kallol, A., Humbarwadia, S., 2015, Energy Auditing of Foundries, *URP journal*, 5(3), 74-78.
- [23] Taner, T., 2002, Sanayide Enerji Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli,110.
- [24] Kimsesiz, E., 2003, Erdemir'in Enerji Yapısı ve Verimliliğinin Arttırılmasına Yönelik Çalışmaların Tanıtımı, 22. *Enerji Tasarrufu Haftası Etkinlikleri*, Ankara, 147-151.
- [25] Hepbaşlı, A., 2003, Sanayide Enerji Verimliliği İyileştirme Önlemleri, *Türkiye 8. Enerji Kongresi*, Ankara, 1-12.

- [26] Kaya, D., Güngör, C., 2002a, Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli-1, *Mühendis ve Makine*, 514, 48-50.
- [27] Keskin, T., 2011, Sanayide Enerji Yönetimi, *TESKON*, 3-15.
- [28] Anonim, 2006, Sanayi enerji yönetim esasları, *Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi Yayınları*, 1-2-3-4, Ankara.
- [29] Kent, R., 2008, Plastik işletmede enerji yönetimi, *PAGDER*, 4-6.
- [30] Prabhu, S., 2010, The Science & Technology of an Automated Induction Meltshop, adres: <https://ankirosfoundrycongresstr.files.wordpress.com>.
- [31] Çengel, Y. A., Çerçi, Y., Turner, R. H., 1998, Some Simple and Economical Ways of Savings Energy in Industrial Facilities, *ASME Advanced Energy Division*, 84-94.
- [32] Talbott, E. M., 1993, Compressed Air Systems, A Guidebook On Energy and Cost Savings, Second edition, The Fairmont Press, Liburn, GA 00247.
- [33] Tarell, R. E., 1999, Improving Compressed Air System Efficiency, Know What You Really NEED, *Energy Engineering*, (96)1, 7-15.
- [34] Barber, A., 1989, Pneumatic Handbook , 7th ed. , Trade and Technical Pres.
- [35] Elektrik İşleri Etüd İdaresi ve Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi, 1997, Sanayide Enerji Yönetimi, EİEİ/UETM, 3.
- [36] Kent, R., 2008, Plastik işletmede enerji yönetimi, *PAGDER*, 32-36.
- [37] Çengel Y. A., Çerçi Y., 2000, Opportunities To Save Energy in Industry, 12. Turkish National Conference on Thermal Sciences and Technologies with International Participation, *Conference Proceeding*, Sakarya, Turkey, 2:392-399.
- [38] Anonim, 2006, Sanayide enerji Verimliliği Şubesi, *Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi Yayınları*, Ankara.

EKLER**EK-1 TEP Çevrim Tablosu**

Miktar	Enerji Kaynağı	Yoğunluk	Alt Isıl Değer	Birim	TEP Çevrim Katsayısı
1 Ton	Taşkömürü		6.100.000	kcal	0.610
1 Ton	Kok Kömürü		7.200.000	kcal	0.720
1 Ton	Briket		5.000000	kcal	0.500
1 Ton	Linyit teshin ve sanayi		3.000.000	kcal	0.300
1 Ton	Linyit santral		2.000.000	kcal	0.200
1 Ton	Elbistan Linyiti		1.100.000	kcal	0.110
1 Ton	Petrokok		7.600.000	kcal	0.760
1 Ton	Prina		4.300.000	kcal	0.430
1 Ton	Talaş		3.000.000	kcal	0.300
1 Ton	Kabuk		2.250.000	kcal	0.225
1 Ton	Grafit		8.000.000	kcal	0.800
1 Ton	Kok tozu		6.000.000	kcal	0.600
1 Ton	Maden		5.500.000	kcal	0.550
1 Ton	Elbistan Linyiti		1.100.000	kcal	0.110
1 Ton	Asfaltit		4.300.000	kcal	0.430
1 Ton	Odun		3.000.000	kcal	0.300
1 Ton	Hayvan ve Bitki Artığı		2.300.000	kcal	0.230
1 Ton	Ham Petrol		10.500.000	kcal	1.050
1 Ton	Fuel Oil No: 4		9.600.000	kcal	0.960
1 Ton	Fuel Oil No: 5	0.920 kg/l	10.025.000	kcal	1.003
1 Ton	Fuel Oil No: 6	0.940 kg/l	9.860.000	kcal	0.986
1 Ton	Motorin	0.830 kg/l	10.200.000	kcal	1.020
1 Ton	Benzin	0.735 kg/l	10.400.000	kcal	1.040
1 Ton	Gazyağı	0.780 kg/l	8.290.000	kcal	0.829
1 Ton	Siyah Likör		3.000.000	kcal	0.300
1 Ton	Nafta		10.400.000	kcal	1.040
1 m ³	Doğal Gaz	0.670 kg/m ³	8.250.000	kcal	0.825
1 Ton	Kok Gazı		8.220.000	kcal	0.820
Bin m ³	Kok Gazı	0.490 kg/m ³	4.028.000	kcal	0.403
1 Ton	Yüksek Fırın Gazı		535.000	kcal	0.054
Bin m ³	Yüksek Fırın Gazı	1.290 kg/m ³	690.000	kcal	0.069
Bin m ³	Çelikhane Gazı		1.500.000	kcal	0,150
Bin m ³	Rafineri Gazı		8.783.000	kcal	0.878
Bin m ³	Asetilen		14.230.000	kcal	1.423
Bin m ³	Propan		10.200.000	kcal	1.020
1 Ton	LPG		10.900.000	kcal	1.090
Bin m ³	LPG	2.477 kg/m ³	27.000.000	kcal	2.700
Bin kWh	Elektrik		860.000	kcal	0.086
Bin kWh	Hidrolik		860.000	kcal	0.086
Bin kWh	Jeotermal		860.000	kcal	0.860

EK-2 Elektrik Ölçümleri

Time	Frequency (Hz)	U rms (V)	I rms (A)	S (kVA)	PF	P (kW)	Q (kVAr)	Uthd %	Ithd %
09:33:10	50	391.3	912.0	618.1	0.91	562.5	256.3	11.77	12.67
09:33:10	49.95	395.8	829.7	568.8	0.99	563.1	80.2	9.89	3.7
09:33:50	50.01	393.2	868.9	591.8	0.95	562.2	184.8	7.49	22.7
09:34:10	49.95	397.7	877.7	604.6	0.93	562.3	222.2	10.31	5.17
09:34:30	49.97	397.2	860.1	591.7	0.95	562.15	184.8	4.48	7.64
09:34:50	49.99	397.3	833.4	573.5	0.98	562	114.1	13.03	27.1
09:35:10	50.01	392.9	842.5	573.3	0.98	561.85	114.1	11.35	23.1
09:35:30	50	393.9	875.9	597.6	0.94	561.7	203.9	7.68	25.65
09:35:50	49.99	389.8	840.1	567.2	0.99	561.55	80.0	12.69	8.4
09:36:10	50.01	395.1	882.1	603.7	0.93	561.4	221.9	8.81	24.63
09:36:30	49.96	394	903.8	616.8	0.91	561.25	255.7	9.08	3.79
09:36:50	49.98	394.2	883.6	603.3	0.93	561.1	221.8	7.24	3.66
09:37:10	49.99	393.6	857.1	584.3	0.96	560.95	163.6	3.84	22.13
09:37:30	49.99	395.1	848.9	580.9	0.97	563.5	141.2	11.18	8.99
09:37:50	49.99	392.4	854.6	580.8	0.97	563.4	141.2	11.44	13.36
09:38:10	49.99	390.7	889.2	601.7	0.94	565.6	205.3	4.01	1.9
09:38:30	49.96	392.7	876.3	596.1	0.95	566.2667	186.1	12.24	21.96
09:38:50	50	391.2	845.7	573.0	0.99	567.3167	80.8	8.92	21.03
09:39:10	50.01	391.9	900.3	611.1	0.93	568.3667	224.6	3.61	26.54
09:39:30	49.95	392	921.6	625.7	0.91	569.4167	259.4	8.29	26.13
09:39:50	49.98	395.3	915.6	626.9	0.91	570.4667	259.9	4.54	9.22
09:40:10	50	396.2	886.0	608.0	0.94	571.5167	207.4	7.79	6.94
09:40:30	49.98	397.2	885.4	609.1	0.94	572.5667	207.8	9.34	5.8
09:40:50	49.95	396.3	830.3	569.9	0.99	564.2	80.4	9.9	1.63
09:41:10	50	394.7	904.2	618.1	0.91	562.5	256.3	12.55	23.81

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Bahtiyar TAŞDEMİR
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : KIRŞEHİR/30.04.1990
Telefon : (506)9022296
e-mail : bahtiyartasdemir1830@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Hacı Fatma Erdemir Anadolu Lisesi,Kırşehir	2004
Üniversite	: Karadeniz Teknik Üniversitesi,Trabzon	2013
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi,Konya	Devam ediyor

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014-2015	Molino Makina San. ve Tic. A.Ş.	Otomasyon Mühendisi
2015-2017	Konya Kent Ortak Sağlık Güvenlik Birimi	Elektrik Elektronik Mühendisi
2017-Günümüz	Enesay Mühendislik Elektrik Otomasyon Tic.Ltd.Ş.	Otomasyon Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Hitachi, Delta, Siemens PLC, İntouch Scada Sistemleri, C+, Matlap, Autocad

YABANCI DİLLER

İngilizce