

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ KAPMASAMINDA,
ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMININ CO2 SALINIMININ
AZALTILMASINDAKİ RÖLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zahra HEMMATZADEH

Mimarlık Ana Bilim Dalı
Mimarlık Programı

AĞUSTOS, 2024

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ KAPMASAMINDA,
ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMININ CO2 SALINIMININ
AZALTILMASINDAKİ RÖLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zahra HEMMATZADEH
(Y2113.050023)

Mimarlık Ana Bilim Dalı
Mimarlık Programı

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Şensin YAĞMUR

AĞUSTOS, 2024

TEZ SINAV TUTANAĞI

İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jüri üyeleri önünde, 23.08.2024 tarihinde tez savunma sınavı yapılan ZAHRA HEMMATZADEH'nun tezi Oy Çokluğu ..* ile Kabul.** kararı verilmiştir.

JÜRİ

1. Üye (Tez Danışmanı) :Doç.Dr. Şensin YAĞMUR
2. Üye :Prof.Dr. Zülküf GÜNELİ
3. Üye : Doç.Dr. Suzi Dilara MANGAN

ONAY

İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararı

(*) Oybirliği/Oyçokluğu hâli yazı ile yazılacaktır.

(**) Kabul kararı hâli yazı ile yazılacaktır.

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Kapmasamında, Enerji Etkin Bina Tasarımının CO2 Salınımının Azaltılmasındaki Rölü” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (.../.../2020.)

Zahra HEMMATZADEH

ÖNSÖZ

Değerli danışman hocam sayın, Doç. Dr.Şensin Yağmur'a benim tez danışmanlığımı kabul ettiği için ve bu zorlu süreçte değerli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olduğundan dolayı çok teşekkür ediyorum.

Değerli hocam, bölüm başkanı Prof. Dr. Zülküf Güneli'ye bana her daim gerek bilgileri ve tecrübesi ile gerekse manevi ve akademik destekleri ile bana yol gösterdiği için teşekkürlerimi sunarım.

Değerli hocam Sayın Öğretim Üyesi Dr. Alpay Akgüç'e bu çalışmayı yapmama ilham olup, tezimin temel çalışmalarında her zaman engin bilgileri ile bana yol gösterdiği için teşekkür ediyorum.

Her zaman yanımda olan gerek akademik gerekse manevi destekleri ile bana yardımcı olan sevgili Lale Kendir'e teşekkürlerimi sunarım.

Her daim yanımda olan ailem gibi manevi desteklerini esirgemeyen Erk ailesine teşekkür ediyorum.

Her zaman yanımda olan özellikle akademik hayatımda maddi_ manevi desteklerini esirgemeyen ablam dr. Leyla Hemmatzadeh ve kardeşim Ali Hemmatzadeh 'ye çok teşekkür ediyorum.

Son olarak Fedakarlıkları ile hayatım boyunca elimden tutan ve her zaman bana güvenen, annem Alamgol Mamipour'a sonsuz şükranlarımı sunuyorum.

Anneme..

Ağustos, 2024

Zahra HEMMATZADEH

YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ KAPMASAMINDA, ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMININ CO2 SALINIMININ AZALTILMASINDAKİ RÖLÜ

ÖZET

Günümüzde binaların yapılış seyrini araştırdığımızda yapıların iklimle dengeli bina tasarım stratejilerine fazla uymadığı açık bir şekilde ortadadır. Buna ilaveten malzemelerin yapımı sırasındaki kullanılan enerji ve CO2 emisyonu göz ardı ediliyor. Yıllar geçtikçe insan nüfusunun artmasıyla beraber yapıların sayısı da artış göstermektedir ve bu da daha fazla enerji tüketimine sebep olmaktadır. Isıtma, soğutma, havalandırma gibi konfor şartlarını sağlamak için bazen yenilenebilir enerjilerden faydalanılırsa bile yine de çoğu zaman yeterli olmaya bilir. Bina malzemelerinin üretimi için kullanılan enerji fosil yakıtlarından tahsil edilmektedir ve buda her gün daha fazla sera gazlarının emisyonuna yol açmaktadır. Sürekli artan sera gazı salınımı giderek küresel iklim krizine yol açmaktadır. Mevcut çalışma kapsamında Türkiye'nin İstanbul bölgesindeki Toki binalarından eski ve yeni konut dairesi olmak suretiyle, iki örnek bina ele alınıp, daha sonra yeni bir bina modellenerek, her üç binanın kullanım malzemeleri incelenip kıyaslanmıştır. Bu araştırmanın amacı Toki'nin iki mevcut yapısının ve bir modellenmiş binanın malzemelerinin gömülü CO2 ve kullanım CO2 salınımlarını hesaplamak ve bu malzemelerin beşikten mezara olan sürecinde her aşamanın CO2 salınımindaki etkisi ve buna ilişkin malzemelerin binaların enerji verimliliğinde ve enerji etkin bir bina tasarımındaki etkisini değerlendirmek ve malzemelerin beşikten mezara olan yolculuğunda yıllık enerji tüketimleri ve sera gazı salınımları yönünden analiz etmektir. Bu araştırmanın sonucunda, malzemelerin kullanım ve gömülü enerji tüketimi ve CO2 emisyonlarının üzerine olan etkisinden dolayı, enerji etkin bir bina tasarımı için her şeyin baştan düşünülmesinin ve en baştan hesaplamaları ve modellemeleri yapılarak doğru malzeme seçiminin gerekli olduğu ve iklimle dengeli bina stratejilerin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü, bina enerji verimliliği, bina enerji performans simülasyonu, gömülü enerji, sera gazı salınımı



THE ROLE OF ENERGY-EFFICIENT BUILDING DESIGN IN REDUCING CO₂ EMISSIONS WITHIN THE SCOPE OF LIFE CYCLE ASSESSMENT

ABSTRACT

When we examine the construction trends of buildings today, it is evident that structures do not sufficiently adhere to climate-responsive building design strategies. In addition, the energy used and CO₂ emissions produced during the manufacture of materials are often overlooked. Over the years, as the human population has increased, so too has the number of buildings, which has led to greater energy consumption. Although renewable energy sources are sometimes used to provide comfort conditions such as heating, cooling, and ventilation, they are often insufficient. The energy used for the production of building materials is derived from fossil fuels, which leads to increased greenhouse gas emissions every day. The continuous rise in greenhouse gas emissions is gradually contributing to the global climate crisis. Within the scope of this study, two sample buildings, one old and one new residential unit, from TOKİ buildings in the Istanbul region of Turkey were analyzed. Subsequently, a new building was modeled, and the materials used in all three buildings were examined and compared. The aim of this research is to calculate the embodied CO₂ and operational CO₂ emissions of the materials in the two existing buildings and the modeled building from TOKİ, and to evaluate the impact of these materials on energy efficiency and energy-efficient building design by analyzing their CO₂ emissions at each stage of their cradle-to-grave lifecycle. In terms of annual energy consumption and greenhouse gas emissions during the cradle-to-grave journey of the materials, the results of the study emphasize the necessity of reconsidering everything from the outset for energy-efficient building design. Accurate material selection based on calculations and modeling from the very beginning is essential, highlighting the importance of climate-responsive building strategies.

Keywords: Life cycle of building products, building energy efficiency, building energy performance simulation, embodied energy, greenhouse gas emissions



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
I. GİRİŞ	1
A. Kapsam ve Metot.....	2
II. ENERJİ TANIMI.....	4
A. Enerji Kaynakları Sınıflandırılması:.....	4
1. Birincil Enerji Kaynakları:.....	5
2. İkincil Enerji Kaynakları:	5
B. Yapı Üretiminde Gömülü ve Kullanım Enerjisi.....	5
1. Gömülü Enerji.....	5
III. ENERJİ ETKİN TASARIM	7
A. Sürdürülebilirlik Tanımı	7
1. Sürdürülebilir Enerjinin İlkleri	7
2. Sürdürülebilir Mimari Tasarımında 3 Esastan Bahis Edilebilir:.....	8
a. Kaynak Korunumu:	8

b. Yaşam Döngüsü Tasarımı:	8
c. İnsan Merkezli Tasarım:	8
B. İklimle Dengeli Bina Tasarımı	11
1. Türkiye'nin İklim Bölgeleri	11
a. Soğuk Bölgelerde (Erzurum):.....	11
b. Ilımlı Kuru Bölge (Ankara):.....	12
c. Ilımlı Nemli Bölge (İstanbul)	12
d. Sıcak Nemli Bölge Antalya	12
e. Sıcak Kuru Bölge (Diyarbakır)	12
2. İklimle Dengeli Bina Tasarımında Binalarda Enerji Verimliliği Performansını Etkileyen Mimari Tasarım Parametreleri	13
a. Binanın Konumu:	13
b. Binanın Yönlendirilişi	13
c. Bina Ölçeği Ve Hacim Organizasyonu	14
d. Bina Aralıkları	15
e. Bina Kabuğunun Optik ve Termofiziksel Özellikleri.....	16
C. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı	20
1. Güneş Enerjisi:.....	21
2. Rüzgâr Enerjisi:	21
3. Hidroelektrik Enerji:	21
4. Biyokütle Enerjisi:	22
5. Geotermal Enerji:.....	22
6. Hidrojen Enerjisi	22
7. Dalga Enerjisi.....	22
D. Enerji Elde Edilmesinde Pasif ve Aktif Sistemler	22
1. Pasif Sistemler	22

a. Pasif Güneş Sistemleri:.....	23
b. Havalandırma.....	23
c. İç kazançlar.....	25
2. Aktif Güneş Sistemleri.....	25
a. Güneş Toplayıcıları (Güneş Kolektörleri):.....	25
b. Fotovoltaik sistemler:	26
c. Aktif rüzgâr sistemleri	27
IV. YAPILARDAYAŞAM DÖNGÜSÜ D EĞERLENDİRİLMESİ-YDD (LIFE CYCLE ASSESSMENT-LCA)	29
A. Yaşam Döngüsünde Enerji Verimliliği ve Karbon Emisyonu:	30
1. Gömülü Karbon Nedir	31
2. Karbon Ayak İzi.....	34
B. Yaşam Döngüsü Analizi	35
1. YDA'nın Aşamaları	35
a. Amaç ve Kapsam “	35
b. “Envanter Analizi “	36
c. “Etki Değerlendirmesi Analizi”	36
d. Yorumlama	36
2. Yaşam Döngüsü Envanteri (ISO 14041):	37
C. Yapı Sistemlerinde Seçilen Sistemin ve Malzemenin Yaşam Döngüsü Süreçlerine Etkisi	37
1. Eski Binaların Kullanımı	38
V. FARKLI YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN ENERJİ ETKİNLİĞİ VE CO2 SALINIMININ İNCELENMESİ.....	40
A. Bölüm Tanımlama	40
1. Bölüm 1 (2007 yapımı Toki binası).....	43
2. Bölüm 2 (2018 yapımı Toki binası).....	49

3. Bölüm3 (modellenmiş bina (2007)).....	54
B. Tartışma	58
VI. SONUÇ.....	60
VII.KAYNAKLAR	62
EKLER.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	73



KISALTMALAR LİSTESİ

CO2	: Karbondioksit
DB	: Design Builder
HVAC	: Heating, ventilation and air conditioning (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme)
IEA	: Uluslararası enerji ajansı-UEA (International Energy Agency)
ISO	: International Organization for Standardization
LCA	: Life Cycle Assessment
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
TS 825	: Türk Standartları 825
U	: Isı geçirgenlik katsayısı
YDA	: Yaşam döngüsü analizi
YDD	: Yaşam döngüsü değerlendirmesi

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.	Yöntem Akış Şeması	3
Çizelge 2.	TS-825 E Göre Bazı Penjere Sistemlerinin (U) Değerleri (Arınç, 2021).	20
Çizelge 3.	2003 De Türkiye İçin Fosil Yakıtlarından ve Arazi Kullanımından Meydana Gelen CO2 Salınımı Miktarı	32
Çizelge 4.	2021 De Dünyada Fosil Yakıtlarından ve Arazi Kullanımından Meydana Gelen CO2 Salınımı Miktarı	32
Çizelge 5.	Türkiyede Sektörlere Göre Sera Gazı Salınımı	33
Çizelge 6.	Dünyadaki Karbon Emisyonu Miktarının Değişikliği	33
Çizelge 7.	Çeşitli Faaliyetlerde Karbon Ayak İzi	35
Çizelge 8.	2007 Biasındaki Duvarının Termal Davranışı	45
Çizelge 9.	2007 De Yapılan Binanın Malzemelerinin Özellikleri	46
Çizelge 10.	2007 Binasında Senelik Kullanım Enerji Miktarı Enerji Taşıyıcılarına Göre	46
Çizelge 11.	2007 Binasında Tüketim Segmentlerine Göre Yıllık Enerji Tüketiminin Miktarı	47
Çizelge 12.	2007 Binasında Sıcaklıklar, Isı Kazanımları Ve Enerji, Yıllık Tüketimi	47
Çizelge 13.	2007 Binasının Yaşam Döngüsünün Farklı Aşamalarındaki CO2 Emisyonlarının Miktarı	48
Çizelge 14.	2007 Binasında Kullanılan Malzemelerinin Ayır Ayır CO2 Emisyonunun Miktarı	48
Çizelge 15.	YDD'nin Aşamalarının CO2 Emisyonundaki Yıllık Etkisi	49
Çizelge 16.	2018 Binasındaki Duvarının Termal Davranışı	51
Çizelge 17.	2018 De Dış Duvar Özellikleri	51

Çizelge 18.	2018 Örneğinde Senelik Kullanım Enerji Miktarı Enerji Taşıyıcılarına Göre	52
Çizelge 19.	2018 Binasında Tüketim Segmentlerine Göre Enerjinin Tüketiminin Miktarı	52
Çizelge 20.	2018 Binasında Sıcaklıklar, Isı Kazanımları ve Enerji, Yıllık Tüketimi	53
Çizelge 21.	2018 Deki Binanın Yaşam Döngüsünün Farklı Aşamalarındaki CO2 Emisyonlarının Miktarı	53
Çizelge 22.	2018 Deki Kullanılan Malzemelerin Ayrı Ayrı CO2 Emisyonunun Miktarı	53
Çizelge 23.	YDD nin aşamalarının CO2 emisyonundaki yıllık etkisi(2018)	54
Çizelge 24.	Modellenen Binanın Duvarının Termal Davranışı	55
Çizelge 25.	Modellenen Yapılan Binanın Malzemelerinin Özellikleri.....	55
Çizelge 26.	Modellenen Binanın Senelik Kullanım Enerji Miktarı Enerji Taşıyıcılarına Göre	56
Çizelge 27.	Modellenen Binada Tüketim Segmentlerine Göre Enerjinin Tüketiminin Miktarı.....	57
Çizelge 28.	Yıllık Kullanım CO2 Emisyonu	57
Çizelge 29.	Üç Binanın Isıtma ve Soğutma Enerji Tüketimi.....	58
Çizelge 30.	Mevcut İki Örneğin “One Click LCA” Programı İle Gömülü Ve Kullanım CO2 Emisyon Miktarı.....	58
Çizelge 31.	Üç Bina İçin DB Programı İle Gömülü Ve Kullanım CO2 Emisyon Miktarı	59
Çizelge 32.	Üç Binanın DB Programı İle Toplam CO2 Emisyonu Miktarı	59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.	Enerji Kaynakları (koç ve kaya, 2015).....	4
Şekil 2.	Mimaride Sürdürülebilir Tasarım İlkeleri (Altınöz, 2019)	9
Şekil 3.	Sürdürülebilir Bina Tasarımı İçin Enerji Tüketimi Üçgeni (Belek, yamaçlı, 2023).....	9
Şekil 4.	Türkiyenin Haritasında İklim Bölgeleri	12
Şekil 5.	İklim Bölgeşerine Göre Binanın Konumlandırılması (Akgüç, 2023).	13
Şekil 6.	Yapı Formu erkisi (Dikmen, 2011).	15
Şekil 7.	Isı Transferi Yolları	18
Şekil 8.	Doğrudan Ve Dolaylı Pasif Sistemlerde Isıtma Yöntemleri (Bekar,2007)23	
Şekil 9.	Farklı Bina Tipleri Ve Açıklıkları Etkileyen Pozitif (+) Ve Negatif (-) Rüzgâr Basınçları (Habibzadeh, 2012)	24
Şekil 10.	Yapıda Doğal Havalandırmanın Sağlanması (Habibzadeh, 2012).....	24
Şekil 11.	Güneş Kolektörü	26
Şekil 12.	FV Hücrenin Yapısı	27
Şekil 13.	Rüzgâr Turbini (Wikipedia Contributors, n.d.).....	28
	Bir Rüzgâr Türbinini Oluşturan Elementler (Köseoğlu, 2019).....	28
Şekil 14.	Yapı yaşam döngüsü	29
Şekil 15.	Carbon Footprint	34
Şekil 16.	Binalar İçin Yaşam Döngüsü Aşamaları Ve Modelleri	36
Şekil 17.	LCA.....	37
Şekil 18.	Binanın Yaşam Döngüsü Boyunca Geçirdiği Evreler.....	38

Şekil 19.	2007de Yapılan Binanın Kat Planı.....	41
Şekil 20.	2018 De Yapılan Binanın Kat Planı.....	41
Şekil 21.	2007 Ve 2018 Binalarının Modellenmiş Görüntüsü	42
Şekil 22.	2007 Ve 2018 Binalarının Modellenmiş Görüntüsü	42
Şekil 23.	2007 Ve 2018 Binalarının Modellenmiş Görüntüsü	43
Şekil 24.	2007 Ve 2018 Binalarının Modellenmiş Görüntüsü	43
Şekil 25.	2007 De Yapılan Binanın Dış Cephe Duvarının Katmanları	44
Şekil 26.	2007 duvar detayı.....	44
Şekil 27.	2007 Pencere Detayı.....	45
Şekil 28.	2007 Binasında Küresel Isınma Kg CO2-Sınıflandırmalar.....	49
Şekil 29.	2018 De Yapılan Binanın Dış Cephe Duvarının Katmanları	50
Şekil 30.	2018 Duvar Ve Pencere Detaylar.....	50
Şekil 31.	CO2 emisyonundan dolayı Farklı bölümlerin küresel ısınmadaki payı..	54
Şekil 32.	Modellenen Binanın Dış Cephe Duvarının Katmanları	54

I. GİRİŞ

Günümüzde, enerji kaynaklarının verimli kullanımı önemli bir konu haline gelmiştir. Bu enerji kaynakları arasından sanayi, binalar, taşımacılık vb. sektörlerinde günümüzde en çok kullanılan yakıt türü, fosil yakıtlardır. Fosil yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan sera gazı salınımı, doğaya ve tüm canlılara zarar vererek olumsuz ve geri dönüşü mümkün olmayacak küresel etkilere neden olmaktadır. Buna göre, fosil yakıtlar esas enerji kaynağı olarak kullanıldığında atmosferde CO₂ gibi sera gazlarının emisyon değerlerini yükselmekte olup ve atmosferin daha çok ısınmasına sebep olmaktadır (Azari ve Abbasabadi, 2018: 226). Sanayileşme sonrası, teknolojinin büyük bir hızla hayatımızın bir parçası olmasıyla beraber kentlerin gelişimi hız kazanmış ve buna bağlı olarak konut ihtiyacının artması ile daha hızlı bina yapımına ihtiyaç duyulmuştur, bu ihtiyacı karşılamak için sürekli yeni yapılar yapılmaktadır ve ayrıca modernleşme, teknoloji ve daha birçok sebepten dolayı eski yapılar yıkılıp yerine yeni yapılar yapılmaktadır. Dolayısıyla bina sayısının artmasıyla yapı malzemesinin üretimi de artmıştır. Bununla birlikte bir binanın doğması için düşünmeden harcanan enerjiler ve CO₂ emisyonunun meydana gelmesi söz konusu olmaktadır. Binalar dünyadaki toplam enerjinin yaklaşık %40'ını tükettiği ve CO₂ salınımınının 36%'sına sebep olduğu için, mimaride enerji verimliliği kritik öneme sahiptir (Zinzade, 2010). Enerji kavramında, genellikle enerji konularında araştırmalar yapan akademisyenler ve bu sektörün profesyonelleri tarafından kullanım enerjisine odaklanılmış, ancak yaşam döngüsünün içinde yer alan “gömülü (embodied) enerji”, kullanım enerjisine göre geri plana atılmıştır (koç ve duru, 2022).

“Son yıllarda, yapılarda enerji verimliliği açısından yüksek performans elde etmek için kullanılan yöntemlerin çoğu gömülü enerjiyi daha fazla kullanarak gerçekleştirilmektedir (koç ve duru, 2022). Neticede gömülü enerji konusunun giderek önem kazanmakta olup ve sayısız araştırmaların konusu haline gelmektedir (Azari ve Abbasabadi, 2018: 226). 20. yy.'da enerji krizlerinin ortaya çıktığına,

enerji kaynaklarının daha kontrollü bir şekilde kullanılmasına dair çeşitli çalışmaların yapıldığına ve bu çalışmalarda yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin ürünlerin beşikten mezara olan döngüsünde çevreye nasıl etki ettiklerine dair bilimsel kaynaklar sağladığına dair veriler elde edilmiştir. Bugüne kadar Yapılan araştırmalara göre, yeryüzünde yıllık enerji tüketiminin yaklaşık yarısı, binaların yapımı, işletilmesi ve bakımında kullanılmaktadır. Ve bu çoğunlukla direkt olarak fosil yakıtları kullanmak la beraber gömülü enerji miktarının çoğalması ve beraberinde CO2 salınımının artması anlamına gelir. Bu çalışmanın ana hedefi olan enerji tüketimi ve CO2 emisyonunu azaltmak yolunda bir çalışma yapmaktır. Bu hedef doğrultusunda çevresel etkilerin değerlendirilmesi hedefi ile en yararlı yöntemin “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi–Life Cycle Assessment” yöntemi olduğu açıklanmıştır (Curran, 1996). Binalarda yapılan yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi, TS EN 15978 (2012)’ye göre üretim, inşaat, kullanım ve kullanım ömrünün sonu aşamalarından oluşmaktadır, Literatüre katkı sağlamak amacıyla bu çalışmada, enerji etkin bina tasarımındaki kullanılan yöntemler ve malzemelerin üretimindeki evreler göz önünde bulundurularak bu kriterlere uymak CO2 salınımının azaltılmasında ne kadar katkı sağladığını incelemek amaçlanmıştır.

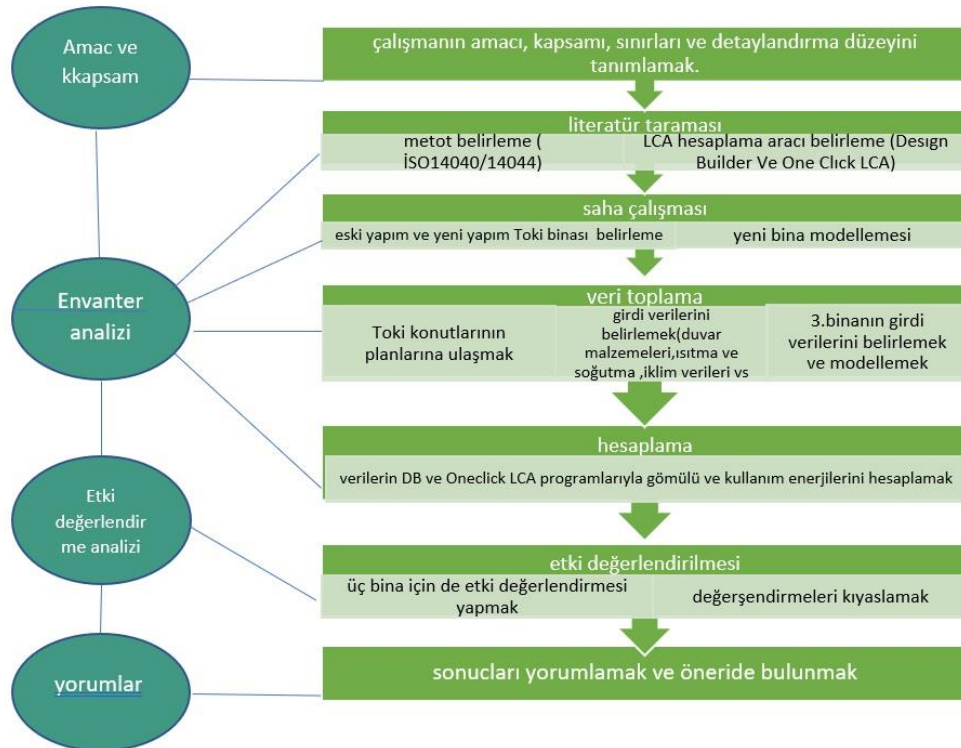
A. Kapsam ve Metot

Bu araştırmada Somut bir yol izlemek için ılımlı nemli iklimin pilot bölgesi olarak İstanbul dan Toki konutlarından birisi 2007 yapımı ve diğeri 2018 yapımı olan örnekler seçilmiştir ve onların CO2 salınımı ve malzemelerin enerji tüketiminde yarattığı etki tartışılmıştır. Çalışmanın ana hattı olan ISO 14040/14044 'un 5. Maddesine istinaden YDA aşamaları amaç ve kapsam, envanter analizi, etki analizi ve yorumlamalardan oluşturulmaktadır. Burada ilk önce konu hakkında literatür taraması yapılarak bir kavramsal çerçeve oluşturulmuştur. Bu çalışmada söz edilen amacın doğrultusunda, ilk başta literatür taraması yapıp sonuçları incelenmiştir, daha sonra saha çalışması yapılmıştır, bu taramalardan elde edilen verilere dayanarak en son geçmişten günümüze Toki konutlarında enerji tüketimini azaltmak adına yapılan değişikliğin ne kadar faydalı olup olmadığını öğrenmek için İki konuttan elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

Bu örneklerde eski ve yeni yapımlı binaların dış cepheleri ele alınarak, Design Builder ve “One Click LCA” programlarıyla gömülü ve kullanım CO2 miktarları ve duvarların ve malzemelerin termal davranışları ve YDD'nin tüm aşamaları ile ilgili CO2 salınımının bilgileri detaylı bir şekilde hesaplanmıştır. Daha sonra iki binanın kıyaslanması yapıldıktan sonra bu konuyu burada kapatmayıp üçüncü bir alternatif olduğu var sayılıp iki binayla kıyaslanmak adına modellenmiştir. Burada 2007 binasının malzemelerinin aynısı kullanılmıştır buradaki fark burada ısı yalıtımı faktörü çıkarılıp yalıtımsız bir bina düşünülmüştür.

Sonuç olarak kıyaslamalardan elde ettiğimiz sonuçlara göre binaların yapımı için meydana gelen gömülü enerji ve CO2 salınımının azaltılması için önerilerimiz ve tartışmalarımız sunulmuştur. Bu araştırmada yaşam döngüsü değerlendirmesinin önemli bir kısmı olan gömülü enerjinin azaltılmasının önemi vurgulanmıştır. Bu araştırmada kullanılan yöntem literatür taraması, saha çalışması, Design Builder ve hesaplama olmuştur.

Çizelge 1. Yöntem Akış Şeması



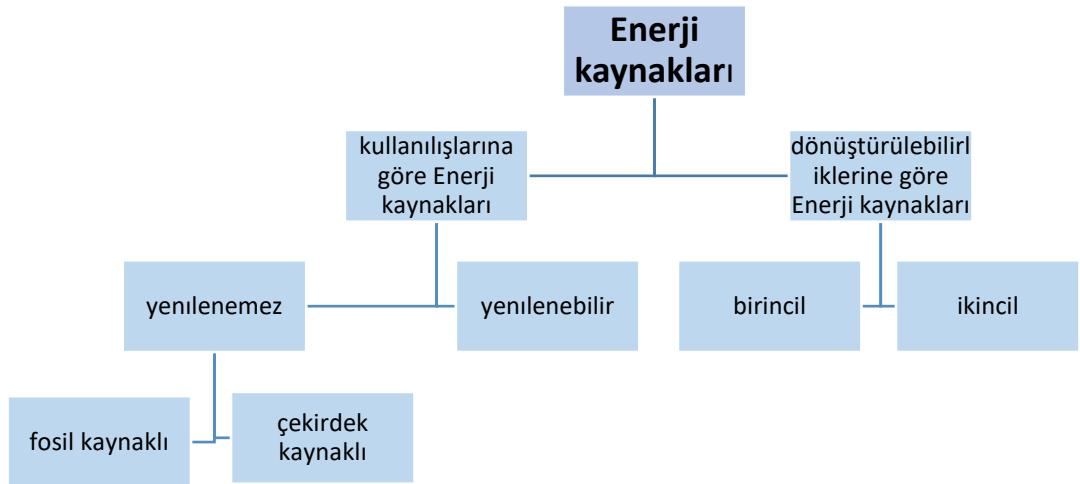
II. ENERJİ TANIMI

Enerji genel tanımı itibariyle maddenin iş yapabilme yeteneği tanımlanmaktadır. Günlük yaşantıda önemli bir yere sahip olan enerji, birçok aracın kullanılmasında gerekli olan gücü sağlamaktadır. Enerji, günlük yaşamın önemli ihtiyaçlarından biri olarak görülmektedir.

Enerjinin sınıflandırılmasında gereksinimlere, amaçlara, kaynağın bölgesine, enerjinin kullananlara aktarımındaki arz ve talep uygunluğuna ve enerjinin işlenme süreci gibi faktörlere dikkat edilmektedir. (Özdemir, 2005: 16)

A. Enerji Kaynakları Sınıflandırılması:

Enerji kaynakları bir çok açıdan sınıflandırılmıştır, enerjinin mahiyetinin değiştirip değiştirmemesi, elde edilme sürecinin maliyeti, enerjisyne ulaşmanın yolu, madde şekli vs..gibi, ancak Bu çalışmada enerji kaynakları, niteliklerini değiştirip değiştirmemesi açısından ve elde edilme yollarıyla sınıflandırılmıştır. Enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde ikiye bölünür.



Şekil 1. Enerji Kaynakları (koç ve kaya, 2015)

1. Birincil Enerji Kaynakları:

Birincil enerji kaynakları hiçbir değişikliğe uğramadan doğadaki oldukları halleriyle kullanılabilen enerji kaynaklarıdır. (Özdemir, 2005: 16).

2. İkincil Enerji Kaynakları:

İkincil enerji ise İkincil enerji kaynakları ise doğada olduğu şekliyle kullanılmayan ancak belli işlemlerden geçirildikten sonra kullanılabilen enerji kaynaklarıdır (Özdemir, 2005: 16). Dolayısıyla birincil enerji kaynakları esas olarak ikiye ayrılır; yenilenemeyen kaynaklar ve yenilenebilen kaynaklar. Yenilenebilen enerji kaynakları, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji, güneş enerjisi, biyokütle ve jeotermal enerjilerinden oluşurken, yenilenemeyen enerji kaynakları ise kömür, petrol, nükleer enerji ve doğal gaz sayılabilir (Yılmaz, 2012).

B. Yapı Üretiminde Gömülü ve Kullanım Enerjisi

1. Gömülü Enerji

Binalarda enerji kavramından söz edince kullanım halinde olan bir binanın kullanım operasyonel enerjisi akla geliyor Halbuki Yapı ürünlerinin üretimi için harcanan enerji ve bu ürünlerin yapım yerine taşınması için gereken enerji çok göz önünde bulundurulmuyor. Bu enerji gömülü enerji (Embodied Enerji) terimiyle tanınmaktadır. Gömülü enerji Yapı malzemelerinin ihtiyaç duyduğu ham maddenin doğadan çıkarılması, şantiye alanında işlenmesi ve bu süreçte taşıma işleminin yapılması için harcanan enerjiyi kapsıyor; ve bu işlemlerin Bakım ve Onarım aşamasında da yapıldığı ve bina ömrü bittikten sonra malzemelerin ve atıkların dönüştürülmesi veya yok edilmesi aşamalarında kullanılan Enerjileri de kapsamaktadır.

Karbon emisyonlarının yapılarda etkili bir biçimde azaltılabilmesi için tasarımlar hem gömülü hem de kullanım enerjisini azaltmaya yönelik yapılmalıdır. Genelde Kullanım enerjisine odaklanarak gömülü enerji daha arka planda tutulmuştur. Son yıllarda binalarda enerji verimliliği açısından yüksek performans sağlamak için kullanılan yöntemlerin çoğu daha fazla gömülü enerji kullanarak gerçekleştirilmektedir ve operasyonel enerjinin tüketimini devamlı olarak azaltmak isteyen bina yönetmelikleri, sıfır Salımlı operasyonel enerjisine

ulaşmaya çalışan girişimler sürekli olarak gömülü enerjinin tkretimini yükselmesine yol amaktadırdır (koç ve duru, 2022).

Bu sebepten dolayı, gömülü enerji konusu sürdürülebilir mimari kavramı içerisinde önemli bir yer kazanmıştır. Mevcut alışmalar binanın tüm yaşam döngüsü sürecinde gömülü enerjinin CO2 emisyonunu azaltmak hedefiyle bina enerji hesaplamalarına dahil edilmesi doğrultusunda değişmektedir (Hamilton-MacLaren, et al., 2009: 1012).

Kullanım enerjisi (Operational Energy), insanlar in konfor şartlarının sağlanması amacıyla binalarda yapılan faaliyetler için harcanan enerjileri kapsamaktadır, bu enerjiler binanın yaşam boyu sürece ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi gereksinimleri sağlayan ekipmanlar ve onların bakımı için tketlenen enerjidir.

Binalarda Kullanım enerjisini düşürmek için, enerji tasarruflu cihazlar ve ekipmanlar tercih etmek, binada daha kaliteli ve özel yalıtım malzemeler kullanmak, bina kabuğunda enerji etkin tasarımlar yapmak, ısı geri kazanım cihazlar, enerji tasarruflu aydınlatmalar kullanmak, ısı geçirgenliğini azaltmak ve kullanılan enerjiyi yenilenebilir kaynaklardan edinmek, Oldukça etkili yöntemler sayılmaktadırlar (ebi, 2019).

III. ENERJİ ETKİN TASARIM

A. Sürdürülebilirlik Tanımı

Sürdürülebilirlik kavramı mimarlıkta ve diğer bilimsel konularda bir ihtiyacı gidermek için bilinçli bir şekilde doğal kaynakları kullanıp, çevreye etkisini göz önünde bulundurup ve bina ya da başka elemanlar için enerjinin dönüşümünü sağlamanın örneğinin ifadesidir. (Ruacan ve Ruacan, 2002).

Sürdürülebilir bir tasarım elde etmek için sürdürülebilir enerjiye ulaşmak gerekmektedir.

1. Sürdürülebilir Enerjinin İlkeleri

Sürdürülebilir enerjinin ilkelerini böyle sıralaya biliriz:

- Enerjinin etkin ve tasarruflu kullanılması.
- Enerjinin üretimi ve kullanımı sırasında oluşan kirlilik ve olumsuzlukların ortadan kaldırılması.
- Yenilenebilir enerjilerin kullanılması ve bu enerjilerin kullanımındaki teknolojinin geliştirilerek yaygınlaşmasını sağlanmasıdır.

Dünya üzerinde enerji ihtiyaçlarının büyük bir kısmı fosil kaynaklardan karşılanmaktadır ve buda her gün sera gazlarının salınımının artmasına neden olmaktadır ve sera gazlarının üretimi küresel iklim krizlerine sebep olmuştur, bunun yanı sıra fosil kaynakları bitmek üzere olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı ve özellikle sanayi devrinden sonra meydana gelen bu sorunlar dünyada sürdürülebilirlik kavramı benimsenmeye başlamıştır. Dünyada enerji tüketiminin %50'si ve su tüketiminin %42 si binaların yapım sürecinde veya kullanım süreçlerinde kullanılmaktadır (Sayın, 2006); buda yapılardaki enerji ihtiyaçlarını karşılamak adına sürdürülebilir bir mimari tasarımı kavramını benimsenmesine sebep olmuştur. Sürdürülebilirlik, mimari tasarım sürecinde plan ve program yapmak, ön tasarım, tasarım, tatbikat, kullanım süreci, yıkım ve yeniden

tasarlama evrelerinin hepsi uygulanabilecek şekilde kapsamlı ve uzun vadeli bir değerlendirme gerektiriyor (Fay vd., 2000; Ortiz vd., 2009; Passer vd., 2012).

Sürdürülebilir yapı tasarımını uzun zaman diliminde küresel ölçekte enerji ve kaynak tüketimini azaltmayı hedefleyen bir tasarımdır. Sürdürülebilir bina, doğal veya yapma çevrenin üzerinde en az etki yaratan bina olarak nitelendirilebilir.

Mimari tasarımlar sürdürülebilirlik ilkelerini izleyerek yapıldığında kaynak koruma, çevre etkilerini azaltma ve atıkları yöneltme gibi hususlarda faydalar sağlanacağına yanısıra sürdürülebilir binalar çevre ile insanların yaklaşmasını sağlar (Vardarı ve Karadayı, 2022).

2. Sürdürülebilir Mimari Tasarımda 3 Esasan Bahis Edilebilir:

Bunlar bu şekilde sıralanmaktadır:

- Kaynak korunumu,
- yaşam döngüsü tasarımı
- insan merkezli tasarım (Altınöz, 2019).

a. Kaynak Korunumu:

Binalarda fosil kaynakların kullanılmasının azaltılmasına yönelik tasarımların yapılması, binaların yeniden işlevlendirilmesi ve kullanılması konularını kapsamaktadır.

b. Yaşam Döngüsü Tasarımı:

Binanın beşikten mezara olan sürecini ve binanın ömrü bittikten sonra bile çevre üzerindeki olumsuz etkisini incelemek için bir yöntem sağlar.

c. İnsan Merkezli Tasarım:

Doğal çevre ve insanlar arasındaki ilişkilerini çözümlenmeye odaklıdır.

Bu ilkeler, mimaride enerji tüketiminin hem yerel hem de küresel çevresel etkisi konusunda büyük bir farkındalığa sebep olabilir

Bu ilkeler her biri kendine göre farklı stratejilere sahiptir ve bu stratejiler de bir dizi yöntemler içerir (Altınöz, 2019).

İLKELER

Kaynakların ekonomik kullanımı	Yaşam döngüsü tasarımı	İnsancıl tasarım
--------------------------------	------------------------	------------------

STRATEJİLER

Enerji korunumu	Yapım öncesi aşaması	Doğal koşulların korunması
Su korunumu	Yapım aşaması	Kentsel tasarım-yerleşim planlaması
Malzeme korunumu	Yapım sonrası aşaması	Konfor standartlarının belirlenmesi

YÖNTEMLER

Şekil 2. Mimaride Sürdürülebilir Tasarım İlkeleri (Altınöz, 2019)

Aşağıdaki şekilde belirtilen piramit, enerji verimliliği amacıyla sürdürülebilir bina tasarımında izlenmesi gereken amaç ve stratejileri göstermektedir. Piramit de sırasıyla; yapılarıdaki enerjinin korunumu, enerji verimliliğini artırma ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla ilişkin gereken stratejiler sunulmuştur (bellek ve yamaçlı, 2023).



Şekil 3. Sürdürülebilir Bina Tasarımı İçin Enerji Tüketimi Üçgeni (Belek ve yamaçlı, 2023)

Genellikle Enerji tasarrufu, enerji verimliliği ile karıştırılır. İkisinin anlamı farklıdır. Tasarrufun basit bir şekilde tipik anlamıyla "enerji tüketen ekipmanların kapatılmasıyla" gereken miktardan daha az enerji kullanımınıdır; verimlilik ise daha az enerji girdisi ile, enerjinin "son kullanımının" (örneğin; ısıtma, soğutma, aydınlatma ve TV seyretme gibi) kalitenin ve konforun düşmemesini sağlamakla ilişkilidir (Çebi, 2019).

Tasarımda kullanıcı konforu:

- Isıl konfor

Kullanıcının bulunduğu ortamda ne çok soğuk ne çok sıcak his etmesiyle alakalı meydana gelen konfor ısı ve ya termal konfor adlandırılmaktadır.

-Görsel konfor

Mekânların İşlevine Uygun Görsel Koşulları Sağlayacak Aydınlığın Aktif ve Ya Pasif Sistemlerle Sağlanması ve Kullanıcının Görsel Olarak Konforunun Sağlanmasıdır.

- Akustik konfor

İnsanların bulunduğu ortamda işlevine göre, duyulması istenen seslerin rahatlıkla duyulabilmesi, duyulması istenmeyen gürültü olarak tabir edilen seslerin duyulmamasının getirdiği konfor durumudur.

Bu faktörler kullanıcıların verimliliğini, üretgenliğini ve sağlığını etkilemektedir. çalışmalar gösteriyor ki binaların tasarımında Mekân organizasyonu, Mekân büyüklüğü, mobilyalar gibi özelliklere dikkat edilirken termal, görsel ve işitsel konforu göz arda edilmiştir (Akgüç, 2023).

1. Binaların ömrü boyunca performansı :

-Enerji tüketimi, ısı konfor

-İç hava kalitesi, havalandırma

-Görsel konfor, günışığı, aydınlatma, enerji tüketimi

-İşitsel konfor, gürültü konforlu

-Su etkinliği

- Bir tasarımda kullanıcı konforundan taviz verilmeden nasıl enerji etkin bir

tasarım yapılır (Akgüç, 2023).

Aşağıda birkaç etken faktörden bahis edilmiştir:

B. İklimle Dengeli Bina Tasarımı

İklimle dengeli bir tasarımda iklim elementlerinden en iyi seviyede yararlanmak ve çevrenin olumsuz şartlarından binayı korumak gerekmektedir. Bir bina tasarlanırken, bulunduğu bölgenin iklimsel davranışlar, topografya, “bitki örtüsü” özellikleri gibi doğal çevre özelliklerinin yanı sıra bölgenin yapay elemanlarının özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır (Umaroğullar ve Motor, 2020).

İklimle dengeli bina tasarımı için arazi seçimi, binanın yönlendirişi, binanın formu, yapı malzemeleri, mekân yerleşimi vb. teknolojiden neredeyse bağımsız parametrelerle enerjiyi verimli kullanmak mümkün ve çevre dostu binalar inşa etmek olasıdır. (Hemmatzadeh ve Akgüç, 2023).

Bunlar yakındaki binaların binaya yakınlığı yükseklikleri komşuluklar vs gibi özellikleri kapsamaktadır. Bu özellikler gölgelemeyi rüzgâr esintisinin şiddeti, hava sirkülasyonu gibi iklim unsurlarını etkilemektedir. İklimle dengeli bina tasarım için parametreler tanınmıştır.

1. Türkiyenin İklim Bölgeleri

a. Soğuk Bölgelerde (Erzurum):

Compact U katsayısı 0-dan az Kıırma çatı, kare forum, koyu renk kullanılır. Dış cephelerde ısı kaybını azaltmak için binalar bitişik nizamda yapılır. Birincil alanlar güneye bakar.

Bina kabuğunda ısı tutuculugu yüksek olan malzemeler kullanılır. Pencere açıklıkları küçüktür.

Soğuk rüzgâra maruz kalmaktan korunmak ve toprak sıcaklığından faydalanmak için binanın bir kısmı toprağı gömülüdür.

b. Ilımlı Kuru Bölge (Ankara):

Pencere alanları küçük, tavan yükseklikleri az olmalıdır. Yerleşim bitişik nizamda ve dar sokaklardan oluşmaktadır. Rüzgârlardan korunacak şekilde yerleştirilir.

Yapı malzemesi taş ve kerpiçten oluşan yığma sistem ile yapılmaktadır.

Panjurlar yazın güneşi kışın rüzgârı keser.

c. Ilımlı Nemli Bölge (İstanbul)

Kırma çatı, koyu renkler ve ahşap kullanılır. az aralıklı yapılar yapılır.

Açıklıklar Nemi dağıtan hava hareketlerinin saklanması için karşılıklı yapılır.

Pencereler ve tavanlar yüksek yapılır.

Alanlar güneye bakar. “L” ve “U” şekilde yapılır. Cepheler uzun ve yay şeklindedir.

d. Sıcak Nemli Bölge Antalya

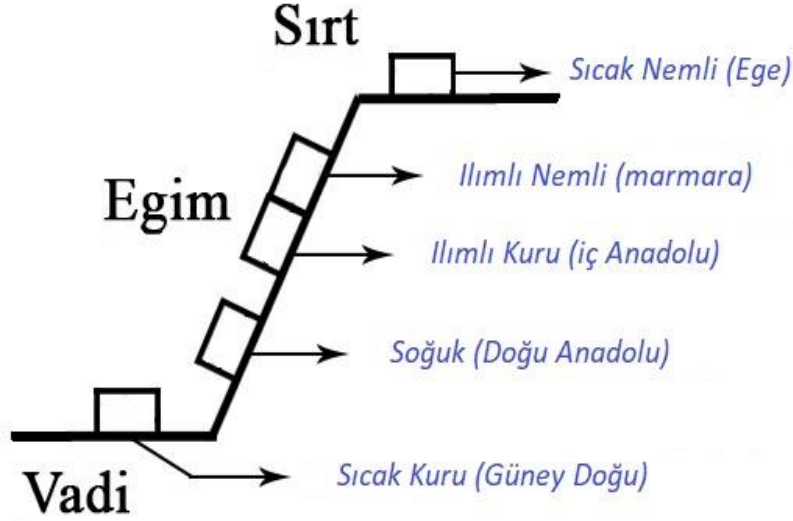
Ahşap gibi Isı tutuculuğu az olan malzemeler kullanılır, kırma çatı, geniş pencere ve boşluklar yapılmaktadır. Rüzgârdan daha fazla yararlanmak için dar ve uzun binalar yapılır.

e. Sıcak Kuru Bölge (Diyarbakır)

Avlu plan, taş gibi ısıl kütlesi yüksek malzeme kullanılır. kalın duvarlar yapılır; düz teras yapımı, pencereler az ve küçük olmalıdır (Özen, 2022).



Şekil 4. Türkiyenin Haritasında İklim Bölgeleri



Şekil 5. İklim Bölgeşerine Göre Binanın Konumlandırılması (Akgüç, 2023).

2. İklimle Dengeli Bina Tasarımında Binalarda Enerji Verimliği Performansını Etkileyen Mimari Tasarım Parametreleri

Yapı tasarımında tasarım parametrelerinin her birisi binanın enerji performansını farklı şekilde etkilemektedir, (Hemmatzadeh ve Akgüç, 2023).

Özellikle bina kabuğunun tasarımında kullanılan malzemelerin yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik özelliklerine göre tasarımın yapılması gerekmektedir çünkü kullanılan materyaller içinde barındıran özelliklere göre yıl boyunca binanın kaybettiği ve kazandığı ısı yükleri doğrultusunda büyük önem arz ediyor.

Binalarda enerji verimliği performansını etkileyen mimari tasarım parametrelerini böyle sıralayabiliriz:

a. Binanın Konumu:

Yapı konumu, binanın tasarlanacağı iklim bölgesine ait sıcaklık, nem, rüzgâr, yağış ve ışınım gibi iklimsel parametrelerin azlık ve çokluk derecesine göre, bu koşullardan faydalanmak ve ya korunmak isteği gereksinimlerini açıklar

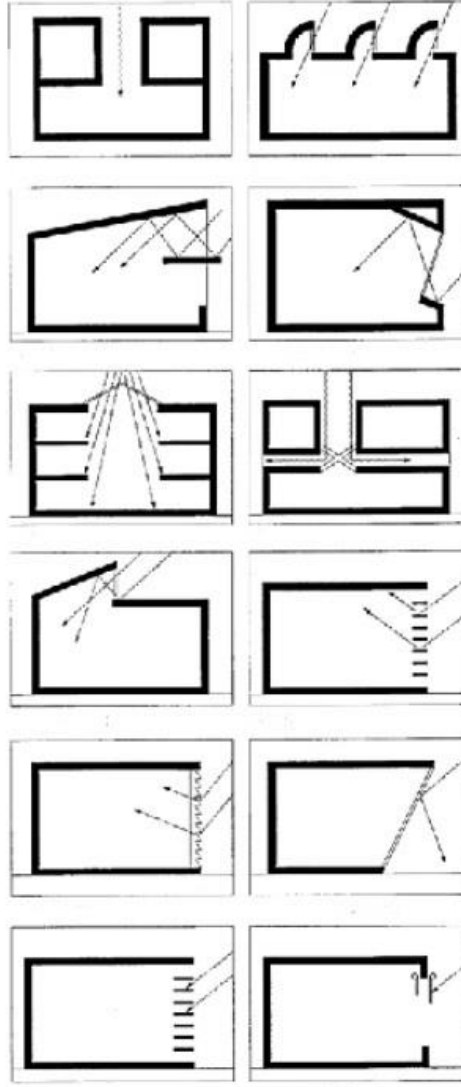
b. Binanın Yönlendirilişi

Binanın yönlendirilişi bulunduğu iklim bölgesinin ihtiyacına göre güneş ışınımı ve rüzgâr esintisi gibi önemli iklim faktörlerinden faydalanmak ve ya korunmak bina için çok önemli bir parametredir. Binanın iç Mekânlarının sı

kazancının korunması ve sıcağa karşı soğutma etkisi yaratmak için, nemi kurutmak, veya nem etkisi yaratmak galip rüzgâr ve galip güneş ışınlarından korunup yada yararlanmak her iklim ölgesinin kendine has tasarımlar gerektirmektedir.

c. Bina Ölçeği Ve Hacim Organizasyonu

Bir binanın formu hacmi ve ölçeği binanın ısıtma ve soğutma yüklerinin azalması ve çoğalmasında önemli rölle sahiptir. Bu yükleri kontrol etmek için binanın konumuna göre binanın kompakt yapılarda yapılıp yapılmamasına , tavan yüksekliği, duvarların kalınlığı , dış cephenin dış çevreyle olan yüzey miktarı , binanın derinliği ve enlemi, hacimde bulunan opak ve saydam elementlerinin oranı, gibi detaylar hakkında karar vermek gerekir, bu kriterler güneş ışığının eve girmesinin miktarı, rüzgârı dengeli kullanmak ve nemi dengelemek , binayı ısıısını yerinde korumak ve yerine göre binayı soğutmak, havalandırmak ve hedeflenen konforu elde etmek için tasarım da önemli bir yere sahiptir (Kundakçı, 2004). Buna nazaran iç Mekânın planlamasının da bu konforu elde edebilmemize yardımcı olacak şekilde yapılması gerekmektedir. Hava sirkülasyonuna yardımcı olacak, güneş ışığından doğru zonlarda doğru biçimde faydalanmak için ısıl zonlar ve tampon bölgeleri doğru kullanmak gerekmektedir (Yılmaz, 2005).



Yapı Formu/Geometrisi-Enerji Verimliliği İlişkisi
(Building Landscape-Wind-Relationship Between
Energy Efficiency)

Şekil 6. Yapı Formu erkisi (Dikmen, 2011).

d. Bina Aralıkları

Bir bina tasarlanırken bulunduğu iklim bölgesinin galip iklim koşullarını dikkate alarak binaların birbiriyle olan mesafesi, diziliş nizamı ve aralıklarına dikkat edilmelidir. Binaların yükseklikleri buldukları mesafede birbirine düşürdüğü gölge veya yarattığı açıklıkla güneş ışığı ve galip rüzgârın binaya olan tesirini etkiler. Bazı bölgelerde güneş ışığından yazın korunmak adına binaların birbirine düşürdüğü gölgeden faydalanmak adına birbirine yakın inşa edilmesi gerekir ve ya ısı transferinin daha az olmasını hedeflediğimiz bölgelerde kompakt yapılar yapılmalıdır, aksine bazı iklim bölgelerinde nemin ve sıcak havanın etkisini azaltmak için ve iyi bir hava sirkülasyon yaratmak doğrultusunda

rüzgârdan faydalanmak planlanıyor ve buda binaların aralıklı ve rüzgârın yönünü yönetecek bir dizilimle yapılmalıdır, bu yüzden bina aralıkları güneş, rüzgâr, rutubet, ve ısı gibi faktörleri kontrol etmek adına tasarımda önemli bir yere sahiptir.

e. Bina Kabuğunun Optic ve Termofiziksel Özellikleri

Yapı kabuğu bir yaşam ortamını saran ve kaplayan ve o binanın iç ve dış çevresini birbirinden ayıran yapı bileşenleridir (Akgüç, 2023).

- Bina kabuğu

- İç ortamda kullanıcının konforunun sağlanması adına, dış ortamın iklim şartlarının etkilerini kontrol edilmesini sağlamaktadır.

- İç ortamda kullanıcının görsel konforunun sağlanmasında büyük etkiye sahiptir.

- İç Mekân ve dış Mekân arasındaki bir bariyer olarak duyulması istenmeyen ses ve gürültüye karşı kullanıcının akustik konforunu sağlamaktadır.

Bina kabuğunu cephe unsurlarıyla beraber, hava ve ısı transferine olanak sağlayan yapı elemanı olduğundan dolayı, insanların konforunu sağlamayı hedefleyen ve bu doğrultuda iklimle dengeli ve enerji etkin bina tasarımlarında önemli parametrelerden biri sayılmaktadır (koca, 2006).

i. Bina Kabuğunun Optik Özellikleri

Bina Kabuğunun İklimin Kontrolü İçin Yarattığı Etki Açısından Bina Kabuğunun Güneş Işınımıyla İlgili Optik Özellikler:

a) Yansıtıcılık

b) Yutuculuk

c) Geçirgenlik

“Bina bileşeninin maruz kaldığı güneş ışınımı, bileşenin optik özelliklerine bağlı olarak ısı kazanımına dönüşür” (koca, 2006).

ii. Bina Kabuğunun Termofiziksel Özellikleri:

a) Toplam (opak ve saydam) ısı geçirme kat sayısı

b) Zaman geciktirmesi opak bileşenlerde

c) Saydamlık oranı ve opak bileşenlerin yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları, ve saydam bileşenlerin yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik katsayıları

d- Genlik küçültme faktörü (“opak” bileşenlerde) (koca, 2006).

“Genlik küçültme” ve Zamanı yavaşlatma faktörleri, kabuğun opak öğelerinin tabakalarını oluşturan malzemelerin ısı tutma kapasitelerine tabi olan ve bileşenin yalıtım potansiyelini tanımlayan iki niteliktir. Bu özellikler, bileşeni kuran tabakaların, ısı iletkenlik katsayıları(λ), yoğunlukları(ρ), kalınlıkları(d), özgül ısıları(c) ve sonuç olarak ısı kapasitelerinin ($\rho.c$) bir fonksiyonudur (Alaybaşı, 2003; Koca, 2006).

“Isı transferi” yolları:

Üç çeşit ısı transferi vardır

1. iletimle ısı transferi

2. taşınım

3. ışınlama

1. İletimle ısı transferi:

Isının bir cisim içerisindeki komşu moleküller aracılığı ile yüksek enerji parçacıklardan düşük enerjili parçacıklara aktarılmasıdır.

Bu ısı aktarımı tipi içerisinde ısı transferi olan tüm katı, sıvı maddeler ve gazlarda gerçekleşebilir.

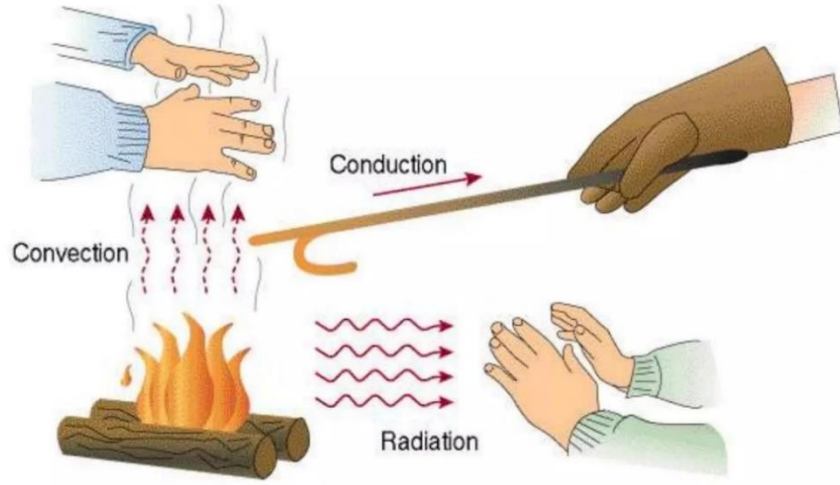
2. Taşınım la ısı transferi :

İki farklı faz arasında gerçekleşmektedir. Bir yüzey ve bir akışkan madde arasında olan ısı farkından dolayı meydana gelen ısı transferi taşınım yoluyla olan ısı transferidir. Taşınımın yüksekliği akışkanın hızının yüksek olmasına bağlıdır.

3. Işınlama ısı transferi:

İki katlı malzemenin elektromanyetik dalgalarla ısı yayılmasına denir.

Sonlu sıcaklığa sahip tüm yüzeyler elektromanyetik dalgalar halinde enerji yayarlar. Dolayısıyla ile farklı sıcaklıklara sahip iki yüzey arasında yüzeyler birbirini görebiliyorsa, ışınlama ısı geçişi gerçekleşir (Akgüç, 2023).



Şekil 7. Isı Transferi Yolları

-Toplam Isı Transferi U Katsayısı

Bir binanın kabuğunu oluşturan her bir bileşenin içerdiği katmanlarla beraber kendine özel bir ısı geçirgenlik kapasitesi vardır. Isı transferi iki ortamın sıcaklık farkı ile meydana gelmektedir, dolayısı ile U katsayısı bir bina bileşeninin iki tarafındaki hava sıcaklığının farkı 1°C olursa 1m^2 'lik bir yüzeyden, 1 saatte dik doğrultuda diğer tarafa geçen toplam ısı miktarı olarak tanımlanır (Yılmaz, 2006).

U kat sayısının düşük olması ısı geçirgenliği özelliğinin daha az olması ve dolayısı ile ısı yalıtımının daha yüksek olduğu anlamına gelir bu yüzden ısı kaybına engel olmak istenen veya dışarının ısısının içeriye sızmasını engellemek istenen bölgelerde U kat sayısını düşük tutmak gerekir (Kundakçı, 2004).

iii. Bina Kabuğunu Oluşturan Bileşenler

Bir binanın kabuğunu oluşturan en önemli unsurlar, duvarlar, döşemeler, pencereler ve malzemelerdir. Bu bileşenlerin her birisi, binanın iç ve dış çevre arasındaki ısı transferi ve enerji tüketimi açısından farklı davranışlara sahiptir.

Isı kayıpları yapı bileşenlerine baktığımızda, 40% ı dış cepheyi oluşturan duvarlardan, 30% u pencerelerden, 7% ı çatıdan, 6% ı döşemeden (bodrum), ve 17% si dışarıyla temasta olan kapı ve pencerelerin açıklıklarından havanın sızmasıyla oluşmaktadır, dolayısı ile bina kabuğunun enerji tüketimi ve enerjiyi korumasıyla doğrudan alakalı olduğu bariz bir şekilde görülmektedir (Arınç, 2021).

- Opak ve Şeffaf Bileşenler

Bina kabuğu saydam ve opak bileşenlerden oluşturulmuştur bu bileşenlerin ısı davranışları birbirinden çok farklıdır binanın enerji ihtiyacını ve ısısal, görsel ve işitsel konforunu belirlemede büyük bir etkiye sahiptir.

Bina kabuğunda bina opak ve saydam bileşenlerden oluşmaktadır, opak bileşenleri duvarlar, çatı, döşemeler gibi elemanlar oluşturmaktadır. Sıydam bileşenler ise pencereleri, camları ve tüm şeffaf yüzeyleri içermektedir (babacan, 2022). Isı transferinin en az seviyede olması gerekn bazı iklim bölgelerde opak bileşenlerin ısı geçirgenliğinin düşük olması önem arz ediyor, soğuk ve sıcak kuru iklim bölgelerinde dışarının soğüğundan korunmak ve içerinin sıcaklığını dışarı sızmasını engellemek veya sıcak bölgelerde dışarının şiddetli sıcaklığından korunmak için ısı kütlesi yüksek olan malzemeler kullanılmalıdır (koca, 2006).

Şeffaf bileşenler gün ışınımının ve güneş enerjisinin içeriye girmesine sağlar. Şeffaf bileşenler güneş ışınlarının %80'den fazlasını içeriye taşımakta olduğundan dolayı, güneş enerjisinin kullanılmasını istenilen alanlar için önem arz etmektedir. Diğer taraftan şeffaf bileşenleri U katsayısı yüksek bileşenler oldukları için bina ısı transferi açısından bina kabuğunun en zayıf yerlerinden biri sayılır (Arınç, 2021). Camın doğal özelliği sebebiyle güneşin kısa dalga ışınımını içinden geçirir ama uzun boylu ışınımını kendisinde tutarak iç ortamın ısınmasına sebep olur. (Sera etkisi) bu durum camın Optik özelliklerini, yani yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik olarak göstermektedir (Yılmaz, 2006).

Şeffaf bileşenlerin yani camın, yeri ve büyüklüğü binanın enerji tüketimini etkilemektedir. Genel bir kurala göre ısıtma ihtiyacının çok olduğu bölgelerde Güney cepheye daha çok pencere yerleştirilir doğu ve batı cephelerde saydamlık oranı sadece doğal aydınlatmadan faydalanabilecek kadar Cam kullanarak, daha az tutulmalıdır, bunun sebebi genellikle bu cephelerde pencerelerin yazın çok ve kışın daha fazla güneş enerjisi toplamasıdır (Yılmaz, 2006).

Doğru pencere ve cam seçimi ile pencere ve kapı ve cam boşluklarından kayba uğraya ısı enerji önlenebilir. Cam türü, doğrama tipi, iki camın arasındaki boşluk miktarı, camların kalınlığı ve kaplaması gibi özellikler ısı geçirgenlik kat sayısını (U kat sayısı) etkilemektedir (Özdemir, 2005).

Aşağıdaki tablo TS-825 değişik pencere sistemlerinin (U) katsayılarını belirlemiştir.

Çizelge 2. TS-825'e Göre Bazı Penjere Sistemlerinin (U) Değerleri (Arınç, 2021).

Bazı pencere sistemlerinin Up değerleri

Türkiye'deki ısı bölgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak üzere hazırlanmış pencere ısı geçirgenlik (U_p) katsayıları W/m^2K	TEK CAMLI PENCERE	ÇİFT CAMLI PENCERE (kaplamasız cam)				ÇİFT CAMLI LOW-E KAPLAMALI PENCERE				
		ARA BOŞLUK (mm)				ARA BOŞLUK (mm)				
		6	9	12	16	6	9	12	16	
DOĞRAMASIZ	5,7	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	1,6	
D O Ğ R A M A T i p i	AHŞAP DOĞRAMA (meşe, dişbudak/sert ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3,0	2,8	2,8	2,3	2,2	2,0
	AHŞAP DOĞRAMA (iğne yapraklı yumuşak ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2,0	1,8
	PLÂSTİK DOĞRAMA (2 odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1
	PLÂSTİK DOĞRAMA (3 odacıklı)	5,0	3,2	3,0	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA	5,9	4,0	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3,0	2,8
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA (yalıtım köprülü)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1

C. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Yenilenebilir enerji kaynakları:

Yenilenebilir enerji doğal kaynaklardan elde edilen ve kendini yenileme hızı tükenme hızından daha fazla olan ve bu şekilde sürekliliğini koruyan enerjiler olarak tanımlanmaktadır (Yarar, 2019).

Bu enerjiler tükenmez ve yerli olmak özelliklerine sahiptirler ve sürdürülebilir enerji kavramına hizmet sağlayabilmektedir.

En yaygın ve genel yenilenebilir enerji şekli güneşten ışınımından gelen enerji ve rüzgâr enerjisidir.

Yenilenebilir ve aktif sistemlerden bağımsız olarak binanın doğrudan tasarımı ile ilişkili olan pasif sistemlerin parametrelerinden biri olan iklim verileridir (Bayraktar, Yılmaz, 2005).

Bunlar daha önce de bahsettiğimiz gibi binanın konumu, bina aralıkları, binanın yönlendirilişi, formu ve yapının kabuğu ve Termofiziksel özellikleri olarak belirtilmektedir. Pasif güneş sistemleri güneş enerjileri bir teknoloji gerektirmeden uygulanabilmesi ve enerji etkin yapı tasarımında önemli bir rölle sahip olduğu nedeniyle son tercih edilen enerji kaynağı olmuştur. Son yıllarda binalarda tercih edilen enerji kaynağı olmuştur güneş enerjisinden ısıtma soğutma aydınlatma sıcak su ve elektrik elde edilebilmektedir. Böylece pasif Güneş sistemlerinin aylarında ısı Kazancı ve yaz aylarında Doğal havalandırma ve soğutma olarak faydalanabilmek bilinmektedir.

Yenilebilir enerjiyi kaynaklarından yararlanmak için bina cepesinde aktif sistem öğeleri kullanılmaktadır. Buradaki amaç enerji Etkin bir bina tasarımı yapmaktır.

-Yenilenebilir enerji kaynakları bu şekilde sıralanmaktadır:

1. Güneş Enerjisi:

Güneş enerjisi, güneşten gelen ışınımın elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilir. Fotovoltaik (PV) paneller, güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirir. Güneş enerjisi hakkında yapılan bir çalışmaya göre (Smith and Johnson, 2023), PV teknolojisinin sürekli olarak geliştirildiği ve maliyetinin düştüğü belirtilmektedir.

2. Rüzgâr Enerjisi:

Rüzgâr enerjisi, rüzgâr türbinleri aracılığıyla rüzgârın kinetik enerjisini elektrik enerjisine çevirir. Rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumu ve verimliliği üzerine yapılan araştırmalar, bu teknolojinin yenilenebilir enerji üretimindeki önemini vurgulamaktadır (Brown et al., 2022).

3. Hidroelektrik Enerji:

Hidroelektrik enerji, suyun potansiyel enerjisini kinetik enerjiye dönüştüren barajlar ve türbinler aracılığıyla sağlanır. Örneğin, büyük hidroelektrik santrallerinin etkileri ve sürdürülebilirlik potansiyelleri üzerine yapılan çalışmalar, bu enerji kaynağının çevresel ve ekonomik yararlarını incelemektedir (Chen, 2021).

4. Biyokütle Enerjisi:

Biyokütle enerjisi, biyolojik olarak üretilen materyallerin enerji olarak kullanılmasıyla elde edilir. Biyokütle türleri üzerine yapılan araştırmalar, bu enerji kaynağının farklı biyoçeşitliliklerde nasıl kullanılabileceğini ve potansiyelini değerlendirmektedir (Garcia and Martinez, 2020).

5. Geotermal Enerji:

Geotermal enerji, yer altındaki sıcak kayaların veya suların ısı enerjisinin kullanılmasıyla sağlanır. Geotermal kaynakların jeotermal alanlarda nasıl kullanılabileceğine dair yapılan çalışmalar, bu teknolojinin yerel enerji güvenliği ve sürdürülebilirlik açısından önemini vurgulamaktadır (Li and Wang, 2019).

6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen enerjisi, genellikle suyun elektroliz yöntemiyle ayrıştırılmasıyla elde edilen bir enerji kaynağıdır. Elde edilen hidrojen gazı, yakıt hücreleri veya doğrudan yakıt olarak kullanılarak elektrik enerjisi üretiminde ve taşıtlarda enerji sağlamak için kullanılabilir (Güneli, 2005).

7. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi, okyanus veya denizdeki dalga hareketlerinden elde edilen enerjiyi ifade eder. Bu enerji genellikle dalga enerji dönüştürücüleri aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür (Güneli, 2005).

D. Enerji Elde Edilmesinde Pasif ve Aktif Sistemler

1. Pasif Sistemler

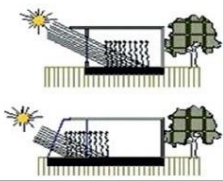
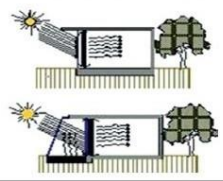
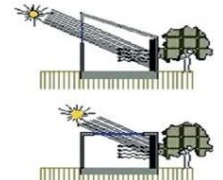
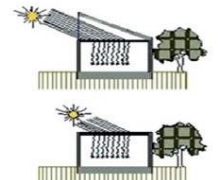
Isıtma, soğutma, havalandırma amacıyla binalarda enerji etkin bir tasarım yapmanın en iyi yollarından biri güneş ve rüzgâr enerjisini doğru bir şekilde kullanıp, gerektiğinde onlardan yararlanmak ve ya korunmaktır. Buna yönelik tasarım sürecinde tasarlanan sistemler, pasif sistemler olarak adlandırılmıştır. (Özdemir, 2005). Enerji etkin bir bina tasarımının en iyi yollarından biri, pasif sistemlerden yararlanmaktır pasif sistemler, güneş ve rüzgâr enerjisini istenilen enerjiye çevirmek için tasarlanan sistemlerdir. Pasif sistemler tasarlanırken, yapının iklim özelliklerine göre inşa edilmesi ve bu enerjileri en verimli şekilde

kullanmak adına, uygun malzemenin seçilmesi önem arz etmektedir (Özdemir, 2005).

a. Pasif Güneş Sistemleri:

Pasif sistemlerin uygulanması, planlama ve kullanılacak malzemelere karar vermek, tasarım aşamasında gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerde binanın duvar, çatı ve pencere bileşenleri vasıtasıyla güneş enerjisinin toplanma, depolama ve dağıtılması sağlanmaktadır. Güneş ışınımının binanın içine almak ve Güneş enerjisini verimli şekilde kullanmanın en önemli kriterlerini böyle sıralaya biliriz:

- _Yapının yönü ve konumunun organizasyonu
- _ İç yüzey özellikleri
- _Güneş ışınımını en verimli şekilde kullanmak
- _Pencerelerin Termal özellikleri nitelikleri
- _Camların şekli ve boyutu (Sow, 2016).

	DOĞRUDAN PASİF SİSTEMLER	DOLAYLI PASİF SİSTEMLER
Güney Açıklıkları		
Çatı Açıklıkları		

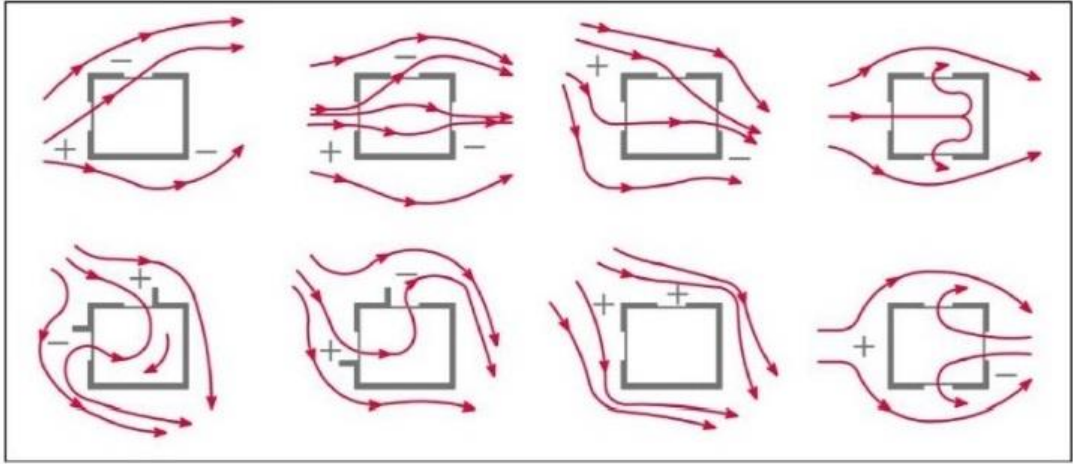
Şekil 8. Doğrudan Ve Dolaylı Pasif Sistemlerde Isıtma Yöntemleri (Bekar,2007)

b. Havalandırma

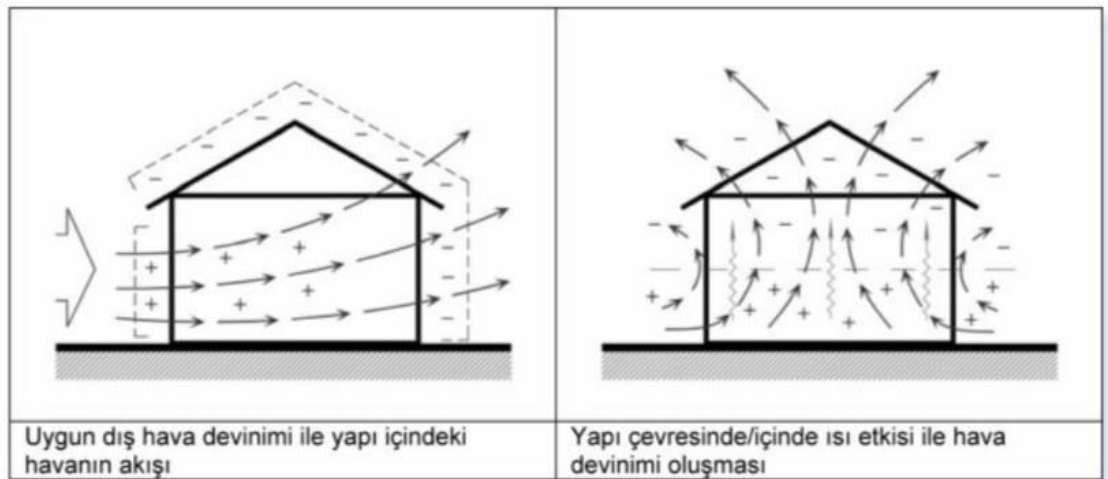
Hava sirkülasyonu bir Mekânda hava basıncından meydana gelen havanın yer değiştirmesidir; kapalı bir Mekândaki kullanılmış, ısınmış ve kirli bir havanın dışarıdan gelen temiz ve taze havayla yer değiştirmesine havalandırma denilir. Yapıda doğal havalandırmanın etkin olması, temiz havanın binanın içine girmesi binada dolaştırılması, kirlenen, ısınmış ve kirli havanın yapıdan çıkarılması ile sağlanılmaktadır (Darçın ve Balanlı, 2012).

Yapının konumlandırılması, formu, bina aralıkları ve dizilişi, doğal havalandırmanın verimli şekilde kullanılmasında önemli etkiye sahiptir (Darçın ve Balanlı, 2012).

Doğal havalandırmayı sağlamak yönünde, bina kabuğunun dış cephedeki pencere açıklıklarının, iç Mekânın havalandırmasını sağladığı için, tasarım aşamasında yerleri, formu ve ebatlarına dikkat edilmelidir. Doğal havalandırma sistemleri kullanıcı konforunu iç Mekânın taze havası ve soğutmasını doğal yollardan ve doğal kuvvetlerden yararlanarak, sağlayan sistemlerdir. Hava sıcaklığı ile değişen basınç farkı ve rüzgâr etkisi iki temel kuvvettir (Atmaca, 2017).



Şekil 9. Farklı Bina Tipleri Ve Açıklıkları Etkileyen Pozitif (+) Ve Negatif (-) Rüzgâr Basınçları (Habibzadeh, 2012)



Şekil 10. Yapıda Doğal Havalandırmanın Sağlanması (Habibzadeh, 2012)

c. İç kazançlar

Yapı içinde metabolik ısı olarak adlandırılan, insanlardan kaynaklanan ısı ve binanın veya farklı zonlarda kullanmakta olan ekipmanların, aydınlatmaların ve kullandığı enerjinin bir kısmını ısı şeklinde geri veren elemanların ısısıdır.

Yüksek iç kazançlar enerji tüketimini ve binanın enerji performansını oldukça etkilemektedir (Bayraktar ve Yılmaz, 2007).

2. Aktif Güneş Sistemleri

Aktif sistemler iç Mekânın ısıtma soğutma aydınlatma ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla güneş ve rüzgâr enerjisini kullanan Mekânîk ve elektronik sistemlerin bütünü olarak tanımlanmaktadır (Danacı ve Gültekin, 2009).

Aktif sistem parametreleri ısıtma Sistemi, soğutma sistemi, havalandırma sistemi, aydınlatma sistemi ve sıcak su sistemi olarak sayılmaktadır.

Binalarda güneş enerjisinden etkin bir şekilde yararlanmak amacıyla, güneş enerjisini ısı ve elektriğe dönüştürmek için toplama sistemlerinin uygulanması ile toplayıcılar ve güneş pillerinin kullanılması, aktif güneş sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Aktif güneş sistemi binalarda tasarıma eklenen her teknolojik ürün aktif güneş sistemleri olarak tanımlanmaktadır (Demircan ve Gültekin, 2017).

a. Güneş Toplayıcıları (Güneş Kolektörleri):

Yapının sıcak su ihtiyacını karşılamak için kullanılır. Bu sistemler güneşten gelen radyasyonları toplayıp yoğunlaştırarak sisteme verilen soğuk suyun ısınmasını sağlamaktadır (Demircan ve Gültekin, 2017). Güneş toplayıcıları yapılarda güneş duvarı şeklinde, duvarlarda, çatıda, zemin kattan daha düşük bir kotta veya binanın dış kısmında kullanılabilir. Duvarlarda yapılan bu uygulamalarda iç Mekânın ışıksız kalmaması için pencerelerin yeri boş bırakılabilir. Bu sistemin en yaygın kullanım şekli çatılarda kullanışıdır. Çatılar için fazla karın verebileceği zarar göz önünde bulundurulmalıdır (Bozdoğan, 2003).



Şekil 11. Güneş Kolektörü

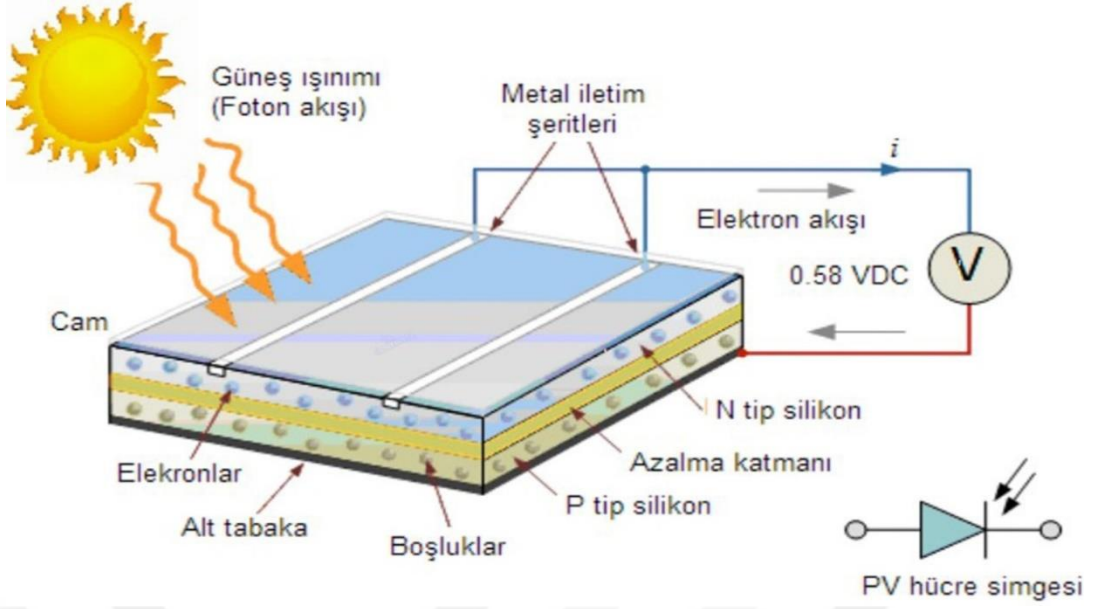
Kaynak: (Aksan Solar, t.y.)

b. Fotovoltaik sistemler:

Fotovoltaik sistemler-güneş pilleri- yer yüzüne gelen güneş ışınımını direkt elektrik sistemine çeviren sistemlerdir. Bu sistemler güneş hücreleri olarak da tanımlanmaktadır ve farklı formlar ve boyutlarda kullanılmaktadır.

Binalarda fotovoltaik sistemler binanın kabuğu ve çatısında kullanılır. Çatıda kullanılan sistemler, çatının eğimini kullanarak panellerin gün ışınımına karşı daha doğru kullanılabilmelerinden dolayı ve gölgeleme faktöründen daha uzak olmasından dolayı, daha verimli olmaktadır (Bekar, 2003).

Fotovoltaik paneller binanın cephesine entegre edilebildiği gibi binanın kabuğunu oluşturan bir eleman olarak yapının bir parçası olabilir. Binanın kabuğunun camdan oluşması halinde bu paneller, gölgeleme elemanı gibi ve ya gün ışığını kontrol altına alan, yarı şeffaf yada opak malzeme olarak kullanılabilir. (Göksal Özbalta, 2005).



Şekil 12. FV Hücresinin Yapısı

Kaynak: Öztürk (2019)

c. Aktif rüzgâr sistemleri

Aktif rüzgâr sistemlerinde rüzgâr enerjisi, elektrik üretiminde, termal enerjide ve pompalama sistemlerinde kullanılmaktadır, rüzgâr türbinleri bu uygulamaların en yaygını olanıdır. Rüzgâr türbinleri binada, binaya monte edilerek ve ya entegre edilecek şekilde tasarlanabilmektedir.

Bir rüzgâr türbinini oluşturan bileşenler, kule, hız dönüştürücüleri, jeneratör, pervane ve elektrikli-elektronik unsurlardır. Jeneratör'dan elektrik elde edildikten sonra üretilen elektrik enerjisi doğrudan alıcı ekipmanlara teslim edilir veya akülerde depolanır. (Özdemir, 2017).

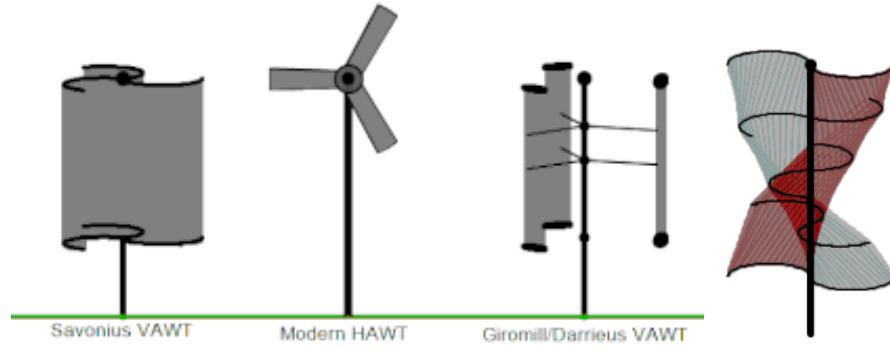
Bir rüzgâr türbini genellikle bir kule, bir jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutuları), elektrikli-elektronik elemanlar ve bir pervaneden oluşur. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi akülerde depolanır veya doğrudan alıcılara teslim edilir (Elibüyük and Üçgül, 2014).

Binalarda kullanılan rüzgâr türbinleri üç gruba ayrılır:

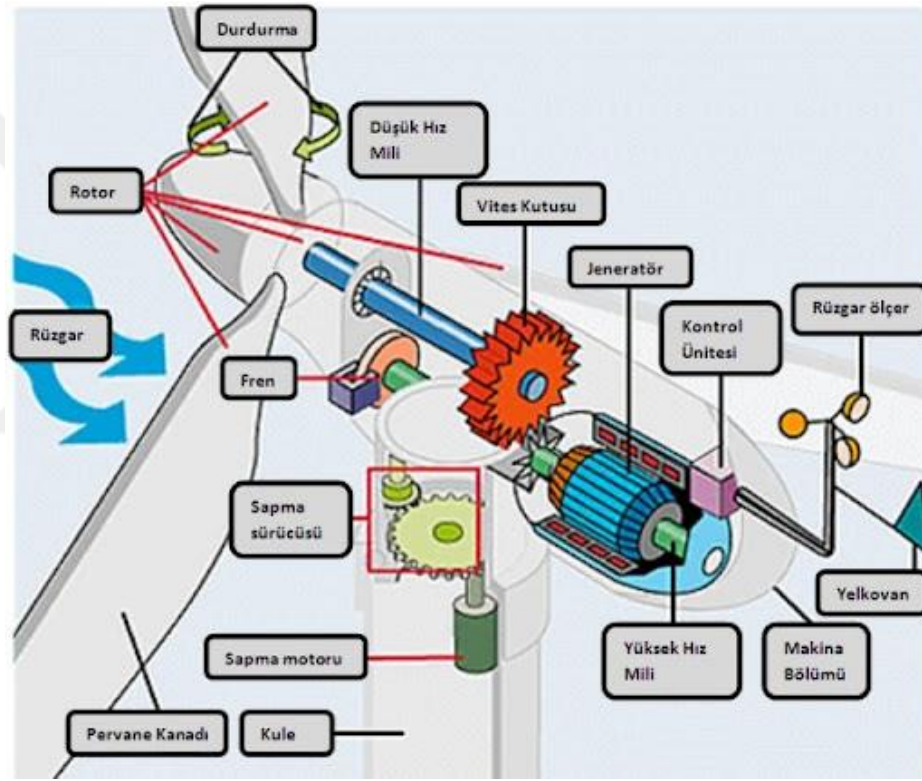
Rüzgâr türbinleri üç gruba ayrılmıştır:

- Binadan bağımsız rüzgâr türbinleri
- Binaya monte rüzgâr türbinleri

-Binaya entegre rüzgâr türbinleri



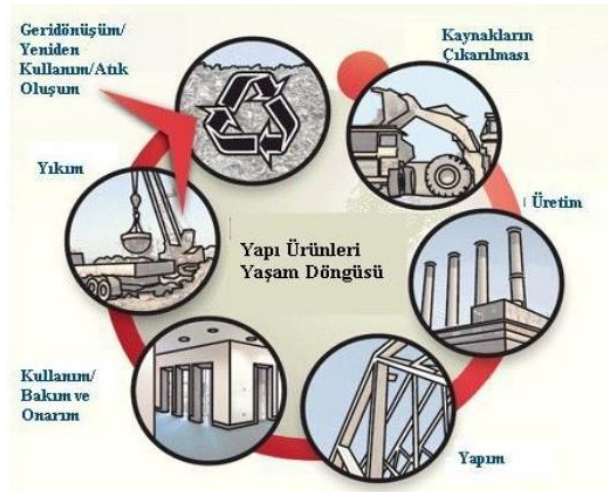
Şekil 13. Rüzgâr Turbini (Wikipedia Contributors, n.d.).



Bir Rüzgâr Türbinini Oluşturan Elementler (Köseoğlu, 2019).

IV. YAPILARDA YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRİLMESİ- YDD (LİFE CYCLE ASSESSMENT-LCA)

Yapılarda bir başlangıç aşaması, kullanım süreci ve bitiş evresi vardır bu döngü bina yaşam döngüsüdür; Paulsen yaşam döngüsünü kavram olarak “beşikten mezara” ve geçen süreç binalarda yaşam döngüsü kavramı olarak tanımlamıştır (Paulsen, 2001; Hamilton and Murshed, 2009). Bu söylemde “beşik” hammaddenin çıkarılmasından üretime kadar olan sürecini anlatırken, “mezar” üretim esnasında kullanılan kaynaklardan oluşan atıkların doğaya dönüşümüdür. YDD, hammaddenin çıkarılması, yapı malzemesine dönüştürülmesi, binanın yapımı, kullanım evresi ve malzemenin kullanım ömrünün bitiminden sonra, geri dönüşümünü sağlamak ya da ortadan kaldırması gibi süreçleri kapsamaktadır ve bir döngü boyunca meydana gelen ve gelebilecek olası çevre etkilerin değerlendirilmesi şeklinde nitelendirilmektedir (Wiedmann ve Minx, 2008). Bu değerlendirme süreci, bir binanın çevresel etkilerini ilaveten enerji tüketimini, malzeme seçimini, su kullanımını ve atık yönetimini içeren geniş bir perspektif sunar. Doğal kaynakları en az miktarda tüketmeye yönelik, az malzeme kullanımı ve dolayısı ile daha az miktarda tükenmiş enerji, stratejisi kullanılabilir



Şekil 14. Yapı yaşam döngüsü

Kaynak: (Wiedmann ve Minx, 2008)

Binaların Yaşam Döngüsü Boyunca Enerji Tüketimi

Binaların yapılışında pasif enerjilerden maksimum yararlanmak için ve enerji tüketimini minimuma indirmek için iklimle dengeli binaların yapılması önerilmektedir ve Binalarda enerji ihtiyacı miktarlarını düşürmenin yolu enerji etkin dizayn parametreleridir. Teknolojinin ilerlemediği eski zamanlarda yapılan binalara baktığımızda, enerji kaynaklarına ulaşmalarının zor olduğundan dolayı iklime daha uygun ve bu kriterlerin çoğuna sahip olduklarını görebiliyoruz. YDD ve YDEA'nın tanımında belirtildiği gibi yapının yaşam evresi boyunca tükettiği enerjinin tespiti için yapı malzemesinin üretime başladığı dakikadan binanın yıkılmasına kadar ve daha sonrasında gerçekleşen tüm aşamalarına ve geçirdiği evrelere göz önünde bulundurmamak gerekir. Binalarda yapılan yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi, TS EN 15978 (2012)'e göre üretim, inşaat, kullanım ve kullanım ömrünün sonu aşamalarından oluşmaktadır. Birçok çalışmada, binanın kullanım aşamasının, yaşam döngüsü enerji kullanımının %70'inden fazlasını oluşturduğu sonucuna ulaşılmış ve kullanım aşamasının analizine odaklanılmıştır (Fay vd., 2000; Ortiz vd., 2009; Passer vd., 2012). Bu analizler sonucu kullanım aşamasından kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılması çalışmaları yapılmış ve diğer yaşam döngüsü aşamalarının etkisi üzerinde durulmaya başlanmıştır. Bazı çalışmalarda, üretim ve inşaat aşamasından kaynaklanan çevresel etkilerin, binanın tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkisinin yaklaşık %50 sini oluşturduğu sonuçlarına ulaşılmış ve binaların diğer yaşam döngüsü aşamalarının etkisine olan ilgi önemli ölçüde artmıştır (Dodoo vd., 2009; Hafner vd., 2012; Thormark, 2006).

A. Yaşam Döngüsünde Enerji Verimliliği ve Karbon Emisyonu:

“Ourworldindata“ sitesinin raporuna göre şekil 10'daki grafikte, 18. yüzyılın ortalarından günümüze küresel emisyonların çoğalmasi görülmektedir. Sanayi Devrimi öncesinde emisyonların çok düşük olduğu dikkat çekmektedir. Emisyonların artışı 20. yüzyılın ortalarına kadar nispeten yavaş ilerlemiştir. 1950'de Dünyada 6 milyar ton salınım meydana gelmiş; 1990'da bu neredeyse dört katına çıkarak 22 milyar tonun üzerine çıkmıştır. Emisyonlar hızla artmaya devam etmekte olup şimdi her yıl 34 milyar tondan fazla salınım olmaktadır

(Jimenez, 200). Binalarda enerji tüketimi, genellikle fosil yakıtların kullanılmasıyla gerçekleştirilen elektrik üretiminden kaynaklanan CO2 emisyonlarının büyük bir kaynağıdır. Bu nedenle, enerji verimliliği önlemleri, binaların CO2 ayak izini azaltmak için kritik öneme sahiptir (Smith and Johnson, 2023).

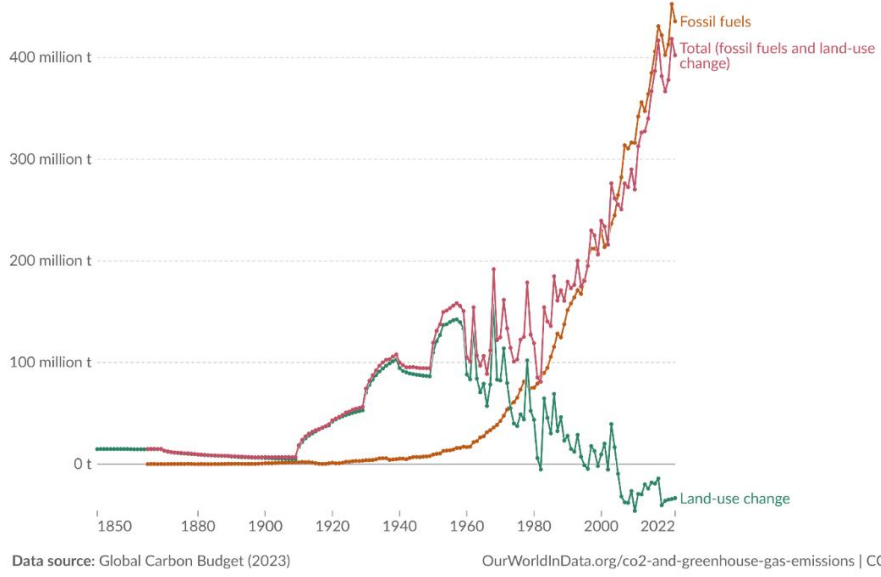
Bina ömrü sonunda atık yönetimi ve geri dönüşüm süreçleri de CO2 emisyonlarını etkiler. Malzemelerin geri dönüşümü veya tekrar kullanımı, yeni malzemelerin üretiminden kaynaklanan CO2 emisyonlarını azaltabilir (Brown and Garcia, 2022). Bu bağlamda, yeşil bina sertifikasyonları ve sürdürülebilirlik stratejileri, binaların CO2 ayak izini azaltmak için belirli kriterler sunar. Bu kriterler arasında enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı ve çevresel etkiyi azaltma stratejileri bulunmaktadır (Smith and Johnson, 2023; Brown and Garcia, 2022).

1. Gömülü Karbon Nedir

Gömülü karbon tanımı, Malzemenin veya ürünün üretimi sırası boyunca doğaya saldığı sera gazı miktarının ölçüsüdür; inşaat veya üretimin karbon maliyeti olarak tanımlanır. Malzemenin fabrikaya girmeden önce hammadde çıkarımı, üretimi, taşınması ve üretim proseslerini kapsayarak ürün veya hizmetlerle ilişkili doğrudan ve dolaylı süreçlerden ortaya çıkan karbondioksit ve diğer sera gazlarının toplamının tanımıdır (Onal, 2022).

Çizelge 3. 2003 De Türkiye İçin Fosil Yakıtlardan ve Arazi Kullanımından Meydana Gelen CO2 Salınımı Miktarı

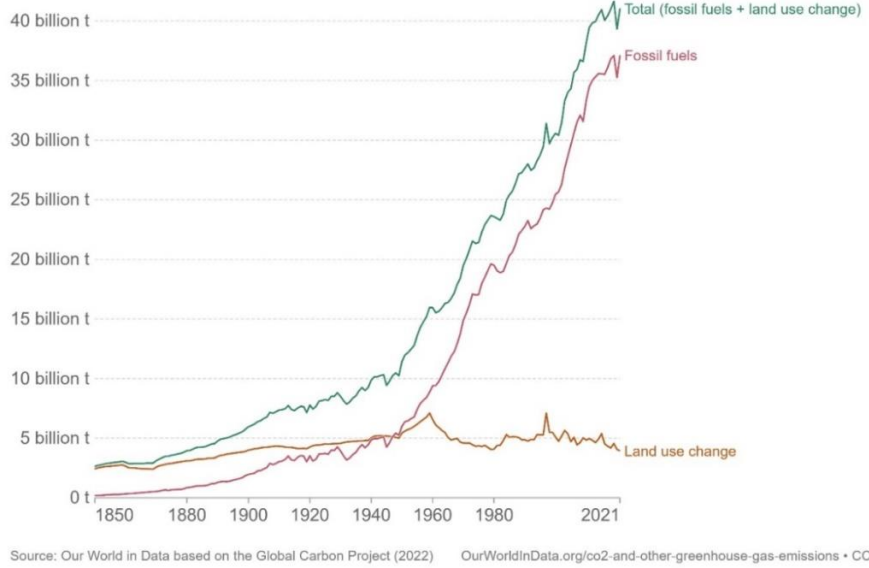
CO₂ emissions from fossil fuels and land-use change, Turkey



Kaynak: atıf: (International Energy Agency [IEA], 2004)

Çizelge 4. 2021 De Dünyada Fosil Yakıtlardan ve Arazi Kullanımından Meydana Gelen CO2 Salınımı Miktarı

Global CO₂ emissions from fossil fuels and land use change, World



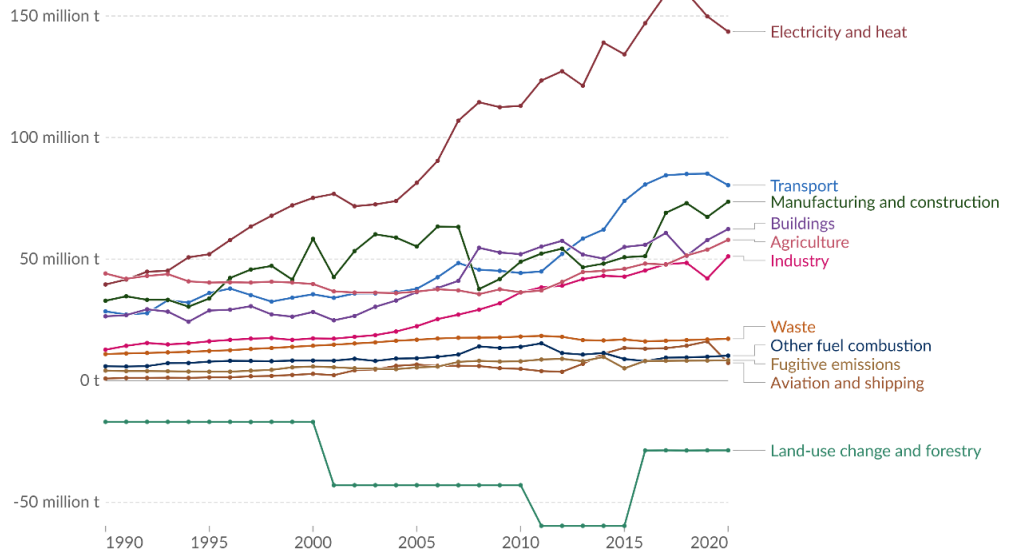
Kaynak: atıf: (International Energy Agency [IEA], 2004)

Çizelge 5. Türkiye'de Sektörlere Göre Sera Gazı Salınımı

Greenhouse gas emissions by sector, Turkey

Greenhouse gas emissions¹ are measured in tonnes of carbon dioxide-equivalents² over a 100-year timescale.

Our World
in Data



Data source: Climate Watch (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

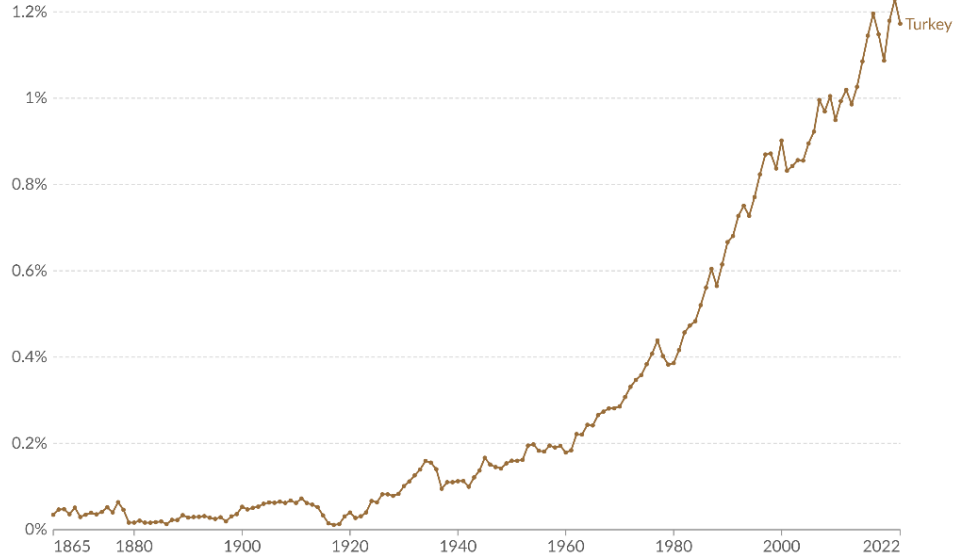
Kaynak: atıf: (International Energy Agency [IEA], 2004)

Çizelge 6. Dünyadaki Karbon Emisyonu Miktarının Değişikliği

Share of global CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.

Our World
in Data



Data source: Global Carbon Budget (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

Kaynak: atıf: (International Energy Agency [IEA], 2004)

Tablo 6'daki grafiğe göre en fazla karbon ayak izi miktarı, fosil yakıt kullanımından ve tatil insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkmaktadır.

2. Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi, ürünün yaşam döngüsü süresince salınan CO2 miktarı olarak tanımlanmaktadır (Wiedmann ve Minx, 2008). Karbon ayak izi, doğrudan ve dolaylı karbon ayak izi olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğrudan(birincil) karbon ayak izi, konfor, ulaşım ve tüm günlük olarak tüketilen enerji giderleri ile fosil yakıtların tüketilmesinden meydana gelen CO2 emisyonlarının; dolaylı (ikincil) karbon ayak izi ise kullanılan malzemelerin ürün yaşam döngüsünden ortaya çıkan dolaylı CO2 emisyonlarının ölçüsüdür (Altınöz, 2019).



Şekil 15. Carbon Footprint

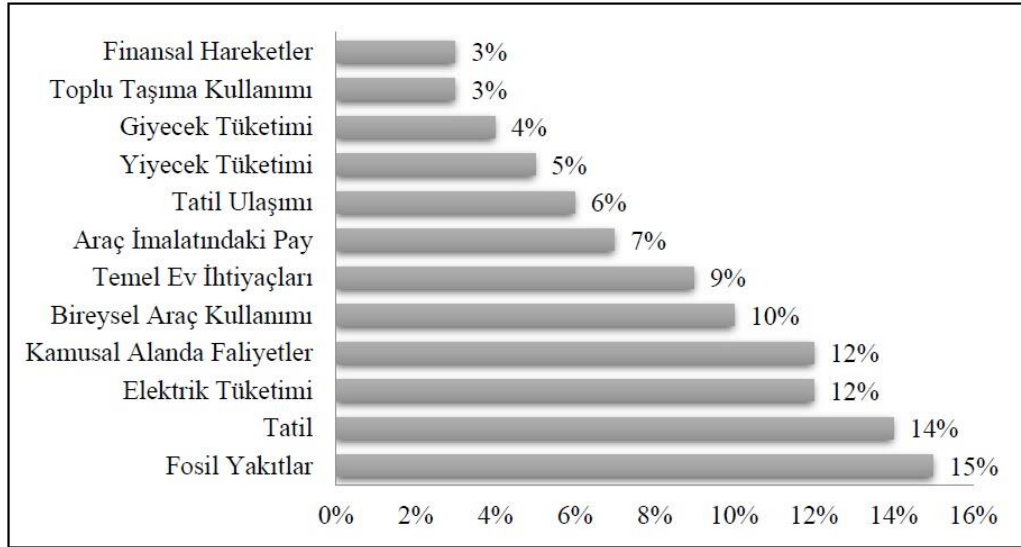
Kaynak: (Altınöz, 2019).

Bina malzemelerinin karbon ayak izi, imalat, inşaat, taşımacılık ve malzeme yaşam döngüsünün karbon emisyonları gömülü karbon olarak tanımlanırken, bina emisyonlarının toplamında operasyonel karbonu tanımlar. Operasyonel karbon, binanın kullanımından ortaya çıkan karbon miktarıdır. (Enerji havalandırma

sistemi ekipmanları.). En fazla gömülü karbon içeren malzemelerden alüminyum, çimento, Çelik ve plastikler sayılabilmektedir (Altınöz, 2019).

Tablo6'daki grafiğe göre en fazla karbon ayak izi miktarı, fosil yakıt kullanımından ve tatil insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 7. Çeşitli Faaliyetlerde Karbon Ayak İzi



Çeşitli faaliyetlerin karbon ayak izi

Kaynak: Hamilton, (2009)

B. Yaşam Döngüsü Analizi

YDA, Üretim veya hizmet için kullanılan enerji, su, doğal kaynaklar, ham maddeler ve beraberinde oluşan çevresel emisyonların çıkarılması ve bu Input ve Output'lara bağlantılı olarak oluşması muhtemel olan çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve sonuçların sistematik ve karşılaştırılmalı şekilde değerlendirilerek karar yetkililerine sunulmasından ibarettir (Çebi, 2019).

1. YDA'nın Aşamaları

YDA metodolojisi temel olarak dört aşamadan oluşmakta ve bu şekilde sıralanmaktadır:

a. Amaç ve Kapsam

Bu bölümde çalışmanın amacı, kapsamı, sınırları ve detaylandırma düzeyi tanımlanır

b. “Envanter Analizi “

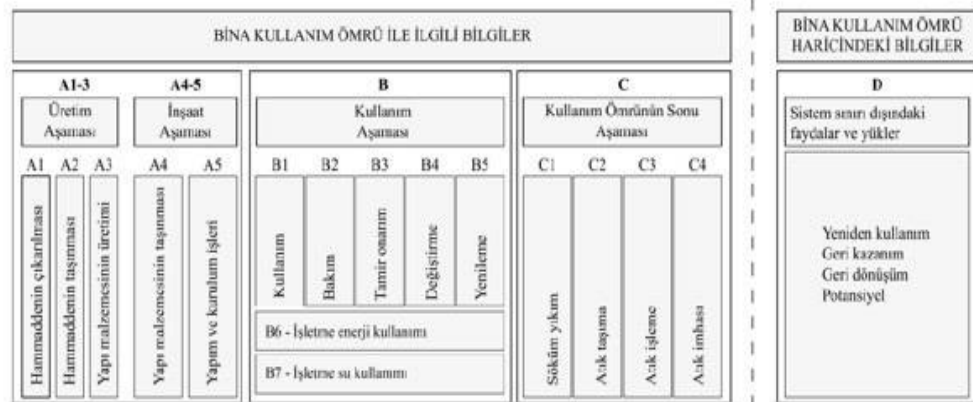
Bu aşamada çalışılan sistemin kapsamı dahilinde gerçekleşecek enerji, su, ham madde kullanımı ve bunlara bağlı çevresel emisyonlar belirlenir.

c. “Etki Değerlendirmesi Analizi”

Envanter analizi aşamasında belirlenen enerji, su, ham madde kullanımı ile çevresel emisyonların insan sağlığı ve çevresel değerler üzerindeki olası etkileri değerlendirilir.

d. Yorumlama

Envanter ve etki analizi aşamalarının sonuçları değerlendirilerek karşılaştırılanlar Arasından tercih edilecek ürün, süreç ya da hizmet seçilir. Bu seçim esnasında yapılan Tahminler ve var olan belirsizlikler YDA kapsamında açık bir şekilde belirtilir (IEA, 2004).



Binalar için yaşam döngüsü aşamaları ve modüller

Şekil 16. Binalar İçin Yaşam Döngüsü Aşamaları Ve Modelleri

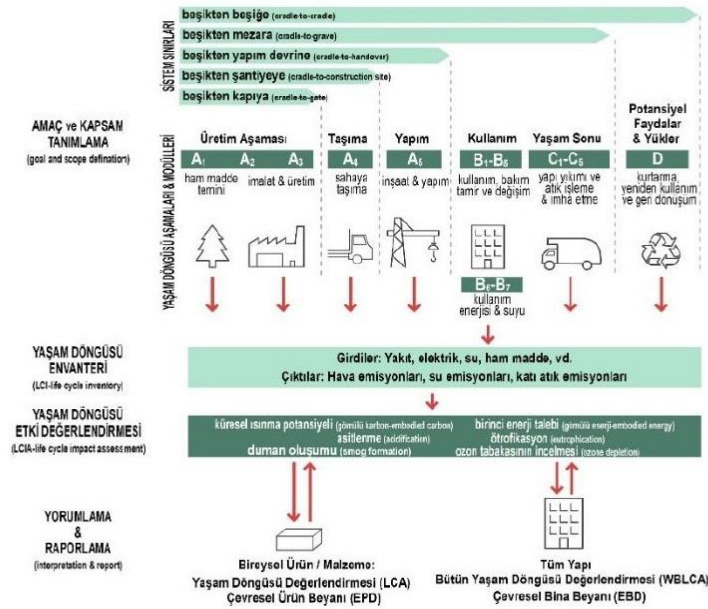
Kaynak: Koç, (2022)

YDA çalışmaları yaşam döngüsünde ele aldığımız ve analizini yapmak istediğimiz aşamaya bağlı olarak “beşikten mezara”, “beşikten kapıya”, “beşikten beşiğe” ve “kapıdan kapıya” olarak tanımlanmaktadır (Çebi, 2019). “Beşikten mezara” terimi bir süreç veya ürünün tüm yaşam döngüsünü içeren analiz işlemi için kullanılan bir tanımlamadır ve hammaddenin çıkarılmasından (“beşik”) oluşan atıkların arıtılmasına (“mezar”) kadar geçilecek tüm evreleri kapsar. “Beşikten kapıya” tanımlaması, bir malzeme veya süreci, hammaddesinin çıkarılmasından (“beşik”) itibaren fabrika kapısına teslim aşamasına (“kapı”)

kadar olan süreçlerini, kısacası yaşam döngüsünün bir kısmını içine alır. “Beşikten mezara” yaklaşımında atıkların geri dönüşümü sağlanırsa bu “beşikten beşiğe” ifadesi ile tanımlanmaktadır. “Kapıdan kapıya” bir ürün veya bir sürecin sadece bir aşamasının yaşam döngüsünü tanımlayan terimdir (Önal,2022).

2. Yaşam Döngüsü Envanteri (ISO 14041):

“Bir ürünün, sürecin veya aktivitenin yaşam-döngüsünde enerji ve hammadde gereksinimlerinin, hava emisyonları, su yoluyla taşınan fabrika atıkları, katı atıklar ve diğer çevresel atıkların ölçümlerinin objektif ve veri tabanlı sürecidir.” (IEA, 2004). Bu aşama YDA’nın önemli bir aşaması sayılır. Envanter analizinin niteliği çalışmanın hedefini ve kapsamını belirleyecek seviyede olması gerekmektedir. Bu sebeple arada başa dönüp yapılan işlemleri yeniden gözden geçirmek gerekebilir.



LCA hesaplama metodolojisinin dört ana safhası ve birbiri ile olan ilişkileri (Soust-Verdaguer, Llatas, & García-Martínez, 2017).

Şekil 17. LCA

C. Yapı Sistemlerinde Seçilen Sistemin ve Malzemenin Yaşam Döngüsü Süreçlerine Etkisi

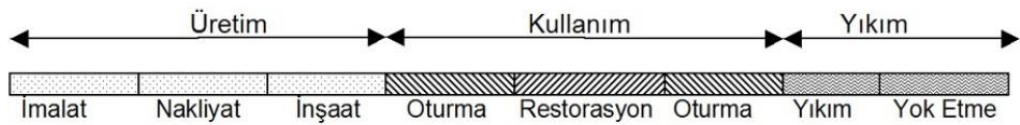
Yaşam döngüsü değerlendirmesi, bina malzemelerinin üretimi sırasında ortaya çıkan CO2 emisyonlarını, enerji tüketimini, inşaat atıklarını ve bina işletimindeki enerji performansını değerlendirir (Brown and Garcia, 2019).

Örneğin, beton gibi malzemelerin üretimi fosil yakıtların kullanımını gerektirir ve bu da doğrudan CO2 emisyonlarına yol açabilir.

Bir binanın yapılışını sağlayan ve kullanım sürecinde enerji tüketiminin miktarında büyük rol oynayan en büyük etkenlerden biri malzemedir. Kullanılan malzemenin harcamaya sebep olan enerjiyi hesaplama yöntemi olan yaşam döngüsü tüketilen enerjiyi kontrol etmekte bize yardımcı olmaktadır

Yapı ürününün miktarının hesabı yapılırken, temelin kazılmasından, kapının, çatının kurulumuna kadar tüm değerler hesaba katılmalıdır.

Yapı ürünlerinin yapının yaşam döngüsünün tüm evrelerinde çevreye etkileri olmaktadır. Binaların yapım esnasında taşımacılık, üretim ve dışsal maliyet, malzeme ve kaynakların doğal çevreyi ne derecede etkiledikleri konusunda üç önemli unsurdur (Fay vd, 2000). Günümüzde malzeme ithalatı ve bina yapımı sırasında uçak, gemi gibi taşıtlar aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Bu araçların taşımacılık sırasında ortaya çıkardıkları karbon emisyonu ve kirlilik de göz ardı edilemeyecek boyuttadır. Yeşil binalarda geri dönüşümlü ve yerel malzeme kullanarak hem çevre kirliliği hem de maliyet miktarı minimumda tutulabilir. İlaveten geri dönüşümde, hammadde kaynaklarının daha az kullanılması ve atıkların bertaraf edilmesi için gerekli alanın azaltılması sağlanabilmektedir. (Thormark, 2002). Ham maddenin etkin kullanımında tükettiği enerji miktarına odaklanırken tükettiği doğal kaynak miktarı da göz ardı edilmemesi gerekmektedir.



Binanın Yaşam Döngüsü Boyunca Geçirdiği Evreler

Şekil 18. Binanın Yaşam Döngüsü Boyunca Geçirdiği Evreler

Kaynak: (Duru,2021)

1. Eski Binaların Kullanımı

Binaların yaşam döngüsünün ne kadar erken tamamlanması, fiziksel, çevresel ve sosyal problemlerin de o kadar erken ortaya çıkması anlamına gelir.

Bir yapının yaşam döngüsüne işlev dönüşümünü ve yeniden kullanımı eklersek yaşam döngüsünün süresini uzatabiliriz. Kullanım süresinin uzatılması ve binanın yeniden işlevlendirilmesi; çevresel, ekonomik ve sosyokültürel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Vardari ve Karadayı, 2022). İşlevini kaybetmiş veya eskimiş ve kullanılmayan binaların, kültürel, sosyal, politik, toplumsal fiziksel, ekonomik gibi nedenlerden dolayı yıkılıp imha edilmesi yerine dönüşüme tabi tutulması ve yeniden kullanıma alınması daha çok tercih edilen bir yaklaşımdır. Ömrünü tamamlayan yapıları yeni işlevlere hazırlama, yapı ürünlerini ve bileşenlerini yeniden kullanmak, yapı malzemelerini ve bileşenlerini geri dönüşümünü sağlamak, araziye ve mevcut alt yapıyı yeniden kullanma şeklinde sıralanmaktadır (Akşar, 2022). Sürdürülebilirlik yolunda Eski yapıları kullanarak aslında malzemelerin geri dönüşümünü sağlayarak, hiç kullanılmamış malzemelerin kullanımı ve üretimini azaltmış oluruz enerjinin tüketiminden, dağıtımından ve kullanımından meydana gelen olumsuz etkileri önlemeye yönelik önemli bir yöntem olarak tanımlanmıştır (Fleckinger et al., 2019). Bu anlamda sürdürülebilirlik yolunda binanın yeniden kullanılması ve enerji verimliliğinin sağlanması önemli bir rol oynamaktadır. “Türkiye’de, her sene 100.000’den fazla yeni bina inşa edilmektedir; ancak mevcut yapı stoklarının yeniden işlevlendirilmesi ile bu yapıların süreçlere dahil edilmesinin yeni bina yapımı ihtiyacını azaltacağı öngörülmektedir.” (Vardari ve Karadayı, 2022). Bu yolu izleyerek binaların sürdürülebilirliğinin sağlanması ile beraber gerekli olmayan enerji kaynaklarının tüketilmesine ihtiyaç kalmayacaktır.

V.FARKLI YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN ENERJİ ETKİNLİĞİ VE CO2 SALINIMININ İNCELENMESİ

A. Bölüm Tanımlama

Bu bölümde TOKİ binalarının farklı senelerde yapılan ve o yıllarda kullanılan malzemeleri ve yalıtım sistemleri ele alınarak iki binanın da gömülü ve kullanım enerjileri ve gömülü ile kullanım CO2'ları hesaplanıp kıyaslanmıştır. Bu iki binanın kıyaslanmasının yanı sıra üçüncü bir alternatif bina farz edilmiştir. Bu bina aynı şartlarda aynı planda ve ısı yalıtım malzemesinin olmadığı şekilde var sayılmıştır. Modelleme de diğer malzemeler 2007'deki binanın malzemelerinin aynısını kullanarak üçüncü alternatif oluşturulmuş ve 3 binanın kıyaslanması yapılmıştır. Bu kıyaslamada binalarda kullanılan malzemeleri göz önünde bulundurarak, her üçünde de malzemelerin U kat sayıları ve oluşturulmuş duvarın toplam u kat sayısı hesaplanmıştır. Daha sonra duvarların yapımından meydana gelen CO2 ve binaların kullanım enerjileri ve CO2 salınımları DB ve "One Click LCA" programlarıyla hesaplanmıştır. Bu aşamada ısı yalıtım malzemesinin ve diğer malzemelerin değişikliğinin gömülü CO2daki etkisi ve bu değişikliğin kullanım enerjisindeki etkisi kıyaslamalarda incelenmiştir. Burada YDD ya göre hangi aşamada ne kadar CO2 salınımı gerçekleşmiştir ve her malzemenin üretim aşamasındaki CO2 emisyonu hesaplanmıştır. TOKİ'nin farklı İnşaat senelerinden seçtiğimiz mevcut 2 örneği incelediğinde ikisinin de iklim şartları, yönlendirme, form ve konumu gibi ortak özelliklere sahip oldukları tespit edilmiştir ve üçüncü bina için de aynı şartlara ve plana sahip olduğu farz edilmiştir, bu binaların Design Builder ve "One Click LCA" programlarıyla cephede kullanılan malzemelerinin enerji tüketimi ve CO2 emisyonu, Dolayısıyla çevreye olan etkileri değerlendirilmiştir. Binalarda tavan, döşeme ve komşuluklar gibi değişkenlerin değerleri, parametrelerin aynı olduğu için ve bizim tartışma kapsamımızın dışında olduğu için sabit var sayılmıştır ve etkisiz algılanmıştır. Diğer girdi verileri olarak ısıtma ve soğutma olarak aşağıdaki gibidir:

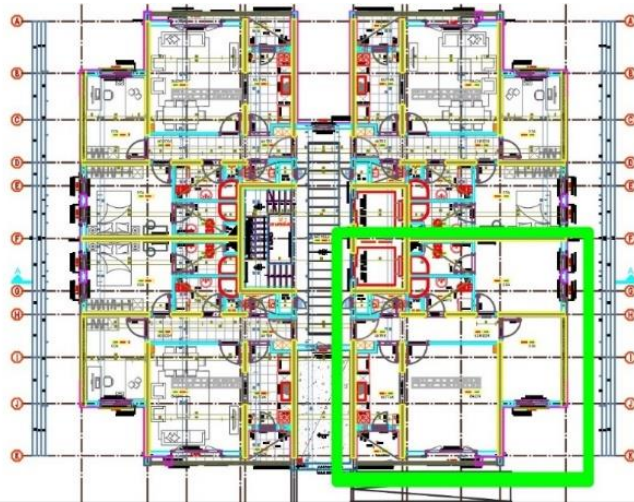
HVAC System: Radiator Heater Boiler HW. Mixed Mode

Air cooled Chiller Glazing: Dbl Clr 3mm/13mm Air-Uvalue: 2.17
w/m²k23:37

Her iki bina benzer planlara sahiptir. İki binanın da ele aldığımız konut
daire planı aşağıda gösterilmiştir.

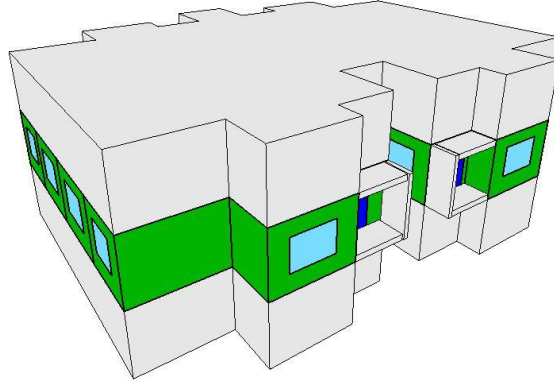


Şekil 19. 2007de Yapılan Binanın Kat Planı



Şekil 20. 2018 De Yapılan Binanın Kat Planı

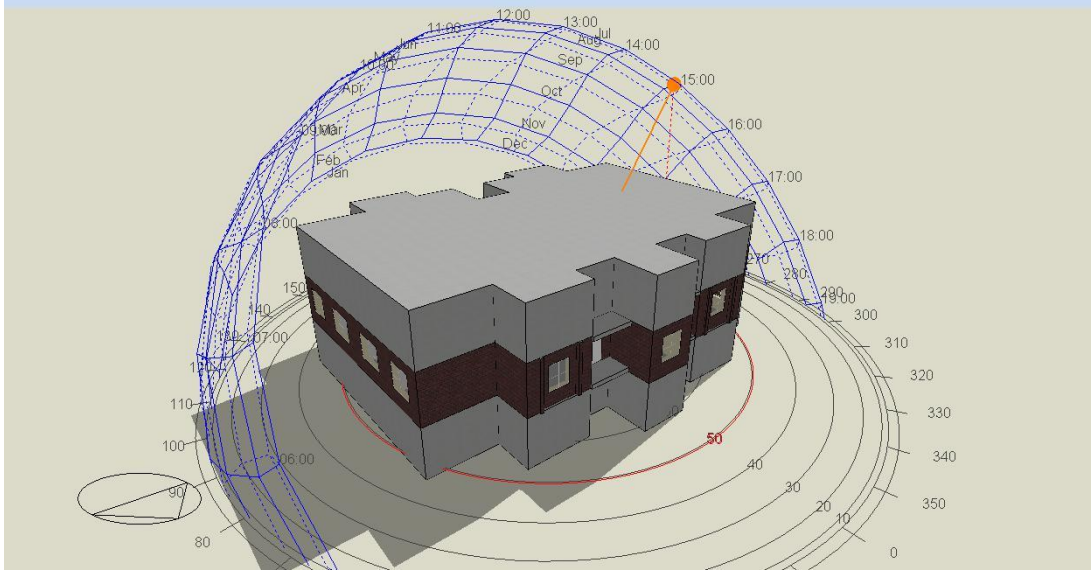
Project internal floor
Project external floor
Project partition
Project wall
Project internal door
Project external door
Project external glazing



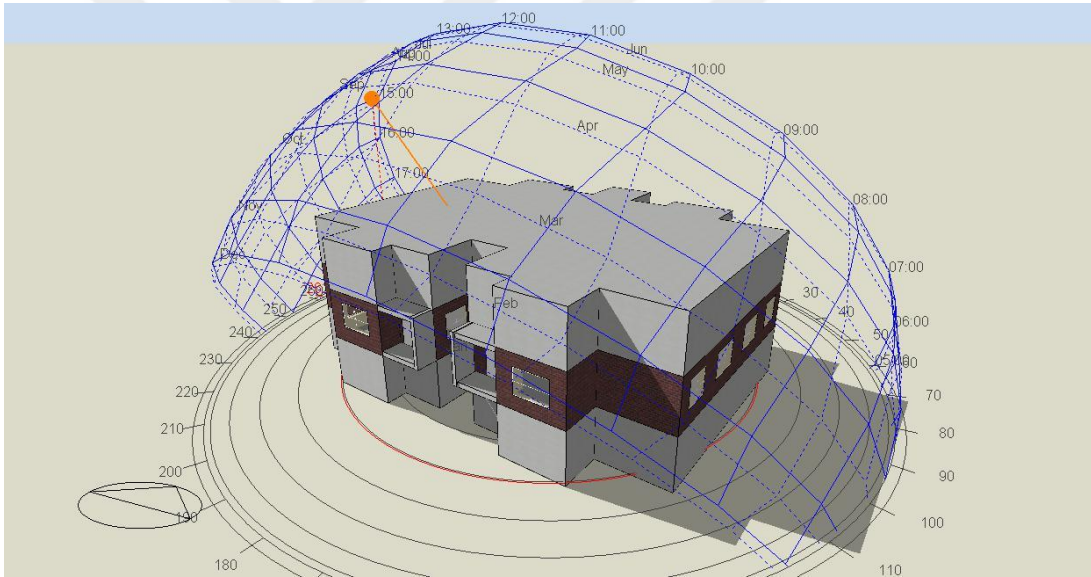
Şekil 21. 2007 Ve 2018 Binalarının Modellenmiş Görüntüsü



Şekil 22. 2007 Ve 2018 Binalarının Modellenmiş Görüntüsü



Şekil 23. 2007 Ve 2018 Binalarının Modellenmiş Görüntüsü

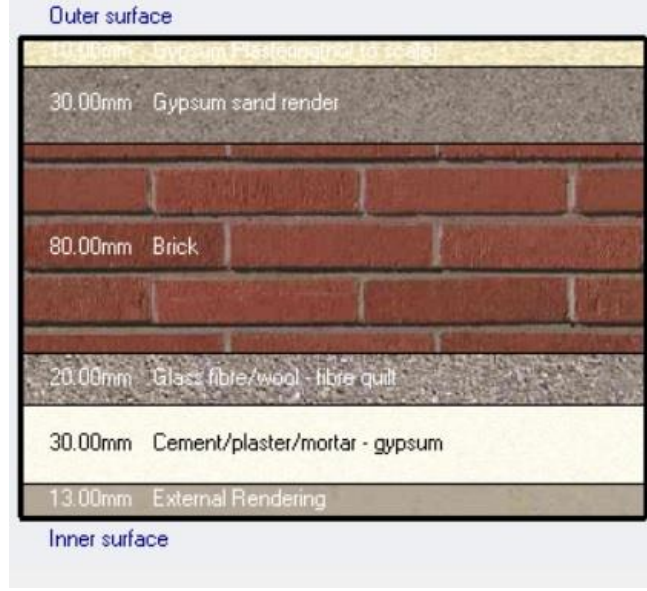


Şekil 24. 2007 Ve 2018 Binalarının Modellenmiş Görüntüsü

Aşağıdaki bölümlerde tablolar ve grafiklerle yıllık ve aylık olmak suretiyle elektrik ve gaz olmak üzere iki bölümde kullanılan enerji ve ısıtma soğutma enerjileri ve diğer detaylar gösterilmiştir.

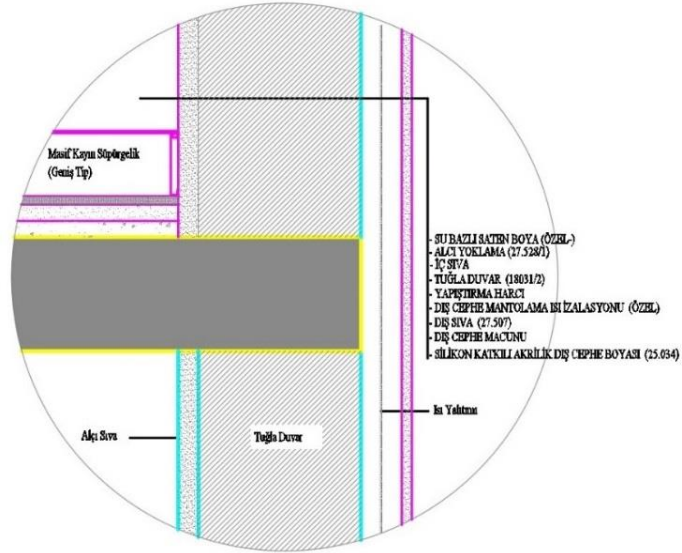
1. Bölüm 1 (2007 yapımı Toki binası)

Bu örnekte dış cepheyi oluşturan malzemelerin dizisi içten dışa doğru, alçı yoklama, iç sıva, kırmızı tuğla, cam yünü, dış cephe macunu ve dış sıva malzemeleri kullanılmıştır. Aşağıdaki resimlerde duvar dizisi ve detayları gösterilmiştir.

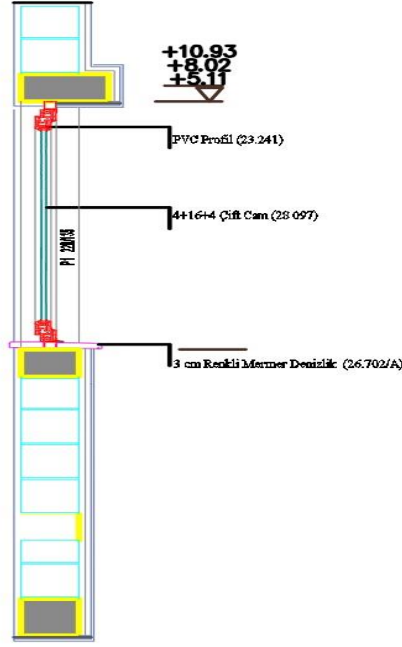


Şekil 25. 2007 De Yapılan Binanın Dış Cephe Duvarının Katmanları

Görüldüğü üzere İstanbul'da 2007 yılında inşa edilen binaların duvarında cam yünü izolasyonu ve kırmızı tuğla kullanılmaktadır. İncelenen örnekte bu yalıtım dış duvarlar için kullanılmıştır ve tanımlanan diğer parametrelerle birlikte, kullanımının termal davranış, enerji tüketimi ve karbon emisyonun miktarının üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Duvarların toplam U katsayısı $U=1.063 \text{ w/m}^2\text{k}$ ve ısı direnci miktarı $R=0,941 \text{ m}^2/\text{k-w}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 26. 2007 duvar detayı



Şekil 27.2007 Pencere Detayı

Çizelge 8. 2007 Binasındaki Duvarının Termal Davranışı

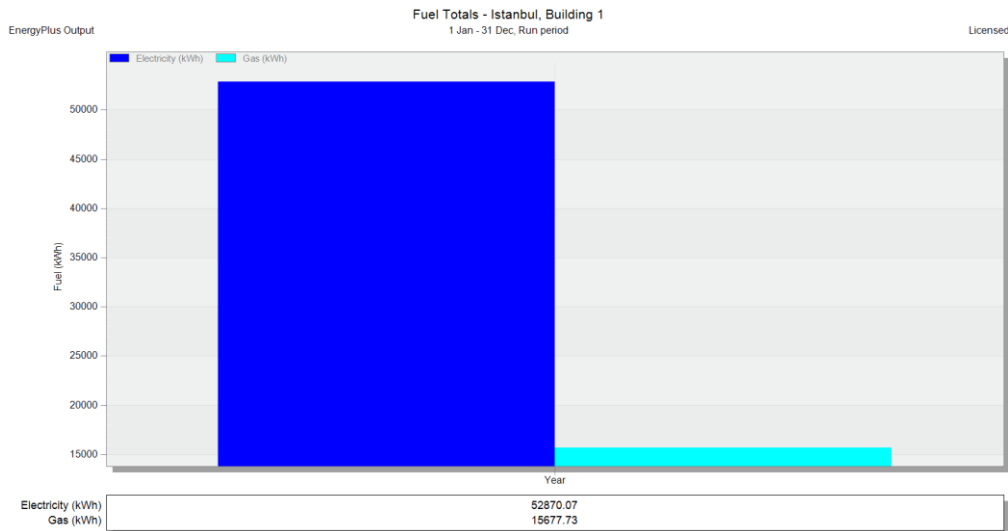
Inner surface		
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)		2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)		5.540
Surface resistance (m ² -K/W)		0.130
Outer surface		
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)		19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)		5.130
Surface resistance (m ² -K/W)		0.040
No Bridging		
U-Value surface to surface (W/m ² -K)		1.297
R-Value (m ² -K/W)		0.941
U-Value (W/m²-K)		1.063

Çizelge 9. 2007 De Yapılan Binanın Malzemelerinin Özellikleri

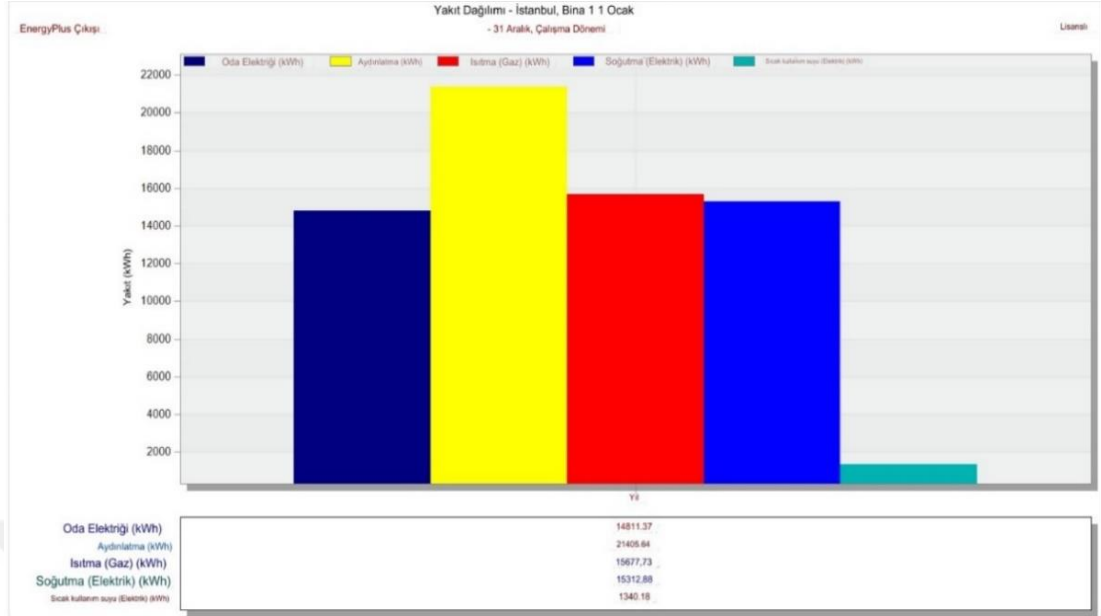
Kullanılan malzemeler	Isı geçirgenlik katsayısı	Gömülü karbon miktarı	CO2 salınımındaki payı	Hacim ve kalınlık
Alçı	0.4 w/mk	1.2 TON	7.8 %	2.79 M ³ / 10 MM
İç sıva	0.8 w/mk	4.7 TON	29.5 %	8.37 M ³ / 30 MM
Kırmızı tuğla	0.48 w/mk	6.4 TON	40.8 %	22 M ³ / 80 MM
Isı yalıtımı(cam yünü)	0.04 w/mk	0.45 TON	2.9 %	5.58 M ³ / 20 MM
Dış cephe macunu	0.42 w/mk	1.5 TON	9.5 %	8.37 M ³ / 30 MM
Dış sıva	0.5 w/mk	0.32 TON	2 %	3.63 M ³ / 13 MM

İncelemelerin sonucunda bir yıl içinde gömülü CO2 salınımı miktarı Yapım aşamasında (beşikten kapıya kadar), taşıma ve yerinde inşaat dikkate alınmadan 15.800 kg ve kullanım aşamasında 50.400 kg olduğu ortaya çıkmıştır. Bu yapıda yıllık kullanım enerjisinin miktarı elektrik bölümünde 52870.07kwh ve gaz bölümünde 15677.37kwh olarak hesaplanmıştır. Bu rakamlara göre yıllık tüm CO2 miktarı 67Ton ve her metre karede 195.46kg karbon salınımının ortaya çıktığı görülmektedir Soğutma enerjisinin miktarı 15312,88kwh ve ısıtma enerjisinin miktarı 15677,73kwh olmaktadır. Design Builder ve “One Click LCA” aracı kullanılarak Simülasyon ve Enerji tüketimi ve karbon emisyonu ile ilişkin sonuçların analizi aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir.

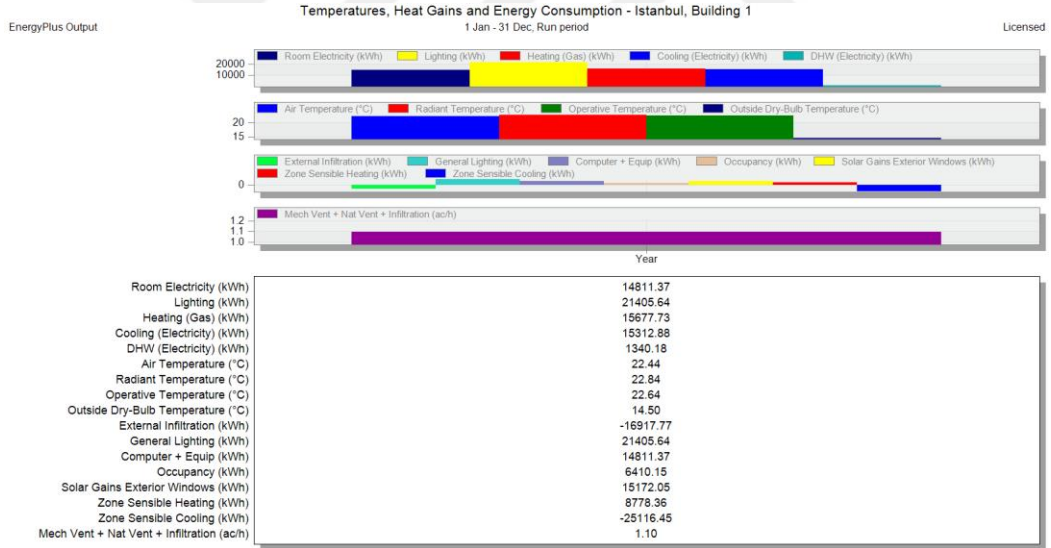
Çizelge 10. 2007 Binasında Senelik Kullanım Enerji Miktarı Enerji Taşıyıcılarına Göre



Çizelge 11. 2007 Binasında Tüketim Segmentlerine Göre Yıllık Enerji Tüketiminin Miktarı



Çizelge 12. 2007 Binasında Sıcaklıklar, Isı Kazanımları Ve Enerji, Yıllık Tüketimi



Çizelge 13. 2007 Binasının Yaşam Döngüsünün Farklı Aşamalarındaki CO2 Emisyonlarının Miktarı

Result category	Global warming kg CO2e	Acidification kg SO2e	Eutrophication kg PO4e	Ozone Depletion kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ	Biogenic carbon storage kg CO2e bio
A1-A3 Construction Materials	1,58E+04	7,16E+01	6,91E+00	3,78E-03	4,88E+00	2,32E+05	2,41E+00
A4 Transportation to site	2,16E+02	9,94E-01	2,16E-01	4,26E-05	1,22E-02	6,14E+03	
A5 Construction/installation process							
B1-B5 Maintenance and material replacement							
B6 Energy consumption	5,04E+04	1,14E+02	1,73E+01	4,74E-03	5,39E+00	8,19E+05	
B7 Water use							
C1-C4 End of life	4,45E+02	2,61E+00	5,62E-01	8,41E-05	5,71E-02	9,82E+03	
D External impacts (not included in totals)	-1,03E+02	1,44E-01	2,95E-02	3,53E-06	5,18E-03	5,03E+02	
Total	6,68E+04	1,89E+02	2,50E+01	8,66E-03	1,03E+01	1,07E+06	2,41E+00
Results per denominator							
Gross Internal Floor Area (IFMS/RICS) 341.7 m ²	1,95E+02	5,54E-01	7,32E-02	2,53E-05	3,03E-02	3,12E+03	7,05E-03

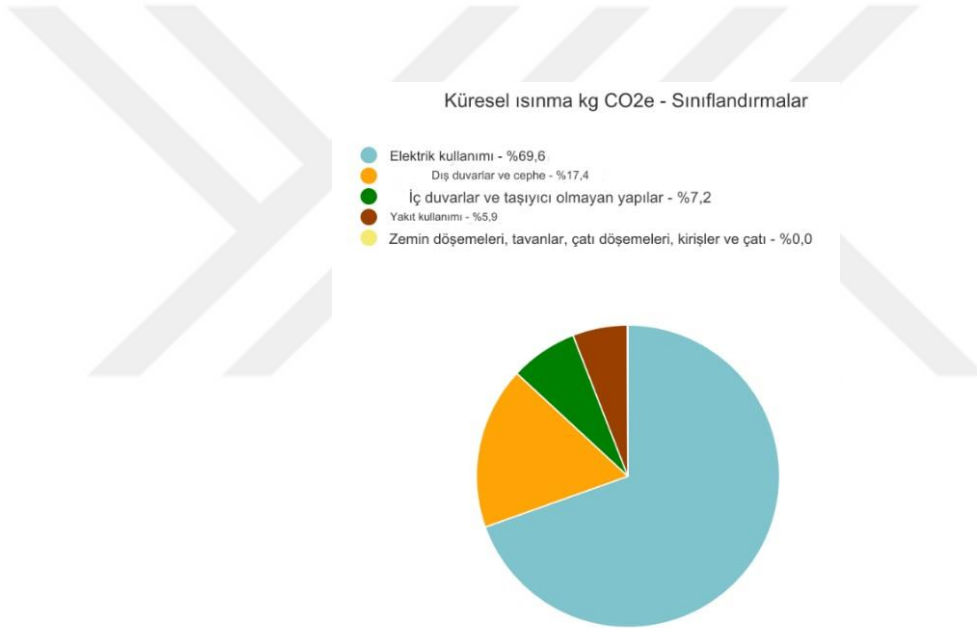
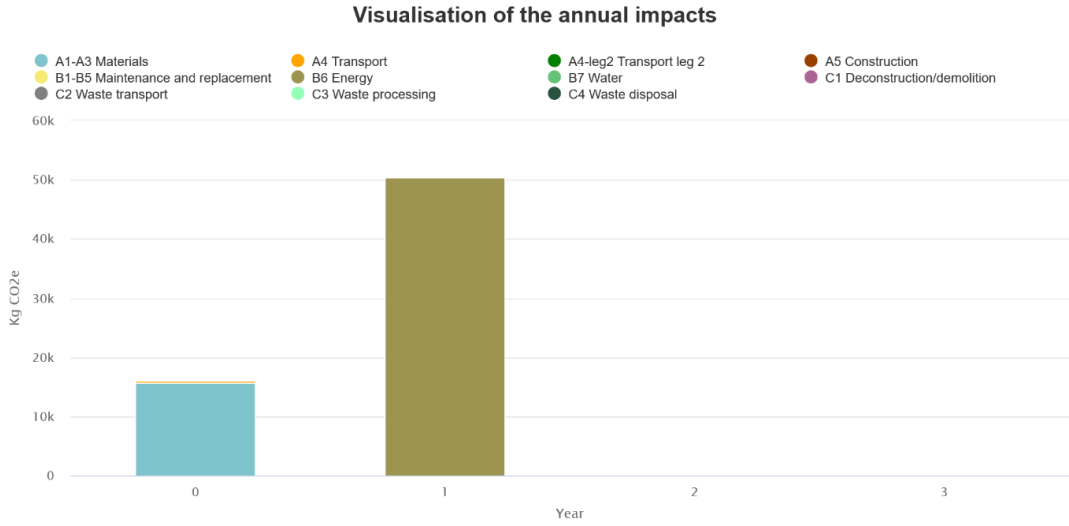
Çizelge 14. 2007 Binasında Kullanılan Malzemelerinin Ayrı Ayrı CO2 Emisyonunun Miktarı

plausibility, and exceptions may occur.

No.	Check description	Project value	Threshold value	Typical value	Unit	Type	Validated
1	Gypsum board mass credible: Gypsum board mass is unusual	116.847	3 - 40		kg/m ²	✗	🔍
2	Glass and openings mass credible: Has no materials	0.0	2 - 25		kg/m ²	✗	🔍
3	Finishes mass credible: Has no materials	0.0	greater than 10		kg/m ²	✗	🔍
4	Glass mass credible: Has no materials	0.0	1 - 13		kg/m ²	✗	🔍
5	Foundation mass credible: Has no materials	0.0	greater than 100		kg/m ²	✗	🔍
6	Roofing bitumen mass credible: Has no materials	0.0	0.5 - 4		kg/m ²	✗	🔍
7	Concrete mass credible (concrete frame): Concrete mass is unusual	0.225	700 - 1650		kg/m ²	✗	🔍
8	Horizontal materials mass: Horizontal materials mass unusual	0.268	100 - 1300		kg/m ²	✗	🔍
9	Project mass credible (concrete frame): Project mass is unusual (concrete frame)	235.482	800 - 1900		kg/m ²	✗	🔍
10	Embodied carbon credible (concrete frame): Embodied carbon value is unusual (concrete frame)	46.113	150 - 800		kg CO ₂ e/m ²	✗	🔍
11	Gypsum board and plaster mass credible (no cement): Gypsum and plaster mass is unusually high	133.35	0.0 - 80		kg/m ²	✗	🔍
12	Embodied carbon credible: Embodied carbon value is unusual	52.876	150 - 1000		kg CO ₂ e/m ²	✗	🔍
13	Too few materials to be credible: Project has unusually little data	10	greater than 20		nr.	✗	🔍
14	Insulation mass credible: Insulation mass is unusual	0.657	1 - 21		kg/m ²	✗	🔍
15	Brick mass credible: lcaChecker_warnings_info	101.247	0.0 - 100		kg/m ²	⚠️	🔍

Validated checks Activate
Go to Setting

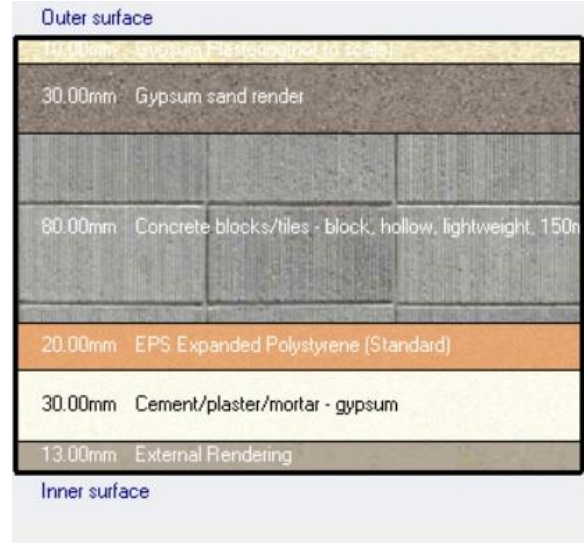
Çizelge 15. YDD'nın Aşamalarının CO2 Emisyonundaki Yıllık Etkisi



Şekil 28. 2007 Binasında Küresel Isınma Kg CO2-Sınıflandırmalar

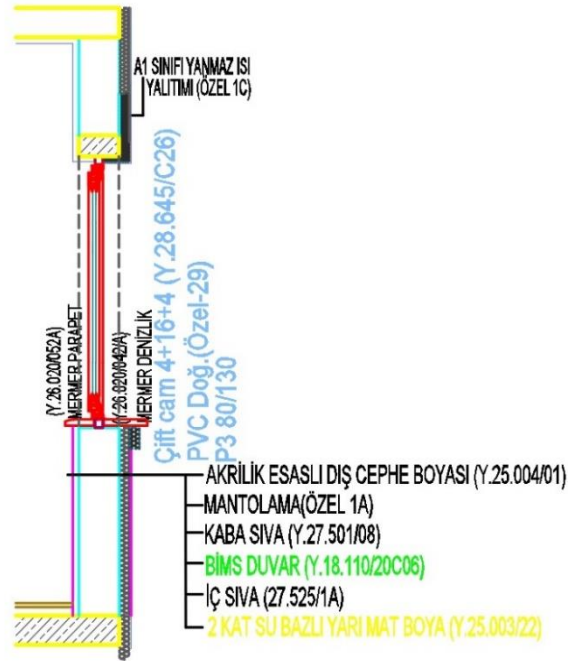
2. Bölüm 2 (2018 yapımı Toki binası)

Bu örnekte dış cepheyi oluşturan malzemelerin dizisi içten dışa doğru, Alçı yoklama, İç sıva, Bims duvar, Isı yalıtımı (EPS), Dış cephe macunu, Dış sıva olmaktadır. Aşağıdaki resimlerde duvar dizisi ve detayları gösterilmiştir.



Şekil 29. 2018 De Yapılan Binanın Dış Cephe Duvarının Katmanları

Görüldüğü üzere İstanbul'da 2018 yılında inşa edilen yapının duvarında EPS izolasyonu ve Bims duvarı kullanılmaktadır. İncelenen örnekte bu yalıtım dış duvarlar için kullanılmıştır ve tanımlanan diğer parametrelerle birlikte, mevcut duvarın termal davranış, enerji tüketimi ve karbon emisyonun miktarının üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bu malzeme düzenlemesinin ısı geçirgenlik katsayısı $U= 1,003 \text{ W/M}^2\text{K}$ 'ye eşittir, ve Isıl direnci $R= 1,21 \text{ M}^2/\text{K-W}$ olmaktadır.



Şekil 30. 2018 Duvar ve Pencere Detaylar

Çizelge 16. 2018 Binasındaki Duvarının Termal Davranışı

Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.540
Surface resistance (m ² -K/W)	0.130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.130
Surface resistance (m ² -K/W)	0.040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	1.210
R-Value (m ² -K/W)	0.997
U-Value (W/m²-K)	1.003

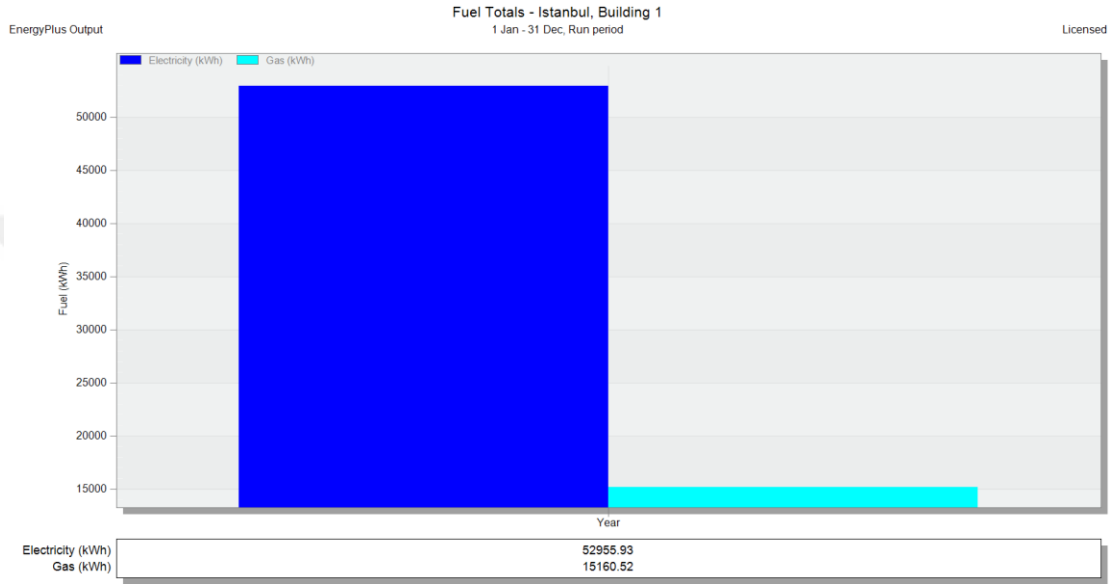
Çizelge 17. 2018de Dış Duvar Özellikleri

Kullanılan malzemeler	Isı geçirgenlik katsayısı	Gömülü karbon miktarı	CO ₂ salınımındaki payı	Hacim ve kalınlık
Alçı yoklama	0.4 w/mk	1.2 TON	7.7 %	2.73 M ³ / 10 MM
İç sıva	0.8 w/mk	4.7 TON	29.3 %	8.37 M ³ / 30 MM
Bıms duvar	0.48 w/mk	6.6 TON	41.9 %	27 M ³ / 25 MM
Isı yalıtımı (EPS)	0.04 w/mk	0.35 TON	2.2 %	5.58 M ³ / 20 MM
Dış cephe macunu	0.42 w/mk	1.5 TON	9.5 %	8.37 M ³ / 30 MM
Dış sıva	0.5 w/mk	0.32 TON	2 %	3.63 M ³ / 13 MM

İncelemelerin sonucunda bir yıl içinde gömülü CO₂ salınımı miktarı Yapım aşamasında (beşikten kapıya kadar), taşıma ve yerinde inşaat dikkate alınmadan 15900 kg ve kullanım aşamasında 50300 kg olduğu ortaya çıkmıştır. Bu yapıda yıllık kullanım enerjisinin miktarı elektrik sektöründe 52955,93kWh ve gaz sektöründe ise 15160,52 kWh olduğu ortaya çıkmıştır. Bu rakamlara göre yıllık tüm CO₂ miktarı 673 ton olup, bir yıllık dönemde metrekare başına 2143,3 kg CO₂ salındığı görülmektedir, Soğutma enerjisinin miktarı 15398.74 ve ısıtma

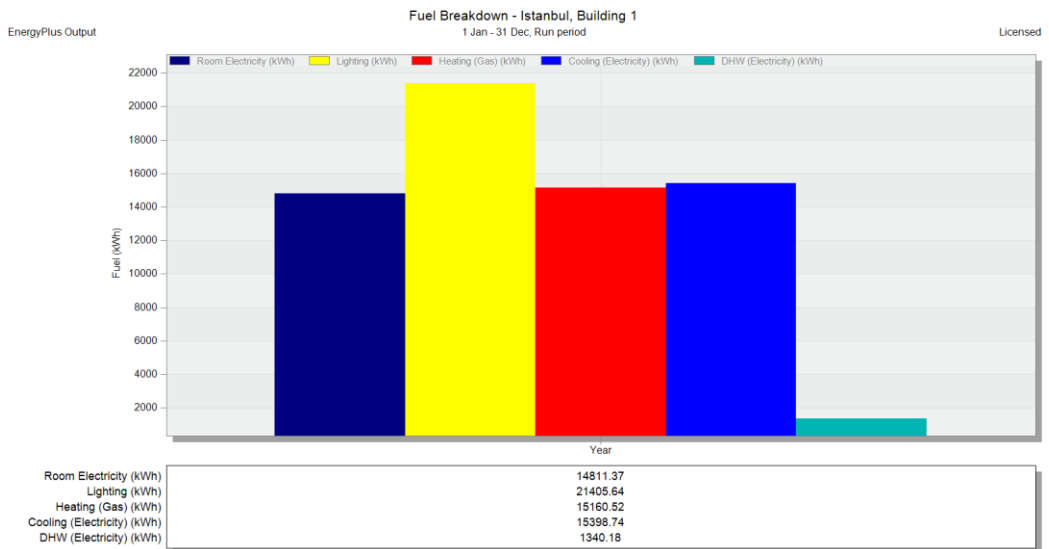
enerjisinin miktarı 15160.52 olmaktadır. Ayrıca bu bölümde karbondioksit emisyonunun yol açtığı çevre kirliliği ve tahribatından meydana gelen zararın maliyeti de 3372 Euro ya denk geliyor. Design Builder ve “One Click LCA” aracı kullanılarak Simülasyon ve Enerji tüketimi ve karbon emisyonu ile ilişkin sonuçların analizi aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir.

Çizelge 18. 2018 Örneğinde Senelik Kullanım Enerji Miktarı Enerji Taşıyıcılarına Göre

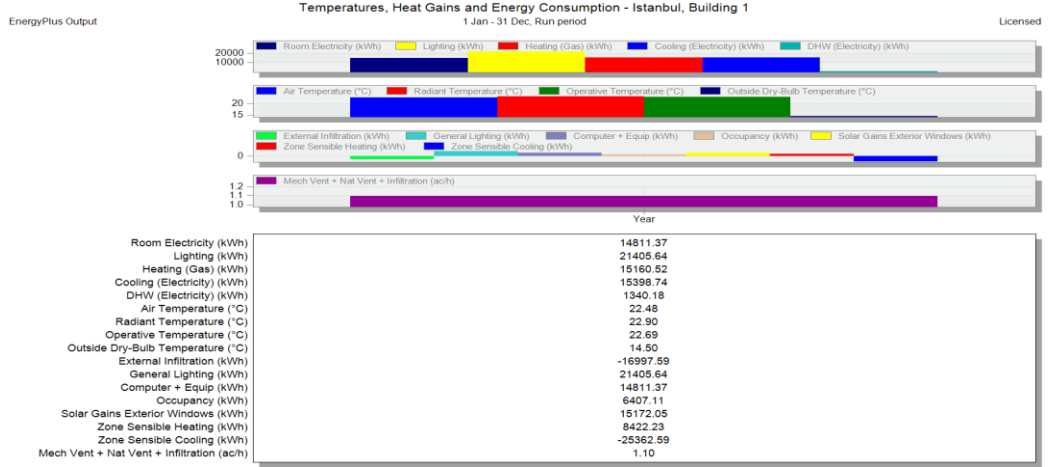


Tablo 17

Çizelge 19. 2018 Binasında Tüketim Segmentlerine Göre Enerjinin Tüketiminin Miktarı



Çizelge 20. 2018 Binasında Sıcaklıklar, Isı Kazanımları ve Enerji, Yıllık Tüketimi



Çizelge 21. 2018 Deki Binanın Yaşam Döngüsünün Farklı Aşamalarındaki CO2 Emisyonlarının Miktarı

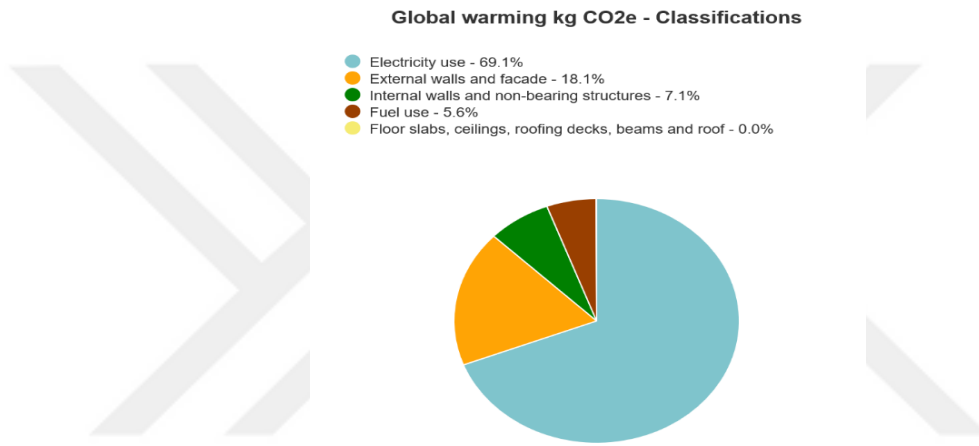
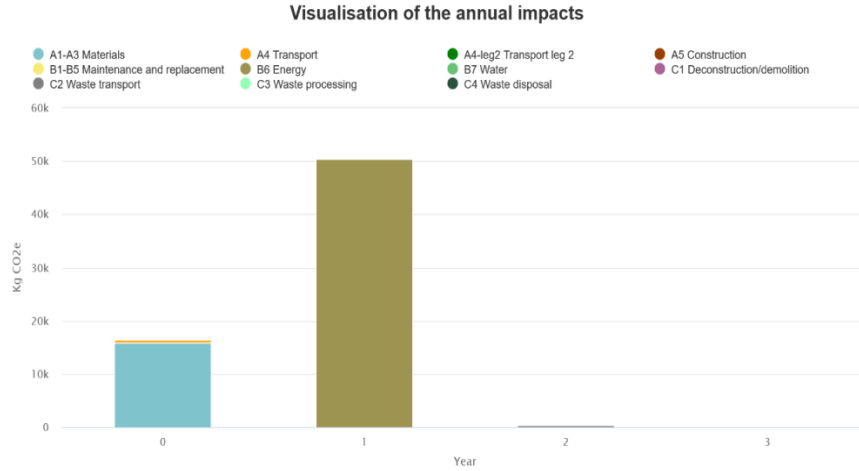
Life cycle assessment results [Download Results Summary](#)

Result category	Global warming kg CO2e	Acidification kg SO2e	Eutrophication kg PO4e	Ozone Depletion kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ	Biogenic carbon storage kg CO2e bio
A1-A3 Construction Materials	1,59E+04	3,72E+01	6,70E+00	9,24E-04	2,60E+00	1,63E+05	2,41E+00
A4 Transportation to site	5,55E+02	1,24E+00	2,62E-01	9,75E-05	7,04E-02	1,03E+04	
A5 Construction/Installation process							
B1-B5 Maintenance and material replacement							
B6 Energy consumption	5,03E+04	1,14E+02	1,73E+01	4,74E-03	5,39E+00	8,18E+05	
B7 Water use							
C1-C4 End of life	5,49E+02	3,22E+00	6,93E-01	1,04E-04	7,04E-02	1,21E+04	
D External impacts (not included in totals)	-9,69E+02	1,51E+00	3,02E-01	3,57E-05	6,69E-02	5,28E+03	
Total	6,73E+04	1,66E+02	2,60E+01	6,87E-03	8,12E+00	1,00E+06	2,41E+00
Results per denominator							
Gross Internal Floor Area (FMS/RICS) 342.0 m²	1,97E+02	4,56E-01	7,31E-02	1,72E-05	2,38E-02	2,93E+03	7,04E-03

Çizelge 22. 2018 Deki Kullanılan Malzemelerin Ayrı Ayrı CO2 Emisyonunun Miktarı

No.	Check description	Project value	Threshold value	Typical value	Unit	Type	Validated
1	Gypsum board mass credible: Gypsum board mass is unusual	116.745	3 - 40		kg/m²	✗	🔍
2	Glass and openings mass credible: Has no materials	0.0	2 - 25		kg/m²	✗	🔍
3	Finishes mass credible: Has no materials	0.0	greater than 10		kg/m²	✗	🔍
4	Glass mass credible: Has no materials	0.0	1 - 13		kg/m²	✗	🔍
5	Foundation mass credible: Has no materials	0.0	greater than 100		kg/m²	✗	🔍
6	Roofing bitumen mass credible: Has no materials	0.0	0.5 - 4		kg/m²	✗	🔍
7	Horizontal materials mass: Horizontal materials mass unusual	0.268	100 - 1300		kg/m²	✗	🔍
8	Concrete mass credible (concrete frame): Concrete mass is unusual	156.856	700 - 1650		kg/m²	✗	🔍
9	Insulation mass credible: Insulation mass is unusual	0.248	1 - 21		kg/m²	✗	🔍
10	Embodied carbon credible (concrete frame): Embodied carbon value is unusual (concrete frame)	46.389	150 - 800		kg CO2e/m²	✗	🔍
11	Gypsum board and plaster mass credible (no cement): Gypsum and plaster mass is unusually high	133.233	0.0 - 80		kg/m²	✗	🔍
12	Project mass credible (concrete frame): Project mass is unusual (concrete frame)	290.341	800 - 1900		kg/m²	✗	🔍
13	Embodied carbon credible: Embodied carbon value is unusual	54.442	150 - 1000		kg CO2e/m²	✗	🔍
14	Too few materials to be credible: Project has unusually little data	10	greater than 20		nr.	✗	🔍
Validated checks							

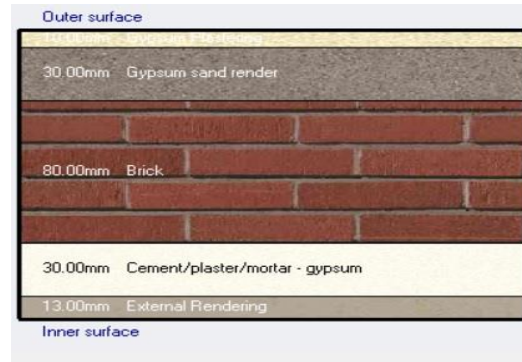
Çizelge 23. YDD nin aşamalarının CO2 emisyonundaki yıllık etkisi(2018)



Şekil 31.CO2 emisyonundan dolayı Farklı bölümlerin küresel ısınmadaki payı

3. Bölüm3 (modellenmiş bina (2007))

Bu örnekte dış cepheyi oluşturan malzemelerin dizisi için içten dışa doğru, alçı yoklama, iç sıva, kırmızı tuğla, dış cephe macunu ve dış sıva malzemeleri kullanılmıştır. Aşağıdaki resimlerde duvar dizisi ve detayları gösterilmiştir.



Şekil 32.Modellenen Binanın Dış Cephe Duvarının Katmanları

Görüldüğü üzere modellenmiş binanın ısı yalıtımı yoktur. Saydığımız malzemelerden oluşan duvarın termal davranışı, enerji tüketimi ve karbon emisyonunun miktarının üzerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Duvarların toplam U katsayısı $U= 2.267 \text{ w/m}^2\text{k}$ ve ısı direnci miktarı $R= 0,441\text{m}^2\text{/k-w}$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 24. Modellenen Binanın Duvarının Termal Davranışı

Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.540
Surface resistance (m ² -K/W)	0.130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5.130
Surface resistance (m ² -K/W)	0.040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	3.689
R-Value (m ² -K/W)	0.441
U-Value (W/m²-K)	2.267
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0.1630
Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	139.0696
Upper resistance limit (m ² -K/W)	0.441
Lower resistance limit (m ² -K/W)	0.441
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	3.689
R-Value (m ² -K/W)	0.441
U-Value (W/m²-K)	2.267

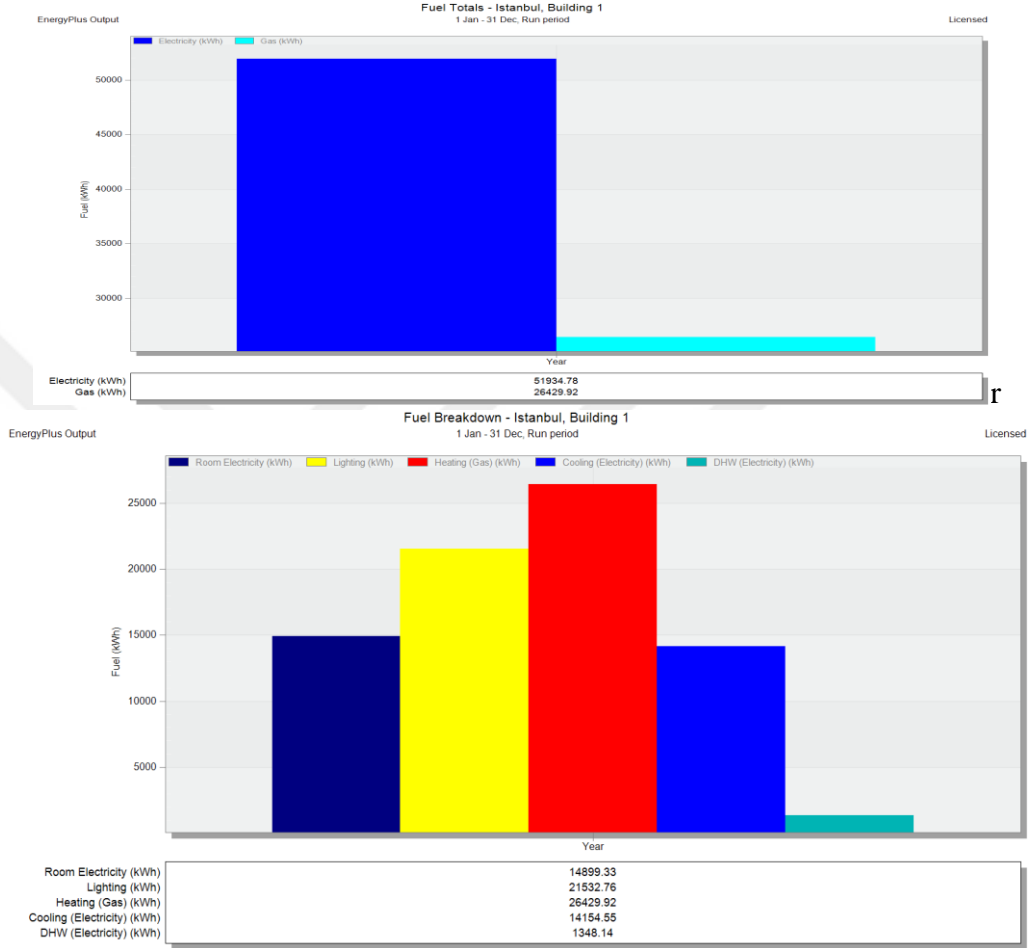
Çizelge 25. Modellenen Yapılan Binanın Malzemelerinin Özellikleri

Kullanılan malzemeler	Isı geçirgenlik katsayısı	Gömülü karbon miktarı	CO2 salınımındaki payı	Hacim ve kalınlık
Alçı yoklama	0.4 w/mk	1.2 TON	7.8 %	2.79 M ³ / 10 MM
İç sıva	0.8 w/mk	4.7 TON	29.5 %	8.37 M ³ / 30 MM
Kırmızı tuğla	0.48 w/mk	6.4 TON	40.8 %	22 M ³ / 80 MM
Dış cephe macunu	0.42 w/mk	1.5 TON	9.5 %	8.37 M ³ / 30 MM
Dış sıva	0.5 w/mk	0.32 TON	2 %	3.63 M ³ / 13 MM

DB programıyla elde edilen sonuçlara göre bir yıl içinde gömülü CO2 salınımı miktarı Yapım aşamasında (beşikten kapıya kadar), 31273.1kg ve kullanım aşamasında 36429.64kg olduğu ortaya çıkmıştır. Bu yapıda yıllık kullanım enerjisinin miktarı elektrik bölümünde 51934.78kwh ve gaz bölümünde 26429.92kwh olarak hesaplanmıştır. Bu rakamlara göre yıllık tüm CO2 miktarı 67.702Ton ve her metre karede 195.46kg karbon salınımının ortaya çıktığı görülmektedir. Soğutma enerjisinin miktarı 14154.55kwh ve ısıtma enerjisinin

miktarı 26429.92kwh olmaktadır. Bu binada Design Builder aracı kullanılarak Simülasyon ve Enerji tüketimi ve karbon emisyonu ile ilişkin sonuçların analizi aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir.

Çizelge 26. Modellenen Binanın Senelik Kullanım Enerji Miktarı Enerji Taşıyıcılarına Göre



Çizelge 27. Modellenen Binada Tüketim Segmentlerine Göre Enerjinin Tüketiminin Miktarı



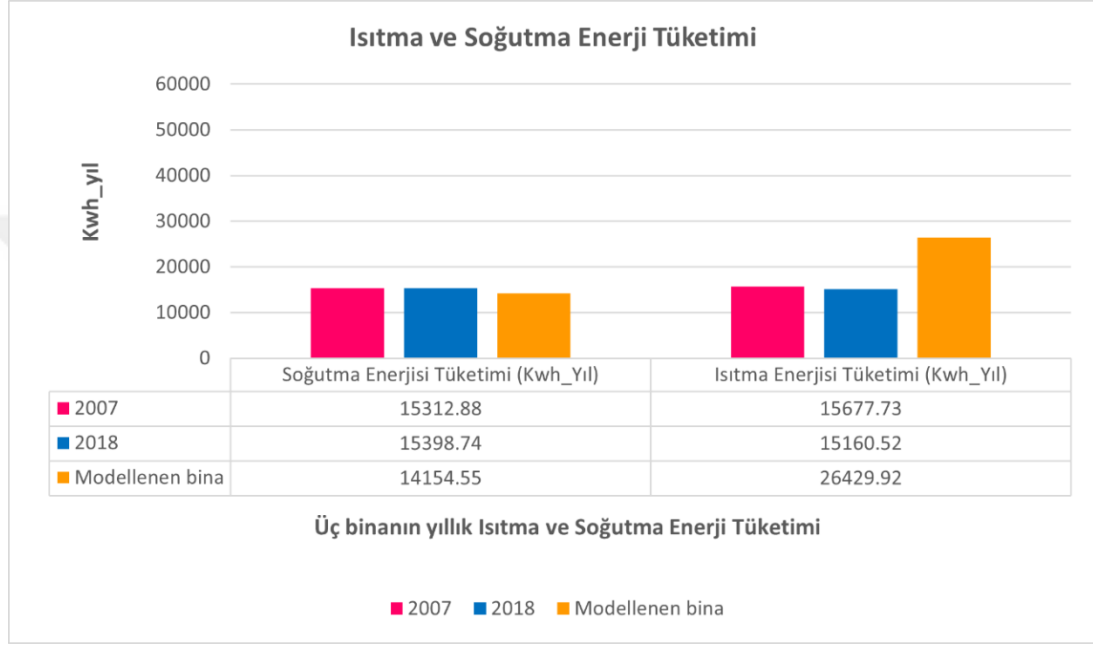
Çizelge 28. Yıllık Kullanım CO2 Emisyonu

Materials Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)	Mass (kg)
Cement/plaster/mortar - gypsum	279.3	1206.4	1306.9	10053.1
Brick	279.3	9436.5	9865.4	42893.1
Painted Oak	11.9	0.0	0.0	282.0
Timber Flooring	0.3	0.4	0.4	0.9
Gypsum sand render	279.3	804.2	938.3	13404.1
External Rendering	279.5	472.9	472.9	4728.7
Plasterboard	0.3	4.0	4.3	10.6
Gypsum Plastering	279.3	1061.2	1117.0	2792.5
Gypsum Plasterboard	1095.7	2958.5	3205.0	24853.8
MW Stone Wool (rolls)	0.3	1.3	1.4	1.3
MW Glass Wool (rolls)	0.3	0.8	0.9	0.5
Cast Concrete (Dense)	814.8	13689.2	13689.2	171114.5
Asphalt 1	0.3	0.3	0.3	6.1
Sub Total		29635.6	30601.9	269951.2
Constructions Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)	
Project internal door	3.4	0.0	0.0	
Project internal mass	22.8	383.9	383.9	
Project external door	8.5	0.0	0.0	
Wall Without Insulation	279.3	12980.2	13699.5	
Project partition	547.9	2958.5	3205.0	
Project flat roof	0.3	5.1	5.4	
Project internal floor_Reversed	396.0	6652.6	6652.6	
Project external floor	0.3	2.7	2.8	
Project internal floor	396.0	6652.6	6652.6	
Sub Total	1654.4	29635.62	30601.90	
Glazing Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)	
Dbl Ctr 3mm/13mm Air	37.3	671.2	671.2	
Local shading		0.0	0.0	
Window shading		0.0	0.0	
Sub Total	37.3	671.2	671.2	
Building Total	1691.7	30306.8	31273.1	

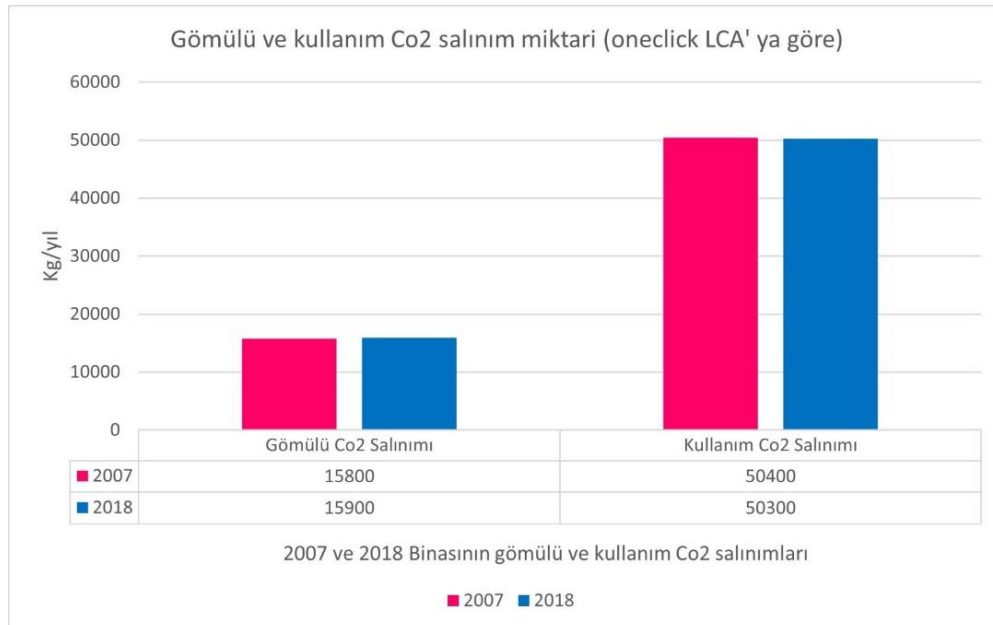
B. Tartışma

Bu çalışmada her iki Design Builder ve “One Click LCA” programı kullanarak üç binadan elde edilen ve yukarıda anlatılan önemli veriler tablolarda ve eklerde gösterilmektedir. Bu üç binadan elde ettiğimiz bulgular kıyaslanıp çizelge şeklinde gösterilmiştir.

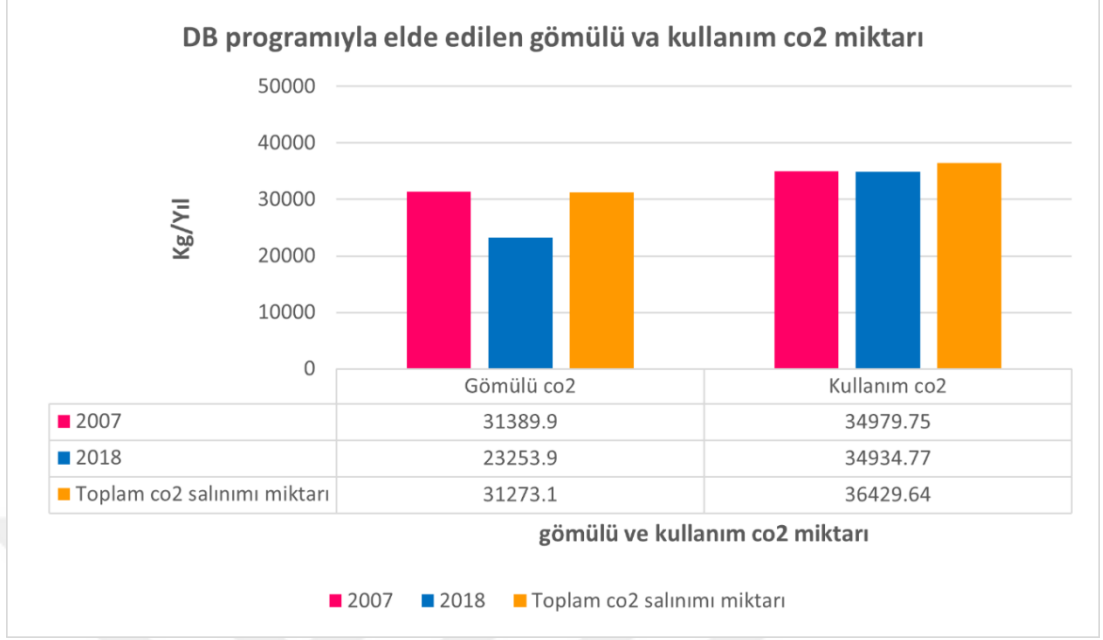
Çizelge 29. Üç Binanın Isıtma ve Soğutma Enerji Tüketimi



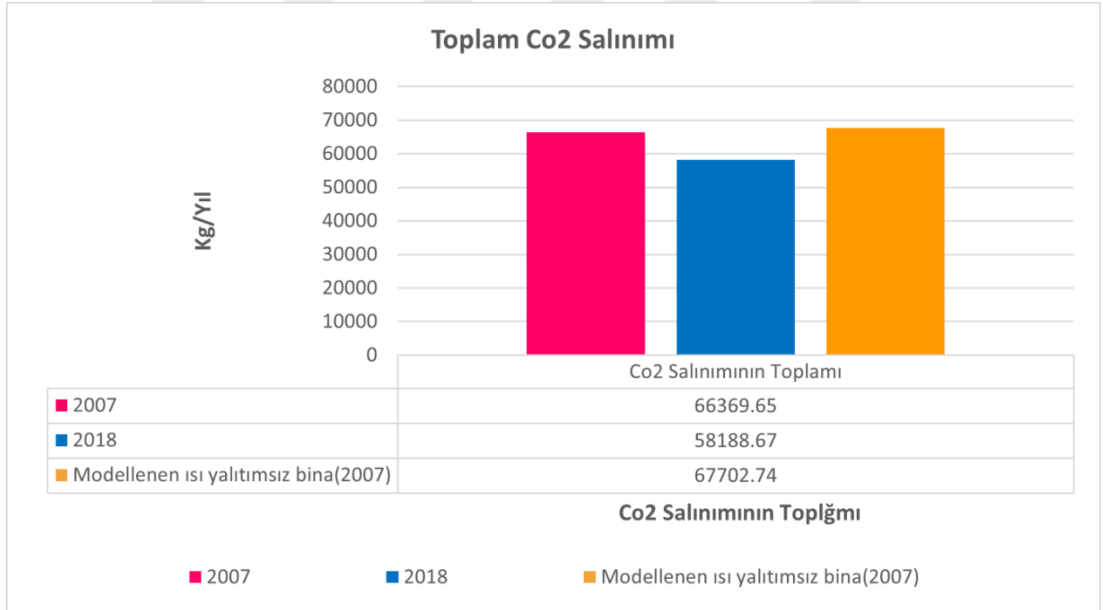
Çizelge 30. Mevcut İki Örneğin “One Click LCA” Programı İle Gömülü Ve Kullanım CO2 Emisyon Miktarı



Çizelge 31. Üç Bina İçin DB Programı İle Gömülü Ve Kullanım CO2 Emisyon Miktarı



Çizelge 32. Üç Binanın DB Programı İle Toplam CO2 Emisyonu Miktarı



VI.SONUÇ

Bu bölümde elde edilen sonuçlara göre 2018'de EPS yalıtımlı ve Bims duvarına sahip olan binada malzeme üretimi aşamasında salınan CO2 miktarı yani gömülü CO2 miktarı, cam yüzüne göre daha fazladır, bu fark 100kg küçük bir rakam olsa da malzemelerin üretim aşamasında salınan CO2'a olan etkisini göstermektedir. Diğer taraftan 2018 binasının kullanım aşamasında ürettiği CO2 bir sene içinde 100 kg, 2017 binasının saldığı CO2'dan daha az olduğu elde edilmiştir. Bu rakamın senelerce devam edeceği düşünüldüğünde karbondioksit emisyonu açısından ve fiziksel çevre kirliliği açısından Yıllar İçinde büyük bir rakama tekabül etmektedir ve doğaya büyük zararları olacaktır. Ayrıca bunu hatırlatmakta fayda var ki elde edilen rakamlar sadece duvarların malzemesinin ortaya çıkardığı karbondioksit miktarını göstermektedir, çatı döşeme vs gibi diğer elementlerin eklendiği zaman malzemelerin karbondioksit salımının etkisinin büyüklüğü ve bu rakamın kat be kat arttığına şahit olabiliriz. Ayrıca burada sadece örnek olarak bir daire için elde edilen rakamlar hakkında tartışılmıştır. Şüphesiz TOKİ evlerinin daire sayısı hesaba katılınca, blok başına, site başına vs gibi ölçeklerde büyük rakamlar elde edilecektir.

Bu örnekler incelendiğinde enerji etkin bir bina tasarımının yapılması için bir binanın ilk evrelerden ömrünün sonuna kadar ve hatta sonundan sonraki aşamaları yani geri dönüşümü bile düşünülmesi gerektiği tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere TOKİ yapılarında yalıtım malzemesi kullanmıştır ve son sonuçlar TOKİ'nin konutlarının malzeme kullanımı konusunda ilerleme kaydettiğini göstermektedir. Binada Yalıtım malzemesinin CO2 salımına etkisini vurgulamak için, bu çalışmada binalarda Eskiden ısı yalıtım malzemesinin kullanılmadığı varsayılarak ısı yalıtımsız bir konut dairesi modellenmiş ve analizlerden sonra malzeme azaldığı için çok az gömülü karbon miktarı azalmış Görülse de kullanım enerjisi ve oradan meydana gelen kullanım CO2 miktarının senede 15.000 kg çoğaldığı sonucun elde edilmiştir.

Burada bir daha tüm malzemelerin özellikle ısı yalıtım malzemelerinin enerji tüketim miktarında ve Karbondioksit salımı miktarında etkili olduğu açık bir şekilde görülmüştür. Buna göre gömülü enerjisi çok düşük olan ve kullanım enerji tüketiminde Optimum verim sağlayabilen malzemelerin seçimi, enerji tüketiminin azalması, dolayısıyla karbondioksit salınımının azalması üzerinde iyi yönde etki yaratmaktadır.



VII. KAYNAKLAR

KİTAPLAR

ÖZDEMİR, T. (2017). **Rüzgâr Türbinleri ve Enerji Üretimi**. Nobel Akademik Yayıncılık.

MAKALELER

ATMACA, M. (2017). **Avrupa Birliği bina enerji performansı direktifi'nin Türkiye'deki mevcut otel binaları için uyarlanmasına yönelik bir yaklaşım.**

AZARİ, R. VE ABBASABADI, N., 2018. Embodied energy of buildings: A review of data, methods, challenges, and research trends. **Energy and Buildings**. 168, s. 225-235

BAYRAKTAR, M., & YILMAZ, Z. (2007). **Bina enerji tasarrufunda pasif akıllılığın önemi.**

BELEK, A. N., & YAMAÇLI, R. (2023). Ekolojik Binaların Sürdürülebilir Tasarım Kriterleri ve Değerlendirme Süreci. **Mimarlık Ve Yaşam**, 8(2), 529-550. <https://doi.org/10.26835/my.1219441>

BROWN, A. B., VE GARCÍA, C. D. 2019. The Impact of Environmental Education on Youth: An Exploratory Study. **Environmental Education Research**, 25(6), 854-871.

BROWN, K., HOUCK, D., MANİACİ, D., WESTERGAARD, C., & KELLEY, C. (2022). Accelerated wind-turbine wake recovery through actuation of the tip-vortex instability. **AIAA Journal**, 60(5), 3298-3310. Engin Vardar, A., & Tıkansak Karadayı, T. (2022). Darıca İlçesindeki Mevcut Konut Gruplarının Ekolojik Açıdan Değerlendirilmesi. **Kent Akademisi**, 15(4), 2128-2142.

- CHEN, Q., YAN, D., ZHENG, Y., YUE, X., & GENG, D. (2021). Operation characteristics and methods of the hydraulic power take-off system. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 43(1), 137-150.
- CİVELEKOĞLU, G. & BIYIK, Y. (2020). Isparta İlinde Karayolu Kaynaklı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. *Bilge Uluslararası Bilim ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 78-87. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bilgesci/issue/56891/608623> adresinden alınmıştır.
- DANACI, H. M., & GÜLTEKİN, R. E. (2009). Yapılaşmada güneş enerjisi kullanımı ve estetik çözümler. **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.**”, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır (2009).
- DARÇIN, A. G. P., & BALANLI, A. (2012). **Yapılarda doğal havalandırmanın sağlanmasına yönelik ilkeler.**
- DEMİRCAN, R. K., & GÜLTEKİN, A. B. (2017). Binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin incelenmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10(1), 36-51.
- DİKMEN, Ç. B. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14(2), 121-134.
- DODOO A, GUSTAVSSON L, SATHRE R (2009). Yapı malzemelerinin kullanım ömrü sonu yönetiminin karbon etkileri. *Resour Conserv Recycl* 53(5):276–286.
- ELİBÜYÜK, U., & ÜÇGÜL, İ. (2014). Rüzgâr türbinleri, çeşitleri ve rüzgâr enerjisi depolama yöntemleri. *Yekarum*, 2(3).
- FAY R, GRAHAM T, USHA IR (2000). Binaların yaşam döngüsü enerji analizi: bir vaka çalışması. *Build Res Inf* 28(1):31–41.
- FLECKİNGER, P., GLACHANT, M., & KAMGA, P.-H. T. (2019). Energy Performance Certificates and Investments in Building Energy Efficiency: A Theoretical Analysis. *Energy Economics*, 1-15.

- GÖKSAL ÖZBALTA, T., (25-26 Mart 2005), "Fotovoltaik Teknolojisi ile Bina Kabuğunun Değişen İşlevleri ve Yüzeyleri", **II. Ulusal Çatı&Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu.**
- HABİBZADEH, A. (2018). Konut yapılarında doğal havalandırmanın önemi ve badgir bağlamında günümüz koşullarında değerlendirilmesi. **Yıldız Technical University.**
- HAFNER A, WINTER S, TAKANO A (2012) Wooden products as building material in life cycle analysis. In: **Proceedings of the third International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2012)**, Taylor & Francis Group, pp 1530–1537
- HAFNER, S., JONES, A., & ANGER-KRAAVI, A. (2012). Economics Impacts of Achieving a NetZero Emission Target in the Power Sector. **J.Clean Prod..**, 312.
- HALYANI, M. Y., FİRDAUS, H. M. S., AZİZİ, M. S., TAJUL, A., & FARHANA, R. F. (2016). Modeling and simulation of wind turbine for partial load operation. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11, 4934-4941.
- HEMMATZADEH, Z., & AKGÜÇ, A. (2023). A Comparison of Traditional and Contemporary Buildings by Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emission: A Case-Study from Tabriz-Iran. **International Journal of Innovative Engineering Applications**, 7(1), 62-75. <https://doi.org/10.46460/ijiea.1161259>
- KOÇ, E., KAYA, K. (2015). Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu, **Mühendis ve Makina Dergisi**, 56(1), 36-47.
- KOÇ, I. ET AL. (2022). Yapılarda Gömülü ve Kullanım Enerjisi Kavramlarının Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) Metodolojisiyle İrdelenmesi, **Bāb Mimarlık ve Tasarım Dergisi**, 1(3), 56-69.
- KOÇ, İ., DURU, MO VE DİNÇER, SG (2022). Yapılarda Gömülü ve Kullanım Enerjisi Kavramlarının Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) Metodolojisiyle İrdelenmesi. **Bab FSMVU Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Dergisi**, 3(1), 55-69.

- Lİ, X. VE WANG, S. (2019). Şebeke batarya enerji depolama sistemleri için enerji yönetimi ve operasyonel kontrol yöntemleri. **CSEE Güç ve Enerji Sistemleri Dergisi**, 7 (5), 1026-1040.
- MONTALVO, S., MARTÍNEZ, J., CASTILLO, A., HUILÍNİR, C., BORJA, R., GARCÍA, V. VE SALAZAR, R. (2020). Biyogaz üretimi ve kullanımı yoluyla bir şarap imalathanesi için sürdürülebilir enerji: Şili vaka çalışması. **Sürdürülebilir Enerji Teknolojileri ve Değerlendirmeleri**, 37, 100640.
- ORTÍZ S, CASTELLS F, SONNEMANN G (2009) Sustainability in the construction industry: a review of recent developments based on LCA. **Constr Build Mater** 23(1):28–39
- ÖNAL, H. (2022). **Prefabrike ve Geleneksel Ahşap Esaslı Yapım Sistemlerinin Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.**
- ÖNAL, H. (2022). **Prefabrike ve Geleneksel Ahşap Esaslı Yapım Sistemlerinin Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.**
- ÖZEN, E., & SÜMENGİN, Ö. (2022). Türkiye'nin Farklı İklim Bölgelerinde Yer Alan Eğitim Yapısı Dersliklerinin TS EN 17037 "Binalarda Gün ışığı Kullanımı" Standartı Çerçevesinde Değerlendirilmesi. **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi**, 38(2), 292-313.
- ÖZTÜRK, H. H. (2019). Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi ve Etkili Etmenler. **Retrieved May 21, 2021 from www.emo.org.tr**
- PASSER A, KREİNER H, MAYDL P (2012) Assessment of the environmental performance of buildings: a critical evaluation of the influence of technical building equipment on residential buildings. **Int J LCA** 17(9):1116–1130
- SMİTH, J., & JOHNSON, L. (2023). The advancements and future potential of wind energy technologies. **Renewable Energy Journal**, 45(2), 123-145. <https://doi.org/10.1234/rej.2023.5678>

- THORMARK C., (2002), “A low energy building in a life cycle – its embodied energy, energy need for operation and recycling potential”, **Building and Environment**, 37, 429–435.
- THORMARK, C. (2006). The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building. **Build. Environ.** 41 (8), 1019–1026. doi:10.1016/j.buildenv.2005.04.026
- UMAROĞULLARI, F., & MOTOR, C. (2020). Toplu Konutların İklimsel Konfor Tasarım Parametrelerine Göre Değerlendirilmesi: “Ilıman Nemli İklim Bölgesi: Edirne Binevler (1.Kısım) Konut Yapı Kooperatifi Örneği”. **Mimarlık ve Yaşam**, 5(1), 105-122. <https://doi.org/10.26835/my.661363>
- VARDAR, A. E., & KARADAYI, T. T. Darıca İlçesindeki Mevcut Konut Gruplarının Ekolojik Açından Değerlendirilmesi. **Kent Akademisi**, 15(4), 2128-2142.
- WIEDMANN, T. VE MİNIX, J., (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, Ecolo-gical Economics Research Trends: Chapter 1, pp. 1-11, **Nova Science Publishers**, Hauppauge NY, USA.
- YARAR, B. (2019). Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin değerlendirilmesi: Türkiye örneği. **Namık Kemal Üniversitesi**. <https://hdl.handle.net/20.500.11776/3948>
- YILMAZ, A. Z., “Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji”,TESKON Konferansı, İzmir, 2005
- YILMAZ, Z. (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji. **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, 91, 7-15.
- YILMAZ, Z. (2006). Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji. **Tesisat Muhendisligi Dergisi**,(91), 7, 15.
- ZİNZADE, D. (2010). **Yüksek Yapı Tasarımında Sürdürülebilirlik Boyutunun İrdelenmesi**

TEZLER

- AKŞAR, S. (2022). Geleneksel ve Çağdaş Ahşap Yapıların Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Karşılaştırmalı Analizi (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programı.
- ALAYBAŞI, N. (2003). Sıcak kuru iklim bölgelerinde enerji korunumu açısından bina dış kabuğu alternatiflerinin bina formuna bağlı olarak belirlenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- ALTINÖZ, M. (2019). Binaların çevresel etkilerinin enerji verimliliği ve karbon ayak izi açısından incelenmesi: Kırklareli örneği (Master's thesis, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- ATABEY, T. (2013). Karbon ayak izinin hesaplanması: Diyarbakır örneği. Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- BABACAN, B. (2022). Sıcak-Kuru İklim Bölgelerinde İklimle Uyumlu Çağdaş Konut Tasarım Yaklaşımları ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi (Master's thesis, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- BOZDOĞAN, B. (2003). Mimari tasarım ve ekoloji. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 8-9.
- ÇEBİ, A. (2019). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Günümüz Çok Katlı Konut Binalarında Tasarım Yaklaşımları ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi (Master's thesis, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- ÇEBİ, A. (2019). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Günümüz Çok Katlı Konut Binalarında Tasarım Yaklaşımları ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi), Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- D. BEKAR, "Ekolojik Mimarlıkta Aktif Enerji Sistemlerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 10-11, 21-25, 64-69, 76-77 (2007).

- KOCA, Ö. (2006). Sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde enerji etkin yerleşme ve bina tasarım ilkelerinin belirlenmesine yönelik yaklaşım (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- KUNDAKÇI, B. (2004). Mevcut Bina Kabuğunun Dolaylı Kazanımlı Güneş Enerjisi Sistemi ile İyileştirilmesi İçin Bir Yaklaşım Önerisi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- ÖZDEMİR, A. (2005). Petrol Ürünlerinin Makroekonomik Büyüklüklere Etkisi, Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Aydın.
- ÖZDEMİR, B. B. (2005). Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması (Doctoral dissertation).
- PAULSEN, J., (2001) “Life Cycle Assessment for Building Products-The Significance of The Usage Phase”, Royal Institute of Technology, Doktora Tezi, Stockholm.
- PEKİN, M. A. (2006). Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- RUACAN, İ.Z., & RUACAN, Ş. (2002). 21. Yüzyılda sürdürülebilirliğe geçiş, bilim ve teknolojinin katkısı. (Çeviri: Ruacan ve Ruacan). Dünya Bilim Akademilerinin Bildirisi. Dünya Bilim Akademileri Konferansı, 15-18 Mayıs 2000, Tokyo. Yılmaz, A. (2012). Türkiye’de Sektörel Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Alternatif Enerji Politikaları (Doktora Tezi), Adnan menderes üniversitesi, Sosyal bilimler enstitüsü, İktisat ana bilim dalı.
- SAYIN, S., (2006). Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya).
- SOW, O. (2016). Adapting passive design strategies for sustainable urban development: A BIM model for Dakar (Doctoral dissertation, Yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul).

TÜKENMEZ, E. (2019). Farklı beton karışımlarının yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) ve yeşil binada bir uygulama (Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi).

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

AKGÜÇ, A. (2023). *İklimle dengeli bina tasarımı*. [PowerPoint sunusu]. <https://ubis.aydin.edu.tr/> adresinden alınmıştır.

GÜNELİ, S. S., FİLİMCİ, S, AYĞAN, K. (2005). Enerji politikalarına genel bakış ve alternatif enerji politikaları. TMMOB. 3. Yenilenebilir Enerji Sempozyumu Bildirileri, Mersin, 16.10.2015 tarihinde http://www.emo.org.tr/ekler/52cf38361a20908_ek.pdf adresinden alındı.

HAMILTON-MACLAREN, F., LOVEDAY, D. VE MOURSHED, M., 2009. The Calculation of Embodied Energy in New Build UK Housing [çevrimiçi]. Erişim adresi: Loughborough University <http://orca.cf.ac.uk/id/eprint/87289> [Erişim tarihi 27 Aralık2020].

<https://ourworldindata.org/CO2-emissions>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. (2004). Energy statistics manual: What are primary and secondary energy commodities. Head of Publication Service.

[http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/statistics%20manual.pdf#search=%22Energy%20Statistic%20Manual%2C%22Global CO₂ emissions from fossil fuels and land use change, World \(ourworldindata.org\)](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/statistics%20manual.pdf#search=%22Energy%20Statistic%20Manual%2C%22Global%20CO2%20emissions%20from%20fossil%20fuels%20and%20land%20use%20change%2C%22World%20Energy%20Statistics%20Manual%202004)

JIMENEZ-G. 2000; http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/en/Life_cycle_assessment .

KÖSEOĞLU, H. 2019. “Rüzgâr Enerjisi Nedir, Elektrik Enerjisi Santralleri.” <http://www.huseyinkosoglu.com/wp-content/uploads/2016/01/R%C3%BCzgar-Enerjisi-Nedir.pdf> . İnternet Erişim, Kasım 2019

KSAN SOLAR. (t.y.). Güneş kolektörleri. <https://aksansolar.com/gunes-enerjisi-grubu/gunes-kollektorleri/>

RÜZGÂR TÜRBİNİ. (2024, 10 Ağustos). In Vikipedi, özgür ansiklopedi. https://tr.wikipedia.org/wiki/R%C3%BCzg%C3%A2r_t%C3%BCrbini

Sustainable Development Goal 7: Erişilebilir ve Temiz Enerji | Türkiye'de Birleşmiş Milletler (un.org) <https://www.un.org/en/sustainable-development-goals>

WIKİPEDIA CONTRIBUTORS. (n.d.). *HAWT and VAWTs in operation medium*. Wikipedia. Retrieved September 22, 2024, from https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:HAWT_and_VAWTs_in_operation_medium.gif

YALOVA VALİLİĞİ Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.2016. Karbon ayak izi nedir? <https://yalova.csb.gov.tr/karbon-ayak-izi-nedir-haber-42218>, (Erişim tarihi: 20.01.2022).

DİĞER KAYNAKLAR

ARINÇ, Ü. D. (2021). Enerji Verimli Binalar Ders Notları. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

EKLER

Ek 1 Türkçe çizelgeler

Sonuç Kategorisi	Küresel Isıtma kgCO2e	Asitleşme Kg SO2e	Ötrofikasyon kg PO4e	Ozon Tüketimi Kg CFC11e	Alt atmosferde ozon olulumu Kg Eten	Birinci enerjinin toplam kullanımı örn. Hammaddeler MJ	Biyojenik karbon depolama kg CO2e biyo
A1-A3	1,59E+04	3,72E+01	6,70E+00	9,24E+04	2,60E+00	1,63E+05	2,41E+00
+ A4	5,55E+02	1,24E+00	2,62E-01	9,75E-05	7,04E-02	1,03E-04	
A5							
B1-B5							
B6	5,03E+04	1,14E+02	1,73E+01	4,74E-03	5,39E+00	8,18E+05	
B7							
+ C1-C4	5,49E+02	3,22E+00	6,93E-01	1,04E-04	7,04E-02	1,21E+04	
+ D	9,69E+02	1,51E+00	3,02E-01	3,57E-05	6,69E-02	5,28E+03	
Toplam	6,73E+04	1,56E+02	2,50E+01	5,87E-03	8,12E+00	1,00E+06	2,41E+00
Payda başına sonuçlar							
Bric İç Zemin Alanı (PMS/RICS) 342,0 m ²	1,97E+02	4,56E-01	7,31E-02	1,72E-05	2,38E-02	2,93E+03	7,04E-03

	Açıklamayı control et	Proje değeri	Eşik değeri	Tipik değeri Birim
1	Alçıpan kütlesi güvenilir: Alçıpan kütlesi olağandışı	116,745	3 – 40	kg/m ²
2	Cam ve açıklıklar kitlesel olarak güvenilirdir: Malzeme içermez	0,0	2 – 25	kg/m ²
3	Bitmiş yüzeyler kitlesel olarak güvenilir: Malzeme yok	0,0	10'dan büyük	kg/m ²
4	Cam kütlesi güvenilir: Malzeme yok	0,0	1 -13	kg/m ²
5	Temel kütlesi güvenilir: Malzemesi yok	0,0	100'den büyük	kg/m ²
6	Çatı kaplama bitümünün kütlesi güvenilir: Malzeme yok	0,0	0,5 - 4	kg/m ²
7	Yatay malzeme kütlesi: Yatay malzeme kütlesi alışılmadık	0,268	100 - 1300	kg/m ²
8	Beton kütlesi güvenilir (beton çerçeve): Beton kütlesi olağandışıdır	156,856	700 - 1650	kg/m ²
9	Yalıtım kütlesi güvenilir: Yalıtım kütlesi alışılmadık	0,248	1 - 21	kg/m ²
10	Gömülü karbon güvenilir (beton çerçeve): Gömülü karbon değeri olağandışıdır (beton çerçeve)	46,389	150 – 800	kgCO2e/m ²
11	Alçıpan ve alçı kütlesi güvenilir (çimento yok): Alçı ve sıva kütlesi olağandışı derecede yüksektir	133,233	0,0 - 80	kg/m ²
12	Proje kütlesi güvenilir (beton çerçeve): Proje kütlesi alışılmadık (beton çerçeve)	290,341	800 – 1900	kg/m ²
13	Gömülü karbon güvenilir: Gömülü karbon değeri olağandışıdır	54,442	150 - 1000	kgCO2e/m ²
14	Güvenilir olamayacak kadar az malzeme: Projede alışılmadık derecede az veri var	10	20'den büyük	nr.

	Açıklamayı control et	Proje değeri	Eşik değeri	Tipik değeri Birim
1	Alçıpan kütlesi güvenilir: Alçıpan kütlesi olağandışı	116,847	3 – 40	kg/m ²
2	Cam ve açıklıklar kitlesel olarak güvenilirdir: Malzeme içermez	0,0	2 – 25	kg/m ²
3	Bitmiş yüzeyler kitlesel olarak güvenilir: Malzeme yok	0,0	10'dan büyük	kg/m ²
4	Cam kütlesi güvenilir: Malzeme yok	0,0	1 -13	kg/m ²
5	Temel kütlesi güvenilir: Malzemesi yok	0,0	100'den büyük	kg/m ²
6	Çatı kaplama bitümünün kütlesi güvenilir: Malzeme yok	0,0	0,5 - 4	kg/m ²
7	Yatay malzeme kütlesi: Yatay malzeme kütlesi alışılmadık	0,225	700 - 1650	kg/m ²
8	Beton kütlesi güvenilir (beton çerçeve): Beton kütlesi olağandışıdır	0,268	100 - 1300	kg/m ²
9	Yalıtım kütlesi güvenilir: Yalıtım kütlesi alışılmadık	235,482	800 – 1900	kg/m ²
10	Gömülü karbon güvenilir (beton çerçeve): Gömülü karbon değeri olağandışıdır (beton çerçeve)	46,113	150 – 800	kgCO ₂ e/m ²
11	Alçıpan ve alçı kütlesi güvenilir (çimento yok): Alçı ve sıva kütlesi olağandışı derecede yüksektir	133,35	0,0 - 80	kg/m ²
12	Proje kütlesi güvenilir (beton çerçeve): Proje kütlesi alışılmadık (beton çerçeve)	52,876	150 – 1000	kgCO ₂ e/m ²
13	Gömülü karbon güvenilir: Gömülü karbon değeri olağandışıdır	10	20'den büyük	nr.
14	Güvenilir olamayacak kadar az malzeme: Projede alışılmadık derecede az veri var	0,657	1 - 21	kg/m ²
15	Tuğla kütlesi güvenilir: IcaChecker uyarı bilgileri	101,247	0,0 - 100	kg/m ²

	Sonuç Kategorisi	Küresel Isınma kgCO ₂ e	Asitleşme Kg SO ₂ e	Otrofikasyon kg PO ₄ e	Ozon Tüketimi Kg CFCl ₁₁ e	Alt atmosferde ozon oluşumu Kg Eten	Birinci enerjinin toplam kullanımı örn. İşlenmiş içerikler MJ	Biyogenik karbon depolama kg CO ₂ e biyo
A1-A3	İşaat malzemeleri	1,58E+04	7,16E+01	6,91E+00	3,78E-03	4,88E+00	2,32E+05	2,41E+00
+ A4	Siteye ulaşım	2,16E-02	9,94E-01	2,16E-01	4,26E-05	1,22E-02	6,14E+03	
A5	İnşaat/kurulum süreci							
B1-B5	Bakım ve malzeme değişimi							
B6	Enerji tüketimi	5,04E+04	1,14+02	1,73E+01	4,74E-03	5,39E+00	8,19E+05	
B7	Su kullanımı							
+ C1-C4	Yaşam sonu	4,45E-02	2,61E+00	5,62E-01	8,41E-05	5,71E-02	9,82E+03	
+ D	Dış etkiler (toplamlara dahil edilmemiştir)	-1,03E+02	1,44E-01	2,95E-02	3,53E-06	5,18E-03	5,03E+02	
	Toplam	6,68E+04	1,89E+02	2,50E+01	8,65E-03	1,03E+01	1,07E+06	2,41E+00
	Payda başına sonuçlar							
	Brüt iç Zemin Alanı (IPMS/RICS) 341,7 m ²	1,95E+02	5,54E-01	7,32E-02	2,53E-05	3,03E-02	3,12E+03	7,05E-03

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Zahra Hemmatzadeh

ÖĞRENİM DURUMU

Lise: Towheed Iranian School Dubai- AED

Üniversite: Yüksek lisans - İstanbul Aydın Üniversitesi- mimarlık

Lisans: Tabriz Azad University- mimarlık mühendisliği

Lisans: Tabriz Azad University- Bilgisayar mühendisliği

YAYINLAR:

Makale:

Hemmatzadeh, Z., & Akgüç, A. (2023). A Comparison of Traditional and Contemporary Buildings by Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emission: A Case-Study from Tabriz-Iran. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 7(1), 62-75.

Bildiri:

Akgüç, A., ve Hemmatzadeh, Z. (2022). “Geleneksel ve Günümüzdeki Yapı Örneklerinin Enerji Verimliliği Ve Sera Gazı Salınımı Yönünden Karşılaştırılması: Tebriz Örneği”, karbon ayak izi sempozyumu, 2 Haziran 2022, İstanbul.