

## OTOMOTİV VE GIDA SEKTÖRLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KARBON EMİSYONUNUN AZALTIMI İLE İLGİLİ BİR ÇALIŞMA

*Duriye DEĞİRMEN*<sup>1</sup> 

*Işıl HASDEMİR*<sup>2</sup> 

*Gizem EKER ŞANLI*<sup>3</sup> 

Geliş: 10.08.2023; düzeltme: 30.11.2023; kabul: 01.12.2023

**Öz:** Endüstriyel işletmelerde enerji tasarrufu sağlamak ve düşük karbonlu üretim yöntemlerini kullanmak işletmelerin karbon ayak izini düşürdüğü için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı gıda ve otomotiv sektörlerinde faaliyet göstermekte olan 2 fabrikada yapılabilecek enerji verimliliği uygulamalarını değerlendirmek ve bu uygulamalarla sağlanacak enerji tasarrufu (Nm<sup>3</sup>/yıl) ile önlenecek karbon emisyon miktarlarını (ton CO<sub>2</sub>/yıl) ortaya koymaktır. Her iki tesiste yapılabilecek ortak iyileştirmeler; sıcak hatlara izolasyon uygulaması, basınçlı hava kaçaklarının giderilmesi, basınçlı hava sistemi basıncının 1 bar düşürülmesi, kompresör emiş havasının düzenlenmesi, selenoid vana uygulaması ve flash buhar uygulamasıdır. Bunların yanı sıra gıda işletmesi özelinde 2 ve otomotivde 1 adet münferit enerji tasarruf çalışması önerisinde bulunulmuştur. Gıda sektöründe çevresel fayda (48 ton CO<sub>2</sub>) ve enerji tasarruf verimi (22 TEP/yıl) açısından en verimli uygulamanın flash buhar uygulaması olduğu görülürken, otomotiv işletmesinde ise çevresel fayda açısından basınçlı hava kaçaklarının giderilmesi (152 ton CO<sub>2</sub>) ve enerji tasarruf veriminde ise sıcak hatlara izolasyon uygulaması (60 TEP/yıl) en avantajlı uygulama olarak tespit edilmiştir. Tüm öneriler değerlendirildiğinde gıda işletmesinde 6 adet uygulama neticesinde CO<sub>2</sub> emisyonunda yıllık toplam 121 ton kadar azalma sağlanabilirken, 5 adet iyileştirmenin önerildiği otomotiv işletmesinde bu değer 323 ton seviyesinde olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Sanayi, Enerji verimliliği, CO<sub>2</sub>, Ekonomik fayda

### A Case Study On Energy Efficiency And Reduction Of Carbon Emissions In Automotive And Food Sectors

**Abstract:** It is of great importance to save energy and use low-carbon production methods in industrial enterprises, as they reduce the carbon footprint of enterprises. In this study, it is aimed to evaluate the energy efficiency applications that can be made in 2 factories operating in the food and automotive sectors in Turkey and to reveal the energy savings (Nm<sup>3</sup> / year) to be achieved with these applications and the amount of carbon emissions to be prevented (ton CO<sub>2</sub> / year). Common improvements that can be made in both facilities are insulation application to hot lines, elimination of compressed air leaks, reduction of compressed air system pressure by 1 bar, regulation of compressor intake air, application of solenoid valve and flash steam application. In addition to these, 2 individual energy saving studies have been proposed in the food business and 1 in the automotive sector. While it is seen that the most efficient application in terms of environmental benefit (48 tons CO<sub>2</sub>) and energy saving efficiency (22 TOE/year) in the food sector is flash steam application, in the automotive business it is seen that the compressed air leaks are eliminated (152 tons of CO<sub>2</sub>) and hot air is used in terms of energy saving efficiency. Insulation application (60 TOE/year) to the lines has been determined as the most advantageous application. When all the suggestions are evaluated, as a result of 6 applications in the food business, a total reduction of 121 tons of CO<sub>2</sub> emissions can be achieved annually, while this value will be at the level of 323 tons in the automotive business where 5 improvements are proposed.

**Keywords:** Industry, Energy efficiency, CO<sub>2</sub>, Economic benefit

<sup>1</sup> Ekol Lojistik - Minareliçavuş, Alkanlar Sokak No:14 16140 Nilüfer/Bursa

<sup>2</sup> Bursa Chamber of Industry and Trade-Energy Efficiency Center, Bursa-Turkey

<sup>3</sup> Bursa Uludag University, Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering, Bursa-Turkey

İletişim Yazarı: Gizem EKER ŞANLI (geker@uludag.edu.tr)

## 1.GİRİŞ

Nüfus artışına paralel olarak sanayileşmenin de hızla geliştiği dünyada enerji kaynaklarının tükeniyor olması, enerji kullanımı sırasında açığa çıkan sera gazlarının iklim değişikliği ve küresel ısınmaya yol açması, ölkemizin enerjide dışa bağımlı olması gibi durumlar otoriteleri enerji konusunda yeni çözümleri aramaya sevk etmiştir. Alternatif kaynakların yanı sıra hali hazırda kullanılmakta olan enerjinin etkin kullanılması da bir seçenektir. Enerji verimliliği; harcanan enerjinin üretimdeki kalite ve miktarı düşürmeden, sosyal refahı ve iktisadi kalkınmayı engellemeden en aza indirilmesi şeklinde ifade edilmektedir (UNDP, 2017). Türkiye’de sanayi sektöründe sağlanabilecek enerji tasarruf oranının en az %20 olduğu ve bu oranın yaklaşık %50’sinin yüksek yatırım maliyeti gerektirmeyen ve iki yıldan daha az süreli geri ödemelerle gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir (Yılankırkan ve Doğan, 2015).

İmalat sanayi içerisinde gıda üretim prosesinde, soğutma ve ısıtma işlemlerinin sıklıkla kullanılması nedeniyle, enerji yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Genç, 2017). Diğer sektörlerde olduğu gibi gıda sanayinde yapılan enerji verimliliği uygulamaları enerji tüketiminin azalmasına katkı sağlamaktadır. Literatürde gıda sanayinde yapılan enerji verimliliği uygulamalarına rastlamak mümkündür. Bu örneklerden bazıları; Pradella ve ark. (2017) gıda endüstrisi ile ilgili verileri ve süreçlerde benimsenen enerji verimlilik göstergelerinin neler olduğunu araştırmak amacıyla sistematik bir literatür taraması yöntemini kullanmışlar ve proses verimliliğini ölçmede kullanılan göstergelerin hala tam olarak anlaşılammış olması nedeniyle gıda sektöründe geniş bir araştırma alanı olduğu sonucuna varmışlardır. Jagtap ve ark. (2019) çalışmalarında içecek doldurma pompalarında yapılan revizyon ve soğutma tesisini namlendirme tesisine dönüştürme gibi uygulamalarla işletmeye geri ödeme süreleri 3 yılı aşmayan enerji verimliliği uygulamalarıyla olumlu dönüşlerin sağlanacağı vurgulanmıştır. Wang (2014) tarafından yayımlanan derleme makalede ise gıda işleme tesisleri için enerji tasarrufu fırsatları ve tasarruf önlemleri belirlenmiş ve yorumlanmıştır. Fischer ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada, endüstriye birincil enerji girdilerinin yaklaşık %57’sinin, amaçlanan işleme faaliyetlerine ulaşmadan önce kaybolduğu bildirilmiştir. Ruşen (2019) tarafından Karaman’da faaliyet göstermekte olan bir hazır gıda fabrikasının üretim hattında kullanılan elektrik motorları belli başlı parametreler göz önünde bulundurularak sınıflandırılmıştır. İşletmede hali hazırda kullanılmakta olan ve verimleri düşük olan elektrik motorlarının daha verimli motorlarla değiştirilmesi durumunda sağlanacak tasarruf miktarı, CO<sub>2</sub> miktarındaki azalma ve uygulamanın geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Ruşen (2019) çalışmasında önerilen basit geri ödeme süresinin 1,5 yıldan daha kısa olduğu uygulama ile CO<sub>2</sub> oranında %12,15 bir azalma ile elektrik maliyetinde yıllık 200.000 TL düşüş olacağı belirtilmektedir. Balkan ve ark. (2005) Denizli’de faaliyet göstermekte olan konsantre portakal suyu üretiminin yapıldığı bir fabrikada performans değerlendirmesi yapmışlardır. Söğüt ve ark. (2010) dört etkili evaporatör sistemine sahip olan bir salça üretim tesisinin verilerini kullanarak ekserji ve enerji analizini gerçekleştirmişlerdir. Genç ve ark. (2017) şarap üretim tesisinde kırmızı şarap üretim sürecini enerji ve ekserji analizini yaparak yorumlamışlar ve sistemin birinci ve ikinci yasa verimini hesaplamışlardır. Çalışmada sistemin enerji verimliliği %71,2 olarak hesaplanmış ve sistemde en büyük enerji kaybının %13,05 ile en düşük enerji verimliliğine sahip olan vakum evaporatörde olduğu belirlenmiştir.

Sanayide yer alan sektörlerden bir diğeri olan otomotiv sektörü de enerjinin yoğun tüketildiği alanlardan biridir. Dünyada ileri gelen otomotiv firmaları, Türk işbirlikçileri ile kurdukları tesislerle Türkiye’yi yabancı otomotiv firmalarının ihracatında merkez haline getirmişlerdir. Otomotiv sanayi bahsedilen nedenlerle gerek ölkede ekonomisi gerekse işletmeler için büyük oranda maliyet tasarrufu sağladığı için bu sektörde enerji verimliliği çalışmaları büyük önem arz etmektedir (Kılınç, 2019). Otomotiv işletmelerinde yapılan enerji verimliliği uygulamaları ile ilgili öne çıkan bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir; Akbaş ve ark. 2018 yılında gerçekleştirdiği çalışmada, incelenen işletmede kullanılan pompaların daha verimli

pompalar ile değiştirilmesi, düşük verimli fanların değiştirilmesi, işletmede halihazırda kullanılmakta olan kompresörlerin basınçlarının düşürülmesi gibi uygulamalarla elde edilecek kazanımlar belirlenmiştir. Rivera ve ark. (2014), otomotiv boyama ünitesinde proses ve malzemede yapılacak geliştirmelerle sağlanabilecek enerji kazanımlarını ortaya koymuşlardır. Kılıç ve ark. (2018) yılında yaptığı çalışmada bir otomobil montaj tesisinin enerji tüketimleri incelenmiş ve imalat sürecinde enerjinin yoğun kullanıldığı alanlar tespit edilerek önerilen tasarruf potansiyellerinin uygulamaya konulması halinde tesisin özgül enerji tüketiminin azalacağı vurgulanmıştır. Uylukçuoğlu (2009) tarafından yapılan çalışmada ele alınan bir otomotiv tesisinde tavsiye edilen uygulamalarla ısı enerjisinden 427.212,05 m<sup>3</sup>, elektrik enerjisinden ise 8.124.197,58 kWh tasarruf sağlanabileceği sonucuna varılmıştır. Sipahi'nin (2019) yaptığı çalışmada bir otomotiv firmasında yapılması tavsiye edilen iyileştirmeler ile işletmeye ve çevreye sağlanacak kazanımlar belirlenmiştir. İşletmede kürlenme fırınlarında bulunan egzoz bacalarından atmosfere atılan ısının geri kazanılması ile fırın içerisine beslenen taze havanın ön ısıtılması ile 177.824 m<sup>3</sup>/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Brülör gruplarının yakma havalarının ön ısıtılması projesi ile 37.440 m<sup>3</sup>/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Flaş buhar geri kazanım sistemi ile 83.089 m<sup>3</sup>/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Soğutma ünitelerinde yapılan set değeri yükseltme çalışması sonucunda ile 505.440 kWh/yıl elektrik tasarrufu sağlanmıştır. Isı pompası projesi sonucunda 108.000 kWh/yıl elektrik tasarrufu, 252.195 Sm<sup>3</sup>/yıl doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Yapılan çalışmalar ile 1.436 ton CO<sub>2</sub> emisyonunun doğaya salınmasının engellenebileceği görülmüştür. Sapmaz ve Kaya'nın (2017) yaptığı çalışmada bir basınçlı hava sisteminin enerji verimliliği değerlendirilmesi yapılmış ve önerilen atık ısı geri kazanımı, sızıntıların tamiri, kompresör hava giriş sıcaklığının düşürülmesi, kompresör çıkış basıncının düşürülmesi, yüksek verimli motor kullanımı uygulamaları ile yıllık enerji geri kazanımın 7.781.689 kWh, maddi kazanımın 621.639 TL ve önlenen emisyon miktarının 1.714.745 kg olacağı hesaplanmıştır. Ediz'in (2023) çalışmasında ele aldığı otomotiv tesisinde enerji verimliliği kapsamında gerçekleştirilmesi önerilen 10 uygulamanın enerji tasarruf potansiyelleri kıyaslandığında verimsiz kompresörlerin verimliler ile değiştirilmesi sonucu 1.475.473 kWh, işletme çatısına yapılacak güneş panelleri ile 1.389.772,14 kWh, yeni kompresörlerle atık ısı geri kazanım uygulaması ile 1.186.517 kWh, basınçlı hava kaçaklarının giderimi ile 375.622 kWh olacağı sonucuna varılmıştır.

Sunulan çalışma kapsamında ele alınan gıda ve otomotiv işletmelerinde enerji verimlilik olanakları ortaya konulmuş ve bu uygulamalarla sağlanacak çevresel ve ekonomik kazanımlar hesaplanmıştır.

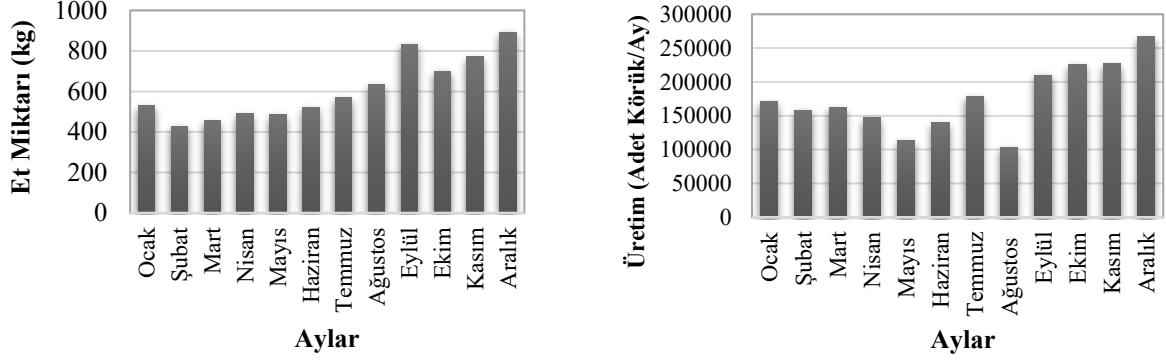
## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. İncelenen İşletmelerin Tanıtımı

**Gıda işletmesi:** Çalışma kapsamında incelenen tesiste et üretimi yapılmaktadır. 2001 yılında kurulan tesisin toplam kapladığı alan 13.630 m<sup>2</sup>'dir. Ana üretim ürünleri; karkas et, parçalanmış et ve şarküteredir. Yıllık üretim kapasitesi kanatlı hayvan eti mamulleri için 300.000 kg iken bu değer büyük baş karkas et için 18.000.000 kg'a çıkmaktadır. İşletmenin 2020 yılı boyunca her ay ürettiği et miktarının histogram grafiği (Şekil 1.a) verilmektedir. Buna göre 2020 yılı içerisinde üretimin en fazla olduğu ay 891.837 kg ile aralık ayı iken en az üretim 427.785 kg ile şubat ayında gerçekleşmiştir. 2020 yılında, tüm dünyayı etkileyen Covid-19 koşulları sebebiyle özellikle virüsün Türkiye'de yoğun olarak görüldüğü ilkbahar aylarında üretim miktarlarında düşüş gerçekleşmiştir. Yazın havaların ısınması ve vaka sayılarının azalması ile firmanın üretimi kademeli olarak artırılmıştır.

**Otomotiv işletmesi:** İncelenen tesis otomotiv yan sanayinde faaliyet göstermekte olup kamyon, treyler, dorse ve otobüs gibi ticari araçlar için hava süspansiyon sistemleri

üretmektedir. İşletmede ana hammadde olarak kauçuk ve karbon siyahı malzemeleri kullanılmakta ve kauçuk şekillendirilerek hava süspansiyon körüğü üretimi yapılmaktadır. İşletmede enerji türü olarak elektrik ve doğalgaz kullanılmaktadır. İşletmenin 2020 yılı boyunca her ay ürettiği körük miktarının histogram grafiği aşağıda (Şekil 1.b) verilmektedir. Buna göre 2020 yılı içerisinde üretimin en fazla olduğu ay 266.792 adet ile aralık ayı iken en az üretim 103.114 adet ile ağustos ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 1: a) Gıda işletmesinde üretim miktarları b) Otomotiv işletmesinde üretim miktarları

## 2.2. Enerji Etütleri, Kullanılan Cihazlar ve Kullanım Yerleri

Enerji etütleri sayesinde tesiste enerji kaybı olan yerlerin tespit edilmesi sağlanmaktadır. Bu etüd yapılırken toplanan ve analiz edilen verinin miktarı ile hesaplanan enerji tasarruf potansiyeli arasında doğrudan bir ilişki vardır. Enerji etüdü maliyeti enerji tasarrufu etüdünün tipini belirleyen ilk belirleyici unsurdur. İkinci unsur ise tesisin tipidir, örneğin bir endüstriyel tesisin enerji tasarrufu etüdü yapılırken proses ihtiyaçları göz önüne alınır. Enerji tasarrufu etüdü genellikle üç etkinlik düzeyinde sınıflandırılır. Bunlar; ön enerji tasarrufu etüdü, tesis taramaları (mini-enerji tasarrufu etüdü) ve detaylı enerji tasarrufu etüdü (maks-enerji tasarrufu etüdü) olarak gruplandırılabilir (Hepbaşlı ve ark., 2001).

Çalışma kapsamında yapılan enerji etütleri Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi (BTSO EVM) imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enerji tüketim noktalarında gerçekleştirilen enerji etütleri sırasında kullanılan 5 adet cihazın kullanım yerleri aşağıdaki tabloda (Tablo 1) verilmiştir. Tablo 1'de belirtilen cihazların tamamı gıda tesisinde kullanılmış olup, otomotiv tesisinde ise ultrasonik debimetre haricindeki ölçüm cihazları kullanılmıştır.

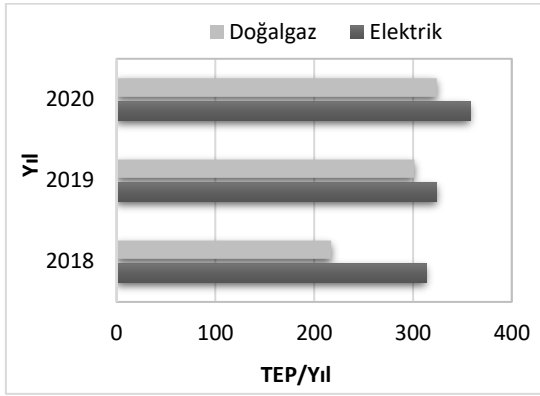
Tablo 1. Enerji Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar

Cihaz Tipi/Marka	Ölçüm Sırasında Kullanıldığı Yer
Enerji Analizörü/ Chauvin Arnoux	Kompresör, trafo ve pompa
Çok Yönlü Ölçüm Cihazı/ KIMO-AMI300	Ortam Havası Sıcaklık Ölçümü
Baca Gazı Analizörü/ ECOM J2KN PRO	Sıcaklık Ölçümü ve Akışkan Yataklı Kazan Bacası Debi
Hava Kaçağı Test Cihazı/ U.E. SYSTEMS INC	Basınçlı Hava Hatlarında Kaçak Kontrolü
Termal Kamera/FLİR	Termal Ölçümler
Ultrasonik Debimetre/GE PT 878	Muhtelif Pompa Ölçümleri

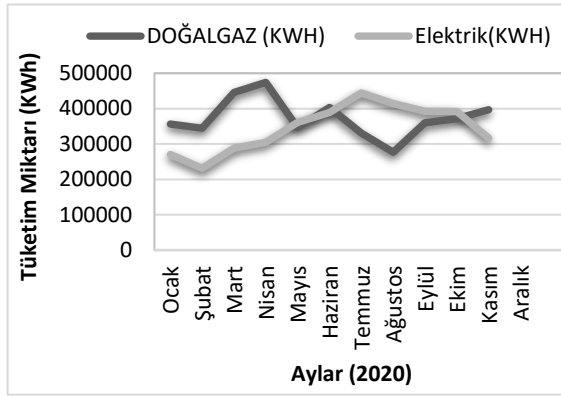
## 2.3. İşletmelerin Enerji Tüketimlerinin Yıllara Göre Dağılımlarının İncelenmesi

Gıda tesisinde kullanılan enerji tüketim miktarını belirleyebilmek ve öngörülen iyileştirmeleri gerçekleştirebilmek amacıyla son 3 yılın (2018-2019-2020) doğalgaz ve elektrik tüketim değerleri incelenmiş (Şekil 2.a) olup enerji maliyetleri hesaplanmıştır. 2018 yılına ait

verilere göre işletmede kullanılan elektrik, toplam enerji tüketiminin %59'unu oluşturmakta ve yıllık 313 TEP'e karşılık gelmektedir. Bu miktar 2018 yılı elektrik maliyetinin 1.331.562 TL'sine tekabül etmektedir. Doğalgaz ise 217 TEP/yıl ile %41'e karşılık gelmektedir. Ayrıca 2019 yılı doğalgaz maliyeti 608.680 TL'dir. 2019 yılı verilerine göre işletmede kullanılan elektrik, %52 ile 324 TEP'e karşılık gelirken yıllık maliyet 2.109.575 TL'dir. 301 TEP'e karşılık doğalgaz tüketiminde ise maliyet 1.036.677 TL şeklindedir. 2020 yılına ait verilere göre işletmede kullanılan elektrik, toplam enerji tüketiminin %52,4'ünü oluşturmakta olup 358 TEP/yıl'dır. Doğalgaz ise 324 TEP/yıl ile %47,6'lık dilimini oluşturmaktadır. İşletmede enerji maliyetleri ise elektrik için 2.331.038,08 TL iken doğalgaz için 1.092.757 TL şeklindedir. Bu durumda doğalgaz toplam enerji maliyetinin %31,9'luk kısmını oluştururken elektrik ise %68,1'lik bölümünü oluşturmaktadır.



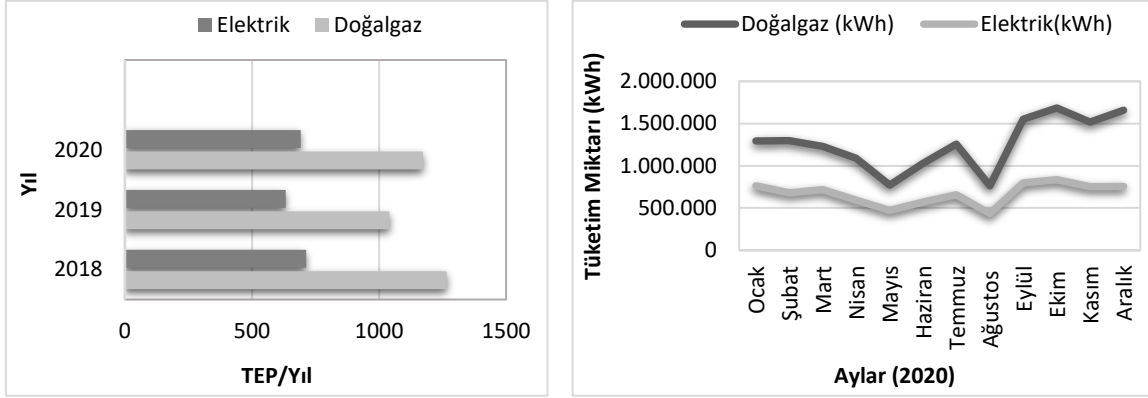
**Şekil 2: a)** Gıda işletmesinde kullanılan enerji kaynaklarının yıllara göre dağılımı



**b)** Gıda işletmesinde kullanılan enerji kaynaklarının 2020 yılı aylarına göre dağılımı

İşletmenin 2020 yılındaki doğalgaz ve elektrik tüketimlerinin aylara göre dağılımları şekilde (Şekil 2.b) verilmektedir. Buna göre doğalgazın en az tüketildiği ay 276.770 kWh ile Ağustos ayı iken, elektriğin ise en az tüketiminin 231.146 kWh ile Şubat ayında olduğu görülmektedir. En fazla tüketim ise doğalgazda 474.360 kWh ile Nisan ayında, elektrikte ise 444.546 kWh ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir.

Otomotiv tesisinde de kullanılan enerji tüketim miktarını belirleyebilmek ve öngörülen iyileştirmeleri gerçekleştirebilmek amacıyla son 3 yılın (2018-2019-2020) doğalgaz ve elektrik tüketim değerleri incelenmiş (Şekil 3.a) olup enerji maliyetleri hesaplanmıştır. 2018 yılına ait verilere göre işletmede kullanılan elektrik, toplam enerji tüketiminin %36'sını oluşturmakta ve yıllık 713 TEP'e karşılık gelmektedir. Bu miktar 2018 yılı elektrik maliyetinin 4.077.127 TL'sine tekabül etmektedir. Doğalgaz ise 1.266 TEP/yıl iken %64'e karşılık gelmektedir. Ayrıca 2018 yılı doğalgaz maliyeti 1.708.556 TL'dir. 2019 yılı verilerine göre işletmede kullanılan elektrik, %38 ile 633 TEP'e karşılık gelirken yıllık maliyet 3.624.315 TL'dir. 1.041 TEP'e karşılık gelen doğalgaz tüketiminde ise maliyet 1.991.108 TL şeklindedir. 2020 yılına ait verilere göre işletmede kullanılan elektrik, toplam enerji tüketiminin %37'sini oluşturmakta olup 692 TEP/yıl'dır. Doğalgaz ise 1.173 TEP/yıl ile %63'lük dilimini oluşturmaktadır. İşletmede enerji maliyetleri ise elektrik için 4.568.489 TL iken doğalgaz için 2.319.403 TL şeklindedir.



Şekil 3: a) Otomotiv işletmesinde kullanılan enerji kaynaklarının yıllara göre dağılımı

b) Otomotiv işletmesinde kullanılan enerji kaynaklarının 2020 yılı aylarına göre dağılımı

İşletmenin 2020 yılındaki doğalgaz ve elektrik tüketimlerinin aylara göre dağılımları şekilde (Şekil 3.b) verilmektedir. Buna göre doğalgazın (762.849 kWh) ve elektriğin (433.449 kWh) en az tüketiminin Ağustos ayında olduğu görülmektedir. En fazla tüketim ise doğalgazda (1.684.608 kWh) ve elektrikte (835.950 kWh) Ekim ayında gerçekleşmiştir.

#### 2.4. İşletmelerde Enerji Verimliliği ile İlgili Çalışma Yapılan Üniteler/Birimler

Çalışma kapsamında incelenen tesislerde enerji verimliliğinin sağlanabileceği noktalar aşağıda alt başlıklar halinde sıralanmış olup uygulamaların hayata geçirilmesi halinde elde edilecek kazanımlar sonraki bölümlerde detaylıca verilmiştir.

##### 2.4.1. Gıda ve Otomotiv İşletmesinde Ortak İncelenen Ünite/Birimler

Gıda ve otomotiv işletmelerinde yer alan ünitelerde yapılması önerilen iyileştirmelerin bir kısmı ortak olup, her tesiste elde edilen verimlilik oranları değişiklik göstermektedir. Önerilen ortak iyileştirmeler bu bölümde tek başlık altında verilmiştir.

###### 2.4.1.1. Basınçlı Hava Kaçaklarının Giderilmesi

İşletmelerde zaman içerisinde oluşan kayıp ve kaçaklar enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasını önlemekte ve sarfiyatların artmasına neden olmaktadır (Özer ve Güven, 2021). Basınçlı hava basılan hatlarda meydana gelen kaçaklar bunlardan biridir. Basınçlı havanın kullanıldığı tüm proseslerde hava hatlarında gerek ekipmanların eskiliği ve bakımsızlığından gerek hava hattında yüksek basınçlı havanın akışından kaynaklanan kaçaklar oluşmaktadır. Mevcut sistemde var olan hava kaçakları önemli ölçüde sistem verimini düşürmektedir. Ayrıca bu kaçaklar basınçlı hava hattına daha fazla hava basılmasına ve dolayısıyla enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle hava kaçaklarının düzenli olarak tespitlerinin yapılması ve kaçak noktalarının onarılması oldukça önemlidir (Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi, 2021).

###### Yöntem:

Gıda ve otomotiv firmalarında hatlarda hava kaçağı test cihazıyla yapılan ölçümler sonucunda hava kaçaklarının varlığı tespit edilmiş olup, kaçaklardan çıkan sestem, delik çaplarına geçilerek hatların onarılması ile sağlanacak tasarruflar hesaplanmıştır.

#### 2.4.1.2. Basınçlı Hava Sistemi Basıncının 1 Bar Düşürülmesi

Basınçlı hava sistemi için gerekli olan filtre, tank, kurutucu ve borulama elemanları ve hatlarda oluşan delikler birer basınç kaybı nedenidir. Dolayısıyla basınçlı hava sistemi tasarlanırken yardımcı ekipmanlar, hat dizaynları ve kayıp kaçak dijital izleme sistemleri sistemin verimliliği için oldukça önemlidir. Basınçlı hava sistemi tasarımlarının uygun olarak yapılması ve ekipmanların doğru seçilmesiyle işletme basınç kayıpları azaltılabilir. Böylece, basınçlı hava üretimi sırasında harcanan enerji azalarak, basınçlı hava kaçakları azaltılır ve önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabilir (Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi, 2021).

##### Yöntem:

İşletmelerdeki kompresör basınçlarının 1'er bar düşürülerek elektrik tüketiminde yaklaşık olarak %7 oranında tasarruf sağlanabileceği öngörülmektedir (Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi, 2021). Bu kapsamda yapılacak revizyon ile sağlanacak tasarruflar hesaplanmıştır.

#### 2.4.1.3. Kompresör Emiş Havaasının Düzenlenmesi

Kompresör, gaz basıncını artıran bir makinedir. Bu nedenle kompresöre belli bir basınçta giren gaz, daha yüksek basınçla çıkmaktadır (Kıran, 2015). Kompresörün emme havası sıcaklığı arttıkça kompresör verimi düştüğü için bu sıcaklık azaltarak enerji tasarrufu sağlanabilir (Özer ve Güven, 2021). Kompresör emme havası sıcaklığının 3 °C düşüşünde, enerji tüketimi %1 oranında azalmaktadır (Kaya ve Güngör, 2002). Havanın sıcaklığı arttıkça havayı sıkıştırmak için kompresörün harcayacağı güç de artar. Dolayısıyla basınçlı hava odaları mümkün olduğunca işletmenin en serin yerine konumlandırılmalıdır. Ayrıca kompresörden çıkan sıcak egzoz havası kompresör odasından uzaklaştırılmalıdır. Sıcak egzoz havası mümkün ise bir kanal vasıtasıyla taşınarak ortam ısıtmasında kullanılabilir. Atık egzoz ısısından yeniden faydalanılacak şartlar olmasa bile odadan bir kanal vasıtasıyla çıkartılıp atmosfere verilmelidir. Basınçlı hava sistemleri enerjiyi yoğun tüketen ünitelerdir. Bu nedenle kompresörlerde yapılacak enerji verimliliği uygulamaları da oldukça önem taşımaktadır. Kayıp ve kaçakların önlenmesinin yanı sıra, otomatik çalışma sistemi, kompresörlerin emiş havası sıcaklığının ayarlanması gibi uygulamalarla enerji tasarrufu sağlanabilir (Özer ve Güven, 2021).

##### Yöntem:

İncelenen tesiste kompresör, dairesindeki havayı alarak sıkıştırmaktadır. Daire içerisindeki havanın sıcaklığı nedeniyle serin hava elde edilememekte ve kompresörden yeterince verim alınmamaktadır. Bu nedenle kompresör havaasının serin, temiz ve kuru ortamdan tedarik edilmesinin verimi arttıracığı düşünülerek yapılan iyileştirme ile sıcaklığın azalması yoğunluğu arttıracığı için daha az güç ile daha fazla hava sıkıştırma imkanı olmuş ve sağlanacak tasarruf miktarları hesaplanmıştır.

#### 2.4.1.4. Pnömatik Çalışan Cihazların Hava Girişine Selenoid Vana Eklenmesi

Selenoid vana, basınçlı buhar hatlarında hattın sadece bir bölümüne hava iletilmesi gereken durumlarda havanın kontrolünü sağlayan ekipmanlardır (Şekil 4). Kayıpların önlenmesi için makinelerin çalışmadığı durumlarda havanın makine ile olan bağlantısının kesilmesi gerekir. Selenoid vana uygulamasıyla güç tüketimini %2 oranında azalmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

##### Yöntem:

İşletmelerde basınçlı hava hattında selenoid vana uygulamasıyla hattın tamamına basınçlı hava basılmasının önüne geçileceği için bu öneri ile çalışma kapsamında incelenen tesislerde sağlanacak tasarruf miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 4: Selenoid vana örnekleri (Anonim 2021)

## 2.4.2. Gıda İşletmesinde (İlave) İncelenen Ünite/Birimler:

### 2.4.2.1. Flash Buhar Uygulaması

Isıl işlemlerin yer aldığı işletmelerde, üretim sırasında atık su, soğutma suyu ve flaş buhar oluşumu gözlenir. Otomotiv, gıda gibi sektörler bunlar arasında yer almaktadır. Bu işletmelerde, enerji verimliliği sağlamak için flaş buhar ve soğutma suyu geri kazanım sistemleri kurulabilir (Güven ve Özer, 2021). Yüksek sıcaklıktaki kondensin basıncı aniden düşürüldüğünde, bir miktar kondens buhara dönüşür ve oluşan buhar flash buhar olarak adlandırılır. Flash buhar oluşumu genellikle buhar kapanlarının çıkışlarında meydana geldiği gibi otomatik yüzey blöf sisteminde, blöf yapılan yüksek sıcaklıktaki suyun flash buhar tankına verilmesi ile yüksek sıcaklıktaki sudan flash buhar olarak elde edilebilmektedir. Proseslerinde buhar kullanan işletmelerde geri dönen yüksek basınç ve sıcaklıktaki kondens enerjisinin bir kısmı basınç kaybı nedeniyle flash buhar olarak açığa çıkmaktadır (Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi, 2021).

#### Yöntem:

Flash buharın enerjisini geri kazanabilmek için bu buharın flash buhar kazanına döndürülmesi ile kaybolan enerjini geri kazanılması ile tesise sağlayacağı faydalar hesaplanmıştır.

### 2.4.2.2. Vana ve Armatürler

Isıtma ve soğutma tesisatlarında vanalar, boru hatları ve armatürlerin yalıtılması da oldukça önemlidir. Yalıtımı olmayan vana ve armatürler, ısı ve enerji kaybına neden olup işletme maliyetini arttırdığı gibi yüksek sıcaklık ve buharlı armatürler iş kazalarına da sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle özellikle ısı enerjisinin kullanıldığı hatlarda topyekün yalıtım yapılması oldukça önem taşımaktadır. Vanalar için yapılan ısı kaybı hesaplamasında, bağlı bulunduğu boruya flanş ile bağlantı yapılmış yalıtımsız bir vanadan gerçekleşen ısı kaybı aynı çapta ve yüzey sıcaklığında 2,5 m uzunluğunda yalıtımsız borudan olan ısı kaybına eş değer olduğu kabulüyle hareket edilir (Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi, 2021).

## 2.4.3. Otomotiv İşletmesinde (İlave) İncelenen Ünite/Birim

### 2.4.3.1.Sıcak Hatlara İzolasyon Uygulaması

Ekipmanların yalıtımı ile metal yüzeylerinden gerçekleşen ısı kayıplarının önüne geçilerek ısı enerjisinden tasarruf eldesi amaçlanmaktadır. Vanalarda yüzey kısımlarında ısı kaybı meydana gelebilir. Isı ceketleri ile kaplamak suretiyle kayıpların minimize edilmesi mümkündür. İşletmelerde, vanaların ve armatürlerin yalıtımı için taş yünü izolasyon malzemesi ile kaplanması önerilmektedir.

#### Yöntem:

Çalışma kapsamında incelenen otomotiv tesisinde vanaların ve armatürlerin yalıtımı için izolasyon malzemesiyle kaplanması durumunda sağlanacak tasarruf miktarları hesaplanmıştır.



## 2.5. Enerji Verimliliği Hesaplamalarında Kullanılan Formüller, Birimler

İşletmede yapılan etüt çalışmalarıyla enerji sarfiyat noktalarında belirlenen iyileştirme önerilerinin uygulanmasıyla işletmeye ve çevreye yansıtacak etkiler belirlenmiştir. Hesaplamalarda başlıca kullanılan değerler aşağıda yer almaktadır.

Birimler ve karşılıkları (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020):

$$1 \text{ kWh} = 8,6 \times 10^{-5} \text{ TEP}$$

$$1 \text{ Nm}^3 = 8,25 \times 10^{-4} \text{ TEP}$$

$$1 \text{ Nm}^3 \text{ Doğalgaz} = 1,8 \text{ kg CO}_2$$

$$\text{Doğalgaz alt ısı değeri: } 8.250 \text{ kcal/Nm}^3$$

Emisyon hesaplamaları (IPPC, 2020):

$$1 \text{ ton CO}_2 = 504 \text{ Nm}^3$$

$$0,46 \text{ ton CO}_2 = 1 \text{ kWh elektrik}$$

İşletme verileri (2018-2020 yılları arası):

$$1 \text{ kWh} = 0,647 \text{ TL}$$

$$1 \text{ Nm}^3 = 1,63 \text{ TL}$$

$$1 \text{ Nm}^3 = 10,64 \text{ kWh}$$

Enerji tasarruf hesaplamalarında temel olarak;

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (1)$$

formülasyonu kullanılmış olup hesaplanan doğalgaz tasarrufundan enerji verimlilikleri, önlene emisyon miktarları ve maliyet tasarrufları hesaplanmıştır. Bu formülde;

Q: verilen ısı (cal),

m: maddenin kütlesi (g),

c: maddenin öz ısısı (cal/g °C),

$\Delta T$ : sıcaklık değişimini (°C) ifade etmektedir.

Yıllık enerji tasarruf hesaplamaları Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi (BTSO EVM) tarafından ön ve detaylı etüt çalışmaları neticesinde elde edilen verilerin detaylı olarak işlenmesi ile hesaplanmış ve sonuçlar bulgular ve tartışma bölümünde ilgili başlıklarda sunulmuştur. Emisyon hesaplamalarında BTSO EVM referans alınarak doğalgaz ve elektrik enerjisinin birim tüketiminden CO<sub>2</sub> eşdeğeri kabulü yapılarak hesaplama yapılmıştır. İşletmelere önerilen iyileştirmelerin geri ödeme sürelerinin (GÖS) hesabında aşağıdaki denklem (Denklem 2) kullanılmıştır (Demir, 2020).

$$GÖS = \frac{\text{Yatırım Harcaması}}{\text{Kazanç}} \quad (2)$$

Çalışma kapsamında incelenen gıda firmasına ait verilerin temininde yaşanan aksaklık nedeniyle yalnızca otomotiv işletmesi için istatistiksel analizler yapılabilmektedir. Bu kapsamda regresyon grafiği oluşturularak, varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve işletmenin enerji verimliliği performansını değerlendirebilmek için CUSUM grafiği oluşturularak yorumlanmıştır. CUSUM grafiği, gerçek ve teorik olarak tahmini enerji tüketimini esas alır ve tahmini enerji tüketiminden sapmaların toplamının kümülatif olarak elde edilir. Prosesin sürekli kontrolünü ve analizini sağlamak için veriler CUSUM grafiğine göre düzenlenmiştir. CUSUM kontrol grafiği, süreçlerin ortalama değerlerindeki değişimlerin ve değişim zamanının belirlenmesini sağlar. Negatif eğimli diyagramdaki değerler ve negatif bölgede kalan alanlar tesisin iyi performans gösterdiği zamanları, pozitif bölgede kalan alanlar ise fabrika performansının düştüğünü gösterir. ANOVA üç veya daha fazla grubun aritmetik ortalamalarını

kümülatif karşılaştırarak bu kıyaslamalardan en az birinin anlamlı bulunması ile ANOVA sonucu da anlamlı bulunmuş olur (Otrar, 2022).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Gıda tesisinde yapılması planlanan enerji tasarruf uygulamaları Tablo 2’de, otomotiv tesisinde yapılması önerilen uygulamalar ise Tablo 3’te verilmiştir. Tesislerde enerji kayıplarının yaşandığı noktalarda yapılacak iyileştirmelerle önlenecek enerji kayıplarının yıllık ton eşdeğer petrol cinsinden karşılığı ve maddi tasarruf miktarları tablolardaki gibidir. Gıda işletmesinde %55’lik oran ile en yüksek tasarruf flash buhar uygulamasıyla sağlanırken, otomotiv işletmesinde %62’lik oranla en yüksek tasarrufun sağlanabileceği uygulama sıcak hatların izolasyonu uygulamasıdır.

**Tablo 2.** Gıda İşletmesi İçin Önerilen Uygulamalar ve Tasarruf Miktarları

No	Önerilen Uygulama	Tasarruf Türü	Enerji Tasarruf Miktarı (TEP/yıl)	Enerji Tasarruf Miktarı	Maddi Tasarruf Miktarı (TL/yıl)	Maddi Tasarruf Miktarı (Euro/yıl)
1	Flash Buhar Uygulaması	Doğalgaz	22	26.660 Nm <sup>3</sup> /yıl	74.647	8.531
2	Vana & Armatür Yalıtımı	Doğalgaz	6,80	8.243 Nm <sup>3</sup> /yıl	23.080	2.638
3	Basınçlı Hava Kaçakları	Elektrik	6,23	72.448 kWh/yıl	36.224	4.140
4	Kompresör Emiş Havasının Düzenlenmesi	Elektrik	1,41	16.440 kWh/yıl	8.220	939
5	Basınçlı Hava Sisteminin Basıncının 1 Bar Düşürülmesi	Elektrik	2,47	28.770 kWh/yıl	14.385	1.644
6	Selenoid Vana Uygulaması	Elektrik	0,71	8.220 kWh/yıl	4.110	470
<b>TOPLAM</b>			<b>39,62</b>		<b>160.665</b>	<b>18.362</b>

\*Hesaplamaların yapıldığı tarih itibarıyla; 1 Euro=8,75 TL

**Tablo 3.** Otomotiv İşletmesi İçin Önerilen Uygulamalar ve Tasarruf Miktarları

No	Önerilen Uygulama	Tasarruf Türü	Enerji Tasarruf Miktarı (TEP/yıl)	Enerji Tasarruf Miktarı (kWh/yıl)	Maddi Tasarruf Miktarı (TL/yıl)	Maddi Tasarruf Miktarı (Euro/yıl)
1	Sıcak Hatlara İzolasyon Uygulaması	Doğalgaz	59,8	771.430	118.180	13.887
2	Basınçlı Hava Kaçaklarının Giderilmesi	Elektrik	28,5	331.048	214.188	25.169
3	Kompresör Basınçlarının 1 Bar Düşürülmesi	Elektrik	4,7	54.940	35.547	4.177
4	Kompresör Emiş Havasının Düzenlenmesi	Elektrik	1,35	15.662	10.133	1.191
5	Selenoid Vana Uygulaması	Elektrik	1,35	15.697	10.156	1.193
<b>TOPLAM</b>			<b>95,7</b>	<b>1.188.777</b>	<b>388.204</b>	<b>35.255</b>

\*Hesaplamaların yapıldığı tarih itibarıyla; 1 Euro=8,51 TL

### 3.1. Gıda ve Otomotiv İşletmeleri İçin Ortak Enerji Verimliliği Uygulamaları ve Kazanımlar

#### 3.1.1. Basınçlı Hava Kaçaklarının Giderilmesi

Gıda ve otomotiv tesislerinde basınçlı hava hatlarında kaçakların olduğu belirlenmiştir. Özellikle otomotiv tesisinin muhtelif yerlerinde 67 adet hava kaçak noktası tespit edilmiştir. Gıda tesisinde de işletmenin muhtelif yerlerinde hava kaçakları tespit edilmiştir. Bunlar basınçlı hava kullanan işletmelerde sıklıkla karşılaşılan hava tabancası, hava separatörü, valf, pnömatik hortum, regülatör vb. noktalarda olan arızalar veya gevşek bağlantılardan kaynaklanmaktadır.

#### **Gıda işletmesi için yapılan hesaplamalar:**

Enerji Tasarrufu	: 72.448 kWh/yıl
Maliyet Tasarrufu	: 72.448 kWh/yıl x 0,53 TL/kWh = 36.224 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	: 72.448 kWh/yıl x 0,46 kg CO <sub>2</sub> /kWh 33 ton CO <sub>2</sub> /yıl
Geri Ödeme Süresi	: 10.000 TL / 36.224 TL/yıl = 0,3 yıl

#### **Otomotiv işletmesi için yapılan hesaplamalar:**

Enerji Tasarrufu	: 331.048 kWh/yıl
Maliyet Tasarrufu	: 331.048 kWh/yıl x 0,647 TL/kWh = 214.188 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	: 331.048 kWh/yıl x 0,46 kg CO <sub>2</sub> / kWh 152,28 ton CO <sub>2</sub> /yıl
Geri Ödeme Süresi	: 15.000 TL / 214.188 TL/yıl = 0,07 yıl

Turan'ın (2019) tekstil tesisinde yaptığı uygulamada, tesisin basınçlı hava hattı incelenmiş ve 87 adet hava kaçak noktası olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda yapılan revizyon ile kompresör emiş havasının yıllık olarak 4 °C ve işletme basıncının da 100 kPa azaltılması ile enerjiden 683.396 kWh, maliyetten 294.294 TL tasarruf elde edilebileceği hesaplanırken önerilen uygulamanın amortisman süresi ise 0,13 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmayla ele alınan gıda işletmesinde basınçlı hava hatlarındaki kayıpların onarılmasıyla enerjiden yıllık 72.448 kWh tasarruf sağlanması öngörüldürken, otomotiv tesisinde ise yıllık 331.048 kWh tasarruf sağlanacağı beklenmektedir.

#### 3.1.2. Kompresör Basınçlarının Azaltılması

İki işletmede de kompresörlerden basınçlı hava hatlarına fazla miktarda basılan hava, enerji kaybına neden olmaktadır. Hatlara basılan hava basıncının azaltılmasıyla enerjiden tasarruf elde edilebilir.

#### **Gıda işletmesi için yapılan hesaplamalar:**

Enerji Tasarrufu	: 28.770 kWh/yıl
Maliyet Tasarrufu	: 28.770 kWh/yıl x 0,5 TL/kWh = 14.385 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	: 28.770 kWh/yıl x 0,46 kg CO <sub>2</sub> /kWh 13,2 ton CO <sub>2</sub> /yıl

#### **Otomotiv işletmesi için yapılan hesaplamalar:**

İşletmedeki 1 adet 120 kW ve 2 adet 37 kW kapasiteli kompresörler için tahmin edilen tüketim verilerine istinaden yapılan hesaplamaya ilişkin sonuçlar Tablo 4'te verilmektedir.

**Tablo 4.** İşletmedeki kompresörlerin enerji tüketimleri ve tasarruf sonuçları

	<b>120 kW Kompresör</b>	<b>37 kW (1) Kompresör</b>	<b>37 kW (2) Kompresör</b>
<b>Yıllık Enerji Tüketimi</b>	454.526 kW	131.921 kW	198.403 kW
<b>Yıllık Tasarruf Miktarları</b>	31.817 kW	9.235 kW	13.888 kW
	20.586 TL	5.975 TL	8.986 TL

Hesaplamalara ilişkin sonuçların genel haline Tablo 7’de yer verilmiştir.

Enerji Tasarrufu	: 54.940 kWh/yıl
Maliyet Tasarrufu	: 54.940 kWh/yıl x 0,647 TL/kWh = 35.547 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	: 54.940 kWh/yıl x 0,46 kg CO <sub>2</sub> / kWh = 25,3 ton CO <sub>2</sub> /yıl
Geri Ödeme Süresi	: 0 TL / 35.547 TL/yıl = 0 yıl (hemen)

Literatürde yapılan çalışmalarla kompresörlerin basınçlarının düşürülmesiyle enerji verimliliği sağlandığı görülmektedir (Yang, 2009; Sapmaz ve Kaya, 2017). Örneğin; Yang (2009), kompresör sisteminde yapılan bir enerji etüdü ile işletmeye sağlanacak kazançları hesaplamıştır. Bahse konu çalışmada tesisin enerji kayıplarının kompresör sisteminin optimize edilmemiş olmasından ve sızıntılardan kaynaklandığı tespit edilmiş ve kompresör sistemine 84.000 dolar değerinde yatırım yapılmasıyla enerji verimliliği geri ödeme süresi 6 ay olarak hesaplanmıştır. Sapmaz ve Kaya’nın (2017) çalışmalarında kompresör çıkış basıncının düşürülmesi ile maliyetten 62.935 TL/yıl, enerjiden 328.946 kWh/yıl tasarruf sağlanabileceğini ifade ederlerken, bu uygulamayla önlenen CO<sub>2</sub> miktarı da 152 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında incelenen otomotiv tesisinde bahsedilen uygulamayla yıllık 54.940 kWh enerji tasarrufu sağlanabileceği belirlenirken, önlenecek emisyon yıllık 25,3 ton CO<sub>2</sub>’dir.

### 3.1.3. Kompresör Emiş Havaasının Düzenlenmesi

İşletmelerde kompresörlerden alınan verimin artırılması amacıyla kompresöre alınan emiş havaasının ortam dışından (temiz, serin ve kuru) teminiyle sağlanacak faydalar aşağıda verilmektedir.

#### **Gıda işletmesi için yapılan hesaplamalar:**

Enerji Tasarrufu	: 16.440 kWh/yıl
Maliyet Tasarrufu	: 16.440 kWh/yıl x 0,5 TL/kWh = 8.220 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	: 16.440 kWh/yıl x 0,46 kg CO <sub>2</sub> /kWh = 7,56 ton CO <sub>2</sub> /yıl

#### **Otomotiv işletmesi için yapılan hesaplamalar:**

1 adet 120 kW ve 2 adet 37 kW kapasiteli kompresörler için tahmini tüketim verilerine dayanarak yapılan hesaplama ait sonuçlar Tablo 5’te yer almaktadır.

**Tablo 5.** Kompresör emiş havaasının düzenlenmesi ile elde edilecek tasarruf miktarı

	<b>120 kW Kompresör</b>	<b>37 kW (1) Kompresör</b>	<b>37 kW (2) Kompresör</b>
<b>Yıllık Enerji Tüketimi</b>	454.526 kW	131.921 kW	198.403 kW
<b>Yıllık Tasarruf Miktarları</b>	9.056 kW	2.638 kW	3.968 kW
	5.859 TL	1.707 TL	2.567 TL

Enerji Tasarrufu	:	15.662 kWh/yıl
Maliyet Tasarrufu	:	15.662 kWh/yıl x 0,647 TL/kWh = 10.133 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	:	15.662 kWh/yıl x 0,46 kg CO <sub>2</sub> / kWh = 7,2 ton CO <sub>2</sub> /yıl
Geri Ödeme Süresi	:	20.000 TL / 10.133 TL/yıl = 1,97 yıl

### 3.1.4. Selenoid Vana Uygulaması

Basınçlı hava sistemlerinde enerji tasarrufunda amaç, sistemde üretilen havanın basınçlı hava hattı üzerinden en kısa yoldan kullanılacağı bölgeye doğru geçişini sağlamaktır. Kullanılacak ekipmanlara basınçlı havanın ulaşması, kullanılmayan yerlere ise geçişlerin selenoid vana vasıtasıyla engellenmesi, hat üzerinde oluşan deliklerden hava çıkışını önlemek için oldukça önemlidir. Gıda ve otomotiv işletmelerinde bahse konu iyileştirmenin yapılması önerilmektedir.

#### *Gıda işletmesi için yapılan hesaplamalar:*

Enerji Tasarrufu	:	8.220 kWh/yıl
Maliyet Tasarrufu	:	8.220 kWh/yıl x 0,5 TL/kWh = 4.110 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	:	8.220 kWh/yıl x x 0,46 kg CO <sub>2</sub> /kWh = 3,8 ton CO <sub>2</sub> /yıl
Geri Ödeme Süresi	:	13.000 TL / 4.110 TL/yıl = 3,2 yıl

#### *Otomotiv işletmesi için yapılan hesaplamalar:*

Çalışma kapsamında incelenen işletmede pnömatik ve sürekli çalışan cihazların sayısı 60 adet olup, bu uygulama için 60 adet selenoid vana alınması önerilmektedir.

İşletmedeki 3 adet kompresörün tükettiği enerji	:	784.850 kWh/yıl
Enerji Tasarrufu	:	784.850 kWh/yıl x 0,02 = 15.697 kWh/yıl
Maliyet Tasarrufu	:	15.697 kWh/yıl x 0,647 TL/kWh = 10.156 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	:	15.697 kWh/yıl x 0,46 kg CO <sub>2</sub> / kWh = 7,2 ton CO <sub>2</sub> /yıl
Geri Ödeme Süresi	:	19.130 TL / 10.156 TL/yıl = 1,9 yıl

### 3.2. Gıda işletmesi için önerilen enerji verimliliği uygulamaları ve kazanımlar

Bu bölümde çalışma kapsamında ele alınan tesislerden yalnızca gıda fabrikasında yapılması önerilen uygulamalar yer almaktadır.

#### 3.2.1. Flash Buhar Uygulaması

Flash buharın kullanılması aynı miktarda buharın kazanda eksik üretilmesine sebebiyet vereceği için enerji verimliliği sağlayacaktır. Tesiste elde edilen flaş buhar degazörlerdeki degaze işlemi, besi suyu ön ısıtmasında, degazör ısıtılması gibi proseslerde kullanılabilir. Önerilen bu iyileştirmenin etkileri ve maliyeti Tablo 6'da görülmektedir.

Enerji Tasarrufu	:	26.660 Nm <sup>3</sup> /yıl
Maliyet Tasarrufu	:	26.660 Nm <sup>3</sup> /yıl x 2,8 TL/Nm <sup>3</sup> = 74.647,16 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	:	26.660 Nm <sup>3</sup> /yıl x 1,8 kg CO <sub>2</sub> / Nm <sup>3</sup> = 48 ton CO <sub>2</sub> /yıl
Geri Ödeme Süresi	:	50.160 TL / 74.647 TL/yıl = 0,67 yıl

**Tablo 6.** Flash buhar uygulamasının etkileri ve maliyeti

Önlenen Emisyon Miktarı	Yatırım Maliyeti		Geri Ödeme Süresi
	TL	Euro	Yıl
48	50.160	5.733	0,67

Buhar enerjisi ile çalışan tesislerde enerji verimliliğini arttırmada en önemli yöntemlerden biri olan flash buharın içerisinde bulunan enerjiden faydalanmak amacıyla flash buharı, kondenzen ayırıp uygun yerlerde geri kazanarak tekrar kullanmak oldukça önemlidir. Öztürk'ün (2012) yaptığı çalışmada flash buharın ısısından faydalanmak amacıyla yapılan iyileştirmede enerjiden yıllık 327.500 m<sup>3</sup>, maliyetten 121.175 dolar tasarruf sağlanabileceği ortaya konulmuştur. Bu çalışma kapsamında flash buhar uygulamasından elde edilen sonucun Öztürk'ün yaptığı çalışmaya kıyasla çok daha düşük çıkmasının işletmelerin faaliyet konularının birbirinden farklı olması ve/veya flash buhar oluşumuna zemin hazırlayan proseslerin değişkenlik göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 3.2.2. Vana ve Armatür Yalıtımı

İşletmede halihazırda kullanılan ekipmanların yüzeyinden ısı kaybı gerçekleşmektedir. Bu ekipmanların taş yünlü kolaylıkla takılıp çıkarılabilen ceketler ile yalıtılmasıyla ısı kayıpları engellenebilecektir.

Enerji Tasarrufu	: 8.243 Nm <sup>3</sup> /yıl
Maliyet Tasarrufu	: 8.243 Nm <sup>3</sup> /yıl x 2,8 TL/Nm <sup>3</sup> = 23.080 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	: 8.243 Nm <sup>3</sup> /yıl x 1,8 kg CO <sub>2</sub> / Nm <sup>3</sup> = 15 ton CO <sub>2</sub> /yıl
Geri Ödeme Süresi	: 16.251 TL / 23.080 TL/yıl = 0,7 yıl

İşletmelerde ısı kayıplarının yaşandığı alanlardan olan vanalarda yapılacak yalıtım uygulamalarıyla kısa vadeli geri ödeme süreleriyle enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Güven'in (2019) yaptığı çalışmada ele alınan tesiste 234 adet vanada yaşanan enerji kaybının 993.753 kWh/yıl olduğu hesaplanmış ve vanalara ceket uygulaması ile yalıtımının sağlanmasıyla yıllık 85,46 TEP enerji tasarrufu sağlanacağı sonucuna varılmıştır. Aynı uygulamanın çalışma kapsamında ele alınan gıda tesisine uygulanması ile 6,8 TEP'lik tasarruf sağlanabileceği hesaplanmış ve uygulamanın gıda tesisi için enerji tasarrufu bazında yüksek sonuçlar vermediği sonucuna varılmıştır.

### 3.3. Otomotiv işletmesi için önerilen enerji verimliliği uygulamaları ve kazanımlar

#### Sıcak Hatlara İzolasyon Uygulaması

İşletmede yalıtımsız hatlar sebebiyle saatlik 10 Nm<sup>3</sup> doğalgaz boşa harcanmaktadır. Bu durum işletmede enerji kaybında önemli bir paya sahip olmaktadır. Yalıtım uygulamasının devreye alınmasıyla aşağıdaki denklemler kullanılarak (3,4,5) elde edilecek sonuçlara ilişkin bilgiler Tablo 7'de özetlenmektedir.

#### Yalıtım Öncesi Isı Kaybı:

Konveksiyon İle Isı Transfer Katsayısı (Holman, 2010);

$$U_c = 1,15x \left( \frac{T_s - T_a}{d1} \right)^{0,25} \quad (3)$$

Radyasyon İle Isı Transfer Katsayısı (Holman, 2010);

$$U_r = 5,67 \times 10^{-8} \times \epsilon \times (T_s^2 + T_a^2) \times (T_s + T_a) \quad (4)$$

**Yalıtım Sonrası Isı Kaybı:**

Konveksiyon ve Radyasyon İle Olan Isı Kaybı (Holman, 2010);

$$Q = \frac{\pi x (T_s - T_a)}{\frac{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2x\lambda} + \frac{1}{u_{so} x d_2}} \quad (5)$$

$d_1$ =boru dış çapı (m)

$d_2$ = yalıtım sonrası boru dış çapı (m)

$\lambda$  =yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği (W/mK)

$u_{so}$  = hava hızına bağlı yüzeysel ısı transfer katsayısı(W/m<sup>2</sup>K)

Yukarıdaki formülasyonların kullanılmasıyla yapılan hesaplamalar sonucunda;

Enerji Tasarrufu	:	72.503 Nm <sup>3</sup> /yıl= 771.430 kWh/yıl
Maliyet Tasarrufu	:	72.503 Nm <sup>3</sup> /yıl x 1,63 TL/ Nm <sup>3</sup> = 118.180 TL/yıl
Önlenen Emisyon Miktarı	:	72.503 Nm <sup>3</sup> /yıl x 1,8 kg CO <sub>2</sub> / Nm <sup>3</sup> = 130,5 ton CO <sub>2</sub> /yıl
Geri Ödeme Süresi	:	30.000 TL / 118.180 TL/yıl = 0,26

Turan'ın (2019) yılında yaptığı çalışmada incelenen tesisteki 26 adet sıcak hatta izolasyon eksikliği nedeniyle alüminyum kaplı cam yünü uygulaması gerçekleştirilmesiyle enerjiden yıllık 112.338 kWh, maliyetten 16.165 TL tasarruf elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu uygulamanın geri ödeme süresi se 0,29 yıl olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışma kapsamında ele alınan otomotiv tesisinde ise aynı uygulamanın enerji tasarrufu anlamında daha fazla önem arz ettiği ve yıllık 771.430 kWh enerji tasarrufu sağlanabileceği hesaplanmıştır.

### **İşletmelerde Enerji Verimliliği Uygulamaları ile Önlenen CO<sub>2</sub> Emisyon Miktarlarına Toplu Bir Bakış:**

Gıda ve otomotiv işletmelerinde gerçekleştirilmesi önerilen enerji verimliliği uygulamalarıyla sağlanacak çevresel faydalar ve bu uygulamaların maliyetleri Tablo 7'de özetlenmektedir.

**Tablo 7.** Enerji Verimliliği Uygulamalarının Çevresel Etkileri ve Maliyetleri

<b>Basınçlı hava kaçaklarının giderilmesinin etkileri ve maliyeti</b>				
<b>İşletme</b>	Önlenen Emisyon Miktarı	Yatırım Maliyeti		Geri Ödeme Süresi
	Ton CO <sub>2</sub> /yıl	TL	Euro	Yıl
<b>Gıda</b>	33	10.000	1.143	0,3
<b>Otomotiv</b>	152,28	15.000	1.763	0,07
<b>Basınçlı hava sisteminin 1 bar düşürülmesinin etkileri ve maliyeti</b>				
<b>İşletme</b>	Önlenen Emisyon Miktarı	Yatırım Maliyeti		Geri Ödeme Süresi
	Ton CO <sub>2</sub> /yıl	TL	Euro	Yıl
<b>Gıda</b>	13,2	-	-	-
<b>Otomotiv</b>	25,3	0	0	Hemen
<b>Kompresör emiş havasının düzenlenmesinin etkileri ve maliyeti</b>				
<b>İşletme</b>	Önlenen Emisyon Miktarı	Yatırım Maliyeti		Geri Ödeme Süresi
	Ton CO <sub>2</sub> /yıl	TL	Euro	Yıl
<b>Gıda</b>	7,56	-	-	-
<b>Otomotiv</b>	7,2	20.000	2.350	1,97
<b>Selenoid vana uygulamasının etkileri ve maliyeti</b>				
<b>İşletme</b>	Önlenen Emisyon Miktarı	Yatırım Maliyeti		Geri Ödeme Süresi
	Ton CO <sub>2</sub> /yıl	TL	Euro	Yıl
<b>Gıda</b>	3,8	13.000	1.486	3,2
<b>Otomotiv</b>	7,2	19.130	2.248	1,9
<b>Flash buhar uygulamasının etkileri ve maliyeti</b>				
<b>İşletme</b>	Önlenen Emisyon Miktarı	Yatırım Maliyeti		Geri Ödeme Süresi
	Ton CO <sub>2</sub> /yıl	TL	Euro	Yıl
<b>Gıda</b>	48	50.160	5.733	0,67
<b>Vana ve armatür yalıtımının etkileri ve maliyeti</b>				
<b>İşletme</b>	Önlenen Emisyon Miktarı	Yatırım Maliyeti		Geri Ödeme Süresi
	Ton CO <sub>2</sub> /yıl	TL	Euro	Yıl
<b>Gıda</b>	15	16.251	1.857	0,7
<b>Sıcak hatlara izolasyon uygulamasının etkileri ve maliyeti</b>				
<b>İşletme</b>	Önlenen Emisyon Miktarı	Yatırım Maliyeti		Geri Ödeme Süresi
	Ton CO <sub>2</sub> /yıl	TL	Euro	Yıl
<b>Otomotiv</b>	130,5	30.000	3.525	0,26

Çalışma kapsamında ele alınan gıda ve otomotiv işletmelerinde yapılması önerilen enerji verimliliği uygulamalarıyla CO<sub>2</sub> emisyonlarında en fazla azalmanın beklendiği uygulama gıda işletmesinde flash buhar uygulaması ve basınçlı hava kaçaklarının giderilmesi iken, otomotiv tesisinde basınçlı hava kaçaklarının giderilmesi ve sıcak hatlara izolasyon uygulamasıdır. Önerilen uygulamaların yatırım maliyetlerinin yüksek olmaması ve geri ödeme sürelerinin 3 yılı aşmaması da uygulamaların hayata geçirilmesini kolaylaştırabilecektir.



#### 4. İSTATİSTİKSEL HESAPLAMALAR

##### 4.1. Gıda işletmesi için istatistiksel hesaplamalar

İncelenen gıda işletmesinin son 3 yıla ait aylık enerji tüketim verileri temin edilemediği için istatistiksel hesaplamalar yapılamamıştır.

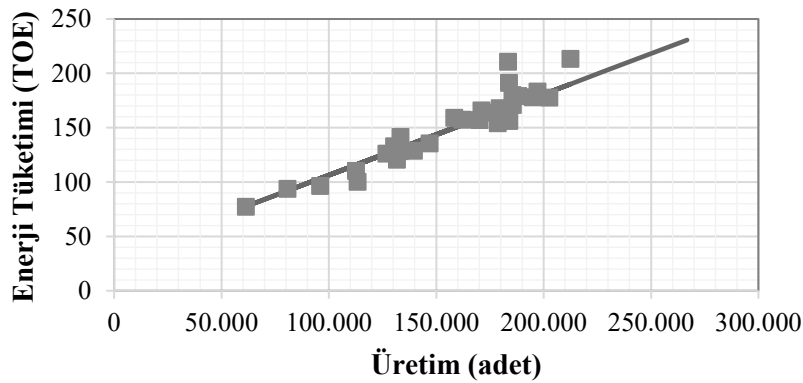
##### 4.2. Otomotiv işletmesi için istatistiksel hesaplamalar

###### 4.2.1. Regresyon ve Varyans Analizi (ANOVA)

Çalışma kapsamında basit regresyon analizi uygulanmıştır. Regresyon analizi için belirlenen bağımsız değişken körük üretim miktarları iken, bağımlı değişken ise enerji tüketimini ifade etmektedir. İşletmede kullanılan enerji tüketim ve körük üretim verileri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla işletmenin son 3 yılına (2018-2019-2020) ait aşağıdaki tabloda (Tablo 8) yer alan veriler kullanılmıştır.

**Tablo 8.** Son 3 Yıla Ait Üretim ve Enerji Tüketim Verileri

Aylar	2018 Yılı		2019 Yılı		2020 Yılı	
	Üretim (Adet)	Enerji Tüketimi (TEP)	Üretim (Adet)	Enerji Tüketimi (TEP)	Üretim (Adet)	Enerji Tüketimi (TEP)
OCAK	183.480	210,6	194.988	178	171.068	166,1
ŞUBAT	183.832	191,3	179.620	168	158.415	159,1
MART	212.495	213,4	188.165	179,2	162.081	157,3
NİSAN	177.681	163,8	170.149	157,1	146.999	135,6
MAYIS	179.774	164,5	184.022	156,3	113.401	100,2
HAZİRAN	95.932	96,5	133.298	141,5	139.562	128,8
TEMMUZ	185.758	170,9	112.669	110,4	178.706	154,2
AĞUSTOS	130.333	132,9	126.879	126,1	103.114	96,5
EYLÜL	185.474	180	133.246	130,8	209.815	189
EKİM	202.740	177,7	131.734	120,6	225.797	202,7
KASIM	197.205	183,4	133.079	128,6	226.535	182,5
ARALIK	80.716	93,8	61.454	77,4	266.792	193,6



**Şekil 5:** Otomotiv işletmesi için regresyon analizi

2020 yılına ait üretim ve enerji tüketim verileri arasındaki ilişkiyi inceleyebilmek amacıyla regresyon grafiği oluşturulmuş (Şekil 5) ve regresyon denklemi  $y=31.87-0.00074x$  şeklindedir.  $R^2$  değeri 0,86 olarak bulunmuştur. Regresyonun istatistiksel olarak anlamlılığının belirlenmesi amacıyla ANOVA testi uygulanmıştır.

**Tablo 9.** Varyans analizi

Değişkenlik Kaynağı	Kareler Toplamı (SS)	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalama (MS)	F Değeri	Sonuç
Regresyon	37886,22915	1	37886,22915	216,600	F > 4,13 olduğu için hipotez reddedilemez.
Hata	5947,046406	34	174,9131296		
Toplam	43833,27556	35			

Tablo 9’da görüldüğü üzere varyans analizi sonucu  $F > 4,13$  olduğu için hipotezin reddedilemeyeceğı görülmüştür. Yani üretimin, enerji tüketimine bağılı olarak değıştiğı sonucuna varılmıştır.

#### 4.2.2.Kümülatif Toplam Değerler (CUSUM):

Oluşturulan regresyon analizi sonucunda işletmenin enerji performansı 2018-2019-2020 yılı aylık değerleri baz alınarak kümülatif toplam (CUSUM) yöntemi ile değerlendirme yapılmıştır. Sonuç olarak, işletmenin 2018 yılında enerjiyi doğru yönetebildiğı, 2019 yılı Şubat ayından itibaren ise enerji yönetiminin zayıfladığı ve 2020 yılı Mart ayı itibarıyla enerji yönetiminin en zayıf olduğu döneme girdiğı söylenebilir. Tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19’un bu gerilemede pay sahibi olduğu düşünülmektedir.

## 5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Son yıllarda sanayileşmenin hızla artması ve ‘boru sonu yaklaşımı’ olarak da bilinen kirlilik kontrolü anlayışı nedeniyle insanoğlu kirliliği oluştuktan sonra gidermeye çalışmıştır. Ancak küresel çapta yaşanan çevresel felaketlerle birlikte kirliliğin oluştuktan sonra değil, kaynağında kontrol edilmesi/önlenmesi gerektiğı anlaşılmıştır. Bu kapsamda çevresel mevzuatlar yürürlüğe girmiş ve bazı küresel girişimler ortaya konulmuştur. İklim değişikliği konusu uluslararası düzeyde ilk kez 1994 yılında yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında ele alınmıştır. Bu sözleşmenin sonucu olarak ortaya çıkan ve gelişmiş ülkelere sera gazı salımlarının sınırlandırılması ve azaltılması noktasında yasal olarak bağlayıcı yükümlülükler getiren Kyoto Protokolü ise 1997 yılında imzalanmış olup, 2005 yılında fiilen yürürlüğe girmiştir. Süresi 2020 yılı sonunda dolan bu Protokol yerini 2015 yılının Kasım ayında Paris’te düzenlenen 21. Taraflar Konferansı sonucunda iklim değişikliği ile mücadele edilebilmesi amacıyla kabul edilen Paris Anlaşması’na bırakmıştır (Çakmak ve ark., 2017). Paris İklim Anlaşması çevresel anlamda yeni bir umut olmuş, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri ortak paydada buluşturmuştur. Paris İklim Anlaşması CO<sub>2</sub> salınımının azaltılması ve fosil yakıt kullanımının sınırlandırılması gibi konularda devletlere yükümlülükler getirmiştir. Türkiye bu kapsamda 2030 yılına kadar fosil yakıt kullanımını sınırlama, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme, CO<sub>2</sub> salınımını azaltmaya yönelik önlemleri alacağını ve 2053 için “sıfır emisyon” hedefini belirlediğini bildirmiştir. Bu hedefin sağlanması en büyük rolü oynayacak alanlardan biri olan enerjide, enerjinin yoğun olarak tüketildiğı her alanda yapılması gereken iyileştirme çalışmaları önemli rol oynayacaktır. Bu ve benzeri çalışmalarla, enerjinin tüketildiğı her alanda tasarruf imkanının da mevcut olduğu, enerji ve çevre konusunun bir bütün olarak ele alınması ve enerji verimliliği çalışmalarının ivme kazanarak devam etmesi/desteklenmesi gerekliliği ortaya koyulmuştur.

Bu çalışmada Türkiye’de faaliyet göstermekte olan et işleme tesisi ile körük üretim işletmesi verilerinden yola çıkılarak işletmelerde yapılabilecek enerji verimliliği uygulamaları ele alınmıştır. Üretim sırasında harcanan enerji miktarı yıllara göre hesaplanmış ve tesislerde önemli noktalarda enerji tüketen birimlerde yapılacak uygulamaların işletmelere ve çevreye olacak olumlu etkileri belirlenmiştir. Bu kapsamda enerji etüt çalışmaları yapılmış ve iyileştirme yapılması önerilen birimler/üniteler için enerji tasarruf miktarları, mali kazançlar ve CO<sub>2</sub> emisyon miktarlarındaki azalma oranları ortaya konulmuştur. Tüm öneriler değerlendirildiğinde

otomotiv işletmesinde gıda işletmesine nazaran daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonu azalması sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

## YAZAR KATKISI

Duriye DEĞİRMEN, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi, veri toplama, veri analizi ve yorumlama, makale taslağının oluşturulması, Işıl HASDEMİR çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi, veri toplama, veri analizi, Gizem ŞANLI, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri analizi ve yorumlama, fikirsel içeriğin eleştirel incelemesi ile son onay ve tam sorumluluk kısımlarına katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

1. Akbaş, B., Durmuş, K. A. Y. A., & Eyidoğan, M. (2018). Bir Otomobil Montaj Fabrikasının Enerji Tüketim Analizi ve Enerji Tasarrufu Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 59 (691), 85-100.
2. Balkan, F., Çolak, N., Hepbaşlı, A., 2005. Performance evaluation of a triple-effect evaporator with forward feed using exergy analysis. *Int. J. Energy Res.*, 29: 455-470. doi: 10.1002/er.1074
3. BTO, EVM (2021). Bursa Ticaret Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi.
4. Çakmak, E. G., Doğan, T., & Hilmioğlu, B. (2017). İklim Değişikliği Süresinde Paris Anlaşması'nın Rolü ve Türkiye'nin Konumu. Akdeniz Üniversitesi Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1(3).
5. Demir U. (2020). Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri. Geri Ödeme Süresi. [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/101488/mod\\_resource/content/GeriÖdemeSuresi.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/101488/mod_resource/content/GeriÖdemeSuresi.pdf).
6. Doğan, H., Yılankırkan, N. (2015). Türkiye'nin enerji verimliliği potansiyeli ve projeksiyonu. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: *Tasarım ve Teknoloji*, 3(1), 375-384.
7. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2020). Erişim Adresi: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimlilik-olcme-degerlendirme> (Erişim Tarihi: 19.02.2020)
8. Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik. (2011).
9. Fischer, J. R., Blackman, J. E., & Finnell, J. A. (2007). Industry and energy: challenges and opportunities. *Resource: Engineering & Technology for a Sustainable World*, 4,8-9.
10. Genc, M., Genc, S., Göksungur, Y., 2017. Exergy analysis of wine production: Red wine production process as a case study. *Applied Thermal Engineering*, 117: 511-521. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2017.02.009
11. Genc, S. (2017). Endüstriyel pekmez üretim sürecinde enerji analizi. *Akademik Gıda*, 15 (1), 51-59. doi: 10.30910/turkjans.725782
12. Hepbaşlı, A., Günerhan, H., & Ülgen, K. (2001). Enerji Yönetim Sisteminin Altın Anahtarları: Enerji Denkliği ve Enerji Tasarrufu Etüdü. V. Ulusal Tesilat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 192.

13. International Plant Protection Convention, (2020). Erişim Adresi: <https://www.ipcc.ch/data/> (Erişim Tarihi: 20.05.2020)
14. J. L. Rivera, T. Reyes-Carrillo (2014). A framework for environmental and energy analysis of the automobile painting process. *Procedia CIRP*, 15:171–175. doi: 10.1016/j.procir.2014.06.022
15. Jagtap, S., Rahimifard, S., & Duong, L. N. (2019). Real-time data collection to improve energy efficiency: A case study of food manufacturer. *Journal of food processing and preservation*, 14338. doi: 10.1111/jfpp.14338
16. Kaya, D., Güngör C, (2002). Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli-I, *Mühendis Makina*, 514, 20-30.
17. Kılıç, F. Ç., Eyidoğan, M., & Sapmaz, S. (2018). Bir otomobil montaj işletmesinde enerji verimliliği artırıcı çözümlerin irdelenmesi. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 6(1), 149-162. doi: 10.29109/http-gujsc-gazi-edu-tr.331104
18. Kılınç, G. (2019). Otomotiv fabrikalarında enerji verimliliği uygulamaları. Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
19. Otrar, M. (2022, Ekim 12) *Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA)*. <https://mustafaotrar.net/istatistik/tek-yonlu-varyans-analizi-anova/>
20. Özer, B., & Güven, B. (2021). Energy efficiency analyses in a Turkish fabric dyeing factory. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 43 (7), 852-874. doi: 10.1080/15567036.2020.1755392
21. Öztürk, E. (2012). Tekstil Sektöründe Enerji Tasarrufu Olanaklarının Araştırılması ve Uygulanması. Master's Thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
22. Pradella, A. M., da Costa, S. G., de Lima, E. P., da Silva, W. V., & Velho-Curitiba-Paraná-Brazil, P. P. (2017). Energy efficiency indicators in the food industry: A systematic review. In 24th International Conference on Production Research (ICPR 2017), Poznan, Poland (pp. 685-690). Lancaster, Pennsylvania, (USA): DEStech transactions on engineering and technology research.
23. Rüşen, S. E. (2019). Elektrik Motorlarının Verimlilik ve CO<sub>2</sub> Emisyon Analizi; Bir Gıda Fabrikası Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 564-569. doi: 10.31590/ejosat.622573
24. Sapmaz, S., & Kaya, D. (2017). Investigation of Energy Efficiency and Emission Reduction Opportunities in Compressed Air Systems. *Engineer and Machinery*, 58, 23-36.
25. Sipahi, B. (2019). Otomotiv sanayinde potansiyel enerji verimliliği projeleri (Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
26. Söğüt, Z., İlten, N., Oktay, Z. (2010). Energetic and exergetic performance evaluation of the quadrupleeffect evaporator unit in tomato paste production. *Energy*, 35: 3821-3826. doi: 10.1016/j.energy.2010.05.035
27. Turan, M. (2019). Bir tekstil fabrikasında enerji maliyetlerinin azaltılmasına ilişkin bir uygulama. Master's thesis. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
28. UNDP, 2017. GAP Bölgesi'nde Tarım ve Tarıma Dayalı Sanayide Entegre Kaynak Verimliliği.
29. Uylukçuoğlu, Ö. E. (2009). Otomotiv Sanayinde Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarruf Olanaklarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
30. Wang, L. (2014). Energy efficiency technologies for sustainable food processing. *Energy Efficiency*, 7(5), 791-810. doi: 10.1007/s12053-014-9256-8
31. Yang, M. 2009. Air Compressor Efficiency in a Vietnamese Enterprise, *Energy Policy*, 37 (6), 2327-2337. doi: 10.1016/j.enpol.2009.02.019