

Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi *Energy Efficiency and Energy Management in Industrial*

Arzu UZUN

Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, garzu@cu.edu.tr

Murat DEĞİRMEN

Dr., muratdegirmen@yahoo.com

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş 2 Mayıs 2018

Düzeltilme Geliş 23 Mayıs 2018

Kabul 27 Mayıs 2018

Anahtar Kelimeler:

Enerji Yönetim Sistemi, Enerji Verimliliği, Enerji Etüdü, Pinch Analizi

© 2018 PESA Tüm hakları saklıdır

ÖZET

Globalleşen dünya ekonomisinde, endüstriyel işletmeler yalnızca buldukları ülkelerde değil, dünya çapında pek çok işletme ile rekabet etmek durumundadırlar. Küresel rekabette başarılı olabilmeleri için gereksinim duyulan insan, teknoloji ve sermaye kaynaklarının yanı sıra en önemli kaynak enerjidir. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizinden itibaren enerji verimliliği, dünya ekonomilerinin gündemindedir. Endüstriyel işletmeler açısından enerji verimliliği hem çevresel bir sorun, hem sürdürülebilirlik açısından ele alınan stratejik bir problem, hem de artan rekabet ile birlikte maliyetlerin düşürülmesi için güncel bir zorunluluktur. Endüstriyel işletmelerde enerji verimliliğinin artırılması ve optimize edilmesi yöneticiler açısından önemli bir problem olarak ortaya çıkmıştır. Enerjinin verimli şekilde tüketilmesi için kullanılan yöntem ve araçlar iyi bilinmelidir. Bu çalışmada, endüstriyel işletmelerde enerji verimliliğini arttırmak üzere uygulanan enerji yönetimi sistemleri, enerji etütleri ve pinch analizine yer verilmiştir.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2 May 2018

Received in revised form 23 May 2018

Accepted 27 May 2018

Keywords:

Energy Management System, Energy Efficiency, Energy Audits, Pinch Analysis

© 2018 PESA All rights reserved

ABSTRACT

In the globalization, as days pass, industrial enterprises have to compete in not only domestic markets, but also with other industrial enterprises all around the world. Now, energy becomes the most needed resource to be successful in global competition along with other crucial resources as capital, human, and technology. Since the oil shock in 1970s, energy efficiency remains on the agenda of global economies. In the point of industrial enterprises view, energy efficiency is not only environmental issue anymore; but also it is a strategic issue by means of sustainability and it is a must to reduce costs whereas competition in global market is increasing. Optimization and improvement of energy efficiency has become a major problem and knowledge of the tools and methods to use energy in a more effective way is critical. In this paper, energy management systems, energy audits and pinch analysis which are used to increase energy efficiency in industrial enterprises are examined.

GİRİŞ

Ülkelerin gelişimlerinde itici gücü oluşturan unsurların başında enerji gelmektedir. Enerji, temel üretim faktörlerinden biridir. Bu bağlamda, ülkeler ihtiyaç duydukları enerjiyi ucuz, sürekli, kaliteli, güvenli ve "temiz" olarak sağlamak; enerji kaynaklarını enerji arz güvenliği içinde çeşitlendirmek zorundadırlar. Bu çerçevede, yalnız enerjinin sağlanması ve üretilmesi değil, aynı zamanda çevreye duyarlı şekilde temiz enerji kullanımının da sağlanmasına yönelik planlamaların yapılması gerekmektedir (Flavin ve Lenssen,1994:78).

Enerji verimliliği kavramı küresel, ulusal ve bölgesel katmanlarda büyük öneme sahiptir. Giderek artan enerji fiyatları, enerji arz güvenliğindeki endişeler, teknolojik gelişmeler, iklim değişikliği ve daha fazla enerji bağımsızlığı eğilimleri enerji verimliliği üzerine yapılan çalışmalarının temel nedenleridir. Bu nedenlerin yol açtığı baskılar ile, enerji verimliliğine yönelik çalışan kurumsal sektörler talebin ve istihdamının uzun vadede sürekli büyüme yaşayacağı beklenmektedir (Hardcastle ve Waterman-Hoey,2009:9).

Endüstriyel işletmelerde enerji verimliliğinde sistematik bir yaklaşımın benimsenmesi ve sürdürülmesi önemlidir. Endüstriyel işletmeler açısından sistematik yaklaşımın varlığının kanıtı; işletmenin enerji politikasının belirlenmiş olması, atanmış enerji yöneticisinin 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve Enerji Verimliliği Strateji Belgesi başta olma üzere, var olan mevzuata uygun faaliyetleri yürütüyor olması, TS-EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sisteminin varlığı, Enerji Etütlerinin ve enerji verimliliğini artırıcı çalışmaların uygulanıyor olmasıdır.

Sistematik yaklaşım tanımı içinde enerji yönetimi uygulamayan kuruluşlarda da enerji verimliliğini artırmaya yönelik faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Ancak bu çalışmalar, genellikle teknolojik gelişmeye dayalı yatırımlara veya ani tasarruf kararlarına dayalı olmaktadır. Çalışmalarda gerekli yönetim planlaması, dokümantasyon, bakım, ölçme ve izlemenin olmaması, tasarruf kararının gündemden düşmesiyle etkisini kaybetmektedir. Enerji verimliliğinin sürekliliği olmadığı gibi, kazanılan verimlilik artışı da bir süre sonra tekrar kaybedilmekte olduğunu görülmektedir.

1. Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimine İlişkin Temel Kavramlar

Genel olarak enerji bir sistemin, harici faaliyet üretme veya iş yapma kapasitesi olarak tanımlanabilir. Endüstriyel işletmelerde elektrik, yakıtlar, buhar, ısı, basınçlı hava ve benzeri diğer kaynaklar enerjidir. Enerji yönetimi açısından enerji, yenilenebilir enerji dahil satın alınabilen, depolanabilen, işleme tabi tutulabilen, donanımda veya bir proseste kullanılabilen ya da geri kazanılabilen çeşitli enerji türlerini ifade eder (Türk Standartları Enstitüsü [TSE] 2005:3-5). Enerji ülkelerin ekonomik gelişimi açısından önemli girdilerden biridir.

Enerji çeşitli ölçütlere göre "Birincil ve İkincil Enerji Kaynakları" ya da "Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Yenilenemeyen Enerji Kaynakları" şeklinde sınıflandırılmaktadır. Birincil Enerji Kaynakları doğada bulunabilen ve muhafaza edilen enerji kaynaklarıdır. En çok bilinen birincil enerji kaynakları fosil yakıtlar (kömür, ham petrol, doğal gaz) ve biokütledir(odun, saman). Diğer birincil enerji kaynakları da güneş enerjisi, gelgit dalga enerjisi, rüzgâr enerjisi, nükleer enerji, jeotermal enerji ve yerçekimine karşı olan potansiyel enerjidir. Birincil enerji kaynakları çoğunlukla endüstriyel amaçlı kullanılmak üzere ikincil enerji kaynaklarına dönüştürülmektedirler; örneğin, kömür, petrol veya doğal gaz, elektrik ve buhara dönüştürülmektedir. Birincil enerji kaynakları doğrudan endüstride kullanılabilir. Bazı birincil enerji kaynakları gübre fabrikalarında doğal gaz veya kömürün kullanıldığı şekilde hammadde olarak kullanılmamakta ve enerji kazanma amacı dışında kullanılmamaktadır (Bureau of Energy Efficiency [BEE], 2005:1-5).

Yenilenebilir enerji aslında tükenmez kaynaklardan elde edilen enerjidir. Yenilenebilir kaynaklarına örnek olarak rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, gelgit enerjisi ve hidroelektrik enerjisi verilebilir. Yenilenebilir enerjinin en önemli özelliği zararlı kirletici salınım (emisyon) olmadan oluşmuş olmasıdır. Yenilenebilir enerji, kömür, petrol ve gaz gibi zamanla tükenen geleneksel fosil yakıtlardır (BEE,2005:1-5).

Verimlilik, üretim sürecine dahil edilmiş öğelerin, birbirleriyle karşılıklı etkileşimleri sonucunda, elde edilen çıktıyı optimal (en iyi) noktaya çıkaracak bir miktar ilişkisi içerisinde olmalarına denir. Buradan anlaşılacağı üzere verimlilik, mal veya hizmet üreten bir sürecin, ürettiği çıktı ile bu çıktıyı elde etmek için kullandığı girdi arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir katsayı olarak tanımlanabilir (Kaynak, 2005:547). Verimlilik durağan değil, dinamik bir ölçüdür. Zira verimliliğin ölçümü için belli bir üretim döneminde üretime katılan her bir faktörün birimine düşen üretim miktarının ölçülmesi ve değişik dönemler arasındaki faktör verimliliğinin birbiriyle karşılaştırılması gerekmektedir (Doğan,1998:354).

Enerji verimliliği, tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesidir. Daha geniş anlamıyla enerji verimliliği, gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımı ve değerlendirilmesi veya ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebinin azaltılması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, enerji geri kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin bütünüdür (Enerji Verimliliği Derneği [ENVERDER],2010:29). Bu bağlamda, enerji yönetimi, enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak üzere yürütülen eğitim, etüt, ölçüm, izleme, planlama ve uygulama faaliyetleridir (5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu,200:2).

2. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü

Dünya üzerinde çıkan savaşların nerelerde meydana geldiğine bakıldığında, petrol, doğalgaz, eski önemini yitirmekle beraber kömür, su, değerli taşlar ve kereste ticaretinin yapıldığı coğrafyalarda savaşların ortaya çıktığı görülecektir. Gelişmiş on iki ülke dışında kalan kaynağa sahip her bölgede savaş çıkmıştır. Rezervler ile tüketim karşılaştırıldığında, kömür dışında hemen hemen tüm kaynakların yüz ile yüzeli yıl arasında tükeneceği beklenmektedir (Hüseyinlioğlu,2009:110).

Enerji, özellikle geride bıraktığımız yüzyılın başlarından itibaren ülkelerin rekabet üstünlüğü sağlamada istifade ettikleri en önemli unsurlardan biri olmuştur. İçinde bulunduğumuz yeni dönemde ise Dünyadaki teknolojik yenilikler, sermaye hareketleri için sınırların hemen hemen kalkmış bulunması ve iletişim alanındaki önemli gelişmeler, hem Dünya'daki enerji kullanımının miktar ve hızını arttırmış, hem de enerjiyi üzerinde durulması gereken en önemli sorun alanlarından birisi haline getirmiştir.

Enerji Dünya'daki tüm endüstriyel tesislerde farklı amaçlar için kullanılan temel girdilerin biridir. Hızlı ekonomik büyüme gerçekleştiren ülkeler için büyük miktarda enerji gereklidir. Enerji, bu bakımdan ekonomik rekabet gücü ve istihdam için kritik öneme sahip bir faktördür. Küresel nüfus ve enerji ihtiyaçlarını gün geçtikçe arttırmaktadır. Bu durum enerji kaynaklarında gelecekte yaşanabilecek olası bir kıtlığa karşı şimdiden önlem almak için uluslararası toplum tarafından ele alınmalıdır (Abdelaziz, 2011:152).

Dünya son 20 yılda önemli ölçüde değişti. Teknoloji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel etkenlerinden biri haline gelmiştir. Tüm Dünya'da bilgi teknolojisinin hızlı ilerlemesi bizim sadece düşünme şeklimizi değil, aynı zamanda bizim davranış tarzımızı da dönüştürdü. Nerede ise tüm teknolojilerimiz elektrikle çalışmakta ve bu nedenle elektriğin payı toplam birincil enerji arzı içerisinde hızla artmaktadır.

Nüfus artışı her zaman olmuştur; nüfus, ekonomik-sosyal kalkınma ile birlikte enerji talebinin önemli itici güçlerden biri olmaya devam edecektir. Birleşmiş Milletler (BM)'in Ekonomi ve Sosyal İşler Dairesinin 2017'de yayınladığı Dünya Nüfus Tahminleri Raporu'na göre, dünya nüfusu son 12 yılda 1 milyar artarak 7,6 milyara ulaşmıştır. Dünya nüfusunun 2030 yılında 8,6 milyara, 2050 yılında 9,8 milyara ulaşması beklenmektedir. Bu verilere bağlı olarak da dünya enerji talebi ortalama olarak yılda %2 artmaktadır. Şüphesiz bu artışın gelişmekte olan ekonomilerde bir miktar daha yüksek olması beklenmekle birlikte, artışın önemli bir bölümü Çin'de olmaktadır. (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi [DEKTMK],2011:1). Enerjinin, sosyal ve ekonomik kalkınma için ana 'yakıt' olması ve enerji ile ilgili tüm faaliyetlerin çevresel etkilerinin önemle gündeme geldiği günümüzde, karar

vericilerin ve araştırmacıların enerji ile ilgili güvenilir ve doğru verilere erişmesi de önem kazanmıştır.

Dünya birincil enerji tüketimi 2012 yılında ortalama artışın altında bir oranda % 1,8 oranında büyümüştür. Enerji tüketimindeki büyüme oranı Afrika dışındaki tüm bölgelerde ortalamasının altında gerçekleşmiştir. Petrol, küresel enerji tüketiminin %33,1'ini oluşturmaktadır, ancak bu oran son 13 yılın en düşük değeridir. Hidroelektrik (%6,7) ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları (%1,9) birincil enerji tüketiminde rekor orana ulaşmışlardır (British Petroleum [BP],2013,42). Günümüzde enerji yönetimi, karbon yönetimi ve çevre yönetimi konularının bir parçasıdır. Sera gazı salınımlarını en az %20 azaltmak ve enerji etkinliğini %20 arttırmak Avrupa Birliği'nin de 2020 yılına kadar varmayı taahhüt ettiği hedeflerdendir

Enerji, kalkınmanın temel taşlarından biridir. Türkiye birincil enerji kaynaklarının %64'ünü ithal etmektedir. Türkiye'nin enerji ithalatına ödediği miktar 2012 yılında 60 milyar doları aşmıştır. 2010 yılı verilerine göre sanayi sektörü enerji tüketim oranı %37 olmuştur. 2010 yılı verilerine göre Türkiye'de enerji tüketiminin % 43'ü sanayide kullanılmaktadır. Türkiye'de 2011 yılından başlanarak 2023 yılına kadar enerji verimliliğinin en az %20 azaltılması hedeflenmektedir. Basit bir hesap yapıldığında Türkiye de endüstriyel işletmelerde enerji verimliliğinin %20 artması halinde yılda yaklaşık 7 milyar dolar tasarrufu potansiyeli vardır.

3. Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği

3.1. Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği Ölçütleri

Enerji verimliliği göstergeleri bir faaliyetin bir diğerine göre, enerji açısından daha verimli olduğunu gösterebilmek için kullanılır. Örneğin, bu araba diğerine veya diğerlerine göre 100 kilometre başına yakıt kullanımı açısından daha verimli midir? Bir başka örnek, bu yıl konutlarda birim alanda ısınma amaçlı tüketilen enerji son on yıl tüketimlerine göre daha mı düşük, daha mı yüksektir? A ülkesinde üretilen bir ton çimento için tüketilen enerji, B ülkesine göre miktarsal olarak karşılaştırıldığında daha mı düşük daha mı yüksektir?

Enerji verimliliği göstergeleri birleştirilmiş veriler olabilir (Örneğin, cihaz başına toplam enerji tüketimi) ya da ayrıştırılmış veriler olabilir (Örneğin doğal gaz kullanan evler için birim alan başına enerji tüketimi). Genellikle, enerji tüketimi payı; etkinlik alanı paydayı oluşturur. Bazı istisnai durumlar da vardır. Örneğin, arabalar için enerji tüketim verimliliği enerji birimleri ile ifade edilmez; bunun yerine litre ve galon kullanılır. Enerji etkinlik alanı geniş bir yelpaze ve faaliyetleri kapsarken; birim miktar çimento üretimi, yolcu sayısı, kilometre yol, işçilik (ton, metre kare, kilometre, sayı v.b) enerji tüketimi de farklı teknik birimlerle ifade edilmektedir. (kwh, joule, ton eşdeğer petrol vb.).

Enerjide ortak birim "Ton Eşdeğer Petrol (TEP)"dür. Enerji üretim ve tüketim hesaplamalarında kullanılan bir ölçü birimidir. Bir ton ham petrolün eş değeri olarak tanımlanır. Sanayide ve ısıtmada enerji kaynakları yakıt olarak dört grup altında toplanarak özellikleri incelenmektedir. Katı, sıvı, gaz ve atık başlıkları altında toplanan yakıtlar ise üretimi, depolanması ve spesifik kaynaklar açısından çok değişik karakteristiklere sahiptir. Endüstride üretim veya ısıtmada bir veya birden çok çeşitte yakıt kullanılabilir. Her yakıtın kendine has ısı değeri ve birimi vardır. Ortak noktada buluşabilmek amacıyla, yakıtların ısı değerleri bir çevrim katsayısı belirlenerek ortak bir enerji birimi elde edilmiş olur, buna da Ton Eşdeğer Petrol (TEP) denir.

Tüketim Miktarı (verilen birimde) × Isıl Değeri

TEP = -----

10 000 000

formülü ile hesaplanmaktadır. Farklı yakıtlar kullanılıyor ise $\Sigma TEP = TEP_1 + TEP_2 + \dots$ şeklinde hesaplanır.

Enerji verimliliği göstergelerinde genellikle ayrıştırılmış bilgiler işlenir. Enerji verimliliği göstergesi olarak kullanılan enerji yoğunluğu, belirli bir enerji biriminde ölçülmüş enerji tüketiminin fiziksel olarak ölçülen bir faaliyet verisi ile oluşturulmuş bir oranlamadır ve

Enerji Tüketimi

$$\text{Enerji Verimliliği Göstergesi} = \frac{\text{Enerji Tüketimi}}{\text{Faaliyet Verisi}}$$

formülü ile elde edilir. **Tablo 1**, endüstri sektöründe en çok kullanılan enerji verimliliği göstergelerini özetlemektedir (IEA, 2014-18:24-27).

3.2. Dünyada ve Türkiye'de Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği

Endüstriyel enerji tüketimini takip etmek için uluslararası standart sanayi sınıflaması kullanılmaktadır. ISIC (International Standard Industrial Classification) standardı olarak bilinen sınıflama ile alt-sektörler belirli standart numaraları ile ayrıştırılmıştır. Alt-sektörlerde taşımacılık amacı ile kullanılan enerjiler taşımacılık sektöründe hesaplanmaktadır. Bir sanayi sektörü diğer herhangi bir nihai tüketim sektörlerinden daha fazla enerji kullanır. Sanayi sektörü Dünya'daki toplam enerji arzının % 37'sini tüketmektedirler. Enerji, üretim, tarım, madencilik ve inşaat gibi farklı sektörler ile proses, montaj, iklimlendirme ve aydınlatma faaliyetleri gibi çok geniş bir yelpazede için tüketilmektedir. Önümüzdeki 25 yıl içinde, Dünya çapında endüstriyel enerji tüketimi yılda % 1,4 ortalama ile artacağı ve 2006 yılında 51275 ZW olan tüketimin 2030 yılında 71.961 ZW ye ulaşması tahmin edilmektedir (United States Energy Information Administration [USEIA],2009).

2004 verilerine bakıldığında A.B.D. de enerji arzının %33'ü endüstriyel işletmeler tarafından tüketilmektedir. 2011 verilerine göre bu oran Türkiye'de %35'dir. ABD sektörel enerji tüketimine bakıldığında, ulaşım %28, konut %21, ticari hizmet %17 olarak ayrılmaktadır. Çin'de bulunan endüstriyel işletmeler dünya genelindeki endüstriyel işletmelerin toplam tüketiminin %23 ünü harcamaktadırlar. Çin'de bulunan endüstriyel işletmeler fazlası ile enerji bağımlısıdır ve 2000 ve 2003 yıllarında ülke genelinde yapılan enerji arzının sırası ile %60 ve %70'i endüstriyel işletmeler tarafından tüketilmiştir. Aynı dönemde Çin'de endüstriyel enerji tüketimi her yıl %5 artmıştır ve bu rakam Dünya artış ortalamalarından 5 kez daha fazladır. Hindistan da en hızlı gelişen ikinci ülke olarak endüstriyel enerji ihtiyacını ortalama %2,3 artması beklenmektedir. Hindistan gelişim politikaları içinde ağır sanayi yanında hafif sanayi ve servis hizmetlerine de önem verildiği için 2006 yılı itibari ile %72 olan endüstriyel işletmeler enerji tüketim payının 2030 yılında %64'e düşmesi beklenmektedir (Abdelaziz, 2011:150-168).

IEA, 2014 Enerji verimliliği göstergeleri, temel istatistikler yayınına göre Dünya enerji tüketimi 1973 yılında 4674 Mtoe iken 2011 yılında 8918 Mtoe'a yükselerek 38 yıl içinde %90 artış göstermiştir. Belirtilen dönemde enerji tüketimi yıllık ortalama olarak %2,37 artmıştır. Aynı dönemde OECD ülkeleri enerji tüketim artışı oranlarını, Dünya genel artış hızından az olmuştur. 38 yıl içerisinde OECD ülkeleri Dünya enerji tüketim oranı %60,4'den %41,0'e düşmüştür. Aynı dönemde tüm diğer coğrafi bölge ve ülkelerde enerji tüketim artış hızı daha fazla olmuştur.

Tablo 1: Endüstri Sektöründe En Çok Kullanılan Enerji Verimliliği Göstergeleri

Gösterge	Kapsam	Enerji Verisi	Faaliyet Verisi
Birim Fiziksel Çıktıya Karşı Tüketilen Enerji	Alt-Sektör	Toplam Alt-sektör Enerji Tüketimi	Alt-Sektör Fiziksel Çıktı
	Proses / Ürün Tipi	Proses / Ürün Tipi Enerji Tüketimi	Proses / Ürün Tipi Çıktı

Birim Eklenen Katma Değere Karşı Tüketilen Enerji	Alt-Sektör	Toplam Alt-Sektör Enerji Tüketimi	Alt-Sektör Eklenen Katma Değer
	Proses / Ürün Tipi	Proses / Ürün Tipi Enerji Tüketimi	Proses / Ürün Tipi Katma Değer

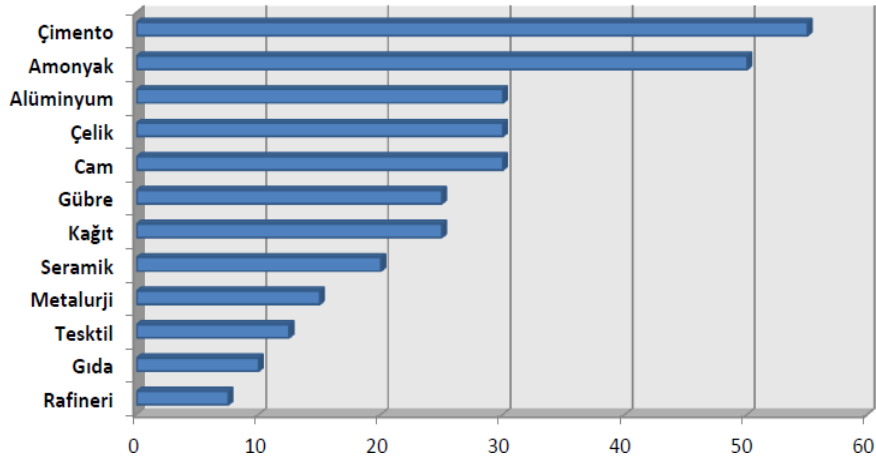
Kaynak: IEA, (2014), Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statics, s.108

2011 verilerine göre Dünya enerji tüketiminin %29'u sanayi sektöründe tüketilmektedir. 2011 verilerine göre seçilmiş bazı enerji kaynaklarının Dünya tüketiminde sanayi sektörünün % payı Şekil 5.3'de verilmiştir. Dünya kömür tüketiminin %81'i, Dünya elektrik tüketiminin %43'ü, Dünya doğalgaz tüketiminin %37'si endüstri tarafından tüketilmektedir. Demir ve çelik endüstrisi bu tüketimlerden önemli pay almaktadır. (kömür %80, elektrik ve ısı %40, doğal gaz %33). Endüstriyel işletmelerde mümkün olduğunda, kendilerine sunulan en ucuz yakıtları seçerler. Sıvı yakıtlar diğer yakıtlara göre daha pahalı olduğundan, Dünya sanayi sektöründe yıllık sıvı yakıt tüketim artışı sadece % 0,68 ortalama ile artmaktadır ve endüstriyel tüketimlerde sıvı yakıtların kullanım payı sürekli düşmektedir. Sıvı yakıtlardaki bu azalışa karşılık olarak %3,5 ortalama artış hızı ile daha fazla elektrik tüketimi artmaktadır.

Demir ve çelik sektörü en çok enerji tüketen ve en enerji yoğun sektörlerden birisidir. Dört büyük demir çelik endüstrisine sahip ülkeler toplamdaki %57'lik pay ile Çin, Japon, ABD ve Rusya'dır. Çimento endüstrisinde de önemli derecede enerji tüketilmektedir. Çin 2006 yılında Dünya çimento üretiminin %47'sini tek başına gerçekleştirmiştir. Diğer önemli çimento üreticisi ülkeler ABD ve Japonya'dır. Yoğun enerji kullanılan bir diğer sektörde kimya ve petrokimya endüstrileridir. Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi de enerji yoğun bir endüstridir ve birçok proses basamaklarından oluşmaktadır. ABD, Çin, Japon ve Almanya, Dünya üretiminin yarısından fazlasını gerçekleştirmektedirler. Alüminyum üretimi de enerji yoğun bir sektördür ve Çin (%27,7), Rusya (%11), Kanada (%9,1), ABD (%6,8), Avustralya (%5,7) toplamda Dünya üretiminin %60,3'ünü gerçekleştirmektedirler. Bu sektörün en önemli enerji verimliliği göstergesi ise; eritilen ton alüminyum başına harcanan güç (kWh) dir (IEA, 2008:29-42).

Sanayi sektörü, ülkemiz nihai enerji tüketimi içinde yaklaşık % 34 ve elektrik tüketiminde %54 paya sahiptir. Bunun yanı sıra, 1996 yılında % 34 olan enerji tüketimi payının 2000, 2010 ve 2020 yıllarında sırasıyla; % 37, % 46 ve % 56 olacağı sanılmaktadır. Türkiye'de nihai kullanıcı sektörler olan sanayi, bina (konut ve hizmet), ulaşım, tarım sektörlerinin toplam tüketimi 2010 yılında 83.3 MTEP olarak gerçekleşmiş olup, bu toplam içinde sanayi son 15 yıldır hâkim tüketici olarak kendini göstermektedir. Ekonomik daralma nedeniyle, 2008 yılında bina sektörü en fazla enerji tüketen sektör haline gelmiş ve yıl içinde toplam tüketimde %36 pay almıştır. 2010 yılında sanayi üretimindeki artışla birlikte sanayi sektörü enerji tüketim payı yine artarak %37 olmuştur. Sanayi sektörünü %32 ile bina (konut ve hizmet) takip etmiştir (Koç Üniversitesi, 2012:13-14).

Enerji yoğun endüstriyel sektörler diyebileceğimiz çimento, cam ve demir çelik gibi alt sektörler Türkiye endüstrisinde ciddi bir paya sahiptir. Bu sektörlerin üretim maliyetleri içerisinde enerji maliyetleri ciddi bir konuma sahiptir. Bu sektörlerde enerji maliyetleri toplam maliyetlerin yaklaşık %20 ila %50'sini teşkil ederken, bu oran kimya, gıda ve tekstil gibi sektörlerde %10 civarındadır (TMMOB MMO, 2008,39). Sanayi kollarına göre enerji maliyetlerinin toplam üretim maliyetleri içindeki payı Grafik 1'de verilmiştir.



Grafik 1: Bazı Sanayi Kollarında Toplam Üretim Maliyetleri İçinde Enerji Maliyetlerinin Oranı

Kaynak: TMMOB MMO 2008, Dünya'da Ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Oda Raporu, s.39.

2005 yılından itibaren enerji üretiminde verimliliği arttırmak amacıyla yıllardır işletilen kamuya ait termik ve hidrolik santrallerine ait verim değerleri hesaplanmış ve yeni teknolojiler kullanılarak verimi yükseltmek ve üretim kapasitesini arttırmak için iyileştirme çalışmaları başlatılmıştır. Rehabilitasyon projeleri ile birlikte 13,9 milyar kWh üretim artışı sağlanacaktır. Yapılan iyileştirmeler sonucunda ekim 2012 sonu itibarıyla yaklaşık 7,8 milyar kWh üretim artışı sağlanmıştır (ETKB,2013:31). Gönüllü anlaşmalar yoluyla işletmelerin geçmiş beş yıllık enerji yoğunluklarının ortalaması olan referans enerji yoğunluğuna göre, üç yıllık izleme dönemi sonunda ortalama en az yüzde 10 olmak kaydıyla taahhüt edilen oranda enerji yoğunluğunu azaltan işletmelere hibe şeklinde devlet desteği verilmektedir.

Türkiye'nin enerji tüketiminin en yüksek olduğu alan sanayidir. Ayrıca sanayi sektöründeki enerji tüketimi 1990-2007 yılları arasında yıllık %4,5'lik bir oranla artış göstermiştir ki, bu oran ülkenin genel enerji tüketimi artış oranından yüksektir. Dolayısıyla sanayi sektörü hem günümüzde, hem de artan bir oranda gelecekte enerji tüketimi üzerindeki en önemli belirleyici olmaktadır (Koç Üniversitesi,2012:27-28). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2013'nün bütçe sunumlarında enerji verimliliğine ilişkin hedeflerini üç maddede sunmuştur.

- 2023 yılında Türkiye'nin GSYİH başına tüketilen enerji miktarının (enerji yoğunluğunun) 2011 yılı değerine göre en az yüzde 20 azaltılması hedeflenmiştir.
- Elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımında teknik kayıpların asgariye indirilmesi ve dağıtımda kaçak kullanımın engellenmesi hedeflenmiştir.
- Mevcut kamu elektrik üretim santrallerinde yeni teknolojiler kullanılarak verimi yükseltmek ve üretim kapasitesini arttırmak için yapılan bakım, iyileştirme ve modernizasyon çalışmalarının tamamlanması hedeflenmiştir.

4. Endüstriyel İşletmelerde Enerji Yönetimi

1970'li yıllarda sanayi sektöründe enerji verimliliği üzerine yapılan çalışmalar, ana iş süreçlerinden biri olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Dünya endüstrileri ekonomik büyümelerini kesintiye uğratmadan sürdürürken, önemli bir girdi kaynağı olarak kabul ettikleri enerji kaynaklarını da yüksek verim ile tüketmeyi hedeflemişlerdir. Bu dönemde enerji verimliliği bilinci yaygınlaştırılmış, çevreyi korumanın da önemi kavranmıştır. Yüksek enerji tüketimi olan büyük sanayi tesisleri enerji tüketimlerini azaltmayı önemli bir sorun

olarak ele aldılar. Sanayi sektörlerinde, ısı geri kazanım ve kayıpların azaltılması gibi kısa geri ödeme süresi olan yatırımlar önem kazandı.

Endüstriyel işletmelerde, enerji verimliliği üç farklı temel yaklaşım ile geliştirilebilir :

- Yönetim sistemleri yolu ile enerji tasarrufu.
- Teknolojik çalışma ve yatırım yolu ile enerji tasarrufu
- Enerji politikaları ve yasal düzenlemeler yolu ile enerji ile tasarrufu (Abdelaziz, E.A. 2011:154).

Enerji Yönetimi karlılığı maksimize etmek (ya da maliyetlerini en aza indirmek) ve rekabetçi konumlarını geliştirmek için enerjinin akılcı ve etkin kullanılmasıdır (Cape Hart, 1997). Enerji yönetimi ihtiyaç duyulan enerji talebinin istenilen zaman ve yerde karşılanabilirliğinin stratejisidir. Bunu başarmak için enerji tüketen proses ve prosedürlerde birim çıktı başına enerji gereksinimini azaltmak veya aynı birim çıktıyı daha az enerji maliyeti ile sağlamak gereklidir (BEE,2005:54).

Enerji yönetimi, enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak üzere yürütülen eğitim, etüt, ölçüm, izleme, planlama ve uygulama faaliyetleridir (5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu,2007:2).Endüstriyel işletmelerde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik olarak birçok sistemli ya da sistemli olmayan, eşzamanlı ya da eşzamanlı olmayan, planlı ya da plansız faaliyetler yürütülmektedir. Planlı faaliyetler olarak;

- Endüstriyel işletmelerin buldukları ülkelerin yasal mevzuata uygun olarak enerji yöneticisinin yürüttüğü çalışmalar,
- ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi kapsamı içinde yürütülen faaliyetler,
- Enerji etütleri ve etüt sonuçları doğrultusunda yapılan iyileştirmeler ve yenileme yatırımları,
- Gönüllülük anlaşmaları ve teşvikler kullanılarak yapılan verimlilik artırıcı projeler,
- Enerji verimliliği danışmanlık şirketleri veya özel danışmanlarla yapılan çalışmalar,
- Teknolojik çalışma ve yatırım yolu ile enerji tasarrufu,
- Pinch analizi yolu ile yapılan enerji tasarrufları

ifade edilebilir.

4.1. Enerji Yönetim Sistemi

Enerji yönetim sistemi, enerji politikasını ve amaçlarını belirlemek ve bu amaçlara ulaşmak için birbiriyle ilişkisi olan veya karşılıklı etkileşime giren öğeler kümesidir. Enerji politikası ve hedeflerini oluşturmak için birbirleriyle bağlantılı veya etkileşen öğeler grubu ve bu hedeflere ulaşmak için uygulanan proses ve prosedürlerdir (TSE, 2005). Enerji yönetim sisteminin temel amacı üretilen hizmet ve servislerin en düşük enerji maliyeti ve en az çevresel etki ile sağlanmasıdır (BEE, 2005, 54). Enerji yönetiminin hedefleri üretim ve kaliteyi düşürmeden enerji maliyetlerini / israfını ve çevresel etkilerini en aza indirmektir (BEE, 2010).

İşletmelerde enerji yönetimi sistemini kurmak planlı bir çabayı gerektirir. Enerji tasarruflarını hedef alan, hedeflere dayanan bir strateji oluşturulmalıdır. Etkin bir enerji yönetimi sistemini kurmak, hedeflere sistematik olarak ulaşmak için aşağıda belirtilen adımlar endüstriyel işletmeler tarafından atılmalıdır ve bu alanlarda iyileştirme yapılmalıdır.

- Verimsiz iş alanları, ekipmanlar ve prosesler belirlenmelidir,
- Kullanılan veya kullanılacak enerji kaynakları hakkında her türlü detay teknik bilgiye sahip olmalıdır.
- İşletmede kullanılan ekipmanların ve üretim prosesinin teknik detay bilgisine hâkim olmalıdır,

- İşletme içerisinde enerji tüketiminin gerçekleştiği başlıca proses noktaları ve ekipmanları belirlenmelidir,
- Detaylı ve derinlemesine olacak şekilde belirlenen bu noktalarda verimsizlikler belirlenmeli ve yok edilmelidir,
- Teknoloji ve ekipman ihtiyacının belirlenmesine yönelik çalışılmalıdır,
- Kaynakları gereksinimi hakkında karar aşamalarında teknik analizler, tartışma ve görüş alışverişleri, beyin fırtınası gibi teknikler kullanılmalıdır,
- İnsan gücü, makine ve teknoloji gibi kaynaklar yönetilmelidir,
- Hareket planlarını değerlendirilmeli, yatırım dönüş hızları hesaplanmalıdır,
- Yeni üretim süreçleri, yeni teknolojik gelişmeler ve yeni geliştirilmiş makineler sürekli izlenmeli ve uygulanması yönünde değerlendirilmelidir,
- Yapılan çalışmalar değerlendirilmeye tabi tutulmalı ve güncellenmelidir.

Endüstriyel işletmelerde enerji yönetiminin varlığı için bazı ana bileşenlerin bulunması gereklidir :

- Firma üst yönetim taahhüdünün yapılmış olması,
- Enerji yönetim sistemi ve programın hedefleri açıkça tanımlanmış olması,
- Organizasyonel yapı, tanım ve sorumlulukların belirlenmiş olması,
- Kaynakların (insan ve para) sağlanabiliyor olması,
- Ölçme ve izlemenin sağlanıyor olması,
- İlerlemelerin düzenli olarak inceleniyor olması (CIPEC, 2003:9).

Kuruluştaki etkin bir enerji yönetimi programı kurmak için herhangi bir yönetim sisteminde kanıtlanmış prensip ve süreçlere ihtiyaç vardır. Dr. W. Edwards Deming'in tanımladığı süreçler dört adımdır ve bu prensipler ve süreçler her büyüklükte ve çeşitte kuruluşlar için uygundur. Deming felsefesinde sürekli gelişim içerisinde planla, uygula, kontrol et, düzelt döngüsü uygulanmaktadır. Enerji verimliliği iyileştirme programları her kurum'un içinde bulunduğu özel nedenlerden dolayı kendisine özgü hal alacağından dolayı enerji yönetim sisteminin gelişimi ve uygulama pratiği değişik yaklaşımlar içerecektir (CIPEC,2002:12). Sürekli gelişim içerisinde planla, uygula, kontrol et, düzelt döngüsü içerisinde her döngüde de birbirini takip edilmesi gereken süreçler vardır. Temel bir fikir vermesi açısından örnek bir enerji yönetimi yaklaşım planı Grafik 2'de verilmiştir.

Endüstriyel işletmelerin Enerji Yönetim Sistemi kurmada ve sürdürülebilirliğini sağlamada ISO 50001 EnYS standardı Dünya çapında uygulanabilir bir standarttır. Mevcut enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasına, rekabet gücünün artırılmasına, sera gazı emisyonları ve diğer ilgili çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunur. ISO 50001 EnYS standardı, kullanılan enerji türlerine bağlı olarak uygulanabilir.

ISO 50001 EnYS standardının amacı kuruluşların; enerji verimliliği, kullanımı ve tüketimi dahil enerji performansının iyileştirilmesi için gerekli olan sistemleri ve prosesleri oluşturabilmesini sağlamaktır. ISO 50001 EnYS standardı, enerjinin sistematik yönetimi vasıtasıyla, sera gazı emisyonları ile diğer ilgili çevresel etkilerin ve enerji maliyetlerinin azaltılmasına yol açmayı amaçlamaktadır. ISO 50001 EnYS standardı; coğrafi, kültürel ve sosyal koşullara bakılmaksızın, her tür ve büyüklükteki kuruluşlar için uygulanabilir. Uygulamanın başarısı, kuruluşun tüm seviye ve fonksiyonlarının özellikle de üst yönetimin taahhüdüne bağlıdır.

ISO 50001 EnYS'nin ana hatları ve kuruluşu sağladığı faydalar şunlardır :

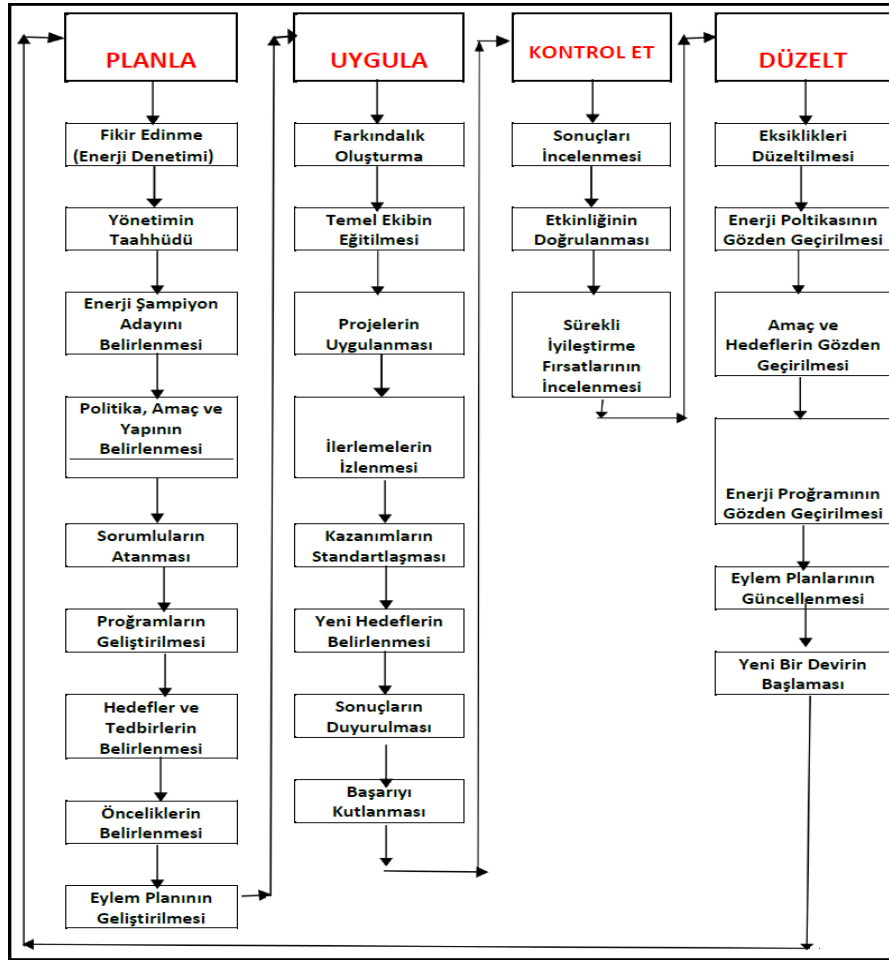
- Üst yönetimin katılımı ile tanımlanmış enerji politikası amaç ve hedeflerin tanımlanması,

- Arta kalacak bir enerji kalmayana kadar enerjinin korunumu ve azami tasarruf sağlayacak noktalara odaklama sağlamak için enerji kullanım noktalarının ve değişkenlerinin sistematik olarak tanımlanması,
- Daha etkin sonuçları sağlamak ve süreç haritalarını belirlemek için tanımlı süreçler ve prosedürlerin tanımlanması,
- Çalışanların eğitilmiş yetkin, görev yetki ve sorumluluklarının ve farkındalıklarının sağlamak için tanımlı ve paylaşılmış görev ve sorumlulukların tanımlanması,
- Enerji tüketiminde sapmalara sebep olabilecek durumların ortaya çıkma risklerinin asgariye indirilmesi ile ilgili faaliyet ve kontrollerin sağlanması,
- Enerji tüketiminin tahmin edilebilir olması, gizli kalmış kaçak sapma veya hatalı çalışmaların düzeltimi ile ilgili gerekli faaliyetlerin başlatılması ve karar vermeyi kolaylaştırıcı kesin bilgilerin elde edilmesi ile ilgili enerji tüketiminin izlenmesi ve enerji tüketimi ile değişkenler arasındaki ilişkinin tanımlanması,
- Geliştirmeye açık alanlar ve zayıf yönlerin belirlenerek üst yönetimin sürekli iyileştirmeye dair odaklanması ile ilgili olarak performansın, verimliliğin ve tasarrufların düzenli aralıklarla üst yönetim tarafından gözden geçirilmesi.

4.2. Endüstriyel İşletmelerde Enerji Etüdü

Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik bilgi toplama, ölçüm, değerlendirme ve raporlama aşamalarından oluşan çalışmaların bütününe enerji etüdü denilmektedir. (5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, 2007:2)

Enerji etüdü bir işletmenin enerji çevrim ve akış süreçleri boyunca, işletme faaliyet ve üretkenliğini olumsuz etkilemeden enerji tüketim miktarını azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak için yapılan, kontrol, araştırma, analiz veya denetimdir. Enerji etüdü enerji yönetimi alanında karar verme için anahtardır. Enerji etüdü (denetimi) dolayısıyla sanayi sektörü için güvenilir ve sistematik bir yaklaşımdır. Enerji etüdü (denetimi) her türlü işletme için enerji kullanımını analiz edilmesinde ve enerji kullanımının azaltılmasında veya kayıpların keşfedilmesinde kullanılabilir. Enerji etüdü enerji verimliliğini arttıracak plan ve uygulamalara esas olacak yöntemleri işletme içerisindeki tüm enerji akışlarını ve kullanımını toplam enerji dengesini içerecek şekilde ölçümlemesini de kapsar (Abdelaziz, 2011:155).



Grafik 2. Enerji Yönetimi Yaklaşım Planı

Kaynak: CIPEC, Energy Efficiency Planning and Management Guide , Canada, 2002:12.

Enerji etüdünün endüstriyel işletmelere ve reel ekonomiye sağladığı faydalar:

- Spesifik enerji tüketimi ve çevre kirliliğinde azaltma,
- Sistemik analiz ile işletme maliyetlerinde (yaklaşık % 20-30) azalma,
- Toplam sistemin genel performansını ve karlılığını ve verimliliğinde artış,
- Doğal kaynakların daralması ve talep in azalması ile arz talep dengesizliğinde azalma,
- Ekipman yetersizliğinin belirlenmesi ile ilgili önlemlerin alınmasıdır.

Genel olarak, bir enerji etüdünde işletmenin enerji görünümü ve denkleğinin, enerji tüketiminin, kullanımının ve kayıplarının resminin çekilmesine odaklanılır ve buna yönelik teknikler kullanılır. Daha odaklı ve detaylı etütler (teşhis etüdüleri) genel etüd sonuçlarını doğrulamak için veya belirli bir işlem veya tesis içinde enerji kullanımı ve zararların ayrıntılı bir analiz elde etmek için yapılabilir. Endüstriyel işletmeler açısından üç tip enerji etüdü vardır.

- Ön Enerji Etüdü
- Genel Enerji Etüdü
- Detaylandırılmış Etüt

Ön Enerji Etüdüne alternatif olarak, tarama denetimi denebilir. İngilizce literatürde “walk-through audit” denmektedir. Ön Enerji Etüdü belirli bir zaman ile sınırlandırılmış basit ve hızlı bir denetim tipidir. Ön Enerji Etüdünde çalışanlarla yapılan bilgi alışverişi sınırlıdır, tesisin yetenek, kapasite ve imkânlarının tanınması, enerji kullanım miktarı,

faturası ve diğer operasyonel verileri ile birlikte tesisin ve binaların gezilmesi, gözlenmesi ve bu sürede apaçık göze batan alanlarda enerji kayıp, atık ve verimsizliklerinin belirlenmesi yapılır. Tesisin önemli enerji tüketim ve ihtiyaç merkezleri gözden geçirilir. Bu etüdün kapsamı enerji maliyetlerini vurgulamak ve enerji tüketimini optimize etmek için öncelikleri belirleyen önemli ekipman ve süreçlerindeki israfların tespit etmektir. Bu tip enerji etüdünde fabrikadaki enerji tüketimi ve enerji yönetimi uygulamaları kontrol edilir. Denetimin sonunda üst yönetim aşağıdaki konulara ilişkin aşağıdaki değerlendirmeleri yapar:

- Organizasyon içerisinde enerji tüketim alanları belirlenir,
- Kapsam içerisinde olabilecek tasarrufu tahmin edilir,
- Kapsam içene girebilecek en olası alanlar (kolay alanlar) tanımlanır.
- Kısa vadede gerçekleştirilecek (özellikle düşük yatırım maliyeti gerektiren) iyileştirmeler ve tasarruflar tanımlanır,
- Daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gereken alanlar belirlenir (ölçüm, inceleme),
- Ön enerji etüdü kolayca elde edilebilen veya mevcut veriler kullanılarak yapılır.

Genel Amaçlı Enerji Etüdünde tesisin işletimi hakkında daha ayrıntılı bilgi toplanır ve enerji tasarrufu önlemlerinin belirlenmesine yönelik ön enerji etüdüne göre daha ayrıntılı bir değerlendirme yapılır. Tesisin enerji tüketimi, üretim ve enerji talep oranları ile enerji kullanım profillerini değerlendirmek üzere 12 – 36 ay arasında bir süre veri toplanır. Spesifik enerji tüketen sistemleri ile ilgili olarak genellikle ek ölçüm programı uygulanır. En önemli enerji tüketim merkezlerindeki daha iyi anlayabilmek, günlük ve yıllık değişimlerin enerji tüketimi üzerindeki verimlilik etkisini görebilmek için daha tesisi içerisinde operasyonel çalışmalar yapılır ve çalışanlar ile daha uzun bilgi alışverişleri gerçekleştirilir.

Genel amaçlı enerji etüdü dört ana aşamadan oluşur: (1) Enerji etüdünün başlatılması, (2) Enerji etüdüne hazırlık, (3) Enerji etüdünün gerçekleşmesi ve (4) Enerji etüt sonuçlarının raporlamasıdır.

Dört adım içerisinde birbiri ile ilişkili alt adımlar vardır ve Şekil 3'de gösterilmiştir. Endüstriyel işletmelerde enerji etütleri yetkilendirilmiş kişi veya kurumlarca yapılmalıdır. Aksi takdirde alınacak yanlış bir danışmanlık veya yönlendirme çok ciddi parasal kayıplara sebep olabilir. Literatürde enerji etüdü yapmak üzere yetkilendirilmiş kişi ve kurumların kullanabilecekleri çok sayıda el kitabı ve denetim sonucu raporlama formatları mevcuttur. Bu raporlamalar kurumların ihtiyaç ve istekleri ile hizmet alınan kurumun yapısı ve anlaşmaların özüne göre değişiklik gösterebilir ancak enerji etüdü raporu belirli bir resmi amaç için kullanılacak ise kuruluşun bulunduğu veya raporun kullanılacağı resmi kurumların tabi olduğu yasa ve mevzuatlara uygun bir formatta olmalıdır.

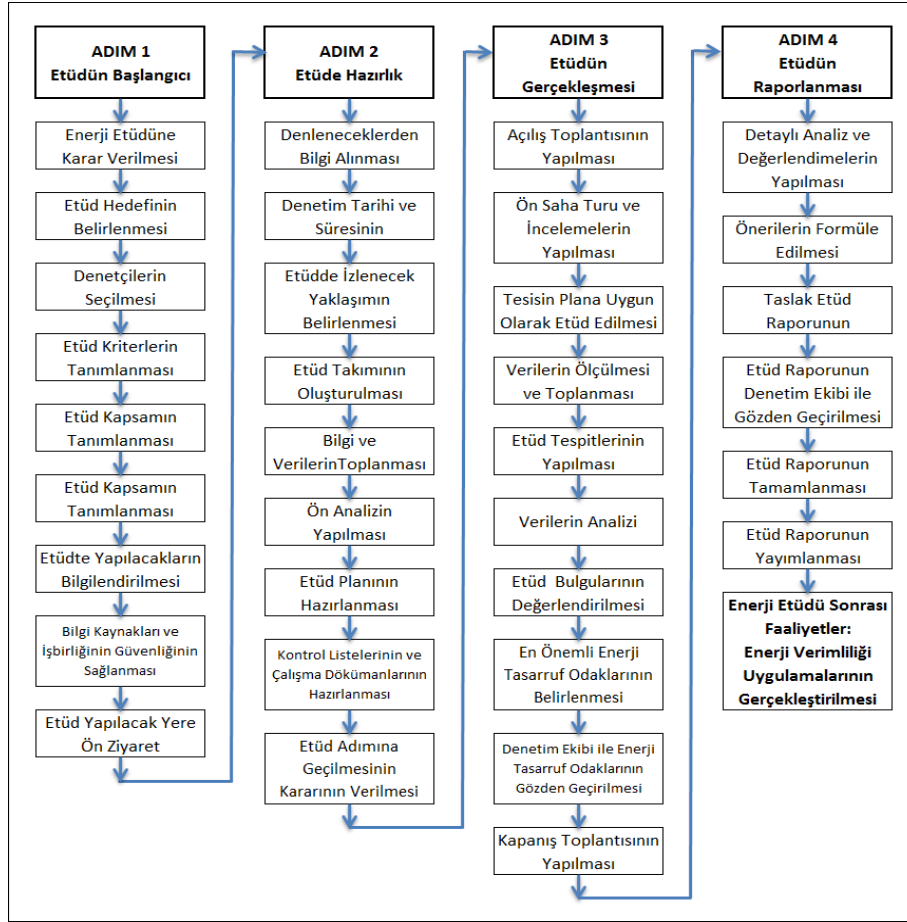
Detaylandırılmış Etüd, geniş kapsamlı, yatırım kararlarının alınmasına sebebiyet verecek ve en üst düzeyde yapılan teknik bir etüdtür. Detaylı denetim belirlenen mevcut imkân ve tüm enerji koruma önlemlerinin gözlemlendiği, tüm enerji kullanım özelliklerinin dinamik hem de gerçekçi verilerle bir model içinde sunulduğu bir etüt dür. Kapsam olarak sadece operasyonun enerji tüketim karakteristiğini anlamaya çalışmak değil, kısa ve orta vadede yük profillerinin değişim sebeplerinin günlük, haftalık, aylık ve yıllık olarak analiz edilmesi hedeflenir. Enerji tüketimi ile ilgili alt ölçümler detaylandırılır ve düzenli olarak ölçülerek sürekli gözlemlenir (Abdelaziz, 2011, 155-156).

4.3. Enerji Verimliliği Optimizasyonunda Pinch Analizi

Pinch analizi prosesteki kaynakların veya proses sisteminin, mantıksal ve sistematik çerçevede en iyi şekilde tespit edilmesini sağlayan bir araçtır.

Süreç Entegrasyonu, enerjinin verimli bir şekilde kullanıldığı sistemlerin tasarımına genel bir yaklaşımdır. Pinch analizi ise, bu amacı gerçekleştirmekte kullanılan yöntemlerden biridir. İlk olarak 1970'lerin sonlarında yaşanan enerji krizi nedeniyle ısı değiştirgeç ağlarının tasarımında bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Zamanla bu yaklaşım bir süreç tasarımının her

aşamasında uygulanabilen bir yeni tasarım ve donanım iyileştirme aracı olarak uygulanmıştır. Pinch yöntemi petrokimya sektörü kaynaklı olup şimdi kimya mühendisliğindeki başlıca endüstrilerinde (kağıt, gıda ve kimya gibi) geniş çaplı sorunların çözümünde uygulanmaktadır. Pinch analizinin ilk uygulamaları endüstride enerji tasarrufu üzerinedir, şimdi ise enerji minimizasyonu ile birlikte atık azaltılması, emisyonun düşürülmesi, dar boğazların tespiti ve giderilmesi, işlem güvenliği ve esnekliğinin artırılması gibi sorunların çözümünde kullanılmaktadır. Pinch analizi kimyasal üretim tesislerinin tasarımı ve donanımının iyileştirilmesi konusunda başarılarla imza atmıştır. Konuyla ilgili kaynaklar enerji maliyetinin %15-40 seviyelerinde düşmekte, donanım iyileştirmede kapasite darboğazın kaldırılması %5-15 artmakta, yeni tasarımlarda toplam maliyet düşüşü %5-10 olduğunu göstermektedir (Cesur, 2013).



Grafik 3 : "Enerji Etüdü"nün Adımları

Kaynak: CIPEC, Energy Efficiency Planning and Management Guide , Canada , 2002, 25.

Retrofit çalışmaları var olan bir tesiste gerçekleştirilen mühendislik hizmetleridir. Bir süreçte yer alan birimler ve ekipmanlar arasındaki ilişkilerde düşük düzeyde değişiklikler yapılması, bu birim veya ekipmanların başka birim ve ekipmanlarla değiştirilmesi veya bunların boyutlarında bazı farklılıkların gerçekleştirilmesi retrofit çalışmalarının genel bir tanımını meydana getirir. Enerji krizi nedeni ile son yıllarda ilgi daha iyi, daha mükemmel ve daha ekonomik süreç tasarımlarına yönelmiştir. Bu amaç için geliştirilen pinch analizi, enerji ve yatırımı daha iyi kullanarak, daha ekonomik süreç sentezlerinin yapılabileceğini göstermiştir. Pinch analizinde önce hedefler saptanmakta, daha sonra bu hedeflere ulaşan sentezler gerçekleştirilmektedir. Ekserji analizi, enerjinin nerelerde ve ne miktarda verimsiz kullanıldığını saptamak amacı ile proseste yapılabilecek değişiklikler hakkında bilgi verir. İşletmelerin büyüklüğü ne olursa olsun, pinch ve termodinamiğin ikinci yasa analizinin

kullanımı ile önerilecek çözümler, gerek kendi ekonomik yapıları gerekse ülke ekonomisi için önemli sonuçlar vermektedir (Geliş ve Özçelik, 2014).

Günümüzde enerji optimizasyonu ve ısı entegrasyonu konularında çok detaylı ve maliyet gerektiren çalışmalar yapılmaktadır. Ancak sistemde, amaca yönelik yapılan basit iyileştirmeler ile çok küçük maliyetli ya da maliyet gerektirmeyen (quick win) iyileştirmelerin yapılabileceği görülmektedir. Bu kapsamda üretim sahasında kullanılan sıcak ve soğuk proses akımlarının ve utilite akımlarının analiz edilmesi gerekmektedir. Bu analiz sonucunda sistemin optimum koşullarda çalışıp çalışmadığı anlaşılıp gerekli iyileştirmeler üzerinde çalışılır. "Pinch Analizi" yöntemi de sistemin enerji tasarrufu potansiyelini belirleyen en önemli yöntemlerden biridir. Çok verimli ve sorunsuz çalıştığı kabul edilen sistemlerin simüle edilmesi ve farklı yöntemler ile incelenmesi ile iyileştirmeye açık noktaları olduğu görülmektedir. Proseslerin pinch analizi yöntemi ile incelenmesi ve enerji tasarrufu potansiyellerinin belirlenmesidir (Petkim Akademisi, 2014).

SONUÇ

Günümüzde her alanda gereksinim duyulan enerji gelişmişliğin, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel taşıdır. Ülkelerin sürdürülebilir gelişimlerinde insan, teknoloji ve sermayenin yanında en önemli etken (itici güç) olarak artık enerji de sayılmaktadır. Dünya enerji talebi USEIA verilerine göre, 2012 yılı verilerine göre 32 yıllık sürede ortalama artış hızı %2,7 dir.

Enerjinin yoğun olarak kullanıldığı endüstriyel işletmelerde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik planlı ve sistematik çalışmalar yapılmalı ve sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. Endüstriyel işletmelerde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Ancak bu çalışmalar genellikle teknolojik gelişmeye dayalı yatırımlara veya ani tasarruf kararlarına dayalı olmaktadır ve bu çalışmalarda gerekli yönetim planlaması, dokümantasyon, bakım, ölçme ve izlemenin olmaması, tasarruf kararının gündemden düşmesiyle etkisini kaybetmektedir. Enerji verimliliğinin sürekliliği olmadığı gibi kazanılan verimlilik artışı da bir süre sonra tekrar kaybedilmekte olduğunu görülmektedir.

Endüstriyel işletmeler için sistematik kalıcı ve bir şekilde enerji yoğunluğunun düşürülmesi için ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi izlenmeli, yasal mevzuat ve süreçler yakından takip edilmeli, enerji etüdüleri, gönüllü anlaşmalar, verimlilik artırıcı projeler, teşvikler ve enerji verimliliği danışmanlığı şirketleri desteği ile enerji verimliliğini arttırmaya yönelik çalışmalar sürekli gündemde tutulmalıdır. Araştırmalar göstermiştir ki, Enerji Yönetim Sistemi ve araçları ile yıllık enerji maliyetleri %5 ile %20 arasında düşürülebilir.

KAYNAKÇA

- Abdelaziz E.A., Saidur R. , Mekhilef S., (2011), "A Review on Energy Saving Strategies in Industrial Sector", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, s:150-168.
- BEE, Bureau of Energy Efficiency (2005), *National Certificate Examination for Energy Managers and Energy Auditors*, New Delhi, India. s:1-5.
- BEE, Bureau of Energy Efficiency (2005), *Question Bank for Energy Managers and Energy Auditors*, New Delhi, India. s:1-5.
- BEE, Bureau of Energy Efficiency. *Energy management and audit; 2010* [Online] Available at:<http://www.emea.org/Guide%20Books/book2/2.8%20Waste%20Heat%20Recovery.pdf> [Accessed 5.10.16].
- BP, British Petroleum (2013), *BP Statistical Review of World Energy June 2013* s:2-48.
- Cape Hart, Turner and Kennedy, (1997), *Guide to Energy Management* Fairmont Press Inc..
- CIPEC, Canadian Industry Program Energy Conservation (2002), *Energy Efficiency Planning and Management Guide*, Canada , s.12
- CIPEC, Canadian Industry Program Energy Conservation (2003), *Canadian Foundry Association, , Guide to Energy Efficiency Opportunities in Canadian Foundries*, s.9.

- Enerji Verimliliği Dergisi, (2014), Kasım Aralık 2014 Sayı:4, Eskon Enerji Sistemleri. İstanbul.
- ENVERDER, Enerji Verimliliği Derneği (2010), Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu, Yeşil Ekonomiye Geçiş, Ankara.
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,(2012), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2013 Yılı Bütçe Sunumu, s:40-42.
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2013), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2013 Yılı Bütçe Sunumu, s:30-31.
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2012), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı İlgili ve İlişkili Kuruluşların Amaç ve Faaliyetleri, Mavi Kitap, s:9-21.
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2013), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı İlgili ve İlişkili Kuruluşların Amaç ve Faaliyetleri.
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2013), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2013 Yılı Bütçe Sunumu.
- Flavin, C., Lenssen, N. (1994), Enerjide Arayışlar, Çeviren: Yaman Köseoğlu Tema Vakfı, Yayın No: 12.
- Hardcastle, A., Waterman-Hoey, S. (2009), Energy Efficiency Industry Trends and Workforce Development in Washington State, Washington State University.
- Hüseyinlikioğlu, A.O. (2009), Kaynak Bağımlılığının Savaşlar Üzerindeki Etkisi: 2. Dünya Savaşı Sonrasındaki Savaşların Yönetimi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Adana.
- IEA, International Energy Agency (2013) , 2013 Annual Report, OECD-IEA, France.
- IEA, International Energy Agency (2013), Technology Roadmap, Energy and GHG Reductions in the Chemical Industry via Catalytic Processes.
- IEA, International Energy Agency (2014), Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statics 2014.
- Kaynak, Serdar (2005), Enerjinin Verimli Kullanımına Yaklaşımlar Küreselleşmenin Enerji Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara.
- Koç Üniversitesi (2012), Türkiye'nin Enerji Verimliliği Haritası ve Hedefler, İstanbul.
- Resmi Gazete, (2007),5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, (2007), 2.5.2007 tarihli Resmi Gazete, s:2.
- TTMMOB MMO, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Makina Mühendisleri Odası (2008), Dünya'da Ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Oda Raporu s.39.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü (2013), TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemleri Şartlar ve Kullanım İçin Kılavuz, Ankara.