

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mimarlık Ana Bilim Dalı
Mimarlık Programı



TÜRKİYE'DE DÖRT ISIL BÖLGEDEN SEÇİLEN İLKOKUL TİP PROJESİ
İÇİN, BİNA ENERJİ TÜKETİMİNİN OPTİMAL DÜZEYE İNDİRGENMESİ
KONUSUNUN İRDELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Demet SARAÇ

Mimarlık Ana Bilim Dalı
Mimarlık Programı

Eylül, 2019



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TÜRKİYE'DE DÖRT ISIL BÖLGEDEN SEÇİLEN İLKOKUL TİP PROJESİ
İÇİN, BİNA ENERJİ TÜKETİMİNİN OPTİMAL DÜZEYE İNDİRGENMESİ
KONUSUNUN İRDELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Demet SARAÇ
(Y1613.050028)

Mimarlık Ana Bilim Dalı
Mimarlık Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zülküf GÜNELİ

Eylül, 2019

ONAY FORMU



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz Mimarlık Ana Bilim Dalı Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı Y1613.050028 numaralı öğrencisi Demet SARAÇ'ın "TÜRKİYE'DE DÖRT ISIL BÖLGEDEN SEÇİLEN İLKOKUL TIP PROJESİ İÇİN BİNA ENERJİ TÜKETİMİNİN OPTİMAL DÜZEYE İNDİRGENMESİ KONUSUNUN İRDELENMESİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 12.06.2019 tarih ve 2019/12 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *aybıclık* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 18/09/2019

1) Tez Danışmanı: Prof.Dr. Zülküf GÜNELİ

2) Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ayşe SİREL

3) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Seyhan YARDIMLI

.....
.....
.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Türkiye’de Dört Isıl Bölgeden Seçilen İlkokul Tıp Projesi İçin, Bina Enerji Tüketiminin Optimal Düzeye İndirgenmesi Konusunun İrdelenmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’ da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (18/09/2019)

Demet SARAÇ



ÖNSÖZ

Ülkemizde milyonlarca öğrencinin öğrenim gördüğü ilköğretim okulları daha çok aynı mimari özellikte yapılan tip projeler uygulanmaktadır. Fakat her yapı tipolojisi, kullanıcıları ve bulunduğu çevreyle farklı etkileşim içerisinde olduğundan enerji tüketimi, karbon salınımı, görsel, iklimsel ve akustik konfor koşulları da farklı olmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmada ülkemiz genelinde uygulanan tip okul projelerinin enerji tüketimlerini optimal düzeye indirgenmesi ve her bölge için enerji etkin eğitim yapıları oluşturabilmesine yönelik bir araştırma amaçlanmıştır.

Yüksek lisans tezi çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren üzerimde emeği bulunan saygı değer hocam Prof. Dr. Zülküf GÜNELİ' ye çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans derslerinde değerli bilgilerini benimle paylaşan sayın hocalarım Doç. Dr. Ayşe SİREL, Dr. Öğretim üyesi Süleyman BALYEMEZ, Prof. Dr. Ayşe Bilge IŞIK ve Doç. Dr. Alev ERASLAN GÖÇER 'e teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde büyük paya sahip olan aileme minnet ve sonsuz şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan arkadaşım Tuğçe Nur ÜNVER'e teşekkür ederim.

Eylül, 2019

Demet SARAC

Mimar



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Çalışma Yöntemi.....	2
2. TİP OKUL YAPILARI	5
2.1 Tip Okul Kavramı Nedir?.....	5
2.2 Tip Okul Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Konular.....	11
2.2.1 Yer ve iklim verileri.....	11
2.2.2 Yapı ve formu	12
2.2.3 Yapı elemanları ve malzeme.....	14
2.2.4 İç hava kalitesi	17
2.2.5 Aydınlatma.....	18
2.3 Enerji Etkin Eğitim Yapıları Örnekleri	20
2.3.1 Dünyada enerji etkin okul yapıları.....	22
2.3.2 Türkiye’de enerji etkin eğitim yapıları örnekleri.....	27
3. TÜRKİYE’DE DÖRT ISIL BÖLGEDE ENERJİ	33
3.1 Türkiye’de Dört Isıl Bölgede Enerji Tüketimi Ve Potansiyeli.....	33
3.2 Okul Yapılarında Enerji Tasarrufu Ve Verimliliği	36
3.3 Binalarda Enerji Kimlik Belgesi	38
3.3.1 Binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi	40
3.4 Binalarda Enerji Tasarrufu Alternatifi.....	45
3.4.1 Fotovoltaik panel kullanım yolu ile enerji tasarrufu yöntemi.....	45
3.4.2 Isı yalıtımı kullanım yolu ile enerji tasarrufu yöntemi	48
4. TÜRKİYE’DE DÖRT ISIL BÖLGEDEN SEÇİLEN TİP OKUL PROJELERİNİN, BİNA ENERJİ TÜKETİMLERİNİN UYGUN DEĞERLERE İNDİRGENMESİ.....	53
4.1 Tip 12 Derslik Okul Projesinin Türkiye Dört Isıl Bölgede Enerji Tüketiminin Hesaplanması.....	53
4.1.1 Birinci ısıl bölge ili Antalya	53
4.1.2 İkinci ısıl bölge ili Bursa.....	55
4.1.3 Üçüncü ısıl bölge ili Elazığ.....	56
4.1.4 Dördüncü ısıl bölge ili Kars.....	58
4.2 Tip İlkokul Projesinin Dört Isıl Bölgede Enerji Tüketiminin Optimal Düzeye İndirgenmesi Konusunun İrdelenmesi.....	59

4.2.1 Fotovoltaik panel kullanım yolu ile enerji tasarrufu.....	60
4.2.2 Isı yalıtım yolu ile enerji tasarrufu.....	62
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	71
EKLER.....	75



KISALTMALAR

AIA	: American Institute of Architects
BEP-TR	: Binalarda Enerji Verimliliği Türkiye
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
COTE	: Çevre Komitesi
d	: Kalınlık
DFES	: Department for Education and Skills
Eg	: Güneş ışıma enerjisi (Wh/m ²)
EPBD	: Bina Enerji Performansı Direktifi
E_{pv}	: Fotovoltaik panelden kazanabilecek enerji miktarı (Wh)
E_t	: Gereksinim duyulan enerji miktarı
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FSC	: Orman Yönetim Konseyi sertifikasyonu
I_{pmax}	: Dizinin ürettiği en yüksek akım miktarı (A)
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
NABERS	: The National Australian Built Environment Rating System
pD	: Aydınlatma
P_{pv}	: Dizide elde edilebilecek en yüksek güç miktarı (W)
R	: Isıl direnç
SCA	: Yeşil Okullar Kılavuzu
Sp	: Fotovoltaik modül adedi
t	: Fotovoltaik panelin güneşlenme süresi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TMMOB	: Türkiye Mühendis ve Mimar Odası Birliği
TS-825	: Binalarda Isı Yalıtım Standardı
UETM	: Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi
USGBC	: U.S. Green Building Council
VA	: Akü gerilim değeri
XPS	: Ekstrude Polistren Köpüğü
YEGM	: Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü
λ	: Isı iletkenlik kat sayısı
φ	: Optimum açı (°)
η_ç	: Çevrim içi verimi
η_a	: Akü verimi
η_e	: Ekipman verimi
η_{ea}	: Eğim açısı verimi
η_k	: Kablo verimi
η_{skç}	: Şarj kontrol cihaz verimi
η_{st}	: Fotovoltaik sistemin toplam verimi



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Ep değerlerine göre enerji sınıfı [2]	44
Çizelge 3.2: Fotovoltaik panellere ilişkin veriler [38].....	46
Çizelge 4.1: Antalya ili yıllık enerji tüketimi ve sınıfı	54
Çizelge 4.2: Bursa ili yıllık enerji tüketimi ve sınıfı	55
Çizelge 4.3: Elazığ ili yıllık enerji tüketimi ve sınıfı.....	57
Çizelge 4.4: Kars ili yıllık enerji tüketimi ve sınıfı	58
Çizelge 4.5: Fotovoltaik panele ait karakteristik özellikleri.....	60
Çizelge 4.6: dört ısıl bölgedeki okul binalarının yıllık aydınlatma enerji tüketimi ve sınıfı	61
Çizelge 4.7: Dört ısıl bölge illerinde çatıya entegre fotovoltaik panellerle üretilen aylık enerji	61
Çizelge 4.8: Dört ısıl bölge için ısı geçirgenlik kat sayısı	62
Çizelge 4.9: Elazığ ili tip ilkokul binasında kullanılan ısı yalıtım malzeme değerleri	63
Çizelge 4.10: Kars ili tip ilkokul binasında kullanılan ısı yalıtım malzeme değerleri	64
Çizelge 4.11: Elazığ ili ısı yalıtımı önerilen değerler	65



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Tip okul binasına ilişkin kat planları [7]	8
Şekil 2.2: Tip okul binasına ilişkin görünüşler [7]	9
Şekil 2.3: Eğitim yapılarında iç ortam hava kalitesinin başarıya etkisi [14]	17
Şekil 2.4: Pencere ve tepe ışıklığının mekân aydınlatmadaki etkisi [16]	18
Şekil 2.5: Kathleen Grimm liderlik ve sürdürülebilirlik okuluna ait görseller [URL.4]	23
Şekil 2.6: Kingsmead ilköğretim okuluna ait görseller [18]	25
Şekil 2.7: Benjamin Franklin ilköğretim okuluna ait görseller [18]	27
Şekil 2.8: Cihangir Başakşehir kolejine ait görseller [URL.1]	29
Şekil 2.9: Mavişehir ilkokuluna ait görseller [URL.5]	31
Şekil 2.10: Rönesans TED kolejine ait görseller [URL.6]	32
Şekil 3.1: Binalarda enerji performansını etkileyen etmenler [2]	41
Şekil 4.1: Türkiye dört ısı bölgedeki tip okul binalarının enerji tüketim grafiği	60
Şekil 5.1: Dört ısı bölge baz illerdeki, tip okul binasında mevcut enerji tüketim tablosu	67
Şekil A: Antalya ili tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi	78
Şekil B: Bursa ili tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi	80
Şekil C: Elazığ ili tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi	82
Şekil D: Kars ili tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi	84
Şekil E: Antalya iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları	85
Şekil F: Antalya iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları	85
Şekil G : Antalya iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları	86
Şekil H Antalya iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları	86
Şekil I: Antalya iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları	86
Şekil J: Bursa iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları	87
Şekil K: Bursa iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları	87
Şekil L: Bursa iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları	87
Şekil M: Bursa, iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları	88
Şekil N: Bursa iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları	88
Şekil O: Elazığ iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları	88
Şekil P: Elazığ iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları	89
Şekil R: Elazığ iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları	89

Şekil S: Elazığ iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları.....	89
Şekil T: Elazığ iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları.....	90
Şekil U: Kars iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları	90
Şekil Ü: Kars iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları	91
Şekil V: Kars iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları	91
Şekil Y: Kars iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları.....	91
Şekil Z: Kars iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları.....	92



TÜRKİYE’DEKİ DÖRT ISIL BÖLGEDEN SEÇİLEN İLKOKUL TİP PROJESİ İÇİN, BİNA ENERJİ TÜKETİMİNİN OPTİMAL DÜZEYE İNDİRGENME KONUSUNUN İRDELENMESİ

ÖZET

Okul binaları öğrencilerin; toplumun birer üretken birey olmak, temel becerileri kazanmak ve vatandaşlık bilgisi edinmek için bir araya geldikleri özel mekânlardır. Ülkemizde 2012 – 2013 yılında uygulamaya başlanılan (4+4+4) eğitim sistemine geçilmesiyle, mekânsal yapıda bazı güçlükler meydana gelmiştir.

Yeni sistem ile birlikte artan öğrenci sayısı ve küçülen kullanım gereksinimleri, geçici uygulamalarla çözülmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda milyonlarca öğrencinin öğrenim gördüğü ilköğretim okulları daha çok aynı mimari özelliğe sahip tip proje olarak, Türkiye genelinde coğrafi ve sosyal konum gözetilmeksizin tüm bölge illerinde uygulanmaktadır. Bu sebeple tip projeler uygulandığı bölgenin coğrafi koşullarına göre yapıda tüketilen; ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su, aydınlatma, havalandırma için kullanılan enerji ihtiyacı farklılık göstermekte ve yapıdaki enerji tüketimini artırarak hem maddi hem çevresel açıdan zarar vermektedir. Bu çalışmanın amacı Türkiye’de uygulanmakta olan 12 derslik tip ilkokul binasının, dört ısıl bölgeden seçilen;

1. ısıl bölge Antalya ili,
2. ısıl bölge Bursa ili,
3. ısıl bölge Elazığ ili,
4. ısıl bölge Kars ili

İllerinde oluşturdukları enerji tüketiminin BEP-TR programı aracılığı ile hesaplanması ve bina enerji tüketiminin optimal düzeye indirgenme konusunun irdelenmesidir. Ayrıca dört ısıl bölgede yer alan tip okulların mevcut durumdaki enerji tüketimleri dikkate alınarak, yapılan müdahalelerden sonra enerji etkin kullanım konusunda iyileşmelere dair önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Tip okul yapıları, Bina enerji tüketimi, Enerji etkin okul yapıları*



THE REVIEW OF OPTIMIZATION OF BUILDING ENERGY CONSUMPTION FOR PRIMARY SCHOOL TYPE PROJECT SELECTED FROM FOUR THERMAL REGIONS IN TURKEY

ABSTRACT

School is a special place where students come together to become productive individuals of society, acquire basic skills and acquire citizenship knowledge. With the introduction of the new education system (4+4+4) in Turkey in 2012-2013, some difficulties occurred in the spatial structure of the schools.

After the new system, increasing number of students and decreasing student requirements have been tried to be solved with temporary solutions. At the same time that millions of students studying in primary schools all over Turkey have the same architectural feature as one type of architectural school project, regardless of the geographical and social situation began to be implemented in all parts of the city. For this reason, single type school projects are consumed in the structure according to the geographical conditions of the region; The energy requirements for heating, cooling, sanitary hot water, lightening and ventilation vary and increase the energy consumption in the structure, damaging both material and environmental aspects. Selected regions of the four thermal zones in Turkey for this research is provided below;

- 1st Thermal district in Antalya,
- 2nd Thermal district in Bursa,
- 3rd Thermal district in Elazığ,
- 4th Thermal district in Kars

The aim of this study is to calculate the energy consumption in the provinces using *BEP-TR* program and to examine the reduction of building energy consumption to the optimal level. In addition, taking into account the current energy consumption of the type schools in the four thermal zones, suggestions were made for improvements in energy efficient use after the interventions.

Keywords: *Type school structures, Building energy consumption, Energy plant school structures.*



1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Enerji tabiattaki değişimler, çevre kirliliği, küresel ısınma, tükenen enerji kaynakları gibi nedenlerden dolayı, dünyada her geçen gün artarak tartışılan ve çözüm bulunması gereken sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Uluslar Arası Enerji Birimine göre, dünyada üretilen enerjinin %47'sini inşaat sektörü, %28'ini ise sanayi sektörü tüketmektedir [1]. Bu nedenle yapılardaki enerji etkin kullanımının artırılması gelecekte yeterli enerji kaynağının sağlanması adına önemli bir yaklaşım haline gelmiştir.

Türkiye'de de enerjinin etkin kullanımı ve var olan enerji kaynaklarının korunması büyük önem kazanmıştır. Ülkemizde enerji tüketiminin yaklaşık %45'i inşaat sektörü tarafından kullanılmaktadır. Yapının yönlenme ve biçimlenme faktörleri, yeri, diğer yapılara göre konumu da enerji etkinliğini iyileştirmede belirleyici faktörler arasındadır. Binalarda aydınlatma, havalandırma, ısıtma, soğutma gibi konfor şartlarının sağlanması amaçlı hizmetler için enerji kullanıldığı gibi, hammadde ediniminden, yapının yıkılması ve yok edilmesi evrelerine kadar bütün bina yaşam döngüsü boyunca çeşitli seviyelerde enerji kullanımı söz konusudur. Türkiye'deki bina stoku 8,8 milyon civarında olup yaklaşık 62.000 yapı adeti ile okul binaları var olan bina stoku içerisinde oldukça büyük bir paya sahiptir [2].

Türkiye'deki okul binaları benzer mimari yapıda tip proje olarak tasarlanmaktadır. Bu projeler ülkemiz genelindeki sosyal şartlar ve coğrafi konuma bakılmaksızın tüm bölge illerinde uygulanmaktadır [3].

Bu çalışmanın amacı, Türkiye genelinde coğrafi ve sosyal şartlar gözetilmeksizin dört ısıl bölgede uygulanan "12 derslikli tip okul" binalarının enerji tüketimini araştırmaktır. Çalışmadan verimli sonuçlar elde edebilmek için sonuçların farklılık arz edebileceği ön görülen bölgeler seçilmiştir. Seçilen dört ısıl bölge illeri aşağıdaki gibidir.

1.ısıl bölge ili Antalya

2.ısıl bölge ili Bursa

3.ısıl bölge ili Elazığ

4.ısıl bölge ili Kars'dır.

Seçilen okul binaların mevcut enerji tüketimlerini en uygun düzeye indirmek ve enerji etkin kullanımı sağlamak için yapıya entegre fotovoltaik panel ve ısı yalıtımı kullanım yolu ile enerji tüketiminin en etkin şekilde nasıl azaltılacağı incelenmektedir.

1.2 Çalışma Yöntemi

Bu araştırma ile okul binalarında enerjinin etkin kullanılabilirliği incelenmiştir. Ülkemizde okul binaları tip proje olarak uygulanmakta ve tip proje uygulanan her bölgede enerji tüketimi farklılık göstermektedir. Bu araştırma tip projelerin uygulandığı bölgedeki iklim şartları dikkate alınarak enerji tüketimleri hesaplanmış, mevcut enerji tüketimlerini azaltmak için yapıya entegre edilmiş fotovoltaik paneller ve ısı yalıtım kullanım yolu ile enerji etkin tip projeler amaçlanmıştır.

Özdem [2], Gaziantep'te 3 adet eğitim binasının enerji kullanım alan sınıflarında (ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma) enerji performansları hesaplanarak, binaların enerji tüketim sınıfları belirlenmiştir. Bu kapsamda gereken tedbirler ve uygulanacak iyileştirme çalışmaları incelenmiştir.

Okutan [10], Yapılan araştırmada çatı bileşenlerini etkileyen genel faktörler ve bunların etki biçimleri irdelenmiş, imal edilmesi düşünülen çatı tipine uygun kaplama alternatiflerinin karşılaşacağı doğal etkenler ortaya konulmuştur. Türleri, dereceleri doğal şartlarıyla belirlenen dolayısıyla uygulandığı yere göre sabit olan faktörlerin kaplama malzemesi üzerindeki etkileri araştırılmış, bu yolla çatı kaplama malzemelerinin her doğal şart altında davranış biçiminin belirlenmesi incelenmiştir.

Özcan [12], Eğitim yapıları estetik, kültürel, günümüz teknolojisi, sağlamlık işlevini yerine getirme ve sessiz bir okul kültürü geliştirmek açısından ele alınmıştır. Eğitim yapılarının nasıl olması gerektiğinden bahsedilirken, ana inşaat malzemeleri araştırılmıştır. Sağlıklı ve korunaklı kullanımı göz önünde tutularak Türkiye'deki eğitim yapıları için uygun mimari tarz araştırılmıştır.

Sivri [18], Kullanıcılarına ve çevresine artı bir değer katan sürdürülebilir eğitim yapıları, kullanıcı performansında ve bina ömründe artış sağlarken işletme maliyeti ve çevreye verdikleri zararlı etkilerin azaltılmasıyla birlikte alışkanlıklarda değişim de sağlamıştır. Bu araştırmada sürdürülebilir okul örnekleri incelenmiştir.

Çakır [33], Binalardaki doğal havalandırma sistemlerinin değerlendirme konusu araştırılmış, bu alanda kullanılan hesap yöntemleri ortaya koyulmuştur. Avrupa enerji komisyonu Altener birimi tarafından AIOLOS yazılım programı kullanılarak, İstanbul yöresi için örnek bir uygulama yapılması araştırılmıştır.

Öztürk ve Kaya [37], Bu çalışmada fotovoltaik teknolojinin gelişim süreci, fotovoltaik hücrelerin; hücre çeşitleri, çalışma ilkeleri, nano teknolojik uygulamaları, kurulum uygulamaları, tasarım yöntemleri ile teknik ve ekonomik değerlendirmelerin e ilişkin bilgiler araştırılmıştır.

Yılmaz [41], Isı yalıtım malzemelerinin meydana getirdiği olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla ithal ve pahalı yalıtım malzemelerine alternatif olarak tamamen yerli hammadde kullanılarak üretilen, mineral esaslı, yapısı doğal olan yapay fiberler ve bor mineralleri ile güçlendirilmiş yanmaz yalıtım malzemesi üretimi incelenmiştir.

Özutku [42], İskenderun Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binasının soğutma sezonu için enerji performansı değerlendirme hesapları yapılmıştır. Var olan yapının cam kaplama miktarının fazla olmasının bina soğutma yükü üzerindeki etkileri araştırılmış ve bu durumun oluşturduğu ek maliyetin ısıtma sezonunda elde edilen kazanıma göre kıyaslaması yapılmış olup, cam kaplamanın uygunluğu incelenmiştir.

Bu araştırma yukarıda belirtilen çalışmaların temelinde, tip okul yapılarının enerjilerinin etkin tasarımlarını kapsamaktadır. Tip okul projesi ve her bölgenin iklim şartlarına göre enerji tüketimini, yapıya entegre fotovoltaik paneller ve ısı yalıtım kullanım yolu ile tüketilen enerji miktarının nasıl azaltılacağı anlatılmaktadır. Çalışma boyunca BEP-TR programı kullanılarak her ısıl bölgeye ait veriler doğrultusunda yapı ile bütünleşik fotovoltaik panellerin ve ısı yalıtımın etkileri hesaplanacaktır. Yapılan analiz sonuçlarına göre ise yapılardaki enerji tüketiminin farklılıkları ve çözüm geliştirmeye yönelik tespitler üzerine çalışılacaktır.



2. TİP OKUL YAPILARI

2.1 Tip Okul Kavramı Nedir?

Çağımızda kalkınmanın en önemli aracı kabul edilen eğitimin önemli bir fonksiyonu da gelişimi, bireylerin kabiliyetleri özelinde değerlendirerek toplumun yaratıcı gücü ile birlikte verimi arttırmaktır [4]. Ülkemizde milyonlarca kişinin öğrenim gördüğü okullar, 2012-2013 eğitim öğretim yılından itibaren uygulamaya konulan ve kamuoyunda 4+4+4 olarak bilinen 12 yıllık zorunlu kesintili eğitimi üç gruba ayırmıştır;

- Birinci grup 4 yıl süreli ilkokul (1., 2., 3. ve 4.sınıf)
- İkinci grup 4 yıl süreli ortaokul (5., 6., 7. ve 8.sınıf)
- Üçüncü grup 4 yıl süreli lise (9., 10., 11. ve 12. Sınıf) olarak düzenlenmiştir.

Bu yaptırım ile ilkokul ve ortaokullar, ilköğretim okulu içerisinde yer almaktadır [5]. Ülkemiz genelinde Milli Eğitim Bakanlığına bağlı 23.074 ilkokulda 10.347.263 öğrenci öğrenim görmektedir [6]. Yeni sisteme geçiş ile beraber kullanıcı gereksinimlerinin yaşı küçülen öğrenciler sebebiyle azalması ve öğrenci sayısındaki artış, yeni okul yapısı ihtiyacı doğurmaktadır. Türkiye'deki ilköğretim okul yapıları çoğunlukla benzer mimari özellikte yapılan tip proje olarak tasarlanmaktadır [3]. Bu projeler ülkemiz genelinde sosyal ve coğrafi şartlar gözetenmeden bütün bölgelerde uygulanmaktadır. Eğitim binalarının tip proje olarak tasarlanması II. Beş Yıllık Kalkınma Planlarının (1968 -1972) etkisi büyüktür. Çünkü bu dönemde eğitim harcamaların büyük bir kısmı yapı yatırımlarına gitmesi, okul binalarının yapımında tek tip proje uygulamasıyla büyük oranda tasarruf yapılacağı sebep gösterilerek tüm bölgelerde uygulanmaya başlanmıştır [3].

İlköğretim okul yapılarının tek tip olarak projelendirilmesi elbette var olan ihtiyacı karşılamamaktadır. Yapılacak ilköğretim okul binaları tip proje uygulamasından ziyade öğretime ve fiziksel olarak eğitime uygun yapılması daha önemlidir. Ayrıca okul binaları sadece o günkü ihtiyaca göre değil gelecekteki öğrenci potansiyeli de

düşünülerek esnek bir planlama ile yapılmalıdır. Bunların yanı sıra ülkemizde ilköğretim okul binaları tasarımında dikkate alınması gereken önemli konulardan bir diğeri ise binaların güneybatı - kuzeydoğu yönlü olması, bulunduğu bölgenin iklim şartları bakımından hâkim rüzgâr yönü göz önüne alınmalı ve bina enerji tüketimi minimuma indirilerek tasarlanmalıdır. Buna göre okulların yapı tasarımında genel olarak dikkate alınması gereken özellikler aşağıda belirtilmiştir [3].

- Bina, bulunduğu bölgenin iklim ve arazi şartlarına uygun şekilde ve bölgede sıklıkla meydana gelen doğal afetler göz önüne alınarak inşa edilmelidir.
- Bina; ısıtma, soğutma, nem oranı, aydınlatma, havalandırma ve ses yalıtımı açısından ihtiyacı karşılamalıdır.
- Yapıda tehlike anında kullanılacak yangın çıkışları, merdivenleri ve sığınak gibi olanakları bulunmalıdır.
- Okul binalarında engelli çalışan ya da öğrenci bulunabileceği düşünülerek tasarım aşamasında tedbirler alınmalıdır.
- Eğitim binası tasarımları uzun ve kısa vadede gereksinimleri karşılayacak esneklikte tasarlanmalıdır.

Bu tez araştırmasında okul projesi olarak, Türkiye genelinde yaygın kullanılan yapım teknolojileri ve tasarım kıstasları barındıran 12 derslik tip ilkököl projesi ele alınmaktadır [7]. Çalışma kapsamında ele alınan okul projesi, Türkiye'nin dört ısıl bölgesinde baz alınan illerinde mevcut olduğu varsayılmaktadır. Baz alınan illere ilişkin veriler çizelge 2.1'de verilmektedir [URL.7].

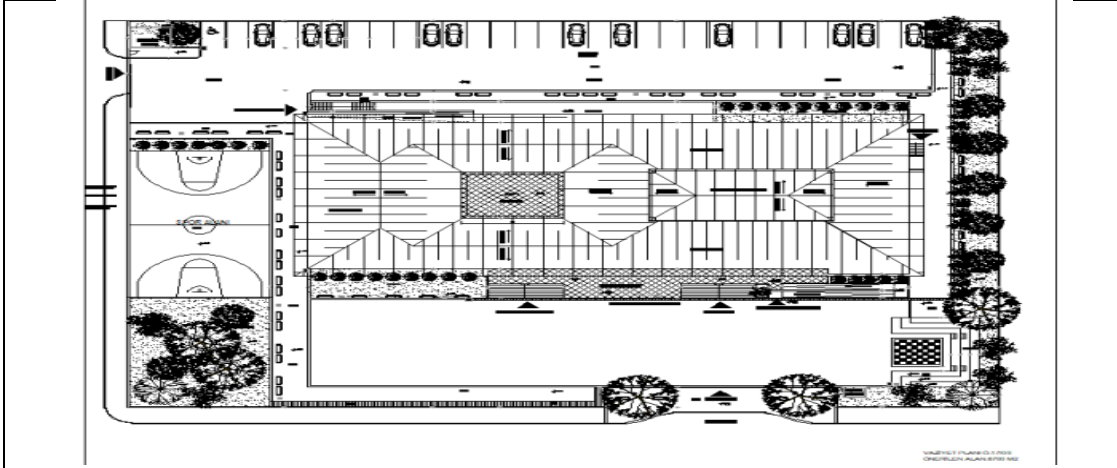
Çizelge 2.1: Dört ısıl bölge baz illere ilişkin veriler [URL.7]

Bölge	İklim bölgeleri	Baz alınan il	HDD (ısıtma gün dereceleri ashrae'ye göre)	CDD (Soğutma gün dereceleri ashrae'ye göre)
1.	Çok sıcak	Antalya	<1000	>1000
2.	Sıcak	Bursa	1000-2000	>=1000
3.	Soğuk	Elazığ	>= 2000	<1000
4.	Çok soğuk	Kars	>=4000	<1000

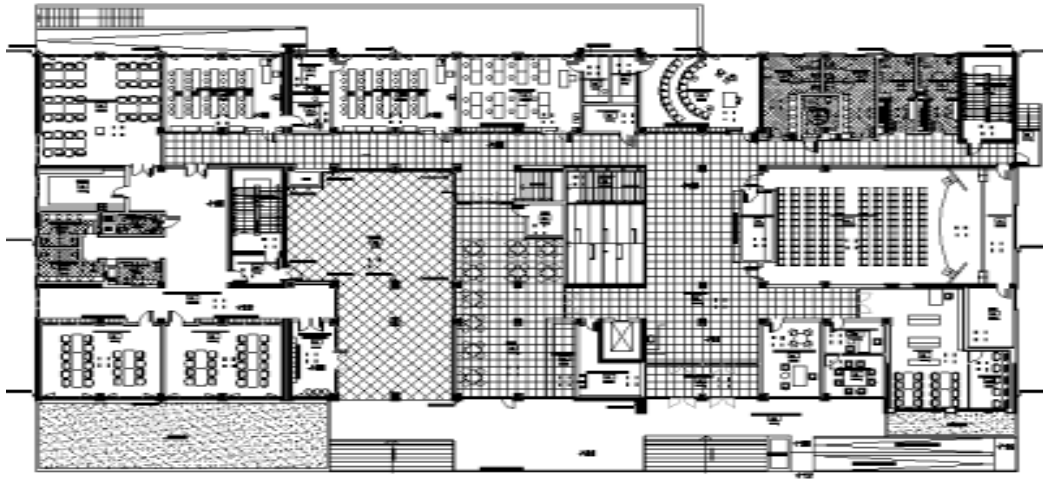
Çizelge 2.1 verilerinden de görüleceği göre dört farklı ısı bölge ele alınmıştır. Antalya ili en az ısıtmaya ihtiyaç duyarken, en çok soğutmaya ihtiyaç duymaktadır. Bursa ili ise Antalya iline kıyasla daha dengeli bir sıcaklık ve soğukluk değerine sahiptir. Elazığ ve Kars illerinde ise soğğun baskın olduğu ve yüksek ısınma ihtiyacının olduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında yönlendirmesi ve formu verilen tip okul binasının;

- Taban alanı 1610,30 m²,
- Bina yüksekliği 11.95 m² olup bir bodrum, zemin ve bir normal kattan oluşmaktadır,
- Bina biçim faktörü (plandaki bina uzunluğu / bina derinliği) 3.60 m²'dir,
- Binanın saydamlık oranı (toplam saydam alan / toplam cephe alanı) % 36'dır.
- Isıtma sistemi yakıtı doğal gaz,
- Soğutma sistemi fan coil ve doğal havalandırmadan yararlanılmaktadır,
- İç ortam konfor sıcaklığı ısıtmak istenen dönem için 21°C, soğutmak istenilen dönem için 25°C olarak kabul edilmektedir. Soğutmak istenilen dönemde, iç hava sıcaklığı 23°C üzerinde olması durumunda doğal havalandırmanın aktif olacağı dikkate alınmaktadır.

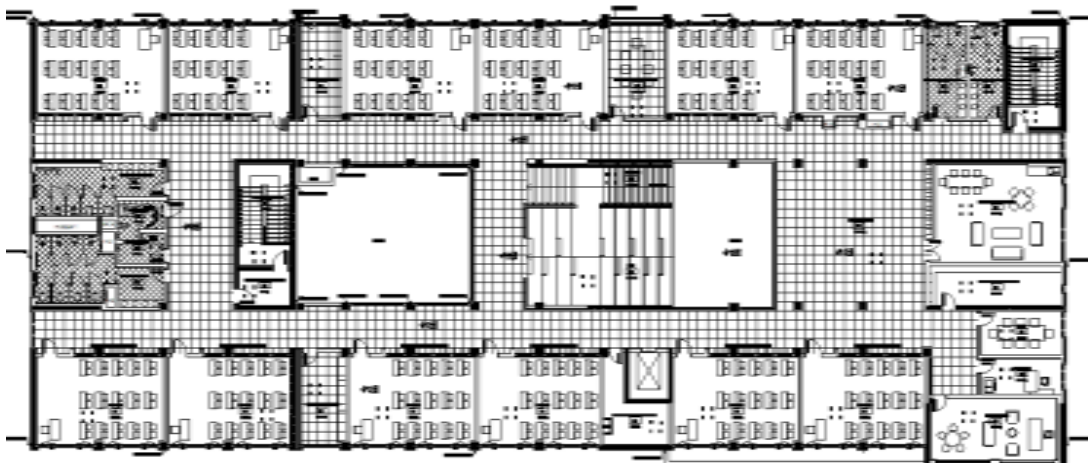
12 derslik tip okul binasına ait ilişkin vaziyet planı, zemin kat planı ve 1. Kat planı şekil 4.1'de, (batı, doğu, güney ve kuzey) cepheleri şekil 4.2'de verilmektedir. Ayrıca tip okul binasının kabuk bileşenlerine ilişkin veriler ise çizelge 4.2'de verilmektedir.



Vaziyet planı

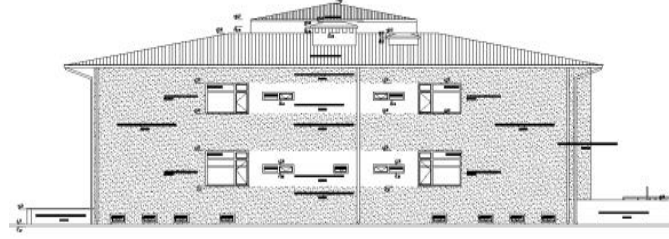


Zemin kat planı

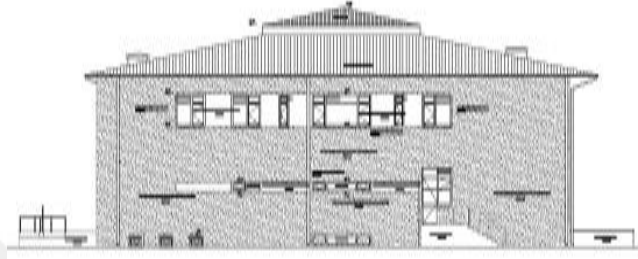


1.Kat planı

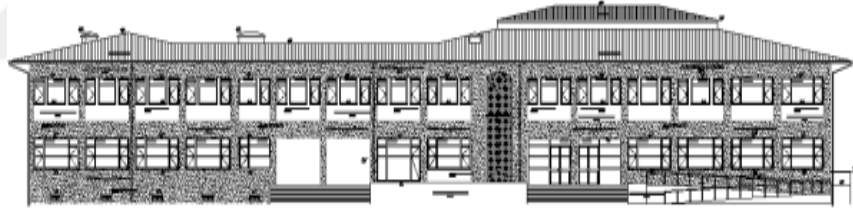
Şekil 2.1: Tip okul binasına ilişkin kat planları [7]



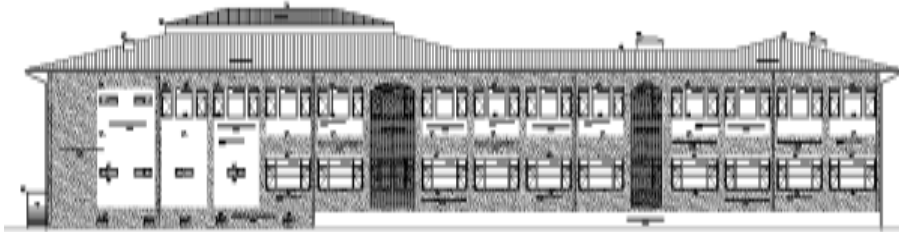
Batı görünüş



Doğu görünüş



Güney görünüş



Kuzey görünüş

Şekil 2.2: Tip okul binasına ilişkin görünüşler [7]

Çizelge2.2: Tip okul binasının kabuk bileşenlerine ilişkin veriler [7]

Kabuk bileşeni	Katman detayı	Isı	Isı	Isı	Isı
		geçirgenlik	geçirgenlik	geçirgenlik	geçirgenli
		kat sayısı	kat sayısı	kat sayısı	k kat
		U (m)	U (m)	U (m)	sayısı U
		K/W	K/W	K/W	(m) K/W
		1.BÖLGE	2.BÖLGE	3. BÖLGE	4.BÖLGE
DUVAR: Dış havaya açık Dd1	0.02m alçı sıva + 0.2m ab sınıfı duvar + 0.05m ısı yalıtımı + 0.03m dış sıva	0.458	0.458	0.405	0.329
DUVAR: Dış havaya açık Dd2	0.02m alçı sıva +0.3m donatılı duvar +0.05m ısı yalıtımı + 0.0m dış sıva	0.538	0.538	0.467	0.368
DUVAR: Isıtılmayan iç İd1	0.02m alçı sıva +0.2m ab sınıfı duvar +0.02m alçı sıva	1.277	1.277	1.277	1.277
DUVAR: Isıtmayan iç İd2	0.02m alçı sıva + 0.3m donatılı duvar +0.02m alçı sıva	2.181	2.181	2.181	2.181
DUVAR: Toprağa temas Tdu1	0.02m alçı sıva +0.3m donatılı duvar +0.003m ısı yalıtım örtüleri +0.05m ekstrüde polistren köpüğü	0.507	0.507	0.434	0.434
TAVAN: Çatılı Ça1	0.15 betonarme döşeme + 0.03 çimento harçlı şap +0.07 ısı yalıtımı	0.436	0.388	0.269	0.269

Şekil 2.2’de verilen tip binaların planları ve görünüşlerine ait katman detayları Çizelge 2.2 ile verilmiştir. Katman detaylarına göre ve yapı bileşenleri bölge bazında değerlendirildiğinde ısı geçirgenlik kat sayısının değiştiği verilerde gözükmemektedir.

Bu sebepten tip okul projelerinde dikkat edilmesi gereken hususlar önem arz etmektedir.

2.2 Tip Okul Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Konular

Eğitim yapıları projesinin hayata geçirilmesindeki en önemli basamak karar vericilerin sorumluluğundaki tasarım basamağıdır. Kullanıcıların konforu, güvenliği, ruhsal ve fiziksel sağlığı, enerjisi ve zamanını verimli kullanabilmesi o binanın tasarımına bağlıdır. Bu nedenle iyi bir tasarım bina kullanıcıları için verimliliği artırmaya yardımcı olacaktır. Eğitim yapıları tasarımında dikkat edilmesi gereken konular aşağıdaki gibidir [1].

- Mekânın verimli kullanılması, ihtiyaçların belirlenmesi, birimler arası ilişkiye karar verilmesi için tasarım aşamasında yapıdan beklenen ve uyulması gereken kalite kıstasları hakkında araştırma yapılması gerekmektedir.
- Tasarım aşamasında yapının kullanımı süresi boyunca ön görülen onarım ve bakımı, kullanıcıların günlük aktivitelerini etkilemeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.
- Bir eğitim yapı tasarımında enerji ve iklimlendirme ihtiyacını azaltarak enerji verimliliği sağlamak için, bu yapının konumlanması, şekil ve topografyası kadar yapı elemanlarının doğru seçilmesi de büyük önem arz etmektedir.
- Eğitim binaları için özellikle yangın sırasında yapının bütünlüğü, kaçış yolları, söndürme sistemleri ve yangın kontrolü gibi konular tasarım sırasında acil durum senaryoları içerisinde göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2.1 Yer ve iklim verileri

Arazi kullanımı iklimsel verilere bağlı olarak, tasarımı doğrudan ilgilendirmekte ve her bölge için farklılık göstermektedir. Yapı tasarlanırken fiziksel etkenler değerlendirilmeli, buna bağlı olarak da yönlendirme ve yerleşme yapılmalıdır. Ülkemizde dört temel iklim bölgesi bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibidir [8].

- Soğuk iklim bölgesinde, yılın büyük bir bölümünü yağışlı geçirmesi, güneş ışınımına olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu sebeple binaların

yerleşimi ve yönlendirilmesinde güney yön tercih edilmelidir. Ayrıca rüzgâr etkisinin çok fazla hissedildiği bu bölgelerde kuzey – kuzey batı ve güney – güney doğu rüzgârlarına karşı önlemler düşünölmelidir.

- Ilıman iklim bölgesinde, yıl genelinde güneş ışınlm gereksinimi yüksektir. Bu nedenle yapıların yönlmesi ve yerleşiminde güney yön tercih edilmeli, güneş ışınlmını yararlanmayı engelleyecek yapay ya da doğal engellerden sakınılmalıdır. Bu bölgede rüzgârdan sıcaklığın düşük olduğu dönemde korunmak, sıcaklığın fazla olduğu dönemde ise yararlanmak gerekmektedir. Ayrıca bölgede nem ve yağış oranı yüksek olup, yapı ve mimari yapay çevrenin yağış ve nemden özellikle yağmur sularından korunması zorunluluktur.
- Sıcak iklim bölgesinde, sıcaklığın minimum olduğu dönem dışında korunmak gerekmektedir. Yapı tasarımında sıcaklığın maksimum olduğu dönem koşulları dikkate alınarak bina yerleşim ve yönlendirilmesinde güney ve güney doğuya yönelen alanlar tercih edilmelidir. Bu bölgede rüzgârın niteliği kontrol edilerek, yıl genelinde rüzgârın serinletici etkisinden yararlanılmalıdır. Ayrıca bölgenin nem yağış oranı yüksek olup, binanın ve mimari yapay çevrenin nem ve yağıştan korunması sağlanmalıdır.
- Çok sıcak iklim bölgesinde, sıcaklığın maksimum derecede yaşandığı dönemlerde ise yapıyı; güneş ışınlmlarından korumalı, rüzgârın serinletici etkisinden ise faydalanılmalıdır. Sıcaklığın minimum derecede yaşandığı dönemlerde ise güneş ışınlmlarından faydalanırken yapı rüzgârdan korunmalıdır. Bu nedenle bina yerleşimi ve yönlmesinde güney doğu-doğu yönleri tercih edilmelidir. Ayrıca binanın ve mimari yapay çevrenin yıl boyunca nem gereksinimine ihtiyacı olup, bilhassa sıcak dönemlerde serinlemek amaçlı iç mekânlarda nemlendirici tedbirlerin alınması gerekmektedir.

2.2.2 Yapı ve formu

Yapının sistemi ve formu projenin uygulandığı bölgenin iklimsel verilerine göre farklılık göstermektedir. Bu bölümde Türkiye'deki dört iklim bölgesine göre yapıların genel sistemi ve formu ele alınmaktadır [8].

- Soğuk iklim bölgesinde, bina formu seçimi yüzey alanı minimum olan kareye yakın ya da kare formlar bölgenin iklimsel verilerine uygun bulunmaktadır. Aynı zamanda ikiz binalardan oluşan moleküller yan yana gelerek bir veya iki duvarın ortak kullanım yolu ile dış etki alanını azaltan moleküller, lineer ve lineer zincir bina tipleri de bölge için uygun görülen bina formlarıdır. Soğuk iklim bölgesinde düşey yüzeyler binayı dış hava şartlarından korurken, aynı zamanda enerji salınımı sağlanmalıdır. Bilhassa kuzey yüzeylerde doğal havalandırma ve aydınlatma için uygun şartlar oluşturularak, minimum ölçüde boşluk olacak şekilde tasarlanmalıdır. Güney yüzeylerinde ise güneş ışınımından maksimum oranda yararlanılmalı, bu yüzeylerde gölge oluşumunu sağlayacak çıkmaların yapılmaması gerekmektedir. Ayrıca soğuk hava, rüzgâr ve yüksek yağış oranına karşın, taşıyıcı sistem ve dış yüzeylerin yön, biçim ve boyut bütünlüğü sağlanmalıdır.
- Ilıman iklim bölgesinde, bina formu seçimi için güneşlenme ve havalandırma oranının dengelediği ne çok yüzey alanına sahip ne de çok karmaşık dikdörtgen formlar bölgenin iklimsel verilerine uygun bulunmaktadır. Bu bölgede uygulanan yapılarda ısı kayıplarının minimuma indirilmesi ve nemden korunması amaçlanmalıdır. Bölgenin manzara, komşuluk ve doğal şartlar elverdiği ölçüde binaların güney yüzeylerinde güneş ışınımından maksimum yararlanılmalı, kuzey yüzeylerinde ise minimum boşluğa sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca bölgede güçlü güney rüzgârları ve özellikle sıcak dönemlerde binaların güney yüzeylerinin gereğinden fazla ısınmasını engellemek amacıyla yapıların güney yüzeylerinde gölge oluşturulmalıdır. Yapıların taşıyıcı sistem ve dış yüzeylerinde yön, biçim ve boyut bütünlüğü sağlanmalıdır.
- Sıcak iklim bölgesindeki binalar öncelikle nemden ve sıcak havadan korunmalı, rüzgârdan maksimum yararlanması amaçlanmalıdır. Havalandırma ve güneş ışınımından yararlanmak amacıyla yüzey alanı maksimum olan geometrik formlar bölgenin iklimsel verilerine uygun bulunmaktadır. Bu bölgedeki yapıların güney yüzeylerinde güneş ışınımından yararlanmalı, kuzey yüzeylerinde ise fazla açıklıktan kaçınılmalıdır. Binada taşıyıcı sistem ile dış yüzeylerin boyut, biçim ve

yön bütünlüğü sağlanmalı, sıcaklığın fazla olduğu dönemde taşıyıcı sistem hava hareketine engel olmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca taşıyıcı sistem üzerinde bilhassa dış yüzeylerde neme ve sıcak havaya karşı yalıtımın yapılması gerekmektedir.

- Çok sıcak iklim bölgesindeki yapılar; güneş ve sıcak havadan korunmalı, rüzgâr aracılığı ile havayı nemlendirmek ve serinlemek amacıyla yararlanılmalıdır. Bu bölgedeki binalar havalandırma, gölge ve ihtiyaç duyulan nem oranını sağlanması amacıyla yüzey alanı geniş ve avlulu geometrik formlar bölgenin iklimsel verilerine uygun bulunmaktadır. Yapılardaki düşey yüzeyler genel olarak minimum boşluk oranına sahip olmalıdır. Doğal havalandırma sağlamak için doğu ve batı yönlerindeki düşey yüzeyler uygun formda değerlendirilmeli, doğal iklimlendirmeden yararlanmak için ise zemin döşemelerinin toprak ile temasına imkân verilmelidir. Taşıyıcı sistem sıcaklığın maksimum olduğu zamanlarda gerekli hava hareketini engel olmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

2.2.3 Yapı elemanları ve malzeme

Eğitim yapıları içerisinde yer alan kreş, anaokulu, ilkokul ve lise öğrencilerin bilgi ve beceri kazanmak için zamanlarının büyük bir çoğunluğunu geçirdikleri özel mekânlardır. Hızlı büyüme-gelişme sürecinde oldukları bu dönemde, çevresel şartların kötü olması ciddi sağlık ve psikolojik sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle okul yapılarında kullanılan yapı elemanları ve malzemeleri yapıyı dış çevre şartlarından korumakla birlikte iç ortam konforunu sağlamalıdır. Çalışmanın bu bölümünde eğitim yapıları tasarımında kullanılan çatı, duvar, iç duvar, tavan, döşemeler, kapı ve pencere standartları araştırılmaktadır.

1. Çatı tasarımı binanın iklimsel verileri göz önüne alınarak yapılmalıdır. Çatılar da genel olarak aşağıdaki kıstaslar dikkate alınmalıdır.

- Oturma çatılar, çatı içerisindeki havalandırmayı sağlamalı ayrıca bina şaftlarından gelen duman bacaları ve havalandırma, çatı mahya kotunu geçmemelidir [9].
- Çatı sistemi tasarlanırken kar ve rüzgâr yükü dikkate alınmalı ve çatı bağlantı elemanları korozyona dayanıklı malzeme kullanılmalıdır [10].

- Çatı tasarımında yağmur iniş boruları mimari çözümler içerisinde en pasif noktalarda çözümlenmeli, ayrıca bu borular kuranglez içlerinden ya da giriş platformu üzerine gelmemelidir [10].
- Eğitim binalarında çatı arası ya da çatı üst kotuna ulaşmak amaçlı kullanılan çatı çıkış kapıları ve gemici merdiveni öğrencilerin ulaşamayacağı uygun yerlerde tasarlanmalıdır.

Eğitim yapılarında çatı tasarımı iklimsel verilere göre aşağıdaki gibi tasarlanmalıdır [11].

- Soğuk iklim bölgesindeki yapıların çatı tasarımında, bölgedeki yağmur ve kar yağışının fazla olması nedeniyle su ve nemin binadan uzaklaştırılması amaçlanmalıdır. Bu bölgenin iklimsel verilerine uygun görülen çatı yapısı çok geniş olmayan saçaklı ve eğimli çatılardır. Çatı örtüsü olarak ise yalıtımlı metal kiremitler, traplez metal çatı kaplamaları veya çelik sandviç paneller kullanılmalıdır. Ayrıca çatının oturduğu tabliye döşemesine ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- Ilıman iklim bölgesindeki binaların çatı tasarımında, bölgedeki yağışın yoğun olması nedeniyle su ve nemin yapıdan uzaklaştırılması amaçlanmalıdır. Bu bölgenin iklimsel verilerine uygun görülen çatı yapısı eğimli çatılar olup, kuvvetli güney rüzgârlarına karşı çatı yüzeylerinde ve saçaklarında tedbirler alınmalıdır. Çatı yüzey malzemesi olarak şingil, çelik sandviç gibi malzemeler kullanılmalıdır. Ayrıca çatıda ısı ve su yalıtımı da yapılmalıdır.
- Sıcak iklim bölgesindeki binalar için uygun görülen teras ya da eğimli geniş saçaklı çatılardır. Bu bölgedeki yapıların çatı tasarımında etkin bir ısı ve su yalıtımı zorunludur. Çatı örtüsü olarak şingil veya açık renkli kiremit kullanılmalıdır.
- Çok sıcak iklim bölgesindeki binalar için uygun görülen geniş saçaklı ve eğimli çatılar ya da güneş ışınımına ve değişimine dayalı, ısı geçirgenliği az masif malzemedan yapılmış teras çatılardır. Çatı örtüsü olarak güneş ışınımının maksimum yansıtan ve soğurma oranı minimum olan malzemeler kullanılmalıdır.

2. Duvarlar; Yapıyı dış etkilerden koruyan, tasarımını şekillendiren ve konfor şartlarının sağlanmasına yardımcı olan yapı malzemesidir. Yapı tasarımında dış duvarlar, cepheler ve iç duvarlar önemli bir yer tutmaktadır.

Dış duvarlar ve cepheler; binayı olumsuz hava şartlarından korumakla birlikte enerji sakınımını sağlamaktadır. Bulunduğu iklim bölgesinin hâkim rüzgâr yönüne bağlı olarak dış duvarlarda ısı kaybı ve neme karşı ayrıca önlem alınmalıdır [URL.2]. Dış duvar malzemesi olarak tuğla, bims veya gaz beton kullanılmalı, yapının yüzey kaplama ve boya malzemeleri uzun ömürlü seçilmelidir. Ayrıca toprağa temas eden yüzeylerin, yer üstü ve yer altı suları için su ve ısı yalıtımı yapılmalıdır [8].

İç duvarlar eğitim yapılarının ana kitlesi olan dersliklerin yapılmasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu duvarlarda tuğla tasarımına bağlı olarak pres tuğla ya da doğal taş kullanılmalıdır. Eğitim yapılarındaki tüm iç duvarlarında ses yalıtımı dikkate alınmalı ve kolay temizlenebilen malzemeler ile su bazlı boyalar kullanılmalıdır [12]. Ayrıca ıslak hacimler, mutfaklar, soyunma odaları, depolar, çöp odası gibi mekânların duvarlarında su ve buhar geçişlerini engelleyici malzemeler kullanılmalıdır.

3. Tavanlar; tavan yüksekliği mekânların net hacim değerlerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. Dersliklerin tavanlarında ses yalıtımı yapılmalı, ses düzeyi yüksek olan konferans salonu, müzik odası gibi mekânlarda ise akustik asma tavanlar yapılmalıdır. Ayrıca laboratuvar gibi özel mekânlarda yanmaz tavan kaplamaları kullanılmalıdır.

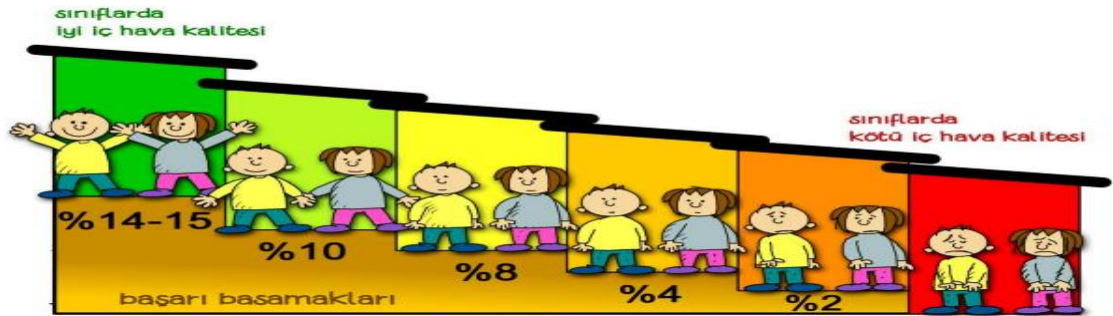
4. Döşemeler; yapı kotlarını birbirinden ayıran üzerine gelen yükleri oturduğu taşıyıcı sisteme ileten yapı elemanlarıdır. Döşeme tasarımı için kullanılan malzeme mekânının gereksinimini karşılayabilmeli, bütün döşeme kaplamaları sert, dayanıklı ve kolay temizlenebilir olmalıdır. Ayrıca çok amaçlı salon, sahne sanatları, konferans salonlarının beton döşemeleri üzerine su ve ısı yalıtımı yapılmalıdır.

5. Kapılar; bina içerisinde ve dışarısında güvenliği sağlayan, mekân ayırımına yardımcı olan yapı malzemesidir. Eğitim yapılarında kapı seçimi az bakım gerektiren, dayanıklı ve uzun ömürlü olmalıdır. Özellikle ana giriş kapıları döner ya da sürgülü kapı kullanılmalı ve dışarı doğru açılmalıdır. Ayrıca yapı içinde kullanılan kapılar doğal havalandırmaya yardımcı olacak şekilde tasarlanmalı, kapı seçimi kadar önemli olan kapı renkleri açık tonlarda tercih edilmelidir.

6. Pencereleer; havalandırma, aydınlatma ve çevreyle görsel bağ kurmada önemli bir yapı elemanıdır. İklim bölgesine göre tasarlanmış bir eğitim yapısında doğru çözümlenmiş pencereler yapı için gerekli havalandırma, aydınlatma ve çevreyle görsel teması sağlamanın yanında bina enerji tüketimini azaltmaktadır. Eğitim yapılarında kullanılacak pencereler kullanışlı, dayanıklı ve uzun ömürlü olmalıdır. Özellikle ılıman ve soğuk iklim bölgelerinde su ve ısı yalıtımı yüksek malzemeler tercih edilmelidir [8].

2.2.4 İç hava kalitesi

Eğitim yapıları öğrencilerin toplu olarak bilgi ve beceri kazandıkları, evlerinden sonra vakitlerinin önemli bir kısmını geçirdikleri kapalı mekânlardır. Hızlı büyüme ve gelişme sürecinde buldukları bu dönemde maruz kalacakları olumsuz çevresel şartlar, çocuklarda astım gibi ciddi solunum yolu hastalıklar, yoğunlaşma eksikliği ve öğrenme güçlüğü sorunlarına sebep olabilmektedir [13]. Şekil 2.3’de eğitim yapılarında iç ortam hava kalitesinin başarıya etkisi gösterilmektedir [14].



Şekil 2.3: Eğitim yapılarında iç ortam hava kalitesinin başarıya etkisi [14]

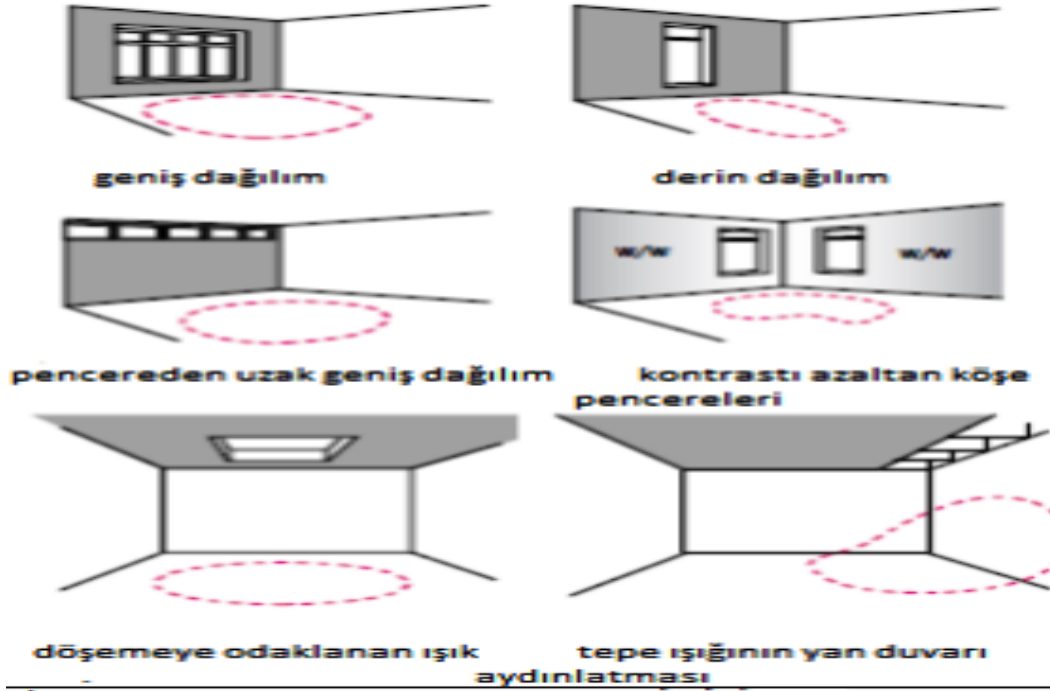
Şekil 2.3'ten görüleceği üzere sınıflarda iç hava kalitesi arttıkça başarı oranı giderek artmaktadır. Eğitim yapılarında öğrenci başına düşen solunabilir hava hacmi 5 m³ olmalıdır. Yüz kişiden daha fazla kişiye hizmet veren salonlar, laboratuvarlar ve toplantı salonları, TMMOB'nin standartlarına uygun havalandırma sistemleri ile tasarlanmalıdır [14]. Bu yapılarda bina içi sıcaklık nem göz önüne alınarak ayarlanmalı, nem oranı yüksek mekânlarda sıcaklık-nem kontrol sistemleri kullanılmalıdır. Bina içi sıcaklık dereceleri yıl boyunca 20-28°C arasında, nem oranı ise %30-60 arasında tutulmalıdır. Dersliklerde her 100 m²'ye 8 litre hava miktarı sağlamak gerekmektedir [14].

2.2.5 Aydınlatma

Öğrenme kapasitesi ve performansı kişinin motivasyonu, psikolojik durumu, zekâsı gibi bireysel etkenlerle birlikte bulunduğu ortamdaki fiziksel şartlara da bağlı olmaktadır. Fiziki ortam öğelerinde biri olan aydınlatma (doğal, yapay), öğrenme eyleminin tam, eksiksiz ve doğru yapılabilmesi için iyi görme şartları yani görsel konforun sağlanmasına bağlıdır. Modern eğitim anlayışı, ilerleyen ve gelişen teknolojiyle birlikte her geçen gün daha fazla görsellik içermektedir. Bu nedenle görsel konfor eksikliğinin kişilerde yoğunlaşma bozukluğu ve göz yorgunluğunu artırmaktadır [15].

Eğitim yapılarında kullanıcı ihtiyacını karşılamak ve görsel konforu sağlamak için doğal ve yapay aydınlatma ölçütleri aşağıda belirtilmektedir.

Doğal aydınlatmada; mekânını yönüne, dış çevrede bulunan engellere, gün ışığının kontrollü yönlendirilmesine bağlıdır. Ayrıca pencereler, tepe ışığına ve artriyumla dikkat edilmelidir. Şekil 2.5’de mekân içerisindeki pencere ve tepe ışıklığının farklı konumlandırmasının mekân içerisindeki aydınlatma oranına etkisi gösterilmektedir [16].



Şekil 2.4: Pencere ve tepe ışıklığının mekân aydınlatmadaki etkisi [16]

Şekil 2.4 incelendiğinde pencere ve tepe ışıklarının aydınlatmaya doğal yönden etkisi görülmektedir. Yapay aydınlatmada; lamba ve armatürlerin seçimi, aydınlatma kontrol sistemleri ve aydınlatma seviyesi önem taşımaktadır. Ayrıca iç hacmin boyutu ve formu, yüzey malzemelerin rengi, yansıtma çarpanları, mekândaki tefriş elemanlarının aydınlık düzeyi ve parıltı dağılımı yapay aydınlatmayı etkileyen bileşenlerdir [16].

2.2.6 Isıl konfor

Okul yapılarının büyük bir çoğunluğunun yapı katmanlarındaki iç ve dış mekân arasında gerçekleşen ısı kayıplar veya dersliklerin gerektiğinden fazla ısıtılması gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Her iki nedenden dolayı yapının gerektiğinden daha fazla enerji tüketmesine neden olmaktadır. Okul binalarında enerjinin etkin kullanımı sağlamak amaçlı ısı kayıplarını azaltmak özellikle sınıfların ısıtılması için yüksek miktarda enerji tüketilen ılıman ve soğuk iklim özelliklerine sahip bölgelerde etkili yöntemlerdir.

Isı kayıplarına neden olan durumlardan biri de yapı kabuğunda yer alan duvar, çatı, zemin ve pencere bileşenlerinden ısı kayıpları, sızıntı, havalandırma, iletim, taşıma ve ışınım yolu ile oluşan ısı transferleri ile gerçekleşmektedir. Bu bileşenleri oluşturan malzemelerin boyutları, kalınlıkları, cinsleri ısı kayıp kazançları belirleyen unsurlardır.

Eğitim yapılarında ısı konforu sağlamak için çatı, duvar, zemine oturan döşeme ve kapı ölçütleri aşağıda belirtilmektedir.

- Çatı; farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde yer alan okul binalarında hesaplamalar ile belirlenen kalınlıklarla uygulanacak yalıtım malzemeleri (taş yünü, cam yünü vs. gibi) ile ısı korunumu sağlanabilmektedir. Yalıtım malzemesi çatı üzerine serilerek veya mertek aralarına yerleştirilerek uygulanabilmektedir [45].
- Zemine oturan döşeme; yapılarda zemine oturan döşemeler için ısı yalıtım uygulaması zemindeki ısı kayıplarından kaçınmak amaçlı önemlidir. Zemin kat döşeme sistemi bina yapım sistemine bağlı olarak çoğunlukla ahşap veya betonarmeden inşa edilir. Her iki durumda da yalıtım uygulaması farklı olmaktadır. Yerden yüksek ahşap sistemli zemin kat döşemesinde ısı kaybına engel olmak amaçlı kirişlerin arasına yalıtım yapılması enerji tasarrufu için

etkili bir uygulamadır [46]. Beton, betonarme malzeme ile oluşturulmuş zemin kat döşemelerine yeterli basınç dayanımına sahip ısı yalıtımı yapılmalıdır. Oluşabilecek yoğunlaşma risklerine karşı önlem almak adına ısı yalıtım katmanı altına buhar kesici malzeme uygulanmalıdır [46].

- Duvarlar; dış iklimsel parametrelere karşı sahip oldukları termofiziksel ve optik özelliklere bağlı farklı şekilde direnç gösteren malzemelerin bileşik etkisiyle yapıların ısı kayıp ve kazanımlarına direk etki etmektedir. Duvarlarda ısı kayıp ve kazançları opak ve saydam yüzey olarak tanımlanabilecek pencerelerden gerçekleşmektedir.

Isı kazançları duvarlardan opak ve saydam yüzeylerden güneşin direkt ve yaygın ışınım bileşenleri etkisiyle iletim, taşınım ve ışınım yolu ile gerçekleşmektedir. Aynı zamanda pencere açıklıkları ve küçük boşluklardan sızıntı ve havalandırma yolu ile iç ortama nüfus eden dış ortam sıcaklığına sahip hava akımları, iç yüzey ve ortam sıcaklığının belli değerlere ulaşmasını sağlamaktadır. Duvarlar yapının bulunduğu iklimsel koşullara bağlı olarak belirlenen kalınlıkta farklı yalıtım malzemeleri ile ısı kayıplarını engellemesi mümkün olmaktadır. Polistren köpük ya da taş yünü tavsiye edilen yalıtım malzemesidir [46].

- Kapılar; okul yapılarında kapılar havalandırma yolu ile ısı kayıplarının en fazla şekilde gerçekleştiği mekânlardır. Sınıf kapılarındaki boşluklardan koridorlara doğru sızıntı yolu ile hava akımlarının kaçışı ısı kayıplarına neden olmaktadır. Okullarda enerji etkinliğinin sağlanması amacı ile giriş kısımlarında, rüzgârlık olarak adlandırılan bir tampon bölgeye yer verilmelidir. Burada yer alan kapıların dışarıdan içeriye hava akışının kontrollü olması için otomatik olması önemlidir. Ayrıca rüzgâr kesici yalıtım elemanları kullanılması enerji tasarrufu yapılması için etkili bir yaklaşımdır.

2.3 Enerji Etkin Eğitim Yapıları Örnekleri

Birleşmiş Milletler tarafından 1987 yılında enerji kaynaklarının korunabilmesi ve enerji kullanımının verimliliğinin doğaya ve ekonomiye olan etkileri farkına vardıldıktan sonra, günümüz mühendisliğinde ve mimarlık alanında ele alınması gereken önemli konuların arasında olduğunun bilincine ulaşılması sebebiyle, bina sektörü alanında enerji verimliliği bilinci 1990'lardan başlamış ve artarak önem

kazanmıştır. Dünyanın sağlığını ve geleceğini koruması için, yapı tasarım çözümlerinde enerji verimlilik konusunun ele alınması gerektiği düşünülmektedir. Bu konuda dünyada enerji verimlilik farkındalığının yaygınlaşması için çeşitli çalışmalara başlanmıştır. Örneğin American Institute of Architects (AIA) tarafından tasarımcıların sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği hakkında bilgilendirilmesi için Amerika'da 1980'lerin sonunda bir çevre komitesi (Committee on the Environment) kurulmuş, 1993 senesinde benzer yapı endüstrisini enerji verimliliği konusunda duyarlılığa yönlendirmek için Green Building Council (USGBC) kurulmuştur [17].

Yerküre genelinde enerji verimliliği ve sürdürülebilirliğin kabullenmesine yönelik olarak, enerji verimliliği özelliğine sahip uygulamaların belirli kıstaslara uygunluk sağlaması alanında sertifikalandırılmaktadır. BREEAM, LEED, NABERS bu alanda farklı ülkelerde değerlendirme yapan özel kurumlardandır [17]. Bu oluşumlar özellikle sürdürülebilir proje gruplarını cesaretlendiren sistemler olduğu belirtmekle beraber henüz yapılarda istenilen seviyeye ulaşma gerçekleşmemiştir.

BREEAM değerlendirme kıstaslarına göre [18];

Yapıların; Yaşam konforunun ölçülmesi, çevresel etkisi ve doğal kaynaklarını verimli kullanımı bağlı bir değerlendirme yapılmaktadır.

- Çevresel etkiler; hava kirliliğinin azaltılması, arazi ve suyun korunum konularını içermektedir.
- Doğal kaynak kullanımı bakımından; kullanım ve moda değişikliğinde varlığını devam ettirebilecek yapı üretimi, çevresel performansı yüksek olan ürünler ve materyalin seçimi, geri dönüşümü desteklemesi, yapı parselinin tekrardan kullanılabilirliği gibi konuları ele almaktadır.
- Yaşam kalitesi kapsamında ise yüksek kalitede inşa edilmiş çevre için yapılar ve iç mekânlarda insani ve çalışma yaşam konforunu sağlaması şartlarını ifade etmektedir.

Değerlendirme kapsamında yapıları mükemmel, çok iyi, iyi ve geçer olarak gruplandırılmaktadır.

LEED değerlendirme kıstaslarına göre [URL.3];

Proje yapılarının farklılıklarına göre puanlama sistemi oluşturmaktadır. Değerlendirme kapsamında yapıları sertifika, gümüş, altın ve platin isimleriyle gruplandırılmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde dünyadaki ve Türkiye’de ki enerjinin etkin kullanıldığı okul örnekleri incelenmektedir.

2.3.1 Dünyada enerji etkin okul yapıları

Enerji etkin tasarım kıstaslarının benimsendiği eğitim yapılarında; temiz hava, gün ışığı kullanımı ve doğal malzeme tüketilmesi açısından oluşturulan tanımlar çerçevesinde, kullanıcılar için daha üretici ve sağlıklı bir ortam oluşturulmaktadır. Enerji etkin proje örnekleri olarak kullanılmakta olan okul binalarının, belirtilen avantajlara ek olarak bu yapıların çevreye ilettikleri mesajlar aracılığıyla toplumda konuyla ilgili farkındalık oluşturulmaktadır. Bu bölümde dünyadaki enerjiyi etkin olarak kullanan eğitim yapısı örnekleri incelenmektedir.

- **Kathleen Grimm liderlik ve sürdürülebilirlik okulu;**

New York Staten adasının güney kısmında yer alan, 68.000 m²’lik ve 444 sandalyeli bir ilköğretim okuludur. Yapı SCA yeşil okullar kılavuzuna uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Dünya çapında türünün tek örneği olan okul, son teknolojik binası ve yenilebilir doğa kaynaklarıyla yıllık olarak kullandığı tüm enerjiyi üretmektedir [URL.4].

Okulda birçok enerji etkin tasarım özellikleri bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibidir [URL.4].

- Binanın çatısında ve güney cephesinde fotovoltaik paneller,
- İç cephede yağmur perdeleri,
- Çatı, pencereleri ve doğal ışığı güçlendiren yansıtıcı tavan panelleri,
- Bir tane jeo değişim ısıtma soğutma sistemi,
- Enerji geri kazanımlı vantilatörler ve talep kontrol sistemi,
- Havalandırma ve sıcak su için güneş enerji sistemi bulunmaktadır.

Ayrıca binanın güney cephesindeki pencerelerin arkası ve dış kısmındaki dikey kabartma ile termal ısı kazanımını azaltılmaktadır. Şekil 2.5’da Kathleen Grimm okuluna ait görseller bulunmaktadır.



Şekil 2.5: Kathleen Grimm liderlik ve sürdürülebilirlik okuluna ait görseller [URL.4]

- **Kingsmead ilköğretim okulu**

İngiltere Nortwich’de yer alan Kingsmead ilköğretim okulu 2004 yılında tamamlanmış, 250 öğrenci kapasitesine sahip bir okuldur. Yapı bölgedeki nüfusun artması göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Proje Cheshire belediye meclisinin sürdürülebilir yapım politikası ve DFES (Department for Education and Skills)’in geleceğin okulları adlı projenin bir ürünüdür [18].

Okulda bulunan enerji etkin tasarımlar aşağıdaki gibidir [18].

- Okulun ana dolaşımı sağlayan, batı-doğu doğrultusunda uzanan eğri bir koridora sahiptir. Ofisler ve hol bu koridorun güney tarafında yer alırken, sınıflar kuzey tarafta bulunmaktadır. Bu sayede sınıflar yazın çok fazla ısınma olmadan, yapıda gerekli aydınlatmayı sağlamaktadır. Her sınıfın kendi oyun alanlarıyla ilişkili bir kış bahçesine bulunmaktadır. Sınıflar ile oyun alanları arasında ısı kaybını azaltan bu bahçeler bitkilendirme ya da depo alanı olarak değerlendirilmektedir.
- Yapının ana strüktürünü ve dış duvarları, yenilebilir kaynaktan elde edilen lamine ahşap oluşturmaktadır. Ayrıca iç blok duvarları binanın kışın ılık, yazın serin tutarak ısıl kütle sağlamaktadır.

- Mekân ayırıcı olarak kullanılan iç duvarlar, bölümlerin düzenlemesi konusunda esneklik sağlamaktadır. Ayrıca kaldırılan ya da yıkılan duvarların başka bir yerde kullanılması veya geri kazanımını mümkün kılmaktadır.
- Yapının çatısı yağmur suyunu toplamasına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu uygulama ile çatıda biriktirilen sular tuvalette kullanılarak içme suyundan %30 oranında tasarruf sağlanmaktadır.
- Yapının elektrik ihtiyacı fotovoltaik panellerden, sıcak su gereksiniminin %20'si ise güneş kolektörleri ile sağlamaktadır.
- Yapı tasarımında her mekânın doğal ışığa önem vererek aydınlatma enerjisi kullanılmaması sağlanmıştır. Fakat doğal ışık olmayan ya da yeterli gelmeyen mekânların aydınlatılması için, aydınlatma anahtarları öğretmenler tarafından kullanılacak biçimde tasarlanmıştır.

Şekil 2.6'da Kingsmead ilköğretim okuluna ait görseller bulunmaktadır [18].



Şekil 2.6: Kingsmead ilköğretim okuluna ait görseller [18]

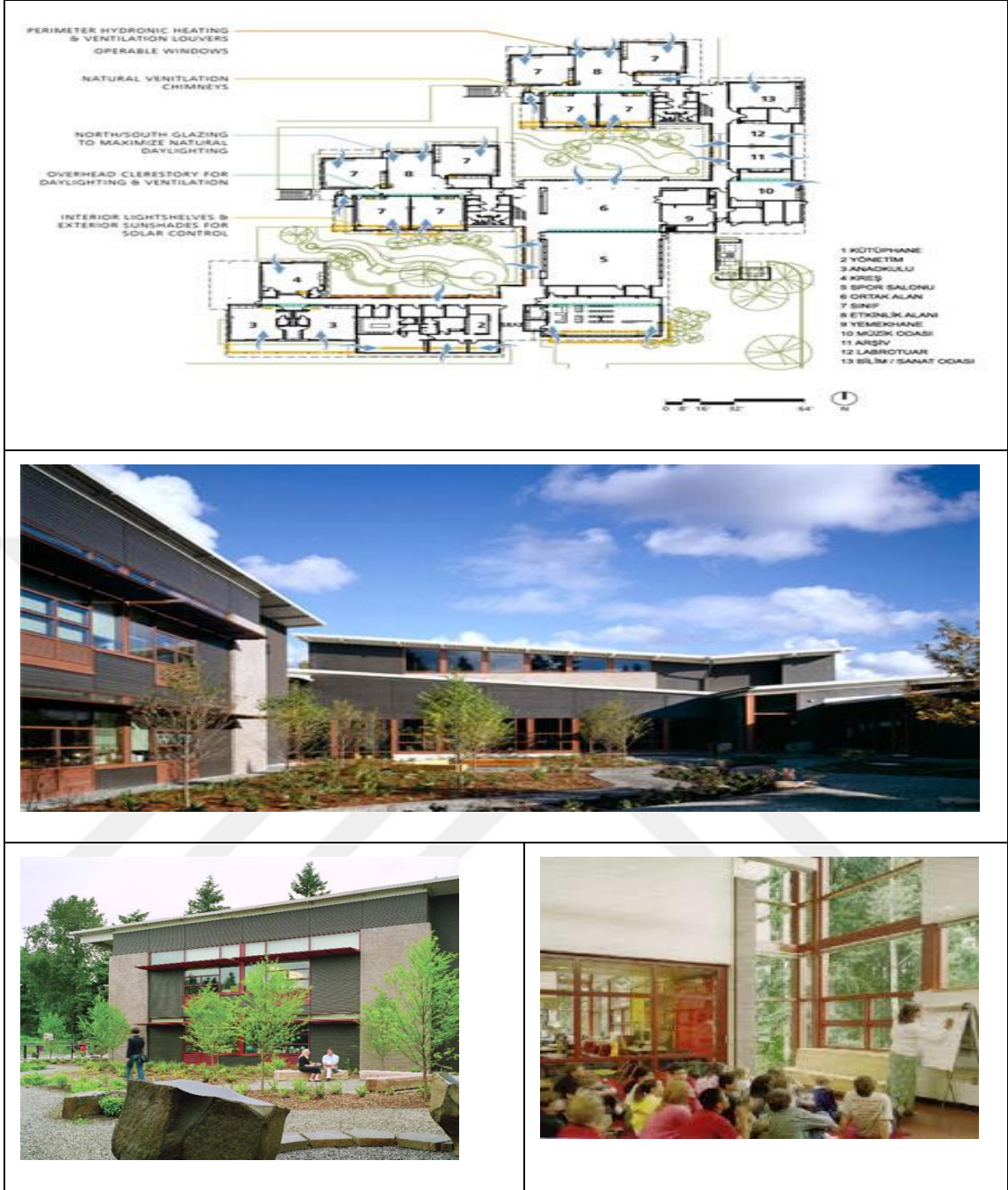
- **Benjamin Franklin ilköğretim okulu**

2005 yılında ABD Washington’da açılan okul, anaokulundan 6. Sınıfa kadar, 450 öğrenciye hizmet vermektedir. Eğitim yapı alanının kuzey ucundaki ağaçlık alan, toplumsal kullanım alanı olarak değerlendirilmiştir. Bu yapıda tasarım sürecinin

birincil amacı, zengin doğal çevre ile ilişki kurulmasıdır. Kullanıcıların yaşamlarını geçirdikleri çevre ile doğrudan iletişim kurmalarını sağlamak için tasarlanan eğitim binası, güney-kuzey yönünde dar bir alanda mevcut olan eski bir binanın yerini almıştır. Okulda bulunan enerji etkin kullanımına yönelik tasarım detayları aşağıdaki gibidir [18]

- 5200 m² yapının iki katlı sınıf kolları, ormana doğru yönelmekte ve öğrenciler görsel olarak doğa ile ilişki kurabilmektedirler. Ayrıca bu kollar, tüm mekânlarda havalandırma ve doğal ışık sağlamaktadırlar.
- Yeni bina, kaynakların verimliliği, çevre ile ilişkileri güçlendirmek ve sürdürülebilirliği sağlamak üzere tasarlanmıştır.
- Yeni eğitim binası üç derslik grubundan oluşmaktadır. Birinci grup anaokulu, 1. ve 2. sınıflar; ikinci grup 3. ve 4. sınıflar; üçüncü grup ise 4. ve 5. sınıflar içindir. Her grup havalandırması ve doğal ışık olan dört derslikli bir kümeden oluşmaktadır. Ortak alanlar (fen laboratuvarı, bilgisayar odası ve müzik odası) bilimi kavranabilir yapmak için yeşil tasarım özellikleri ile birleştirilmiştir. Doğal ortam, okulun iki merkezli avlusunun içerisine uzanmaktadır.
- Tasarlanmış dış çevre öğrencileri sanatla buluşturur, yerel peyzajla bağlantı sağlar. Ayrıca güney avlunun işlevsel ekosistemi güneşin, rüzgârın, gölgenin çevresel değişimlerini vurgulayarak doğal süreçleri görünür kılar.

Şekil 2.8’de Benjamin Franklin ilköğretim okuluna ait görseller bulunmaktadır.



Şekil 2.7: Benjamin Franklin ilköğretim okuluna ait görseller [18]

2.3.2 Türkiye’de enerji etkin eğitim yapıları örnekleri

Son dönemlerde Türkiye’de tasarım ve yapım aşamalarında enerji etkin kullanım kavramına verilen önem her geçen gün daha da artmaktadır. Türkiye’de enerji etkin projeler arasında eğitim kurumlarının bulunması, eğitim yapılarında beklenen enerji etkinliğinin önemini öğrencilere aktaran modellerin ülkemizde de gelişmekte olduğunu göstermektedir. Araştırmanın bu bölümünde Türkiye’de ki eğitim yapıları incelenmektedir.

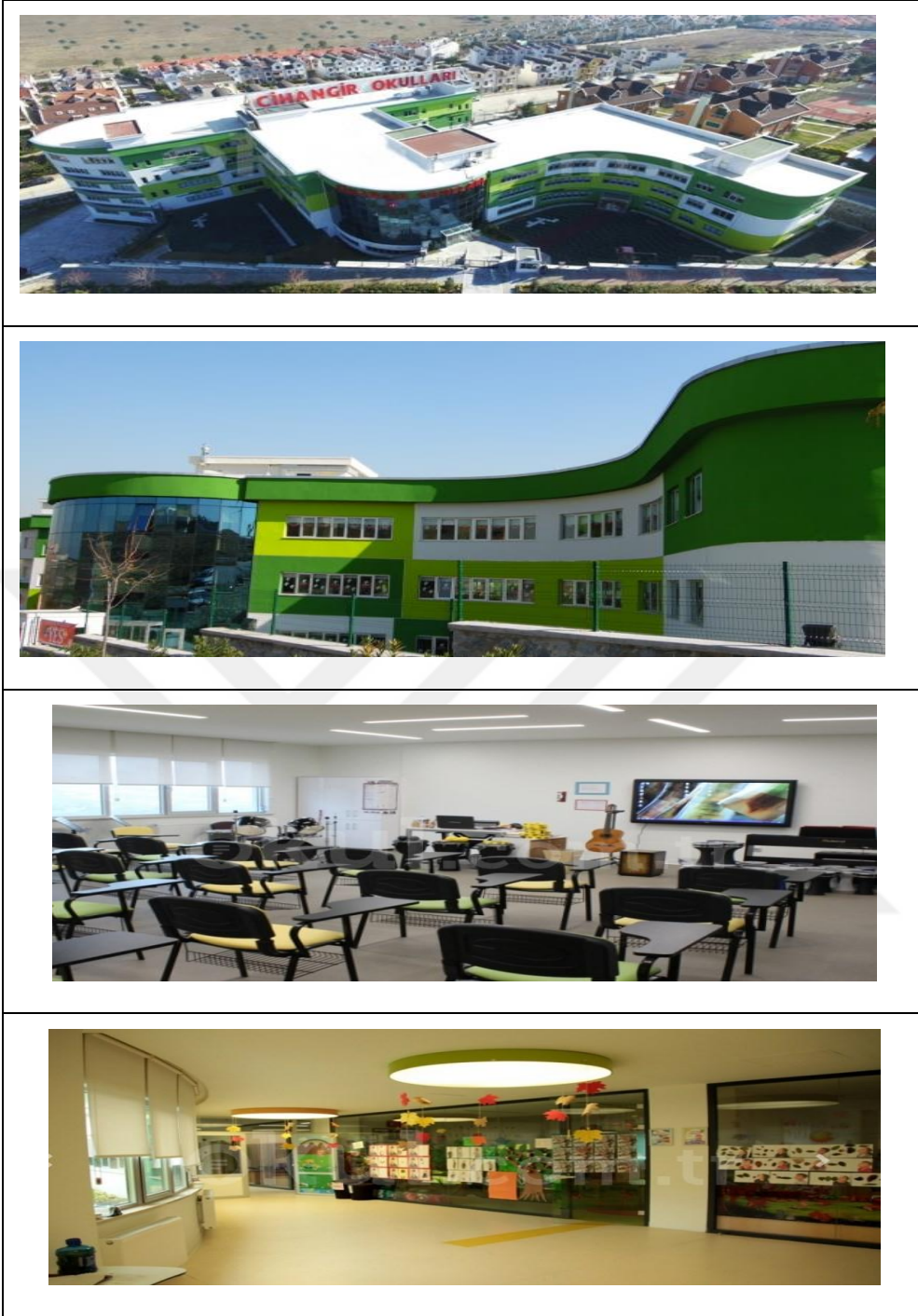
- **Cihangir Koleji Başakşehir**

İstanbul Başakşehir ilçesinde yer alan, 2015 yılında eğitim öğretime açılan okul 11.000 m² kapalı, 3300m²açık alana sahiptir. Yapıda iç mimari öğelerin tamamı, çocuk psikolojisi ve güvenliğine uygun olarak tasarlanmıştır. Proje tasarımında her alan kendi içinde çözümlenmiş, koridorlarda kullanılan nişlerde eğitici ve öğretici yazılar ve maket alanları oluşturulmuştur. Duvar yüzeylerini oluşturan nişler eğitim amaçlı olarak tasarlanmıştır. Yapı enerji verimliliğinde iç mekân kalitesi kadar yeşil bina kriterleri doğrultusunda tasarlanmıştır. Okul binasında yapılan enerji etkin kullanımlar aşağıdaki gibidir [19];

- Yapıda kullanılan malzemeler, zararlı maddelerden oluşmayan ve çevreye zehirli gaz yaymayacak çevreci malzemeler tercih edilmiştir.
- Zemin kaplamalarında çevreye verilen zararı minimum seviyeye indirmek amacıyla ile flok halı ve vinil iç mekân zemin sistemi kullanılmıştır.
- Yapıda yağmur sularını toplayıp filtreleyerek bahçe sulamasında, klozet ve rezervuarlarda kullanılması sağlanmıştır.

Yapı kullanıcıların mutlu olması ve enerji etkin mekânlar oluşturabilmek amacıyla tasarım ve kullanılan malzemeler doğrultusunda LEED gümüş sertifikası almıştır.

Şekil 2.9'da Cihangir Başakşehir kolejinin ait görseller bulunmaktadır [URL.1].



Şekil 2.8: Cihangir Başakşehir kolejine ait görseller [URL.1]

- **Mavişehir İlkokulu**

İzmir Mavişehir’de yapılan yeşil ilkokul binası 7540m² alanda inşa edilmiştir. Yapı 2016 yılında LEED sertifikası almış olup, okul binasında yapılan enerji etkin kullanımlar aşağıdaki gibidir [URL.5];

- Yapı toplu taşıma araçlarının daha çok tercih edilmesi ve bisiklet kullanımını artırmak amaçlı tasarlanmıştır. Projede özel korunaklı bisiklet yolu ve park

alanına yer verilmiştir. Sert peyzaj ve çatılarda ısı adasının etkisinin önüne geçmek amacıyla ısı yalıtım malzemeler kullanılmıştır.

- Yapı zemin + 1 kat olarak tasarlanmış, bu sayede doğal ekosistemi bozmamakla birlikte kuş göç yollarına da engel olmamıştır. Yapıda 685 m²'lik tribün, 40 m²'lik 42 adet derslik, 366 kişilik yemekhane, 200 kişilik konferans salonunun yanı sıra laboratuvarlar, kütüphane, müzik ve resim derslikleri gibi sosyal alanlarda yer verilmektedir. Ayrıca okul binasındaki sosyal imkânlar dış çevre ile etkileşim halinde tasarlanmıştır.
- Proje peyzajında sulama ihtiyacı olmayan, yerli iklim şartlarına kolayca adapte olacak bitkiler kullanılmıştır. Bu sayede yapıda %47 su tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca yapıda yenilikçi atık su teknolojileri uygulanmış olup tuvaletlerde tasarruf yüzdesi 50,8'e kadar ulaşılmıştır.
- Yapıda uygulanan enerji modellenmesi sonucu USGBC'nin onayladığı tasarruf oranı %15,2 olarak belirlenmiştir. Bu tasarruf ısıtma, soğutma, aydınlatma, fan ve pompalardaki enerji azalımına göre belirlenmiştir.
- Yapıda kullanılan malzemelerin %23 geri dönüştürülmüş malzemeden kullanılmış olup, %32'si de yerli malzemelerden tercih edilmiştir.
- Yapı tasarım aşamasından itibaren doğal ışık ve havalandırma dikkate alınarak tasarlanılmıştır.

Şekil 2.10'da Mavişehir ilkokuluna ait görsellere yer verilmiştir.



Şekil 2.9: Mavişehir ilkokuluna ait görseller [URL.5]

- **Rönesans TED koleji**

İstanbul Maltepe ilçesinde yer alan bina, brüt yapı alanı 21.097m² ve 6.300 m² açık alana sahip olan okul 1254 öğrenci kapasitesine uygun olarak 2014 yılında açılmıştır. Yapı inşaat sürecinden başlayarak tamamen enerji etkin ve çevre dostu bir çalışma uygulamasından dolayı Türkiye’de ilk LEED altın sertifika alan kolej olmaktadır [URL.6]. Okul yapısında kullanılan enerji etkin kullanımları aşağıdaki gibidir [17].

- Okulda doğal havalandırmadan maksimum faydalanarak, enerji tasarrufu sağlamak ve taze hava miktarı standartlara göre %30 artırmaktadır.
- Okul arazisinin %50’si etkinlik, %20’si yeşil alan olacak şekilde planlanmıştır.
- Zararlı bileşik içermeyen boya ve yapıştırıcı malzeme kullanılan okul, gün ışığından en yüksek oranda yararlanacak şekilde tasarlanmıştır.
- Zeminler insan sağlığına zarar vermeyen (flor scare sertifikalı) malzeme ve kendini kısa sürede yenileyen bambu parke kullanılmıştır.
- Okul da bulunan bütün dersliklerin tavanlarında akustik asma tavan kullanarak, ortam ses kalitesini en üst düzeye çıkarılmıştır.

- Çatı örtüsü olarak açık renkli malzeme kullanılmış, böylece güneş ışınlarının binayı gereğinden fazla ısıtmasına engel olunmuştur.
- Bina, inşaat aşamasında da geri dönüşümlü malzemeler kullanılarak enerji yönetimi yapılmıştır.

Şekil 2.1’de Rönesans TED kolejine ait görsellere yer verilmiştir [URL.6].



Şekil 2.10: Rönesans TED kolejine ait görseller [URL.6]

3. TÜRKİYE’DE DÖRT ISIL BÖLGEDE ENERJİ

3.1 Türkiye’de Dört Isıl Bölgede Enerji Tüketimi Ve Potansiyeli

Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithal edilen doğalgaz ile karşılamaktadır. Bu nedenle ülkemiz enerji konusunda dışa bağımlıdır. Son yıllarda yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda ciddi çalışmalar ve ilerlemeler yaşanmış olmasına rağmen, ülkemizdeki hızlı nüfus artışı ve sanayileşmesi nedeniyle ithal edilen enerjideki artış halen sürmektedir. Bu nedenle, Türkiye son dönemlerde enerji verimliliği ve etkin kullanımını ciddi olarak ülke gündemine almıştır. Ülkemizde enerji verimliliği ve etkin kullanımıyla ilgili birçok adım bulunmaktadır, bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

- Enerji masraflarının düşürülmesiyle elde edilen tasarruf,
- Enerji ithalinin azaltılmasıyla ekonomide dışa bağımlılığın giderilmesi,
- Çevresel iyileşme ve iklim değişikliğiyle mücadele

Türkiye’de enerji tüketiminde azalma sağlayacak seçenek arayışları 1980 – 1985 yılları arasında kişi başına gelir yıllık yaklaşık %4 artarken enerji tüketimi ise yaklaşık %7-8 civarında artmaktadır. Bu sebepten enerji tüketimindeki azalma arayışları 1980’li yıllarda başlamış olup, varılan bu aşamada özellikle yapılarda enerji tüketiminin en alt düzeye indirgenmesi ve doğada sürdürülebilirliğinin sorgulandığı yaklaşımların dikkate alındığı çözümler önem arz etmektedir [20]. Bugüne kadar ülkemizde yapılar ve ev aletlerinde enerji etkin kullanılması için AB uyum kapsamında birtakım yönetmelikler ve düzenlemeler çıkarılmıştır. Fakat bu uygulamanın neticesi henüz gözlenilmemiştir [20].

Öte yandan sanayi sektörünü baz alan bilgilendirme ve eğitim çalışmaları devlet tarafından yapılmaktadır. Kimi sanayi kuruluşları konunun önemini anlamaya ve enerji verimliliğine yönelik önlemler almaya başlamıştır [21]. Ayrıca yeni inşa edilen elektrik üretim tesislerinde verimli yakıt teknolojileri ve verimlilik kavramları dikkate alınmaya başlanmıştır. Fakat ulaştırma sektöründe enerji etkin kullanımının önemi ve ifade ettiği anlam yeterince anlaşılmamıştır. Öyle ki bu alanda verimli

enerji kullanımı henüz bir kıstas ölçütü olarak devlet politikasında yer bulamamıştır [21].

Türkiye’de enerji verimliliği ile ilgili atılmış olan adımlar aşağıdaki gibidir [22].

- Enerji verimliliği araştırmaları 1980 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından başlatılmıştır.
- 1988 – 1991 yıllarında enerji verimliliği üzerine program ve politika çalışmalarına önem verilmiştir.
- UETM (Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi) 1992 yılında kurulmuştur.
- “Sanayi Enerji Yönetim Yönetmeliği” 1995 yılında yayınlanmıştır.
- 2000 yılında TS 825 yapılar da ısı yalıtım yönetmeliği ve ısı yalıtımı kuralları standardı yayınlanmıştır.
- 2003 yılında ülkemizin enerji verimliliği stratejisi AB Türkiye ulusal programı kapsamında açıklanmıştır. Yenilenmiş ulusal program TBMM tarafından yürürlüğe konulmuştur.
- 2007 yılında enerji verimliliği çalışmaların legal dayanağı olan enerji verimliliği yasası kabul edilmiştir [20]. Bu yasaya göre söz edilen çalışmalarda ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) sorumludur, bakanlık adına çalışmaları YEGM (Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü) uygulamaktadır. Enerji verimliliği kanunu kapsamında YEGM endüstride verimlilik içeren yatırımları desteklemektedir [23].

Kasım ayı 2011 yılında kanun hükmünde kararname ile Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Dolayısıyla bu tarihten önceki dönemlerde Elektrik İşleri Etüt İdaresi Kurumu olarak anılmaktadır [URL.7].

2007 kanunu yayınlanmasından itibaren 2007-2008 senelerinde ikinci düzenlemeler yürürlüğe konulmuş ve dönüşüm süreci uygulanmaya başlanmıştır [24]. Bu yasa enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim basamaklarında; endüstrideki dağıtım ve iletim ağları ile ulaşımdaki enerji verimliliğinin artırılması yönünde temel kurallar ve politika belirlenmiştir. Yasa da ayrıca enerji verimliliği konusunda eğitim faaliyetleri yapılmasını öngörmektedir [25].

- 2008 yılında AB bina enerji performansı direktifi (EPBD) uyarınca yapılar da enerji performansı yönetmeliği resmi gazetede yayınlanmıştır. Yapılarda Enerji Performansı Yönetmeliği;

Yapının birincil enerji ve CO₂ emisyonu açısından sera gazı salınımının kısıtlandırılması ve doğanın korunması hedeflenmiştir [26]. Yönetmeliğin hazırlanmasında Binalarda enerji performansı direktifi baz alınmıştır.

- 2010 yılında yapılarda enerji performansı yönetmeliğinde, değişiklik yapılmasına dair uygulama resmi gazetede yayınlanmıştır. 2008 senesinde yayınlandığı tarihten başlanılarak gelen görüşlerin değerlendirilmesi, yönetmelik içerisinde yapılan yanlışlıkların düzeltilmesi, yönetmelikte anlaşılmayan hususların anlaşılır hale getirilmesi, bina enerji performansı hesaplama yöntemlerinden kaynaklı hataların zorunlu düzeltilmesi ve AB direktifindeki değişiklikler sebebiyle yönetmelikte değişiklikler yapılmıştır [27].
- 2012 yılında sivil toplum kuruluşları ve özel sektörün katılımcı bir yaklaşım ve iş birliği kapsamında ilerlemesini sağlamak, sonuç odaklı ve somut hedeflerle tasarlanmış bir politika belirlemek ve bu hedefe varabilmek amaçlı yapılması zorunlu eylemlerin tespit edilmesi ayrıca bu zaman zarfı içinde kuruluşların yüklenecekleri sorumlulukları tespiti için bir enerji verimliliği stratejik belgesi yayınlanmıştır [25].

2012 yılında yayınlanan, 2012 ve 2023 seneleri arasında ülkemizin enerji verimliliği konusundaki ilerlemesini sağlayan bu belge 7 ana başlık altında toplanmaktadır. Bu başlıklar aşağıdaki gibidir.

1. Enerji ve sanayi alanında enerji yoğunluğunun ve kayıpları azaltmak
2. Yapının enerji ihtiyacını ve CO₂ emisyonlarını azaltmak, yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve enerji etkin binalar yaygınlaştırmak için;
 - Aydınlatma, Isıtma ve soğutma konularını içeren maksimum senelik enerji ihtiyacı belirlenecektir.
 - Söz konusu enerji ihtiyacının, temiz enerji kaynaklarından veya enerji verimli teknolojilerinden karşılanması esas alınarak atmosferdeki CO₂ salınımında düşük sınır belirlenmeli, bu sınırı aşan yeni bina yapımına izin verilmemelidir.
 - Var olan yapıların iyileştirilmesiyle azami sınır değerlere yaklaştırılmasına özendirilmelidir.
 - Bu uygulamaların etkin bir şekilde yapılabilmesi için gerekli idari ve kurumsal yapılar geliştirmelidir.

3. Enerji etkin ürünlerin piyasaya dönüşümünü sağlamak,
4. Elektrik üretim, iletim ve dağıtımında etkinliğini artırmak, enerji zararlarını ve kayıplarını azaltmak,
5. Motorlu taşıtların birim fosil yakıt tüketimini azaltmak. Demir, kara ve deniz yollarında toplu taşıma payını arttırmak ve şehir içi ulaşımda gereksiz yakıt sarfiyatını engellemek,
6. Kamu kesiminde enerji etkin ve verimli kullanmak,
7. Kurumsal binaların, kapasiteleri ve işbirlikçiliğini kuvvetlendirmek ileri teknoloji kullanımını ve bilinçlendirme etkinliklerini artırmak, kamu dışında ekonomik ortamlar oluşturmak.

Türkiye’de enerji verimliliği alanında yapılan çalışmalar neticesinde sanayi sektöründe %20, yapı sektöründe %30 ve ulaşım sektöründe %15 olmak üzere dört Keban barajına eş değer, yaklaşık 7,5 milyar Türk lirası değerinde enerji artırım potansiyeline sahip olduğu saptanmıştır [28]. Yapılan araştırmalara göre 2020 yılında gereksinim duyulacak 222 MTEP’lik birincil enerji gereksiniminin minimum %15 azaltabilecek potansiyele sahip olduğu görülmüştür [29].

Özellikle yapı sektörü, enerji verimliliği artırıcı çalışmaların yoğunlaştığı bir sektör haline gelmiştir. Bununla beraber ilgili kıstasların yenilenmesi ve enerji etkin çalışmaları neticesinde 2000 senesinden sonra inşa edilen yapılar, 2000 senesinden önce inşa edilen yapılarla karşılaştırıldığında önemli oranda enerji tüketiminin azaldığı belirlenmiştir [20].

3.2 Okul Yapılarında Enerji Tasarrufu Ve Verimliliği

Yapı sektörü alanında yenilenebilirlik kavramının gelişimi ve oluşumu 1990’lardan başlayarak önem kazanmıştır. Birleşmiş Milletleri yenilenebilirlik konusunun mimarlık ve mühendislik alanında ele alınması gereken önemli konular arasında olduğunu öne sürülmüş olup, enerjiyi etkin kullanmak için [17];

- Kaynakların etkin kullanılması,
- Enerji etkin bina sistemleri,
- Yenilebilir enerji kullanılması,
- Doğal ortamın korunması ve onarımı

- Bina kullanımında değişime karşı esneklik sağlanması tasarım kısıtlarını oluşturmasıdır.

27203 sayılı yönetmelik ile yürürlüğe konulan “Milli Eğitim Bakanlığına bağlı okullarda enerji yöneticisi görevlendirilmesine ilişkin yönetmelik” ile beraber MEB’e bağlı eğitim kurumlarında enerjinin israfının önlenmesi, enerjinin verimli kullanılması, enerji maliyetlerinin MEB’nin bütçesi üzerindeki yükünün azaltılması ve çevrenin korunması amacıyla oluşturulmuştur [30].

Milli Eğitim Bakanlığına bağlı 72 tip okul binalarında yapılan çalışmanın sonuçlarına göre [31];

- Toplam 359 binanın inşaat alanı 1.107.690,35 m²’dir.
- 72 tip okulda tüketilen toplam elektrik enerjisi 793,24 TEP’dir.
- Ortalama inşaat alanı 15.000 m² olan okul binalarının en fazla %45 ile aydınlatma enerjisi tüketilmektedir. Geri kalan elektrik tüketimi ofis donanımları, alan ısıtma, iklimlendirme, soğutma, motorlar ve pompalar tüketmektedir.

MEB’in “Enerji Yöneticisi Görevlendirilmesine İlişkin Yönetmelik” kapsamında, okullarda elektrik tasarrufu sağlamak amaçlı alınması gereken tedbirler aşağıdaki gibidir [31].

- Enerji yöneticisi görevlendirmek,
- Cihazları bekleme modunda bırakmak,
- Kompanzasyon iyileştirilmesi,
- Tarife analizi yapmak,
- Fotovoltaik kurulumu,
- Elektrik motorların iyileştirilmesi,
- Hareket bağlı aydınlatma kontrolü,
- Aydınlatma sistemi modernizasyon,
- Aydınlatma balast değişimi oluşturmaktadır.

Tip okul binası elektrik enerjisi tasarrufu için yukarıda verilen tedbirler uygulandığı takdirde yılda 114,12 TEP enerji tasarrufu sağlanacaktır. Fakat genellikle yapılarda alınan tedbirler yatırım gerektirmeyen ya da kısa vadede maddi dönüşüm

sağlayabilecek tedbirler uygulandığından 2018 Ocak ayına kadar 72 tip okulda yapılan uygulamalardan sadece 17,80 TEP'lik enerji tasarrufu sağlanmıştır [31].

Aynı zamanda 72 tip okullarda yapılan çalışmada tüketilen yakıt enerjisinin %80'i alan ısıtması için kullanılmaktadır. Geri kalan kısmı sıcak su kullanımı ve diğer mutfak gereçleri kapsamaktadır. Okullarda yakıt tüketiminde tasarruf sağlamak amaçlı alınması gereken tedbirler aşağıdaki gibidir [31].

- Enerji yöneticisi görevlendirmek,
- Kapı, pencere değişimi,
- Sıcak su için güneş kolektörü kullanmak,
- Termostatik vana kullanımı,
- Tesisat yalıtımı,
- Ekonomizer kullanımı,
- Brolür ayarı,
- Kazan modernizasyonu,
- Bina yalıtımı oluşturmaktır.

Yakıt enerji tasarrufu için yukarıdaki tedbirler uygulandığında toplam yakıt tasarrufu 1.213,36 TEP'dir. Fakat okul proje enerji tüketimi araştırmasında genellikle yatırım gerektirmeyen veya kısa vadede dönüşüm sağlayan tedbirler uygulandığından 2018 Ocak ayına kadar yakıt tüketiminde 45.73 TEP tasarruf sağlanmıştır [31].

Bu araştırma sonucunda etüt edilen okul binalarında enerji tüketiminde büyük oranda tasarruf potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Ancak okullara sağlanan ödenek kısıtlılığından dolayı yatırım gerektiren tedbirler istenen düzeyde alınamamıştır. Söz konusu tedbirler alındığı takdirde binada elde edilecek maddi kazancın dışında enerji etkin kullanımı sağlayarak çevreci bir yapı stoku oluşturulacaktır.

3.3 Binalarda Enerji Kimlik Belgesi

Ülkemizde enerji tüketiminin önemli bir kısmının yapı sektörü için harcanmaktadır. Bu nedenle yapılarda enerji etkin kullanımı çözüm geliştirmesi gereken önemli konular arasındadır. Türkiye sosyo-ekonomik ve teknolojik açıdan gelişmiş ülkelerin düzeyine ulaşmak için yoğun bir çaba harcamaktadır. Enerji tüketimi bu çabanın en önemli engellerinden biri olarak görülmektedir.

Türkiye’de kentleşme, nüfus artışı ve sanayileşme gibi olgular enerji tüketimini hızla artırmaktadır. Ancak bu durum verimli ve etkin enerji kullanımı sağlanamadığından, enerji israfına ve ithalata yol açmaktadır. Ülkemizde enerji etkin kullanımı ve verimlilik konusunda gereksinimi karşılayacak uygulamalar geliştirilmediği takdirde, ekonomik ve çevresel sorunları artarak devam edecektir.

Binalarda enerji verimliliğini sağlamak için yapı, tasarım aşamasından itibaren enerjinin etkin kullanılabilmesi ölçütleri belirlenerek tasarlanmalıdır. Örneğin yapıda iklimlendirme verileri dikkate alınarak tasarlanması, bu yapıya pasif iklimlendirme niteliği kazandıracaktır. Bahsedilen sistemi uygun düzeyde yerine getiren yapılar, bulunduğu bölgedeki coğrafi koşullara maksimum performans göstereceklerdir. Dolayısıyla bina içi istenilen termal koşulların sağlanmasında yapma ısıtma sistemlerini minimum düzeyde kullanarak, istenilen ısı konforu ulaşılabilecektir. Yapma ısıtma sistemlerinin minimum düzeyde kullanılması, enerji kaynaklarının kullanımını en alt seviyeye indirecektir [32].

Yapı bulunduğu bölgedeki iklim şartları etkilerine bağlı olarak, bina içi en alt düzeyde yapma ısıtma sistemlerine gereksinim duyularak ısı konforu sağlanması için yapı tasarımının uygun parametrelere sahip olması gerekmektedir. Bu parametreler aşağıdaki gibidir [32].

- Binanın bulunduğu iklim bölgesindeki konumu; güneş ışınımının yapı üzerindeki etkisi ve hava akımı açısından önemli bir tasarım değişkendir. Bu değişken arazinin eğimi, baktığı yön ve konumu gibi alt değişkenlerin bütünüdür.
- Yapılar arası aralıklar, birbirlerine ve yüksekliklerine göre olan konumlarına bağlı olarak, güneş ışınımı ve rüzgârı engelleyici görev görebilirler. Bu nedenle güneş ışınımının ısıtıcı etkisinden pasif iklimlendirmede yararlanması veya kaçınması yapılar arasındaki aralığın, yüksekliklerinin ve birbirlerine göre konumlarının bir fonksiyonudur.
- Binanın yönlendiriliş durumuna göre güneş ışınımının rüzgârın serinletici ve ısıtıcı etkisi farklılık göstermektedir. Bu nedenle güneş ve rüzgârın yararlı etkilerinin optimize edilebilmesi için, iklimsel ihtiyaçlara bağlı olarak projelendirme aşamasında yapıların en uygun değere yönlendiriliş durumunun belirlenmesi gerekmektedir.

- Binanın formu; binanın yüksekliğine, uzunluğunun derinliğine oranına, çatı türü ve eğimi gibi yapıyla alakalı geometrik değişkenlerin tamamıdır. Değişik formlara sahip yapıların ısı kazanç ve kayıpları birbirinden farklıdır. En az ısı enerji tüketimine sahip olacak yapıyı tanımlamada yapı kabuğu ve formu birlikte göz önüne alınarak en uygun değerlerin belirlenmesi gerekmektedir.
- Yapı kabuğunun optik özellikleri toplam ısı geçirme katsayısını ve saydamlık oranını belirlemektedir. Bina kabuğu güneş ışınım aracılığı ile kazanmış olduğu ısı, geçirgenliği, yansıtıcılığı ve yutuculuğu yapı kabuğunun optik özelliklerini belirlemektedir. Ayrıca yapıdaki termo fiziksel özellikleri ısı geçirgenlik katsayısı ve yapının saydamlık oranına bağlı olarak farklılık göstermektedir.
- Doğal havalandırma düzeni sağlanmalıdır [33]
- Güneş kontrolü ve doğal havalandırma, yukarıda açıklanan parametrelere ek olarak yapıdaki enerji tüketimlerinin azaltılması, rüzgâr etkileri ve güneş ışınımlarından en uygun şekilde yararlanacak denetleme yöntemlerinin kullanılması da büyük önem taşımaktadır [33].

3.3.1 Binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi

BEP yönteminin amacı aşağıdaki gibidir [34].

- Yapının toplam enerji harcamalarının değerlendirmesini sağlayacak hesaplama kuralların belirlenmesinde; iç mekân gereksinimleri, dış iklim şartları, yerel şartları ve maliyet etkinliği göz önüne alınarak oluşturması,
- CO₂ emisyon ve birincil enerji bakımından sınıflandırılması,
- Yeni veya onarım yapılacak var olan yapılar için en az enerji tüketimi ihtiyaçlarının belirlenmesi,
- Yenilebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliği değerlendirilmesi,
- Soğutma, ısıtma tertibatının kontrolünün sağlanması,
- Sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması,
- Yapılarda başarımların ölçütlerinin ve yürütüm esaslarının belirlenmesi,
- Çevre korumasını düzenlenmesidir.

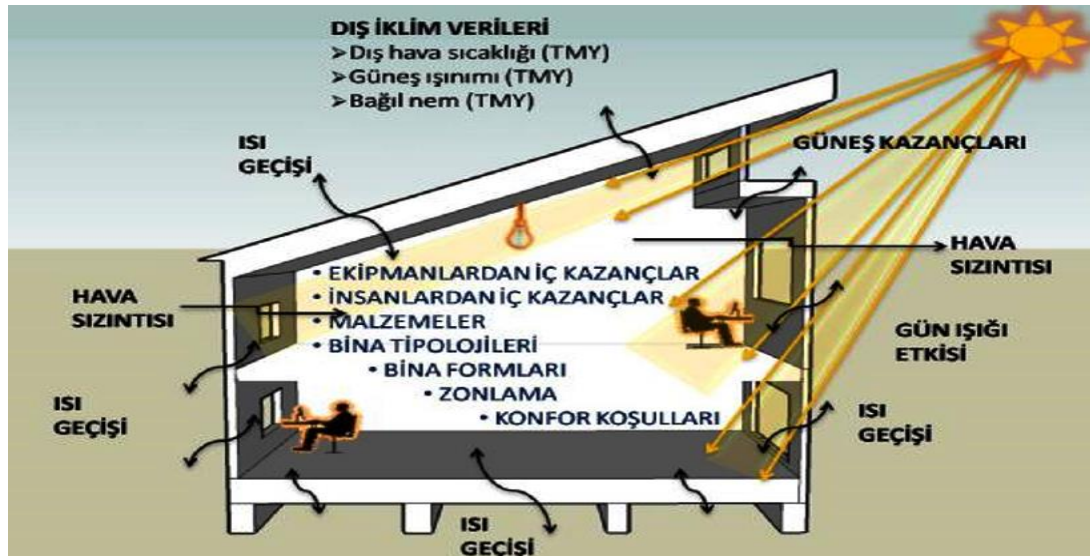
Yukarıda söz edilen birincil enerji; yapıdaki sıhhi sıcak su, aydınlatma, ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerinin toplamını kapsamaktadır. Bu yönetmeliğin bir gereğince her yapı için enerji kimlik belgesi hazırlanmasıdır. Enerji kimlik belgesi

hazırlamada kullanılacak olan yapı için enerji tüketimine etki eden parametreleri, bina tipleri (konutlar, eğitim binaları, otel, ofisler, sağlık binaları ve alışveriş merkezleri gibi) yönetmeliği kapsamında var olan veya yeni tüm yapı tipleri için enerji performanslarını değerlendirmek amacıyla oluşturulmuştur.

Yapı enerji hesaplama yöntemi aşağıdaki maddelerden oluşmaktadır [35];

- Binanın soğutma ve ısıtma için gereksinim duyulan net enerji niceliğinin hesaplamasını,
- Net ısıtma-soğutma enerji ihtiyacını karşılayacak sistemlere bağlı enerji kayıpları ve verimlilikleri göz önüne alınarak, binadaki total soğutma-ısıtma enerji tüketiminin belirlenmesi,
- Havalandırma enerjisinin tüketiminin belirlenmesi,
- Binalardaki gün ışığının etkileri dikkate alınarak, gün ışığının etkili olmadığı mekânlar için veya gün ışığından yararlanılmayan süre boyunca aydınlatma enerji tüketiminin hesaplanması,
- Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplamasını kapsamaktadır.

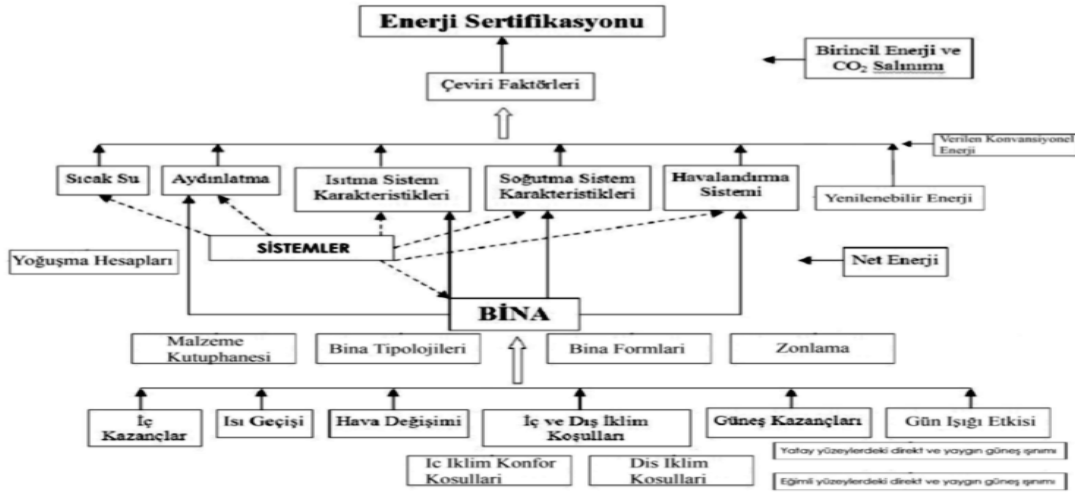
Binalarda enerji performansını etkileyen etmenler şekil 3.1’de verilmektedir [2].



Şekil 3.1: Binalarda enerji performansını etkileyen etmenler [2].

Şekil 3.1 incelendiğinde binalardaki enerji performansını etkileyen ana etkenlerin hava sızıntısı kaynaklı ısı geçişleri, güneş ışığının doğru kullanılmaması, bina tipolojisi gibi etkenler verilmektedir. Binalarda enerji performansı değerlendirilirken;

binanın soğutulması ve ısıtılması için gereksinim duyulan net enerji miktarının hesaplanmasında, net enerjiyi karşılayacak kurulu sistemlerden kaynaklanan enerji kayıp ve verimlilikleri de göz önüne alınarak, yapının total havalandırma, sıhhi sıcak su, ısıtma, soğutma ve gün ışığına bağlı aydınlatma enerji tüketimlerini de hesaplanmaktadır [36]. Şekil 3.2’de enerji kimlik belgesi akış diyagramı verilmektedir [2].



Şekil 3.2: Enerji kimlik belgesi akış diyagramı [2]

Şekil 3.2’ye göre binalardaki enerji sertifikasyonuna etkileyen faktörler kendi içinde bir dizi zincir halinde verilmiştir. Bu akış diyagramından çıkarılan sonuçlara göre, binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi; binalardaki enerji tüketimlerinde payı olan tüm girdilerin etkisini değerlendirmek ve binaların enerji performans sınıfını belirlemek için Avrupa standartları temel kabul edilerek, ülkemizin koordinatları, iklim verileri ve yerel malzemeleri gibi bilgilerin derlenmesi ile oluşturulmuştur [36].

Referans binanın enerji kimlik belgesi hesaplamasındaki yeri aşağıda belirtilmektedir.

Yer ve iklim verileri [26];

- Benzer iklim verileri kullanılmalıdır,
- Benzer yönlendirilmeye sahip olması gerekmektedir.

Bina formu [36];

- Çatı tipleri ve plan aynı olmalıdır,
- Toplam alan ve kat sayısı aynı olmalıdır,

- Gerçekte yapılacak olan yapı ve enerji kimlik belgesi düzenlenecek yapı, aynı geometrik formda tasarlanmalıdır, hesaplama programı hem gerçek hem de referans bina için tek seferde girilen veriler iki kez çalışmalıdır,
- Enerji kimlik belgesi düzenlenecek bina ve gerçekte yapılacak yapı ile aynı katsayı ve toplamlarına sahip planlanmalı, hesaplama programı aynı özellikler hem gerçek hem de referans bina için tek seferde girilen veriler iki kez çalışmalıdır.

Yapı kabuğu;

- Saydam ve opak bileşenler TS 825 zorunlu kıstaslarına uygun olmalıdır,

Mekanik tertibatlar;

- Yasal mevzuatların izin verdiği tanımlanan sistem özelliklerine ve en az verim değerlerine sahip olmalıdır,
- Baz alınan yapının ısıtma tertibatında yakıt olarak doğal gaz seçilmelidir
- Baz alınan yapıda, merkezi ısıtma sistemi seçilmelidir,
- Baz alınan yapıda tertibat verileri yasal mevzuatların (kıstas ve yönetmeliklerin) izin verdiği en az verim ve faktör değerleri seçilmelidir,
- Baz alınan konut yapısında doğal havalandırma seçilmelidir,
- Baz alınan konut dışı yapılarda mekanik havalandırma seçilmelidir,
- Baz alınan yapıda merkezi soğutma sistemi seçilmelidir,
- Baz alınan konut dışı yapılarda merkezi soğutma sistemi olarak seçilmelidir,
- Mevcut ya da tasarlanmış herhangi bir sistemin, net enerji ihtiyacı olmasına rağmen tüketilen enerjinin bulunmaması durumunda sistem, karakteristik referans bina ile aynı alınmalıdır,
- Var olan ya da projelendirilmiş herhangi bir sistemin, hesaplanan net enerji ihtiyacı karşısında yetersiz kalması durumunda ihtiyacı karşılamayan kısmın, ihtiyacını karşılamak üzere gerçekte var olmayan bir sistem atanır. Bu hayali sistemin özellikleri, referans binadaki ilgili sistem ile aynıdır.

Aydınlatma tertibatı;

- Aydınlatma için tanımlanan minimum değişkenlere sahip olmalıdır.

- Ele hacmin aydınlatma sistemi kabul edilir. Mekânlarda tavan ışık yansıtma katsayısı %70 (pD), duvarların ışık yansıtma katsayısı %50 (pD) olarak belirlenmelidir.

Sıcak su tertibatı;

- Yasal mevzuatın izin verdiği tanımlanan sistem özelliklerine ve minimum istenilen değerlere sahip olmalıdır,
- Baz alınan konut yapısında sıcak su tertibatı için doğalgaz seçilmelidir,
- Baz alınan konut dışı yapılarda merkezi sıcak su sistemi seçilmelidir,
- Baz alınan yapı için yönetmelik, sistemler ve standartların izin verdiği minimum verim değeri seçilmelidir.

Yukarıda parametreler ışığında gerçek yapı için yapılan hesaplamanın aynısı, hayali referans yapı için de yapılır. Hesaplama neticesinde gerçek yapının enerji performansı baz alınan yapınınikiyle oranlanır. Elde edilen sonuca göre, yapının enerji sınıfı ortaya çıkarılır. Enerji kimlik belgesinin A,B,C,D,E,F,G olmak üzere 7 sınıf vardır. Bu sınıflandırmalar Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1: Ep değerlerine göre enerji sınıfı [2]

Enerji Sınıfı	Potansiyel enerji aralıkları (m²)
A Sınıfı	0-39
B Sınıfı	40-79
C Sınıfı	80-99
D Sınıfı	100-119
E Sınıfı	120-139
F Sınıfı	140-174
G Sınıfı	175-...

En yüksek enerji performansına A sınıfı binaları sahip olurken, G sınıfı en düşük enerji seviyesine sahip binaları temsil etmektedir [2]. Bu enerji performanslarının

sınıflandırmalarına yönelik alternatif enerji tasarrufu yöntemleri sonraki bölümde incelenmiştir.

3.4 Binalarda Enerji Tasarrufu Alternatifi

3.4.1 Fotovoltaik panel kullanım yolu ile enerji tasarrufu yöntemi

Fotovoltaik sistemler, güneş ışınlarını yararlanılarak elde edilen elektrik enerjisine denir. Bu sistemler pahalı yenilebilir bir teknoloji olmasına karşın kurulum ve tasarım bakımından en basit teknolojidir. Ayrıca bu teknolojiyi önemli kılan asıl özelliği, çevreyi kirletmeyen çevre dostu ve bakım maliyeti düşük olmasıdır.

Günümüz dünyasında ortalama güç tüketimi 10 tetra watt (tw) düzeyindedir. Dünyanın yıllık enerji tüketimi 2050 yılına kadar 30tw düzeyine ulaşılacağı tahmin edilmektedir. Dünya, atmosferdeki ortalama CO₂'i dengede tutabilmek için 20tw yenilebilir enerjiye ihtiyaç duyacaktır. Günümüzde enerji tüketimini azaltabilmek için yararlanacak en basit yöntemlerden biriside fotovoltaik teknolojilerdir. Dolayısıyla fotovoltaik teknoloji dünyanın gelecekteki enerji ihtiyacını karşılamada daha etkili olacağı düşünülmektedir [37].

Fotovoltaik panel kullanımı ile kullanıcı ihtiyaçlarının tamamını ya da bir kısmını karşılayabileceği gibi, ihtiyaç duyulmadığı zamanlarda ya da kullanım fazlasını şebekeye satma imkânına da sahiptir. Fotovoltaik panellerinde verimlilik %5-20 aralığında değişmekle birlikte geri kalan enerji ısı enerjisi olarak açığa çıkmaktadır [38].

- Fotovoltaik birimler;

Çağımızda kullanılan fotovoltaik piller yarı iletken cinsi olan silikon bazlıdır. Güneş ışınlarının panellere çarpması ile ışınların bir kısmı yarı iletken maddede absorbe ederek elektronların serbest kalmasını sağlar. Bu sayede elektronların hareketinden pilin iki ucundaki metaller ile elektrik enerjisi elde edilir. Günümüzde kullanılan fotovoltaik panellere ilişkin veriler çizelge 3.2'de verilmektedir.

Çizelge 3.2: Fotovoltaik panellere ilişkin veriler [38]

Malzeme	Monokristal silikon	Polikristal silikon	İnce film amorf silikon
Pil verimi	13-17	12-15	5-10
Modül verimi (%)	12-15	11-14	4-7,5
Görünüm	Mavi/siyah homojen	Mavi çok hücreli	Gri/kahve siyah/mat

- Karbondioksit emisyon tasarrufu;

Fotovoltaik sistemler bir yapının tüm elektrik ihtiyacını karşılamayacak olsalar bile, mevcut konvansiyonel yakıt kullanımını azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. En pratik yöntem olarak güneşe bakacak şekilde açılı olarak yerleştirilen fotovoltaik bir sistem yılda 100kWh/m² elektrik üretmektedir. Emisyonlar söz konusu olduğunda 1kw güneş pili kullanım yolu ile oluşturulan enerjiden toplam 0.3 ton CO₂ azaltımı sağlanmaktadır [39].

- Fotovoltaik sistem ile elektrik enerjisi elde edilmesi;

Güneş ışınımından elektrik enerjisi elde edilmesi için bazı hesaplamalar gerekmektedir. Örneğin bir bölgede üretilen toplam elektrik enerjisi; bu bölgenin dünya üzerindeki konumuna, iklimine ve fotovoltaik sistemin karakteristik özelliklerine bağlı olmaktadır. Günümüzde ortalama pv sistem verimi %13 civarındadır, yani pv sistem üzerine düşen ışınımın %13'ünü elektrik enerjisine çevirebilmektedir. Dolayısıyla güneş ışınımı fazla alan iklim bölgelerinde, pv sistemle üretilen enerjinin miktarı aynı oranda artmaktadır.

Aşağıdaki bölümde güneş ışınımından elektrik enerjisi elde edilmesi için kullanılan hesap yöntemlerinden bahsedilmiştir [40].

Fotovoltaik dizinin güneşlenme süresi, gün boyunca dizi üzerine düşen ışınım enerjisine bağlı olarak aşağıdaki formül ile tespit edilmektedir.

$$t = \frac{\varphi * E_g}{1000w/m^2} \text{ buradan;} \quad (1)$$

t: panelin güneşlenme süresi

φ : optimum açı (°)

Eg: güneş ışınım enerjisidir (Wh/m²)

Fotovoltaik dizide elde edilebilecek en yüksek güç, dizinin 25°C sıcaklıkta ürettiği en yüksek akım ve akü gerilimi değerine bağlı olarak aşağıdaki formül ile tespit edilmektedir.

$$P_{pv} = I_{pmax} * VA \text{ buradan;} \quad (2)$$

Ppv: dizide elde edilebilecek en yüksek güç miktarı (W)

I_{pmax}: dizinin ürettiği en yüksek akım miktarı (A)

VA: akü gerilim değeridir (V).

Fotovoltaik diziden günlük olarak kazanabileceği enerji miktarı, dizinin güneşlenme süresi ile kullanılabilir en yüksek güç miktarına bağlı olarak aşağıdaki formül ile tespit edilmektedir.

$$E_{pv} = P_{pv} * t \text{ buradan;} \quad (3)$$

E_{pv}: panelden kazanılabilecek enerji miktarıdır (Wh).

Fotovoltaik diziden kazanılabilecek enerji miktarı, PV sistemdeki ekipmanların verimine bağlı olarak azalır. PV sistemdeki ekipmanların verimi aşağıdaki formül ile tespit edilmektedir.

$$\eta_e = \eta_c * \eta_{skç} * \eta_a * \eta_k \text{ buradan;} \quad (4)$$

η_e : ekipman verimi

η_c : çevrim içi verimi

$\eta_{skç}$: şarj kontrol cihaz verimi

η_a : akü verimi

η_k : kablo verimidir.

Fotovoltaik diziler için optimum açı 15°'dir. fakat dizileri optimum açıda yerleştirmenin yanında, üzerine farklı açılardan güneş ışınları geleceği için fotovoltaik dizinin verimini azaltacaktır. Bundan dolayı optimum açı olarak alınan

15°'lik eğim için verim azalması %5 olarak alınmaktadır. Fotovoltaik sistem verimi aşağıdaki formül ile tespit edilmektedir.

$$\eta_{st} = \eta_{ea} * \eta_p * \eta_e \text{ buradan;} \quad (5)$$

η_{st} : PV sistemin toplam verimi

η_{ea} : eğim açısının verimidir.

Gereksinim duyulan maksimum enerjiyi karşılamak için, kullanılacak olan fotovoltaik panel modülünün sayısı aşağıdaki formül ile tespit edilmektedir.

$$Sp = \frac{Et}{E_{pv} * \eta_{st}} \text{ buradan;} \quad (6)$$

Sp : PV modül adedi

Et : gereksinim duyulan enerji miktarıdır.

Fotovoltaik hücreler modüle seri olarak bağlanmaktadır. Bu nedenle gölgelenmeye karşı fazlaca duyarlılardır. Bir fotovoltaik hücrenin vereceği güç gölgelenme nedeni ile düşerse, diğer hücreler de onun gücüne inmek zorunda kalacaktır. Diğer bir deyişle bir hücrenin yarısının gölgelenmesi ile bir dizinin yarısının gölgelenmesi arasında hiçbir fark yoktur. Ayrıca fotovoltaik dizinin kirlenmesi de gölge etkisi yaratacağından dizinin veriminden %3'lük bir kayba sebep olmaktadır [20].

Fotovoltaik diziler bütün yıl boyunca maksimum düzeyde güneş ışınımlarından yararlanabilmesi için, bulunduğu bölgenin enlemine eşit olan eğim açısında ve dizileri güneşe yönlendirilerek yerleştirilmesiyle elde edilir. Ayrıca eğim açısı kış mevsimlerinde 15° fazla, yaz aylarında ise 15° az olacak şekilde dikkate alındığında mevsimlere göre en uygun tasarım değerleri tespit edilmiş olur [20].

3.4.2 Isı yalıtımı kullanım yolu ile enerji tasarrufu yöntemi

Günlük hayatımızın büyük bir kısmını sıcaklık değişimleri kontrol etmektedir. Barınma, ısıtma, havalandırma ve yapı yalıtımı kişinin konforunu sağlayan termal güçleri etkilemektedir. Tasarımcıların, inşaatçıların, mühendis ve mimarların yapı oluştururken aktif ya da pasif olarak sağlamaya çalıştıkları ısı yalıtımı düşüncesi budur.

Yapılarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı iç mekân havalandırmasından tüketilmektedir. Ortalama bir yapıda kullanılan enerjinin %50-70'i mekânın ısıtılması ve soğutulması için harcanmaktadır [41].

Isı yalıtımı yapılamayan yapılarda; dış duvarlar, tavan, merdiven, pencereler, ısıtılmayan hacimler üzerindeki döşemeler gibi yapı elemanlarından ısı kaybetmektedirler. Yapıda meydana gelen bu ısı kaybı nedeniyle yapının ısıtılması ve soğutulması için harcanan enerji miktarı buna bağlı olarak artmaktadır [42].

Binalarda ısı yalıtımı doğru kullanımı sağlandığı takdirde; havalandırma sisteminin katkı sağlamakta kalmaz aynı zamanda yıllık enerji masrafını da azaltmaktadır. Ayrıca mevsimler arası dönemde mekanik havalandırmaya bağlı kalmadan termal konfor süresini uzatmaktadır.

- Isı yalıtım malzemeleri;

Isı yalıtım malzemesi Türk standartları TS-825'e göre; sentetik kökenli extrude polistren, polisretan, fenol köpüğü, mineral kökenli cam yünü, taş yünü, bitkisel-hayvansal kökenli pamuk keçeler ve oluklu mukavvalar gibi ısı iletkenlik değeri 0,060 w/mk değerinin altında olan malzemelere denir [43].

Yalıtımda kullanılan her malzemenin standartlara uygun olması, kullanılan bölgenin detayına göre malzeme seçimi, bina sağlığı ve yalıtım performansı açısından büyük önem taşımaktadır. Piyasada oldukça farklı tipte ısı yalıtım malzemesi bulunmaktadır. Çalışmanın bu kısmında dört ısı bölgedeki tip okul projesinde kullanılan mineral ve bitkisel lifli (taş yünü ve cam yünü) yalıtım malzemesi ve ekstrüde polistren köpüğü araştırılmaktadır [44].

Taş yünü;

- Taş yünü bazalt ve diabez taşlarının elyaf haline getirilip organik bağlayıcılar ile sıcaklık ve basınç altında levha haline getirilen bir malzemedir.
- Yangına karşı en güvenilir malzeme olup yangın yönetmeliğine göre 650-750 °C sıcaklığa dayanıklı olup, yangın sınıfın olarak A1 ve A2'de bulunmaktadır.
- Isı ve yangın yalıtımının yanında çok iyi ses yalıtımı da sağlamaktadır.
- Isı geçirgenlik kat sayısı dört grupta toplanmaktadır. Bunlar; λ : 0.035 – 0.040 – 0,045 – 0,050 W/mk'dır.

- Dış cephe ısı yalıtımında kullanılan malzeme en az 130-150kg/m³ yoğunlukta olmalıdır. Cephe kaplamalarında ise 50-70 kg/m³olan malzemeler kullanılmalıdır.
- Bünyesine su aldığı zaman ısı yalıtım özelliğini kaybettiğinden yağışlı havalarda uygulaması yapılmamalıdır. Üzeri sıva ile kapatılana kadar su ve yağıştan korunmalıdır.
- Taş yünü; dış cephe ısı yalıtımında, alçı levha kompozit malzemelerle dış duvarların iç yalıtım uygulamalarında ve gezilmeyen çatılarda şilte uygulamalarında tercih edilmektedir.
- Taş yünü; gezilebilir çatı, teras ve binanın toprağa temas eden duvarlarında su alıp yalıtım özelliğini kaybettiğinden dolayı kullanılamamalıdır.

Cam yünü;

- Cam yünü silis kumunun elyaf haline getirilmesinden sonra organik bağlayıcılar ile sıcaklık ve basınç altında levha haline getirilen bir malzemedir.
- Yangın güvenliği -50/250 °C aralığında sağlamaktadır.
- Isı geçirgenlik kat sayısı üç grupta toplanmaktadır. Bunlar; 0,040-0,045-0,050W/mk'dır.
- Cam yünü; üzerinde gezilmeyen çatı uygulamalarında, bina iç kısmında yapılan ısı ve ses yalıtım uygulamalarında, alçıpen plaka veya çelik sistem donatıları ile beraber kullanılmaktadır.
- Bünyesine su aldığı zaman ısı yalıtım özelliğini kaybetmektedir. Bundan dolayı dış havaya açık yerlerde kullanılmamaktadır.

XPS köpüğü;

- Ekstrde polistren köpük üretiminde şişirme gazı olarak HCFC gazı kullanılmaktaydı. Fakat bu gazın çevreye zararlı etkisi bulunduğundan, üreticiler son dönemlerde XPS üretiminde şişirici gaz olarak CO₂ kullanmaya başlamışlardır. Bu sayede çevreye karşı zararlı etkilerinin azaltılmasına yardımcı olmuşlardır.
 - XPS köpüğü 80°C sıcaklıktan sonra deforme olmaktadır.
 - Isı yalıtım yoğunluğu 25-30kg/m³ arasındadır.

- Isı geçirgenlik kat sayısı üç grupta toplanmaktadır. Bunlar; 0.030-0.035-0.040W/mk'dır.
- XPS köpüğü tamamen kapalı hücre yapısına sahip olduğu için bünyesine su almamaktadır. Bu nedenle buhar ve nemden etkilenmediği için bütün iklim koşullarında uygun bir üründür.
- CO₂ ile üretilen XPS köpüğünün ebatlarında ve ısı geçirgenlik kat sayısında zamanla değişme olmaz.
- XPS köpüğü dış duvarların iç kısımlarındaki ısı yalıtım uygulamalarında, gezilebilir çatı ve teras uygulamaları ile toprağa temas eden dış cephe ısı yalıtımında kullanılmaktadır.

Isı yalıtımında malzeme kalınlığı [42];

Yalıtım malzemelerinin kalınlığı TS-825 binalarda ısı yalıtım yönetmeliği standartlarının belirlemiş olduğu hesaplama yöntemi ile hesaplanmaktadır. Bu yönetmelik kapsamında kullanılan tüm malzemelerin yoğunluk, ısı geçirgenlik katsayısı ve buhar difüzyon direnç katsayısı tablo halinde verilmektedir. Isı yalıtım malzemesi olarak kullanılan her malzemenin ısı iletim kat sayısı birbirinden farklılık göstermektedir. Yalıtım malzemesinin kalınlığı ile ilgili olarak ısı direnç formülü aşağıdaki formülde belirtilmiştir.

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ buradan;} \quad (7)$$

R: ısı direnç

d: kalınlık

λ : ısı iletkenlik kat sayısı

Yalıtım için kullanılan malzemenin ısı iletkenlik kat sayısı sabit olduğundan ısı direnci artırmak için malzemenin kalınlığını artırmak gerekmektedir.

Çok tabakalı yapı bileşeni ısı geçirgenlik kat sayısını hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$U = 1/\alpha + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + d_3/\lambda_3 + d_4/\lambda_4 + 1/\alpha_{dış} \text{ w/m}^2\text{k buradan.....} \quad (8)$$

Yukarıda verilen formülde olduğu gibi çok tabakalı yapı bileşenlerinde ısı geçirgenlik kat sayısı hesaplanırken öncelikle yapı elemanlarının ısı direnç kat sayısı hesaplanmalıdır.



4. TÜRKİYE'DE DÖRT ISIL BÖLGEDEN SEÇİLEN TİP OKUL PROJELERİNİN, BİNA ENERJİ TÜKETİMLERİNİN UYGUN DEĞERLERE İNDİRGENMESİ

4.1 Tip 12 Derslik Okul Projesinin Türkiye Dört Isıl Bölgede Enerji Tüketiminin Hesaplanması

Enerji kaynaklarının verimli ve tasarruflu kullanmak için yapılan çalışmalar zamanla makro ölçüden mikro ölçüye geçerek, insanların temel yaşam faaliyetlerine kadar indirgenmektedir. Çalışma kapsamında 4 ısııl bölge illerine (Antalya, Bursa, Elazığ ve Kars) göre tip okul binalarının enerji tüketimi hesaplanmış ve binadaki enerji tüketimini en uygun düzeye indirgenerek, enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmış olup, verimi maksimum düzeye çıkarma hedeflenmiştir. Yapılan çalışma için kullanılan tip okul binasının, dört ısııl bölge illerinde;

- Isıtma,
- Soğutma,
- Havalandırma,
- Sıhhi sıcak su,
- Aydınlatma ve
- CO₂ emisyonu gibi veriler BEP-tr programı ile hesaplanmıştır.

4.1.1 Birinci ısııl bölge ili Antalya

Birinci ısııl bölge Antalya ili, tip okul binası enerji tüketimi hesaplamasında BEP-tr programından yararlanılmıştır. TS 825 kuralları ışığında; bina dış yüzey alanları, yönleri ve hangi malzemedен yapıldığına dair bilgiler programa tanımlanmıştır. BEP- tr hesap programı kapsamında;

Binadaki ısııtma, soğutma, sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma enerji tüketimi hesaplanmıştır. Antalya iline ait tip okul binası enerji tüketim verileri Ek A.6-9 arasında verilmiştir.

Antalya iline ait tip okul binasının ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma için binanın yıllık enerji tüketimiyle birlikte tüketilen enerji miktarına göre enerji ve CO₂ sınıfı çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1: Antalya ili yıllık enerji tüketimi ve sınıfı

	Yıllık Enerji		Tüketimi			
	Nihai (kWh/yıl)	Birincil kWh (yıl)	kWh/M2 yıl	Kg co2/m2 yıl	Bina sınıf	Co2 sınıf
	Final	primary	M2	Mco2	Ekb class	Co2 class
Toplam	219565.90	277939.63	86.55	25.84	B78	C91
Isıtma	60668.05	69439.94	21.62	6.97	B67	
Sıhhi sıcak su	113492.25	114419.29	35.63	10.15	C83	
Soğutma	16375.88	33930.83	10.57	3.15	B58	
Havalandırma	6992.32	114488.10	4.51	1.34	D114	
Aydınlatma	22037.39	45661.48	14.22	4.23	D107	

Çizelge 4.3 verilerine göre BEP-tr programı kullanarak yapılan analiz neticesinde tip okul binasında yıllık kullanılan enerji tüketimleri ve sınıfları sonuçları;

- Toplam 219565,90 kwh/yıl enerji tüketmektedir.
- CO₂ miktarı 25.84 kg CO₂ / m²
- Isıtma enerji tüketimi 60668,05 kwh/yıl
- Sıhhi sıcak su 113492,25 kwh/yıl
- Soğutma 16375,88 kwh/yıl
- Havalandırma 6992,32 kwh/yıl
- Aydınlatma 22037,39 kwh/yıl olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca yapılan analiz sonucunda enerji sınıfı B76, CO₂ sınıfı D100’de yer almaktadır.

Yapılan analiz sonucunda 1. Isıl bölge Antalya ilinde aydınlatma enerji tüketimi yıllık 45661,48 olup bina sınıfı D 107’de yer almaktadır. Bu durum bir kamu binası

olan okul yapısının çalışma saatleri sabah beş akşam altı olarak değerlendirildiğinde aydınlatma enerji tüketiminin fazla olduğu, bu nedenle yapı tasarımında doğal ışık kaynaklarının etkin kullanılmadığını göstermektedir. Ayrıca yıllık sıhhi sıcak su ve havalandırma enerji tüketimlerinin de fazla olduğu görülmektedir. Bu durum yapının konumlandığı arazide kuzey-güney yönelimi, hâkim rüzgâr yönü gibi yapıda enerji kaybını azaltacak uygulamaların göz önüne alınmadan uygulandığını göstermektedir.

4.1.2 İkinci ısı bölge ili Bursa

İkinci ısı bölge Bursa ili, tip okul binası enerji tüketimi hesaplamasında BEP-tr programından yararlanılmıştır. TS 825 kuralları ışığında; bina dış yüzey alanları, yönleri ve hangi malzemeden yapıldığına dair bilgiler programa tanımlanmıştır. BEP- tr hesap programı kapsamında;

Binadaki ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma enerji tüketimi hesaplanmıştır. Bursa iline ait tip okul binası enerji tüketim verileri Ek A.10-14 arasında verilmiştir.

Bursa ilindeki tip okul binasının ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma için binanın yıllık enerji tüketimiyle birlikte tüketilen enerji miktarına göre enerji ve CO₂ sınıfı çizelge 4.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2: Bursa ili yıllık enerji tüketimi ve sınıfı

	Yıllık	Enerji	Tüketimi			
	Nihai (kWh/yıl)	Birincil kWh (yıl)	kWh/M2 yıl	Kg co2/m2 yıl	Bina sınıf	Co2 sınıf
	Final	primary	M2	Mco2	Ekb class	Co2 class
Toplam	284799.32	3040515.58	106.03	32.32	B77	C95
Isıtma	133663.64	148099.10	46.12	14.94	B65	
Sıhhi sıcak su	113492.25	114419.29	35.63	10.15	C83	
Soğutma	6766.29	14019.76	4.37	1.30	B70	
Havalandırma	6992.32	114488.10	4.51	1.34	D115	
Aydınlatma	23884.81	49489.33	15.41	4.59	D107	

BEP-tr programı kullanarak yapılan analiz neticesinde tip okul binasında yıllık

- Toplam 284799,32 kwh/yıl enerji tüketmektedir.
- CO₂ miktarı 32.32 kg CO₂ / m²
- Isıtma enerji tüketimi 133663,64 kwh/yıl
- Sıhhi sıcak su 113492,25 kwh/yıl
- Soğutma 6766,29 kwh/yıl
- Havalandırma 6992,32 kwh/yıl
- Aydınlatma 23884,81 kwh/yıl olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca yapılan analiz sonucunda enerji sınıfı B77, CO₂ sınıfı C95'de yer almaktadır. Yapılan analiz sonucunda 2. Isıl bölge olan Bursa ilinde aydınlatma enerji tüketimi yıllık 49489,33 olup bina sınıfı D 107'de yer almaktadır. Bu durum bir kamu binası olan okul yapısının çalışma saatleri sabah beş akşam altı olarak değerlendirildiğinde aydınlatma enerji tüketiminin fazla olduğu, bu nedenle yapı tasarımında doğal ışık kaynaklarının etkin kullanılmadığını göstermektedir. Bu durum yapının konumlandığı arazide kuzey-güney yönelimi, hâkim rüzgâr yönü gibi yapıda enerji kaybını azaltacak uygulamaların göz önüne alınmadan uygulandığını göstermektedir.

4.1.3 Üçüncü ısıl bölge ili Elazığ

Üçüncü ısıl bölge Elazığ ili, tip okul binası enerji tüketimi hesaplamasında BEP-tr programından yararlanılmıştır. TS 825 kuralları ışığında; bina dış yüzey alanları, yönleri ve hangi malzemedен yapıldığına dair bilgiler programa tanımlanmıştır. BEP- tr hesap programı kapsamında;

Binadaki ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma enerji tüketimi hesaplanmıştır. Bursa iline ait tip okul binası enerji tüketim verileri Ek A.15-19 arasında verilmiştir.

Elazığ ilindeki tip okul binasının ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma için binanın yıllık enerji tüketimiyle birlikte tüketilen enerji miktarına göre enerji ve CO₂ sınıfı çizelge 4.3'de verilmektedir.

Çizelge 4.3: Elazığ ili yıllık enerji tüketimi ve sınıfı

	Yıllık	Enerji	Tüketimi			
			kWh/M2	Kg	Bina	Co2
	(kWh/yıl)	kWh (yıl)	yıl	co2/m2	sınıf	sınıf
	Final	primary	M2	Mco2	Ekb	Co2
					class	class
Toplam	330441.97	389144.24	121.18	37.26	B75	C93
Isıtma	176262.78	190421.61	59.30	19.29	B67	
Sıhhi sıcak su	113492.25	114419.29	35.63	10.15	C84	
Soğutma	1048.25	21725.45	6.77	2.01	B68	
Havalandırma	6992.32	14488.10	4.51	1.34	D115	
Aydınlatma	23209.36	48089.79	14.97	4.46	C87	

BEP-tr programı kullanarak yapılan analiz neticesinde tip okul binasında yıllık

- Toplam 330441,97 kwh/yıl enerji tüketmektedir.
- CO₂ miktarı 37.26 kg CO₂ / m²
- Isıtma enerji tüketimi 176262,78 kwh/yıl
- Sıhhi sıcak su 113492,25 kwh/yıl
- Soğutma 1048,25 kwh/yıl
- Havalandırma 6992,32 kwh/yıl
- Aydınlatma 23209,36 kwh/yıl olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca yapılan analiz sonucunda enerji sınıfı B75, CO₂ sınıfı C93'de yer almaktadır. Bu durum bir kamu binası olan okul yapısının çalışma saatleri sabah beş akşam altı olarak değerlendirildiğinde aydınlatma enerji tüketiminin fazla olduğu, bu nedenle yapı tasarımında doğal ışık kaynaklarının etkin kullanılmadığını göstermektedir. Ayrıca yıllık sıhhi sıcak su, havalandırma ve ısıtma enerji tüketimlerinin de fazla olduğu görülmektedir. Bu durum yapının konumlandığı arazide kuzey-güney yönelimi, hâkim rüzgâr yönü gibi yapıda enerji kaybını azaltacak uygulamaların göz

önüne alınmadan uygulandığı ve yapı yalıtımının bölge için yeterli olmadığını göstermektedir.

4.1.4. Dördüncü ısı bölge ili Kars

Dördüncü ısı bölge Kars ili, tip okul binası enerji tüketimi hesaplamasında BEP-tr programından yararlanılmıştır. TS 825 kuralları ışığında; bina dış yüzey alanları, yönleri ve hangi malzemeden yapıldığına dair bilgiler programa tanımlanmıştır. BEP- tr hesap programı kapsamında;

Binadaki ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma enerji tüketimi hesaplanmıştır. Bursa iline ait tip okul binası enerji tüketim verileri Ek A.20-24 arasında verilmiştir.

Kars ilindeki tip okul binasının ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma için binanın yıllık enerji tüketimiyle birlikte tüketilen enerji miktarına göre enerji ve CO₂ sınıfı çizelge 4.4'da verilmektedir.

Çizelge 4.4: Kars ili yıllık enerji tüketimi ve sınıfı

	Yıllık	Enerji	Tüketimi			
	Nihai (kWh/yıl)	Birincil kWh (yıl)	kWh/M2 yıl	Kg co2/m2 yıl	Bina sınıf	Co2 sınıf
	Final	primary	M2	Mco2	Ekb class	Co2 class
Toplam	499468.53	553246.31	172.28	54.22	B76	D100
Isıtma	354103.77	372787.17	116.08	37.95	B71	
Sıhhi sıcak su	113492.25	114419.29	35.63	10.15	C85	
Soğutma	1988.89	4120.99	1.28	0.38	F156	
Havalandırma	6992.32	14488.10	4.51	1.34	D116	
Aydınlatma	22891.29	47430.76	14.77	4.40	C93	

BEP-tr programı kullanarak yapılan analiz neticesinde tip okul binasında yıllık

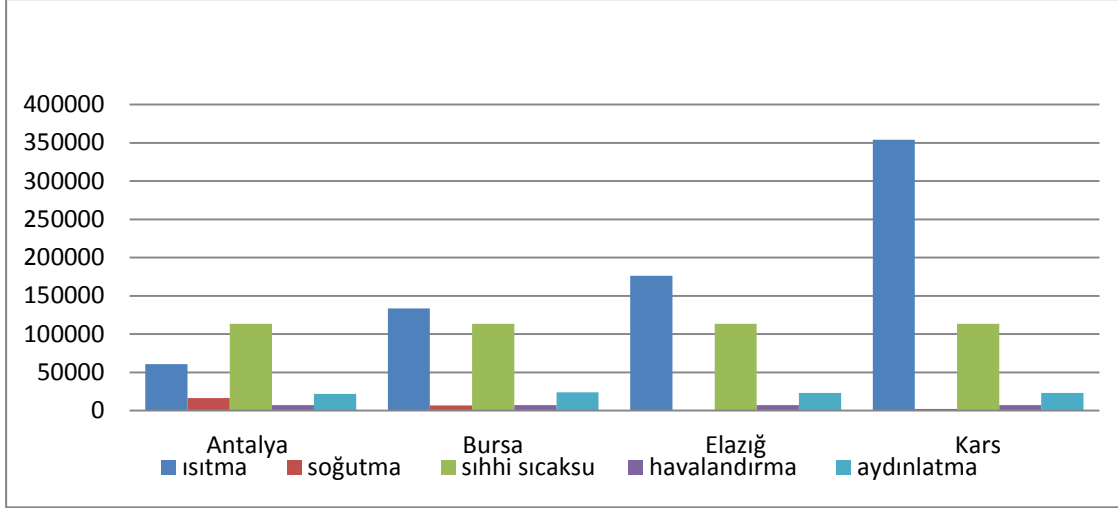
- Toplam 499468,53 kwh/yıl enerji tüketmektedir.
- CO₂ miktarı 54.22 kg CO₂ / m²
- Isıtma enerji tüketimi 354103,77 kwh/yıl
- Sıhhi sıcak su 113492,25 kwh/yıl
- Soğutma 1988,89 kwh/yıl
- Havalandırma 6992,32 kwh/yıl
- Aydınlatma 22891,29 kwh/yıl olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca yapılan analiz sonucunda enerji sınıfı B76, CO₂ sınıfı D100'de yer almaktadır. Bu durum bir kamu binası olan okul yapısının çalışma saatleri sabah beş akşam altı olarak değerlendirildiğinde aydınlatma enerji tüketiminin fazla olduğu, bu nedenle yapı tasarımında doğal ışık kaynaklarının etkin kullanılmadığını göstermektedir. Ayrıca yıllık sıhhi sıcak su, havalandırma ve ısıtma enerji tüketimlerinin de fazla olduğu görülmektedir. Bu durum yapının konumlandığı arazide kuzey-güney yönelimi, hâkim rüzgâr yönü gibi yapıda enerji kaybını azaltacak uygulamaların göz önüne alınmadan uygulandığı ve yapı yalıtımının bölge için yeterli olmadığını göstermektedir.

4.2 Tip İlkokul Projesinin Dört Isıl Bölgede Enerji Tüketiminin Optimal Düzeye İndirgenmesi Konusunun İrdelenmesi

BEP-tr programı kullanılarak yapılan hesap verilerine göre, dört ısıl bölgedeki tip okul binalarında en fazla enerji tüketimi ve CO₂ salınımı;

Isıtma, aydınlatma ve sıhhi sıcak su kullanımlarında görülmektedir. Okul binalarındaki yıllık enerji tüketim dağılımı şekil 4.5'de verilmektedir.



Şekil 4.1: Türkiye dört ısıl bölgedeki tip okul binalarının enerji tüketim grafiği

Şekil 4.23 de hazırlanan nihai sonuçlara göre çalışma kapsamında tip ilkokul projesinin 4 ısıl bölgede enerji tüketiminin en uygun düzeye indirgenmesi için;

- Dört ısıl bölgedeki tip okul binalarında fotovoltaik panel kullanımı ile enerji tasarrufu sağlanması,
- Isı yalıtımı kullanım yolu ile enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmaktadır.

4.2.1 Fotovoltaik panel kullanım yolu ile enerji tasarrufu

Fotovoltaik panel kullanım yolu ile enerji tasarrufu sağlamak amaçlı; dört ısıl bölgedeki tip okul binasının çatısına eşit sayıda panel entegre edilmektedir. Çatıya entegre edilen fotovoltaik panellere ait karakteristik özellikler çizelge 4.5’de verilmektedir.

Çizelge 4.5: Fotovoltaik panele ait karakteristik özellikleri

Fotovoltaik sistem enerji gücü	10kw
Sistem verimi	%15
Sistem ömrü	30 yıl
Malzeme	Polikristalin
Toplam panel alanı	50m ²
Fotovoltaik maliyet	5800€/w

Tip okul binalarının çatısına entegre edilen fotovoltaik panellerle üretilen enerji, okul binalarında tüketilen aydınlatma enerjisini karşılamak amaçlı kullanılması hedeflenmektedir. 4 ısıl bölgedeki okul binalarında tüketilen aydınlatma enerjisi ve CO₂ salınımı çizelge 4.6’da verilmektedir.

Çizelge 4.6: dört ısıl bölgedeki okul binalarının yıllık aydınlatma enerji tüketimi ve sınıfı

Bölge	Nihai kwh/yıl final	Birincil kwh/yıl primary	Kwh/m ² yıl m ²	Kg CO ₂ /m ² yıl mCO ₂	Bina sınıfı EKB class
Antalya	22037,39	45661,48	14,22	4,23	D107
Bursa	23884,81	4948,33	15,41	4,59	D107
Elazığ	23209,36	48089,79	14,97	4,46	C87
Kars	22891,29	47430,76	14,77	4,40	C93

Fotovoltaik panellerden elektrik elde etmek için yapılan hesaplamalarda 1 ve 3’ncü denklemlerden yararlanılmıştır. Hesaplama sonuçları çizelge 4.7’de verilmektedir. Yaz aylarında yeryüzüne gelen ışınım artığından fotovoltaik sistem ile üretilen enerji, kış aylarına oranla oldukça fazladır.

Çizelge 4.7: Dört ısıl bölge illerinde çatıya entegre fotovoltaik panellerle üretilen aylık enerji

Bölg e	Oc ak	Şu bat	M art	Nis an	Ma yıs	Hazi ran	Tem muz	Ağu stos	Ey lül	Ek im	Kas ım	Ara lık	Yıll ık
Anta lya	15 00	17 10	20 10	23 70	288 0	339 0	3510	3360	29 10	23 10	189 0	144 0	29. 280
Burs a	84 0	10 20	12 60	17 40	234 0	297 0	3240	3030	23 70	16 80	123 0	870	22. 590
Elaz	75	10	14	19	261	330	3480	3270	27	20	132	690	24.

ıç	0	50	70	20	0	0			60	10	0		630
Kars	93	12	15	17	219	279	3120	3030	25	18	138	930	23.
	0	60	60	70	0	0			50	90	0		400

Fotovoltaik panellerle üretilen enerji atmosfere CO₂ salınımı yaymamaktadır. 4 ısıl bölgede üretilen enerji, binadaki enerji tüketiminde yıllık

- Antalya ilinde %16.369
- Bursa ilinde %13.45
- Elazığ ilinde %11.96
- Kars ilinde %8.11 azalma olabileceği hesaplanmıştır.

4.2.2 Isı yalıtım yolu ile enerji tasarrufu

Bina; dış duvarlar, tavan, merdiven, pencereler ve ısıtılmayan yüzey hacimleri gibi elemanlar vasıtası ile kışın kaybedilen yazın kazanılan enerji, binayı ısıtmak ve soğutmak için kullanılan enerji miktarını artırmaktadır. Binada enerji kaybına neden olan yüzeylerin ısı geçiş miktarı, ısı geçiş kat sayısı ile doğru orantılıdır. İzolasyon ısı kaybına neden olan yüzeylerin ısı geçiş katsayısını düşürmektedir. Ayrıca ısı yalıtım kalınlığı bina içinde kullanılan donanımların kapasitelerini doğrudan etkilemektedir. Çizelge 4.8’de dört ısıl bölgede kullanılması gereken, TS825’in ısı yalıtımı için tavsiye edilen ısı geçirgenlik kat sayıları verilmektedir [URL.7].

Çizelge 4.8: Dört ısıl bölge için ısı geçirgenlik kat sayısı

Bölge	U duvar	U tavan	U taban	U pencere
Birinci bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
İkinci bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
Üçüncü bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
Dördüncü bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Araştırma kapsamında tip okul binaları için enerji tüketimi BEP-TR programı yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda;

- Antalya ili tip ilkokul binası ısıtma enerji tüketimi yıllık 60.668,05 kwh/yıl, CO₂ salınımı 6,97 kg CO₂/m²'dir.
- Bursa ili tip ilkokul binası ısıtma enerji tüketimi yıllık 133.663,64 kwh/yıl, CO₂ salınımı 14,94 kg CO₂/m²'dir.
- Elazığ tip ilkokul binası ısıtma enerji tüketimi yıllık 176.262,78 kwh/yıl, CO₂ salınımı 19,29 kg CO₂/m²'dir.
- Kars ili tip ilkokul binası ısıtma enerji tüketimi yıllık 354.103,77 kwh/yıl, CO₂ salınımı 37,95 kg CO₂/m²'dir.

4 ildeki tip ilkokulun BEP-tr hesaplama sonuçlarına göre en fazla CO₂ ve ısı enerji tüketimi Kars ve Elazığ illerinde olmaktadır. Çalışmada Elazığ ve Kars illerindeki tip okul binasındaki yalıtım değerleri incelenip, yapıda enerji tasarrufu sağlamak için ısı yalıtım kalınlığı önerilmektedir. Elazığ ve Kars illerindeki tip ilkokul binasındaki mevcut ısı yalıtım değerleri tablo 9 ve 10'da verilmektedir.

Çizelge 4.9: Elazığ ili tip ilkokul binasında kullanılan ısı yalıtım malzeme değerleri

Binadaki yapı elemanı	U	U	U	U
	duvar	tavan	taban	pencere
Duvar dış havaya açık (mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtımı)	0,06	0,035	1,714	0,40
Duvar toprağa temas eden (ekstrüde polistren köpüğü)	0,06	0,03	2,000	0,43
Tavan çatıda (mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtımı)	0,12	0,035	3,429	0,26
Taban toprak temaslı (ekstrüde polistren köpüğü)	0,05	0,03	1,667	0,45
Taban açık geçit üzerine (mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtımı)	0,05	0,035	1,429	0,55
Dış pencere				2,1
Dış kapı				5,5

Çizelge 4.10: Kars ili tip ilkokul binasında kullanılan ısı yalıtım malzeme değerleri

Binadaki yapı elemanı	U duvar	U tavan	U taban	U pencere
Duvar dış havaya açık (mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtımı)	0,08	0,035	2,286	0,32
Duvar toprağa temas eden (ekstrüde polistren köpüğü)	0,06	0,03	2,000	0,43
Tavan çatıda (mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtımı)	0,12	0,035	3,429	0,26
Taban toprak temaslı (ekstrüde polistren köpüğü)	0,06	0,03	2,000	0,39
Taban açık geçit üzerine (mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtımı)	0,07	0,035	2,000	0,42
Dış pencere				2,1
Dış kapı				5,5

3. ısı bölge Elazığ ili ve 4. ısı bölge Kars ili tip okul binasında TS825 mevzuatına göre minimum değerlerde ısı yalıtımı kullanılmıştır. Bu durum Elazığ ve Kars ilinde enerji tüketiminin artmasına doğrudan sebep olmaktadır. Isı yalıtım yolu ile enerji Tip okul binalarında ısı geçirgenlik (U) değerini artırarak enerji tasarrufu sağlanıp, CO₂ salınımı azaltılması amaçlanmaktadır. Isı geçirgenlik kat sayısı (U) değeri hesaplaması yapılırken 7. ve 8. denklemlerden faydalanılmıştır. Elazığ ve Kars illeri tip okul binalarında enerji tasarrufu ve CO₂ salınımını azaltmak amaçlı gereken yalıtım değerleri çizelge 4.11 4.12’de verilmektedir.

Çizelge 4.11: Elazığ ili ısı yalıtımı önerilen değerler

Binadaki yapı elemanı	Kalınlık (d)	Isı iletkenlik hesap değeri (λ)	Isı iletkenlik direnci (R)	Isı geçirgenlik kat sayısı (U)	Isı kaybeden yüzey alanı (A)	Kazanılan yüzey alanı (A)	Kazanılan ısı kaybı ($A*U$)
Duvar dış havaya açık (taş yünü)	0,10	0,035	2,857	0,592	461,09	212,90	126,03
Duvar dış havaya açık (taşyünü)	0,10	0,035	2,857	0,71	671,55	349,44	248,10
Duvar toprak temaslı (XPS)	0,10	0,03	3,333	0,684	229,05	131,95	45,125
Taban toprak temaslı (XPS)	0,10	0,03	3,333	0,792	690,55	519,44	205,695
Taban açık geçit üzerine (taş yünü)	0,10	0,035	2,857	1,00	38,433	30,567	30,567
Dış pencere				2,44	468,19	674,20	1645

Üçüncü ısı bölge Elazığ ili tip ilkokul projesinin TS-825 ile yapılan hesaplamada bina özgül ısı kaybı toplam değeri 2.700,6W/K bulunmaktadır. Elazığ ili için önerilen ısı yalıtım kalınlıklarını artırmak, kullanılan malzemelerin ısı iletim katsayısını da artırılmaktadır. Yapılan hesaplamada toplam ısı kaybı yıllık 1.925,208 W/K düşürülmektedir.

Çizelge 4.12: Kars ili ısı yalıtım önerilen değerler

Binadaki yapı elemanı	Kalınlık (d)	Isı iletkenlik hesap değeri (λ)	Isı iletkenlik direnci (R)	Isı geçirgenlik kat sayısı (U)	Isı kaybeden yüzey alanı (A)	Kazanılan yüzey alanı (A)	Kazanılan ısı kaybı ($A*U$)
Duvar dış havaya açık (taş yünü)	0,10	0,035	2,857	0,390	568,5	105,4	41,106
Duvar dış havaya açık (taşyünü)	0,10	0,035	2,857	0,445	844,33	176,66	78,613
Duvar toprak temaslı (XPS)	0,10	0,03	3,333	0,68	230,40	130,5	44,37
Taban toprak temaslı (XPS)	0,10	0,03	3,333	0,59	799,8	410,1	120,975
Taban açık geçit üzerine (taş yünü)	0,10	0,035	2,857	0,576	50,6	18,3	10,54
Dış pencere				2,44	476	68	165,92

Dördüncü ısı bölge Kars ili tip ilkokul projesinin TS-825 ile yapılan hesaplamada bina özgül ısı kaybı toplam değeri 2.500,3 W/K bulunmaktadır. Kars ili için önerilen ısı yalıtım kalınlıklarını artırmak, malzemelerin ısı iletim katsayısını da artırmaktadır. Bu sayede yapılan hesaplamada toplam ısı kaybı yıllık 2.038,776 W/K düşürülmektedir. Elazığ ve Kars illerinde yapılan çalışmalar ve hesaplamalar sonucunda ısı yalıtımının katkısı ile yıllık bazda ısı kaybının azaldığı görülmektedir. Soğuk ve çok soğuk olan ısı bölgelerinde ısı yalıtımının sonuçlarının pozitif etki ettiği söylenebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

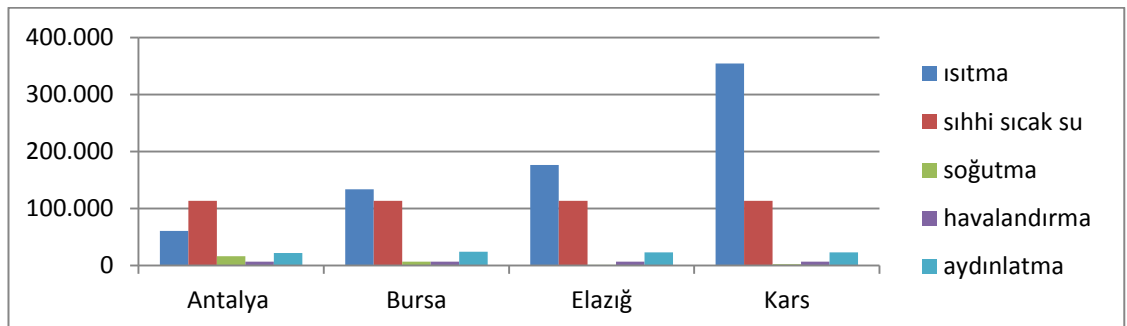
Enerjide dışa olan bağımlılığı ve sera gazı emisyonunu azaltmada en etkin yöntem olan enerji verimliliği üzerine, geri ödeme süreleri uzun olan projelerin desteklenmesi ve ekonomik engellerin ortadan kaldırılmasına amaçlı, ülkelerce doğrultuda yükümlülükler getirilmiş ya da birçok teşvik paketi hazırlanmıştır.

Ülkemizde yapı sektörü içerisinde 62 000 yapı adeti ile önemli bir yere sahip olan, eğitim yapılarının enerji etkin kullanımının yüksek potansiyele sahip olmasının yanında bina kullanıcılarının enerji etkin kullanım ve önemini aktarması konusunda da önem taşımaktadır.

Bu tez çalışması öncelikle “12 derslik tip okul binasının” enerji tüketimini araştırmaktadır. Araştırma kapsamında 4 ısııl bölgeden seçilen iller aşağıdaki gibidir.

1. Isıl bölge ili Antalya
2. Isıl bölge ili Bursa
3. Isıl bölge ili Elazığ
4. Isıl bölge ili Kars'dır.

Bu illerdeki okul binalarının yıllık mevcut enerji tüketimlerini en uygun düzeye indirmek ve enerji etkin kullanımı sağlamak için yapılan çalışmalar sonucunda gerçekleşen enerji tüketim tablosu şekil 5.1'de verilmektedir.



Şekil 5.1: Dört ısııl bölge baz illerdeki, tip okul binasında mevcut enerji tüketim tablosu

Hesaplamalar sonucunda 4 ısırl bölge illerindeki tip okul binalarında yıllık en fazla tüketilen enerji; ısıtma enerjisi olup, sırayı sıhhi sıcak su ve aydınlatma enerjisi takip etmektedir. Şekil 5.1 incelendiğinde ısıtma değerlerinin her ısırl bölge için ciddi farklılıklarda olduğu açıkça görülmektedir. Kars ilindeki ısıtma kaynaklı enerji tüketim değeri 354.000 iken Antalya'da 60.668'tir. Aynı şekilde soğutma değerlerinin de ısırl bölgeye bağılı olarak değışen farklılığı çok açık bir şekilde görülmektedir. Antalya ilindeki soğutma kaynaklı enerji tüketimi 16.375 iken Kars ilinde 1988 düzeyindedir. Bu farklılıklardan da açıkça görüleceğı üzere her ısırl bölgenin kendine has karakteristik değeri ve enerji tüketim değeri farklılık içindedir. Her bölge için tek tip proje uygulaması yerine, her ısırl bölge için farklı projelerin uygulanmasının gerekliliğı ortadadır. Ancak bu sayede binalardaki enerji tüketiminin azalması öngörülebilir düzeylerde gerçekleşecektir. Bu durum kısa vadeli süreçte hem ülke bazında hem de toplumsal düzeyde yüksek verimlilikle sonuçlanacaktır.

Enerji etkinliğine dair öneriler;

Dört ısırl bölgede elektrik enerjisi tüketimi minimuma indirmek ve enerji etkin kullanılmasını sağlamak amaçlı önerilen stratejiler aşağıda sınıflandırılmıştır.

- Gün ışığı ve yapay ışık arasındaki entegrasyonu sağlamak amaçlı, gün ışığını baz alarak mekân aydınlatma elemanlarının sayısını ve konumunun belirlenmesi
- Otomatik sensor kullanımı ile sınıflardaki sabit aydınlatma seviyesi sağlanması
- Tip okul binalarının çatısına entegre edilen fotovoltaik panel kullanım yolu ile elektrik enerji tüketimini sürdürülebilir şekilde karşılanmasıdır.

Kars ve Elazığ illerindeki tip okul binalarında ısıtma enerji tüketimini minimuma indirmek amaçlı stratejiler aşağıda verilmektedir.

- Çatı yalıtım uygulaması bölgenin iklim şartlarına göre değerlendirilmeli ve yalıtım kalınlığı belirlenmelidir.
- Pencereler; cam tiplerinin yüksek ısırl performansa sahip (U değeri) cam ve çerçeve sistemleri kullanılmalıdır.
- Koridor ve girişlerdeki mevcut kapıların sızdırmazlık özelliğine sahip olunmalıdır.

- Isıtma için başlangıç, kapanma sürelerini dış iklimsel koşullara ve iç iklimsel konfor değerlerine göre ayarlanmasını sağlayan uygun değer kontrol mekanizmaları kullanılmalıdır.

Elde edilen veriler doğrultusunda 12 derslik tip ilkokul projesi için gerçekleştirilen çalışmanın ulusal bir yaklaşımla Türkiye'nin dört ısıl bölge illeri için gerekli görülmüştür. Bu çalışma hem ülke çapında enerji tüketiminin azaltılmasına hem de öğrencilerin uygun iklimsel ve görsel koşullarda eğitim hayatlarını sürdürebilmeleri açısından önemli bir adımdır.

Her yapı tipolojisi, kullanıcıları ve bulunduğu çevreyle farklı etkileşim içerisinde olduğundan enerji tüketim, karbon salınım, görsel, iklimsel ve akustik konfor koşulları da farklı olacaktır. Bu sebeple iyileştirme stratejileri yapı özelinde belirlenmesi gerekmektedir. 12 derslikli tip okul binası kapsamında dört farklı ilde ele alınan iyileştirme yaklaşımlarının farklılaşması bu gereksinimi ortaya koymuştur.



KAYNAKLAR

- [1] **Gedizoğlu, M. L.** (2003). Örnek İlköğretim Projeleri: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı üniversite öncülüğünde gerçekleştirilen örnek projeler (1998-2000), 314 Mimarlık Dergisi.
- [2] **Özdem, S.** (2015). Gaziantep'te bazı eğitim yapılarının “binalarda enerji performans yönetmeliği” kapsamında değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Enstitüsü, Adana.
- [3] **Yılmaz, A.** (2012). İlköğretim okullarının fiziksel yapılarının eğitim ve öğretim açısından değerlendirilmesi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitü Dergisi, cilt.15 sayı. 28, Aralık.
- [4] **Özbulut, H.** (1999). 1980 sonrası dönemde ortaöğretim (lise) tip binalarının Ankara'da uygulanmış üç örnek aracılığı ile değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Enstitüsü, Ankara.
- [5] **T.C. Milli Eğitim Bakanlığı,** (2012). İlköğretim ve Eğitim Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik, 11 Nisan 2012 sayı: 28261.
- [6] **T.C. Milli Eğitim Bakanlığı,** (2018). Milli Eğitim İstatistikleri Örgün Eğitim 2017'18, Ankara.
- [7] **T.C. Milli Eğitim Bakanlığı,** (2019). Tip Proje Örnekleri, Elazığ.
- [8] **T.C. Milli Eğitim Bakanlığı,** (2015). Eğitim Yapıları Asgari Standartlar Kılavuzu, Ankara.
- [9] **Özcan, K.** (1998). Yapı, Bilim Yayıncılık, sayfa: 243-250, Ankara.
- [10] **Okutan, A. E.** (2007). Çatı kaplama malzemesi seçimi kıstaslarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [11] **Tugay, F.M.** (2003). Endüstriyel çatı bileşenleri üzerinde inceleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **Özcan, A.** (2017).,Türkiye için yeni nesil eğitim binaları ve sesiz okul ilkesi için fiziki hazırlık, Eğitim Bilimleri Fakülte Dergisi sayı:2 sayfa:1-17, Harran Üniversitesi.
- [13] **Güllü, G.** (2016). İlköğretim okullarında iç ortam hava kalitesi ve sağlık etkileşimi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, sayı: 152, sayfa:31-42.
- [14] **TMMOB,** (2015). Okullarda iç hava kalitesi, Makine Mühendisliği Odası, İzmir.
- [15] **Çelik, K., Ünver, R.** (2019). Aydınlatmanın eğitim yapıları tasarım kılavuzundaki yeri, Uluslar Arası Sosyal Araştırmalar Dergisi, cilt: 12, sayı: 63.

- [16] **TMMOB.** (2015). Okullarda aydınlatma ve görsel konfor, Elektrik Mühendisliği Odası.
- [17] **Şahin, B. E., Dostoğlu, N.** (2015). Okul binalarında tasarım ve sürdürülebilirlik, Uludağ Üniversitesi Fakülte Dergisi, cilt:20 sayı:11.
- [18] **Holiday, S.** (2010). Sustainable construction elsevier pres, Oxford.
- [19] **Cihangir Koleji Başakşehir Kampüsü Çocuk Psikolojisine ve Güvenliğine Uygun Olarak Tasarlanan Kolej.** (2015). Eko Yapı Dergisi.
- [20] **Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü,** (2015). Enerji Verimliliği Projeleri: Tamamlanan Projeler, adres: www.yegm.gov.tr .
- [21] **Arkat, A.** (2017). Bir havalanında enerji yönetim sistemi: enerji verimliliği ve enerji yönetim sistemlerinin kurulumunun uygulaması, Lambert Academic Publihing.
- [22] **Makine Mühendisliği Odası Raporu,** (2012). Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği, yayın no: MMO 1589, 3. Baskı.
- [23] **T.C. Resmi Gazete,** Enerji Verimliliği Kanunu, 18.04.2007, sayı: 26510.
- [24] **Çalıköğlu, E.** (2012). Türkiye’de yenilebilir enerji ve enerji verimliliği, Yeşil Enerji Danimarka ile Fırsatlar Konferansı, İstanbul.
- [25] **Yazar, Y.** (2010). Türkiye’nin enerjideki durumu ve geleceği, Seta Analiz, adres: <http://arşiv-setav.org>
- [26] **T.C. Resmi Gazete,** Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 05.11.2008, sayı: 27539.
- [27] **T.C. Resmi Gazete,** Enerji Verimliliği Kanunu, 01.04.2010, sayı: 27075.
- [28] **EİE,** (2008). Enerji Boşa Harcama Kitapçığı, Ankara.
- [29] **WWF Türkiye,** (2011). Enerji verimliliği ve iklim değişikliği raporu.
- [30] **T.C. Resmi Gazete,** Milli Eğitim Bakanlığına Bağlı Okullarda Enerji Yöneticisi Görevlendirmesine İlişkin Yönetmelik, 17.04.2009, sayı: 27203
- [31] **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,** (2018). Kamu binalarında enerji verimliliği etüdü uygulama izleme raporu I.
- [32] **Koçlar, O. G.** (2008), Enerji verimliliği etkin bina yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.
- [33] **Çakır, S.** (2003). Binalarda doğal havalandırma sisteminin değerlendirmesine yönelik bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [34] **Bayındırlık Bakanlığı,** (2010). BEP, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği.
- [35] **Bayram, M.** (2011). BEP-TR hesaplama yönteminde referans bina kavramı ve enerji sınıflandırılması, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, sayfa: 1541-1552, İzmir.
- [36] **T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,** (2016). Binalarda Enerji Verimliliği AB ve Türk mevzuatı El kitabı, Ankara.

- [37] **Öztürk, H. H., Kaya, D.** (2013). Güneş enerjisinden elektrik üretimi: Fotovoltaik Teknoloji, Umuttepe Yayınevi, Kocaeli.
- [38] **Yılmaz, B.** (2009). Binalarda enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [39] **Thorne, A.** (2006). Renewable energy sources for buildings, CIBSE TM38, London
- [40] **Oral, G.K.** (2008). Sağlıklı binalar için enerji verimliliği ve ısı yalıtımı, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 108, 24-33.
- [41] **Yılmaz, G.** (2016). İnorganik esaslı kompozit ısı yalıtım paneli üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Afyon
- [42] **Özütku, O.** (2012). Binalarda ısı yalıtımı yoluyla enerji tasarrufu MKÜ mühendislik fakültesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- [43] **Yılmaz, A.** (2012). Apartman dış kabuğuna uygulanan ısı yalıtımının bina enerji performansına etkisi (Konya ve Erzincan örneği), Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- [44] **Rubancı, E.** (2006). Konutlarda enerji tasarrufu, İzolasyon Dünyası Dergisi, sayfa: 58-56.
- [45] **Pietrzyk, K.** (2015). Risk management of windows performans, energy procedia, 78, 2476-2481.
- [46] **Abusamhadana, M.S.G.** (2017). Mevcut okul yapılarında kullanıcı ısıl konfor gereksinimleri bağlamında enerji iyileştirme stratejileri: İzmit Ulugazi ilköğretim okul örneği üzerinden bir inceleme.

İnternet Kaynakları:

Url1<<http://www.cihangir.k12.tr/kampuslerimiz/bahcesehir/>>02.09.2019

Url2< www.imo-org.tr>01.01.2019

Url3<[https:// www.usgbc.org/leed#sertification](https://www.usgbc.org/leed#sertification)> 20.02.2019

Url4< [https:// architizer.com/projects/the kathleen griimschool](https://architizer.com/projects/the-kathleen-griimschool)> 14.04.2019

Url5<<http://bestdergisi.com.tr/arsiv-eski/102-mavisehir-egitim-kurumu/>> 03.09.2019

Url6< [https:// www.nesililetisim.com.tr](https://www.nesililetisim.com.tr) / [ted-rönesans-kolleji-tepeden-tirnağaçevreci](https://ted-ronesans-kolleji-tepeden-tirnağaçevreci)> 08.04.2019

Url7< www.izoder.org.tr >08.04.2019



EKLER

- EK A:** Antalya ili 12 derslik tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi
- EK B:** Bursa ili 12 derslik tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi
- EK C:** Elazığ ili 12 derslik tip okul projesi özgül ısı kaybı çizelgesi
- EK D:** Kars ili 12 derslik tip okul projesi özgül ısı kaybı çizelgesi
- EK E:** Antalya iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları
- EK F:** Antalya iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları
- EK G:** Antalya iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları
- EK H:** Antalya iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları
- EK I:** Antalya iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları
- EK J:** Bursa iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları
- EK K:** Bursa iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları
- EK L:** Bursa iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları
- EK M:** Bursa iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları
- EK N:** Bursa iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları
- EK O:** Elazığ iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları
- EK P:** Elazığ iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları
- EK R:** Elazığ iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları
- EK S:** Elazığ iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları
- EK T:** Elazığ iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları
- EK U:** Kars iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları
- EK Ü:** Kars iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları
- EK V:** Kars iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları
- EK Y:** Kars iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları
- EK Z:** Kars iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları





Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² /KW)	U (m ² /KW)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Diğ. Havaya Açık Dd1	$\frac{1}{\alpha_i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	7.1.3.1.10 Normal harç kullanılarak AB sınıfı	0,2	0,45	0,444			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,03	0,3	0,100			
	$\frac{1}{\alpha_e}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,040			
TOPLAM				2,182	0,458	674,00	308,86
DUVAR:Diğ. Havaya Açık Dd2	$\frac{1}{\alpha_i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,03	0,3	0,100			
	$\frac{1}{\alpha_e}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,040			
TOPLAM				1,858	0,538	1021,00	549,58
DUVAR:İstisnaysız İç Id1	$\frac{1}{\alpha_i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	7.1.3.1.10 Normal harç kullanılarak AB sınıfı	0,2	0,45	0,444			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	$\frac{1}{\alpha_e}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	,763	1,277	1,00
DUVAR:İstisnaysız İç Id2	$\frac{1}{\alpha_i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	$\frac{1}{\alpha_e}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	,458	2,181	1,00
DUVAR:Toprağına Temas Tdu1	$\frac{1}{\alpha_i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüsü	0,003	0,19	0,016			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistiren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667			
	$\frac{1}{\alpha_e}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,972	0,507	361,00
TAVAN:Çatılı Ça1	$\frac{1}{\alpha_i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,060			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,07	0,035	2,000			
	$\frac{1}{\alpha_e}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Dış)			0,080			
TOPLAM				0,8 x A x U	2,291	0,436	1515,00
TABAN:Toprak Teması Tdo1	$\frac{1}{\alpha_i}$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170			
	1.1 Kristal yapıli puskuruk ve metamorfik	0,02	2,3	0,009			
	5.1.1 Donatılı	0,60	2,5	0,240			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistiren köpüğü - TS	0,03	0,03	1,000			

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Eleman Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003		0,19	0,016		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003		0,19	0,016		
	5.1.2 Donatısız	0,1		1,65	0,061		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,000		
TOPLAM				0,5 x A x U	1,547	0,647	1210,00
TABAN-Açık Geçit Üzeri D62	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)				0,170		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,02		2,3	0,009		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03		1,4	0,021		
	5.1.1 Donatılı	0,15		2,5	0,060		
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05		0,035	1,429		
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,02		0,3	0,067		
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM				1,795	0,557	69,00	38,43
Dış Pencere1					2,1	544	1142,4
Dış Kapı1					5,5	2,2	12,1
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							3.155,5
$\sum AU = U_d A_d + U_p \cdot A_p + U_k \cdot A_k + 0.8 U_T \cdot A_T + 0.5 U_r A_r + U_d A_d + \dots$ $\sum AU = 3.155,5$					İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \sum AU + I U_I$		
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$					Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 4.588,32 \text{ W/K}$		
$H = H_i + H_h = \dots 7.743,82 \dots \text{ W/K}$							

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Şekil A: Antalya ili tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi

EK B



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² /KW)	U (m ² /KW)	A (m ²)	AxU (WK)
DUVAR:Dış Havaya Açık Dd1	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (Iç)			0,130		
	4.4 Yanık alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	7.1.3.1.10 Normal harç kullanarak AB sınıfı	0,2	0,45	0,444		
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429		
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,03	0,3	0,100		
	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM				2,182	0,458	674,00
DUVAR:Dış Havaya Açık Dd2	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (Iç)			0,130		
	4.4 Yanık alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120		
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429		
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,03	0,3	0,100		
	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM				1,858	0,538	1021,00
DUVAR:İstilmayan İç Id1	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (Iç)			0,130		
	4.4 Yanık alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	7.1.3.1.10 Normal harç kullanarak AB sınıfı	0,2	0,45	0,444		
	4.4 Yanık alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130		
	TOPLAM			0,5 x A x U	,783	1,277
DUVAR:İstilmayan İç Id2	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (Iç)			0,130		
	4.4 Yanık alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120		
	4.4 Yanık alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130		
	TOPLAM			0,5 x A x U	,458	2,181
DUVAR:Toprağa Teması Td1	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (Iç)			0,130		
	4.4 Yanık alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120		
	9.2.2.1.5 Polimer bütümü su yalıtım örtüsü	0,003	0,19	0,016		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667		
	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM			0,5 x A x U	1,972	0,507	361,00
TAVAN:Çatılı Ça1	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (Iç)			0,130		
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,080		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,08	0,035	2,286		
	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080		
	TOPLAM			0,8 x A x U	2,577	0,388
TABAN:Toprak Teması Td51	$\lambda_{\text{ç}}$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (Iç)			0,170		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,02	2,3	0,009		
	5.1.1 Donatılı	0,60	2,5	0,240		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,04	0,03	1,333		

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Eleman Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı AxU (W/K)	
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016				
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	1,880	0,532	1210,00	321,82
TABAN:Açık Geçit Üzeri	1/α _i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
Dö2	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,02	2,3	0,009				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021				
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,060				
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429				
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,02	0,3	0,067				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				1,795	0,557	69,00	38,43	
Dış Pencere1					2,1	544	1142,4	
Dış Kapı1					5,5	2,2	12,1	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3.027,8		
$\sum AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_{tA} + U_d A_d + \dots$ $\sum AU = \mathbf{3.027,8}$ Özgül ısı kaybı ; H = H _T + H _v				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; H _T = $\sum AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı H _v = 0,33 . n _h . V _h = 4.588,32 W/K				
H = H _i + H _h = 7.616,12 W/K								

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Şekil B: Bursa ili tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Eleman Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² /KW)	U (m ² /KW)	A (m ²)	AxU (WK)
DUVAR:Dış Havaya Açık Dd1	$1\alpha_j$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Iç)		0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	7.1.3.1.10 Normal harç kullanarak AB sınıfı	0,2	0,45	0,444		
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,06	0,035	1,714		
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,03	0,3	0,100		
	$1\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,468	0,405	674,00	273,10
DUVAR:Dış Havaya Açık Dd2	$1\alpha_j$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Iç)		0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120		
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,06	0,035	1,714		
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,03	0,3	0,100		
	$1\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,144	0,467	1021,00	476,32
DUVAR:İstilmayan Iç İd1	$1\alpha_j$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Iç)		0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	7.1.3.1.10 Normal harç kullanarak AB sınıfı	0,2	0,45	0,444		
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	$1\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130		
	TOPLAM		0,5 x A x U	,783	1,277	1,00
DUVAR:İstilmayan Iç İd2	$1\alpha_j$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Iç)		0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120		
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	$1\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130		
	TOPLAM		0,5 x A x U	,458	2,181	1,00
DUVAR:Toprağa Temas Td1	$1\alpha_j$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Iç)		0,130			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtülen	0,003	0,19	0,016		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü- TS	0,06	0,03	2,000		
	$1\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000		
TOPLAM		0,5 x A x U	2,305	0,434	361,00	78,31
TAVAN:Çablı Çat1	$1\alpha_j$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Iç)		0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,060		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021		
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,12	0,035	3,429		
	$1\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080		
TOPLAM		0,8 x A x U	3,720	0,269	1515,00	325,81
TABAN:Toprak Teması Td1	$1\alpha_j$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (Iç)		0,170			
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,02	2,3	0,009		
	5.1.1 Donatılı	0,60	2,5	0,240		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü- TS	0,05	0,03	1,667		

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Eleman Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı AxU (W/K)	
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016				
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061				
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	2,213	0,452	1210,00	273,35
TABAN:Açık Geçit Üzeri	1/ α_i Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
Dö2	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,02	2,3	0,009				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021				
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,060				
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429				
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,02	0,3	0,067				
	1/ α_d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				1,795	0,557	69,00	38,43	
Dış Pencere1					2,1	544	1142,4	
Dış Kapı1					5,5	2,2	12,1	
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						2.700,6		
$\sum AU = U_d A_d + U_p \cdot A_p + U_k \cdot A_k + 0.8 U_T \cdot A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + \dots$ $\sum AU = \mathbf{2.700,6}$ Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \sum AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = \mathbf{4.588,32 W/K}$				
$H = H_i + H_h = \dots \mathbf{7.288,92} \dots W/K$								

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Şekil C: Elazığ ili tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi



Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² /KW)	U (m ² /KW)	A (m ²)	AxU (WK)
DUVAR: Dış Havaya Açık Dd1	1 <i>q</i> ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yarız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	7.1.3.1.10 Normal harç kullanılarak AB sınıfı	0,2	0,45	0,444			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,08	0,035	2,286			
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,03	0,3	0,100			
	1 <i>q</i> ₄ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				3,039	0,329	674,00	221,76
DUVAR: Dış Havaya Açık Dd2	1 <i>q</i> ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yarız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,08	0,035	2,286			
	4.8.1 Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,03	0,3	0,100			
	1 <i>q</i> ₄ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,715	0,368	1021,00	376,07
DUVAR: Isıtılmayan İç İd1	1 <i>q</i> ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yarız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	7.1.3.1.10 Normal harç kullanılarak AB sınıfı	0,2	0,45	0,444			
	4.4 Yarız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	1 <i>q</i> ₄ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
	TOPLAM				0,5 x A x U	,783	1,277
DUVAR: Isıtılmayan İç İd2	1 <i>q</i> ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yarız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120			
	4.4 Yarız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	1 <i>q</i> ₄ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
	TOPLAM				0,5 x A x U	,458	2,181
DUVAR: Toprağa Temas Tdu1	1 <i>q</i> ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.4 Yarız alçı kullanılarak (agregasız)	0,02	0,51	0,039			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,120			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			
	1 <i>q</i> ₄ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	2,305	0,434	361,00
TAVAN: Çatılı Çat	1 <i>q</i> ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,080			
	4.8 Çimento harçlı çap	0,03	1,4	0,021			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,12	0,035	3,429			
	1 <i>q</i> ₄ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080			
TOPLAM				0,8 x A x U	3,720	0,269	1515,00
TABAN: Toprak Teması Tds1	1 <i>q</i> ₁ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170			
	1.1 Kristal yapılı puzkürük ve metamorfik	0,02	2,3	0,009			
	5.1.1 Donatılı	0,60	2,5	0,240			
	4.8 Çimento harçlı çap	0,05	1,4	0,036			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,06	0,03	2,000			

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Eleman Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı AxU (W/K)
9.2.2.1.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016			
9.2.2.1.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016			
5.1.2	Donatısız	0,1	1,65	0,061			
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM		0,5 x A x U		2,547	0,393	1210,00	237,57
TABAN:Açık Geçit Üzeri Dö2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170			
1.1	Kristal yapılu püskürük ve metamorfik	0,02	2,3	0,009			
4.6	Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021			
5.1.1	Donatılı	0,15	2,5	0,060			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,07	0,035	2,000			
4.8.1	Anorganik esaslı hafif agregalardan	0,02	0,3	0,067			
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,367	0,423	69,00	29,15
Dış Pencere1					2,1	544	1142,4
Dış Kapı1					5,5	2,2	12,1
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						2.503,4	
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_r A_r + U_d A_d + \dots$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$			
$\Sigma AU = 2.503,4$				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 4.588,32 \text{ W/K}$			
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$							
$H = H_i + H_h = \dots 7.091,72 \dots \text{ W/K}$							

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Şekil D: Kars ili tip okul projesi bina özgül ısı kaybı çizelgesi

EK E

DEĞİŞKENLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_h_b_mth	10.289,50	10.571,04	7.306,75	6.005,07	272,70	00,00	00,00	00,00	00,00	44,50	6.386,18	10.305,06	51.180,79
Q_h_ce_mth	102,90	105,71	73,07	60,05	02,73	00,00	00,00	00,00	00,00	00,44	63,86	103,05	511,81
Q_h_d_mth	17,74	19,13	12,92	10,53	01,40	00,00	00,00	00,00	00,00	00,88	12,27	17,44	92,31
Q_h_s_mth	04,36	04,70	03,17	02,59	00,34	00,00	00,00	00,00	00,00	00,22	03,01	04,28	22,66
Q_h_outg_m...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_outg_mth	10.414,50	10.700,57	7.395,92	6.078,23	277,17	00,00	00,00	00,00	00,00	46,04	6.465,32	10.429,83	51.807,58
Q_h_g_mth	130,20	139,75	94,60	77,14	10,97	00,00	00,00	00,00	00,00	07,48	89,36	128,25	677,74
Q_h_f_1_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_f_mth	10.544,69	10.840,32	7.490,52	6.155,37	288,14	00,00	00,00	00,00	00,00	53,52	6.554,67	10.558,08	52.485,32
Q_h_ce_aux...	01,47	01,59	01,12	00,93	00,29	00,14	00,15	00,15	00,14	00,25	01,10	01,44	08,77
Q_h_d_aux...	1.503,83	1.650,52	1.106,03	898,16	156,55	00,00	00,00	00,00	00,00	112,49	1.081,67	1.467,59	7.976,84
Q_h_s_aux...	07,04	07,23	05,00	04,11	00,19	00,00	00,00	00,00	00,00	00,03	04,37	07,05	35,01
Q_h_g_aux...	32,14	33,50	22,99	18,85	01,38	00,00	00,00	00,00	00,00	00,62	20,62	32,01	162,11
Q_h_aux_mth	1.544,47	1.692,83	1.135,14	922,05	158,41	00,14	00,15	00,15	00,14	113,40	1.107,75	1.508,08	8.182,73

Şekil E: Antalya iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları

EK F

DEĞİŞKENLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_c_b_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	19,73	49,96	34,53	14,77	00,00	00,00	00,00	119,00
Q_c_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	02,57	06,50	04,49	01,92	00,00	00,00	00,00	15,47
Q_c_d_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	01,97	05,00	03,45	01,48	00,00	00,00	00,00	11,90
Q_c_outg_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	24,27	61,46	42,48	18,17	00,00	00,00	00,00	146,37
Q_cstar_b_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_cstar_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_cstar_d_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_cstar_outg_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_f_electr	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	06,57	16,63	11,49	04,92	00,00	00,00	00,00	39,60
Q_c_outg_them	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_f_gas	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_f_R_electr	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_ce_aux_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,09	00,57	00,27	00,05	00,00	00,00	00,00	00,99
Q_Z_aux_d_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	06,80	07,44	07,23	06,73	00,00	00,00	00,00	28,20

Şekil F: Antalya iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları

EK G

DEĞİŞKENLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_w_b_mth	3.507,68	3.168,23	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	41.300,10
Q_w_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_d_mth	50,27	45,01	50,15	46,98	40,73	37,44	38,29	38,29	38,32	44,94	46,61	49,81	526,86
Q_w_s_mth	06,65	05,95	06,63	06,21	05,39	04,95	05,06	05,06	05,07	05,94	06,17	06,59	69,68
Q_w_outg...	3.564,60	3.219,19	3.564,46	3.447,73	3.553,79	3.436,92	3.551,04	3.551,04	3.437,91	3.558,56	3.447,31	3.564,08	41.896,65
Q_w_outg...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_g_mth	971,04	876,95	971,00	939,20	968,10	936,26	967,35	967,35	936,53	969,40	939,09	970,90	11.413,17
Q_w_f_1...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_f_mth	4.535,65	4.096,14	4.535,47	4.386,93	4.521,89	4.373,18	4.518,39	4.518,39	4.374,44	4.527,96	4.386,40	4.534,98	53.309,81
Q_w_ce_a...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_d_au...	09,49	08,57	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	111,73
Q_w_s_au...	23,96	21,64	23,96	23,18	23,89	23,11	23,87	23,87	23,11	23,92	23,17	23,96	281,65
Q_w_g_au...	12,12	10,94	12,11	11,72	12,08	11,68	12,07	12,07	11,68	12,09	11,72	12,11	142,40
Q_w_au...	45,57	41,15	45,57	44,08	45,46	43,97	45,43	45,43	43,98	45,51	44,07	45,56	535,78

Şekil G : Antalya iline ait tip okul projesinin sıcak su enerjisi tüketiminin sonuçları

EK H

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_iv_g_au...	593,87	536,40	593,87	574,71	593,87	574,71	593,87	593,87	574,71	593,87	574,71	593,87	6.992,32

Şekil H: Antalya iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları

EK I

BÖLGE	ALANI	LAMBA	TÜRÜ	TİPİ	SAYISI	İSTENEN	SAĞLANAN	İSTENEN	SAĞLANAN	İHTİYACI
1	358,48	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	120	300,00	308,87	0,97	1,00	-3,45	306,10
2	32,16	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	4	200,00	150,76	1,33	1,33	1,31	30,41
3	27,51	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	4	100,00	190,77	0,52	1,00	-1,90	49,17
4	170,28	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	48	500,00	258,36	1,94	1,94	44,90	3.466,84
5	754,82	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	246	100,00	280,16	0,36	1,00	-158,19	3.023,65
6	82,32	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	20	200,00	239,41	0,84	1,00	-3,29	122,91
7	359,45	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	120	300,00	308,01	0,97	1,00	-3,12	87,12
8	51,42	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	24	200,00	502,64	0,40	1,00	-14,45	147,50
9	26,81	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	16	500,00	831,46	0,60	1,00	-6,38	983,30
10	79,80	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	48	200,00	595,39	0,34	1,00	-31,88	100,47
11	177,13	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	120	300,00	640,52	0,47	1,00	-63,80	284,91
12	22,75	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	2	100,00	124,19	0,81	1,00	-0,39	24,58
13	52,00	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	20	500,00	411,95	1,21	1,21	4,27	71,02
14	108,87	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	24	200,00	214,98	0,93	1,00	-1,67	147,50
15	164,15	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	140	300,00	776,63	0,39	1,00	-85,92	6.022,73
16	120,20	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	60	200,00	476,29	0,42	1,00	-34,81	3.687,38
17	127,72	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	72	500,00	543,20	0,92	1,00	-5,73	192,14
23	797,75	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	100	100,00	113,46	0,88	1,00	-11,86	1.229,13
24	56,40	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	12	200,00	230,17	0,87	1,00	-1,57	73,75
18	415,90	A (Çıplak)	Fluoresan (39 W)...	64	100,00	360,57	0,28	1,00	-46,25	63,34
19	283,87	A (Çıplak)	Fluoresan (39 W)...	38	100,00	320,14	0,31	1,00	-26,13	101,20
20	213,17	A (Çıplak)	Fluoresan (39 W)...	16	100,00	191,53	0,52	1,00	-7,65	213,05
21	298,85	A (Çıplak)	Fluoresan (18 W)...	100	100,00	322,98	0,31	1,00	-69,04	1.229,13
22	204,39	A (Çıplak)	Fluoresan (39 W)...	32	100,00	382,82	0,26	1,00	-23,64	311,09
25	194,31	A (Çıplak)	Fluoresan (39 W)...	12	100,00	152,59	0,66	1,00	-4,14	26,37

Şekil I : Antalya iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları

EK J

DEĞİŞKENLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_h_b_mth	20.126,77	21.141,76	20.831,99	11.911,07	3.169,03	40,84	00,00	00,00	01,21	3.554,42	15.487,98	21.271,81	117.536,88
Q_h_ce_mth	201,27	211,42	208,32	119,11	31,69	00,41	00,00	00,00	00,01	35,54	154,88	212,72	1.175,37
Q_h_d_mth	27,89	25,04	28,34	19,52	06,67	00,40	00,00	00,00	00,24	07,02	21,02	27,96	164,11
Q_h_s_mth	06,85	06,15	06,96	04,79	01,64	00,10	00,00	00,00	00,06	01,72	05,16	06,86	40,29
Q_h_outg_mt...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_outg_mth	20.362,78	21.384,36	21.075,61	12.054,49	3.209,03	41,75	00,00	00,00	01,52	3.598,71	15.669,05	21.519,34	118.916,64
Q_h_g_mth	216,08	201,48	220,18	149,46	51,72	03,66	00,00	00,00	02,35	54,16	163,41	218,59	1.281,08
Q_h_f_1_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_f_mth	20.578,86	21.585,85	21.295,78	12.203,95	3.260,75	45,41	00,00	00,00	03,87	3.652,87	15.832,46	21.737,93	120.197,72
Q_h_ce_aux...	02,17	01,82	02,19	01,67	00,72	00,19	00,15	00,15	00,17	00,73	01,66	02,13	13,74
Q_h_d_aux...	2.206,29	1.851,35	2.224,86	1.644,33	607,88	47,40	00,00	00,00	31,50	628,32	1.649,21	2.163,64	13.054,78
Q_h_s_aux...	11,68	12,27	12,09	06,92	01,84	00,02	00,00	00,00	00,00	02,06	08,99	12,35	68,23
Q_h_g_aux...	56,23	56,83	57,91	34,90	10,10	00,32	00,00	00,00	00,15	11,07	43,03	58,62	329,16
Q_h_aux_mth	2.276,37	1.922,27	2.297,06	1.687,80	620,54	47,93	00,15	00,15	31,82	642,19	1.702,89	2.236,74	13.465,92

Şekil J: Bursa iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları

EK K

DEĞİŞKENLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_w_b_mth	45,57	41,15	45,57	44,08	45,46	43,97	45,43	45,43	43,98	45,51	44,07	45,56	535,78
Q_w_ce_aux...	3.507,68	3.168,23	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	41.300,10
Q_w_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_d_aux...	09,49	08,57	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	111,73
Q_w_d_mth	50,27	45,01	50,15	46,98	40,73	37,44	38,29	38,29	38,32	44,94	46,61	49,81	526,86
Q_w_f_1_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_f_mth	4.535,65	4.096,14	4.535,47	4.386,93	4.521,89	4.373,18	4.518,39	4.518,39	4.374,44	4.527,96	4.386,40	4.534,98	53.309,81
Q_w_g_aux...	12,12	10,94	12,11	11,72	12,08	11,68	12,07	12,07	11,68	12,09	11,72	12,11	142,40
Q_w_g_mth	971,04	876,95	971,00	939,20	968,10	936,26	967,35	967,35	936,53	969,40	939,09	970,90	11.413,17
Q_w_outg_mth	3.564,60	3.219,19	3.564,46	3.447,73	3.553,79	3.436,92	3.551,04	3.551,04	3.437,91	3.558,56	3.447,31	3.564,08	41.896,65
Q_w_outg_mt...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_s_aux...	23,96	21,64	23,96	23,18	23,89	23,11	23,87	23,87	23,11	23,92	23,17	23,96	281,65
Q_w_s_mth	06,65	05,95	06,63	06,21	05,39	04,95	05,06	05,06	05,07	05,94	06,17	06,59	69,68
Q_w_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00

Şekil K: Bursa iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları

EK L: Bursa iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları

DEĞİŞKENLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_w_b_mth	45,57	41,15	45,57	44,08	45,46	43,97	45,43	45,43	43,98	45,51	44,07	45,56	535,78
Q_w_ce_aux...	3.507,68	3.168,23	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	41.300,10
Q_w_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_d_aux...	09,49	08,57	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	111,73
Q_w_d_mth	50,27	45,01	50,15	46,98	40,73	37,44	38,29	38,29	38,32	44,94	46,61	49,81	526,86
Q_w_f_1_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_f_mth	4.535,65	4.096,14	4.535,47	4.386,93	4.521,89	4.373,18	4.518,39	4.518,39	4.374,44	4.527,96	4.386,40	4.534,98	53.309,81
Q_w_g_aux...	12,12	10,94	12,11	11,72	12,08	11,68	12,07	12,07	11,68	12,09	11,72	12,11	142,40
Q_w_g_mth	971,04	876,95	971,00	939,20	968,10	936,26	967,35	967,35	936,53	969,40	939,09	970,90	11.413,17
Q_w_outg_mth	3.564,60	3.219,19	3.564,46	3.447,73	3.553,79	3.436,92	3.551,04	3.551,04	3.437,91	3.558,56	3.447,31	3.564,08	41.896,65
Q_w_outg_mt...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_s_aux...	23,96	21,64	23,96	23,18	23,89	23,11	23,87	23,87	23,11	23,92	23,17	23,96	281,65
Q_w_s_mth	06,65	05,95	06,63	06,21	05,39	04,95	05,06	05,06	05,07	05,94	06,17	06,59	69,68
Q_w_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00

Şekil L: Bursa iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları

EK M

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_rv_g_aux...	593,87	536,40	593,87	574,71	593,87	574,71	593,87	593,87	574,71	593,87	574,71	593,87	6.992,32

Şekil M: Bursa, iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları

EK N

ZonId	ZoneArea	ArmatureType	Lamp Type	LampCount	IntendedLight	ArtificialLight	FyValue	FyValueCr	NeededLampCount	Result
1	358,48	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	120	300,00	308,87	0,97	1,00	-3,45	588,66
2	32,16	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	4	200,00	150,76	1,33	1,33	1,31	30,41
3	27,51	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	4	100,00	190,77	0,52	1,00	-1,90	49,17
4	170,28	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	48	500,00	258,36	1,94	1,94	44,90	3.466,84
5	754,82	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	246	100,00	280,16	0,36	1,00	-158,19	3.023,65
6	82,32	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	20	200,00	239,41	0,84	1,00	-3,29	122,91
7	359,45	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	120	300,00	308,01	0,97	1,00	-3,12	273,14
8	51,42	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	24	200,00	502,64	0,40	1,00	-14,45	147,50
9	26,81	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	16	500,00	831,46	0,60	1,00	-6,38	983,30
10	79,80	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	48	200,00	595,39	0,34	1,00	-31,88	212,23
11	177,13	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	120	300,00	640,52	0,47	1,00	-63,80	558,05
12	22,75	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	2	100,00	124,19	0,81	1,00	-0,39	24,58
13	52,00	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	20	500,00	411,95	1,21	1,21	4,27	113,03
14	108,87	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	24	200,00	214,98	0,93	1,00	-1,67	147,50
15	164,15	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	140	300,00	776,63	0,39	1,00	-85,92	6.022,73
16	120,20	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	60	200,00	476,29	0,42	1,00	-34,81	3.687,38
17	127,72	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	72	500,00	543,20	0,92	1,00	-5,73	423,84
23	797,75	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	100	100,00	113,46	0,88	1,00	-11,86	1.229,13
24	56,40	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	12	200,00	230,17	0,87	1,00	-1,57	73,75
18	415,90	A (Çiplak)	Fluoresan (39 W...	64	100,00	360,57	0,28	1,00	-46,25	75,39
19	283,87	A (Çiplak)	Fluoresan (39 W...	38	100,00	320,14	0,31	1,00	-26,13	101,20
20	213,17	A (Çiplak)	Fluoresan (39 W...	16	100,00	191,53	0,52	1,00	-7,65	213,05
21	298,85	A (Çiplak)	Fluoresan (18 W...	100	100,00	322,98	0,31	1,00	-69,04	1.229,13
22	204,39	A (Çiplak)	Fluoresan (39 W...	32	100,00	382,82	0,26	1,00	-23,64	341,57
25	194,31	A (Çiplak)	Fluoresan (39 W...	12	100,00	152,59	0,66	1,00	-4,14	28,62

Şekil N: Bursa iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları

EK O

DEĞİŞKENLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_h_b_mth	37.166,41	32.387,78	26.090,75	6.798,36	5.123,14	392,27	00,00	00,00	00,00	3.603,72	15.434,52	32.701,27	169.699,24
Q_h_ce_mth	371,66	323,88	260,91	67,98	51,23	03,92	00,00	00,00	00,00	36,04	154,35	327,01	1.596,98
Q_h_d_mth	35,98	32,06	31,54	11,66	08,72	01,15	00,00	00,00	00,00	06,43	23,08	34,32	184,94
Q_h_s_mth	08,83	07,87	07,74	02,86	02,14	00,28	00,00	00,00	00,00	01,58	05,67	08,43	45,40
Q_h_outg_mt...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_outg_mth	37.582,89	32.751,60	26.390,94	6.880,87	5.185,24	397,62	00,00	00,00	00,00	3.647,76	15.617,61	33.071,03	161.525,56
Q_h_g_mth	314,98	276,88	251,51	91,04	68,07	09,53	00,00	00,00	00,00	50,31	179,61	287,41	1.529,36
Q_h_f_1_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_f_mth	37.897,87	33.028,48	26.642,45	6.971,92	5.253,31	407,15	00,00	00,00	00,00	3.698,08	15.797,22	33.358,45	163.054,92
Q_h_ce_aux...	02,38	02,15	02,36	01,09	00,85	00,25	00,15	00,15	00,14	00,68	01,92	02,38	14,50
Q_h_d_aux...	2.252,52	2.030,49	2.191,76	923,10	688,84	104,18	00,00	00,00	00,00	515,10	1.743,94	2.237,24	12.687,16
Q_h_s_aux...	20,32	17,70	14,26	03,72	02,80	00,21	00,00	00,00	00,00	01,97	08,44	17,88	87,31
Q_h_g_aux...	93,79	82,09	69,07	19,85	14,93	01,41	00,00	00,00	00,00	10,66	43,22	83,87	418,89
Q_h_aux_mth	2.369,01	2.132,43	2.277,45	947,76	707,42	106,06	00,15	00,15	00,14	528,41	1.797,52	2.341,37	13.207,87

Şekil O: Elazığ iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları

EK P

DEĞİŞKENLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_c_b_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	10,42	39,32	05,44	00,00	00,00	00,00	55,18
Q_c_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	01,35	05,11	00,71	00,00	00,00	00,00	07,17
Q_c_d_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	01,04	03,93	00,54	00,00	00,00	00,00	05,52
Q_c_outg_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	12,81	48,37	06,69	00,00	00,00	00,00	67,87
Q_cstar_b_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_cstar_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_cstar_d_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_cstar_outg...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_f_electr	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	03,47	13,09	01,81	00,00	00,00	00,00	18,36
Q_c_outg_them	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_f_gas	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_f_R_electr	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_ce_aux...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,03	00,38	00,01	00,00	00,00	00,00	00,42
Q_Z_aux_d_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	06,80	07,21	06,51	00,00	00,00	00,00	20,53

Şekil P: Elazığ iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları

EK R

DEĞİŞKENLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTO	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	TOPLAM
Q_w_b_mth	3.507,68	3.168,23	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	41.300,10
Q_w_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_d_mth	50,27	45,01	50,15	46,98	40,73	37,44	38,29	38,29	38,32	44,94	46,61	49,81	526,86
Q_w_s_mth	06,65	05,95	06,63	06,21	05,39	04,95	05,06	05,06	05,07	05,94	06,17	06,59	69,68
Q_w_outg_mth	3.564,60	3.219,19	3.564,46	3.447,73	3.553,79	3.436,92	3.551,04	3.551,04	3.437,91	3.558,56	3.447,31	3.564,08	41.896,65
Q_w_outg_mth...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_g_mth	971,04	876,95	971,00	939,20	968,10	936,26	967,35	967,35	936,53	969,40	939,09	970,90	11.413,17
Q_w_f_1_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_f_mth	4.535,65	4.096,14	4.535,47	4.386,93	4.521,89	4.373,18	4.518,39	4.518,39	4.374,44	4.527,96	4.386,40	4.534,98	53.309,81
Q_w_ce_aux...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_d_aux_mth	09,49	08,57	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	111,73
Q_w_s_aux_mth	23,96	21,64	23,96	23,18	23,89	23,11	23,87	23,87	23,11	23,92	23,17	23,96	281,65
Q_w_g_aux_mth	12,12	10,94	12,11	11,72	12,08	11,68	12,07	12,07	11,68	12,09	11,72	12,11	142,40
Q_w_aux_mth	45,57	41,15	45,57	44,08	45,46	43,97	45,43	45,43	43,98	45,51	44,07	45,56	535,78

Şekil R: Elazığ iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları

EK S

Variables	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Total
Q_nv_g_aux...	593,87	536,40	593,87	574,71	593,87	574,71	593,87	593,87	574,71	593,87	574,71	593,87	6.992,32

Şekil S: Elazığ iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları

EK T

Zoneld	ZoneArea	ArmatureType	LampType	LampCount	IntendedLigh	ArtificialLightr	FyValue	FyValueCr	NeededLampCount	Result
1	358.48	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	120	300,00	308,87	0,97	1,00	-3,45	588,66
2	32,16	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	4	200,00	150,76	1,33	1,33	1,31	30,41
3	27,51	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	4	100,00	190,77	0,52	1,00	-1,90	49,17
4	170,28	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	48	500,00	258,36	1,94	1,94	44,90	3.466,84
5	754,82	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	246	100,00	280,16	0,36	1,00	-158,19	3.023,65
6	82,32	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	20	200,00	239,41	0,84	1,00	-3,29	122,91
7	359,45	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	120	300,00	308,01	0,97	1,00	-3,12	273,14
8	51,42	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	24	200,00	502,64	0,40	1,00	-14,45	147,50
9	26,81	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	16	500,00	831,46	0,60	1,00	-6,38	983,30
10	79,80	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	48	200,00	595,39	0,34	1,00	-31,88	212,23
11	177,13	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	120	300,00	640,52	0,47	1,00	-63,80	558,05
12	22,75	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	2	100,00	124,19	0,81	1,00	-0,39	24,58
13	52,00	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	20	500,00	411,95	1,21	1,21	4,27	113,03
14	108,87	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	24	200,00	214,98	0,93	1,00	-1,67	147,50
15	164,15	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	140	300,00	776,63	0,39	1,00	-85,92	6.022,73
16	120,20	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	60	200,00	476,29	0,42	1,00	-34,81	3.687,38
17	127,72	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	72	500,00	543,20	0,92	1,00	-5,73	423,84
23	797,75	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	100	100,00	113,46	0,88	1,00	-11,86	1.229,13
24	56,40	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	12	200,00	230,17	0,87	1,00	-1,57	73,75
18	415,90	A (Çıplak)	Fuoresan (39 W...	64	100,00	360,57	0,28	1,00	-46,25	75,39
19	283,87	A (Çıplak)	Fuoresan (39 W...	38	100,00	320,14	0,31	1,00	-26,13	101,20
20	213,17	A (Çıplak)	Fuoresan (39 W...	16	100,00	191,53	0,52	1,00	-7,65	213,05
21	298,85	A (Çıplak)	Fuoresan (18 W...	100	100,00	322,98	0,31	1,00	-69,04	1.229,13
22	204,39	A (Çıplak)	Fuoresan (39 W...	32	100,00	382,82	0,26	1,00	-23,64	341,57
25	194,31	A (Çıplak)	Fuoresan (39 W...	12	100,00	152,59	0,66	1,00	-4,14	28,62

Şekil T: Elazığ iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları

EK U

Variables	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Total
Q_h_b_mth	66.135,60	55.960,97	49.351,51	23.333,03	15.212,42	6.827,56	3.134,93	2.360,03	4.473,72	16.888,19	32.343,27	54.103,12	330.124,34
Q_h_oe_mth	661,36	559,61	493,52	233,33	152,12	68,28	31,35	23,60	44,74	168,88	323,43	541,03	3.301,24
Q_h_d_mth	42,88	37,65	37,96	27,88	22,69	11,33	06,54	05,41	08,14	23,52	31,00	39,39	294,40
Q_h_s_mth	10,53	09,24	09,32	06,84	05,57	02,78	01,61	01,33	02,00	05,77	07,61	09,67	72,27
Q_h_outg_mth...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_outg_mth	66.850,37	56.567,47	49.892,30	23.601,09	15.392,80	6.909,96	3.174,43	2.390,36	4.528,59	17.086,38	32.705,31	54.693,20	333.792,25
Q_h_g_mth	519,13	433,34	376,61	228,75	186,59	94,24	56,15	47,14	68,52	192,63	267,12	412,72	2.882,96
Q_h_f_1_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_h_f_mth	67.369,50	57.000,81	50.268,91	23.829,84	15.579,39	7.004,20	3.230,58	2.437,50	4.597,12	17.279,01	32.972,43	55.105,93	336.675,21
Q_h_oe_aux_mth	02,38	02,15	02,38	02,22	01,99	01,10	00,74	00,65	00,85	02,01	02,22	02,38	21,07
Q_h_d_aux_mth	1.973,95	1.773,42	1.931,70	1.739,86	1.529,93	789,73	484,05	409,22	582,16	1.551,15	1.762,55	1.943,66	16.471,38
Q_h_s_aux_mth	31,26	26,45	23,33	11,03	07,20	03,23	01,48	01,12	02,12	07,99	15,29	25,57	156,07
Q_h_g_aux_mth	148,04	125,91	113,32	58,71	40,73	18,92	09,44	07,38	12,80	44,30	77,35	123,15	780,04
Q_h_aux_mth	2.155,64	1.927,93	2.070,73	1.811,82	1.579,84	812,97	495,71	418,36	597,93	1.605,45	1.857,41	2.094,76	17.428,55

Şekil U: Kars iline ait tip okul projesinin ısıtma enerji tüketiminin sonuçları

EK Ü

Variables	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Total
Q_c_b_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	28,19	489,35	833,87	1.329,15	792,53	190,50	00,00	00,00	3.663,59
Q_c_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_d_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_outg_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_cstar_b_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	28,19	489,35	833,87	1.329,15	792,53	190,50	00,00	00,00	3.663,59
Q_cstar_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_cstar_d_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_cstar_outg...	00,00	00,00	00,00	00,00	28,19	489,35	833,87	1.329,15	792,53	190,50	00,00	00,00	3.663,59
Q_c_f_electr	00,00	00,00	00,00	00,00	06,66	115,55	196,90	313,85	187,14	44,98	00,00	00,00	865,07
Q_c_outg_them	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_f_gas	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_f_R_electr	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_c_ce_aux...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_Z_aux_d_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	203,16	213,39	232,43	250,42	224,41	00,00	00,00	00,00	1.123,82

Şekil Ü: Kars iline ait tip okul projesinin soğutma enerji tüketiminin sonuçları

EK V

Variables	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Total
Q_w_ce_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_outg_mth...	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_f_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_ce_aux_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_sol_mth	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
Q_w_s_mth	06,65	05,95	06,63	06,21	05,39	04,95	05,06	05,06	05,07	05,94	06,17	06,59	69,68
Q_w_d_aux_mth	09,49	08,57	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	09,49	09,18	09,49	09,18	09,49	111,73
Q_w_g_aux_mth	12,12	10,94	12,11	11,72	12,08	11,68	12,07	12,07	11,68	12,09	11,72	12,11	142,40
Q_w_s_aux_mth	23,96	21,64	23,96	23,18	23,89	23,11	23,87	23,87	23,11	23,92	23,17	23,96	281,65
Q_w_b_mth	3.507,68	3.168,23	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.507,68	3.394,53	3.507,68	3.394,53	3.507,68	41.300,10
Q_w_outg_mth	3.564,60	3.219,19	3.564,46	3.447,73	3.553,79	3.436,92	3.551,04	3.551,04	3.437,91	3.558,56	3.447,31	3.564,08	41.896,65
Q_w_d_mth	50,27	45,01	50,15	46,98	40,73	37,44	38,29	38,29	38,32	44,94	46,61	49,81	526,86
Q_w_f_mth	4.535,65	4.096,14	4.535,47	4.386,93	4.521,89	4.373,18	4.518,39	4.518,39	4.374,44	4.527,96	4.386,40	4.534,98	53.309,81
Q_w_aux_mth	45,57	41,15	45,57	44,08	45,46	43,97	45,43	45,43	43,98	45,51	44,07	45,56	535,78

Şekil V: Kars iline ait tip okul projesinin sıcak su enerji tüketiminin sonuçları

EK Y

Variables	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Total
Q_nv_g_aux_mth	593,87	536,40	593,87	574,71	593,87	574,71	593,87	593,87	574,71	593,87	574,71	593,87	6.992,32

Şekil Y: Kars iline ait tip okul projesinin havalandırma enerjisinin tüketiminin sonuçları

EK Z

ZoneId	ZoneArea	ArmatureType	LampType	LampCount	IntendedLightningL	ArtificialLightningLe	FyValue	FyValueCr	NeededLampCount	Result
1	358.48	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	120	300.00	308.87	0.97	1.00	-3.45	522.73
2	32.16	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	4	200.00	150.76	1.33	1.33	1.31	30.41
3	27.51	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	4	100.00	190.77	0.52	1.00	-1.90	49.17
4	170.28	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	48	500.00	258.36	1.94	1.94	44.90	3.466,84
5	754.82	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	246	100.00	280.16	0.36	1.00	-158.19	3.023,65
6	82.32	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	20	200.00	239.41	0.84	1.00	-3.29	122.91
7	359.45	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	120	300.00	308.01	0.97	1.00	-3.12	207.21
8	51.42	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	24	200.00	502.64	0.40	1.00	-14.45	147.50
9	26.81	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	16	500.00	831.46	0.60	1.00	-6.38	983.30
10	79.80	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	48	200.00	595.39	0.34	1.00	-31.88	224.79
11	177.13	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	120	300.00	640.52	0.47	1.00	-63.80	494.48
12	22.75	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	2	100.00	124.19	0.81	1.00	-0.39	24.58
13	52.00	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	20	500.00	411.95	1.21	1.21	4.27	97.31
14	108.87	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	24	200.00	214.98	0.93	1.00	-1.67	147.50
15	164.15	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	140	300.00	776.63	0.39	1.00	-85.92	6.022,73
16	120.20	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	60	200.00	476.29	0.42	1.00	-34.81	3.687,38
17	127.72	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	72	500.00	543.20	0.92	1.00	-5.73	316.47
23	797.75	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	100	100.00	113.46	0.88	1.00	-11.86	1.229,13
24	56.40	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	12	200.00	230.17	0.87	1.00	-1.57	73.75
18	415.90	A (Çplak)	Fuoresan (39 W)...	64	100.00	360.57	0.28	1.00	-46.25	59.50
19	283.87	A (Çplak)	Fuoresan (39 W)...	38	100.00	320.14	0.31	1.00	-26.13	101.20
20	213.17	A (Çplak)	Fuoresan (39 W)...	16	100.00	191.53	0.52	1.00	-7.65	213.05
21	298.85	A (Çplak)	Fuoresan (18 W)...	100	100.00	322.98	0.31	1.00	-69.04	1.229,13
22	204.39	A (Çplak)	Fuoresan (39 W)...	32	100.00	382.82	0.26	1.00	-23.64	345.20
25	194.31	A (Çplak)	Fuoresan (39 W)...	12	100.00	152.59	0.66	1.00	-4.14	28.84

Şekil Z: Kars iline ait tip okul projesinin aydınlatma enerjisinin tüketiminin sonuçları

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Demet SARAÇ

Doğum Tarihi: 27.06.1991

Yabancı Dil Bilgisi: İngilizce

E-posta adresi: demetsarac91@gmail.com

**Mezun olduğu üniversite/fakülte: İstanbul Aydın Üniversitesi-Fen Bilimleri
Fakültesi, İstanbul Aydın Üniversitesi- Mimarlık Yüksek Lisans Programı
(Devam)**

