

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMELERİNİN KONUT
YAPILARINDA KULLANIMINA YÖNELİK YAŞAM DÖNGÜSÜ
ENERJİ VERİMLİLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

İpek DARI
211401202

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Nazenin AŞRAFI

İstanbul

T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Şubat, 2024

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMELERİNİN KONUT
YAPILARINDA KULLANIMINA YÖNELİK YAŞAM DÖNGÜSÜ
ENERJİ VERİMLİLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

İpek DARI

211401202

ORCID: 0009-0001-0672-8495

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Nazenin AŞRAFI

İstanbul

T.C. Maltepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Şubat, 2024



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.



ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.



TEŞEKKÜR

Maltepe Üniversitesi Lisansüstü programlar Enstitüsü Mimarlık Yüksek Lisans Programı kapsamında hazırlanan sürdürülebilir yapı malzemelerinin konut yapılarında kullanımına yönelik yaşam döngüsü enerji verimliliği değerlendirilmesi üzerine olan literatüre sahip ve gelecek yaşama yön vermek, yaşanabilir dünya oluşturmayı hedefleri arasında amaçlanan bir çalışma kapsamı oluşturmaktadır.

Öncelikle tez danışmanlığımı üstlenmeyi kabul eden Dr. Öğretim Üyesi Nazenin AŞRAFI'ye verdiği sonsuz desteği, sabrı, motivasyonu ve engin bilgisi için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Destekleri ve ilgileri ile yanımda olan her soruna çözüm odaklı yaklaşan Makine Mühendisi Mehmet MUTLU'ya ve Yat İç Mekan Tasarımcısı Arda DALAY'a teşekkür ediyorum. Moral ve motivasyonumu en yüksek seviyede tutan ve bu süreçte güzel dileklerini eksik etmeyen, yanımda olan kardeşlerim Mimar Müge DARI MUTLU'ya, Endüstri Mühendisi Çağla DALAY'a ve Murat DARI'ya teşekkür ederim.

Bu yorucu süreçte, desteklerini bir an olsun bırakmayan, büyük sabır gösteren, her daim yanımda olan aileme, Hüseyin DARI ve Leman DARI'ya sevgilerimi ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Süreç boyunca bana destek olan ve sürekli cesaret veren sevgili Arslan Kaan YAMAN'a son ve özel teşekkürlerimi sunuyorum.

İpek DARI

Şubat, 2024

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMELERİNİN KONUT YAPILARINDA KULLANIMINA YÖNELİK YAŞAM DÖNGÜSÜ ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İpek Darı

Yüksek Lisans Tezi

Mimarlık Ana Bilim Dalı

Mimarlık Tezli Yüksek Lisans

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Nazenin Aşrafi

Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2024

Türkiye'nin mimarlık alanında ve inşaat sektörünün büyük bir kısmı, bina yapımında enerji etkinliği yaklaşımı göz önünde bulundurmadan kentlerde ve diğer bölgelerde büyük oranda inşa edilmiştir ve bu durum günümüzde devam eden bir süreç içerisinde kalmıştır. Yapılarda yaşam döngüsü kontrol altına alınarak enerji etkin sisteminin gerçekleştirilmesi ile olumlu sonuçlar yaratmak mümkündür. Binaların enerji performansını, mevcut binalar üzerinden ve yeni yapılacak olan yapılar için AB mevzuatına göre artırılması gerekliliği ileri sürülmektedir. Çevreyle uyumlu, doğaya saygılı, sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanımı ile sıfır enerjili binaların ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede sera gazı emisyonlarında azalma sağlanmakta, yeni ve mevcut binalar için kullanıcı yönünde ekonomik oranda minimum enerji tüketim performansı sistemine geçilmesi gerekliliğini de benimsemektedir. Bu nedenle, yeni yapılaşmada binaların sürdürülebilir ve enerji verimliliği en iyi şekilde oluşturulması kaçınılmaz bir durum haline gelmektedir. Türkiye'de diğer binaların aksine toplam enerji tüketiminin %40'ı konut yapılarından oluşmaktadır. Bu tip konut yapılarının enerji performansı yükseltilmeli ve enerji verimliliğinin artırılması gereklidir.

Bu araştırmanın temel amacı, konut binalarının enerjiyi verimli bir şekilde kullanmasını sağlamak için sistematik bir iyileştirme yaklaşımı oluşturmak, yeni malzemelerin kullanımını teşvik etmek ve farklı iklim koşulları altında elde edilen enerji tüketimlerinin değişimlerini karşılamaktır.

Bu çalışmanın amaçlarına ulaşmak için, Türkiye'de mevcut konut yapılarından biri olan ve iki farklı iklim yapısı ile İstanbul ve Erzurum'da referans bina olarak dikkate

alınmaktadır. Bu durum, dinamik bir simülasyon araçları olan Design Builder ve Energy Plus yardımı ile hesaplanan referans binanın enerji değerleri ve enerji tüketimleri aracılığı ile sağlanmaktadır. İyileştirme yöntemi, binanın dış kabuğu sisteminde farklı ısı yalıtım sistemleri ile uygulanan enerji verimliliği önlemleri ile oluşturulur. Sonuç olarak, iyileştirme adımlarının referans bina üzerinde enerji tüketimleri hesaplanır ve her bir adım için minimum tüketim seviyesi karşılaştırılır.

Anahtar Sözcükler: Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Malzemeler, Isı Yalıtımı, Kenevir, Binalarda Yaşam Döngüsü, Konut Yapılarında Enerji Verimliliği



ABSTRACT

EVALUATION OF LIFE CYCLE ENERGY EFFICIENCY FOR THE USE OF SUSTAINABLE BUILDING MATERIALS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

İpek Dari

Master Thesis

Department Of Architecture

Architecture Master's Program with Thesis

Thesis Advisor: Assist Prof. Nazenin Aşrafi

Maltepe University Graduate School, 2024

A large part of Turkey's architecture and construction sector has been largely built in cities and other regions without taking into account the energy efficiency approach in building construction, and this situation remains in an ongoing process today. It is possible to create positive results by controlling the life cycle in buildings and realizing an energy-efficient system. It is suggested that it is necessary to increase the energy performance of buildings over existing buildings and for new structures in accordance with EU legislation. It enables the emergence of zero-energy buildings with the use of environmentally compatible, environmentally friendly, sustainable building materials. In this way, a reduction in greenhouse gas emissions is achieved, and it also adopts the necessity of switching to a minimum energy consumption performance system at an economic rate in the direction of the user for new and existing buildings. For this reason, it is becoming an inevitable situation to create sustainable and energy-efficient buildings in the best possible way in new construction. Unlike other buildings in Turkey, 40% of the total energy consumption consists of residential buildings. The energy performance of these types of residential structures should be improved and it is necessary to increase energy efficiency.

The main purpose of this research is to create a systematic improvement approach to ensure that residential buildings use energy efficiently, encourage the use of new materials, and compare the changes in energy consumption obtained under different climatic conditions.

In order to achieve the objectives of this study, it is considered as a reference building in Istanbul and Erzurum, which is one of the existing housing structures in Turkey and with

two different climate structures. This situation is achieved through the energy values and energy consumption of the reference building calculated with the help of Design Builder and Energy Plus, which are dynamic simulation tools. The improvement method is created by energy efficiency measures applied with different thermal insulation systems in the outer shell system of the building. As a result, the energy consumption of the improvement steps on the reference building is calculated and the minimum consumption level for each step is compared.

Keywords: Sustainability, Sustainable Materials, Thermal Insulation, Hemp, Life Cycle in Buildings, Energy Efficiency in Residential Structures



İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç.....	2
1.2 Kapsam	2
1.3 Problem.....	2
1.4 Tezin Yöntemi	3
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1 Yapılarda Yaşam Döngüsü	4
2.2 Konut Yapıların Yaşam Döngüsü.....	5
2.3 Yapılarda Kenevir Malzemesinin Kullanımı.....	6
2.4 Binalarda Enerji Verimliliği	9

3. GENEL TANIMLAR	11
3.1 Sürdürülebilirlik.....	11
3.1.1 Sürdürülebilirlik kavramının tarihsel süreci	14
3.1.2 Sürdürülebilirlik mimarlık	17
3.1.3 Sürdürülebilirlik binalar.....	18
3.1.4 Sürdürülebilir konut yapıları.....	22
3.1.5 Avrupa’da sürdürülebilir konut yapıları	24
3.1.6 Türkiye’de Sürdürülebilir Konut Yapıları	26
3.2 Binalarda Yaşam Döngüsü.....	28
3.2.1 Yaşam döngüsü değerlendirmesi	31
3.2.2 Yaşam döngüsü enerji değerlendirmesi	31
3.2.3 Gömülü enerji	32
3.3 Yapı Malzemeleri İçin Sürdürülebilirlik Göstergeleri	32
3.3.1 Sürdürülebilir kerpiç, toprak, bambu ve kenevir yapı malzemeleri	34
3.3.2 Sürdürülebilir yapı malzemelerinin sınıflandırılması	39
3.4 Binalarda Enerji Verimliliği.....	42
3.4.1 Sıfır enerji binalar	43
3.4.2 Konut binalarda enerji verimliliğinin önemi	44
4. BİNA ENERJİ PERFORMANSI METODOLOJİ	46
4.1 Enerji Performansı Hesaplama Metodolojisi	46
4.2 Referans Binanın Seçimi	46

4.3	Enerji Verimliliği Önlemlerinin Belirlenmesi	47
4.4	Enerji Tüketiminin Hesaplanması.....	47
5.	REFERANS KONUT YAPISININ TANIMLANMASI VE FARKLI İKLİM TİPLERİ (İSTANBUL VE ERZURUM) ÜZERİNDEN KENEVİR YALITIM MALZEMESİNİN ENERJİ TÜKETİMİ ANALİZİ DEĞERLENDİRMESİ.....	49
5.1	Türkiye'nin İklim Bölgeleri.....	49
5.1.1	Ilımlı nemli iklim bölgesi (İstanbul).....	49
5.1.2	Soğuk iklim bölgesi (Erzurum).....	50
5.2	Referans Konut Binası için Enerji Verimliliğinin Yönelimi.....	50
5.3	Referans Konut Yapısının Seçimi ve Özellikleri (İstanbul ve Erzurum)	51
5.4	Referans Konut Binası için Enerji Tüketimini Optimum Seviyede Tutacak Analizlerin Senaryolar ile Belirlenmesi (İstanbul-Erzurum).....	60
5.5	Referans Konut Binasının İstanbul ve Erzurum İllerinde Karşılaştırılması	63
6.	SONUÇ ve ÖNERİLER	87
	KAYNAKLAR	92
	ÖZGEÇMİŞ	101

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1: Sürdürülebilirlik Kavramı Üzerinde Uluslararası Çalışmalar	15
Tablo 2: Sürdürülebilirlik Kavramı Üzerinde Önemli Gelişmeler	16
Tablo 3: Sürdürülebilir Malzemelerin İşlevleri ve Özellikleri	40
Tablo 4: Referans Konut Binasının Fiziksel Özellikleri	52
Tablo 5: İklim Bölgelerine Göre U Değerleri	54
Tablo 6: Referans Konut Binasını Oluşturan Yapı Eleman Katmanları (Dış Duvar)....	55
Tablo 7: Referans Konut Binasını Oluşturan Yapı Eleman Katmanları (Tavan Üzeri Eğimli Çatı).....	56
Tablo 8: Referans Konut Binasını Oluşturan Yapı Eleman Katmanları (Taban Toprak Temaslı)	57
Tablo 9: Referans Konut Binasını Oluşturan Yapı Eleman Katmanları (Pencere)	58
Tablo 10: Referans Konut Binasında Parametreler	59
Tablo 11: Fonksiyonlara Göre Değişen Elektrik Ekipmanları ve Aydınlatma.....	60
Tablo 12: Isı Yalıtım Malzemeleri.....	61
Tablo 13: Referans Konut Bina Dış Duvar Kabuğu Alternatifleri-İstanbul	62
Tablo 14: Referans Konut Bina Dış Duvar Kabuğu Alternatifleri-Erzurum.....	63
Tablo 15: Dış Duvarda Isı Yalıtımların Isıl Geçirgenlik Katsayısı (W/m^2K) - İstanbul	65
Tablo 16: Dış Duvarda Isı Yalıtımların Isıl Geçirgenlik Katsayısı (W/m^2K) - Erzurum	68

Tablo 17: İyileştirme Duvar Tiplerinde Harcanan Enerji Tüketimleri (kWh/m ²) - İstanbul	73
Tablo 18: İyileştirme Duvar Tiplerinde Harcanan Enerji Tüketimleri (kWh/m ²) - Erzurum	76
Tablo 19: Toplam Enerji Tüketimi ve Enerji Verimliliği Önlemlerinin Karşılaştırmaları	85
Tablo 20: Referans Konut Binasında Kenevir Isı Yalıtım Malzemesinin Enerji Tüketim Değişim Oranı (İstanbul-Erzurum).....	90



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Kenevir, Limon ve Marés: Doğal Bir Ev	6
Şekil 2: Kenevir, Limon ve Marés: Doğal Bir Ev, İç ve Dış Mekan Kullanımları	7
Şekil 3: Kenevir, Limon ve Marés: Doğal Bir Ev Kesiti	8
Şekil 4: Cape Town, 12 Katlı Gökdelen	9
Şekil 5: Sürdürülebilirlik Kavramı	12
Şekil 6: Sürdürülebilir Bina ve Etkileri	19
Şekil 7: Sürdürülebilir Binanın Süreci	20
Şekil 8: Sektörlere Göre Toplam Enerji Tüketimi (2020).....	23
Şekil 9: Yapım Sektöründe Harcamaların Dünyada Dağılımı	25
Şekil 10: Dünyada Enerjinin Sektörlere Göre Tüketim Oranları	26
Şekil 11: Sektörlere Göre Toplam Enerji Tüketimi (2020) (Devlet Planlama Teşkilatı	27
Şekil 12: Sürdürülebilir Yapının Yaşam Döngüsü.....	30
Şekil 13: Yapının Yaşam Dönemi Sürecinde Geçirdiği Evreler	31
Şekil 14: Ortalama Bir Yapı İçin Gömülü-Kullanım Enerji Kıyaslaması.....	32
Şekil 15: Sürdürülebilir Malzemelerin Yaşam Döngüsü Modeli	33
Şekil 16: Kerpiç Blok Malzemesi	35
Şekil 17: Bambu Yapıların Rüzgâr veya Deprem Karşısında Sergilediği Davranış.....	36
Şekil 18: Kenevir Bitkisi	37

Şekil 19: Kenevir Yalıtım Malzemesi – Kenevir Tuğla.....	38
Şekil 20: Kenevir Malzemesi Kullanılarak Yapılan Konut (Flat House)	38
Şekil 21: Sürdürülebilir Malzemelerin Sınıflandırılması	42
Şekil 22: Sıfır Enerjili Bina Örneği.....	43
Şekil 23: Türkiye'nin İklim Bölgeleri.	49
Şekil 24: Referans Konut Binasının Kat Planları.....	52
Şekil 25: Referans Konut Binasının Design Builder Simülasyonu Üzerinden Perspektif Görünümü	53
Şekil 26: Isı Yalıtımların İyileştirme Yüzde (%) Oranları - İstanbul.....	66
Şekil 27: Aynı Malzemelerin Farklı Kalınlıklarda İyileştirme Yüzde (%) Oranları - İstanbul.....	67
Şekil 28: Isı Yalıtımların İyileştirme Yüzde (%) Oranları-Erzurum.....	70
Şekil 29: Aynı Malzemelerin Farklı Kalınlıklarda İyileştirme Yüzde (%) Oranları - Erzurum	71
Şekil 30: Referans Konut Binasında İstanbul ve Erzurum İllerinin 1 Yıllık Tüketimleri	72
Şekil 31: Isı Yalıtım Malzemelerine Göre Enerji Tüketimi-İstanbul.....	74
Şekil 32: Referans Konut Binasında İstanbul İlinde Belirlenen Senaryolar Dahilinde 1 Yıllık Toplam Enerji Tüketimi	75
Şekil 33: Isı Yalıtım Malzemelerine Göre Enerji Tüketimi-Erzurum.....	77
Şekil 34: Referans Konut Binasında Erzurum İlinde Belirlenen Senaryolar Dahilinde 1 Yıllık Toplam Enerji Tüketimi	79

Şekil 35: Referans Konut Binasında İstanbul İlinde Belirlenen Senaryolar Dahilinde 1 Yıllık Toplam Tüketimleri.....	80
Şekil 36: Referans Konut Binasında Erzurum İlinde Belirlenen Senaryolar Dahilinde 1 Yıllık Toplam Tüketimleri.....	81
Şekil 37: Referans Konut Binasında İstanbul ve Erzurum İllerinin Enerji Tüketimleri	82
Şekil 38: Referans Konut Binasında İstanbul ve Erzurum İllerinin Elektrik (Aydınlatma ve Soğutma) Enerji Tüketimleri	83
Şekil 39: Referans Konut Binasında İstanbul ve Erzurum İllerinin Doğal Gaz Enerji Tüketimleri.....	84
Şekil 40: Referans Konut Binası ve İyileştirme Çalışmalarının Her İki İlde CO ₂ Emisyonu Grafiği.....	85

KISALTMALAR

BREAM	: ABD Enerji Bakanlığı
DESD	: Decade of Education Sustainable Development – Sürdürülebilir Kalkınma Eğitimi
EPBD	: Binaların Enerji Performansı Direktifi
E. D1-D7	: Erzurum Duvar 1-7
EP	: Birincil Enerji
EPS	: Ekspande Polistren
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning - Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
İ. D1-D7	: İstanbul Duvar 1-7
LCA	: Life Cycle Assessment – Yaşam Döngüsü Analizi
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design - Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik
MDGs	: Millenium Kalkınma Hedefi
SDGs	: Küresel Sürdürülebilirlik Hedefi
USDOE	: ABD Enerji Bakanlığı
WCED	: Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu
XPS	: Ekstrüde Politiren

YDET : Yaşam Döngüsü Enerji Tüketimleri

YDEDA : Yaşam Döngüsü Enerji Değerlendirme Analizi

YDD : Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi



1. GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrasında teknolojik gelişmeler ve insanların yaşam biçimlerinde değişim ile enerji ihtiyaçlarına duyulan gereksinim doğrudan ilişkilidir. 1970’li yıllarda petrol krizinin etkisiyle ülkelerin enerji ihtiyacını karşılayacak doğal kaynakların sınırlı ve korunması gereken bir sorun olduğunu fark etmektedirler. Gelişmekte olan ülkelerin doğal enerji kaynaklarına ve çevreye olan bilincin arttırılmasına yönelik çalışmaların olmasını gerekliliğini benimsemektedir.

Nüfusun hızla artışı ile birlikte enerji kaynaklarında tüketim, taleplerin karşılanmasında zorluk, enerji kaynaklarının doğrudan tüketilmesi, çevresel boyutta zararları beraberinde getirmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’na göre son yirmi yılda, birincil enerji tüketimi %49 ve CO₂ emisyonlarında %43 artış görülmektedir (Lombard, Oriz, Pout 2008, s. 394-398). Kaynakların tüketiciler tarafından kullanımı, ozon tabakasının delinmesi, küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açması, gelecek kuşakların yaşanabilir bir dünyada var olması mümkün olmayacağını göstermektedir. Bu endişelerin artması çevresel boyutta ve doğal kaynakların sürdürülebilirliğinde gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Ana küresel hedefler arasında kirletici emisyonların azaltılması, enerji tüketiminin en iyi şekilde azaltılması, enerji talebine olan bağımlılığın azaltılması ve çevre sorunlarına olan önemin arttırılması başlıcadır. Enerji kullanımına artan talepler dünya ekonomisine de etkilemekte ve iyileştirme olanakların yapılmasını gerektirmektedir. Fosil yakıtlarına olan talebin giderek artması, dünyada daha az enerji kullanımına teşvik etmek zorunda kalmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı’na göre, enerji tüketen en önemli unsurlardan biri çevremizi oluşturan binalardır. Başlıca temel enerji ihtiyaçlarının tüketimi ile atmosfere salınan sera gazı emisyonlarına sebep olmaktadır. Binalar sektörde önemli bir enerji tasarrufu potansiyeli sağlayacak bir yapıya sahiptir. Bu tür yapılandırmaların teşvik edici değerde olması gerektiğinden, yüksek miktarda enerji tüketiminde, kaynakların hızla azalmasında, CO₂ emisyonlarının yaklaşık 1/3’ünden sorumlu olması nedeni ile önemli bir değer taşımaktadır.

1.1 Amaç

Çalışmanın temel amacı, Türkiye'deki konut yapılarının konfor düzeyini dikkate alarak yaşam döngüsünü ve enerji tüketimini değerlendirmektir. Bir diğer amacı ise, farklı iklim bölgeleri için bina enerji performansının iyileştirilmesi konusunda maliyeti düşük etkili önlemler geliştirmek ve sürdürülebilir malzemelerin çevresel performanslarını tüm yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirmektir.

Bu tez çalışması, Türkiye'de farklı iklim bölgelerindeki konut tiplerinin, yeni sürdürülebilir malzemeler üzerinde çimento esaslı betonarme yapısı üzerinden Yaşam Döngüsü Enerji Tüketimleri (YDET) verimliliğini karşılaştırılmasını kapsamaktadır.

Yeni malzemelerin kullanımı, mevcut konu yapısı üzerinden karşılaştırmalı bir yaklaşım ile değerlendirilecektir. Çalışmada konut yapıların çevresel etki düzeylerini kontrol altında tutabilmek ve yaşam döngü enerji tüketimlerini minimum seviyelere ulaşmasını sağlamaktır. Bu çalışmada, mimari önlemler uygulanması sayesinde yeni ve geliştirilecek olan yapıların gömülü enerji ve enerji tüketimleri üzerinde yoğunlaşmaktadır.

1.2 Kapsam

Türkiye'de farklı iklim bölgelerindeki konut tiplerinin, yeni sürdürülebilir malzemeler üzerinde çimento esaslı betonarme yapısı üzerinden Yaşam Döngüsü Enerji Tüketimleri (YDET) verimliliğini karşılaştırılmasını kapsamaktadır. Yeni malzemelerin kullanımı, mevcut konu yapısı üzerinden karşılaştırmalı bir yaklaşım ile değerlendirilecektir. Çalışmada konut yapıların çevresel etki düzeylerini kontrol altında tutabilmek ve yaşam döngü enerji tüketimlerini minimum seviyelere ulaşmasını sağlamaktır. Bu çalışmada, mimari önlemler uygulanması sayesinde yeni ve geliştirilecek olan yapıların gömülü enerji ve enerji tüketimleri üzerinde yoğunlaşmaktadır.

1.3 Problem

Türkiye'nin inşaat sektöründe genellikle enerji etkinliği yaklaşımı göz önünde bulundurmadan yoğun yapılaşma kentlerde ve diğer bölgelerde inşa edilmektedir. Yapılarda yaşam döngüsü kontrol altına alınarak enerji etkin sisteminin gerçekleştirilmesi ile olumlu sonuçlar ve yapıların enerji tüketim miktarını azaltmak mümkündür. Fakat bu

önlemleri geliştirmek ve uygulamak için bilgi yönünden eksik kalınmaktadır. Binalarda enerji verimliliği sağlanmalı ve enerji tüketimine dayalı çevresel sorunların önlenmesi gerekmektedir. Enerji tüketimi açısından maliyet üzerinde çeşitli problemler açığa çıkmaktadır. Bunlar arasında bina tasarımına yönelik kabuk tasarımı önemli olmaktadır. Burada kullanılan malzemeleri hem tedarik hem de yaşam döngüsü içerisinde analiz ve yönergeler konulmadan yapıldığında iklim, çevre ve ekonomik maliyet açısından önemli bir problem olmaktadır.

1.4 Tezin Yöntemi

Tez, binanın tüm yaşam döngüsü göz önüne alındığında, bina enerji verimliliğinin maliyet açısından optimal ve neredeyse sıfır enerji seviyesini tanımlamaya yönelik bir yöntemi değerlendirecektir. Enerjinin önemli bir kısmının binalarda tüketildiği varsayıldığından, çalışmanın sonuçları çevre sorunlarıyla mücadele ve başa çıkmak için bir çözüm sağlayacaktır.

Referans binaların seçimi ve oluşturulan alternatiflerin yaşam dönemi maliyet hesaplamaları da yapılarak ve enerji tüketimleri simülasyon programları aracılığı ile karşılaştırılarak maliyet açısından etkin alternatiflerin belirlenmesine ve teşvik edilmesine yönelik çalışmalar yapılacaktır.

Energy Plus, ABD Enerji Bakanlığı (USDOE) tarafından geliştirilen ve mühendisler ve mimarlar tarafından kullanılan bir simülasyon aracıdır. Bina performanslarını simüle eder, güçlendirme çalışmaları yapar, HVAC sistem seçimine yardımcı olur ve enerji performansını optimize eder.

Design Builder yapı tasarımlarını enerji, karbon, aydınlatma ve konfor açılarından performans ölçmek ve kontrol etmek için geliştirilmiş Energy Plus tabanlı bir yazılım aracıdır. Bina simülasyon sürecini kolaylaştırmak için geliştirilen Design Builder, bina tasarım alternatifleri arasında fonksiyon ve performans bazlı karşılaştırma yöntemiyle analizler yaparak çeşitli sonuçlar çıkarmayı hızlı ve ekonomik hale dönüştürmüştür. Simülasyon yolu ile olan yaklaşım yöntemi, farklı iklim tipleri baz alınarak kullanım süresindeki birincil enerji tüketimi, dinamik simülasyon araçları olan Energy Plus ve Design Builder yardımıyla hesaplanmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Yapılarda Yaşam Döngüsü

Bayraktar tarafından yapılan çalışmada ‘Türkiye’de Yapı Malzemesi Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi İçin Bir Sistem Önerisi’ dünyada birçok farklı uygulaması olan yaşam döngüsü değerlendirmesinin Türkiye’de uygulanması açısından sınırlandırılmış bir sistem önerisi ve ilgili firmaların üretilen malzemeler ile ilgili girdi ve çıktılarını veri tabanı altında oluşturulması gerekliliğini sunmaktadır (Bayraktar, 2010).

Akın tarafından yapılan çalışmada inşaat sektöründe kullanılan yapı ürünlerine yönelik tuğla yapısı üzerinden bir modelin Manisa Turgutlu ilçesinde yaşam döngüsü değerlendirmesini kapsamında tuğlanın kabul edilebilir değerlerde olduğu sonuca varılmıştır. Fakat bu durum üretim aşaması için geçerlidir. Binanın yaşam süresi içerisinde değerlendirme yapılmamıştır (Akın, 2018).

Kemal Ferit Çetintaş’ın ‘Bina Kabuğunda Form ve Malzeme Seçiminin Kabuğun Oluşum Enerjisi, Karbon Salımı ve Maliyetine Etkisinin İncelenmesi’ adlı çalışma ile enerji verimliliğinde etkinliği artırılan çalışmalarda, bina yapısını oluşturan kabuğun ve malzemelerin tüm yaşam döngüsü sürecini, enerji tüketimini ve karbon salımı performansları ele alarak bütüncül bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Bu sayede bina yapı kabuğunda malzeme seçimi ve form yapısı ile karbon oluşum enerjisini ve maliyeti doğrudan etkilediği sonucuna varılmıştır. Çetintaş’a göre, bina formunun sadeleşmesi ile yıllık enerji tüketiminin (ısıtma) yaklaşık %70 oranında tasarruf sağladığını ortaya koymuştur (Çetintaş, 2019).

Sayın tarafından yeşil bina kavramını baz alarak yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi ile çevresel ürünlerin yapılarda kullanılmasına yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Bu sayede Türkiye’de yapı malzemeleri üreten firmaların eksik bilgilere sahip olduğu öngörüsüne varılmaktadır (Sayın, 2020).

İlhan Koç, Mehmet Oğuz Kuru, Sevde Gülizar Dinçer’in yaptıkları çalışmada yapılarda gömülü ve kullanım enerjisi kavramlarının yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) ile

irdelenerek sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için sadece kullanım enerjisinin azaltılmasını yeterli olmadığı ve gömülü enerji ile bir arada olması gerekliliğini tespit edilmesi sonucuna varmaktadır (Koç, Duru ve Dinçer, 2022).

2.2 Konut Yapıların Yaşam Döngüsü

Şafak Beşiroğlu ve Ece Özmen'in yürüttüğü çalışmada, sürdürülebilir konut alanı içerisinde yaşam döngüsü değerlendirme sistemi ile ekonomik, sosyal ve çevresel birçok açıdan sürdürülebilir kavramını destekler nitelikte olması gerekliliğini savunmaktadır. Enerji tüketiminin büyük bir bölümünü kapsayan binaların sadece yapısal dönüşüm ile sürdürülebilir bir gelecek yaşama yönelik yeterli olmadığını sonucuna varmaktadır (Beşiroğlu, Özmen, 2022, s. 55-69).

Yaşar tarafından yapılan çalışmada konut yapılarında Isparta ili örneği üzerinden enerji verimliliği konusu üzerinde çalışmaları iletmektedir. Türkiye'de 8.5 milyon bina ve bunun 18 milyonu konut yapılarını kapsamaktadır ve toplam enerji tüketiminin %40'ı bu alanda kullanıldığını tespit etmektedir. Konutlarda enerji kayıplarını en az indirmek amaçlı dış cephe sistemlerinde ısı yalıtım uygulamasını savunmaktadır (Yaşar, 2011).

Aşıkoğlu tarafından yapılan çalışmada sürdürülebilir konut yapılarında İzmir ili uygulaması ile pasif sistemlerin kullanılan tekniklerinin enerji kullanımı ve sürdürülebilir bir yaşam için önem taşıdığını belirtmektedir. Mimari çözümlerin oluşturulması ile enerjinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını bir çözüm olarak ortaya koymaktadır. Türkiye'de pasif sistemlerin yapılarda kullanımını artırmak, standart ve yönetmeliğe uygulanması ile hem yapılarda hem de ülke ekonomisine büyük katkı yarattığı sonucuna varmıştır (Aşıkoğlu, 2014).

Kemal Ferit Çetintaş ve Zerrin Yılmaz'ın yaptığı çalışmada konut binalarının yaşam dönemindeki enerji tüketimini TOKİ yapısı üzerinden hesaplanarak farklı malzemelerinin kullanımı enerji tüketim değerlerinde değişiklik gösterdiği sonucuna varılmıştır (Çetintaş ve Yılmaz, 2014).

Özmehmet'in yaptığı çalışmada sürdürülebilir mimarlık anlayışına eleştirel bir bakış yakalayarak Avrupa'da bu tür bina uygulamaları yapı sektöründe öncelikli bir konumdadır. Fakat Türkiye'de bu durum bilgi eksikliği, araştırmalarda kısıtlı ve kamusal

alanlarda akış sınırlı olmaktadır. Ek olarak bina tasarımında sürdürülebilirlik çalışmaları bir bütün olarak ele alınması ve kamunun bu konuda bütüncül bir yaklaşım gerekliliğini öngörmektedir (Özmehmet, 2007).

2.3 Yapılarda Kenevir Malzemesinin Kullanımı

Sinka'nın yaptığı çalışmada kenevir-kireç karışımının mekanik özellikleri incelenerek yoğunluk, ısıl-iletkenlik, basınç ve eğilme dayanımlarını test etmektedir. Karışım %0, %25 ve %50 oranında sıkıştırılmış ve bağlayıcı miktarları değiştirilerek farklı sonuçlar oluşturulmuştur. Bunun sonucuna göre bu karışımın ısıl iletkenlik değeri 0,005 W/mK olarak ölçüldüğünde iyi bir termal özelliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Sinka, Korjakins ve Şahmenko, 2014, s. 8).

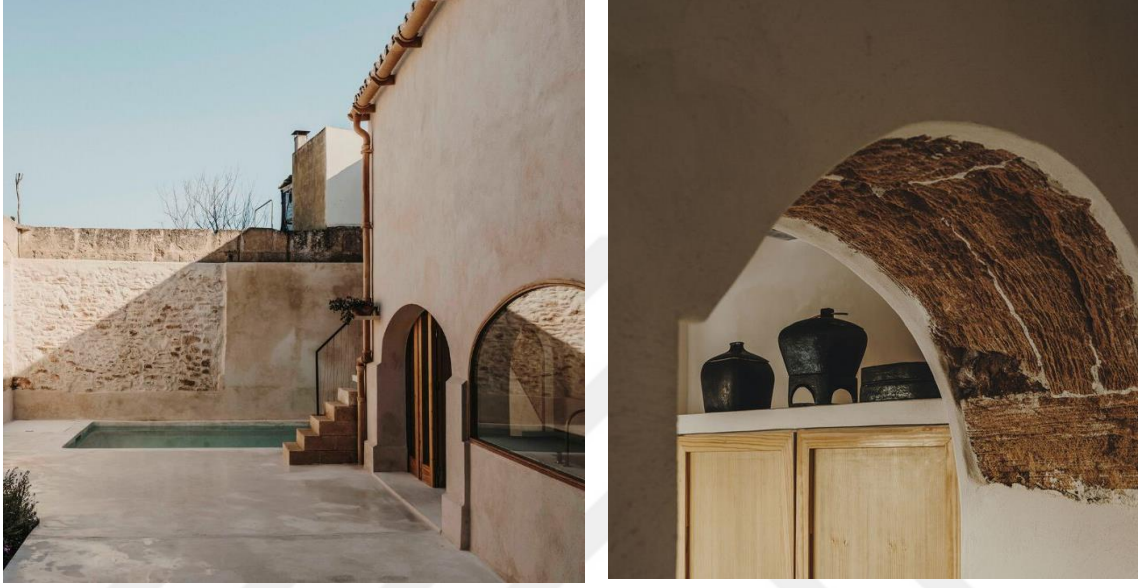
Eylül Eyyapan Mutlu'nun incelediği çalışmada İspanyol mimarlık ofisi Ideo Arquitectura "küresel düşün, yerel hareket et" düşüncesi ile Mallorca Adası'nda Ses Salines 200 yıllık yapının renovasyon projesi kenevir malzemesi kullanarak ekolojik bir mimari oluşturulmuştur. Ideo Arquitectura kurucusu Virginia González Del Barco, bu ev için "Kenevir, limon ve marés: doğal bir ev" ismini koymaktadır (Mutlu, 2022). Şekil 1'de kenevirden yapılan evin görünümü ve yeri görülmektedir.



Şekil 1: Kenevir, Limon ve Marés: Doğal Bir Ev (Mutlu, 2022).

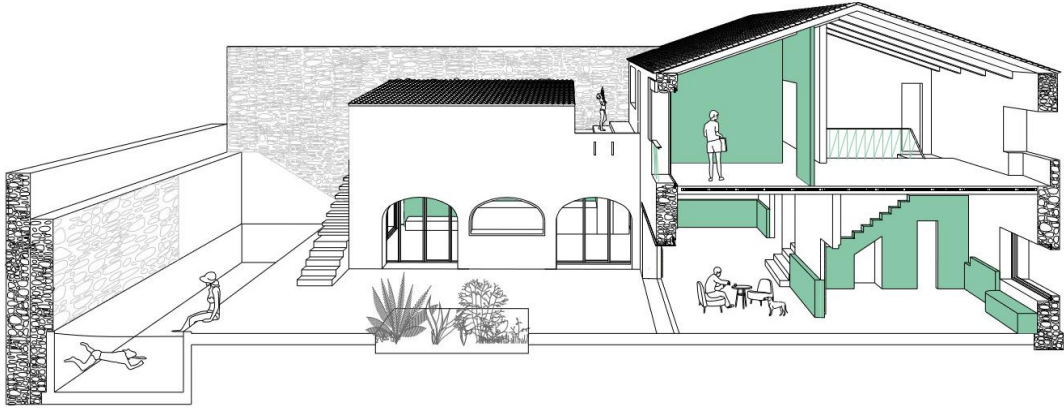
200 yıllık ev, yüksek oranda nem sorunu yaşamaktadır. Bu sebeple mimari önlem amacı ile kenevir malzemesini kullanmaya karar verilmiştir. İspanya'da Mallorca şehrinde kenevir malzemesinin yeterince bilinmemesinden ve üretim şirketlerinin bilgi

eksikliğinden dolayı bu malzemeyle yeteri kadar çalışılmamaktadır. Fakat Mallarco Adası, yüksek neme sahip olduğundan kenevir malzemesinin kullanımı binalarda olan etkisine büyük yarar sağlamaktadır. Bu sayede yapılarda yüksek konfor ve enerji tasarrufu sağladığı görülmektedir. Şekil 2’de hem iç mekanda hem de dış mekanda kullanılan malzemenin görünümü görülmektedir.



Şekil 2: Kenevir, Limon ve Marés: Doğal Bir Ev, İç ve Dış Mekan Kullanımları (Mutlu, 2022).

Kenevir, zemindeki nemi toplayarak iç mekana iletiyor ve nemin duvarda kalmasını engelliyor. Aynı zamanda delikli bir yapıya sahip olmasından dolayı havalandırma delikleri sayesinde nem ortadan kayboluyor. Şekil 3’de kenevir malzemesinin kullanıldığı alanlar kesitte görülmektedir.



Şekil 3: Kenevir, Limon ve Marés: Doğal Bir Ev Kesiti (Mutlu, 2022).

Kenevirin ısı kapasitesi diğer geleneksel uygulamaların aksine üç kat daha fazla yüksek olduğundan yapının iç duvarlarında ve çatı kaplamalarında kullanılmaktadır. Aynı zamanda hızlı büyüyen ve kolay yetiştirilen bir malzemedir. Bu sayede kenevir üretiminde harcanan enerji düşük olmaktadır. Kenevir malzemesinin yapıda kullanılması ile enerji tüketiminde ve sera gazı emisyonlarında azalma sağladığı sonucuna varılmaktadır.

Erdem Ulaş'ın incelediği çalışmada Cape Town, Güney Afrika'da 84 Harrington Caddesi üzerinde 12 katlı gökdelen, dünyanın kenevir bloklarından ve kenevir yapı malzemelerinden inşa edilecek en yüksek binası olarak adlandırılmıştır (voanews,2023).

Bitki bazlı yapı malzemesi aynı zamanda mükemmel ısı yalıtım özelliklerine sahiptir ve enerji faturalarında tasarruf sağlayan ısıtma ve soğutma sistemleri ihtiyacını azaltır. Güney Afrikalı şirketler karbon ayak izlerini düşürmeye ve enerji tasarrufuna daha fazla yönelirken, Cape Town'daki 84 Harrington Caddesi'nde çok katlı bir binanın inşası, çevreye duyarlı bu hamle için belirleyici bir andır. Şekil 4'de gökdelenin yapı aşaması ve kenevir malzemesi kullanılarak oluşturulan dış duvar görülmektedir.



Şekil 4: Cape Town, 12 Katlı Gökdelen (voanews, 2023).

Afrimat Hemp'e göre, kenevirle inşa edilen 40 metrekarelik (430 metrekare) bir evin karbon ayak izi, geleneksel bir binaya göre üç ton CO2 daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

2.4 Binalarda Enerji Verimliliği

Barış Yılmaz'ın yaptığı çalışmada binalarda enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik çalışmaları üzerinde durulmuştur. Yılmaz'a göre yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması alternatifleri günümüzde oldukça pahalı olmasını savunmaktadır. Aynı zamanda elektrik ve ısı enerjisinin birlikte üretildiği kojenerasyon sistemlerinin yenilenebilir enerji sistemlerine göre maliyetinin daha az olduğu sistemler olduğu sonucu varmıştır (Yılmaz, 2009).

Musa Öztürk'ün yaptığı çalışmasında yeşil binalarda enerji verimliliğini LEED ve BREAAAM değerlendirme sistemleri ile ele alınarak BREEAM için Avrupa yapısını baz alan bir sistem olduğunu ve Türkiye içinde LEED sertifika sisteminin uygunluğunu gösterse de bu durumun tam anlamıyla uygulanması mümkün gözükmediği sonucuna varmıştır. Türkiye'de enerji verimliliği uygulamalarının altyapısında eksiklikler olduğunu savunmaktadır (Öztürk, 2014).

Sinan Meral'in yaptığı çalışmada binalarda enerji verimliliği kapsamında çatı alanlarında kullanılan malzeme ve yapım sürecinde sürdürülebilirlik kavramı açısından incelendiği görülmektedir. Sinan' göre Türkiye'de ısı yalıtımı için oluşturulan katmanların kalınlığı

da sınırlı kalmaktadır ve yeterli kalınlık ve tabaka projelendirilse bile uygulamadaki teknik eleman yetersizliği ve denetiminin yapılamaması dahilinde sorunların artacağı sonucuna varmaktadır (Meral, 2017).



3. GENEL TANIMLAR

3.1 Sürdürülebilirlik

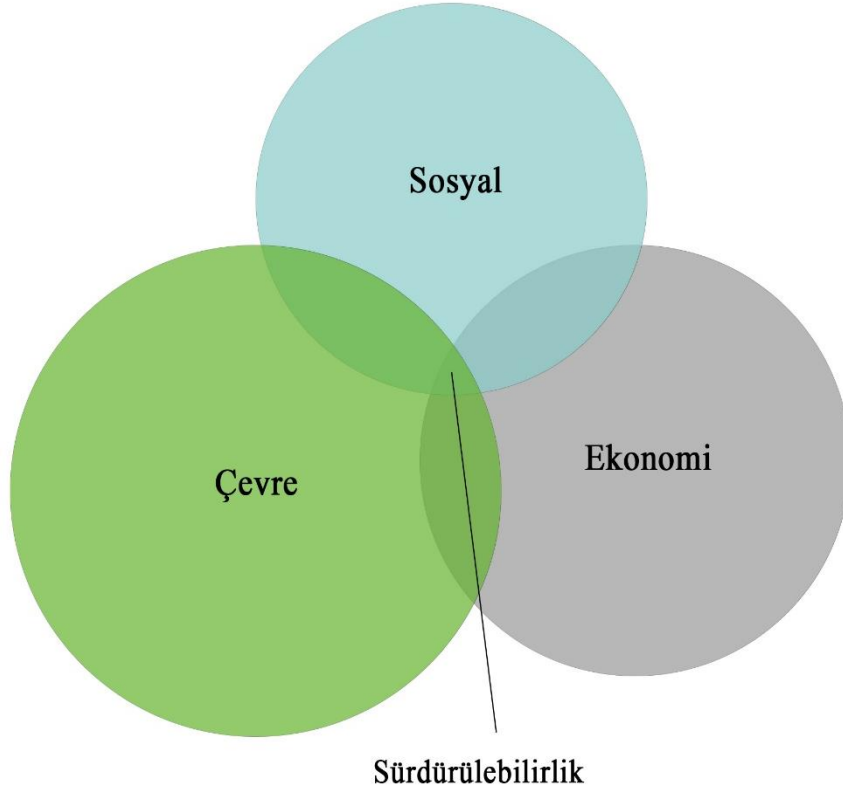
“Sürdürülebilirlik, doğal kaynakları tüketmeyen, ekonomi ile ekosistem arasındaki dengeyi koruyan, gelecek kuşakların ve nesillerin istekleri ve gereksinmelerini karşılayabilme olanaklarını ellerinden almayan, ekolojik açıdan sürdürülebilir nitelikte olan kalkınma olarak tanımlanmaktadır” (Göksal, 2003).

Sürdürülebilir kavramı, belirgin bir şekilde ilk önce Brundtland Raporu’nda vurgulanmaktadır. Sürdürülebilirlik gelecek kuşakların hayatlarını devam ettirebilmeleri için doğaya uyum sağlayacak niteliklerle birlikte gerekli olanakların ve tedbirlerin alınması gerekliliğini kapsamaktadır.

Endüstri Devrimi’nin etkisi ile sürdürülebilirlik kavramı, toplumsal gelişmelerin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. 18. yüzyılın sonlarından itibaren Endüstri Devrimi’nin varlığı, çevresel ve toplumsal alanlarda yarattığı olumsuz etkileri oluşturmuştur. Bu olumsuz etkileri düzeltmek ve dengelemek amacı ile sürdürülebilirlik kavramının önemini ortaya çıkmaktadır. Teknolojik gelişmelerin büyük ölçüde ilerlemesi, üretim süreçlerini ve taşımacılığı tamamen değiştirmiştir. Üretimin hızla ilerlemesi, ekonominin ve sanayileşmiş ülkelerin refahını arttırsa da farklı olumsuz olanakları doğurmuştur. Endüstri devrimi ile birlikte kırsal kesimden kentlere göç oranı artmaya başlamıştır. Hızla artan nüfusun etkisiyle barınma ve kente yerleşme sorunları beraberinde getirmiştir. Bu tür yerleşimin etkisi doğal çevre yapısının bozulmasına ve yenilemez enerji kaynaklarının zaman içerisinde yok olmasına neden olmuştur. Yoğun yapılaşma ve artan nüfusun etkisi doğal çevrenin tahrip olmasına yol açmaktadır. Küresel ısınmanın yarattığı olumsuz koşullar tüm canlı varlıklar için tehlike oluşturmaktadır.

Endüstri devrimi sonucu ortaya çıkan çevresel sorunlar, yenilenemez enerji kaynaklarının yoğun kullanımı, hava ve su kirliliği, orman tahribatı ve biyoçeşitlilik kaybı sorunlarını içermektedir. Bu sorunlar adı altında Şekil 5’de gösterildiği gibi ekonomi, sosyal ve çevre sürdürülebilirliğin ana maddeleri içerisinde yer aldığından, doğa ile bütün, yenilenemez enerji kaynaklarına hakim olunması gerekliliğini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının

kullanımına teşvik edici, atıkların tekrar kullanıma uygun dönüştürülüyor olabildiğini ve sürekliliğini benimsemektedir.



Şekil 5: Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyokültürel olmak üzere üç temel ilkesi bulunmaktadır (Gültekin, 2007);

- Çevre İlkesi: Doğal kaynakların korunumu ve doğaya verilen zararın ortadan kaldırılması (Gültekin, 2007).
- Ekonomik İlke: Kaynakların verimli kullanımı ve buna bağlı ekonomik dengenin sağlanması (Gültekin, 2007).
- Sosyokültürel İlke: İnsan yaşam kalitesinin artırılması, sosyal ve kültürel değerlerin korunması (Gültekin, 2007).

Bu 3 temel ilke, sürdürülebilirliğin geleceğe yönelik değerleri korumayı hedeflediğini göstermektedir.

Sürdürülebilirlik kavramı, günümüzdeki gereksinimlerin sağlanmasında rol oynar iken doğal kaynakların korunumu ve gelecek nesillere devamlılığın sağlanmasına öncülük edilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır. Çevrenin korunumu önemli bir husus da yer alır. Bu sebeple çevreye zarar veren tüm olumsuz durumların önüne geçebilmek amacıyla üretilen ve tüketilen enerjilerin özellikle yapı tasarım süreci içerisinde sürdürülebilirlik kapsamında tekrar gözden geçirilmelidir. Yapı tasarım sürecinde, mimari planlama ve programlama bir bütün haline getirilerek tasarımda, uygulamada, kullanımda, yıkımda ve yeniden planlama aşamalarının tümünü kapsayacak şekilde sürdürülebilirlik kavramı adı altında geleceğe dönük bir süreç planlanması gereklidir.

Sürdürülebilirlik enerji ve kaynakların korunumunu ve yapı türlerine uzun dönemli olarak sağlaması ile mimarlık alanında önemli bir yere sahiptir. Doğanın, çevrenin ve enerjinin korunumu olabilmesi için mimari tasarım kriterlerinde teknolojinin, ekonomik koşulların ve tasarım süreçlerinin sürdürülebilirlik kavramı içerisinde vazgeçilmez nitelikte yapı tasarımının yeniden tanımının yapılmasına neden olmaktadır.

21. yüzyılda küresel ısınmanın etkisiyle iklim sorunları, doğanın akışı ve çevrenin olumsuz yönde ilerlemektedir. Canlı varlıkların yenilenemez enerji kaynaklarını hızla tüketmeye devam etmektedir. Bu süreç içerisinde sürdürülebilir kriterlerin önemi vurgulanmadığında veya uygulamaya alınmadığı takdirde dönüşü olmayan bir durum ile karşı karşıya kalınacaktır. Günümüzde farklı ticari mekanların ve konut yapılarının ürettiği sera gazları ve diğer birçok gaz türleri, küresel ısınma ve iklim yapısının bozulmasına sebep olan başlıca nedenlerdir. Bu durum sadece yapılardan ibaret olmamakla birlikte insan yaşamında da doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı sonucu ortaya çıkmaktadır. Yenilenemez enerji kaynaklarının geleceğe yönelik kullanımına olanak sağlaması amacı ile canlı varlıkların sürdürülebilirlik kavramına olan çalışmaları artmaya çalışılmaktadır.

Sürdürülebilirlik, var olan çeşitliliğin devamlılığını sağlamakla birlikte sürekliliği ve gereksinimleri bir arada yürütmektedir. İnsanoğlunun ihtiyaçlarına ve gereksinimlerini karşılayabilmekte ve gelecek yaşam ile olan ilişkisinde uyumu sürdürebilen bir ritim yakalamaktadır. Bu durum dengeli ve sağlıklı bir dünya içerisinde bulunmamıza olanak sağlar.

Sürdürülebilirlik temel olarak, çeşitliliğin devamını ve sürekliliğini sağlayabilme olanaklarını korumak anlamına gelir. İnsanların ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına günümüz ve gelecek nesillerin sağlıklı koşullar altında sağlanması olarak tanımlanabilir.

3.1.1 Sürdürülebilirlik kavramının tarihsel süreci

Sürdürülebilirlik Kavramı, Sanayi Devrimi'nin ardından oluşan yoğun yapılaşma, çevre tahribatı, hızla artan nüfus ve sanayileşmenin etkisi ile doğal kaynakların tükenmeye ve artan çevre sorunları sebebi ile fark edilmeye başlanmıştır. Dünyada, doğada sınırlı miktarda bulunan yenilenemez enerji kaynakları tükenme olanağına sahiptir. Sanayi Devrimi'nin yarattığı tahribata kadar insan varlıkları tarafından doğal kaynaklar sınırsız kullanılmaktaydı ve bu yüzden çevrenin yarattığı sorunlar ile karşı karşıya kalınmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı, ekonomik, sosyal ve çevresel faktörler içinde uyum ve devamlılığı sağlamanın her tarihi dönem içinde vurgulamaktadır. Bu kavramın ortaya çıkmasında en önemli durumlardan biri çevresel sorunların giderek artmaya başlaması ve insanların yaşama bilincindeki değişimler ile doğrudan ilgilidir. Çevre sorunların kontrol altına alınması için uluslararası alanlarda pek çok çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Bu çalışmalar farklı ülkelere ait araştırmalar ve uluslararası platformlar ile yürürlüğe girmeye çalışmaktadır. 1960'lı yıllarının bitişi ve 1970'lerin başında itibaren sürdürülebilirlik kavramına dair adımlar ve çalışmaların başlangıcı yapılmıştır.

Çevresel sorunların artması ile 1970'lerin ortalarında 'Çevre' kelimesi popüler hale gelmiştir. Bu durum sadece belirli bir noktalarda değil bu hareketlilik tüm ülkeleri ve tüm dünyayı ilgilendiren bir süreç içerisinde yer almıştır. Bunun için 1970'li yılların ortalarında, dünya çapında çevre koruma ajansları oluşturulmaya başlandı. Çevre bilinci, doğal kaynakların hızla tüketim problemi ve çevre sorunlarının etkisini bu dönemlerde konuşulmaya ve çözümler üretmeye dair çalışmaların yapılması, insan üzerinde ki bilincin artırılması için önemli bir adım olmaktadır.

İnsanların gelecek nesillere bir dünya bırakabilmek adına sürdürülebilirlik kavramı üzerinde odaklanılmış ve uluslararası çalışmalarda atılan adımlar aşağıda Tablo 1'de kronolojik tablo halinde sıralanmaktadır.

Tablo 1: Sürdürülebilirlik Kavramı Üzerinde Uluslararası Çalışmalar

Tarih	Uluslararası Çalışmalar
1972	Stockholm İnsan Çevresi Konferansı, BM
1979	Cenevre Hava Kirliliği Konvansiyonu, BM
1983	Helsinki Hava Kalitesi Protokolü, BM
1987	Montreal Ozon Tabakası Protokolü, BM Ortak Geleceğimiz, Bruntland Komisyonu, BM
1992	Dünya Zirvesi, BM
1996	Habitat Konferansı, BM Kyoto Küresel Isınma Konferansı, BM
2002	Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi, BM
2005	Kyoto Protokolü, BM
2010	Biyolojik Farklılık Üzerine 10. Taraflar Konferansı, Nagoya (Japonya)
2013	Dünya ekonomik ve sosyal araştırma raporu
2014	Sürdürülebilir Kalkınma Bilim Sempozyumu, Tokyo, Japonya
2015	Sürdürülebilir kalkınma forumu COP21 Paris, Fransa
2016	2016 yılı Habitat Konferansı III (BM)

Uluslararası alanda sürdürülebilirlik çalışmaları uzun yıllar boyunca devam etmiştir ve halen devam etmektedir. İlk çalışmalar 1972 yılında İsveç'in Stockholm kentinde olan İnsan Çevresi Konferansı ile gerçekleşmiştir.

Stockholm Konferasının ardından 1980 yıllarında 'Sürdürülebilir Kalkınma' kavramının ortaya çıkışı gerçekleşmiştir. 1987 yılında Birleşme Milletler tarafından Dünya Çevre ve

Kalkınma Komisyonu (WCED) aracılığı ile 'Brundtland Raporu' yayınlamıştır. Bu rapor sayesinde ilk kez resmi olarak sürdürülebilir kavramı tanımlanmıştır.

1990'lı yıllara gelindiğinde Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde sürdürülebilir kalkınma üzerinde konferans düzenlenmiştir. Bu konferans 1992 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio Konferansı), Agenda 21 adlı eylem planını farklı milletlerden oluşan topluluk ile iş birliği içinde imzalamışlardır. Sürdürülebilir kalkınmanın uluslararası alandaki yerini almıştır. Agenda 21 planı ile insanların temel gereksinimlerini doğal sirkülasyonu tahribat etmeden ve geleceğe yönelik standartları yüksek bir yaşam için elverişli hale getirilmesi gerekliliğini savunmaktadır. Çevrenin korunması, ekonomik ve sosyal kalkınmanın devam ettirilmesi için bir yaşam biçimi hale getirilmesini hedeflemektedir.

Aşağıda oluşturulan Tablo 2'de yıllara göre önemli olayların sürdürülebilirlik kavramı üzerinden etkisi ve süreci sıralanmıştır.

Tablo 2: Sürdürülebilirlik Kavramı Üzerinde Önemli Gelişmeler

Yıl	Önemli Gelişmeler
1960'lar	Çevre sorunlarına yönelik ilk bilimsel ve siyasi farkındalık artar.
1970	Dünya'nın ilk çevre koruma ajansları kurulur (örneğin, ABD'nin Çevre Koruma Ajansı - EPA).
1972	Birleşmiş Milletler İnsan ve Çevre Konferansı (Stockholm Konferansı) düzenlenir.
1980	"Sürdürülebilir Kalkınma" terimi resmi olarak ilk kez kullanılır.
1987	Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun "Our Common Future" raporunda "sürdürülebilir kalkınma" teriminin tanımlanması.
1992	Rio de Janeiro'da Dünya Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio Konferansı) düzenlenir ve AGENDA 21 adlı eylem planı kabul edilir.
2000'ler	Sürdürülebilirlik endeksleri ve performans raporları yaygınlaşır.
2000	Birleşmiş Milletler, Sekiz Millenium Kalkınma Hedefi'ni (MDGs) kabul eder.

2005	UNESCO, Sürdürülebilirlik Eğitimi için DESD (Decade of Education for Sustainable Development - Sürdürülebilir Kalkınma Eğitimi On Yılı) başlatır.
2015	Birleşmiş Milletler, 17 Küresel Sürdürülebilirlik Hedefi (SDGs) kabul eder.
2020'ler	COVID-19 pandemisi sırasında sürdürülebilirlik önemi vurgulanır.

Sürdürülebilirlik kavramının tüm bu yapılan çalışmalar, araştırmalar ve insanların bilincinin arttırılmaya çalışıldığı konferans alanları ve birçok girişimler süreci dahilinde 2000'lerin başlarından itibaren sürdürülebilirlik raporları ve endeksler elde edinilmeye başlanmıştır. Bu süreç içerisinde sürdürülebilirliğin performansını gösteren değerler önem kazanmıştır. Pek çok ülke ve içerisinde kurulmuş olan araştırmacılar aracılığı ile endeks ve raporların sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarını gösterecek nitelikte sürdürülebilirlik performansları dikkate almaya başlamıştır.

Günümüzde küresel ısınma ve iklim değişikliği sebebi ile sürdürülebilirlik pek çok faktörlerde yer almaktadır. Bunlar arasında sosyal, çevre ve ekonomi faktörlerinin dünya çapında ve uluslararası boyutta önemli bir konu haline gelmiştir. Sürdürülebilirlik halen çalışmalar içerisinde yer almakta ve uygulanmaya başlanılmıştır. Fakat tüm kullanıcıların geleceğe yönelik çalışmaları arttırılması, bilinçlenmesi gereklidir. Tüm dünya çapında çalışmaların devam ediyor olması sürdürülebilirlik kavramının gelişimine oldukça katkı sağlamıştır. Bu katkıların ışığında, doğal kaynakları koruma ve gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakma sorumluluğunu üstlenen bütüncül bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir.

3.1.2 Sürdürülebilirlik mimarlık

Sürdürülebilir mimarlıkta 3 temel ilkeyi (çevresel, sosyal ve ekonomik) bir arada tutulmasını sağlayan yapıların tasarımı ve inşaat aşaması sırasında sürdürülebilirlik kavramlarını uygulayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımlar uygulandığında, çevreye en az etki edilmesini sağlamak, doğa tahribatına olumsuz yönde etkilenmemesini sağlamak, binalarda tüketilen enerjilerde minimumu sağlamak, enerji verimliliğini arttırmak,

insanların konfor ve yaşam seviyelerini artırmak ve sadece bugünü değil geleceğe yönelik sürecin nesillere yaşanabilir bir çevre bırakmaktır.

Mimarlıkta tasarım sürecinde göz önünde bulundurulması gereken unsurlar arasında sürdürülebilirlikle ilgili konuların yer alması gereklidir. Sürdürülebilir mimarlıkta, bir binanın yaşam döngüsü değerlendirmesi ile çevreye olan etkisi diğer binalara oranla etkisi minimuma indirildiği görülmektedir. Diğer mimari yapılardan farklı olarak iklim bölgelerine göre yerel ve doğayla uyumlu malzemelerin kullanımı ile binalarda istenilen konfor düzeyini en iyi seviyede tutulmasına olanak sağlar. Aynı zamanda tasarım aşamasında uygulanan enerji verimliliğine yön vermek, su ve elektrik tasarrufu sağlamak, güneşten maksimum oranda fayda sağlamak adına yapının yön ve biçimini oluşturmak ve bu sayede doğal aydınlatma ve doğal havalandırma sistemlerinin oluşturulmasına öncülük eder.

Sürdürülebilir mimarlıkta 6 temel unsur vardır. Bunlar arasında:

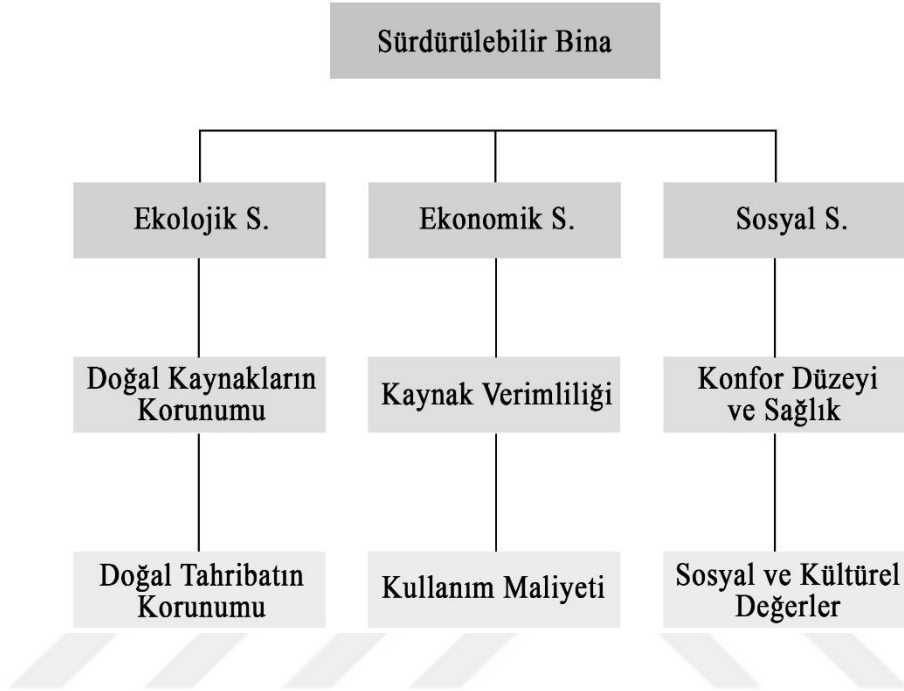
- Enerji Verimliliği
- Su Verimliliği
- Sürdürülebilir Malzemeler
- Doğal Aydınlatma
- Yeşil Çatı
- Toplum Bilinci
- Atık Yönetimi ve Dönüşüm.

Geleceğe yönelik planlamanın yapılması, çevreye ve doğaya olan saygınlığı ve insanların mekan içerisindeki konfor düzeyi mimarlığın tasarım sürecinde dahil edilmesi gereklidir. Tüm bu ilkelerin uygulanması ile yaşanabilir doğa ve dünya bırakmak mümkün olmaktadır.

3.1.3 Sürdürülebilirlik binalar

Sürdürülebilir binalar başka bir adıyla yeşil bina kavramı ile eş değer bir yapıdadır. Bu binalar Şekil 6'da görüldüğü gibi doğa ile uyumlu, etnik enerji kullanımına hakim, doğal kaynakların geleceğe yönelik kullanılabilmesi adına yenilenebilir enerji kaynak kullanımını sağlayan, çevreyle bütün ve insan yaşam kalitesini arttırmak amacıyla tasarlanmışlardır.

Geleneksel yöntemlerin aksine, sürdürülebilir binalarda modern yöntemler kullanılır. Geleneksel yöntemlerde, statik, sonuç odaklı, yüzeysel ve hedef odaklı ilkeler benimsenirken, modern yöntemlerde dinamik, süreç odaklı, stratejik, çok boyutlu, amaç odaklı ilkeleri benimsemektedir.



Şekil 6: Sürdürülebilir Bina ve Etkileri

Sürdürülebilir binaların günümüz değerlendirme sistemlerine uyması gereklidir. Bu sebeple geleneksel binalardan ayrı olarak farklı sistem ve yöntemler uygulanır. Bu yöntemler mimarlığın tasarım ve uygulama sürecine dahil olmaktadır. İlk olarak seçilen arazi üzerinde incelemelerin yapılması gereklidir. Bu incelemeler, doğal dengeyi bozmayan, tarım arazisi olmayan ve tarihi alanların veya tarihi kalıntıların bulunmadığı bölgelerin olması gerektiğinden yapılır. Böylece tasarım ve inşaat sürecinde zamanda tasarruf edilir. Daha kolay ve anlaşılır veriler ile tasarım akışının sürekliliğini sağlar.

Sürdürülebilir binalar, sürdürülebilir yapı malzemelerinden oluşur ve çevre ile uyumlu, geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanılmasına önem verilir. Çevresel etkisi oldukça fazla olan yapıların yaşam döngüsünde yapı malzemesi % 20'lik kısmını kapsamaktadır (Aydın, 2011). Sürdürülebilir yapı malzemesi yenilenemez enerji kaynaklarına duyarlı, zararlı kimyasallar içermeyip, canlıların yaşam döngüsüne zarar vermeyip, hammaddesinin elde edilmesinde, işlenmesinde ve kullanımında enerji ve su

kullanımında minimum seviyede olup, geri dönüşebilir yeniden kullanılabilen ve doğal çevreye zararlı etkileri olmayan malzemelerdir (Sev, 2009). Sürdürülebilir malzemelerin içinde insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek zehirli veya toksik gazlar açığa çıkmamaktadır. Bu sebeple hava kalitesini artırır ve yaşam kalitesini olumlu yönden etkiler. Ek olarak, malzeme tedariki sırasında yakıt tasarrufu sağlamak amacı ile iklim yapısına uygun yerel malzemelerin kullanımı çevreye olan zararı minimuma indirmeyi hedefler. Bu sayede insan sağlığına ve diğer tüm canlıların temiz bir çevrede yaşanmasını sağlar.

Sürdürülebilir binaların tasarımı maksimum derecede doğal ışıktan yararlanılması için oluşturulur. Doğal kaynakların etkili bir şekilde kullanılmasını sağlarken, enerji ve su tasarrufu da sağlamaktadır. Tüm binanın ısıtma, soğutma, elektrik ve su tasarrufunda olumlu sonuçlar elde eder ve doğaya katkı sağlar. Aynı zamanda kendi enerjisini kendi üretir ve dönüştürür. Bu sayede karbon emisyonunu azaltır. Güneş enerji sistemleri, verimli armatürler, yağmur toplama alanı, gri su dönüşümü, yeşil çatı sistemi gibi teknolojik sistemler kullanılır. Çevreye duyarlı hale gelen bina, bitki örtüsü ve peyzaj tasarımı özellikleri ile silüet görünümüne etkisi minimuma indirilir. Binanın tüm bu sisteme sahip olması oldukça verimli hale getirir ve ekonomi yönünden olumlu sonuçlar doğurur. Çevresel etkileri minimize eder ve geleceğe yönelik önemli bir yere sahiptir. Şekil 7'de Sürdürülebilir binanın süreci ve yeniden dönüştürülebilmesi ile ilgili süreç tanımlanmaktadır.



Şekil 7: Sürdürülebilir Binanın Süreci

Sürdürülebilir yapı süreci şu şekilde belirtilmiştir;

- Yapı öncesi dönem;
- Arazi seçim
- Esnek tasarım
- Uzun ömürlü yapılar ortaya koyma

- Geri dönüşebilir malzeme kullanımı

Yapı safhası ve kullanımı:

- Atık yönetimi
- Çevre kirliliğini önleme
- İş sağlığı ve güvenliği
- Bakım ve onarımda çevreye zararlı olmayan malzeme kullanımı

Yapı sonrası yıkım ve geri dönüştürme:

- Yapı malzemelerini yeniden kullanma
- Yapı malzemelerini geri dönüştürme
- Ömrünü tamamlayan yapıların yeniden işlevlenmesi (Gültekin ve Yavaşbatmaz, 2013).

Sürdürülebilir yapılar için anahtar göstergeler;

- Fosil enerji kullanımını aza indirmek,
- Geri dönüşümlü ve yenilenebilir malzemeleri kullanma,
- Atmosfere zarar veren kimyasalları kullanmamak,
- Doğal aydınlatmadan maksimum yararlanmak,
- Doğal havalandırmayı sağlamak,
- Pasif enerji sistemlerinden yararlanmak,
- Su kullanımını azaltıp, yağmur ve gri su kullanımını sağlamaktır. Bu göstergeler dikkate alınırken estetik kaygılarda gözetilmelidir (Yılmaz, 2021).

Bir binanın sürdürülebilir sayılabilmesi için belirli kriterlere sahip olması gereklidir. Belirli standartlara uyan sürdürülebilir binalar için sertifikasyon sistemi uygulanır ve derecelendirilir. Sertifikasyon sistemleri binalar için kılavuz sistemi görür ve bu tür yapıların teşvik edilmesine öncülük eder.

Sertifikasyon sistemlerinin amaçları (Sipahi, 2013):

- Genel ve geçerli ölçme standartları oluşturarak sürdürülebilir binayı tanımlamak,
- Bütünsel bir bina tasarım yöntemi geliştirmek,
- Yeşil rekabeti teşvik etmek,

- Sürdürülebilir binanın yararları konusunda tüketici bilincini arttırarak bina pazarını dönüştürmektir.

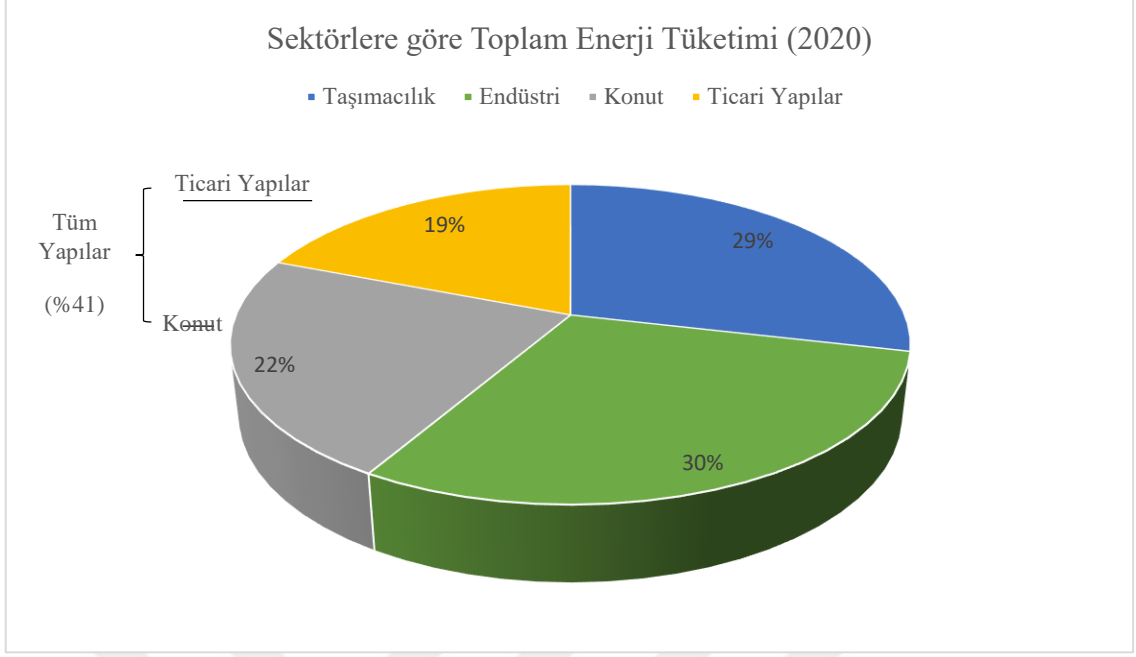
Dünya genelinde birçok sertifika sistemi uygulanmaktadır. Bunlardan biri LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikasyonu, 1998 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmıştır. LEED sertifika sisteminde sürdürülebilir bina yapıları kriterlere göre değerlendirme yapılır ve seviyelere göre farklı derecelendirme sistemi uygulanır.

Yeni teknolojilerin kullanımı ve yapım sürecinde birçok meslek grubundan oluşan insanların diğer binaların aksine farklı bir koşula hizmet etmektedirler. Günümüzde sürdürülebilir binaların kavramı bilinmekte ve önemi insanlara lanse edilmektedir. Fakat uygulama ve yapım sürecinde bilgi eksikliği halen sürmektedir. Gelişmiş ülkelerin çoğunda sürdürülebilir, çevreyle uyumlu ve doğaya saygılı yapıların yapılması ile ilgili birçok uygulamak uygulanmakta ve teşvik edici adımların atıldığı görülmektedir.

3.1.4 Sürdürülebilir konut yapıları

Dünya genelinde küresel ısınmanın etkisi ile çevresel sorunlarına karşı önem vermeye başlanmıştır. Geleceğe yönelik, sağlıklı ve yaşanabilir yapıların oluşturulmasına teşvik edilmektedir. Bu tür yapılar, enerji ve doğal kaynakların etkin kullanımına olanak sağlar. Aynı zamanda karbon ayak izini minimuma indirmeye yönelik olumlu sonuçların elde edilmesi mimarlık ve diğer sektörler tarafından farklı inşaat yöntemleri ile oluşturulur.

Dünya'da enerji tüketiminde sektörlere göre dağılım Şekil 8'de en yüksek oranda değer gösteren % 41 konut ve ticari yapılar, % 30 endüstri sektöründe, % 29 taşımacılık yer almaktadır. Konut yapılarının dünya üzerindeki değeri ve enerji gideri artmaya devam etmektedir. Bu yapıların çevreye olan uyumunu arttırmak ve sürdürülebilir yapıların olarak sağlanmasında önemli rol oynamaktadır.



Şekil 8: Sektörlere Göre Toplam Enerji Tüketimi (2020) (Güner, Gökşen ve Koçhan, 2017, s. 1-14).

Günümüzde küresel ısınma ve iklim krizi önemli sorunlar arasındadır. Sanayi Devrimi'nden sonra kentlerin göç alması nedeni ile yoğun nüfus artışı, hızlı kentleşme ve çevresel kaynakların tüketiminde artışa sebep olmuştur. Uluslararası toplumun gündeminde, enerji için fosil bazlı yakıt kullanımı, sanayileşme, hızlı kentleşme ve nüfus artışına bağlı çevresel kaynakların tüketim şekli ile doğanın taşıma kapasitesi üzerinde büyük bir baskı oluşturması yer almaktadır (Tuğaç, 2018, s. 703-740). Bu sorunların giderilmesi için çevre bilinci ve sürdürülebilir yapıların önemi artırılması gereklidir. Sağlıklı bir çevreye katkıda bulunan ve güçlü bir topluluğu destekleyen yaşam alanları oluşturmaya olan ihtiyaç artmaktadır (Federation of Canadian Municipalities, 2016). Bu sayede gelecek nesillere sağlıklı ve yaşanabilir bir dünya bırakılır. İyi bir gelecek bırakabilmek, dünyada hızla artan nüfusun mekan ihtiyacını göz ardı etmemekten geçer. İnsanların barınma, beslenme, yeme-içme ve diğer çeşitli temel ihtiyaçlarını bir çatı altında karşılamak amacıyla, ilk çağlardan günümüze kadar süregelen doğal araziler üzerine inşa edilerek ortaya çıkmış yapay veya doğal hacimler oluşturularak konut yapıları üretilmektedir. Kentlerin büyük oranda değişime ve dönüşüme ihtiyacı vardır. Nüfusun hızla artışı yaşam alanlarının ihtiyacı ile doğru orantılı ilerlemektedir. Konut yapılarının sosyal, ekonomik ve çevresel etmenlere göz ardı etmeksizin sürdürülebilir

yönde oluşturulması gerekmektedir. Sürdürülebilir konut yapılarının oluşturulması çevrede büyük oranda olumlu yönde değişime sebep olarak ön planda gösterilmektedir.

Sürdürülebilir konut yapıları ile doğanın sirkülasyon yapısı bozulmadan, binanın kendi yaşam döngüsünü oluşturmayı amaçlamaktadır. Her konut yapısı kendi yaşam döngüsünü oluşturur. Bu durum tasarımdan aşamasından itibaren uygulanması ve kullanıldığı zamandan yıkıma kadar geçirilen süreç yaşam döngüsüne sahip olduğunu gösterir. Tasarımda yaşam döngüsü yaklaşımı konut sektörünün çevre üzerindeki etkisini azaltmanın bir yolu olarak teşvik edilmelidir (United Nations Economic Commission for Europe, 2015).

Sürdürülebilir konut, iklim değişikliği, nüfus artışı, ekonomik belirsizlik, enerjiye erişim güçlüğü, yoksulluk, gecekondular ile ilgili sorunların belirsizliğini azaltırken, yaşam kalitesi, ekonomik kalkınma, çevre yönetimi ve sosyal eşitliğin sağlanması için geniş bir yelpaze sunar (UN-Habitat, 2012).

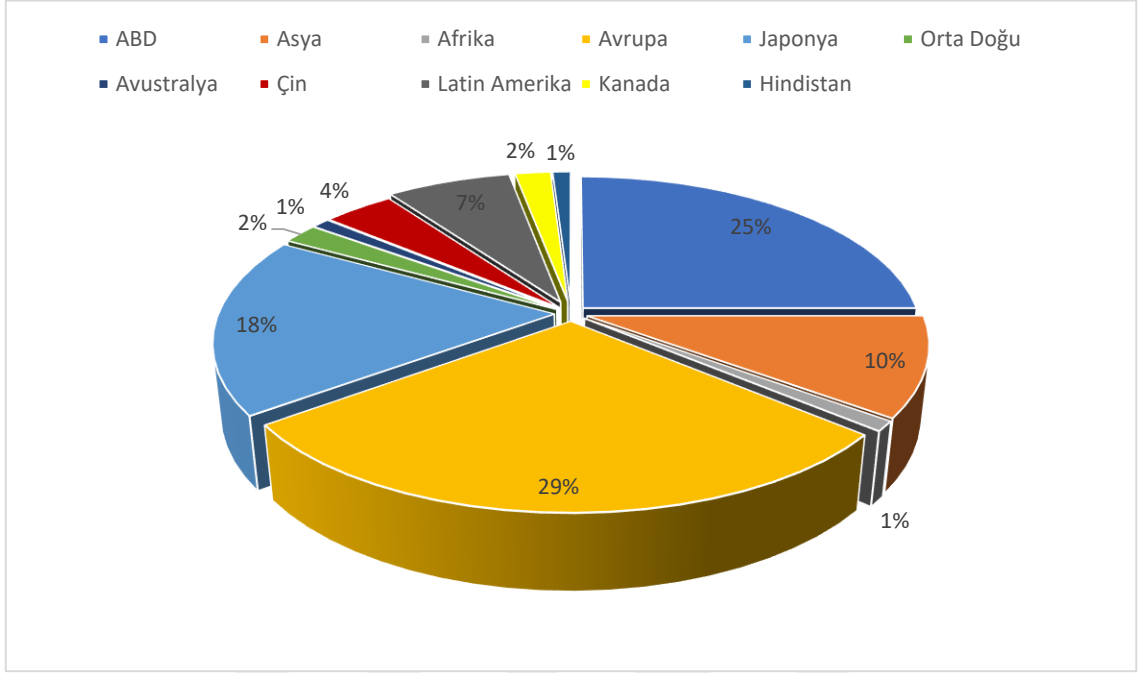
Çalışmanın odak noktası konut yapılarıdır; binaların enerji verimliliğinin artırılması hedeflendiği için ülke ekonomisini olumlu yönde etkilemesini sağlayabilir.

Sürdürülebilir mimari ve inşaat teknolojileri geliştikçe, daha fazla sürdürülebilir konut projesinin hayata geçmesi beklenmektedir. Çevreye olan olumlu etkileri ve insanların yaşam kalitesini artırmasıyla gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak için önemli bir rol oynamaktadır.

3.1.5 Avrupa’da sürdürülebilir konut yapıları

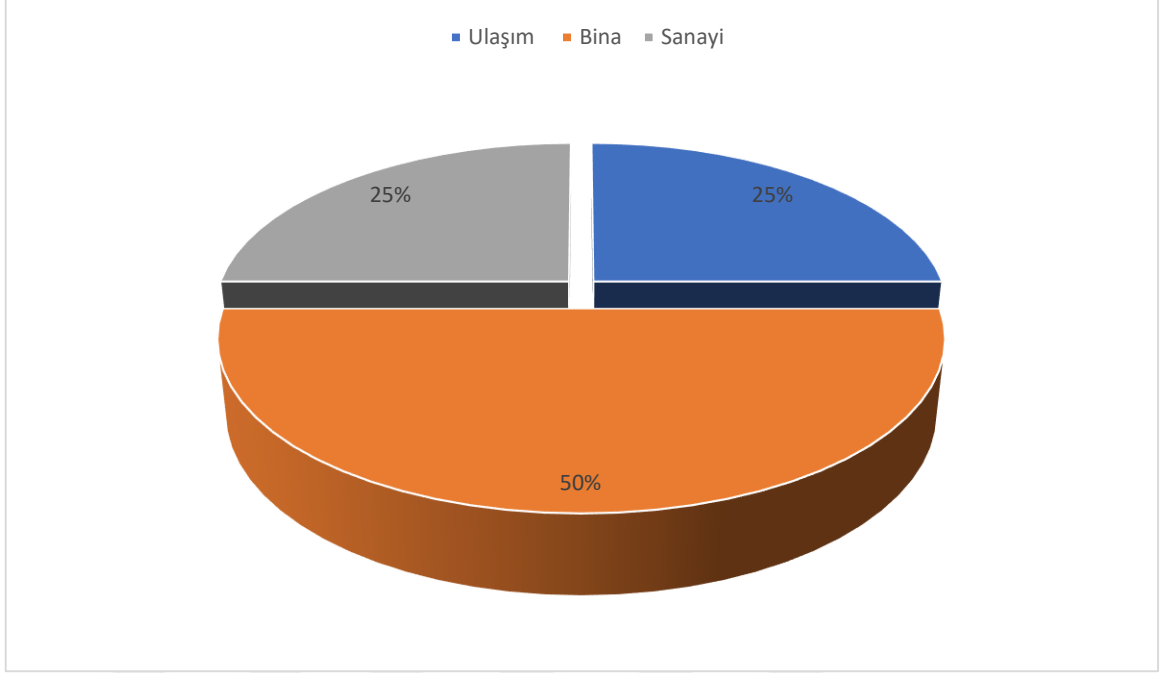
Tarihte 2. Dünya Savaşı sonrasında mimarlık alanında ve diğer tüm sektörlerde sürdürülebilirlik kavramı günümüzdeki gibi gündemde değildi. Fakat Avrupa ülkelerinin sisteminde binayı ayıran dış kabuğu, bölgenin iç mekanı ayıran alanlarda konfor düzeyi ve mekanik sistemlerin kurulumu ile uygulamaya sokulmuştur. Amaç enerji maliyetini düşürmek, doğal kaynak problemini sürdürülebilir hale getirmek ve insan sağlığına olumlu yönde önem vermeyi sağlamaktır. Mimarlık, inşaatı süresince sürdürülebilir bina kavramı önemli bir değere sahiptir. Bu tip yapılarda havalandırma, doğal ışık alımı, aydınlatma, ısıtma ihtiyacı, aktif ve pasif enerji sistemleri ile oluşturulur. İç mekan hava kalitesini toksik ve zehirli gaz maddelerinden arınmak adına sürdürülebilir malzeme

seçimi aktif bir şekilde uygulanır. Şekil 9’da Dünya %29’luk harcamaların dağılımı en çok Avrupa’da birçok yapı türünde sürdürülebilir örnekler bulunmaktadır.



Şekil 9: Yapım Sektöründe Harcamaların Dünyada Dağılımı (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2020).

Doğal kaynaklar, bina sektöründe, malzeme ve enerji gibi formlarda büyük miktarlarda kullanılmaktadır. Ayrıca, binalar ormanlık alanların yok olması, temiz su kaynaklarının bozulması, ozon tabakasının yıpranması, vb. gibi küresel anlamda sürekli bir yıpranmaya da neden olmaktadır. Yeryüzünden çıkartılan malzemelerin yaklaşık %50’si bina sektörü tarafından kullanılmaktadır (Working Group for Sustainable Construction, 2004). Bu rakamlar incelendiğinde sürdürülebilirlik düzeyinin üzerinde bir tüketim olduğunu görülmektedir. Şekil 10’da görüldüğü üzere, dünyada üretilen enerjinin %50’si binalarda tüketilmektedir (Cebeci, 2005).



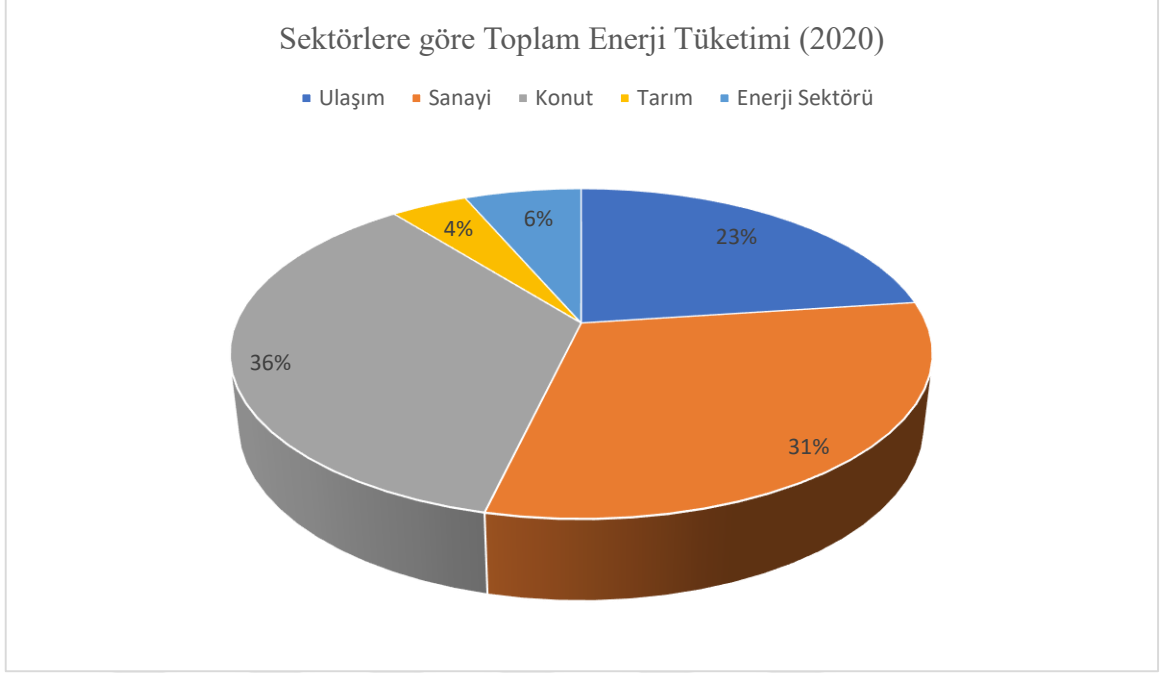
Şekil 10: Dünyada Enerjinin Sektörlere Göre Tüketim Oranları (Cebeci, 2005).

Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde, toplam enerji kullanımının %40'tan fazlası, CO2 emisyonunun %30'u ve sentetik atıkların %40'ı bina sektöründen kaynaklanmaktadır (Ashford, 1998; Ashford, 1999; EURIMA, 2005).

1992'den beri AB'de, sürdürülebilir kalkınmayı sağlayacak, sürdürülebilir ilkelerine yönelik düzenlemeler ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Fudge ve Rowe, 2000) İsveç Hükümeti, 90'lı yıllardan beri yeni çevre standartları üzerine çalışmakta ve çevresel yatırımlar için ekonomik destek vermektedir (Femenias, 2004). Ayrıca, İsveç yapı ve gayrimenkul sektörü 2003-2010 yılları arasında çevresel etkileri azaltmak için önemli bir çevre programı başlatmıştır. Bu doğrultuda, enerji, malzeme ve zararlı madde kullanımı ile binalardaki iç mekan hava kalitesi üzerine hareket planları oluşturulmuştur.

3.1.6 Türkiye'de Sürdürülebilir Konut Yapıları

1950'li yıllarla birlikte, imar rantı ve spekülatif yapılaşma Türkiye'ye egemen olmuştur. Günümüzde diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de, kontrolsüz ve hızlı bir gelişmeyle birlikte sürdürülebilir ihtiyaçları karşılayamayan, sağlıksız kentsel yığılmalar oluşmaktadır. Hızlı şehirleşmenin yarattığı doğal kaynaklar üzerindeki baskılar, çevresel sorunlara neden olmaktadır (Çevre Bakanlığı, 2002).



Şekil 11: Sektörlere Göre Toplam Enerji Tüketimi (2020) (Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 2001)

Türkiye’de, sürdürülebilir yaklaşımda yapı türlerine olan önem azdır. Ülkemizdeki konutlarda tüketilen enerji, ülkedeki toplam enerji tüketiminin % 36’sını oluşturmaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 2001). Şekil 11’de 2020 yılında sektörlere göre toplam enerji tüketimi görülmektedir. Enerji türlerinden, elektrik ve su tüketiminde halen en çok yenilenemez enerji kaynakları kullanılmaktadır. Türkiye’de %35 oranında enerji tüketimi en fazla aydınlatma kullanılır. Elektrik, petrol ve kömür gibi yenilenemez enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Fosil kökenli yakıtların çoğu binalarda kullanılıyor olması, çevreci bilincinin yeterince aktarılamadığını gösterir.

Yapı sektöründe ve toplumun çoğunluğunda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça az ve sürdürülebilirliğin geleceğe yönelik değer taşıma bilinci yeterince önem arz etmemektedir. Bu durum insanların ekonomik zarara uğramasına, nüfus artış problemlerine karşı çözümün doğayı tahribata yol açmasına ve iklim şartlarının olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır. Gelecek dünyaya dair adımların atılmaması, küresel ısınmanın şiddetli etkileri ile karşı karşıya kalacağının habercisidir.

Türkiye farklı iklim yapısına sahip bir ülkedir. Her iklim yapısına göre farklı geleneksel yapılar bulunur. Birçoğu yerel ve sürdürülebilir yapı malzemelerinden oluşur. Her

malzeme kendi iklim yapısına göre uyumluluğu yüksektir ve düşük enerjili malzeme kullanımı hakimdir. İç mekanlarda daha sağlıklı ve konforlu yaşam alanları da oluşturur. Bu sebeple Türkiye’de geleneksel yapı türlerinde sürdürülebilir bina özelliği görülmektedir. Günümüzde yapı mimarisi uygulamalarında sürdürülebilir yaklaşım ve çevreye duyarlılık bilincine yeni çalışmaların katkıları ile yürürlüğe girmektedir.

Türkiye’de doğaya karşı bilincin artması yapı sektöründe, hem yerel malzemelerin kullanımı hem de dışarıdan ithal edilen malzemelerin kullanımı ile sağlıklı mekanlar oluşturma amacına doğru yönlendirmektedir. İnsanlarda sürdürülebilirliğe karşı olan ilginin artması sadece belirli yönlerde etkili kalıyor. Bu durum çevresel sorunların önüne geçmeye yönelik etkili adımlar olmamaktadır. Sadece doğal malzeme seçimi ve ekolojik yaklaşım ile yeterli olmamaktadır. Aynı zamanda geri dönüştürülebilir atık yönetimi, hava kalitesi ve enerji verimliliğini önemli derece etkileyen yaşam döngüsü değerlendirme sistemi konuları yapılarda göz ardı edilmektedir. Bütüncül bir yaklaşım ile tüm sorunlara elverişli bina yapımına önem vermek gerekmektedir.

Türkiye Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Konut Özel İhtisas Komisyonu Raporu’nda, çevre kalitesinin, yalnızca yerel ölçekteki göstergelere müdahaleler ile sağlanamadığı, kentsel göstergeler arasında sağlıklı bir toplum için önemli gereksinimlerden olan sağlıklı su, temiz hava gibi konuların, yerel etkiler kadar küresel etkilere de açık olması gereği vurgulanmış ve sürdürülebilirlik anlayışı benimsenmiştir (Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 2001).

3.2 Binalarda Yaşam Döngüsü

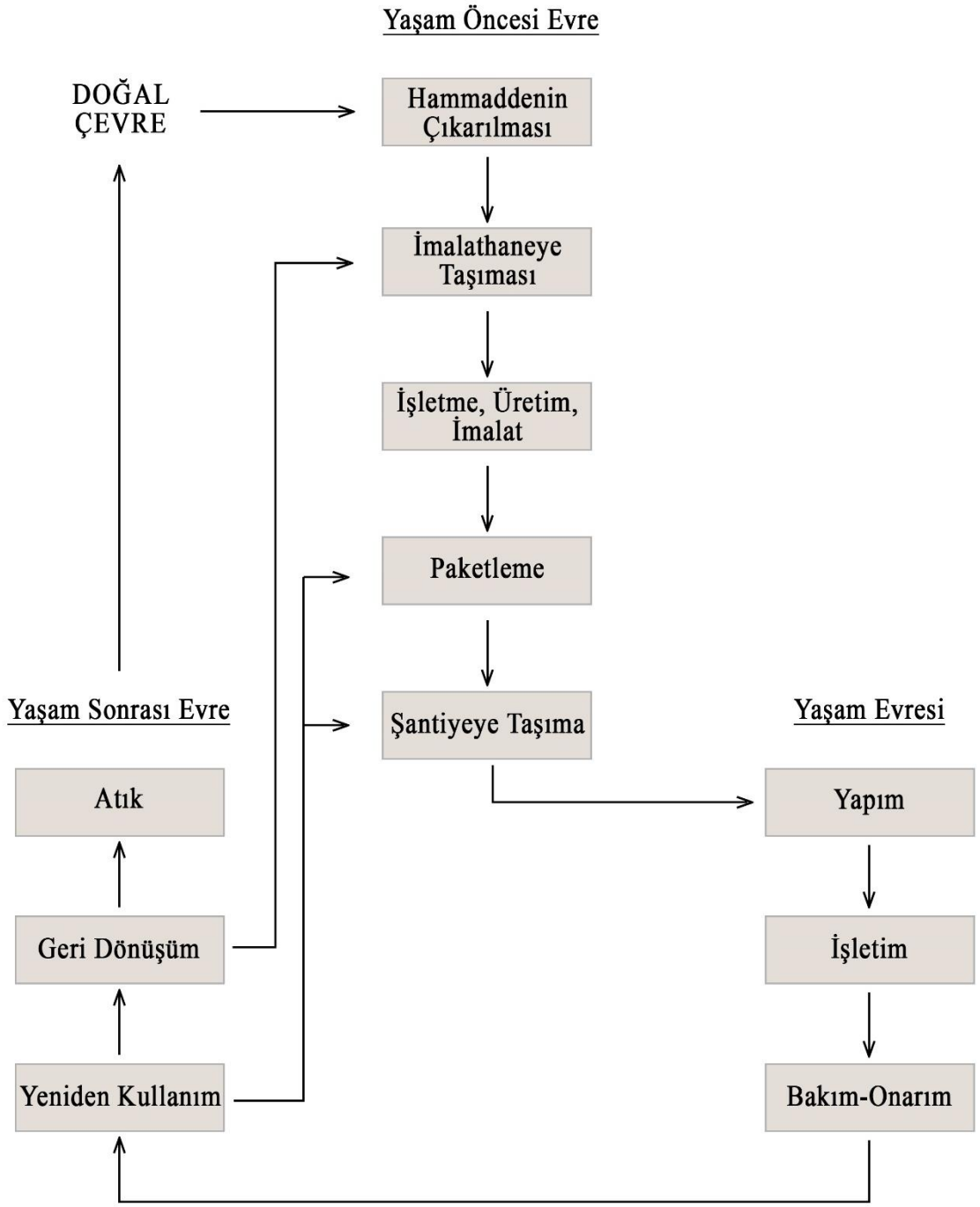
Bir binanın yaşam döngüsü; yapı malzemelerinin üretimi, binanın inşası, kullanımı, yenilenme ve son olarak yıkım ve yok etme aşamalarından oluşmaktadır. Tüm bu süreçler için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yapılmasının amacı ürünlerin çevresel etkilerini azaltmak, en az malzeme kullanarak üretim yapmak ve en az ürün kullanarak en fazla hizmeti sağlamaktır (Hofstetter, 1998).

Isıtma ve soğutmadaki yüksek enerji taleplerini azaltmak için pek çok araştırma yapı kabuğunun ısı direncinin geliştirilmesinin malzeme seçimi ve kaliteli işçilik ile sağlanarak yapılabileceğini vurgulanmaktadır. Mevcut yapılarda ısı direnci sağlamak için ısı yalıtım malzemelerinin kullanılması ile yapı kabuğu enerji verimli hale

getirilmektedir. Bunun yanı sıra binanın yaşam döngüsünde yapım öncesi evre, yapım evresi, yapım sonrası evre olarak üçe ayrılmaktadır.

Yapım öncesi evre, arsanın seçimi ile binanın tasarımı ve yapı malzemelerinin her aşamasını içermektedir. Bu evre, çevreyi ve doğayı doğrudan etkilemektedir. Yapım evresi, inşa edilen binanın belirli aralıklarla bakımının yapılması içerir. Yapım sonrası evre ise, inşa edilen yapının tüm yaşam süresi boyunca ömrünü içermektedir. Yapıda kullanılan malzemelerin içeriği ve çevrede yarattığı etkiler görülmektedir. Şekil 12’de Sürdürülebilir yapının yaşam döngüsünün evreleri sıralanmaktadır.





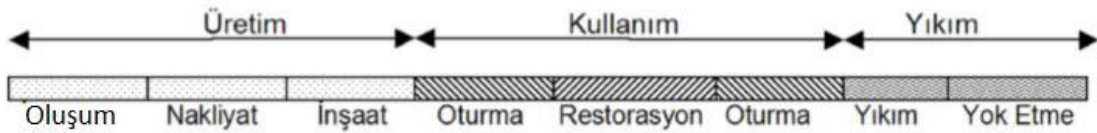
Şekil 12: Sürdürülebilir Yapının Yaşam Döngüsü (Kim ve Rigdon, 1998).

3.2.1 Yaşam döngüsü değerlendirmesi

Yaşam Döngüsü; bir ürünün hammaddesinin çıkarılmasından başlayıp, işlenmesi, paketlenmesi, taşınması, yapımı, kullanımı, gerektiği zamanlarda bakım-onarımı, ömrünü tamamladığında atılması, geri dönüştürülmesi, birtakım işlemlerden geçirilerek yeniden kullanıma hazır hale getirilmesine kadar geçen süreçtir.

Yaşam Döngüsü Analizi (Life Cycle Assessment: LCA), ürün, süreç veya hizmet için kullanılan enerjinin, hammaddenin, atık ve emisyonların çevre bakımından etkilerinin yanında doğal kaynakların tüketimi ve çevresel etkileri değerlendirmek için kullanılan bir metottur (Dikbaş ve Mezarıcı, 2019).

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) kavramı, ürün veya hizmetlerin yaşam döngüsü sürecinde çevresel etkilerini değerlendirilebilmesi açısından geliştirilen uluslararası kabul görmüş bir yaklaşımdır. YDD yapı sektöründe, performans değerlendirmesi, karar alma ve stratejik hedef belirleme gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Bir binanın yaşam döngüsü, üretim, oturma ve yıkım olmak üzere üç temel aşama ve bu temel aşamaları oluşturan alt aşamalardan oluşmaktadır (Şekil 13) (Adalberth, 1997, s. 317-320).



Şekil 13: Yapının Yaşam Dönemi Sürecinde Geçirdiği Evreler (Adalberth, 1997, s. 317-320).

3.2.2 Yaşam döngüsü enerji değerlendirmesi

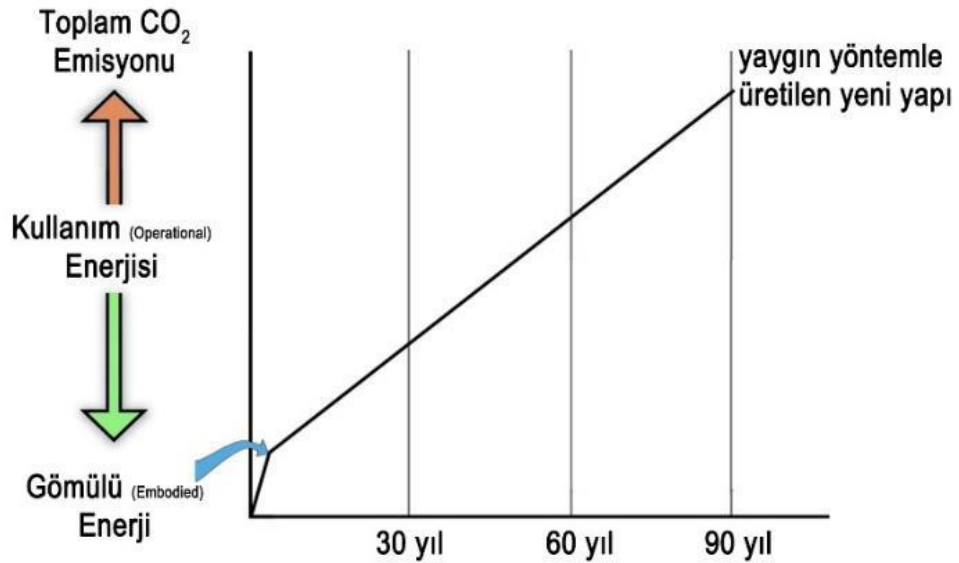
Yaşam Döngüsü Enerji Değerlendirmesi Analizi (YDEDA); YDD'nin basitleştirilmiş halidir. Sadece yaşam döngüsünün farklı aşamaları için enerji girdilerinin değerlendirilmesi konusuna odaklanmaktadır. Matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$E = E \text{ hammadde çıkarımı} + E \text{ üretim} + E \text{ şantiyede} + E \text{ işletme} + E \text{ yıkım} + E \text{ geri dönüşüm} + E \text{ yok etme}$

(E değeri binanın yaşam ömrü boyunca toplam enerji tüketimini ifade etmektedir)
(Adalberth, 1997, s. 317-320).

3.2.3 Gömülü enerji

Genellikle bir binanın kullanım enerjisi ve bundan kaynaklı ortaya çıkan emisyon, gömülü enerji ve emisyonundan çok daha yüksek olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle, kullanım aşamasındaki enerji tüketimini azaltmak için büyük bir çaba harcanmaktadır. Özellikle 21. yüzyılda yenilenebilir enerji alanındaki yenilikler ve teknolojik gelişmeler, enerji verimliliği ve enerji kullanımındaki davranışları değiştirmeye yönelik teşvikler, kullanım enerjisinde umut verici bir düşüş sunmaktadır. Ancak bu önlemler, yüksek enerji performanslı yapı malzemesi kullanımında artışa neden olmakta ve sonuç olarak yapı üretiminin başlangıcında gerekli olan enerjiyi ve karbon salınımını yükseltmektedir. Bu yükseliş, gömülü (embodied) enerjinin, yapının toplam yaşam döngüsü içerisinde giderek artan önemini açıklamaktadır (Şekil 14) Chau, Leung ve Ng, 2015, s. 395-413).



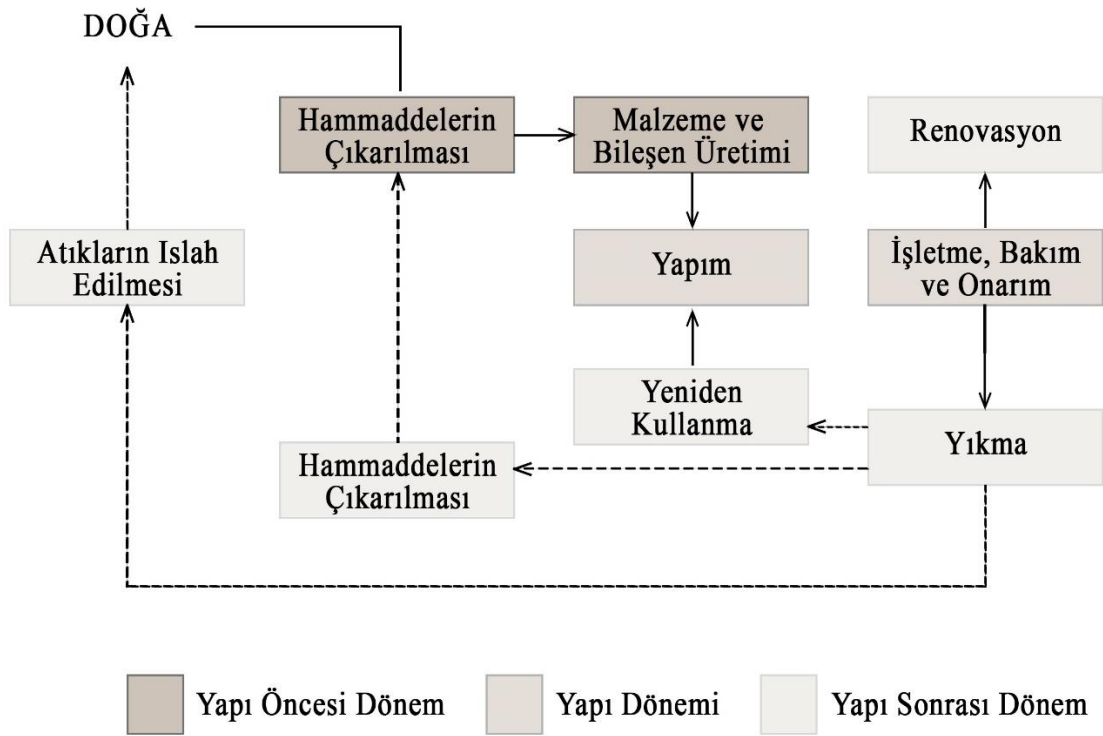
Şekil 14: Ortalama Bir Yapı İçin Gömülü-Kullanım Enerji Kıyaslaması (Ibn-Mohammed, Greenough, Taylor ve Ozawa-Meida vd. 2013, s. 232-245)

3.3 Yapı Malzemeleri İçin Sürdürülebilirlik Göstergeleri

Çevresel etkisi oldukça fazla olan yapıların yaşam döngüsünde yapı malzemesi % 20'lik kısmını kapsamaktadır (King, 2017). Bu oran malzemelerinin çevreye olan etkisinde

büyük bir payı olmaktadır. Doğal çevrenin yapısını korumak ve doğal kaynakların tüketiminde bilinçli olmasını sağlamak adına sürdürülebilir yapı malzemelerin değerini ve bu kavramının ortaya çıkışında öncülük etmektedir.

Yapı malzemeleri hammaddelerin ortaya çıkarılması, işlenmesi ve inşaat alanına ulaştırılması, yapı içerisinde kullanımı, bakımı ve onarımı ile süreçten geçer. Aynı zamanda yapının yıkım aşamasında geri dönüşümünü de kapsamaktadır. Bu süreç, malzemenin hangi oranda sürdürülebilir bir malzeme olduğunu gösterir. Sürdürülebilir malzemeler içerisinde kimyasal maddelerin yer almadığı, yenilenemez enerji kaynaklarına alternatif, yapının yaşam döngüsü sisteminde çevreye zarar vermeyen ve enerji tüketimi kullanımında minimum oranda etki sağlayan, geri dönüştürülebilir bir malzemelerdir. Şekil 15’de sürdürülebilir yapıların malzemeler üzerinde yaşam döngüsü modeli görülmektedir.



Şekil 15: Sürdürülebilir Malzemelerin Yaşam Döngüsü Modeli (Aydın, 2011).

Sürdürülebilirlik kavramı, ekonomik, sosyal ve çevresel tahribatın önüne geçilmesi için uygulanır. Binaları oluşturan yapı malzeme elemanlarını seçilen doğal araziler üzerinde olumsuz etki yaratır. Bu yüzden çevrenin korunumu hususunda etkin olan yapı

malzemelerin seçimi önemli bir konu oluşturmaktadır. Malzemelerin seçimi aynı zamanda üretim aşaması ve bu süreçte oluşturduğu işletme, yıkım ve kullanımı ile çevrede oluşturduğu etkiler olumsuz yöndedir. Hava, su ve toprak kirliliğine yol açtığından, yapı malzemelerinin seçiminde çevresel etkileri üzerinde verdiği değerler bilinmelidir. Ek olarak bu etkilerin azaltılmasına yönelik çalışmaların sağlanması gereklidir. Bir yapının yaşam sürecinde oluşan çevresel etkilerin yaklaşık % 10'unun kullanılan yapı malzemelerinden kaynaklandığı göz önüne alındığında, yapı malzemesi seçiminin önemi ön plana çıkmaktadır (Kafescioğlu, 2017).

3.3.1 Sürdürülebilir kerpiç, toprak, bambu ve kenevir yapı malzemeleri

Geleneksel yapıların birçoğu doğaya ve çevreye duyarlılık, iklimsel verilere uyum, doğal ve düşük enerjili malzeme kullanımı, sağlıklı ve konforlu yaşam çevreleri oluşturma gibi özelliklerle sürdürülebilir binalar sınıflandırmasına girmektedir. Yeni yapılaşma arayışında ise, sürdürülebilirlik uygulamaları ve ekolojik duyarlılık anlayışları toplumda yeni yeni yeşermektedir. Sürdürülebilirlik, kalkınma çatısı altında, ekonomik büyüme ile çevre konularını dengelemeye çalışılmaktadır.

Günümüzde teknolojik gelişmeler ile doğal malzemelerden uzak, kimyasal ve toksik malzemelerden oluşan yapı elemanları kullanılmaktadır. Geleneksel mimaride özellikle Türkiye’de görülen malzemelerden biri olan kerpiç ve toprak malzemeleri yer almaktadır. Bunların dışında bambu malzemesi genellikle uzak doğuda birçok yapılarda sürdürülebilir bir malzeme olarak kullanılır ve üretimi yapılır. Kenevir malzemesi ise Türkiye’de bir örneği yoktur fakat Avrupa ülkelerinde uygulamaları görülmektedir. Bu malzemenin çeşitli alanlarda kullanımı mevcuttur. Özellikle inşaat sektöründe önemi artmaya başlamaktadır.

Sürdürülebilir malzemeler sırasıyla:

Kerpiç Malzemesi:

Çevresel duyarlılığı yüksek bir yapı malzemesi olan kerpiç az üretim enerjisine sahip olması nedeniyle, yerel ve sürdürülebilir özellikleri öne çıkmaktadır. Termal performanslarının yüksek olması ve toprak bazlı yapı malzemelerin doğallıklar nedeniyle çoğunluğu sürdürülebilir bir malzeme olarak tanımlanmaktadır. Kolay erişilir ve doğal

malzeme olması nedeniyle ekonomiktirler (Kafescioğlu, 2017). Şekil 16'da kerpiç blok malzemesi görölmektedir.



Şekil 16: Kerpiç Blok Malzemesi (Inspedia, 2020)

Toprak ve saman karışımının suyla yoğrulup kalıplanması daha sonra ise güneşte kurutularak üretilen bir yapı malzemesidir. Geleneksel yapıları yapım sistemleri bakımından değerlendirdiğimizde kerpiç malzemenin yapı sisteminde taşıyıcı eleman, duvar dolgusu, çatı örtüsü vb. gibi çeşitli işlevlerde kullanılmaktadır.

Toprak Malzemesi:

Dünyanın farklı yörelerinde ortaya çıkıp gelişmiş, çok sayıda farklı yapı kültürlerinde kullanılan en eski ve yaygın yapı malzemelerinden biri de topraktır. İklimsel koşullara ve kullanım alanına göre farklı biçimlerde kullanılabilen ve en kolay temin edilebilen malzemelerden biridir (Çiçek, 2014). Toprak malzemesi, yapı malzemesi olarak tanımlanabilmesi için kullanılan yere ve niteliğe göre değişmektedir. Duvar yapımında kullanılacak olan toprak yapı malzemesinde kil miktarı ve diğer tüm tanelerin dağılımı homojen olacak biçimde hazırlanmalıdır. Basınç dayanımının sağlanabilmesi için önemlidir. Yapı malzemesi olarak, pişmemiş bir topraktan elde edilir ve taşıyıcı, bölme duvar yapımında, döşemelerde, çatılarda, duvar konstrüksiyonlarında dolgu malzemelerinde kullanılır.

Bambu Malzemesi:

Sürdürülebilir mimarinin önem kazanması ile doğaya uyumlu, geri dönüştürülebilir bir malzemede bambudur. Bambu, Asya'da, Güney ve Kuzey Amerika'da ve Afrika'da yetiştirilir. Fakat çoğunlukla Asya'da yetişen bir bitkidir. Ülkemizde ise doğal bir şekilde yetiştirilen bambu türü bulunmamaktadır.

Bambu, sağlıklı, anti bakteriyel, tekrar kullanılabilir, dayanıklı ve düşük gömülü enerjiye sahip olması nedeni ile sürdürülebilir bir malzemedir. Fakat bu durum yapı malzemesinin dağıtımında tüketilen enerjiye göre değişmektedir.

Bambu, ağırlığına bağlı olarak kuvvetlere karşı yüksek direnci, enerji emme kapasitesi ve esnekliği sayesinde depreme dayanıklı yapı inşası için ideal bir malzemedir (Minke, 2012). Şekil 17’de bambunun rüzgar ve deprem karşısında sergilediği davranış görülmektedir.



Şekil 17: Bambu Yapıların Rüzgâr veya Deprem Karşısında Sergilediği Davranış (Hodgkin, 2009).

Kenevir Malzemesi:

Kenevir malzemesi, diğer geleneksel yapı malzemelerinden pek çok yönden olumlu ve avantaj sağlayacak özelliklere sahiptir. Kenevir yapı malzemesi çok iyi termal özelliklere sahiptir. İç mekan ısısal konforunu sağlayan bir malzeme olarak kullanılabilir. Yalıtım etkisi ve termal kütesinin birleşiminden dolayı, kenevir malzeme kullanılarak yapılan beton evler kışın sıcak, yazın serin özelliktedir (Gizlenci, Acar, Yiğen ve Aytaç, 2019). Geleneksel yapı malzemesiyle karşılaştırıldığında, kenevir yapı malzemesi daha iyi tasarım esnekliğine sahiptir, bu da yapısal tasarımın şekil ile sınırlı olmadığı anlamına gelir (Gizlenci, Acar, Yiğen ve Aytaç, 2019). Şekil 18’de tarım arazisinde kenevir bitikisinin yaprakları ve gövde kısmı görülmektedir.



Şekil 18: Kenevir Bitkisi (Gizlenci, Acar, Yiğen ve Aytaç, 2019; Brownell, 2018).

Kenevir, uyuşturucu amacıyla kullanılmasından dolayı, kenevir ekimi dünyanın çeşitli ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de yasaklanmış, ancak Türkiye’de lif, sap ve tohumlarının kullanılması için üretimi hiç bir zaman yasaklanmamış, sadece üretiminin kontrollü ve izne bağlı olarak yapılmasına müsaade edilmiştir. Dünya’da kenevirin kullanımı ve sanayisinin gelişme göstermesiyle, Türkiye’de de 2016 yılında revize edilen kenevir yönetmeliği ile 20 ilde kenevir ekimine izin verilmiştir. Bu yönetmelikle yetiştiriciliğine izin verilen iller; Amasya, Antalya, Bartın, Burdur, Çorum, İzmir, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Kütahya, Malatya, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Tokat, Uşak, Yozgat ve Zonguldak illeri ve bu illerin bütün ilçeleri şeklindedir (Brownell, 2018).

Kenevir, büyüdükçe atmosferden büyük miktarda karbondioksit emer. Genel olarak, kenevir ürününün üretimi ve kullanımı çok düşük etkili süreçlerdir ve ulaşım, enerji tüketimi göz önüne alındığında bile, yaşamlarında emdikleri karbon miktarı, çoğu geleneksel yapı malzemesinden daha fazladır (Brownell, 2018).

Kenevirin sap, lif kısımlarının kullanıldığı başka bir alan inşaat sektörüdür. İç ve dış izolasyon malzemeleri, tuğla gibi malzemeler kenevir esaslı olarak üretilebilmektedir (Şekil 19).



Şekil 19: Kenevir Yalıtım Malzemesi – Kenevir Tuğla (Brownell, 2018).

Kenevir malzemesinin Türkiye’de hariç Avrupa ülkelerinde kullanımı artmaktadır. Bu durumun Türkiye’de uygulamasının artırılması ve bilinçlendirilmesi gereklidir. İnşaat sektörlerinde ve geleceğe yönelik yaşam döngüsü değerlendirmelerinde en iyi sürdürülebilir bir malzemedir. İngiltere’de yer alan ‘Flat House’, Paloma Gormley tarafından kenevir malzemesini kullanarak tasarımı yapılmıştır. Şekil 20’de konut yapısında kullanılan kenevir malzemesinin yapı detay çizimleri görülmektedir.



Şekil 20: Kenevir Malzemesi Kullanılarak Yapılan Konut (Flat House) (Pintos, 2020).

3.3.2 Sürdürülebilir yapı malzemelerinin sınıflandırılması

Sürdürülebilir doğal yapı malzemelerinin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Dört farklı sürdürülebilir malzemeler incelenerek en iyi sonuca ulaşılacak istenmektedir. Her sürdürülebilir malzemeler uzun ömür veya dayanıklı olmaktan çıkar. Fakat bugünün teknolojisi sayesinde yeni sürdürülebilir malzemelerinin doğada var oluşu ile geliştirilmesi ve uygun özelliklerini değerlendirmek gereklidir.

Kerpiç, uzun bir süre boyunca geleneksel yapılarda kullanılan yerel kaynaklardan elde edilen bir malzemedir. Yağışların az, kurakların hakim olduğu İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu iklim tiplerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Maliyetinin düşük olması nedeni ile sıkça tercih edilmektedir. geleneksel yöntemler ile üretimi yapılır. Kullanılan yapılarda, bu genellikle konut binaları olmaktadır. Bu yapılarda kullanımı, kalite yönünden orta veya uzun ömürlüdür. Aynı zamanda iyi dayanıklılık sağlar ve ses, ısı yalıtımı özelliklerini barındırır. Yapı içerisinde duvar, zemin ve çatı bölgelerinde kullanılır. Ek olarak düşük bir enerji sistemine de sahiptir. Fakat günümüz teknoloji sistemlerine uygun bir şekilde uygulamanın geliştirilmesi gereklidir.

Toprak, geleneksel yöntemler ile doğal kaynaklardan elde edilerek yerel ve maliyeti düşük bir yapı malzemesidir. Teknolojinin getirdiği tekniklerin çoğunlukla kullanılmadığı için enerji tüketimi daha azdır. Genellikle konut binalarında kullanılır ve orta bir dayanıklılığa sahiptir. Aynı zamanda ses ve ısı yalıtımı özelliklerini de barındırır. Yapı içerisinde duvar, zemin ve çatı kaplamalarında kullanılır. Fakat bugün ki teknolojik sistemleri ile üretimin ve uygulamaların olması gereklidir. Dayanıklılığı konusunda ise farklı iklim bölgelerine göre değişiklik gösterir ve bu yüzden süreklilik halinde bakıma ihtiyacı vardır.

Bambu, geleneksel yöntemlerle yapılarda oluşturulur ve sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Maliyeti diğer sürdürülebilir yapı malzemelerden kıyasla biraz daha yüksektir. Fakat üretim sürecinde hızlı bir büyüme ile üretim sürecinin olumlu yönde etkiler ve geleneksel yöntemler ile yapıldığından birtakım önemli bilgilere sahip olunması gereklidir. Aynı zamanda düşük enerji sistemine sahip olup doğal çevreye zararı minimumdadır. Yapılarda duvar, zemin, çatı kaplamaları ve taşıyıcı eleman olarak

kullanılır. Bundan farklı olarak her iklim bölgelerinde kullanıma açık değildir. Bununla birlikte iklim tipine uygun alanlarda iyi bir dayanıklılık sağlar.

Kenevir, inşaat sektöründe ki artıları nedeni ile kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Sürdürülebilir bir malzeme olduğundan diğer malzemelerden farklı olarak karbon emisyonu sıfırdır. Çevreye olan katkısı büyüktür. Kenevir bitkisinin yetiştirilmesi ve diğer sektörlerde uygun olarak işlenmesi için farklı sistemler uygulanmaktadır. Bunun için bilgi birikimine sahip olunması gereklidir. Kenevir malzemesinin diğer sürdürülebilir malzemelere kıyasla yüksek bir kalitededir. Yangına karşı 400 derece sıcaklığa karşı dayanıklıdır. İyi bir ısı ve ses yalıtımına sahiptir. Nemi hapseder, oldukça dayanıklıdır ve uzun bir ömrü vardır. Yapıda enerji verimliliğine büyük ölçüde katkıda bulunur ve doğal kaynakların tüketimine olumlu yönden etkilemektedir. Yapılarda duvar, duvar kaplamaları, izolasyon ve taşıyıcı elemanlarda kullanılır. Fakat Türkiye’de kenevirin inşaat sektöründe kullanımı yoktur. Bu uygulamanın yaygınlaştırılması ve toplumun bilinci artırılarak yapılarda kullanımında teşvik edilmesi gereklidir.

Tablo 3’de tüm bu sürdürülebilir malzemelerin (kenevir, bambu, toprak, kerpiç) işlevleri ve özellikleri sıralanmaktadır.

Tablo 3: Sürdürülebilir Malzemelerin İşlevleri ve Özellikleri

Kriterler	Kenevir	Bambu	Toprak	Kerpiç
Kullanım Alanları	Duvar kaplamaları, izolasyon, taşıyıcı elemanlar	Çatı kaplamaları, taşıyıcı elemanlar, zeminler	Duvarlar, çatı kaplamaları, dekoratif elemanlar	Duvarlar, zeminler, çatı kaplamaları
İşletim ve Bakım	Düşük bakım gereksinimi, boya ve kaplama ihtiyacı olabilir	Düşük bakım gereksinimi, dönemsel bakım	Düzenli sıva ve boyama gerekebilir	Düzenli bakım ve sıva gerektirebilir
Dayanıklılık ve Ömür	İyi dayanıklılık, uzun ömürlü	İyi dayanıklılık, uzun ömürlü	Ortalama dayanıklılık,	Orta ila uzun ömürlü, dış

			belirli koşullara göre değişebilir	etkilere duyarlı
Enerji Etkisi	Düşük enerji tüketimi, çevre dostu	Düşük enerji tüketimi, çevre dostu	Düşük enerji tüketimi, çevre dostu	Düşük enerji tüketimi, çevre dostu
Yalıtım Özellikleri	İyi ısı ve ses yalıtımı	İyi ısı ve ses yalıtımı	Orta seviye ısı ve ses yalıtımı	İyi ısı ve ses yalıtımı
Estetik ve Tasarım	Doğal ve sıcak bir görünüm	Doğal ve estetik bir görünüm	Geleneksel ve doğal bir görünüm	Geleneksel ve doğal bir görünüm
Sürdürülebilirlik	Yüksek sürdürülebilirlik , karbon Emilimi	Yüksek sürdürülebilirlik , hızlı büyüme	Yüksek sürdürülebilirlik , doğal kaynak	Orta sürdürülebilirlik , yerel malzeme
Uygulama Zorluğu	Orta zorluk, özel işleme gerekebilir	Orta zorluk, özel işleme gerekebilir	Düşük zorluk, geleneksel işleme yöntemleri	Orta zorluk, özel işleme gerekebilir
Maliyet	Orta ila yüksek maliyet	Orta maliyet	Düşük ila orta maliyet	Düşük ila orta maliyet

Şekil 21’de malzemelerin farklı yönlerini karşılaştırmak için genel bir bakış sunmaktadır. Her yapı malzemenin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Fakat burada diğer malzemelerden en iyi sonuç veren kenevir yapı malzemesidir olduğu açıktır. Bu sebeple 5. bölümde bahsedildiği gibi referans konut binasında kenevir yapı malzemesi diğer malzemelerle karşılaştırılması değerlendirilmektedir.

<p>KERPIÇ</p> <ul style="list-style-type: none"> - İyi bir ısı yalıtımı - Çatlama yapar. - Suya dayanıksızdır. - Kırsal bölgede kullanılır. 	<p>KENEVİR</p> <ul style="list-style-type: none"> - 400 dereceye dayanıklıdır. - Esnek, depreme dayanıklıdır. - Karbon salınımı sıfırdır. - Nemi dengede tutar. - Tedariği ve üretimi kolaydır. 	<p>BAMBU</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esnektir. - İyi bir ısı yalıtımıdır. - Tedarik süreci ve ekonomik şartlara uygun değildir. 	<p>TOPRAK</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nemi dengeler. - İyi bir ısı yalıtımıdır. - Ekonomiktir.
--	---	--	---

Şekil 21: Sürdürülebilir Malzemelerin Sınıflandırılması

3.4 Binalarda Enerji Verimliliği

Sanayi Devrimi'nden sonra kaynakların hızla tüketimi, çevreye olumsuz etkilerin ortaya çıkması nedeni ile binalarda enerji performansında iyileştirmenin önemi artmaktadır. İklim değişikliğine karşı mücadelenin, enerji korunumunun ve maliyet yönünden etkili bir yol olduğu görülmektedir. Bu sayede farklı sektörlere olanak sağlamaktadır.

Enerji verimliliği sağlanan binalarda, kullanıcı konforundan ödün verilmeden, enerjiyi en etkin şekilde ve minimum düzeyde kullanabilmeyi sağlamaktadır. Çevre koşullarına uyum ile iç ve dış ortamdaki değişimlere cevap vermektedir. Aynı zamanda sera gazlarında, CO2 emisyonunda azalma ve enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Farklı iklim tiplerine göre binalardaki enerji ihtiyacı birçok parametreye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bunlar arasında;

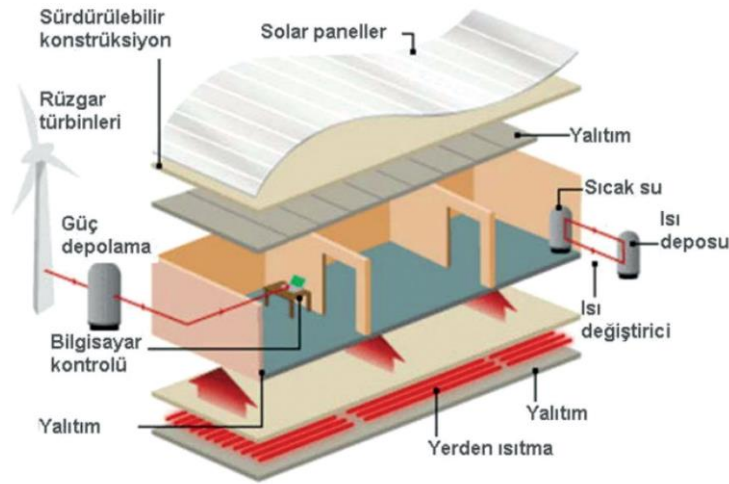
- HVAC sistemi
- Aydınlatma sistemi ve diğer prize bağlı cihazlar
- İklim ve çevre
- Kullanıcı konfor düzeyi
- Bakım ve işletme

Sıralanan değişkenleri ölçmek amacıyla simülasyonlar bulunur ve parametreler değiştikçe sonuçlarda farklılaşmaktadır. Bu simülasyonlarda binanın tüm enerji tüketimi hesaplanmaktadır.

3.4.1 Sıfır enerji binalar

Sıfır enerjili binalar doğal kaynakların sürekliliğini sağlamak adına önemli bir yere sahiptir. Çevre ile uyumu yüksek ve diğer binalara oranla %50-%70 değerinde enerji tüketiminde tasarruf sağlamaktadır. Bu durum çevrede oluşan kirliliğin ve iklim değişikliğine karşı büyük ölçüde önlenmesini sağlar. Atmosfere daha az sera gazının yayılmasını sağlar ve karbon emisyonu miktarını azaltmaktadır.

Sıfır enerji binalarda, enerji gereksinimi bina içerisinde üretilen yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. İklim değişikliğinin gereksinimlere göre ısıtma, soğutma ve elektrik enerjisi tüketimlerinde farklılık gözlemlenir. Bu sebeple farklı ihtiyaçların hepsine bina içerisinde cevap verebilmek gerekmektedir. Bu tür binalarda kendi sistem içerisinde ısıtma ve soğutma enerjisinin tamamına cevap verebilmektedir. Aynı zamanda yalıtım sisteminin iyi bir şekilde olması gereklidir ve güneş enerjisinin maksimum derece yararlanmak gereklidir. Şekil 22’de sıfır enerjili bina örneği görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile dışarıya olan bağımlılığı azaltmayı sağlamaktadır.



Şekil 22: Sıfır Enerjili Bina Örneği (Keskin ve Türkyılmaz, 2008).

Sıfır enerjili bina tasarımında önemli olan bir diğer faktör ise bina formudur. Bina formu; biçim, yükseklik, cephe eğimi, çatı formu, çatı eğimi gibi geometrik değişkenler olarak tanımlanmaktadır (Arınç, 2007). Bina taban alanı benzer olan iki binanın, genişliğin derinliğe oranının değişmesi ile binada meydana gelen ısı kazançları ve kayıpları farklı olmaktadır. Basit geometrik formlara sahip binalarda ısı kazanç ve kayıp yükleri daha az olabilmektedir (Berberoğlu, 2009).

Bina kabuğunun çok iyi yalıtılması ve sızdırmazlığı için, duvarların, döşemelerin ve tavanların her bir yüzeyinin özel ihtiyaçlarına uygun tip ve kalınlıkta yalıtım malzemeleri ile yalıtılması sıfır enerjili bina inşasının temel adımlarından bir diğeridir. Yüksek yalıtımlı kapı ve pencere kullanımı; enerji verimli bir ısıtma ve soğutma sistemi seçimi, enerji verimli aydınlatma kurulumu; enerji verimli cihazların ve elektronik ürünlerin seçimi; aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemleri; cihazlar ve sıcak su da dahil olmak üzere bir evin tüm enerji ihtiyaçlarını karşılayabilir standartlara sahip yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sıfır enerjili bina tasarımında düşünülmesi gereken hususlardır (Zero energy, 2018).

3.4.2 Konut binalarda enerji verimliliğinin önemi

Geçmişten günümüze kadar konut, insanların yaşam alanını ve güvenli bir mekanın temelini oluşturur. Konutlar, insanın kültürel, çevresel, fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarına dikkat edilen, yapı ve çevresi ile birlikte ele alınan, sürdürülebilir ve uygun kentsel mekânların üretildiği yerlerdir (Ünsal, 2012). Binalarda enerji tasarrufu toplumun bilincine göre değişiklik göstermiş ve günden güne enerji tüketiminde bilgiler verilerek iklim değişikliğinin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Farklı iyileştirme yöntemleri ile enerji tasarrufunda %20 oranında iyileştirme tespit edilmiştir.

IEA (Uluslararası Enerji Ajansı) üyesi ülkelerin toplam nihai enerji tüketimlerinin yaklaşık 1/3'ü biri konutlar ve ticari binalarda gerçekleşmektedir. Konutlar ve ticari binalar, elektrik talebindeki payları IEA genelinde % 60, AB genelinde ise en az % 40 civarındadır. Pek çok IEA üyesi ülkede; konutlarda alan ısıtma işlemi nihai enerji kullanımında en yüksek paya sahiptir. (Burberry, 1979).

Binalardaki enerji verimliliğinin en önemli aşamalarından birisi; bina dış kabuğunun (duvarlar, çatı, zemin ve çerçeveler) enerji etkinliğinin iyileştirilmesi yani yapı elemanlarının ısı geçirme katsayılarının düşürülerek ısı kaybının düşürülmesi sürecidir (Yılmaz, Yirmibeşoğlu, Özmen, Yorulmaz ve Güldürür, vd., 2020).

Türkiye'de binalar hakkında yapılan bir çalışmada, konutların yalnızca % 14'ünün merkezi ısıtma sistemine, % 10'unun çatı ısı yalıtımına ve % 9'unun çift cama sahip olduğu belirtilmektedir (Dizkırıcı, 2009). Türkiye'de konutlarda tüketilen enerjinin yaklaşık % 80'i ısıtma amacıyla ve tüketilen toplam enerjinin yaklaşık % 30'u ise

konutlarda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Standartlara uygun bir ısı yalıtımı ile binalarda harcanan enerjiden % 50 civarında tasarruf etmek mümkündür.

Bu konuda yapılan tahminlere göre yeni ısı yalıtımı standartlarının uygulanmasıyla binalar için ısıtma enerjisi kullanımının yıllık 200–250 kwh/m² yerine 100-150 kwh/m² değerine kadar düşürülme potansiyeli olduğudur ki bu; enerji tüketiminde yarı yarıya tasarruf anlamı taşımaktadır (Kavak, 2005; Turan, 2004)

Konut binalarında enerjinin verimli kullanımı; binanın tasarımına, kullanılan malzemelerin niteliklerine, mekânın kullanım amacına ve iklim koşullarına bağlıdır. Isı yalıtımı sayesinde; aynı enerji miktarı ile çok daha fazla bina ısıtılabilir, atmosfere salınan sera gazı emisyonu miktarı yarı yarıya azalır ve Türkiye'nin toplam enerji tüketiminden % 15 tasarruf sağlanabilmektedir.

4. BİNA ENERJİ PERFORMANSI METODOLOJİ

4.1 Enerji Performansı Hesaplama Metodolojisi

EPBD (Binaların Enerji Performansı Direktifi) yükümlülüklerine göre binaların enerji performanslarına ilişkin sertifikasyon sistemine yönelik ulusal boyutta hesaplama metodolojisi Avrupa Birliği ülkelerin çoğunluğunda uygulanmaktadır. Bina için gerekli olan ısıtma ve soğutma sistemleri enerji ihtiyacı için EN ISO 13790 standardında hesaplama metodolojisi oluşturulmuştur. Bu standart kapsamında, ısıtma ve soğutma enerjisi için kullanılan tüketimi hesaplamak adına 3 farklı yöntem kullanılır.

1. Metodoloji: Basit Saatlik Yöntem
2. Metodoloji: Aylık Yöntem
3. Metodoloji: Detaylı Dinamik Yöntem

Basit saatlik yöntemde, hesaplama dönemi boyunca ısıtma ve soğutma noktaları sıcaklıklarının birlikte hesaplanmasını sağlamaktadır. 2. metodoloji aylık yöntemde, mevsime göre hesaplamalar yapmaktadır. 3. metodoloji ise birçok karmaşık sistemin sahip farklı bir hesaplama yöntemidir. Binada depolanan enerji performansını hesaplamaktadır.

4.2 Referans Binanın Seçimi

Farklı iklim koşulları, coğrafi koşulların temsil eden binalar işlevleri ile birlikte referans binaları oluşturur. Ek olarak referans binalar, tipik fonksiyon alanlarını, tipik bina geometrisi ve tipik enerji performansını temsil ederler. Yönetmeliğe göre, AB üye ülkelerinin bina kategorileri oluşturulmaktadır:

- Tek Aile Bina Tipleri
- Apartman (Çok Aileli Binalar) Tipleri
- Ofis Bina Tipleri

Aynı zamanda farklı parametreler dahilinde enerji tüketim oranları değişmektedir. Bunlar arasında:

- Binanın Formu (Türü, Boyutu ve Geometrisi)
- Termo fiziksel özellikleri, bina kabuğu özellikleri
- HVAC sistemi

Binanın kullanımını tüm bu parametreler etkilemektedir.

4.3 Enerji Verimliliği Önlemlerinin Belirlenmesi

Bina enerji verimliliğinin ulusal düzeyde minimum enerji performansını belirlemeye yönelik önlemlerin gerekliliğini oluşturmaktadır. İç mekanın konforunu ve iklim koşullarına uyumu, binanın işlevi tüm binanın enerji tüketimini ve performansını belirlemektedir. Mevcut binalarda ve yeni oluşturulan binalarda enerji performansını arttırmak gerekliliğini AB üye devletler savunmaktadır. Üye devletler için aşağıda sıralanan önemlerin oluşturulması gereklidir.

- Farklı iklim tiplerine uygun önemlerin alınması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı,
- Minimum enerji tüketimini sağlamak adına performans gereksinimlerinin sağlanması,
- İç mekan konforu ve hava kalitesinin arttıracak malzemeler ve mekanik çeşitleri belirlenmelidir.

Önlemlerin çeşitliliği arttığında, binada optimum düzeyde performansı yakalamak iyi bir seçenek oluşturmaktadır.

4.4 Enerji Tüketiminin Hesaplanması

Birincil enerji tüketimi, sıcak su, aydınlatma, ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerini kapsamaktadır. Her yapı için enerji kimlik belgesi oluşturulur ve bina içinde tüketilen enerji sisteminde parametreler dahilinde farklı bina tiplerinin enerji performansları değerlendirilir.

EP yönteminin amacı aşağıdaki gibidir (BEP, 2010).

Yapının toplam enerji harcamalarının değerlendirmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesinde; iç mekân gereksinimleri, dış iklim şartları, yerel şartları ve maliyet etkinliği göz önüne alınarak oluşturması,

- CO₂ emisyon ve birincil enerji bakımından sınıflandırılması,
- Yeni veya onarım yapılacak var olan yapılar için en az enerji tüketimi ihtiyaçlarının belirlenmesi,
- Yenilebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliği değerlendirilmesi,
- Soğutma, ısıtma tertibatının kontrolünün sağlanması,
- Sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması,
- Yapılarda başarımlı ölçütlerinin ve yürütüm esaslarının belirlenmesi,
- Çevre korumasını düzenlenmesidir.

Yapı enerji hesaplama yöntemi aşağıdaki maddelerden oluşmaktadır (Bayram, 2011, s. 1541-1552):

Binanın soğutma ve ısıtma için gereksinim duyulan net enerji niceliğinin hesaplamasını,

- Net ısıtma-soğutma enerji ihtiyacını karşılayacak sistemlere bağlı enerji kayıpları ve verimlilikleri göz önüne alınarak, binadaki total soğutma-ısıtma enerji tüketiminin belirlenmesi,
- Havalandırma enerjisinin tüketiminin belirlenmesi,
- Aydınlatma enerji tüketiminin hesaplanması,
- Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplamasını kapsamaktadır.

Referans binaların enerji tüketiminin hesaplanması için ulusal enerji performansı hesaplama yöntemleri kullanılsa da, ayrıntılı bir sonuç için simülasyon yöntemi tercih edilmektedir.

5. REFERANS KONUT YAPISININ TANIMLANMASI VE FARKLI İKLİM TİPLERİ (İSTANBUL VE ERZURUM) ÜZERİNDEN KENEVİR YALITIM MALZEMESİNİN ENERJİ TÜKETİMİ ANALİZİ DEĞERLENDİRMESİ

5.1 Türkiye'nin İklim Bölgeleri

Türkiye'de yeryüzü şekillerinin farklılaşması, rüzgar ve hava kütlelerinin hareketi ile 7 farklı iklim özelliklerine sahiptir. Türkiye'de görülen iklim çeşitleri her bölgeye göre farklılık gösterir. İklim çeşitleri arasında; soğuk iklim bölgesi, sıcak-kuru iklim bölgesi, sıcak-nemli iklim bölgesi, ılımlı-kuru iklim bölgesi, ılımlı-nemli iklim bölgesi Şekil 23'de yer alır.



Şekil 23: Türkiye'nin İklim Bölgeleri (Ashrafian, Kalaycıoğlu ve Sağlam, 2019).

Tez çalışmasında, iki farklı iklim bölgesine sahip olan İstanbul ve Erzurum illeri seçilmiştir. Bu iller üzerinden referans konut yapısının, seçilen kenevir ısı yalıtım malzemesi ve diğer çeşitli senaryolar ile enerji tüketimi karşılaştırılmaktadır.

5.1.1 Ilımlı nemli iklim bölgesi (İstanbul)

İstanbul ılımlı nemli iklim bölgesinde yer alır. Ilımlı nemli iklim bölgesi, Balıkesir şehrinden başlar ve kuzey sahilinde devam eder. Sahil şeridinde etkisini sürdürdüğünden denizin etkisi ile birlikte nemli bir yapıya sahiptir. Aynı zamanda mevsim sıcaklıkları

ılıman ve sıcaklık farklı yüksek değildir. Kış aylarında 0 °C'nin altına inebilir, yazın nemin etkisiyle sıcaklık 30 °C'nin üstüne çıkabilmektedir (Ashrafian, Kalaycıoğlu ve Sağlam, 2019). Binaların kabuk yapısından yaz ve kış mevsimlerinde farklı performanslar beklenmektedir. Yaz aylarında iç mekan alanlarında doğal havalandırma sağlanmalı, kışın aylarında ise iç mekanların sıcaklığına uygun termal alanlar oluşturulmalıdır. Dış hava sıcaklıklarının çok farklı olmaması sebebi ile yapı kabuğunda termal kütlelerin fazla olmasına gerek yoktur. Fakat güneşten maksimum derecede yararlanabilmek için pencerelerin kullanımında %40-60 saydamlık oranı olması gerekmektedir. Ek olarak, yapıların çatı biçimleri beşik ve kırma çatıdan oluşmaktadır.

5.1.2 Soğuk iklim bölgesi (Erzurum)

Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Erzurum ili soğuk iklim bölgesidir. Bu bölgede kış mevsimi soğuk, yaz mevsimi ise yüksek derecelerde değildir. Kış mevsimi 0 °C'nin altına -3°C - -10°C inmektedir. Farklı zamanlarda ise bu durum -35°C - -40°C'yi bulmaktadır. Yaz mevsiminde sıcaklık değeri 20°C'nin üstüne çıkmamaktadır (Ashrafian, Kalaycıoğlu ve Sağlam, 2019). Bu bölgede güneş ışınımlarından maksimum derecede yararlanmak gereklidir. Yapıda vantilasyon sistemini minimuma indirmek gereklidir. Soğuk iklim bölgesinde bina kabuğunda oluşan ısı kayıplarını en az indirmek gereklidir. Isı yalıtımını yüksek değerlerde tutmak önemli bir etkidir.

5.2 Referans Konut Binası için Enerji Verimliliğinin Yönelimi

Referans konut binasında enerji verimliliği önlemlerin alınması, enerji performans ve tüketim seviyelerini iyileştirmektedir. Enerji verimliliği önemleri pek çok açıdan değerlendirilmektedir. Enerji verimliliği önlemleri bu çalışmada dış yapı kabuğu üzerinde yapılmakta ve diğer tüm değerler ile aynı seviyelerde tutulmaktadır.

Türkiye'de son yıllarda mantolama işleminde XPS (polistiren köpük) ve EPS (genleştirilmiş sert polistiren köpük) kullanılmaktaydı. Fakat son yıllarda özellikle XPS ısı yalıtım malzemesinin uygulanması birçok ülkede Türkiye'de de dahil olmak üzere yasaklanmıştır. Mevcut ülkelerin bu ürünleri yasaklamasının nedeni yüksek oranda kanserojen madde içermesi ve yangın yönetmelik sistemine uygun olmaması sebebi ile günümüzde kullanımı yoktur. İnsan sağlığı üzerinde olumsuz yönde etkilemesi ve çevreye olan zararları büyük derecededir. Fakat geçmişten günümüze doğru bakıldığında

pek çok mimari yapılarda XPS ve EPS ısı yalıtım malzemeleri halen bulunmaktadır. Bu sebeple bu çalışma adı altında hem geçmişte kullanılan bu ısı yalıtım malzemelerinin hem de günümüzde kullanımı yaygın hale gelen ve aynı zamanda referans binada kullanılan taş yünü ısı yalıtım malzemesinin enerji tüketim oranlarındaki etkisi, CO2 emisyonundaki değişimi ve binanın yaşam döngüsü enerji değerlendirmesini gösteren değerler incelenmektedir.

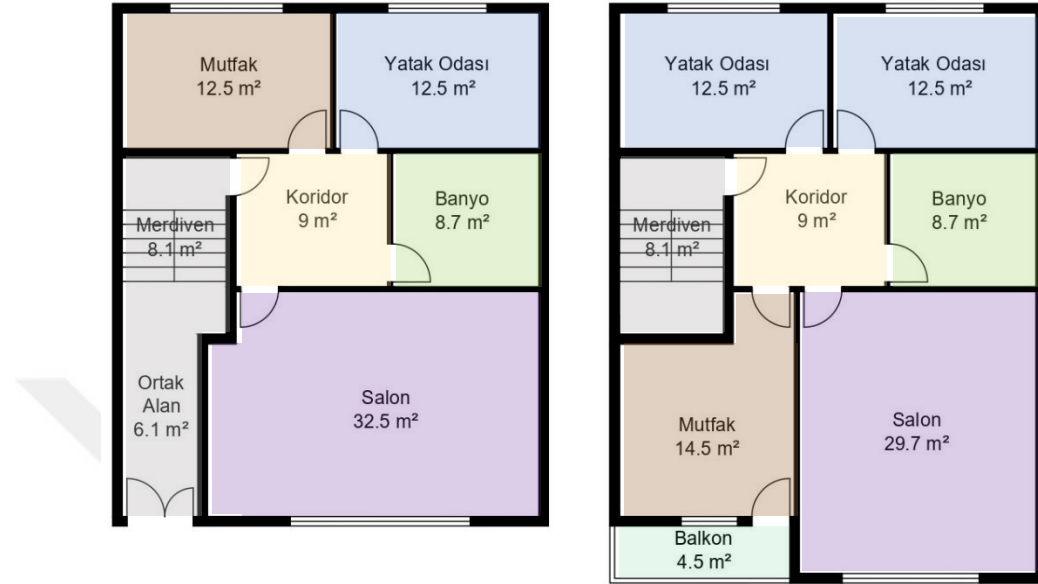
Bu çalışmada, referans konut binası üzerinde dış duvar ısı yalıtım sisteminde iyileştirmeler öncü olmaktadır. Aynı zamanda 3. bölümde belirtildiği gibi sürdürülebilir yapı malzemesi olan kenevir malzemesinin farklı iklim tiplerinde bulunan İstanbul ve Erzurum bölgelerinde yalıtım seviyesi düzeyinde hesaplamaların enerji tüketimi üzerinde karşılaştırılması tercih edilmektedir.

5.3 Referans Konut Yapısının Seçimi ve Özellikleri (İstanbul ve Erzurum)

Çalışma kapsamında gerçekleştirilecek performans analizlerinin değerlerinin ölçülmesi ve karşılaştırılması için referans bir konut yapısına sahip olunması gereklidir. Bu çalışmada sürdürülebilir yapı malzemesi olan kenevirin, ısı yalıtımı üzerindeki etkisi incelenmektedir. TSE 825' e göre ısı yalıtımı ile, bina durumuna bağlı olarak %20-75 oranında ısı tasarrufu yapılabildiği gibi, yakıt miktarında ve dolayısıyla atmosfere salınan zararlı gazlar ile çevre kirliliğinde de önemli azalmalar sağlanabileceği belirtilmiştir. Referans bina içerisinde mevcut diğer durumlar kabul edilerek, dış duvar kabuğu üzerinde farklı iklim koşullarında taş yünü, XPS, EPS ve kenevir malzemesini ısı yalıtım malzemeleri üzerinde 6 farklı senaryo çalışmaları ile enerji tüketimi karşılaştırılması yapılmıştır. İstanbul ve Erzurum farklı iklim bölgelerinde yer aldığından referans binada kullanılan dış duvar ısı yalıtım kalınlıklarında farklılık vardır. Her iklim koşulunda aynı ısı yalıtım kalınlığı kullanılmaması söz konusu değildir. Bu sebeple dış duvar içerisinde bulunan farklı ısı yalıtımların değişim oranları karşılaştırılmaktadır.

Referans binası, Türkiye'de çalışmaların yürütüldüğü Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 'Kocakır Eskişehir Eko Kent' adlı konut projelerinden biri olarak belirlenmiştir. Belirlenen referans konut yapısına ait teknik çizimler elde edilmiştir. Konut yapısı, ortak alan ve düşey sirkülasyonu sağlayan merdiven karşılamaktadır. Zemin katın dışında diğer katlar aynı sirkülasyon ve planlara sahiptir. Zemin kat dairede, salon 32,5 m², yatak odası 12,5 m², koridor 9 m², banyo 8,7 m², mutfak 12,5 m² alanlara sahiptir. Diğer katlarda ise

salon 29,7 m², yatak odaları 12,5 m², koridor 9 m², banyo 8,7 m² alanlara sahiptir. Konut yapısına ait mekan fonksiyonların farklı renklerle gösterimi Şekil 24’de kat planları görülmektedir.



Şekil 24: Referans Konut Binasının Kat Planları

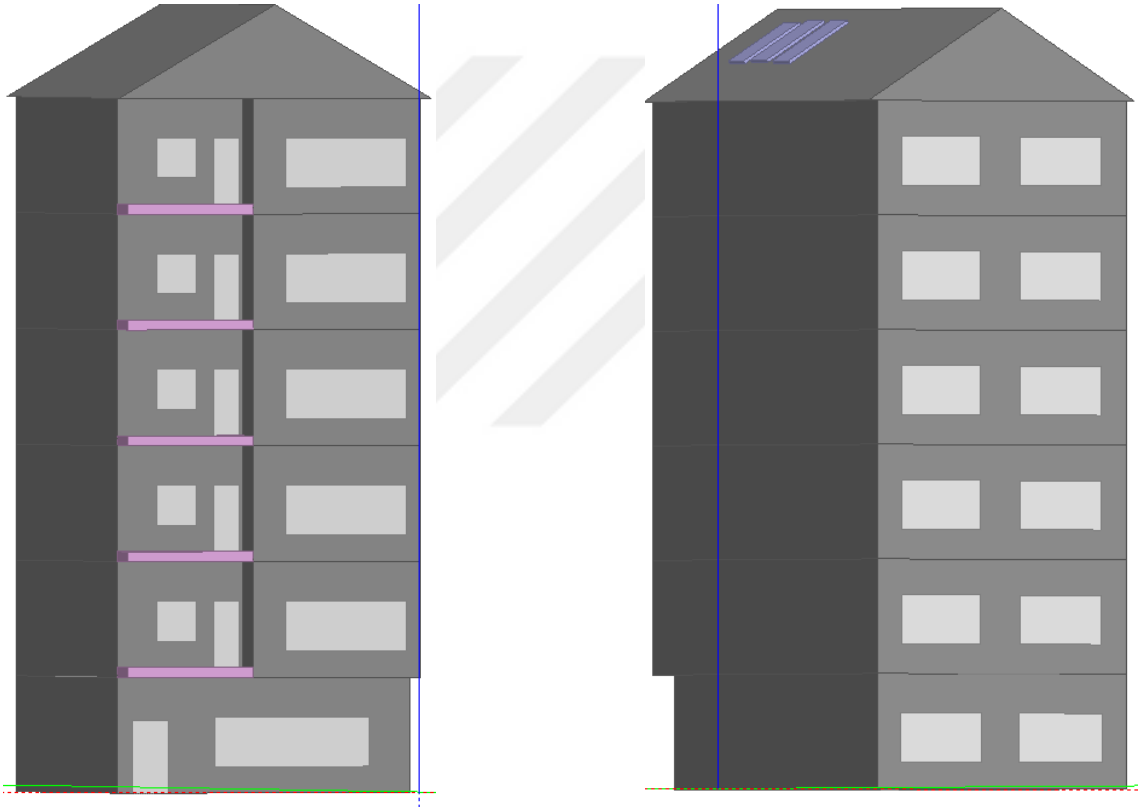
Referans konut yapısı, 22 m yüksekliğinde ve 101,2 m² taban alanına sahiptir. Her katta tek daire bulunmaktadır ve toplamda 6 daireden oluşur. Konut yapısının kat yüksekliği 3m 20 cm’dir. Tablo 4’de referans binanın fiziksel özellikleri gösterilmektedir.

Tablo 4: Referans Konut Binasının Fiziksel Özellikleri

Referans Konut Binasının Fiziksel Özellikleri		
Konum	İstanbul	Erzurum
	41.015137 Enlem	39.90861 Enlem
	280979530 Boylam	41.27694 Boylam
Çevre	Açık Arazi	
Taban Alanı	11 m x 9.20 m = 101.2 m ²	
Kat sayısı	6 (1 Zemin Kat ve 5 Normal Katlar)	
Kat Yüksekliği	320 cm	

Bina Yüksekliği	22 m
Daire Sayısı	6 adet (Her kat planında tek daire)

Bu referans binada 1 yıl süre boyunca farklı iklim bölgeleri üzerinde; İstanbul ve Erzurum illerinde enerji tüketimi üzerinde hesaplama ve analizler yapılmıştır. Design Builder simülasyonu üzerinde tasarlanan konut projesinin perspektif görünümü Şekil 25’de görülmektedir.



Şekil 25: Referans Konut Binasının Design Builder Simülasyonu Üzerinden Perspektif Görünümü

Bu projede yapı malzemelerin seçimi Türkiye’de standart konut projelerinde olarak kullanılan malzemelerden oluşturulmuştur.

Çeşitli iklim bölgelerinin farklı bina kabuğu özellikleri bulunmaktadır. Farklı bölgelerde bulunan bina kabuklarının sınırlı U değeri Tablo 5’de gösterilmektedir.

Tablo 5: İklim Bölgelerine Göre U Değerleri (“TS 825 Binalarda Isı”, 2013).

	Duvar U Değeri (W/m².K)	Çatı U Değeri (W/m².K)	Zemin U Değeri (W/m².K)	Pencere U Değeri (W/m².K)
1. Bölge	0,66	0,43	0,66	1,8
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4. Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

Referans binanın her iki farklı iklim yapısı üzerinde U değeri yüksek kalmaktadır. Bu sebeple çevreye uyumlu, doğaya saygılı ve kaynakların korunması amacı ile bina kabuğunda ısı yalıtım malzemeleri üzerinden iyileştirme senaryoları oluşturulmaktadır. Bu gerekliliğin sağlanması binanın yaşam döngüsünde enerji tüketim değerlerinin azalmasına öncülük etmesine olanak sağlar. Sürdürülebilirliğin ilkelerinden olan ekonomik, sosyal ve çevre ilkelerinden yola çıkılarak referans binada olumlu yönde etki yaratılmasını sağlamaktadır.

Referans konut binası, tuğla duvarlarla doldurulmuş betonarme bir yapıdır. Projede Tablo 6’da gösterildiği gibi dış hava temaslı duvarın İstanbul üzerindeki U değeri 0.59 (W/m².K), Erzurum ilindeki U değeri 0.51 W/m².K’dir. TS 825’ e göre, Tablo 5.5’de belirtildiği gibi sınırlandırılan U değerinin üstünde kalmaktadır. Referans binada kullanılan dış duvarda dıştan içe doğru sırasıyla kireç-çimento harcı (0.02 m), tuğla (0,15 m), taş yünü ısı yalıtımı (0,05 m), hafif betondan duvar plakları (0,01 m), alçı sıva (0,01 m) malzemeleri kullanılmaktadır. Dış duvar yapısında kullanılan taş yünü ısı yalıtımı, değişkenlere bağlı olarak XPS, EPS ve kenevir ısı yalıtım malzemeleri ile yer değiştirme sağlanarak karşılaştırma yapılması söz konusudur.

Tablo 6: Referans Konut Binasını Oluşturan Yapı Eleman Katmanları (Dış Duvar)

	DIŞ DUVAR				
MALZEME KATMANLARI (dıştan içe doğru)	Kireç-Çimento Harcı	Tuğla	Taş Yünü Isı Yalıtımı	Hafif Betondan Duvar Plakları	Alçı Sıva
KALINLIK (m)	0,02	0,15	0,05	0,01	0,01
ISI İLETKENLİĞİ (W/m.K)	1	0,72	0,04	0,58	0,3
YOĞUNLUK (kg/m³)	1800	1920	500	1400	800
U DEĞERİ (W/m².K)		İstanbul 0.59		Erzurum 0.51	
U DEĞERİ SINIRI TS 825 (W/m².K)		> 0.57		> 0.38	

Tablo 7’de referans konut binasını oluşturan tavan üzeri eğimli çatının yapı eleman katmanlarının kalınlık (m), ısıl iletkenlik (W/m.K), yoğunluk (kg/m³) değerleri dıştan içe doğru sıralanmaktadır. Taş yünü ısı yalıtımı, 0,1 m, 0,035 W/m.K, 150 kg/m³, Polimer bitümlü su yalıtım örtüsü (x2), 0,005 m, 0,19 W/m.K, 3500 kg/m³, donatılı normal beton 0,35 m, 2,5 W/m.K, 2400 kg/m³, kireç-çimento harcı 0,02 m, 1 W/m.K, 1800 kg/m³ değerleri sonucunda referans konut binasının çatı katmanının U değeri 2.95 W/m².K’dir. TS 825 U değeri 0.38 W/m².K sınırının üstünde kalmaktadır.

Referans konut binası eğimli çatı tipine sahiptir. En dış katmanında kiremit çatı kaplaması ve içerisinde ısı yalıtımı kullanılmıştır. Binanın zemin kaplaması ahşap parke kaplamadır. Zemin katta yalıtım katmanları kullanıldığı halde U değeri 0.60’dir bu durum sınırlandırılan U değerinden fazladır. Konut binasında %30 saydamlık oranına sahip pencere tipi bulunmaktadır. Türkiye’de tüm iklim bölgelerinde kullanılan pencerelerde sınırlı U değeri 1.8 (W/m².K)’dir. Toprak temaslı zemin katın, eğimli çatı ve pencerelerin termo fiziksel özellikleri Tablo 7, Tablo 8, Tablo 9’da gösterilmektedir.

Tablo 7: Referans Konut Binasını Oluşturan Yapı Eleman Katmanları (Tavan Üzeri Eğimli Çatı)

	TAVAN ÜZERİ EĞİMLİ ÇATI				
MALZEME KATMANLARI (DIŞTAN İÇE DOĞRU)	Taş Yünü Isı Yalıtımı	Polimer Bitümlü SuYalıtım Örtüleri	Polimer Bitümlü SuYalıtım Örtüleri	Donatılı-Normal Beton	Kireç-Çimento Harcı
KALINLIK (m)	0,1	0,005	0,005	0,35	0,02
ISI İLETKENLİĞİ (W/m.K)	0,035	0,19	0,19	2,5	1
YOĞUNLUK (kg/m³)	150	3500	3500	2400	1800
U DEĞERİ (W/m².K)			2.95		
U DEĞERİ SINIRI TS 825 (W/m².K)			> 0.38		

Tablo 8’de referans konut binasını oluşturan toprak temaslı taban yapı eleman katmanlarının kalınlık (m), ısı iletkenlik (W/m.K), yoğunluk (kg/m³) değerleri dıştan içe doğru sıralanmaktadır. Kum-çakıl-mıcır, 0,1 m, 0,7 W/m.K, 1800 kg/m³, donatısız normal beton 0,1 m, 1,65 W/m.K, 2200 kg/m³, polimer bitümlü su yalıtım örtüleri (x2) 0,005 m, 0,19 W/m.K, 3500 kg/m³, donatılı normal beton 0,6 m, 2,5 W/m.K, 2400 kg/m³, poliüretan sert köpük TS 2193 0,03 m, 0,035 W/m.K, 30 kg/m³, çimento harçlı şap 0,04 m, 1,4 W/m.K, 2000 kg/m³, parke 0,02 m, 0,2 W/m.K, 800 kg/m³ değerleri sonucunda referans konut binasının toprak temaslı taban katmanının U değeri 0.60 W/m².K’dir. TS 825 U değeri 0.58 W/m².K sınırının üstünde kalmaktadır.

Tablo 8: Referans Konut Binasını Oluşturan Yapı Eleman Katmanları (Taban Toprak Temaslı)

	ZEMİN KAT TABAN (TOPRAK TEMASLI)						
MALZEME KATMANLARI (İÇTEN DIŞA DOĞRU)	Kum Çakıl	Donatısız Normal Beton	Polimer Bitümlü Su Yalıtım Örtüleri (x2)	Donatılı Normal Beton	Poliüretan Sert Köpük TS 2193	Çimento Harçlı Şap	Parke
KALINLIK (m)	0,1	0,1	0,005	0,6	0,03	0,04	0,02
ISI İLETKENLİĞİ (W/m.K)	0,7	1,65	0,19	2,5	0,035	1,4	0,2
YOĞUNLUK (kg/m³)	1800	2200	3500	2400	30	2000	800
U DEĞERİ (W/m².K)				0.60			
U DEĞERİ SINIRI TS 825 (W/m².K)				> 0.58			

Tablo 9’da referans konut binasını oluşturan çift katmanlı pencere yapı eleman katmanlarının kalınlık (m), ısı iletkenlik (W/m.K), yoğunluk (kg/m³) değerleri dıştan içe doğru sıralanmaktadır. Cam 0,003 m, 0,9 W/m.K, 2500 kg/m³, hava boşluğu 0,13 m, 0,9 W/m.K, 1,29 kg/m³, cam 0,003 m, 0,9 W/m.K, 2500 kg/m³, PVC çerçeve 0,02 m, 0,9 W/m.K, 1390 kg/m³ değerleri sonucunda referans konut binasının %30 saydamlık oranına sahip çift katmanlı pencere katmanının U değeri 1.7 W/m².K’dir. TS 825 U değeri 1.8 W/m².K sınırının altında kalmaktadır.

Tablo 9: Referans Konut Binasını Oluşturan Yapı Eleman Katmanları (Pencere)

	PENCERE (ÇİFT KATMANLI)			
MALZEME KATMANLARI (DIŞTAN İÇE DOĞRU)	Cam	Hava Boşluğu	Cam	PVC çerçeve
KALINLIK (m)	0,003	0,13	0,003	0,02
ISI İLETKENLİĞİ (W/m.K)	0,9	0,9	0,9	0,9
YOĞUNLUK (kg/m³)	2500	1,29	2500	1390
U DEĞERİ (W/m².K)		1.7		
U DEĞERİ SINIRI TS 825 (W/m².K)		1.8		
	Saydımlık oranı %30			

Konut binalarında iç ortamdaki termal konforu sağlamak önemli noktalardan biridir. Konut yapılarında iç ortam sıcaklıklarının konfor seviyesine ulaşabilmesi için TSE 825'e göre önerilen sıcaklık değeri 20°C olarak kabul edilmektedir. Diğer iç mekanlarda ise; koridor alanları, merdiven ve tuvaletler alanlarının iç ortam sıcaklıkları 18°C'de kabul edilmektedir.

Isıtma sistemi bir yılda 12 aylar içerisinde ortalama kasım ayından başlar ve mayıs ayına kadar kullanılmaktadır. Gündüz saatleri sabah 7'den gece 22'e kadar 7 gün bu sistem çalıştırılmaktadır. Kış mevsiminde en çok kullanılan ısıtma sistemi, ocak ve şubat aylarında yılın en soğuk döneminde tüketimi fazla olmaktadır. Soğutma sisteminde ise, mayıs ve haziran aylarında başlayarak devam etmektedir. Tablo 10'da referans binanın tüm parametreleri sıralanmaktadır.

Tablo 10: Referans Konut Binasında Parametreler

Parametreler	
Kullanım Süresi	Tüm Hafta 07:00-00:00
Isıtma Noktaları	Kış Mevsimi (Kasım-Mayıs) Kullanılan Süre Boyunca 20°C
Soğutma Noktaları	Yaz Mevsimi Kullanılan Süre Boyunca 24°C
HVAC Programı	Tüm Hafta 07:00-00:00
Isıtma Sistemi	Boiler
Soğutma Sistemi	Klima
Havalandırma Sistemi	Doğal Havalandırma
Işıklandırma Sistemi	Bütün Hafta 07:00-00.00 Dwell Aydınlatma (Sarkıt aydınlatma)

Tüm binalarda, iç ortamı ısıtan aydınlatma sistemi ve diğer ekipmanlar vardır. Tablo 11’de elektrik ekipmanları ve aydınlatma sistemi gösterilmektedir. Referans binada aydınlatma sistemi sarkıt Dwell aydınlatma sistemi uygulanır ve akşam 16.00-00.00 saatleri arasında kullanılır. Fonksiyonlara göre kullanılan elektrikli ekipmanlarda değişiklik görülmektedir. Salonda televizyon, mutfakta bulaşık makinesi, banyoda çamaşır makinesi, yatak odasında bilgisayar elektrik ekipmanları konulmaktadır.

Fonksiyonlarına göre ayrılan elektrik ekipmanlarının w (watt) değerleri, toplam m² üzerinden aydınlatma (w ve w/m²) güç değerleri sıralanmaktadır. Referans konut binasında salonun 32.18 m² alanına sahip ve elektrik ekipmanları arasında televizyon (60 w) sistemi kullanılmaktadır. Salonun aydınlatma sisteminin 240 w güç ve alana düşen toplam 7.5 w/m² değerine sahiptir. Mutfak, 14.46 m² alanına sahip ve 1200 w’luk bulaşık makinesi sistemi kullanılmaktadır. 200 w’luk aydınlatma güç sistemine sahip toplam 15

w/m² değerdedir. 8.71 m² alanına sahip WC içerisinde 500 w'lık çamaşır makinesi kullanılmaktadır. Toplam aydınlatma değeri 5 w/m²'dir. Konut yapısı içerisinde iki farklı yatak odası bulunmaktadır. Bunlardan biri 11.73 m² diğeri ise, 12.03 m² alana sahiptir. Elektrik ekipmanları arasında 80 w'lık bilgisayar aracı bulunmaktadır ve toplam aydınlatma 5 w/m²'dir. Sirkülasyonu oluşturan koridor 8.86 m² alana sahiptir. Bu alanda elektrik ekipmanları kullanılmaktadır. Toplam aydınlatma sistemi 5 w/m² değerine ulaşmaktadır.

Tablo 11: Fonksiyonlara Göre Değişen Elektrik Ekipmanları ve Aydınlatma

Fonksiyonlar	Toplam (m ²)	Elektrik Ekipmanları	Aydınlatma Toplam Güç (w)	Aydınlatma Toplam(w/m ²)
Salon	32.18	Televizyon (60 w)	240	7.5
Mutfak	14.46	Bulaşık Makinesi (1200 w)	200	15
WC	8.71	Çamaşır Makinesi (500 w)	40	5
Yatak Odası	11.73	Bilgisayar (80 w)	60	5
Yatak Odası	12.03	Bilgisayar (80 w)	60	5
Koridor	8.86	-	60	5

5.4 Referans Konut Binası için Enerji Tüketimini Optimum Seviyede Tutacak Analizlerin Senaryolar ile Belirlenmesi (İstanbul-Erzurum)

Çalışma kapsamında yapı elemanlarından hava temaslı dış duvar yapısı ile optimum seviyede tutulacak enerji tüketimini farklı ısı yalıtım senaryoları oluşturularak belirlenmektedir. Burada görülmek istenen en önemli detay sürdürülebilir malzemelerin diğer malzemelere oranla kullanımını arttırmaktır. Bu sebeple konut binalarında kullanılan ısı yalıtımları ile kenevir ısı yalıtım malzemesini birbiri içerisinde enerji tüketim farkını analiz etmek gerekmektedir. Tablo 5.12'da ısı yalıtım malzemelerinin

değerlerine ulaşılmaktadır. 4 farklı ısı yalıtım malzemesi Tablo 5.11’de görüldüğü gibi referans bina içerisinde 8 farklı senaryolar ile analizleri oluşturulmaktadır. Referans bina yapısı oluşturulurken bina içerisinde taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır.

Her ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değeri farklıdır. Bu değerler TS 825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ standartlarında tanımlanmaktadır. Bir malzemenin ısı iletkenlik değeri ne kadar az bir değerde ise ısıyı o kadar az iletir. Fakat ısı yalıtım malzemelerinde ısı iletkenlik değeri ne kadar küçükse ısı yalıtım performansı o kadar artar. Tablo 12’de ısı yalıtım malzemelerinin aynı kalınlığa sahip değerler ile karşılaştırıldığında taş yünü, XPS (ekstrüde politiren), EPS (ekspande polistren) malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri aynı ve 0.04 (W/mK) olduğu görülmektedir. Isı yalıtım malzemelerinde ısı iletkenlik değerinin sıfıra yakın olması tercih edilen bir durumdur. Bu değeri karşılayan malzeme, sürdürülebilir ve doğal yapıdan oluşan kenevir yapı malzemesidir. Kenevir ısı yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değeri 0.004 W/mK’dir.

Tablo 12: Isı Yalıtım Malzemeleri

	Yoğunluk (kg/m³)	Isı iletkenlik değerleri (W/mK)	Gömülü Karbon (CO₂/kg)
Taş Yünü	500	0.04	1.05
XPS	25	0.04	2.88
EPS	15	0.04	2.50
Kenevir	450	0.004	-

İstanbul ve Erzurum illerinde gerçekleştirilen senaryolar Tablo 13 ve Tablo 14’de görülmektedir. Her ilde 7 farklı senaryo ve toplamda 14 farklı iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Aynı zamanda aynı ısı yalıtım malzemelerinin kalınlık farkı artırıldığında ortaya çıkan yüzdeler hesaplanmaktadır. Temelde ihtiyaç duyulan enerjiyi minimum oranda harcamak için senaryolar oluşturulmuştur. Binanın yaşam döngüsü boyunca çevreye olan etkisini en az derecede etkilenmesini sağlamak öncü olmaktadır.

Tablo 13’de İstanbul ili üzerinde referans konut binasında taş yünü ısı yalıtım malzemesi ile oluşturulan dış duvar katmanı sisteminin değiştirilmesi üzerinde iyileştirme sistemi kurulmaktadır.

Tablo 13: Referans Konut Bina Dış Duvar Kabuğu Alternatifleri-İstanbul

Alternatifler	İç Ortam Katmanları	Gövde Katmanı	Isı Yalıtım Katmanı	Isı Yalıtım Kalınlığı	Dış Ortamın Katmanları
İ. Referans Duvar	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	Taş Yünü	5 cm	Çimento Sıva
İ. D1	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	Taş Yünü	8 cm	Çimento Sıva
İ. D2	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	XPS	5 cm	Çimento Sıva
İ. D3	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	XPS	8 cm	Çimento Sıva
İ. D4	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	EPS	5 cm	Çimento Sıva
İ. D5	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	EPS	8 cm	Çimento Sıva
İ. D6	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	Kenevir	5 cm	Çimento Sıva
İ. D7	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	Kenevir	8 cm	Çimento Sıva

Tablo 14’de Erzurum ilinde İstanbul ili için geçerli olan aynı ısı yalıtım sistemleri kullanılmaktadır. Bu durum içerisinde tek değişen sistem ısı yalıtım malzemelerinin kalınlık farkıdır. Erzurum soğuk bir iklim yapısına sahip olduğundan İstanbul ili üzerinde aynı ısı yalıtım kalınlıklarının (cm) kullanılması mümkün olmamaktadır. Her iki iklim yapısında iyileştirme sisteminin kullanıcı yönünden konfor koşulları altında olması gerekliliğine dikkat edilmektedir.

Tablo 14: Referans Konut Bina Dış Duvar Kabuğu Alternatifleri-Erzurum

Alternatifler	İç Ortam Katmanları	Gövde Katmanı	Isı Yalıtım Katmanı	Isı Yalıtım Kalınlığı	Dış Ortamın Katmanları
E. Referans Duvar	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	Taş Yünü	8 cm	Çimento Sıva
E. D1	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	Taş Yünü	10 cm	Çimento Sıva
E. D2	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	XPS	8 cm	Çimento Sıva
E. D3	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	XPS	10 cm	Çimento Sıva
E. D4	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	EPS	12 cm	Çimento Sıva
E. D5	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	EPS	15 cm	Çimento Sıva
E. D6	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	Kenevir	8 cm	Çimento Sıva
E. D7	Alçı Sıva	Tuğla 15 cm	Kenevir	10 cm	Çimento Sıva

5.5 Referans Konut Binasının İstanbul ve Erzurum İllerinde Karşılaştırılması

Her iki illerde kullanılan referans konut binasının yapı malzemeleri, ısıtma ve soğutma sistemleri, HVAC sistemi, havalandırma sistemleri ve aydınlatma sistemleri gibi tüm bu parametreler aynıdır. Çalışmanın konusu olan dış duvar kabuğunda farklı senaryolar oluşturulması ile enerji tüketiminde çeşitli değerler ortaya çıkmasını sağlamak adına ısı yalıtım malzemelerinden farklı sonuçlar elde edilmektedir. Burada ısı yalıtım malzemeleri üzerinde senaryoların oluşturulması her iki illerde de aynı adımlar uygulanmaktadır.

İlk olarak Türkiye'nin ılıman-nemli bölgesinde yer alan İstanbul ilinde taş yünü ısı yalıtımı üzerinde dış duvarda iyileştirmeler yapılmaktadır. Referans binada dış hava temaslı duvarda kullanılan taş yünü ısı yalıtım kalınlığı 5 cm'de U değeri 0.59 W/m²K'dir.

1. adımda ısı yalıtım kalınlığı 8 cm'ye yükseltilmektedir ve bu durumun U değeri 0.41 W/m²K kadar inmektedir. Aynı malzeme üzerinde kalınlığı arttırmak hava temaslı dış duvarda iyileştirme %30 oranında fark yaratmaktadır.

2. adımda taş yünü ısı yalıtımından farklı olarak XPS (ekstrüde polistren) ısı yalıtımı kullanılmaktadır. 5 cm kalınlığa sahip XPS yalıtım malzemesinin dış duvarda ısıl geçirgenlik katsayısı 0.52 W/m²K'dir. Burada 5 cm kalınlığında kullanılan taş yünü malzemesinden %11 oranında azalma söz konusudur.

3. adımda, 1. adımda olduğu gibi ısı yalıtım kalınlığı 8 cm'ye çıkartılmaktadır ve U değeri 0.36 W/m²K değeri ulaşmaktadır. XPS yalıtımları arasındaki kalınlık farkı ısıl geçirgenlik katsayısında %31 azalma görülmektedir. Taş yünü ısı yalıtımını aynı kalınlıkta (8 cm) XPS malzemesi ile karşılaştırıldığında U değerinde %12 değerinde bir azalma görülmektedir.

4. adımda 5 cm kalınlığında EPS (ekspande polistren) ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır ve U değeri 0.52 W/m²K değere ulaşmaktadır. Referans binada kullanılan taş yünü ısı yalıtımı ile karşılaştırıldığında %11 değerinde iyileştirme görülmektedir. 2. adımda iyileştirme U değeri ile aynı değere sahip olduğu görülmektedir.

5. adımda 8 cm kalınlığında EPS kullanıldığında U değeri 0.36 W/m²K'dir. Bu durum 3. adımda kullanılan XPS malzemesi ile aynı değerdir.

6. adımda 5 cm kalınlığında kenevir malzemesi kullanılmaktadır. Bu malzemenin referans binaya olan ısıl geçirgenlik katsayısı 0.07 W/m²K'dir. Diğer tüm malzemelere oranla daha düşük bir değere sahiptir. Referans konut binasında kullanılan taş yünü malzemesi ile %87 oranda iyileştirme söz konusudur. 2. ve 4. adımda kullanılan malzeme ile karşılaştırıldığında %85 oran da iyileştirme söz konusudur.

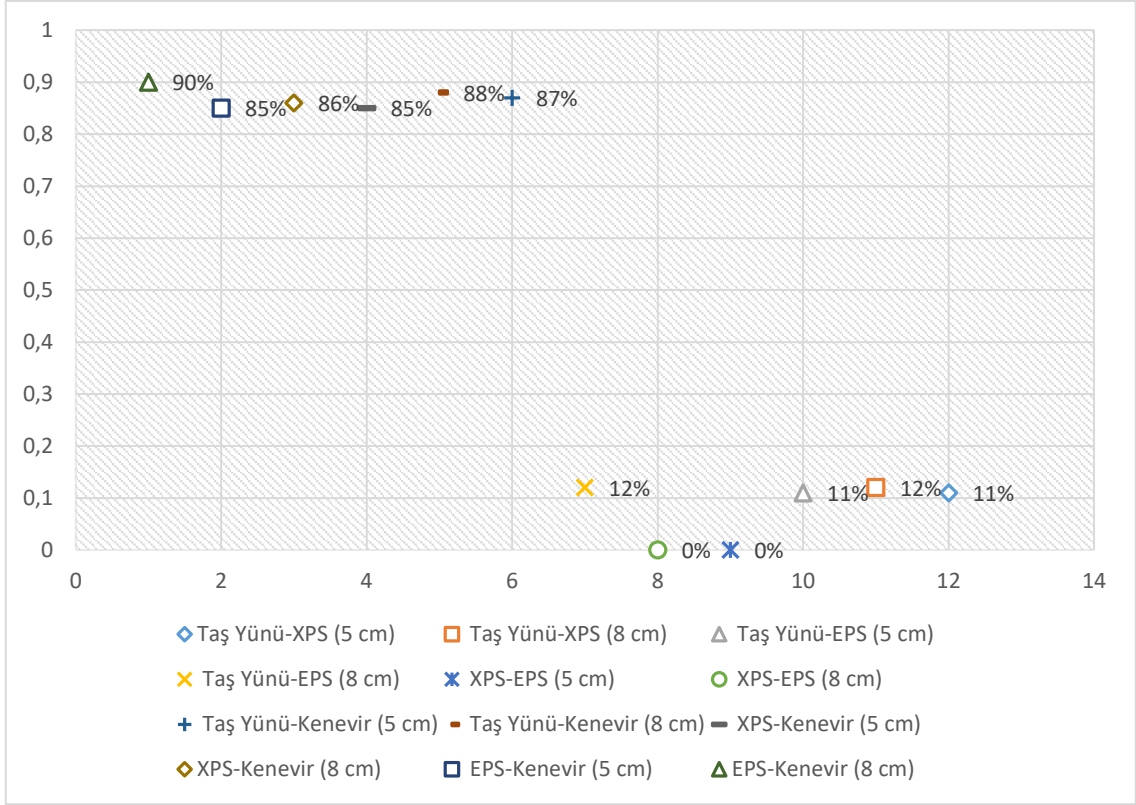
7. adımda ise 5 cm'den 8 cm kalınlığına geçildiğinde U değeri 0.04 W/m²K'dir. 1. adım ile karşılaştırıldığında %88 oranında, 3. ve 5. adım ile %86 oranında büyük fark ile

iyileştirme sağlanmaktadır. Bu sayede kenevir malzemesinin iyi bir yalıtım olduğu açıkça görülmektedir. Tablo 15’de değerlere ulaşılmaktadır.

Tablo 15: Dış Duvarda Isı Yalıtımların Isıl Geçirgenlik Katsayısı (W/m²K) - İstanbul

Dış Duvar Alternatifleri	Isı Yalıtımı	Kalınlık (cm)	Alan (m²)	U Değeri (W/m²K)
Referans Bina	Taş Yünü	5 cm	590,46 m ²	0.59 W/m ² K
İ. D1	Taş Yünü	8 cm	590,46 m ²	0.41 W/m ² K
İ. D2	XPS	5 cm	590,46 m ²	0.52 W/m ² K
İ. D3	XPS	8 cm	590,46 m ²	0.36 W/m ² K
İ. D4	EPS	5 cm	590,46 m ²	0.52 W/m ² K
İ. D5	EPS	8 cm	590,46 m ²	0.36 W/m ² K
İ. D6	Kenevir	5 cm	590,46 m ²	0.07 W/m ² K
İ. D7	Kenevir	8 cm	590,46 m ²	0.06 W/m ² K

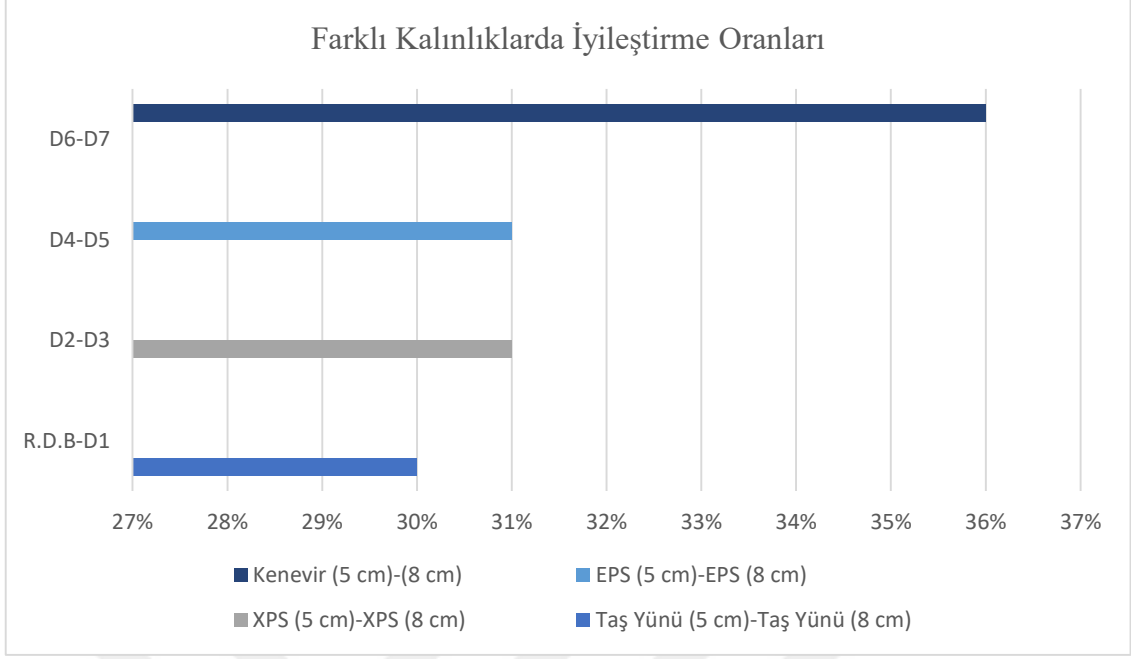
Farklı ısı yalıtım malzemelerinin referans bina üzerinde iyileştirme yüzdeleri görülmektedir. EPS-Kenevir (8 cm) ısı yalıtım malzemelerinin %90 oranında karşılaştırılması en yüksek değere sahiptir. Taş yünü-Kenevir (8 cm) %88 oranında, Taş yünü-Kenevir (5 cm) %87 oranında, XPS-Kenevir (8 cm) %86 oranında, EPS-Kenevir (5 cm), XPS-kenevir (5 cm) %85 oranında yüzde değerleri ortaya çıkmaktadır. Referans binanın İstanbul ili üzerinde 7 farklı iyileştirme analizi ile en iyi değerde sonuç veren kenevir ısı yalıtım malzemesidir. Enerji tüketiminde %90-%85 oranında iyileştirme söz konusu iken diğer ısı yalıtım malzemelerinde bu oran %11-%12 değerleri arasında kalmaktadır. Fakat bu iyileştirme değerini EPS ısı yalıtım malzeme üzerindeki etkisi diğer malzemelerde karşılaştırıldığında aynı durumda bir orana sahip olduğu ve fark yaratmadığı %0 oranında ölçülmektedir. Şekil 26’da bu değerlerin grafiği farklı malzemelerin farklı kalınlıkları ile bir arada analizi görülmektedir.



Şekil 26: Isı Yalıtımların İyileştirme Yüzde (%) Oranları - İstanbul

Referans konut binasında belirlenen senaryolar dahilinde taş yünü, XPS, EPS ve kenevir ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak bina üzerinde harcanan enerji karşılaştırılmaktadır. Referans duvar bina ile D1 dış duvar tipi, D2-D3 (XPS) dış duvar tipi, D4-D5 (EPS) dış duvar tipi, D6-D7 (kenevir) dış hava temaslı duvar tipi arasında oluşturulan karşılaştırma incelenmektedir. 4 farklı ısı yalıtım malzemeleri kendi içerisinde kalınlıkları artırılmaktadır. Aynı malzemelerin kalınlıklarının artırılması ve farklı malzemeler ile iyileştirme yüzdelerinin karşılaştırılması yapılmaktadır.

Aynı malzemelerin kalınlıklarına göre iyileştirme yüzdeleri XPS ve EPS malzemeleri haricinde farklı değerlere sahip olduğu görülmektedir. Taş yünü ısı yalıtımında 5 cm den 8 cm e çıkartılan malzemenin iyileştirme oranı %30, XPS ve EPS malzemelerinin %31, kenevir malzemesinin ise %36 oranla iyileştirme görülmektedir. Sürdürülebilir yapı malzeme olan kenevirin diğer ısı yalıtım malzemelerine oranla fark yarattığı açıktır. Şekil 27’de bu değerlere ulaşılmaktadır.



Şekil 27: Aynı Malzemelerin Farklı Kalınlıklarda İyileştirme Yüzde (%) Oranları - İstanbul

Türkiye'nin soğuk bölgesinde yer alan Erzurum ilinde taş yünü ısı yalıtımı üzerinde dış duvarda iyileştirmeler yapılmaktadır. Referans binada dış hava temaslı duvarda kullanılan taş yünü ısı yalıtım kalınlığı 8 cm'de U değeri 0.39 W/m²K'dir.

1. adımda ısı yalıtım kalınlığı 10 cm'ye yükseltilmektedir ve bu durumun U değeri 0.31 W/m²K kadar inmektedir. Aynı malzeme üzerinde kalınlığı arttırmak hava temaslı dış duvarda iyileştirme %20 oranında fark yaratmaktadır.

2. adımda taş yünü ısı yalıtımından farklı olarak XPS ısı yalıtımı kullanılmaktadır. 8 cm kalınlığa sahip XPS yalıtım malzemesinin dış duvarda ısıl geçirgenlik katsayısı 0.38 W/m²K'dir. Burada 5 cm kalınlığında kullanılan taş yünü malzemesinden %2 oranında azalma söz konusudur.

3. adımda, 1. adımda olduğu gibi ısı yalıtım kalınlığı 10 cm'ye çıkartılmaktadır ve U değeri 0.31 W/m²K değeri ulaşmaktadır. XPS yalıtımları arasındaki kalınlık farkı ısıl geçirgenlik katsayısında %18 azalma görülmektedir. Taş yünü ısı yalıtımını aynı kalınlıkta (10 cm) XPS malzemesi ile karşılaştırıldığında U değerinde bir azalma görülmemektedir.

4. adımda 12 cm kalınlığında EPS ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır ve U değeri 0.39 W/m²K değere ulaşmaktadır. Referans binada kullanılan taş yünü ısı yalıtımı ile karşılaştırıldığında aynı oranda iyileştirme görülmektedir. 2. adımda uygulanan iyileştirme %28 ile daha iyi bir değere sahip olduğu görülmektedir.

5. adımda 10 cm kalınlığında EPS kullanıldığında U değeri 0.40 W/m²K'dir. Bu durum 3. adımda kullanılan XPS malzemesinden %29 daha düşük bir değere sahiptir.

6. adımda 8 cm kalınlığında kenevir malzemesi kullanılmaktadır. Bu malzemenin referans binaya olan ısıl geçirgenlik katsayısı 0.049 W/m²K'dir. Diğer tüm malzemelere oranla daha düşük bir değere sahiptir. Referans konut binasında kullanılan taş yünü malzemesi ile %87 oranda iyileştirme söz konusudur. 2. adımda %87 ve 4. adımda ise %89 oran da iyileştirme söz konusudur.

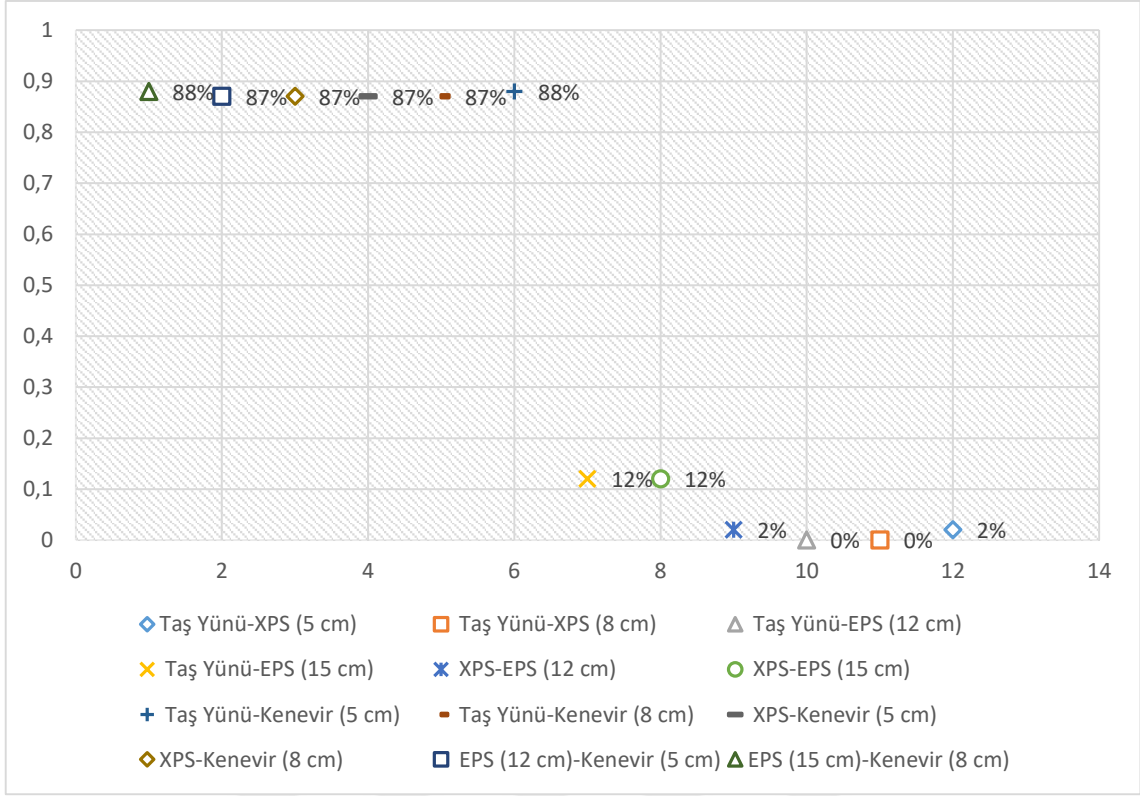
7. adımda ise 8 cm'den 10 cm kalınlığına geçildiğinde U değeri 0.040 W/m²K'dir. 1. adım ve 3. adım ile karşılaştırıldığında %87 oranında, 5. adım ile %90 oranında büyük fark ile iyileştirme sağlanmaktadır. Bu sayede kenevir malzemesinin farklı iklimlerde de kullanımında fark yarattığı açıktır. Hem ılımlı nemli iklim bölgesinde hem de soğuk iklim bölgesinde referans konut binası üzerinde ortalama %88 iyileştirme olanağı görülmektedir. Tablo 16'de tüm değerler ve aynı zamanda iyileştirme oranları Şekil 28'de görülmektedir.

Tablo 16: Dış Duvarda Isı Yalıtımların Isıl Geçirgenlik Katsayısı (W/m²K) - Erzurum

Dış Duvar Alternatifleri	Isı Yalıtımı	Kalınlık (cm)	Alan (m²)	U Değeri (W/m²K)
E. Referans Bina	Taş Yünü	8 cm	590,46 m ²	0.39 W/m ² K
E. D1	Taş Yünü	10 cm	590,46 m ²	0.31 W/m ² K
E. D2	XPS	8 cm	590,46 m ²	0.38 W/m ² K
E. D3	XPS	10 cm	590,46 m ²	0.31 W/m ² K
E. D4	EPS	12 cm	590,46 m ²	0.39 W/m ² K

E. D5	EPS	15 cm	590,46 m ²	0.35 W/m ² K
E. D6	Kenevir	8 cm	590,46 m ²	0.049 W/m ² K
E. D7	Kenevir	10 cm	590,46 m ²	0.040 W/m ² K

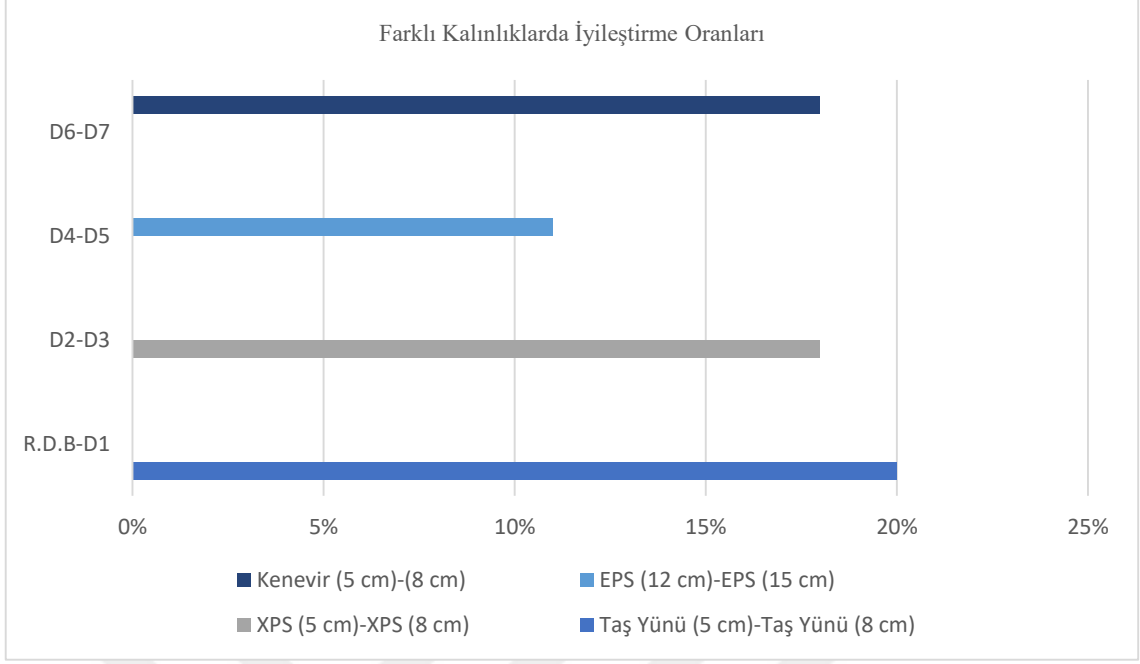
Farklı ısı yalıtım malzemelerinin referans bina üzerinde iyileştirme yüzdeleri görülmektedir. Taş yünü-Kenevir (5 cm), Taş yünü-EPS (12 cm) aralarındaki iyileştirme yüzdesi %88'dir. EPS (12 cm)-Kenevir (5 cm), XPS-Kenevir (8 cm), XPS-Kenevir (5 cm), Taş yünü-Kenevir (8 cm) aralarındaki iyileştirme yüzdesi %87'dir. Taş yünü-EPS (15 cm), XPS-EPS (15 cm) ısı yalıtım malzemelerinin iyileştirme yüzdeleri %12'dir. XPS-EPS (12 cm), Taş yünü-XPS (5 cm) malzemelerinin %2 oranının iyileştirme değeri görülmektedir. Referans binanın Erzurum ilinde taş yünü, XPS, EPS ve kenevir ısı yalıtımları üzerinde en iyi değerde iyileştirme oranını gösteren malzeme kenevir olmaktadır. %88 oranında en yüksek iyileştirme değerine sahip iken %2 ila %12 değerleri arasında ise düşük değere sahip iyileştirme yüzdeleri de görülmektedir. Şekil 28'de tüm oranlar görülmektedir.



Şekil 28: Isı Yalıtımların İyileştirme Yüzde (%) Oranları-Erzurum

İstanbul (ılımlı-nemli iklim) bölgesinde olduğu gibi Erzurum (soğuk iklim) bölgesinde de aynı referans konut binasında uygulanan senaryolar ile ısı yalıtım malzemelerinin farklı kalınlıklarda iyileştirme oranları Şekil 29’da gösterilmektedir. Referans duvar bina ile D1 dış duvar tipi, D2-D3 (XPS) dış duvar tipi, D4-D5 (EPS) dış duvar tipi, D6-D7 (kenevir) dış hava temaslı duvar tipi arasında oluşturulan karşılaştırma incelenmektedir. Aynı malzemelerin kalınlıklarının arttırılması ve farklı malzemeler ile iyileştirme yüzdelerinin karşılaştırılması yapılmaktadır.

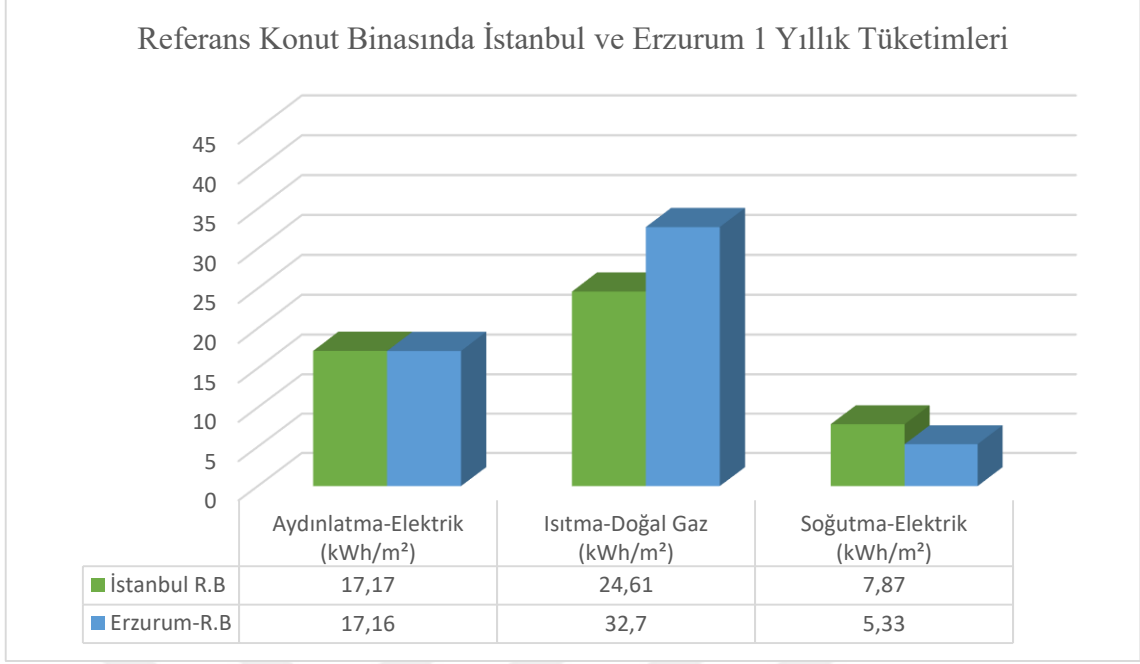
Referans Binada kullanılan taş yünü ısı yalıtım malzemesinin kalınlık farkı oranı %20, XPS %18, EPS %11, kenevir malzemesinin ise %18 oranında iyileştirme görülmektedir. İstanbul ilinden farklı olarak burada taş yünü ısı yalıtım malzemesinin kalınlık farkından dolayı değişim yüzdesinde artış daha fazla olduğu görülmektedir. Fakat referans binada iyileştirme oranlarında kenevir ısı yalıtım malzemesi diğer malzemelere oranla büyük fark yaratmaktadır. Erzurum ilinde (soğuk iklim) en az değişim yüzdesini gösteren EPS ısı yalıtım malzemesi olarak görülmektedir.



Şekil 29: Aynı Malzemelerin Farklı Kalınlıklarda İyileştirme Yüzde (%) Oranları - Erzurum

Farklı iklim bölgelerinde yer alan İstanbul ve Erzurum illerinin referans bina üzerinde oluşturulan 1 yıllık enerji tüketimleri karşılaştırılmaktadır. Referans binada, ısıtma ve soğutma sistemleri, HVAC, havalandırma sistemi ve aydınlatma sistemleri aynıdır. İklim farklılığından binada harcanan enerji tüketimleri (kWh/m^2) farklılaşmaktadır.

Soğuk iklim bölgesinde (Erzurum) doğal gaz tüketimi yılda 32.70 kWh/m^2 'dir. Aynı referanslara sahip ılıman-nemli iklim bölgesinde (İstanbul) yıllık doğal gaz tüketimi $24,61 \text{ kWh/m}^2$ 'dir. Referans binada soğutma-elektrik kullanımı İstanbul'da $7,87 \text{ kWh/m}^2$, Erzurum'da ise $5,33 \text{ kWh/m}^2$ 'dir. Aydınlatma sisteminde ise her iki ilde de kullanım değeri aynıdır. Erzurum, soğuk iklim bölgesinde yer aldığından doğal gaz tüketiminin İstanbul iline göre harcanan enerji tüketiminde artış görülmektedir. İstanbul ilinde ise bu durumda soğutma-elektrik tüketilen enerji miktarlarında artış görülmektedir. Referans binada farklı iklim tiplerinde tüketilen enerjilerin iyileştirme senaryosu oluşturulması gereklidir. Şekil 30'da her iki ilde tüketilen 1 yıllık karşılaştırma gösterilmektedir.



Şekil 30: Referans Konut Binasında İstanbul ve Erzurum İllerinin 1 Yıllık Tüketimleri

6 farklı senaryoların oluşturulması ile 1 yıl içerisinde referans konut binasında İstanbul ilinde gerçekleştirilen enerji tüketim oranlarına Tablo 17’de ulaşılmaktadır. Konut binasında taş yünü (5 cm) ısı yalıtımı ile harcanan enerji tüketimi 114.04 kWh/m²’dir. Toplam elektrik (aydınlatma ve soğutma) sistemlerinde harcanan enerji 25.04 kWh/m²’dir. Binanın ısınması için kullanılan doğal gaz tüketiminde harcanan enerji 24.61 kWh/m²’dir. Duvar yapısı içerisinde farklı ısı yalıtımların kullanımı ile duvar tiplerine göre farklı enerji tüketim değerleri görülmektedir.

- D1 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 109.47 kWh/m²’dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 24.68 kWh/m²’dir. Doğal gaz tüketimi ise 21.50 kWh/m²’dir.
- D2 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 112.19 kWh/m²’dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 24.87 kWh/m²’dir. Doğal gaz tüketimi ise 23.40 kWh/m²’dir.
- D3 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 107.87 kWh/m²’dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 24.51 kWh/m²’dir. Doğal gaz tüketimi ise 20.50 kWh/m²’dir.
- D4 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 112.19 kWh/m²’dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 24.87 kWh/m²’dir. Doğal gaz tüketimi ise 23.40 kWh/m²’dir.

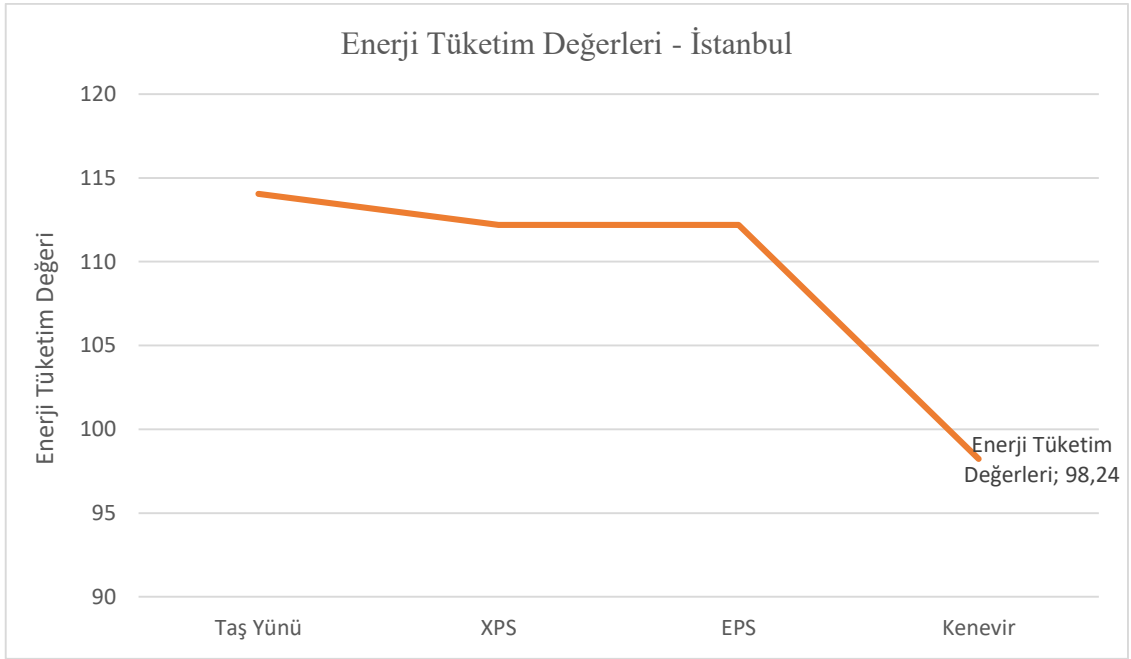
- D5 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 107.87 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 24.51 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 20.50 kWh/m²'dir.
 - D6 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 98.24 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 23.50 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 14.53 kWh/m²'dir.
 - D7 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 97.10 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 23.38 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 13.90 kWh/m²'dir.
- Tablo 17'de İstanbul'da referans bina yapısında iyileştirme duvar tiplerinde sıralanan elektrik, doğalgaz ve toplam harcanan enerji tüketimleri (kWh/m²) gösterilmektedir.

Tablo 17: İyileştirme Duvar Tiplerinde Harcanan Enerji Tüketimleri (kWh/m²) - İstanbul

İyileştirme Duvar Tipi	Elektrik Enerji Tüketimi	Doğal gaz Tüketimi	Toplam Harcanan Enerji Tüketimi
D1	24.68 kWh/m ²	21.50 kWh/m ²	109.47 kWh/m ²
D2	24.87 kWh/m ²	23.40 kWh/m ²	112.19 kWh/m ²
D3	24.51 kWh/m ²	20.50 kWh/m ²	107.87 kWh/m ²
D4	24.87 kWh/m ²	23.40 kWh/m ²	112.19 kWh/m ²
D5	24.51 kWh/m ²	20.50 kWh/m ²	107.87 kWh/m ²
D6	23.50 kWh/m ²	14.53 kWh/m ²	98.24 kWh/m ²
D7	23.38 kWh/m ²	13.90 kWh/m ²	97.10 kWh/m ²

D2 ile D4 duvar tiplerinde harcanan toplam enerji miktarı, elektrik ve doğal gaz için harcanan enerji miktarı eşit olduğu görülmektedir. Aynı şekilde D3 ile D5 duvar tiplerinde harcanan enerji değerlerinde fark görülmemektedir. En fazla enerji harcanan duvar tipi taş yünü ısı yalıtımıyla 5 cm kalınlığa sahip 114.04 kWh/m² enerji tüketimi ile referans binasında kullanılan duvardır. En az enerji harcanan duvar tipi ise kenevir ısı yalıtım malzemesinin 8 cm kalınlığa sahip 17.18 kWh/m² enerji tüketimi ile D7'dir.

Şekil 31 ve Şekil 32’de farklı ısı yalıtımları üzerinde enerji tüketim değerleri gösterilmektedir. En fazla oranda tüketim değerini taşıyan taş yünü ısı yalıtım malzemesi, en az oranda tüketimi sağlayan ise kenevir malzemesi olmaktadır. XPS ve EPS malzemelerinin aynı oranlarda enerji tüketim değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu yalıtım malzemeleri dışında en iyi değeri ve çevreye olan etkisini minimum düzeyde tutan sürdürülebilir bir yapı malzemesi olan kenevirdir. Bu durum gelecek dönemlerde kullanılmasını sağlayacak bir malzeme olmasını ve tüketilen değerlerin sosyal, çevre ve ekonomik boyutta olumlu bir katkısını göstermektedir.



Şekil 31: Isı Yalıtım Malzemelerine Göre Enerji Tüketimi-İstanbul

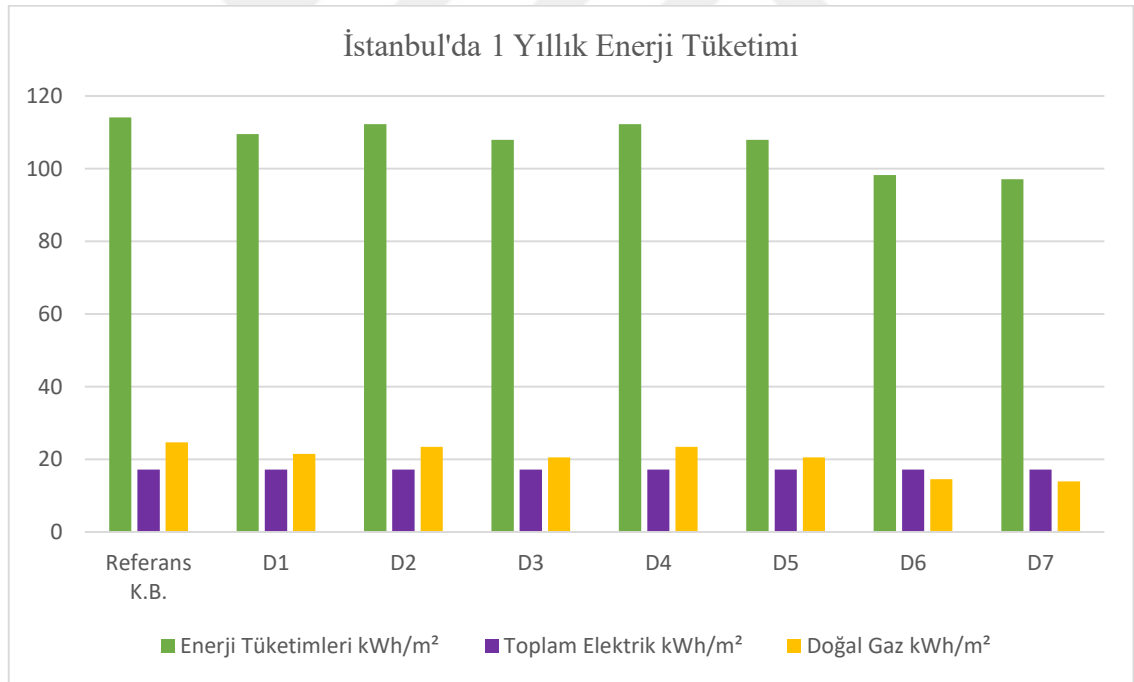
Referans bina İstanbul ili üzerinde 7 farklı iyileştirme senaryolarının uygulanma çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu iyileştirmeler sayesinde bina üzerinde enerji tüketim (kWh/m²), elektrik (kWh/m²) ve doğal gaz sistemleri (kWh/m²) oranlarında değişimler görülmeye başlamaktadır. Uygulanan senaryoların referans bina üzerinde olumlu yönde etki ettiği Şekil 32’de görülmektedir.

D1 duvar tipinde toplam harcanan enerji tüketimi 109.47 kWh/m², D2 duvar tipinde 112.19 kWh/m², D3 duvar tipinde 107.87 kWh/m², D4 duvar tipinde 112.19 kWh/m², D5 duvar tipinde 107.87 kWh/m², D6 duvar tipinde 98.24 kWh/m², D7 duvar tipinde 97.10

kWh/m² değerlerini göstermektedir. D6-D7 dış hava temaslı duvar tipinde enerji tüketim oranlarında en az değeri gösteren duvar tipi olmaktadır.

D1 duvar tipinde toplam harcanan doğal gaz tüketimi 21.50 kWh/m², D2 duvar tipinde 23.40 kWh/m², D3 duvar tipinde 20.50 kWh/m², D4 duvar tipinde 31.87 kWh/m², D5 duvar tipinde 30.31 kWh/m², D6 duvar tipinde 14.53 kWh/m², D7 duvar tipinde 13.90 kWh/m² değerlerini göstermektedir. D6-D7 dış hava temaslı duvar tipinde doğal gaz enerji tüketim oranlarında en az değeri gösteren duvar tipi olmaktadır.

D1 duvar tipinde toplam harcanan elektrik enerji tüketimi 24.68 kWh/m², D2 duvar tipinde 24.87 kWh/m², D3 duvar tipinde 24.51 kWh/m², D4 duvar tipinde 22.46 kWh/m², D5 duvar tipinde 22.37 kWh/m², D6 duvar tipinde 23.50 kWh/m², D7 duvar tipinde 23.38 kWh/m² değerlerini göstermektedir. D6-D7 dış hava temaslı duvar tipinde enerji tüketim oranlarında en az değeri gösteren duvar tipi olmaktadır. Bu duvar tipi içerisinde sürdürülebilir bir malzeme olan kenevir ısı yalıtım malzemesi uygulanmaktadır.



Şekil 32: Referans Konut Binasında İstanbul İlinde Belirlenen Senaryolar Dahilinde 1 Yıllık Toplam Enerji Tüketimi

Erzurum bölgesinde enerji tüketim oranlarına Tablo 18'de ulaşılmaktadır. Konut binasında taş yünü 8 cm kalınlığa sahip ısı yalıtımı ile harcanan enerji tüketimi 114.70

kWh/m²'dir. Toplam elektrik (aydınlatma ve soğutma) sistemlerinde harcanan enerji 22.49 kWh/m²'dir. Binanın ısınması için kullanılan doğal gaz tüketiminde harcanan enerji 32.70 kWh/m²'dir. Duvar yapısı içerisinde farklı ısı yalıtımların kullanımı ile duvar tiplerine göre farklı enerji tüketim değerleri görülmektedir.

- D1 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 112.30 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 22.33 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 30.98 kWh/m²'dir.
- D2 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 114.29 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 23.44 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 32.43 kWh/m²'dir.
- D3 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 112.01 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 22.32 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 30.73 kWh/m²'dir.
- D4 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 113.67 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 22.46 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 31.87 kWh/m²'dir.
- D5 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 111.62 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 22.37 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 30.31 kWh/m²'dir.
- D6 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 100.22 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 21.40 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 22.52 kWh/m²'dir.
- D7 duvar tipinde harcanan enerji tüketimi 99.86 kWh/m²'dir. Elektrik için harcanan toplam enerji 21.40 kWh/m²'dir. Doğal gaz tüketimi ise 22.22 kWh/m²'dir.

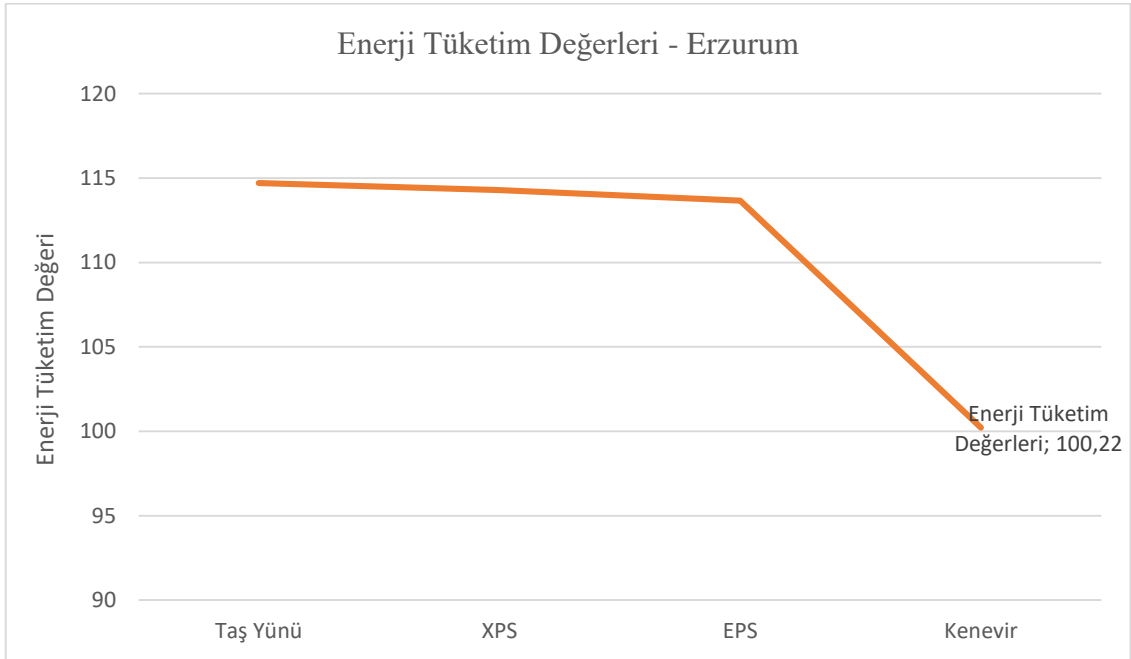
Tablo 18: İyileştirme Duvar Tiplerinde Harcanan Enerji Tüketimleri (kWh/m²) - Erzurum

İyileştirme Duvar Tipi	Elektrik Enerji Tüketimi	Doğal gaz Tüketimi	Toplam Harcanan Enerji Tüketimi
D1	24.68 kWh/m ²	21.50 kWh/m ²	112.30 kWh/m ²
D2	24.87 kWh/m ²	23.40 kWh/m ²	114.29 kWh/m ²
D3	24.51 kWh/m ²	20.50 kWh/m ²	112.01 kWh/m ²
D4	22.46 kWh/m ²	31.87 kWh/m ²	113.67 kWh/m ²

D5	22.37 kWh/m ²	30.31 kWh/m ²	111.62 kWh/m ²
D6	23.50 kWh/m ²	14.53 kWh/m ²	100.22 kWh/m ²
D7	23.38 kWh/m ²	13.90 kWh/m ²	99.86 kWh/m ²

En fazla enerji tüketiminden en az enerji tüketimine sahip duvar tipleri sırasıyla referans duvar tipi > D2 > D4 > D1 > D3 > D6 > D7 olarak sıralanmaktadır. Kenevir malzemesinin her iki kalınlıkta da enerji tüketiminde en az değere sahiptir. Şekil 5.24’de görülmektedir.

Şekil 33’de ve Şekil 34’de farklı ısı yalıtımları üzerinde enerji tüketim değerleri gösterilmektedir. En fazla oranda tüketim değerini taşıyan EPS ısı yalıtım malzemesi, en az oranda tüketimi sağlayan ise kenevir malzemesi olmaktadır. Taş yünü ve XPS malzemelerinin neredeyse aynı oranlarda enerji tüketim değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu yalıtım malzemeleri dışında en iyi değeri ve çevreye olan etkisini minimum düzeyde tutan sürdürülebilir bir yapı malzemesi olan kenevirdir. Değerlere bakıldığında kenevir malzemesi ile büyük oranda tüketim oranında azalma görülmektedir.



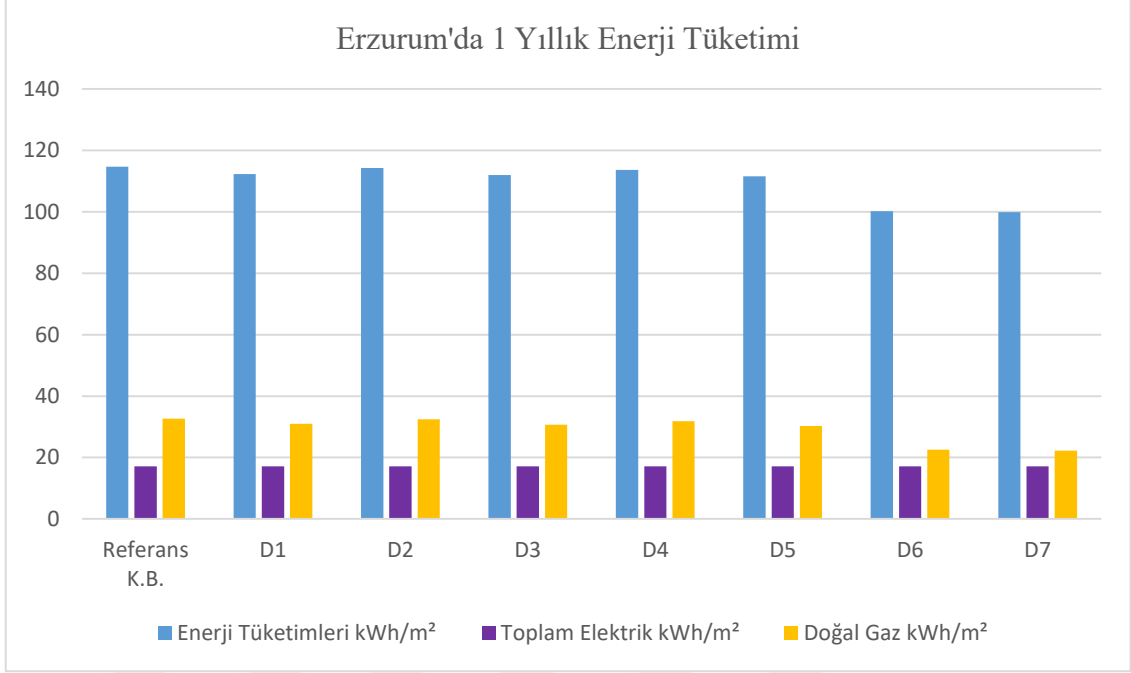
Şekil 33: Isı Yalıtım Malzemelerine Göre Enerji Tüketimi-Erzurum

Referans bina Erzurum ili üzerinde 7 farklı iyileştirme senaryolarının uygulanma çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu iyileştirmeler sayesinde bina üzerinde enerji tüketim (kWh/m^2), elektrik (kWh/m^2) ve doğal gaz sistemleri (kWh/m^2) oranlarında değişimler görülmeye başlamaktadır. Uygulanan senaryoların referans bina üzerinde olumlu yönde etki ettiği Şekil 34’de görülmektedir.

D1 duvar tipinde toplam harcanan enerji tüketimi 112.30 kWh/m^2 , D2 duvar tipinde 114.29 kWh/m^2 , D3 duvar tipinde 112.01 kWh/m^2 , D4 duvar tipinde 113.67 kWh/m^2 , D5 duvar tipinde 111.62 kWh/m^2 , D6 duvar tipinde 100.22 kWh/m^2 , D7 duvar tipinde 99.86 kWh/m^2 değerlerini göstermektedir. D6-D7 dış hava temaslı duvar tipinde enerji tüketim oranlarında en az değeri gösteren duvar tipi olmaktadır.

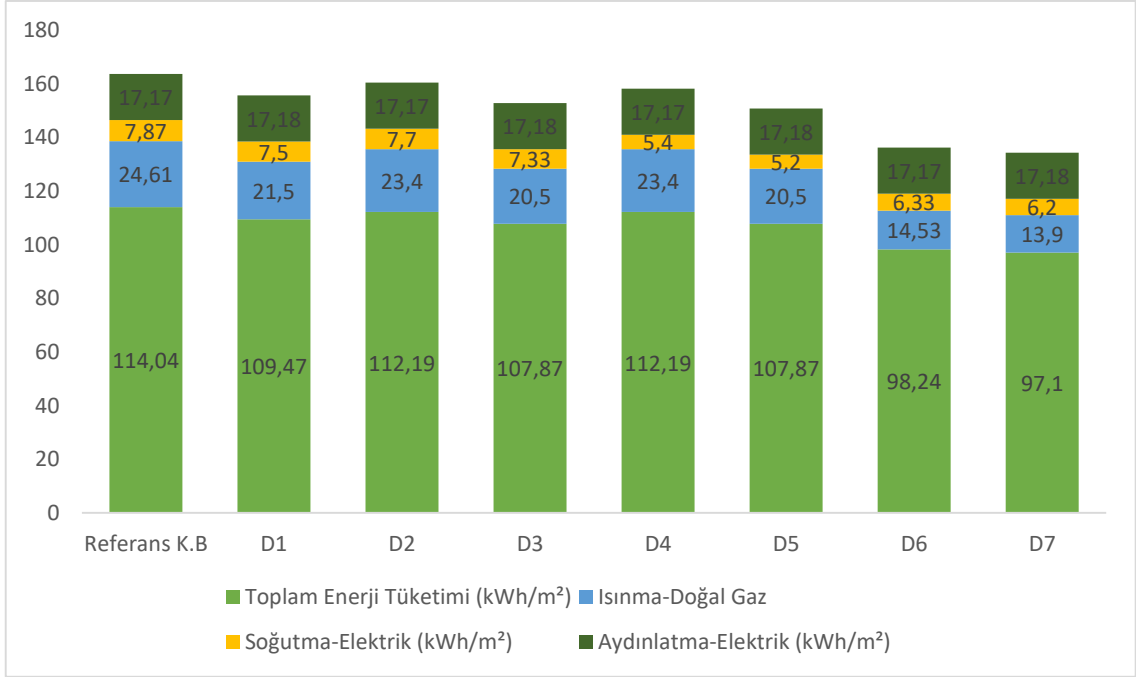
D1 duvar tipinde toplam harcanan doğal gaz tüketimi 21.50 kWh/m^2 , D2 duvar tipinde 23.40 kWh/m^2 , D3 duvar tipinde 20.50 kWh/m^2 , D4 duvar tipinde 31.87 kWh/m^2 , D5 duvar tipinde 30.31 kWh/m^2 , D6 duvar tipinde 14.53 kWh/m^2 , D7 duvar tipinde 13.90 kWh/m^2 değerlerini göstermektedir. D6-D7 dış hava temaslı duvar tipinde doğal gaz enerji tüketim oranlarında en az değeri gösteren duvar tipi olmaktadır.

D1 duvar tipinde toplam harcanan elektrik enerji tüketimi 24.68 kWh/m^2 , D2 duvar tipinde 24.87 kWh/m^2 , D3 duvar tipinde 24.51 kWh/m^2 , D4 duvar tipinde 22.46 kWh/m^2 , D5 duvar tipinde 22.37 kWh/m^2 , D6 duvar tipinde 23.50 kWh/m^2 , D7 duvar tipinde 23.38 kWh/m^2 değerlerini göstermektedir. D6-D7 dış hava temaslı duvar tipinde doğal gaz enerji tüketim oranlarında en az değeri gösteren duvar tipi olmaktadır. Bu duvar tipi içerisinde sürdürülebilir bir malzeme olan kenevir ısı yalıtım malzemesinin sağladığı görülmektedir.



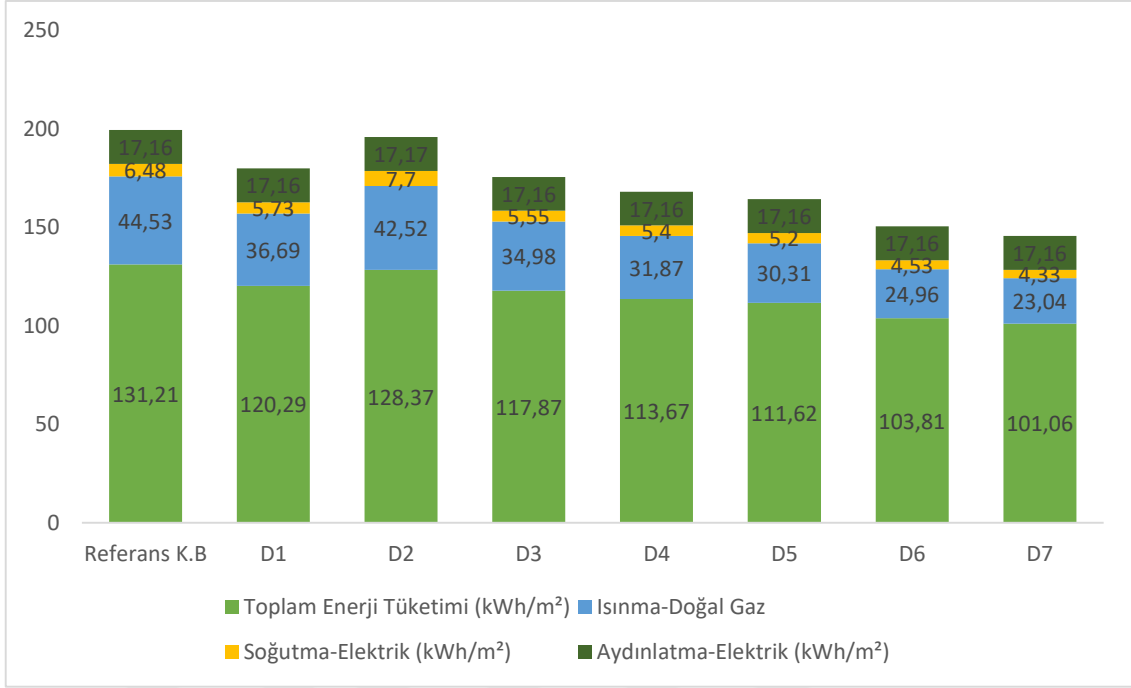
Şekil 34: Referans Konut Binasında Erzurum İlinde Belirlenen Senaryolar Dahilinde 1 Yıllık Toplam Enerji Tüketimi

İstanbul ili referans binasında, ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerinin değerleri Şekil 35’de göstermektedir. D1’den D7’ye kadar iyileştirme sistemlerinin en iyi sonucu yüzde 90 oranında düşüş ile D7 tip duvar sistemi ile 97.1 kWh/m²’dir. En fazla ikinci azalmanın gerçekleştiği duvar tipi ise D6’dır. Referans binadan yüzde 86 fark ile 98.24 kWh/m²’ye düşürülmektedir. Ek olarak doğal gaz sisteminde tüketim miktarının en aza indirilmesi D6 (14.53 kWh/m²) ve D7 (13.9 kWh/m²) dış duvar sisteminde olduğu görülmektedir.



Şekil 35: Referans Konut Binasında İstanbul İlinde Belirlenen Senaryolar Dahilinde 1 Yıllık Toplam Tüketimleri

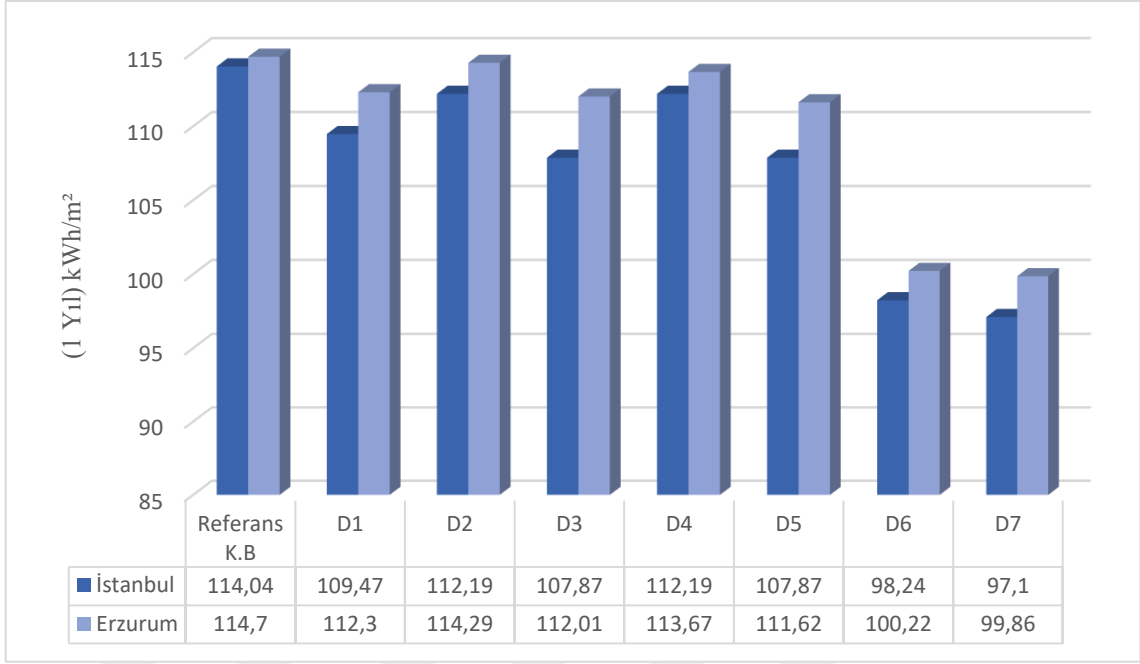
Erzurum ilinde ise bu sistemlerin iyileştirme oranları İstanbul iline oranla daha iyi bir durumdadır. Bu oranda en düşük değere sahip D7 tip duvarda toplam enerji tüketimi 101.06 kWh/m², doğal gaz tüketimi 23,04 kWh/m², soğutma-elektrik tüketiminde 4,33 kWh/m²'dir. Referans bina ile karşılaştırıldığında enerji tüketiminden %32, doğal gazdan %10 iyileştirme sistemine sahiptir. Diğer duvar tiplerinin aksine içerisinde sürdürülebilir kenevir malzemesinin bulunduğu D7 duvar tipi ile en iyi sonuç veren dış duvar sistemi olmaktadır. Şekil 36'da gösterilmektedir.



Şekil 36: Referans Konut Binasında Erzurum İlinde Belirlenen Senaryolar Dahilinde 1 Yıllık Toplam Tüketimleri

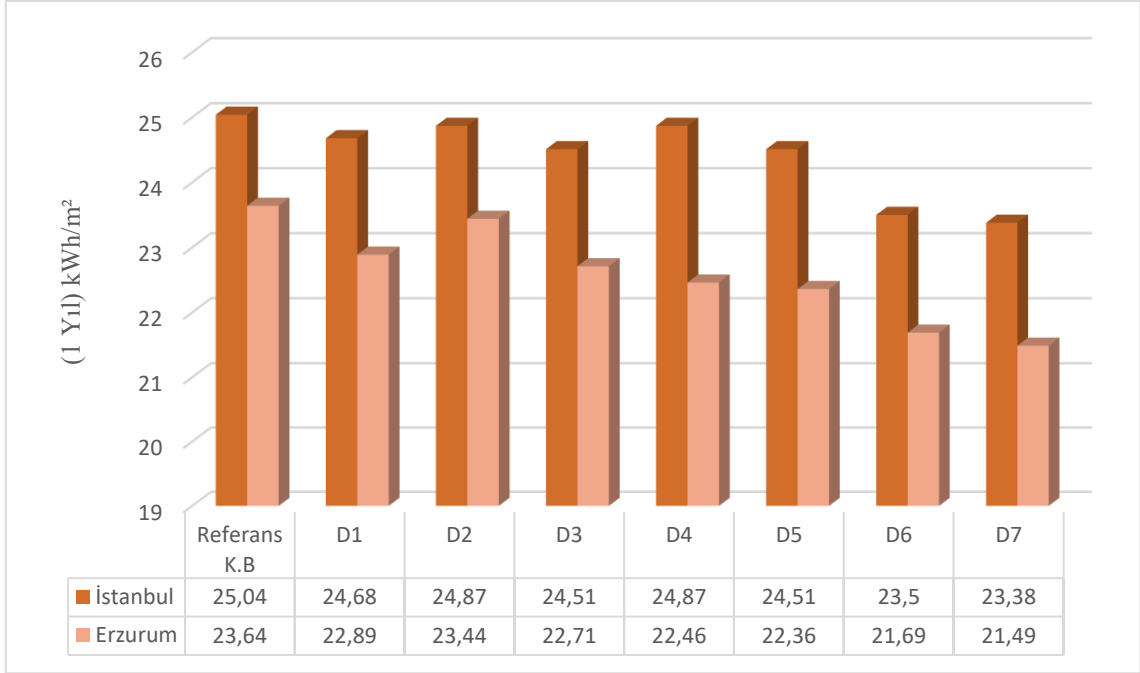
Her iki iklim tipinde farklı ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak oluşturulan senaryolar dahilinde binanın toplam enerji tüketimi, aydınlatma ve soğutma elektrik tüketimi ve doğal gazın 1 yıl içerisindeki tüketim miktarları Şekil 5.28, Şekil 5.29, Şekil 5.30'da görülmektedir. Burada açıkça belirli olan her enerji değerlerinde aydınlatma sistemi haricinde kenevir malzemesinin binada kullanılan enerji ve doğal gaz tüketimini büyük oranda düşürdüğü sonucuna varılmaktadır. Diğer ısı yalıtım malzemelerinin bu oranlara farklı kalınlıklarda bile kenevir malzemesinin verdiği sonuca ulaşamamaktadır.

Şekil 37'de referans konut binasının İstanbul ve Erzurum ilinde 1 yıl içerisindeki toplam enerji tüketimi görülmektedir. Dış kabuk yapısında İstanbul ilinde kenevir malzemesinden sonra iyi değere sahip olan D3 duvar sistemi 107,87 kWh/m² değere bağlı olarak görülmektedir. Aynı durum Erzurum bölgesinde ise, D5 duvar sisteminin 111,62 kWh/m² değere sahip olduğu görülmektedir. Farklı iklim bölgelerinde aynı iyileştirme sistemlerinin uygulanması bu değerlerinin en doğru şekilde karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede farklı iklim yapısında farklı ısı yalıtım duvar sistem yapılarının etkilediği değerler ortaya çıkmaktadır. Burada en net şekilde görülen malzemenin kenevir ısı yalıtım malzemesi üzerinde olduğu açıktır.



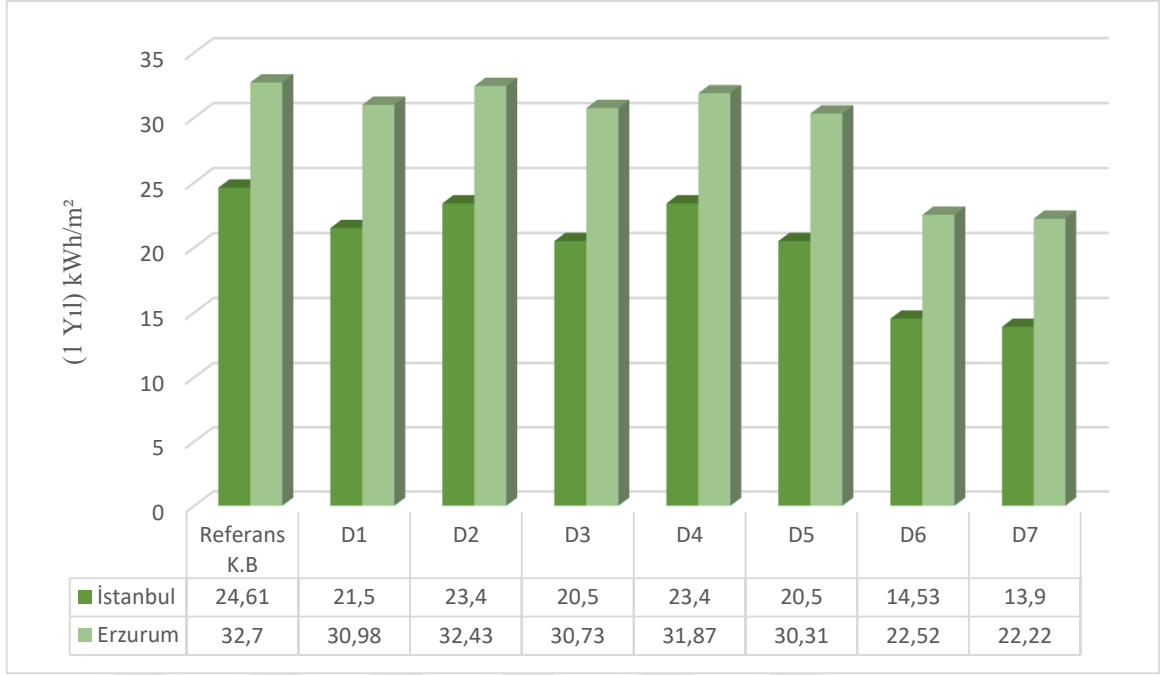
Şekil 37: Referans Konut Binasında İstanbul ve Erzurum İllerinin Enerji Tüketimleri

İstanbul, Erzurum iline göre elektrik enerjisini daha fazla tükettiği görülmektedir. Tüm iyileştirme çalışmalarının ardından D6 ve D7 duvar yapı sisteminin her iki iklim bölgesinde de en iyi değerde sonuç gösterdiği görülmektedir. Şekil 38’de 1 yıl içerisinde tüketilen elektrik enerji tüketimlerinin değerlerine ulaşılmaktadır.



Şekil 38: Referans Konut Binasında İstanbul ve Erzurum İllerinin Elektrik (Aydınlatma ve Soğutma) Enerji Tüketimleri

Doğal gaz tüketimi her iki iklim yapısına göre farklılık göstermektedir. Doğrudan Erzurum ilinde soğuk iklim yapısından kaynaklı olarak tüketimi fazla olduğu açıktır. Bu iyileştirmeler ile referans bina yapısının D2, D4 ve D6 dış duvar kabuğunda tüketimlerinin azaldığı en iyi değere sahip olan D7 22,22 kWh/m²'ye ulaştığı görülmektedir. Aynı durum ılımlı nemli iklim yapısına sahip olan İstanbul ili içinde geçerli olmaktadır. D7 duvar tipinde 13,9 kWh/m²'ye ulaşarak en düşük doğal gaz enerji tüketimini göstermektedir. Şekil 39'da her iki ilde ulaşılan değerler görülmektedir.

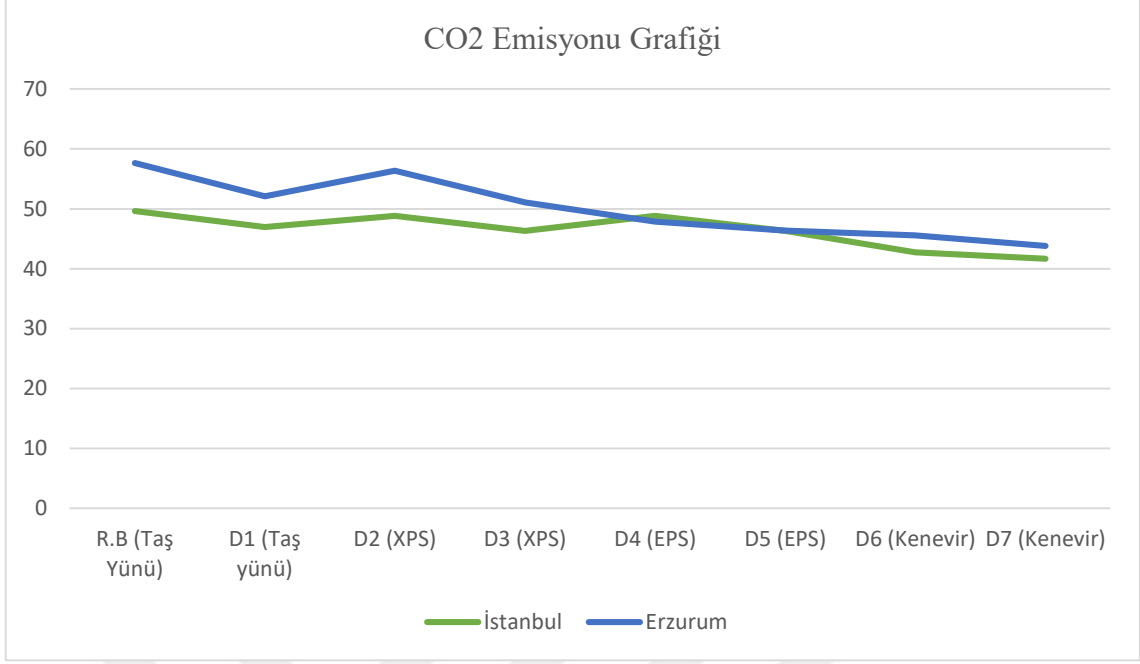


Şekil 39: Referans Konut Binasında İstanbul ve Erzurum İllerinin Doğal Gaz Enerji Tüketimleri

Konut binasında kullanılan toplam enerji tüketimi karbondioksit emisyonunun açığa çıkmasında başlıca nedenlerinden biri olmaktadır. Referans binasında taş yünü malzemenin kullanımı ile CO₂ emisyonu belirli bir taban verisi yaratmaktadır. Açığa çıkan verinin farklı malzemeler üzerindeki CO₂ emisyonlarında doğrudan farklılık görülmektedir.

İstanbul ilinde referans konut binasında açığa çıkan CO₂ emisyonu D6 dış duvar kabuğu ile %13 oranında fark görülmektedir. Bu durum D2 ve D4 dış duvar kabuğu üzerinde etkisi olmadığı ve bu oranın %1 bir değişim ile sağlandığı ortaya çıkmaktadır.

Erzurum ilinde ise referans binanın CO₂ emisyonu değişimi kenevir malzemesi içerisinde kullanılan D6 duvar yapısı ile %20 oranda azalma görülmektedir. Diğer ısı yalıtım malzemelerinin grafik oranı sırasıyla D2-%2, D4-%16 ile etkisini sürdürdüğü görülmektedir. Farklı iklim yapısına sahip illerin aynı malzeme üzerindeki emisyon üzerindeki etkisi büyük bir oranda azalma sağlamaktadır. Şekil 40'da İstanbul ve Erzurum illerinde CO₂ emisyonu grafiği sunulmaktadır.



Şekil 40: Referans Konut Binası ve İyileştirme Çalışmalarının Her İki İlde CO₂ Emisyonu Grafiği

Tablo 19’da sıralanan farklı iklim tipleri ile birlikte tüm iyileştirme sistemlerinin değerlerine ulaşılmaktadır.

Tablo 19: Toplam Enerji Tüketimi ve Enerji Verimliliği Önlemlerinin Karşılaştırmaları

	Yapı Bileşeni	Enerji T. Önlemleri	Enerji Tüketimi	Doğal Gaz Enerji Tüketimi	Elektrik Enerji Tüketimi	İyileştirme %
İ.R.B	D. Duvar	U=0.59 W/m ² K	114.04 kWh/m ²	24.61 kWh/m ²	25.04 kWh/m ²	%0
İ.D1	D. Duvar	U=0.41 W/m ² K	109.47 kWh/m ²	21.5 kWh/m ²	24.68 kWh/m ²	%30
İ.D2	D. Duvar	U=0.52 W/m ² K	112.19 kWh/m ²	23.4 kWh/m ²	24.87 kWh/m ²	%11
İ.D3	D. Duvar	U=0.36 W/m ² K	107.87 kWh/m ²	20.5 kWh/m ²	24.51 kWh/m ²	%12
İ.D4	D. Duvar	U=0.52 W/m ² K	112.19 kWh/m ²	23.4 kWh/m ²	24.87 kWh/m ²	%11
İ.D5	D. Duvar	U=0.35 W/m ² K	107.87 kWh/m ²	20.5 kWh/m ²	24.51 kWh/m ²	%12

İ.D6	D. Duvar	U=0.07 W/m ² K	98.24 kWh/m ²	14.53 kWh/m ²	23.5 kWh/m ²	%87
İ.D7	D. Duvar	U=0.06 W/m ² K	97.1 kWh/m ²	13.9 kWh/m ²	23.38 kWh/m ²	%88
E.R.B	D. Duvar	U=0.39 W/m ² K	114.07 kWh/m ²	32.70 kWh/m ²	23.64 kWh/m ²	%0
E.D1	D. Duvar	U=0.31 W/m ² K	112.30 kWh/m ²	30.98 kWh/m ²	22.89 kWh/m ²	%20
E.D2	D. Duvar	U=0.38 W/m ² K	114.29 kWh/m ²	32.43 kWh/m ²	23.44 kWh/m ²	%2
E.D3	D. Duvar	U=0.31 W/m ² K	112.01 kWh/m ²	30.73 kWh/m ²	22.71 kWh/m ²	%20
E.D4	D. Duvar	U=0.39 W/m ² K	113.67 kWh/m ²	31.87 kWh/m ²	22.46 kWh/m ²	%1
E.D5	D. Duvar	U=0.35 W/m ² K	111.62 kWh/m ²	30.31 kWh/m ²	22.36 kWh/m ²	%10
E.D6	D. Duvar	U=0.049 W/m ² K	100.22 kWh/m ²	22.52 kWh/m ²	21.69 kWh/m ²	%87
E.D7	D. Duvar	U=0.0040 W/m ² K	99.86 kWh/m ²	22.22 kWh/m ²	21.49 kWh/m ²	%88

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünyanın ve Türkiye'nin genelinde küresel ısınma, iklim değişikliğinin etkisi ile çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bugün ve gelecek kuşaklara yönelik bu sorunlara karşı çözüm olarak alınacak önlemler arasında sağlıklı, temiz ve yaşanabilir bir dünya oluşturmak yapıların sürdürülebilir bir şekilde oluşturulmasından geçmektedir. Sürdürülebilir yapılar çevreye duyarlı, doğal kaynakların kullanımında etkin ve yenilenebilir bir yol oluşturan, tüketilen enerjinin tekrar kullanımını amaçlayarak tüm sorunların minimuma indirgenmesini hedefler. Mimarlık ve diğer inşaat sektörlerinde yeni bir yaklaşım, tasarım kararlarında yenilik, malzeme kararlarında farklı bir alan oluşturur. Bu sebeple geleceğe yönelik önemli ve olumlu adımlar atılmasına öncülük olmasını sağlamaktadırlar.

Türkiye'de konut binalarının gelecek yaşama bağlantısı yok olmakta, çevreye olan uyumu azalmakta ve enerji tüketimi giderek artmaktadır. Konut binalarının oranı diğer binalara oranla daha büyük bir durumdadır ve insanlar zamanlarının büyük bir kısmını bu mekanlarda geçirmektedir. Konut binaları, enerji tüketimini ve kaynakları en hızlı tüketen bir orana sahiptir ve nüfusun hızla artması ile artmaya devam etmektedir. Bu nedenle Türkiye'de konut binalarında iyileştirme sağlanması ve enerjinin en verimli şekilde kullanımı önemli bir değere sahiptir. Konut binalarının enerji tüketimini azaltmak amacıyla ısı yalıtım uygulamalarının değişikliğe gidilmektedir. Enerji tüketimini ekonomik, sosyal ve çevresel anlamda en iyi şekilde kullanımını amaçlamak gerekmektedir.

Konut binalarında enerjiyi güçlendirme ile talebin azaltılması, yapının yıllar içinde sürdürülmesini ve kalıcı olmayı sağlamakla birlikte çevreye etkisi olumlu yönde değere sahiptir. Yaşam alanlarının sağlıklı oluşturulması, alınan kararların tasarım aşamasında belirlenmesi, yapının çevreye duyarlı olması ve doğal kaynakların korunmasında oluşturulan etki konut binalarında önemli bir değere sahiptir.

Bu çalışmada, konut binalarında enerji talebini, dış kabuk yapısında farklı ısı yalıtım malzemeleri üzerinde iyileştirme yöntemleri uygulanarak enerji tasarrufunun

sağlanmasında çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Bu hedefe ulaşmak için Türkiye’de İstanbul ve Erzurum illerinde karşılaştırmalı olarak, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın ‘Kocakır Eskişehir Eko Kent’ adlı konut projelerinden biri olan proje referans binası seçilerek farklı iyileştirme senaryoları uygulanmaktadır. Bina enerji performansını minimum düzeyde tutmak amacıyla ve bu değerleri Türkiye’nin farklı iklim bölgelerindeki sonuçları genel bir bakış ile ele almak amacıyla iki farklı şehir üzerinde uygulamak yapılmıştır. Bunlardan ılımlı-nemli iklim bölgesine sahip olan İstanbul ili, diğer bir bölge ise soğuk iklim yapısına sahip olan Erzurum’dur. İki farklı iklim bölgesi değerlerini karşılaştırmak için simülasyon yöntemlerinden biri olan Design Builder ve Energy Plus araçları yardımı ile uygulanmaktadır.

Bu çalışmada, optimize edilmiş enerji verimli yenileme yöntemlerini bulmak için hem mevcut enerji performansına hem de varsayım bir iyileştirme yöntemlerine dayanmaktadır. Optimum enerji verimliliğini sağlamak için bina kabuğunda yer alan ısı yalıtım malzemelerinde özellikle sürdürülebilir bir malzeme olan kenevirin bu iyileştirme çalışmalarında ve diğer ısı yalıtım malzemelerine oranla karşılaştırma yapılmaktadır.

Referans bina yapısında taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Karşılaştırma yapılan diğer ısı yalıtım malzemeleri; XPS, EPS ve kenevir malzemeleridir. Bu malzemelerin farklı kalınlık yapıları ile tüm enerji tüketim değişim grafiklerin sonuca varılmıştır. En iyi sonucu gösteren tek bir malzeme vardır. Bu malzeme sürdürülebilir bir malzeme olan geleceğe yönelik tüm değerlerini taşıyan kenevir malzemesidir. Malzemenin referans konut binasına etkisi olumlu yönde ilerlemekte, değişim ve iyileştirme grafikleri olumlu yönde gelişim gösterdiği görülmektedir. Bu durumun bir tek bina yapısı yönünden olmamakla birlikte, çevreye ve kullanıcıya yönelik ekonomik ve sosyal yapıları adı altında büyük bir gelişime olanak sağlamaktadır.

İstanbul ve Erzurum illerinin iki farklı iklim yapısı üzerinden değerleri ve oranları karşılaştırıldığında her ilin üzerinde kenevir malzemesi dışında diğer ısı yalıtım malzemelerinin analizler sonucunda büyük bir değişim oranı göstermediği sonucuna varılmaktadır. Bu bilgiler ışığında konut binaların, yaşam döngüsü enerji tüketiminde optimum değere sahip konutların oluşturulması için çeşitli verilen sağlanmıştır.

Türkiye'nin konut yapılarında kullanıma bağlı olarak CO₂ emisyonu açığa çıkmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı, yerini sürdürülebilir malzemelerin arayışına sebebiyet vermektedir. Yapılan analizler sonucunda referans konut yapısı üzerinde açığa çıkan CO₂ emisyonunun elde edilen değeri ile diğer iyileştirme dış duvar kabukları arasında karşılaştırıldığında aynı malzemelerin kalınlık oranları arttırıldığında bu emisyon değerinin azaldığı fakat diğer malzemelerin değişkenlik gösterdiği sonucuna varılmaktadır. Taş yünü ve XPS malzemelerinin diğer malzemelere oranla daha yüksek değerinde, EPS ve kenevir ısı yalıtım malzemelerinin değerinde azalma ortaya çıkmaktadır. Bu değeri İstanbul ilinde %13 oranda azalma, Erzurum ilinde ise %20 oranında CO₂ emisyonunun kenevir malzemesi ile azalma sağladığı ortaya çıkmaktadır.

Tablo 19'da kenevir malzemesinin farklı iklim yapısının üzerinde enerji tüketim oranlarında iyileştirme seviyeleri %87 ila %88 arasında olduğu sonucuna varılmaktadır. İstanbul ilinde D6 dış duvar yapısında 50 mm kenevir ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Duvar yapısının U değeri 0.07 W/m²K ve enerji tüketimi 98.24 kWh/m² değerine ulaşılmaktadır. Bu durum referans binanın enerji tüketiminde %87 oranında iyileştirme elde edilmektedir. D7 dış duvar yapısında ise 80 mm kenevir ısı yalıtım malzemesi kullanılmakta ve duvar yapısının U değeri 0.06 W/m², enerji tüketimi ise 97.10 kWh/m²'dir. D7 duvar tipinden farklı ısı yalıtım malzemesinin kalınlık farkının kullanılmasından dolayı binada %88 oranında toplam enerji tüketim seviyelerinde iyileştirme görüldüğü sonucuna varılmaktadır.

Farklı iklim yapıları baz alınarak oluşturulan iyileştirme sistemlerinde aynı oranda ısı yalıtım kalınlıklarının kullanımı söz konusu olmamaktadır. Erzurum ili soğuk iklim yapısına sahip olduğundan İstanbul ilinden farklı kalınlık değerleri girilmektedir. D6 dış duvar yapısında 80 mm kenevir ısı yalıtım malzemesi kullanılmaktadır. Duvar yapısının U değeri 0.049 W/m²K ve enerji tüketimi 100.22 kWh/m² değerine ulaşılmaktadır. Bu durum referans binanın enerji tüketiminde %87 oranında iyileştirme elde edilmektedir. D7 dış duvar yapısında ise 100 mm kenevir ısı yalıtım malzemesi kullanılmakta ve duvar yapısının U değeri 0.004 W/m², enerji tüketimi ise 99.86 kWh/m²'dir. D7 duvar tipinden farklı ısı yalıtım malzemesinin kalınlık farkının kullanılmasından dolayı binada %88 oranında toplam enerji tüketim seviyelerinde iyileştirme görüldüğü sonucuna varılmaktadır. Tablo 20'de bu değerlerin tümüne ulaşılmaktadır.

Tablo 20: Referans Konut Binasında Kenevir Isı Yalıtım Malzemesinin Enerji Tüketim Değişim Oranı (İstanbul-Erzurum)

	İstanbul			Erzurum		
	Referans Bina	Optimum Değer		Referans Bina	Optimum Değer	
Enerji Tüketimi	114.04 kWh/m ²	D6	D7	114.07 kWh/m ²	D6	D7
			98.2 kWh/m ²		97.1 kWh/m ²	
Doğal Gaz Enerji Tüketimi	24.61 kWh/m ²	14.53 kWh/m ²	13.9 kWh/m ²	30.98 kWh/m ²	22.52 kWh/m ²	22.22 kWh/m ²
CO2 Emisyonu	49.626	42.751	41.673	57.625	45.591	43.776
U Değeri	U=0.59 W/m ² K	U=0.07 W/m ² K	U=0.06 W/m ² K	U=0.39 W/m ² K	U=0.049 W/m ² K	U=0.0040 W/m ² K
İyileştirme Oranı	-	%87	%88	-	%87	%88
Isı Yalıtım Malzemesi	Taş Yünü	Kenevir	Kenevir	Taş Yünü	Kenevir	Kenevir

Sonuç olarak, İstanbul'un referans binasında, doğalgazın tüketiminden çok aydınlatma ve soğutma ve elektrik tüketimi neredeyse iki katıdır. Fakat soğuk iklim bölgesinde yer alan Erzurum'da doğalgaz tüketimi diğer tüm sonuçlara göre daha yüksek orandadır. 4 farklı ısı yalıtım malzemelerinin 7 farklı iyileştirme senaryoları doğrultusunda İstanbul ve Erzurum iklim tipinde optimum değerde enerji tüketimi sağlayan kenevir malzemesinin sırasıyla iyileştirme değeri %87 ve %88 oranında azalma görülmüştür. TS 825 standardı şartlarında İstanbul ili için 1 yıl içerisinde kenevir malzemesinin eklenmesi ile elektrik için harcanan toplam enerji değeri 23.50 kWh/m², doğal gaz tüketim değerinde ise 14.53 kWh/m²'dir. Erzurum'da ise elektrik için harcanan toplam enerji değeri 21.40 kWh/m², doğal gaz tüketim değeri ise 22.52 kWh/m²'dir. Bu durum İstanbul'da yer alan referans bina ile karşılaştırıldığında neredeyse doğal gaz tüketiminde 2 kat azalma görülmüştür, aynı durum Erzurum ilinde yer alan referans binanın büyük oranda azaldığı tespit edildiği

sonucuna varılmıştır. Diğer tüm ısı yalıtım malzemelerine oranla en iyi iyileştirme yöntemi kenevir malzemesinin içinde yer aldığı yöntemdir.

Bu çalışma ile inşaat ve mimarlık sektörlerinde kullanılan malzemelerinin öneminin vurgulanması ve sürdürülebilir malzemelerin geleceğe yönelik amaçlar ile kullanılabilirliğine karşı öncü bir adım atılmaktadır. Bir sonraki çalışmalarda farklı fonksiyonlara sahip yapı türleri üzerinden analizlerin yapılması uygun olmaktadır.



KAYNAKLAR

- Adalberth, K. (1997). Energy Use During Life Cycle of Building :A Method, *Building and Environment*, Vol 32 No:4 ss: 317-320.
- Akın, N. (2018). *Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Seçilen Bir Modelin Tuğla Örneği Üzerinden İrdelenmesi* (Yayın no. 491706) [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Ashford, P. (1998). *Assessment Of Potential For The Saving Of Carbon Dioxide Emissions İn European Building Stock*. Bristol: Caleb Management Services.
- Ashford, P. (1999). *The Cost Implications of Energy Efficiency Measures in the Reduction of Carbon Dioxide Emissions From European Building Stock*. Bristol: Caleb Management Services.
- Ashrafian T., Kalaycıoğlu, E. ve Sağlam, N. G. (2019, Eylül). Fiziksel Çevre Kontrolü, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Özyeğin Üniversitesi, İstanbul.
- Ashrafian T., Kalaycıoğlu, E., Sağlam, N. G. (2019, Eylül). Fiziksel Çevre Kontrolü, Ilımlı Nemli İklim Bölgesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Özyeğin Üniversitesi, İstanbul.
- Ashrafian T., Kalaycıoğlu, E., Sağlam, N. G. (2019, Eylül). Fiziksel Çevre Kontrolü, Soğuk İklim Bölgesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Özyeğin Üniversitesi, İstanbul.
- Aşkoğlu, A. (2014) *Sürdürülebilir Konut Yapılarında Pasif Sistemlerin Kullanılan Teknikler Açısından İrdelenmesi; İzmir İli İçin Bir Uygulama Önerisi*, (Yayın no. 410558) [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

- Aydın, B. (2011). *Sürdürülebilir Çelik Uygulama Olanakları*. (Yayın no. 351880) [Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Arınç, D. Ü. (2007). Binalarda Enerji Verimliliği, MÜSİAD Enerji Verimliliği Sempozyumu, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
- Bayraktar, F. T. (2010). *Türkiye’de Yapı Malzemesi Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi İçin Bir Sistem Önerisi*, (Yayın no. 310403) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Bayram, M. (2011, 13-16 Nisan). BEP-TR Hesaplama Yönteminde Referans Bina Kavramı ve Enerji Sınıflandırması, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, MMO Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi, İzmir.
- BEP, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği. (2010, 1 Nisan). Resmi Gazete (Sayı: 27539) 20.08.2023 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/04/20100401-5.htm> adresinden alındı.
- Beşiroğlu, Ş. ve Özmen, E. (2022) Yaşam Döngüsü İçerisinde Sürdürülebilir Konut Alanı Değerlendirme Sistemi: Vauban (Freiburg, Almanya) Örneği. DergiPark, cilt(13). <https://doi.org/10.31198/idealkent.1099393>
- Berberoğlu, U. (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışı Çerçevesinde Enerji Verimliliği Kavramının Güncel Konumu ve Yeni Yaklaşımlar*, (Yayın no. 256604) [Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Brownell, B. (8 Şubat 2018). Dazed and ... Constructed? How Hemp Could Alter Material Selections in Architecture. 10 Eylül 2023 tarihinde https://www.architectmagazine.com/technology/dazed-and-constructed-how-hemp-could-alter-material-selections-in-architecture_o, adresinden alındı.
- Burberly, P. (1979). *Building For Energy Conservation*. New York: Halsted Press. s. 17.

- Cebeci, N. (2005, Haziran), Enerji Tasarrufu ve Mimar. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü 4. Yenilenebilir Enerjiler Sempozyumu ve Sanayi Sergisi Bildirisi, İzmir.
- Chau, C. K., Leung, T. M. ve Ng, W. Y. (2015). “A Review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on Buildings”, *Applied Energy*, 143, s. 395-413.
- Çetintaş, K. F. (2019, Şubat). Bina Kabuğunda Form ve Malzeme Seçiminin Kabuğun Oluşum Enerjisi, Karbon Salımı ve Maliyetine Etkisinin İncelenmesi, 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Çetintaş, K. F. ve Yılmaz, Z. (2015, Nisan) Konut Binalarının Yaşam Dönemindeki Enerji Tüketimi ve Yaşam Dönemi Maliyetinin Hesaplanması, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İnternet Sitesi, (2020). Sektörlere Göre Toplam Enerji Tüketimi (Bin TEP). 6 Eylül 2023 tarihinde <https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800>, adresinden alındı.
- Çevre Bakanlığı, (2002, 4 Eylül). National Report on World Summit on Sustainable Development Johannesburg. 6 Eylül 2023 tarihinde <https://digitallibrary.un.org/record/478154?ln=en> adresinden alındı.
- Çiçek, B. (2014). Çağdaş Bir Yapı Malzemesi Olarak Toprak, “Sürdürülebilir Mimari Tasarımda Kerpiç Malzeme Kullanımı” Paneli / 16-18 Mayıs, İTÜ Vakfı Toprak Yapılar Çalışma Grubu, Selçuk Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Konya.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), (t.y.). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Konut Özel İhtisas Komisyonu Raporu 2001-2005, DPT Yayınları, Ankara.
- Dikbaş, F. ve Mezarıcıöz, S. (2019). Tekstilde Yaşam Döngüsü Analizi. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (38), 107-113.

Dizkırııcı, A. S. (2009). *Konutlarda Enerji Verimliliğinin Ölçümü için 5-Yıldızlı Derecelendirme Sistemi ve Ekonometrik Uygulama*. (Yayın no. 253416) [Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

European Insulation Manufacturers Association (EURIMA). (2005), Taking The Next Step Towards Energy Efficient Buildings Leaflet on EURIMA's Recommendations for Improving The Energy Performance of Buildings 6 Eylül 2023 tarihinde <http://www.eurima.org>, adresinden alındı.

Federation of Canadian Municipalities İnternet sitesi, (2016). Sustainable Neighbourhood Development: Practical Solutions to Common Challenges. Ottawa, Ontario. 6 Eylül 2023 tarihinde <https://fcm.ca/sites/default/files/documents/resources/guide/sustainableneighbourhood-development-av-gmf.pdf>, adresinden alındı.

Femenias, P. (2004), *Demonstration Projects For Sustainable Building: Towards A Strategy For Sustainable Development in the Building Sector Based on Swedish and Dutch Experience*. Göteborg: Chalmers University of Technology.

Fudge, C. ve Rowe, J. (2000), Implementing Sustainable Futures İn Sweden. 10 Eylül 2023 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/238399955_Linking_National_Sustainable_Development_Strategy_and_Local_Implementation_A_Case_Study_in_Sweden, adresinden alındı.

Göksal, T. (2003). Mimaride Sürdürülebilirlik Teknoloji ilişkisi: Güneş pili Uygulamaları, *Arredamento Mimarlık Dergisi*, Sayı 154, S:76.

Gültekin, A., B. (2007, 22-24 Mart). *Sürdürülebilir Mimari Tasarım İlkeleri Kapsamında Çözüm Önerileri*, 19. Uluslararası Yapı ve Yaşam Kongresi, Bursa.

Gültekin, A.B. ve Yavaşbatmaz, S. (2013). *Sustainable Design of Tall Buildings*, *Gradevinar* 65/5, pp.449-461.

- Güner, C., Gökşen, F. ve Koçhan, A. (2017). Sürdürülebilir Kalkınma Modeli için Çevre Duyarlı Yapılarda Malzeme Seçiminin İncelenmesi. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi* 3 (2). 8 Ekim 2023 <https://dergipark.org.tr/tr/pub/adbad/issue/33581/338091> adresinden alındı.
- Gizlenci, Ş., Acar, M., Yiğen, Ç. ve Aytaç, S. (2019). *Kenevir Tarımı*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun. 8 Ekim 2023 chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/brosurler/kenevir_tarimi.pdf, adresinden alındı.
- Hodgkin D. (2009). *Humanitarian Bamboo: A Manual on the Humanitarian Use of Bamboo in Indonesia*, Indonesia: Humanitarian Benchmark Consulting,
- Hofstetter, P. (1998). *Perspectives in Life Cycle Impact Assessment - A Structured Approach to Combine Models of the Technosphere, Ecosphere and Valuesphere*, Boston. Kluwer Academic Publishers.
- Ibn-Mohammed, T., Greenough, R., Taylor, S., Ozawa-Meida, L. ve Acquaye, A. (2013). Operational vs. embodied emissions in buildings—A review of current trends. *Energy and Buildings*. 66, s. 232-245.
- Inspedia İnternet sitesi, (12 Ocak 2020). Kerpiç Nedir? Kerpiç Kullanım Alanları ve Yapı Elemanları. 10 Eylül 2023 tarihinde <https://insapedia.com/kerpic-nedir-kerpic-kullanim-alanlari-ve-yapi-elemanlari/>, adresinden alındı.
- Kafescioğlu, R. (2017). *Çağdaş Yapı Malzemesi Toprak ve Alker*, s.2 ve 72-73. İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları, 21 Ekim 2023 https://www.academia.edu/34796702/%C3%87agda%C5%9F_Yap%C4%B1_Malzemesi_Toprak_ve_Alker . adresinden alındı.
- Kavak, K. (2005). *İktisadi Sektörler ve Koordinaayon Genel Müdürlüğü Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*. (Yayın no. DPT 2689), [DPT Uzmanlık Tezi]. <https://www.sbb.gov.tr> adresinden alındı.

- Keskin, T. ve Türkyılmaz, O. (2008). Energy Efficiency Experience In Turkey and Policy Recommendations For The Short and Medium Terms, 31st IAEE International Conference: Bridging Energy Supply and Demand, Sheraton Hotel, İstanbul.
- King, B. (2017). *The new carbon architecture: Building to cppl the climate*, Canada: New Society Publishers.
- Kim J.J. ve Rigdon B. (1998). *Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design, Collage of Architecture and Urban Planning*, Michigan: The University Michigan,
- Koç, İ. Duru, M. O. ve Dinçer, S. G. (2022) Yapılarda Gömülü ve Kullanım Enerjisi Kavramlarının Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) Metodolojisiyle İrdelenmesi, *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*. 3 (1), s. 55-69.
- Lombard, L.P, Ortiz, J. ve Pout, Ch. (2008). A Review on Buildings Energy Consumption Information, *Energy and Buildings* 40, 394–398.
- Lloyd, A. (31 Mayıs 2022). Dazed ve Constructed? How Hemp Could Alter Material Selections in Architecture. 10 Eylül 2023 tarihinde <https://www.treehugger.com/flat-house-by-practice-architecture-marvel-of-low-carbon-design-5323843>, adresinden alındı.
- Meral, S. (2017) *Binalarda Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Açısından Çatı Elemanının Malzeme ve Yapım Olarak İncelenmesi*, (Yayın no. 453319) [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Mevzuat İnternet Sitesi (2013). TS 825. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları (ICS 91.120.10) 20 Aralık 2023 tarihinde <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073099098111099114086114117048089098> adresinden alındı.

- Minke, G. (2012). *Building with Bamboo: Design and Technology of a Sustainable Architecture*, 1st edition, 160, Germany: Berlin : Birkhäuser.
- Mutlu, E. E. (4 Mart 2022). Kenevir, Limon ve Marés: Doğal Bir Ev. 4 Ocak 2024 tarihinde <https://www.arkitera.com/haber/kenevir-limon-ve-mares-dogal-bir-ev/> adresinden alındı.
- Özmehmet, E. (2007) Avrupa ve Türkiye'deki Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışına Eleştirel Bir Bakış. *Dergi Park*, 2(7). 18 Ekim 2023 <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jyasar/issue/19119/202889> adresinden alındı.
- Öztürk, M. (2014) *Yeşil Binalarda Enerji Verimliliğinin İncelenmesi ve Bina Enerji Modellemeleri*. (Yayın no. 373209) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi].<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Pintos, P. (13 Ocak 2020). Flat House / Practice Architecture + Material Cultures. 10 Eylül tarihinde https://www.archdaily.com/931730/flat-house-practice-architecture-plus-material-cultures/5e1bbffd3312fd68450000a8-flat-house-practice-architecture-plus-material-cultures-photo?next_project=no, adresinden alındı.
- Sayın, M. (2020). *Kocaeli Üniversitesi Yeşil Bina Üretiminde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Yöntemi Kapsamında Çevresel Ürün Beyanlarının Yapılarda Uygulanması*, (Yayın no. 630200) [Yüksek Lisans Tezi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık*, İstanbul: YEM Yayın.
- Sipahi, S. (2013). *Otel İç Mekânlarında Enerji Kullanımı Açısından Sürdürülebilirlik: Antalya Örneği*. (Yayın no. 335021) [Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi].<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Sinka, M., Korjakins, A. ve Sahmenko, G. (2014) Mechanical properties of precompressed hemp-lime concrete, *Journal of Sustainable Architecture and*

Civil Engineering., 3 (8), s. 92-99. 20 Ekim 2023 tarihinde <https://sace.ktu.lt/index.php/DAS/article/view/7451> adresinden alındı.

Tuğaç, Ç. (2018). Uluslararası Sürdürülebilir Kent Ölçütleri Bağlamında Türkiye için Bir Değerlendirme. *Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi*, 11(4), 703-740. 20 Ekim 2023 tarihinde <https://dergipark.org.tr> adresinden alındı.

Turan, O. (2004). "Binalarda Enerji Verimliliğinin Önemi ve Çözüm Önerileri", 23. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, *EİEİ Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Yayını*, s. 91–97, Ankara.

UN-Habitat İnternet sitesi, (2012). United nations human settlements programme sustainable housing for sustainable cities: A Policy framework for developing countries, Nairobi: Kenya. 6 Eylül 2023 tarihinde <https://unhabitat.org/sustainable-housing-for-sustainablecities-a-policy-framework-for-developing-cities>, adresinden alındı.

United Nations Economic Commission for Europe İnternet sitesi, (2015). The geneva united nations charter on sustainable housing: Ensure Access to Decent, Adequate, Affordable and Healthy Housing for All, Geneva, Switzerland. 6 Eylül 2023 tarihinde <https://unece.org/>, adresinden alındı.

Ünsal, B. (2012). Bir TOKI Konut Örneğinde Isıtma ve Soğutma Enerji Yüklerinin Farklı İklim Bölgelerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi. (Yayın no. 350579) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

voanews.com İnternet sitesi, (25 Nisan 2023). World's Tallest 'Hemp Hotel' Trails South Africa's Green Credentials. 4 Ocak 2024 tarihinde <https://www.voanews.com/a/world-s-tallest-hemp-hotel-trails-south-africa-s-green-credentials/7079081.html> adresinden alındı.

Working Group for Sustainable Construction (WGSC), (2004). Working Group Sustainable Construction Methods And Techniques Final Report. WGSC.

- Yaşar, N. (2011) *Kentsel Enerji Politikaları Bağlamında Konutlarda Enerji Verimliliği Algısı: Isparta Örneği*. (Yayın no. 289494) [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yılmaz, B. (2009) *Binalarda Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik*. (Yayın no. 251532) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yılmaz, S. (2021). *Afet Sonrası Geçici Barınmanın Çevresel Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi*, (Yayın no. 678932) [Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi].
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Yılmaz, S., Karabulut, E., Yirmibeşoğlu, F., Özmen, E., Yorulmaz, E., Güldürür, Ç., vd. (2020). *Dünya’da sosyal konut uygulama örneklerinin değerlendirilmesi ve Türkiye Kayabaşı örneği, Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Akademik Çalışmalar – II*, Editör: Dr. Seyhan Yardımlı, 305-335, Ankara: Gece Akademi.
- Zero energy İnternet sitesi. (t.y.). zero-energy-home-construction-design. 15 Eylül 2023
<https://zeroenergyproject.org/build/twelve-steps-affordable->, adresinden alındı.

ÖZGEÇMİŞ

İpek DARI

Eğitim

Derece	Yıl	Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı
Yüksek Lisans	2022.	Maltepe Üniversitesi, Mimarlık Tezli Yüksek Lisans
Lisans	2017	Özyeğin Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
Lise	2013	Ted Samsun Koleji

İş/İstihdam (Varsa)

Yıl	Görev
2021	Detay Mimarlık Atölyesi, Mimar
2022	Studio Urun Design, Mimar

