

BİR TEKSTİL İŞLETMESİNİN ENERJİ TÜKETİMİ VE VERİMLİLİK ANALİZİ

Energy consumption and efficiency analysis of a textile enterprise

M. Ziya SÖĞÜT
Canpolat ÇAKAL
Fatih Eray OKUR

ÖZET

Endüstride enerjinin etkin ve verimli yönetimine dayanan pek çok çalışma yapılmıştır. Enerji yönetiminin temel amacı, enerji maliyetlerini düşürürken enerji verimliliğini artırmaktır. Bu bağlamda, ISO 50001 de dahil olmak üzere birçok model veya çalışma geliştirilmiştir. Bununla birlikte, enerji verimliliğinin sürekliliğinin sağlanması sürekli ve aşamalı ölçümlerle sağlanır. Bu bağlamda, etkin enerji etüt çalışmaları, işletmenin enerji performansının doğrudan doğruya teşebbüs için bir hedef belirlerken tanımlanmasını sağlayacaktır. Bu çalışma öncelikle, fiili tüketim ve üretim değerlerine dayalı olarak geliştirilen metodolojik bir yaklaşımdan oluşmaktadır. İşletmeye ait tekstil boyaları üretmektedir. İşletmenin enerji verimliliği potansiyeli iki yöntemle analiz edilmiştir. İşletmenin enerji verimliliği performansı% 28,03, histograma bağlı etkinlik etkisi% 13,51 olarak bulunmuştur. Çalışmanın sonunda, sistemin enerji çalışmalarının etkileri değerlendirilmiş ve çözümler hakkında bazı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel yapılar, enerji etütleri, verimlilik, sürdürülebilirlik, emisyonlar.

ABSTRACT

Many studies are conducted based on effective and efficient management of energy in industry. The main purpose of energy management is to increase energy efficiency while reducing energy costs. In this context, many models or studies have been developed including ISO 50001. However, ensuring the continuity of energy efficiency is available through continuous and progressive measurements. In this respect, effective energy study studies will enable the energy performance of the enterprise to be defined directly while defining a target to the enterprise. This study primarily consists of a methodological approach which is developed based on actual consumption and production values of an enterprise producing textile dyes. The energy efficiency potential of the enterprise is analyzed by two methods. While the energy efficiency performance of the enterprise was found as 28,03%, and the histogram-dependent efficiency effect was found as 13,51%. At the end of the study, the effects of energy studies of the system were evaluated and some suggestions were made about the solutions.

Key Words: Industrial structures, energy studies, efficiency, sustainability, emissions.

1. GİRİŞ

Sanayi sektöründe pek çok alt sektör için, ürün başına enerji girdisinin oldukça yüksek olduğu yapılar bulunmaktadır. Yoğun rekabet koşullarında birim enerji maliyetinin etkisi bazı sektörler için %50'leri bulmaktadır. Bu kapsamda işletmelerin rekabet gücünü yükseltmeleri, birim enerji maliyetlerinde yapabilecekleri etkin indirimlerle değer kazanacaktır. Ayrıca doğudan veya dolaylı birim enerji maliyet etkilerinin azaltılması işletme kaynaklı tüketimlerin azaltılmasını sağlarken, çevresel kirlenmelerin veya sera gazı emisyonlarının azaltılmasına da katkı sağlayacaktır. Pek çok alt sektör için sürdürülebilir etkin ve verimli üretim koşullarını sağlamak, hedef çalışma olarak değerlendirilmektedir.

Üretim proseslerine sahip işletmeler için, enerji ihtiyacı çok kaynaklı ve çok amaçlı bir ihtiyaçtır. Bu yönüyle enerjinin etkin ve verimli kullanımını sağlamak, öncelikle etkin bir yönetim alt yapısının kurulmasına bağlıdır. Günümüzde kurumsal yapılar, enerji yönetimini çoğunlukla kalite sistemleri içinde önemli bir konu olarak incelese de, uluslararası anlamda değer kazanan en etkin yöntem olarak hızla gelişmektedir. Bu yöntem ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi olarak standartlaştırılmıştır. Ancak pek çok ülkede yasal tüketim sınırları ile tanımlanmış olan uygulama, prosedürleri nedeniyle ancak belli bir tüketime sahip yapılar için bir zorunluluk olmuştur. Üretim kalite ilişkisi, ISO 9001 ile bir sertifikasyona ulaşmıştır. ISO 14000 çevre duyarlılığını sağlarken, ISO 50001 işletmelere enerji yönetim sistemini getirmiştir. Ancak ISO 50001 işletmelerde belirgin bir duyarlılık yaratmış olsa da, enerji yönetiminin etkin biçimde uygulanmasında ve istenilen tasarrufların sağlanmasında bazı problemler yaşanmaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden biri, öncelikle işletmelerde enerji verimliliği yaklaşımını temel alan davranış kültürünün sağlanamaması ile ifade edilebilir. Bu belgenin yasal sınırları dışında kalan işletmelerde ve özellikle üretim tüketim yoğunluğu yüksek olan KOBİ'lerde verimliliğinin sağlanması öncelikle bir hedef çalışma olmalıdır. Bu nedenle işletmelerde etkin ve verimli enerji yönetim alt yapısının kurulması, doğrudan bir uygulama süreçlerinin geliştirilmesine bağlıdır. Bunlar kısaca, farkında olma, izleme, analiz etme değerlendirme ve uygulama olarak ifade edilebilir.

Enerji yönetimi, hizmet ve üretimde kaliteden ödün vermeden, enerji tüketimini ve maliyetlerini azaltmak, enerji kaynaklarına bağlı çevresel olumsuzlukları en aza indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için geliştirilmiş planlı bir organizasyondur [1]. Dolayısıyla işletmelerde etkin bir enerji yönetimi yapılmasının önemli kazanımlar sağlayacağına şüphe yoktur. Ancak üretimde enerjinin etkin yönetimi, çok yönlü ele alınması gereken disiplinli bir süreç olarak görülmelidir. Bu yönüyle tüketimin öncelikle etüt edilmesi ve buna bağlı verimlilik potansiyellerinin tanımlanması ilk adım olarak görülebilir.

Tekstil sektörü sanayi sektöründe yoğun enerji tüketen sektör olarak değerlendirilir. Genellikle elektrik ve ısı enerjisinin yoğun kullanıldığı sektörde, tüm sanayi sektörlerinde olduğu gibi, enerji yönetimi önemli bir ihtiyaç olarak değerlendirilmiştir. Nitekim bu konu, literatür çalışmalarında çok yönlü ele alınmaktadır. Örneğin, Doğan ve Yılankara çalışmalarında; nüfus ve enerji tüketim miktarları, sektörel enerji tüketim oranları, enerji verimliliği konularında, enerji yoğunluğu ile enerji verimliliğini etkileyen teknolojileri analiz ederek değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Çalışmanın sonunda sanayi sektöründe, başta motorlar olmak üzere, enerji tüketen aletlerin ve sistemlerin tasarruflu olanlarla değiştirilmesi, piyasa dönüşümlerinin yapılmasını önermişler [2]. Yamankaradeniz ve diğ. Tekstilde atık ısıdan yararlanmada ısı pompası ile bir çözüm geliştirmişler. Bu çalışmada, tekstil boyahanesi için, 65 °C atık ısıdan yararlanılarak bir sistem tasarımı geliştirilmiş ve termo ekonomik analizler ile önemli tasarruflar sağlanabileceği görülmüştür [3]. Hasanbeig ve Price çalışmalarında, dünyadaki tekstil fabrikalarından örnek olay incelemelerini ve mevcut olduğunda enerji tasarrufu ve maliyetlerini incelemişler. Yapılan incelemede, 184 enerji verimliliği örneği değerlendirilmiştir [4]. Korenak ve diğ. Gerçek tekstil atık suyu değerlendirmesinde önerdikleri yöntemle %94 oranın su geri kazanımı sağlanabildiğini ifade etmişler [5]. Çınar yaptığı tez çalışmasında, 6 farklı tekstil fabrikası için etütler yaparak enerji verimlilik performansını incelemiştir [6]. Bu çalışmalar göstermiştir ki tekstil sektörü ve bu sektörde doğrudan üretim süreçlerine sahip tüm işletmeler enerji yönetimi ile birlikte tüketim değerlendirmelerini ve verimlilik analizlerini sürekli yapmalıdır.

Bu çalışma, öncelikle, bir tekstil boya üreten bir işletmenin gerçek üretim ve enerji tüketim verileri kullanılarak yapılmış enerji verimlilik analizlerini içermektedir. Çalışmada enerji kullanımlarının üretimle ilişkili değerlendirilerek, üretimin enerji tüketim histogramı değerlendirilmiştir. Çalışmada regresyon analizleri ile üretim dışı değişkenlerin neden olduğu baz tüketim yükleri belirlenmiştir. Ayrıca önemli enerji kullanıcılarının kümülatif toplam değerler grafiği (CUSUM) oluşturulmuş ve toplam tasarruf potansiyelleri sorgulanmıştır. Çalışmanın sonunda verimlilik değerlendirmesi yapılarak bazı öneriler geliştirilmiştir.

2. ENERJİ YÖNETİMİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

İşgücü piyasasının yaklaşık %7,8'ine sahip olan sanayi sektörü, tüm üretim araçlarıyla birlikte dünyada toplam enerji tüketiminin yaklaşık %29'nu tüketen enerji yoğun bir sektördür. Fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimlerinde, enerji maliyet etkileri, sürdürülebilir büyüme stratejilerinde tüm alt sektörleri doğrudan

etkilemektedir. Bu kapsamda tüm alt sektörler için enerji verimliliğini temel alan gelişmeler, enerji politikalarının şekillendirilmesinde öncelikli bir konudur.

Sanayi sektörlerinde yaygınlaşmaya başlayan ve farklı uygulama süreçlerine sahip enerji yönetim süreçlerinde toplam tüketim potansiyelleri içinde %80 tüketim hedefleri öncelikle dikkate alınır. Tüm sektörün enerji tüketim verileri dikkate alındığında, sadece dört temel sektör bu potansiyelin yaklaşık 2/3'ünü tüketmektedir. Bu sektörler sırasıyla yaklaşık %33 ile kimya ve petrokimya sektörü, yaklaşık %17 ile demir çelik sektörü, yaklaşık % 9 ile çimento sektörü ve yaklaşık %5 ile kâğıt sektörü gelmektedir [7]. Ülkeler ulusal stratejilerinin şekillendirirken bu temel sektörlerdeki enerji verimliliğini temel alan potansiyelleri dikkate almak zorundadır

Sektörün enerji tüketim stratejilerinde gelecek senaryolar ve etkileri de önemlidir. Nitekim IEA(Uluslararası Enerji Ajansı-International Energy Agency) sektörel büyüme hedefinin %1,1 potansiyel için, 2040 enerji talep potansiyelinin yaklaşık %37'lere ulaşacağını öngörmektedir. Bu doğrudan fosil yakıt tüketim dağılımının da benzer bir artış ile gelişeceğini göstermektedir [8]. Toplam enerji tüketiminin yaklaşık %35'ine sahip olan sanayi sektörü, pek çok disiplinden oluşan enerji yoğun bir sektör olarak tanımlanır. Yoğun enerji tüketen alt sektörler, enerji verimliliği ve enerji maliyetlerinin azaltılması yönünde önemli bir potansiyele sahiptir. Bu konuda potansiyeli tanımlayan pek çok çalışma vardır. Alt sektör dağılımına göre tasarruf potansiyellerinin dağılımı Tablo 1'de görülebilir.

Tablo 1. Sanayi alt sektörleri tasarruf potansiyel ve enerji yoğunlukları[8]

Sanayi sektörleri	alt	Tüketim payı %	Tasarruf potansiyeli %	Enerji yoğunluğu E(TEP)/1000TL
Makine teçhizat		3	10	0,02
Gıda		7,5	25	0,08
Tekstil		8,5	35	0,08
Kâğıt		4	20	0,12
Kimya		12	18	0,16
Taş toprak		19	18	0,46
Ana metal		25	20	0,62
Diğer		21	10	0,16

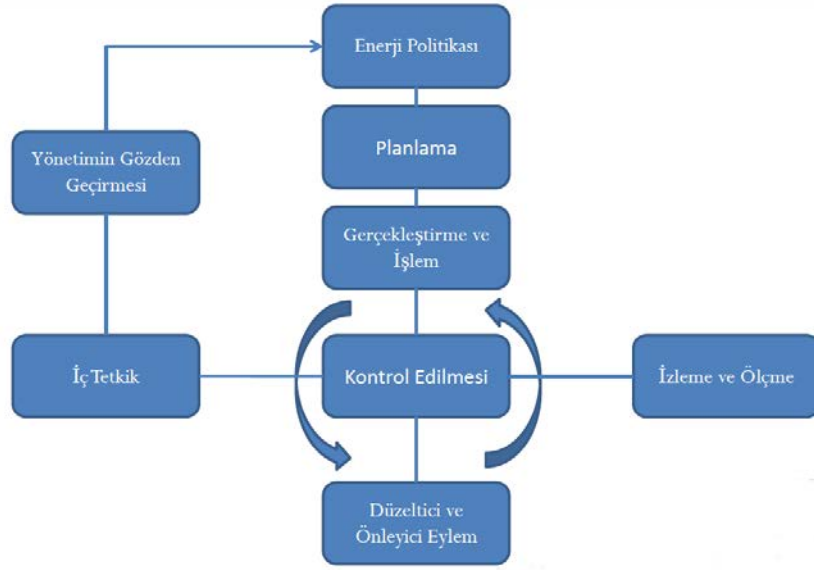
Sanayinin bu potansiyelleri ulusal enerji verimliliği strateji belgesinde de tespit edilmiş ve enerji yoğunluğunun azaltılması ile enerji kayıplarının azaltılması stratejik bir amaç olarak tanımlanmıştır. Bu konuda belgenin yayın tarihinden itibaren her bir alt sektörde enerji yoğunluğunun %10 azaltılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda iki eylem, en az beş işletmede, dört yıllık periyotlarda enerji etütlerinin yapılması(2013-2014) olarak tanımlanmıştır [10],

Yılda 5000 TEP üzeri tüketen işletmeler ile kullanım alanı 20000 m² üzerinde olan ticari ve hizmet amaçlı binalarda enerji etütlerinin dört yılda bir yapılması(2016-2017) olarak ifade edilmiştir [11].

Tüm bu önlemler, öncelikle sanayi sektöründe enerjinin yönetilme problemini göstermektedir. Ancak sektörün, 1990'ların sonunda başlayan iklim değişikliği ile mücadelede kapsamında da önlemler alması kaçınılmazdır. Bu yönüyle sektörde enerjinin yönetimi önemli bir konudur ve bir bütüncül yaklaşım gerektirir.

Bu çalışma, tekstil boyaları konusunda üretim yapan bir işletmenin enerji yönetim kültürünü değerlendirme ve enerji verimlilik potansiyelini değerlendirme çalışması olarak planlanmıştır. Tekstil sektörü, iplik, boyam ve işleme olmak üzere pek çok alt disiplini içinde barındıran bir sektördür. Tekstil boyaları bu sektörel disiplinler için çok çeşitli ve yoğun enerji tüketen bir sektördür. Bu kapsamda birim maliyet etkileri yönüyle enerji dikkate alınan bir maliyettir. Son aylarda gerçekleşen yüksek enerji maliyetleri nedeniyle işletmelerin enerji tüketimlerini değerlendirmeleri yönünde sektörel farkındalıkları gelişmiştir. Diğer sektörlerde olduğu gibi, bu tür işletmelerde de önceliğin üretim veya hizmetin aksatılmadığı bir yönetim modeline verildiğini söylemek mümkündür. ISO 50001 belgesine sahip olsun

ya da olmasın bu kapsamdaki tüm işletmeler, ana enerji tüketim noktalarında kendi alt yapılarına uygun sürekli bir izleme altyapısı oluşturmuşlardır. Bu izleme süreçleri genellikle üretime bağlı tüketimlerin ve bunlarla ilişkili parametrik değerlerin toplanmasını temel almaktadır. Genellikle, üretimde proses için işletmelerde belirlenen tecrübeye veya alışkanlıklara bağlı bir tüketim verisi üzerinden, üretim verimliliklerinin veya süreçlerinin ele alındığı görülmektedir. Bu maalesef, üretimde verimliliğin gerçek sonuçlarına ulaşılmasından ziyade bir üretim referansına bağlı olarak değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır. Oysa bu tür ısı etkilere doğrudan bağımlı üretim süreçlerinde, başta iklim koşulları olmak üzere pek çok değişkenin enerji tüketimi üzerindeki etkisi incelenmelidir. Enerji yönetimi bu yönüyle tüm bu süreçte hizmet ve üretim verimliliğini bozmadan, enerji tüketiminde sürekli bir iyileştirme üzerinde çalışmalıdır. Özellikle ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi, üretimde sürekli iyileştirmeyi temel almaktadır. Bu sistem, Şekil 1’de tanımladığı üzere, çevrim sürecine bağlı olarak üretimde enerjinin etkin yönetimini hedeflemektedir.



Şekil 1. Enerji yönetim sistemi (EYS) döngüsü [12]

ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi, işletmelerde mevcut durum analizlerinin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede, enerji yönetiminden sorumlu ekiplere, mevcut durum analizine bir baz sunmak üzere bir ön etüt çalışması yaptırılmaları genellikle önerilen bir durumdur. Genellikle ihmal edilen bu durum, işletmelerde performans değerlendirmeleri için eksik bir durum yaratır. Ön etüt çalışması bir tür enerji taraması olarak da tanımlanır ve işletmenin enerji verimlilik performansının ortaya konulmasını sağlar. Enerji taraması işletmenin özelliğine göre değişse de, kapsam ve sınırlar ile belirlenen enerji türleri üzerinden, bütünden özele, tanımlanan önemli enerji kullanıcıları için ayrı ayrı ele alınmalıdır.

Enerji taramasının en önemli aşaması, veri toplama sürecidir. Bu süreç enerji yönetiminin çok önemli bir unsurudur ve dikkatle ele alınmalıdır. Enerji yönetiminden sorumlu ekip, veri toplama türünü, yapısını, toplama noktalarını tanımlamak zorundadır. Ayrıca veri toplama yöntemini, toplanacak verilerin özelliğini, ölçüm türlerini ve dönemlerini, sürelerini de tanımlamalıdır. [12,13]. Bu tür enerji etkisinin yoğun olduğu sektörlerde, oluşturulan izleme sistemleriyle proses verileri sürekli olarak alınabilmektedir. Ancak üretim dışı enerji tüketim verileri ile düşük enerji tüketen yapılar için ayrı bir yöntem tasarlamak mümkün olsa da bu ihmal edilen bir durumdur. Bu nedenle ön etütler bir süreç değerlendirmesi olarak görülmelidir.

Veri toplama süreçlerinde, elektrik, doğal gaz, sıvı yakıtlar, katı yakıtlar gibi enerji kaynaklarına ilişkin tüketim verileri ortak bir birimde tanımlanmalıdır. Analiz öncesi bunların dönüşümleri yapılmalı veya

izleme sistemi bu yapıda kurulmalıdır. Bu çalışmada toplanan verilerin işlenmesi, regresyon analizine bağlı enerji tüketim standardı veya kümülatif toplam değerler yaklaşımı ile ele alınmıştır.

Enerji tüketim standardı, mevcut enerji tüketimleri ile hedef enerji tüketimleri ve enerji performans indeksi ile tanımlanır. Çimento üretimi birçok değişkene bağlıdır. Bu değişkenler spesifik ve kontrol edilebilir değişkenlerdir. Spesifik değişkenler üretime göre doğrudan enerji talebini belirleyen değişkenlerdir. Enerji ürün ilişkisini tanımlayan standart doğru denklemi temelde bu değişkene bağlıdır [9]. Kontrol edilebilir değişkenler ise; üretimin dışında, enerji sistemleri işletme uygulamaları, sistem kontrolü, bakım standardı gibi enerji tüketimini en aza indirebilmek için yönetim tarafından planlanan değişkenlerdir. Genelde standart denklem, enerji gereksiniminin spesifik değişkenlere bağlı olduğunu gösteren bir doğru denklemidir. Bu denklem temel denklemidir ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$E = a + b(P) \quad (1)$$

Bu doğru denklemde a sabiti, b bulunan katsayıyı, P üretimi ifade eden spesifik değişkeni tanımlamaktadır. Ancak bir proseste birden fazla değişken olabilir(x,y,z). Bu durumda değişkenlere bağlı doğrusal(lineer) denklem;

$$E = a + \sum b(x) + c(y) + d(z) \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Enerji etütleri için üç farklı doğrusal denklemi kullanılsa da, bu çalışmada tercih edilen ve yukarıda verilen denklem, doğrudan üretim-tüketim ilişkisini değerlendirmede en temel denklemidir. Enerji tüketim verilerine göre oluşturulan regresyon analizleriyle öncelikle standart denklem elde edilir. Daha sonra bu denkleme bağlı tüketim süreçleri dikkate alınarak hedefler belirlenir. Bu çalışma fabrikanın bütünü için ele alınabilir. Hedef değerlere göre hesaplanan doğru denklemi de standart ile aynı formda bir doğru denklemidir. Hedef koşullarına göre işletmede beklenen enerji tüketimleri hesaplanmalı ve bunların mevcut durum ile karşılaştırmaları yapılmalıdır[14,15].

Enerji performansının değerlendirilmesinde bir diğer parametre, Kümülatif Toplam Değerler (CUSUM) grafiğidir. Bu parametre, doğrudan enerji verilerinin en küçük kareler yöntemiyle potansiyellerinin tanımlanması ve bunların kümülatif biçimde toplanması yaklaşımı ile kullanılır. CUSUM grafiği veya toplam değerler, incelenen sistemlerde hedef tüketimlere bağlı tasarruf potansiyellerini veya akış eğilimlerini belirler. CUSUM grafiğinin oluşturulması, tüketilen veriler ile hedef veya beklenen gerçek enerji verileri üzerinden yapılan bir çalışmadır ve kümülatif toplamda enerji tasarruf potansiyelini tanımlar[8,9] Çizilen grafik performanstaki değişimleri gösterir. Negatif bölge veya negatif değerler tesisin performansındaki iyileşmeleri, pozitif değerler ise, tesisin performansının kötüleştiği zamanları gösterir. Bir CUSUM grafiğinin oluşturulması için öncelikle enerji tüketimi ile hedef enerji tüketimi arasındaki farkın kümülatif toplamı bulunur. Bu toplam değer şöyle ifade edilir:

$$\sum_{i=n}^i E_{top} = \sum_{i=n}^i E_{ger.} - \sum_{i=n}^i E_{Bek.} \quad (3)$$

Burada $\sum_{i=n}^i E_{top}$ kümülatif toplam tasarruf potansiyeli, $\sum_{i=n}^i E_{ger}$ gerçekleşen enerji tüketimini, $\sum_{i=n}^i E_{Bek.}$ beklenen enerji tüketimini ifade eder. Kümülatif toplam tasarruf potansiyelini hesaplamada, hedef tüketimlerin ve maliyetlerin belirlenmesi çok önemlidir. Hedef enerji tüketimi potansiyeli ise şu denklemle ifade edilir:

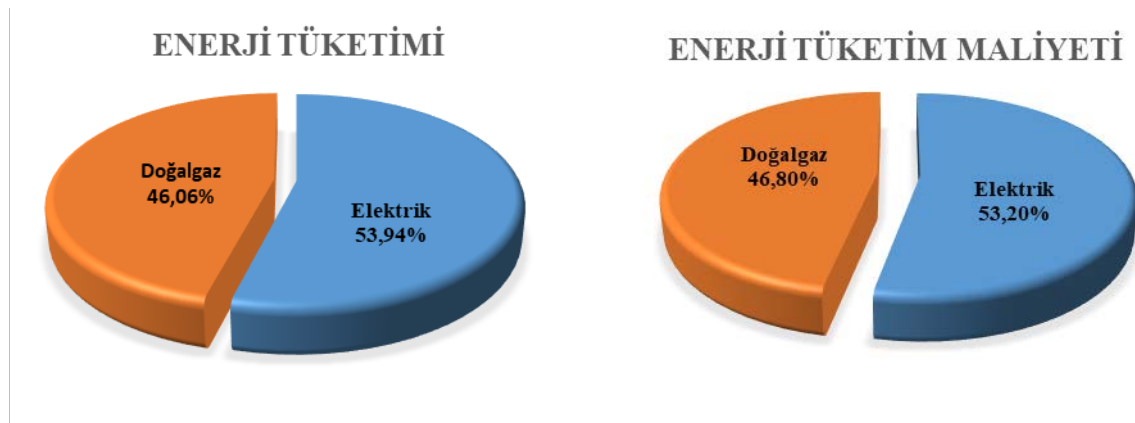
$$\sum_{i=n}^i E_{küm} = \sum_{i=n}^{i=1} E_{top} + \sum_{i=n}^{i=2} E_{top+1} \quad (4)$$

Burada $\sum_{i=n}^i E_{küm}$ kümülatif enerji toplamı, $\sum_{i=n}^{i=1} E_{top}$ mevcut ay toplamı, $\sum_{i=n}^{i=2} E_{top+1}$ sonraki ay toplamıdır[14,15].

3. BULGULARIN DEĞERLENDİRMESİ VE TARTIŞMA

Çalışmada bir tekstil boyaları üreten bir işletmenin gerçek üretim ve tüketim verilerden hareket edilerek fabrikanın öncelikle ön etüde bağlı bir performans değerlendirilmesi esas alınmıştır. Bu kapsamda örnek alınan işletmenin enerji tüketimleri yukarıda verilen akış yöntemine bağlı olarak irdelenmiştir. İşletmenin üretim ve tüketim dağılımlarında veri değerlendirmesi aylık değerler üzerinden yapılacaktır. Çalışmada, üretim süreçleri dışında enerji tüketen noktalar da incelenmiştir.

İşletme bir enerji yönetim sistemine sahip değildir. Enerji tüketimleri cari işlem süreçlerinde takip edilmektedir. Bu kapsamda 2014-2017 yıl tüketimleri incelenmiş ve analiz edilmiştir. İşletmede elektrik ve doğalgaz temel enerji kaynaklarıdır. İşletme yıllık tüketim dağılımlarında ortalama 508,16 MWh/yıl elektrik tüketimine karşın ortalama 432,78 MWh/yıl doğal gaz tüketimine sahiptir. Bu yönüyle Elektrik ve doğalgaz tüketiminin birbirine yakın bir tüketim içinde olduğu görülmektedir. İşletmede öncelikle bütüncül analizler ele alınmıştır. Alınan enerji verilere göre, dört yıllık ortalama yıllık toplam 77,26 TEP/yıl enerji tüketen bir işletmedir. İşletmenin ortalama tüketim ve maliyet dağılımları Şekil 2'de görülebilir.



Şekil 2. İşletmenin tüketim dağılımları

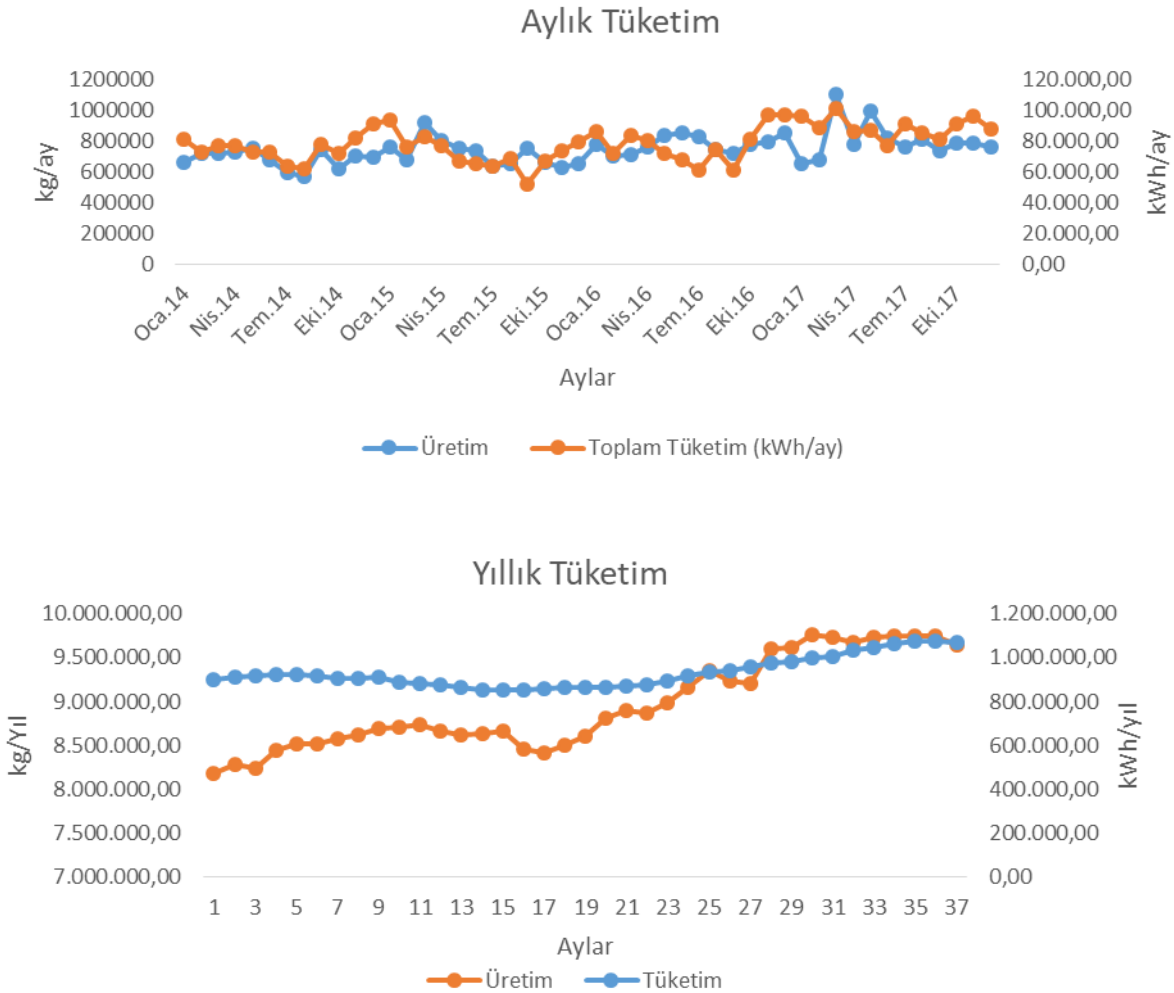
Tüketim dağılımlarının yıllara bağlı analizleri yapılmıştır. Buna göre 2014 yılında 73,92 TEP olan tüketim, 2017 yılında 87,74 olmuştur. Buna karşın farklı tür olsa da, 2014 yılında, 8178,5 ton yıl üretime karşın 2017 yılında bu değer, 9645 ton/yıl olarak gerçekleşmiştir. Bu dağılımda,

2014 yılı baz alındığında, %4,2'lik bir tüketim azalması varken, 2015 yılı baz alındığında 2016 yılında %8,10'luk bir artış gerçekleşirken, 2017 yılında bu değer %14,61'lik bir değerdir. İşletmenin bu tüketim dağılımı doğrudan üretimle benzerlik göstermektedir. Üretim dağılımı referans alındığında, tüketim değişimi ile çok sınırlı bir değişim gözlenmektedir. Üretim ve Tüketim ilişkisi birim maliyetler üzerinden ele alınmıştır. Tablo 2'de bu dağılım verilmiştir.

Tablo 2. Toplam enerji tüketim dağılımları

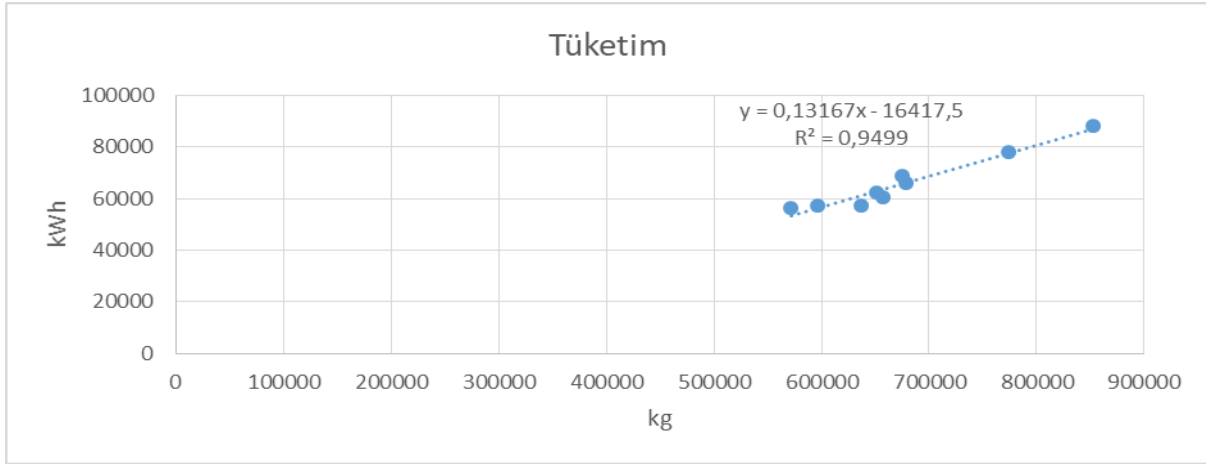
Yıllar	Birim Enerji Tüketimi (kWh/kg)	Değişim oranı	Enerji Birim Maliyeti (TL/kg)
		%	
2014	0,1102		0,0261
2015	0,1001	-9,168	0,0252
2016	0,0997	-0,41	0,0245
2017	0,1106	11,00	0,0278

Birim enerji maliyetlerinin etkisi de dikkate alındığında, özellikle 2017 yılı için enerji tüketim ve maliyet dağılımlarında %11 ve %13,25'lik bir değişim dikkat çekmektedir. Bu tüketim dağılımında referans alınan her iki yakıt etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. İşletmenin enerji tüketim performansı yıllık analizlerle değerlendirilmiştir. Dağılımlar Şekil 3'de verilmiştir.

**Şekil 3.** Aylık ve yıllık dağılımlar

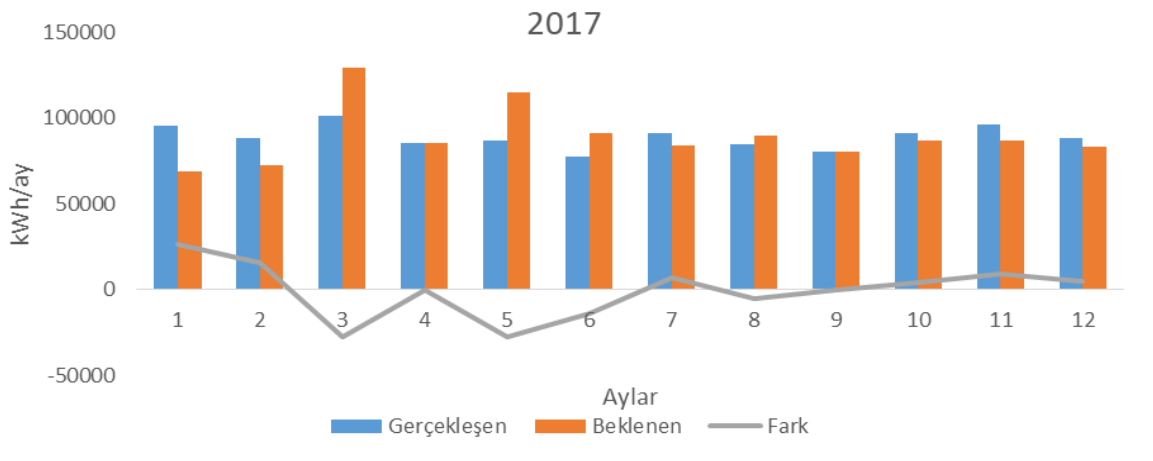
Aylık tüketimlerde değişkenler doğrudan işletmenin tüketim dağılımına ilişkin bir değerlendirme imkanı vermemektedir. Yıllık üretim ve tüketim dağılımları referans alındığında, pik yükler üzerinden tüketim değişimi %26 iken, üretimdeki değişim %19 olmuştur. Bu kapsamda %7'lik etki üretimde ürün özelliği

yönüyle değişim olarak görülebilir. Ancak yine de değişim etkileyen aylar yönüyle işletme tarafından değerlendirilmelidir. Enerji kaynaklar dikkate alındığında, yıllık toplam tüketimde yaklaşık %53,85'i Elektrik iken, Doğalgazın tüketim ortalaması yıllık %46,15 olarak bulunmuştur. Bu tüketim ortalaması elektrikte %4,26'lık bir dalgalanma gösterirken, Doğalgazda bu değer %5,90 olmuştur. Prosesin enerji verimlilik analizi, doğrudan her ünite için tüketim ile değişkenler arasında sorgulanmıştır. İşletmede üretim ve işletme dışı HDD (Heat Degre Day) ve CDD (Cooling Degre Day) değerleri üzerinden ayrı ayrı sorgulanmıştır. Ancak Her iki noktada da bir değişken olmadıkları görülmüştür. Çalışma tek değişkenini üretim üzerinden regresyon analizine bağlı verimlilik değerlendirilmesi yapılmıştır. İşletmenin regresyon sonuçları Şekil 4'de verilmiştir.

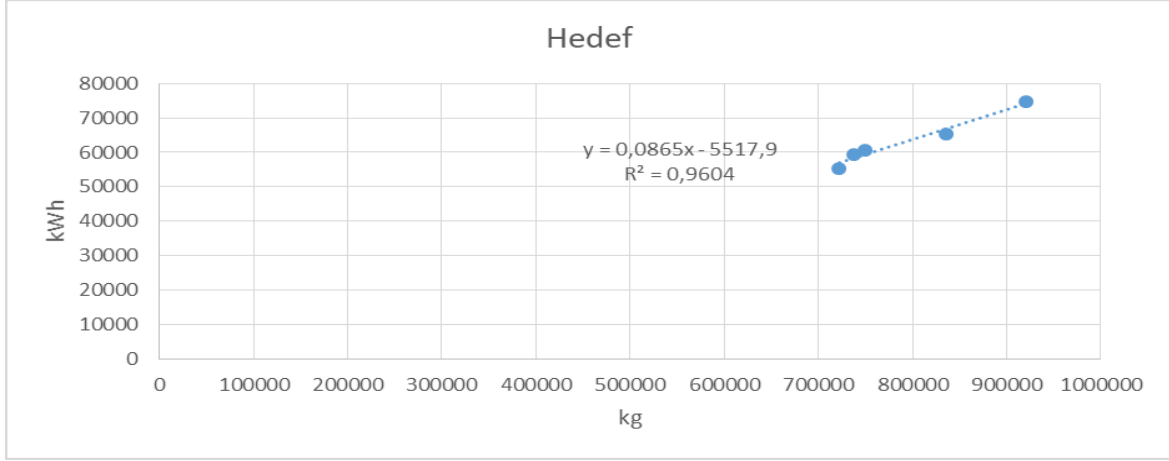


Şekil 4. Standart tüketim grafiği ve denklemleri

Tüketimde gerçekleşen ve beklene ilişkisi denkleme bağlı incelendiğinde -%0,54'lük bir fark oranına bağlı olarak standart denklemler türetilmiştir. Bu tüketim dağılımına göre gerçekleşen ve beklenen aylık dağılımlar 2017 yılı için Şekil 5'de verilmiştir.

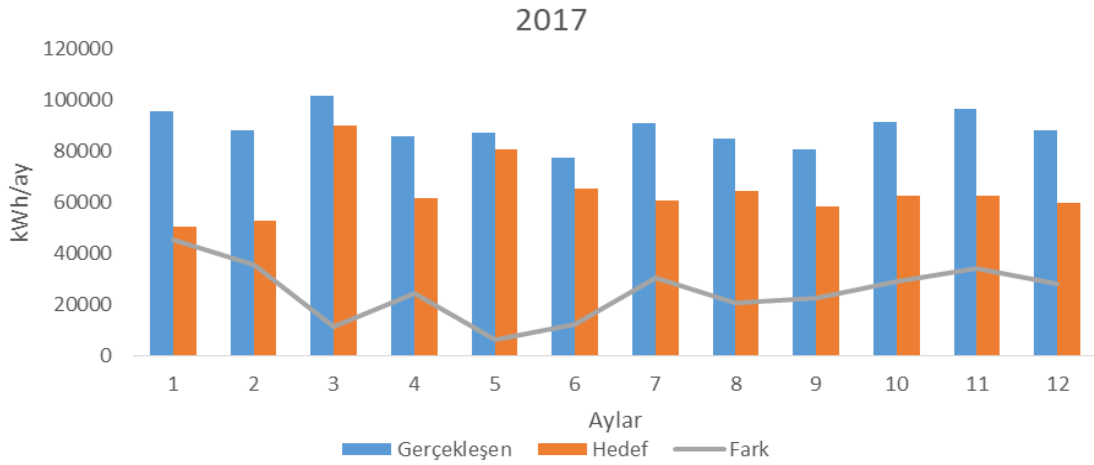


Şekil 5. Standart tüketim dağılımları



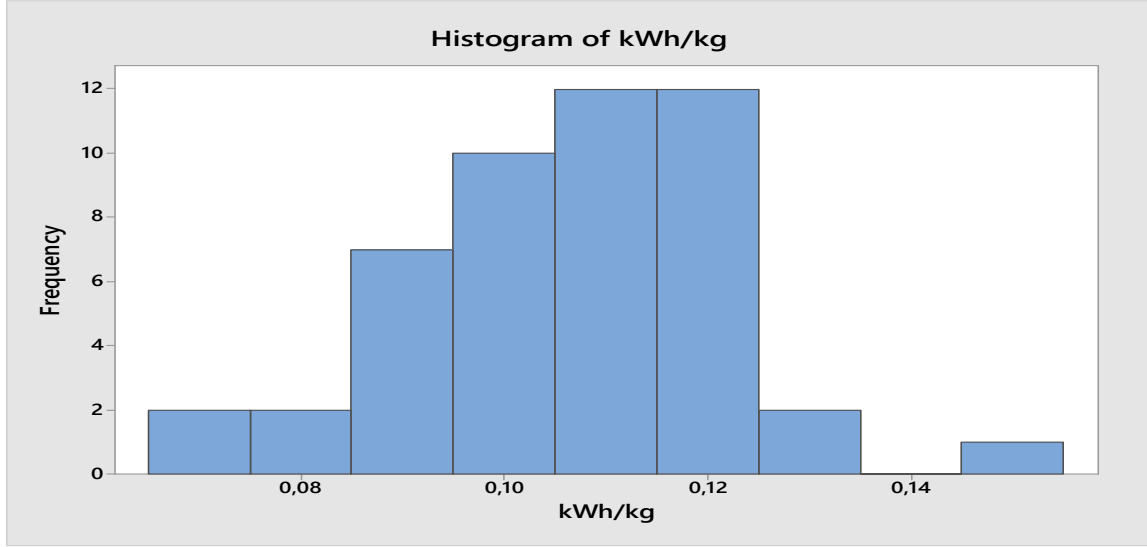
Şekil 6. Hedef tüketim grafiği ve denklemleri

Belirlenen tüketim aralığında enerji tüketim hedefi incelendiğinde, mevcut tüketim yükleri üzerinden hedef verimlilik potansiyeli %28,03'lük bir verimlilik ortaya çıkmıştır. Bu değer normal koşullarda tüketilen enerji için beklenen hedef denklemi, 0,96 R^2 değeri ile $y = 0,865 \cdot (\text{Üretim}) - 5517,9$ olarak tespit edilmiştir. Bu tüketim eşitliğine bağlı olarak gerçekleşen ve beklenen tüketim dağılımı Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Hedef tüketim dağılımları

Mevcut gerçekleşen tüketim dağılımına göre, işletmenin yıllık hedef değerlendirmesi, 299129 kWh/yıllık bir tasarrufun gerçekleşebileceği görülmektedir. Ancak bu tüketim analizlerinde işletme yükleri üretime bağlı olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda Şekil 8'de birim tüketimlere göre tüketim histogramı oluşturulmuştur. Tüketim dağılımında görüleceği gibi, ağırlıklı oranların 0,080 ile 0,100 aralığında değişmektedir. Ancak bu yük Dağılımın ağırlıklı ortalaması ile şekillendirildiğinde 0,084-0,090 aralığında bir değere karşılık gelmektedir.



Şekil 8. Birim tüketim histogramı

Bu yönüyle işletme için hedef değerlendirilmesi yapıldığında, beklenen tasarruf potansiyeli % 13,51 olarak tespit edilmiştir. Bu dağılıma göre işletmede iki yönlü bir değerlendirme önem kazanır. İşletmede enerji yönetimi gerçekleştirilecek yüke göre bir tercih yapılarak aksiyonlar geliştirilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, tekstil boyaları üreten bir işletmede, gerçek üretim ve enerji tüketim verilerine bağlı yapılan ön etüt çalışması olarak görülebilir. Ancak doğrudan işletmenin enerji tüketim davranışları ve verimlilik değerlendirmesi iki yöntemle ele alınmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- İşletmenin temel kaynakları doğalgaz ve elektrik olmak üzere üretimle doğrudan ilişkilidir.
- İşletme üretim genel değerlendirme için bir ölçüt olarak kullanılabilir.
- İşletmede standart tüketim denklemi %0,5'lik bir sapma ile tespit edilmiştir.
- İşletmenin regresyona bağlı tasarrufu %28,03 iken, histograma bağlı hedef tüketimi %13,51 olarak bulunmuştur.
- İşletmede enerji yönetimi tanımlanan verilere bağlı olarak buhar sistemi ile elektrik motorlarında enerji verimliliğine yönelik aksiyon geliştirmelidir.

Yapılan bu etüt çalışması sanayinin üretim süreç yönetimi yönüyle enerji verimliliği için bütüncül sonuçlar vermiştir. Enerji yönetimi aylık performansı, verilerle değerlendirebilme imkanına sahip olmuştur. Enerji yönetimleri öncelikle hedef oluşturma yönüyle ön etüt çalışması yapılması, aksiyonlar için bir neden oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

[1] ÇALIKOĞLU E., Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği Kanunu, VIII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Makine Mühendisleri Odası, VIII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul, 25-28 Ekim 2007, Sayfa 797.

- [2] DOĞAN H., YILANKIRKAN N., Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım Ve Teknoloji GU J Sci Part:C 3(1):375-383 (2015)
- [3] YAMANKARADENİZ N., COŞKUN S., CAN M., Tekstil Sanayiinde Atık Isıdan Yararlanılarak Enerji Tasarrufunda Klasik Sistem İle Isı Pompasının Karşılaştırılması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 12, Sayı 1, 2007
- [4] HASANBEIG A., PRICE L., A review of energy use and energy efficiency technologies for the textile industry, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 16, Issue 6, August 2012, Pages 3648-3665
- [5] KORENAK J., HÉLIX-NIELSEN C., BUKŠEK H., PETRINIĆ I., Efficiency and economic feasibility of forward osmosis in textile wastewater treatment, Journal of Cleaner Production, Volume 210, 10 February 2019, Pages 1483-1495
- [6] ÇINAR T., Tekstil Sanayisinde Enerji Yönetimi Ve Enerji Verimlilik Analizi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Temmuz, 2008 DENİZLİ
- [7] IEA, World Energy Outlook 2008, Dünya Enerji Ajansı, 2008, Paris, Fransa, <https://www.iea.org/media/weowebiste/2008-1994/WEO2008.pdf>
- [8] KARAMIK C., Sanayide Enerji Yönetimi, 5 nci Ulusal Verimlilik kongresi, Ankara, 6,7 Ekim 2015
- [9] ONAYGİL S., Sanayide Verimlilik, Enerji Yönetimi ve Tasarruf, 5. Ulusal Verimlilik Kongresi, Ankara, 6-7 Ekim 2015
- [10] ENVER, Enerji verimlilik strateji belgesi 2012-2023, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/02/20120225-7.htm>
- [11] ISO (International Organization for Standardization), ISO 50001:2011(en), <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:en>
- [12] HEPBAŞLI Arif, 2011, Enerji Verimliliği ve Yönetim Sistemi: Yaklaşımlar ve Uygulamalar, Schneider Electric, Bayraktar Sokak. Ayyıldız Plaza 16/B, Küçükbakkalköy/Ataşehir, 34750, İstanbul – Türkiye
- [13] Bojana Jovanović , Jovan Filipović, ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry, Journal of Cleaner Production, Volume 112, Part 4, 20 January 2016, Pages 2744–2755
- [14] KEDİCİ Ö., Enerji Yönetimi, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Kaynakları Etüd Dairesi Başkanlığı, 1993
- [15] SÖĞÜT Z, Binalarda Enerji Taraması ve Örnek Uygulama, Savunma Bilimleri Dergisi, No.8, S.1, Sf.127, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

M. Ziya SÖĞÜT

1964 Mardin doğumludur. 2005 yılında Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden Makine Mühendisliği yüksek lisans programını, 2009 yılında aynı enstitünün Makine Mühendisliği doktora programını tamamlayıp doktor unvanını almış, 2009 yılında yardımcı doçentlik kadrosuna atanmış ve 2013 yılında Makine Mühendisliği Enerji Teknolojileri dalında doçentlik unvanını almıştır. Halen, Piri Reis Üniversitesi Denizcilik Fakültesinde Öğretim Üyesi olarak Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora dersleri vermektedir. Ayrıca Sertifikalı Bina enerji yöneticisi, Enerji Verimliliği Derneği Üyesi, Ulusal ve uluslararası bilimsel dergilerde hakemlik görevlerine devam etmektedir. Enerji, Ekserji, Eksergoekonomik analizler ve optimizasyon, Isı geri kazanımı, Yenilenebilir Enerjiler ve uygulamaları, Enerji yönetimi, Soğutma teknolojileri ve uygulamaları, çevre teknolojileri ve analizleri konularında akademik ve proje çalışmaları yapmaktadır.

Canpolat ÇAKAL

1979 yılında Bursa da doğdu. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine bölümünden 2001 yılında mezun oldu. Çalışma hayatına 2003 yılında Bursa Organize Sanayi Bölge Müdürlüğünde başladı. 2003 yılında YEGM tarafından düzenlenen Enerji Yöneticisi Eğitimine katılarak Enerji Yöneticisi, 2010 yılında ise aynı kurum tarafından düzenlenen eğitime katılarak, Etüt Proje yöneticisi



oldu. Enerji verimliliği alanında çeşitli sanayi kuruluşlarında eğitim, etüt ve danışmanlık hizmetlerinde bulundu. 2016 yılında BİTİSO Enerji Verimliliği Merkezi Yöneticisi olarak göreve başladı. Halen aynı kurumda merkez yöneticisi ve enerji laboratuvarı müdürü olarak görevine devam etmektedir. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi, TS 18001 İş Güvenliği baş denetçisi ve A sınıfı iş güvenliği uzmanı olan Canpolat ÇAKAL, Türk Akreditasyon Kurumu TS EN ISO 17025 laboratuvar akreditasyonu denetçisi olarak görev yapmaktadır.

Fatih Eray OKUR

1991'de Erzurum'da doğdu. 2014'te Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2017 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2016 yılının Mart ayında Bursa Ticaret ve Sanayi Odası bünyesinde faaliyet gösteren Enerji Verimliliği Merkezi'nde Enerji Uzmanı olarak çalışmaya başladı. 2017 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın düzenlemiş olduğu Enerji Yöneticisi ve Etüt Proje Yöneticisi sertifika eğitimlerini başarı ile tamamlaması itibarıyla sahada Etüt Proje Yöneticisi olarak görev almıştır. Birçok sanayi sektöründe enerji verimliliği etüt proje çalışmalarına katılmış, sektörde edindiği tecrübeler ile birkaç akademik bildiri yayınlamıştır.