

# Enerji Tasarrufu Perspektifinde Bir Kampüs Binasının Enerji Taraması Çalışması

Araş. Gör. Can COŞKUN  
Doç. Dr. Zuhal OKTAY

## ÖZET

*Bu çalışmada Balıkesir Üniversitesi Kampüsü alanı içerisinde yer alan Mühendislik-Mimarlık Fakültesi ana binasının enerji taraması yapılmıştır. Ortaya konan veriler ışığında, enerji kullanımı yönünden iyileştirme yapılabilecek noktalar tespit edilmiştir. Yapı işlerinden alınan bina planları doğrultusunda öncelikle binanın mevcut durumu incelenmiş ve bu inceleme sonucunda alınabilecek önlemler vasıtasıyla 3 ana başlıkta iyileştirme yapılabileceği tespit edilmiştir. Bunlar sırası ile: (i) Bina dış kabuğuna yalıtım yapılması, (ii) Isıtma gereksinimi için daha verimli (yoğuşmalı) bir kazan kullanılması, (iii) Binanın doğal aydınlatma olanakları, elektrik ve su tüketimindeki tasarrufu şeklindedir. Binanın ısıtma enerji gereksinimi, yapı elemanları ve meteorolojiden alınan son veriler doğrultusunda derece-saat metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Binada ısıtma sezonunda gerçekleşen enerji kayıpları ve bu kayıpların ne şekilde gerçekleştiği grafik ve tablolarla ortaya konulmuştur. Ayrıca, ısıtma sezonu için günlük ortalama enerji gereksinimi ve ısıtma maliyeti ayrıntılı olarak bulunmuştur. Hesaplanan işletme maliyet değerlerinin doğruluğu ise, mali işlerden alınan yıllık doğal gaz ısıtma giderleri ile karşılaştırılarak yapılmıştır. Binada alınabilecek önlemlerle %32'ye varan enerji tasarrufu ve 89 ton kadar zararlı emisyonlarda azaltma olanağı sağlanabileceği tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak binanın doğal aydınlatma olanakları, elektrik ve su tüketimindeki tasarruf olanakları da araştırılmış ve yenilenebilir enerji kullanılmasının gereği ve önemi ortaya konulmuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** Enerji etüdü, yalıtım, enerji tasarrufu, enerji maliyeti.

## 1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının ısınma amaçlı kullanılmaya başlamasının ardından, bilim adamları teknolojik alanlardaki buluşlar ile elde edilen ısıyı en yüksek düzeyde iç ortamda tutarak, konforda sürekliliğin sağlanması için yoğun çalışmalar yapmaktadır. Bu sayede enerji ve ısıtma maliyetlerinde önemli miktarlarda tasarrufların sağlanabileceği ortaya çıkmıştır.

Enerji bakımından büyük oranda dışarıya bağlı olan ülkemizde enerjinin etkin ve verimli kullanılması büyük önem taşımaktadır. Enerjinin verimliliği kavramı bu bağlamda bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de en öncelikli konular arasında yer almaktadır.

## Abstract:

In this study, energy audit of the Balıkesir University engineering and architecture building has been made. The subjects to be improved are investigated by using analysis data. The present building is examined by using buildings plan taken from technical staff. Investigation is made in three parts and some precautions are suggested. These precautions are; (i) Insulation of the building envelope, (ii) Utilizing high efficiency boiler (with condensation) for heating needs, (iii) Utilizing day light systems, opportunity of savings in the electricity and water consumption. Building heating energy demand is calculated by using of degree hour method. Actual weather data and properties of building are taken from meteorology station and acting head of construction and technical affairs, respectively. Building energy losses for heating season are given by tables and graphics in detail. Also, for heating season daily average heating energy demand and total fuel cost are given in graphics, clearly. The accuracy of the calculated fuel cost is checked with actual natural gas data taken from finance department. If the proposed precautions are supplied to the building, energy saving can be achieved as 32%, and greenhouse gas emission value can be reduce as 89 tones. In addition to these, day light system possibilities, reducing of the electricity and water consumption are investigated for the building and necessity of the using of renewable energies presented.

## Key Words:

Energy audit, insulation, energy savings, cost of energy.

## Makale

Enerji verimliliği kavramı konfor şartlarından taviz vermek olarak anlaşılmamalıdır. Aksine daha az enerji harcayarak aynı konfor şartlarının sürdürülmesi anlamına gelmektedir. Bu da en basit anlamda sistemin detaylı analizleri ile bu analizlerin sonrasında alınacak önlemlerle enerji kayıplarının minimum düzeye çekilmesi olarak ifade edilebilir [1].

Ülkemiz enerji tüketimine bakıldığında; toplam enerjinin %43'ü sanayide, %20'si ulaşımda ve %37'si binalarda ısıtma, soğutma ve elektrik ihtiyacının karşılanması için kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarı, toplam enerji tüketimi içinde oldukça büyük bir bölümü oluşturmaktadır. Isıtma sistemine ait enerji maliyetlerini asgari düzeye çekmek, bilinçli bir işletme ve yalıtımla sağlanabilir [2]. Bina sektörü enerji tüketiminin önemli bir payını oluşturduğundan, bina sektöründe enerjinin verimli kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasının sağlanması, diğer sektörlerle de bir kazanç olarak yansımaya olacaktır. Diğer taraftan, ülkemizde enerjinin verimli kullanılmamasına bağlı olarak hizmetlerin enerji yoğun sağlandığı bir gerçektir. Kısa dönemde sonuçların kolaylıkla alınabileceği bir alan olan enerjinin verimli kullanımı ülkece üzerinde çözüm üretilmesi gereken bir konudur. Ayrıca bu konu enerji politikasının benimsenmesi gereken öncelikli bir ilke olması gerekmektedir[3].

Bu çalışmada vurgulanmaya çalışılan konu olarak enerji tasarrufuna yönelik bir tarama ve alınması gerekli olan önlemlerin ortaya çıkarılması şeklinde amaçlanmıştır. Öncelikle bina enerji analizinden kısaca bahsettikten sonra örnek bir bina ele alınarak incelenmiştir. Daha sonra ise kullanılan analiz yöntemi ile mevcut binanın ısıtma için gerekli olan enerji tüketimi yıllık bazda ortaya çıkarılmıştır. Isıtmada verimliliği artırmak için sunulan önlemlerin uygulanması durumunda ne kadarlık bir enerji ve parasal kazancın ortaya çıkabileceği ve bunun yanında da sera gazı azaltımına nasıl bir katkı sağlayacağı da ortaya konulmuştur. Binada halen soğutma uygulaması başlamadığından dolayı bu sistem için bir inceleme ele alınmamıştır. Elektrik ve su tasarrufuna yönelik alınabilecek önlemler kısaca verilmeye çalışılmıştır.

## 2. BİNA ENERJİ ANALİZİ VE YÖNTEMLERİ

Bina Enerji Analizi (BEA): Bir binanın veya sistemin enerji kullanım düzeyini ve işletme masraflarını tespit etme tekniği olarak ifade edilebilir. Bir bina için, ısıtma, soğutma ve iklimlendirme enerji gereksinimi, enerji analizi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu analizlerde asıl amaç belirlenen enerji gereksinimini karşılayacak en düşük ilk yatırım ve işletme maliyetine sahip farklı çözümlerin belirlenmesidir. Isıtma, soğutma ve iklimlendirme için en basitinden en ayrıntılına birçok BEA yöntemleri kullanılmaktadır. En basit yöntemler, çok sayıda veriyi basite indirgediklerinden kesinlikten uzak yöntemlerdir. En detaylı yöntemler ise kesin verilere dayandığından daha kesin sonuçlar ortaya koyabilmektedir. BEA yöntemleri genel olarak üç ana başlıkta toplanabilmektedir [4]:

- Tek Ölçümlü Yöntemler
- Basitleştirilmiş Çok Ölçümlü Yöntemler
- Ayrıntılı Çok Ölçümlü Yöntemler

Bu çalışmada, bina enerji analizi açısından en detaylı yöntem olan 8760 saat başı yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntem aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

### 2.1. 8760 Saat Başı Yöntemi

Bu yöntemde bina ve cihazların çalışması, birbirini izleyen günlere ve gerçek hava verilerine göre yılın 8760 saati için hesaplanmaktadır. Bu yöntemde temel olarak alınan ilke: Günlük ve saatlik kesin iklim ve işletme verileri kullanılarak, daha hassas enerji gereksinimi ve işletme maliyetinin belirlenmesidir. Hava koşulları, binanın hangi gün ve saatler arasında kullanıldığı, kullanılan cihazlar ve kullanım koşulları gibi detaylar hesaplara katılır. Sonuçta, bu analiz sayesinde enerji gereksinimi ve saatlik kullanıma ilişkin kesin ve hassas sonuçlara ulaşılmış olur [3].

## 3. SEÇİLEN BİNANIN ÖZELLİKLERİ VE ISITMA İHTİYACININ TESPİTİ

İncelenen kampüs binasının ısıtma enerji talebinin belirlenmesi için öncelikli olarak çalışma şartları tespit edilmiştir. Öğretimin 8:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılması nedeniyle belirtilen saatler arasında-

ki dış sıcaklıkların bilinmesi enerji talebinin hassas bir şekilde (i) için gereklidir. Günlük ortalama sıcaklıklara göre yapılan hesaplamalar büyük sapmalara sebep olabilmektedir. Bunun en büyük nedenleri arasında, akşamları binanın ısıtılmıyor olması gösterilebilir. En düşük dış sıcaklık saatlerinde binanın ısıtılmıyor olması enerji talebini büyük oranda düşürmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda görülmüştür ki 08:00 ile 20:00 arasındaki 12 saatlik zaman diliminde, ısıtma enerji talebi toplam enerjinin %38'lik bir kısmını oluşturmaktadır. Derece-saat yöntemi kullanılarak gerekli enerji talebi iki ayrı durum için hesaplanmıştır. Birinci durumda bina mevcut durumuyla enerji ihtiyacı belirlenmiştir. İkinci durumda ise yalıtım sonrasında enerji talebinin ne olacağı tespit edilmiştir. Hesaplamalar yapılırken kullanılan yapı bileşenleri ve ısı transfer katsayıları Tablo 1'de ana hatlarıyla verilmiştir.

Yalıtım yapılmadan önce binanın enerji kayıplarının

ne şekilde gerçekleştiği ve nasıl bir değişim gösterdiği örnek iki gün için Tablo 2'de detaylı bir şekilde verilmiştir. Bu tablodan da kolayca anlaşılacağı gibi saatlik ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplar oluşturulmuştur. Günlük ve saatlik dış sıcaklık verileri meteorolojiden alınan son 10 yıllık verilerin ortalaması ile oluşturulmuştur. Böylece gerçeğe oldukça yakın değerlere ulaşılabilmektedir.

#### 4. ANALİZ

##### 4.1. Isıtmada Sağlanabilecek Tasarrufun Tespiti

İncelenen bina için 8760 saat yöntemi ile enerji kayıpları ayrıntılı olarak tespit edilmiştir. Çalışmada mevcut bina için ısı kaybı 4 ana başlık altında toplanmıştır. Bu kayıplar: (i) infiltrasyonla kayıplar (ii) camlardan oluşan kayıplar (iii) çatıdan oluşan kayıplar (iv) dış duvardan oluşan kayıplardır. Isıtma dönemi için günlük bazda bu kayıpların değişimi ayrıntılı bir biçimde Şekil 1'de verilmiştir. Oluşan kayıpların toplam kayıp içindeki yüzdesi aşağıdaki şekilde

Tablo 1. Farklı Yapı Bileşenleri ve Toplam Isı Transfer Katsayıları

Bileşenler		İç dış çimento harcı (m)	Beton perde (m)	Polistren sert köpük (m)	Delikli tuğla (m)	U (W/°C m <sup>2</sup> )
Kiriş	Yalıtım öncesi	0.05	0.20	-	-	3.02
	Yalıtım sonrası	0.05	0.20	0.05	-	0.60
Dış Duvar	Yalıtım öncesi	0.05	-	-	0.2	1.49
	Yalıtım sonrası	0.05	-	0.05	0.2	0.47
Çatı	Yalıtım öncesi	0.03	0.20	-	-	3.30
	Yalıtım sonrası	0.03	0.20	0.05	-	0.62

Tablo 2. Saatlik Enerji Kayıplarındaki Değişim İçin Örnek Hesaplama Sonuçları

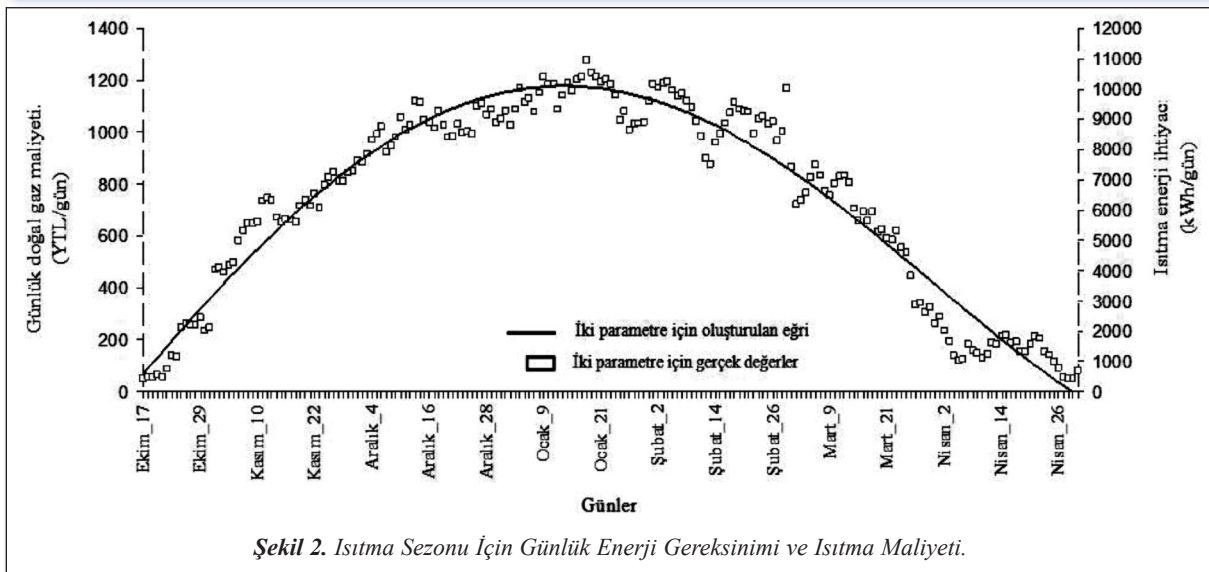
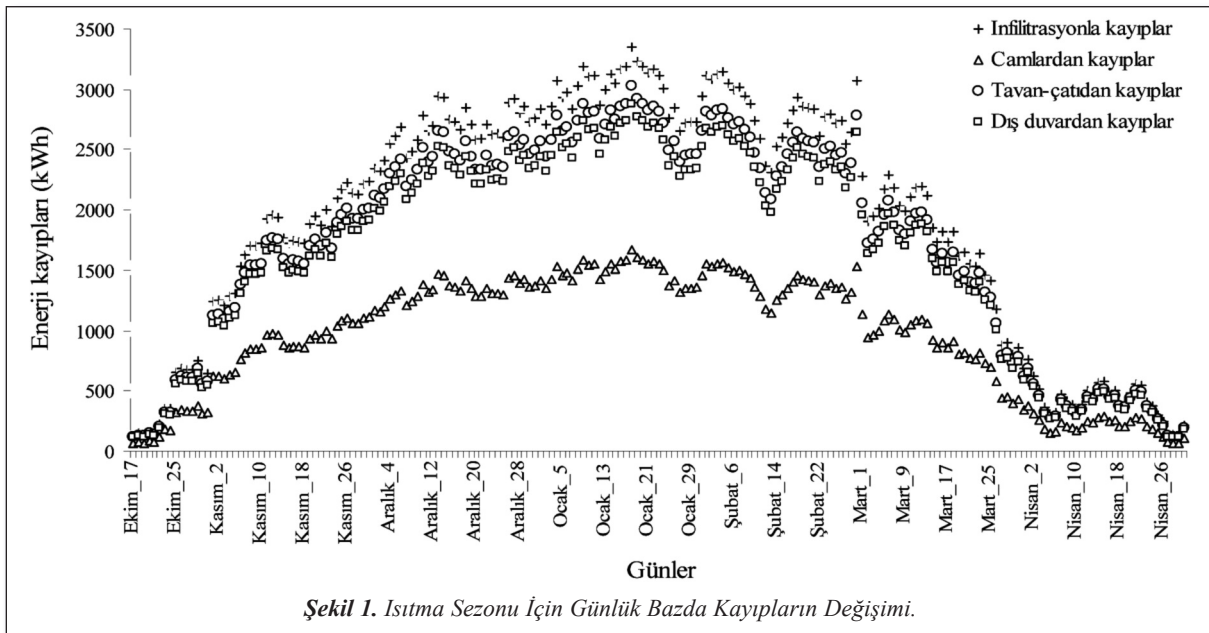
Günler	Saatler														Ortalama (°C)
	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00		
Ocak_1	4.06	4.51	5.13	5.86	6.66	7.39	8.08	8.20	7.95	7.31	6.76	6.24	5.93	6.47	
Ocak_2	4.18	4.81	5.69	6.75	7.73	8.55	9.07	8.92	8.70	7.73	7.11	6.76	6.46	7.11	
Ocak_1	Isıtma İhtiyacı (kWh)													Toplam (kWh)	
Infiltrasyonla ısı kaybı	257.4	250.1	240.1	228.3	215.4	203.6	192.5	190.5	194.6	204.9	213.8	222.2	227.2	2840.5	
Dış duvardan ısı kaybı	220.9	214.6	206.1	195.9	184.9	174.7	165.2	163.5	167.0	175.8	183.5	190.7	195.0	2437.7	
Camdan ısı kaybı	127.9	124.3	119.3	113.4	107.0	101.2	95.6	94.7	96.7	101.8	106.2	110.4	112.9	1411.2	
Tavan-çatı ısı kaybı	232.5	225.9	216.9	206.2	194.6	183.9	173.9	172.1	175.8	185.1	193.1	200.7	205.2	2566.0	
Ocak_2	Günlük Toplam (kWh)													9303.2	
Infiltrasyonla ısı kaybı	255.4	245.3	231.1	213.9	198.1	184.9	176.5	178.9	182.5	198.1	208.1	213.8	218.6	2705.2	
Dış duvardan ısı kaybı	219.2	210.5	198.3	183.6	170.0	158.7	151.5	153.5	156.6	170.0	178.6	183.5	187.6	2321.6	
Camdan ısı kaybı	126.9	121.9	114.8	106.3	98.4	91.9	87.7	88.9	90.6	98.4	103.4	106.2	108.6	1344.0	
Tavan-çatı ısı kaybı	230.8	221.6	208.7	193.3	179.0	167.0	159.4	161.6	164.8	179.0	188.0	193.1	197.5	2443.7	
	Günlük Toplam (kWh)													8862.3	

## Makale

ifade edilebilir: %32 infiltrasyonla kayıplar, %28 çatıdan oluşan kayıplar, %26 dış duvardan oluşan kayıplar, %14 camlardan oluşan kayıplardır. Oluşan kayıpların ısıtma dönemi boyunca değişimi Şekil 1’de detaylı bir şekilde görülmektedir.

İhtiyaç duyulan enerji gereksiniminin karşılanması için günlük doğalgaz gereksinimi de ayrıca hesaplanmıştır. İncelemenin yapılmış olduğu dönemde doğalgaz fiyatı (1 m<sup>3</sup> için 0.58 YTL, Ocak 2008 tarihi itibari ile) göz önüne alınarak, hiçbir önlem alınmadığında oluşan enerji gereksinimi ve ısıtma mali-

yeti Şekil 2’de verilmiştir. Hesaplanan doğal gaz miktarları, hesaplamaların ne ölçüde doğru olduğunu tespit etmek için yetkililerden alınan verilerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonrası Aralık, Ocak ve Şubat ayları için çok yakın değerlere ulaşıldığı tespit edilmiştir. Mart, Nisan, Ekim ve Kasım ayları için sapmanın daha fazla olduğu ortaya konmuştur. Bu sapmanın da en önemli nedeni ise bu aylarda dış sıcaklık değerlerinin son yıllardaki değerlerden daha yüksek olması ve ısıtma enerjisi gereksiniminin azalmış olmasıdır.



Yalıtım sonrasında elde edilebilecek kazançlar örnek olarak alınan bir gün için Tablo 3’de görülmektedir. Hesaplamalar sonrasında yalıtımla beraber duvarlardan ve çatıdan oluşan kayıplarda %55’e varan oranlarda azalma sağlanabileceği belirlenmiştir. Yalıtımın toplam kayıp üzerindeki pozitif etkisi %28.2 olarak bulunmuştur.

Isıtma sisteminde kullanılan normal doğal gazlı kazanın, yoğunmalı tip kazanla değiştirilmesi sonrasında toplam doğal gaz tüketiminde ortalama %4 oranında bir kazanç sağlanabileceği hesaplanmıştır. Yalıtım ve kazan değişimiyle toplamda %32’ye varan oranda bir kazanç sağlanabileceği ortaya çıkartılmıştır. Gerçek değerlere ek olarak, ele alınan tüm önlemler öncesi ve sonrası ortaya çıkan doğalgaz gereksinimin aylara bağlı değişimi Şekil 3’de değerleriyle açık bir şekilde verilmiştir. Isıtma sezonu için hesaplanan değerler bağlamında düşünüldüğünde, toplamda 45 000 m<sup>3</sup>’lük bir doğal gaz tasarrufu sağlanabilme potansiyelinin olacağı bulunmuştur.

#### 4.1.1. Isıtma ihtiyacı için karşılaştırma

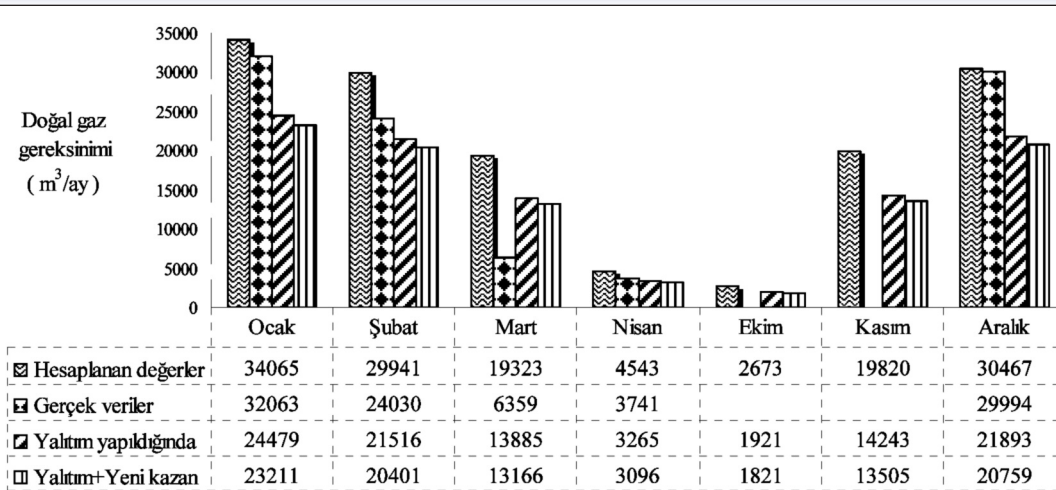
8760 saat yöntemi ile elde edilen enerji kayıpları ne oranda bir sapmanın olacağına (i) amacıyla derece-gün yöntemine göre de hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda %19’luk bir farkın oluştuğu görülmüştür. Beklendiği üzere derece-gün ile hesaplamalarda elde edilen sonuçlar daha yüksek değerlere ulaşmıştır.

#### 4.1.2. Çevresel Kazançlar

Yakıtların yanma reaksiyonu sonrasında oluşturdukları CO<sub>2</sub> emisyonları küresel ısınma bağlamında çevreye büyük zararlar oluşturmaktadır. Diğer yakıtlarla karşılaştırıldığında doğal gaz nispeten daha düşük emisyon değerlerine sahiptir. Bu çalışmada değerlendirilen doğal gazlı yakma sisteminden ısıtma dönemi boyunca çevreye bırakılan CO<sub>2</sub> emisyon değerleri Şekil 4’de verilmektedir. Alınan önlemler sonrasında emisyonların ne düzeylerde gerçekleşeceği de aynı tabloda açıkça verilmiştir.

Tablo 3. Yalıtım Yapılmasının Bina Bileşimlerinden Olan Kayıplar Üzerine Etkisi.

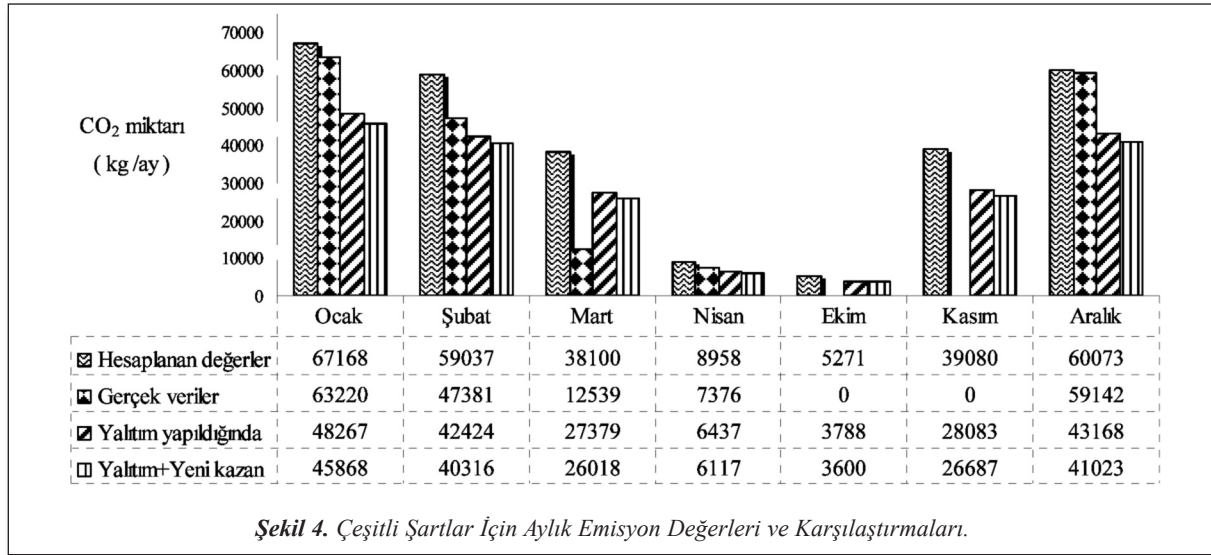
Kayıplar	Yalıtım öncesi	Yalıtım sonrası	Yalıtımla sağlanan kazanç	
	kayıp (kW)	kayıp (kW)	(kW)	(%)
Dış duvar + Kiriş	318.7	183.7	135	42.4
Tavan-Çatı	335.5	107.4	228.1	68
Toplam	654.2	291	363.1	55.5



Şekil 3. Çeşitli Durumlar İçin Aylık Doğalgaz Gereksinimi ve Karşılaştırmaları.



## Makale



#### 4.2. Elektrik ve Su Tüketimindeki Tasarruf

Yapılan inceleme sonrasında alınacak bazı küçük önlemlerle elektrik tüketimi açısından büyük kazançlar sağlanabileceği görülmüştür. Bu önlemler ana başlıklarıyla şu şekilde ifade edilebilir:

Elektrik tüketiminde;

- Koridorlardaki ve özellikle, tuvaletlerde kullanılan lambaların fotoselli lambalarla değiştirilmesi. Böylece genellikle sürekli açık duran bu lambalar ihtiyaç duyulduğunda devreye girecek ve büyük bir kazanç sağlanacaktır.
- Doğal aydınlatma sistemleri kullanılarak gündüz ihtiyaç duyulan aydınlatmanın büyük bölümü bu şekilde sağlanabilir.
- Bina etrafı açık bir arazide ve tepeye kurulu olduğundan çatıya kurulacak bir rüzgâr türbini ve ek olarak PV/T sistemleriyle enerji ihtiyacının bir kısmı azaltılabilir.

Su tüketiminin azaltılması için alınması gereken önlemler ana hatlarıyla şu şekilde ifade edilebilir:

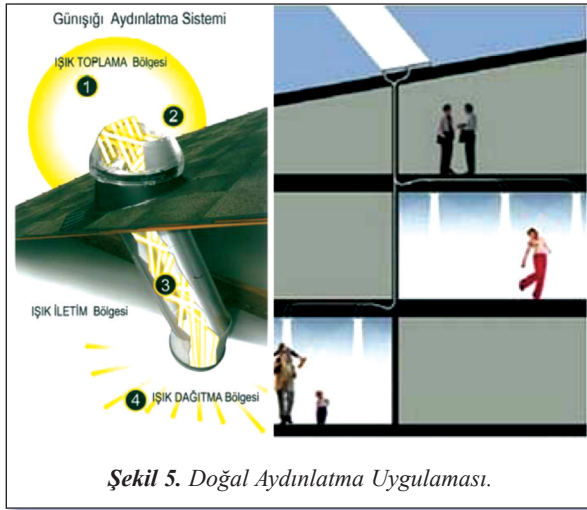
- Meteorolojiden alınan veriler doğrultusunda çalışılan yerleşim merkezine son on yıllık verilere bakıldığında, yıllık olarak metrekareye ortalama 531.6 kg yağış düştüğü tespit edilmiştir. Yağmur suyu depolama sisteminin binaya yerleştirilmesiyle, tüm çatı alanı düşünüldüğünde yıllık 800 ton su kazancı sağlanabilmesi mümkündür.

- Depolanacak su filtre edildikten sonra temizlik işlerinde, tuvaletlerde rahatlıkla kullanılabilir. Bahçe sulama işlerinde de kullanılabilir.
- Ayrıca lavabolardaki muslukların fotoselli otomatik tip musluklarla değiştirilmesiyle aylık yaklaşık 250 ton su sarfiyatı sağlanabilmesi mümkündür. Mevcut olan bir sistemde bunların değiştirilmesi ek bir maliyet getirecek olması nedeni çoğu zaman caydırıcı olmakla birlikte, kendini amorti etme sürelerinin çok kısa olması dolayısı ile bu sistemler avantajlı hale gelmektedir. En azından daha sonra yapılacak binalarda bunların uygulanabilirlik düşüncesi bile bir kazanım olacaktır.

#### 4.3. Doğal Aydınlatma

Gündüz süreci göz önüne alındığında işyerlerinde aydınlatma amaçlı enerji harcamalarında %90'a varan oranlarda tasarruf sağlanabilmektedir [6]. Doğal aydınlatma sistemleri ile gün ışığının parlaklığını %100 - %2 seviyeleri arasında ayarlanabilmesi mümkündür (Şekil 5). Sistem ilettiği ışığın iç mekâna homojen bir şekilde dağılmasını sağlamaktadır [7].

Gün ışığıyla yapılan aydınlatmada, armatür kaynaklı duyulur ısı ortadan kaldırılabilen ve soğutma yükleri azalmaktadır [8]. İncelenen üniversite binasında doğal aydınlatmanın kullanılması ile hem öğrencilerin ders adaptasyonu artırılabilir hem de aydınlatma enerjisi gereksiniminde azalma sağlanabilir.



Şekil 5. Doğal Aydınlatma Uygulaması.

## SONUÇ

Bu çalışmada Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi ana binasının enerji taraması yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar önemli noktalarıyla birlikte aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Bina dış kabuğuna yalıtım yapılması ve kazan değişimi sonrasında %32'ye varan enerji kazancı sağlanabileceği tespit edilmiştir.
- Bu önlemler sonrasında 89 ton civarında CO<sub>2</sub> emisyonunda azaltma sağlanabileceği ortaya konmuştur.
- Isıtma sezonu için hesaplanan değerler bağlamında düşünüldüğünde, toplamda 45 000 m<sup>3</sup>'lük bir doğal gaz tasarrufu sağlanabilme potansiyelinin olduğu bulunmuştur.
- Yapılan hesaplamalar sonucunda Balıkesir ili için 8:00 ile 20:00 arasındaki 13 saatlik zaman diliminde, ısıtma enerji talebinin toplam enerjinin % 38'lik bir kısmını oluşturduğu bulunmuştur.
- Oluşan ısı kayıpları incelendiğinde kayıpların %32 infiltrasyonla, %28 çatıdan, %26 dış duvardan ve %14 camlardan oluştuğu belirlenmiştir.

- Bina etrafı açık bir arazide ve tepeye kurulu olduğundan çatıya kurulacak bir rüzgâr türbini ve ek olarak PV/T sistemleriyle enerji ihtiyacının bir kısmı bu şekilde azaltılabilir.
- Yağmur suyu depolama sisteminin binaya yerleştirilmesiyle, tüm çatı alanı düşünüldüğünde yıllık 800 ton su kazancı sağlanabilmesi mümkündür.
- Lavabolardaki muslukların fotoselli otomatik tip musluklarla değiştirilmesiyle aylık yaklaşık 250 ton su sarfiyatı sağlanabilmesi mümkündür.
- Dış kapı girişlerine (çoğu zaman açık halde olan kapılara) hava perdesi uygulanması ile ısı kayıpları büyük ölçüde azaltılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] MANİOĞLU G. ve YILMAZ Z., “Bina Kabuğu ve Isıtma Sistemi İşletme Biçiminin Ekonomik Analizi”, İTÜ Dergisi mimarlık, planlama, tasarım, Cilt:1 Sayı:1 (Eylül 2002).
- [2] HARPUTLUGİL G. U., “Mimari Tasarım Süreci İçinde Bina Enerji Simülasyon Programı Uygulamalarının Yeri”, Karabük Üniversitesi Teknoloji Dergisi, Cilt 10, Sayı 4, 249-265 (2007).
- [3] ORAL G. K., ‘Appropriate window type concerning energy consumption for heating’ Energy and Buildings, 32, 95-100 (2000).
- [4] ALARKO Carrier Sanayi ve Ticaret A.Ş., Teknik Bülten, Yayın No: 21, Nisan 2007.
- [5] KÜÇÜKÇALI R., ‘Isıtma Sektöründe Yeni Teknolojiler ve Gelecek’, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 1-24 (Ekim 2003).
- [6] www.solatube.com
- [7] www.rmi.org
- [8] www.h-m-g.com