

---

*Araştırma Makalesi / Research Article*

---

## **Enerji Tüketim ve CO<sub>2</sub> Salınım Değerlerinin Analizi; Bir Gıda Fabrikası Örneği**

Selmin ENER RUŞEN\*, Mücahid KOÇ

*<sup>1</sup>Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü,  
Akademik Enerji Araştırma Grubu (AKEN), Karaman  
(ORCID: 0000-0003-3389-5739)*

---

### **Öz**

Çağımızda çevre kirliliği ve iklim değişikliğinin engellenmesi amacıyla yenilenebilir ve temiz enerji üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Temiz enerji kaynakların verimli ve etkin kullanımı ise kaynağın varlığı kadar önemlidir. Enerji güvenliğinin artırılması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması bakımından enerjinin verimli kullanımı ülkemizde önemli bir konudur. Özellikle, CO<sub>2</sub> salınımının ve hava kirliliğinin azaltılması açısından sanayide enerjinin verimli kullanılması çevrenin korunmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada, ortalama 4352 TEP/yıl enerji tüketiminde bulunan ve ortalama 200.000 ton/yıl ürün üretme kapasitesine sahip Karaman organize sanayi bölgesinde faaliyet gösteren bir gıda fabrikasında enerji tüketim verileri ve CO<sub>2</sub> salınımı değerleri incelenmiştir. Fabrika enerji ihtiyacını elektrik ve doğalgaz kullanarak sağladığı gözlenmiştir. Ayrıca elektrik motorları, basınçlı hava sistemleri ve kazan gibi ısı ve elektriksel enerji tüketen pek çok sistemin bulunduğu belirlenmiştir. Enerji tüketim değerleri aylık bazda yıllara göre incelenerek fabrikanın enerji yoğun kullanım periyodları tespit edilmiştir. Ayrıca kullanılan enerjinin türü ve yıllara göre kullanım boyutları, TEP olarak karşılaştırılarak tartışılmış ve fabrikanın enerji tüketim ve CO<sub>2</sub> salınım karakteristiği hakkında tablolar oluşturulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Enerji Tüketimi, Verimlilik, Karaman.

---

## **Analysis of Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emission Values; A Case Study of a Food Factory**

### **Abstract**

Nowadays, renewable and clean energy production is needed to prevent environmental pollution and climate changing. Effective and efficient use of these resources is as important as the existence of the resource. In our country, efficient use of energy is a crucial issue in terms of reducing energy imports and increasing energy security. In particular, the efficient use of energy in the industrial sector will reduce CO<sub>2</sub> gas emissions and air pollution thus the environment will be protected. In this study, the energy consumption and CO<sub>2</sub> emission values of a ready - made food production plant with an annual average production capacity of 200.000 tons and an annual average of 4352 TEP energy consumption in Karaman Organized Industrial Zone was investigated. In addition, there are many systems that consume a large amount of energy such as electric motors, compressed air systems and boiler which consume thermal and electrical energy. Energy consumption values were examined monthly and energy intensive usage periods of the factory were determined. In addition, the type of energy used and the usage dimensions according to years are discussed by comparing them as TEP and tables are prepared about the energy consumption and CO<sub>2</sub> emission characteristics of the factory.

**Keywords:** Energy Consumption, Efficiency, Karaman.

---

### **1. Giriş**

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hızla artan nüfus, gelişen sanayi ve ulaşım gibi faktörler enerjiye olan ihtiyacı artırarak fosil enerji kaynaklarının azalmasına sebebiyet vermektedir. Kullanılan bu fosil enerji kaynaklarının atmosfere yaptığı CO<sub>2</sub> emisyon salınımı olumsuz çevresel etkilere neden

---

\*Sorumlu yazar: [selmin.enerrusen@gmail.com](mailto:selmin.enerrusen@gmail.com)

Geliş Tarihi: 04.04.2019, Kabul Tarihi: 07.08.2019

olmaktadır. Birincil enerji kaynaklarının azalması ve enerjiye olan ihtiyacın artması insanları alternatif enerji kaynaklarına ve enerjiyi verimli kullanmaya yöneltmektedir [1].

Artan enerji ihtiyacı, enerjiyi daha verimli kullanarak zararsız, ucuz ve kolay bir yol ile elde edilebilmektedir. Enerjinin verimli kullanımı, aynı miktardaki üretimin daha az enerji kullanılarak gerçekleştirilmesi olarak açıklanabilir. Bilindiği üzere ülkemiz enerjiye olan ihtiyacının çoğunu dışarıdan karşılamaktadır. Bu açıdan bakıldığında, sanayi sektöründe enerjinin verimli kullanılması önemli bir hal almaktadır. Sanayi sektöründe üretim kalitesi ve üretim miktarının düşmesine neden olmadan enerji tüketimini azaltarak verimlilik sağlanabilmektedir [2]. Endüstriyel işletmelerde ortaya çıkan atık ısı göz ardı edilemeyecek kadar büyük bir potansiyele sahiptir. Atık ısının geri kazanım için tasarlanan cihazlar kullanılarak enerji tasarrufu arttırılacak ve atmosfere CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> gibi gazların salınımı da azaltılıp çevre kirliliği önlenmiş olacaktır [3].

Endüstriyel işletmeler açısından bakıldığında, verimlilik artırma yönünde yapılan çalışmalar çevre kirliliğini azaltıcı yönde etki etmekle beraber kaynakların verimli kullanılmasını ve yakıttan tasarruf edilmesini de sağlamaktadır. Büyük miktarlarda enerjilerin kullanıldığı sanayi sektöründe, enerjinin verimli kullanılması yani kayıp enerjinin geri kazanımı ile hem çevreye hem de ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır [4-6]. Ayrıca, verimli kullanılan enerji, yeni ve temiz bir enerji kaynağı olarak görülmekte, istenilen anda kullanıma hazır ve kısa bir zaman sonra yeni arz kaynağı olarak görülmeye adaydır. Bu nedenlerle, dünya çapında “en ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir” prensibi benimsenmektedir [7].

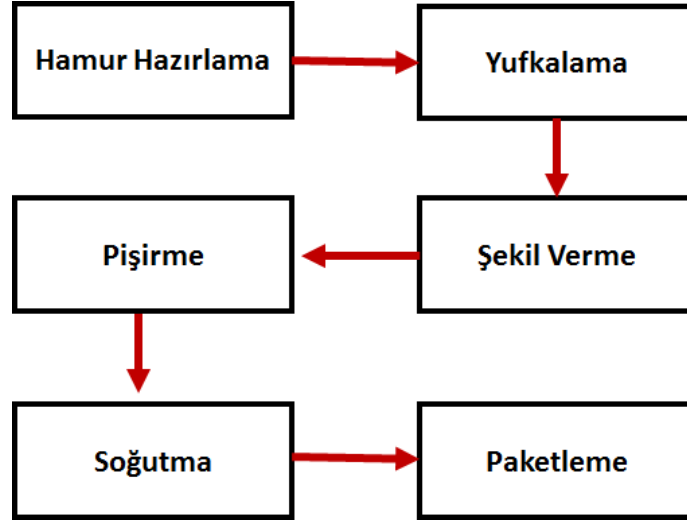
Yapılan araştırmalara göre ülkemizde yaklaşık % 46 oranında sanayi sektöründe enerji tüketilmektedir [8]. Bu bağlamda enerji tüketimi alanında en büyük paya sanayi sektörünün sahip olduğu gözlenmektedir. Bununla birlikte, gelişen teknoloji ve nüfus artışı nedeniyle ülkemizde ve dünyada enerji talebi giderek artış göstermektedir [9].

Türkiye’de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının enerji verimliliği konusunu tanımlaması “yapılarda hayat standardı ve sunulan hizmet kalitesinin, sanayi bazlı işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının azalmasına yol açmadan, birim veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılması” şeklindedir. Bir başka tanımda ise “ısı, gaz, buhar, basınçlı hava, elektrik gibi birden fazla durumda olabilen enerji kayıpları ile her bir atığın değerlendirilmesi veya geri kazanılması veya yeni teknoloji kullanılarak üretimde azalma olmadan, sosyal refahı engellemeden enerji tüketiminin azaltılmasıdır” [10]. 02/05/07 tarihinde resmî gazetede yayımlanmış olan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile enerjinin etkin ve doğru kullanılması ile hem tasarruf sağlayıp hem de ekonomi üzerindeki yükünü azaltmak ve çevreye verilen zararların minimuma indirilmesi amaçlanmıştır. Bu kanunla birlikte enerji yönetimi; enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak üzere yürütülen eğitim, etüt, ölçüm, izleme, planlama ve uygulama faaliyetleri olarak tanımlanmış ve yıllık enerji tüketimi belirli bir TEP değeri üzerinde olan tüm kamu kesimi, ticari ve sanayi işletmelerde enerji yöneticisi görevlendirilmesi veya enerji yönetim birimi kurulması zorunlu kılınmıştır. Kurulması kararlaştırılan enerji yönetim biriminin en iyi şekilde görevini yerine getirebilmesi için kurumun üst yöneticileri ve tüm bireyleri tarafından bilinçlendirilerek desteklenmesi en önemli parametredir [6,11,].

## 1.1. Gıda Sanayi

Bu çalışmanın ölçüm ve analizleri için Karaman’da bulunan ve başlıca bisküvi, çikolata, gofret, kek ve kraker olmak üzere gıda üretimi konularında faaliyet gösteren bir işletme seçilmiştir. Genel olarak gıda işletmesine ait üretim sürecinin akım şeması Şekil 1’de verilmektedir. Bu akım şeması hammadde ve hamur hazırlama aşamasından başlayarak paketleme ünitesine kadar farklı aşamalardan geçmektedir. Bir gıda üretim hattının ilk basamağı hammadde ve hamur hazırlama aşamasıdır. Bu aşamada ağırlık ayarlanması ve ölçümler çırpıcı üzerindeki gösterge çizelgesi veya pompalar yardımıyla yapılmaktadır. Karıştırma ve hamurun fermantasyonu sonrasında yufkalama aşaması gelmektedir. Bu aşamada hamur istenen kalınlıkta yufkalar halinde yayılmış ve fermantasyonunu tamamlamamış olarak şekil verici kısma gönderilmektedir. Pişirme aşamasında kullanılan gıda fırınları sıcaklık dağılımını düzenleyecek şekilde planlanmış buhar bacaları ile donatılmış tipik tünel fırınlardır. Yakıt olarak genellikle doğalgaz kullanılmaktadır. Soğuma aşamasında ürünün sıcaklığının düşmesi yolu ile paketleme hattında ısıdan etkilenmemesi ve şekil bozukluklarının önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Bisküvi, kek ve gofret türü hazır gıda maddelerinde soğutma işlemi ortam ısısı aniden düşürülmeden doğal soğutma şeklinde yapılmaktadır (çikolata kaplama ve benzeri uygulamalar hariç).

Son olarak paketleme aşamasında ise ambalaj yapımında kullanılan her çeşit malzeme ve kuru, temiz, kokusuz, insan sağlığına zararsız ve sağlam olmalıdır. İyi ambalaj ile iyi muhafaza etmek gıda maddesinin bozulmasını önemli ölçüde engellemektedir [13].



Şekil 1. Gıda üretim sürecinin akım şeması

## 1.2. Gıda İşletmesinin Enerji Tüketiminin İncelenmesi

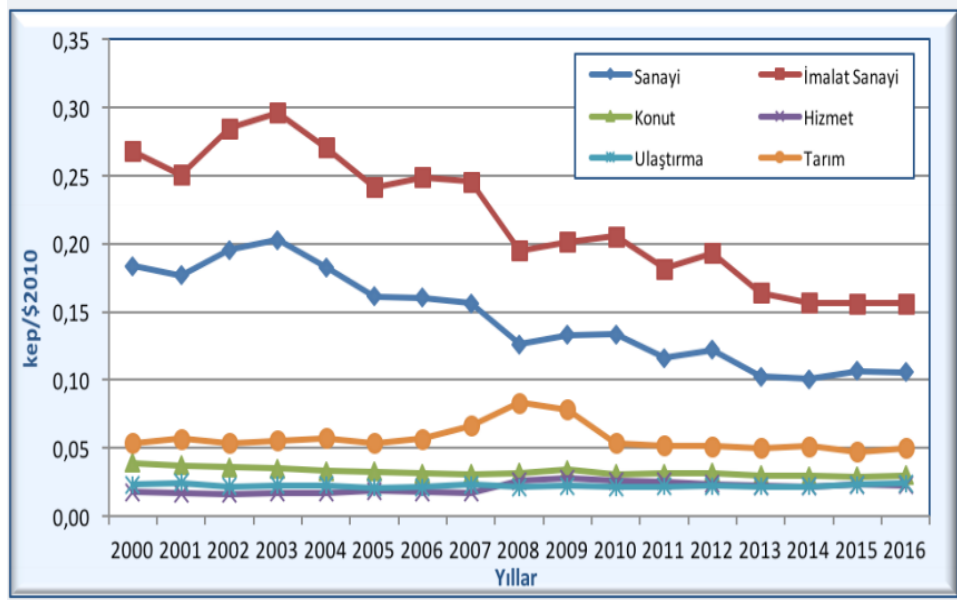
Bu çalışma kapsamında incelenen hazır gıda işletmesi enerji kullanımında iki temel kaynaktan (doğalgaz ve elektrik) yararlanmaktadır. Model işletmenin geçmiş yıllara ait doğalgaz ve elektrik tüketim değerleri aylık olarak değerlendirilmiştir. Seçilen hazır gıda işletmesinin enerji verimliliği açısından incelenmesi, enerji tüketiminin yoğun olduğu üniteler dikkate alınarak yapılmıştır ve enerji tüketim miktarları dikkate alınarak olası verim artırıcı önlemler irdelenmiştir.

İşletmelerde her bir ürün grubu (bisküvi, kek, gofret ve kraker gibi) için farklı üretim bantlarındaki mevcut fırınlar bu üretim bantlarında enerji tüketimi açısından çok önemli bir yere sahiptir. Her bir hattaki fırın uzunluğunun tespiti yapılarak fırının baca gazı çıkış değerlerin ölçülmesi ve oluşan atık ısının tespiti yapılmalıdır. Ayrıca, termal kamera ile incelemeler yapılarak yalıtım eksikliğinden kaynaklanan ısı kayıpları tespit edilmelidir [2,4,14,15]. Bu ve benzeri ölçüm ve gözlemler yolu ile gerekli olması durumunda fırın veriminin artırılmasını sağlayacak projeler oluşturulabilir. İşletmelerde kullanılan buhar ve sıcak su gereksinimlerinin sağlandığı buhar kazanı detaylı incelenmelidir. Bu sistemde vana grupları ile sıcak su ve buhar iletim hatları belirlenerek, buhar kazanları ile üretim bantları arasındaki mevcut buhar ve sıcak su hatlarının ısı kayıpları tespit edilmelidir [3,16]. Gerekli verim artırıcı önlemler uygulanmalıdır. Buhar kazanının verimlilik açısından incelenmesinde bakılan bir diğer nokta ise baca gazlarının durumudur. İşletmede bulunan tüm buhar kazanlarının çıkışından ölçülecek baca gazı sıcaklıkları ile gerekli hesaplamalar yapılarak hem çevreye zararları gazların salınımı hem de enerji kullanımı tespiti yapılmalıdır. İşletmelerde genellikle gıda malzemelerinin üretim hattında chiller tipi soğutucular kullanılmaktadır. Ayrıca merkezi havalandırma sistemi kullanılarak çalışma ortamlarının uygun çalışma sıcaklıklarına getirilmesi sağlanmaktadır. Enerji Etütleri süresince soğutma üniteleri incelenerek gerekli olan verim artırıcı önlemler araştırılmalıdır. İşletmelerde, sistem içerisinde kabul edilebilir basınç kayıplarının en uzak noktada 0,5 bar civarında olması beklenmektedir [15,17]. Ancak, çoğu işletmede buhar kazanından çıkan yüksek basınçlı buharın kayıplar nedeniyle sistem içerisinde düşük değerlerde kullanıldığı bilinmektedir. Model işletmenin basınç kayıplarının tespiti ve azaltma yönünde çalışmalar yapılması önerilmiştir [15]. Ayrıca işletmede yapılacak enerji verimliliği çalışmaları kapsamında fabrikanın çeşitli bölümlerinde yer alan elektrik motorlarında etiket değerleri dikkate alınarak elektrik motorlarına ait gerilim, akım, frekans, aktif güç tüketimi, reaktif güç tüketimi, görünür güç tüketimi ve güç faktörleri belirlenecek ve buna göre sınıflandırılması yapılmalıdır. Yapılacak ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ile daha az aktif ve reaktif güç tüketimi gerçekleştirerek sistemler tercih edilmelidir [18]. Aydınlatmanın incelenmesinde ise işletmenin üretim hattı, koridorlar ve dolaşım alanlarında bulunan armatürler ile idari bina içerisinde bulunan personel ofislerinin aydınlatma ekipmanları

dikkate alınmalıdır. Yapılan ışınım ölçümleri sonucunda belirlenen bölgelerde daha iyi görsel konfor şartlarını sağlayacak ve daha az elektrik tüketimine yönelik uygulamalar araştırılmalıdır [2,15,19,20].

### 1.3. Enerji Yoğunluğu

Enerji yoğunluğu, enerji verimliliği göstergelerinden birisi olup, enerji tüketiminin (TEP, Joule) finansal bir göstergeye (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla-GSYİH, Katma Değer vb.) oranı olarak tanımlanmaktadır. Enerji yoğunluğu; herhangi bir teknik veya fiziksel göstergenin (özellik enerji tüketimi, enerji tüketimi vb.) herhangi bir faaliyetin verimlilik düzeyini açıklayamadığı durumlarda bir enerji verimliliği göstergesi olarak kullanılmaktadır [6,10]. Buradan anlaşılacağı üzere, bir ülkede enerji yoğunluğu ne kadar az ise enerji verimliliği o oranda yüksek olacaktır. Aynı zamanda enerji yoğunluğu ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin de bir ölçütüdür. Şekil 2’de sektörler dikkate alınarak nihai enerji yoğunlukları hesaplamaları yer almaktadır. Grafik olarak anlatılan bu şekilde enerji yoğunluğunun imalat sanayii sektöründe en fazla olduğu görülmektedir. İkinci sırada ise sanayi, sonrasında tarım, dördüncü sırada konut (kamu binaları hariç), ardından ulaştırma ve son olarak hizmet sektörleri yer almaktadır.



Şekil 2. Ülkemizde ki enerji yoğunluğunun sektörel bazda dağılımı [21]

Enerji yoğunluğu ülkemizde son 16 yılda ortalama % 1,4 oranında azalış göstermektedir. 2000-2016 yılları arasında enerji yoğunluğundaki iyileşme incelendiğinde en fazla %42,5’lik iyileşme oranı ile sanayi sektörü birinci sıradadır. Şekil 2’den de görüleceği üzere sektörel bazda yüksek oranda azalış oranı ile imalat sanayi ve sanayi sektörü enerji yoğunluğundaki iyileşmeye %3,4 oranında katkı sağlamıştır [1].

### 1.4. Sanayide Enerji Yönetim

Sanayi de enerji verimliliğini sağlamanın temeli, bilinçli ve etkili bir enerji yönetim programı geliştirmektir. Enerji yönetiminde en önemli kural enerjiyi üreten ve tüketen sistemlerin her zaman iyi durumda olmasını sağlamaktan geçer. Gerekli bakımlar ve iyileştirmeler yapılarak gereksinimler en iyi şekilde karşılanabilir. Başka bir tanımla Enerji Yönetimi Sistemi ürün kalitesinden güvenlikten veya çevresel tüm koşullardan feragat etmeksizin ve üretimi azaltmaksızın enerjinin daha verimli kullanımı doğrultusunda yapılandırılmış ve organize edilmiş disiplinli bir çalışmadır. Enerji yönetim sisteminin başarılı olması için dört ana hedef bulunmaktadır [10]. Bunlar:

- Üretenin verimini artırmak (motor, kazan, kompresör, vb.),
- Tüketicinin kullanımını azaltmak,
- Yüksek güç tüketilen noktaları sürekli kontrol altında tutmak,

•Enerjiyi en ekonomik kullanmaktır.

Enerji yönetim sisteminden en iyi şekilde faydalanabilmek için kapsamlı ve iyi tasarlanmış bir model ile çalışılmalıdır. İyi bir şekilde organize edilmiş bir yönetim sisteminde başarıya ulaşabilmek için; üst yönetimin katkısı ve desteği, tüm çalışanların katılımının sağlanması, enerji muhasebesi, izleme ve hedef oluşturma, enerji verimliliği etütleri ve fizibilite çalışmasının yapılması, ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi, hedef belirlenmesi ve gerekli ekipmanların temin edilmesi gereklidir [18].

Belli bir programa bağlı olmadan yürütülen çalışmalarda basit işletme tedbirleriyle bazı kuruluşlarda %10'a varan oranlarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Geniş kapsamlı enerji yönetimi programlarının uygulanması ile enerji tasarrufu çalışmalarına süreklilik kazandırıldığı gibi tasarruf oranı da %25'i aşabilir [18].

İyi bir şekilde organize edilmiş enerji yönetim sistemi ile;

- Maliyetlerde düşüş görülür.
- Pazarda rekabet payı artar.
- Sürekli takip edilen enerji tüketimleri ve çalışma koşulları ile ortaya çıkabilecek arızalar önlenir.
- Değişen enerji fiyatlarından daha az etkilenme gerçekleşir.
- Enerji kullanımlarına ilişkin bulunan yasal düzenlemelere uyum gerçekleşir.
- Sera gazı emisyonları azalması gerçekleşerek mevcut ve gelecekte oluşturulabilecek düzenlemelerde uygunluk kolaylaşır.

## 1.5. CO<sub>2</sub> Salınımı

Çevresel kirlilik ve sera gazı salınımı hakkında kapsamlı araştırmaların paylaşıldığı İklim Zirvesi 2015 yılında Paris'te düzenlenmiştir. Bu zirvede çevre ve iklim ile ilgili dünyanın geleceğine etki edecek ülkeler arası sözleşmeler imzalanmıştır. Bu sözleşmelere taraf olan ülkeler biri de Türkiye'dir. Ülkemiz 2023 yılına kadar sera gazı salım değerlerini azaltmayı taahhüt etmiştir. CO<sub>2</sub> gibi çevreye zararlı zehirli sera gazların salınımının en önemli nedeni ise enerji üretimi ve tüketimi, sanayideki üretim, vb. enerji talebinden oluşmaktadır (3) [22].

Türkiye gelişen bir ülke olarak gün geçtikçe enerjiye daha fazla ihtiyaç duymaktadır ve enerji tüketiminin olduğu her alanda enerji kaynağına bağlı olarak oluşan CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı çevresel zararlı etkiler getirmektedir. Tüketilen enerji kaynağına bağlı oluşan CO<sub>2</sub> emisyonundan tüketici direkt olarak sorumlu bulunmaktadır. Çevresel zararlara mahal oluşturmayacak şekilde tedbirler almak ve sürekli kontroller yapılması gerekmektedir.

CO<sub>2</sub> salınım miktarı tüketilen petrol kaynaklı enerji türü içerisindeki karbon (C) miktarına bağlı olarak değişmektedir. Doğalgazın içerisinde bulunan sabit karbon (C) oranı yaklaşık %75 olarak bilinmektedir. Buradan 1 Sm<sup>3</sup> doğalgazın yakılması sonucunda 2,75 kg CO<sub>2</sub> oluşmaktadır. Benzer şekilde 1 kWh elektrik tüketiminden ise yaklaşık 0,55 kg CO<sub>2</sub> oluşmaktadır. Sonuç olarak bir işletmede oluşan CO<sub>2</sub> miktarı tüketilen tüm enerji kaynaklarından oluşan CO<sub>2</sub> miktarlarının toplamı olarak kg cinsinden hesaplanmaktadır. Ürün başına düşen CO<sub>2</sub> miktarı ise toplam CO<sub>2</sub> miktarın ürün (ton) değerine bölünmesiyle elde edilir (CO<sub>2</sub> /kg ürün) (4) [23,24].

## 2. Materyal ve Metot

Karaman organize sanayi bölgesinde yer alan, yaklaşık olarak yıllık ortalama 200.000 ton ürün üretme kapasitesine sahip bir hazır gıda üretim fabrikası bu çalışmada incelenmiştir. Farklı hammaddeler kullanarak çeşitli farklı gıda gruplarında (bisküvi, kek, çikolata ve gofret gibi) ürünler seçilen bu fabrikada üretmektedir. 1995 yılında Karaman'da kurulan, yaklaşık 115000 m<sup>2</sup> kapalı olmak üzere 60000 m<sup>2</sup> açık alanda sahip olan bu fabrikada 1500 fabrika çalışanı ile üretim yapmaktadır. Üretim kapasitesi ve çeşitliliği gün geçtikçe artan işletmenin enerji ihtiyacı da giderek artmıştır. İhtiyaç duyulan enerjiyi elektrik ve doğalgaz kullanarak karşılayan işletmede ısı ve elektriksel enerji tüketen pek çok sistem mevcuttur. Başta kazan olmak üzere elektrik motorları, basınçlı hava sistemleri, soğutma ve aydınlatma gibi yoğun enerji tüketen pek çok sayıda sistem bulunmaktadır. İşletme yıllık ortalama 4352 TEP enerji tüketimine sahiptir.

Çalışmada, incelenen yıllar için yıllık enerji tüketim analizi, enerji türleri ve toplam etkisi ile CO<sub>2</sub> salınım miktarı dikkate alınarak incelenmiştir. Ayrıca, yıllık toplam enerjinin maliyet olarak

işletmeye yükü hesaplanmıştır. Aylık bazda yapılan çalışmalarda ay ay işletmenin tüketim değerleri incelenerek üretime bağlı değişkenliği gözlemlenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Yıllık Enerji Tüketim ve CO<sub>2</sub> Salınım Analizi

İşletmeye genel olarak enerji verimliliği hakkında bilgiler verilmiştir. Üretim ve tüketim değerlerinin düzenli olarak kayıt altına alarak takip etmeleri konusunda bilgilendirilmiş ve enerji yöneticisi çalışmaları hususunda uyarılmıştır. Düzenli alınan tüketim verileri sayesinde fabrikanın enerji tüketim karakteristiği hakkında belirli periyotlarda analizler yapılmıştır. İşletmeye ait 2013-2017 yılları arası doğalgaz tüketimi ve doğalgaz kullanımı sonucu CO<sub>2</sub> salınım değerleri Tablo 1’de, benzer olarak, 2013-2017 yılları arası elektrik tüketim değerleri, toplam elektrik tüketimdeki yüzdeleri ve elektrik tüketimi sonucu oluşan CO<sub>2</sub> salınım değerleri Tablo 2’de sırasıyla verilmiştir.

**Tablo 1.** İşletmenin beş yıllık doğalgaz tüketim değerleri ve toplam tüketimdeki yüzdeleri (5)

| YIL  | Enerji Türü | Miktar Sm <sup>3</sup> | TEP     | % Toplam | CO <sub>2</sub> Salınımı (Ton/yıl) |
|------|-------------|------------------------|---------|----------|------------------------------------|
| 2013 | Doğalgaz    | 3589117,00             | 2961,02 | % 80     | 9870,07                            |
| 2014 | Doğalgaz    | 4074622,96             | 3361,56 | % 81     | 11205,21                           |
| 2015 | Doğalgaz    | 4350895,54             | 3589,48 | % 83     | 11964,96                           |
| 2016 | Doğalgaz    | 4929121,71             | 4066,52 | % 89     | 13555,08                           |
| 2017 | Doğalgaz    | 5403636,03             | 4457,99 | % 90     | 14859,99                           |

**Tablo 2.** İşletmenin 2013-2017 yılları arası elektrik tüketim değerleri ve toplam tüketimdeki yüzdeleri (5)

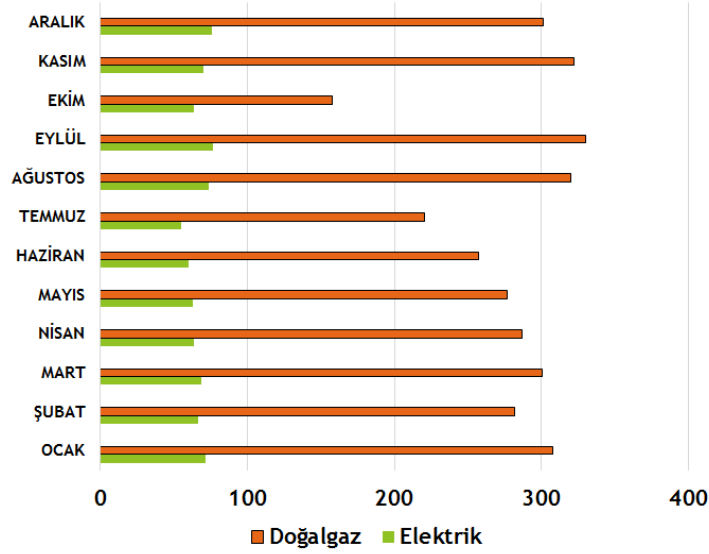
| YIL  | Enerji Türü | Miktar kWh | TEP    | % Toplam | CO <sub>2</sub> Salınımı (Ton/yıl) |
|------|-------------|------------|--------|----------|------------------------------------|
| 2013 | Elektrik    | 8811366,00 | 757,7  | % 20     | 4846,25                            |
| 2014 | Elektrik    | 9380674,12 | 806,73 | % 19     | 5159,37                            |
| 2015 | Elektrik    | 8380567,44 | 720,72 | % 17     | 4609,31                            |
| 2016 | Elektrik    | 5984043,44 | 514,62 | % 11     | 3291,22                            |
| 2017 | Elektrik    | 6111500,00 | 525,58 | % 10     | 3361,33                            |

#### 3.2. Aylık Enerji Tüketim ve CO<sub>2</sub> Salınım Analizi

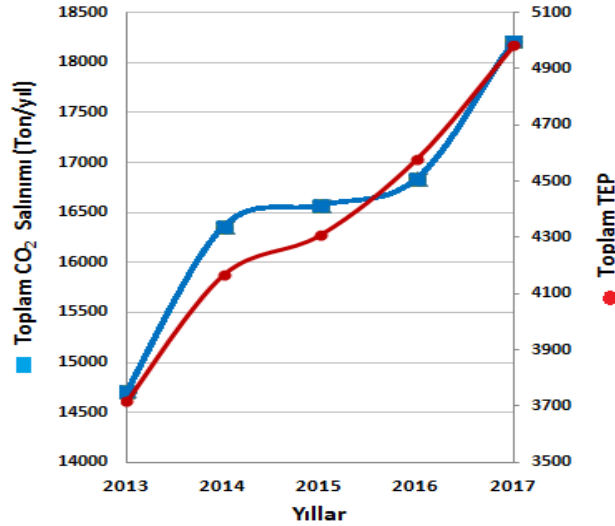
İşletmeye ait 2013 yılı enerji tüketim değerlerine göre her ay tüketimin farklı değerler aldığı görülmektedir. Şekil 3’te beş yıllık ortalama doğalgaz ve elektrik tüketiminin aylara göre dağılımı verilmektedir. Üretim değerleri tüketimle doğru orantılı olamayan firmanın yıl içerisinde her ay değişken üretimi nedeniyle tüketimi de farklılık göstermektedir. Buda elektrik enerjisi ve doğalgaz tüketiminin üretim ile doğru orantılı olmadığını göstermektedir. Kış aylarında ise tüketim değerlerinin içerisinde ısınma maliyeti de eklenmiştir.

2013 yılında en az elektrik enerjisi tüketimini ağustos ayında, en az doğalgaz tüketimini ise kasım ayı içerisinde yaptığı tespit edilmiştir. Ancak elektrik enerjisi ve doğalgaz tüketiminin en yüksek olduğu ay aralık ayı olarak görülmektedir. 2014 yılı enerji türleri tüketim değerlerine bakıldığında en fazla elektrik enerjisi ve doğalgaz tüketiminin kasım ayında gerçekleştiği gözlemlenmiştir. 2015 ve 2016 yılları enerji tüketimleri incelendiği zaman kasım ayı ile diğer aylar arasında doğalgaz tüketiminde çok yüksek farklılık olduğu görülmektedir. 2017 yılı enerji tüketimlerinde ise doğalgaz tüketiminin giderek arttığı, elektrik tüketiminin nispeten düştüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca üretimdeki artışın diğer aylarda kullanılan enerjiyi arttırdığı öngörülmüştür. Şekil 4’te beş yıllık toplam enerji tüketimi (TEP) ve bu enerji tüketiminin oluşturduğu toplam CO<sub>2</sub> salınımı değerleri verilmektedir.

Şekil 4’e göre yıllık oluşan toplam CO<sub>2</sub> (Ton/yıl) salınımının yıllık toplam enerji tüketimi (TEP) değeri ile doğru orantılı olduğu görülmüştür. 2014 ve 2015 yıllarında CO<sub>2</sub> salınımının biraz fazla olmasının sebebi doğalgaza bağlı üretim miktarının fazla olmasıdır.



Şekil 3. 2013-2017 yılları arası ortalama doğalgaz ve elektrik tüketiminin aylara göre dağılımı



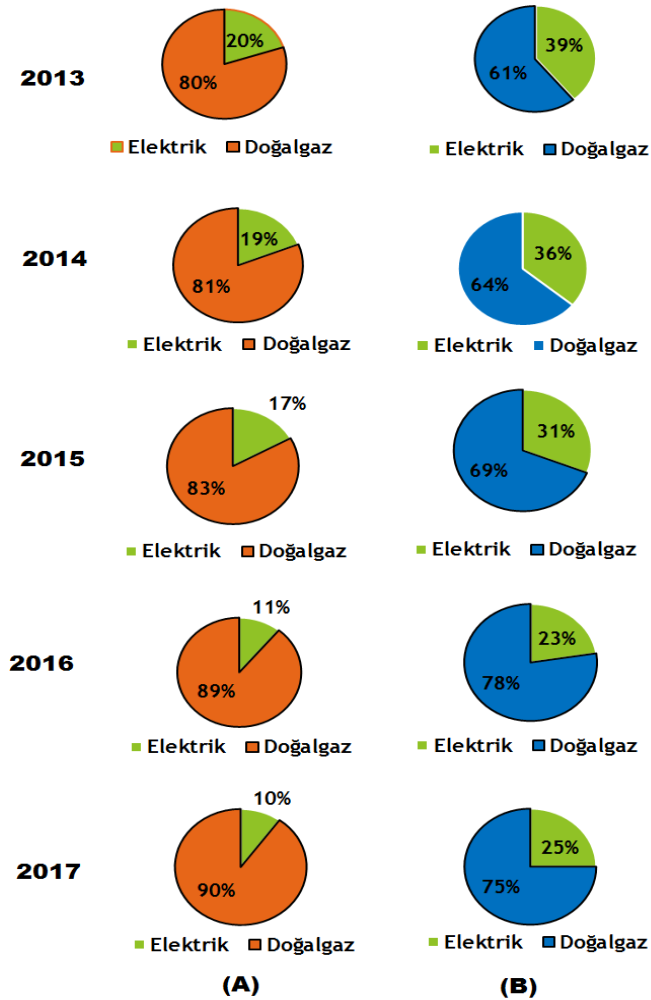
Şekil 4. 2013-2017 yılları arası toplam Enerji Tüketimi (TEP) ve enerji tüketimi nedeniyle oluşan toplam CO<sub>2</sub> salınımı (ton/yıl)

### 3.3. Yıllık Enerji Maliyeti Analizi

Tüketilen enerji ve maliyeti işletmeler için hayati önem arz eden konulardandır. Bu bölümde incelenen beş yıllık periyotta her yıl için tüketilen enerjinin türü, miktarı ve TL olarak maliyeti hesaplanmıştır. Tablo 3'te 2013-2017 yıllarında enerji türlerine göre tüketim miktarı ve maliyet analizi değerleri verilmiştir. Buradan doğalgaz kullanımının giderek arttığı, elektrik tüketiminin azaldığı gözlenmektedir. Bu etkinin en önemli nedeni fabrikada bulunan kojenerasyon tesisinin kullanımının giderek arttırılmasıdır. Bilindiği gibi ülkemiz sanayide kullanılan elektrik üç ayrı zaman diliminde ve tarifede kullanılmaktadır. Şehir şebekesinden kullanılan elektrik maliyeti bu tarifede gündüz ve akşam saatlerinde daha maliyetlidir. Ancak gece saatlerinde gündüz ve akşam saatlerine oranla çok daha ucuz olarak şehir şebekesinden kullanılmaktadır. Bu işletme elektrik ihtiyacının büyük bölümünü gündüz ve akşam saatlerinde bünyesinde kurulu olan kojenerasyon tesisini kullanarak karşılarken, yalnızca gece saatlerinde elektrik ihtiyacını ucuz tarifeyi gözeterek şehir şebekesinden karşılamaktadır. Bu nedenden dolayı doğalgaz ihtiyacı yıldan yıla artarken elektrik tüketimi fazla artış göstermemiştir. Şekil 5 (A)'da 2013-2017 yıllarında kullanılan elektrik ve doğalgaz enerjisinin toplam tüketim içindeki payı, Şekil 5 (B)'de ise 2013-2017 yıllarında toplam enerji maliyeti içerisinde elektrik ve doğalgaz enerji maliyet payı verilmektedir.

**Tablo 3.** 2013-2017 Yılları Enerji Türlerine Göre Tüketim ve Maliyet Değerlerinin İncelenmesi

| Yıl  | Enerji Türü       | Tüketim Miktar | Birim           | TEP            | % Toplam | Maliyet TL        | % Toplam | Birim Maliyet TL/TEP |
|------|-------------------|----------------|-----------------|----------------|----------|-------------------|----------|----------------------|
| 2013 | Elektrik (Alınan) | 8811366        | kWh             | 757.7          | % 20     | 1771486,28        | %39      | 2337,97              |
|      | Doğalgaz          | 3589117        | Sm <sup>3</sup> | 2961.02        | % 80     | 2761756,61        | %61      | 932,70               |
|      | <b>Toplam</b>     |                |                 | <b>3718,72</b> |          | <b>4533242,89</b> |          |                      |
| 2014 | Elektrik (Alınan) | 9380674,12     | kWh             | 806,73         | % 19     | 1828895,49        | % 36     | 2267,04              |
|      | Doğalgaz          | 4074622,96     | Sm <sup>3</sup> | 3361,56        | % 81     | 3214470,91        | % 64     | 956,24               |
|      | <b>Toplam</b>     |                |                 | <b>4168,29</b> |          | <b>5043366,4</b>  |          |                      |
| 2015 | Elektrik (Alınan) | 8380567,44     | kWh             | 720.72         | % 17     | 1.655.837,73      | % 31     | 2297,61              |
|      | Doğalgaz          | 4350895,54     | Sm <sup>3</sup> | 3589.48        | % 83     | 3.700.413,61      | % 69     | 1031,76              |
|      | <b>Toplam</b>     |                |                 | <b>4310,2</b>  |          | <b>5356251,34</b> |          |                      |
| 2016 | Elektrik (Alınan) | 5984043,44     | kWh             | 514.62         | % 11     | 1.192.482,62      | % 22,5   | 2317,2               |
|      | Doğalgaz          | 4929121,71     | Sm <sup>3</sup> | 4066.52        | % 89     | 4.098.061,71      | % 77,5   | 1007,7               |
|      | <b>Toplam</b>     |                |                 | <b>4581,14</b> |          | <b>5290544,33</b> |          |                      |
| 2017 | Elektrik (Alınan) | 6111500,00     | kWh             | 525.58         | % 10     | 1.424.641,01      | % 25     | 2710,60              |
|      | Doğalgaz          | 5403636,03     | Sm <sup>3</sup> | 4457.99        | % 90     | 4.188.472,40      | % 75     | 939,54               |
|      | <b>Toplam</b>     |                |                 | <b>4983,57</b> |          | <b>5613113,41</b> |          |                      |

**Şekil 5.** (A) 2013-2017 yıllarında kullanılan elektrik ve doğalgaz enerjisinin toplam tüketim içindeki payı, (B) 2013-2017 yıllarında toplam enerji maliyeti içerisinde elektrik ve doğalgaz enerji maliyet payı



#### 4. Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde hızla büyüyen bir gelişme ve artan bir nüfus dikkati çekmektedir. Bunların sonucunda hem konut hem de sanayileşmede enerji talebi ciddi bir şekilde artış göstermektedir. Talebi karşılamak için mevcut kaynakları dikkatli bir şekilde tüketme, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme, kaynakları verimli ve planlı bir şekilde kullanabilme, çevreyi de gözeterik durum tespiti yapmalı ve düzenlenmelidir. Ülkemizde ve dünyada en fazla enerji tüketiminin olduğu sanayi sektöründe enerjinin verimli kullanılması ve takibi ise çok önemlidir. Sanayide yoğun olarak kullanılan ısı ve elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımında kullanılan proseslere kadar düzenli takip edilmesi, enerji kayıplarının tespit edilmesi ve tespit edilen kayıplar için gerekli önlemlerin alınması yolu ile ciddi tasarruflar elde edilebilmektedir [24].

Bu çalışmada, Karaman bölgesinde yaygın olarak bulunan hazır gıda üretimi üzerine faaliyet gösteren işletmelerden birinin 2013-2017 yılları arası enerji tüketim değerleri incelenmiştir. Elde edilen verilerden çıkarılan sonuçlar şöyledir;

Beş yıllık enerji tüketim değerleri dikkate alındığında ortalama 4352 TEP enerji tüketimine sahip bir işletmedir.

Fabrikada hâlihazırda kurulu kojenerasyon sistemi bulunmaktadır. İşletme gündüz ve akşam tarifelerinde genellikle elektrik enerjisi ihtiyacının büyük bir kısmını doğalgaz kullanarak kojenerasyon tesisi ile sağlamaktadır. Şebekeden elektrik tüketiminin genellikle ücretlendirme tarifesinin ucuz olduğu gece saatlerinde gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.

Doğalgaz tüketiminin incelenen tüm yıllarda yüksek olduğu ve toplam tüketimdeki payının her yıl giderek arttığı görülmüştür. Araştırma sonuçlarımıza göre, 2013 yılına ait tüketim değerlerine bakıldığında kullanılan enerjinin %80 doğalgaz ve %20 elektrik enerjisi olduğu görülmektedir. Benzer şekilde 2017 yılına ait tüketim değerlerine bakıldığında kullanılan enerjinin %90 doğalgaz ve %10 elektrik enerjisi olduğu bulunmuştur. Beş yıllık periyotta bu fabrikada doğalgaza bağımlılık artış göstermiştir.

Aylık olarak tüketim değerleri dikkate alındığında yıl içerisinde enerji tüketiminde dalgalanmalar görülmüştür. Diğer aylara nazaran Kasım ayında enerji tüketiminin arttığı Temmuz-Ağustos aylarında ise nispeten azaldığı tespit edilmiştir. Enerji tüketimindeki bu değişimi hem iklimsel olarak sıcaklık farkına hem de üretim miktarının artışına bağlamak mümkündür. İşletme aylık veya yıllık üretim verilerini araştırmada kullanılmak üzere paylaşmamıştır. Ancak sözlü olarak yaz aylarında üretim değerlerinin düştüğünü beyan etmiştir.

Yıllar geçtikçe işletmenin toplam enerji tüketiminin yatırımlara ve ürün artışına bağlı olarak arttığı genel olarak gözlenmiştir. 2013 yılına ait enerji tüketim değeri 3718 TEP olarak hesaplanmıştır ancak yıllar içerisinde sürekli artış göstererek 2017 yılı enerji tüketim değeri 4984 TEP değerine ulaşmıştır.

Yıllara göre toplam enerji tüketimi (TEP) ve bu enerji tüketiminin oluşturduğu toplam CO<sub>2</sub> salınımı değerleri incelendiğinde enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salınımının temelde doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Ancak doğalgaz kullanımı sonucu oluşan CO<sub>2</sub> emisyonun elektrik kullanımına göre fazla olması sebebiyle doğalgaz kullanımı arttıkça CO<sub>2</sub> salınımının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

İşletmenin toplam enerji tüketimini azaltması yönünde öncelikle detaylı etüt çalışmasının yaptırılması, enerji tüketimlerinin sürekli takip edilmesi, işletmede en az bir enerji yöneticisi çalıştırılması, gerekli yatırımların yapılarak uygun bulunan verimlilik arttırıcı projelerin gerçekleştirilmesi önerilmiştir. Bu çalışma ve ulaşılan sonuçlar benzer işletmelerdeki enerji tüketim planlamalarını, işletmelerin enerji hedeflerini ve CO<sub>2</sub> salınımı gibi çevresel etkilerini belirlemede etkin olacaktır. Ayrıca bu ve benzeri çalışmalar ülkemizde en fazla enerji tüketim alanı olan sanayi sektöründeki enerjinin planlamasında ve verimliliğin arttırılmasında örnek olarak dışa bağımlılığın azalmasına katkı sağlayacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışma için gereken ölçüm cihazlarını sağlayan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi'ne teşekkür ederiz. Ayrıca bu çalışmada yapmış oldukları yorum ve katkılarından dolayı Araş. Gör. Mehmet Ali TOPÇU'ya ve çalışmada kullanılan enerji verilerinin temini ile hesaplamaların yapılması aşamasında verdiği destekten dolayı Karaman'da bulunan gıda firması yetkililerine teşekkür ederiz.

Bu çalışmanın yapıldığı gıda işletmesi isim verilerek teşekkür edilmesine ve çalışma kapsamında isminin kullanılmasına müsaade etmemiştir. Ayrıca bu çalışmanın küçük bir bölümü 23-25 Kasım 2018 tarihinde düzenlenen Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi'nde Tam metin bildiri olarak yer almıştır.

## Kaynaklar

- [1] Çevik M.S. 2018. Bir Gıda Fabrikasında Enerji Verimliliği Performans Değerlendirmesi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 129s, Karaman.
- [2] Ener Rusen S., Topcu M.A., Celtek S.A., Celep G.K., Rusen A. 2018. Investigation of energy saving potentials of a food factory by energy audit. J Eng Res Appl Sci.,7: 848-860.
- [3] Ruşen A., Topçu M.A. 2017. Energy Saving by Insulation in a Food Factory Steam Generation Plant. Nevşehir, International Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC), 1-5.
- [4] Çubuk H. 2016. Isı Üretim Dağıtım Sistemlerinde Enerji Yönetimi. İstanbul, Yarbis.
- [5] Doğan H., Yılkırkan N. 2015. Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Derg.. 3 (1): 375-383.
- [6] T.C. ETKB Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. 2016. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı İle Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri. Ankara.
- [7] Şevik S. 2012. Türkiye'nin Enerji Verimliliği Süreci. Türkiye Tesisat Mühendisleri Derneği Derg., 1 (1): 30-43.
- [8] TÜİK 2016. Türkiye İstatistik Kurumu.
- [9] Ener Ruşen S., Koç M. 2018. Bir Fabrikada Elektrik Motorlarının Verimlilik Sınıflarının İncelenmesi. Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, Kocaeli, Türkiye, 23-25 November, 636-638.
- [10] Kavak K. 2005. Dünyada ve Türkiye'de enerji verimliliği ve Türk sanayiinde enerji verimliliğinin incelenmesi.
- [11] Resmi Gazete. 2011. T.C. ETKB, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik.
- [12] Özden S. Y., Şen H.M., Türkoğlu G., Altun İ., Aydın M.Z., Çağlar M., Ataç A., Aktaş M., Kor Ö., Yeşin A.Ö., Türkyılmaz A.O., Aydın Ü. 2007. 2005-2006 Türkiye Enerji Raporu, DEK-TMK YAYIN NO: 0004/2007, Ankara.
- [13] Süfer Ö. 2016. Kek ve Diğer Unlu Mamüllerin Fırında Pişirilmesi Sırasında Isı ve Kütle Transferinin Modellenmesi ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) Uygulaması. Akad Gıda, 14 (1): 61-66.
- [14] Tütünoğlu Y., Güven A., Öztürk İ.T. 2012. Cam Temperleme Fırınında Enerji Analizi. Mühendis ve Makina Derg., 53 (629): 55-62.
- [15] Kanoğlu M. 2010. Enerji Verimliliği Örnek Projeleri. Gaziantep.
- [16] Ruşen A., Topçu M.A. 2016. Insulation of Boiler to Save Energy. In: 8th Ege Energy Symposium and Exhibition (IEESE), Afyon, 1-7.
- [17] Gülcivan A. 2006. Tekstil Sektöründe Enerji Tasarruf Olanaklarının Belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- [18] Hepbaşlı A. 2010. Temel Kavramlar, Enerji Verimliliği ve Yönetim Sistemleri Yaklaşımlar ve Uygulamalar. İstanbul, Esen Ofset Matbaacılık Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi.
- [19] Ener Ruşen S., Koç M. 2018. Bir Fabrikasının Beş Yıllık Enerji Tüketim Değerlerinin Analizi. Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, Kocaeli, Türkiye, 23-25 November, 639-641.
- [20] Ener Rusen S., Topçu M.A., Celep G.K., Rusen A. 2018. Üniversite Kampüs Binaları için Enerji Etüdü : Örnek Çalışma Energy Audit for Campus Buildings of University : A Case Study. Çukurova Univ J Fac Eng Archit., 33: 83-92.
- [21] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. 2000- 2016 Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporu; 2018. <http://www.yegm.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 17.12.2019)
- [22] Pabuçcu, H., Bayramoğlu, T. 2016. Yapay Sınır Ağları ile CO2 Emisyonu Tahmini: Türkiye Örneği. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi , 18 (3): 762-778.
- [23] Özbudak A. 2011. Endüstriyel Fırınlarda Enerji Etüdü Çalışması. III Enerji Verimliliği

- Kongresi, 31 Mart - 02 Nisan 2011, TUBITAK UME -Gebze / KOCAELİ.
- [24] Ener Ruşen S. 2019. Elektrik Motorlarının Verimlilik ve CO<sub>2</sub> Emisyon Analizi; Bir Gıda Fabrikası Örneği. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 17, 564 - 569