

BİNA SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YEŞİL BİNA SÜREÇLERİNİN ANALİZİ

Ulus AKTAŞ

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Prof. Dr. Mustafa Arif ÖZGÜR

Ekim -2019

KABUL VE ONAY YAZISI

Ulus AKTAŞ tarafından hazırlanan “BİNA SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YEŞİL BİNA SÜREÇLERİNİN ANALİZİ” adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir

01/10/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Ramazan KÖSE
Anabilim Dalı Başkanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

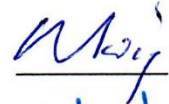
Prof. Dr. Mustafa Arif ÖZGÜR
Danışman, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Sınav Komitesi üyeleri

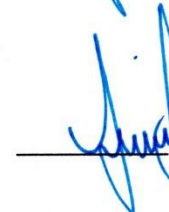
Prof. Dr. Mustafa Arif ÖZGÜR
Makine Mühendisliği Bölümü Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Prof. Dr. Ramazan KÖSE
Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Abdullah YILDIZ
Makine Mühendisliği Bölümü, Uşak Üniversitesi











ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %17 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.



Prof. Dr. Mustafa Arif ÖZGÜR



Ulus AKTAŞ

BİNA SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YEŞİL BİNA SÜREÇLERİNİN ANALİZİ

Ulus AKTAŞ

Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Arif ÖZGÜR

ÖZET

Konutlarda enerji tüketimi, artan nüfus ve paralelinde artan barınma ihtiyacıyla birlikte büyük önem kazanmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte sınırlı olan enerji arzının en verimli şekilde kullanılması hem ülke hem de yaşadığımız dünyanın gelecek nesillere aktarılması bakımından çok önemlidir. Ayrıca siyasi olarak da ülkelerin dış kaynaklı enerji arzına bağımlılığı arttıkça ekonomik ve siyasi bağımsızlıkları tehlikeye düşmektedir.

Bu enerji tüketiminin azaltılması için, hükümetler arasında yapılan birçok iklim değişikliği panellerinde ortak talep edilen ve Uluslararası Enerji Ajansı tarafından ortaya konulmuş durağan CO₂ seviyelerine ulaşmak ve dünyanın ekolojik karbon ayak izinin 2050 yılına kadar %77 oranında azaltılmasını ön gören küresel bazda bir çok rapor, proje ve projeksiyon yapılmaktadır.

Oluşturulan bu çalışmalarda küresel yatırımcılara, şaşırtıcı derecede yüksek olan bu tüketim değerinin, diğer sektörlerle kıyasla daha düşük maliyetler ile daha yüksek getiriler sağladığını ispat ederek hem yatırımcıların kar etmesini sağlamak hemde teknolojinin bu yöne kaymasını sağlayarak sürdürülebilir bir yaşamın oluşmasını hedeflenmektedir.

Bu çalışmada, yeşil bina tasarım süreci bölümlerinden olan enerji verimliliği uygulamaları, yenilenebilir enerji kullanımı gibi unsurların yer aldığı bir enerji modelleme çalışması yapılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda konsept olarak tasarlanan binaya uygulanan enerji verimliliği paketleri modellenmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir. Maliyet optimum çözüm referans binaya göre global maliyet açısından %15, enerji tüketim açısından ise %45 avantaj getirmiştir. Yaklaşık sıfır enerji bina verimlilik paketinde ise global maliyet %25 oranında artmakta, enerji tüketiminin ise %92 azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bina Sektörü, Enerji Etkin Bina, Enerji Verimliliği, Karbon Ayak İzi, Yeşil Bina Sertifikaları.

ENERGY EFFICIENCY AND GREEN BUILDING PROCESSES ANALYSIS IN BUILDING SECTOR

Ulus AKTAS

Mechanical Engineering, M.Sc. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Arif ÖZGÜR

SUMMARY

Energy consumption in housing has gained great importance with the increasing population and the increasing need for housing in parallel. The most efficient use of energy supply, which is limited together with developing technology, is very important in terms of transferring both the country and the world we live in to future generations.

This is common in many panel between the two governments for reducing energy consumption and climate change the International Energy Agency demand being introduced by the CO₂ levels of 2050 the world's ecological footprint and achieve the carbon stationary has been shown to reduce by %77 since a global basis a report on the project and tasarimlandirma are made.

Global investors the value of this consumption is surprisingly high, compared to other sectors that provide higher returns with lower costs and enable investors to profit by both in this direction by proving a sustainable life by shifting technology, aims to develop.

In addition, this study, Green building design process departments of energy efficiency applications, renewable energy use, such as the elements of the energy modeling study was done. In line with this study, energy efficiency packages applied to the building designed as a concept were modeled and their outputs were evaluated. Cost optimum solution has a 15% advantage in terms of global cost and 45% advantage in terms of energy consumption compared to the reference building. Approximately zero energy in the building efficiency package, global cost increases by 25% and energy consumption decreases by 92%.

Key words : Building Sector, Carbon Footprint, Energy Efficient Building, Energy Efficiency, Green Building Certificates.

TEŞEKKÜR

Tez çalışma sürecim boyunca bana her zaman destek veren, tecrübesini ve bilgisini paylaşan, değerli tez danışmanım Prof.Dr. Mustafa Arif ÖZGÜR'e teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde bana maddi ve manevi her türlü desteği veren, bugünlere gelmemde çok emekleri olan, annem Nevin AKTAŞ'a, babam Naci AKTAŞ'a, sevgili eşim Tuğba AKTAŞ'a ve varlığıyla bana güç veren oğlum Selim AKTAŞ'a teşekkürlerimi borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. BİNA SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ.....	3
2.1. Dünya Bina Sektöründe Enerji Verimliliği	3
2.1.1. Dünyada kavramların ortaya çıkışı.....	3
2.1.2. Amerika Birleşik Devletleri	4
2.1.3. Hindistan	5
2.1.4. Çin.....	5
2.1.5. Avrupa Birliği.....	6
2.2. Türkiye Bina Sektöründe Enerji Verimliliği	7
2.2.1. Türkiyede kavramların ortaya çıkışı.....	7
2.2.2. Enerji verimliliği ile ilgili yasal sürecin gelişimi	8
2.2.3. VAP proje destekleri.....	10
2.2.4. Gönüllü anlaşma destekleri	11
2.2.5. Bölge teşvikleri	11
3. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIM SÜREÇLERİ.....	13
3.1. Yeşil Bina Sertifika Sistemleri	13
3.1.1. Yeşil bina kavramı	13
3.1.2. Ekolojik ayak izi kavramı	15
3.2. LEED (Leadership in Energy ve Environmental Design) Süreci Parametreleri.....	16
3.2.1. LEED Uzmanlığı.....	19
3.2.2. Kredi başlıkları puan tabloları.....	19
4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	24
5. MATERYAL VE METOD	27
5.1. Materyal.....	27
5.1.1. Uygulama bölgesi.....	27

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.1.2. Referans bina.....	31
5.2. Metod.....	34
5.2.1. Bina ısı kayıp ve kazançları hesap yöntemi	36
5.2.2. Maliyet hesap yöntemi	39
6. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER	41
6.1. P11 Paketi (Maliyet Optimum Enerji Verimliliği Paketi)	49
6.2. P24-PV Paketi (Yaklaşık Sıfır Enerji Tüketim Seviyesi Paketi).....	50
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	55
EKLER	
Ek 1. Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü	
Ek 2. Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü	
Ek 3. Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınlamı şiddeti değerleri (W/m ²)	
Ek 4. Farklı amaçlarda kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılan aylık ortalama iç sıcaklık değerleri (θ_i , °C)	
Ek 5. Farklı derece gün bölgelerinde ısı kaybı ve yoğuşma hesaplarında kullanılacak olan aylık ortalama dış sıcaklık değerleri (θ_e , °C)	
Ek 6. Türkiyede farklı sektörlerde yıllara göre tüketim tahminleri (Bin TEP)	
Ek 7. Binalar için düzenlenen enerji kimlik belgesi	
Ek 8. Bina tipi ve kullanım amaçları için birincil enerji cinsinden referans değerler	
Ek 9. Bina tipi ve kullanım amaçları için referans sera gazı değerleri	

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesi haritası.....	28
5.2. Derece gün bölgelerine göre Türkiye'deki iller	28
5.3. Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesi sektörlere göre enerji tüketimi	31
5.4. Konsept baz binanın mimari projesi	32
6.1. Tekil konut iyileştirme önlemleri yıllık birincil enerji tüketimleri.....	48
6.2. Tekil aile konutu global maliyetler ve yıllık birincil enerji tüketim değerleri.....	49



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Sera gazları ve kısaltmaları	1
1.2. ABD-AB-Türkiye'deki toplam enerji tüketimlerinin sektörlere göre dağılımı.....	1
2.1. Avrupa Birliği 2030 enerji politikası hedefleri.....	7
2.2. Bina sektöründe enerji verimliliği ile ilgili AB ve Türkiye'nin genel ve özel hedefler bakımından karşılaştırılması	9
2.3. Türkiyede yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim için uygulanan alım fiyatları	12
2.4. Türkiye'de, yurtiçinde imalata yönelik teşvik için uygulanan ek alım fiyatları.....	12
3.1. Sertifika sistemleri	14
3.2. Ekolojik ayak izi bileşenleri ve Türkiye'deki payları	15
3.3. Karbon ayak izi bileşenleri ve Türkiye'deki payları	16
3.4. LEED V4 kredilendirme tablosu.....	18
3.5. LEED kredi başlıkları tablosu entegre planlama süreci	19
3.6. LEED kredi başlıkları tablosu sürdürülebilir araziler	20
3.7. LEED kredi başlıkları tablosu su verimliliği.....	20
3.8. LEED kredi başlıkları tablosu enerji ve atmosfer	21
3.9. LEED kredi başlıkları tablosu malzeme ve kaynaklar	22
3.10. LEED kredi başlıkları tablosu iç mekan çevre kalitesi	22
3.11. LEED kredi başlıkları tablosu tasarımda yenilik	23
3.12. LEED kredi başlıkları tablosu bölgesel öncelik.....	23
5.1. Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesi nüfusunun temel göstergeleri	27
5.2. BEBKA illerinin aylık ortalama bağıl nem oranları (%).....	29
5.3. Bursa ili iklim koşulları.....	29
5.4. Eskişehir ili iklim koşulları	30
5.5. Bilecik ili iklim koşulları	30
5.6. Enerji modelleme programının altyapısını oluşturan standartlar	34
5.7. Birim dönüşüm tablosu	39
6.1. Referans baz binanın toplam birincil enerji tüketim miktarları	44
6.2. Konsept baz binanın kimlik formu.....	45
6.3. Uygulanan enerji verimlilik paketleri	47
6.4. Konsept baz binada maliyet optimum verimlilik değerlerini sağlayan enerji verimlilik paketi (P11) kimlik formu.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.5. Konsept baz binada yaklaşık sıfır enerji sağlayan verimlilik paketi (P24-PV) kimlik formu.....	52
7.1. Sonuçların birincil enerji tüketimi, CO ₂ salımı ve global maliyet açısından özeti	53



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
dn	Yapı elemanlarının kalınlıkları(mm)
g_i	Güneş enerjisi geçirme faktörü
H	Binanın özgül ısı kayını (W/K)
I	Isı köprüsünün uzunluğu (m)
kha	Küresel hektar
kJ	Kilojoule
KKO	Kayıp kazanç oranı
kWh	Kilovat saat
kWp	Kilovat peek
nh	Hava değişim oranı
\emptyset	İç kazançlar ve Güneş enerjisi kazançları (W)
q	Isı kaybı (W/m ²)
Q	Isıtma enerjisi ihtiyacı (J)
r_i	Saydam yüzeylerin gölgelenme faktörü
t	Zaman
TEP	Ton eşdeğer petrol
U	Isıl geçirgenlik katsayısı(W/m ² K)
U_t	Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği
$V_{brüt}$	Binanın ısıtılan hacmi (m ³)
V_h	Havalandırma hacmi (m ³)
η	Kullanım faktörü
$\theta_{i,e}$	İç ve dış ortam sıcaklıkları (°C)
λ	Isıl iletim katsayısı

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
BEBKA	Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği ve Çevre Sözleşmesi
CCOL	Ozon Tabakası Koordinasyon Komitesi
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
CFC	Klorofloro Karbonlar
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GYB	Güvenli Yeşil Bina
HVAC	Isıtma Soğutma ve Havalandırma Sistemleri
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
PBT	Polietilen Tereftalat Etkisi
SEEB-TR	Sürdürülebilir Enerji Etkin Bina
STK	Sivil Toplum Kuruluşları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
USCGB	Amerikan Yeşil Bina Konseyi
VAP	Verimlilik Arttırıcı Projeler

1. GİRİŞ

Konutlarda enerji tüketimi, artan nüfus ve paralelinde artan barınma ihtiyacıyla birlikte büyük önem kazanmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte sınırlı olan enerji arzının en verimli şekilde kullanılması hem ülke hem de yaşadığımız dünyanın gelecek nesillere aktarılması bakımından çok önemlidir. Ayrıca siyasi olarakda ülkelerin dış kaynaklı enerji arzına bağımlılığı arttıkça ekonomik ve siyasi bağımsızlıkları tehlikeye düşmektedir.

Küresel enerji tüketiminin %40'ını binalar oluşturmaktadır. Dünya atmosferine salınan CO₂'ninde %24'ü yine bina kaynaklıdır. Bu tüketim değerleri ülkesel bazda konut, endüstri, ulaşım ve diğer unsurlar sonucu ortaya çıkan ve dünyamızın sonunu getirecek olan küresel ısınmanın ana sebebi sera gazlarından biri olan CO₂'nin miktarı ölçümlendirilerek hesaplanmıştır. Çizelge 1.1'de dünya atmosferinde biriken sera gazları ve literatürde geçen kısaltmaları belirtilmiştir.

Çizelge 1.1. Sera gazları ve kısaltmaları.

Sera Gazı	Kısaltma
Karbondioksit	CO ₂
Metan	CH ₄
Nitrözoksit	N ₂ O
Hidroflorür karbonlar	HFC _x
Perfloro karbonlar	PFC _x
Sülfürheksaflorüd	SF ₆

Türkiye'de bina sektörünün enerji tüketimindeki payı %36 civarındadır. Karşılaştırma yapılacak olursa, ABD (Amerika Birleşik Devletleri) ve AB (Avrupa Birliği) üye ülkelerinde ise bu oran %39 civarındadır. Çizelge 1.2'de ABD, AB ve Türkiye'nin sektörel bazda enerji tüketim dağılımlarını belirtilmiştir.

Çizelge 1.2. ABD-AB-Türkiye'deki toplam enerji tüketimlerinin sektörlere göre dağılımı.

ENERJİ TÜKETİM DAĞILIMI (%)				
ÜLKE	KONUT	ENDÜSTRİ	ULAŞTIRMA	DİĞER
ABD (2018)	39	33	25	3
AB (2018)	39	28	30	3
TÜRKİYE (2018)	36	32	20	12

Bu enerji tüketiminin azaltılması için hükümetler arasında yapılan birçok iklim değişikliği panellerinde ortak talep edilen ve Uluslararası Enerji Ajansı tarafından ortaya konulmuş durağan CO₂ seviyelerine ulaşmak ve dünyanın ekolojik karbon ayak izinin 2050 yılına kadar %77 oranında azaltılmasını ön gören küresel bazda bir çok rapor, proje ve projeksiyon yapılmaktadır (Çebi, 2017).

Bu çalışmaların asıl amacı, insanların yaşamlarını sürdürdükleri binalardaki enerji tüketimlerini, tüm parametreleri detaylı bir şekilde ortaya koyarak insan yaşamına enerji tasarrufu, enerji verimliliği, sürdürülebilirlik, yeşil teknoloji, karbon ayak izi gibi kavramları sokmak ve bilinçlenmesini sağlayarak, gelecek nesillere daha yaşanılabilir bir dünya aktarmaktır.

Ayrıca küresel yatırımcılara, şaşırtıcı derecede yüksek olan bu tüketim değerinin, diğer sektörlere kıyasla daha düşük maliyetler ile daha yüksek getiriler sağladığını ispat ederek hem yatırımcıların kar etmesini sağlamak hemde teknolojinin bu yöne kaymasını sağlayarak sürdürülebilir bir yaşamın oluşmasını hedeflemektedir.

Bu çalışmada ikinci bölümde bina sektöründeki enerji verimliliği çalışma ve uygulamalarının Dünya ve Türkiye perspektifinden ne durumda olduğu irdelendikten sonra yeşil bina tasarım süreçlerinden genel olarak bahsedilerek, üçüncü bölümde LEED yeşil bina sertifika sürecinin parametreleri detaylandırılacaktır. Dördüncü bölümde daha önce yapılan çalışmalar ile ilgili bilgi verildikten sonra, beşinci bölümde konsept olarak tasarlanan bir referans binada enerji verimliliği uygulamalarının maliyet optimizasyonu çalışmasının referans bina özellikleri belirtilmiştir. Altıncı bölümde yapılan enerji verimliliği uygulamalarının bulgu değerlendirmeleri sunulmuştur, yedinci bölümde de sonuçlar irdelenerek öneriler sunulmuştur.

2. BİNA SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

2.1. Dünya Bina Sektöründe Enerji Verimliliği

2.1.1. Dünyada kavramların ortaya çıkışı

Dünyada ilk defa enerjinin verimli kullanılması, ozon tabakasının yaşam için önemi dolayısıyla sanayi çıktısı olan CFC'lerin zararları 1973 enerji krizinden sonra, 1976 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı yönetiminde tartışılmıştır. Bu tartışmalardan sonra UNEP oluşturulmuş olup bunu takiben 1985 yılında Viyana sözleşmesi üye ülkeler tarafından kabul edilmiş ve CCOL kurulmuştur. 1987 yılında da ozon tabakasını incelten maddeler ile ilgili Montreal sözleşmesi imzalanmıştır.

“BMİDÇS iklim değişikliği sorununa karşı küresel tepkinin temelini oluşturmak üzere 1992 yılında kabul edilmiştir. Sözleşme 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. 194 ülke tarafından imzalanan sözleşme, neredeyse evrensel bir katılıma erişmiştir. Sözleşmenin amacı, atmosferdeki sera gazı miktarını, iklim sistemi üzerindeki etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmaaktır. BMİDÇS bir çerçeve sözleşme olarak genel kuralları, esasları ve yükümlülükleri tanımlamaktadır.” (TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019).

Dünya üzerinde Birleşmiş Milletlerin yapmış olduğu bu çalışmalar enerji piyasasında, enerji verimliliği, karbon salımı, ekolojik ayak izi, yeşil bina, sürdürülebilir yaşam gibi kavramları gündeme taşımıştır. Bu doğrultuda 1997 yılında Kyoto'da başlayan sanayileşmiş ülkelerin sera gazı salımlarını stabilize etmeleri yönünde bir takım bağlayıcı unsurlar görüşülmeye başlanmıştır. 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto protokolüne 191 ülke ve Avrupa birliği üye ülkeleri imzalamıştır.

Protokol, sözleşme taraflarının “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi” uyarınca taraflar arasında yükümlülükler açısından ayırtırmayı kabul ederek sanayileşmiş ülkelerin görev ve hedeflerini artırarak bu ülkelere daha ağır bir tarihsel sorumluluk yüklemektedir (TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019).

Kyoto protokolünde gelişmiş ülkeleri bağlayan ilk dönem çalışması 1990 yılındaki CO₂ salım miktarlarının minimum %5' i kadar azaltılması gibi tavan bir hedef koymak olmuştur. Bu yönde ülkeler bu tarihten itibaren enerji verimliliği mevzuatlarını düzenlemişlerdir. Ülkelerin, kurumların ve hatta bireylerin karbon ayak izi miktarları önem kazanmış ve gerekli toplum bilinçlendirme çalışmalarında yapılmaya başlanmıştır.

1997 yılında imzalanan Kyoto protokolünden sonra, 2009 yılında Kopenhag'da bir zirve görüşmesi yapılmış fakat istenilen sonuçlar elde edilememiştir. Bu sebeple 2015 yılında Paris'te düzenlenen iklim zirvesinde daha önceki iklim görüşmelerine taraf olma konusunda çekinceleri olan en büyük iki küresel kirletici olan ABD ve Çin'inde desteğiyle tarihi kararlar alınmıştır. 195 ülke tarafından kabul edilen bu anlaşmayı imzalayan ülkeler küresel karbon salımının %96 'lık kısmını oluşturmaktadır. Bu antlaşmada tüm taraflar karbon emisyonlarını azaltma konusunda yükümlülük almayı kabul etmiş, gelişmiş ülkeler daha fazla sorumluluk almayı ve gelişmekte olan ülkelere karbon ekonomisi ve teknolojisi konusunda destek olmayı taahhüt etmişlerdir. Bu antlaşma doğrultusunda oluşturulan kalkınma planları 5 yıllık olacak ve kurulacak olan bir komisyon tarafından bu süreçlerde kontrolleri sağlanacaktır.

Karbon salım politikalarının bina sektörüne yansımalarının unsurlarından biride yeşil bina sertifika süreçlerinin ortaya çıkışıdır.

Bu bağlamda dünyada sertifika sistemleri kronolojik olarak;

- 1990 yılında İngilterede BREEAM,
- 1998 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde LEED,
- 2003 yılında Avustralyada GREENSTAR ,
- 2004 yılında Japonyada CASBEE,
- 2009 yılında Almanyada DGNB isimleri ile geliştirilmişlerdir.

Ayrıca enerji verimliliği ile ilgili bu bakış açısı yatırımcıları yeşil teknoloji, VAP, yenilenebilir enerji üretim tesisi gibi yatırım unsurlarına yönlendirmiştir. Hükümetleride enerji performans yönetmeliklerinin ve mevzuatlarının geliştirilmesi, teşvik ve destek çalışmalarının hızlandırılması ve eğitim, etüd, yetkilendirme gibi konulardaki çalışmaların yoğunlaştırılması konusunda zorlamıştır.

Gelişen ekonomik rekabet ortamı içerisinde enerji politikaları önemini arttırmıştır. Yatırımlarını bu yönde geliştiren devletler ön plana çıkarak sürdürülebilir yaşam kalitesini sağlamış, geliştiremeyenler ise göç, savaş, açlık gibi problemler ile karşı karşıya kalmıştır.

2.1.2. Amerika Birleşik Devletleri

Amerika Birleşik Devletleri yönetimi tarafından 2009 yılında oluşturulmuş ve yürürlükte olan Amerikan İyileştirme ve Yeniden Yapılandırma Hareketi kapsamında Amerikan Enerji Bakanlığı tarafından Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji programı başlatılmıştır. Bu

program doğrultusunda 90 milyar USD ayrılmış olup direk yatırım ve vergilendirmede bir takım düzenlemeler öngörülmüştür.

Ayrıca Amerikan Enerji Bakanlığı tarafından 1995 yılından beri yürütülen “Building America” adlı proje hem yeni hem eski binalardaki enerji performanslarını tespit ederek raporlandırmıştır. Böylece hedeflenen yeni yapılan yapılardaki enerji tüketiminde %70’e kadar düşüş ve bina kabuğu ile mekanik tesisatların yenilenebilir enerji ile çalışan verimli sistemler ile birbirine entegrasyonu sağlanmış olup maksimum verim elde edilmeye çalışılmıştır.

Bu yatırım teşvikleri kapsamı enerji sektörünün alt sektörleri bazında olmakta olup örnek olarak bireysel konutlarda düşük gelir seviyesindeki ev sahiplerine bina kabuğu iyileştirme çalışmaları ve mevcut yaşam alanlarına yenilenebilir enerji yatırımı teşviği başlığı altında konut başına 6500 USD katkıda bulunmaktadır. Ayrıca ticari işletmeler için sınırsız konutlar için 2000 USD ile sınırlandırılan %30 oranındaki vergi teşvikleri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisine, şebeke besleme tarifesi olarak, 5 yıllık sözleşme ile 100kWp’ten küçük sistemler için 0,39USD/kWh, 100kWp’ten büyük sistemler için ise 2,5 USD/Wp yada 0,39 USD/kWh gibi destekler bulunmaktadır.

2.1.3. Hindistan

Bina sektöründe enerji verimliliği projelerine devlet yönetimi olarak özellikle 2010 yılı itibariyle enerji performans değerlendirilmesi ve etiketlemesi ile yenilenebilir güç santralleri kurulması için teşvik mekanizmaları devreye alınmıştır. Örnek olarak güneş enerjisi yatırımlarında yasalarda yapılan değişikliklerle eyaletlerin verdiği alım garantisinin yanısıra hükümet güneş enerjisinden elde edilen elektriğin kWh’ine 0,21 Euro vermektedir.

2.1.4. Çin

Çin Hükümetinin 2009 yılı içerisinde açıklamış olduğu 585 milyar dolarlık destek paketi sayesinde Çinli elektrikli araç, rüzgar türbini, PV panelleri ve enerji verimli teknoloji üreticileri dünyada ön plana çıkmışlardır. Böylece en büyük teknolojiyi üreten ülke konumuna gelmişlerdir.

Ayrıca binalarda güneş enerjisi teşviki amacıyla “Solar Çatılar Planı” nı devreye soktukları gibi “Altın Güneş Projesi”nde de yeni düzenlemeler getirmişlerdir. Bu plana göre şebeke bağlantılı PV projelerinde maliyetin %50’sini devlet karşılamakta, şebeke bağlantısı olmayan kırsal kesimlerde ise bu teşvik oranı %70’lere kadar çıkmaktadır. Bu teşvik mekanizmasında toplam limit 500 MW olarak belirlenmiştir.

Bu teşvik mekanizmaları ülkede yenilenebilir güneş enerjisi sektörünü çok geliştirmiş olup sektör öncülerinin solar hücre üretimi tesisi konusunda dünya lideri olmalarını sağlamıştır.

2.1.5. Avrupa Birliği

Avrupa Birliği ülkelerinde ortalama olarak binaların toplam enerji tüketimindeki payı %40'lar mertebelerinde olduğundan birlik enerji komisyonları binalarda yapılacak yeni yatırımlar ile mevcut enerji tüketiminin 1/5'inin tasarruf edilebileceğini öngörmektedir. Bu sebeple binalarda enerji verimliliğini sağlamaya yönelik özel kuralllar oluşturmuştur. Buna göre yerel şartlar, mekansal iklim koşulları ve maliyet etkinlikleri dikkate alınarak binaların enerji verimliliğini artırıcı önlemler alınmaktadır. Binalardaki enerji performansı, standart kullanımda ısıtma, soğutma, sıcak su, havalandırma, yalıtım ve aydınlatma da tüketilen enerji miktarını ifade etmektedir. Mevcut binaların enerji performanslarını hesap etmek için genel bir çerçeve, yeni yapılan ve yapılacak binalar için asgari uyulması gerekli şartlar, binaların enerji sertifikası ile binalardaki kazan ve havalandırma sistemlerinin denetim ve belgelendirilmesine yönelik kurallar uygulanmaya başlanmıştır.

Bu bağlamda;

- “Binalarda enerji performanslarının artırılmasına yönelik 2003 yılında, ölçüm yöntemlerinde ortak bir metodolojiyi öngören bir direktif oluşturmuşlardır.” (2002/91/EC)
- “ AB enerji direktifinde, enerji verimli sistemlerden biri olan kojenerasyon sistemlerinin üzerinde önemle durulmuştur.” (2004/8/EC)
- “Son kullanıcılar da enerji verimliliği bilincini yaymak adına basit ev aletlerinde de etiketleme sistemi kurulmasına yönelik bir direktif oluşturulmuştur.” (2003/66/EC)
Bu direktif AB ve ABD ülkelerini kapsayan “Energy Star” adı verilen projenin tabanını oluşturmaktadır. Projede piyasada satılan ev ve ofis aletlerinin enerji tüketimlerini gösteren bir etiket taşınması zorunlu hale getirilmiştir. Bu da üreticilerin daha az enerji tüketen sistemlere yatırımlarını teşvik etmiştir.
- Ayrıca AB yine 2002-2003 yıllarına kadar olan süreyi kapsayan süreçte, politika önlemleri, bilinçlendirme, pilot uygulamalar ve bölgesel enerji verimliliği yönetim ajansları kurulması yoluyla enerji verimliliğinin artırılmasını özellikle sanayi,ticaret ve ulaştırma sektörlerine yönelik “Save Programı”nı kabul etmiştir. Bu program kapsamında enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına yönelik bir çok faaliyet ve proje desteklenmiştir.

2003 yılına kadar enerji verimliliği konusunda oluşturulan bir çok direktif, 2008 yılına kadar olan süreçte tüm bu direktifleri kapsayan daha geniş kapsamlı bir taslak direktif oluşturulmasına zemin hazırlamıştır. 2010 yılında geçmiş çalışmalar ve ortaya çıkan net veriler ışığında oluşturulan ana direktifler, 2015 Paris antlaşmasında netleştirilmiş 2020 ve 2050 çevre hedefleri konusunda bir mutabakata varılmıştır. Sera gazları emisyonlarının azaltılması ve ölçülmesi, enerji verimliliği politikalarının düzenlenmesi, yenilenebilir teknolojilerin artırılması ve yatırım destek politikalarının bu yönde oluşturulması yönündeki kararlar Paris antlaşmasında alınmış, taraflara ülkesel bazda angajmanlar getirmiştir. Çizelge 2.1’de Avrupa birliği enerji politikası hedefleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Avrupa Birliği 2030 enerji politikası hedefleri.

	Yeşil bina emisyonları		Yenilenebilir enerji		Enerji verimliliği		AB tarafından finanse edilen proje sayısı (2014-2020’ye göre)		Karbon salımı	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
Oran	-20%	-40%	20%	≥32%	20%	≥32,5%	20%	25%	-30%	-37,50%

2.2. Türkiye Bina Sektöründe Enerji Verimliliği

2.2.1. Türkiyede kavramların ortaya çıkışı

Dünyada 1976 yılından itibaren başlayan enerjiyi verimli kullanma ve ozon tabakasının incelmeye yönelik faaliyetler, Türkiye’de ilk defa resmi olarak 1991 yılında Montreal sözleşmesine ülkenin taraf olmasıyla başlamıştır. Bu protokole yönelik çalışma ve uygulamaların kontrolü ve denetlenmesi ile ilgili Çevre ve Şehircilik Bakanlığı görevlendirilmiştir. 2008 yılında ise ozon tabakasını incelten maddelerin kontrolü ile ilgili bir yönetmelik oluşturulmuş ve yürürlüğe girmiştir.

Ayrıca bir OECD ülkesi olarak Türkiye BMİDÇS’e 1992 yılında dahil edilmiş 2004 yılında da sözleşmeyi imzalamıştır. Kyoto protokolünde 2009 yılında taraf olarak, enerji politikası çalışmalarında bu tarihten itibaren hız vereceğini taahhüt etmiştir. Ayrıca 2015 yılındaki Paris antlaşmasını da imzalamış olan Türkiye, sera gazı emisyonlarını herhangi bir ekonomik yardım almadan %21 azaltacağını, eğer gelişmiş ülkelerin geliştirmekte olan ülkelere yapacağı finansman desteği söz konusu olursa da bu oranın daha da arttıracağını taahhüt etmiştir.

Çizelge 1.2' de belirtildiği gibi 2018 yılı itibariyle sektörel bazda binalar Türkiye enerji tüketiminin %36 lık bir kısmını oluşturmaktadır. Bu sebeple bina sektöründeki enerji verimliliği çalışmaları Türkiye için bir zorunluluk halini almıştır. Özellikle 2007 yılından sonra yasal süreçlerin gelişimi bu yöne doğru yoğunlaşmıştır.

Bu doğrultuda 2008 yılında “Enerji Performans Yönetmeliği” yayınlanmış, 2014 yılında da “Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesi”ne dair yönetmelik oluşturulmuştur. Bu yönetmeliklerin amacı ülkesel bazda bir yeşil bina sertifikasyon sistemi oluşmasına altyapı sağlamaktır. Bu yöndeki çalışmalar STK ve bağımsız girişimciler kanalından devam etmektedir. 2013 yılında TSE'nin ürün belgelendirme sistemleri kapsamında GYB belgelendirme süreci oluşturulmuş olup türleri konut, alışveriş merkezi, eğitim binaları, iş merkezleri, hastane ve kamu binaları olarak ortaya konulmuştur. Günümüzde çok yaygın olmamakla birlikte birkaç kamu binasında uygulaması tespit edilmiş olup geliştirmeye ve yaygınlaştırmaya açık bir süreç olduğu tespit edilmiştir. Buna takiben 2014 yılında SEEB-TR sertifikasyon süreci Mimar Sinan Güzel Sanatlar Fakültesi tarafından oluşturulmuştur fakat herhangi bir uygulaması günümüzde tespit edilememiştir.

Türkiyede yerel yeşil bina sertifikasyon sistemleri ile ilgili en ciddi çalışmalar bir sivil toplum kuruluşu olan ÇEDBİK tarafından yürütülmektedir. Aynı zamanda bir LEED ve BREEAM uygulayıcısı olan bu kuruluş ülke şartlarını da süreç içerisine katarak geliştirdiği sertifikalandırma sistemini 2013 yılında paydaşlarına tanıtmış, ilk aşamada konut sertifikasyon sürecini daha sonraki aşamalarda da diğer bina türlerine yönelik sürecin geliştirilmesi ve desteklenmesi yönünde bakanlık desteğini almıştır. Günümüzde hala konut süreci ile ilgili birkaç örnek dışında pratik uygulaması tespit edilememiştir (Gültekin ve Bulut, 2015)

Türkiyede yerel yeşil bina sertifikasyon süreçlerin hayata geçirilmesi henüz başarısız olduğu tespit edilmiştir. Fakat yeşil bina sertifikalarının özellikle LEED ve BREEAM süreçlerinin bir çok uygulaması tespit edilmiş olup yaklaşık 10 yıllık bir geçmişe sahip bu süreçlerin nicelik olarak miktarı dikkat çekicidir. 328 adet LEED sertifikalı, 40 adet BREEAM sertifikalı bina sayısına ulaşan Türkiye bu bağlamda Avrupada 6. durumdadır. (ÇEDBİK, 2019)

2.2.2. Enerji verimliliği ile ilgili yasal sürecin gelişimi

Türkiyede enerji tüketim miktarları sektörlere göre incelendiğinde %38 ile sanayi sektörü birinci, %36 ile binalar sektörü ikinci sırada gelmektedir. Ayrıca bina sektörünün tükettiği enerji miktarıda baz alınan 2002-2012 arasındaki 10 yıllık süreç içerisinde %70 oranında artış göstermiştir. Buna mukabil olarak da Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün açıklamalarına

göre doğru yatırım ve düzenlemeler ile en yüksek tasarruf potansiyeli de yine %46 ile konut sektöründe olduğu tespit edilmiştir.

Bu doğrultuda ülkemizde enerji verimliliği ile ilgili yasal prosedürler;

- 2007 – Enerji verimliliği kanunu
- 2008 ve 2010 – Enerji ve enerji kaynaklarının doğru kullanılması yönetmeliği
- 2012 – Enerji verimliliği stratejisi (2012-2023)
- 2008 - Merkezi ısıtma sistemleri ve sıcak su hazırlama ve giderlerinin paylaştırılması ve değerlendirilmesine ilişkin yönetmelik
- 2009 ve 2011 – Binalarda enerji performansı yönetmeliği olarak hazırlanmıştır.

Fakat ülkemizdeki mevcut binaların belirtilen yasal yönetmelik ve kanunlara uyum sağlamaları için belirli teşvik mekanizmalarının da oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda gerekli destekler sağlandığında 2023 yılında 10.000.000 konut ile birlikte ticari ve hizmet binalarının tamamında belirlenen enerji performans değerlerine gelinmesi hedeflenmektedir. Çizelge 2.2’de bina sektöründeki enerji verimliliği hedefleri genel ve özel hedefler bakımından AB ve Türkiye olarak karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2.2. Bina sektöründe enerji verimliliği ile ilgili AB ve Türkiye’nin genel ve özel hedefler bakımından karşılaştırılması.

	AVRUPA BİRLİĞİ	TÜRKİYE
Enerji Politikası	1990 -2020 EV'nin %20 arttırılması 1990-2050 EV'nin binalarda %40-50 arttırılması	2011-2023 Enerji yoğunluğunun %20 azaltılması
İklim Politikası	1990-2020 Sera gazı salımlarının %20 azaltılması 1990-2050 Sera gazı salımlarının %90 azaltılması	Binalarda karbon salımlarının azaltılması
Diğer Hedefler	<ul style="list-style-type: none"> • 2050 de AB'de binaların büyük bir bölümünün sıfır enerji tüketen ve sıfır karbondioksit salımlı olması • Yenilenebilir , temiz üretim teknolojileri ve akıllı şebeke uygulamaları ile enerji pozitif binaların ulusal bazda yaygınlaştırılması • Talep tarafında kamu-özel sektör ortaklarının EVD projeleri üçüncü taraf finansmanı vb uygulamalarla desteklenmesi • Kentsel dönüşümde de enerjinin yönetilebildiği binaların ulusal şebekeler ile kolaylıkla bağlandığı akıllı şehirlerin oluşturulması 	<ul style="list-style-type: none"> • 2017 den itibaren salım miktarları maksimum değer üzerinde olan binalara idari yaptırım uygulanması • Yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması amaçlı alım garantisi ve lisans alım zorunluluğu ile ilgili düzenlemeler • Kamu kesimine ait binalarda verimlilik artırıcı uygulamaların Enerji performans sözleşmeleri ile gerçekleştirilmesi • 2023 yılına kadar lüks konutlar ile ticari banalarda yürürlükteki standartları sağlayan ısıtma sistemlerinin bulunması

Ayrıca ülkemizde ilk olarak enerji verimliliği eylem planı 2018 yılında yürürlüğe girmiş bu doğrultuda 6 ayrı sektörde 55 adet eylem planının hayata geçirilmesi ile 2023 yılına kadar 11 milyar Dolar yatırım ile toplam 24 milyon ton eşdeğer petrol enerji tasarrufu sağlanması beklenmektedir. Bu da Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde yaklaşık %14'lük bir azalmaya tekabül etmektedir. 2030 yılına kadar olan tasarrufun karşılık değeri ise yaklaşık 30 milyar dolar civarındadır.

Konuyla ilgili TC Enerji Bakanlığı bağlı kuruluşları ile birlikte;

- Enerji yöneticiliği, enerji etüdü projelendirme eğitimleri
- Kamu kurumlarındaki enerji etüd uygulamaları
- Özel ve kamu kuruluşlarını yetkilendirme
- Ölçme, izleme, değerlendirme ve denetleme
- Enerji verimliliği teşvik ve destek mekanizmaları
- Tanıtım organizasyonları ve bilinçlendirme çalışmaları
- Enerji konulu forum ve ilgili fuarlara destek
- Yerel ve uluslar arası projelerin desteklenmesi
- Enerji verimliliği ilgili diğer faaliyetlerin planlanması
- Sera gazı izleme ve sonuçlarının değerlendirmesi çalışmaları

Genel olarak ülkemizde gerek enerji verimliliği gerekse yenilenebilir enerji kullanıma yönelik destekleri özetleyecek olursak;

2003 yılında enerji ile ilgili kamu ve özel sektör yatırımlarının düzenlenmesi, büyüme ve gelişme hedeflerinin doğrultusunda teşvik destek mekanizmalarının kontrolü için EPDK kurulmuştur.

5627 sayılı enerji verimliliği kanuna göre enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, üretim ve bina sektörlerinde enerji maliyelerinin azaltılması kısaca enerjinin verimli kullanılması amaçlanmıştır. Buna kanun doğrultusunda enerji bakanlığınca düzenlenen verilen teşvik ve destekler 3 ana başlık altında toplanmaktadır.

2.2.3. VAP proje destekleri

“Enerji verimli malzeme ve sistem kullanımı, onarım, yalıtım, yenileme, rehabilitasyon ve proses düzenleme gibi yollarla; gereksiz enerji kullanımının, atık enerjinin, enerji kayıp ve kaçaklarının önlenmesi veya minimuma indirilmesi ile birlikte atık enerjinin geri kazanılması gibi konularda çözümleri de kapsayan ve Enerji Verimliliği Destekleri Hakkında Tebliğ usul ve

esaslarına uygun olarak hazırlanan projeler, VAP olarak değerlendirilmektedir. Hazırladıkları projeleri bu kapsamlar içerisinde yer alan, yıllık enerji tüketimleri 500 TEP ve üzeri olan endüstriyel işletmelerin, KDV hariç yatırım bedeli en fazla 5 milyon TL olan çalışmalarına %30 oranında hibe desteği sağlanmaktadır.” (TC Enerji Bakanlığı, 2019).

2.2.4. Gönüllü anlaşma destekleri

“Yıllık enerji tüketimleri 500 TEP ve üzerinde olan endüstriyel işletmeler gönüllü anlaşma desteklerinden yararlanabilirler. İşletmenin geçmiş 5 yıllık referans enerji yoğunluğuna göre gelecek 3 yıldaki enerji yoğunluğunu %10 oranında azaltmayı taahhüt ettiği, bunun karşılığında anlaşmanın yapıldığı yıla ait enerji çıktısının 1milyon TL yi aşmamak üzere %30 unu devletin karşıladığı destek türüdür” (TC Enerji Bakanlığı, 2019).

2.2.5. Bölge teşvikleri

“Yıllık enerji tüketimleri 500 TEP ve üzerinde olan endüstriyel işletmeler için , Bakanlığın vereceği proje onayına istinaden gerçekleşecek ve enerji giderlerinde min. %20 tasarruf sağlayacak geri dönüş süresi de azami 5 yıl olan enerji verimliliği projesi yatırımları bölgesine bakılmaksızın 5. Bölge teşviklerinden yani KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti, vergi indirimi, sigorta primi işveren hissesi desteği ve yatırım yeri tahsisi gibi devlet teşviklerinden faydalandırılacaktır” (TC Enerji Bakanlığı, 2019)

Enerji verimliliği ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının da kullanımını teşvik etmeye yönelik mekanizmalarda 2010 yılından sonra yüksek bir ivme kazanmıştır. Bu teşvik mekanizmalarının başında düzenlenen kanunlarla birlikte sabit fiyat alım garantisi gelmektedir. Bu mekanizmada her bir yenilenebilir kaynak için aynı olmamakla birlikte bir sabit fiyat planlaması getirilmiştir. Bu fiyatlardan herbir gerçek veya tüzel yatırımcı 10 yıl süreyle faydalanması ön görülmüştür. Ayrıca yenilenebilir kaynak bazında getirilen sabit fiyat alım garantisine, yerli imalat teknolojisininide desteklemek adına kullanılacak aksamalar için artı bir destek cetveli de oluşturulmuştur.

Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4’de Türkiyede yenilenebilir enerji kaynaklı üretim tesislerine verilen sabit alım fiyatları ve şartlarını gösteren tablolar verilmiştir.

Çizelge 2.3’de yenilenebilir enerji kaynağının tipine göre belirlenen ve üretilen kWh enerji başına verilen destek miktarı verilmiştir. Buna göre güneş ve biyokütleyle dayalı enerji tesislerini 0,13 dolar/kWh, hidrolik ve rüzgara dayalı üretim tesislerine 0,07 dolar/kWh, jeotermal kaynaklara dayalı tesislere ise 0,10 dolar/kWh devlet desteği yer almaktadır.

Çizelge 2.3. Türkiyede yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim için uygulanan alım fiyatları.

I SAYILI CETVEL	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a) Hidrolik üretim tesisi	7,3
b) Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c) Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d) Biyokütle dayalı üretim tesisi(Çöp gazı dahil)	13,3
e) Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

Çizelge 2.4'te ise yapılacak olan yatırımların ülke içerisindeki imalata da teşvik etmesi amacıyla üretim tesislerinde kullanılacak malzemelerin yurt içindeki imalatına yönelik devlet desteği detaylandırılmıştır.

Çizelge 2.4. Türkiye'de, yurtiçinde imalata yönelik teşvik için uygulanan ek alım fiyatları.

II SAYILI CETVEL		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
a) Hidrolik üreti tesisi	1)Türbin	1,3
	2)Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
b) Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	1)Kanat	0,8
	2)Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3)Türbin kulesi	0,6
	4)Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç)	1,3
c) Fotovoltaik enerjiye (PV) üretim tesisi	1)PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2)PV modülleri	1,3
	3)PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4)İnvertör	0,6
	5)PV modeli üzerine güneş ışımını odaklayan malzeme	0,5
d) Yoğunlaştırılmış enerjiye dayalı üretim tesisi	1)Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2)Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3)Güneş takip sistemi	0,6
	4)Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3

3. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIM SÜREÇLERİ

3.1. Yeşil Bina Sertifika Sistemleri

3.1.1. Yeşil bina kavramı

Enerji etkin bina, sürdürülebilir bina, ekolojik bina, sıfır enerjili bina gibi kavramları içine alan 1990 yılların başlarında ortaya çıkmış bir tanımlama olarak Yeşil bina, günümüz bina sektöründeki enerji piyasasında çok önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Genel anlamda bu kavram yapının tasarım sürecinden başlayarak, mevcut arazinin kullanımı, su verimliliği, enerji kullanımı, kullanım sürecindeki sağlık ve konfor şartları, yapının inşası sırasındaki malzeme ve kaynak kullanımı, yapı yaşam sürecindeki işletme ve bakım faaliyetleri ile inovasyon gibi parametrelerini içermektedir. Kısaca mevcut ekosistemimize duyarlı sürdürülebilir yapı anlamı taşımaktadır (Belgin, 2011).

Binalar yaşam süreçleri boyunca bulunmuş oldukları ortama kapsamlı bir etki yapmaktadırlar. Bu etki, binanın inşaat, kullanım süreçleri, yenilenme ve yıkım gibi süreçlerinde enerji, su ve diğer katkı maddelerini kullanarak zararlı atık ve emisyon yayarlar. Binaların çevreye vermiş olduğu bu zararları en düşük seviyelere indirmek için sürdürülebilir bina parametreleri, yeşil bina sertifikaları ve derecelendirme sistemleri ortaya çıkmıştır (Gazioglu, 2012).










Bina sektöründe değerlendirilen mevcut veya üretim aşamasındaki yapılara yeşil bina parametrelerinin uygulanmasındaki avantajlar çevresel, ekonomik ve toplumsal olarak incelenebilir. Çevresel avantajlar; yapının inşa edileceği yerin ekosistemine uygun tasarımıyla bölgeye zarar yerine fayda sağlanması, su verimliliğinin sağlanması, hava kalitesine zarar verilmemesi, yapının atık yönetiminin hem inşaat aşamasında hemde işletme sürecinde kontrol altında tutulması ve mevcut arazinin doğal kaynaklarının korunması olarak sıralayabiliriz. Ekonomik avantajlar; yapının işletim sürecindeki maliyetlerini azaltılması buna müteakip emlak değerinin de artırılması, toplumsal avantajlar da yapının bulunduğu bölgedeki ısı, hava ve ses kalitesine zarar vermeyen yerleşkelerin oluşturulması, kullanıcı konforunun en üst düzey sağlanması ve genel olarak yaşam şartlarının en üst düzeye ulaşmasıdır (Görgün, 2012).

Özellikle 1990'lı yıllardan sonra dünyada "Karbon Ayak İzi" kavramı ile birlikte ortaya çıkan yeşil bina sistemleri, ortak belli parametrelerin ülkelerin coğrafi yapılarındaki farklılıklar göz önüne alınarak değerlendirildiği bir takım sertifikalandırma sistemleri ortaya çıkmıştır.

Bu sistemler dünyada kronolojik sırayla; 1990 yılında İngiltere’de BREEAM, 1998 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde LEED, 2003 yılında Avustralya’da GREENSTAR, 2004 yılında Japonya’da CASBEE, 2009 yılında Almanya’da DGNB isimleri ile geliştirilmişlerdir (Sev ve Canbay, 2009).

Ülkelerin öncelikli olarak coğrafi konumlarına ve kendi şartlarına göre tasarladıkları bu sistemler daha sonra küresel enerji ekonomisinin gelişmesi ile birlikte gelişmekte olan ülkelere yayılarak her bir ülke ya bu sistemleri kendi şartlarına göre evirmiş veyahut da kendi yerel sertifika sistemlerinin altyapısına oluşturmaya teşvik etmiştir (Eren, 2015). Çizelge 3.1’de dünya üzerinde geliştirilmiş sertifikasyon sistemleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sertifika sistemleri.

Sertifika Sistemi / Menşei	Kısaltma	Sembol
Leadership in Energy & Environmental Design (ABD)	LEED	
Building Research Establishment Environmental Assessment Method (İngiltere)	BREEAM	
Green Star (Avustralya)	GREENSTAR	
Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency (Japonya)	CASBEE	
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Almanya)	DGNB	
Ecoprofile (Norveç)	ECOPROFILE	
Promise (Finlandiya)	PROMISE	
Green Mark for Buildings (Singapur)	GREENMARK	
Beam Plus (Hong Kong)	BEAMPLUS	
Pearl Rating System for Estidama (Birleşik Arap Emirlikleri)		

3.1.2. Ekolojik ayak izi kavramı

1985 yılında yapılan Viyana çevre görüşmelerinde ilk defa ortaya atılan ozon tabakasını incelten madde kavramı, daha sonra 1987 yılında Montreal sözleşmesinde ozon tabakasını incelten maddelerin kontrolü ve azaltılmasına yönelik taraf ülkelere bir yaptırım getirmiştir. Daha sonra bu kavram Sera gazlarının emisyon miktarları ve ortaya çıkış sebepleri ile ilgili yapılan çalışmaları arttırmış, 1992 yılında ekoloji profesörü Williem Rees tarafından ortaya atılan ekolojik ayak izinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. 1996 yılında Mathis Wackenagel ve William Rees tarafından yazılan ekolojik ayak izi ve sürdürülebilir refah konulu kitapta bu kavramlar tüm hesaplama detayları ile de birlikte sunulmuştur (Tosunoğlu, 2009).

Ekolojik ayak izi, günümüz şartlarında tüketilen doğal kaynakların yeniden üretimi ve bu sırada ortaya çıkan atıklarında bertarafı için gerekli olan biyolojik verimli toprak veya su alanının küresel hektar cinsinden ifadesidir. Küresel hektar ise dünya topraklarının ortalama verimliliği üzerinden 1 hektar arazinin üretim kapasitesini belirtmektedir. Ekolojik ayak izi kavramı ülkelerin sürdürülebilir kalkınmaları ile doğrudan ilgilidir (Tosunoğlu, 2009). Ayrıca biyolojik kapasite yani tespit edilmiş bir coğrafi bölgenin yenilenebilir kaynaklarını üretme kapasitesi de ekolojik ayak izi unsurlarının en önemlisidir. Çizelge 3.2’de ekolojik ayak izi bileşenleri ve Türkiye şartlarındaki ağırlıkları verilmiştir.

Çizelge 3.2. Ekolojik ayak izi bileşenleri ve Türkiye’deki payları.

Ekolojik Ayak İzinin Bileşenleri	Türkiye’deki payları (%)
Karbon ayak izi	46
Tarım arazisi ayak izi	35
Orman ayak izi	11
Yapılandırılmış alan ayak izi	3
Otlak ayak izi	3
Balıkçılık sahası ayak izi	2

Karbon ayak izi, birim CO₂’nin kütesel miktarıdır. Üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye vermiş olduğu zararların bir göstergesidir. Bu ölçeklendirmede birincil göz önünde bulundurulan unsur bireyin evsel enerji tüketimi ve ulaşım dahil olmak üzere tüketilen fosil yakıtlardan çıkan CO₂’nin emisyon miktarıdır. Bunun yanında ayrıca

değerlendirilen ikincil unsorda kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsü boyunca, imalatından bozunmalarına kadar, tükettikleri CO₂ miktarının tamamını içermektedir.

Kurumsal karbon ayak izi hesaplamalarında ise daha detaylı incelemeler söz konusudur. Üretim başta olmak üzere, lojistik, idari kısım gibi tüm departmanların da dahil olduğu kullanılan en ufak teçhizatın bile elektrik, doğalgaz ve petrol türevlerinin tüketim miktarları bir hesaplama metodolojisi ile kg CO₂ olarak hesap edilmektedir Çizelge 3.3'te karbon ayak izi bileşenlerinin Türkiye'deki payları belirtilmiştir. Türkiyedeki sera gazı emisyon miktarları 1990 yılı değeri olarak 170milyon ton CO₂ iken 2018 yılında yaklaşık 400 milyon ton CO₂ olarak tespit edilmiştir (Özsoy, 2014).

Çizelge 3.3. Karbon ayak izi bileşenleri ve Türkiye'deki payları.

Karbon Ayak İzinin Bileşenleri	Türkiye'deki payları (%)
Elektirik üretimi	26
İmalat sanayi ve inşaat	22
İthal ürünlerin gömülü emisyonları	16
Ulaştırma	15
Konut ve hizmetler(elektrik dışı)	12
Uluslararası taşımacılık kaynaklı emisyonlar	4
Tarım, orman, balıkçılık	2
Enerji üretimi(elektirik dışı)	2

Ülkelerin ayak izi ise Küresel Ayak İzi Ağı tarafından hesap edilmektedir. Dünya Yabani Yaşam Vakfının 2018'de yayınlamış olduğu rapora göre Türkiye'nin kişi başı ekolojik ayak izi miktarı 2,55 kha'dır. Bu rapora göre biyolojik kapasite miktarıda 1,31 kha'dır. Bu rakamlar gösteriyorki Türkiye'nin biyolojik kapasitesi üretim kapasitesinin hemen hemen yarısı kadardır. Bu da Türkiye'nin sürdürülebilir bir ülke olmadığının bir göstergesidir.

3.2. LEED (Leadership in Energy ve Environmental Design) Süreci Parametreleri

Çevreye duyarlı tasarımda lider proje anlamına gelen LEED, Amerika Yeşil Bina Konseyi tarafından 1998 yılında kurulmuştur. Yeşil bina üretimini 8 ana kredi başlığı altında inceleyen ve puanlandırarak bir derecelendirme sunan sertifikasyon sistemidir.

Gönüllü başvuru bir sistem olduğundan, kapsayıcılığı, kolay anlaşılabilir oluşu, USGBC tarafından kurulan geniş bilgi ağı sayesinde raporlanabilmenin kolaylığı ve dünya

çapındaki bilinirliğinin fazla oluşu bu sertika sisteminin tercih edilmesinin ana sebeplerindendir. Şu an dünya çapında en yaygın olan yeşil bina sistemi LEED' dir. Günümüz itibariyle 94.000 adet projede, 165 ülkede uygulanmış LEED binası bulunmaktadır (USGBC, 2019).

Kullanıldığı ülkelerin hükümetlerince vergi ve kredi teşvikleriyle desteklenen LEED önceleri sadece yeni binalara uygulanan bir sertifika sistemiydi fakat daha sonra kapsamını genişleterek,

- NC (New Construction and Major Renovations) Yeni binalar ve önemli restorasyonlar
- EBOM (Existing Buildings Operations and Maintenance) Mevcut binalarda yapılan operasyonlar ve bakım çalışmaları
- CI (Commercial Interiors) Ticari iç mekanlar
- ND (Neighborhood Development) Mahalle gelişim programları
- CS (Core and Shell) Bina kabuğu ve çekirdeği olan merkezler
- Hastahaneler, okullar, hoteller
- Evler

gibi başlıklar altında ayrıştırılarak uygulanan bina kullanım şartlarına göre özelleştirilmiştir. Bu özelleştirmeler neticesinde en son versiyon olan V4.2014 versiyonunda toplanan kredi puanları neticesinde 110 toplam puan üzerinden,

- 40-49 puan Sertifika
- 50-59 puan Gümüş
- 60-79 puan Altın
- 80 ve üzeri Platin

puan alan projeler bu sertifikasyon derecelerini elde ederler.

Bu kredilendirme sistemindeki puanlamanın ağırlıkları iklim değişikliği etkisine, iç çevre hava kalitesine, kaynak tüketimine, insan sağlığı üzerine etkisine, su kaynaklarını nasıl kullandığına, kanser etkisine, ekotoksik etkiye, doğa değişikliği, kanser olmayan sağlık etkisi, duman sis etkisine, ozon tabakası tüketimine ve asidifikasyon etkisine göre tespit edilmektedir. Ayrıca bazı projelerde de yerel şartlar göz önüne alınarak ekstra puanlarda verilmesi söz konusudur (Erdede ve Bektaş, 2014).

Leed sertifikalı binalarda ortalama tasarruf potansiyel değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler enerji tüketiminde %30-50, karbon emisyonunda %35, su tüketiminde %40, katı atık oluşturmada %70 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bu sürecin ekonomik faydaları da projeye kazandırmış olduğu rekabetçi maliyet yani teknolojik olarak yaratılan sinerjiyle birlikte düşük

maliyet ve yüksek getiri sağlar. Yaşam boyu bina ekonomik performansının optimizasyonu, bina değerinin yükselmesi, pazarlama avantajı gibi faydalarda sağlamaktadır (Erten, 2009).

Her sertifika sürecinde olduğu gibi LEED sürecinde de projelere uygulanabilmesi için minimum şartlar sağlanması gerekmektedir. Bu minimum şartlar;

- Yürürlükteki çevre kanunlarına uygun olmalıdır.
- Arazi sınırları belirlenmiş, kalıcı bir proje olmalıdır. Prefabrik yapılarda uygulanmaz.
- Binanın tümü ele alınmalıdır.
- Uygulama sahası proje sahibinin olmalıdır.
- Enerji ve su verilerinin 5 yıl raporlanabilir olması gerekmektedir.
- Brüt kapalı alan arsanın en az %2 si olmalıdır.
- Bina en az 1 kişiye hizmet vermelidir.
- Minimum alan kriteri olan; Yeni bina, alışveriş merkezleri ve okullar için 93 m² ticari iç mekanlar için ise 22 m² koşulu sağlanmalıdır.

Çizelge 3.4. LEED V4 kredilendirme tablosu.

	Yeni Bina	AVM	Okullar
(IP) Entegre planlama	1	1	1
(SS) Sürdürülebilir araziler	25	27	23
(WE) Su verimliliği	10	10	11
(EA) Enerji ve atmosfer	35	37	33
(MR) Malzeme ve kaynaklar	14	13	13
(IEQ) İç mekan çevre kalitesi	15	12	19
(ID) Tasarım yenilik	6	6	6
(RP) Bölgesel öncelik	4	4	4
Toplam puan	110	110	110

Çizelge 3.4' te belirlenen puanlama sistemi belli bazı bina standartları baz alınarak düzenlenmiştir. Baz alınan bu bina standartları bölge koşullarına göre değişmekle birlikte her sertifikasyon sisteminin baz aldığı bina standartları ayrı olabilmektedir. LEED sürecinin baz aldığı bina standartları ANSI, ISO, ASTM, ASHRAE standartlarıdır.

3.2.1. LEED Uzmanlığı

LEED sertifikasyon sürecinin yönetilmesi için USGBC tarafından düzenlenen uzmanlık sınavları mevcuttur. Bu sınav süreci sonucunda;

Green Associate yani LEED uzmanlık seviyesinin ilk aşamasıdır. Bu seviye herhangi uygulanan sınavda yeter puanı alan aday bir sonraki uzmanlık sınavına girmeye hak kazanmıştır. USGBC Green Associate olan bir kişi LEED projelerine süreç yöneticisi adayı olarak kuruluş tarafından tanınmaktadır. Sınav sonrası uzmanlık sınavına geçiş için 2 yıllık bir süre söz konusudur.

LEED AP, LEED uzmanı demektir. Bu seviye için USGBC tarafından uygulanan sınavda yeter puan olan 85 ve üzeri puanı alan kişiler LEED AP olabilmektedirler. Daha sonra uzmanlaşmak istedikleri konu başlıkları ile ilgili sınavlara girmeleri gerekmektedir. LEED AP uzmanlığı 2 yıl geçerlidir. Herhangi bir LEED projesinde çalışma zorunluluğu bulunmaktadır. Projede görev aldığı USGBC'ye ispat ettiğinde süre 2 yıl daha uzatılmaktadır.

LEED AP Fellow yani bir çok LEED projesinde çalışmış, LEED AP olarak uzmanlık alanları oluşmuş kişilere USGBC tarafında verilmektedir. En yüksek dereceli LEED uzmanlığıdır.

3.2.2. Kredi başlıkları puan tabloları

Çizelge 3.5'te kredi toplama başlıklarının birincisi olan entegre planlama süreci ön koşul ve uygulanması halinde ek puan alınabilecek unsurlar gösterilmiştir. Bu süreçte dizayn aşamasında bütüncül planlama ve tasarım ön koşuldur, bu sürecin proje sürecine entegrasyonu sağlandığında artı bir puan alınabilmektedir.

Çizelge 3.5. LEED kredi başlıkları tablosu entegre planlama süreci.

Entegre Planlama Süreci			
		İnşaat / Dizayn	Puan
Önkoşul	1 Bütüncül planlama ve tasarım	D	Önkoşul
Kredi	2 Entegre proje süreci	D	1

Çizelge 3.6'da kredi toplama başlıklarının ikincisi olan sürdürülebilir araziler bölümünün ön koşulları ve uygulanması halinde ek puan alınabilecek unsurlar gösterilmiştir. Bu süreçte inşaat aşamasında inşaat kirliliğinin önlenmesi ön koşuldur. Bir diğer ön koşulda dizayn aşamasındadır

ve arazinin ÇED raporunun sunulmasıdır. Çizelge 3.6’da verilen diğer unsurlar dizayn aşamasında uygulandığı takdirde ek puanlar kazanılabilmektedir.

Çizelge 3.6. LEED kredi başlıkları tablosu sürdürülebilir araziler.

Sürdürülebilir araziler (SS)			
		İnşaat / Dizayn	Puan
Önkoşul	1 İnşaat kirliliğinin önlenmesi	İ	Önkoşul
Önkoşul	2 Arazinin çevresel etki değerlendirmesi	D	Önkoşul
Kredi	1 Arazi değerlendirme	D	1
Kredi	2 Arazi geliştirme-Doğal yaşamı korumak ve yenilemek	D	1
Kredi	3 Açık alanlar	D	1
Kredi	4 Yağmur suyu yönetimi	D	2
Kredi	5 Isı adası etkisi azaltma	D	1
Kredi	6 Işık kirliliğinin azaltılması	D	1
Kredi	7 Dinlenme alanları	D	1
Kredi	8 Dış alanlara doğrudan erişim	D	1

Çizelge 3.7’de kredi toplama başlıklarının üçüncüsü olan su verimliliği bölümünün ön koşullar ve uygulanması halinde ek puan alınabilecek unsurları gösterilmiştir. Bu süreçte dizayn aşamasında bina içi ve dışı su kullanımlarının azaltılması ile birlikte eğer varsa su kulelerindeki suyun kullanımının azaltılması ön koşuldur. Puan alınabilecek diğer unsurlar Çizelge 3.7’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.7. LEED kredi başlıkları tablosu su verimliliği.

Su verimliliği (WE)			
		İnşaat / Dizayn	Puan
Önkoşul	1 Bina dışı su kullanımının azaltılması	D	Önkoşul
Önkoşul	2 Bina içi su kullanımının azaltılması	D	Önkoşul
Önkoşul	3 Soğutma kuleleri su kullanımı	D	Önkoşul
Kredi	1 Bina dışı su kullanımının azaltılması	D	1
Kredi	2 Bina içi su kullanımının azaltılması	D	7
Kredi	3 Soğutma kuleleri su kullanımı	D	2
Kredi	4 Su tüketimi ölçümü	D	1

Çizelge 3.8’de kredi toplama başlıklarının dördüncüsü olan enerji ve atmosfer bölümünün ön koşullar ve uygulanması halinde ek puan alınabilecek unsurları gösterilmiştir. Bu süreç LEED sürecinin en önemli kısımlarından bir tanesidir. Ön koşul olarak inşaat sürecinde temel devreye alma ve doğrulama başta olmak üzere dizayn aşamasında ise minimum enerji performansı, enerji ölçümleri ve soğutucu akışkan yönetimi bulunmaktadır. Alınabilecek diğer kredi puanları ise verilmiştir. Burada enerji seviyesinin optimizasyonu alınabilecek en yüksek kredi puanı olarak dikkat çekmektedir.

Çizelge 3.8. LEED kredi başlıkları tablosu enerji ve atmosfer.

Enerji ve atmosfer (EA)			
		İnşaat / Dizayn	Puan
Önkoşul	1 Temel devreye alma ve doğrulama	İ	Önkoşul
Önkoşul	2 Minimum enerji performansı	D	Önkoşul
Önkoşul	3 Bina seviyesi enerji ölçümü	D	Önkoşul
Önkoşul	4 Temel soğutucu akışkan yönetimi	D	Önkoşul
Kredi	1 Gelişmiş devreye alma	İ	6
Kredi	2 Optimum enerji performansı	D	18
Kredi	3 Gelişmiş enerji ölçümü	D	1
Kredi	4 Talebe cevap veren enerji sistemleri	İ	2
Kredi	5 Yenilenebilir enerji üretimi	D	3
Kredi	6 Gelişmiş soğutucu akışkan yönetimi	D	1
Kredi	7 Yeşil enerji ve karbon sertifikası	İ	2

Çizelge 3.9’da kredi toplama başlıklarının beşincisi olan malzeme ve kaynaklar bölümünün ön koşullar ve uygulanması halinde ek puan alınabilecek unsurları gösterilmiştir. Bir diğer önemli süreçlerden bir tanesinde bu süreçtir. Dizayn aşamasında geri dönüşüm atıklarının toplanması ve PBT kaynaklarının azaltılması, İnşaat aşamasında ise atıkların yönetimi ön koşul olarak karşımıza çıkmaktadır. Alınabilecek ek kredi puanları da Çizelge 3.9’da detaylandırılmıştır.

Çizelge 3.9. LEED kredi başlıkları tablosu malzeme ve kaynaklar.

Malzeme ve kaynaklar (MR)			
		İnşaat / Dizayn	Puan
Önkoşul	1 Geri dönüştürülebilir atıkların toplanması	D	Önkoşul
Önkoşul	2 İnşaat ve yıkım atık yönetimi planlama	İ	Önkoşul
Önkoşul	3 PBT kaynağı azaltma –cıva	D	Önkoşul
Kredi	1 Bina yaşam döngüsü etki azaltımı	İ	5
Kredi	2 Bina ürün beyanları ve optimizasyon-EPD	İ	2
Kredi	3 Bina ürün beyanları ve optimizasyon-Hammadelerin kaynağı	İ	2
Kredi	4 Bina ürün beyanları ve optimizasyon-Malzemelerin içeriği	İ	2
Kredi	5 PBT kaynağı azaltma-cıva	D	1
Kredi	6 PBT kaynağı azaltma-kurşun,kadmiyum ve bakır	İ	2
Kredi	7 Mobilya ve tıbbi mefruşat	İ	2
Kredi	8 Esneklik için tasarım	D	1
Kredi	9 İnşaat ve yıkım atık yönetimi	İ	2

Çizelge 3.10’da kredi toplama başlıklarının altıncısı olan iç mekan çevre kalitesi bölümünün ön koşullar ve uygulanması halinde ek puan alınabilecek unsurları gösterilmiştir. Bu süreçte iç ortam hava kalitesi ve sigara dumanı kontrolü ile ilgili yapılan çalışmalar dizayn aşamasında ön koşul olarak belirtilmiştir. İç mekan çevre kalitesi ile ilgili alınabilecek diğer kredi puanları Çizelge 3.10’da detaylandırılmıştır.

Çizelge 3.10. LEED kredi başlıkları tablosu iç mekan çevre kalitesi.

İç mekan çevre kalitesi (IEQ)			
		İnşaat / Dizayn	Puan
Önkoşul	1 Minimum iç ortam hava kalitesi	D	Önkoşul
Önkoşul	2 Sigara dumanı kontrolü	D	Önkoşul
Kredi	1 Gelişmiş iç ortam hava kalitesi stratejileri	D	2
Kredi	2 Düşük salımlı malzemeler	İ	3
Kredi	3 İnşaat iç ortam hava kalitesi yönetim planı	İ	1
Kredi	4 İç ortam hava kalitesi değerlendirilmesi	İ	2
Kredi	5 Termal konfor	D	1
Kredi	6 Bina içi aydınlatma	D	1
Kredi	7 Gün ışığı	D	2
Kredi	8 Kaliteli manzara	D	2
Kredi	9 Akustik performans	D	2

Çizelge 3.11’de kredi toplama başlıklarının yedincisi olan tasarımda yenilik bölümünün uygulanması halinde ek puan alınabilecek unsurları gösterilmiştir. Bu süreç sertifikalandırma

sürecine yeni versiyon ile dahil edilmiştir. Dizayn aşamasında yapılacak olan inovasyon çalışmaları ve akredite bir LEED uzmanın bulunması alınabilecek kredi unsurlarıdır.

Çizelge 3.11. LEED kredi başlıkları tablosu tasarımda yenilik.

Tasarımda yenilik (ID)			
		İnşaat / Dizayn	Puan
Kredi	1 Tasarımda yenilik	D	1-5
Kredi	2 Akredite uzman	D	1

Çizelge 3.12’de kredi toplama başlıklarının sekizincisi olan bölgesel öncelik bölümünde ise bir tasarımda yenilik bölümünde olduğu gibi uygulanması halinde ek puanlar alınması söz konusudur.

Çizelge 3.12. LEED kredi başlıkları tablosu bölgesel öncelik.

Bölgesel öncelik (RP)			
		İnşaat / Dizayn	Puan
Kredi	1 Bölgesel öncelik	D	1-5

4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sev ve Canbay (2009), yapmış oldukları çalışmalarda dünya genelinde uygulanan bütün yeşil bina sertifika sistemlerini incelemişlerdir. Bu sertifika sistemlerinden en yaygın olarak kabul edilen LEED, BREEAM, GREENSTAR ve CASBEE süreçlerini değerlendirme parametrelerine göre karşılatırmalı bir analiz yapmışlardır.

Tosunoğlu (2009), yapmış olduğu çalışmada ekolojik ayak izi kavramını detaylı bir şekilde anlatmıştır. Ayrıca küresel refahın sağlanması ekolojik ayak izi bileşenlerine karşı izlenmesi gereken politikalarında değerlendirmiştir.

Erten (2009), yapmış olduğu çalışmada LEED, BREEAM, CASBEE, GREENSTAR gibi sertifika sistemleri ve uygulama parametrelerini inceleyerek Türkiye için bir sistem önerisinde bulunulmuştur.

Belgin (2011), yapmış olduğu çalışmada yapı sektöründeki enerji problemine mimari bir bakış açısıyla yaklaşmaktadır. Enerji etkin bina tasarımı yenilenebilir kaynakların önemine değinen yazar, bu kavramın mimari disiplini ne şekilde değiştirdiğini Türkiyedeki örneklerinden bahsederek anlatmıştır.

Görgün (2012), yapmış olduğu çalışmada LEED ve BREEAM sistemleri ve dayandıkları standartlar incelenmiştir. Bu standartların Türkiye şartlarına ne şekilde uyum sağlayabileceği ile ilgili süreçleri değerlendirmiş olup yapılması gereken değişiklikler konusunda öneriler sunmuştur.

Gazioğlu (2012), yapmış olduğu çalışmada tasarım aşamasında bir projeyi ele alarak enerji etkin bina parametrelerinin projeye uygulanmasını sağlamış ve bu parametrelerin ısıtma harcamalarındaki iyileştirme miktarlarını tespit etmiştir. Bu yapmış olduğu proje doğrultusunda da İstanbul, Ankara ve Erzurum'da yapılması planlanan projelere de elde etmiş olduğu sonuçları aktarmıştır.

Özsoy (2014), yapmış olduğu çalışmada düşük karbon ekonomisi ile birlikte Türkiye'nin karbon ayak izinin bileşenlerini incelemiştir. Ayrıca Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelini ortaya koyarak enerji ithalatının önemini ve düşük karbon içeren teknoloji kullanımı üzerine öneriler sunmaktadır.

Erdede ve Bektaş (2014), yapmış olduğu çalışmada yeşil bina yatırımlarını ekonomik olarak değerlendirmiş ve tercih edilebilir noktalarının üzerinde durmuştur. Sertifikasyon sistemlerinin maliyet üzerine etkilerini detaylandırmış hem yatırımcı hemde tüketici bilinçlenmesini sağlamayı hedeflemiştir.

Lind ve Rosenberg (2014), yapmış oldukları çalışmada kuzey Avrupa ülkeleri olan Norveç ve İsveç özelinde yeşil bina ekonomisi ile beraber yenilenebilir enerji ekonomisinin durumunu araştırmışlardır. Bölgedeki 5 ülkenin aralarındaki elektrik enerjisi alışverişinin sağladığı avantaj ve dezavantajları da ortaya koyan çalışma alternatif bir bakış açısı önermektedir.

Gültekin ve Bulut (2015), yapmış oldukları çalışmada dünya üzerinde bulunan yeşil bina sertifikasyon süreçlerini ile Türkiye özelinde yapılmaya çalışılmış uygulamaları inceleyerek bir sertifikalandırma sistemi önerisi ortaya koymuştur.

Eren (2015), yapmış olduğu bu çalışmada Türkiye'nin yeşil ekonomisi ve karbon ayak izi konusundaki durumunu değerlendirmiştir. Ayrıca Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini ve fosil yakıtların ne şekilde yoğun kullanıldığını detaylandırmış ve düşük karbon politikalarının da önerilerde bulunmuştur.

Pavaloaia ve Georgescu (2015), yapmış oldukları çalışmada sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için birincil enerji olan elektrik üretimini azaltmayı hedefleyen yatırımlar üzerinde durmuşlardır. Bu yönde yeşil bina yatırımlarının önemi ile Bükreş borsasında yer alan enerji firmalarının yenilenebilir enerji yatırımlarının boyutları üzerinden ülkenin bu çalışmalara verdiği önemi anlatmışlardır.

Peyramale ve Wetzel (2017), yapmış oldukları çalışmada enerji verimliliği uygulamalarını mevcut binalarda ne şekilde değerlendirildiğini incelemişlerdir. Bu incelemelerde verimlilik üzerine yapılan bu çalışmaların maliyet fayda optimizasyonu da incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Ayrıca uygulanan enerji verimliliği proseslerinin geri dönüş sürelerinde hesaplanmıştır.

Çebi (2017), yapmış olduğu çalışmada binalarda enerji verimliliğini iyileştirme üzerine yeni teknolojilerin adaptasyonu ile ilgilenmiştir. Bu doğrultuda Almanya Wildau bölgesinde yapılan bir çalışmayı gözlemleyerek yapılan enerji verimliliği uygulamalarının sonuçlarını değerlendirmiştir.

Chel ve Kaushik (2017), yapmış oldukları çalışmada sürdürülebilir bina projelerinde yenilenebilir enerji uygulamalarının gelişimini 4 ayrı referans uygulamada inceleyerek karşılaştırmalı bir değerlendirme yapmışlardır

Soğuksu (2019), yapmış olduğu çalışmada yeşil bina üretim süreçlerini ele almıştır. Üretim paydaşlarının sürece yaklaşımlarını sosyal durum, yasal süreç, pazar yapısı ve üretim süreci olarak değerlendirmiştir. Daha çok görüşme ve projelerin incelenmesi olarak yapılan bu çalışmada yeşil bina uygulanmış ve uygulanmamış iki proje karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar

ve belirlenen kriterler ışığında yeşil bina yatırımlarının yatırımcılar tarafından neden tercih edilmediği yorumlanmıştır.

Hulshof vd. (2019), yapmış oldukları çalışmada Avrupada uygulanan yeşil bina sertifika sistemlerini inceleyerek yeşil teknoloji pazarındaki farklılıklarını incelemişlerdir. Ayrıca bu farklı sistemlerin ekonomik performanslarını da inceleyerek karşılaştırmasını yapmışlardır.

Uludağ (2019), yapılmış olan özel görüşmede 2018 yılı içerisinde Bursa panoromik müze projesinde uygulanan TSE belgelendirme süreci olan GYB sertifikasyonunun kredi parametreleri ile uygulama sürecinde karşılaşılan sıkıntılar hakkında görüşülmüştür.

Çakır (2019), yapılmış olan özel görüşmede LEED sertifikasyon sürecinin parametreleri detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Ayrıca bu sertifikasyon sürecinin içerisinde yer alan enerji modelleme uygulaması örneklendirilmiş değişkenler ile ilgili kapsamlı bir çalışma yapılmıştır.

Kılıç (2019), yapılmış olan özel görüşmede güney Marmara bölgesi özelinde yeşil bina sertifikasyon süreçlerinin proje yatırımcıları tarafından bakış açıları görüşülmüştür. Yatırımcıların enerji projelerinde ne şekilde yönlendirilmesi gerektiği konusunda değerlendirmeler yapılmış LEED BREEAM gibi süreçlerin ekonomik olarak bina sürdürülebilirliğine katkıları tartışılmıştır.

Çelik (2019), yapılmış olan özel görüşmede Türkiye’de uygulanması planlanan ÇEDBİK konut sertifikasyon sisteminin son durumu hakkında görüşülmüştür. Yasal süreçlerin ne şekilde işlediği ve pilot uygulamaların ne aşamada olduğu değerlendirilmiştir.

5. MATERYAL VE METOD

Çalışmada yeşil bina sürecinde uygulanan enerji verimliliği sistemlerinden bir kısmı BEBKA (Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı) bölgesi iklim koşullarında bulunan ve konsept olarak tasarlanan iki katlı bir tekil konut binası için uygulanmıştır. Bina enerji modelleme programı ile tasarımılandırılmış, bölge iklim şartları, binanın mimari yapısı, binanın ısıtma ve soğutma yükleri ve kullanım şartları gibi parametreler girilerek tasarlanan verimlilik paketleri değerlendirilmiştir.

5.1. Materyal

5.1.1. Uygulama bölgesi

Uygulama alanı olan BEBKA bölgesi olarak geçmektedir. Çizelge 5.1’de bölgenin nüfus şartları gösterilmiştir.

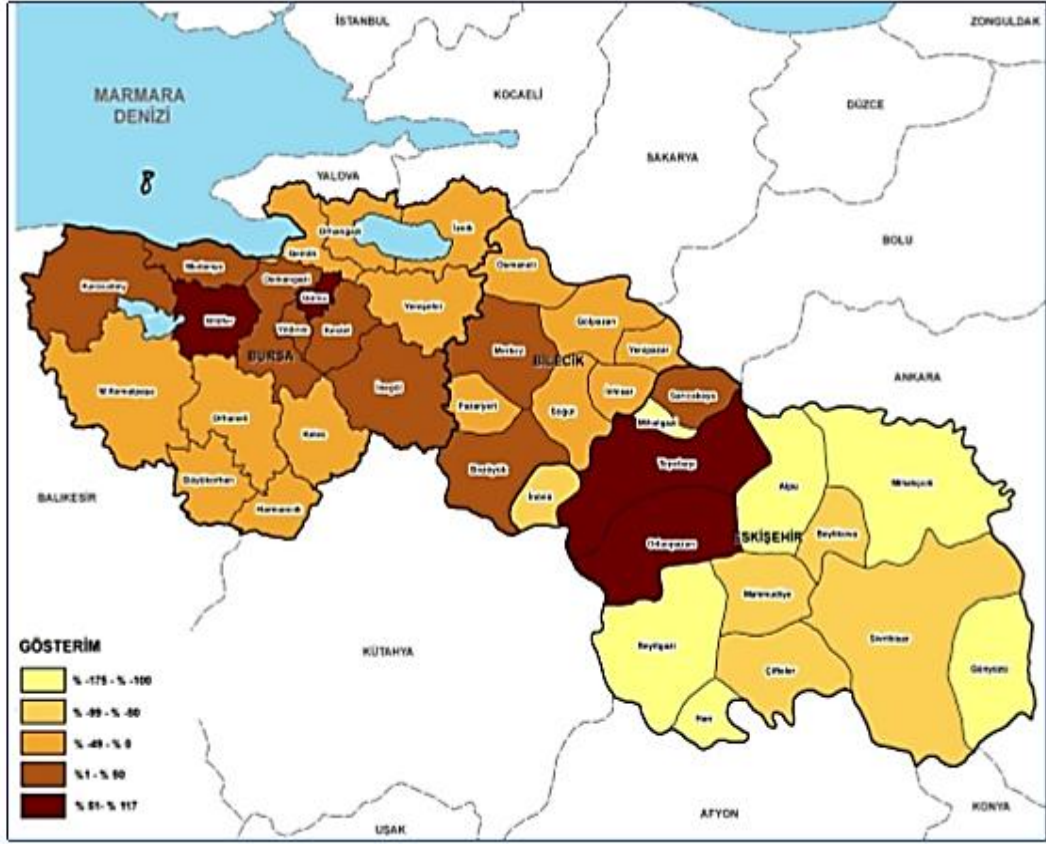
Çizelge 5.1. Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesi nüfusunun temel göstergeleri.

				Nüfus Yoğunluğu		Yıllık Nüfus Artışı	
	Belediye sayısı	İlçe sayısı	Köy sayısı	Kişi/km ²	Sıra	(%)	Sıra
Bursa	38	17	661	258	5	13,50	26
Eskişehir	28	14	371	57	43	10,80	32
Bilecik	15	8	243	47	60	1,30	60
Türkiye	2934	957	34.434			12,01	

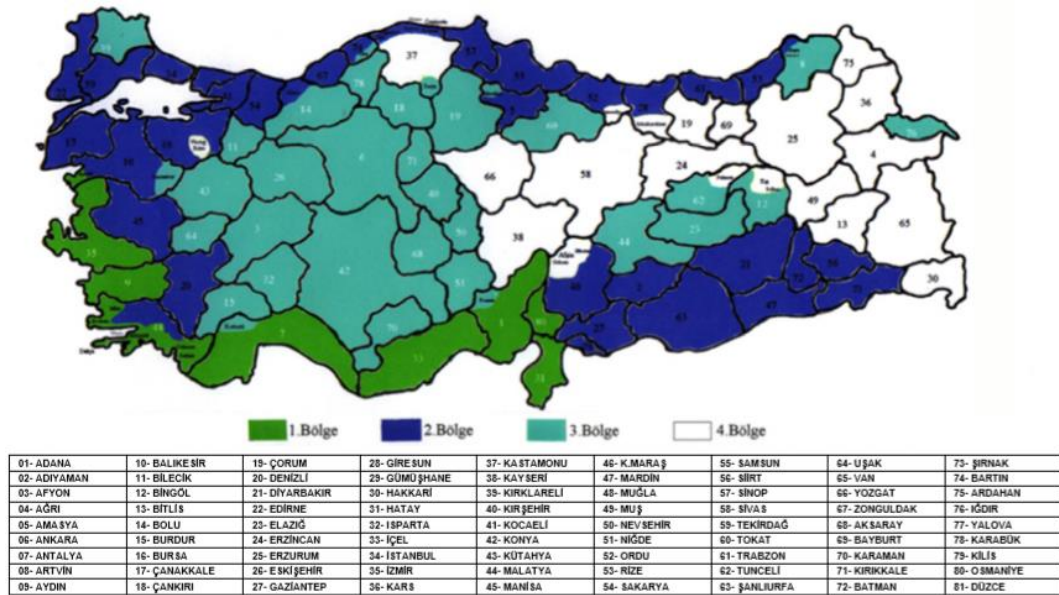
Bölgenin Türkiye üzerindeki konumu Şekil 5.1’de gösterilmiştir. İklim şartları olarak düşündüğümüzde bölge, Marmara ve İç Anadolu bölgesi iklim tipi özelliklerini taşımaktadır.

Ayrıca bölgenin dünya üzerindeki konumu;

- Bursa 40° doğu meridyeni, 28°kuzey paralelinde
- Bilecik 41° doğu meridyeni, 29°kuzey paralelinde
- Eskişehir 42° doğu meridyeni, 32°kuzey paralelinde yer almaktadır.



Şekil 5.1. Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesi haritası.



Şekil 5.2. Derece gün bölgelerine göre Türkiye'deki iller.

Isı kayıp ve kazanç hesaplamaları yapılırken Türkiye’deki illerin iklim koşulları 5 bölge olarak değerlendirilmektedir. Şekil 5.3’te gösterildiği gibi uygulama alanı olan Bursa bölgesi 2. Bölge, Bilecik ve Eskişehir bölgesi ise 3. bölgede yer almaktadır. Bu tablo “TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standartları Ek K’da belirtilmiştir.

Bina ısı kayıp ve kazançları hesap edilirken binanın bulunduğu bölgenin iklim koşulları yani sıcaklık, güneş ışınlamı miktarı, bağıl nem gibi faktörlerde çok önemlidir.

Çizelge 5.2’de uygulama bölgesi olan BEBKA bölgesinin aylara göre bağıl nem değerleri verilmiştir. Çizelge 5.3’te Bursa ilinin iklim koşulları, 1927’den 2018 yılına kadar aylara göre ortalama olarak, en yüksek sıcaklık, en düşük sıcaklık ve güneşlenme süresi verilmiştir. Çizelge 5.4’te Eskişehir ilinin iklim koşulları, 1927’den 2018 yılına kadar aylara göre ortalama olarak, en yüksek sıcaklık, en düşük sıcaklık ve güneşlenme süresi verilmiştir. Çizelge 5.5’te Bilecik ilinin iklim koşulları, 1927’den 2018 yılına kadar aylara göre ortalama olarak, en yüksek sıcaklık, en düşük sıcaklık ve güneşlenme süresi verilmiştir.

Çizelge 5.2. BEBKA illerinin aylık ortalama bağıl nem oranları (%).

İl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Bursa	71	70	69	68	64	60	58	61	65	71	73	73
Eskişehir	79	75	69	66	64	61	57	58	61	68	74	80
Bilecik	78	75	71	68	67	65	65	66	66	72	75	78

Çizelge 5.3. Bursa ili iklim koşulları.

BURSA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	5,3	6,2	8,3	12,9	17,7	22,1	24,5	24,3	20,1	15,4	10,9	7,3	14,6
Ortalama EnYüksek Sıcaklık (°C)	9,5	10,8	13,8	18,9	23,8	28,3	30,8	31,0	27,1	21,9	16,5	11,5	20,3
Ortalama EnDüşük Sıcaklık (°C)	1,7	2,2	3,6	7,2	11,4	14,9	17,2	17,2	13,6	10,1	6,4	3,5	9,1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,9	3,4	4,2	5,8	7,8	9,9	10,8	10,1	7,9	5,6	4,1	2,9	75,4

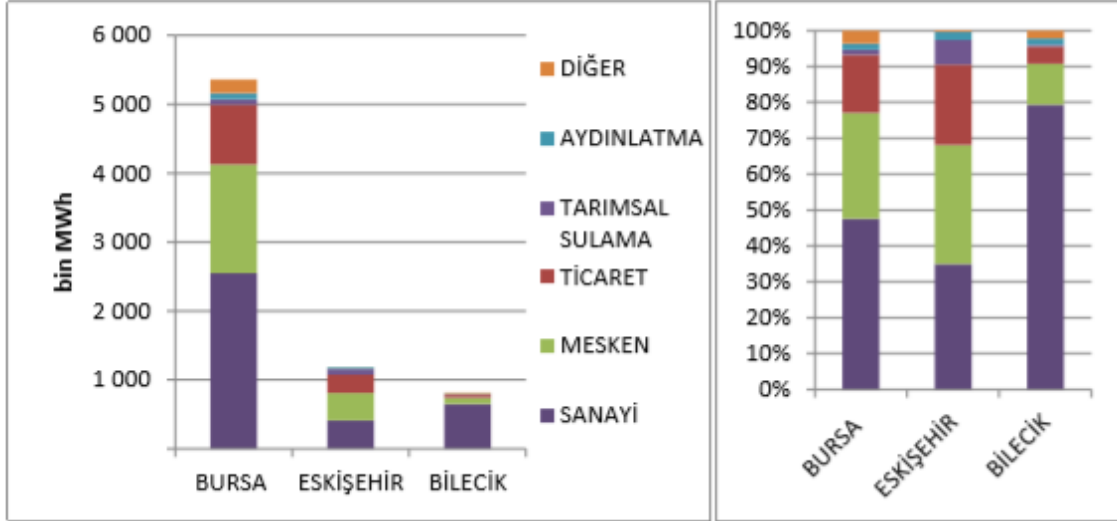
Çizelge 5.4. Eskişehir ili iklim koşulları.

ESKİŞEHİR	Oca k	Şuba t	Mar t	Nisa n	Mayı s	Hazira n	Temmu z	Ağusto s	Eylü l	Eki m	Kası m	Aralı k	Yıllı k
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0,2	1,4	5,0	10,2	15,0	18,8	21,5	21,4	17,2	11,9	6,4	2,0	10,9
Ortalama EnYüksek Sıcaklık (°C)	3,8	6,2	11,3	17,2	22,0	25,9	29,0	29,3	25,4	19,4	12,7	6,1	17,4
Ortalama EnDüşük Sıcaklık (°C)	-3,4	-2,4	0,0	4,2	8,5	11,8	14,2	14,1	10,2	5,8	1,9	-1,2	5,3
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,6	3,8	5,3	6,4	8,5	10,2	11,2	10,7	8,7	6,2	4,3	2,3	80,2

Çizelge 5.5. Bilecik ili iklim koşulları.

BİLECİK	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	2,5	3,7	6,5	11,6	16,2	19,9	22,1	22,0	18,4	13,8	9,1	4,6	12,5
Ortalama EnYüksek Sıcaklık (°C)	5,9	7,8	11,4	17,1	21,9	25,8	28,3	28,5	24,8	19,3	13,5	7,9	17,7
Ortalama EnDüşük Sıcaklık (°C)	-0,4	0,4	2,4	6,7	10,9	14,2	16,2	16,4	13,1	9,5	5,6	1,8	8,1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,2	3,9	4,8	6,3	8,0	9,7	10,5	10,0	8,3	5,7	4,2	3,0	77,6

Şekil 5.3'te bölgenin hangi sektörlerde ne kadar enerji tüketimi yaptıkları bir grafik halinde belirtilmiştir. Bu grafiklere göre Bursa şehri diğer iki şehre göre özellikle sanayi bazlı enerji tüketiminde çok ileride olduğu görülmektedir. Toplam enerji tüketim miktarlarında bina sektörü bazlı tüketim değerleri Bursa ilinde %31, Eskişehir ilinde %34, Bilecik ilinde %12 dir.

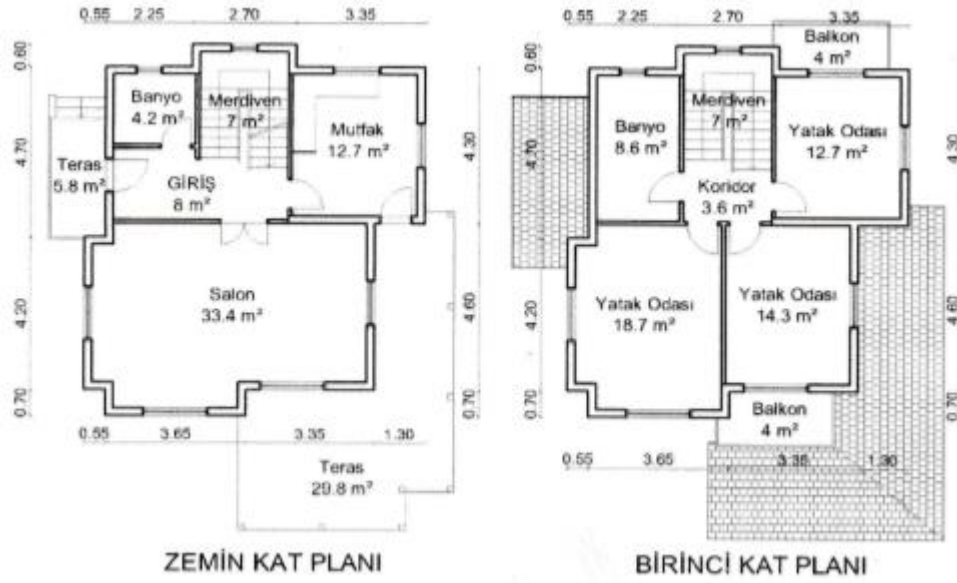


Şekil 5.3. Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesi sektörlere göre enerji tüketimi.

5.1.2. Referans bina

Konsept olarak tasarlanan ve enerji verimliliği paketleri uygulanan bina, özellikleri bakımından Avrupa Birliği Komisyonunun yayımlanmış olduğu yönetmeliklerde göz önüne alınarak oluşturulan, bir tekil konut binasıdır. Binanın tüm fiziksel ve termofiziksel özellikleri, kullanım şekilleri, mekanik sistemleri enerji performansları hesaplanarak komisyon tarafından belirlenen bina stoğunda bulunan temsili yapıyı da temsil etmektedir.

Şekil 5.4'te tasarlanan binanın mimari projesi verilmektedir. Bu mimariye göre binanın alan hacim oranı, kat sayısı, cephe alanı, cephe saydamlık oranı, brüt taban alanı gibi parametreler açıkça belirtilmektedir. Bu değerler doğrultusunda ısı geçirgenlik katsayıları, bina ısı kayıp ve kazançları hesap edilecek ve bu hesaplanan değerler baz alınarak uygulanan verimlilik paketlerinin global maliyet açısından değerlendirilmesi yapılacaktır.



Şekil 5.4. Konsept baz binanın mimari projesi.

Binanın fiziksel bilgileri

Bina eni (a) = 9,6 m

Bina boyu (b) = 8,8 m

Bina yüksekliği (h) = 6,2 m

Kat sayısı = 2

Yönlendişi = S (Güney) (kabul)

Cephe alanı = 228,6 m²

Pencere alanı = 30,4 m²

Brüt taban alanı = 157 m²

Strüktür tipi / malzemesi = İskelet / Betonarme

Bina mekanik sistemlerinin özellikleri

Bina mekanik sistemleri ve teknolojileri Avrupa Birliği Komisyonun hazırlamış olduğu yönetmelik doğrultusunda tekil yaşam konut binasını temsil edebilecek minimum şartlar göz önüne alınarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda;

Isıtma sistemi = Doğalgaz yakıtlı kombi + radyatör

Sıcak su sistemi = Doğalgaz yakıtlı kombi

Soğutma sistemi = Elektrik yakıtlı Multi-split klima (bireysel)

Havalandırma sistemi = Doğal

Uygulanan enerji modelleme sistemi

Konsept binada yapılan enerji verimliliği uygulamalarının global maliyet hesaplamaları için Energy Plus enerji modelleme programı kullanılmıştır. Bu program DOE-2 ve BLAST gibi modelleme uygulamalarını temel almış bir programdır. Program kapsamında basit bina simülasyon uygulamaları ile alternatif enerji sistemleri sonucunda ortaya çıkan tüketimler ve bağlı maliyetler hesap edilmektedir. Kavramsal olarak tasarımın ilk aşamalarını benimsemiş olan program kendisinden daha sonra ortaya çıkan Design Builder ve Sketch Up gibi modelleme programlarının da alt yapısıyla uyumlu olarak çalışmaktadır.

Bu modelleme programı sonucunda ortaya çıkan enerji kimlik formlarında bina geometrisi, pencereler, bina alanı, bina genel tanımı, yapı teknolojisi ve sistemlerin genel özellikleri verilerinin sonucu olarak birincil enerji tüketimi, karbon salımı, yapım maliyeti, global maliyetler gibi çıktılar elde edilmektedir.

Türkiyede yapı enerji modellemeleri yapılırken genel olarak baz alınan standartlar TS825 ve ASHRAE 90.1 ve 90.2 standartlarıdır. “TS825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” TSE’nin 1980’li yıllardan beri oluşturulan yönetmelik ve direktiflerin toplanarak ülkesel bazda karbon salımı ve enerji verimliliği hedeflerinin şekillendirildiği ve kullanıcılara sunulduğu detaylı bir altyapısı olan bir çalışmadır. Çalışma 2008 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu çalışma hazırlanırken milli ihtiyaç ve imkanlar göz önüne alınarak uluslararası standartlar ve ekonomik ilişkilerin olduğu ülkelerinde standartları incelenerek, oluşturulan bu standartlar ile bağdaştırıldığı bir çalışmadır.

Bu standartın genel olarak amacı ülkesel bazda binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, enerji tasarrufunu arttırmayı ve enerji ihtiyacı hesaplamalarında kullanılacak hesap metodunda standartlaşmayı sağlamaktır.

Uygulama alanları ise; konutlar, yönetim binaları, iş ve hizmet binaları, otel, motel, lokantalar, ğretim binaları, tiyatro ve konser salonları, kışlalar, ceza ve tutuk evleri, müze ve galeriler, hava limanları, hastaneler, yüzme havuzları, imalathane ve atölyeler vb.

Tasarlanan yapıların enerji modellemesi sırasında iklimsel girdiler, mimari girdiler, elektriksel girdiler ve mekanik girdiler kullanıcı tarafından tanımlanmakta olup TS825 ve ASHRAE gibi standartlar göz önünde bulundularak hesaplama yapılmaktadır. Özel uygulamalarda kullanıcı bu standartların dışında da kabuller yaparak sonuçları bina özellikleri ve özel proseslere göre uyarlayabilmektedir. Çizelge 5.6'da modelleme programlarının hesap altyapısını oluşturan standartlar verilmiştir.

Çizelge 5.6. Enerji modelleme programının altyapısını oluşturan standartlar.

Standart No	Standart adı
ASHRAE Standart 55-2010	Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
ASHRAE Standart 90.1-2010	Energy Standart for Buildings Except Low Residential Buildings
ASHRAE Standart 90.2-2007	Energy Efficenct Design of Low Rise Residential Buildings
BS EN 12931-2003	Heating Systems in Buildings Method for Calculation of The Design Heat Load
BS EN 15217 – 2007	Energy Performance of Buildings – Methods for Expressing Energy Performance and for Energy Certification of Buildings
DIN 18899 – 2007	Energy Efficiency of Buildings - Calculation of The Net, Final and Primary Energy Demand for Heating, Cooling, Ventilation, Domestic Hot Water and Lighting
TS 825 – 2008	Binalarda Isı Yalıtım Kuralları
TS EN 832 – 2007	Binaların Isıl Performansı – Meskenlerde Isıtma Amacıyla Kullanılan Enerjinin Hesaplanması

5.2. Metod

Belirtilen bölge ve iklim saşırları baz alınarak yapılan konsept bina uygulamamızda birincil enerji tüketim hesaplama yöntemi basit saatlik dinamik yöntemdir. Modelleme programının da alt yapısını oluşturan bu yöntemde binanın ısıtılması ve soğutulması için gereken

net enerji ihtiyacı ve bu ihtiyacın karşılanacağı alternatif sistemlerin tüketimi saatlik olarak hesap edilmektedir. Bu hesaplamalar sonucunda binanın yıllık olarak ısıtma, soğutma, aydınlatma, sıcak su ve havalandırma tüketim miktarları birincil enerji olarak kabul edilmektedir. Ayrıca uygulanan yenilenebilir enerji sistemleri de bu hesaba katılmaktadır.

Basit saatlik dinamik hesap yönteminde ;

- Hesapla yapılan alternatif uygulamalar yani maliyet optimum bina ve yaklaşık sıfır enerjili bina için yer ve iklim verileri aynı olmalıdır.
- Bina geometrisi, çatı tipi kat sayıları ve toplam alan aynı olmalıdır.
- Bina kabuğunda yer alan opak ve saydam bileşenler TS 825 zorunlu standartına uygun olmalıdır.
- Her bir alternatif uygulama paketinde mekanik sistemler yasal mevzuatların izin verdiği minimum değerlerinde ve tanımlanan özelliklere sahip olmalıdır.
- Aydınlatma için de tanımlanan yasal parametrelere sahip olmalıdır.

Mekanik sistemler hesap modelimizde baz modelde merkezi tip konvansiyonel ve alternatif uygulamalarda yoğuşmalı kombi tip olarak belirlenmiştir. Bu sistemler kabul edilirken yönetmelik ve standartların izin verdiği minimum verim değerlerine göre seçilmişlerdir. Karşılaştırılan tüm uygulamalarda havalandırma doğal tip olarak belirlenmiştir. Soğutma sistemleri de baz bina için split alternatifler için ise multi-split olarak belirlenmiştir.

Konsept binanın ilk yatırım maliyetini hesaplandıktan sonra bina enerji verimliliğini etkileyecek, bina yalıtımı, pencere sistemleri, aydınlatma sistemleri ve mekanik sistemleri uygulamalara göre modelleme programına girilmiştir. Bina mimari, mekanik ve elektrik sistemleri üzerinde uygulanacak yüzlerce verimlilik paket uygulamalarından AB enerji direktifinin de öngördüğü paket sistemler incelenmiştir.

Konsept binada maliyet optimum enerji verimli seviyeyi belirleyebilmek için opak malzemelerde yalıtım kalınlığı, saydam malzemelerde camın U değeri, ısı ve ışık geçirme yüzdeleri ile doğramanın sızdırmazlık özellikleri, farklı yoğunluklarda aydınlatma tasarımları, doğal aydınlatma stratejileri, yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanması ve fark yaratabilecek mekanik sistemler için bina enerji performans simülasyonları yapılmıştır.

5.2.1. Bina ısı kayıp ve kazançları hesap yöntemi

Bina ısı kayıpları hesap metodunda ilk olarak konsept binamızın yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik direnci eşitlik 5.1 ile hesap edilmiştir. Bu eşitlikte “dn” değerleri tek tek yapı elemanlarının kalınlıklarını, “λn” değerleri de tek tek yapı elemanlarının ısı iletim katsayılarıdır.

$$R = \frac{d_1}{\lambda h_1} + \frac{d_2}{\lambda h_2} \dots \dots \dots + \frac{d_n}{\lambda h_n} \quad (5.1)$$

Daha sonra yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı olan “U” değeri eşitlik 5.2 ile hesap edilmiştir. Birimi W/m².K’dir. Bu eşitlikte “R” değeri yapı bileşeninin ısı iletim direnci, “Ri” iç yüzeyin ısı taşınım direnci, “Rd” dış yüzeyin ısı taşınım direncidir.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_d} \quad (5.2)$$

$$R_i = \frac{1}{a_i} \quad (5.3)$$

$$R_d = \frac{1}{a_d} \quad (5.4)$$

Yapılan enerji modelleme çalışmasında çatı arası veya asmolen gibi yapı bileşenlerinden kaynaklı ısı kayıpları ihmal edilmiştir. Eğer bu kısımlardan kaynaklı ısı kayıpları hesaplanacak olursa ısıl direnç ve iletim katsayıları bileşenin boyu oranında değerlendirilerek hesaba katılmaktadır. (TS 825, 2008)

Yapı bileşeninden kaynaklı ısı kaybı q(W/m²) ise eşitlik 5.5’de verilmiştir. Bu eşitlikte “θ” değerleri iç ve dış ortam sıcaklıklarını belirtmektedir.

$$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (5.5)$$

Binalarda eğer ısı yalıtımı yeterli seviyede sağlanmış ise iç ortam sıcaklığını belli bir seviyede tutmak için gerekli ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklar ve güneş enerjisinden sağlanmaktadır. Kalan ısı miktarı ise ısıtma sisteminden ortama verilmesi gerekmektedir. Uygulamada hesap edilen bina tekil bir konut binası olduğundan yani TS825 şartlarına göre oda sıcaklıklarının farkı 4°K’den fazla olmadığından tek hacimli bir ısıtma alanı olarak kabul edilmiştir. Bu kabule göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabı eşitlik 5.6 ve 5.7’ye göre hesap edilmektedir.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (5.6)$$

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}(\phi_i, a_y + \phi_s, a_y)]. t \quad (5.7)$$

Bu eşitliklerde “Q” değerleri binanın aylık ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını joule olarak vermektedir. “H” parametresi binanın özgül ısı kaybını (W/K), “η” parametresi kazançlar için aylık kullanım faktörünü, “ $\theta_{i,ay}$ ” aylık ortama iç kazançları (W), “ $\theta_{s,ay}$ ” aylık ortalama güneş enerjisi kazançlarını (W), “t” parametresinde zamanı(s) belirtmektedir.

Bu hesaplamalarda aylık ortalama iç ve dış sıcaklıklar TS825 Ek B’den tespit edilmektedir.

Binanın yıllık ve aylık ısıtma enerjisi ihtiyacını hesap edebilmek için ana hesap formülü eşitlik 5.6 ve 5.7’dir. Formülde yer alan binanın özgül ısı kaybı (H), aylık iletim ve havalandırma ile ısı kaybı , ortalama iç kazançlar, güneş enerjisi kazançları, ısı kazancı yararlanma faktörü gibi değerler hesap edilmelidir.

Binanın özgül ısı kaybı, iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen kayıpların toplamıyla eşitlik 5.8’deki gibi gerçekleşmektedir.

$$H = H_t + H_v \quad (5.8)$$

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybıda eşitlik 5.9’daki gibi hesaplanmaktadır. Bina yapı elemanlarından kaynaklı ısı geçişleri yani ısı köprüleri bu aşamada hesaplara eklenmektedir. “I” değeri ısı köprüsünün uzunluğunu (m), “U_I” ise ısı köprüsünün doğrusal geçirgenliğini(W/mK) temsil etmektedir.

$$H_t = \sum AU + IU_I \quad (5.9)$$

$$\sum AU = UDAD + U_pA_p + U_kA_k + 0,8UTAT + 0,5UtAt + UdAd + 0,5UdsAds \quad (5.10)$$

Eşitlik 5.10’da yer alan “U” parametreleri sırasıyla dış duvarın, pencerenin, dış kapının, tavanın, tabanın, dış hava ile temas eden tabanın, düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayılarını temsil etmektedir. “A” parametreleri ise bu yapı bileşenlerinin alanlarını temsil etmektedir.

Bina özgül ısı kaybı hesap edilirken taşınım ile olan ısı kaybının yanında havalandırma yoluyla da ısı kaybı oluşmaktadır. Bu değer, özgül ısı kaybı hesaplanan bina tekil konut binası olarak tasarlandığından dolayı doğal havalandırma olarak belirlenmiştir.

Doğal havalandırma ile olan ısı kaybıda eşitlik 5.11’de belirtilmiştir. “nh” hava değişim oranını, “Vh” ise havalandırma hacmini (m³) göstermektedir.

$$H_v = 0,33.nh.Vh \quad (5.11)$$

Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesap edilirken ısıtma yüküne pozitif olarak etki eden bir takım faktörler bulunmaktadır. Bu faktörlerin başında iç kazançlar gelmektedir. Bu iç kazançlar; insanlardan kaynaklı metabolik ısı kazançları, sıcak su sisteminden kaynaklı kazançlar, yemek pişirme, aydınlatma ve bir takım elektrikli cihazların kullanımından kaynaklı olan ısı kazançlarını kapsamaktadır. Bu değer eşitlik 5.7’de “ $\theta_{i,ay}$ ” olarak gösterilmiştir.

Konutlarda (normal donanımlı yapılarda)..... $\theta_{i,ay} \leq 5.A_n$ (W)

$$A_n = 0,32. V_{brüt} \quad (5.12)$$

Bu eşitlikte $V_{brüt}$ binanın ısıtılan brüt hacmi olarak belirtilmektedir.

Bir diğer ısıtma yüküne pozitif etki eden unsur ise güneş enerjisi kazançlarıdır. Bu kazanç pencerelerden güneş ışınımının direk sağladığı ısı kazancını ifade etmektedir. Bu değer eşitlik 5.7’de “ $\theta_{s,ay}$ ” olarak geçmektedir ve eşitlik 5.13 ile hesap edilmektedir.

$$\theta_{s,ay} = \sum ri,ay . gi,ay . li,ay . Ai \quad (5.13)$$

Bu eşitlikte “ ri,ay ” saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü olarak geçmektedir ve TS825’e göre uygulama binasında bu değer 0,8 olarak kabul edilmiştir. Eşitlik 5.13’te “ gi,ay ” olarak belirtilen güneş enerjisi geçirme faktörü eşitlik 5.14’teki gibi hesap edilmektedir. Bu eşitlikte F_w camlar için düzeltme faktörüdür ve 0,8 alınmaktadır. “ g ” ile gösterilende laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.

$$gi,ay = F_w.g \quad (5.14)$$

Bina ısıtma hesabında pozitif olarak hesaba katılan iç kazançlar ve güneş enerjisi kaynaklı kazançlar her zaman faydalı bir enerji olarak hesaba katılması uygun olmamaktadır. Bunun sebebi ısı kazançlarının yüksek olduğu periyotlarda bu kazançlar hesaba katılmayacak kadar küçük olabilir veya bu kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda oluşabilir. Bu nedenle bu değerlerin hesaba ortalama olarak katılabilmesi için kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğü ile binanın ısı kütlesine bağlı bir düzeltme faktörü(η) ile çarpılması gerekmektedir. Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü olarak geçen bu değer eşitlik 5.15 ve 5.16’da belirtilmiştir.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{\left(-\frac{1}{KKO_{ay}}\right)} \quad (5.15)$$

Bu eşitlikte “ KKO_{ay} ” kazanç kayıp oranı olup;

$$KKO_{ay} = (\theta_{i,ay} + \theta_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) \quad (5.16)$$

Bu değer 2,5 ve üzeri olduğunda o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilmektedir.

Bu hesaplamalara göre oluşturulacak raporlar ve formlarda SI birim sistemi kullanılmaktadır. Bu sisteme göre sıcaklık K veya °C, enerji Joule, güç Watt olarak belirtilmiştir. Toplam ısıl geçirgenlik değeri olan U ise W/m²K olarak gösterilmiştir. Birimlerin birbiri içindeki dönüşümleride Çizelge 5.6’da belirtilmiştir.

Çizelge 5.7. Birim dönüşüm tablosu.

1 kCal	4,187	kJ
1 kCal	$1,163 \times 10^{-3}$	kWh
1 kWh	860	kcal
1 kCal/m ² h°C	1,163	W/m ² K
1 m ² h°C/kCal	0,86	m ² K/W
1kJ	$0,278 \times 10^{-3}$	kWh

Konsept olarak tasarlanan ve bina stoğunuda temsil eden tekil konut binasının enerji modellemesi hesaplamaları yapılırken kullanılan formül ve kabuller belirtilmiştir. Bu hesaplamalara göre oluşturulan enerji kimlik formları ve uygulanan alternatif enerji verimliliği paketleri belirtilen bu formüller ve kabuller esas alınarak yorumlanmıştır.

5.2.2. Maliyet hesap yöntemi

Çalışmada uygulanan enerji verimliliği paketleri mali açıdan net bugünkü değer / global maliyet hesap yöntemine göre hesap edilmiş, sonucunda global maliyet değerlerine göre “Maliyet Optimum Enerji Verimliliği Noktası” ve “Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Noktası” belirlenmeye çalışılmıştır. Bu noktaları kısaca tanımlamak istersek;

Maliyet optimum enerji verimliliği, binalar için belirlenen ekonomik yaşam döneminde en düşük global maliyeti veren enerji verimliliği seviyesi olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımda yer alan global maliyet kavramını ise ilk yatırım, bakım onarım ve enerji maliyetlerinin toplamı olarak eşitlik 5.17’deki gibi ifade edilmektedir.

$$GC = IC + MC + EC \quad (5.17)$$

Bu eşitlikte “GC” global maliyeti, “IC” ilk yatırım maliyetini, “MC” bakım onarım maliyetlerini, “EC” binanın yaşam süreci boyunca olan enerji maliyetlerini ifade etmektedir.

Yaklaşık sıfır enerjili bina ise olabilecek seviyenin en yüksek verim noktasında yer alan bina olarak tanımlanmakta, enerji ihtiyacını yenilenebilir kaynaklar ile sıfır noktasına kadar indirebiliyor olması beklenmektedir.

Konsept tekil konut binası oluşturulurken ve enerji modelleme çalışmaları yapılırken yani kısaca uygulanan verimlilik çalışmalarının global maliyet değerleri hesap edilirken binanın ilk yatırım maliyeti 2018 yılı Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri Şartnamesinin 3.2. maddesi gereğince Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri, yapının mimarlık hizmetlerine esas olan sınıfı dikkate alınarak KDV hariç bedel olarak belirlenmiştir.

Buna göre konsept yapının ilk yatırım maliyeti;

III. Sınıf Yapılar, A Grubu Yapılar, Konutlar (üç kata kadar- üç kat dâhil- asansörsüz - 2/11/1985 tarihli ve 18916 mükerrer sayılı Resmî Gazete belirtilmiştir.) olarak kabul edilmiş ve KDV hariç olarak hesap metodunda dikkate alınmıştır.



6. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

Binalar yaşam süreçleri boyunca kullanıcılarının konfor şartlarını sağlayabilmek için ısıtma, soğutma, aydınlatma gibi ihtiyaçları karşılamak için enerji tüketirler. Türkiyede binalarda tüketilen enerji miktarı sektörel bazda düşündüğümüzde 2018 yılı verilerine göre % 39 ile ilk sırada yer almaktadır. Buna bağlı olarak da ülke sera gazı salım miktarımızın 1/3'ünden fazlası binalarda tüketilmektedir.

Bina sektörünün enerji tüketiminin ve dolayısıyla sera gazı salımlarının bu kadar yüksek olması , binalardaki enerji verimliliği uygulamalarını zorunlu hale getirmiştir. Fakat yapılacak olan uygulamalarda maliyet fayda optimizasyonu günümüz ekonomik koşullarında zorunlu hale gelmiştir.

Ayrıca ülke enerji performans hedefleri kapsamında yayımlanan “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği” bu hesaplama yöntemlerini zorunlu hale getirmiştir. Bu yönetmelik doğrultusunda enerji modelleme uygulamalarının kullanımı ve binalar için enerji kimlik belgesi oluşturulması mecburiyeti getirilmiştir. Bu gelişmelerde gösteriyorki gerek ülke enerji hedefleri gerekse ekonomik hedefler doğrultusunda maliyet optimum enerji verimliliği çalışmaları ve yaklaşık sıfır enerjili bina süreçleri önümüzdeki yıllarda bir gereklilik haline gelecektir.

Yapılan çalışmada ilk adım olarak referans bina özellikleri tanımlanmış, bu referans binanın özellikle bina stoğunu da temsil etmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda enerji kimlik formu oluşturulmuştur. Oluşturulan bu enerji kimlik formu Çizelge 6.2’de belirtilmiştir. Enerji kimlik formu için yapılan bu hesaplamalar sonucunda yapının birincil enerji tüketimi, karbon salım miktarı ve global maliyeti hesap edilmiştir. Daha sonra uygulanan enerji verimlilik çalışmalarında bu değerlerin uygulamalara göre ne şekilde değiştiği ve maliyet optimum enerji verimliliği paketinin enerji kimlik formu ile yaklaşık sıfır enerjili verimlilik paketinin enerji kimlik formu belirtilmiştir.

Referans baz bina için yapılan hesaplamalar;

BEBKA bölgesinde yani 3. derece gün bölgesinde tasarlanan bina, tekil bir konut binası ve 2 katlı bir yaşam yeri olarak planlanmıştır. Bina eni; 9,6 m, Bina boyu; 8,8 m, Bina yükekliliği; 5,5 m ‘dir. Bina yönlenişi güney olarak kabul edilmiştir.

$$\text{Bina pencere alanı } (A_p) = 30,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Betonarme alan } (A_{bet}) = 13,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Dış duvar alanı } (A_D) = 157,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Tavan alanı } (A_T) = 87,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Döşeme alanı } (A_t) = 87,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Dış kapı alanı } (A_k) = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{Toplam alan } (A_{\text{top}}) = 377,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Brüt hacim } (V_{\text{brüt}}) = 465 \text{ m}^3$$

$$\text{Yüzey alanı / Hacim} = \mathbf{0,82}$$

Bina kullanım alanı (A_n), bina kat yükseklikleri 2,60 m sınır değeri üzerinde olmadığından dolayı eşitlik 6.1 kullanılabilir. (6.1)

$$A_n = 0,32 \cdot V_{\text{brüt}}$$

$$A_n = 149 \text{ m}^2$$

Daha sonraki aşama olarak “U” hesaplanmaktadır. Bu değerleri hesap edebilmek adına TS825 tabloları baz alınarak belli kabuller yapılmıştır.

Duvarlarda dış taraftan yalıtım uygulanmış olup kalınlığı 5 cm, $\lambda=0,035\text{W/mK}$

Pencerelerde çok katlı cam olarak kabul edilmiştir.

Tavanda yalıtım uygulanmış olup kalınlığı 12 cm, $\lambda=0,040\text{W/mK}$

Döşemede yalıtım uygulanmış olup kalınlığı 6 cm, $\lambda=0,030\text{W/mK}$

Yapı elemanlarında yoğuşma ve herhangi bir ısı köprüsü olmayacağıda kabul edilmiştir.

Kat arası direncide (R) 0,8 m²K/W olacak şekilde yalıtılmış olduğu kabul edilmiştir.

Bu kabullere göre yapılan hesaplamalar sonucu ortaya çıkan “U” değerleri;

$$\text{Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı } (U_D) = 0,470 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{Pencerelerin ısı geçirgenlik katsayısı } (U_p) = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı } (U_T) = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{Tabanın ısı geçirgenlik katsayısı } (U_t) = 0,435 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{Dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı } (U_k) = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Binadan iletim ve taşınım yoluyla olan ısı kaybı hesabı için eşitlik 5.9 kullanılmış olup bu hesap sonucunda ortaya çıkan kayıp değeri;

$$H_t = 199,3 \text{ W/K olarak hesap edilmiştir.}$$

Bina yalıtımı yapılırken herhangi bir ısı köprüsü olmadığı kabul edilmiştir.

Binadan havalandırma yoluyla olan ısı kaybı hesabı için eşitlik 5.11 kullanılmış olup bu hesap sonucunda ortaya çıkan kayıp değeri;

$$H_v = 98,2 \text{ W/K}$$

Bu değerler sonrasında binanın özgül ısı kaybı;

$$H = 297,5 \text{ W/K'dir.}$$

Bina ısı kayıplarının yanında bina kullanımından dolayı ve güneş ışınımlarından dolayı oluşan ısı kazançları söz konusudur. Bina kullanımından dolayı oluşan iç kazançlar yapı konut olarak tasarlandığından dolayı eşitlik 5.12 kullanılarak bu değer hesap edilmektedir.

$$\text{İç kazançlar} = 745 \text{ W}$$

Güneş ışınımı kaynaklı kazançları ise ;

Ek1'den gölgelenme faktörü seçilmiştir. ($r_{i,ay} = 0,8$)

Ek2'den güneş enerjisi geçirme faktörü seçilmiştir. ($g_{i,ay} = 0,60$)

Eşitlik 5.13'te yer alan A_i değerleri için her yöne bakan pencere alan değerler hesap edilmiştir. Mimari projeye göre bu değerler;

$$A_g = 10,4 \text{ m}^2 \quad A_k = 6 \text{ m}^2 \quad A_b = 6 \text{ m}^2 \quad A_d = 8 \text{ m}^2 \text{ dir.}$$

Aynı eşitlikte bulunan $I_{i,ay}$ değerleri için Ek3'den ocak ayı için güneş ışınım şiddetleri alınmıştır. Bu değerler doğrultusunda $\emptyset_{s,ocak}$ eşitlik 5.13'deki gibi hesap edilmektedir.

$$\emptyset_{s,ocak} = 723,1 \text{ W}$$

Kazanç kullanım faktörü hesaplanması için Ek4'den θ_i , Ek5'ten $\theta_{e,ocak}$ alınmıştır. Bu değerler doğrultusunda;

$$KKO_{ocak} = 0,38$$

Kazanç kullanım faktörü (η_{ocak}) eşitlik 5.15'teki gibi hesap edilmektedir.

$\eta_{\text{ocak}} = 0,98$ olarak hesap edilmiştir.

Bu değerler kullanılarak ocak ayı için hesaplanan ısı kazançları eşitlik 5.16'daki gibi hesaplanır ve 1438 W olarak bulunmuştur.

Bulunan tüm değerlere eşitlik 5.7'de yerine konulduğunda ocak ayı için olan ısıtma ihtiyacı;

$Q_{\text{ocak ayı}} = 11.155.320$ kJ olarak hesap edilmiştir.

Yıllık olarak ısıtma yükünün olduğu tüm aylardaki ısıtma ihtiyaçları aynı yollar izlenerek hesap edilmiş

$Q_{\text{yıl}} = 72.855$ kJ olarak hesap edilmiştir.

$Q_{\text{yıl}} = 20.253$ kWh

Bina kullanım alanı başına düşen yıllık ısıtma ihtiyacı ise;

$Q = Q_{\text{yıl}} / A_n = 14.137 / 149 = \mathbf{135,9 \text{ kWh /m}^2}$ dir.

Isıtma yükü hesabının dışında konsept tekil binanın birincil enerji tüketim değerinin içinde soğutma, aydınlatma ve HVAC sistemleri için gerekli olan enerji tüketim miktarlarında yer almaktadır. Enerji modelleme programının verilen değerler neticesinde çıkarmış olduğu enerji tüketim değerleri Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Referans baz binanın toplam birincil enerji tüketim miktarları.

Birincil Isıtma Enerjisi (kWh/m ² yıl)	Birincil Soğutma Enerjisi (kWh/m ² yıl)	Birincil Aydınlatma Enerjisi (kWh/m ² yıl)	Birincil HVAC Enerjisi (kWh/m ² yıl)	Toplam (kWh/m ² yıl)
135,9	14,7	25,8	38,3	214,7

Çizelge 6.2'de Referans tekil konut binasının verilen bina özellikleri doğrultusunda hesap edilen tüketim değerleri ile birlikte CO₂ salım miktarı ve kabul edilen ilk yatırım maliyeti ile enerji giderleri doğrultusunda ortaya çıkan global maliyetinin yer aldığı enerji kimlik formu verilmiştir.

Çizelge 6.2. Konsept baz binanın kimlik formu.

Tekil Aile Konutu – Referans bina		Açıklamalar		
Bina Geometrisi	Yüzey alanı/Hacim	0,82	Bina kabuğu alanının bina hacmine oranı	
	Yönlenişi	S	Yaşama mekanı yönü	
	Kat sayısı	2	TUIK	
	Cephe alanı(m ²)	228,6		
Pencereler	Cephe saydamlık oranı (%)	13,3	Örnek binalar	
Binanın Alanı (m²)	Brüt taban alanı(m ²)	157		
Binanın Genel Tanımı	Strüktür tipi / malzemesi	İskelet betonarme	TUIK	
	Dış duvar gövde malzemesi	Tuğla	TUIK	
	Hava sızdırmazlık düzeyi	0,5	BEEP-TR	
	Kullanım profili	Standart		
Yapı Teknolojisi ve Sistemlerin Genel Özellikleri	Bina sistemleri	Isıtma	Kombi	Örnek binalar
		I Ekipman	Radyatör	Örnek binalar
		I Yakıt	Doğalgaz	Örnek binalar
		Sıcak su	Kombi	Örnek binalar
		Sıcak su-yakıt	Doğalgaz	Örnek binalar
		Soğutma	Bireysel sistem	Uzman görüşü
		S Ekipman	Multi-split klima	Uzman görüşü
		S Yakıt	Elektrik	Uzman görüşü
	Havalandırma	Doğal		
	Opak bileşenlerin ısı geçirgenlik katsayıları	U _{duvar} (W/m ² K)	0,47	TS825
		U _{çatı} (W/m ² K)	0,30	TS825
		U _{döşeme} (W/m ² K)	0,43	TS825
	Saydam Bileşen özellikleri	Pencere alanı (m ²)	30,4	
		U _{saydam} (W/m ² K)	2,3	TS825
g _{saydam}		0,30	BEEP-TR	
Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl) (Isıtma, soğutma, sıhhi sıcak su ve aydınlatma tüketimi toplamı)		Toplam alan için 214,7	Koşullanan alan için 214,7	
Karbon Salımı (kg CO₂/m².yıl)		52,12	52,12	
Yapım Maliyeti (TL/m²)		800,0		
Global Maliyet (TL/m²)		1098,98 (445,1+653,8)		

Yapılan enerji modelleme çalışmasında baz alınacak olan referans bina ile ilgili değerler belirlendikten sonra enerji verimliliği değerlendirmeleri için 28 farklı alternatif bir araya getirilerek birincil enerji tüketim değerleri ile birlikte CO₂ salım miktarları ve global maliyet değerleri net bugünkü değerler yöntemine göre günümüz koşullarındaki enerji maliyetleride göz önüne alınarak hesap edilmiştir. Oluşturulan bu enerji verimliliği paketlerinin içeriği Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.3'te oluşturulan tabloya göre her bir enerji verimliliği opsiyonu için 2 alternatif oluşturulmuştur. Bu alternatifler;

Opak bileşenlerin yalıtım seviyesi için;

1.seviye; Dış duvar için 12cm XPS, çatı için 15cm taş yünü, döşeme için 14cm XPS

2.seviye; Dış duvar için 17cm XPS, çatı için 20cm taş yünü, döşeme için 18cm XPS

Saydam bileşen tipleri için;

1.seviye; $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, 0,44 SHGC, 0,71 T_{vis}

2.seviye; $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, 0,48 SHGC, 0,69 T_{vis}

Sızdırmazlık için; BEP tablo 8 'e göre Baz 0,5 ach, alternatif 0,3 ach olarak alınmıştır.

Aydınlatma sistemi için; Baz sistem kompakt florasanlı, alternatif ise LED sistem aydınlatma tipidir.

Isıtma sistemi için; Baz sistem konvansiyonel kombili, alternatif sistem ise yoğuşmalı kombili sistemdir.

Isıtma ekipmanı olarak; Baz sistem radyatörlü ısıtma, alternatif ise yerden ısıtmadır.

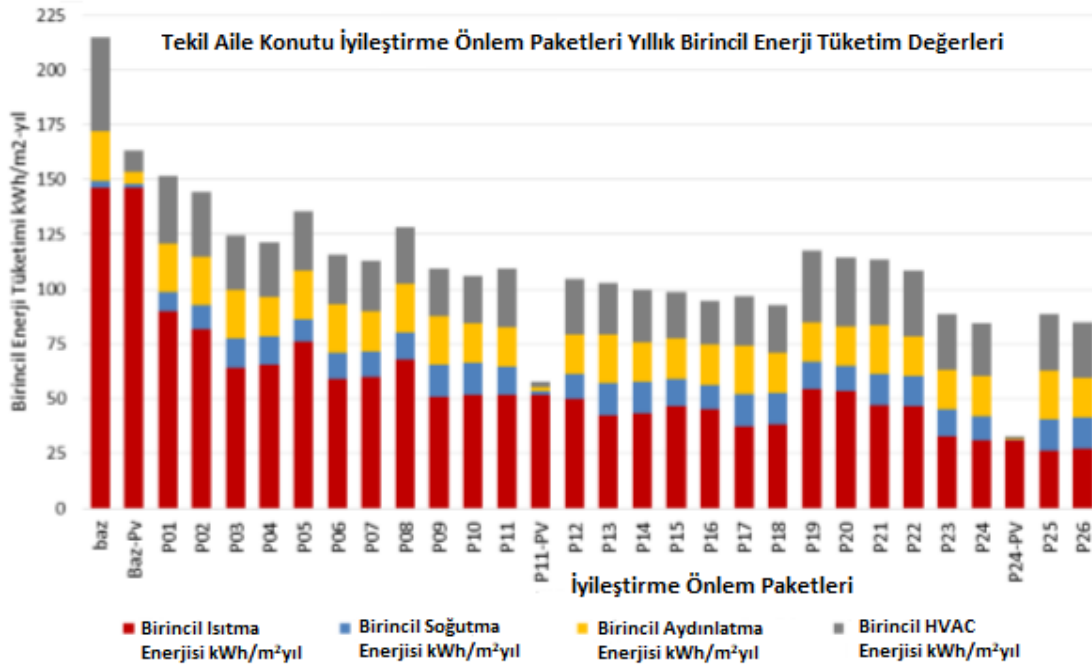
Ayrıca güneş kollektörü ve PV sistemlerinin olması durumlarıda göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 6.3. Uygulanan enerji verimlilik paketleri.

	Opak Bileşen	Saydam Bileşen	Sızdırmazlık	Aydınlatma Sistemi	Isıtma Sistemi	Isıtma Ekipmanı	Güneş Kolektörü	PV
Referans Bina özellikleri (BAZ)	TS825 baz alınmıştır.	U=2,3W/m ² K SHGC =0,32 T _{vis} =0,56	0,5 (Baz)	Kompakt Florasan(Baz)	Kombi (Baz)	Radyatör (Baz)	Yok	Yok
BAZ +PV	Baz	Baz	Baz	Baz	Baz	Baz	Yok	6 Adet
P01	Yalıtım1.seviye (Dışduvar:12cmXPS) (Çatı:15cm taşıyünü) (Döşeme:14cmXPS)	Cam1.Seviyeye U=1,3W/m ² K 0,44 SHGC 0,71 T _{vis}	Baz	Baz	Baz	Baz	Yok	Yok
P02	Yalıtım1.seviye	Cam2.Seviyeye U=0,9W/m ² K 0,48 SHGC 0,69 T _{vis}	Baz	Baz	Baz	Baz	Yok	Yok
P03	Yalıtım1.seviye	Cam2.seviye	0,3	Baz	Baz	Baz	Yok	Yok
P04	Yalıtım1.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Baz	Baz	Yok	Yok
P05	Yalıtım2.seviye (Dışduvar:17cmXPS) (Çatı:20cm taşıyünü) (Döşeme:18cmXPS)	Cam1.seviye	Baz	Baz	Baz	Baz	Yok	Yok
P06	Yalıtım2.seviye	Cam1.seviye	0,3	Baz	Baz	Baz	Yok	Yok
P07	Yalıtım2.seviye	Cam1.seviye	0,3	LED	Baz	Baz	Yok	Yok
P08	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	Baz	Baz	Baz	Baz	Yok	Yok
P09	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	Baz	Baz	Baz	Yok	Yok
P10	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Baz	Baz	Yok	Yok
P11	Yalıtım1.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Baz	Yok	Yok
P11-PV	Yalıtım1.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Baz	Yok	Var
P12	Yalıtım2.seviye	Cam1.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Baz	Yok	Yok
P13	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	Baz	Yoğuşmalı Kombi	Baz	Yok	Yok
P14	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Baz	Yok	Yok
P15	Yalıtım1.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Baz	Var	Yok
P16	Yalıtım2.seviye	Cam1.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Baz	Var	Yok
P17	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	Baz	Yoğuşmalı Kombi	Baz	Var	Yok
P18	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Baz	Var	Yok
P19	Yalıtım1.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Baz	Yerden ısıtma	Yok	Yok
P20	Yalıtım2.seviye	Cam1.seviye	0,3	LED	Baz	Yerden ısıtma	Yok	Yok
P21	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	Baz	Baz	Yerden ısıtma	Yok	Yok
P22	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Baz	Yerden ısıtma	Yok	Yok
P23	Yalıtım1.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Yerden ısıtma	Var	Yok
P24	Yalıtım2.seviye	Cam1.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Yerden ısıtma	Var	Yok
P24-PV	Yalıtım2.seviye	Cam1.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Yerden ısıtma	Var	Var
P25	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	Baz	Yoğuşmalı Kombi	Yerden ısıtma	Var	Yok
P26	Yalıtım2.seviye	Cam2.seviye	0,3	LED	Yoğuşmalı Kombi	Yerden ısıtma	Var	Yok

Belirtilen her bir iyileştirme yöntemi için birincil enerji tüketimi seviyeleri belirlenmiş, bu seviyelere göre maliyet optimum enerji verimliliği ve yaklaşık sıfır enerji tüketim seviyesi modelleme programındaki analizler doğrultusunda Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

Bu analizler doğrultusunda birincil enerji seviyesi yönünden en avantajlı durumun P24 iyileştirme paketi olduğu fakat global maliyetler göz önünde bulundurulup bir optimizasyon yapıldığında daha da avantajlı durumun P11 iyileştirme paketi olduğu tespit edilmiştir. P11 iyileştirme paketinin içeriğinde; dış duvar, çatı ve döşeme yalıtım kalınlıkları artırılmış, pencere camlarının güneş geçirgenlik katsayıları düşük olan camlar ile değiştirilmesi sağlanmış, sızdırmazlık iyileştirilmiş, aydınlatma sistemi baz modele göre alternatif olarak sunulan LED sistemiyle değiştirilmiş ve mekanik sistemlerde de yoğuşmalı kombi tercihi yapılmıştır.

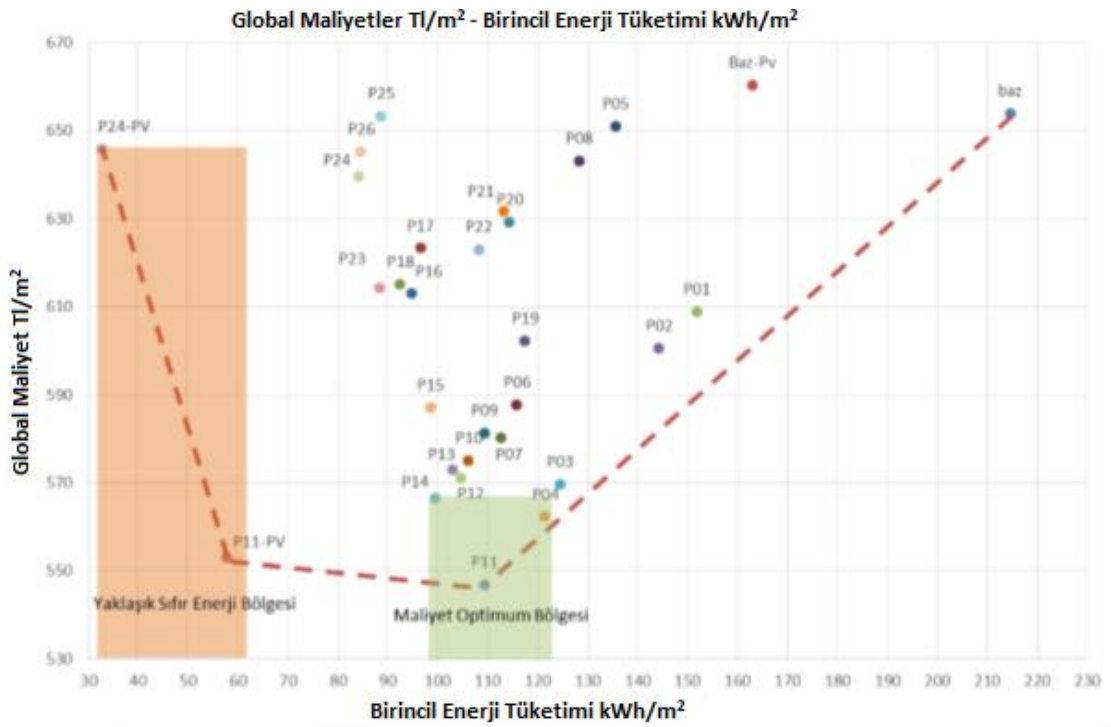


Şekil 6.1. Tekil konut iyileştirme önlemleri yıllık birincil enerji tüketimleri.

Şekil 6.1’de yer alan birincil yıllık nihai enerji tüketimleri incelendiğinde P11 verimlilik paketinin, P09’dan başlayarak P18’e kadar olan verimlilik paketlerinden daha yüksek bir seviyede olduğu görülmektedir. Fakat Çizelge 6.3 incelendiğinde bunun sebebinin P18’e kadar olan paketlerde 2.yalıtım seviyesi uygulandığı görülmüştür. Buda, P09 ile P18 arasında kalan verimlilik paketlerinin global maliyetinin P11’in global maliyetinden çok yüksek olduğuda Şekil 6.2’de açıkça görülmektedir. Çalışmada hedef, maliyet optimum enerji verimliliği noktasına

ulaşmak olduğundan dolayı P11 enerji verimlilik paketi bu noktaya en uygun çözüm olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada ayrıca Şekil 6.1’de görüldüğü gibi, P11-PV ve P24-PV paketlerinin de verimlilik seviyesinin diğer enerji tüketim seviyelerine göre çok düşük olduğu tespit edilmektedir. Bunun da sebebi uygulanan PV sistemlerinin yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasından kaynaklıdır. Enerji tüketim seviyeleri özellikle P24-PV’de minimum seviyelere ulaşmış hatta binanın kendi enerji tüketimlerinde düşüldükten sonra P24-PV verimlilik paketi yaklaşık sıfır enerji noktası olarak Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Tekil aile konutu global maliyetler ve yıllık birincil enerji tüketim değerleri.

Enerji modelleme işlemleri sonrasında ortaya çıkan maliyet optimum enerji verimliliği çalışması P11 ve yaklaşık sıfır enerji tüketim noktası olan P24-PV için enerji kimlik formları Çizelge 6.4. ve Çizelge 6.5’te gösterilmiştir.

6.1. P11 Paketi (Maliyet Optimum Enerji Verimliliği Paketi)

Opak bileşen için yalıtım seviyesi;

1.seviye; Dış duvar için 12cm XPS, çatı için 15cm taş yünü, döşeme için 14cm XPS

Saydam bileşen tipi için;

2.seviye; $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, 0,48 SHGC, 0,69 T_{vis}

Sızdırmazlık seviyesi 0,3 ach, aydınlatma tipi LED sistem, Mekanik sistemlerde ise ısıtma sistemi yoğuşmalı kombi, ısıtma tipide radyatörlü ısıtma tipidir. Herhangi bir güneş kollektörü ve PV sistem uygulamasında bulunmamaktadır.

Çizelge 6.4'te baz alınan konsept binamızda uygulanan P11 enerji verimliliği paketi yani maliyet optimum çözüm uygulamaları sonunda ortaya çıkan CO₂ salım miktarları ve hesap edilen birincil enerji tüketim değerleri doğrultusunda ortaya çıkan global maliyet verilmiştir.

6.2. P24-PV Paketi (Yaklaşık Sıfır Enerji Tüketim Seviyesi Paketi)

Opak bileşen için yalıtım seviyesi;

2.seviye; Dış duvar için 17cm XPS, çatı için 20cm taş yünü, döşeme için 18cm XPS

Saydam bileşen tipi için;

1.seviye; $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, 0,44 SHGC, 0,71 T_{vis}

Sızdırmazlık seviyesi 0,3 ach, aydınlatma tipi LED sistem, Mekanik sistemlerde ise ısıtma sistemi yoğuşmalı kombi, ısıtma tipide yerden ısıtma tipidir. Sıcak su için herhangi güneş kollektörü bulunmamaktadır ve bina birincil enerji tüketim miktarını karşılayacak şekilde PV sistemi mevcuttur.

Çizelge 6.5'te baz alınan konsept binamızda uygulanan P124-PV enerji verimliliği paketi yani yaklaşık sıfır enerji seviyesi uygulamaları sonunda ortaya çıkan CO₂ salım miktarları ve hesap edilen birincil enerji tüketim değerleri doğrultusunda ortaya çıkan global maliyet verilmiştir.

Çizelge 6.4. Konsept baz binada maliyet optimum verimlilik değerlerini sağlayan enerji verimlilik paketi (P11) kimlik formu.

Tekil Aile Konutu – Referans bina		Açıklamalar		
Bina Geometrisi	Yüzey alanı/Hacim	0,82	Bina kabuğu alanının bina hacmibe oranı	
	Yönlenişi	S	Yaşama mekanı yönü	
	Kat sayısı	2	TUIK	
	Cephe alanı(m ²)	228,6		
Pencereler	Cephe saydımlık oranı (%)	13,3	Örnek binalar	
Binanın Alanı (m²)	Brüt taban alanı(m ²)	157		
Binanın Genel Tanımı	Strüktür tipi / malzemesi	İskelet betonarme	TUIK	
	Dış duvar gövde malzemesi	Tuğla	TUIK	
	Hava sızdırmazlık düzeyi	0,5		
	Kullanım profili	Standart		
Yapı Teknolojisi ve Sistemlerin Genel Özellikleri	Bina sistemleri	Isıtma	Yoğuşmalı kombi	
		I Ekipman	Radyatör	
		I Yakıt	Doğalgaz	
		Sıcak su	Yoğuşmalı kombi	
		Sıcak su-yakıt	Doğalgaz	
		Soğutma	Bireysel sistem	
		S Ekipman	Multi-split klima	
		S Yakıt	Elektrik	
	Havalandırma	Doğal		
	Opak bileşenlerin ısı geçirgenlik katsayıları	U _{duvar} (W/m ² K)	0,24	
		U _{çatı} (W/m ² K)	0,22	
		U _{döşeme} (W/m ² K)	0,21	
	Saydam Bileşen özellikleri	Pencere alanı (m ²)	30,4	
		U _{saydam} (W/m ² K)	0,9	
g _{saydam}		0,48		
Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl) (Isıtma, soğutma, sıhhi sıcak su ve aydınlatma tüketimi toplamı)		Toplam alan için 109,4	Koşullanan alan için 109,4	
Karbon Salımı (kg CO₂/m².yıl)		27,18	27,18	
Yapım Maliyeti (TL/m²)		859,3		
Global Maliyet (TL/m²)		991,84 (445,1+546,6)		

Çizelge 6.5. Konsept baz binada yaklaşık sıfır enerji sağlayan verimlilik paketi (P24-PV) kimlik formu.

Tekil Aile Konutu – Referans bina		Açıklamalar		
Bina Geometrisi	Yüzey alanı/Hacim	0,82	Bina kabuğu alanının bina hacmibe oranı	
	Yönlenişi	S	Yaşama mekanı yönü	
	Kat sayısı	2	TUIK	
	Cephe alanı(m ²)	228,6		
Pencereler	Cephe saydamlık oranı (%)	13,3	Örnek binalar	
Binanın Alanı (m²)	Brüt taban alanı(m ²)	157		
Binanın Genel Tanımı	Strüktür tipi / malzemesi	İskelet betonarme	TUIK	
	Dış duvar gövde malzemesi	Tuğla	TUIK	
	Hava sızdırmazlık düzeyi	0,5		
	Kullanım profili	Standart		
Yapı Teknolojisi ve Sistemlerin Genel Özellikleri	Bina sistemleri	Isıtma	Yoğuşmalı kombi	
		I Ekipman	Yerden ısıtma	
		I Yakıt	Doğalgaz	
		Sıcak su	Yoğuşmalı kombi	
		Sıcak su-yakıt	Doğalgaz	
		Soğutma	Bireysel sistem	
		S Ekipman	Multi-split klima	
		S Yakıt	Elektrik	
	Havalandırma	Doğal		
	Opak bileşenlerin ısı geçirgenlik katsayıları	U_{duvar} (W/m ² K)	0,165	
		$U_{çatı}$ (W/m ² K)	0,17	
		$U_{döşeme}$ (W/m ² K)	0,17	
	Saydam Bileşen özellikleri	Pencere alanı (m ²)	30,4	
		U_{saydam} (W/m ² K)	1,3	
g_{saydam}		0,44		
Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl) (Isıtma, soğutma, sıhhi sıcak su ve aydınlatma tüketimi toplamı)		Toplam alan için 32,75	Koşullanan alan için 32,75	
Karbon Salımı (kg CO2/m².yıl)		7,71	7,71	
Yapım Maliyeti (TL/m²)		1115,43		
Global Maliyet (TL/m²)		1090,95 (445,1+645,7)		

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın ilk bölümünde dünya üzerinde yapılan enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar anlatılarak Türkiye'nin enerji politikalarının ne durumda olduğu anlatılmıştır. Dünya üzerinde enerji verimliliği ve sera gazlarının kontrol edilmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalara geçte olsa dahil olan Türkiye özellikle 2030 ve 2050 yılı çevre hedeflerini yakalama konusundaki hedeflerini 2015 yılındaki Paris antlaşmasında ortaya koymuştur.

Türkiye, Avrupa birliği çevre direktifine dahil olarak, çalışmalarını Enerji bakanlığı ve Çevre şehircilik bakanlığı önderliğinde yürütmektedir. Enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar sadece ilgili büyük yatırımcılara verilen teşvikler ile sınırlı kalmamalı, bina sektöründeki enerji tüketim miktarlarının yoğunluğundan dolayı bireysel kullanıcının da avantaj sağlayabileceği bir yöne kaydırılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasından dolayı ilk yatırım aşamasında bireysel kullanıcıya da belli kredi destekleri ve teşvikler sunulmalıdır.

Yeşil bina teknolojilerine daha fazla önem verilmeli, ülkesel koşullar dikkate alınarak yerli bir sertifikasyon süreci oluşumu daha fazla desteklenmelidir. Bu konu STK veya özel kuruluşlara bırakılmamalı, ülke enerji politikalarının en önemli unsurlarından biri olarak değerlendirilmelidir. Gerekirse ilk aşamada dünya çapındaki en yaygın yeşil bina süreci olan LEED sertifikasyon modeli örnek alınarak yerel sürecin destekleme politikaları geliştirilmelidir.

Çalışmanın ikinci bölümünde yeşil bina tasarım süreci bölümlerinden olan enerji verimliliği uygulamaları, yenilenebilir enerji kullanımı gibi unsurların yer aldığı bir enerji modelleme çalışmasıdır. Bu çalışma doğrultusunda konsept olarak tasarlanan binaya uygulanan enerji verimliliği paketleri modellenmiş ve çıktıları değerlendirilmiştir. Bu çıktıların sonucunda hem enerji hemde maliyet yönünden iki sonuç ön plana çıkmıştır. Bu sonuçların birincil enerji tüketimi, CO₂ salımı ve global maliyet açısından özeti Çizelge 7.1'de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Sonuçların birincil enerji tüketimi, CO₂ salımı ve global maliyet açısından özeti.

	Birincil Enerji Tüketim (kWh/m²yıl)	CO₂ Salım Miktarı (kg CO₂/m²,yıl)	Global Maliyet (TL/m²)
Baz Bina	214,7	52,12	1098,98
P11	109,4	27,18	991,84
P24-PV	32,73	7,71	1090,95

Binalarda yapılması planlanan enerji verimliliği uygulamalarını hayata geçirmeden önce ilk yatırım maliyetleri ile birlikte, geri ödeme süreleri ve global maliyetlerinde hesap edilmesi gerekmektedir. Şekil 6.2’de görüldüğü gibi yenilenebilir enerji kaynağının tek başına kullanımı binayı hem istenilen verimlilik düzeyine taşıyamamakta hemde diğer verimlilik yöntemlerinden çok pahalı olduğu için maliyetleri çok yukarılara çıkarmaktadır.

Avrupa Birliğinin 2018 yılında yayınlamış olduğu direktifi doğrultusunda yapılacak olan tüm yeni binaların yaklaşık sıfır enerjili binalar olmasına büyük önem verilmektedir. Türkiyede ise bu hedeflere uyabilmek, hayata geçirebilmek ve yatırımcıya destek olabilmek adına maliyet optimum çözüm ve yaklaşık sıfır enerjili çözüm arasındaki global maliyet farkı finansal destekler, yeni yasal düzenlemeler ve teşvikler ile kapatılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın bir diğer sonucuda yeşil bina, enerji etkin bina gibi uygulamaların hayata geçirilmesi için en önemli unsurlardan biri olan enerji verimliliği uygulamalarının tüketim seviyesi, maliyetleri ve CO₂ salım miktarları ile ilgili bir fikir sunmaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Arısoy, A., Öner, F. ve Uluçay, U. (2010), Binalarda Sürdürülebilir Enerji Kullanımı ve Ekonomik Optimizasyon. TTMD 8. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu İstanbul.

Bulgurcu, H., (2016), *Klima Tesisatı*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları, 1.Baskı, 661-791.

Chel, A. ve Kaushik, G., (2017). Renewable Energy Technologies for Sustainable Development of Energy Efficient Building. *Alexandria Engineering Journal*, 57(2), 655-669.

Çakır, Z. (2019, 14 Eylül). Zeynep Çakır ile Energy Plus Enerji Modellemesi ve Leed Sertifikasyon Süreci Üzerine Söyleşi, Ecobuild Danışmanlık Ofisi, Ankara.

Çebi, D. (2017). Binalarda Enerji Verimliliğinin İyileştirilmesi Wildau Germany Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Kocaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 30-55.

Dikmen, Ç. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14(2), 121-134.

Erdede, B. ve Bektaş, S. (2014), Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi, 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu İstanbul.

Erten, D. (2009). Türkiye için Yeşil Bina Sertifikası ve Çözüm Önerileri. *Yapı Dergisi Yapıda Ekoloji Eki*, 50-55.

EÜAŞ, (2018). Elektrik Üretim Sektör Raporu 2017.

Gazioğlu, A. (2012). Enerji Etkin Bina Tasarımında Isıtma Enerjisi Harcamalarını Azaltmaya Yönelik Bir İyileştirme Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 17-56.

Genceli, O. ve Parmaksızoğlu, C., (2012), *Kalorifer Tesisatı*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Genişletilmiş 10.Baskı, 47-52.

Görgün, B. (2012). Enerji Verimli Bina Yeşil Bina Sertifikasyonunda Yol Haritasının Belirlenmesi için Leed ve Breeam Örneklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 33-70.

Gültekin, B. ve Bulut, B., 28-30 Mayıs (2015), Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye için Bir Sistem Önerisi, 2. Uluslararası Sürdürülebilir Bina Sempozyumu İstanbul.

<http://www.yegm.gov.tr/anasayfa.aspx> (Erişim tarihi: Ağustos 2019)

<https://cedbik.org/tr/yesil-bina-7-pg> (Erişim tarihi: Ağustos 2019)

<https://energyplus.net/> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

<https://enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Iklim-Degisikligi-ve-Uluslararası-Muzakereler> (E.T.Eylül 2019)

https://europa.eu/european-union/index_en (Erişim tarihi: Eylül 2019)

<https://www.ashrae.org/> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

<https://www.bebka.org.tr/planlama/dokuman-merkezi-89> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

<https://www.csb.gov.tr/> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

<https://www.enerjiatlası.com/> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

<https://www.mgm.gov.tr/> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

<https://www.teias.gov.tr/tr> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

<https://www.usgbc.org/resources> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

<https://www.worldwildlife.org/> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

<https://www.yesilodak.com/yesil-bilgi> (Erişim tarihi: Eylül 2019)

Hulshof, D., Jepma, C. ve Muller, M., (2019). Performance of Markets for European Renewable Energy Certificates. *Energy Policy*, 128, 697-710.

Karakaya, E. (2015). Paris İklim Anlaşması İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-12.

Kılıç, G. (2019, 13 Ağustos). Gültekin Kılıç ile Yeşil Bina Sektörüne Bursa Piyasasının Bakış Açısı Üzerine Söyleşi, Delta T Proje Mühendislik Ofisi, Bursa.

Özil, E., Şişbot, S., Özpınar, A. ve Olgun, B., (2013), TESAB Türkiye Elektrik Sanayi Birliği Ticari İşletmesi Yayınları, 1. Baskı, Cilt 1, 21-109; Cilt 4, 330-368.

Özsoy, C. E. (2015). Düşük karbon ekonomisi ve Türkiye'nin karbon ayak izi. *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4(9), 200-208.

Pavaloaia, L. ve Georgescu, I., (2015). The System of Green Certificates Promoter of Energy from Renewable Resources. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 180, 206-213.

Peyramale, V. ve Wetzel, C., (2017). Analyzing the Energy Saving Potential of Buildings for Sustainable Refurbishment. *Procedia Environmental Sciences*. 38, 162-168.

REN 21, (2016). Renewables Global Status Report 2019.

Resmi Gazete, (2008). TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Resmi Gazete, (2008). Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği.

Sev, A. ve Canbay, N. (2009). Dünya Genelinde Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri. *Yapı Dergisi Yapıda Ekoloji Eki*, 329, 42-47.

Soğuksu, S. (2019). Türkiye’de Konut Yapılarında Yeşil Bina Üretim Sürecinin Paydaşlar Üzerinden Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 6-39.

Uludağ, A. (2019, 03 Eylül). Ali Eftal Uludağ ile Bursa Panoromik Müzesinin Uygulama Süreci Üzerine Söyleşi, Osmangazi Fen İşleri Bölümü, Bursa.

WWF Türkiye, (2012). Türkiye Ekolojik Ayak İzi Raporu

EKLER

Ek 1. Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü

	$f_{i,ay}$
Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yönlerde	0,8
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmenin olduğu ve/veya 10 kata kadar yükseklikteki binaların bulunduğu yönlerde	0,6
Bitişik nizam ve/veya 10 kattan daha yüksek binaların bulunduğu yönlerde	0,5

Ek 2. Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü

Cam türü	g_{\perp}
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı birimi için	0,75
* Isıl geçirgenlik katsayısı $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,50

* Isıl geçirgenlik katsayısı $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için imalatçı firma tarafından belgelendirilmiş geçirme faktörü (g_{\perp}) varsa, beyan edilen bu değer alınarak hesaba katılır.

Ek 3. Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri (W/m^2)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
I güney =	72	84	87	90	92	95	93	93	89	82	67	64
I kuzey =	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
I batı/doğu =	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

Not - Ara yönlerin aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti değerleri olarak, hakim yönlerin değerleri, yatay camlamalarda ise Güney yönü için verilen değerler alınır.

Ek 4. Farklı amaçlarda kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılan aylık ortalama iç sıcaklık değerleri (θ_i , °C)

	Isıtılacak binanın adı	Sıcaklığı (°C)
1	Konutlar	19
2	Yönetim binaları	
3	İş ve hizmet binaları	
4	Otel, motel ve lokantalar	20
5	Öğretim binaları	
6	Tiyatro ve konser salonları	
7	Kışlalar	
8	Ceza ve tutuk evleri	
9	Müze ve galeriler	
10	Hava limanları	22
11	Hastaneler	
12	Yüzme havuzları	26
13	İmalat ve atölye mahalleri	16

Ek 5. Farklı derece gün bölgelerinde ısı kaybı ve yoğuşma hesaplarında kullanılacak olan aylık ortalama dış sıcaklık değerleri (θ_e , °C)

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
OCAK	8,4	2,9	-0,3	-5,4
ŞUBAT	9,0	4,4	0,1	-4,7
MART	11,6	7,3	4,1	0,3
NİSAN	15,8	12,8	10,1	7,9
MAYIS	21,2	18,0	14,4	12,8
HAZİRAN	26,3	22,5	18,5	17,3
TEMMUZ	28,7	24,9	21,7	21,4
AĞUSTOS	27,6	24,3	21,2	21,1
EYLÜL	23,5	19,9	17,2	16,5
EKİM	18,5	14,1	11,6	10,3
KASIM	13,0	8,5	5,6	3,1
ARALIK	9,3	3,8	1,3	-2,8

Ek 6. Türkiyede farklı sektörlerde yıllara göre tüketim tahminleri (Bin TEP)

YILLAR	KONUT	SANAYİ (*)	ULAŞTIRMA	TARIM	ENERJİ DIŞI	TOP. NİHAİ ENERJİ TÜKETİMİ	ÇEVİRİM SEKTÖRÜ	TOPLAM BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİ
2009	27.300	40.869	18.790	4.170	2.451	93.600	25.426	119.026
2010	29.019	43.585	19.915	4.370	2.513	99.402	26.872	126.274
2011	30.800	46.353	21.100	4.571	2.576	105.400	28.582	133.982
2012	32.650	49.270	22.370	4.775	2.640	111.705	31.156	142.861
2013	34.500	52.056	23.700	4.998	2.706	117.950	32.940	150.890
2014	36.450	54.766	25.100	5.210	2.774	124.300	35.911	160.211
2015	38.507	57.633	26.541	5.443	2.844	130.968	39.186	170.154
2016	40.400	60.991	28.000	5.690	2.915	137.996	40.459	178.455
2017	42.150	64.842	29.840	5.943	2.988	145.403	42.520	187.923
2018	43.900	69.144	31.000	6.203	3.063	153.310	45.601	198.911
2019	45.700	73.795	32.500	6.475	3.140	161.610	48.626	210.236
2020	47.549	78.732	34.039	6.753	3.219	170.292	52.132	222.424

Ek 7. Binalar için düzenlenen enerji kimlik belgesi

ENERJİ KİMLİK BELGESİ		
Belge No : Bina tipi : İnşaat yılı : Kapalı Kullanma alanı: Ada, Parsel : Adres :	Tarih : Belgeyi Düzenleyen : Oda Sicil No : Belgenin Son Geçerlilik Tarihi : İmza :	
Mülk sahibi: İsim: Adres:	Müşterek tesisatların sahibi (gerekliyse): İsim: Adres:	
Enerji tipine göre yıllık tüketimler		
	Nihai Enerji tüketimleri	Birincil Enerji tüketimleri
Enerji Kullanım Alanı	kW saat	kW saat
Isıtma :		
Sıhhi sıcak su :		
Soğutma :		
Aydınlatma :		
TOPLAM :		
Isıtma, sıhhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için enerji tüketimleri (birincil enerji olarak)	Isıtma, sıhhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için sera etkisi gazı (SEG) emisyonları	
Nihai tüketim:kWsaat/ m ² .yıl	Emisyon salımı:kg eşd CO ₂ / m ² .yıl	

Ek 8. Bina tipi ve kullanım amaçları için birincil enerji cinsinden referans değerler

Birincil Enerjiye Göre Referans Göstergesi (RG)

BİNA TİPLERİ	KULANIM AMAÇLARI	1.ısıtma bölgesi(RG)	2.ısıtma bölgesi(RG)	3.ısıtma bölgesi(RG)	4.ısıtma bölgesi(RG)
Konutlar :	Tek ve ikiz aile evleri	165	240	285	420
	Apartman blokları	180	255	300	435
Hizmet Binaları :	Ofis ve Büro Binaları	240	300	360	495
	Eğitim Binaları (Okullar, Yurtlar, Spor Tesisleri vb.)	180	255	300	450
	Sağlık Binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	600			
Ticari Binalar :	Otel, Motel, Restoran vb.	540			
	Alışveriş Ve Ticaret Merkezleri	750			

RG: Birincil Enerji cinsinden referans göstergesi (kWh/m²-yıl)

Ek 9. Bina tipi ve kullanım amaçları için referans sera gazı değerleri

Sera Gazı Referans Göstergesi (SRG)

BİNA TİPLERİ	KULANIM AMAÇLARI	1.ısıtma bölgesi(SRG)	2.ısıtma bölgesi(SRG)	3.ısıtma bölgesi(SRG)	4.ısıtma bölgesi(SRG)
Konutlar :	Tek ve ikiz aile evleri	28	40	47	70
	Apartman blokları	30	43	50	73
Hizmet Binaları :	Ofis ve Büro Binaları	40	50	60	80
	Eğitim Binaları (Okullar, Yurtlar, Spor Tesisleri vb.)	30	45	50	75
	Sağlık Binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	120			
Ticari Binalar :	Otel, Motel, Restoran vb.	100			
	Alışveriş Ve Ticaret Merkezleri	150			

SRG: Nihai Enerji cinsinden referans göstergesi (kg eşd.CO₂ / m².yıl)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKTAŞ,Ulus
Doğum tarihi ve yeri : 10.09.1984 - Osmangazi/BURSA
e-mail : ulus_akts@hotmail.com

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lise	: Şükrü Şankaya Anadolu	2002
Lisans	: Balıkesir Üniversitesi Maden Mühendisliği	2018

İş Deneyimi

<u>Yıl</u>	<u>Yer</u>	<u>Görev</u>
2009-2014	BTM Endüstriyel Ltd. Şti.	Makine Mühendisi
2014-2016	Baymak Makine San. ve Tic. A.ş.	Bölge Müdürü
2016-2019	Asek Endüstriyel Ltd. Şti.	Proje Satış Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce