

SÖĞÜT

BİNALARDA ENERJİ TARAMASI VE ÖRNEK UYGULAMA

Ziya SÖĞÜT¹

ÖZET

Bina sektörünün enerji tüketim payı; 80 Milyon TEP (Ton Eşdeğer Petrol) enerji tüketiminin aşıldığı tüketim sektörleri arasında % 34'ü geçmiştir. Enerji maliyetlerinin artış eğiliminde olması, fosil yakıt tüketiminin neden olduğu çevresel etkiler, enerjinin verimli kullanımını ve kontrollü tüketimini zorunluluk hâline getirmiştir.

Bu çalışma 72 500 m² inşaat alanına sahip bir kamu kurumunda enerji yönetimi organizasyonu tarafından ön enerji tasarrufu etüdü hazırlanabilmesi için gerekli enerji taramasını içermektedir. Çalışmada bina sektörüne yönelik enerji taramasına ilişkin bir yöntem önerilmiştir. Bu kapsamda, kurumun 2006-2007 yılı enerji tüketim ve enerji maliyet verilerinin toplanması, işlenmesi ve değerlendirilmesi aşamalarını kapsamaktadır. Çalışma sonunda enerji tasarruf potansiyeli belirlenerek verimliliğin artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji yönetimi, Verimlilik, Spesifik Enerji Tüketimi, Kümülatif Toplam değerler

ENERGY AUDIT IN THE BUILDING AND SAMPLE APPLICATION

ABSTRACT

Energy consumption of household sector has gone beyond %34 of its share among the final consumption sectors which exceed the 80 million TEP energy consumption. Tendency of energy costs to increase and environmental effects caused by fossil fuels have made it a must to use the energy efficiently and consume carefully.

This study involves an energy search required for the preparation of a pre-energy saving study by the energy management organization of a public institution with a construction area of 72500 m². It includes the collection, processing and evaluation phases of 2006-2007 energy consumption and cost data of the institution. Having determined the energy saving potential, the paper makes suggestions to enhance efficiency.

Key words: Energy, Energy management, Efficiency, Specific energy consumption, Cumulative total cost

1. GİRİŞ

1973 yılında ilk petrol krizi enerji sorununu gündeme getirmiş, konut ve ticari binalarda ısıtma, soğutma ve aydınlatma ihtiyaçlarına yönelik daha

¹ Dr.Öğ.Alb, Kara Harp Okulu Dekanlığı, Teknik Bilimler Bölümü, Öğ.Elm., ANKARA, mzsogut@kho.edu.tr

SÖĞÜT

az enerji kullanımını sağlayacak yöntemler üzerinde çalışılmıştır. Günümüzde ise sınırlı enerji kaynaklarının kontrolsüz tüketimi ve enerji maliyetlerinin yüksekliği ile birlikte enerjinin çevreye olan etkileri, önemli problemler hâline gelmiştir. Bu sorunların çözümlerine yönelik olarak araştırmacıların yoğun çalışmalar yaptıkları gözlenmiştir. Çalışmalarda tasarruf amaçlı geliştirilen cihazlar, enerji etkinliği yanında, yükseltilmiş yangın güvenliği, düşük bakım maliyetleri, daha sessiz çalışma, daha dayanıklı malzemeler, daha hızlı pişirme süreleri ve duyguları rahatlatacak doğal aydınlatmanın daha yaygın kullanımı gibi diğer faydaların sağlanmasında da başarılı olmuşlardır. Ne yazık ki, bu verimli teknolojilerin kullanımlarına Türkiye’de fazla ilgi gösterilmemiştir.

Türkiye’nin sanayi, konut ve ulaşım sektörlerinde, toplam enerji tüketimlerinin % 20-50 oranlarında enerji tasarrufu potansiyelleri olduğu Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünce yapılan enerji tasarruf çalışmalarıyla tespit edilmiştir (Kaymakçioğlu,1996). Ancak enerji tasarrufunda elde edilebilecek çok yönlü kârlılığa rağmen, yine de gerekli önlemler zamanında alınmamaktadır. Maliyetlerin fiyatlara hemen yansıdığı sanayi ve diğer sektörlerde bile, enerji tasarrufuna yönelik yatırımların oldukça yavaş uygulandığı gözlenmektedir. Bu eğilim az gelişmiş ülkelerde daha da yaygındır. Bunun başlıca nedenleri şöyle özetlenebilir:

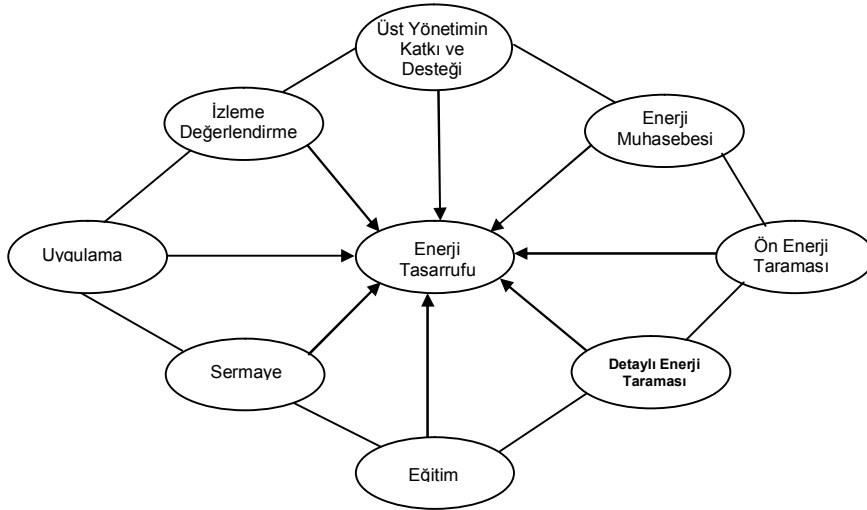
- a. Fiyat değişmelerine tepkinin yavaş olması, mevcut işletmelerin verimli çalıştığı kanısının hakim olması,
- b. Enerji tasarrufu yatırımlarının karmaşık oluşu, tasarruf amaçlı önerilen yeni ekipmanlara güvenilememesi ve gerekli revizyonların yapılması sürecinde üretim veya hizmette aksamanın istenmemesi,
- c. Enerji tasarrufu çalışmalarının çok sayıda küçük yatırımlardan oluşması nedeniyle uygulamalarda aksaklıklara yol açabileceğinin değerlendirilmesi,
- d. Son yıllarda, ekonomik şartların ağırlaşması nedeniyle yeni yatırımlara yeterli kaynak ayrılamaması,
- e. Verimin iyileştirilmesinden ziyade, üretim artışına önem verilmesi ve yönetimlerin enerji tasarrufu çalışmalarına yeterli ilgiyi göstermesidir (Tübitak,1988:34).

Türkiye’de hâlen çoğu kamuya ait olmak üzere, günümüz koşullarında ekonomik olma özelliğini kaybetmiş sanayi ve hizmet sektörlerine ait tesis ve kurumlar mevcuttur. Bu tesisler, maliyet kriterlerine göre fazla enerji tüketen ve teknolojik gelişmelere ayak uyduramamış işletmeler olarak kalmışlardır.

SÖĞÜT

Türkiye’de enerji tasarrufu çalışmalarını desteklemek amacıyla 1995 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yayımladığı sanayi kuruluşlarının enerji tüketiminde verimliliğin artırılması için alacakları önlemler hakkında yönetmelik yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğe göre, enerji tüketimi 2000 (Ton Eşdeğer Petrol) TEP’e eşit ve büyük olan tüm fabrikaların, enerji tüketiminde verimliliğin artırılması için enerji yönetimi sistemini oluşturmaları istenmiştir (ETKB,1995). Buna ilave olarak 1997 yılında Başbakanlıkça kamu kuruluşlarına yönelik yayımlanan genelgeye göre, tüm kamu kuruluşlarınca tüketim aşamasında, söz konusu enerjinin verimli kullanılması konusunda şube müdürlükleri oluşturmaları ve 1995 yılında yayımlanan yönetmeliğe uygun faaliyet sürdürmeleri istenmiştir (Başbakanlık,1997). Enerji Verimliliği Kanunu ile yürürlüğe giren ve toplam inşaat alanı en az 20 000 m² veya yıllık enerji tüketimi 500 TEP olan binalarda ve yıllık enerji tüketimi 1000 TEP’ten fazla olan işletmelerde, bulundurulması zorunlu hâle getirilen enerji yöneticilerinin verimliliğe yönelik çalışmalar yapmaları yükümlülük haline getirilmiştir (EİE, 2008).

Enerji verimliliği, kuruluşlarının çevresel performansını etkileyen en hızlı ve en ekonomik yollardan biridir (Özdabak, 2002:9). Bu nedenle enerji girdilerinin yüksek olduğu kuruluşlarda, enerji girdilerinde süreklilik, kalite ve düşük maliyetin sağlanması kaçınılmazdır. Kontrolsüz enerji tüketiminin kurumlar üzerine getireceği ek mali yük düşünüldüğünde, enerjinin verimli tüketimine yönelik disiplinlerin önemi, enerji yönetimine duyulan ihtiyacı açıkça göstermektedir.



Şekil 1. Enerji Yönetim Sistemi (Kedici, 1993, 2)

SÖĞÜT

Etkin bir enerji yönetimiyle enerjinin verimli kullanımı ve enerji giderlerinin düşürülebilmesi, hem bu enerji kaynaklarının kullanım süresini uzatacak hem de ekonomik olarak tasarruf sağlayacaktır. Şekil 1'de kurulacak etkin bir enerji yönetim sisteminin disiplinleri verilmiştir.

Bu tür kurumlarda yapılacak enerji yönetimi veya enerjinin verimli kullanımı ile ilgili çalışmalar çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Bunlar:

- a. Ön enerji tasarruf etüdünün hazırlanması (Enerji taraması: Verilerin toplanması, işlenmesi ve değerlendirilmesi)
- b. Yönetim ve personel desteği
- c. Enerji tasarrufu tasarım ve düzenlemeleri
- d. İzleme ve değerlendirmedir (Çalikoğlu, 2007).

Bu çalışmada, 2000 TEP üzerinde enerji tüketen bir kamu kuruluşu için, 2006 ile 2007 yılları enerji tüketim değerleri esas alınarak, bir enerji yönetimi organizasyonunca ön enerji tasarrufu etüdü hazırlanabilmesi için gerekli enerji taraması yapılmıştır. Çalışma sonunda kümülatif toplam değerler grafiği elde edilmiş ve sağlanabilecek enerji tasarruf potansiyeli belirlenmiştir.

2. ENERJİ TARAMASI YÖNTEMİ

Hizmete yönelik kamu kurumlarında enerji maliyetleri elektrik, ısıtma, soğutma, havalandırma, hizmet kısımlarının enerji tüketimleri, işçilik ve enerji amaçlı işletme maliyetlerinin toplamını içerir. Genellikle enerji maliyetleri, kuruma bir ödeme zorunluluğu getirmediği için, basit bir şekilde toplam harcamalara dâhil edilir ve ayrı bir kalem olarak dikkate alınmaz. Oysa Türkiye'de kamu kurumlarının harcamaları incelendiğinde, enerji maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu kurumlarda enerjinin verimli tüketimi için enerji yönetimlerinin oluşturulması ve yönetimlerin başarılı olabilmesi için de, öncelikle enerji taramalarının oluşturulması önemli bir adımdır. Bunun için bir kurumun ihtiyaç ve tüketim miktarları değerlendirilebilecek süreçler içinde (günlük, haftalık, aylık veya yıllık) çizelgeler haline dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu çizelgelere göre gerekli hesaplamalar yapılarak enerji analiz grafikleri çıkarılmalıdır. Bu grafikler kurumun tüm tüketimleri için ayrı ayrı yapılmalıdır. Oluşturulacak grafikler kurumda enerjinin zamana bağlı birim tüketimleri arasında bir karşılaştırma yapılmasını sağlayacaktır. Bu karşılaştırmalar sayesinde, uygulanacak enerji politikaları belirlenecek, tasarruf yapılabilecek noktaların analizine olanak sağlanacaktır.

SÖĞÜT

Bir kuruma yönelik yapılacak enerji taramasında ilk aşama, enerji türleri ile bu enerjilerin tüketim verilerinin toplanmasıdır. Verilerin toplanması aşamasında öncelikle veri toplama stratejilerinin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla;

- a. Veri toplanacak enerji türlerinin belirlenmeli,
- b. Ölçülecek enerji tüketim noktaları belirlenmeli,
- c. Ölçüm türleri (ölçü aletleri gibi) ve periyotlar (en az 10 -20 set veri alınmalı) tespit edilmeli,
- d. Verilerin toplanma şekli ve yeri ile ölçüm süreleri (Haftalık ölçümlerde en az 10 hafta, aylık ölçümlerde en az bir yıl) saptanmalıdır.

Çalışmada enerji verileri türlerine göre kurum tüketim sayaçlarından yararlanılarak, aylık tüketim ortalamaları referans alınmıştır.

Enerji tüketimi, birçok faktöre bağlı olarak haftadan haftaya veya aydan aya değişebilir. Bu faktörler, spesifik değişkenler, kontrol edilebilir değişkenler olmak üzere ikiye ayrılır (Kedici,1993:12). Spesifik değişkenler, kurumun talep ettiği ihtiyaca göre enerji talebini belirleyen değişkendir. Enerji ihtiyacını hesaplamak için kullanılan standart denklemlerde bu değişkenler kullanılır. Kontrol edilebilir değişkenler ise; 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 denklemdir. Uygulamalarda genelde üç ayrı doğru denklemi kullanılsa da bu uygulamada enerji gereksiniminin spesifik değişkenlere bağlı olduğunu gösteren doğru denklemi tercih edilmiştir (Söğüt,2006:151).

Bulunan standart denklemden sonra hedefler belirlenmelidir. Enerji tüketiminin olduğu her bir bölüm ve tüm sistem için standart belirlenirken aynı anda hedefte belirlenmelidir. Bu hedef standartla aynı formda bir doğru denklemdir. Hedeflerin tespiti için standart doğrunun altında kalan verilerle tekrar bir hedef doğru oluşturulmalı ve bu doğrunun denklemi belirlenmelidir. Kurumda hedef belirlendikten sonra performansın değerlendirilmesi için, beklenen enerji kullanımı ile gerçek enerji tüketim değerlerinin düzenli olarak karşılaştırılması yapılmalıdır. Bunu yapabilmek için spesifik enerji tüketim (SET) değerleri kullanılabilir. Spesifik enerji tüketimi, birim ihtiyaç değerine bağlı kullanılan enerjinin birim zamandaki değeri olarak tanımlamak mümkündür. Örneğin; bir kurumda spesifik değişken, birim zamanda ihtiyaç duyulan enerji ile tarif ediliyorsa;

$$\text{SET} = \text{Enerji tüketimi} / \text{saat}$$

SÖĞÜT

olarak ifade edilir. SET değeri, özellikle kurumun işletme koşullarının enerji tüketim performansına etkisini izleme açısından önemlidir. SET değerinin büyümesi, kötü performansı ve enerji tüketiminin gereksiz yere artmasını işaret eder[6].

Kümülatif toplam değerler (CUSUM) grafiğinin çizilmesi de bir tesisin durumunun görülebilmesi için uygun olan bir başka değerlendirme yöntemidir. Bu grafiksel çalışma ile incelenen sistemde hedef tüketimlere bağlı tasarruf potansiyelleri belirlenir. CUSUM grafiğini çizebilmek için kurulu güce bağlı enerji verileri ve gerçek enerji verileri arasında değerlendirme yapılır. Bunun için en küçük kareler yöntemi ile standart denklem hesaplanır (Kedici, 1993: 2). Elde edilen verilere bağlı hedef tüketimleri hesaplanır ve kümülatif toplamda enerji tasarruf potansiyeli saptanır. Elde edilen verilere uygun CUSUM grafiği çizilir. Bu grafik incelendiğinde, eğimi negatif olan değerler ve negatif bölgede kalan alanlar tesisin iyi bir performansa sahip olduğu zamanları, pozitif olanlar ise kötüleşme olan zamanları göstermektedir.(Söğüt,2005:69).

3. HESAPLAMALAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde bir kampüs özelliğine sahip eğitim kurumunda 2006-2007 yıllarına ait enerji taraması gerçekleştirilmiştir. Kurum sürekli faaliyet gösteren ve yatılı öğrenci barındıran bir kurumdur. Kurum yönetim organizasyonunda tesisin bakım ve onarımına yönelik genel bakım bölümü müdürlük şeklinde yer almaktadır. Kurumda genel bakım müdürlüğüne bağlı sorumlu bakım müdürlüğü ve bu müdürlüğün bünyesinde tesisat ve elektrik teknisyenleri mevcuttur. Kurumca enerji tasarruf bilinci sürekli vurgulansa da, enerjinin bir program dahilinde yönetim ve kontrolü yapılmamaktadır.

Kurumun tükettiği enerji elektrik ve fuel-oil'e dayanmaktadır. Kurumun aylık enerji tüketim verileri yakıt türlerine göre sayaçlar yardımıyla sürekli olarak ölçülmektedir. Çalışmada bu veriler kullanılmış ve kurumda tüketilen enerji türleri ve verileri Tablo 1'de verilmiştir. Elektrik enerjisi, aydınlatma, elektrikli aletler ve donanımların elektrik ihtiyacını karşılama amaçlı kullanılırken, fuel-oil, ısıtma ve kullanım sıcak suyu hazırlama amaçlı kullanılmaktadır. Kurumda ısıtma ihtiyacının karşılanması ve kullanım sıcak suyunun hazırlanması için mevcut 2 kazan dairesinde kapasiteli 3'er adet fuel-oil tüketen buhar kazanı ve buna bağlı 16 adet eşanjör dairesi mevcuttur.

SÖĞÜT

Tablo 1. Enerji Tüketimi ve Maliyet Değerleri

	Enerji Tüketim		Enerji Değeri ve Dağılımı			Enerji Maliyeti			
	Türü	Miktar	Ortalama Isıl Değeri (kJ/kg)	Miktarı (GJ)	%	Birim Fiyatı (TL/kWh TL/kg)	Toplam Maliyeti (TL/yıl)	%	Birim Enerji Maliyeti (TL/GJ)
2006	Elektrik (kWh/yıl)	6144530	-	22120,308	0,09	0,151	929052010	0,09	0,0419
	Fuel-oil (ton/yıl)	5422180	39969,16	216719,979	0,91	1,12	6072841,6	0,91	0,0280
2007	Elektrik (kWh/yıl)	7090046	-	25524,165	0,11	0,183	1,098E+09	0,56	0,0508
	Fuel-oil (ton/yıl)	5304920	39970,16	21203,850	0,89	1,36	7214691,2	0,44	0,034

2006-2007 yılları enerji tüketimleri değerlendirme yapabilmek için ortak enerji birimine dönüştürülmüş, bu işlemde yakıtlar için birim kütlelerin ortalama ısıl değerleri kullanılmıştır. Birim enerji tüketim maliyetlerine göre her enerji türü için toplam maliyet hesaplanmış, bu maliyetlere bağlı olarak da her enerji türünün birim enerji maliyeti, enerji tüketim miktarına göre hesaplanmıştır. 2007 yılında GJ başına saatlik enerji tüketim maliyeti, bir önceki yıla göre % 17,52 artarak 0,0508 TL/GJ olarak gerçekleşmiştir. Kurumun iki yıllık enerji tüketimi yaklaşık 12553,98 TEP karşılık gelmektedir. Kurumun 2006 yılı ile 2007 yılı toplam enerji tüketimi ve maliyetleri Tablo 1'de verilmiştir.

Bu çalışmada spesifik enerji tüketimlerini belirlemek için kişi esas alınmış ve kişi başına düşen enerji miktarı saptanmıştır. 2006-2007 yılı aylık enerji tüketimleri ve tüketim maliyetleri ile kişi başına düşen enerji tüketim miktarı Tablo 2'de verilmiştir.

2006 yılında en yüksek enerji tüketiminin Şubat ayında 38773.07 GJ/Ay olarak gerçekleştiği; en düşük enerji tüketiminin ise Eylül ayında 6644.99 kJ/Ay olarak gerçekleştiği görülmüştür. Ancak kişi esas alındığında en yüksek tüketimin 2006 yılı Ağustos ayında 174.4 GJ/Ay.kişi olarak gerçekleştiği görülmektedir. Özellikle yaz aylarında kurumdan yararlanan kişi sayısının düşmesine rağmen, kişi başına düşen tüketim miktarındaki artışlar dikkat çekicidir.

2006-2007 yıllarına ait fuel-oil tüketimleri incelendiğinde; tüketimin yaz ve kış aylarında önemli farklılıklar gösterdiği görülmüştür. 2006 yılı kış sezonunda en yoğun tüketim; Şubat ayında 370314.27 GJ/Ay ve 1031680 TL/Ay olarak gerçekleşmiş, yaz sezonunda ise en yüksek enerji tüketimi, Mayıs ayında 11284.09 GJ/Ay ve 316198 TL/Ay olarak gerçekleşmiştir.

SÖĞÜT

Tablo 2. Tüketim ve Enerji Değerleri

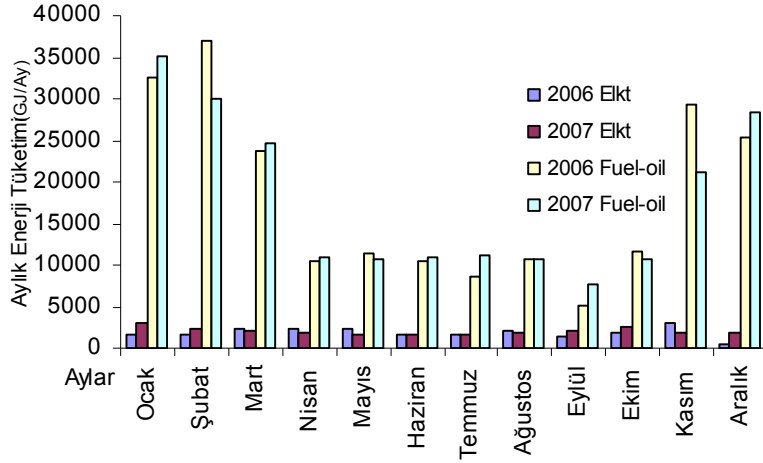
Aylar	Personel Miktarı (kişi)	Elektrik Enerjisi Tüketim Değerleri			Fiyetli Tüketim Değeri			Toplam Enerji Tüketim Değeri (GJ/Ay)	Toplam Enerji Tüketim Maliyeti (TL/Ay)	Kisi Başına Düşen Enerji Miktarı (GJ/kişi)
		Toplam Tüketim (kWh/Ay)	Enerji Miktarı (GJ/Ay)	Tüketim Maliyeti (TL/Ay)	Tüketim Miktarı (kg/Ay)	Enerji Miktarı (GJ/Ay)	Enerji Maliyeti (TL/Ay)			
2006										
Ocak	6100	483789	1741,64	56382055	815840	32608,459	913740	34350,08	572057,95	5,631
Şubat	6100	483790	1741,644	56382055	926500	37031,427	1037680	387773,071	574197,35	6,350
Mart	6100	608353	2406,071	101583710	596100	23825,616	607632	26231,687	1022513,42	4,3
Nisan	6100	646377	2323,357	95554890	264680	10575,040	296329	12898,398	958512,19	2,114
Mayıs	6100	646377	2323,357	95554890	282320	11284,063	316198	13607,46	968710,88	2,231
Haziran	3395	439006	1580,422	64909950	264200	10559,852	295904	12140,274	652958,54	3,576
Temmuz	136	439006	1580,422	64909950	214660	8591,771	240755	10172,192	652407,05	74,8
Ağustos	73	583825	2101,77	86441420	266020	10632,566	207942	12734,366	867393,62	174,4
Eylül	91	408922	1472,119	60972660	129420	5172,809	144950	6644,928	611176,10	73,02
Ekim	6100	487417	1754,701	66704090	293200	11718,958	328384	13473,669	870324,74	2,209
Kasım	6100	844901	3041,644	125096470	734840	29370,937	823020	32412,581	1259194,90	5,314
Aralık	6100	14762	531,432	2185740	634200	25348,441	710304	26401,584	28990,44	4,194
2007										
Ocak	6100	808740	2911,464	119616509	878300	35105,792	1194488	38017,255	1208109,97	6,232
Şubat	6100	646347	2326,840	119616510	752300	30069,561	1023128	32396,401	1206396,38	5,311
Mart	6100	670313	2053,127	95549810	618120	24706,355	840943	26799,482	963904,53	4,387
Nisan	6100	536070	1929,852	84959030	270840	10825,518	368342	12755,370	853273,72	2,081
Mayıs	6100	464334	1635,602	80022650	265460	10610,478	361025	12246,081	803836,75	2,008
Haziran	3395	443766	1597,558	67572190	276140	11037,36	375550	12634,018	679477,40	3,722
Temmuz	136	465031	1677,352	66602100	281260	11242,007	382513	12919,359	650846,13	95
Ağustos	73	511078	1839,881	66879750	265680	10619,272	361324	12469,153	602410,74	170,7
Eylül	91	551323	1984,763	72054640	190500	7614,315	259080	9599,078	723139,20	105,5
Ekim	6100	717815	2584134000	77728910	268160	10718398106	364697	13302,532	780936,07	2,181
Kasım	6100	514667	1852441200	101201770	530460	21203370477	721462	23055,812	1019232,22	3,78
Aralık	6100	514667	1852441200	72546705	707660	28280082829	962444	30138,524	735091,49	4,941

2007 yılı kış sezonunda en yoğun tüketim Ocak ayında 35105.79 GJ/Ay ile 1194488 TL/Ay olarak gerçekleştiği, yaz bölümünde ise en yüksek enerji tüketiminin Temmuz ayında 11242.01 GJ/Ay ile 382515 TL/Ay olarak gerçekleştiği görülmüştür.

2007 yılında en yüksek enerji tüketiminin Ocak ayında 38017.26 GJ/Ay olarak gerçekleştiği; en düşük enerji tüketiminin ise eylül ayında

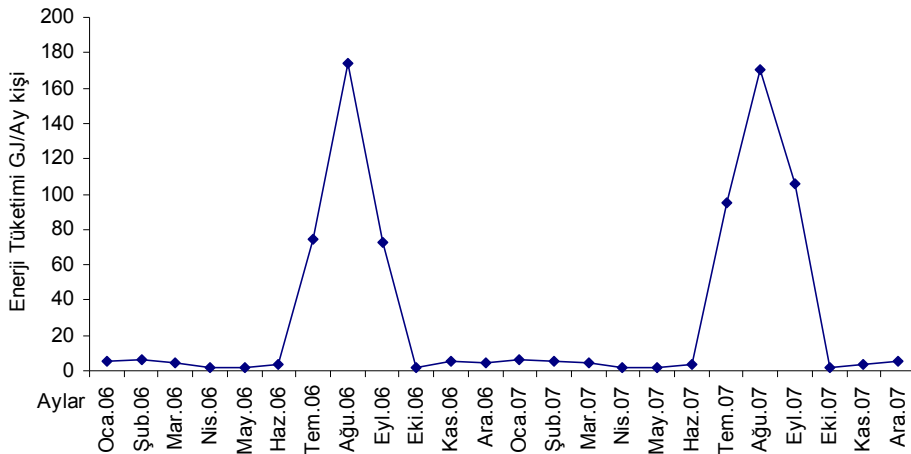
SÖĞÜT

9599.078 GJ/Ay olarak gerçekleştiği görülmektedir. Burada da özellikle fuel-oil'in etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 2. 2006-2007 yılı elektrik ve fuel oil tüketimlerinin aylık dağılımı

Elektrik tüketimleri açısından 2007 yılında aylık tüketimlerin birbirine yakın olduğu ancak özellikle Ocak 2007'de elektrik tüketiminin 2006 yılına nazaran yüksek olduğu göze çarpmaktadır. 2006-2007 yılları elektrik ve fuel oil tüketimlerinin aylık dağılımları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Standart(gerçekleşen) Enerji Tüketim Grafiği

SÖĞÜT

2006 ve 2007 yılları toplam enerji tüketiminin aylık verileri dikkate alınarak MATLAB programı yardımıyla standart(gerçekleşen) ve hedef enerji grafikleri oluşturulmuştur. 2006 ve 2007 yılı kişi başına düşen enerji tüketimleri dikkate alınarak regresyon analizi yöntemiyle standart doğru denklemi $y=0.2779xTüketim+1.2792$ olarak bulunmuş, R^2 ($R^2=$ gerçeğe yaklaşma oranıdır. Tespit edilen tüketimlere bağlı $Y=ax+b$ fonksiyonuna göre hesaplanmıştır) ise %97 olarak tespit edilmiştir. 2006-2007 yılı için enerji tüketim grafiği Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Kış Dönemi Enerji Tüketimleri

Yıllar	Aylar	Personel Miktarı (kişi)	Toplam Enerji Tüketim Değeri	Toplam Enerji Tüketim Maliyeti	Birim Enerji Miktarı (GJ/kişi)
			(GJ/Ay)	(TL/Ay)	
2006	Ocak	6100	34350,080	572957,95	5,631
	Şubat	6100	38773,071	574197,35	6,356
	Mart	6100	26231,687	1022513,42	4,3
	Kasım	6100	32412,581	1259194,90	5,314
	Aralık	6100	25401,584	28960,44	4,164
2007	Ocak	6100	38017,255	1208109,97	6,232
	Şubat	6100	32396,401	1206396,38	5,311
	Mart	6100	26759,482	963904,53	4,387
	Kasım	6100	23055,812	1019232,22	3,78
	Aralık	6100	30138,524	735091,49	4,941

2006-2007 yılına ait enerji tüketimleri ve maliyetleri kış ve yaz dönemleri olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Kış dönemi tüketimlerinin %6'sı elektrik, %94'ü fuel-oil'dir.

Tablo 4. Yaz Dönemi Enerji Tüketimleri

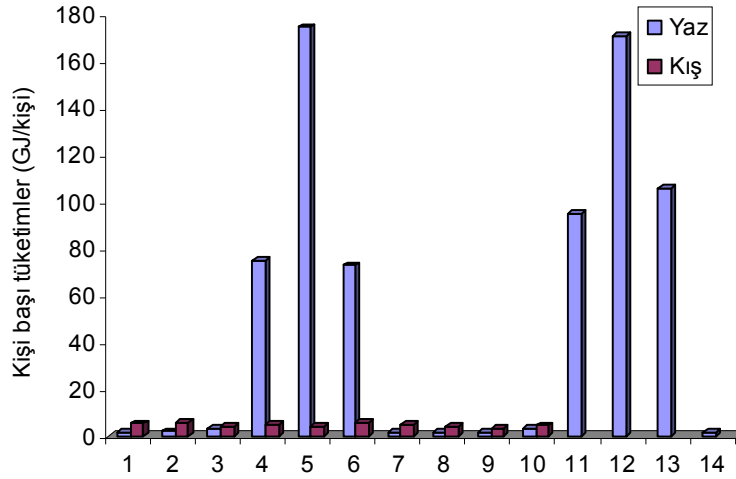
Yıllar	Aylar	Personel Miktarı	Toplam Enerji Tüketim Değeri	Toplam Enerji Tüketim Maliyeti	Kişi Başına Düşen Enerji Miktarı
		(kişi)	(GJ/Ay)	(TL/Ay)	(GJ/kişi)
2006	Nisan	6100	12898,398	958512,19	2,114
	Mayıs	6100	13607,450	958710,88	2,231
	Haziran	3395	12140,274	652958,54	3,576
	Temmuz	136	10172,192	652407,05	74,8
	Ağustos	73	12734,366	867393,62	174,4
	Eylül	91	6644,928	611176,10	73,02
	Ekim	6100	13473,659	870324,74	2,209
2007	Nisan	6100	12755,370	853273,72	2,091
	Mayıs	6100	12246,081	803836,75	2,008
	Haziran	3395	12634,918	679477,40	3,722
	Temmuz	136	12919,359	659846,13	95

SÖĞÜT

	Ağustos	73	12459,153	692410,74	170,7
	Eylül	91	9599,078	723139,20	105,5
	Ekim	6100	13302,532	780936,07	2,181

Bu tüketimlerde en yoğun enerji tüketiminin kış döneminde Şubat 2006 ayı olduğu görülmektedir. Kişi başı birim enerji tüketiminin en fazla olduğu ay 6.36 GJ/kişi ile Şubat 2006 ayı olduğu; en düşük tüketimin olduğu ayın ise 3.78 GJ/kişi ile Kasım 2007 olduğu tespit edilmiştir.

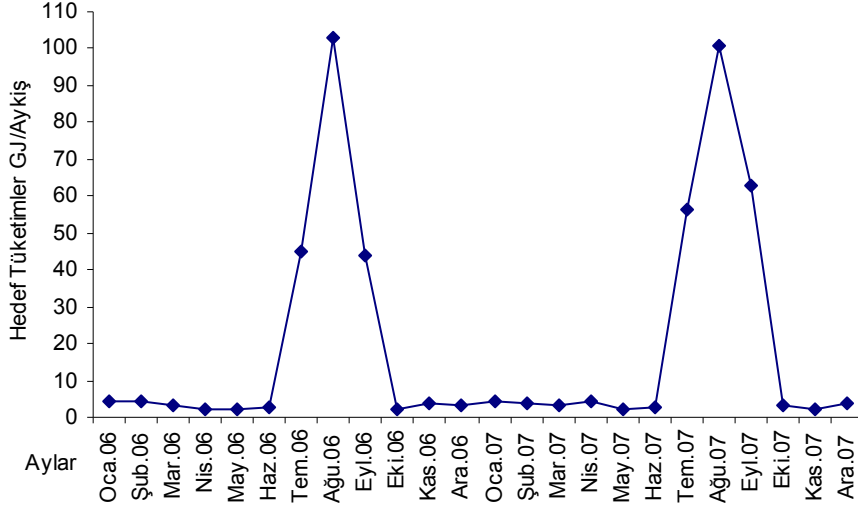
Yaz ve kış tüketimlerinde tüketilen enerji miktarı ile kişi başına tüketilen enerji miktarı arasında ters bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Özellikle Ağustos ve Eylül aylarında kişi başı enerji tüketimlerinin ulaştığı nokta tasarruf potansiyelleri açısından da dikkat edilmesi gereken değerlere ulaşmıştır. 2006-2007 yılı kişi başına düşen enerji tüketim değerleri Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. 2006-2007 yılı kişi başına düşen enerji tüketim değerleri

2008 ve sonrası için hedeflenen tahmini tüketimler, 2006-2007 regresyon analizinde doğru grafiğinin altında kalan verilere göre ikincil bir grafikte oluşturulan doğru grafiğinin regresyon doğru denklemi ile hesaplanmaktadır. Yapılan çalışma sonunda 2008 ve sonrası için hedeflenen tüketimler için, hedef enerji tüketimin değerlerinin doğru denklemi $y = 0.5873 \cdot \text{Tüketim} + 0.7932$ olarak bulunmuş, R^2 değeri ise %90 olarak tespit edilmiştir. Bulunan bu doğru denklemine göre hesaplanan hedef enerji tüketimlerinin grafiği Şekil 5'de verilmiştir.

SÖĞÜT



Şekil 5. Hedef Enerji Grafiği (2008 yılı ve sonrası için)

Enerji taramalarında hedef; sistemlerin enerji tasarruf potansiyellerinin belirlenmesidir. Bunun için standart ve hedef tüketimleri arasındaki farklar araştırılır ve iki tüketim verileri arasındaki farklar tasarruf potansiyelini belirler. Tasarruf potansiyeli; incelenen sistemde enerji geri kazanımına yönelik teorik bir hedefdir. Ancak tümüyle geri kazanımı da mümkün değildir.

Çalışmada 2006-2007 yılları verilerine göre standart ve hedef tüketimlerde toplamda kurumun kişi başına düşen enerji tasarruf potansiyelinin %21.09 gibi oldukça önemli bir potansiyel olduğu belirlenmiştir. Hedef enerji tüketimlerine göre sağlanacak aylık tasarruf oranları Tablo 5’de verilmiştir.

Hedef enerji tüketimlerine göre muhtemel tasarruf miktarları ve tasarruf maliyetlerinin görülebileceği bir başka yaklaşım kümülatif toplam değerler (CUSUM) grafiğinin çizilmesidir. Bu değerlendirme kurumda iki yıllık sürede enerji tüketiminin gerçek ve hedef tüketimleri arasında farklarını, hedeflerin sağlanması durumunda kurumun sağlayacağı enerji tasarruf miktarını ve maliyetini belirler.

SÖĞÜT

Tablo 5. 2008 ve sonrası için hedef enerji tüketimleri

Tarih	Tahmini Kişi Sayısı	Kişi başı enerji tüketimi GJ/Ay	Hedef Enerji Tüketimi GJ/Ay	Birim Tasarruf Miktarı GJ/Ay	Birim tasarruf Oranı %	
2008	Ocak	6100	5,631	4,099	1,532	27,2
	Şubat	6100	6,356	4,525	1,831	28,8
	Mart	6100	4,3	3,318	0,982	22,8
	Nisan	6100	2,114	2,034	0,080	3,8
	Mayıs	6100	2,231	2,103	0,128	5,8
	Haziran	3395	3,576	2,892	0,684	19,1
	Temmuz	136	74,8	44,722	30,078	40,2
	Ağustos	73	174,4	103,217	71,183	40,8
	Eylül	91	73,02	43,677	29,343	40,2
	Ekim	6100	2,209	2,090	0,119	5,4
	Kasım	6100	5,314	3,913	1,401	26,4
	Aralık	6100	4,164	3,238	0,926	22,2
2009	Ocak	6100	6,232	4,452	1,780	28,6
	Şubat	6100	5,311	3,911	1,400	26,4
	Mart	6100	4,387	3,369	1,018	23,2
	Nisan	6100	2,091	4,099	-2,008	-96,0
	Mayıs	6100	2,008	1,972	0,036	1,8
	Haziran	3395	3,722	2,978	0,744	20,0
	Temmuz	136	95	56,586	38,414	40,4
	Ağustos	73	170,7	101,044	69,656	40,8
	Eylül	91	105,5	62,752	42,748	40,5
	Ekim	6100	2,181	3,012	-0,831	-38,1
	Kasım	6100	3,78	2,073	1,707	45,2
	Aralık	6100	4,941	3,694	1,247	25,2

Çalışmada elde edilen hedef verilere göre toplam kümülatif değerler hesaplanmış ve birim enerji tüketiminde sağlanabilecek tasarruf potansiyelleri ve tasarruf oranları aylık verilere göre hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.

Buna göre enerji tasarruf potansiyeli aylık oranda % 1.8 ile % 45.2 aralığında değiştiği görülmüştür. Sadece Nisan ve Ekim aylarında tüketimin desteklenebileceği görülmüştür. 2006-2007 yılları kişi başına enerji tüketim maliyeti dikkate alınarak oluşturulan, hedef enerji tüketimlerine göre enerji hedef maliyetleri Tablo 6'da verilmiştir.

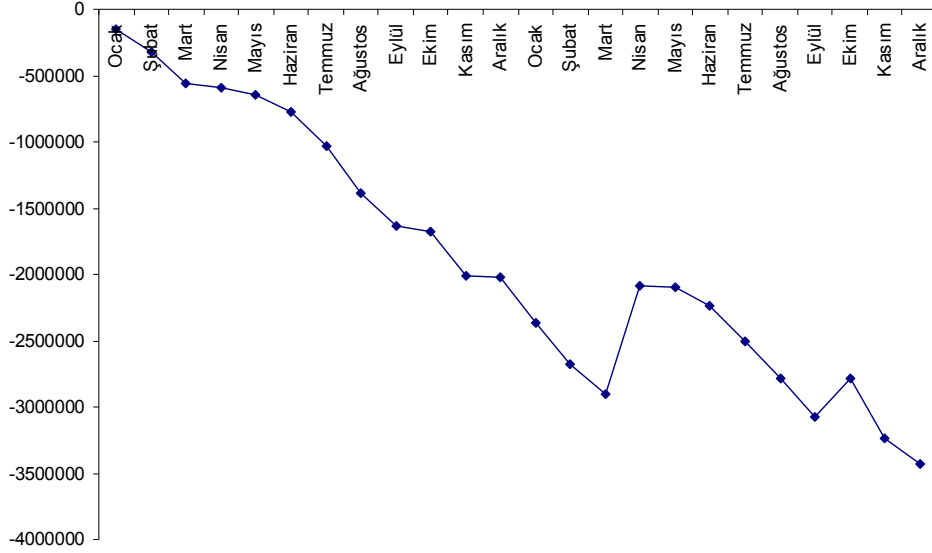
SÖĞÜT

Tablo 6. 2008 ve sonrası için enerji maliyetleri

Tarih		Hedef Enerji Tüketimi GJ/Ay	Hedef Enerji Maliyeti TL/Ay	Hedef Enerji Tasarrufu GJ/Ay	Hedef Enerji Maliyet tasarrufu TL/Ay	Kümülatif Topamlar TL
2008	Ocak	25006,97	417115,2	-9343,11	-155843	-155843
	Şubat	27604,64	408802	-11168,4	-165395	-321238
	Mart	20239,21	788926,2	-5992,48	-233587	-554825
	Nisan	12409,38	922172,2	-489,015	-36339,9	-591165
	Mayıs	12824,1	903520	-783,351	-55190,8	-646356
	Haziran	9819,787	528152,3	-2320,49	-124806	-771162
	Temmuz	6081,875	390069,1	-4090,32	-262338	-1033500
	Ağustos	7536,745	513360,8	-5197,62	-354033	-1387533
	Eylül	3974,667	365575,3	-2670,26	-245601	-1633134
	Ekim	12745,66	823300,3	-727,994	-47024,4	-1680158
	Kasım	23868,52	927267	-8544,06	-331928	-2012086
	Aralık	19751,61	22518,88	-5649,98	-6441,56	-2018528
2009	Ocak	27160,83	863115	-10856,4	-344995	-2363523
	Şubat	23859,33	888487,9	-8537,07	-317908	-2681431
	Mart	20548,65	740184	-6210,83	-223721	-2905152
	Nisan	25006,79	1672835	12251,42	819561,6	-2085590
	Mayıs	12024,08	789264,6	-222	-14572,2	-2100162
	Haziran	10110,08	543697	-2524,84	-135780	-2235943
	Temmuz	7695,287	393030,7	-5224,07	-266815	-2502758
	Ağustos	7375,089	409866,6	-5084,06	-282544	-2785302
	Eylül	5709,627	430130,4	-3889,45	-293009	-3078311
	Ekim	18372,83	1078592	5070,296	297655,9	-2780655
	Kasım	12645,33	559014,2	-10410,5	-460218	-3240873
	Aralık	22533,13	549592,7	-7605,39	-185499	-3426372
		374904,2			-3426372	

Bu verilere göre 2008 yılı için 2018528 TL; 2009 yılı için 1414286 TL olmak üzere toplam enerji tasarruf potansiyelinin 3426372 TL olabileceği saptanmıştır. Toplam kümülatif değerlerde iki ay dışında tüm sonuçlar negatif çıkmıştır. Kurumda iki yıllık enerji tüketimleri incelendiğinde 3426372 TL'lik bir tasarruf potansiyeline sahip olduğu saptanmıştır.

SÖGÜT



Şekil 6. Kümülatif toplam değerler (CUSUM) grafiği

Bu enerji sistemlerinde % 21,09 'luk bir tasarruf potansiyelini ifade etmektedir. Bulunan bu sonuçlara göre toplam kümülatif değerler grafiği çizilmiş ve Şekil 6'da verilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada kampus özelliğine sahip bir kurumun enerji tasarruf çalışmalarına katkı sağlamak amacıyla 2006 ile 2007 yıllarına ait enerji tüketim verileri kullanılarak bir enerji taraması gerçekleştirilmiştir.

Yapılan hesaplamalarda, 0,06116 TL/GJ.h yıllık ortalama birim enerji tüketimine sahip olan kurumda hedef ortalama birim enerji tüketimi 0,05237 TL/GJ.h olarak bulunmuştur. Sistemde bu hedeflere ulaşılması durumunda iki yıllık verilere göre 3426372 TL'lik bir tasarruf maliyetinin ve % 21,09 tasarruf oranının sağlanabileceği görülmüştür.

Bu tür kurumlarda enerji tasarruf potansiyelinin artırılması ve enerjinin etkin kullanımına yönelik olası tedbirler ve öneriler aşağıda verilmiştir.

SÖĞÜT

a. Öncelikli olarak bu tür yoğun enerji tüketen kurumlarda enerji yönetimleri mutlaka kurulmalıdır. Bu enerji verimliliği kanun gereği de bir zorunluluk hâline gelmiştir.

b. Bu tür sistemlerde verimlilik çalışmalarına yönelik olarak enerji türlerine bağlı çalışmalarının ayrı ayrı yapılması daha doğru olacaktır. Elektrik tüketiminin ölçüm noktaları sadece sayaç noktalarıdır. Sistemde elektrik tüketim noktalarının fihristi oluşturulmalı ve belirlenen noktalarda ölçümler yapılmalıdır. Özellikle dış aydınlatmada ekonomik ampul çözümleri uygulanmalıdır.

c. Kazan dairelerinde yüksek kapasiteli buhar kazanlarının baca hattında ekonomizer gibi enerji geri kazanım sistemleri değerlendirilmelidir. Kurum binaları eski yönetmeliklere göre yapılmıştır. Mantolama gibi enerji tasarrufuna olumlu katkı sağlayan sistemler değerlendirilmelidir. Eşanjör daireleri ve bağlantı borularında yalıtımlar ve optimum yalıtım kalınlıkları yeni uygulamalara göre tekrar hesaplanmalıdır.

d. Isıtma sistemi özellikle güneş enerjisi kaynaklı yenilebilir enerji sistemleriyle desteklenebilir. Bu hem yakıt tasarrufuna hem de çevresel etkilerin azalmasına neden olacaktır.

e. Ünitelerde çalışan sirkülasyon pompaları, motorlar, vb. elemanların tamamının frekans kontrollü çalıştırması özellikle elektrik tüketiminde tasarrufa olumlu katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, enerjinin daha verimli kullanılmasının ve tasarruf çalışmalarının verimliliği geliştirmeye yönelik yapılmasının birer zorunluluk haline geldiği bina sektöründe de etkin bir enerji yönetimi ile hizmet kalitesinden, güvenlikten veya çevresel tüm koşullardan fedakârlık etmeksizin ve hizmetleri azaltmaksızın enerjinin daha verimli kullanımı sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

ÖZDABAK A., ERTEM M.E., 2002. "Enerji Yönetim Teknikleri", **Erdemir yayınları**, Sayfa 9-13

Başbakanlık, 1998. "Enerji Verimliliği", **Başbakanlık Personel ve Prensipier Genel Müdürlüğünün B.02.0.PPG.0.12-383-25889sayı** ve 11.11.1997 tarihli genelgesi.(Erişim Tarihi: Mart 1998)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, "Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler Hakkında Yönetmelik", 1995

EİE, 2009, Enerji Verimliliği Kanunu, **Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü**,

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/EV_kanunu/EnVerKanunuTemmuz2008.pdf, 2007 (Erişim Tarihi: 25 Haziran 2009)

SÖĞÜT

- ÇALIKOĞLU E., 25-28 Ekim 2007. “Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği Kanunu”, VIII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Makine Mühendisleri Odası, VIII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul, Sayfa 797.
- KEDİCİ Ö., “Enerji Yönetimi” **Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Kaynakları Etüd Dairesi Başkanlığı** 1993 Ankara Sayfa 2
- KAYMAKÇIOĞLU F., 1996. “Elektrik Enerjisinin Sanayide Verimli Kullanılması”, **TMMOB 1. Enerji Sempozyumu**, TMMOB I. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı Sayfa 312
- Tübitak Mayıs 1998. TTGV Bilim –Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Enerjinin Etkin Kullanımı ve Enerji Tasarrufu ile İlgili Teknolojiler Alt Grup Raporu, **TÜBİTAK**, - Ankara, Sayfa 34-35
- SÖĞÜT Z., Mayıs 2005. “Çimento Fabrikasında Enerji Taraması ve Üretim Hattı Isı Proseslerinde Enerji ve Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sayfa 69,70
- SÖĞÜT Z., OKTAY Z., Mayıs 2006. “Sanayi Sektöründe Enerji Taramasının Etkisi Ve Örnek Uygulama”, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Sayı 10, Sayfa 151-162