



Bu bir MMO  
yayıdır

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## BİR ÜNİVERSİTE BİNASI İÇİN ENERJİ ETÜD VE VERİMLİLİĞİ ARTTIRICI PROJE (VAP) ÇALIŞMASI

**İSMAİL EKMEKÇİ**  
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

**NEVZAT ŞADOĞLU**  
**İSMET TETİK**  
MAKSAN

**KEMAL ERMiŞ**  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ





# BİR ÜNİVERSİTE BİNASI İÇİN ENERJİ ETÜD VE VERİMLİLİĞİ ARTTIRICI PROJE (VAP) ÇALIŞMASI

İsmail EKMEKÇİ  
Nevzat ŞADOĞLU  
İsmet TETİK  
Kemal ERMİŞ

## ÖZET

İstanbul Ticaret Üniversitesinin Küçükyalı da bulunan Kampüs Binası için doğal gaz ve elektrik faturalarına göre 3 yıllık enerji tüketim değerleri ve gerekli maliyet bilgileri alınarak bu kampüsteki binaların enerji etüdü yapılmıştır. Bunun için kampüsteki binaların ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemleri ve bunlarla ilgili enerji tüketim değerleri incelenmiştir. Binaların mevcut yalıtımsız durumdaki hali için ölçüm ve hesaplamalar yapılmış; daha sonra 01.04.2010 tarih 27539 sayılı RG de yayınlanan Bina Enerji Performans Yönetmeliği ve TS825 standartına göre yalıtım yapılması önerilmiş; buna uygun olarak hesaplar yenilenmiş; kampüste revizyonla sağlanabilecek enerji tasarrufu için inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır. Frekans kontrollü motorlar kullanılması, aydınlatma için enerji tasarruf sistemleri ve diğer verimlilik artırıcı yöntemler kullanılması durumlarında yakıt ve elektrik tüketim değerleri yeniden hesaplanarak gerekli yatırım maliyetleri hesaplanmış; her iki durum için CO<sub>2</sub> emisyon değerleri karşılaştırılmış; yıllık enerji tasarruf değerleri m<sup>2</sup> ve m<sup>3</sup> başına özgül değerler olarak hesaplanmış; yapılacak yatırımların basit geri ödeme süreleri ve iç-karlılık değerleri ayrıca belirlenmiş ve gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır. Kampüs için mevcut durumda yıllık enerji kullanımının 250 TEP`den az olduğu; fakat kapalı alanının 10.000 m<sup>2</sup> den fazla olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bina Enerji Performansı; Enerji Etüdü; Verimliliği Arttırıcı Proje (VAP); Enerji Verimliliği

## ABSTRACT

Energy Audit study of the Istanbul Commerce University campus building in Kucukyali is established by evaluating the natural gas and electricity bills and 3 years of energy consumption data and the required costs. The heating, cooling, illumination systems and the related energy consumption rates are investigated in this study. Measurement and calculations of the current uninsulated state of the campus buildings are accomplished. Required insulation with respect to TS825 standard and the 01.04.2010 dated Building Energy Performance Regulation was advised and the recomputings were done accordingly; investigations and evaluations on the the energy savings rates which can be provided with revisions were analyzed. The required investment costs are calculated by reevaluating the fuel and electricity consumption values for the conditions of utilization of variable frequency drivers, energy efficient systems for the illumination systems and the other efficiency oriented approaches; then CO<sub>2</sub> emissions rates for the both conditions are compared; annual energy savings rates computed for each of specific consumptions per m<sup>2</sup> and m<sup>3</sup> utilization spaces; the payback period of the required investments and in house profitability rates are also computed and also required comparisons are conducted. It is established that the annual energy consumption of the campus buildings without the revisions are less than 250 TEP; however the inner-space-area is larger than 10.000m<sup>2</sup>.

**Key Words:** Building Energy Performance; Energy Audit; Energy Saving Project; Energy Efficiency

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada, İstanbul Ticaret Üniversitesi Küçükalyı Kampüsünde 2009,2010 ve 2011 yıllarına ait veriler temin edilerek ve kampüs binalarındaki ekipmanlar incelenerek enerji verimlilik imkanları araştırılmıştır. Binaların enerji tüketim bilgileri özet olarak verilerek, özellikle tüketim ve maliyet bilgileri grafik ve tablolarla desteklenmiştir. Ayrıca; çalışmanın amacı, kapsamı, hangi tarihler arasında yapıldığı, çalışma yapılan alanlar ve bu alanlardaki bulgular ve öneriler, üst yönetime de sunulacak şekilde kısa ve öz, aynı zamanda gerekli yerlerde de detaylı olarak verilmiştir. Bu kampüste enerji etüdü kapsamında, binalardaki ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri ve ilgili enerji tüketimleri incelenmiştir. Bu sistemlerde enerji tasarrufu ve enerji verimliliği açısından inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kampüsteki binaların 2009,2010 ve 2011 yıllarına ait enerji tüketimleri ve maliyet değerlerinin, üniversite idaresince tutulmuş kayıtlarla ve ayrıca dağıtım şirketlerinden alınan dökümlerle tespitleri yapılmıştır. Tüketim bilgileri ışığında, aylık analizler yapılarak tablolar ve grafiklere işlenmiştir. İstanbul-Küçükalyı'da bulunan üniversite kampüsündeki sınıflar, laboratuvarlar, spor salonu, yemekhane, sosyal tesisler, idari bina gibi birimlerin yalıtımsız mevcut durumundaki ölçüm ve hesaplamalar yapılmıştır.

Daha sonra 01.04.2010 tarihli 27539 sayılı resmi gazetede yayınlanan Bina Enerji Performans Yönetmeliği (BEP-TR) ile TS 825 standartlarına uygun olarak yalıtım yapılması önerilmiş ve buna uygun olarak hesaplar yenilenmiştir. Frekans kontrollü motorların kullanımı, aydınlatmada enerji tasarrufu ve diğer verimlilik artırıcı yöntemler kullanılması durumları için hem yakıt ve elektrik tüketim hesapları yeniden yapılmış, hem de bu durumlar için gerekli yatırım maliyetleri hesaplanmış; ayrıca her durum için CO<sub>2</sub> salınım değerleri hesaplanarak karşılaştırmalar yapılmış; yıllık bazda enerji tasarruf değerleri bina-m<sup>2</sup> kullanım alanı başına özgül değerler olarak hesaplanmıştır. Enerji tasarrufu için yapılacak yatırımların basit geri ödeme süreleri ile net bugünkü değer ve iç karlılık değerleri ayrıca hesaplanmıştır.

### 1.1. Çalışmanın Amacı

Bu bildiri kapsamındaki enerji etüt çalışması ile kampüsteki binalarda ölçüm ve veriler değerlendirilerek mevcut durum tespit edilmiş; çıkan sonuçlar incelenerek öneri ve projeler oluşturulmuş; enerjinin daha verimli kullanılabilmesi için çalışmalar yapılmış; alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımları incelenmiş; yalıtımsız olan kampüs ve müşterilatlari için enerji tasarrufu imkânlarını araştırmak ve verimlilik artırıcı proje (VAP) hazırlanması amacıyla analizler yapılmıştır.

Bu çalışma ile başlıca şunlar amaçlanmıştır:

- Bina yalıtımlarını TS 825 ve binalarda enerji performansı yönetmeliğine uygun hale getirmek
- Yıllık enerji sarfiyatını konfor şartlarından taviz vermeksizin azaltmak
- Sera gazları ve CO<sub>2</sub> salimini azaltmak
- Enerji verimliliği bilincini yerleştirmek
- Isıtma, soğutma ve aydınlatmada kullanılan enerji kaynaklarında kullanılan cihaz ve ekipmanların ekonomik olanlarını seçmek.
- Eğitim kurumunun çalışma programını inceleyerek otomasyon senaryosu yapmak ve en az enerji kullanmak koşuluyla optimum çözümleri sağlayan otomasyon programı uygulamak.
- Yenilenebilir(ısı pompası, rüzgar ve güneş gibi) enerji kaynaklarının uygulanabilirliğini araştırmak. Ekonomik olanları uygulamak.
- Birim metrekareye veya metreküpe düşen özgül enerji tüketimini azaltmak.

### 1.2. Çalışmanın Kapsamı

Enerji etüdü kapsamına kampüsteki kazan dairesi, pompalar, chiller grupları, aydınlatma sistemleri gibi bölümlerde ölçüm ve analizler yapılmıştır. Etüt çalışması ile, kurumun hizmet kalitesinden ve konfordan taviz vermeden optimum enerji ile kurumun fonksiyonunun devam etmesini sağlamak amaçlanmıştır. Kampüsteki binalarda yeterli ısı yalıtımı olmadığı görülmüş; bu nedenle öncelikle TS825 standardına göre gerekli yalıtım detayı çıkarılarak elde edilecek tasarruf miktarları



belirlenmiştir. Kalorifer tesisat borularında eksik olan izolasyonların yapılması ile elde edilecek enerji tasarrufu hesaplanmıştır. Kalorifer kazanlarından çıkan atık ısıdan yararlanmak için baca ile kazan arasına ekonomizer koyulması ve ekonomizerin sağlayacağı verimlik artışı incelenmiştir. Kurumdaki elektrik motorlarının verimlilik sınıfları incelenmiş, daha verimli motorlarla değiştirilmesi ve bunun işletmeye getirişi analiz edilmiştir. Aydınlatma sistemi incelenmiş, tasarruflu armatürlerin önemi belirtilmiş; özellikle bina işletme programı incelenerek, optimum işletme senaryosuna göre otomasyon programı hazırlanması gerektiği önerilmiştir. Enerji Etüt çalışması sonucunda elde edilecek tasarruf değerleri birim metre-kare veya metreküpe düşen enerji miktarı ve bedeli cinsinden hesaplanmıştır. Ayrıca kampüsteki ısı yalıtım uygulamasının sonuçları TEP/yıl ve TL/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

### 1.2.1. Kampüsteki Isıtma-Soğutma Mekanik Tesisat Ekipmanlarının İncelenmesi:

Kampüsteki ısıtma için kullanılan sıcak su kazanlarının kapasiteleri aşağıda belirtildiği gibidir:

Yeni bina ısıtma sıcak su kazanı.....	475.000 Kcal/h
Mühendislik Fakültesi 1.Sıcak su kazanı.....	150.000 Kcal/h
Mühendislik Fakültesi 2.Sıcak su kazanı.....	250.000 Kcal/h
Mühendislik Fakültesi 3.Sıcak su kazanı.....	425.000 Kcal/h
Meslek Yüksek Okulu ısıtma sıcak su kazanı .	425.000 Kcal/h
Toplam.....	1.725.000 Kcal/h (2006 kW)

Kampüsteki 17.888 m<sup>2</sup> kapalı-alan için toplam 1.725.000 Kcal/h kapasitede sıcak-sulu kalorifer kazanlarının kurulu olduğu görülmüştür. Kampüsteki kazanlara göre özgül ısı güç değeri:

$$1725000 / 17888 = 96.4 \text{ kcal/h-m}^2 = 112 \text{ W/m}^2$$

olmaktadır.

Kazanların verim değerlerinin tespit edilebilmesi için aşağıdaki ölçümler alınmıştır:

- Baca Gazı Emisyonlarının Ölçülmesi
- Yakıt Sarfiyatının Ölçülmesi
- Kazan dönüş suyunun Sıcaklığının Ölçülmesi
- Kazan Yüzey Sıcaklıklarının Ölçülmesi
- Kazan Sıcaklıklarının Termal Kamera İle Kontrolü
- Mevsim İtibari İle Kazan Dairesinin Ortam Sıcaklığının Ölçülmesi

### 1.2.2. Isıtma Sistemi

Kampüsteki binalar yalıtımsız olup TS 825 göre proje hazırlanıp ısı kayıp ve kazancının irdelenmesi yapılmıştır. Kazanların baca gazı atık ısısından yararlanarak, kazan verimini yükseltmek için baca ile kazan arasına ekonomizer koyulması için fayda maliyet analizinin yapılmış; tesisat borularının izolasyon durumları incelenmiştir.

### 1.2.3. Soğutma Sistemi

Soğutma gruplarının bulunduğu mahaller; soğutma sistemlerinin kapasiteleri ve soğutma cihazlarının verimleri incelenmiştir.

### 1.2.4. Elektrik Tesisatı, Elektrik Motorları ve Aydınlatma Sistemi

Elektrik tesisatının analizi; elektrik motorlarının incelenmesi; Pompaların frekans invertör gerekliliğinin incelenmesi ve bina aydınlatma sisteminin analizi yapılmıştır.

**Tablo 1.** İzolasyonlu ve İzolasyonsuz Durumların Karşılaştırması

	<b>İzolasyonsuz</b>	<b>İzolasyonlu</b>
TOPLAM ISI KAYBI (kW)	1532	1330
TOPLAM ISI KAYBI (kcal/h)	1317417	1143663
İSTİLAN MAHAL ALANI (m <sup>2</sup> )	17888	17888
İSTİLAN MAHAAL HACMI (m <sup>3</sup> )	53664	53664
ÖZGÜL ISI İHTİYACI (kWh/m <sup>2</sup> )	0,0856	0,0743
ÖZGÜL ISI İHTİYACI (kWh/m <sup>3</sup> )	0,0285	0,0248
ELDE EDİLEN TASARRUF (kcal/h)	173754	
YAKIT EKONOMİSİ (m <sup>3</sup> /h)	23,4012	
YILLIK KAZAN YANMA SÜRESİ (saat)	2160	
YILLIK YAKIT TASARRUFU (m <sup>3</sup> /yıl)	50546	
YAKIT FİYATI (TL/m <sup>3</sup> )	0,85	
YILLIK KAR (TL)	42965	
TASARRUF ORANI (%)	13,19	

### 1.2.5. Mevcut Elektrik Tarifesinin İncelenmesi

Mevcut Elektrik Tarifesi ve diğer tarifelerle karşılaştırılması yapılmıştır.

### 1.2.6. Alternatif Enerji Sistemlerinin İncelenmesi

Trijenerasyon sisteminin uygulanabilirliğinin incelenmesi; absorsorsiyonlu soğutma sisteminin irdelenmesi; rüzgar enerji sisteminin uygulanması; güneş enerji sisteminin uygulanması ve toprak kaynaklı sudan suya ısı pompasının uygulamasının incelenmesi yapılmıştır.

### 1.3. Etüd Çalışmasında Kullanılan Cihazlar ve Alınan Ölçümler

Yapılan enerji etüdü çalışmasında, akredite olmuş ulusal veya uluslararası kuruluşlar tarafından kalibrasyonu yapılmış ve etiketlenmiş cihazlar kullanılmıştır.

### 1.4. Enerji Tüketimleri ve Maliyetler

Enerji etüdü için 2009-2010-2011 yıllarına ait enerji tüketim ve maliyet analizleri yapılmış; elde edilen değerler ile aşağıdaki tablo ve grafikler hazırlanmış; bunlara göre analiz ve yorumlar yapılmıştır:

2009 yılında doğal gaz tüketimi %37, kullanılan elektrik enerjisi %63 olarak gerçekleşmiş; maliyet açısından incelendiğinde doğalgaz maliyeti %21, elektrik maliyeti ise %79 olmuştur. Maliyette elektrik payının yüksek çıkması;elektriğin birim fiyatının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

2010 yılında doğal gaz tüketimi %23, kullanılan elektrik enerjisi %77 olarak gerçekleşmiştir. Maliyet açısından incelendiğinde doğalgaz %11, elektrik ise %89 olmuştur. 2009 yılına göre doğal gaz tüketim oranında %14 azalma gözlemlenmiştir. Tablolara bakıldığında ise doğal gaz kullanım miktarı 46905m<sup>3</sup> den 48014m<sup>3</sup> olarak %2.3 olarak arttığı; elektrik kullanımının ise 781595kWh değerinden

1167962kWh değerine %49 oranında arttığı görülmüştür.

2011 yılında ise, doğal gaz tüketimi %29, kullanılan elektrik enerjisi %71 olarak gerçekleşmiştir. Maliyet açısından incelendiğinde doğalgaz %13, elektrik ise %87 olmuştur.

Doğal Gaz ve Elektrik tüketimleri TEP eşdeğerine dönüştürülerek toplam yıl bazında enerji tüketimleri ve yıllık toplam maliyetler incelenmiş; elde edilen sonuçlar Tablo.2; Tablo.3 ve Tablo.4'te verilmiş; bu tablolara bakıldığında elektrik enerji tüketimi eşdeğerlerinin %63 ile %76 arasında değiştiği görülür iken; elektrik enerjisi maliyetleri oranlarının ise %78 ile %89 arasında değiştiği görülmüş; elektrik maliyet payının yüksek olmasının elektriğin enerji birim fiyatının çok daha yüksek olmasından kaynaklandığı sonucu bulunmuştur.

## 2. ETÜD SONUÇLARI VE ANALİZLER

Bu bölümde, genel bulgular ve enerji verimliliği ve enerji tasarrufu sağlayabilmek için yönetmeliğe uygun dış cephe ve tesisat borularının izolasyonlarının yapılması, kazanlara ekonomizer konulması, motorlar ve aydınlatma sistemlerinde daha verimli ekipmanlar kullanılması gibi önlemler ile tasarruf edilecek enerji değeri, öngörülen harcama tutarı, geri ödeme süreleri, CO<sub>2</sub> salınımında azaltma miktarları, öngörülen uygulama planı gibi bilgiler Tablo.6'da özet olarak verilmiştir.

Ayrıca, Tablo.5'te kampüsteki elektrik ve doğal gaz tüketimlerine ait özgül değerleri ve bu değerlerin TEP eşdeğerlerinin yıllara göre aylık değişimleri verilmiş; ilaveten Şekil.1'de elektrik enerjisi tüketimlerinin değişimleri grafik olarak; Şekil.2'de doğal gaz tüketimlerinin değişimleri grafik olarak; Şekil.3'te ise toplam enerji tüketimlerinin değişimleri grafik olarak verilmiştir.

Yaptığımız etüt çalışmasında, ayrıca 2009-2010-2011 yıllarına ait enerji giderleri de tablolara işlenerek gerekli grafikler elde edilmiştir. Şekil.1,2,3'teki grafikler incelendiğinde, doğal gaz tüketimlerinin mevsimsel duruma göre dengeli gittiği görülmüştür. Elektrik tüketiminde ise, 2011 yılında Şubat, Mart, Nisan aylarında keskin artışlar olduğu görülmüş; yaptığımız incelemede elektrik tüketiminde oluşan bu keskin artışının sebebinin, ek binanın devreye alınması için yapılan revizyon ve tadilat çalışmalarından kaynaklandığı görülmüştür.

**Tablo 2.** 2009 Yılı Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri.

Enerji Türü	Tüketim				Maliyet		Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	%Toplam	TL	% Toplam	TL/TEP
Elektrik (Alınan)	781.595	kWh	67,22	63,46	214.965,60	78,87	3.198,08
Doğal Gaz	46.905	Sm <sup>3</sup>	38,70	36,54	57.607,00	21,13	1.488,68
<b>TOPLAM</b>			<b>105,91</b>		<b>272.572,60</b>		

**Tablo 3.** 2010 yılı Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri.

Enerji Türü	Tüketim				Maliyet		Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	%Toplam	TL	% Toplam	TL/TEP
Elektrik (Alınan)	1.491.320	kWh	128,25	76,40	390.552,84	89,25	3.045,16
Doğal Gaz	48.014	Sm <sup>3</sup>	39,61	23,60	47.024,00	10,75	1.187,13
<b>TOPLAM</b>			<b>167,87</b>		<b>437.576,84</b>		

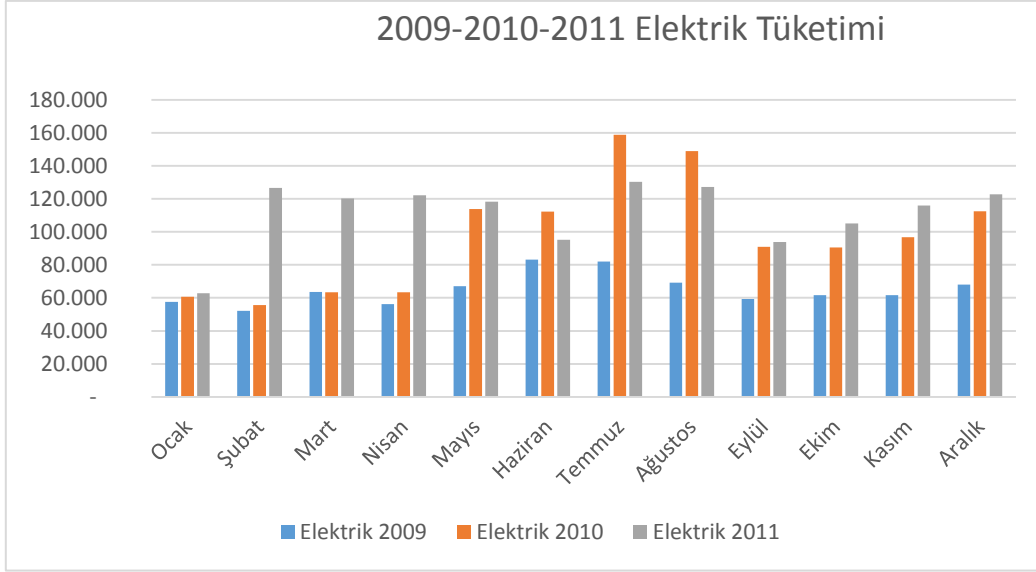
**Tablo 4.** 2011 Yılı Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri.

2011 Yılı Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri							
Enerji Türü	Tüketim				Maliyet		Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	% Toplam	TL	% Toplam	TL/TEP
Elektrik	1.341.125,5	kWh	115,34	71%	374.113,34	87%	3243,66
D.Gaz	57.204,0	Sm <sup>3</sup>	47,19	29%	56.672,00	13%	1200,85
<b>TOPLAM</b>			<b>162,53</b>		<b>430.785,34</b>		

**Tablo 5.** 2009-2011 arası Özgül Enerji Tüketim Değerleri

Ay	2009		2010		2011	
	x10 <sup>5</sup> TEP/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	x10 <sup>5</sup> TEP/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	x10 <sup>5</sup> TEP/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Ocak	7,6420	8,8842	7,1904	8,3593	6,5786	3,5143
Şubat	6,1272	7,1233	7,8337	9,1071	10,2665	7,0812
Mart	7,5583	8,7870	6,4271	7,4721	10,7880	6,7277
Nisan	6,3260	7,3545	5,7750	6,7141	9,7172	6,8281
Mayıs	5,3834	6,2589	7,6439	8,8875	7,2207	6,6157
Haziran	4,2675	4,9622	5,7363	6,6700	5,8706	5,3274
Temmuz	3,9977	4,6484	7,6702	8,9189	6,2785	7,2893
Ağustos	3,3351	3,8780	7,1713	8,3387	6,1179	7,1138
Eylül	2,8763	3,3445	4,3823	5,0957	4,5224	5,2516
Ekim	2,9820	3,4674	4,3554	5,0645	5,5193	5,8799
Kasım	3,4052	3,9594	6,8746	7,9929	7,7073	6,4849
Aralık	5,3087	6,1722	7,2360	8,4132	10,2729	6,8597
<b>Ortalama</b>	<b>4,9341</b>	<b>5,7367</b>	<b>6,5247</b>	<b>7,5862</b>	<b>7,5717</b>	<b>6,2478</b>



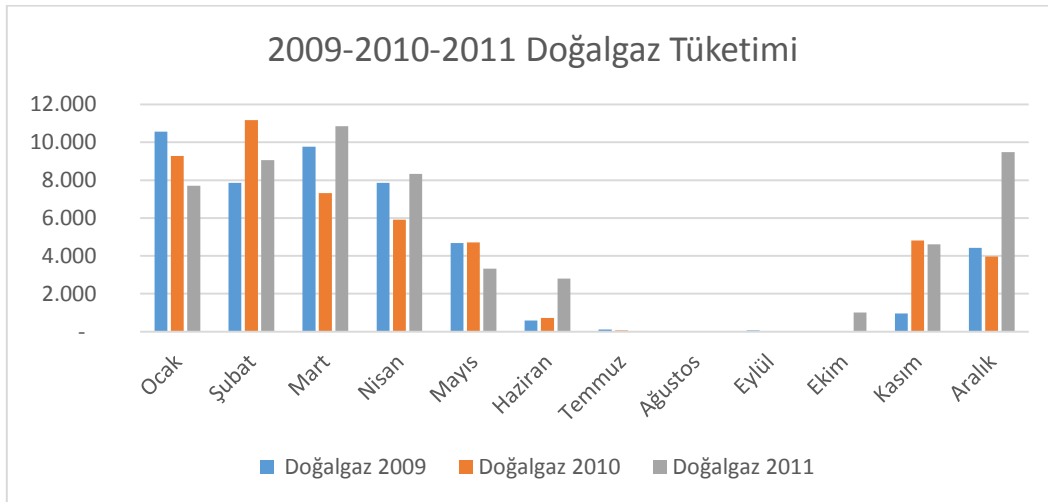


Şekil 1. 2009-2011 arası Elektrik Tüketimlerinin aylara göre değişimi

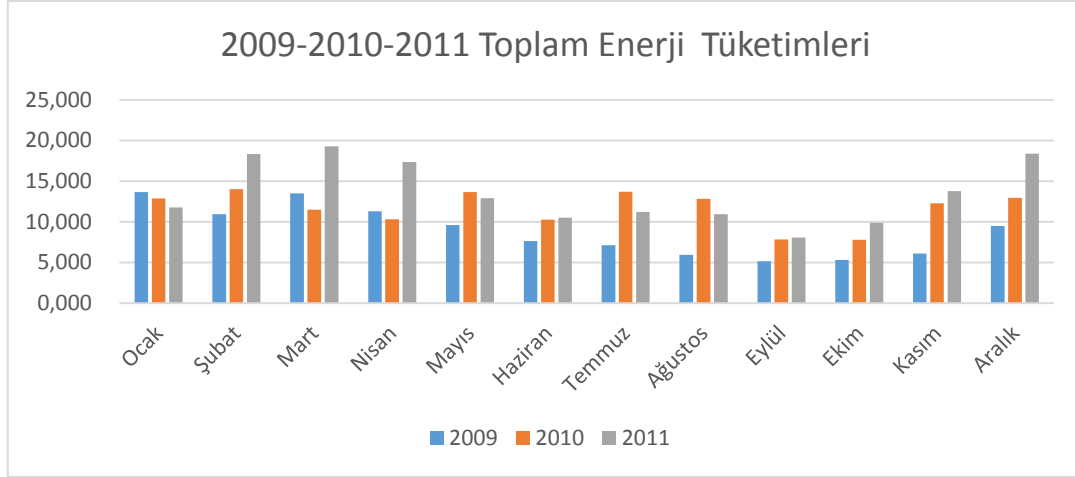
Üniversite kampüsünde yaptığımız etüt çalışması sonucunda, kampüsteki enerji tüketiminin azaltılabilmesi için Tablo.6'da verimlilik elde edilebilecek yerler, enerji tasarruf miktarları ve diğer bilgiler verilmiştir.

#### 4. VERİMLİLİK ARTIRICI PROJE (VAP) ÖNERİLERİ ve HESAPLARI

Etüt sonunda İstanbul Ticaret Üniversitesi Küçükalyalı Kampüsü için Tablo.6'da belirtilen enerji tasarruf önlemleri konularında, Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) hesaplamaları yapılmış ve bu tabloda özet bilgiler verilmiş; buradaki VAP önlemlerinin bütünü hakkında detay bilgilerin hepsi sayfa sınırı sebebi ile verilememiş; sadece kazanlara ekonomizer konulması konusunda detay bilgileri verilmiştir.



Şekil 2. 2009-2011 arası Doğal Gaz Tüketimlerinin aylara göre değişimi



**Şekil 3.** 2009-2011 arası Toplam Enerji Tüketiminin aylara göre değişimi

Kampüste 5 adet kazan olup, kazanların toplam norm ısısal kapasitesi 1.725.000 kcal/h (2006 kW) olmaktadır. Kazanların verimlerini arttırmak amacı ile, baca gazı atık ısısından faydalanarak kazan giriş suyu sıcaklığını arttıracak ekonomizerin konulması durumunda, kazan giriş suyu sıcaklığı ile kazan çıkış suyu arasındaki sıcaklık farkı düşürülecek ve kazanda kullanılması gereken enerji ve yakıt maliyetleri azaltılmış olacaktır. Bu durum için gerekli yatırım maliyetleri ile ekonomizer konulmadan önceki ve sonraki verimlik sonuçları ile bu yatırımın geri ödeme süreleri tablolarda detaylı olarak verilmiştir. Burada örnek olarak sadece 475000kcal/h kapasiteli kazanda yapılabilecek iyileştirmeler ile ekonomizer konulması konusundaki detaylı analizler verilmiş; diğer kazanlarındaki sonuçlar benzer olduğundan bunlar için detaylar verilmemiştir.

Belirtilen kazanda verim arttırmak amacı ile yapılabilecek iyileştirmeler aşağıdaki belirtilen şekilde özetlenmiş, ilgili bilgiler ise Tablo.7 ve Tablo.8'de verilmiştir:

1. Ekonomizer uygulaması ile baca atık ısıdan yararlanılarak (175°C baca gazı sıcaklığı 108°C ye düşürülmesi ile kazan verimi artırılması.
2. Yanma havasında yapılacak ayarlamalar ile baca gazındaki O<sub>2</sub> miktarı %5'e çekilerek verim artışı sağlanabilir.

**Tablo 6.** Enerji Verimliliği için Yapılabilecek Yatırımlar

Önlemler	Enerji Türü	Tasarruf Miktarı				CO <sub>2</sub> Azalma Miktarı Ton/YIL	Yatırım Maliyeti TL/Yıl	Geri Ödeme Süresi Yıl	Uygulama Planı
		Miktar	Orijinal Birim	TEP/YIL	TL/Yıl				
DIŞ CEPHE İZOLASYON	D.G	16.984,00	Sm <sup>3</sup>	14,01	14.437,21	31,76	67.855	4,70	U.V
TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI	DG	56.904,00	Sm <sup>3</sup>	46,95	48.368,40	106,41	642.180	3,63	U.V.
	ELK.	536.460,00	KWh	46,14	128.748,00	248,07			
KAZAN ÇIKIŞINA EKONOMİZER KOYULMASI	D.G	1.567,23	Sm <sup>3</sup>	1,30	1.332,14	2,93	5.850	4,39	U.V.



BORU FİTTİNGS VANA İZOLASYONU	D.G	22.501	Sm <sup>3</sup>	18,56	12,087,82	39,77	25.900	2,14	U.V.
AYDINLATMA	ELK.	442.260,00	kWh	38,03	92.070,50	204,51	24.991	0,27	K.V
MOTORLARN FF1 DAHA VERİMLİ MOTOR İLE DEĞİŞMESİ	ELK.	20.798,87	kWh	1,79	4.936,40	9,60	5.252	1,06	O.V.
TOPLAM				165,76	307.967,77	643,05	771.653		

( U.V. : Uzun Vadeli ; O.V. : Orta Vadeli ; K.V. : Kısa Vadeli )

**Tablo 7. DEMİRDÖKÜM- 475000 kcal/h Kapasiteli Kazanın mevcut verim değerleri**

Mevcut Durumdaki Kazan Kayıpları	
1.Kuru Baca Gazı Isı Kaybı ( $L_{KBG}$ )	4,99%
2.Baca Gazı Nem Nedeni İle Olan Isı Kaybı ( $L_{NBG}$ )	1,97%
3.Baca gazındaki Yanmamış Karbonmonoksit Nedeniyle Olan Isı Kaybı( $L_{COBG}$ )	0,00%
4.Kazan Yüzeyinden Radyasyonla Ve Konveksiyonla Olan Isı Kaybı ( $L_{RK}$ )	3,34%
5.Isı Kayıpları Toplamı (L)	10,30%
6.Blöf Nedeni İle Olan Isı Kaybı( $L_B$ )	0,00%
7.Toplam Isı Kaybı( $L_{Toplam}$ )	10,30%
8.Kazan Verimi ( $100-L_{Toplam}$ )	89,70%
9.Fazla Hava Oranı	1,17%

**Tablo 8. DEMİRDÖKÜM- 475000 kcal/h Kapasiteli Kazanın iyileştirme sonrasındaki verim değerleri**

İyileştirmeler Sonrasında Gerçekleşen Kayıplar	
1.Kuru Baca Gazı Isı Kaybı ( $L_{KBG}$ )	2,69%
2.Baca Gazı Nem Nedeni İle Olan Isı Kaybı ( $L_{NBG}$ )	1,36%
3.Baca gazındaki Yanmamış Karbonmonoksit Nedeniyle Olan Isı Kaybı( $L_{COBG}$ )	0,00%
4.Kazan Yüzeyinden Radyasyonla Ve Konveksiyonla Olan Isı Kaybı ( $L_{RK}$ )	3,34%
5.Isı Kayıpları Toplamı (L)	7,39%
6.Blöf Nedeni İle Olan Isı Kaybı( $L_B$ )	0,00%
7.Toplam Isı Kaybı( $L_{Toplam}$ )	7,39%
8.Kazan Verimi ( $100-L_{Toplam}$ )	92,61%
9.Fazla Hava Oranı	1,17%



Belirtilen Sıcak Su Kazanındaki iyileştirmeler sonucu verim artış oranı:

$$[ ( \text{Yeni verim} - \text{Eski verim} ) / ( \text{Eski verim} ) ] \times 100 = \%3,14$$

olarak gerçekleşeceği bulunmuştur.

Belirtilen bu kazana ekonomizer konulduğunda sağlanacak yakıt ve maliyet tasarrufu detayları Tablo.9'da verilmiş; bu ekonomizer için basit geri ödeme süresi ve iç karlılık metoduna göre hesaplamalar yapılmış ve ilgili sonuçlar Tablo.10'da verilmiştir.

### 3. SONUÇ

Enerji etüdü yapılan kampüs binalarında ısıtma sezonuna bağlı olarak kış sezonunda doğal gaz tüketimlerinin arttığı; yaz sezonunda düştüğü; fakat klima sistemlerinin kullanımına bağlı olarak elektrik tüketimlerinin yaz aylarında arttığı ve yıl boyunca çok fazla değişim olmadığı görülmüştür. Ayrıca elektrik birim fiyatlarının yüksek olmasından dolayı yıllık bazda TEP olarak doğal gaz %30; elektrik %70 olmuş; maliyet olarak ise yıllık bazda doğal gaz %15, elektrik ise %85 şeklinde gerçekleşmiştir. Buna göre enerji maliyetlerinde elektrik en büyük oranı oluşturmaktadır.

Tablo.3'te verilen tasarruf odakları incelendiğinde kısa, orta, uzun vadede kendini geri ödeyecek olan enerji tasarruf yatırımları ile ilgili özet bilgiler görülmektedir.

İlgili önlemler alındığında CO<sub>2</sub> salınımında da 643,05 Ton/Yıl azalma olacağı görülmektedir. Bu miktardaki CO<sub>2</sub> emisyonunun temizlenebilmesi için doğaya ilave olarak 1.929 adet ağaç dikilmesi gerekmektedir. Enerji tasarrufu kurumun faaliyetlerini sürdürmede hem maliyet açısından avantaj getirecek; hem de çevreyi daha az kirletecektir.

**Tablo 9.** Kazana Konulacak Ekonomizerin Sağladığı Yakıt Tasarrufu Hesabı

EKONOMİZERDEN ÇIKIŞ KAZANA GİRİŞ SU SICAKLIĞI		
KAZANIN YERİ	Ön Bina Mühendislik Fakültesi	
KAZANIN KAPASİTESİ	475.000	kcal/h
KAZAN MARKASI	Demirdöküm	
KAZAN TİPİ	Dökme Dilim Sıcak Su Kazanı	
KULLANILAN YAKIT	DOĞALGAZ	
1Sm <sup>3</sup> DOĞALGAZ İÇİN GERKLİ HAVA	11,791	m <sup>3</sup> h/m <sup>3</sup> dg
YAKIT TÜKETİMİ	51,2	Sm <sup>3</sup> /h
HAVA FAZLAİK KATSAYISI λ	1,2	
BACA GAZI MİKTARI=YANMA HAVASI x YAKIT MİKTARI x HAVA FAZ.KAT.		
BACA GAZI MİKTARI=	724,439	Nm <sup>3</sup> /h
KAZAN BACA GAZI SICAKLIĞI EKO GİRİŞ	175	°C
KAZAN BACA GAZI SICAKLIĞI EKO ÇIKIŞ	108	°C
HAVA ÖZGÜL İSİ ENTERPOLASYONLA	1,0146	Kj/kgK
HAVANIN ÖZGÜL YOGULUĞU	0,8334	KG/m <sup>3</sup>
ISI KAZANCI Q=mxC <sub>p</sub> xΔt	41.041,67	Kj/h
ISI KAZANCI Q	9.818,58	kcal/h
ISI KAZANCI Q	11,42	KW
HAVANIN KUTKESİ	603,75	KG/h
SICAKLIK FARKI Δt	20	°C
EKONOMİZERDEN GEÇEN SU MİKTARI	5	m <sup>3</sup> /h
KAZAN GİRİŞ SU SICAKLIĞI	70	°C
SU ÖZGÜL İSİSİ	1	KCAL/KG °C
SUYUN KÜTLESİ	23750	KG/h
t <sub>2</sub> =(Q/mxC <sub>p</sub> )+t <sub>1</sub>	72,0	°C
Δt=Ekonomizer Giren -çıkan suyun sıcaklık farkı	2,0	°C
KAZAN GİRİŞ EKONOMIZER ÇIKIŞ SICAKLIĞI	72,0	°C

TASARRUF EDİLEN YAKIT		
B=Q/(H <sub>u</sub> Xη <sub>t</sub> )		
B=TASARRUF EDİLEN YAKIT	1,23	Sm <sup>3</sup> /h
Q=TASARRUF EDİLEN İSİ KAZANCI	9.818,58	kcal/h
H <sub>u</sub> =YAKITIN ALT İSİ DEĞERİ	8250	kcal/Sm <sup>3</sup>
η <sub>t</sub> =SİSTEMVERİMİ	97,00%	
YILLIK ÇALIŞMA SAATİ	1500	SAAT/YIL
YILLIK TASARRUF EDİLEN YAKIT	1.840,41	Sm <sup>3</sup> /Yıl
YAKIT FİYATI	0,8	TL/Sm <sup>3</sup>
YILLIK TASARRUF EDİLEN KAZANÇ	1.472,33	TL/Yıl

**Tablo 10.** Kazana Konulacak Ekonomizerin İçin Ekonomiklik ve Geri dönüş Süresi Hesabı**EKONOMİK ANALİZ****PROJE TOPLAMI**

Basit Geri Ödeme Süresi	:	Yatırım maliyeti/Kazanç	3.900,00 / 1.472,33
			2,65 Yıl
Net Bugünkü Değer			
Net Bugünkü Değer(Fayda) $P_2 =$		$ax((1+i)^n-1)/((1+i)^nxi)$	
Hurda Değeri NBD $P_1 =$		$F/(1+i)^n$	
Dönem Sonunda Hurda Değeri	:	59,85	TL
Hurda Değeri F	:	250,00	TL
Sistemin İlk Satın Alma Maliyeti	:	3.900,00	TL
Sistemin montaj ve işletmeye Alma Maliyeti:		0,00	TL
Yatırım Maliyeti $\Sigma$ masraf	:	3.900,00	TL
Yıllık Bakım Maliyeti	:	0,00	TL
Yıllık Tasarruf	:	1.472,33	TL
Toplam Yıllık Tasarruf	:	1.472,33	TL
İskonto Oranı i	:	0,10	
$i_2$		0,25	
Ekonomik Ömür n	:	15,00	Yıl
$\Sigma$ Toplam Fayda=Yıllık Tasarruf NBD ( $P_2$ )+Hurda Değeri NBD ( $P_1$ )			
Hurda Değeri NBD ( $P_1$ )	:	59,85	TL
Yıllık Tasarruf NBD ( $P_2$ )	:	11.198,66	TL
$\Sigma$ Toplam Fayda NBD=Yıllık Tasarruf NBD ( $P_2$ )+Hurda Değeri NBD ( $P_1$ )			
$\Sigma$ Toplam Fayda NBD	:	11.258,51	TL
Net Bugünkü Değer	:	$\Sigma$ Toplam Fayda NBD-Yatırım Maliyeti $\Sigma$ masraf	
Net Bugünkü Değer	:	7.358,51	
İç Karlılık Oranı (NBD)			
Hurda Değeri İç Karlık NBD $P_1 =$		$F/(1+i_2)^n$	
Hurda Değeri İç Karlık NBD $P_1 =$		8,796093022	
Net Bugünkü Değer(Fayda) İç Karlılık $P_2 =$		$ax((1+i_2)^n-1)/((1+i_2)^nxi)$	
Net Bugünkü Değer(Fayda) İç Karlılık $P_2 =$		5682,107974	TL
$\Sigma$ Toplam Fayda(İK)=Yıllık Tasarruf(İK) NBD ( $P_2$ )+Hurda Değeri(İK) NBD ( $P_1$ )			
Hurda Değeri NBD (İK) ( $P_1$ )	:	8,796093022	TL
Yıllık Tasarruf NBD (İK)( $P_2$ )	:	5682,107974	TL
$\Sigma$ Toplam Fayda(İK)=Yıllık Tasarruf(İK) NBD ( $P_2$ )+Hurda Değeri(İK) NBD ( $P_1$ )			
$\Sigma$ Toplam Fayda NBD	:	5690,904067	TL
İNBDİ İç Karlılığa Göre Mutlak Fayda	:	$\Sigma$ Toplam Fayda NBD- $\Sigma$ Masraf	
İç Karlılık Oranı= $i+(NBD/(NBD+İNBD'I))x(i_2-i)$			
NBD= $\Sigma$ Toplam Fayda NBD- $\Sigma$ Toplam Fayda (İK) NBD			
NBD	=	5.567,60	
İç Karlılık Oranı= $i+(NBD/(NBD+İNBD'I))x(i_2-i)$			
İç Karlılık Oranı	=	0,213493191	
İç Karlılık Oranı	=	21,35%	
Karlı Bir Yatırım Görülmektedir			



## KAYNAKLAR

- [1] KEDİCİ Ö., “Enerji Yönetimi” Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Kaynakları Etüt Dairesi Başkanlığı 1993 Ankara
- [2] YAMANKARADENİZ R.. ”Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları” Dora Basım Yayın Dağıtım Bursa-2009
- [3] ASHRAE, “Fundamentals: Chapter 28 – Energy Estimating Methods”, Atlanta-USA, 1993.
- [4] Kreider, J.F., Rabl A., “Heating and Cooling of Buildings – Design for Efficiency”, McGraw-Hill, 1994.
- [5] AKGÜÇ Ö.. ”Finansal Yönetim” İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayın No:46
- [6] GENCELİ O.F. ”Kalorifer Tesisatı” TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayın No: MMO/352/5 İstanbul Mayıs 2008

## ÖZGEÇMİŞ

### İsmail EKMEKÇİ

1957 Bursa doğumludur. 1980 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi (İTMM) Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1983 yılında Yüksek Makine Mühendisi; 1984 yılında İstanbul Teknik Üniversitesinden Endüstri Yüksek Mühendisi; 1995 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Isı Tekniği Ana Bilim Dalında doktor unvanı almıştır. 1997 yılında Makine Müh. Isı Tekniği Bilim dalında Doçent unvanını aldı. 1981-1996 yılları arasında YTÜ Makine Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi; 1997-1998 yılları arasında Sakarya Üniversitesinde (SAÜ) Yard. Doç. Dr. olarak; 1998-2003 yılları arasında SAÜ’de doçent olarak; 2003-2006 yılları arasında SAÜ’de Profesör olarak; 2006-2011 yılları arasında Marmara Üniversitesinde Prof. olarak görev yapmış; 2011 yılından bu yana da İstanbul Ticaret Üniversitesinde Prof. olarak çalışmaktadır. 2009-2010 yılları arasında Kırklareli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Dekanlık görevi; 2010–2011 tarihleri arasında Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Müdürlüğü; 2013-2014 yılları arasında İstanbul Ticaret Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dekanlık görevlerinde bulunmuş; 2014 yılından bu yana aynı fakültede Basım Yayın Üretim Teknolojileri Bölüm Başkanlığı görevinde bulunmaktadır. Isı Tekniği; Enerji; Optimizasyon ve Sayısal Metodlar konularında çalışmaktadır.

### Nevzat ŞADOĞLU

1956 yılı Rize/İyidere doğumludur. 1982 yılında İstanbul Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümünü bitirmiştir. Daha sonra İstanbul Üniversitesi İşletme İktisat Ens. Genel Yöneticilik ve İnşaat Yöneticiliği Sertifikası aldı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığın ‘dan Enerji Yöneticiliği Sertifikası ile Sanayi ve Bina Etüt Proje Sertifikaları vardır. Halen Enerji Verimliliği; Enerji Etüt proje konuları ve İş Sağlığı Güvenliği konularında çalışmaktadır.

### İsmet TETİK

1955 yılı Rize doğumludur. 1979 yılında İstanbul Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi Makine Müh. Bölümünü bitirmiştir; 1982 yılında aynı üniversitede Makine Müh. Alanında Yüksek Lisansı bitirmiş; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından Enerji Yöneticiliği Sertifikası ile Sanayi ve Bina Etüt Proje Sertifikaları almıştır. Eleksin San. Mak. İmalatı Tic. Ltd. Şti. (HİDREL HİDROLİK ) te 4 yıl imalat şefi olarak çalışmıştır. 1995 yılında Maksan Mühendislik İnş.San. ve Tic. Ltd.Şti. şirketini kurmuş; bu şirkette genel müdür olarak halen çalışmaya devam etmekte; tesisat taahhüt işleri yapmaktadır. Evsel ve Sanayi doğalgaz sistemleri merkezi ve bireysel kalorifer tesisatları, klima sistemleri, havalandırma tesisatları ve diğer mekanik sistemler konusunda çalışmaktadır.

### Kemal ERMİŞ

1971 yılı Ankara doğumludur. 1992 yılında YTÜ Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 1995 yılında Yüksek Mühendis ve Sakarya Üniversitesinden 1998 yılında Doktor unvanını almıştır. 1993-1999 Yılları arasında Araştırma Görevlisi, 1999-2011 yıllarında Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmıştır. 2011 yılından beri SAÜ Teknoloji Fakültesi Makina Müh. Bölümünde Doç. Dr. Olarak görev yapmaktadır. Enerji, Isı transferi konularında çalışmaktadır. . . .

