

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NET SIFIR ENERJİLİ BİNALAR İÇİN MEVCUT KONUT
CEPHELERİNDE İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN
UYGULANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZGE ŞENEL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

GEBZE
2021

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NET SIFIR ENERJİLİ BİNALAR İÇİN
MEVCUT KONUT CEPHELERİNDE
İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN
UYGULANABİLİRLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZGE ŞENEL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ SEHER GÜZELÇOBAN MAYUK

GEBZE

2021

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**EVALUATION OF THE APPLICABILITY
OF REFURBISHMENT METHODS ON
EXISTING HOUSING FACADES FOR NET
ZERO ENERGY BUILDINGS**

ÖZGE ŞENEL
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. SEHER GÜZELÇOBAN MAYUK

GEBZE
2021

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU
----------------------------------	--------------------------------------

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08/07/2021 tarih ve 2021/32 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 12/07/2021 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Özge ŞENEL'in tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : DR. ÖĞR. Ü. SEHER GÜZELÇOBAN MAYUK

ÜYE

:DOÇ. DR. GÜLTEN MANİOĞLU

ÜYE

:DR. ÖĞR. Ü. ELİF ÖZER YÜKSEL

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Binalar, dünyadaki enerji tüketiminin ve CO₂ salımının %40'ından sorumludur. Sürdürülebilir bir gelecek sağlamak amacıyla Dünya Yeşil Bina Konseyi, 2050 yılına kadar tüm binaların net sıfır karbonlu olmasını hedeflemektedir. Ayrıca, Avrupa Birliği'nde mevcut ve yeni yapılacak binalarda enerji verimliliğini amaçlayan Binalarda Enerji Performansı Direktifi yürürlüğe girmiştir. Bu direktifle, çok az enerji gerektiren ve yıllık tükettiği kadar yenilenebilir enerji üreten binalar üretmek hedeflenmektedir. Net sıfır enerjili binalara yönelik Türkiye'de de güncel çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Ancak, yoğunlukla pilot uygulamalar yapılmaktadır.

Net sıfır enerjili binaların üretiminde yoğun enerji tüketimi nedeniyle yoğunlukla konut ve konut iyileştirmeleri ön plandadır. Enerji talebinin düşürülmesi için konut cephelerinde yapılacak iyileştirmeler önemlidir. Bu nedenle çalışmada, konut cephelerinde uygulanan iyileştirme yöntemlerinin araştırılması hedeflenmiştir. Ayrıca, Türkiye'deki mevcut konut cephelerinin net sıfır enerjili binalar için iyileştirilmesinin sorgulanması amaçlanmıştır. Elde edilen iyileştirme yöntemlerinin, Türkiye'deki mevcut konut cephelerinde yapılabilecek iyileştirmelere yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

Bu kapsamda çalışmada, öncelikle literatür taraması yapılarak net sıfır enerjili bina kavramı, dünyadaki ve Türkiye'deki enerji politikaları araştırılmıştır. Sonrasında, net sıfır enerjili binalar için uygulanan mevcut konut cephe iyileştirme yöntemleri aktarılmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda; dünyadan ve Türkiye'den iyileştirme örnekleri incelenerek çeşitli başlıklar altında analiz edilmiştir. Yapılan analizlerin dünya ve Türkiye'deki durumlarının karşılaştırılmasıyla; Türkiye'de net sıfır enerjili binalar için mevcut konut cephelerinde iyileştirme yöntemlerinin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'deki mevcut konutların cepheleri gerekli ölçütler göz önünde bulundurularak iyileştirilirse, konutların net sıfır enerjili bina seviyesine ulaşabildiği görülmüştür. Bu anlamda, iklimle uyumlu yöntemlerin kullanılması, yasal mevzuatın detaylı değerlendirilmesi ve konuyla ilgili teşviklerin artırılması, yapılan uygulamaların artırılmasında önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Net Sıfır Enerjili Binalar, Enerji Tasarrufu, İyileştirme, Konut Cephesi, Mevcut Cephelerin İyileştirilmesi.

SUMMARY

Buildings are responsible for 40% of energy consumption and CO₂ emissions. The World Green Building Council aims for all buildings to be net-zero carbon until 2050 for a sustainable future. Furthermore, the Energy Performance of Buildings Directive came into force on the European Union aiming at energy efficiency in both existing and new buildings. It's aimed to produce buildings that require minimum energy and produce renewable energy as they consume annually. Currently, various works are being Turkey for net-zero energy buildings. However, they're mostly pilot implementations.

In the production of net-zero energy buildings, mostly housing and housing refurbishments are the priority because of their energy consumption. Housing facades' refurbishments are important to reduce energy demand. This study's aim researching the refurbishment methods that are applied in housing facades. It's also aimed to question the existing housing facades' refurbishment for net-zero energy buildings in Turkey. It's thought that obtained refurbishment methods are to be a guide for the renovation that can be made in the existing housing facades in Turkey.

In this study, firstly the net-zero energy buildings concept and energy policies in the world and Turkey are researched by making a literature review. Afterward, existing housing facade refurbishment methods that applied for net-zero energy buildings are presented. Next, refurbishment examples from the world and Turkey were examined and analyzed under various headings. The applicability of refurbishment methods on existing housing facades for net-zero energy buildings in Turkey has been evaluated by comparing the situation of the analyzes in the world and Turkey. Consequently, it has been seen that the residential buildings can reach the net-zero energy building level if the existing houses' facades in Turkey are refurbishment considering the necessary criteria. Therefore, using climate-compatible methods, detailed evaluation of the legal regulations and increasing the incentives related to the subject are important in increasing the implementations.

Key Words: Net Zero Energy Buildings, Energy Saving, Refurbishment, Residential Building Facade, Refurbishment of Existing Facades.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu çalışmanın hazırlanması süresi boyunca hoşgörüsü, kıymetli bilgi, tecrübe ve katkıları ile desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Seher GÜZELÇOBAN MAYUK'a,

Her koşulda sonsuz destek ve özveri gösteren başta değerli annem ve babam olmak üzere aileme,

Bütün çalışmam boyunca ellerinden gelen desteği göstermek için yanımda olan değerli dostlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLolar DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Sorunun Belirlenmesi	1
1.2. Literatür Taraması	2
1.3. Çalışmanın Amacı	7
1.4. Çalışmanın Önemi	7
1.5. Çalışmanın Kapsamı ve İçeriği	7
1.6. Çalışmanın Yöntemi	8
2. NET SIFIR ENERJİLİ BİNA (NSEB)	10
2.1. Tanımı	10
2.1.1. Net Sıfır Saha Enerjili Bina	11
2.1.2. Net Sıfır Kaynak Enerjili Bina	12
2.1.3. Net Sıfır Enerji Maliyetli Bina	13
2.1.4. Net Sıfır Enerji Emisyonlu Bina	14
2.2. Net Sıfır Enerjili Binaların Sınıflandırılması	15
2.2.1. A Sınıfı	16
2.2.2. B Sınıfı	16
2.2.3. C Sınıfı	17
2.2.4. D Sınıfı	17
2.3. Net Sıfır Enerjili Bina Tasarım İlkeleri	19
2.3.1. Pasif Sistemler	20
2.3.1.1. Bina Formu ve Yönlendirme	20
2.3.1.2. Yüksek Performanslı Bina Kabuğu	21

2.3.1.3. Doğal Havalandırma	22
2.3.1.4. Gün Işığından Kazanç	23
2.3.2. Aktif Sistemler	24
2.3.2.1. Isıtma, Soğutma ve Havalandırma (HVAC) Sistemleri	24
2.3.2.2. Isı Geri Kazanımlı Havalandırma	25
2.3.2.3. Etkin Aydınlatma ve Aydınlatma Kontrolleri	26
2.3.3. Yenilenebilir Enerji Üretimi	27
2.3.3.1. Fotovoltaik Panel	28
2.3.3.2. Güneş Enerjili Su Isıtma	30
2.3.3.3. Rüzgar Türbini	31
2.3.4. Bina Enerji Tüketiminin En Aza İndirilmesi	32
3. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE NET SIFIR ENERJİLİ BİNALARA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR	34
3.1. Dünyada Net Sıfır Enerjili Bina Politikaları	35
3.1.1. Avrupa Dışındaki Ülkelerin Net Sıfır Enerjili Bina Politikaları	35
3.1.1.1. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)	35
3.1.1.2. Kanada	36
3.1.1.3. İngiltere	37
3.1.1.4. Uzakdoğu Ülkeleri (Çin-Kore-Japonya)	38
3.1.2. Avrupa Ülkelerinin Net Sıfır Enerjili Bina Politikaları	39
3.1.2.1. Almanya	40
3.1.2.2. Danimarka	41
3.1.2.3. Hollanda	43
3.1.3. Avrupa Ülkelerinde Mevcut Konutların Net Sıfır Enerjili Bina Olarak İyileştirilmesi İçin Geliştirilen Programlar	44
3.1.3.1. EnerPHit	45
3.1.3.2. KfW Verimlilik Evi (KfW Efficiency House)	46
3.1.3.3. Enerji Sıçraması (Energiesprong)	49
3.1.3.4. Refurb Projesi (Refurb EU Project)	51
3.2. Türkiye’deki Enerji Politikaları	52
3.2.1. Yönetmelikler	52
3.2.1.1. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı	52
3.2.1.2. Enerji Verimliliği Kanunu	53

3.2.1.3. Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği	54
3.2.1.4. Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği (PATİY)	56
3.2.2. Strateji Belgeleri	56
3.2.2.1. İklim Değişikliği Strateji Belgesi 2010-2020	56
3.2.2.2. Kentsel Gelişme Strateji Belgesi (KENTGES) 2010-2023	57
3.2.2.3. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023	57
3.2.2.4. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Plan 2018-2022	58
3.2.3. Eylem Planları	58
3.2.3.1. İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023	58
3.2.3.2. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı	59
3.2.3.3. Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı	59
3.2.4. Sıfır Enerjili Binalar İçin Yapılan Diğer Çalışmalar	59
3.2.4.1. Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (nSEB) için Rehber Kitap	60
3.2.4.2. Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması için Teknik Yardım Projesi	61
4. NET SIFIR ENERJİLİ BİNALAR İÇİN UYGULANAN MEVCUT KONUT CEPHE İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ	63
4.1. Konutlarda Enerji Tüketimi	63
4.2. Net Sıfır Enerjili Binalar İçin Mevcut Konutların İyileştirilmesi	65
4.2.1. İyileştirmeyi Etkiyen Temel Ögeler	68
4.2.2. İyileştirme Aşamaları	69
4.2.3. İyileştirmelerde Olumlu Yönler ve Karşılaşılan Sorunlar	70
4.2.4. Mevcut Konut Cephelerinin İyileştirilmesinin Net Sıfır Enerjili Bina Açısından Önemi	72
4.3. Mevcut Konut Cephelerinde İyileştirme Yöntemleri	74
4.3.1. Stratejiler	75
4.3.1.1. Değiştirme	75
4.3.1.2. Ekleme-İç	76
4.3.1.3. Sarmalama	77
4.3.1.4. Ekleme-Dış	79
4.3.1.5. Kaplama	80
4.3.2. Yenileme Bileşenleri	80
4.3.2.1. Dış Duvarlar	81

4.3.2.2. Pencereleler	94
4.3.2.3. Kapılar	101
4.3.2.4. Balkonlar	102
4.3.3. Malzeme	105
4.3.3.1. Dış Duvar Isı Yalıtım Malzemeleri	105
4.3.3.2. Dış Pencere Camı	108
4.3.3.3. Dış Pencere Çerçeve Malzemeleri	112
4.3.3.4. Dış Duvar Dolgu Malzemeleri	115
4.3.3.5. Cephe Kaplamasında Kullanılan Malzemeler	117
5. NET SIFIR ENERJİLİ BİNALAR İÇİN MEVCUT KONUT CEPHELERİNDE İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	122
5.1. Dünyadan Net Sıfır Enerjili Binalar İçin İyileştirme Yapılmış Konut Örnekleri	123
5.1.1. Konut 1, Zürih, İsviçre	123
5.1.2. Konut 2, Kapfenberg, Avusturya	129
5.1.3. Konut 3, Blaue Heimat, Heidelberg, Almanya	135
5.1.4. Konut 4, Sems Have, Roskilde, Danimarka	140
5.1.5. Konut 5, Paddepoel, Groningen, Hollanda	144
5.1.6. Konut 6, Hem, Fransa	148
5.1.7. Konut 7, Nottingham City Home 2050 - Nottingham, İngiltere	150
5.1.8. Konut 8, Perlita Passive House, ABD	154
5.1.9. Konut 9, Stratton-Lee DIY House, ABD	161
5.2. Türkiye’den Net Sıfır Enerjili Bina İçin İyileştirme Yapılmış Bina Örnekleri	166
5.2.1. Gaziantep GAP Enerji Verimliliği Danışmanlığı ve Kuluçka Merkezi	166
5.2.2. Ankara Pasif Ev	170
5.3. Mevcut Konut Cephelelerinde İyileştirme Yöntemlerinin Uygulanabilirliğinin Sorgulanması	173
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	182
KAYNAKLAR	188

ÖZGEÇMİŞ	202
EKLER	203

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Açıklamalar</u>
<u>Kısaltmalar</u>	
m	: Metre
m ²	: Metrekare
mm	: Milimetre
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BEP	: Binalarda Enerji Performansı
BEPD	: Binalarda Enerji Performansı Direktifi
BIPV	: Bina Entegre Fotovoltaik
CHP	: Kombine Isı ve Güç Sistemi
CO ₂	: Karbondioksit
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
EPK	: Enerji Performans Katsayısı
HVAC	Isıtma, Soğutma ve Havalandırma
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
NSEB	Net Sıfır Enerjili Bina
nSEB	: Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina
PV	: Fotovoltaik
SEB	: Sıfır Enerjili Bina
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: NSEB denge grafiği.	10
2.2: Net sıfır saha enerjili bina diyagramı.	12
2.3: Net sıfır kaynak enerjili bina diyagramı.	13
2.4: Net sıfır maliyet enerjili bina diyagramı.	14
2.5: Net sıfır enerji emisyonlu bina diyagramı.	15
2.6: Net sıfır enerjili bina tasarım ilkeleri.	20
2.7: Doğal havalandırma şeması.	23
2.8: Isı geri kazanım sistemi.	26
2.9: Şebekeye bağımsız PV güç sistemi.	29
2.10: Şebekeye bağlı deposuz PV güç sistemi.	30
2.11: a) Tipik düz panel güneş enerjili su ısıtıcıları, b) Tipik vakum tüplü güneş enerjili su ısıtıcıları.	31
2.12: Çalıştırılabilir pencereler ile ısıtma ve soğutma sistemlerinin birlikte çalışması	33
3.1: EnerPHit güçlendirme planı ve sertifikasyon süreci.	45
3.2: İyileştirme aşamalarında enerji talebi ve yenilenebilir enerji üretimi.	46
3.3: KfW Verimlilik Evi destek seviyeleri.	47
3.4: KfW Verimlilik Evi'nin enerji tasarrufu potansiyeli örnekleri.	48
3.5: KfW borç verme ilkesi.	49
3.6: KfW kalite kontrol aşamaları.	49
3.7: Enerji Sıçraması (Energiesprong) yatırımı ödeme yapmak üzere enerji faturasının aylık enerji planına (servis ücreti) dönüştürülmesi	51
3.8: Enerji kimlik belgesi örneği.	55
4.1: Elektrik tüketiminin sektörlere göre dağılımı.	64
4.2: Hane halklarının konutta en çok kullanılan ısıtma sistemine göre dağılımı.	65
4.3: Binalara müdahale seviyeleri.	66
4.4: Hane halklarının bina inşa yılına göre dağılımı	67
4.5: Bina iyileştirmelerini etkileyen temel öğeler.	68
4.6: Bina iyileştirmelerinde temel aşamalar.	69

4.7:	Tipik bina kabuğunun performans davranışından etkilenen alanlar.	73
4.8:	İyileştirme yöntemleri şematik gösterimi.	74
4.9:	Konut binalarının iyileştirilmesinde müdahale türüne göre iyileştirme stratejileri.	75
4.10:	De Valk Apartman Bloğu, Hollanda: Mevcut cephenin tamamen değiştirilmesi.	76
4.11:	Eski ABD Başkonsolosluğu'nda ekleme-iç stratejisi.	77
4.12:	Ön yapımlı cephe modülü detayı.	78
4.13:	Dieselweg 4 sarmalama stratejisi, a) İyileştirme öncesi, b) İyileştirme sonrası.	78
4.14:	Ekleme-dış stratejisi, a) İyileştirme öncesi, b) İyileştirme sonrası.	79
4.15:	Kaplama stratejisi.	80
4.16:	TS 825'de belirtilen dıştan yalıtım detayı.	82
4.17:	TS 825'de belirtilen içten yalıtım detayı.	83
4.18:	Boşlukta yalıtım.	84
4.19:	Havalandırılmalı cephe.	85
4.20:	Ahşap çerçeve duvar elemanı temel yapısı.	87
4.21:	Ön yapımlı ahşap çerçeveli cephe elemanlarının fabrikada üretim aşamaları.	88
4.22:	İkinci cephe konsepti.	89
4.23:	Çok katlı çift cephe.	90
4.24:	a) Koridor cephe, b) Kutu pencere cephe, c) Çift pencere cephe.	90
4.25:	Şaft kutusu cephesi.	91
4.26:	Gölgeleme elemanı olarak tasarlanan PV paneller.	2
4.27:	Giydirme cephe sistemlerinde kullanılan PV paneller a) Düzlemsel, b) Eğimli, c) Kırıklı.	93
4.28:	Güneş kolektörleri eklenmiş yatay ön yapımlı modüller.	93
4.29:	Güneş enerjisinin pencere yüzeyleriyle etkileşimi.	95
4.30:	44 mm ve 0,8 W/m ² K U değerine sahip üç camlı pencere sistemi.	97
4.31:	Sabit dış gölge elemanları.	99
4.32:	Yatay gölgeleme elemanı (saçak) örnekleri.	99
4.33:	Hareketli dış gölge elemanları.	100
4.34:	İç gölge elemanları.	100

4.35:	Çift cam arası jaluzi.	101
4.36:	Kapılarda ısı kayıplarına neden olan boşluklar.	101
4.37:	a) Yalıtımsız mevcut balkon döşemesi, b), c) Yalıtım uygulamasından sonra balkon döşemeleri.	103
4.38:	Balkon ısı bariyeri, a) Kesiti, b) Detayı.	104
4.39:	a) Genleştirilmiş mantar levha, b) Ahşap lifli levha, c) Keten lifli levha.	106
4.40:	a) Cam yünü, b) Taş yünü.	107
4.41:	a) EPS, b) XPS.	107
4.42:	Yalıtımlı cam türleri.	109
4.43:	Low-E kaplamaların yüzey yerleşimi.	110
4.44:	Termokromik camın değişik durumlarda görünüşleri.	111
4.45:	Elektrokromik camların şematik gösterimi.	111
4.46:	Tipik bir c-Si PV camın şematik gösterimi.	112
4.47:	Alüminyum çerçeve.	113
4.48:	Ahşap çerçeve.	113
4.49:	PVC çerçeve.	114
4.50:	Kompozit çerçeve.	114
4.51:	Farklı tuğla çeşitleri, a) Düşey delikli, b) Yatay delikli, c) Isı yalıtım tuğlası.	116
4.52:	Farklı bimsblok yapı malzemeleri.	116
4.53:	a) Gazbeton duvar bloğu, b) Isı yalıtım plağı.	117
4.54:	Doğal taş kaplama çeşitleri, a) Granit, b) Mermer.	118
4.55:	Seramik kaplama çeşitleri.	118
4.56:	Farklı ahşap kaplama levhaları.	119
4.57:	a) Trapez levha, b) Yalıtımlı sandviç panel.	119
4.58:	PVC kaplama.	120
4.59:	a) Cam tuğla, b) Giydirme cephe detayı.	120
5.1:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	123
5.2:	Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.	124
5.3:	a) 3 x 10 m cephe elemanının sahaya taşınması, b) Havalandırma boşluklu cephe elemanın fabrikada üretimi.	125
5.4:	Ön yapımlı ahşap panellerin dış duvarlara sabitlenmesi.	125

5.5:	İyileştirme yapılan konutun değişikliklerini gösteren kat planları, a) İyileştirmeden önce, b) İyileştirmeden sonra.	126
5.6:	Dış duvar katmanları.	127
5.7:	Üç camlı yüksek performanslı pencere detayı.	127
5.8:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	130
5.9:	Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.	130
5.10:	Ön yapımlı cephe panelleri, a) Üretimi, b) Yerinde montajı.	131
5.11:	a) Ön yapımlı cephe modüllerinin batı cepheye montajı, b) Eklenen yeni balkonlar.	132
5.12:	a) Bütünleşik aktif enerji üretimine sahip ön yapımlı cephe elemanları, b) Güney cephede PV ve güneş enerjisi panelleri.	133
5.13:	Dış duvar katmanları.	133
5.14:	Üç camlı yüksek performanslı pencere detayı.	134
5.15:	İyileştirme sonrası konutun farklı cephelerinin görünümü.	134
5.16:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	169
5.17:	Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.	137
5.18:	Dış duvar katmanları.	137
5.19:	a) Konutun iyileştirmeden önceki durumu, b) iyileştirmeden sonra balkonlarının görünümü.	138
5.20:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	140
5.21:	Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.	141
5.22:	İyileştirme aşamasında cephenin görünümü.	141
5.23:	Eklenen yeni çelik balkonlar.	142
5.24:	Dış duvar detayı.	142
5.25:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	145
5.26:	Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.	145
5.27:	a) Panellerin uygulanması, b) Yeni temel hazırlığı.	145
5.28:	Konut balkonu, a) İyileştirmeden önce, b) İyileştirmeden sonra.	146
5.29:	Konutun giriş cephesi, a) İyileştirmeden önce, b) İyileştirmeden sonra	146
5.30:	İyileştirme sonrası konutun cephe görünümü.	147
5.31:	Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.	148
5.32:	Ön yapımlı panellerin sahada montaj aşaması.	149
5.33:	Ön yapımlı panellerin teknik yaklaşımı.	149

5.34:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	151
5.35:	Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.	151
5.36:	Ön yapımlı panellerin sahada montaj aşaması.	152
5.37:	Konutun kesiti ve cephe detayı.	153
5.38:	Konutun ön cephesinin görünüşü.	153
5.39:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	155
5.40:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	155
5.41:	Yıkılmış özgün konutun görünümü.	156
5.42:	Konutun iyileştirme aşamasındaki bazı görünümleri.	157
5.43:	İkinci duvarın cam yünü yalıtım katmanı.	157
5.44:	Zemin kat dış duvar katmanları.	158
5.45:	İkinci kat dış duvar katmanları.	158
5.46:	Toplam net enerji performansı grafiği.	160
5.47:	İyileştirme sonrası konutun farklı cephelerinin görünümü.	161
5.48:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	162
5.49:	Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.	162
5.50:	a)Yalıtımsız dış duvar, b) Çerçeve aralarına yalıtım uygulanması.	163
5.51:	Konutun dış duvar katmanları, a) İyileştirilmeden önce, b) İyileştirilmeden sonra.	164
5.52:	Toplam net enerji performansı grafiği.	165
5.53:	Yapının iyileştirmeden önceki görünüşü.	167
5.54:	İyileştirme öncesi yapının farklı cephelerinin görünümü.	167
5.55:	Yapının iyileştirmeden sonraki görünüşü.	167
5.56:	Dış duvar katmanı.	168
5.57:	a) Pencere sistemi detayı, b) Uygulama sonrası görünümü.	169
5.58:	Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.	170
5.59:	Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.	171
5.60	İyileştirme aşamasında cephenin bazı görünümleri.	172

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: NSEB'ları Yenilenebilir Enerji Kaynağına Göre Sınıflandırılması.	18
2.2: NSEB Tasarımı İçin Uygulanması Gereken Dört Temel İlke.	19
3.1: TS 825 2013 Yılı Versiyonunda Kabul Edilen U-Değeri Sınırları.	53
4.1: Enerji Etkin İyileştirmede Başlıca Problemler.	72
4.2: Bazı Pencere Sistemlerinin Up Değerleri.	115
5.1: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	128
5.2: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	135
5.3: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	139
5.4: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	143
5.5: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	150
5.6: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	154
5.7: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	157
5.8: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	160
5.9: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	165
5.10: Yapının İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	169
5.11: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.	173
5.12: Örnek Binaların İyileştirme Sonrası Değerlendirme Tablosu.	175

1. GİRİŞ

1.1. Sorunun Belirlenmesi

Son yıllarda artan enerji tüketim oranları ve beraberinde gelen sera gazı emisyonları dünyanın en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Bina sektörü dünyadaki toplam enerji tüketiminin %40'ından ve Türkiye'deki enerji tüketiminin yaklaşık %32,8'inden sorumludur [1]. Bu nedenle, iklim değişikliğinin etkisini azaltmak ve sürdürülebilir düşük karbonlu bir gelecek sağlamak amacıyla başta Avrupa Birliği (AB) ülkeleri olmak üzere dünyada enerjinin verimli kullanılmasına yönelik politikaların geliştirildiği ve çalışmaların yürütüldüğü görülmektedir.

Bu kapsamda, Dünya Yeşil Bina Konseyi tüm yeni binaların 2030'dan sonra %100'e kadar net sıfır karbonlu olması ve 2050 yılına kadar ise tüm binaların %100'ün net sıfır karbonlu olması yönünde iki ana hedef belirlemiştir. Bu anlamda, belirlenen ilk hedefe göre net sıfır karbonlu binalar mümkün olan en kısa sürede standart iş uygulaması haline gelmelidir. İkinci hedefe göre ise mevcut binalar yenilenirken sadece yenileme değil aynı zamanda net sıfır karbon standardına göre yapılmalıdır. Böylece, 2050 yılına kadar bütün binaların net sıfır karbonlu olması hedeflenmiştir [2].

Aynı zamanda, 4 Ocak 2003 tarihinde AB tarafından Binalarda Enerji Performansı Direktifi-BEPD (Energy Performance of Buildings Directive-EPBD) yürürlüğe girmiştir. Direktif, Avrupa'da hem mevcut hem de yeni yapılacak binalarda enerjinin daha verimli kullanılmasını amaçlamakta ve binalar için en az enerji performansı koşullarını belirlemektedir. Bundan dolayı, son yıllarda çok az enerji gerektiren ve yıllık tükettiği kadar yenilenebilir enerji üreten binalar olarak tanımlanan Net Sıfır Enerjili Bina-NSEB (Net Zero Energy Building-NZEB) gündeme gelmeye başlamıştır. Bu anlamda, AB genelinde NSEB sayısının artırılması hedefi bulunmakta ve mevcut binaların yaklaşık ya da NSEB'lara dönüştürülmesi için üye ülkelerce çeşitli önlemler alınarak çalışmalar yürütülmektedir. BEPD, 2020 yılına kadar yeni inşa edilen tüm binaların Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina-nSEB (nearly Zero Energy Buildings-nZEB) olması gerektiğini belirtmiştir. Bununla birlikte, mevcut binaların iyileştirilmesiyle 2050 yılına kadar sıfır karbon salımına sahip bina stokuna ulaşmayı amaçlamaktadır [3].

Son yıllarda, Türkiye’de de enerji gerekliliklerini karşılayacak ulusal mevzuatın geliştirildiği ve güncel olarak, NSEB’lara yönelik çeşitli çalışmaların yürütüldüğü görülmektedir. Buna karşın, Türkiye’de yapılan uygulamaların çoğunlukla pilot çalışma niteliğinde olması, bu tür enerji verimli uygulamaların az sayıda olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye’de nüfusun artmasına paralel olarak gelişen şehirleşme ortamında konut üretiminin hızlı artışına karşın, mevcutta bulunan konut sayısı da oldukça fazladır. Konutlarda yoğun olarak tüketilen enerji nedeniyle, sera gazı salımlarının ve enerji tüketimlerinin fazla olması sorunları yaşanmaktadır. Konutların ısıtılmasında kullanılan petrol ve doğalgaz, karbondioksit salımlarının yaklaşık %83’ünden sorumludur [4]. Bu açılardan bakıldığında, konutlarda enerji tüketimi ve enerji etkinliği gibi kavramların önem taşıdığı görülmektedir. Buna ek olarak, NSEB’a ulaşmak amacıyla yapılan iyileştirmelerde de konutlar bu nedenlerle öncelikli olarak ele alınmaktadır.

Türkiye’de enerji tüketiminin yaklaşık %30’unu konutlar tarafından kullanılan enerji oluşturmakta olup, konutların enerji tüketiminde sanayi sektöründen sonra ikinci sırada yer aldığı bilinmektedir [5]. Ayrıca, Türkiye’de konutlarda iklimle uyumlu olmayan yalıtımdan dolayı ortaya çıkan enerji kayıpları, AB ve diğer gelişmiş ülkelere göre üç kat daha fazladır [6]. Türkiye’deki mevcut konut stokunun enerji etkinliğinin düşük olduğu göz önünde bulundurulursa, mevcut konutların NSEB kapsamında iyileştirilmesi önem taşımaktadır.

Binalarda kullanılan enerjinin büyük bir oranı ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve sıcak su temini için harcanmaktadır. Buna bağlı olarak, iç ve dış ortamı birbirinden ayıran ve ısı kontrolünde büyük bir rol oynayan bina cephelerinde yapılacak iyileştirmeler, bina enerji talebinin düşürülmesine yönelik olarak atılacak adımlarda yüksek önem taşımaktadır. Bu nedenle, bina cephelerinde yapılacak iyileştirmelerin, NSEB’a ulaşmada etkili olduğu düşünülmektedir.

1.2. Literatür Taraması

Torcellini vd. yaptıkları çalışmada, NSEB’yı neredeyse sıfır ya da çok az enerji gerektiren, çok yüksek bir enerji performansına sahip, tükettiği enerjiyi yerinde ya da

yakınında üretilen yenilenebilir enerji kaynakları da dahil olmak üzere temel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılayan bina olarak tanımlanmaktadır [7].

Literatürde NSEB'lara yönelik yapılan pek çok çalışmaya rastlanmaktadır. Marszal vd. NSEB'ların mevcut tanımı ve enerji hesaplama yöntemleri hakkında bir literatür taraması sunmuştur. Farklı enerji tüketim sınırları ile çerçeveleyen çalışmada net sıfır enerji kavramının temelini, tüketilen ve üretilen enerjiyi dengelemek olarak açıklamıştır [8]. Deng vd. NSEB'ların tanımı ve enerji verimliliği önlemleri hakkında bir araştırma yapmıştır. Ayrıca NSEB'lar için yaygın olarak kullanılan araştırma yöntemlerini, araçlarını ve performans değerlendirme göstergelerini de ele almıştır [9].

Yapılan bir başka çalışmada, dünya çapında net sıfır enerjili konutların daha geniş ve daha başarılı bir şekilde uygulanmasına yönelik referanslar ve destek sağlamayı amaçlayan son gelişmeler genel olarak ele alınmıştır. Çalışmada, iyileştirilmiş bina kabuğu tasarımlarına, verimli ısıtma ve soğutma sistemlerine, verimli kullanım sıcak suyu sistemlerine ek olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına da yer verilmiştir [10].

Hasan (2011) yaptığı çalışmada, NSEB'ların en uygun şekilde tasarlanması için bir yöntem sunmuştur. Yöntem NSEB tasarımında; yerinde yenilenebilir enerji üretimi, enerji dönüşümü, HVAC sistemleri, bina kabuğu ve şebeke bağlantısını tek bir tasarım problemi olarak ele almaktadır. Ayrıca, yöntem enerji tüketimini, CO₂ emisyonunu, maliyeti ve iç ortam rahatsızlığını aynı anda en aza indirmektedir [11].

Roudi (2015) yaptığı tez çalışmasında, binaların bulunduğu iklim bölgesine göre hangi tür gereksinimlerin ve tasarımların daha uyumlu olduğunu ele almıştır. Farklı iklim bölgelerinde NSEB'ların bazı tasarım gereksinimlerinin değerlendirilmesine odaklanmıştır. Çalışmaya göre, NSEB'ya ulaşmak için pasif tasarım, enerji verimli bina sistemleri ve yenilenebilir enerji sistemleri birlikte düşünülmelidir. Öte yandan çalışmada, bir NSEB tasarlamak ve inşa etmek için sürecin başından itibaren, enerji talepleri ve enerji üretiminin tutarlı bir şekilde dengede tutulması gerektiği vurgulanmıştır [12].

Günümüzde, konut binalarının NSEB standardına göre iyileştirilmesi, enerji talebini ve fosil yakıtlara bağımlılığı önemli ölçüde azaltmak için oldukça önemlidir. Bu konuya yönelik yapılmış farklı çalışmalar literatürde yer almaktadır. Yapılan bir çalışmada, İtalya'daki 1950-1990 yıllarında inşa edilen konutların NSEB olarak iyileştirilmesi amacıyla esnek bir iyileştirme çözümü önerilmiştir. Tipik bir apartman

örnek çalışma olarak seçilerek fotovoltaik (PV) panelleri içeren yeni bir modüler cephe sistemi tasarlanmıştır. Sistem sayesinde güneş enerjisinden en yüksek seviyede faydalanılmaktadır. Ayrıca, önerilen sistem bina kabuğuna yalıtım sağlayarak binanın ısı geçirgenliğini iyileştirmiştir. Binada uygulanan yerinde enerji üretimi ile NSEB standardına ulaşılmıştır [13].

Avusturya’da yapılan bir çalışmada ise, net sıfır enerjili olarak iyileştirilen bir konut ele alınmıştır. Konutun kabuğu ön yapımlı cephe ve çatı elemanları ile yüksek performanslı olacak şekilde iyileştirilmiştir. Ayrıca, konutta bina hizmetleri için ön yapımlı elemanlar kullanılmıştır. Binada PV elemanlar ile yerinde enerji üretimi sağlanarak, şebeke bağlantılı NSEB standardına ulaşılmıştır [14].

Yapılan diğer bir çalışmada, Hollanda’daki bina stokunun enerji verimli olarak iyileştirilmesi ve sıfır enerji seviyesine ulaşılması amacıyla derin yenileme yönteminin hedeflendiği vurgulanmaktadır. Sıfır enerji iyileştirmelerinde karşılaşılan temel sorunları ele alan çalışma, mevcut enerji performansını sıfır enerji seviyesine yükselten ön yapımlı ve bütünlük bir cephe modülü sunmaktadır. Bu modüle ek olarak, binaya enerji üreten sistemler eklenerek sıfır enerjiye ulaşmak mümkündür. Ayrıca, çalışma böyle bir sıfır enerjili iyileştirmeyi ekonomik açıdan da incelemiştir. Çalışma, yüksek enerji tasarrufu sağlayan ve iyileştirme sorununa uygulanabilir bir çözüm sunmuştur [15].

Pihelo ve Kalamees (2019) Estonya’da bulunan eski bir apartman binasını sıfır enerjili binaya dönüştürmek amacıyla yaptıkları çalışmada, U değerleri 0.10-0.12 W/m²K olan yalıtımlı ön yapımlı ahşap çerçeve elemanları kullanmıştır. İyileştirme sonrası yapılan hava sızdırmazlığı, ısı akışı ve sıcaklık ölçüm sonuçlarında tasarım değerlerine göre bazı sapmalar görülmüştür. Bunun nedeni, elemanların hatalı birleşim noktalarıdır. Dolayısıyla, yalıtımlı ahşap çerçeve elemanları ile yüksek kaliteli ve sürdürülebilir iyileştirme için şantiyede kapsamlı denetim ve sıkı kalite kontrol kurallarının gerekli olduğu vurgulanmıştır [16].

Caskey vd.’nin (2016) ABD’de 1920’lerde yapılmış tekil bir konutu NSEB olarak iyileştirmek amacıyla yaptıkları çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama mevcut konutun enerji analizlerinin yapılmasıdır. İkinci aşama bina kabuğunun ısı yalıtımı uygulanarak iyileştirilmesi ve PV-termal güneş sisteminin kurulumudur. Çalışmaya göre iyileştirme sonrası konut net sıfır enerji hedefine ulaşamamış, ancak güneş sistemi tüketilen saha elektriğinin %60’ını üretmiştir. Ayrıca, iyileştirme sonrası konutun yıllık ısıtma talebi yaklaşık %50 oranında azalmıştır [17].

Avrupa’da Horizon2020 projesi kapsamında konutların ön yapımlı elemanlarla derin enerji yenilemesi için pilot uygulama projeleri yürütülmektedir. Bu kapsamda, Danimarka’daki pilot projeyi ele alan bir çalışma yapılmıştır. Bu proje, üç yapı bloğunun enerji açısından kapsamlı olarak iyileştirilmesini içermektedir. NSEB seviyesini hedefleyen bu binalar için bir enerji yenileme konsepti geliştirilmiştir. Geliştirilen konsept, dış duvarlarda ve çatıda ek yalıtım, yeni üç katmanlı düşük enerjili pencereler, ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi ve yenilenebilir enerji üretimini içermektedir. Ayrıca, PV hücrelerinin çatı elemanlarına tamamen bütünleştiği yeni bir PV çatı çözümü ve yalıtımlı cephe katmanının üç boyutlu olarak basılmasıyla ilgili teknolojiler geliştirilmiştir. Sonuç olarak, uygun maliyetli ve NSEB seviyesine ulaşan bir enerji iyileştirmesi gerçekleştirilmiştir [18].

Uluslararası Enerji Ajansı, UEA (International Energy Agency, IEA), 2008 yılında Güneş Enerjisiyle Isıtma ve Soğutma Programı (Solar Heating and Cooling Program, SHC) kapsamında, “Görev 40 Net Sıfır Enerjili Güneş Binalarına Doğru (Task 40 Towards Net Zero Energy Solar Buildings)” projesini başlatmıştır. Araştırmacılar, bu görev aracılığıyla ortak bir anlayış ve uluslararası bir tanım geliştirmek amacıyla nSEB ve NSEB üzerine çalışmalar yapmaktadır. Yenilikçi ve teknolojik gelişmeleri benimseyen çözümler geliştirilmektedir. Ayrıca, görev kapsamında dünyadaki NSEB’lerin veri tabanı kurulmuştur [19].

Türkiye’de de Sıfır Enerjili Bina (SEB)’lara yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Göksal Özbalta (2019) yaptığı çalışmada, soğuk iklim bölgelerinde uygulanan pasif, düşük enerjili ve aktif enerjili bina uygulamalarını ve yerleşimlerini incelemiştir. Çalışmaya göre, binaların sıfır enerjili olabilmesi için bina kabuğunun performansının artırılarak ısıtma, soğutma ve havalandırma için harcanan enerjinin azaltılması, ısı geri kazanım sistemi kurulması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, bulunan bölgenin iklim koşullarının değerlendirilerek, enerji tüketimi ve sera gazı salımlarının en aza indirildiği yapılar inşa etmenin Türkiye açısından kaçınılmaz bir gereklilik olduğu aktarılmaktadır [20].

Utlu ve Tekin (2013) yaptıkları çalışmada, Türkiye iklim şartlarında net sıfır enerjili bir bina tasarımı için olası çözümleri incelemiştir. Kullanılan simülasyon programı yardımıyla belirlenen iklim şartlarında yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji verimli ve SEB’lerin uygunluğu ele alınmıştır. Ayrıca, belirlenen bir konut dış hava koşulları ve dış cephe tasarımı bağlamında incelenerek NSEB parametrelerinin Türkiye’de uygulanabilirliği araştırılmıştır. Belirlenen konutun

enerji verimli tasarımı ile özgün tasarım karşılaştırıldığında sonuç olarak yaklaşık %31 oranında ısı enerjisi tasarrufu elde edildiği görülmüştür [21].

Tombak ve Hozatlı (2019) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, BEPD kapsamında uygulanan nSEB kavramını AB ülkelerinin nasıl tanımladığı, kendi ulusal mevzuatlarına nasıl uyguladıkları ve öne çıkan uygulamalar ele alınmıştır. Bunlara ek olarak, nSEB kavramının Türkiye'ye uyarlanmasına ilişkin yöntemlere yer verilmiştir. Çalışmaya göre, Türkiye'deki mevcut binaların nSEB olarak iyileştirilmesinde, her bir iklim bölgesi ve bina yapım yılı dikkate alınarak kapsamlı yenileme paketleri hazırlanmalıdır. Ayrıca, belirlenen nSEB tanımında bina enerji performansı ve yenilenebilir enerji sistemleri yer almalıdır ve bu iki unsurun binalarda uygulanmasında maliyet etkinlik hesabı yapılarak değerlendirilmesi gerekmektedir [22].

ZeroBuild Forum olarak adlandırılan Uluslararası Sıfır Enerjili Binalar Forumu, %100 sıfır enerji binalara yönelik dönüşümün nasıl sağlanacağıyla ilgili bilgileri içeren dijital konferanslar serisi 2020 yılında başlatılmıştır. ZeroBuild Türkiye bölümü de bulunan konferanslar, SEB'lara yönelik olarak stratejik hedefleri, tanımları, eylem yollarını ve eylemleri belirleyen ilkeleri içermektedir. ZeroBuild Forum bina profesyonellerini, üreticileri ve tedarikçileri bir araya getirmektedir. Forumda farklı ülkelerden uzmanlar, SEB'ların tasarım ilkelerini, ürün ve bileşen tedarikçileri ve üreticileri de uygulamalarını paylaşmaktadır [23]. ZeroBuild Türkiye bünyesinde çalışmalarını yürüten Somuncu, Türkiye'de SEB'ların yaygınlaşmasında belediyelerin büyük rol oynadığını vurgulamıştır. Türkiye'nin iklim şartları göz önüne alınarak il ve ilçe belediyeleri tarafından somut adımların atılması gerektiği düşünülmektedir [24].

Bu çalışmalara ek olarak, son yıllarda NSEB araştırmalarını teşvik etmek amacıyla birçok ülke, kuruluş ve dernek tarafından pek çok girişim, politika ve proje geliştirilerek sunulmuştur. Bu çalışmalar 3. Bölümde detaylı olarak incelenmiştir.

Tüm bu araştırmalardan yola çıkıldığında, yurt dışında binaların NSEB olması amacıyla yapılan çok yönlü çalışmaların olduğu görülmektedir. Buna karşın, Türkiye'de yapılan çalışmaların daha az sayıda olduğu ve bu çalışmaların da çoğunlukla enerji etkinliğine odaklandığı görülmüştür. Özellikle, NSEB'ya yönelik çalışmaların az olması ve enerjinin oldukça önem kazandığı günümüzde, Türkiye'deki mevcut binaların NSEB olarak iyileştirilmesi konusunda farkındalık sağlanması gerektiği düşünülmektedir.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmayla, öncelikli olarak Türkiye’de NSEB konusunda yapılan çalışmaların artırılması ve NSEB uygulamaları, uygulamaların olumlu yanları ve uygulamalarda karşılaşılan zorluklar konularında gerek konunun uzmanlarına gerekse yerel yönetimlere bilgi aktarımı sağlanması amaçlanmıştır. Bu anlamda, enerji tüketimi açısından yoğun olan mevcut konut yapıları ve bu tür yapıların cephelerinde uygulanan iyileştirme yöntemlerinin değerlendirilmesi hedef olarak belirlenmiştir. Dünyadaki ve Türkiye’deki enerji politikaların araştırıldığı, yurt dışı ve yurt içi çeşitli uygulamaların incelendiği bu çalışmayla aynı zamanda, Türkiye’deki mevcut konut cephelerinin NSEB olması amacıyla iyileştirilmesinin ve Türkiye’de NSEB’ların mümkün olup olmadığının sorgulanması amaçlanmıştır.

1.4. Çalışmanın Önemi

Konutların yoğun enerji kullanımına sahip olduğu göz önüne alındığında, Türkiye’deki mevcut konutların enerji verimli olarak iyileştirilmesinin enerji korunumu açısından önemli olduğu görülmektedir. Bu açıdan, çalışma sonucu elde edilen iyileştirme yöntemlerinin, Türkiye’deki mevcut konutlara uygulanabilirliğinin değerlendirilmesinin, ileride yapılabilecek bu tür iyileştirme uygulamalarında yol gösterici ve yapılacak diğer çalışmalar açısından örnek olabileceği düşünülmektedir.

1.5. Çalışmanın Kapsamı ve İçeriği

Tez kapsamında, enerji verimliliğinin bir başka aşaması NSEB için mevcut konut cephelerinde uygulanan yöntemler araştırılmıştır. Bunlara ek olarak, yöntemlerin uygulanmasında etkili olan yurt dışı ve yurt içi enerji politikaları ve teşvikler, dünya genelindeki ve özellikle Avrupa’daki mevcut konutların NSEB olarak iyileştirilen örnekleri cephe iyileştirmeleri bağlamında incelenmiştir. Ayrıca, Türkiye’de az sayıda bulunan nSEB ya da NSEB olan binalar bu kapsamda ele alınmıştır.

Altı bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde çalışmanın problemi belirlenmiş, çalışmanın amacı, önemi, kapsamı, içeriği ve yöntemi hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, NSEB kavramı hakkında genel bilgiler ile NSEB'nin tanımına ve sınıflandırılmasına yer verilmiştir. NSEB tasarım ilkeleri; pasif sistemler, aktif sistemler, yenilenebilir enerji üretimini ve bina enerji tüketiminin en aza indirilmesi başlıklarından bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, Dünyada NSEB politikaları, Avrupa ülkelerinin NSEB politikaları ve Türkiye'deki enerji politikaları hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Avrupa ülkelerinde mevcut konutların NSEB olarak iyileştirilmesi için geliştirilen programlardan ve teşviklerden bazıları aktarılmıştır.

Dördüncü bölümde, konutlarda enerji tüketimi, mevcut konutların NSEB olması amacıyla iyileştirilmesi ve konut cephelerinin iyileştirilmesinin NSEB için önemine yer verilmiştir. Konut cephelerinde iyileştirme yöntemleri kapsamında stratejiler, yenileme bileşenleri ve malzeme konuları ele alınmıştır. Değiştirme, ekleme-iç, sarmalama, ekleme-dış ve kaplama stratejileri incelenmiştir. Ayrıca, cepheyi oluşturan bileşenler olan dış duvar, pencere, kapı ve balkon iyileştirilmeleri hakkında bilgi verilmiştir. Aynı zamanda, dış duvar ısı yalıtım malzemeleri, cam türleri, dış pencere çerçevesi, dış duvar dolgu malzemeleri ve dış cephe kaplamalarına yer verilmiştir.

Beşinci bölümde, Dünyada NSEB olarak iyileştirme yapılmış konut örnekleri ve Türkiye'den örnekler incelenmiştir. Bu bölümde, mevcut konut cephelerinde iyileştirme yöntemlerinin uygulanabilirliği sorgulanmıştır. Son olarak altıncı bölümde ise, yapılan çalışmadan çıkarılan sonuçlar ile öneri ve düşünceler yer almaktadır.

1.6. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada, öncelikle literatür taraması yapılarak NSEB kavramı, Avrupa dışı ve Avrupa olmak üzere dünya ülkelerinin ve Türkiye'nin enerji politikaları araştırılmıştır. Sonrasında, NSEB'lar için uygulanan mevcut konut cephe iyileştirme yöntemleri detaylı olarak aktarılmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda; dünyadan dokuz (9), Türkiye'den iki (2) iyileştirme örneği incelenmiş ve çeşitli başlıklar

altında analiz edilmiştir. Son olarak, yapılan analizlerin dünya ve Türkiye'deki durumlarının karşılaştırılmasıyla; Türkiye'de NSEB'lar için mevcut konut cephelerinde iyileştirme yöntemlerinin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

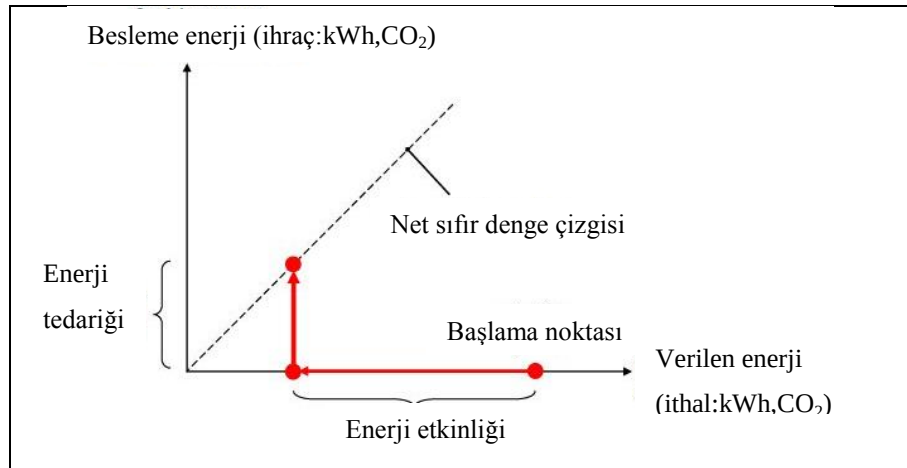
2. NET SIFIR ENERJİLİ BİNA (NSEB)

2.1. Tanımı

NSEB'in ortak bir tanımı bulunmamakla beraber, bu kavram her ülkenin iklimsel, sosyo-ekonomik ve politik bağlamından etkilenmektedir. Farklı nedenlere bağlı olarak zaman içinde gelişen bu kavrama yönelik yapılan bütün tanımların ortak özelliği binaların çevresel etkilerini azaltmanın vurgulanmasıdır.

NSEB tanımlarını belirlemek ve sınırlandırmak, bu tür özellikteki binaları anlamayı ve tanımayı kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, bina tasarımlarının temel ilke ve konseptlerini geliştirmeyi sağlamaktadır. NSEB'nın en eski tanımlarından biri Torcellini vd.'ne aittir. Buna göre NSEB neredeyse sıfır ya da çok az enerji gerektiren, çok yüksek bir enerji performansına sahip, tükettiği enerjiyi yerinde ya da yakınında üretilen yenilenebilir enerji kaynakları da dahil olmak üzere temel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılayan bina olarak tanımlanmaktadır [7].

NSEB'yi tanımlamak için yapılan çalışmalardan biri de, NSEB tanımını farklı enerji tüketim sınırları ile çerçevelemiştir. Buna göre net sıfır enerji kavramının temeli tüketilen ve üretilen enerjiyi dengelemektir [8]. Şekil 2.1'de NSEB enerji dengesini gösteren grafik sunulmuştur [25]. Enerji dengesini sağlamak için öncelikle enerji talebi azaltılmalı ve kalan enerji talebi yenilenebilir enerji üretilerek karşılanmalıdır. Bu bağlamda binanın şebekeyle bağlantısı olması bina için önemlidir [26].



Şekil 2. 1: NSEB denge grafiği.

Bu süreçte NSEB'ya ek olarak, yeni bir tanım olan nSEB ortaya çıkmıştır, 2013 yılında AB, tüm üye ülkelerin 2020 yılına kadar nSEB elde etmesini zorunlu kılmıştır [1]. Bu nedenle, NSEB'dan daha düşük performans gösteren nSEB'yı benimsemek için çalışmalar yapılmıştır. nSEB, ısıtma ve soğutma enerjisi gereksinimleri için 15 ila 30 kWh/m²y arasında düşük enerji talebine sahip, talebin %30'unun yenilenebilir kaynaklarla sağlandığı bir bina olarak kabul edilmektedir [27].

AB'de iklim koşullarına bağlı olarak ısıtma ve soğutma ihtiyacı, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımıyla ilgili maliyet etkinlik paketlerine göre nSEB tanımı değişmektedir. En yaygın uygulama alanına sahip ve enerji tüketimi diğer bina tiplerine göre fazla olan konut ve ofis binaları referans alınarak oluşturulan tanıma göre birçok üye ülkenin konutlar için maksimum birincil enerji kullanımını 50 kWh/m²y olarak sınırlandırdığı görülmektedir. Bununla birlikte, genel olarak AB'de bu değer diğer bina tipleri için 0 kWh/m²y ile 270 kWh/m²y arasında değişiklik göstermektedir [22].

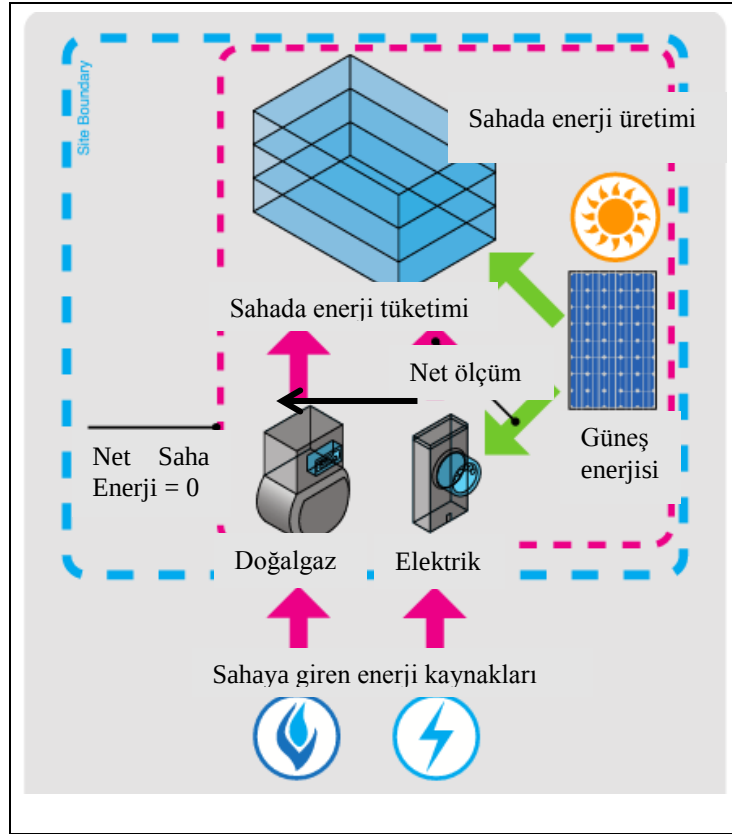
Son yıllarda ortaya çıkan bir diğer önemli kavram ise sağlıklı NSEB konseptidir. NSEB yaklaşımını Pasif Ev standardı aracılığıyla uygulayan birçok ülke, ciddi İç Mekan Çevre Kalitesi (Interior Environment Quality-IEQ) sorunları ile karşı karşıya kalmaktadır. Kullanıcı konforunu garanti etmek ve aynı zamanda sıfır enerji dengesi hedefine ulaşmak için sağlıklı NSEB konseptinin ortaya çıktığı bilinmektedir [27].

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (The National Renewable Energy Laboratory, NREL), binalar için net sıfır enerjiyi ölçmeyi ve tanımlamayı dört farklı şekilde sınıflandırmıştır. Bunlar; net-sıfır saha enerji binası, net-sıfır kaynak enerji binası, net-sıfır enerji maliyet binası ve net-sıfır enerji emisyon binasıdır.

2.1.1. Net Sıfır Saha Enerjili Bina

Net sıfır saha enerjili bina, saha sınırları hesaba katıldığında bir yıl boyunca en az tükettiği kadar yenilenebilir enerji üreten binadır (Şekil 2.2) [28]. Eğer binanın bulunduğu sahaya bir sınır çizilirse ve bu sınır içerisindeki tüketilen bütün enerji miktarı ölçülüp daha sonra toplanırsa, bu saha enerji ölçümü olmaktadır. Ölçüm

yapan sayaç tüketilen ve üretilen enerjiyi kaydederek gerçekçi bir sonuç yansıtmaktadır. Bu yüzden, diğer net sıfır enerji ölçümlerinin gerektirdiği ek faktörlere ihtiyaç duymamaktadır. Bu, net sıfır enerjinin en yaygın kullanılan ve anlaşılan ölçüsüdür [28]. Örnek olarak ihtiyaç duyduğu tüm enerjisini çatısına yerleştirilmiş PV panellerinden üreten bir bina gösterilebilir.

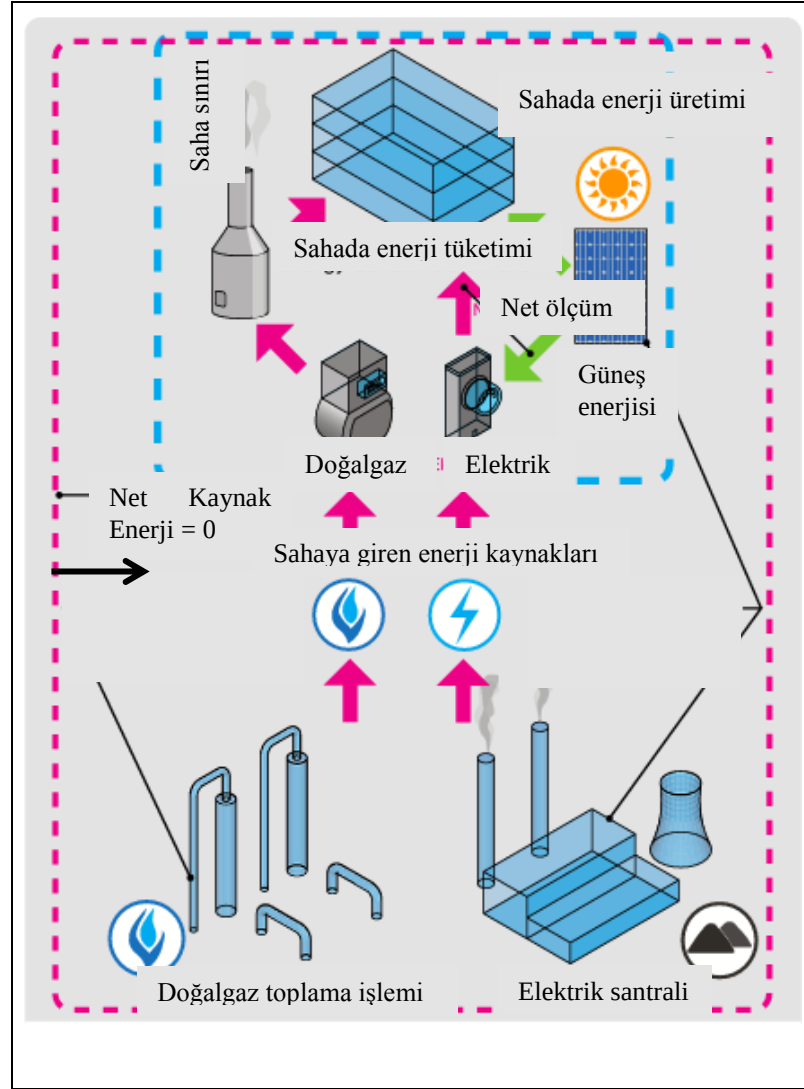


Şekil 2. 2: Net sıfır saha enerjili bina diyagramı.

2.1.2. Net Sıfır Kaynak Enerjili Bina

Net sıfır kaynak enerjili bina, enerji kaynağı hesaba katıldığında, bir yıl boyunca en az tükettikleri kadar yenilenebilir enerji üreten ya da satın alan binadır (Şekil 2.3) [28]. Kaynak enerji, enerjiyi üretmek ve sahaya iletmek için gereken birincil enerjiyi ifade etmektedir. Kaynaktan sahaya enerji sağlanırken üretim ve taşımadan dolayı enerji kayıpları olmaktadır. Örneğin; kaynakta kömür yakılarak elde edilen enerji için sahaya teslim edilenden üç kat daha fazla enerji harcanmaktadır. Bu yüzden, kaynak enerji, enerji kullanımını daha eksiksiz bir şekilde ifade etmektedir. Bununla birlikte, bir binanın toplam kaynak enerjisini

tahmin etmek için, kullanılan her enerji kaynağı için bir sahadan kaynağa enerji faktörü belirlenmeli ve saha enerji değerine uygulanmalıdır [28].

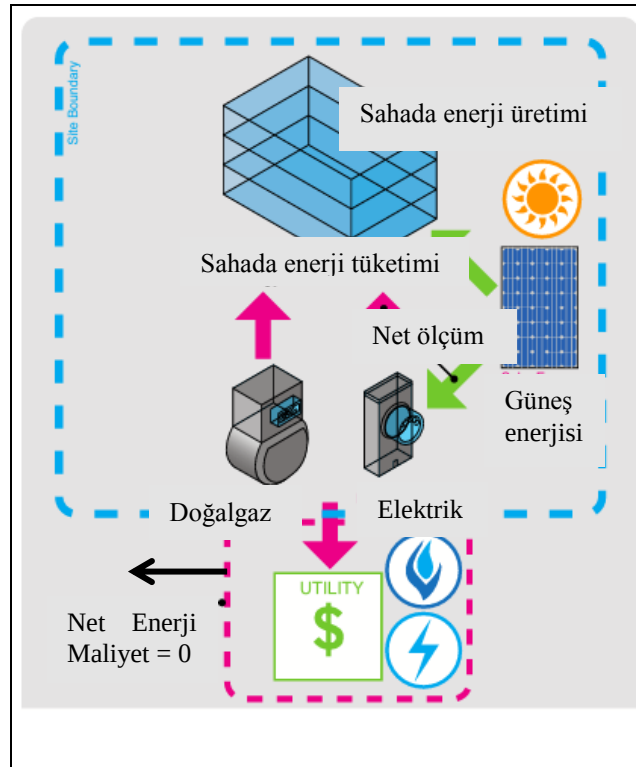


Şekil 2. 3: Net sıfır kaynak enerjili bina diyagramı.

2.1.3. Net Sıfır Enerji Maliyetli Bina

Net sıfır enerji maliyetli bir binada, bir yıl boyunca enerji kullanımı ve enerji hizmetleri için elektrik santrallerine ya da kamu hizmetine ödenen para miktarı en az seviyededir. Bu miktar, binanın bir yıl boyunca şebekeye ihraç ettiği enerji için şirketin bina kiracısına ya da sahibine ödediği enerji miktarına eşittir (Şekil 2.4) [28]. Bu tanımlı sağlamak için, elektrik faturası üzerindeki tüm enerji ve enerji hizmetleri ücretleri dahil edilmelidir. Bununla birlikte, şebekeye ihraç edilen herhangi bir

yenilenebilir enerji için ödenen değer şirket tarafından belirlenmektedir. Bu tür bir bina, ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük bir kısmını, şebekeden alınan elektriği kullanmadan önce yerinde yenilenebilir enerji ile karşılamaktadır [28].



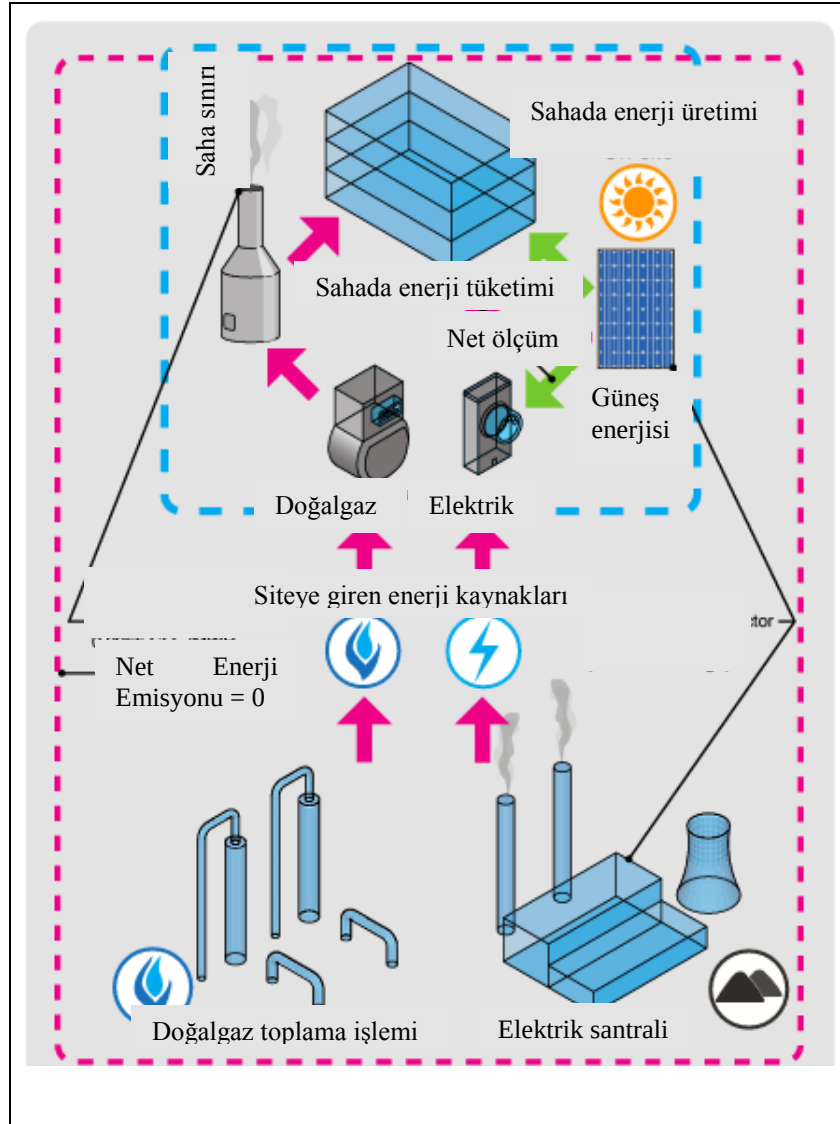
Şekil 2. 4: Net sıfır maliyet enerjili bina diyagramı.

Net ölçüm için, yerinde üretilen yenilenebilir enerjinin ihraç edilmesine ya da şebekeden elektriğin ithal edilmesine bağlı olarak, sayaçlar hem ileri hem de geri çalışmaktadır. Doğru net ölçüm, ithal ve ihraç edilen elektriğin bire bir değişimini sağlar. Böylece yenilenebilir enerji, şebekeden alınan elektrik için uygulanan aynı perakende fiyat üzerinden değerlendirilir. Buna karşın, bazı kamu hizmetleri ihraç edilen yenilenebilir enerjiyi perakende fiyat olarak değil, aylık ya da yıllık olarak kredilendirmektedir [28].

2.1.4. Net Sıfır Enerji Emisyonlu Bina

Net sıfır enerji emisyonlu bina, bir yıl boyunca tükettiği tüm enerjiden kaynaklı emisyonları telafi etmek için emisyonsuz yeterli yenilenebilir enerji üreten binadır. Kaynak ve saha enerjisi hesaplamada enerji birimleri kullanılırken, burada binanın

enerji kullanımında harcanan sera gazı emisyonlarının kütlesi hesaplanır. Enerji emisyonlarının miktarını belirlemek için, Şekil 2.5'te görüldüğü üzere, kullanılan her enerji kaynağı ya da yakıt için saha enerji kullanımına bir karbon emisyon faktörü uygulanmalıdır [28]. Bu hesaba göre fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonlar, yenilenebilir enerji üretimi ile dengelenebilmektedir [28].



Şekil 2. 5: Net sıfır enerji emisyonlu bina diyagramı.

2.2. Net Sıfır Enerjili Binaların Sınıflandırılması

Bir binada net sıfır enerjiyi ölçmek için belirli tanımlara ve yöntemlere sahip olmak, binanın tasarım ve kullanım aşamasındaki enerji değerlerini birleşik yöntemlerle hesaplamak için gereklidir. Bu konuda, bir önceki bölümde net sıfır

enerjili bir bina elde etmenin çeşitli yolları tanımlanmıştır. Bu tanımlara ek olarak, Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı NSEB'leri karşılaştırılabilir olması için A'dan D'ye olmak üzere dört sınıfta ele almaktadır. Yapılan bu sınıflandırmada yerinde yenilenebilir enerji uygulamalarına öncelik verilmektedir. Daha sonra ise net sıfır enerjiye ulaşmak için, onu elde etmenin zor olduğu binalara dışarıdan bazı yenilebilir enerji tesisleri eklenmektedir. Bu sınıflandırmanın yukarıda açıklanan dört tanımla birlikte düşünülmesi, belirlenen bir tanımın bir ya da daha fazla sınıflandırma seviyesine ulaşmasını sağlamaktadır [28]. NSEB sınıflandırmasına yönelik detaylı bilgilere aşağıda yer verilmiştir.

2.2.1. A Sınıfı

NSEB A binalar, binanın kapladığı alan içinde bulunan ve doğrudan binanın elektrik ya da sıcak/soğutulmuş su dağıtım sistemine bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ve yeterli yenilenebilir enerji üreten bina olarak tanımlanabilir. Bu sınıflandırma yalnızca tekil binalar için geçerlidir. Bu tür binalar, yerinde yenilenebilir kaynakları kullanmaları nedeniyle net sıfır saha enerjili bina olarak nitelendirilebilir. Örnek olarak; binanın cephesine ya da çatısına kurulan PV sistemler, güneş enerjili sıcak su ve binaya entegre edilmiş rüzgar türbinleri verilebilir [29].

2.2.2. B Sınıfı

NSEB B binalar, NSEB A sınıfında belirtilen yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ve proje sahasına yerleştirilen kaynaklardan yeterli yenilenebilir enerji üreten düşük enerji kullanımına sahip binalardır. Bu sınıflandırma tekil ya da birden çok bina için geçerlidir. Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan binanın elektrik ya da sıcak/soğutulmuş su dağıtım sistemine bağlıdır. Örnek olarak; park alanlarında ya da zeminde bulunan PV sistemler, sahada yer alan kulelerdeki rüzgar türbinleri, sahada toplanan ve sahada enerji üretimi için kullanılan biyokütle (odun ve ahşap işleme atıkları, tarımsal ürünler ve atık malzemeler vb.) verilebilir [29].

2.2.3. C Sınıfı

NSEB C binalar, NSEB A ve B’de açıklanan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan daha sonra ise sahada enerji üretmek için saha dışında mevcut olan ve doğrudan binanın elektrik ya da sıcak/soğutulmuş su dağıtım sistemine bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanır. Kısaca yeterli ve yerinde enerji üretmek için yeterli miktarda saha dışından ithal etmelidir. Bu sınıflandırma da tekil ya da birden çok bina için geçerlidir. Örnek olarak; saha dışından ithal edilebilen ve yerinde atıklardan toplanabilen; biyokütle, etanol ve biyodizel, elektrik ve ısı üretmek için kullanılır [29].

2.2.4. D Sınıfı

NSEB D binalar, NSEB A, B ve C’de açıklanan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan daha sonra ise yerinde yeterli enerji üretmek için saha dışında yenilenebilir enerji satın alarak kullanan binalardır. Bu sınıflandırma da yine tekil ya da birden çok bina için geçerlidir. Bu sınıftaki binalar, net sıfır emisyon ya da kaynak enerjili bina tanımını korumak için dışarıdan yeterli yenilenebilir enerji satın almaya devam etmelidir, fakat net sıfır saha ve maliyet enerjili bina olarak tanımlanamaz. Örnek olarak; elektrik şebekesine dayalı rüzgar, PV, emisyon kredileri ya da diğer yeşil satın alma seçenekleri verilebilir [29].

Tablo 2.1’de NSEB tanımları ve yenilenebilir enerji kaynağına göre sınıflandırılmaları birlikte ele alınmıştır [29]. Yenilenebilir enerji tedarik seçenekleri; yerinde tedarik seçenekleri ve saha dışı tedarik seçenekleri olarak sınıflandırılmıştır.

NSEB sahipleri ve tasarımcıları, yapılabilecek tüm uygun maliyetli enerji verimliliği ilkelerini kullandıktan sonra mümkün olan tedarik seçeneklerini değerlendirmeli ve bina ayak izinde bulunan kaynaklardan yenilenebilir enerji elde etmeyi tercih etmelidir. Saha dışından kaynak kullanmak yerine, yerinde kaynak kullanımı ile yenilenebilir enerji üretimi; enerji nakliyesini, iletimini ve dönüştürme kayıplarını azaltır ve NSEB’nın çevresel etkisini en aza indirilebilir.

Tablo 2. 1: NSEB'ları Yenilenebilir Enerji Kaynağına Göre Sınıflandırılması.

	SEB Sınıflandırması	SEB Tedarik-Yanlı Seçenekler (Supply-Side Options)	SEB Tanımı
Yerinde Tedarik Seçenekleri (On-Site Supply Options)	A	Binanın kapladığı alan içinde bulunan ve doğrudan binanın elektrik ya da sıcak/soğutulmuş su dağıtım sistemine bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanır. Örnek: Binada bulunan fotovoltaik panel, güneş enerjili sıcak su ve rüzgar türbinleri.	Evet: Saha, Kaynak, Emisyon Zor: Maliyet Bir NSEB: A için kaynak ve emisyon çarpanları, şebeke enerjisinin kullanıldığı zamanlarda yüksek, ancak NSEB'ın şebekeye ihraç ettiği zamanlarda düşükse, bir kaynağa ya da emisyonlara ulaşmak NSEB için zor olabilir. Maliyet NSEB olarak nitelendirmek, bölgedeki net ölçüm politikalarına bağlı olarak zordur.
	B	NSEB A sınıfında belirtilen yenilenebilir enerji kaynaklarını ve proje sahasındaki doğrudan binanın elektrik ya da sıcak/soğutulmuş su dağıtım sistemine bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanır. Örnek: Otoparklarda bulunan fotovoltaik panel, güneş enerjili sıcak su, düşük etkili hidroelektrik ve rüzgar türbinleri.	Evet: Saha, Kaynak, Emisyon, Maliyet Zor: Maliyet Bir NSEB: B için kaynak ve emisyon çarpanları, şebeke enerjisinin kullanıldığı zamanlarda yüksek, ancak NSEB'ın şebekeye ihraç ettiği zamanlarda düşükse, bir kaynağa veya emisyonlara ulaşmak NSEB için zor olabilir. Maliyet NSEB olarak nitelendirmek, bölgedeki net ölçüm politikalarına bağlı olarak zordur.
Saha Dışı Tedarik Seçenekleri (Off-Site Supply Options)	C	NSEB A ve B'de açıklanan yenilenebilir enerji kaynaklarını ve sahada enerji üretmek için saha dışında mevcut olan ve doğrudan binanın elektrik ya da sıcak/soğutulmuş su dağıtım sistemine bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanır. Örnek: Saha dışından ithal edilebilen yerinde atıklardan toplanabilen biyokütle, etanol ve biyodizel elektrik ve ısı üretmek için kullanılır.	Evet: Saha Zor: Maliyet, Kaynak, Emisyon NSEB: C kaynak ve emisyon, talaş gibi karbon nötr yenilenebilir kaynaklar kullanılıyorsa ya da NSEB elverişsiz bir kaynağa ve karbon çoğaltıcılara sahipse zor olabilir. NSEB: C binaları tipik olarak bir maliyet NSEB pozisyonuna ulaşmaz. Çünkü sahada yenilenebilir malzemeler satın alınır. Bu masrafları, yenilenebilir enerji üretimi için hizmet kuruluşundan alınan bir tazminat ile telafi etmek çok zor olabilir.
	D	NSEB A, B ve C'de açıklanan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanır ve yerinde yeterli enerji üretmek için saha dışında yenilenebilir enerji satın alır. Örnek: Elektrik şebekesine dayalı rüzgar, fotovoltaik, emisyon kredileri ya da diğer yeşil satın alma seçenekleri.	Evet: Kaynak, Emisyon Zor: Saha, Maliyet, NSEB: D binalar, yeterli yenilenebilir enerji satın alırlarsa ve uygun kaynak ve emisyon faktörlerine sahiplerse kaynak ve emisyon olarak nitelendirilebilir. Saha ve maliyet olarak nitelendirilmezler.

2.3. Net Sıfır Enerjili Bina Tasarım İlkeleri

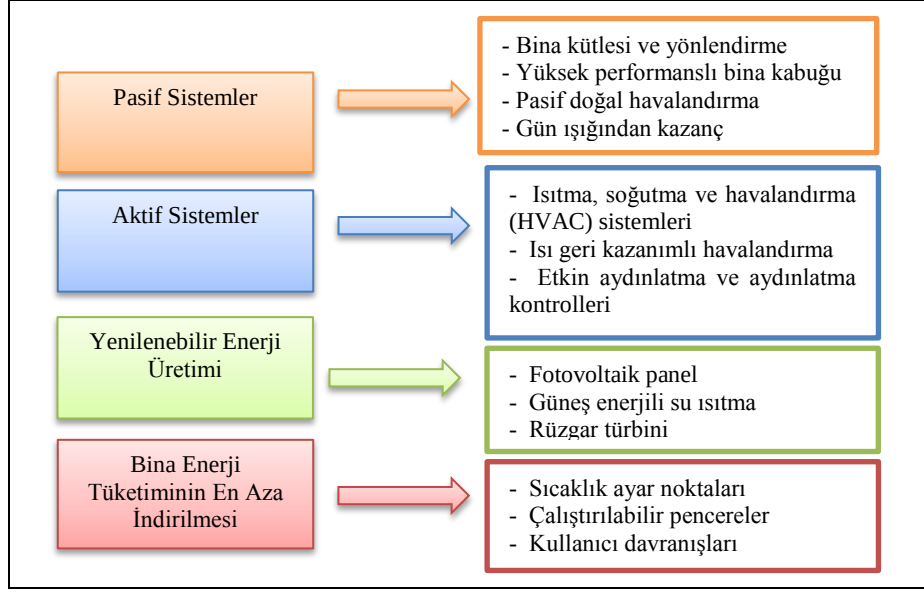
NSEB tasarımı için uygulanması gereken dört temel ilke bulunmaktadır. Bu ilkeler farklı düzeylerde uygulanabilir. Bu ilkeler, yapının oluşum enerjisi ve çevresel etkisi gibi ayrıntılı ölçümlerini içermektedir. Buna bağlı olarak; enerji verimliliğini, iç ortam kalitesini, yenilenebilir enerjiyi ve enerji tüketimiyle ilişkili karbon emisyonunu ele almaktadır [30]. Tablo 2.2’de NSEB’lar için uygulanabilecek dört temel ilkeye yer verilmiştir. Tasarımcılar, NSEB tasarlarken iklim koşullarını ve bina tipini dikkate alarak bu ilkeleri kullanabilir.

Tablo 2. 2: NSEB Tasarımı İçin Uygulanması Gereken Dört Temel İlke.

1. Enerji talebinin azaltılması	2. İç mekan ortam kalitesinin iyileştirilmesi	3. Yenilenebilir enerji payının sağlanması	4. Birincil enerjinin ve karbon emisyonlarının azaltılması
Dahili yüklerin azaltılması	Kişi başına en az temiz havanın ayarlanması	Yerinde yenilenebilir kaynaklardan enerji üretilmesi	Birincil enerji talebinin azaltılması
Bina kabuk yüklerinin azaltılması	Doğal aydınlatmanın etkinleştirilmesi	Yakından veya dışarıdan sağlanan yenilenebilir enerjinin tanıtılması	İletilen enerjiyle ilgili karbon emisyonlarının azaltılması
HVAC sistemlerinin enerji tüketiminin azaltılması	En yüksek kullanıcı yoğunluğunun ayarlanması		

NSEB tasarımı için uygulanması gereken dört temel ilkenin sağlanmasında aşağıda yer verilen adımların karşılanması önem taşımaktadır (Şekil 2.6) [31].

- Pasif sistemler
- Aktif sistemler
- Yenilenebilir Enerji Üretimi
- Bina Enerji Tüketiminin En Aza İndirilmesi



Şekil 2. 6: Net sıfır enerjili bina tasarım ilkeleri.

2.3.1. Pasif Sistemler

Bina enerji yüklerinin en aza indirilmesi amacıyla pasif enerji ilkelerinden yararlanılabilir. Bu ilkelerin seçimi, iklimin ve binanın özelliklerine göre ısıtma ya da soğutma yüklerinin azaltılmasına yönelik uygulanmaktadır. Bu ilkelerden hangisine gereksinim duyulacağını bilinmesi ve tasarım aşamasının başından itibaren projeye uygulanması projenin yapım aşamasında enerji açısından etkili olmaktadır [31]. Bina formu ve yönlendirme, yüksek performanslı bina kabuğu tasarlama, doğal havalandırma ve gün ışığından kazanç sağlanması bu amaçla uygulanabilecek çözümlerdendir.

2.3.1.1. Bina Formu ve Yönlendirme

Bina formu; biçim faktörü, bina yüksekliği, çatı türü (düz, beşik ve kırma çatı), çatı eğimi ve cephe eğimi gibi geometrik değişkenler ile tanımlanabilir. Herhangi bir yaşama alanını örten ve onu dış çevreden ayıran cephe kabuğunun formuna bağlı olarak, yapının toplam dış yüzey alanı, farklı yönlere bakan ve farklı eğimlerdeki cephe ve çatı yüzeyleri alanları ve cephe ve çatı yüzeyleri arasındaki oranlar değişim göstermektedir [32]. Taban alanları aynı ancak farklı cephe formlarına sahip

binaların dış cephe alanları farklı olacağından, bu binaların yüzeylerinde gerçekleşen ısı geçişleri de farklı olmaktadır [33].

NSEB'lar açısından yönlendirme; güneş enerjisi kazancı, gün ışığından ve rüzgarın serinletici etkisinden yararlanma ya da korunma ile ilgilidir. Güneş ışıını ve rüzgarın özellikleri, binaların yönlendiriliş durumuna ve dolayısıyla cephenin yönlendirilişine göre değışim göstermektedir. Güneş ışıınının direkt bileşeni doğrusal olduğundan farklı yönlele baka bina kabuğunu etkileyen güneş ışıını şiddeti de farklıdır. Bu nedenle, kabuğun birim alanından geçen ısı miktarı da değışkenlik göstermektedir [33]. Kışın, 40 derece kuzey enleminde, güney duvarları doğu ve batı duvarlarının yaklaşık üç katı kadar güneş ışıını alır. Daha düşük enlemlerde bu fark daha büyüktür ve bu bağlamda yönlendirme, bina konforu ya da bina içindeki iç mekan koşullarında belirleyici bir rol oynamaktadır [34]. Rüzgarın serinletici etkisinin ön planda olduğü iklim bölgelerinde, hakim rüzgar yönü binanın yönlendiriliş durumu için esas alınır. Bu da genellikle, binanın uzun cephesinin bu yöne bakacak şekilde konumlandırılmasını gerektirmektedir. Güneş ışıını ve rüzgarın konfor koşullarına etkisi, binanın yönlendiriliş durumu aracılığıyla optimize edilebilmektedir. Rüzgardan yararlanırken güneşten korunulması gereken durumlarda da, güneş kontrol elemanları kullanılmaktadır [33].

Tüm bu değışkenler, cephenin dış atmosferik ve iç mekan konfor koşullarının düzenlenmesinde büyük rol oynamaktadır. Doğal ısıtma ve soğutma sağlanması, cephe aracılığı ile kaybedilen ve kazanılan ısı miktarı iklimsel koşullara göre değışmektedir. NSEB tasarımı aşamasında, iklim koşullarına en uygun ve en az enerji tüketimine neden olacak bina form ve yön kombinasyonları belirlenmesi önemlidir.

2.3.1.2. Yüksek Performanslı Bina Kabuğı

Bina kabuğı, binayı dış iklim koşullarından koruyarak iç ve dış ortamı birbirinden ayıran saydam ve opak bileşenlerden oluşmaktadır. Bu kabuk, dış ve iç ortam arasındaki sınırdır. Kabuk binayı, dış mekandaki unsurlardan korurken aynı zamanda mümkün olan en iyi konforu sunmaktadır. Bir binanın çevresiyle yaptığı ısı alışverişinin büyük kısmı bina kabuğı yoluyla gerçekleşmektedir. Bina kabuğunun güneş ışıınına karşı yutuculuk, yansıtıcılık, geçirgenlik özellikleri ve ısı geçişine

ilişkin özellikleri, birim alandan, dış hava sıcaklığı ve güneş ışıınımı etkileriyle, kazanılan ve yitirilen ısı miktarlarını belirlemektedir [32]. Bina kabuğunun saydam ve opak yüzeylerinden geçen ısı miktarı, iç hava sıcaklığını ve iklimsel konforu etkileyerek ısıtma ve iklimlendirme için harcanacak enerji miktarını belirlemektedir.

Yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik katsayıları, kabuğun opak ve saydam bileşenleri tarafından yutulan, geçirilen ve yansıtılan güneş ışıınımı miktarlarının, opak ve saydam bileşenlerin dış yüzeylerine gelen güneş ışıınımına oranı olarak ifade edilmektedir. Binanın dış yüzeyindeki güneş ışıınımı, bileşenin yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik özelliklerine bağlı olarak güneş ısı kazancına dönüşmektedir [33].

Toplam ısı geçirme katsayısı (U), bina kabuğunun iç ve dış tarafında etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki fark $1\text{ }^{\circ}\text{K}$ iken, 1 m^2 alandan, bu alana dik doğrultuda 1 saatte geçen toplam ısı miktarıdır [33]. Bina kabuğundaki saydam bileşen alanları, ısı iletim değerlerinin yüksek olmasından dolayı opak bileşen alanlarına oranla daha çok ısı kaybına neden olmaktadır.

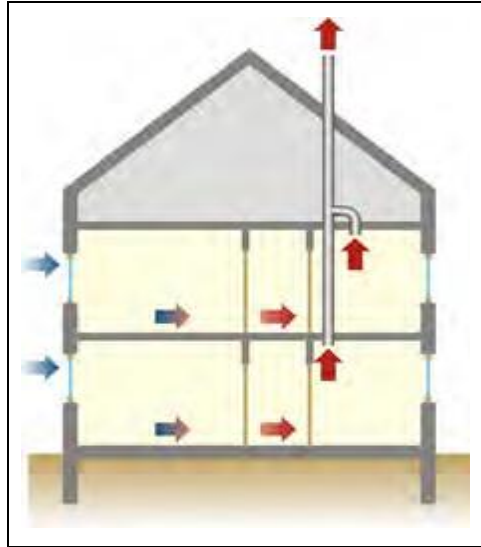
Yüksek performanslı bir bina kabuğunun hava sızdırmazlığının yüksek olması yani dış kabuğun hava geçirmez olması gerekmektedir. Sızma termal köprülere neden olduğu ve iç ortam sıcaklığını konutlardaki ısı kayıplarının %35'ini oluşturacak kadar düşürebildiği için kış aylarında istenmeyen bir durumdur [31].

Bina kabuğu, yukarıda bahsedilen özellikleri nedeniyle iç ve dış ortam arasındaki ısı alışverişini ve dolayısıyla da iç hava sıcaklığını etkilediği için, iklimsel konfor açısından kritik bir görev üstlenmektedir. Bu nedenle, NSEB tasarım sürecinde öncelikli olarak düşünülmelidir ve iklim bölgesine uygun olarak tasarlanmalıdır.

2.3.1.3. Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma, iç mekân ile dış mekân arasında oluşan hava değişimidir. Doğal havalandırma ile yapıda, mekanik yöntemlere olan ihtiyaç azaltılarak, enerji tüketiminde önemli bir tasarruf sağlanabilir. Bu nedenle, NSEB'lar için önemli bir ilke olarak görülmektedir. Doğal havalandırmada dış ortamdaki hava, cephedeki pencere ve kapı gibi açıklıklarla iç ortama girmektedir. İç ortama giren ve yaşam alanlarını dolaşan hava, havalandırma delikleri ile bağlantılı dikey bir shaft ile dışarıya boşaltılmaktadır (Şekil 2.7) [35]. Sağlıklı ve konforlu havalandırmanın gerçekleştirilmesi için içeride istenilen hava hareketinin dış rüzgar hızı aracılığı ile

sağlanmasında cephede düzenlenecek havalandırma açıklıkları doğal havalandırma sisteminin en etkin elemanlarıdır [32]. İç ve dış ortamdaki hava değişimi için geniş açıklıklar bırakılmalıdır. Rüzgarın hızı ve yönü doğal havalandırma sistemlerinin verimliliğini büyük oranda etkilemektedir [36]. Sıcak ve nemli iklimlerde konforlu bir yaşam ortamı sağlamak için neme engel olacak yüksek hızda havalandırma gerekmektedir. Havalandırma, hava değişimlerini ve bunun iç ortam sıcaklıkları üzerindeki etkisini belirlemektedir. Ayrıca, termal yüklerden kaçınmada etkilidir ve dolayısıyla kontrol edilmelidir. Gerektiği zaman havalandırma sağlaması için, havalandırmayı CO₂ seviyelerine göre ayarlayan izleme sensörleri planlanabilir. Öte yandan, pasif ısıtma ve soğutma, enerji tüketimini azaltabilir ve bina içinde soğuk havadan kaçınmak için gerekli olan daha verimli ısı geri kazanımına izin verebilir [31].



Şekil 2. 7: Doğal havalandırma şeması.

2.3.1.4. Gün Işığından Kazanç

Tasarımın en önemli girdilerinden biri olan günışığı yapma aydınlatma yükleri açısından enerji tasarrufu sağlayan doğal bir unsurdur. Günışığı aydınlatması bina kullanıcıları için görsel olarak uyarıcı ve üretken bir ortam sunmasının yanı sıra toplam bina enerji maliyetlerini azaltmaktadır [37].

İç mekan konforunu en üst seviyeye çıkarmak için yapının her yönü için farklı özelliklere sahip cam ve düzenleme ilkeleri seçilmelidir. Pencereleler sadece

sıcaklıkları kontrol etmek için değil, bununla birlikte aydınlatma seviyelerini de kontrol etmek için kullanılmaktadır. Yüksek bir cam-duvar oranı, özellikle ışığı dağıtabilen malzemeler, kaplamalar ve renkler ile ilgili ilkelerle birlikte planlanırsa, günün büyük bir kısmı için doğal ışık yoluyla iyi düzeyde aydınlatma sağlayabilir [31]. Pencerelerin güneş ışınlarını iç mekâna almada yetersiz olduğu ya da güneş ışığının aydınlatmadan kaynaklanan enerji tüketimini azaltmada sağladığı olumlu etkiden faydalanmak amacıyla bina kabuk bileşenlerinde, özellikle çatıda, bir takım aydınlatma çözümleri uygulanabilmektedir. Bu çözümler arasında çatı feneri, ışık tüpü, çatı ışıklığı gibi elemanlar sayılabilir [38].

Yukarıda bahsedilen pasif tasarım ilkeleri göz önüne alındığında, yapı kabuğunun NSEB tasarımı enerji tüketimini azaltması açısından önemli olduğu görülmektedir. İç ve dış ortam arasında sınır oluşturan cepheler iklimsel konfor açısından da oldukça önemlidir. Bu nedenle, NSEB tasarım sürecinde öncelikli olarak düşünülmelidir ve iklim bölgesine uygun olarak tasarlanması gerekmektedir.

2.3.2. Aktif Sistemler

NSEB’da enerji kullanımını azaltmak amacı ile pasif ilkeler uygulandıktan sonra, aktif sistemleri kullanmak da önemlidir. Isı kazancı ve ısı kaybı için en fazla yük durumları hesaplanarak bu sistemlerin ne kadar enerjiyi karşılayacakları bulunabilir. Düşük enerjili sistemler projenin ve sahanın özelliklerine göre araştırılmalı ve en sonrasında projeye uygun sistem kullanılmalıdır. NSEB’da, net sıfır enerji dengesini korumak için şebekeden yakıt ya da enerji kullanılırsa aynı miktarda yenilenebilir enerji ihracı olması gerekmektedir. NSEB’da enerji etkinliğini artırmak için; ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, ısı geri kazanımlı havalandırma, etkin aydınlatma ve aydınlatma kontrolleri başlıkları önem taşımaktadır.

2.3.2.1. Isıtma, Soğutma ve Havalandırma (HVAC) Sistemleri

Isıtma, soğutma ve havalandırma (HVAC) sistemlerinin bina iç ortam konforunun sağlanmasında önemli rol oynamasına karşın, enerji tüketimleri oldukça yüksektir. Kullanılan bu enerjinin azaltılması için geleneksel HVAC sistemlerinde

enerji tüketimi açısından performans iyileştirmeleri yapılması önemlidir. Bu açıdan, enerji tüketiminin azaltılmasında önemli rol oynayacak olan ve fosil yakıt kullanmayan enerji verimli HVAC sistemleri geliştirilmelidir.

Özellikle yaz aylarında konutlarda, ticari ve endüstriyel yapılarda HVAC sistemlerinin kullanımının artması enerji tüketiminin de artmasına neden olmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte, enerji verimli HVAC sistemlerinin kullanılması, çevreyi enerji verimliliği düşük olan cihazların neden olduğu sera gazı salımlarının zararlı etkilerinden korumaktadır. Ayrıca, tüketicileri artan güç maliyetinden uzak tutmaktadır.

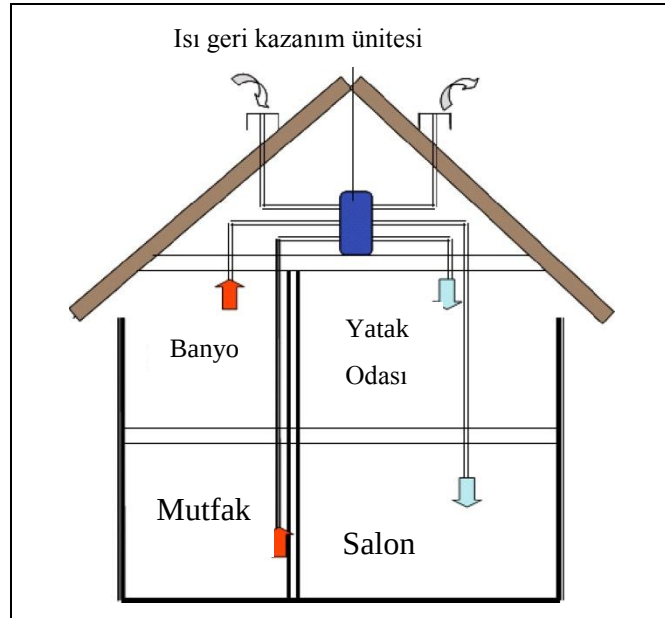
2.3.2.2. Isı Geri Kazanımlı Havalandırma

Bir önceki bölümde de bahsedildiği üzere, yapı sektörünün genişlemesi ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak ısıtma, soğutma, havalandırma gibi sistemlerin yaygınlaşarak kullanılması, binalarda enerji tüketimini artırmıştır. Bir betonarme binanın ömrünün ortalama 50 yıl olduğu düşünülürse, binalarda tüketilen enerjinin geri kazanımı önemli bir ilkedir. Bu bağlamda, bina uygulamalarında ısı ya da enerji geri kazanım sistemlerini tercih etmek enerji kazanımı için önemlidir.

Isı geri kazanımı kavramı, yüksek sıcaklıktaki bir akıştan düşük sıcaklıktaki bir akışa, verimli ve çalıştırılması ekonomik olan enerjinin (ısı/kütle) geri kazanılması işlemi olarak tanımlanan havadan havaya ısı ya da enerji geri kazanım sistemini ifade eder. Isı geri kazanım sistemleri tipik olarak egzoz havasındaki ısının yaklaşık % 60-95'ini geri kazanır ve kullanıldıkları durumlarda binaların enerji verimliliğini önemli ölçüde iyileştirebilmektedir [39].

Enerji kaybının bir kısmını geri kazanmak için kullanan ısı geri kazanım sistemlerinin enerji tasarrufu sağlamasına ek olarak bir başka olumlu yönü de, uygun maliyetli ısı oluşturmak yerine ısı kaybını azaltmalarıdır. Ayrıca sistem açık pencerelerin tehlikeli olduğu yerlerde, banyo ve tuvalet gibi penceresiz odalarda etkili havalandırma sağlamaktadır. Sistem basitçe iç ortamdaki havayı temiz dış hava ile değiştirerek yazın havalandırma sistemi olarak da çalışabilir. Kışın, soğuk dış havada daha düşük bağıl nem olacağından, iç ortam nemini azaltabilir. Isı geri kazanım sisteminin verimliliği çoğunlukla enerji tasarrufunu hesaplamak için kullanılmakta ve sistem temiz hava arıtımı için enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Tipik bir ısı geri kazanım sistemi, gelen temiz hava ve giden kirli hava için kanallar, ısı ya da enerjinin bir akıştan diğerine aktarıldığı bir ısı değiştirici çekirdeği ve iki fanndan oluşur. Bunlardan biri, kirli havayı boşaltmak ve ısı değiştirici göbeği yoluyla taze hava sağlamaktadır. Şekil 2.8’de, havalandırma sistemine kurulmuş tipik bir ısı geri kazanım sistemine yer verilmiştir. Çekirdekte, temiz hava akımı mevsime bağı olarak egzoz havası tarafından otomatik olarak önceden soğutulur ya da önceden ısıtılır daha sonra iç mekana dağıtılır. Çoğunlukla bir çatı boşluğuna ya da binanın iç kısmına konulan sistem, dışarıya boşaltılmadan önce iç mekandan gelen ısıyı geri kazanır ve gelen havayı ısıtır. Çıkan ve gelen hava yan yana geçer ancak ısı değiştiricide karışmaz [39].



Şekil 2. 8: Isı geri kazanım sistemi.

Isı geri kazanım sistemi aynı zamanda HVAC enerji geri kazanım sistemleri oluşturmak için de kullanılır. Sıcak ve soğuk havalarda, enerji egzoz hava akımları ve havalandırma havası beslemesi arasında iletilerek bina beslemesi bu cihaz tarafından azaltılır ve yükseltilir.

2.3.2.3. Etkin Aydınlatma ve Aydınlatma Kontrolleri

Aydınlatma konusunda, bina tasarımında gün ışığı göz önüne alınmalı ve yapılan tasarım gün ışığını tamamlamalıdır. En verimli aydınlatma armatürleri

seçilerek binadaki ışık gücü yoğunluğu azaltılmalıdır. Gün ışığının yetersiz olduğu durumlarda, yapay ışığa gereksinim duyulur ve binada kullanılan sensörler gün ışığı miktarına göre ışıkları kapatabilir ya da azaltabilir. Mekanlar için en uygun ışık seviyelerine dikkat edilmeli ve aydınlatma sistemleri fazla enerji tüketimine neden olmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Etkili enerji yönetimi sağlamak için fişlerin ve anahtarların yerini kontroller ve sensörler devralabilir. Kapalı konumunu ayarlayan ve ışık seviyesine ek olarak zamana ve programa dayalı otomatik kontrol içeren katmanlı bir yaklaşım, enerji tüketimini azaltmada önemli bir etkiye sahip olabilir. Sayaçların, bilgilendirici panellerin, ekranların ve kullanıcı dostu kontrol sistemlerinin görüntülenmesi, kullanıcılara sadece fiziksel varlıkları ile bile, ortak bir zorlukta katılım duygusu vermek açısından önemlidir [31].

2.3.3. Yenilenebilir Enerji Üretimi

SEB tasarımı, sıfır enerji ya da enerji verimliliği elde etmeye yönelik birincil çözüm olarak yenilenebilir enerji teknolojileri kullanılmaktadır. Elektrik üretmek, enerji depolamak ya da su ısıtmak amacıyla güneş enerjisini kullanan PV ve Bina Entegre Fotovoltaik (Building Integrated Photovoltaics, BIPV)'ler ya da rüzgar enerjisini kullanan teknolojiler, bina tasarımı yaygın olarak tercih edilen yenilenebilir teknolojilerdir [40]. Bu tür diğer teknolojiler ise şunlardır:

- **Kombine Isı ve Güç Sistemi (CHP sistemi)**

Kullanılan elektriğin bir kısmını sağlayan ve mekan ısıtma/soğutma, proses ısıtma/soğutma, nem alma ve sıcak su kullanımı için termal enerjiyi geri dönüştüren bütünlük bir sistemdir [40].

- **Biyokütle ve Biyoyakıtlar**

Bunlar enerji üretimi kaynağı olarak kullanılan gıda atıkları ve çöpler, küspe ve kağıt malzemeleri, talaş, pirinç, buğday, yonca, patates/şeker pancarı ve diğer kalıntılar gibi esasen organik atıklardır [40]. Bu sistemde, biyokütle malzemeleri yakılarak ısı sağlanmaktadır.

- Jeotermal Sistemler

Genellikle sabit sıcaklıklar sağlayan sistem, yerin altındaki soğutucu akışkan boruları çalıştırarak hem soğutma hem de ısıtma için kaynak sağlamaktadır. Bu sistemler emisyon üretmemektedir [41].

NSEB, elektrik şebekesi, bölgesel ısıtma ve soğutma sistemi gibi bir ya da daha fazla enerji altyapısı bağlantısına sahiptir. Bu nedenle, hem şebekeden enerji satın alır hem de fazla enerjiyi şebekeye vermektedir. Böylece yerinde elektrik depolamasına gerek yoktur [42].

NSEB’larda yenilenebilir enerji üretmek amacıyla yaygın olarak kullanılan teknolojiler; PV panel, güneş enerjili su ısıtma ve rüzgar türbini ele alınmıştır.

2.3.3.1. Fotovoltaik (PV) Panel

PV teknolojileri, doğrudan güneşin radyasyonundan elektrik üretmektedir. PV modüller olarak adlandırılan kolektörler, çok ince PV hücrelerden oluşur. Bunlar aynı zamanda paneller olarak da adlandırılmaktadır. Bazen güneş enerjisi ile su ısıtması sağlayan düz panellerle karıştırılabilmektedir. PV ve güneş enerjisiyle ısıtma teknolojileri temelde farklı iki teknolojidir, ancak uzaktan bakıldığında PV modüllerinin güneş enerjili su ısıtma kolektörleriyle benzerlikleri bulunmaktadır [43].

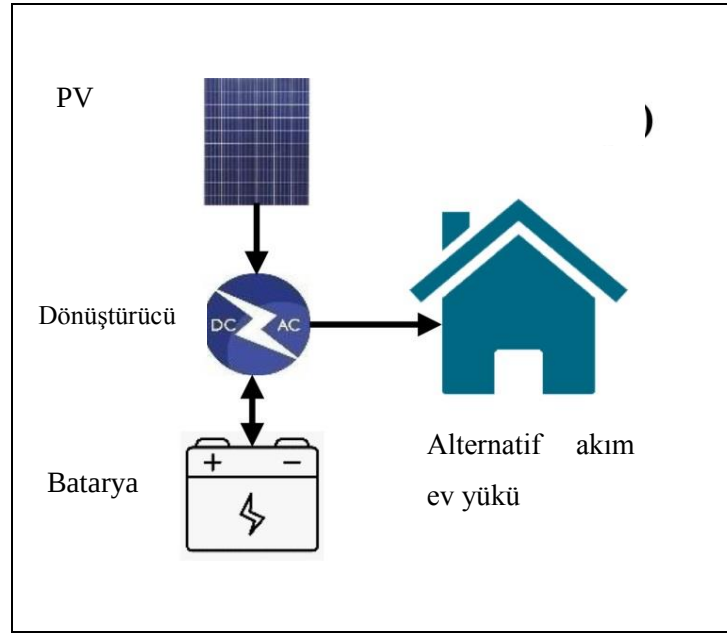
PV sistemler elektrik üretmek için güneş enerjisini kullanan sistemlerdir. PV güç üretim sistemleri; bağımsız PV sistemleri ve şebekeye bağlı PV sistemleri olarak sınıflandırılabilir.

- Bağımsız PV Sistemler

Bu tür sistemler, şebekeden bağımsız PV sistemleri olarak adlandırılır. Uygulamaları arasında; kırsal ev güç kaynağı, kırsal merkezi elektrik santralleri ve iletişim için güç kaynağı ve aydınlatma bulunmaktadır. Merkezi bağımsız PV güç üretim sistemlerinin tasarımı iyileştirilerek gelişmiş teknikler benimsenmektedir.

Şebekeden bağımsız bir PV sistemin ana unsurları Şekil 2.9’da gösterilmektedir. Sistem temel olarak; PV modülleri, dönüştürücü ve bataryadan oluşmaktadır. Dönüştürücü, gündüz vakti PV modüller tarafından üretilen

doğru akımı, alternatif akıma dönüştürerek binaya elektrik sağlamaktadır. Fazla üretilen elektrik enerjisi ise bataryada depolanmaktadır [44].

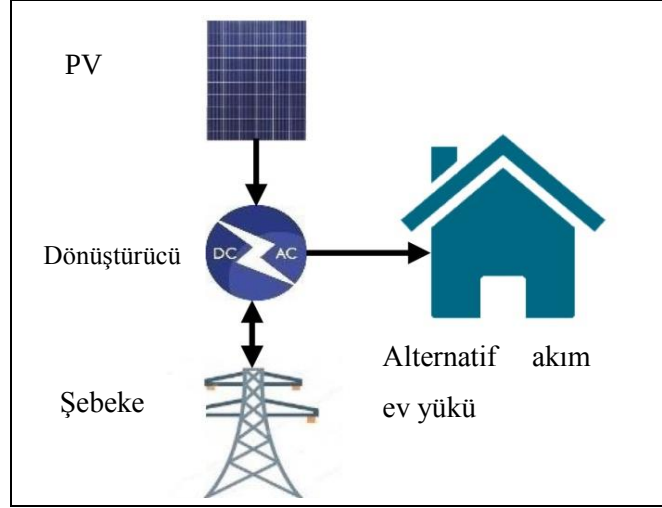


Şekil 2. 9: Şebekeye bağımsız PV güç sistemi.

- Şebekeye Bağlı PV Sistemler

Bu tür sistemler, bütünleşik PV (BIPV) sistemler ve karasal PV sistemlerinden oluşmaktadır. Üretilen elektrik gücü, üretildikten sonraki milisaniyeler içinde tüketilmelidir. Aşırı güç, yenilikçi enerji depolama sistemleriyle biriktirilebilir. Buna karşın, geleneksel enerji depolama sistemleri, yük değişikliklerine çok yavaş yanıt vermektedir [45].

Şebekeye bağlı bir PV sistemin depolama içermeyen ana unsurları Şekil 2.10'da gösterilmektedir. PV sistemler bir dönüştürücü, elektrik şebekesine bağlanan bir cihaz, doğru akım gücü üreten PV modülleri ve diğer sistem dengelerinden oluşmaktadır. Dönüştürücü, gündüz vakti PV modüller tarafından üretilen doğru akımı, alternatif akıma dönüştürerek binanın güç dağıtım sistemini beslemektedir. Elektrik şebekesinde, fazla güneş enerjisi bulunmaktadır. Geleneksel elektrik şebekesi, güneş enerjisi olmadığında binaya elektrik sağlamaktadır [12].



Şekil 2. 10: Şebekeye bağlı deposuz PV güç sistemi.

Güneş pilleri kullanılırsa elektrik PV panel tarafından üretilir. NSEB’larda PV, BIPV olarak adlandırılan bütünleşik PV sistemler çatı, duvar ve pencere ile entegre edilebilir [46].

2.3.3.2. Güneş Enerjili Su Isıtma

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri genellikle bir binanın çatısına monte edilen güneş kolektörleri olarak tanımlanabilir. Bu sistemin iki ana bileşeni; depolama tankları ve güneş kolektörleridir. Güneş enerjisiyle ısıtılan suyu depolamak için kullanılan su depolama tankı, iklim türüne ve bağlama bağlı olarak binanın dışına ya da içine monte edilebilmektedir. Ayrıca, sistemde birden fazla depolama tankı bulunabilmektedir [43].

Güneş enerjisi ile sıcak su üreten iki ana güneş kolektörü bulunmaktadır. Bunlar; vakum tüplü güneş enerjili su ısıtıcıları ve düz panel güneş enerjili su ısıtıcılarıdır [46]. Şekil 2.11.a’da görülen düz panel toplayıcılar genellikle soğurucu plakalara takılan bakır borulardan oluşmaktadır. Güneş koyu metal plakayı ısıtır ve ısı, bir ısı iletim sıvısına ya da doğrudan suyun kendisine aktarılmaktadır. Depolama tankı doğrudan kolektörün üzerine monte edilemiyorsa, plaka ile temas halindeki sıvının akışı termosifon etkisiyle ya da bir pompa ile sağlanabilmektedir [47].

Vakum tüplü güneş kolektörü ise, en verimli kolektör türlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Şekil 2.11.b’de görüldüğü üzere bu toplayıcılar, uzun, şeffaf cam tüplerden oluşmaktadır ve çok soğuk havalarda iyi çalışmaktadır. Her bir tüpün

içinde, güneşten gelen ısıyı toplayan, ısı iletim sıvısı içeren emici malzeme ile kaplı bir boru bulunmaktadır. Bu model daha verimli olmasına karşın diğer kolektör türlerine göre çok daha pahalıdır [48].

Güneş enerjisiyle su ısıtma sistemleri, konutlar ve iş yerleri için kullanım sıcak suyu sağlanması konusunda önemlidir. Bu sistemler, dünyadaki daha bulutlu ve daha soğuk bölgelerde bile, evsel sıcak su için yıllık talebin yarısından fazlasını sağlamaktadır [43].



Şekil 2. 11: a) Tipik düz panel güneş enerjili su ısıtıcıları, b) Tipik vakum tüplü güneş enerjili su ısıtıcıları.

2.3.3.3. Rüzgar Türbini

Rüzgar enerjisi çoğunlukla şehir dışı alanlarda tercih edilmektedir. Bu nedenle, rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinin binalarla bütünleştirilmesi küçük ama büyüyen bir eğilimdir ve rüzgardan elektrik üretmede büyük bir kapsama sahiptir. Avrupa'da ev sahiplerinin ve işletmelerin evlerin çatılarına, okul binalarına, hastanelere, ticari binalara ve hatta yüksek binalara küçük rüzgar türbinleri kurmaya yönelik ilginin arttığı görülmektedir [2]. Bununla birlikte, bu küçük ilerleme eğiliminin ana nedenleri, kentsel kısıtlamalar; komşu binalar tarafından tetiklenen yüksek türbülans, jeneratörü rüzgar yönüne göre yeniden yönlendirmenin zorluğu gibi örneklenebilir [3]. Ayrıca, hava binaların üzerinden, çevresinden ve arasından geçtiği ve yüksek türbülans yarattığı için kentsel çevredeki rüzgar modelleri karmaşıktır [4]. Bu sorunlara rağmen, kentsel alanlarda rüzgar enerjisinden yararlanmak, güneşin ürettiği enerjiyi dahil etmek ve üretimin sürekliliğini artırmak, elektrik şebekesi ile depolanacak ya da değiş tokuş edilecek enerjiye katkı sağlayabilir [49].

2.3.4. Bina Enerji Tüketiminin En Aza İndirilmesi

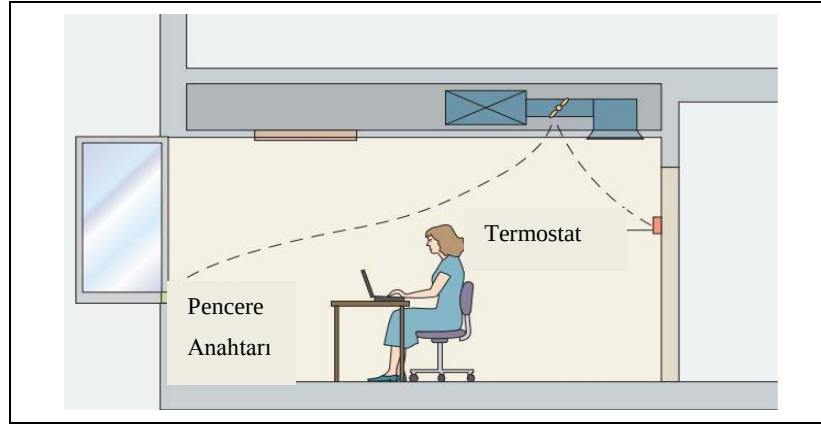
Günümüzde enerji etkin bina ya da NSEB tasarımı yapabilmenin en önemli gerekliliklerinden biri kullanım sırasında bina enerji yüklerinin en aza indirilmesidir. NSEB tasarımında uygulanan tüm ilkelerin başarısını sağlamak ve binadaki kullanıcıyla ilgili enerji tasarrufunu en üst düzeye çıkarmak için yapının kullanım aşamasında da en az enerji tüketmesi gerekmektedir. Bunu için yapılarda çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır. Isıtma ve soğutma yüklerini sınırlandırmak için yaygın olarak kullanılan teknolojiler sıcaklık ayar noktaları ve çalıştırılabilir pencerelerdir.

Yapı içinde sıcaklık ayar noktalarının ayarlanması, NSEB’larda enerji tüketimini azaltmak için önemli bir stratejidir. Bu strateji, yeterli kullanıcı konforu sağlarken ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmaktadır. Bu sıcaklık ayar noktaları tasarıma bağlı olarak herhangi bir noktaya yerleştirilebilir. Bu sistemde ortam sıcaklığı dışarıdan müdahale olmadan kontrol edilmektedir. Belirlenen bir sıcaklık seviyesine göre ortamın ısıtılması ya da soğutulması sağlamaktadır. Sabit ortam sıcaklığı istenilen durumlarda bu sistem kullanılmaktadır [31].

Çalıştırılabilir pencereler, dış ortamla fiziksel bağlantı sağlayarak, doğal havalandırma yoluyla iç ortamı kontrol etmektedir. Uygun şekilde tasarlanıp çalıştırılırsa termal konforu iyileştirme ve soğutma yüklerini azaltma potansiyeline sahiptir. Bu yöntemle, pencere açık konumdayken ortama sıcak ya da soğuk hava akışını durdurulur. Çalıştırılabilir pencereler aracılığıyla doğal havalandırma, havalandırma ile ilgili sorunları en aza indirebilmektedir. Ayrıca, işletim maliyetlerinin düşürülmesi ve iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesini sağlamaktadır [50]. Bu sistemle her pencerenin açık ya da kapalı olduğunu gösteren bir anahtarda bulunmaktadır. Anahtarlar, pencere çerçevelerine fabrikada monte edilmekte ve sistem bina yönetim sistemine bağlanır. Böylece anahtarlar sayesinde, bina kullanıcılarının yanlış kullanımı nedeniyle enerjinin boşa harcanmasını önlenmektedir [31].

HVAC enerji tüketiminin en aza indirilmesi ve çalıştırılabilir pencerelerin uygun kontrol stratejileri ile iç ortam termal konforunu sağlaması için doğal havalandırma ile geleneksel mekanik ısıtma ve soğutma sistemlerini birleştirilmektedir (Şekil 2.12.) [51]. Bina kullanıcısının pencerenin kontrolünü en uygun şekilde yapması zor olduğu için bu karma havalandırma sistemiyle enerji

tasarrufu sağlanmaktadır. Böylece, iç ortam sıcaklığı daha önce belirlenen bir derecede sabit tutulmaktadır.



Şekil 2. 12: Çalıştırılabilir pencereler ile ısıtma ve soğutma sistemlerinin birlikte çalışması.

Ayrıca bina enerji yüklerinin en aza indirilmesinde bina kullanıcılarının davranışları büyük oranda etkilidir. Bu doğrultuda, aydınlatma elemanlarının kapatılmaması, elektrikli ev aletlerinin ihtiyaçtan fazla kullanılması ya da açık bırakılması gibi bina kullanıcılarına ait davranışlar enerji tüketimin artmasına neden olmaktadır. İç ortam sıcaklığı, aydınlatma seviyeleri, donatıların kullanımı (bulaşık makinası, çamaşır makinası), kullanma sıklığı, duş alma alışkanlığı, enerji tasarrufu konusunda bilinçli olmak vb. davranış biçimleri enerji tüketimi ile doğrudan ilişkilidir [52]. Bu bağlamda NSEB’da fazla enerji tüketiminden kaçınılması ve enerji verimli ekipmanlar kullanılması oldukça önemlidir.

Sonuç olarak, yukarıda bahsedilen tasarım ilkelerinde de görüldüğü üzere bina kabuğu ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılmasında büyük etkiye sahip olduğu için NSEB tasarımında oldukça önemlidir. Bu nedenle, özellikle pasif tasarım ilkelerinde öncelikli olarak düşünülmesi gereken bir bileşen olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, diğer ilkeler uygulanırken de bina kabuğuyla birlikte düşünülmektedir. Bununla birlikte, bina kabuğunun özellikleri binanın bulunduğu iklim koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla, tasarım aşamasında iklim özellikleri dikkate alınmalı ve iklimle uyumlu kabuk tasarım yapılmalıdır.

3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE NET SIFIR ENERJİLİ BİNALARA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Binalarda tüketilen enerji miktarını azaltmak amacı ile SEB'lara olan talep günden güne artmaktadır. Bu kapsamda enerji verimliliğini artıracak teknolojiler ve politikalar geliştirilerek sunulmakta ve NSEB'lara yönelik pek çok çalışma yürütülmektedir. Birçok ülke NSEB'yi uygulamak amacıyla kısa, orta ve uzun vadeli hedefler belirlemiştir.

Ayrıca, tüm dünyada bina enerji verimliliğini tanımlamak için iklim duyarlı ev, enerji tasarruflu ev, güneş enerjisi evi gibi başka girişimlerde bulunmaktadır. Buna karşın NSEB enerji verimliliğin sağlamada ve karbon salımlarını azaltmada çok daha öndedir. Bu yüzden daha çok kabul görmektedir [53].

2015 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) 21. Taraflar Konferansı (COP 21)'nda, 2020 yılından itibaren geçerli olacak Paris Anlaşması kabul edilmiştir. Anlaşma, iklim değişikliğinin etkisinin azaltılması yönünde küresel ortalama sıcaklık artışını sanayileşme öncesi döneme göre 2°C altında tutmak ve bu doğrultuda bu artışı 1,5°C'nin altında sınırlamak amacıyla hazırlanmış ve kabul edilmiştir [54]. Bu kapsamda inşaat sektöründe fosil yakıt kullanımını azaltarak yenilenebilir enerji kullanımının artırılması, sera gazı salımlarını azaltma konusunda önemlidir.

- Dünya Yeşil Bina Konseyi (World Green Building Council, WorldGBC)

Bu kuruluş, COP 21'e aktif olarak yanıt veren küresel bir Yeşil Bina Konseyi ağıdır. Konsey, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve sürdürülebilir düşük karbonlu bir gelecek için gereken eylemleri ve yatırımları hızlandırmak, yoğunlaştırmak amacıyla çalışmalar yürütmektedir.

Bu kapsamda, belirlediği iki ana hedef şunlardır:

- Tüm yeni binalar 2030'dan sonra %100'e kadar net sıfır karbonlu olmalıdır.
- 2050 yılına kadar ise binaların % 100'ü net sıfır karbonlu olmalıdır.

Bu anlamda, belirlenen ilk hedefe göre net sıfır karbonlu binalar mümkün olan en kısa sürede standart iş uygulaması haline gelmelidir. İleride yapılacak

iyileştirmelerden kaçınmak amacıyla yeni inşa edilen binalar bu standarda uymak zorundadır. İkinci hedefe göre ise mevcut binalar yenilenirken sadece yenileme değil aynı zamanda net sıfır karbon standardına göre yapılmalıdır. Böylece, 2050 yılına kadar bütün binalar net sıfır karbonlu hale gelecektir [2].

3.1. Dünyada Net Sıfır Enerjili Bina Politikaları

Bu bölümde Avrupa dışındaki ve Avrupa ülkelerinde NSEB politikaları aktarılmaktadır. Bunun yanı sıra, yapılan tez çalışması kapsamında Avrupa ülkelerindeki mevcut konutların NSEB olarak iyileştirilmesine yönelik örneklerle odaklanılması nedeniyle, bu bölümde bu ülkeler için geliştirilen programlara da yer verilmiştir.

3.1.1. Avrupa Dışındaki Ülkelerin Net Sıfır Enerjili Bina Politikaları

Çalışmanın bu bölümünde Avrupa dışında kalan; Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Kanada, Çin-Kore-Japonya gibi dünya ülkelerinde uygulanan politikalar özetlenmektedir.

3.1.1.1. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

ABD Enerji Bakanlığı (Department of Energy-DOE), 2015 yılında destekleyici ölçümler ve yönergelerle ortak bir ulusal sıfır enerji tanımı geliştirmiştir. Ulusal Yapı Bilimleri Enstitüsü (National Institute of Building Sciences-NIBS) ve Enstitü'nün Yüksek Performanslı Bina Konseyi, DOE'nin yardımıyla bir yıl boyunca yenilenebilir enerji üretimi ile dengelenen ultra verimli binaları tanımlamak için Sıfır Enerjili Bina-SEB (Zero Energy Building-ZEB) terimini seçmiştir. Daha sonra, SEB konseptinin kapsamını genişletmek için; sıfır enerji kampüsleri, sıfır enerji toplulukları ve sıfır enerji portföyleri gibi benzer bina grupları tanımlayarak, bunlara yönelik ek tanımlar oluşturmuştur [30].

Ülkede, 2007 yılında, binalar ve araçlar için enerji verimliliğini ve yenilenebilir enerji kullanımı artırmak için Enerji Bağımsızlık ve Güvenlik Yasası (Energy Independence and Security Act-EISA) kabul edilmiştir. Yasa, 2050'ye kadar net sıfır

enerji elde etmek amacıyla yeni yapılacak ve mevcut binalar için ulusal bir sıfır enerji girişimi oluşturmuştur. Yasa, tüm yeni ticari binaların 2030'a kadar NSEB olmasını gerektirmektedir. 2025 yılına kadar ise mevcut binaların %1'ini NSEB olarak dönüştürme hedefi bulunmaktadır [28].

DOE Builders Challenge programının 2008 yılından beri önemli gereklilikleri bulunmaktadır. Bu anlamda, 13514 sayılı Yürütme Emri tüm yeni binaların 2030'a kadar NSEB olmasını zorunlu kılmaktadır[53].

2012 yılında ise DOE, Pasif Ev Enstitüsü ABD (Passive House Institute US-PHIUS)'nin çalışmalarını kabul etmiştir. Bununla birlikte, PHIUS ile Sıfır Enerjili Hazır Ev (Zero Energy Ready Home) projesini desteklemek için bir işbirliği anlaşması imzalamıştır. Ayrıca Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Birliği (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers-ASHRAE), NSEB 2020 vizyonunu geliştirerek binaların kullandıkları kadar enerji üretecekleri sınır koşulları belirlemiştir. Ülkede yer alan tüm bu enerji politikalarına karşın, NSEB için herhangi bir eyalette zorunlu olan en az ya da en çok enerji performansı eşiğinin yer almadığı görülmektedir. Bu durum, federal hükümet kurumları ve birçok eyalet hükümetinin, gönüllü bir yaklaşımla NSEB'ya doğru ilerlediğini göstermektedir [30].

2010 yılında, Kaliforniya Kamu Hizmetleri Komisyonu (California Public Utilities Commission), 2020'ye kadar net sıfır enerjili konut binaları ve 2030'a kadar net sıfır enerjili ticari binalar talep eden bir net sıfır enerji eylem planı başlatmıştır [55]. Eylemler kamu ve özel sektör ortakları tarafından desteklenmektedir. Eylemler arasında; politikalar, finansal araçlar, teşvikler ve bütünsel tasarım uygulamaları yer almaktadır. Bunlara ek olarak, Sıfıra Giden Yol (Path to Zero) kampanyası sayesinde eğitim verme ve farkındalık yaratma planları da bulunmaktadır. Ayrıca eylem planı, 2030 yılına kadar mevcut binaların %50'sinde net sıfır enerjiye ulaşma hedefini de detaylı olarak açıklamaktadır [28].

3.1.1.2. Kanada

Kanada'da 2017 yılında tanıtılan BC Enerji Adım Kodu'na göre yeni binalar 2032'ye kadar net sıfır enerjiye hazır olmalıdır. Bu kod yapıları; konutlar ve küçük binalar ile geniş ve kompleks yapılar olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. Buna göre

yapıların, enerji gereksinimleri farklı değerlendirilmektedir [56]. Kanada’da Net Sıfır Enerjili Konut Konseyi, Net Zero ve Net Zero Ready Evleri ile inşaatçıları/yenileyicileri ayırt etmek ve tanımak için etiketleme programını başlatmıştır. Ayrıca ülkede, ekonomik desteklerle konutların enerji verimliliğini artırılması sağlanmaktadır [2]. Kanada Doğal Kaynaklar Kurumu (Natural Resources Canada), R-2000 standardını geliştirerek klasik bir yeni eve göre ortalama %50 daha fazla enerji tasarruflu olan sertifikalı R-2000 evlerini geliştirmiştir. R-2000 Standardının amacı, yeni konutların enerji verimliliğini iç veya dış ortamlardan ödün vermeden artırmaktır. Bu teknik gereksinimler, bir evin R-2000 sertifikasına hak kazanması için karşılaması gereken hem performans hedeflerini hem de kuralcı önlemleri içermektedir [53].

3.1.1.3. İngiltere

Birleşik Krallık’ın, İklim Değişikliği Yasası (Climate Change Act) kapsamında 2050 yılına kadar konutlardan kaynaklanan karbon salımlarını en az %80 oranında azaltma hedefi bulunmaktadır [53]. Ulusal Planlama Politikası Çerçevesi programına göre ise 2016’dan itibaren yapılan tüm yeni konutların ve 2019’dan sonra yapılan tüm binaların Sıfır Karbon Standardı (Zero Carbon Standard)’nı karşılaması gerekmektedir [57].

Bu hedefe yönelik yapılan sıfır karbonlu ev-seviye altı yaklaşımı, sıfır enerji salımlarını kullanan hükümet tanımına örnek olabilir. Sıfır karbonlu ev yaklaşımı, iki aşamada karbon salımlarının dengelenmesine dayanmaktadır. İlk aşama olan karbon ödeneği (carbon allowance) yaklaşımı, yerinde yenilenebilir enerji üretimi ile bağlantılı olarak zorunlu enerji verimliliği önlemlerini kapsamaktadır. İkinci aşama olan izin verilebilir çözüm tedariki yaklaşımı (allowable solutions supply) ise, yerinde üretimi yakın ya da saha dışı üretim ile genişletmektedir. Buna karşın, İngiltere tarafından tanımlanan belirli bir enerji verimliliği ya da yenilenebilir enerji eşiği bulunmamaktadır. Sıfır Karbon Standardı’nın avantajı, yüksek performanslı binaların değerlendirilmesini sağlaması ve küresel ölçekte sera gazı salımlarına odaklanmasıdır [30].

3.1.1.4. Uzakdoğu Ülkeleri (Çin-Kore-Japonya)

ABD'deki enerji tüketimi düzeyini aşarak şu anda dünyadaki en yüksek enerji tüketimine sahip ülke olan Çin'deki birincil enerji tüketimi 2018'de dünyanın toplam birincil enerji tüketiminin %22'sini oluşturmuştur. Ayrıca, ülkedeki yeni binaların %80'i ve mevcut binaların ise %95'i yüksek enerji tüketen binalardır [58]. Çin'de binaların tükettiği enerji miktarının 2050 yılına kadar iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu yüzden, Çin'de diğer ülkeler gibi enerji verimliliği iyileştirmelerine büyük önem vermektedir. Çin'de SEB'ların geliştirilmesi kapsamında, yüksek enerji tüketen binalardan düşük enerjili binalara geçişi gerçekleştirmek için düşük karbonlu bina, yeşil bina ve akıllı bina üretme yönünde çeşitli girişimler bulunmaktadır. Bunlara ek olarak ülkede enerji verimliliği için kurallar, kanunlar, standartlar ve düzenlemeler yapılarak, bunların ekonomik teşvikler, stratejiler ve eylemlerle gerçekleştirilmesi için çalışmalar yürütülmektedir [53].

Uzakdoğu ülkelerinden Güney Kore, küresel CO₂ salımlarının %2'sini oluşturmaktadır. Bu anlamda ülke, dünyanın dokuzuncu en büyük enerji tüketen ülkesi durumundadır. Ülkede, inşaat sektörü toplam enerji tüketiminin yaklaşık %26'sını oluşturmaktadır ve binalarda tüketilen enerjinin %50.6'sı konutlarda kullanılmaktadır [59]. Bu açılarından ülkede, İklim Değişikliği için Sıfır Enerjili Bina Eylem Planı yayınlanmıştır. Plana göre, ülkede 2025 yılına kadar tüm yeni konut ve ticari binaların SEB olarak inşa edilmesi hedeflenmektedir [53]. Ülkede SEB'lar hedefini gerçekleştirmek amacıyla, Yeşil Bina Kompozisyon Destek Yasası ile Sıfır Enerjili Bina Sertifikasyon Sistemi tanıtılmıştır. Bu sistem hem yeni yapılacak hem de mevcut binalar için enerji verimlilik değerleri ve dereceleri içermektedir. Değerlendirme, binaların enerji tüketim oranlarına göre yapılmaktadır [60]. Kore hükümetinin enerji politikaları bağlamında, teşvikler yoluyla pasif evleri yayma çalışmaları olduğu görülmektedir [59].

Bir başka Uzakdoğu ülkesi Japonya, nSEB'dan NSEB'ya geçişleri etkili bir şekilde gerçekleştirmek amacıyla, enerji verimliliği için politikalar düzenleyerek yeni bir yol haritası oluşturmuştur. Buna göre, ülkenin Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) 2015 yılında Stratejik Enerji Planı 2014'ü yayınlamıştır. Planda, 2020 yılına kadar yeni inşa edilen tüm kamu binalarının ve standart konutların

neredeyse sıfır enerji tüketimine ulaşması ve tüm yeni binaların 2030'a kadar nSEB olması hedeflenmektedir [53].

3.1.2. Avrupa Ülkelerinin Net Sıfır Enerjili Bina Politikaları

Bu bölümde, AB politikalarının NSEB'lara yönelik neler içerdiğini, Avrupa'daki mevcut bina stokunun NSEB olarak dönüştürülmesi ve yeni binalarında NSEB olarak inşa edilmesi konularında nasıl yönlendirmeler yapıldığını açıklamak üzere, AB ülkelerinin NSEB politikaları incelenmektedir.

AB iklim politikaları kapsamında 2030 hedeflerini; sera gazı emisyonlarında 1990 seviyelerine göre en az %40 azalma, yenilenebilir enerji için en az %32 pay ve enerji verimliliğinde en az %32,5 iyileştirme olarak belirlemiştir. Buna ek olarak AB 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarını sıfırlayarak iklim açısından nötr olmayı hedeflemektedir [61]. Bu hedef neredeyse tüm AB politikalarını kapsamakta olup, Paris Anlaşması'nın belirlediği ilkelere uymaktadır.

AB'deki enerji tüketiminin ve CO₂ salınımının %40'ından sorumlu olan binalar ülkelerin enerji politikalarının büyük kısmını oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak enerjinin daha verimli kullanılması ve iklim değişikliğinin durdurulması amacıyla Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 16 Aralık 2002 tarihli BEPD (2002/91/EC) yürürlüğe girmiştir. Direktifte hem mevcut hem de yeni yapılacak binaların enerji performansının değerlendirilmesi amacıyla belirli ölçütler bulunmaktadır [62].

2009 yılında BEPD'nin bazı maddelerini iyileştirmek ve 2006 Eylem Planı'nda belirtildiği gibi ek enerji tasarrufu sağlamak amacıyla, direktif yeniden düzenlenmiştir. 2010/31/EC sayılı EPBD'nin yenilenen maddeleri arasında bina enerji gereksinimlerini belirlemede yol gösterici olan maliyet-optimal yöntemin ve nSEB konseptinin tanıtılması bulunmaktadır [3].

Maliyet-optimal yöntem, yeni yapılacak ya da mevcut binalarda uygulanacak enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji önlemlerinin belirlenmesini içermektedir. Bu yöntemi farklı önlem paketleri ya da yalıtım seviyeleri gibi farklı seviyelerdeki önlemler ile AB ulusal mevzuatında uyulması gereken kaliteyi belirlemektedir. Ayrıca, mevcut binaların maliyet etkin olarak yenilenmesini hızlandırmayı amaçlamaktadır. BEPD, 2018 yılının sonuna kadar kamu binalarının, 2020 yılının

sonuna kadar ise yeni inşa edilen tüm binaların nSEB olmasını gerektiğini belirtmiştir. BEPD'ne göre her üye ülke yeni ve mevcut binalara yönelik bir plan yaparak kendi ilkelerini tanımlamalı ve mali teşvikler sağlamalıdır. Avrupa'da yeni binalarda nSEB hedefine ulaşmak mümkündür fakat mevcut binalarda bu hedefin uygulanması daha zordur. Mevcutta en yüksek enerjiye ihtiyaç duyan 1945-1980 yılları arasında inşa edilen binalar yılda %0,5- %2,5 oranında yenilenmektedir [3].

19 Haziran 2018'de BEPD güncellenerek tekrar yayınlanmıştır. 2018/844/EU sayılı yeni direktif, 2050 yılına kadar sıfır karbon salımına sahip bina stokuna ulaşmayı amaçlamaktadır. Bu amaca yönelik olarak direktif, üye ülkelerin uzun vadeli ve etkili yenileme stratejileri hazırlamasını ve uygulamasını gerektirmektedir. Bununla birlikte direktife göre, enerji yenileme projelerinde uygun maliyetli derin yenileme teşvik edilerek daha bütünsel yenilemeler yapılmalıdır [3].

Bu kapsamda enerji politikalarında ve belirledikleri hedeflerde diğer ülkelere göre Avrupa ülkeleri arasında Almanya, Danimarka ve Hollanda'nın öne çıktığı görülmektedir.

3.1.2.1. Almanya

Almanya hem yenilenebilir enerji hem de enerji verimliliğini iyileştirmek için 1990'lara kıyasla 2030 yılına kadar sera gazı salımlarının azaltılması için %40'lık bir hedef belirlemiştir. Almanya'daki mevcut binalar nihai enerji kullanımının %40'ını oluşturmaktadır ve ülkenin sera gazı salımlarının %30'unun kaynağıdır [63]. Buna bağlı olarak Almanya, AB iklim hedeflerini karşılamada önemli bir rol oynamaktadır.

NSEB hedefleri, yeni inşa edilen tüm binaların 2021 yılına kadar yaklaşık sıfır enerji performansına sahip olmasını sağlamak için AB üye ülkelerini kapsayan Binaların Enerji Performansı Direktifi (BEPD) tarafından yönetilmektedir. Bu anlamda, Almanya tarafından belirlenen ara hedefler aşağıda listelendiği gibidir:

- 2030 yılına kadar yeni binalarda NSEB'ye ulaşılması
- 2050 yılına kadar birincil enerji ihtiyacının %80 oranında azaltılması
- 2050 yılına kadar neredeyse iklim-nötr bina stokuna ulaşma amacı

Almanya, binaların enerji performansını düzenleme konusunda, Avrupa mevzuatı tarafından belirlenen ilgili gerekliliklerin uygulanmasından çok daha öncesine dayanan uzun bir geçmişe sahiptir. Bu noktada, ilk olarak 1976 yılında Almanya’da yürürlüğe giren Enerji Tasarrufu Yasası (EnEG) ile karşılaşmaktadır. İthal enerji taşıyıcılarına olan bağımlılığı azaltmak üzere yürürlüğe giren bu yasaya ek olarak ülkede, 2002 yılında Enerji Tasarruf Yönetmeliği (EnEV) kabul edilmiştir. 2014 yılında güncellenen EnEV, hem yeni yapılan hem de mevcut konut ve konut dışı binaların yenilenmesi için bina kabuğunun enerji ile ilgili kalitesi ve sistem teknolojisi için en az gerekliliklerin belirlenmesini amaçlamaktadır. EnEV’nin düzenlediği çalışmalar; yeni binalar için standartlar, büyük yenileme durumunda mevcut binalar için standartlar, bina tesisatları: yeni ısıtma, soğutma veya havalandırma sistemleri için standartlar, Enerji Performans Belgeleri’nin kullanımı için tasarım, içerik ve yükümlülükler olarak sıralanabilmektedir [63].

Almanya’da 2016 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Isı Yasası da, yeni binalara yönelik zorunlulukları içermektedir. Bu yasa, yeni konut ve konut dışı binalarda ısıtma ve soğutma sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Enerji Tasarruf Yönetmeliği’nin gerekliliklerine ek olarak, toplam yüzölçümü 50 m²’nin üzerinde olan yeni binaların, 2009’dan bu yana yenilenebilir enerji kaynaklarından bir miktar enerji elde ederek bu yasaya uyması gerekmektedir [63]. Yenilenebilir Termal Enerjinin Geliştirilmesi Yasası (EEWärmeG) ise yeni binaların inşasında güneş ısıtma sistemleri ve ısı pompaları da dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kullanımını zorunlu hale getirmektedir [63].

Almanya NSEB kavramının gelişmesi ve uygulanmasında önde gelen AB ülkelerinden biridir. Konulan hedeflerin kabul görmesi amacıyla, ülkede KfW başta olmak üzere oldukça çok sayıda finansal destek verilmektedir. Almanya’da NSEB standardının tanımı, KfW Verimlilik Evi 40, 55 ve 70 etiketi üzerine odaklanmaktadır. Sayı, karşılaştırılabilir bir referans binaya göre yüzde olarak birincil enerji tüketim değerini göstermektedir [30].

3.1.2.2. Danimarka

Danimarka, 2050 yılına kadar enerji ve ulaşım sektörlerinde %100 yenilenebilir enerji kullanmasını hedeflemektedir. Danimarka’nın toplam enerji

tüketiminin %40'ını binalar oluşturmaktadır. 1970'lerden beri yeni binalar enerji gereksinimleri azaltılarak inşa edilmekte ve bu yönüyle eski binalara göre daha az enerji kullanmaktadır [64].

Ülkede, 2012 yılında Enerji Politikası Anlaşması'nda mevcut bina stokunun enerji etkin yenilenmesi için genel bir strateji oluşturularak, yenilenebilir enerjiye dayalı ve binalarda enerji tüketiminin azaltılmasını sağlayacak girişimler belirlenmiştir. Bunlardan bazıları; nihai enerji tüketiminde %35'ten fazla yenilenebilir enerji kullanımı, elektrik tüketiminin yaklaşık %50'sinin rüzgar enerjisinden sağlanması, 2010 yılına göre brüt enerji tüketiminde %7,6 oranında azalma ve 1990 yılına göre sera gazı emisyonlarında %34 azalma olarak sıralanabilir [65].

Danimarka, binalarda enerji tüketimini azaltmada önemli uzmanlığa sahip bir ülkedir. Özellikle 1979'daki petrol krizinden sonra, bu alana yönelik çalışmalar ülkede artarak devam etmiştir. Ülkede, enerji tasarruflu binalar için malzeme, bileşen ve sistem üretimi üzerinde çalışan birçok şirket yer almaktadır. Şirketlerin, bu alanda teknik kaynak zenginliğinin bulunduğu bilinmektedir. UEA'dan yapılan analizler, ülkedeki binalarda enerji tüketiminin maliyet etkin bir şekilde azaltılması için kullanılmayan büyük bir potansiyel bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca ülkede, enerji tüketimini azaltmaya yönelik finansal teşvikler, yüksek enerji maliyetlerinin bir sonucu olarak sürekli artmaktadır. Danimarka, en az enerji gereksinimlerini Düşük Enerji Sınıfı 2015 ve 2020 Bina Sınıfı (NSEB 2020)'ye göre belirlemektedir. NSEB 2020 sınıfında yenilenebilir enerji gereksinimlerine ek olarak; hava sızdırmazlığı, pencereler ve termal iç mekan iklimi için özel gereksinimler gibi konular yer almaktadır. Ülkede 2020'den sonra zorunlu olan, 2020 Bina Sınıfı ile yeni binaların sıfıra yakın bir enerji tüketim rakamına sahip olması hedeflenmektedir.

Mevcut toplam bina stokunun %70'inden fazlası ve müstakil ev stokunun %80'inden fazlası 1979'dan önce, yani bina yönetmelikleri yeni binalar için ciddi enerji gereksinimleri içermeyen önce inşa edilmiştir. 1931 ile 1960 arasında inşa edilen müstakil evler 1979'dan önce inşa edilen binaların toplam tüketiminin %80'inden fazlasını kullanmaktadır [66]. Buna bağlı olarak binaların birçoğunun kapsamlı enerji iyileştirmesi gerektirdiği görülmektedir.

Danimarka'da kullanılan Bina Yönetmeliği, mevcut binaları genişletirken, dönüştürürken ya da bakımını yaparken bina bileşenlerine yönelik enerji gereksinimlerini içermektedir. Enerji gereklilikleri, binalar her yenilendiğinde,

üzerlerinde enerji verimliliği önlemlerinin de alınmasını sağlamaktadır. Bu tür gerekliliklerle; bina kabuğunun enerji gereksinimlerinin doğramalardan ayrı olarak yükseltilmesi, doğramalar için enerji gereksinimlerinin yükseltilmesi, binalardaki tesisatlar için enerji gereksinimlerinin yükseltilmesi ve enerji yenilemesinde kararlar için daha iyi veri ve araçlar sağlamak gibi başlıklar sunulmuştur [66].

3.1.2.3. Hollanda

Mevcut binaların yenilenmesi, enerji açısından nötr bir bina stoku elde etmede önemli bir rol oynamaktadır. Bu açıdan, Hollanda'da yenilenebilir enerjinin yüksek kullanımı ile enerji verimliliğine odaklanan bir derin yenileme yolu tavsiye edilmektedir. Ülkede 2020'den itibaren, yıllık olarak yenilenen toplam kat alanının yaklaşık %1'den yıllık %2,5-%3'e yükseltilmesi hedeflenmektedir [67].

Hollanda'da bina performansı, Enerji Performans Katsayısı (EPK) ile ifade edilmektedir. EPK, Hollanda Enerji Standardı NEN 7120'e göre, enerji performansı için hesaplama yöntemi sağlayan bir araçtır. EPK'nı belirlemek için binanın temel özellikleri (boyutlar, çatı/duvar/zemin yalıtım seviyesi, malzeme tipi ve çerçeve dahil doğrama vb.) ve tesisatları (ısıtma, soğutma, sıcak su, havalandırma ve aydınlatma) dikkate alınmaktadır. EPK konut binaları için 2015 yılında 0,4 olarak belirlenmiş olup, gelecekte bunu sıfıra düşürmek hedeflenmektedir [68].

Hollanda 2008 yılında yeni inşa edilen konutlar için enerji etiketlerini tanıtmıştır. Etiket, bina kabuğundaki bileşenlerinin R (ısıl direnç) değerlerini ve camın U değerini gösterecek şekilde tasarlanmıştır. Birincil enerji talebinin bir göstergesi olan EPK hesaplaması, binanın enerji performans sertifikalarının temelini oluşturmaktadır. 2008'den 2012'nin sonuna kadar, ülkedeki konut stokunun %30'undan fazlasına konut enerji performans belgesi verilmiştir. 2012'de ise Ulusal Plan Yaklaşık Sıfır Enerji Binalar (BENG) planını Avrupa Komisyonu'na sunmuştur. BENG, enerji nötr binayı EPK sıfıra eşit ($EPK=0$) bir bina olarak tanımlamaktadır [68].

Hollanda'da, mevcut bina stokunun dönüşümü için de ek politikalar geliştirilmektedir. Özel bir girişim olan İnovasyon Gündemi Enerjisi tarafından finanse edilen Platform31 organizasyonu, yapılı çevre için Enerji Sıçraması (EnergieSprong) adlı bir politika programı yürütmektedir. Politika ile ilgili bu girişim

açıkça nSEB tanımıyla ilgili katı bir gereklilik kullanmamaktadır, çünkü bu girişimin ana hedefi büyüyen bir topluluk oluşturmaktır[69].

Yukarıda açıklanan Avrupa ülkelerine ek olarak, Fransa, İtalya ve Belçika olmak üzere diğer AB ülkelerinin de BEPD'ne göre yeni ve mevcut binalara yönelik kendi enerji planlarını yaparak kendi ilkelerini tanımladığı görülmektedir. Çalışmanın bu bölümünde, ilgili ülkelerdeki enerji politikaları kısaca aktarılmaktadır.

Fransa'da elektrikli ev aletleri de dahil tüm bina enerji tüketimini kapsayan bina ısı yönetmeliği RE2018, Pozitif Enerji Binalar (Positive Energy Buildings)'ı hedeflemektedir. Yeni düzenlemeler, sera gazı salımlarını, yapı malzemesini, inşaat sürecini ve çevresel etkileri göz önünde bulundurarak Düşük Karbonlu Binalar(Low Carbon Buildings) için standartlar belirlenmektedir. Buna ek olarak Fransa, BEPOS etiketi ile yerinde PV üretim oranını en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır [30].

İtalya'da iyileştirme yapılan binaların NSEB olarak kabul edilmesi için gereken ölçütler, Decreto 26 giugno 2015'e göre belirlenmektedir ve bu ölçütler yeni yapılan binalardaki ile aynıdır. İtalya'daki sıcak iklim koşulları düşünüldüğünde, mevcut bina kabuklarında önemli iyileştirmeler ve binalarda pasif soğutma önlemleri uygulanmazsa, soğutma için tüketilen enerjinin artması beklenmektedir [30].

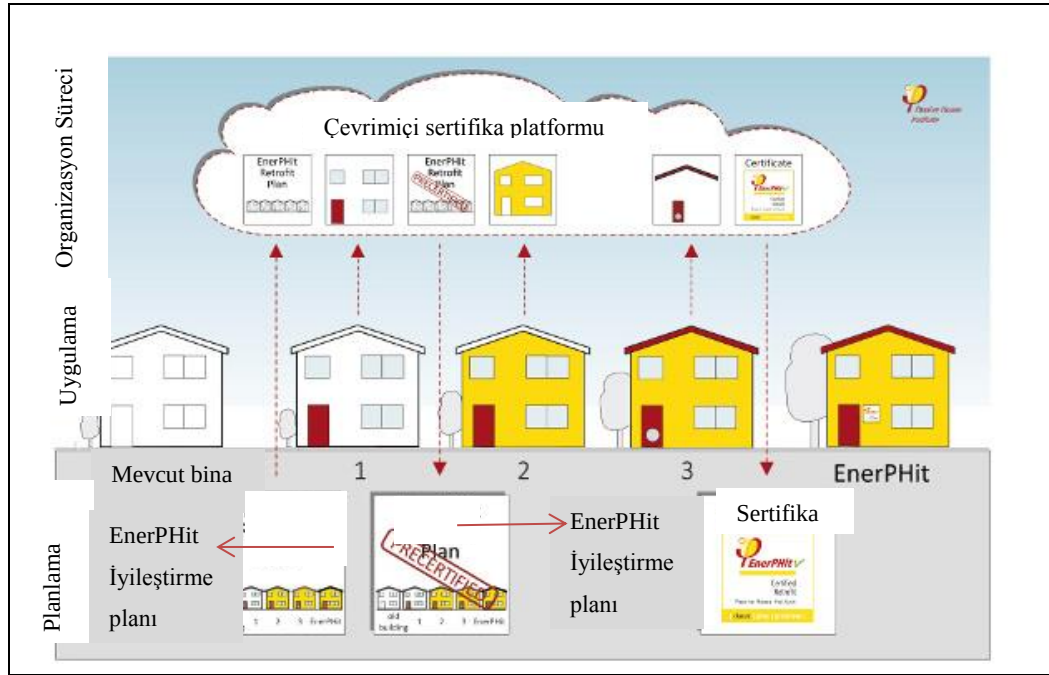
Belçika, Brüksel Başkent Bölgesi Çevre Bakanlığı'nın Brüksel Pasif Ev Hukuku 2011 programına göre; 2015 yılından itibaren bir konutun, ofisin ya da okulun yeni inşaatı ya da büyük ölçüde yenilenmesi, pasif standarda yani nSEB'ya uygun olmalıdır [70].

3.1.3. Avrupa Ülkelerinde Mevcut Konutların Net Sıfır Enerjili Bina Olarak İyileştirilmesi İçin Geliştirilen Programlar

Binaların NSEB kapsamında yenilenmesinin ilk aşamasında maliyetin fazla olması bir sorundur. Bunun için pek çok Avrupa ülkesinde kullanıcılara bu konuda yardımlar yapılmaktadır ve teşvikler artırılmaktadır. Ayrıca, birçok Avrupa ülkesinde iyileştirmelerin artırılarak daha kısa sürelerde yapılması için paket iyileştirme programları bulunmaktadır. Bu kapsamda; EnerPHit, Enerji Sıçraması (Energiesprong), KfW Verimlilik Evi (KfW Efficiency House) ve Refurb Eu Project çalışmaları incelenmiştir.

3.1.3.1. EnerPHit

Almanya Pasif Ev Enstitüsü tarafından geliştirilen EnerPHit Güçlendirme Planı, tam güçlendirme maliyetini karşılama konusunda zorluk yaşayan ev sahipleri için bina iyileştirmelerinde adım adım iyileştirme yapmaktadır. Ayrıca program, iyileştirmeler için sertifika sistemine sahiptir. İyileştirme başlamadan önce gelecekteki güçlendirme adımlarını da kapsayacak şekilde bir plan hazırlanmaktadır. Güçlendirme sırasında önce giriş kapısı ve pencereler, ardından cephe ve çatıda iyileştirme yapılarak adım adım tüm bina iyileştirmesi tamamlanmaktadır. İlk adım tamamlandıktan sonra ön sertifika verilebilir. Bu sayede binanın EnerPHit Standardına ulaşılması kolaylaşmaktadır. Enerphit iyileştirme planının ve sertifikasyon sürecinin şematik gösterimi Şekil 3.1’de görülmektedir [71].

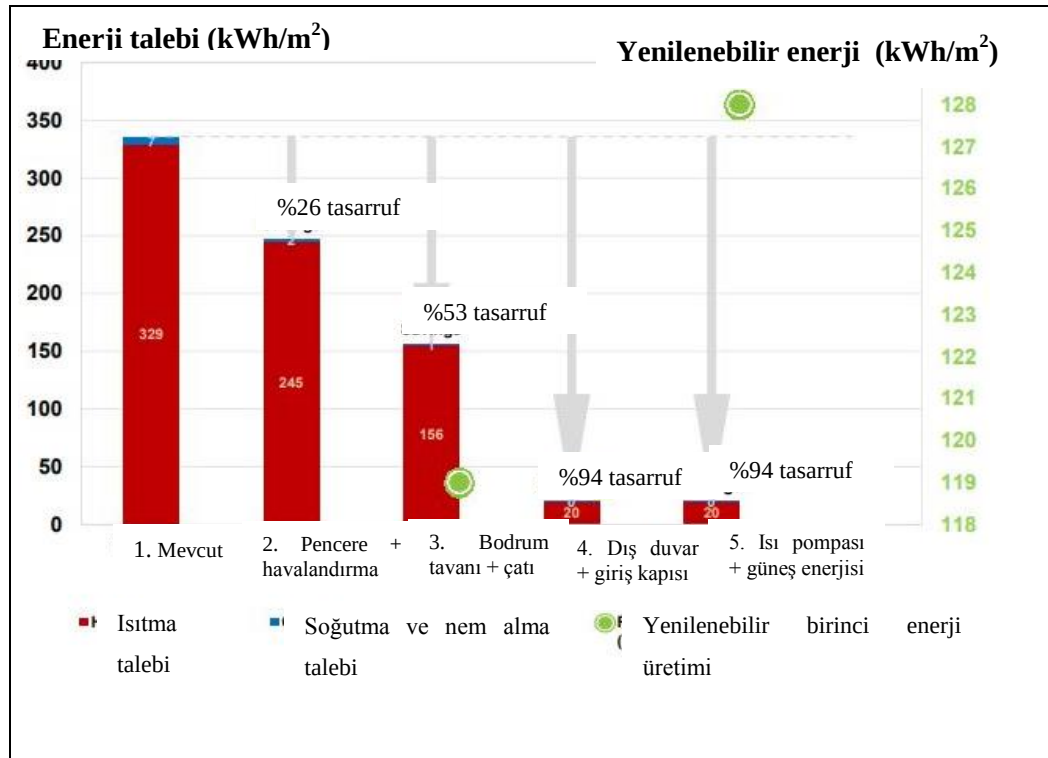


Şekil 3. 1: EnerPHit güçlendirme planı ve sertifikasyon süreci.

Bu program, mevcut bina iyileştirmelerinde pasif ev teknolojilerini uygulayan derin yenilemeye dayanmaktadır. Pasif Ev Standardı, çeşitli zorluklar nedeniyle (bodrum duvarlarında oluşan kaçınılmaz ısı köprüleri vb.) mevcut binalarda genellikle uygulanabilir bir çözüm değildir. Bu yüzden, mevcut binalardaki ilgili tüm yapısal elemanların yenilenmesi için Pasif Ev bileşenleri kullanılarak EnerPHit Standardı geliştirilmiştir. Bu standart; termal konfor, yapısal bütünlük, maliyet

etkinliği ve enerji gereksinimleri açısından kapsamlı iyileştirmeler içermektedir [72]. Dünya çapında kullanılan bu standart; soğuk ve ılıman iklim bölgeleri için bina kabuğunda en az 20 cm yalıtım kalınlığı, yalıtımlı çerçeveli l camlı pencereler, ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi ve ısı köprülerinin en aza indirilmesi gibi önlemler içermektedir [71].

şekil 3.2’de, mevcut bir konuta uygulanan EnerPHit güçlendirme planına göre gerçekleştirilen dört adımdan sonra, ortaya çıkan enerji talebi ve yenilenebilir enerji üretimi değerleri aktarılmaktadır [73].



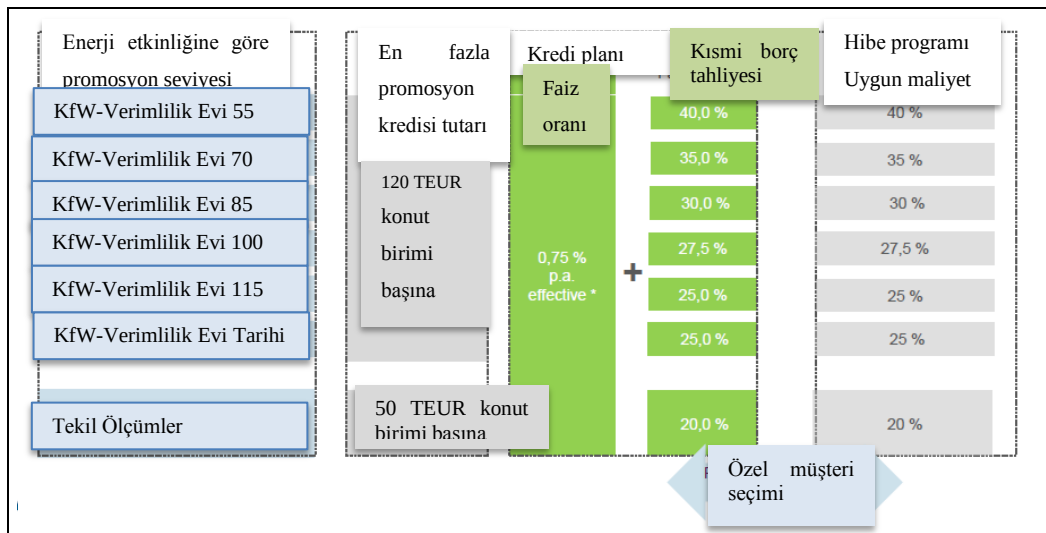
şekil 3. 2: İyileştirme aşamalarında enerji talebi ve yenilenebilir enerji üretimi.

şekilden de görüldüğü gibi, güçlendirme sırasında yapıda; sadece pencerelerin değiştirilip havalandırmanın sağlanması adımımdan sonra %26, bodrum ve çatı iyileştirmesi sonrası %53, duvar ve dış kapı iyileştirmesi sonrası ise %94 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır. Tüm güçlendirme sonrasında bu oran %94 olarak belirlenmiştir

3.1.3.2. KfW Verimlilik Evi (KfW Efficiency House)

Alman iklim koruma programının bir parçası olan ve bina sektöründe enerji verimliliğini artırmak ve CO₂ emisyonlarını azaltmak için tasarlanan KfW programları, hem yeni binaların inşasında hem de mevcut binaların yenilenmesinde ekonomik teşvikler sağlamaktadır. KfW Bank'ın enerji verimli yenileme programı, mevcut konutların yenilenmesini de teşvik etmektedir. Program, bina yenilemelerinde, bir KfW Verimlilik Evi için altı destek seviyesi tanımlamıştır. En yüksek standart olan KfW Verimlilik Evi 55 (birincil enerji talebi yaklaşık 40 kWh/m²a) nSEB bina ölçütlerine yakındır [74].

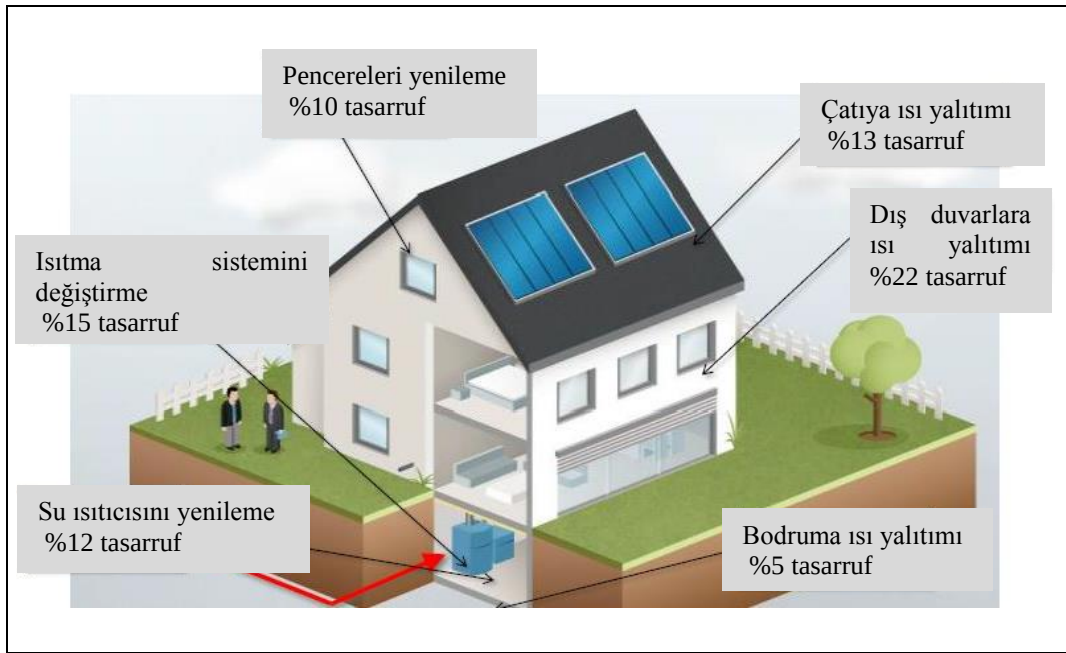
Enerji tasarruflu yenilemeler için; KfW Verimlilik Evi 55, KfW Verimlilik Evi 70, KfW Verimlilik Evi 85, KfW Verimlilik Evi 100, KfW Verimlilik Evi 115 ve KfW Verimlilik Evi Anıtı olmak üzere altı destek seviyesi bulunmaktadır. Bunlara ek olarak tek önlemleri içeren bir destek paketi de bulunmaktadır. Rakamlar, Enerji Tasarruf Yönetmeliği tarafından belirlenen evin maksimum birincil enerji gereksinimini göstermektedir. En iyi standart olan Verimlilik Evi 55 en yüksek desteği almaktadır [75]. Promosyon fonu olarak hibe ya da kredi bulunmaktadır. Şekil 3.3'de KfW Verimlilik Evi destek seviyeleri ve verilen hibe ve kredi oranları görülmektedir [76].



Şekil 3. 3: KfW Verimlilik Evi destek seviyeleri.

Bir KfW Verimlilik Evi'nin yüksek enerji standardını karşılaması için, binada enerji tasarrufu sağlayacak ısı yalıtımı yapılması, pencerelerin değiştirilmesi ve

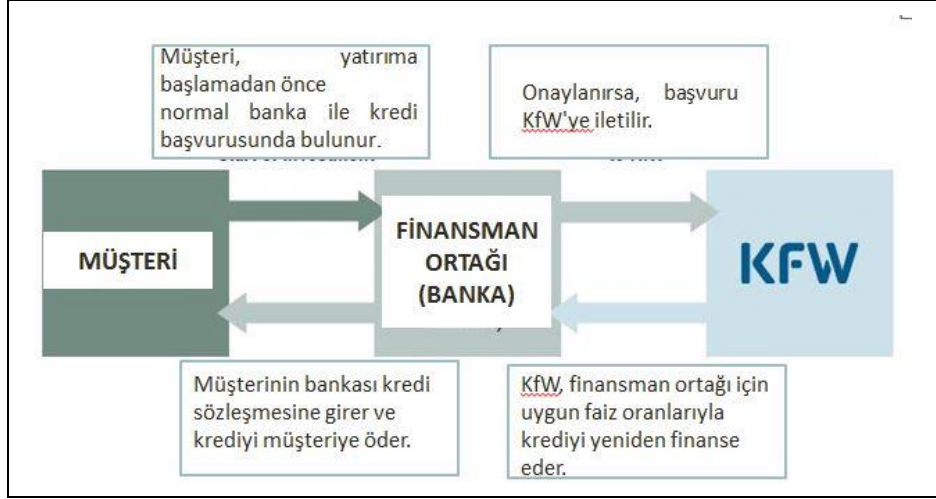
ısıtma sistemlerinin yenilenmesi gibi kapsamlı yatırımlar gerekmektedir. Buna karşın, tam yenileme maliyetlerin ve çabasının yüksek olduğu durumlarda, sadece tek önlemleri uygulanabilmektedir. Tek yenileme önlemleri; duvarların, çatıların ve zemin boşluğunun ısı yalıtımı, pencere ve dış kapıların yenilenmesi, havalandırma sisteminin kurulması/yenilenmesi ve mevcut ısıtma sistemleri için ısı dağıtımının optimizasyonunu içermektedir [74]. Şekil 3.4’de KfW Verimlilik Evi’nin yeni inşaatlar ve bina iyileştirmeleri için enerji verimliliği standardına göre aldığı önlemler ve enerji tasarrufu potansiyeli örnekleri görülmektedir [76].



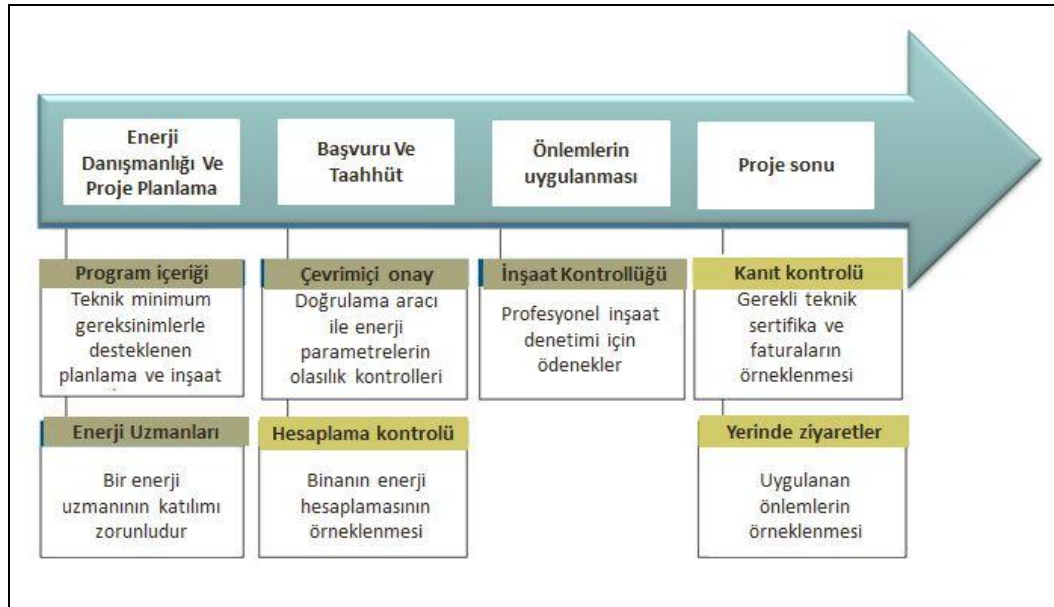
Şekil 3. 4: KfW Verimlilik Evi’nin enerji tasarrufu potansiyeli örnekleri.

Binalarda dış duvarlara uygulanan ısı yalıtımı %22, çatı ısı yalıtımı %13 ve bodrum ısı yalıtımı %5 enerji tasarrufu sağlarken, pencerelerin yenilenmesi %10 tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca, binanın ısıtma sisteminin değiştirilmesi %15, bina su ısıtma sisteminin yenilenmesi %12 tasarruf sağlamaktadır.

Almanya'da hem birçok federal eyalet ve bankalarda, hem de özel bankalarda ve yerel yönetimlerde çok daha fazla promosyon programı bulunmaktadır. Bu anlamda, Şekil 3.5’de KfW borç verme ilkesi ve Şekil 3.6’da KfW kalite kontrol aşamaları gösterilmektedir [75].



Şekil 3. 5: KfW borç verme ilkesi.



Şekil 3. 6: KfW kalite kontrol aşamaları.

3.1.3.3. Enerji Sıçraması (Energiesprong)

Enerji Sıçraması (Energiesprong), mevcut bina stokunun dönüşümü için Hollanda'da geliştirilen ve tüm evin iyileştirilmesini kapsayan bir yaklaşımdır. Enerji iyileştirmelerinde, 30 yıl enerji performans garantisi sunarak ve NSEB'lara ulaşmayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte, enerji sıçraması eylemi olan enerji dolu ev (Huis Vol Energie), ev sahiplerine evlerin yenilenmesi hakkında bilgi alışverişi için bir portal sunmaktadır. Ayrıca, enerji sıçrama programı, olası yenileme konseptleri ve ilgili gereksinimlerin tedarikçilerini listelemek için kendi konsept ve

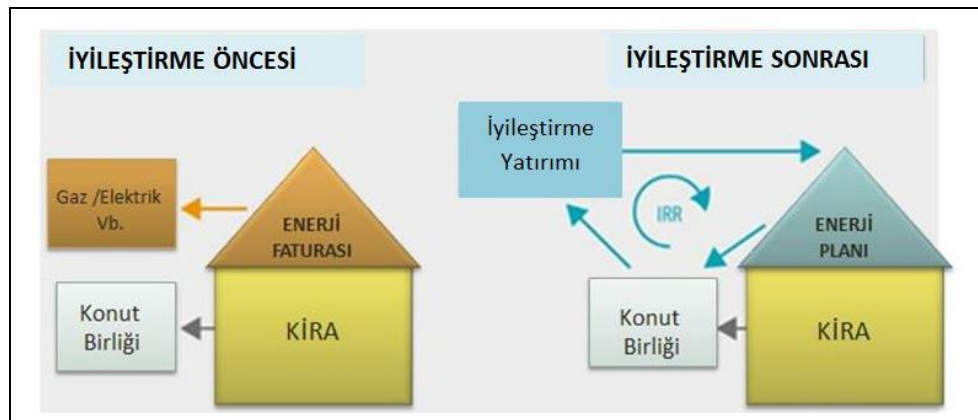
proje veritabanını oluşturmaktadır. Uzun vadeli bir hedef olarak enerji sıçraması programı, $EPK = 0$ yerine enerji faturası = 0 gereksinimini kullanmayı tercih etmektedir [67].

Enerji Sıçraması modeli; ön yapımlı cepheler ve çatı modülleri, çatıya eklenen güneş panelleri ile yenileme paketleri sunmaktadır. Bu modelle mevcut bir konuta uygulanan ısısal açıdan verimli cephe, çok iyi yalıtılmış ve hava geçirmez bir kabuktan oluşmaktadır. Çatıya eklenen güneş panelleri ise konutun tükettiği kadar enerji üretmesini sağlayacak şekilde boyutlandırılmıştır. Ayrıca, bu sistemde, konutun şebekeye hizmet vermesine olanak tanıyan hava ya da toprak kaynaklı ısıtma ve isticke bağılı olarak pillere sahip bir enerji merkezi bulunmaktadır [77].

Programın temel ölçütleri şunlardır:

- Enerji performansı garantisi: $E = 0$ yenileme paketi 30 yıllık enerji performansı garantisi sağlamalıdır.
- Bir haftalık tadilat: Paketin kurulumu bir haftadan fazla sürmemeli ve bina sakinlerinin tadilatın büyük bir bölümünde evde yaşamalarına izin vermelidir.
- Çekicilik: Yenileme paketlerinin bina sakinleri için çekici olması, yaşam kalitesini ve evin görünümünü iyileştirmesi gerekmektedir.
- Satın alınabilirlik: Bu yatırımın, enerjiden tasarruf edilen maliyet ile ödenmesi gerekmektedir.

Şekil 3.7’de Enerji Sıçraması programının yenilemeye ödeme yapması için enerji faturasının aylık enerji planına dönüştürülmesinin şeması görülmektedir [78].



Şekil 3. 7: Enerji Sıçraması (Energiesprong) yatırımı ödeme yapmak üzere enerji faturasının aylık enerji planına (servis ücreti) dönüştürülmesi.

Programa göre; kiracılar enerji faturası yerine, konut birliğine enerji planı hizmet bedeli ödemektedir. Bu ödemeler, enerji faturalarına eşit ya da daha küçüktür. Amaç, kiracıların aynı aylık masraflara sahip olmasını sağlamaktır. Konut birliği de bu yeni geliri, tadilat ödemesi yapmak için kullanmaktadır.

3.1.3.4. Refurb Projesi (Refurb EU Project)

Refurb projesi, Avrupa’da konut binalarında ve özellikle büyük çaplı yenilemelerde enerji verimliliğini artırmada karşılaşılan zorluklara karşı kurulmuştur. Projenin temel amacı, özel konut sektöründen başlayarak Avrupa’da farklı pazar kısımlarına yönelik özel yenileme paketleri ile bir yol haritası geliştirerek arz tarafı (bina inşaat sektörü) ve talep tarafı (ev sahipleri) arasındaki boşluğu kapatmaktır.

Proje konsept olarak:

- Teknolojik olmayan pazar engellerini kaldırarak mevcut binaların enerji performansını artırmak,
- Arz ve talep tarafının birleştirilmesi,
- Ev sahiplerine derin enerji yenilemeleri yapma konusunda bilgi verilmesi,
- Derin yenilemeye odaklanma ve aşamalı derin tadilatların yapılması,
- Enerji kullanımının % 50-80 oranında azaltılması,
- Daha fazla ev sahibi odaklı tek noktadan alışveriş çözümleri,
- Kolay, uygun fiyatlı ve verimli çözümlerin yaygınlaşmasını

benimsemiştir [79].

Proje genel olarak arz ve talep taraflarını bir araya getirerek; mevcut özel konutların derin enerji yenilemesi kapsamında, NSEB standartlarına göre adım adım iyileştirilmesine bütünsel bir yöntem geliştirmektedir ve mevcut teknolojilerle konut sahiplerinin endişelerini azaltacak yenileme paketleri sunmaktadır [80].

NSEB yenileme önlemlerinde çözümler; teknolojik çözümler ve teknolojik olmayan çözümler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Teknolojik çözümler; bina kabuğu, teknik kurulumlar ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak üç başlığa ayrılmıştır. Teknolojik olmayan çözümler ise; yenilikçi finansal modeller, yönetim ya da karar verme için çevrimiçi araçlar, kalite güvencesi, yenileme paketleri = tek

noktadan alışveriş çözümleri ve tedarik tarafını organize etmeye yönelik yeni yaklaşımlardan oluşmaktadır [79].

Refurb projesinde yenileme sürecinin parçalanması önemli bir engeldir. Tedarik tarafında, teknoloji sağlayıcılar, yükleniciler ve mimarlar gibi her tedarikçi, iyileştirme çalışmalarının yalnızca bir kısmını gerçekleştirmektedir. Bu nedenle, yenilemenin istenen enerji azaltma seviyesine ulaşması için sorumluluk almamaktadır. Talep tarafında ise, yenilemeye yönelik finansal kısıtlamalar ya da ev sahiplerinin yenileme konusundaki bilgi eksikliği engel oluşturmaktadır [80].

Mevcut binaları SEB'lara dönüştürme amacıyla Avrupa'da geliştirilen diğer bazı projeler; E2rebuild, Europace Eu, Episcopo Tabula Eu olarak sıralanabilir.

3.2. Türkiye'deki Enerji Politikaları

Çalışmanın bu bölümünde, Türkiye'de bulunan enerji politikaları aktarılmaktadır. Enerji politikaları; yönetmelikler, strateji belgeleri, eylem planları ve SEB'lar için yapılan diğer çalışmalar başlıkları altında özetlenmektedir.

3.2.1. Yönetmelikler

Türkiye'de enerji verimliliği ve SEB'lara yönelik yönetmeliklerin bulunduğu görülmektedir. Çalışmada bu kapsamda; TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, Enerji Verimliliği Kanunu, Binalarda Enerji Performans (BEP) Yönetmeliği ve Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği (PATİY) ele alınmaktadır.

3.2.1.1. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı

Türkiye'de binalarda enerji performansının hesaplanmasıyla ilgili ilk önemli çalışma, Türk Standartları Enstitüsü'nün 1970 yılında hazırladığı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı'dır. Standardın amacı, ülkedeki binaların ısıtılması için harcanan enerjiyi sınırlamak, buna bağlı olarak da enerji tasarrufu sağlamak ve ısıtma için harcanan enerjinin hesaplanmasında kullanılacak standart hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir [81].

Ayrıca standardın amaçları:

- Yeni yapılacak binalarda en uygun tasarım seçeneğini belirlemek için standartta belirtilen hesap metodunu ve değerlerini uygulamak,
- Mevcut binaların ısıtma için harcadıkları net enerjiyi belirlemek,
- Mevcut bina yenilemelerinde uygulanabilecek enerji tasarruf önlemlerinin sağlayacağı enerji tasarruf miktarını belirlemek,
- Bina sektörünün enerji ihtiyacını hesaplayarak, gelecekteki enerji ihtiyacını tahmin etmek

olarak sıralanabilir [81].

Standart, 14.06.2000 tarihinden itibaren zorunlu hale gelerek, Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği ile Mecburi Standart Tebliği olarak yayınlanmıştır. Bu yolla, yönetmeliğin yeni yapılacak bütün binalarda uygulanması zorunlu hale gelmiştir [82]. Standartın 2013 versiyonunda ülke beş iklim bölgesine ayrılarak ve bina kabuğunu oluşturan duvar, çatı, zemin pencerelere ait U değerleri belli oranlarda azaltılmasına rağmen bina kabuğu için herhangi hava sızdırmazlık değeri belirtilmemiştir [83]. Tablo 3.1’de TS 825’in 2013 versiyonunda belirlenen bina bileşenlerine ait U değeri sınırları verilmiştir.[83].

Tablo 3. 1: TS 825 2013 Yılı Versiyonunda Kabul Edilen U Değeri Sınırları.

	U_{duvar} (W/m ² K)	$U_{çatı}$ (W/m ² K)	U_{zemin} (W/m ² K)	$U_{pencere}$ (W/m ² 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

3.2.1.2. Enerji Verimliliği Kanunu

Türkiye’de enerji verimliliği ile ilgili çıkarılan en kapsamlı yasa olan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, 02.05.2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Kanun; sanayi, ulaşım, bina ve hizmetleri gibi birçok alanda enerji verimliliği çalışmalarının uygulanmasını ve izlenmesini sağlayacak düzenlemelerin yapılmasını öngörmektedir. Bu kanunun amacı; enerjinin verimli kullanılarak israfın önlenmesi,

çevrenin korunması ve enerji maliyetlerinin azaltılması için enerji kaynaklarının kullanımında tasarrufun artırılmasıdır [84].

3.2.1.3. Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği

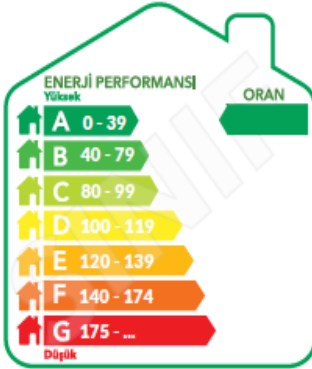
Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği, Enerji Verimliliği Kanununa dayanarak ve AB'nin 2002/91/EC sayılı BEPD örnek alınarak çıkarılmıştır. 2009 yılı sonu itibarı ile yürürlüğe giren yönetmeliğin amacı; binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, enerji israfının önlenmesi, çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir. Yönetmelik kapsamında; binanın enerji kullanımını ilgilendiren konularda bina projelerinin hazırlanması, uygulanması Enerji Kimlik Belgesi (EKB) düzenlenmesi, bina kontrolleri ve denetim faaliyetleri ile ilgili yetkilendirme, enerji ihtiyacının doğalgaz, biyogaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması, ülke genelindeki bina envanterinin oluşturulması, toplumdaki enerji kültürü ve verimlilik bilincinin geliştirilmesi bulunmaktadır [85].

Yönetmelik, binaların enerji tüketiminin ve sera gazı salımlarının belgelenmesi amacıyla binaların enerji performanslarının A ile G sınıfları arasında etiketlenmesini gerektirmektedir. Buna ek olarak, 2017 yılı sonuna kadar mevcut binaların enerji verimliliğinin artırılması ve EKB'nin oluşturularak bütün binaların etiketlenmesi öngörülmüştür [5]. EKB uygulamasına 01.01.2011 tarihinde başlanmıştır [82]. Şekil 3.8'de sunulan EKB, binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma/soğutma sistemlerinin verimi gibi bilgilerini içermektedir [86].

Yönetmelik yeni bina tasarımda ve bina yenilemelerinde zorunlu olmakla birlikte, yönetmelik maddelerinde bina performansı ile ilgili herhangi bir sınır sayısal değer bulunmamaktadır. Yönetmeliğin, NSEB ya da nSEB kavramlarına yönelik sayısal performans değerlerinin verilmesi ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi konularda yeterli bilgi içermediği söylenebilir.

ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Binanın	Belgenin	Binanın Görüntüsü
Tipi:	Veriliş Tarihi:	
İnşaat Ruhsat Tarihi:	Geçerlilik Tarihi:	
Tadilat Tarihi:	Performans Sınıfı:	
Toplam Alan:	Emisyon Sınıfı:	
Ada/Parsel/Pafta:		
UAVT Bina No:		
Adı:		
Adresi:		
Sahibinin Adı Soyadı:		



SİSTEMLER	YILLIK ENERJİ TÜKETİMLERİ		YENİLENEBİLİR ENERJİ/KOJEN. ENERJİ		SINIFI
	Birinci (kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/m ² .yıl)	Birinci (kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/m ² .yıl)	
Toplam					
Isıtma					
Sihhi Sıcak Su					
Soğutma					
Havalandırma					
Aydınlatma					
Kojenasyon					
Fotovoltaik					

Belgenin	Belge Düzenleyenin	Kare Kod
Numarası:	Adı Soyadı:	
Veriliş Tarihi:	Firması:	
Son Geçerlilik Tarihi:	Sertifika No:	
İptal Edilen EKB No:	İmza:	

Şekil 3. 8: Enerji kimlik belgesi örneği.

3.2.1.4. Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği (PATİY)

Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği (PATİY), bina projelerinin hazırlanması ve ruhsat düzenlenmesiyle ilgili uygulamaları içermektedir. Mevzuatta, 2013 yılında yapılan ek düzenleme ile BEP Yönetmeliği önemli hale gelmiştir. Bu kapsamda, mevcut binaların ruhsat alma işlemlerinde EKB düzenlenmesi zorunluluğu getirilmiştir. Ayrıca yapılan değişiklikle enerji verimi ile ilgili; mevcut binalarda tadilat sonrası ruhsat alacak binalarda, enerji verimliliğine mutlaka dikkat edilmesi ve EKB düzenlenmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından azami ölçüde faydalanılması hükümleri yer almaktadır [82].

3.2.2. Strateji Belgeleri

Ülke politikaların geliştirilmesi ve belirlenen hedeflere ulaşma konusunda strateji belgeleri önemli yer tutmaktadır. Bu anlamda, Türkiye’de de enerji verimliliği ve SEB’lara yönelik strateji belgeleri bulunduğu görülmektedir. Çalışmada bu kapsamda; İklim Değişikliği Strateji Belgesi 2010-2020, Kentsel Gelişme Strateji Belgesi (KENTGES) 2010-2023, Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023 ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Plan 2018-2022’in enerji verimliliğine yönelik yaptığı çalışmalara yer verilmiştir.

3.2.2.1. İklim Değişikliği Strateji Belgesi 2010-2020

İklim Değişikliği Strateji Belgesi 03.05.2010 tarihinde Yüksek Planlama Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Belgede, enerji verimliliği ile ilgili olarak:

- EKB’nin yeni binalarda uygulanmaya başlanması,
- Mevcut binalarda EKB’nin uygulaması için altyapı hazırlanması ve verimlilik artırıcı uygulamaların teşvik edilmesi,
- Kullanım alanı 1.000 m²’nin üzerinde olan yeni binaların (oteller, hastaneler, spor merkezleri, yurtlar ve benzeri konaklama amaçlı konut harici binalar), merkezi ısıtma ve sıcak su sistemlerinde güneş enerjisinin kullanılması,

- Mevcut kamu bina ve tesislerinde enerji verimliliğine yönelik iyileştirme yapılması,
- Binalarda enerji verimliliği potansiyelinin tespit edilerek bu potansiyelin en yüksek seviyede gerçekleştirilmesi

gibi hedefler bulunmaktadır [87].

3.2.2.2. Kentsel Gelişme Strateji Belgesi (KENTGES) 2010-2023

Kentsel Gelişme Strateji Belgesi (KENTGES), 25 Ekim 2010 tarihli ve 27749 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Bu strateji belgesinin ilkeleri arasında iklim değişikliğinin etkisini azaltmak için yöntemler geliştirmek ve yerleşim yerlerinde enerjiden tasarruf etmek konuları bulunmaktadır. Bu kapsamda belgenin, kaynakları verimli kullanan sürdürülebilir bir kent formu oluşturulması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi hedefleri bulunmaktadır. Strateji belgesine göre, kentlerde yenilenebilir enerjinin kullanımının artırılması için mevzuat düzenlenmesi gerekmektedir [88].

3.2.2.3. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023

Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'nin stratejik amacı; yüksek enerji kullanımına sahip binaların enerji taleplerini ve karbon salımlarını azaltarak, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmaktır. Bu amaca yönelik olarak, binalara azami enerji ihtiyacı ve azami emisyon sınırlaması getirilmesine ve karbondioksit salım miktarları ilgili mevzuatta tanımlanan asgari değerlerin üzerinde olanlara idarî yaptırım uygulanmasına yönelik eylemler tanımlanmıştır [89].

Türkiye'de Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'ne göre kentsel dönüşüm kapsamı dışındaki yapı sınıfı üçüncü sınıf ve üzeri konutlar ile 10.000 m² üzeri ticari ve hizmet binalarında ısı yalıtım ve enerji verimli sistemler bulunmalıdır. Buna ek olarak, 2010 yılındaki yapı stokunun en az dörtte birinin 2023 yılına kadar, sürdürülebilir yapı haline getirilmesine yönelik hedefler belgede yer almaktadır.

Ayrıca, bu hedefe yönelik olarak, toplu konutlarda yerinde yenilenebilir enerji üretim uygulamalarının yaygınlaştırılması eylemine odaklanılmaktadır [89].

3.2.2.4. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Plan 2018-2022

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Planı; neredeyiz, nereye ulaşmak istiyoruz, gitmek istenilen yere nasıl ulaşabiliriz, başarımızı nasıl takip eder ve değerlendiririz sorularının cevaplarını vermek amacıyla, 2018-2022 yıllarını kapsayacak şekilde hazırlanmıştır. Stratejik planda; çevreye duyarlı, enerji etkin ve güvenli yapılaşmanın sağlanması stratejisi başlığı altında, yapıların EKB almasının sağlanması ve binalarda enerji verimliliği artırılması hedefleri bulunmaktadır. Bu hedeflere yönelik; binalarda enerji tasarrufunun artırılması için düzenlemeler yapılması, toplumsal farkındalığı artırmak amaçlarıyla enerji verimliliği konusunda çalışmalar yapılması ve uygulanması, Yeşil Sertifika Sistemi oluşturularak sürdürülebilir yeşil binaların ve yerleşmelerin sertifikalandırılması stratejileri belirlenmiştir. Ayrıca, mevcut binaların enerji etkin hale getirilmesinin kolaylaştırılması için mevzuat değişiklikleri yapılmaktadır [90].

3.2.3. Eylem Planları

Ülke politikaların geliştirilmesi ve belirlenen hedeflere ulaşma konusunda eylem planlarının da önemli bir yeri bulunmaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye’de de enerji verimliliği ve SEB’lara yönelik eylem planları bulunduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında; İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı ve Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı aktarılmıştır.

3.2.3.1. İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023

Türkiye’de binalarda enerji verimliliğinin artırılması ve bina kaynaklı enerji tüketimlerinin azaltılmasına yönelik hedefler tanımlanarak, belirlenen hedeflerin uygulanmasına yönelik çalışmaların yürütüldüğü görülmektedir. İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023 kapsamında da, enerji verimliliğinin ve elektrik üretiminde

yenilenebilir enerjinin payının artırılmasına yönelik çeşitli hedefler tanımlanmıştır [91].

3.2.3.2. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı

Türkiye’de 2018 yılında yayımlanmış olan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı’nda, bina ve hizmet sektöründe enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik 12 adet eylem tanımlanmıştır. Söz konusu planlar; yeni yapılacak ve mevcut binaların verim sınıflarının iyileştirilmesi, kamu sektöründeki tasarruf potansiyelinin hayata geçirilmesi, binalarda yerinde üretimin ve yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması, kapsamlı bir bina envanteri çalışması yapılması ve bütün kesimlere hitap eden farkındalık çalışmaları yürütülmesi gibi konuları kapsamaktadır. Plan kapsamındaki eylemler daha önce yürürlüğe konulan bütün stratejik belgelerle uyumlu olup, söz konusu belgelerde tanımlanan hedeflerin hayata geçirilmesine yönelik uygulama detaylarını içermektedir [1].

3.2.3.3. Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı

Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı’nın amacı; 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji tüketimindeki payının en az yüzde %20’ye yükseltilmesidir. Bu eylem planının binalarda enerji verimliliği sağlaması amacıyla, planda binalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve sıfır emisyonlu binaların oluşturulması için ve 2010/31/EU sayılı direktifin geliştirilmesi önlemleri bulunmaktadır.

3.2.4. Sıfır Enerjili Binalar İçin Yapılan Diğer Çalışmalar

Türkiye’de enerji verimli ve SEB’lar elde etmek amacıyla güncel olarak çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu doğrultuda, çalışmada ‘Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (nSEB) için Rehber Kitap’ ve ‘Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması için Teknik Yardım Projesi’ ele alınmaktadır.

3.2.4.1. Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (nSEB) için Rehber Kitap

Türkiye’deki binaların enerji verimliliğini iyileştirme politikaları kapsamında nSEB’in uygulamasına yönelik bilgi sağlamak amacıyla yapılan çalışmanın sonucu olarak, ‘nSEB İçin Rehber Kitap’ adıyla bir rapor 20.11.2020 tarihinde yayınlanmıştır. Çalışma, Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu (GIZ) koordinatörlüğünde ve T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) ortaklığında yürütülmüştür. Federal Alman Bakanlığı’nın finanse ettiği çalışma, Türkiye’deki mevcut kamu binalarının enerji kullanımının ve sera gazı salımlarının azaltılmasını sağlamak amacıyla yapılan Türkiye’deki Kamu Binalarında Enerji Verimliliği projesi kapsamında tamamlanmıştır.

Rapor, Türkiye için nSEB tanımının nasıl oluşturulduğuyla ilgili bilgi vermektedir ve bir yapının nSEB olarak tasarlanması ve uygulanması konularında yol gösterici olması planlanmıştır. Raporda, nSEB’lar için yol haritası oluşturmada önemli olan bir hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Türkiye’deki dört iklim bölgesi ve önerilen bina kabuğu senaryoları için çeşitli analizler yapılmıştır. Sonuç olarak ise, Türkiye’deki iklim bölgelerinin farklı olmasından dolayı nSEB kavramının tanım olarak sabit bir enerji tüketim değerine göre belirlenemeyeceği öngörülmüştür. Ortalama enerji tüketim değerlerine göre, 1. ve 2. İklim bölgeleri düşük enerji tüketimine sahipken, bu tüketim 3. ve 4. İklim bölgelerinde daha fazladır. Ayrıca, 4. iklim bölgesinde soğutma için enerji tüketimi olmamasına karşın ısıtma için tüketilen enerji miktarının fazla olması, nSEB için önerilen tüketim değerlerine göre yüksek kalmaktadır [92].

Bunlara ek olarak, düşük net enerji tüketimine ulaşmak için nSEB tanımında yenilenebilir enerjinin katkısı da göz önüne alınmalıdır. Çalışmada yenilenebilir enerji kapsamında, güneş kolektörleri, PV paneller ve doğalgaz ve biyogazdan kullanılarak elektrik ya da ısı üretimi çözümleri değerlendirilmiştir. Sıhhi sıcak su kullanımı için güneş kolektörlerinin tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır [92].

3.2.4.2. Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması için Teknik Yardım Projesi

Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması için Teknik Yardım Projesi'nin amaçları arasında:

- Türkiye'deki mevcut ve yeni binaların enerji etkinliğiyle ilgili olan mevzuat ve kurumsal çerçevedeki boşlukları ele almak,
- Mevzuatı ve kurumsal çerçeveyi, Avrupa'daki en yeni politika ve direktiflerle, özellikle de EPBD ile uyumlu hale getirilmek,
- BEP uygulanmasını destekleyecek insan kaynakları ilkelerini geliştirmek

sayılabilir [5].

Projede bu amaçlara yönelik birçok çalışma yapılmıştır.

Bunlardan bazıları:

- Türkiye'de binaların enerji verimliliğiyle ilgili mevcut durumun incelenmesi,
- BEP'in iyileştirilmesine yönelik ilkenin hazırlanması,
- Bina veri envanteri oluşturularak, bina tipolojileri ile ilgili tanımların geliştirilmesi,
- Binaların yaşam döngüsündeki enerji performansını ekonomik açıdan değerlendirmek için basit bir enerji performansı simülasyon aracının geliştirilmesi,
- Binalarda enerji verimliliğiyle ilgili olarak eğitimlerin, seminerlerin düzenlenmesi ve uluslararası konferanslara katılımın sağlanması,
- Enerji verimliliği için yöntemlerin araştırılması ve yürütülmesine ek olarak ekonomik destek sağlayacak kaynakların belirlenmesi

olarak sıralanabilir [5].

Sonuç olarak, Türkiye binalarda enerji verimliliği politikalarının teşvik edilmesi amacıyla önemli adımlar atmıştır. Türkiye'de enerji verimliliğine ilişkin mevzuatta eksiklikler olsa da, AB mevzuatı ile tamamen farklı değildir. Buna karşın, mevzuatta bulunan bazı hususlar ve diğer bazı teknik engeller nedeniyle, belirlenen

tedbirler etkin olarak uygulanamamaktadır. Türk mevzuatında ve konuya ilişkin belgelerde bulunan bazı eksikler:

- Mevzuattaki bazı hükümlerin net ifade edilmemesi, mevzuattaki hedefler için ara hedeflerin belirlenmemiş olması,
- Mevzuatın etkin bir şekilde uygulanmasının sağlanamaması, caydırıcı bir rol oynayacak yaptırımların olmaması,
- Isıtma ve soğutma sistemleri başta olmak üzere, bağımsız denetim sistemlerinin eksik olması,
- Uygun maliyet analiziyle birlikte enerji performans şartlarının en az değerlerinin belirlenmemiş olması,
- Kamu binalarının örnek rol teşkil etmesine ilişkin düzenlemelerin yeterli düzeyde olmaması,
- nSEB ve NSEB kavramlarına ilişkin herhangi bir düzenlemenin olmaması,
- Özellikle konutlarla ilgili olarak, binalarda enerji verimliliğini destekleyen finansal teşviklerin yeterli düzeyde olmaması,
- Bakanlıklar ve belediyeleri de kapsayan BEP Yönetmeliğinin uygulanmasından sorumlu olan merkezi ve yerel makamların idari kapasitelerinin yeterli düzeyde olmaması,
- Eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerinin yeterli düzeyde olmaması,
- Teknolojik gelişmelere paralel olarak standartların düzenli olarak güncellenmemesi

olarak sıralanabilir [93].

Sonuç olarak, bu bölümde aktarılan dünyadaki ve Türkiye'deki NSEB politikaları ve AB'de geliştirilen iyileştirme programları göz önüne alındığında, bina kabuğuna yönelik birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Bina kabuğu ısıtma ve soğutma için tüketilen enerjiyi büyük oranda azaltma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, ülkeler NSEB'ya ulaşmak için geliştirdikleri politikalarda bina kabuğuna yönelik kapsamlı önlemler sunmaktadır. Bina iyileştirme programlarında ise bina kabuğu öncelikli olarak değerlendirilmektedir.

4. NET SIFIR ENERJİLİ BİNALAR İÇİN UYGULANAN MEVCUT KONUT CEPHE İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

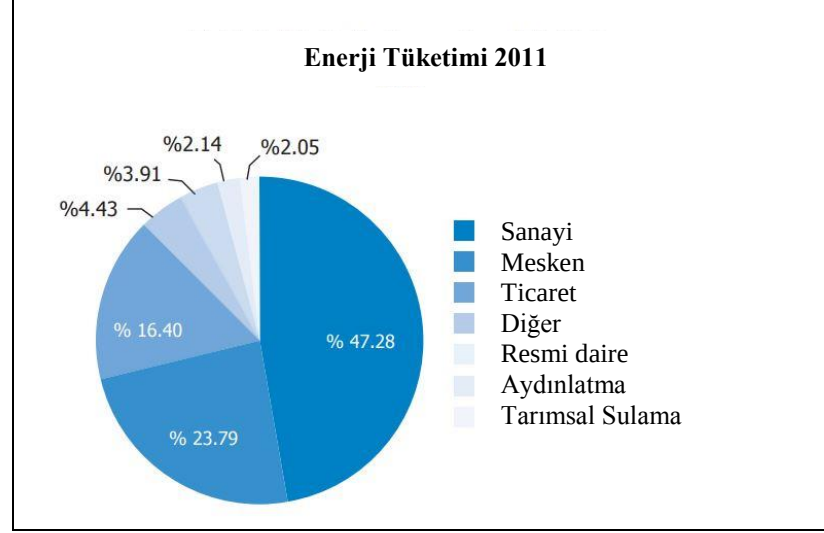
4.1. Konutlarda Enerji Tüketimi

Yapılar dünyada toplam enerji tüketiminin %40'ından sorumludurlar ve toplam enerji tüketiminde, konutlarda tüketilen enerji miktarı oldukça fazladır. Türkiye'de sanayi sektöründen daha fazla enerji tüketimine sahip olan bina sektörü, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %32,8'inden sorumludur [1]. Enerji tüketimi konut sayısının artışına paralel olarak gün geçtikçe artmaktadır. Bu duruma bağlı olarak gerçekleşen sera gazı artışı küresel iklim değişikliğini hızlandırmaktadır. Konutlarda tüketilen enerjinin %35 gibi büyük bir kısmı ısıtma için kullanılmaktadır [94]. Ayrıca konutların ısıtılmasında kullanılan petrol ve doğalgaz, karbondioksit emisyonlarının yaklaşık %83'ünden sorumludur [4]. Bu bağlamda, konutlarda enerji tüketimi ve enerji etkinliği gibi kavramlar son yıllarda tüm dünyada önemli hale gelmeye başlamıştır.

Konutta enerji tüketimini etkileyen iki öge vardır: ilki inşaat kalitesi (örn. yalıtım, enerji verimliliği sistemleri ve inşaat malzemeleri) diğeri ise binanın fiziksel özellikleri (konut tipi ve boyutu)'dir [95]. Farklı konut türlerine göre enerji tüketimi de değişmektedir. Müstakil tek aileli konutlar ya da çok aileli apartman tipi konutlar kullanılan enerji miktarını etkilemektedir. Yapılan bir araştırmada; müstakil evler, apartman tipi konutlara göre ısıtma için %54, soğutma için %26 daha fazla enerji tüketmektedir. Konutlarda enerji kullanımını net olarak anlamak, etkili enerji politikası ve planlaması için öncelikli olarak gerekmektedir [95].

Türkiye'de konutlardaki yetersiz yalıtımdan dolayı binaların enerji kaybı, AB ve diğer gelişmiş ülkelere göre üç kat fazladır [6]. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Türkiye'de 2016 yılında yeni yapılan konut sayısında önceki yıla göre %5 artış görülmüştür [96]. Bununla birlikte, Türkiye'de 2017 yılı itibarıyla 9,1 milyon adet bina bulunmaktadır ve bu miktarın yaklaşık %87'sini konut binaları oluşturmaktadır [1].

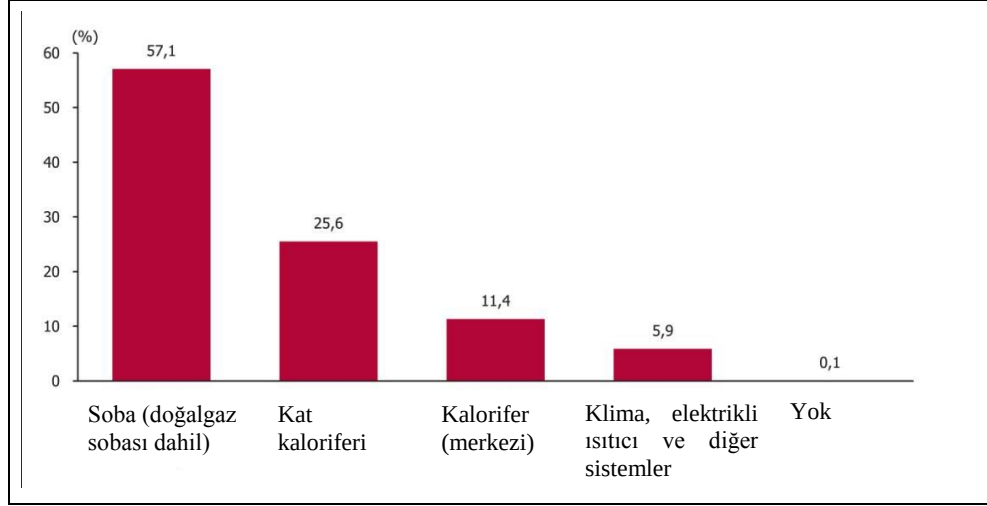
TÜİK verilerine göre, 2011 yılında toplam elektrik tüketiminin %47,28'sinden sorumlu olan sanayi sektöründen sonra %23,79 oranla konut sektörü gelmektedir. Şekil 4. 1'de elektrik tüketiminin sektörlere göre dağılımı sunulmaktadır [97].



Şekil 4. 1: Elektrik tüketiminin sektörlere göre dağılımı.

2009 yılında, Türkiye'nin Enerji Verimliliği Bilinci Araştırması kapsamında yapılan çalışmada konutlar tarafından kullanılan enerjinin %82'lik kısmını ısıtma yüklerinin oluşturduğu görülmüştür [98]. AB'de ise tüketilen enerji %57 oranında ısıtma amaçlı ve %25'i sıcak su üretimi için kullanılmaktadır [99]. Türkiye'de farklı iklim koşullarına bağlı olarak kış aylarında ısıtma, yaz aylarında ise özellikle güney kesimlerinde soğutma ihtiyacı olmaktadır. Konutlarda soğutma yükleri ısıtma yüklerine oranla 3-6 kat daha maliyetlidir [100].

TÜİK 2011 Nüfus ve Konut Araştırması sonuçlarına göre konutta en çok kullanılan ısıtma sisteminin dağılımına bakıldığında, hane halklarının %57,1'inin soba (doğalgaz sobası dahil), %25,6 ile kat kaloriferi (kombi vb.), %11,4 ile merkezi kalorifer, %5,9 ile klima, elektrikli ısıtıcı ve diğer sistemlerin kullanılmakta olduğu görülmektedir (Şekil 4.2) [101]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2011 yılı verilerine bakıldığında konutlarda doğalgazın %26 oranında kullanıldığı görülmektedir [91].



Şekil 4. 2: Hane halklarının konutta en çok kullanılan ısıtma sistemine göre dağılımı.

Mevcut konut stokunun fazla olması, yapının inşası sırasında enerji etkin tasarım ilkelerinin göz ardı edilmesi, yapının kullanımı aşamasında yapı bileşenlerinin şekil değiştirmesi gibi nedenler mevcut konutlarda enerji kayıplarının artmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, istenilen konfor şartlarının sağlanabilmesi için kullanıcıların müdahalesi ile enerji tüketimi de artmaktadır.

4.2. Net Sıfır Enerjili Binalar İçin Mevcut Konutların İyileştirilmesi

İyileştirme, teknik ya da estetik olarak etkinliğini kaybeden bileşenlerin kapsamlı bakım ve onarım sürecini ifade etmektedir. Tadilatın daha büyük bir müdahaledir. İyileştirmenin kapsamı değişiklik gösterebileceğinden, binanın alanına ya da bileşenlerinin miktarına bağlı olarak kısmi, genel ve önemli iyileştirme olmak üzere üç derecede gerçekleştirilmektedir. Kısmi iyileştirme; bina halen kullanımdayken binanın yalnızca bir bileşeninin ya da bir kısmının iyileştirilmesini içerir. Genel iyileştirme; tüm binayı ya da binanın ayrı olan bir bölümünü kapsar. Önemli iyileştirmede ise bina kabuğu taşıyıcı sistemine kadar yıkılır ve daha sonra iyileştirme yapılır [102].

Yenileme kavramı uygulamada çok çeşitli önlemleri kapsamaktadır. Mevcut bir binada alınacak bu önlem ve müdahaleler için, basit bakım ve tamirden yeniden kullanıma ve yıkıma kadar çeşitlilik gösteren farklı terimler bulunmaktadır. Şekil 4.3'te küçükten büyüğe yapılan bu tür müdahale ve tanımları özetlenmiştir [103].

Buna göre, yapılan tez kapsamında iyileştirme kavramı üzerinden yapılan müdahalelere yer verilmiştir. İyileştirmede arızalı ya da eski bileşenler değiştirilir ya da onarılır. Binanın taşıyıcı sisteminde yapılacak yenilemeleri içermemektedir.



Şekil 4. 3: Binalara müdahale seviyeleri.

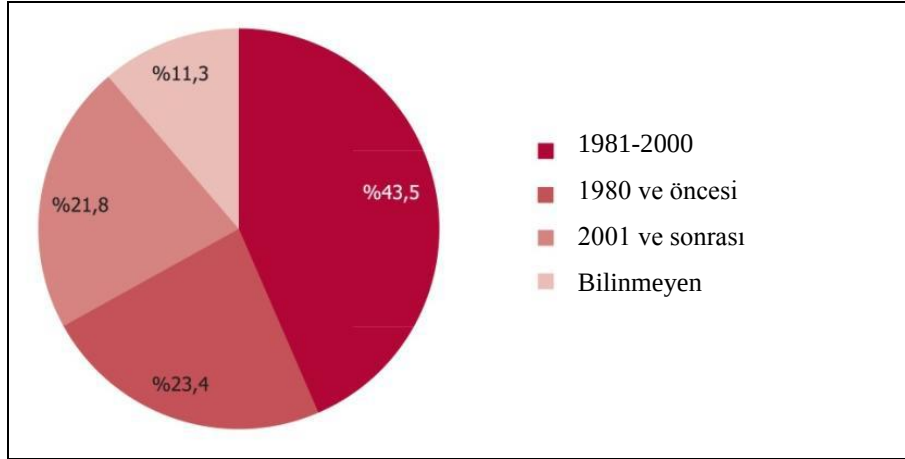
Günümüzde, iklim değişikliğini ele almak ve CO₂ emisyonlarını azaltmak küresel bir zorunluluktur. Dünyadaki çoğu ülke iklim değişikliğinin etkisini azaltmak için NSEB'lar yaparak enerji tüketimini azaltmaya çalışmaktadır. Nüfusun artmasına paralel olarak gelişen şehirleşme ortamında konut üretiminin hızlı artışına karşın mevcutta bulunan konut sayısının fazla olması, sera gazı salınımlarının ve enerji tüketimlerinin azaltılması konularında önemli bir sorun oluşturmaktadır. Mevcut konut stoku çevreye yüksek seviyelerde CO₂ salınmasından sorumludur. Buna karşın, yeni inşaat faaliyetleri ise bu durumun yılda yaklaşık %2'sinden sorumludur [104].

Mevcut binalar, yapıya gömülü malzemeler ve enerji nedeniyle çevre sorunlarını azaltma konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Mevcut bina stokunun korunması ve yenilenmesi, kaynak tüketiminin ve atık oluşumunun en aza indirilmesi için önemli bir stratejidir. Bugüne kadar yapılmış olan çalışmalar, mevcut konutların enerji performansını en az yeni bina kadar yüksek standartlara yükseltmenin ve kullandığı enerjilerini %60 ya da daha fazla azaltmanın mümkün olduğunu göstermektedir [105].

Dünyadaki birçok ülkede enerji etkin binalar için yayınlanan standartlar ve yönetmelikler kapsamında yeni inşa edilecek olan konut binaları için zorunlu olan parametreler ile üretilen konutların net sıfır enerjili olarak tasarlanması sağlanmaktadır. Bunlara ek olarak, mevcut konut stoku da enerji verimliliğinin

artırılarak NSEB olarak iyileştirilmektedir. Bu kapsamda Türkiye’de de konutların net sıfır enerji olarak iyileştirilmesi önemlidir.

TÜİK 2011 Nüfus ve Konut Araştırması sonuçlarına göre; hane halklarının ikamet ettikleri konutların bulunduğu binaların %23,4’ü 1980 ve öncesinde, %43,5’i 1981-2000 yılları arasında, %21,8’i ise 2001 ve sonraki yıllarda inşa edilmiştir (Şekil 4.4) [101].



Şekil 4. 4: Hane halklarının bina inşa yılına göre dağılımı.

TÜİK tarafından yapılan 1998 hane halkı enerji tüketim araştırmasına göre, mevcut binaların %84’ü tek cama sahipken sadece %16’sında çatı yalıtımı bulunmaktadır. İZODER Algılama Araştırması verilerine göre ise, tüketicilerin ikamet ettikleri yapılara yalıtım uygulaması yaptırmasına bakıldığında, sadece %9’luk bir kısım yalıtım uygulaması yaptırmıştır [100], [95].

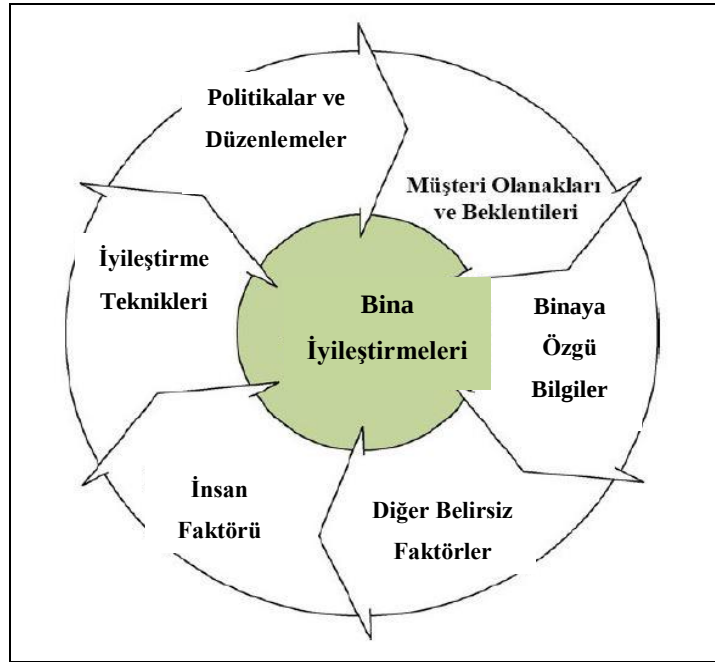
Türkiye’nin Enerji Verimliliği Bilinci Araştırması raporunda konutların %20’sinin yalıtımlı olduğu, pencerelerde ise %58’i çift cam, %39’u ise tek cam ve %6’sı yalıtımlı cam kullanıldığı belirtilmiştir [98]. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’nün Türkiye’nin yedi farklı bölgesinde ve 26 ilinde yaptığı çalışmalar sonucu hazırladığı Hane Halkına Yönelik Enerji Verimliliği Araştırma Raporu’nda konutların sadece %13,9’unun duvarlarında ve çatılarında ısı yalıtımı varken %74,8’inde ısı yalıtımı yoktur. Aynı raporda pencerelerin %60’ının çift cam, %39,2’sinin tek cam ve %0,9’unun kaplamalı cam olduğu görülmüştür [106].

Türkiye’de 2000 yılı öncesinde inşa edilen konutlar, mevcut konut stokunun büyük kısmını oluşturmaktadır. Bununla birlikte TS 825 Standardının 2000 yılında uygulanmaya başlandığı ve yukarıda belirtilen veriler göz önüne alındığında

Türkiye’deki yapı stokunun büyük kısmının yetersiz enerji korunumuna sahip olduğu görülmektedir ve yüksek miktarlarda enerji tüketimine neden olmaktadır. Bir binanın ortalama ömrünün 50-60 yıl olduğu düşünüldüğünde mevcut konut stokunun enerji etkin olarak iyileştirilmesinin ve enerji kayıplarının azaltılmasının öncelikli olarak ele alınması gerekmektedir.

4.2.1. İyileştirmeyi Etkiyen Temel Ögeler

Mevcut bir konutun başarılı bir şekilde iyileştirilmesi birçok etkene bağlıdır (Şekil 4. 5) [107]. Bunlar; politikalar ve düzenlemeler, müşteri olanakları ve beklentileri, yenileme teknikleri, binaya özel bilgiler, insan faktörleri ve diğer belirsizlik faktörleri olarak sıralanabilir.



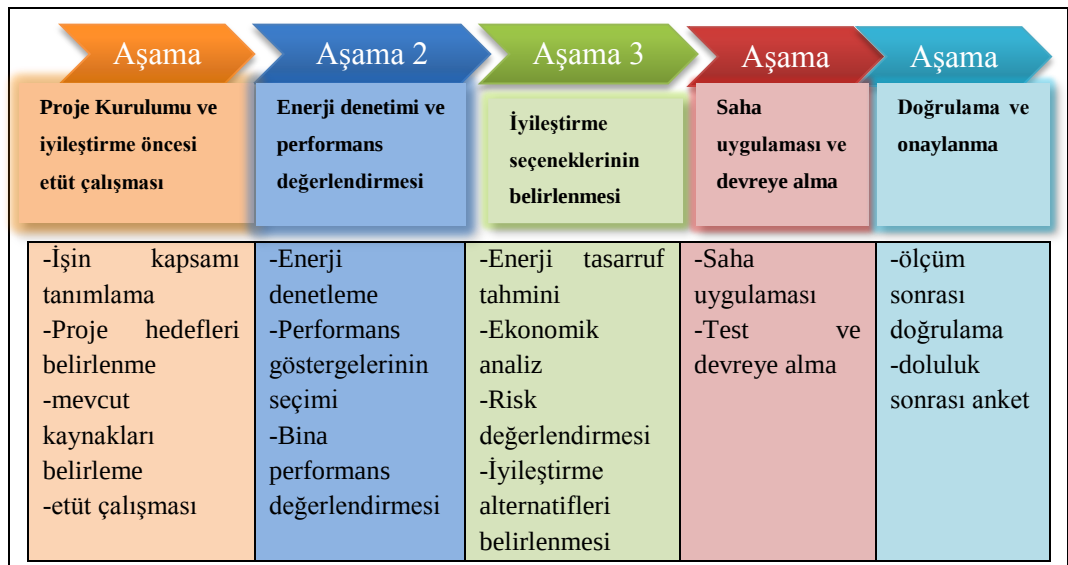
Şekil 4. 5: Bina iyileştirmelerini etkileyen temel ögeler.

Politikalar ve yönetmelikler, mevcut konutların iyileştirilmesi için enerji verimlilik önlemlerini ve gereklilikleri belirleyen standartlardır. Konutlar bu standartlarda belirtilen ilkelere uygun olarak yenilenmektedir. Müşteri olanakları ve beklentileri, konutun iyileştirme hedeflerini belirleyerek hangi iyileştirme yöntemlerinin uygulanacağını belirlemektedir. Konut sahiplerinin iyileştirmeye karar vermesi için bu önemlidir. Yenileme teknikleri, konutun enerji verimli olarak

iyileştirilmesi için uygulanan yöntemlerdir. Bu yöntemler belirlenirken, ekonomik ve kolay uygulanabilir olması koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte, bina iyileştirilmesi her binaya özgü olan; coğrafi konum, bina tipi, büyüklüğü, yaşı, enerji kaynaklarının kullanımı, bina yapısı, hizmet sistemleri gibi özelliklere de bağlıdır. Dolayısıyla bu açılardan her konuta özel olarak iyileştirme yöntemleri belirlenmelidir. İnsan faktörü ise, konutların kullanımı aşamasında önemli bir etkidir. İnsanın konfor gereksinimi, konutu kullanma oranı ve kullanma şekli, bakım yapıp yapmaması gibi konular iyileştirme yapılan konutun başarısını etkilemektedir. Konut kullanıcılarının davranışları büyük ölçüde enerji tüketimine neden olabilmektedir. Son olarak, iyileştirme aşamasında ya da sonrasında belli olmayan ya da beklenmeyen etkilerde olabilmektedir. Bina ömrünün sonuna kadar enerji verimliliğinin devam etmesi için bu belirsiz faktörler tahmin edilerek göz önünde bulundurulmalıdır.

4.2.2. İyileştirme Aşamaları

Bina iyileştirmelerinde genel süreç; proje kurulumu ve iyileştirme öncesi etüt çalışması, enerji denetimi ve performans değerlendirmesi, iyileştirme seçeneklerinin belirlenmesi, saha uygulaması ve devreye alma, doğrulama ve onaylanma olmak üzere beş temel aşamaya ayrılmaktadır (Şekil 4.6) [107].



Şekil 4. 6: Bina iyileştirmelerinde temel aşamalar.

- İlk aşama, proje kurulumu ve iyileştirme öncesi etüt çalışmasıdır. Bu aşamada; bina sahipleri ve proje ekibi tarafından işin kapsamı tanımlanarak proje hedefleri belirlenmelidir. Bina sahipleri, iyileştirme planını yapması ve süreci yönetmesi için bir şirket ile çalışmayı tercih etmektedir. Binanın problemlerini ve bina sakinlerinin sorunlarını belirlemek için iyileştirme öncesi anket gibi çalışmalarda yapılabilir [107].
- İkinci aşama, enerji denetimi ve performans değerlendirmesidir. Enerji denetimi aşamasında, binanın enerji verileri analiz edilerek enerji tüketimi belirlenmektedir. Daha sonra enerji verimliliği sağlayacak en düşük maliyetli iyileştirme yöntemi önerilmektedir. Performans değerlendirmesi ise, belirlenen performans göstergelerine göre binanın enerji kullanımını kıyaslamak için yapılmaktadır [107].
- Üçüncü aşama, iyileştirme seçeneklerinin belirlenmesidir. Bu aşamada; en uygun enerji modelini belirlenir, ekonomik analiz ve risk değerlendirmesi yapılır ve bunlara bağlı olarak iyileştirme alternatifleri belirlenmektedir [107].
- Dördüncü aşama saha uygulaması ve devreye almadır. Seçilen iyileştirme yöntemlerinin yerinde uygulandığı bu aşamadan sonra test ve devreye alma yapılmaktadır. Test ve devreye alma bina sistemlerinin en uygun şekilde çalışmasını sağlamak ve iyileştirme yöntemlerini ayarlamak için kullanılır. Bazı bina iyileştirmelerinde bina sakinlerinin rahatsızlık seviyeleri fazla olabilmektedir [107].
- Son aşama, enerji tasarrufunun doğrulanması ve onaylanmasıdır. Bu aşamada; iyileştirme yöntemleri uygulandıktan sonra enerji verimliliğinin kontrolü belli yöntemler ile yapılmaktadır. Ayrıca, bina kullanıcılarının iyileştirme sonrasında binayla ilgili olumlu ya da olumsuz düşüncelerini öğrenmek amacıyla anket yapılabilmektedir [107].

4.2.3. İyileştirmelerde Olumlu Yönler ve Karşılaşılan Sorunlar

Bir binanın NSEB olarak iyileştirilmesi; yüksek seviyede enerji verimliliği, daha iyi termal konfor, bakım maliyetlerinde azalma, enerji faturalarında büyük oranda azalma (bazı durumlarda sıfırlanma) gibi birçok olanak sağlamaktadır.

Mevcut konutların enerji performansında iyileştirme yaparak, en az yeni binalar kadar yükseltmek mümkündür.

Yeni inşa edilen bir binada toplam maliyetin %20-25'ini cephe sistemi oluşturmaktadır. Bu nedenle, taşıyıcı sisteminde herhangi bir problem yoksa cepheden kaynaklı sorunlar nedeniyle, binanın yıkılması ve yeni bina inşa edilmesi ekonomik bir çözüm değildir [108]. Taşıyıcı sistemi sağlam olan binalarda iyileştirme yapmak daha ekonomiktir. Yeni bina inşası için gerekli olan malzeme ve yıkımdan dolayı ortaya çıkan atık miktarı düşünüldüğünde çevresel etki bakımından yenileme, yıkıp yeniden yapmaya göre daha az etkiye sahiptir. Ayrıca binaların yıkılması ile mimari kimlik de kaybolmaktadır. Binaları iyileştirme aşamasında yeniden inşa sırasında yapılması gereken planlama ve izin süreçleri yoktur ya da çok daha kısa sürmektedir. Dolayısıyla, iyileştirme zamanda tasarrufu sağlamaktadır. Enerji tasarrufu sağlayarak NSEB elde etmeye ek olarak, bu nedenlerden dolayı da binaların kullanım ömrünün uzatılması için cephelerin iyileştirilmesi gereklidir.

Mevcut binaların enerji verimli olarak iyileştirilmesinin birçok olumlu yönü olmasında rağmen, iyileştirme sırasında bazı sorunlarla da karşılaşmaktadır. Bunlardan bazıları; ekonomik yetersizlik, ülke politikalarındaki değişiklikler ya da eksiklikler, iklim koşulları, bina kullanıcılarının davranışları gibi sıralanabilir. Ayrıca, mevcut binaların başarılı bir şekilde iyileştirilmesini etkileyen belirsizlikler önemli bir sorundur. Bina bileşenlerine uygulanan farklı iyileştirme yöntemleri, her bileşende farklı etkiye neden olabilir. Bu yüzden, birbiriyle uyumlu yöntemler uygulanması ve bunların seçimi karmaşık olabilmektedir. İyileştirmede karşılaşılan finansal engeller ve kredi geri ödeme süreleri de bina sahipleri için önemli bir sorundur. Özellikle bina iyileştirmeleri devlet tarafından desteklenmiyor ve teşvik sağlanmıyorsa, bu daha büyük bir sorun oluşturmaktadır [107].

Mevcut bir konutun NSEB olarak iyileştirilmeden önce binanın yapıım teknolojisi, kullanılan malzemeleri, ısıtma ve soğutma sistemleri gibi özelliklerinin analizi yapılmalıdır. Bununla birlikte konutlarda enerji tüketimini artıran etkenler ve etkisi çoğunlukla ortaktır. Tablo 4. 1'de enerji etkin iyileştirmede karşılaşılan başlıca sorunlar sunulmuştur [103].

Tablo 4. 1: Enerji Etkin İyileştirmede Başlıca Problemler.

SORUNLAR	SEBEBİ	ETKİSİ
Dış kabuğun düşük ısııl performansı	Farklı malzeme / inşaat standartları, Yalıtım yokluğu, yetersiz tasarım teknolojisi	Enerji kaybı, yüksek enerji talebi
Kapı ve pencerelerin zayıf hava sızdırmazlığı	Yetersiz tasarım / teknoloji	Enerji kaybı, yüksek enerji talebi, kullanıcı konfor koşullarının sağlanamaması
Hava kaçağı – yüksek ısı sızıntı oranları	Yetersiz tasarım, bileşenlerin bozulması (çatlama, büzülme)	Enerji kaybı, yüksek enerji talebi, kullanıcı konfor koşullarının sağlanamaması
Isı köprüsü	Açıkta kalan bileşenler, yalıtım eksikliği, yetersiz tasarım	Enerji kaybı, yüksek enerji talebi, iç yoğunlaşma
Eskimiş tesisat	Yapım tarihindeki teknolojinin farklılığı	Enerji kaybı, yüksek enerji talebi, kullanıcı konfor koşullarının sağlanamaması

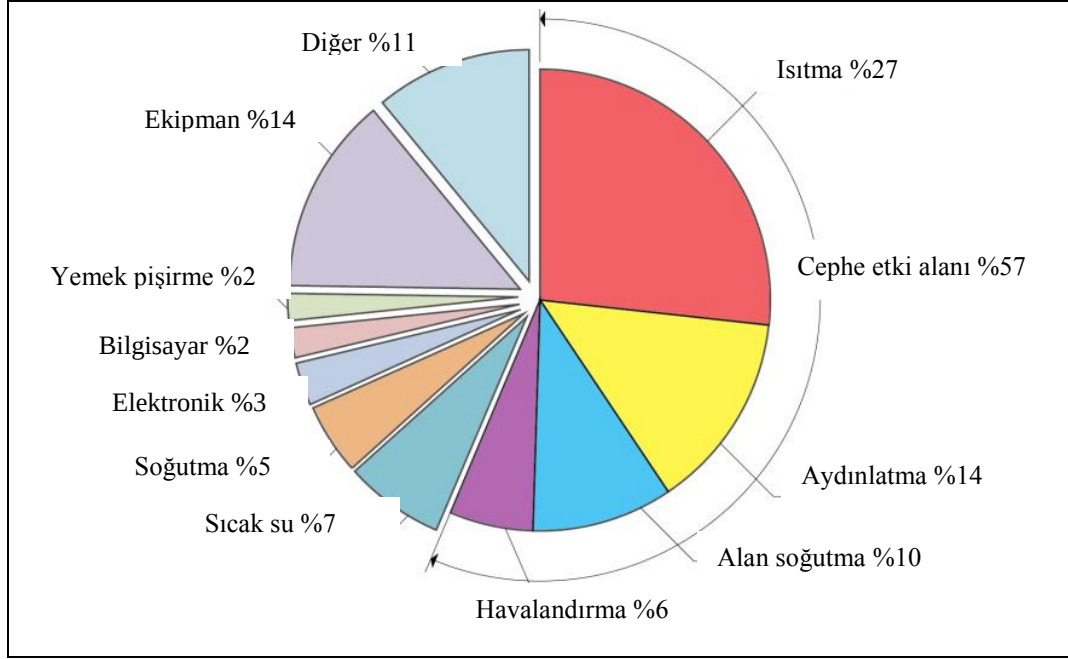
4.2.4. Mevcut Konut Cephelerinin İyileştirilmesinin Net Sıfır Enerjili Bina Açısından Önemi

İç ve dış ortamı birbirinden ayırarak ısııl konfor ve enerji verimliliği sağlayan ve binaların toplam enerji performansında büyük etkiye sahip olan cepheler, NSEB için en önemli odak noktalarından biridir. Cephelerin; mekanı şekillendirme, sınırlandırma, ısı ve ses yalıtımı, güneş kontrolü, iç mekanı dış ortamdan koruma, görüş sağlama, estetik görünüm sağlama gibi işlevleri bulunmaktadır.

Teknolojinin ilerlemesine de bağlı olarak, zaman içinde bu işlevler birbirleriyle iç içe geçmiş ve çok katmanlı cephe sistemleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca, aktif sistemlerin kullanılmaya başlamasıyla birlikte ortaya çıkan akıllı cepheler, değişen çevre koşullarına kolaylıkla uyum sağlamaktadır. Sadece yeni yapılan bina cephelerinde değil, mevcut bina cephelerinin yenilenmesinde de çok yüksek performanslı ürünler kullanılmaktadır [109].

Şekil 4.7’de tipik bir bina kabuğunun enerji performansını etkileyen alanlar sunulmuştur. Buna göre cephe, konutlardaki enerji tüketiminin %50'sinden fazlasından sorumludur. Bu enerji tüketimleri; enerji verimsiz cepheler için ısıtma ve

soğutmaya harcanan enerji, yeterli doğal havalandırma olmadığı için mekanik havalandırmaya harcanan enerji ve en uygun günışığı tasarımı olmadığı için aydınlatmaya harcanan enerji olarak sıralanabilir [110].



Şekil 4. 7: Tipik bina kabuğunun performans davranışından etkilenen alanlar.

Çok katlı konutlarda ısı kayıplarının %40'ı dış duvarlardan, %30'u pencerelerden, %7'si çatıdan, %6'sı bodrum döşemesinden ve %17'si hava kaçaklarından kaynaklanmaktadır. Tek katlı bir konutta ise; ısı kayıplarının %25'i dış duvarlardan, %22'si çatıdan, %20'si pencerelerden, %20'si bodrumdan ve %13'ü hava kaçaklarından meydana gelmektedir [111]. Belirtilen oranlara bakıldığında, konutlarda ısı kayıplarının büyük kısmının dış duvarlardan ve pencerelerden ve dolayısıyla cephelerden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, NSEB'da ısıtma ve soğutma yükleri için harcanan enerjinin en az olması gerekmektedir. Dolayısıyla mevcut konut cephelerini, ısı kayıplarının önlendiği çok yüksek performanslı cepheler olarak iyileştirmek NSEB'lara ulaşmada en önemli adımlardan biridir.

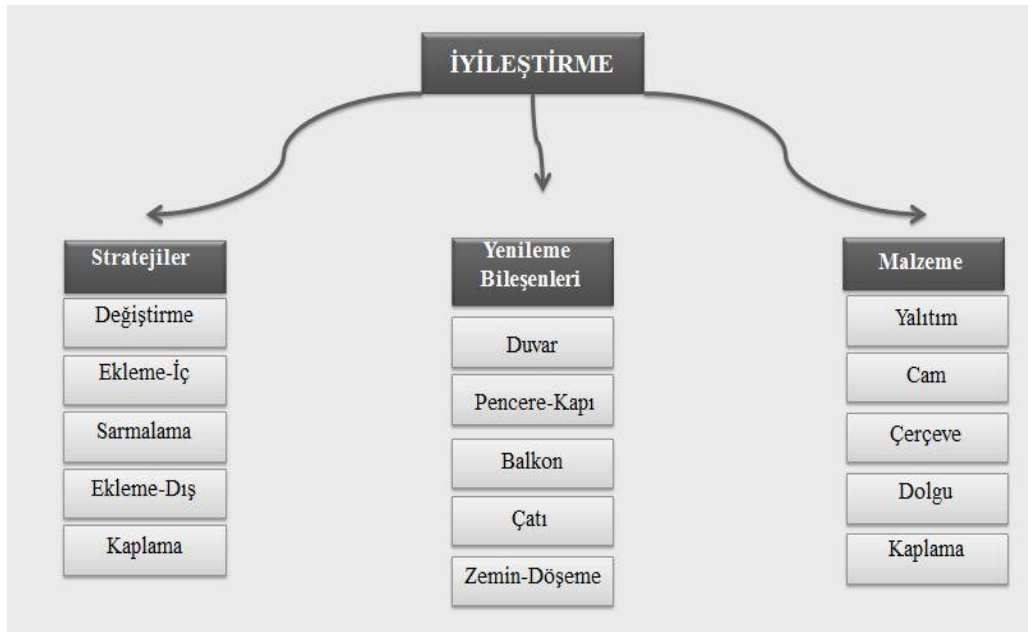
Mekanik sistemleri enerji tasarrufu sağlayacak şekilde yükseltmek, cephe iyileştirmesinden daha hızlı ve daha ucuz bir yaklaşımdır [109]. Buna karşın, cephe iyileştirmesi yapılmadan yenilenen bir bina enerji korunumu açısından yetersizdir ve

büyük ısı kayıplarına neden olmaktadır. Bu yüzden, enerji verimli bir bina elde etmek için cepheler iyileştirilmelidir.

4.3. Mevcut Konut Cephelerinde İyileştirme Yöntemleri

Günümüzde, mevcut konut cephelerinin iyileştirilmesi için birçok yöntem ve teknoloji bulunmaktadır. Kullanılacak iyileştirme yöntemi; bina özellikleri, proje hedefi, çevre şartları, bütçe, enerji tasarrufu gibi pek çok ögenin birlikte düşünüldüğü çok amaçlı bir çözüm olmalıdır. Dolayısıyla, en uygun iyileştirme çözümü enerji verimliliğiyle birlikte, enerjiyle ilgili olmayan sorunlara da odaklanmalıdır [107].

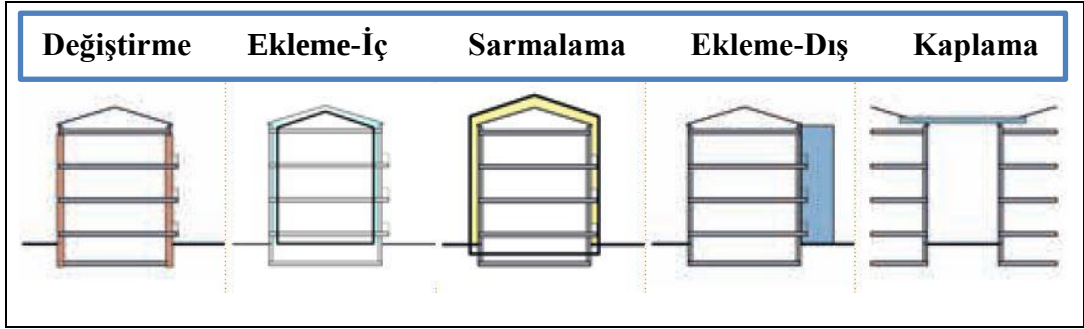
NSEB'lar için temel olarak iki önemli ölçüt bulunmaktadır. Bunlardan birincisi enerji tasarrufu, ikincisi yenilenebilir enerji üretimidir. Mevcut binaları, enerji kullanımının azaltılmasına yansıtacak olan bina kabuğunun verimliliğini artırarak ve temiz enerji üretmek için yenilenebilir enerjiyi mevcut yapıya ekleyerek NSEB'lara uyarlamak mümkündür. Bu anlamda çalışmada, mevcut konut cephelerinde kullanılan iyileştirme yöntemleri; strateji, yapı yenileme bileşenleri ve malzeme olarak üç ana başlıkta ele alınmaktadır (Şekil 4.8) [103].



Şekil 4. 8: İyileştirme yöntemleri şematik gösterimi.

4.3.1. Stratejiler

Bina cephelerin iyileştirilmesi katman, kabuk ve eleman bazında uygulanan her türlü ekleme, çıkarma, değiştirme ve yenileme çalışmasını içermektedir. Cephelere uygulanan bu tür iyileştirme stratejileri Şekil 4.9’da gösterildiği gibi değiştirme, ekleme-iç, sarmalama, ekleme-dış ve kaplama olmak üzere, beş grupta incelenmektedir [103].



Şekil 4. 9: Konut binalarının iyileştirilmesinde müdahale türüne göre iyileştirme stratejileri.

4.3.1.1. Değiştirme

Cephenin değiştirilerek yenilenmesi, bir binanın iyileştirilmesi için uygulanan en yaygın stratejidir [112]. Bu iyileştirmede, eski cephe elemanları kaldırılarak yenileri ile değiştirilmektedir. Bu yöntemde, sadece taşıyıcı yapının sabit kalarak tüm cephe elemanlarının değiştirilmesi ya da cephenin bir kısmının değiştirilmesi mümkündür.

İyileştirme sırasında özgün cephenin kaldırılması durumunda, yeni tasarlanacak cephe binanın tüm fiziksel, teknik ve tasarım gereksinimlerini karşılayacak bütün fırsatlara açıktır. Bununla birlikte, yeni talepleri karşılamak için iç mekan ve bina hizmetleri de yeniden tasarlanabilir [112]. Şekil 4.10’da Hollanda’da bulunan bir apartman bloğunun cephesinin tamamen kaldırılmasıyla uygulanan yeni cephe bileşenleri görülmektedir [103]. Değiştirilen bileşenler daha yüksek enerji performansına sahip olduğu için ısı kayıplarını azaltarak enerji tasarrufu da sağlamaktadır.



Şekil 4. 10: De Valk Apartman Bloğu, Hollanda, mevcut cephenin tamamen değiştirilmesi.

Yeni eklenecek cephe elemanları farklı bina türlerine uygulanabilmektedir. Ayrıca, cephe elemanları ön yapımlı yapılabildiği ve daha kolay uygulanabildiği için genellikle giydirme cephelerin uygulandığı yapılarda tercih edilmektedir [112]. Çözümün maliyeti, müdahale düzeyine ve kullanılan malzemelere bağlıdır. Genel olarak, tam bir iyileştirme için maliyetler, cephenin sadece bazı kısımlarının iyileştirilmesinden daha yüksektir.

Bu stratejide cephe elemanlarının kaldırılarak yenilerinin yapıya eklenmesi sırasında bina kullanıcıları yapıyı kullanamamaktadır. Bu yüzden, bina sakinleri başka yere taşınmak durumunda kalabilmektedir. Buna engel olmak için iyileştirmenin genellikle binanın zaten boş olduğu zamanlarda yapılması tercih edilmektedir. Dikkat edilmesi gereken diğer bir durum ise, cephe bileşenin performansını azaltabilecek bağlantı noktaları ve ısı köprü oluşumundan kaçınmaktır [103].

4.3.1.2. Ekleme-İç

Bu iyileştirme stratejisi, genellikle binanın dış görüntüsünün değiştirilmemesi gereken durumlarda ve anıt özelliği taşıyan binalarda iç yüzeyin iyileştirilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Bu stratejide, cephenin ısı performansını artırmak ve mevcut standartları karşılamak amacıyla, duvarların iç yüzeyine yalıtım eklenmektedir.

İçten iyileştirme çözümleri dıştan uygulanan çözümlere göre daha fazla teknik risk içermektedir. Uygulanan yalıtım, ısı köprülere ve yalıtım katmanında yoğuşmaya neden olabilmektedir [112]. Özellikle, pencere

pervazlarının, balkonların ve döşemelerin kenarları gibi bağlantılar yoğunlaşmayı önlemek için daha fazla dikkat edilmesi gereken noktalardır. Ayrıca, bu stratejide iyileştirmeler iç mekanda uygulandığı için bina kullanıcıları rahatsızlık yaşayabilmektedir. Buna karşın eğer yapı boşluklu duvarlardan oluşuyorsa, duvarların arasına uygulanacak ek yalıtım dışarıdan uygulanır ve bina sakinlerinin rahatsızlığı ve iç mekanda oluşabilecek sorunlar ortadan kaldırılır [103].

Öte yandan, çok sayıda cama sahip olan yapılarda içten ekleme çözüm olmamaktadır. Bu tip yapı iyileştirmelerinde cephenin iç yüzeyine yeni bir ek kabuk eklenerek cephenin ısı performansını artırılmaktadır. Uygulanan ek kabuk panelleri yalıtımlı ya da yalıtımsız olabilmektedir. Bu durum, mevcut cephenin yalıtım özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Bir ofis yapısı olan Düsseldorf'taki eski ABD Başkonsolosluğu üzerinden örneklenen bu tür bir yöntemde, mevcut cephenin performansını iyileştirmek amacıyla yalıtımsız bir iç katman eklenmiştir (Şekil 4.11) [112]. Her iki katmanın performansı istenilen düzeyde olup, havalandırma cephesi olarak işlev görmektedir. Bu ek kabuğa alternatif olarak, ek iç katman yalıtılabilir [112].



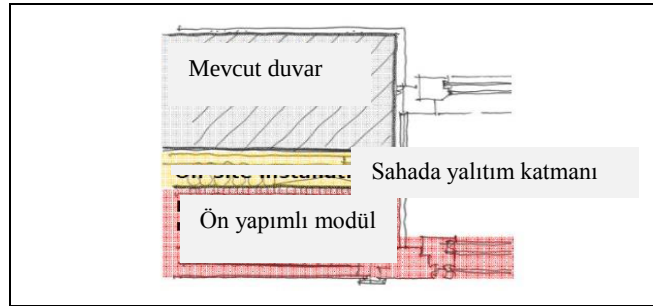
Şekil 4. 11: Eski ABD Başkonsolosluğu'nda ekleme-iç stratejisi.

4.3.1.3. Sarmalama

Bu iyileştirme stratejisinde, bina dışarıdan ikinci bir katmanla sarmalanmaktadır. İkinci katman; dış cephe yalıtımı, dış cepheye ikincil bir ek kabuk uygulanması ya da balkonların kapatılmasından oluşabilmektedir [103]. Binanın özgün cephesinde herhangi bir yapısal sorun bulunmuyorsa ve bina tasarım

konusunda özgürse bina cephesi dışarıdan iyileştirilebilir. Genellikle yalıtım, ek kabuk uygulama ve pencere gibi cephe bileşenlerinin değiştirilmesiyle birleştirilir.

Avusturya Graz'da bulunan ve 1950 yılında inşa edilen yalıtımsız konut bu strateji kullanılarak 2009 yılında iyileştirilmiştir. Binanın cephesine uygulanan ve binayı tamamen sarmalayan ön yapımlı cephe modülleri ile iklim duvarı konsepti oluşturulmuştur. Şekil 4.12'de görüldüğü üzere, ön yapımlı modül uygulamasından önce mevcut duvara taş yünü yalıtım uygulanmıştır [113].



Şekil 4. 12: Ön yapımlı cephe modülü detayı.

Aynı örnekte, yapıya yeni balkonlar ve asansör eklenmiştir. Bunlara ek olarak; pencereler, üç camlı düşük enerjili pencereler ile değiştirilmiştir. Şekil 4.13'te konutun iyileştirmeden önceki ve sonraki durumları görülmektedir.



Şekil 4. 13: Dieselweg 4 sarmalama stratejisi, a)İyileştirme öncesi, b) İyileştirme sonrası.

Bu iyileştirme stratejisinde bina kabuğunun ısıl direnci artırılmakta ve ısıl köprüler çözülmektedir. Bu yüzden, diğer stratejilere göre daha avantajlıdır. Ayrıca, iyileştirme sırasında bina sakinlerinin binayı boşaltması gerekli değildir ve iyileştirme daha az rahatsız edicidir. Bu stratejide, balkonların kapatılması durumunda ekstra yaşam alanı kazanmak da mümkündür.

Bu tür iyileştirmelerde, farklı kaplama malzemeleri kullanılabilir ve ikinci bir kabuk eklenmesi durumunda, boyutlar birkaç santimetreden birkaç metreye kadar değişebilir [103]. Mevcut bina cephesinin bir kısmı ya da tamamı kaplanabilir. Eklenen ikinci kabuk termal sınırı korumakta ve mevcut cepheyle arasında bir tampon bölge oluşmaktadır.

4.3.1.4. Ekleme-Dış

Bu iyileştirme stratejisi, binada ekstra alan ya da işlev gerektiğinde uygulanmaktadır. Mevcut yapıya, yeni balkonlar eklemek gibi küçük müdahaleler olabileceği gibi mevcut yapının devamı olacak şekilde yeni bir bina yapılması da bu kapsama girmektedir [103]. Bu uzantı mevcut binanın önünde ikinci bir yapı olabilir ya da askıda olacak şekilde yapılabilir.

Mevcut binaya yeni uzatma eklendiğinde, yeni bina kabuğu bu uzatma olmaktadır. Bu yolla, iyileştirilmiş çevresel performans koşullarına göre inşa edilmiş olmaktadır. Yeni cephe, ekstra kurulumlar sayesinde bina iklimini ve daha iyi bağlantı çözümleriyle ısı köprüleri iyileştirebilir. İyileştirme sırasında mevcut binanın bazı kısımları kaldırılacağı için konut sakinleri rahatsızlık yaşamaktadır. Dolayısıyla, uygulama süreci zorlaşabilmektedir.

Bu stratejiye göre, binaya uzantı eklenebildiği gibi yeni bir kat inşa etmek de mümkündür. Bu durumda binanın kullanılabilir alanı artarken, yeni kat ısıl dirençle inşa edildiği için, mevcut konutun üst katındaki ısı kayıpları da ortadan kalkmaktadır [103]. Böylece binanın enerji performansı açısından olumlu bir iyileştirme gerçekleşebilmektedir. Şekil 4.14’de mevcut bir konutun balkonlarının yıkılıp yeni balkonlar eklemesi görülmektedir. [114]



Şekil 4. 14: Ekleme-dış stratejisi, a) İyileştirme öncesi, b) İyileştirme sonrası.

4.3.1.5. Kaplama

Bu yenileme stratejisi, iç ve dış avluların bir kısmını ya da tamamını kapsamaktadır (Şekil 4.15) [103]. Dış cepheyle görsel uyum sağlamak ya da ısı kazanımlarını artırmak amacıyla genellikle şeffaf elemanlar kullanılarak kaplama yapılmaktadır. Bu strateji her binaya uygulanabilir bir çözüm değildir ve binanın şekli burada önemli bir ölçüttür. Bununla birlikte, avlunun bulunduğu kısımdaki mevcut cephenin yetersiz ısıl performansı, oluşturulan yeni mekan sayesinde sorun oluşturmamaktadır. Oluşan yeni alan ısıtılabilirdiği gibi, güneşten ısı kazanımı da sağlayabilir. Dolayısıyla, bu kısımla cephe arasındaki ısı iletimi azalmaktadır. Bu strateji, mevcut bina kabuğunun kaplama yapılmayan kısımlarında, diğer stratejiler ile birleştirilmelidir [103].



Şekil 4. 15: Kaplama stratejisi.

4.3.2. Yenileme Bileşenleri

Enerji verimliliğini artıran bütünlük bir yenileme elde etmenin ilk adımı, enerji talebini artıran ve ısı kayıplarının meydana geldiği bileşenleri iyileştirmektir. Bu bileşenler; termal kabuğu oluşturan dış duvarlar, pencereler, balkon, çatı ve zemin kat döşemesi olup, yapılan çalışmada cepheyi oluşturan duvar, pencere, kapı ve balkon bileşenleri incelenmiştir. Bu kapsamda, bina cephelerinde enerji performansını iyileştirmek amacıyla kullanılan teknoloji ve sistemler ele alınmıştır. Uygulanacak farklı seçenekler analiz edilip olumlu yönleri, olumsuz yönleri ve sınırları tartışılmıştır.

4.3.2.1. Dış Duvarlar

Duvarlar, bina kabuğunda en fazla yüzey alanına sahip yenileme bileşenleridir. Bina yapım aşamasındaki farklı teknolojiler ve performans standartlarından dolayı mevcut bina stokunun büyük bir kısmının dış duvarları yeterli ısı dirence sahip değil ve duvarlar ısı kayıplarının en çok olduğu kısımlardır [103]. Bu açıdan, duvarlar enerji etkin ya da NSEB iyileştirme çalışmalarında öncelikli olarak ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik olarak değerlendirilmelidir. Isı kayıpları, farklı yalıtım yöntemleri uygulanarak ya da diğer cephe iyileştirme yöntemleri ile azaltılabilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde ilgili yöntemlerden; dıştan yalıtım, içten yalıtım, boşlukta yalıtım, havalandırılmalı cephe, ahşap çerçeve duvar elemanları, ikincil bir cephe ve enerji üreten sistemler aktarılmaktadır.

- Dıştan Yalıtım

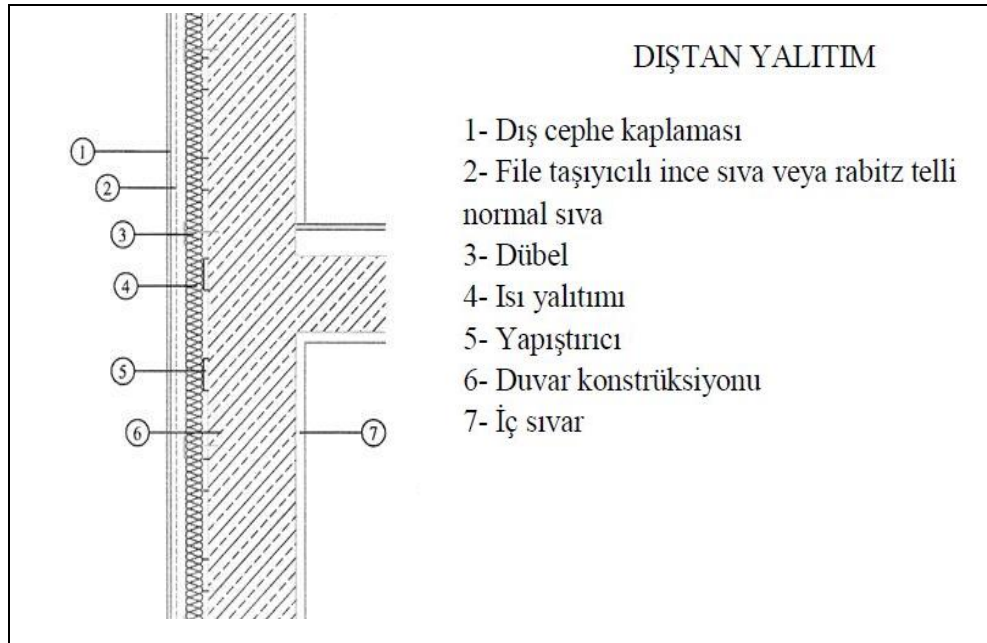
Dıştan yalıtım, genellikle mevcut binalarda ısı kayıplarını azaltmak için dış duvar yüzeyine sıklıkla uygulanan bir yalıtım yöntemidir. Dıştan ısı yalıtımı bazı durumlarda binanın dış görünüşünü değiştirdiği için uygulanması zor olabilmektedir. Bu durum, özellikle tarihi binaların cepheleri ya da kentsel alanlardaki caddeye bakan bina cepheleri için geçerli olabilir [115].

Bu yöntem binanın bulunduğu iklimle ilişkili olarak, ısı köprüleri ve nem sorunlarına çözüm getirebilme açısından içten yalıtıma göre daha çok tercih edilmektedir. Duvarın dış kısmına uygulanan yalıtım, duvardaki ısı kayıplarını ve ısı köprülerini azaltabildiği gibi, duvarın hava sızdırmazlığını da iyileştirebilmektedir [115]. Dıştan ısı yalıtımı, yalıtımın sürekliliğini garanti edebilir. Bu yolla, dış duvardaki ısı köprülerinin sayısını büyük oranda azaltabilir [35].

Zayıf hava sızdırmazlığı olan dış duvarlar, istenmeyen hava sızıntılarına neden olmaktadır. Bu durumda, duvarın içinde yoğuşma olabileceği gibi enerji kayıpları da artmaktadır. Dış duvarlar ile pencere ve kapı bağlantı yerleri hava sızıntılarının en çok olduğu noktalardır. Dıştan ısı yalıtımı uygulanırken, bu tür bağlantılara özellikle dikkat edilmelidir. Hava sızıntısının olabileceği diğer yerler ise; yüzeylerdeki çatlaklar, yarıklar ve duvarda kullanılan gözenekli malzemelerdir. Hava geçirgen olan tuğla, beton ya da mineral yünü gibi gözenekli yapı malzemeleri genellikle duvarlarda kullanılmaktadır. Bu malzemeler, boya ya da kaplamalı alçı levha gibi

hava geçirmez bir katmanla korunmazsa, duvarların içinden geçen hava ısı kayıplarına neden olabilmektedir [35].

Uygulanan ek yalıtım, genellikle mevcut duvarın yük taşıma sistemine sabitlenmektedir ve bir kaplama malzemesi ile kaplanmalıdır. Diğer yalıtım uygulamaları düşünüldüğünde dıştan yalıtım, iskele giderlerinden dolayı daha maliyetlidir. Buna karşın, kapsamlı iyileştirme çalışmalarında daha fazla tasarruf sağladığı için daha ekonomik bir çözümdür. Ayrıca dıştan yalıtım, iç mekan kaybına neden olmamaktadır. Ayrıca, uygulama bina kullanılırken konut sakinlerinin iç mekanda yaşamlarını sürdürmelerinde engel oluşturmamaktadır. Şekil 4.16'da TS 825'de belirtilen dıştan yalıtım detay sunulmuştur [116].



Şekil 4. 16: TS 825'de belirtilen dıştan yalıtım detayı.

• İçten Yalıtım

Enerji etkin iyileştirmelerde en etkili çözüm dışarıdan ısı yalıtımı olmasına rağmen, binaya dıştan ısı yalıtımı uygulanamadığı ya da dış cephenin aynı kalması gereken durumlarda, bina içeriden yalıtılabilmektedir. İçten yalıtımın uygulanacağı alan ve yalıtımın kalınlığı, yalıtımın verimini etkileyen önemli etkenlerdir. Buna karşın, iç mekanda yalıtım kalınlıklarının sınırlı olabilmesi, içten yalıtımda yüksek performanslı yalıtım malzemelerini gerektirmektedir.

İçten yalıtım, mevcut dış duvarla iç ortam iklimi arasında bir sınır oluşturarak, duvarın ısınmasını önlemektedir. Bu durum, duvar sıcaklığının azalmasına ve

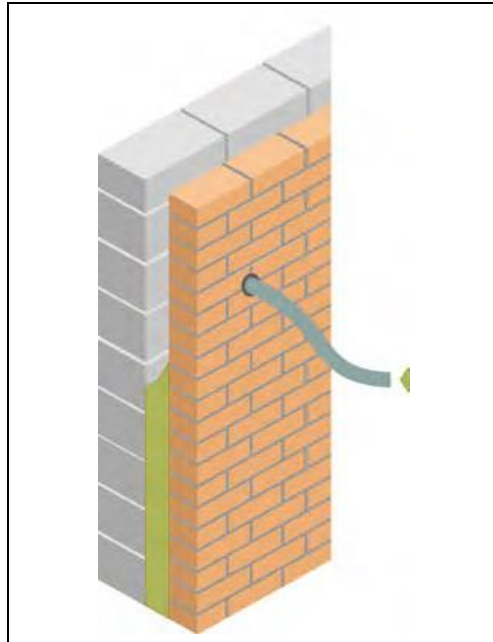
İçten yalıtımda, yoğunlaşma riskini önlemek için yalıtım katmanı ve buhar bariyeri kesintisiz uygulanmalıdır. Özellikle duvarlar arası, duvarlar ve tavan arası gibi birleşim yerlerine dikkat edilmelidir [115]. Şekil 4.17’de TS 825’de belirtilen içten yalıtım detay sunulmuştur [116].



Boşlukta yalıtım, binaları iyileştirme aşamasında boşluklu duvarlarını yalıtım için uygulanmakta ve enerji verimli iyileştirmeler için kolay çözümlerden biridir (Şekil 4.15) [35]. Bu yöntem, boşluklu duvarların yaygın olduğu ülkelerde kullanılan ek bir yalıtım yöntemidir. Yöntemde yalıtımı uygulamanın en yaygın yolu, dökme yalıtım malzemesinin duvar arasındaki boşluğa üflenmesidir. Montaj, açılan harç derzlerinden enjeksiyon delikleri açılarak, dolgu malzemesinin duvar boşluğuna enjekte edilmesi ve enjeksiyon deliklerinin renk uyumlu harç ya da sıva ile kapatılmasıyla yapılır [117].

Bununla birlikte, köpük ile enjeksiyon teknikleri de bulunmakta, fakat bu yöntem gelişmiş kurulum süreci nedeniyle çok tercih edilmemektedir [35]. Boşlukta yalıtım uygulaması bina dışından yapıldığı için bina sakinleri binada kalabilmekte ve kurulum genellikle yarım günden az sürmektedir. Bu açılardan yapılan uygulama, kullanıcılarda rahatsızlığa neden olmamaktadır [117]. Ayrıca, bu tür uygulamalarda binanın dış görünüşü değişmez ve anıtsal binalar için uygundur.

Bu yalıtım tekniği, içi boş olan duvarın eski ya da yeni olmasına ve dolayısıyla ısı köprülerinin durumuna bağlı olarak düşünülebilir. Çok sayıda ısı köprüsü oluşturan tuğlalarla birbirine bağlanan eski duvar boşluklarında yalıtım uygulamak faydasız olacaktır. Bu gibi durumlarda dıştan ya da içten yalıtım uygulamak düşünülebilir. Daha yeni boşluklarda ise, ısı köprülerinin boyutu ve türü incelenmeli ve yalıtımın yapılıp yapılmayacağına karar verilmelidir [35]. Boşlukta yalıtım uygulamalarında ayrıca, yalıtımlı duvarın performansı boşluk derinliği ile belirlenmektedir. Bazı duvarlarda boşluğun sınırlı derinliği nedeniyle yalıtım kalınlığına bağlı olarak nihai duvar ısıl performansı yeterli olmayabilir. Dolayısıyla, derinliği 50 mm'den az olan binalarda boşluk yalıtımı uygulanması iyi bir çözüm değildir [103].



Şekil 4. 18: Boşlukta yalıtım.

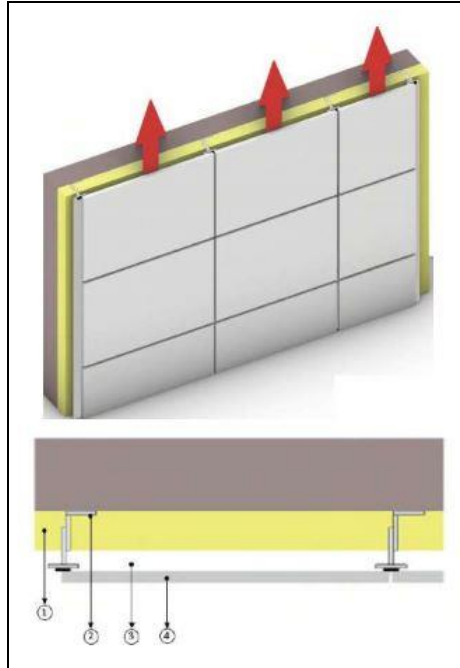
- Havalandırılmalı Cephe

Havalandırılmalı cephe, cephe kaplaması ile bina arasındaki boşlukta bulunan havanın, doğal ya da yapay olarak baca etkisi ile akışını sağlayacak şekilde tasarlanan bir tür cephedir. Enerji verimliliği sağlamak için boşluktaki hava akışı mevsime göre kontrollü bir şekilde sağlanmalıdır [118].

Doğal olarak havalandırılan cephede, kaplama paneli ile arkadaki hava boşluğu arasında bir sıcaklık farkı oluşur. Bu durumda, hava yoğunluğunda oluşan değişiklik baca etkisi yaratır ve havanın boşluk içinde yukarı doğru akmasına neden olur [118].

Havalandırılmalı cephe yapısı Şekil 4.19’da görüldüğü üzere dört katmandan oluşmaktadır [118]. Bunlar:

1. Mevcut yapıya monte edilmiş yalıtım katmanı,
2. Cephe sistemini mevcut duvara sabitleyen metal braketler (sabitleme sistemleri, kaplama panelinin arkasını destekleyen ve mevcut yapıya sabitleyen görünür ya da gizli kancalar içerebilir),
3. Üst ve alt havalandırma menfezleri yoluyla dışarıya bağlanan havalandırma boşluğu,
4. Dış kabuktur.



Şekil 4. 19: Havalandırılmalı cephe.

Bu tür cephelerde, dış yüzey ya da panel, birincil yağmur bariyerini oluşturduğu için yağmur perdesi olarak da adlandırılır [103]. Havalandırma boşluğu, dış yüzeye gelen suyun yalıtım katmanına ya da mevcut duvara geçişini önlemektedir. Bundan dolayı, yüksek düzeyde su yalıtımı sağlamaktadır. Bununla birlikte, havalandırılmalı cepheler, ısıtma ve soğutma için tüketilen enerji miktarını yaklaşık %30 oranında azaltarak binaların daha enerji verimli olmasını sağlamaktadır [118].

Havalandırılmalı cephe sisteminin bina kabuğuna sağladığı performans, dış ısı yalıtımı ile benzetilmektedir. Bu cephe dış duvarın ısıl direncini artırarak ısı kayıplarını ve sızma oranlarını azaltmaktadır. Ayrıca, yalıtım malzemesinin seçimi ve sabitlenmesi de benzetilmektedir. Kaplamanın arkasındaki boşluk tamamen havalandırıldığı için kaplamanın ısıl performansta etkisi söz konusu değildir. Duvarın ısıl performansı, kaplama malzemesine değil yalıtım malzemesine ve malzemenin kalınlığına bağlıdır. Havalandırılmalı cephelerde kaplama malzemesi için çeşitli olanaklar bulunmaktadır ve dolayısıyla bu tür cepheler, geniş mimari ifade özgürlüğüne sahiptir. Bu yüzden, özellikle iyileştirme projelerinde tercih edilmektedir [103].

- Ahşap Çerçeve Duvar Elemanları

Bir duvar ya da cephe paneli bileşeni yenilenecekse, hafif bir konstrüksiyonla değiştirebilmek mümkündür. Bu bağlamda, ahşap çerçeve yapımı yaygındır ve ön yapımlı olarak üretilmektedir. Ön yapımlı elemanlar, tutarlı ve uyumlu bir bina sistemi ve farklı görevlere uygulanabilen çok çeşitli mekansal ve teknik çözümler sunmaktadır. Bu tür elemanlar, hem binaların hem de yapıları çevrenin görselliğini, cepheleri yeniden yapılandırarak, cephe malzemelerini değiştirerek, uzantılar, ekler ya da ek katlar ekleyerek önemli ölçüde iyileştirilebilir. Binanın geometrisi, açıklıklar ayarlanarak, sundurmalar ya da balkonlar ısıtılmış yaşam alanına eklenerek değiştirilebilir [119], [120].

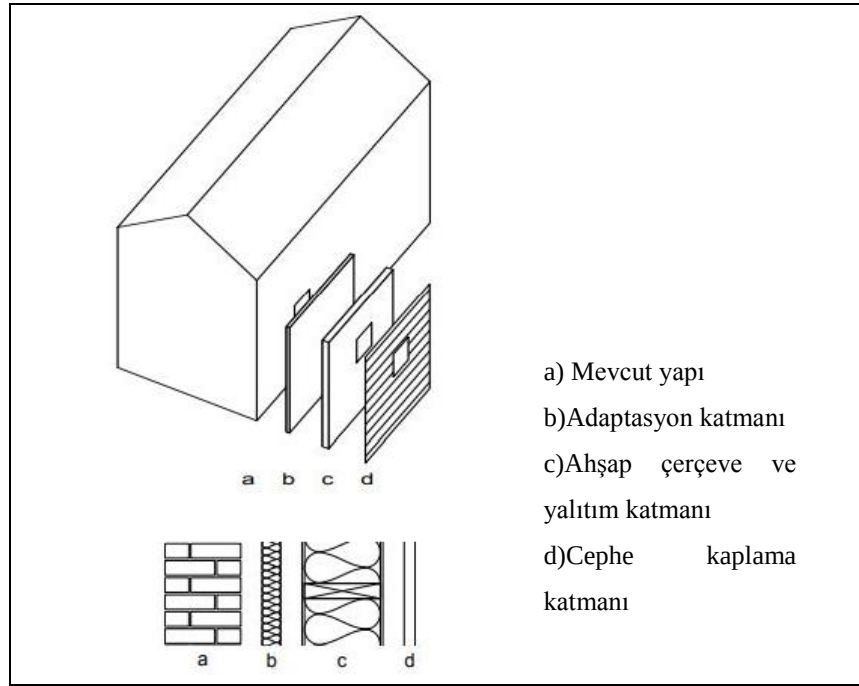
Ön yapımlı iyileştirme elemanlarının yapılarda kullanımında; yapı stokunun sistematik bir şekilde incelenmesi, planlanması, yenilenmesi, inşaatı ve bakımı süreci önem taşımaktadır. Bu noktada, ahşap çerçeve elemanları ile enerji verimli iyileştirme için genel olarak:

- Cephenin U değerini düşürerek yalıtım özelliklerinin iyileştirilmesi,

- Pencerelerin hava geçirmez ve ısıya dayanıklı çerçevelerle ve daha iyi yalıtımlı cam ile yenilenmesi,
- Geliştirilmiş sistemlerle yapısal, malzeme ve geometrik ısı köprülerden kaçınılması,
- Hava geçirmez bir bina kabuğu için kontrolsüz havalandırmayla tüketilen enerjiden kaçınılması

gibi gereklilikler bulunmaktadır [119].

Cephe iyileştirilmesi için kullanılan ön yapımlı ahşap çerçeve duvar elemanı temel olarak; bir yük taşıyıcı destek yapısı (inşaat kerestesi, I kirişleri vb.), bir yalıtım dolgusu ve bir koruyucu kaplama katmanından oluşmaktadır (Şekil 4.20). [119]. Bu yapıya, gerekli ısı yalıtım kalınlığı kolayca uygulandığı için yüksek ısı direnç ve hava geçirmezlik standartlarına ulaşabilir.



Şekil 4. 20: Ahşap çerçeve duvar elemanı temel yapısı.

Ön yapımlı elemanların çerçevesinde, temel olarak kereste ya da kereste esaslı malzemeler kullanılmaktadır. Bu tür sistemler, ahşap çerçeve sisteme benzer bir sistem ile kendi kendini taşımakta ve enerji verimli duvarlar için tasarlanmış özel dikmeler ve kirişlerden oluşmaktadır [119].

Ahşap çerçeve duvar elemanlarında, çerçevelerin arasında kalan boşluklar yalıtım malzemesi ile doldurulmaktadır. Uygulanacak yalıtımın kalınlığı ve malzemesi gibi özellikleri, mevcut enerji standartlarına, gerekli U değerlerinin sağlanmasına ya da tasarımcının kararına göre değişebilmektedir [119].

Ahşap çerçeve yapısının dış paneli, iç sistemi dışarıdaki soğuk iklimden koruyarak, sıcak bir duvar sistemi oluşturması için hava geçirmez olmalıdır. Bu sistemde ayrıca, mekanik darbelere ve yangına karşı dayanıklı malzeme tercih edilmelidir [119].

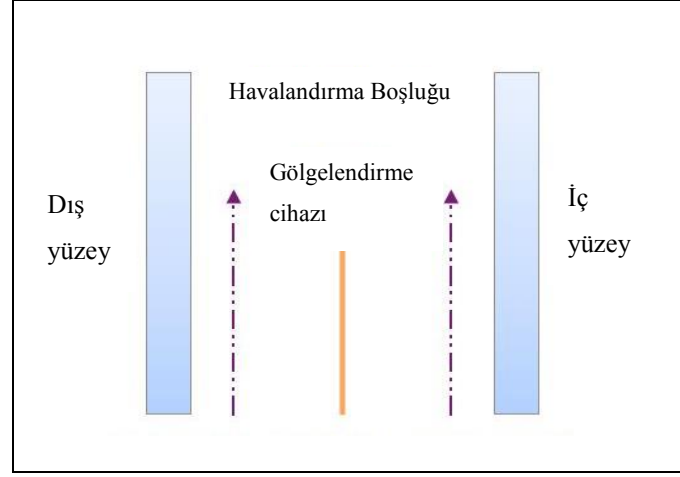
Ön yapımı ahşap elemanlara; pencereler, strüktürel camlar, solar aktif bileşenler, PV paneller ya da solar termik elemanlar eklenebilir. Fabrikada kontrollü ve ergonomik çalışma ortamında; pencere, cephe elemanlarının hazır yüzeyleri ve bina servis sistemleri gibi yapı bileşenlerinin birleştirilebilmektedir. Bu tür üretimlerde tasarımdan üretime esnek bir iş akışı, her binanın özelliğini göz önünde bulundurarak tekil bina parçalarının özelleştirilmiş imalatını sağlamaktadır [119]. Şekil 4.21 ön yapımı ahşap cephe modülleri kullanılarak iyileştirme yapılan bir konut için cephe elemanlarının fabrikada üretim aşamalarını göstermektedir [113].



Şekil 4. 21: Ön yapımı ahşap çerçeve cephe elemanlarının fabrikada üretim aşamaları.

- İkinci Cephe

İkinci cephe, mevcut cephelerden ayrılarak yarı saydam ya da tamamen saydam yüzeylerle sınırlandırılmış ve mevcut cepheyle arasında havalandırma için bir boşluk oluşturan dış katmanı ifade etmektedir. Çift cidarlı cephe olarak bilinen cepheyi oluşturan ana konsept Şekil 4.22’de sunulmuştur [121].

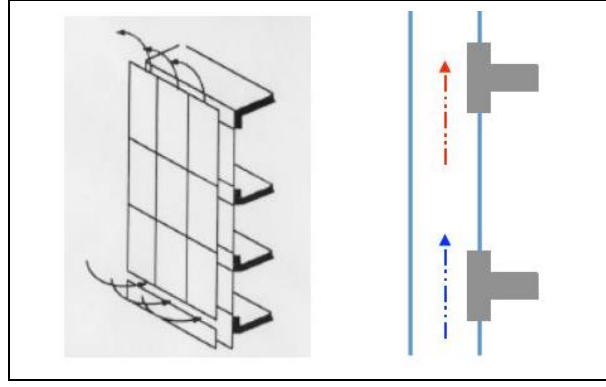


Şekil 4. 22: İkinci cephe konsepti.

Bu tür cephelerde, dış yüzey genel olarak tamamen camdan oluşmakta ve binanın tamamı ya da sadece bir kısmı boyunca uzanmaktadır. İç yüzey ise, opak ve cam elemanlardan oluşmaktadır. Havalandırma boşluğunun mesafesi tasarıma bağlı olarak değişebilir ve bu alana genellikle gölgeleme elemanı yerleştirilir. Boşluk içindeki havanın akış yönü ve yolu, cephenin tasarım amaçlarına bağlıdır [121].

Çift cidarlı cepheler hem kışın hem de yazın güneş ısını kullanarak, binaya enerji tasarrufu sağlamaktadır. Kış aylarında, cepheler arasındaki boşlukta bulunan hava güneş ısıyla ısınır ve iç cepheyle dış ortam arasında bir tampon bölge oluşturur. Böylece, iç mekanda ısıtma ihtiyacı ve dolayısıyla ısıtma ihtiyacı için harcanan enerji azalmaktadır. Yaz aylarında ise aşırı ısınmayı engellemek ve soğutma yükünü azaltmak amacıyla, boşlukta ısınan hava rüzgar basınçlarıyla ve cepheye açılan havalandırma boşlukları sayesinde dışarı atılmaktadır. Ayrıca, boşluğa yerleştirilen gölgeleme elemanları da soğutma yüklerini azaltmaktadır.

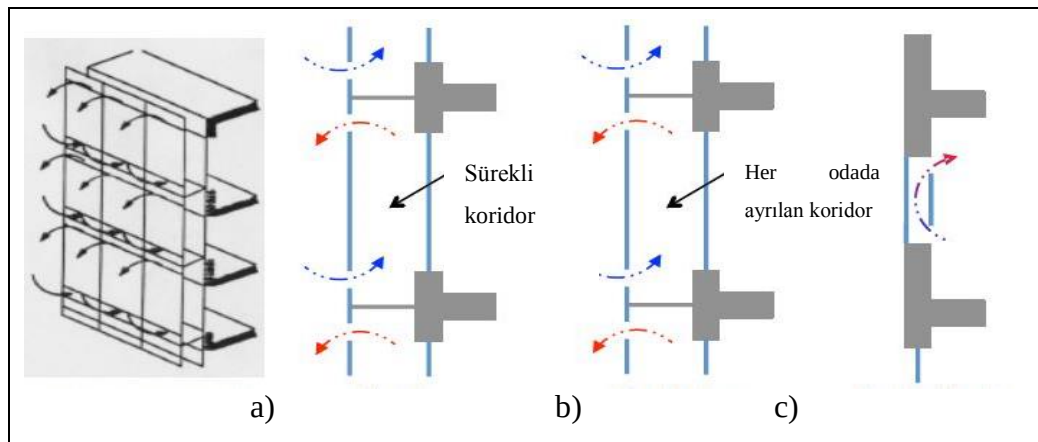
Cepheler arasında hava akışını sağlamak için kullanılan yöntemlere göre çift cidarlı cepheler; çok katlı çift cephe, koridor cephe, kutu pencere cephe ve şaft kutusu cephesi olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır [121]. Şekil 4.23'te sunulan çok katlı çift cephenin, dış cephesi ara bölme olmadan tüm bina yüksekliği boyunca uzanmaktadır [121]. Cephenin alt ve üst kısmında bulunan büyük açıklıklar, hava girişini ve çıkışını sağlamaktadır.



Şekil 4. 23: Çok katlı çift cephe.

Koridor cephelerde, cephe boşluğunun kat ile ayrıldığı bölümlerde açıklıklar bulunmaktadır. Her katın zemin ve tavan seviyesinde yer alan açıklıklar sayesinde hava giriş ve çıkışı sağlanmaktadır. Hava her katta ayrı dolaştığı için doğal havalandırma olanağı daha yüksektir ve aşırı ısınma riski daha azdır.

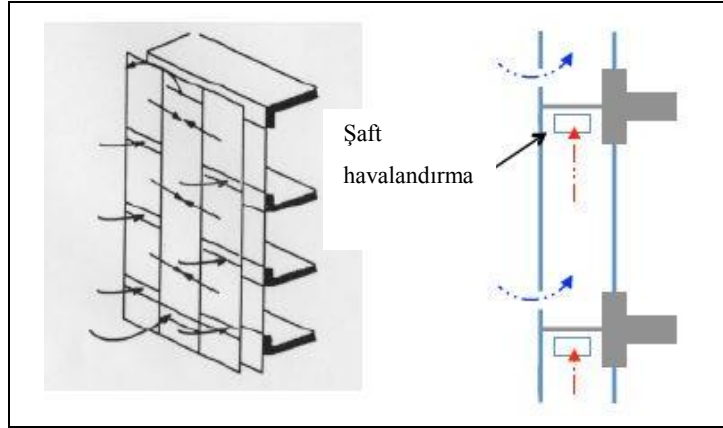
Bir diğer cephe türü olan kutu pencere cephelerde, koridor cephelerde geçerli olan ilkeler geçerlidir. Ancak burada farklı olarak hava boşluğu, her katta yatay olarak ayrılmaktadır. Yatay ayrımlar sayesinde hava sadece bir cephe elemanı içerisinde dolanmaktadır. Çift pencere cepheler ise, kutu pencere cepheler ile aynı işlevi görmektedir. Ancak bu tür cephelerde sadece pencere kısmında çift cephe bulunmaktadır. Şekil 25'te koridor cephe, kutu pencere cephe ve çift pencere cephe kesitleri sunulmuştur [121].



Şekil 4. 24: a) Koridor cephe, b) Kutu pencere cephe, c) Çift pencere cephe.

Son olarak şaft kutusu cephesi ise, kutu pencere cephesi ile çok katlı şaftlardan oluşan karma bir cephe. Hava girişi her kutu penceresinin altındaki açıklıklardan

sağlanmaktadır. Hava çıkışı ise doğal hava akışı sayesinde bir üst katta bulunan şaft boşluğu sayesinde üst katlara aktarılabilir sağlanmaktadır. Bu sayede hem kutu pencereler aşırı ısınmayı önlerken, doğal olarak da hava akışı mümkün olmaktadır. Şekil 4.25’te şaft kutusu cephesinin kesiti sunulmuştur [121].



Şekil 4. 25: Şaft kutusu cephesi.

İyileştirme çözümü olarak ikinci bir cephe uygulaması maliyet açısından sorun olabilmektedir. Özellikle, yeni katmanın mevcut cepheye asılamadığı durumda yeni temel inşası gerekmektedir ve maliyet artmaktadır. Buna ek olarak, cephe uygulaması için bina çevresinde fazladan boşluğa ihtiyaç vardır. Bu nedenle, cephe sistemleri genellikle caddeye bakan cephe yerine diğer cephelere uygulanabilmektedir [103].

- Enerji Üreten Sistemler

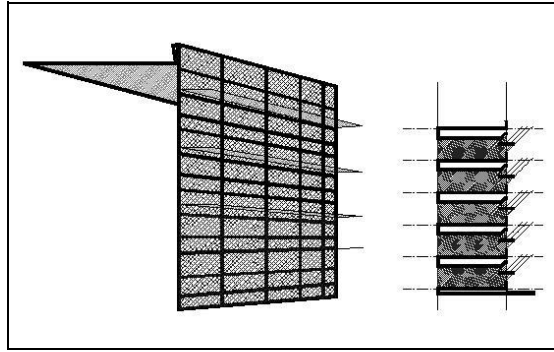
NSEB’larda yenilenebilir enerji üretimi için kullanılan yöntemler, sahada yenilenebilir enerji üretimini dengelemek (bölüm 2.3) başlığı altında açıklanmıştır. Bu bölüm de ise, bina cephelerinde yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji üretim sistemleri aktarılmaktadır.

Bina cephelerinde elektrik üretimi için PV paneller sıklıkla kullanılmakta ve farklı şekillerde tasarım olanağı bulabilmektedir. Bu sistemler:

- Gölgeleme elemanı,
- Yağmur perdesi,
- Giydirme cephe sistemleri

olarak sıralanabilmektedir [122].

Mevcut bina duvarlarına uygulanan PV paneller, genellikle gölgeleme elemanı ve yağmur perdesi şeklinde tasarlanmaktadır. Gölgeleme elemanı olarak kullanılan PV paneller strüktüre eklendiği için en basit şekilde yapıyla bütünleşmektedir (Şekil 4.26) [123]. Bu tür sistemler, elektrik üretimine ek olarak güneşten de koruma sağlamakta ve iç ortama giren doğal ışığı kontrol etmektedir. Bu tür PV paneller için cepheden bağımsız olan özel taşıyıcı sistem oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca, gölgeleme elemanları yatay ya da eğimli olarak düzenlenebilir. Böylece, güneş ışınımı denetlenebilir ve pencereye gölge sağlanabilir. Opak ya da yarı geçirgen PV paneller, özellikle gün ışığının doğrudan istendiği durumlarda yatay, kontrollü istendiği durumlarda ise eğimli düzenlenmektedir [123].

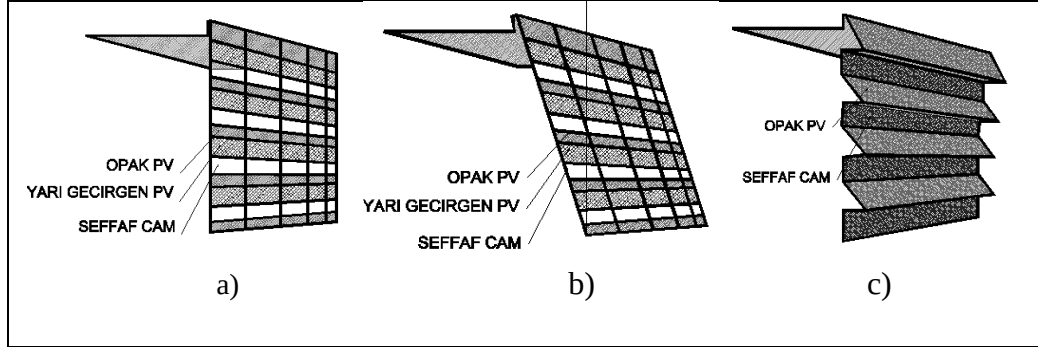


Şekil 4. 26: Gölgeleme elmanı olarak tasarlanan PV paneller.

Yağmur perdesi olarak kullanılan paneller mevcut duvara dış yüzeyden monte edilmektedir. Aynı boyuttaki PV panellerin, geleneksel uygulamaya benzer şekilde oluşturulan bir taşıyıcı ızgaraya, yerleştirilmesiyle yağmur perdesi elde edilebilir. Böylece, yağmur perdesi yenilenebilir enerji üreten bir sisteme dönüşebilir. Ayrıca, cephe atmosferik etkilerden de korunmuş olmaktadır. Perde duvarda doğal aydınlatma işlevinin istenmediği durumlarda genellikle opak PV paneller metal levha üzerine monte edilmektedir. PV panel ile duvar arasındaki boşluk havalandırma sağlamaktadır [46].

Giydirme cephe sistemlerinde ise, hafif giydirme cephe sistemlerinde opak ya da şeffaf cam panel yerine PV panel uygulanmaktadır. Bu tür PV paneller ile biçimsel olarak düzlemsel, eğimli ve kırıklı olmak üzere üç tür cephe elde edilebilir (Şekil 4.27) [46]. Giydirme cepheler genellikle yüzeyi oluşturan bileşenlerin sabitlendiği metal ızgaradan oluşmakta ve bu ızgara doğrudan binanın taşıyıcı

sistemine taşınmaktadır [46]. Giydirmce cephelerde PV panel kullanımında, fazla ısı kazancı önemli bir sorundur. Bir PV panelin ısınması durumunda elektrik üretiminin azalmaması için panelin soğutulması gerekmektedir [124].



Şekil 4. 27: Giydirmce cephe sistemlerinde kullanılan PV paneller a) Düzlemsel, b) Eğimli, c) Kırıklı.

Cephelerde enerji üretmek için kullanılan diğer bir yöntem ise cephe elemanlarına eklenen güneş kolektörleridir. Bu kolektörler hem sıcak su ihtiyacını karşılamak hem de ısınma amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 4.28’de bir konutun enerji etkin olarak iyileştirilmesi sırasında uygulanan yatay cephe elemanları görülmektedir. Konutun güney cephesinde ön yapımlı modüllere eklenmiş güneş kolektörleri kullanılmış ve bu yolla yenilenebilir enerji üretimi yapılması sağlanmıştır [113].



Şekil 4. 28: Güneş kolektörleri eklenmiş yatay ön yapımlı modüller.

4.3.2.2. Pencereleler

Pencereler bir binaya gün ışığı ve ısı akışı sağlamaktadır. Bu nedenle, yapı kabuğunda en fazla enerji geçişinin olduğu bileşenlerdir ve yapının enerji performansının artırılmasında önemli rol oynamaktadır. NSEB iyileştirme çalışmalarında da pencereler önemli bir etkindir ve iyileştirilmesi gereken bileşenlerden biridir. Bu bağlamda pencereler için birçok iyileştirme stratejisi bulunmaktadır. Ayrıca, geliştirilmiş yüksek performanslı pencere sistemleri, pencereleri SEB bileşenine dönüştürmek için kritik öneme sahiptir.

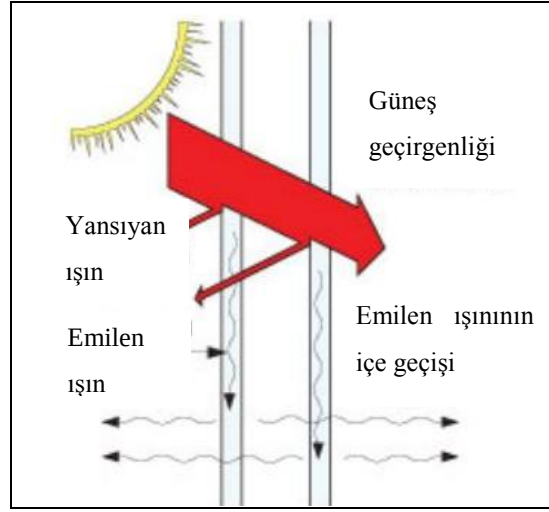
Enerji tasarruflu bir pencerenin yüksek ısı yalıtımına sahip olması ve değişen güneş ışınlarına karşı kontrol edilebilir olması gerekmektedir. İyi yalıtılmış bir pencere, pencere camı boyunca sıcaklık farkından kaynaklanan istenmeyen iletken ısı kaybını ve kazancını azaltır. Makul bir şekilde kontrol edilen bir pencere, değişen hava koşullarına ve bina sakinlerinin tercihlerine yanıt olarak, yazın daha az kışın ise binaya daha fazla güneş enerjisi kazancı sağlamaktadır [125].

Bir binanın ısıtma ve soğutma yükleri, ısıl geçirgenlik değeri (U değeri), güneş ısı kazancı katsayısı (Solar Heat Gain Coefficient-SHGC) ve pencere-duvar oranı (WWR) ile bağlantılıdır. U değeri, iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkından dolayı bir pencerenin ısı iletiminin bir ölçüsüdür. U değeri, yalnızca ısıtma yükleri söz konusu olduğunda dikkate alınması gereken birincil performans indeksidir [126]. U değeri ne kadar düşükse, pencerenin yalıtım seviyesi o kadar yüksek olmaktadır [127]. Binaların ve dolayısıyla pencerelerin sahip olması gereken U değerleri genellikle bina ve enerji mevzuatları tarafından belirlenir ve iklim özelliklerine göre değişebilmektedir.

SHGC, pencere sisteminden geçen toplam güneş enerjisi miktarının bir ölçüsüdür ve yüzde olarak ölçülmektedir. Şekil 4.29 gelen güneş ışınlarının pencere camına çarptığı andaki üç davranışı göstermektedir [127]. Güneş ışınları bu durumda yansıtılır, iletilir ya da emilir. Cam tarafından emilen enerjinin büyük kısmı yeniden yayılmaktadır.

Güneş ısı kazancı katsayısının bir olması, pencereye çarpan tüm güneş ışınlarının binaya girdiği anlamına gelmektedir. Bu değer sıfır olması ise pencerenin tüm güneş ışınlarını reddettiğini ifade etmektedir. Normal bir cam, gelen

güneş enerjisinin yaklaşık % 60'ının binaya girmesine izin verirken, koyu renkli cam, % 10 kadar daha az geçişe izin verebilir [127].



Şekil 4. 29: Güneş enerjisinin pencere yüzeyleriyle etkileşimi.

Pencereleri enerji etkin iyileştirmede, en az müdahalenin istendiği durumlarda, yalnızca eski tekli pencere camını, çift camla değiştirerek pencere performansını iyileştirmek mümkündür. Bu durumda, eski cam bölme kaldırılarak yeni cam mevcut çerçeveye sabitlenmektedir. Pencere iyileştirmede uygulanan diğer bir yöntem ise ikincil cam uygulamasıdır. İkincil camlar, pencerelerin termal performansını iyileştirmek için mevcut tek camlı pencerelere, mevcut camı çıkarmaya gerek kalmadan ikinci bir cam ya da plastik panelin eklenmesiyle elde edilen bir yöntemdir [128]. Dış görünüşün değiştirilmemesi gereken ve anıt özelliği taşıyan binalarda ısı performansını artırmak amacıyla tercih edilebilir. Camlar arasındaki boşluk, ısıl tampon oluşturduğu için ısı kayıplarını bu şekilde boşluk bırakarak azaltmak mümkündür.

Pencerelerin ısı performansını ve hava geçirmezliğini iyileştirmek amacıyla pencereleri yeni ve yüksek performanslı pencereler ile değiştirmek mümkündür. Bu yöntem, hem camın hem de çerçevenin değiştirilmesini içermektedir. Pencerelerde cam seçimi ısı kayıplarının azaltılması için önemli bir husustur [129].

Pencereler çift camlı ya da üç camlı pencereler ile değiştirilebilir. Enerji verimliliği için yaygın olarak kullanılan çift camlı pencereler, ara parçalar ve bir çevre contası kullanılarak tek bir bütünleşik birimde birleştirilmiş iki cam panelinden oluşmaktadır. Paneller arasındaki boşluk, bir yalıtım katmanı oluşturmak için

genellikle bir inert gazla (çoğunlukla argon) doldurulmaktadır. Çift cam genellikle renklendirme ve düşük emisyonlu (low-E) kaplamalar gibi diğer stratejilerle birlikte kullanılmaktadır [129].

Low-E kaplamalar, iç ve dış cam arasındaki termal radyasyonu büyük oranda azaltmaktadır. Yaygın olarak kullanılan ahşap ya da plastik çerçeveli standart low-E çift camlı pencereler 1,3-1,7 W/m²K arası U değerleri almaktadır [130]. Bununla birlikte daha düşük U değerlerine sahip pencere camları, ısı kayıplarını daha çok azaltmaktadır ve dolayısıyla daha iyi yalıtım sağlamaktadır [131]. Üçlü cam, low-E kaplama ve düşük iletkenliği olan bir gaz dolgusu (argon) ile pencere camlarında 0,5-0,8 W/m²K arası U değerleri sağlamak mümkündür. Böylece ısı kaybı, çift camlı pencereye kıyasla yaklaşık iki kat daha azalmaktadır [130].

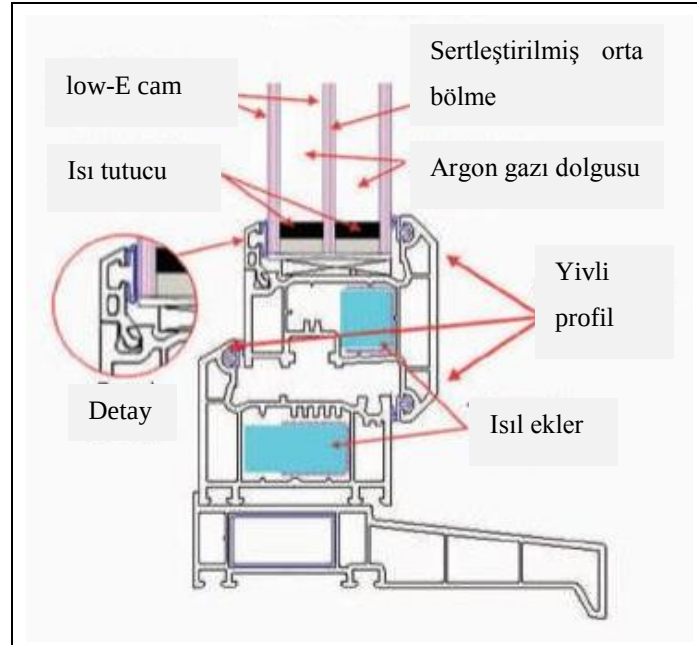
Ayrıca, üç camlı pencereler, çift camlı pencerelere göre termal olarak %40'a kadar daha verimlidir. Bu tür pencerelerde güneş enerjisi kazanç seviyesi, ekstra cam bölmesi ve ek boşluk nedenleriyle çift camlı pencerelere göre daha azdır. Ek bir cam bölmesinin yararı, camın kendisi tarafından değil, cam yüzeyleri arasındaki hava tabakası tarafından sağlanmaktadır [127]. Bununla birlikte, üç camlı pencereler soğuk havalarda iç ortam sıcaklığının daha yüksek olmasını sağlamaktadır [132]. Buna karşın üçlü cam, ekstra bir cam paneli yüzünden daha ağırdır. Bu durumda, ağırlığı azaltmak ve çerçeve üzerine gereksiz yükten kaçınmak için ısıya dayanıklı/yarı temperli ince katmanlı cam tercih edilebilir [133]. Ayrıca fazla malzeme kullanımından dolayı bu tür pencerelerde oluşum enerjisi de çift cama göre daha fazladır. Bu durum maliyeti de yükseltmektedir.

Yapılarda enerjinin en yüksek seviyede verimli olarak kullanıldığı pasif evleri inşa etmek amacıyla 1996 yılında Almanya'da Pasif Ev Enstitüsü (Passivhaus Institut-PHI) kurulmuştur. Enstitü, çeşitli cam türlerindeki ısı kayıplarını analiz ederek, camların U değerlerini ve ısı iletimlerini hesaplamıştır. Dışarısının -10 °C'den daha düşük olduğu ve iç sıcaklığın 20°C olduğu bir durumda, iç yüzey sıcaklıklarının ne olduğunu hesaplanmıştır [130]. Sonuçlara aşağıda yer verilmiştir:

- Tek camlı ve U-değeri 5,60 olan bir pencere camının iç yüzey sıcaklığı -1,8°C,
- Çift camlı ve U-değeri 2,80 olan bir pencere camının iç yüzey sıcaklığı 11°C,
- Çift camlı, low-e kaplamalı, argon gazı dolgulu ve U-değeri 2,80 olan bir pencere camının iç yüzey sıcaklığı 15,3°C,

- Üç camlı, low-e kaplamalı, argon gazı dolgulu ve U-değeri 0,65 olan bir pencere camının iç yüzey sıcaklığı 17,5 °C'dir.

Çok katmanlı camlarda, dolgu olarak kripton gazı kullanmak daha iyi yalıtım sağlamaktadır. Buna karşın, bu gazın pahalı olması nedeniyle argon gazının daha çok tercih edildiği görülmektedir Argon gazı dolgu olarak kullanıldığında, 44 mm'lik bir cam sistemi, 18 mm'lik iki ara boşluklu, optimum ısıya ulaşmaktadır. Bu durumda, tüm pencere sisteminin 0,8 W/m²K gibi düşük bir U değerine ulaşması mümkündür [133]. Şekil 4.30'da kalınlığı 44 mm, tüm pencerenin 0,8 W/m²K ve camın 0.62 U W/m²K değerlerine sahip olduğu üç camlı pencerenin detayı sunulmuştur [132].



Şekil 4. 30: 44 mm ve 0,8 W/m²K U değerine sahip üç camlı pencere sistemi.

Binaların NSEB olması adına yapılacak cephe iyileştirmelerinde pencere çerçeveleri de hava geçirmezlik ve ısı performans standartlarına dikkat edilerek seçilmelidir. Pencere camı seçiminde olduğu gibi burada da ısı kayıplarının en az olması için düşük U değerine sahip malzemeler tercih edilmelidir. Bununla birlikte, son yıllarda çok çeşitli malzeme seçenekleri bulunmaktadır. Bu malzemeler ilerleyen bölümlerde detaylı olarak incelenmiştir.

Yapı yenilenirken büyük çaplı bir iyileştirme söz konusu ise, mevcut pencereler çıkarıldıktan sonra pencere alanı genişletilerek daha büyük bir pencere uygulanabilir. Pencere boyutunun büyümesi daha yüksek güneş ısı kazanımı

sağlamaktadır. Dolayısıyla kışın daha düşük ısıtma enerjisi harcanmasına neden olmaktadır.

NSEB'ya ulaşmak amacıyla yapılacak cephe iyileştirmelerinde pencerelerle birlikte cephede kullanılan ya da kullanılacak gölge elemanları da önem taşımaktadır. Pencerelerde gölgeleme elemanları, soğutma yüklerinin azaltılması amacıyla pasif bir önlem olarak kullanılmaktadır. Aşırı ısınmayı önlemek için güneş ısısı kazanımını kontrol etmektedir. Gölgeleme elemanı olarak genellikle dış çıkıntılar (kanatçıklar), yatay yansıtıcı yüzeyler, düşük gölgeleme katsayılı camlar, jaluziler ya da panjurlar tercih edilmektedir. Ayrıca, sarkan balkonlar ya da diğer unsurlar da cephelerde güneşten korunma sağlamaktadır. Bununla birlikte, konut binalarında panjurların ve perdelerin kullanımı yaygındır. İyileştirme projelerinde mevcut yapıda bu elemanlar varsa binanın iyileştirme planına göre korunabilir.

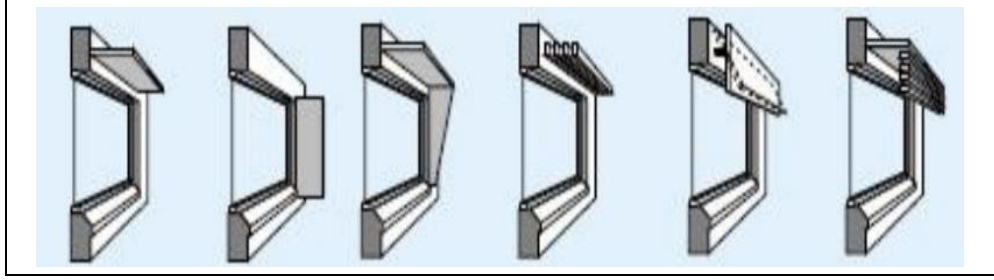
Gölgeleme elemanı tasarlanırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, kullanılacak elemanın veriminin, güneşin bir yıllık devrimine bağlı olarak değişkenlik göstermesidir. Bu tür bir elemanın tasarımının geleneksel hesaplarla yapılması, güneşin bir yıllık hareketine bağlı olarak çıkarılan çok sayıda çizim ve denklem gerektirmektedir. Bu hesaplamaların bilgisayar destekli olarak simülasyon programları ile yapılması tasarımcılara kolaylık sağlamaktadır [134].

Ayrıca, gölgeleme elemanı soğutma yüklerinin azaltılmasına ek olarak iç mekanların doğal aydınlatma kalitesinin iyileştirmelidir [135]. Bununla birlikte gölgeleme elemanları yaz aylarında güneş ışınlarının iç ortama girmesine engel olup ısı konforu sağlarken, kış aylarında da aynı gölgelemeden dolayı ısı konforu düşürebilmektedir. Bu yüzden, yaz ve kış aylarında güneş ışınlarının geliş açıları analiz edilerek en uygun gölgeleme elemanı tasarlanmalıdır. En uygun çözüm ise, pencere yüzeylerindeki ışıının, gölgelik alanın %35'in altında kalması durumunda, gölgeleme elemanının kış aylarında, %40'dan daha az gölgelik ve yaz aylarında ise %70'den daha fazla gölgelik alan sağladığı durum olarak kabul edilmektedir [134].

Gölgeleme elemanı tasarlanırken göz önünde bulundurulması gereken diğer konular; malzeme, kullanım, ekonomi ve uygulama detaylarıdır. Gölgeleme elemanın yapıldığı malzemenin güneş ısını soğurması durumunda, yaz aylarında etkili gölgeleme sağlansa da iç mekanda ısı artışına neden olabilmektedir.

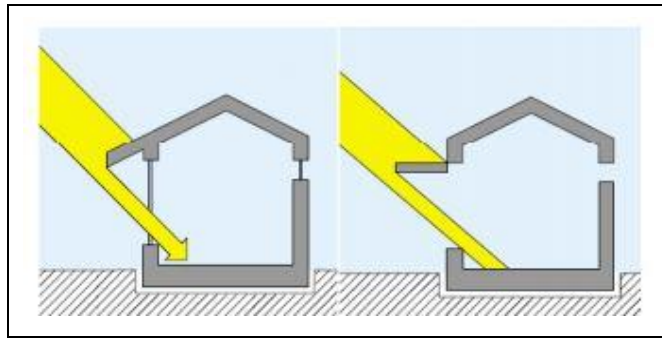
Genel olarak, gölgeleme stratejileri enlem, güneş geometrisi, iklim, bina yönü, bina tipi ve pencere boyutu gibi verilere göre değişmektedir. Gölge elemanları farklı koşullara göre dış ortamda, iç ortamda ya da iki cam arasında kullanılabilir.

Dış gölge elemanları sabit ya da hareketli olabildiği gibi, yatay ya da düşey olarak da sınıflandırılabilir. Isı kazancını azaltmada en etkili gölge elemanları olan sabit dış gölge elemanları, güneş ışınım ısısın kabuk yüzeyine henüz ulaşmadan durdurup dağıtmaktadır [136]. Saçaklar, düşey kanatlar, panjurlar, kepenkler sabit dış gölge elemanı olarak örneklenebilir (Şekil 2.31) [137].



Şekil 4. 31: Sabit dış gölge elemanları.

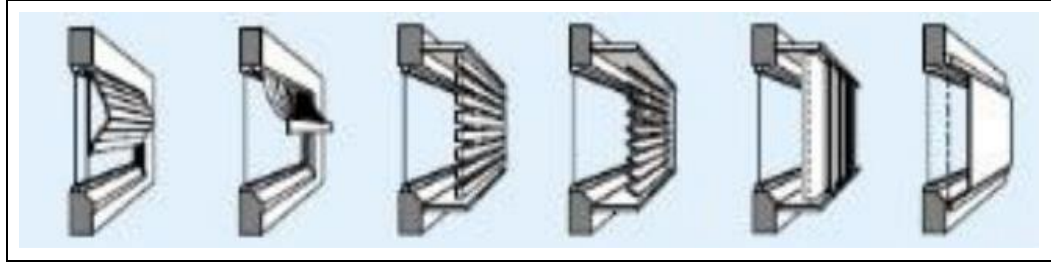
Sabit düşey gölge elemanları genellikle doğu ve batı yönlerinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla, bu tür elemanlar sabah ve öğleden sonra gelen düşük güneş açılarına karşı performans olarak yetersiz kalmaktadır. Buna karşın bu dikey elemanlar parlama kontrolü sağlamada iyidir[135]. Sabit yatay gölge elemanlarına örnek olarak; çatı saçakları, kat döşemelerinin uzatılmasıyla oluşturulmuş saçaklar, balkonlar verilebilir (Şekil 4.32) [137]. Saçakla yapı kabuğu arasında boşluk bulunmadığı durumda, saçığın kazanmış olduğu ısı iç ortama aktararak, ortam ısını artırılmaktadır [136]. Bu durum bu tür gölgeleme uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bir konudur.



Şekil 4. 32: Yatay gölgeleme elemanı (saçak) örnekleri.

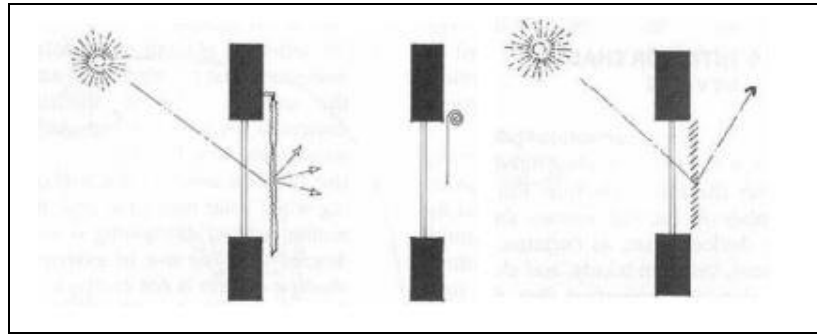
Sabit gölge elemanlarının güneş geliş açılarına bağlı olarak yetersiz kalması durumunda hareketli elemanlar tercih edilebilir. Hareketli dış gölge elemanları, esnek

yapılarından dolayı güneşin hareketine daha rahat uyum sağlayabilmektedir. Bunlar, güneşin şiddetine ve geliş açısına göre kullanıcı ya da otomasyon tarafından ayarlanabilmektedir. Ayrıca, doğru şekilde çalıştırıldıkları zaman, sabit elemanlara göre daha verimli ısıtım ve kamaşma kontrolü sağlamaktadır [136]. Bu tür elemanlara örnek olarak, iklim şartlarına göre ayarlanabilen panjurlar, tenteler, jaluziler ve storlar verilebilir (Şekil 4.33) [137].



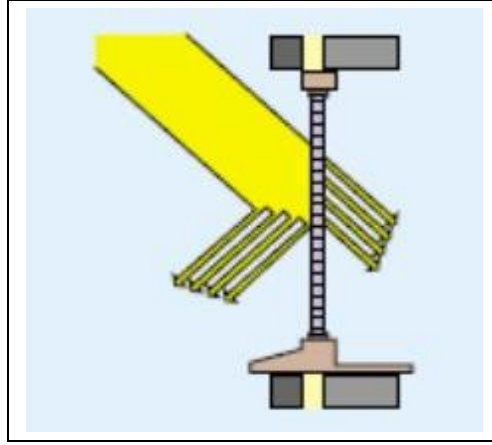
Şekil 4. 33: Hareketli dış gölge elemanları.

İçte gölge elemanlarının kontrolü, bakımı dıştakilere göre daha kolaydır. Işığı yayma ve yansıtma özelliğiyle kamaşma kontrolü oldukça etkili olan İç gölge elemanlarına perde, stor ve jaluzi örnek verilebilir (Şekil 4.34) [136].



Şekil 4. 34: İç gölge elemanları.

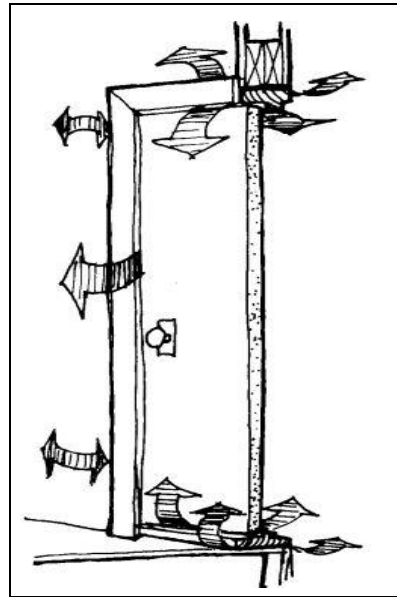
Çift cam arası gölge elemanları, cam sistemine eklenerek iki cam arasına uygulanmaktadır (Şekil 4.35) [137]. İki cam arası jaluziler, dışta ve içte jaluzilerin olumlu yönlerini bünyelerinde topladıkları için daha verimlidir. Ayrıca bu tip gölge elemanları, kullanıcı tarafından ya da otomasyonla bağlantılı bir şekilde kontrol edilebilmektedir [136].



Şekil 4. 35. Çift cam arası jaluzi.

4.3.2.3. Kapılar

Dış kapılar, dış ortamla doğrudan ilişki kurduğu için binalarda ısı kayıplarının fazla olduğu bileşenlerdendir. NSEB’larda enerji tasarrufunun en seviyede olması gerektiği için kapıların da enerji verimli olması gerekmektedir. Kapıların hatalı uygulanması ve duvarla bağlantı noktalarında boşluklar kalması ısı kayıplarının artmasına neden olmaktadır. Kapılarda ısı kayıpları genellikle; çerçeve ile duvar arasından, çerçeve ile kanat arasından, kapı ile eşik arasından ve pencereli kapılarda cam ile çerçeve arasından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.36) [12].



Şekil 4. 36: Kapılarda ısı kayıplarına neden olan boşluklar.

Kapının montajının ve bakımının doğru yapılması durumunda ısı kayıpları azaltılabilir. Ayrıca, binanın rüzgar almayan yönüne kapı yapılmasıyla ve binanın girişine, giriş holü yapılarak da ısı kayıpları azaltılabilir. Kapılar; metal, ahşap, PVC gibi çeşitli malzemeler ile üretilmektedir. Ayrıca, kullanılan malzeme ısı kayıplarını artırıp ya da azaltabilir. NSEB iyileştirmelerinde ısıl performansı düşük olan kapılar, yüksek performanslı ve dayanıklı kapılar ile değiştirilmelidir. Kapılardan kaynaklanan hava sızıntıları en aza indirilmelidir.

4.3.2.4. Balkonlar

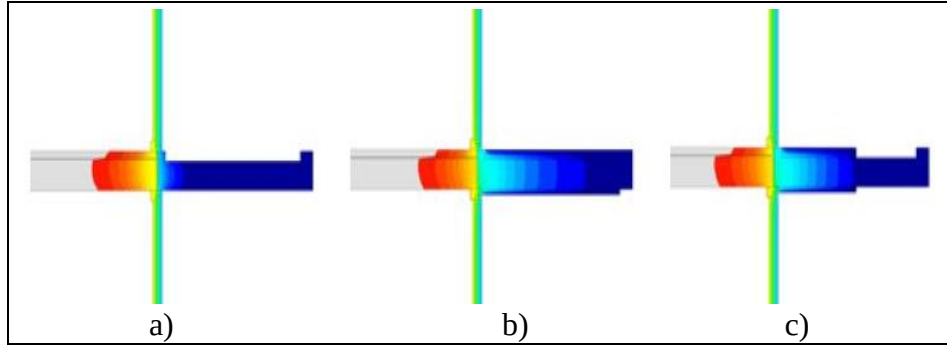
Konutlarda enerji tüketimini azaltmak için sadece yalıtım uygulanması ve ısıl kütlenin iyileştirilmesi yeterli değildir. Bunlara ek olarak, bina kabuğundaki ısı köprüleri engellenmek üzere yalıtımın sürekli olması önemlidir. Isıl köprüler, bina kabuğundaki farklı bileşenler arasındaki bağlantılarda oluşmakta ve kışın ısı kaybı yazın ise ısı kazancına neden olmaktadır. İç mekanla dış ortam arasındaki ani ısı değişimlerinden kaynaklı genişleme ya da büzülme olaylarında bina kabuğunun dayanıklılığını azaltabilmektedir. Ayrıca, nem ve rutubet gibi sorunları ortaya çıkarmaktadır.

Bu kapsamda, bina cephesinin bir bileşeni olan balkonlar bina kabuğunda ve dolayısıyla bina cephesinde büyük bir ısıl köprü oluşturarak enerji tüketimini artırmaktadır. Çok katlı bir konut binasında toplam dış duvarların %4'ünü oluşturan balkonların ısıtma enerji tüketimi alan ısıtmasının %11'ini oluşturmaktadır [138].

Balkonlardan kaynaklanan ısıl köprüler yapılan çeşitli iyileştirme yöntemleri ile engellenebilmektedir. Bunlar; balkon döşemesine ya da iç döşemeyle balkon arasına ısı yalıtımı uygulanması, balkonun kapatılması, mevcut balkonun yıkılması ve konsol ya da kendi taşıyıcı sistemi olan ek balkon yapımı olarak sıralanabilmektedir. Ek balkon yapılması durumunda kapatılan balkonu kış bahçesi olarak kullanmak mümkündür.

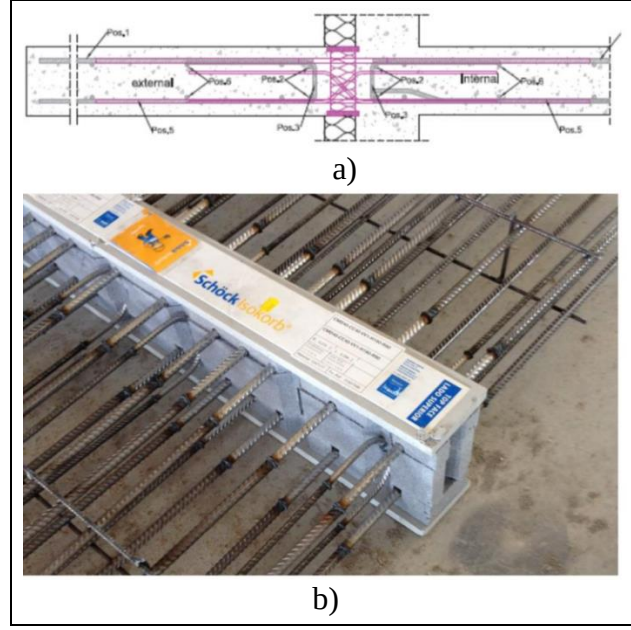
NSEB'ya ulaşmak için balkon döşemesini yalıtımla iyileştirmek döşmeden kaynaklanan ısıl köprüleri azaltmak için bir çözümdür. İç ortam ve balkon döşemesi arasındaki ısı farkı ne kadar azsa, ısı akışı da o derece az olmaktadır. Dolayısıyla, yalıtım sayesinde ısı akışı en aza indirilmektedir. Şekil 4.37 yalıtımsız balkon döşemesiyle, balkon döşemesinin tümünün ve yarısının yalıtıldığı durumları

göstermektedir [103]. İç ve dış döşeme arasındaki sıcaklık farkına bakıldığında, yalıtımsız döşemedeki sıcaklık farkının yalıtım uygulanan döşemelerdeki sıcaklık farkından daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, her iki yalıtım uygulamasında da iç ve dış döşemedeki sıcaklık farkının yaklaşık aynı olduğu görülmektedir. Bu iyileştirme yönteminde balkon yüzeylerinin tümüne yalıtım uygulanması gerekmektedir. Dolayısıyla, fazla malzeme tüketimine neden olan bu uygulama, zorunlu durumlar dışında tercih edilmemektedir [103].



Şekil 4. 37: a) Yalıtımsız mevcut balkon döşemesi, b), c) yalıtım uygulamasından sonra balkon döşemeleri.

Balkon döşemesinden kaynaklanan ısı akışını engellemek amacıyla, mevcut döşeme ve balkonun yıkılması bir başka yöntemdir. Bu uygulamayla ısı köprüsüz düz bir yüzey elde edilebilir. Bu tür uygulamalar, konutlarda dış mekan eksikliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu yüzden, yıkılan balkon yerine ek yeni balkon yapılması daha çok tercih edilen bir uygulamadır. Yapılan ek balkon döşemesi ile mevcut bina döşemesinin arasına bir yalıtım tabakası uygulanarak ısı akışı azaltılmakta ve dolayısıyla ısı köprüler ortadan kaldırılmaktadır. Balkon bağlantılarına ısı bariyerlerin eklenmesiyle, yıllık ısıtma enerjisi tüketimi %5-11 oranında azaltılabilmektedir. Donatılar bu yalıtım tabakasından geçerek yapısal bütünlük sağlamaktadır. Burada, Şekil 4.38’de sunulan yalıtımlı balkon bağlantı sistemleri uygulanabilmektedir [139].



Şekil 4. 38: Balkon ısı bariyeri, a) Kesiti, b)Detayı.

Mevcut konuta eklenen yeni balkon askıya alınmaktadır. Bu yüzden, mevcut konut duvarının yetersiz dayanıma sahip olması, bu tür uygulamalarda sorun oluşturmaktadır. Böyle durumlarda kendi taşıyıcı sistemi olan balkonlar eklenerek iyileştirme yapılabilir. Bu iyileştirmenin olumsuz yönleri ise, yeni temel inşası, ek inşaat maliyetleri ve bina çevresinde alan ihtiyacıdır [103].

Balkon döşemesini yalıtırmak ve balkonları yıkarak yeniden yapmak çözümlerine ek olarak, NSEB için diğer bir iyileştirme yöntemi de balkonların kapatılmasıdır. Balkon döşemesinin ön tarafı tamamen şeffaf ya da şeffaf ve opak kısımların birlikte olduğu bir cephe elemanı ile kapatılmaktadır. Bu durumda opak ve şeffaf bileşenler ile de ısı kayıpları sınırlandırılabilir.

Kapatılan balkon ısıtılmadığı durumda, dış ortamla iç ortam arasında ısıl tampon bölge oluşturmaktadır. Sıcaklığı güneş ışığı kazancı nedeniyle dış ortamdan daha yüksektir. Dolayısıyla, iç mekandan balkona ısı akışı daha az olmaktadır. Bu durumda şeffaf yüzeylerin çok olması fazla ısı kazancına neden olabilir. Bu tür uygulamalarda, güneş kontrolünün sağlanması önemlidir. Balkonun ısıtıldığı durumda ise, balkon ısıl kabuğa ve dolayısıyla iç mekana dahil edilerek konut alanının bir parçası haline gelmektedir. Balkon ısıl kabuğa dahil edilirse, balkon bileşenleri (şeffaf ve opak) ısıl performansa uyumlu olmalı ve standartlarda belirlenen U değerlerini karşılamalıdır. Balkonun ısıtılmadığı durumda ısıl kabuğun bir parçası olmadığı için kabukla ısıl performans uyumu zorunlu değildir [103].

4.3.3. Malzeme

NSEB iyileştirmelerinde cephe bileşenlerinde kullanılan malzemeler enerji verimliliği açısından önemlidir. Bu bağlamda, bu bölümde; dış duvar ısı yalıtım malzemeleri, dış pencere camı, dış pencere çerçeve malzemeleri, dış duvar dolgu malzemeleri ve cephe kaplama malzemeleri incelenmiştir.

4.3.3.1. Dış Duvar Isı Yalıtım Malzemeleri

Bir malzemenin ısı yalıtım malzemesi olarak adlandırılması için ISO ve CEN standartlarına göre Isı İletkenlik katsayısının (λ) 0,065 W/mK'den daha küçük olması gerekmektedir. Malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ne kadar küçük ise, yalıtım seviyesi o kadar yüksektir ve daha iyi ısı yalıtımı sağlamaktadır. Yalıtım malzemesi üretiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da, malzemenin su buharına karşı gösterdiği tepkidir. İç ortamdaki su buharı, malzemenin gözenekli yapısından geçerek dış ortama ulaşmaya çalıştığı sırada yoğunlaşma meydana gelebilmektedir. Bu durum yapı elemanlarına zarar verebilmektedir [140].

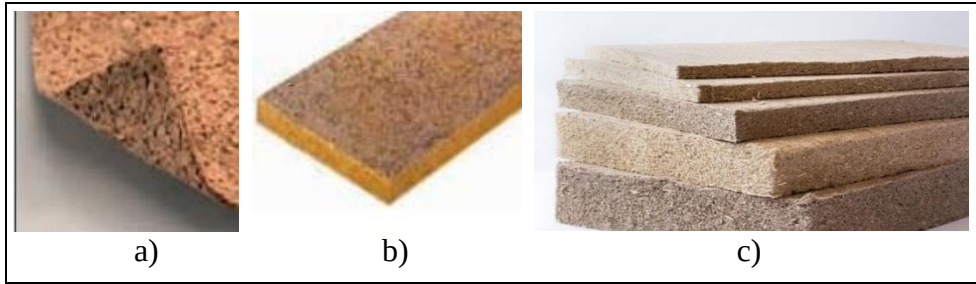
Konutlarda ısı yalıtımı genellikle en çok ısı kayıplarının olduğu cephelerde, çatılarda ve döşemelerde yapılmaktadır. Yalıtım malzemesi seçilirken malzemenin; ısıyı yüksek oranda tutması, su ve neme dayanıklı olması, kimyasal etmenlere ve biyolojik etkilere dayanıklılığı, uzun ömürlü olması, bakım gerektirmemesi ve geri dönüştürülebilir olması gibi özelliklerine dikkat edilmelidir [141]. Ayrıca, tasarımcının malzeme bilgisi, yapım maliyeti, malzemenin kolay uygulanması, ulaşılabilir ve depolanabilir olması da malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken durumlardandır.

Yalıtım malzemeleri üretildiği hammaddeye göre; bitkisel ve hayvansal kökenli, mineral kökenli, sentetik ve yüksek performanslı yalıtım malzemeleri olarak farklı sınıflara ayrılmaktadır.

Bitkisel ve hayvansal kökenli yalıtım malzemeleri; organik ve yenilenebilir kaynaklardan yapılan yalıtım malzemeleridir. Çoğunlukla bitkisel ve hayvansal liflerden oluşsa da tane ya da köpük şeklinde de olabilirler. Bu tür yalıtım malzemelerinden bazıları şunlardır; mantar, ahşap, talaş ve lif levhalar, hayvansal

dokumalık lifler (yün, tiftik keçe vb.), bitkisel dokumalık lifler (keten, pamuk, palmye lifleri), saman, yosunlar vb.

Genleştirilmiş mantar levhalar (ECB), ağaçlardan soyulan mantarın çeşitli işlemlerden geçirilmesi sonucu elde edilmektedir. Isıl iletkenlik değeri 0,045-0,055 W/m.K'dir [142]. Çeşitli ağaç yongaları kullanılarak üretilen yalıtım amaçlı ahşap liflerinin ısı iletkenlik değeri 0,038-0,050 W/m.K'dir [143]. Keten bitkisi yaklaşık % 70 selüloz içermektedir dolayısıyla keten liflerinin yalıtım özellikleri çok yüksektir. Ayrıca, güçlü bir hava tutma kapasitesi bulunmaktadır ve ısı iletkenlik değeri 0.038-0.075 W/m.K'dir [143]. Şekil 4.39'da farklı yalıtım malzemeleri görülmektedir [142] [144].



Şekil 4. 39: a) Genleştirilmiş mantar levha, b) Ahşap lifli levha, c) Keten lifli levha.

Mineral kökenli yalıtım malzemeleri; lif, tane ya da toz halindeki inorganik maddelerden meydana geldikleri için inorganik yalıtım malzemeleri olarak da adlandırılır. Bu tür yalıtım malzemeleri şunlardır; asbest lifleri, cam elyafı (cam yünü, cam pamuğu), taş yünü, seramik yünü, cam köpüğü, fosil silisler, genleştirilmiş vernikülit, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş bazalt vb.

İnorganik malzemeler yüksek oranda geri dönüştürülebilir ve yangın direnci oldukça yüksektir. En yaygın kullanılan mineral yalıtımları cam ve taş yünüdür (Şekil 4.40) [140]. Bu malzemeler, açık gözenekli malzemelerdir ve değişik yoğunluklarda ve farklı kaplama malzemeleri ile şilte, levha ya da boru şeklinde üretilmektedir. Genellikle dış cephelerde, iç yalıtımda, çatı yalıtımlarında ve tesisat yalıtımı uygulamalarında tercih edilmektedir. Cam yünü ve taş yününün ısı iletkenlik değerleri sırasıyla 0,035-0,050 W/mK'dir [142].



Şekil 4. 40: a) Cam yünü, b) Taş yünü.

Plastik köpük olarak da bilinen sentetik kökenli yalıtım malzemeleri ise; hammadde ve üretim şekillerine göre; polietilen, polivinilklorür köpükleri (PVC), polistren köpükleri (PS), poliüretan köpükleri (PU), fenolformaldehit köpükleri gibi farklı sınıflara ayrılmaktadır.

Türkiye’de mevcut binaların ısı yalıtımı uygulamalarında genellikle ekstrüde polistren köpük (XPS) ve ekspande polistren köpük (EPS) malzemeleri kullanılmaktadır. Bu malzemeler çoğunlukla, dış cephelerde mantolama, toprakla temas eden yüzeylerde koruyucu tabaka olarak, binaların bodrum kat döşemeleri ile teraslarda ısı yalıtımı ya da dış cephe uygulamalarında dekoratif amaçlı kullanılmaktadır [145]. Şekil 4.41’de EPS ve XPS ısı yalıtım levhaları görülmektedir [146] [147]. EPS ve XPS kapalı gözenekli yapıya sahip oldukları için su almazlar ve sürekli yalıtım sağlamaktadır. Isıl iletkenlik değerleri sırasıyla; 0,035-0,040 W/mK ve 0,030-0,040 W/mK’dir [140].



Şekil 4. 41: a) EPS, b) XPS.

Yüksek performanslı yalıtım malzemelerine bakılacak olursa; diğer bir deyişle kompozit yalıtkanlar olarak alınırlar. Bu tür malzemeler şeffaf yalıtım malzemeleri, vakum yalıtım panelleri ve arojel olarak sıralanabilir.

Şeffaf yalıtım malzemeleri, ısı akışına karşı dirençliyen ve ışığı iletir. Böylece, binalarda termal ve görsel konforu iyileştirmektedir. Bu tür malzemeler, şeffaf kapak ve hava boşluğuna sahip çift camlı cam ünitesi kullanılarak monte edilir. Vakumlu yalıtım panelleri ise, hava girişini önlemek için membran duvarlar kullanılarak üretilmektedir. Vakum, ısı iletimini ortadan kaldırmaktadır. Dolayısıyla yüksek termal dirence sahiptir. Diğer bir malzeme olan aorejel ise, iletim ve konveksiyon yoluyla ısı iletimini en aza indiren gözenekli ve nano yapıya sahip malzemedir [143].

4.3.3.2. Dış Pencere Camı

Konut binalarında en çok tercih edilen pencere teknolojisi çok katmanlı camlardır. Bununla birlikte, genellikle çift camdan oluşan pencerelerin kullanımı yaygındır. Çift camların ortalama ısı iletkenlik değerleri 1.80 ile 2.60 W/m²K arasında değişmektedir. Üç katmanlı camların ısı iletkenlik değeri ise, yaklaşık 1.00 W/m²K'dir [148]. Bu cam teknolojileri bina standartlarını ve enerji etkin binaları karşılayacak düzeyde değildir. Bu yüzden camlar, yalıtım, Low-E kaplamalar ve camlar arasındaki boşluğa doldurulması ile iyileştirilmektedir. Bununla birlikte, teknolojinin gelişmesine paralel olarak yeni cam sistemleri de konutlarda enerji verimliliğini artırmak için kullanılmaktadır.

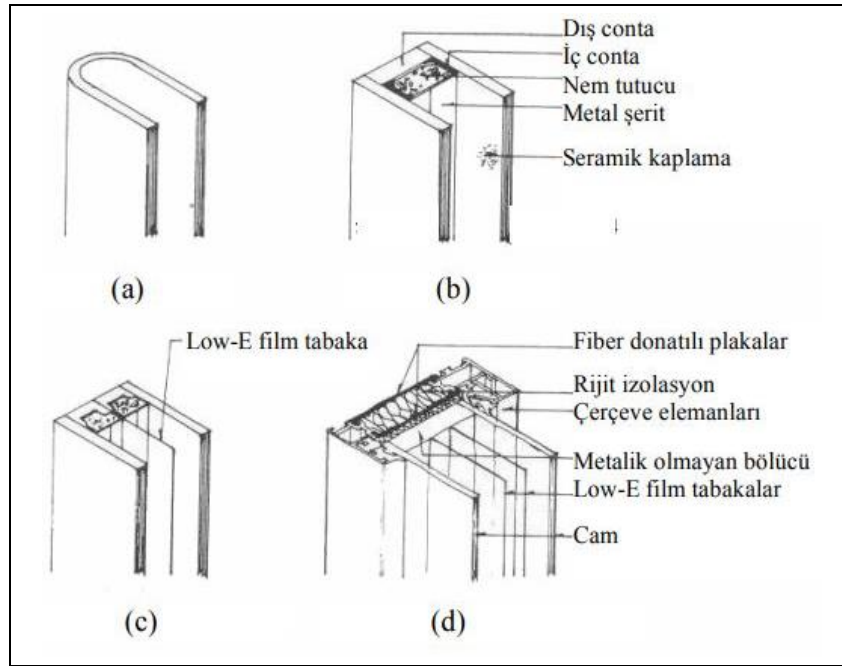
Cam ünitelerinde yapılan performans iyileştirmesi U değerlerini düşürerek ısı kayıplarını azaltmaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre; tek katmanlı bir cam 0.84 U değerine sahipken çift katmanlı, düşük ısı kazançlı ve low-E kaplamalı bir cam ünitesinin U değeri 0.34 ve üç katmanlı, düşük ısı kazançlı ve low-E kaplamalı bir cam ünitesinin U değeri 0.28 olmaktadır. Ayrıca, cam performansı arttıkça ısı kazanç katsayıları ve görünür geçirgenlik değerleri azalmaktadır [148].

Pencerelerde düz camlar, enerji etkinliğini artıran yalıtımlı camlar, daha ileri teknoloji ile üretilen dinamik camlar ve PV Cam Teknolojileri kullanılmaktadır.

Düz camlarda herhangi bir kaplama ya da renk yoktur ve renksizdir. Bu nedenle, günışığını ve güneş enerjisini diğer cam türlerine göre oldukça yüksek

oranda geçirmektedir. Yüksek oranda ısı iletimi sağlayan bu tip camlara, farklı kaplamalar uygulanarak ısı iletkenlik değerleri azaltılabilmektedir. Böylece daha enerji verimli camlar elde etmek mümkündür.

Yalıtımlı camlar; iki ya da daha fazla cam katmanının bir araya getirilerek aralarında yalıtım sağlayacak boşlukların bırakılması ile oluşturulmaktadır. Böylece ısı enerjisinden yaklaşık %50 oranında tasarruf sağlanmaktadır. Cam katmanlar arasında bırakılan 8-20 mm kalınlığındaki boşluk cam ünitesine ısı yalıtım sağlamaktadır. Bu boşluk hava yerine bir asal gazla doldurulabilir. Ayrıca, ısı yalıtımı sağlamak amacıyla boşlukta saydam bir yalıtım malzemesinin kullanılabilir. Çift camdan oluşan ünitelerin kenarları yuvarlanabilir ve genellikle konut camı olarak kullanılmaktadır. Farklı uygulama olarak kenarlarda contalar kullanılabilir, araya düşük yayınlı bir film tabakası koyulabilir ya da ara katmanlar artırılabilir (Şekil 4.42) [149].



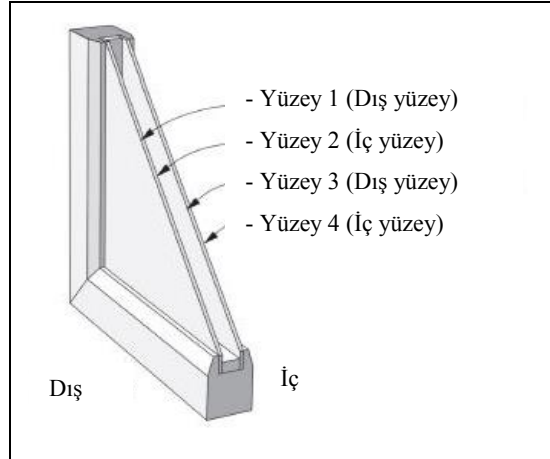
Şekil 4. 42: Yalıtımlı cam türleri.

Yalıtımlı camlarda dolgu gazı olarak hava, argon, krypton ve xenon gibi soygazlar kullanılmaktadır. Argon, krypton ve xenon gibi soygazların ısı iletkenlik katsayıları ve konveksiyon özellikleri normal havaya göre daha düşüktür. Dolayısıyla, hava yerine bu gazların kullanımı cam ünitesinin U değerinin azalmasını sağlamaktadır [150].

Yalıtımlı camlardan düşük emissiviteli (Low-E) camlar, bir cam yüzeyinin düşük yayınlımlı bir malzeme ile kaplanmasıyla oluşturulan camlardır. Bu tip camlar, ışıma yoluyla ısı iletimini azaltmakta ve pencerenin yalıtım performansını artırmaktadır. Bu camların ısıyı koruma performansları; güneş kontrolü performanslarından yüksektir. Çift tabakalı cam kullanımı ısı korunumunda % 23-26, güneş kontrolünde % 13'lük performans artışı sağlamaktadır [151].

Oldukça şeffaf olan Low-E kaplamalar neredeyse görünmezler, buna karşın uzun dalga boylu kızılötesi ışınları yüksek oranda yansıtırlar. Böylece, cam tabakaları arasındaki uzun dalga boylu ışınların ısı iletimini 5–10 kat azaltarak tabakalar arasındaki toplam ısı iletimini azaltmaktadır. Bu kaplamalar, doğrudan cam yüzeylerine uygulanabileceği gibi, iç ve dış cam tabakaları arasındaki asılı filmlere de uygulanabilir [152]. Low-E kaplamalar düşük, orta ve yüksek oranda güneşten kazanç sağlamaktadır.

Low-E kaplamanın doğru yüzeye uygulanması enerji korunumu açısından önemlidir. Isı kayıplarının azaltılması için kaplamanın camlar arasındaki boşluğa bakması gereklidir. Dolayısıyla, kaplamanın dış yüzeye uygulanması pencerenin performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Şekil 4.43'te kaplamaların farklı yüzeylere yerleşimi gösterilmiştir [152].



Şekil 4. 43: Low-E Kaplamaların Yüzey Yerleşimi.

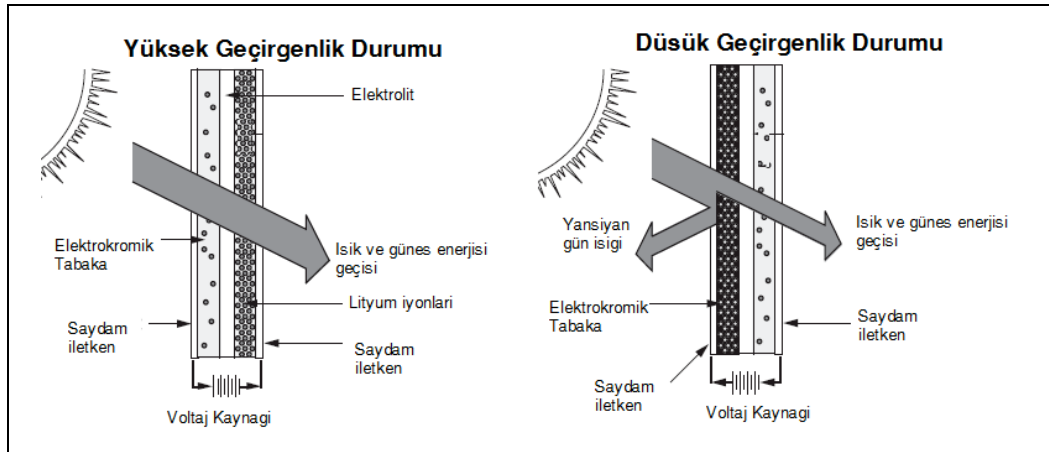
Dinamik camlar, konut pencerelerinin enerji performansını iyileştirmek için kullanılan bir diğer cam türüdür. Bu tür camlar; günlük, mevsimsel ve iklimsel farklılıklara uyum sağlayan, dinamik güneş kontrolü sağlayan camlardır. Kış aylarında ısıtma yüklerini azaltarak günışığı geçiren pencere camları, yaz aylarında

soğutma yükünü hafifletmeli ve güneşini geçirmemelidir. Bununla birlikte, bulutlu bir günde güneşli geçiren pencere, çok güneşli bir günde iç ortama ışık girişini kontrol etmelidir. Bu kapsamda dinamik camlara yönelik farklı teknolojiler geliştirilmiştir [153]. Bu anlamda, çevresel değişikliklere tepki veren aerojel cam, vakum tüp cam, termokromik (Isıya duyarlı) cam, fotokromik cam, termotropik cam gibi pasif cam teknolojileri bulunmaktadır. Şekil 4.44’de termokromik camın sıcaklığa bağlı olarak değişik durumlarda görünümü görülmektedir [154].



Şekil 4. 44: Termokromik camın değişik durumlarda görünümü.

Ayrıca, uygulanan gerilime, akıma ya da belirli gazlara tepki vererek durum değiştiren, elektrokromik cam, likit kristal cam, asılı partiküllü cam, gazokromik cam, nanokristal cam içi kompozitler gibi aktif cam teknolojileri bulunmaktadır. Şekil 4.45’te elektrokromik camların yüksek geçirgenlik ve düşük geçirgenlik durumlarında güneşine karşı verdiği tepkiler görülmektedir [154].

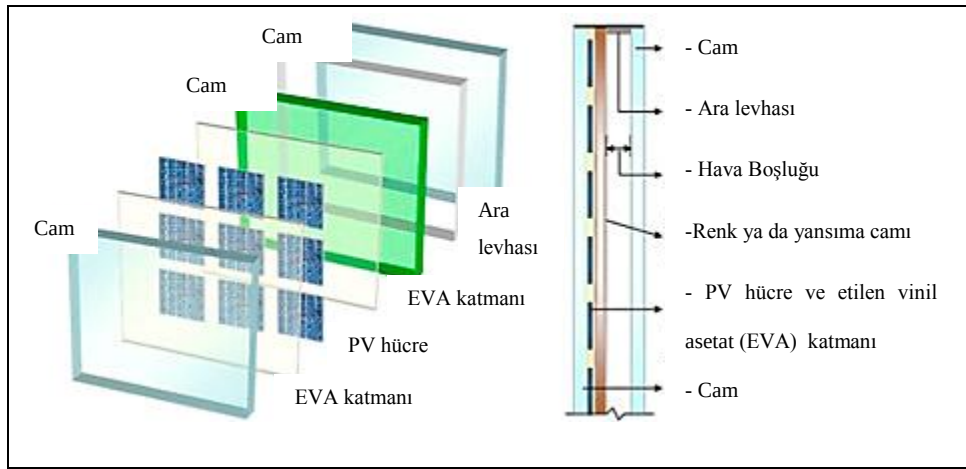


Şekil 4. 45: Elektrokromik camların şematik gösterimi.

Teknolojinin ilerlemesine paralel olarak enerji etkin binalar için farklı cam teknolojileri de geliştirilmektedir. Bunlardan biri olan bina ile bütünleşik PV camlar, güneş ışınlarını elektrik enerjisine dönüştürdüğü için daha çok tercih edilmektedir.

Tipik bir pencere sistemine dahil edilen güneş pilleri elektrik üretebilir, bu nedenle saha dışı elektrik talebini azaltmaktadır [155]. Dolayısıyla, yenilenebilir enerji üreterek enerji maliyetlerini ve fosil yakıt kullanımını önemli ölçüde azaltabilmektedir. Ayrıca maliyeti düşük olan bina ile bütünleşik PV camlar tasarlanırken, bina ısıtma ve soğutma yükleri de göz önünde bulundurulmaktadır. Yarı-geçirgen yapıya sahip olan PV teknolojisi binalarda gölgeleme sağlamasının yanı sıra ışık geçirgenliğini azaltmaktadır [148].

Yarı-geçirgen c-Si PV hücreler binalarda tipik camların yerine kullanılabilir. Bu sistemde c-Si güneş hücreleri şeffaf cam tabakalarının arasına etilen venil asetat filmle birlikte yerleştirilmektedir. Şekil 4.46'da tipik bir c-Si PV camın şematik gösterimi sunulmuştur [148]. Bu cam sisteminde kullanılan hücreler opak olduğu için görüşü ve güneşini sınırlandırmaktadır. Dolayısıyla, iç ortamın aydınlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, gölgeleme de sağlamaktadır. Yarı-geçirgen c-Si PV teknolojinin verimi %16 ile %22 arasında değişmektedir [148].



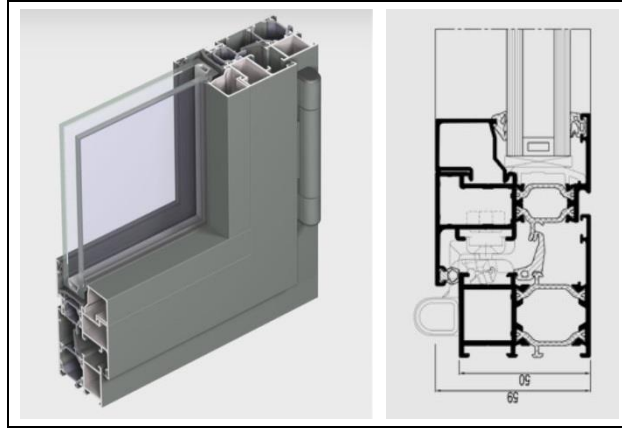
Şekil 4. 46: Tipik bir c-Si PV camın şematik gösterimi.

4.3.3.3. Dış Pencere Çerçeve Malzemeleri

Konut iyileştirme projelerinde pencere çerçevesinin değiştirilmesi, pencere camının iyileştirilmesiyle birlikte en yaygın iyileştirme önlemlerinden biridir. Çerçeve tipinin seçimi, malzemenin özelliklerine, maliyetine ve istenen mimari ifadeye de bağlıdır. NSEB iyileştirmelerinde kullanılan malzemenin enerji verimliliğinin yüksek olması gereklidir.

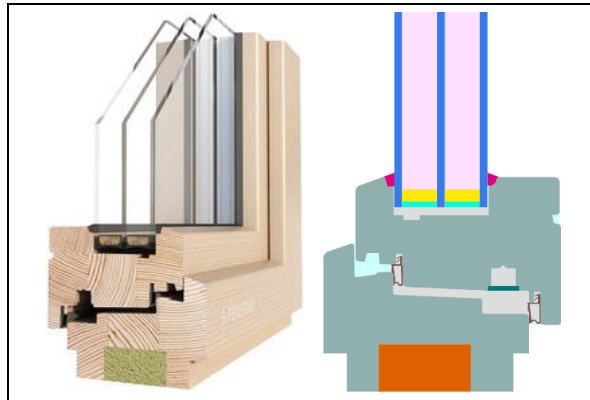
Günümüzde yaygın olarak kullanılan pencere çerçeve malzemeleri; alüminyum, ahşap, PVC ve kompozittir.

Alüminyum çerçevelerin hafif, sağlam, dayanıklı, paslanmaz ve uzun ömürlü olması gibi olumlu özellikleri olmasına karşın, ısıl geçirgenlik katsayısı diğer çerçeve malzemelerine göre daha yüksektir. (Şekil 4.47) [156]. Dolayısıyla, bu tür çerçevelerde ısı kayıpları ve istenmeyen ısı kazançları olmaktadır. Ayrıca, soğuk iklimlerde çerçevenin iç yüzeyinde oluşan nemin yoğuşması yüksek bir olasılıktır. Alüminyum çerçevenin U değeri 10.22-5.91 W/m²K arasında değişmektedir [151].



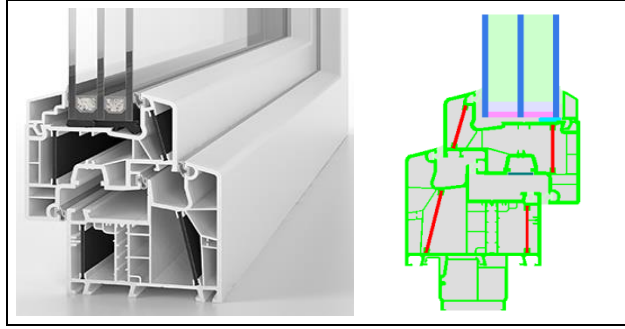
Şekil 4. 47: Alüminyum çerçeve.

Ahşap çerçevelerin ısıl iletkenlik katsayısı alüminyum çerçevelere göre daha düşüktür ve U değeri 2,27 W/m²K'dir (Şekil 4.48) [151], [157]. Bu yüzden, ısı iletimi daha azdır ve enerji korunumu açısından daha olumlu özelliğe sahiptir.



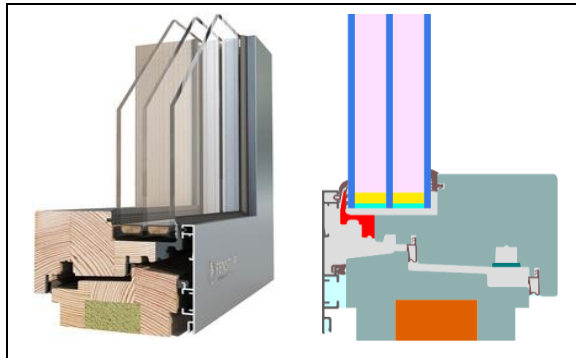
Şekil 4. 48: Ahşap çerçeve.

PVC çerçeveler; hafif, uzun ömürlü, istenilen dirence ulaşması, kolay şekil almasına ek olarak yüksek yalıtım gücüne sahiptir (Şekil 4.49) [157]. Ayrıca, hem strüktür hem dolgu olarak kullanılması, bakım kolaylığı ve ekonomik olması da bu çerçevenin tercih edilebilirliğini artırmaktadır [158]. PVC çerçevelerde, kullanılan PVC profilin masif olmaması, arasında hava kilitlemesi içermesi gibi nedenlerle ısı geçirme katsayısı alüminyum çerçeveye oranla daha düşüktür. PVC doğramanın U değeri 1,70 W/m²K'dir [151].



Şekil 4. 49: PVC çerçeve.

Teknolojinin ilerlemesine paralel olarak farklı çerçeve malzemeleri bir arada kullanılmaya başlanmıştır. Buna bağlı olarak, özellikle ahşap ve alüminyumun birlikte kullanıldığı kompozit çerçeveler ortaya çıkmıştır. Bu tür bir çerçevede, ahşabın dış yüzeyi alüminyum ile kaplanmaktadır (Şekil 4.50) [157]. Böylece, dış yüzeydeki bakım ihtiyacı azalmaktadır. Ayrıca, diğer malzemelerden kompozit çerçeve üretmek mümkündür [158].



Şekil 4. 50: Kompozit Çerçeve.

Pencere sisteminin enerji verimliliği, pencerelerde kullanılan farklı türde ki camlar ve doğramalar ile birlikte düşünülmelidir. Enerji verimli bir pencere

sisteminde hem camların hem de doğramaların ısıl geçirgenlik değerleri düşük olmalıdır. Böylece ısı kayıplar azaltılarak enerjiden tasarruf sağlama oranı artırılabilir. Tablo 4.2’de TS 825’e göre Türkiye’deki ısı bölgelerinde uygun pencere seçiminde kullanılan bazı cam ve doğramaların Up değerleri sunulmuştur [81]. Buna göre, En düşük U değeri olan 1.8 W/m²K’ye ahşap doğrama ve çift camlı low-E kaplamalı pencere sistemi ile ulaşılabilmektedir. En yüksek U değeri 5.9 W/m²K ise tek camlı alüminyum doğrama ile sağlanmaktadır.

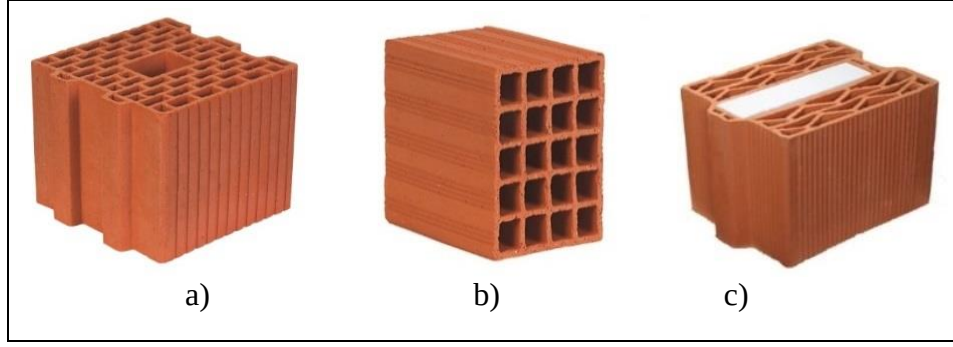
Tablo 4. 2: Bazı Pencere Sistemlerinin Up Değerleri.

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

4.3.3.4. Dış Duvar Dolgu Malzemeleri

Yapı üretiminde dış duvar sistemini oluşturan ana öğelerden biri olan dolgu malzemelerinin seçimi NSEB’a üretme konusunda oldukça önemlidir. Günümüzde en çok kullanılan dolgu duvar malzemeleri; tuğla, bimsblok ve gazbetondur.

Tuğla; killi toprak, balçık (kil çamuru) ve kilin (kaolin), genellikle su, kum, tuğla ve kiremit tozu gibi katkı maddeleriyle karıştırılarak hamur haline getirilmesi ve yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen bir yapı malzemesidir (Şekil 4.51) [159]. Belirli şekil ve boyutlarda üretilen tuğlaların; yüksek basınç dayanımı, iyi ısı ve ses yalıtımı ve yüksek yangın direnci gibi özellikleri bulunmaktadır [160].



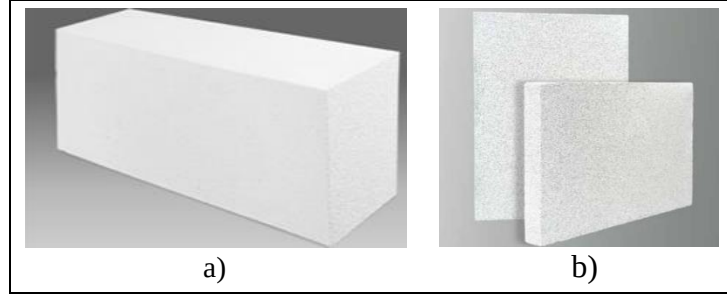
Şekil 4. 51: Farklı tuğla çeşitleri, a) Düşey delikli, b) Yatay delikli, c) Isı yalıtım tuğlası.

Bimsblok, pomzaya (bims agregası) çimento ve su eklenerek tesislerde yüksek basınçta sıkıştırılıp biçimlendirilmesiyle elde edilen hafif bir yapı malzemesidir (Şekil 4.52) [161]. Yüksek basınç mukavemeti bulunmaktadır. Gözenekli yapısından dolayı ısı yalıtım özelliği yüksektir. Buhar geçirgenlik değeri diğer dolgu malzemelerine göre düşüktür ve daha çabuk kurumaktadır. Dolayısıyla duvarlarda terleme oranı da daha az olmaktadır. Yapısında yanıcı madde bulunmadığı için yanmayan malzemeler sınıfındadır[162].



Şekil 4. 52: Farklı bimsblok yapı malzemeleri.

Gazbeton kuvarsit ya da kumun, çimento, kireç ve su ile karışımından elde edilen bir yapı malzemesidir (Şekil 4.53) [163]. Gazbetonun yapısı %84'ü kuru hava dolu gözeneklerden oluşmaktadır. Dolayısıyla, hafif bir malzemedir ve gazbetonun ısı yalıtım performansı oldukça yüksektir. Yangına karşı dayanıklıdır ve A1 sınıfı yanmaz yapı malzemeleri sınıfında bulunmaktadır [164].



Şekil 4. 53: a) Gazbeton duvar bloğu, b) Isı yalıtım plağı.

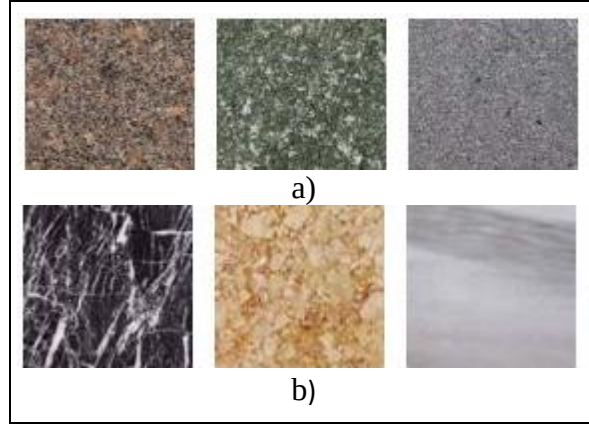
Gazbeton, bims ve yatay delikli tuğlanın ısı iletkenlik katsayıları sırasıyla; 0.15 W/mK, 0.30 W/mK ve 0.45 W/mK'dir [164]. Dolayısıyla, en az ısı kaybına sahip olan gazbetonun ısı yalıtım performansı diğerlerine göre daha yüksektir.

4.3.3.5. Cephe Kaplamasında Kullanılan Malzemeler

Cephe kaplama malzemeleri dış çevre koşulları ile doğrudan ilişkili olduğu için dış etkilerden ilk etkilenen malzemelerdir. Bu açıdan, iyileştirme çalışmalarında da önem taşırlar. Dış cephe kaplaması olarak kullanılan malzemenin; atmosfer etkilerine, güneş ışınlarına, ısı değişikliklerine bağlı genleşme ve büzülme etkilerine, rutubet değişikliklerine bağlı daralma ve genişleme etkilerine dayanıklı olması ve yağış suları ve don etkileriyle bozulmaması gereklidir. Bunlara ek olarak, ekonomik, estetik ve sürdürülebilir olması beklenmektedir [165]. Bu bağlamda düşünüldüğünde; yapının özelliklerine, çevre koşullarına, iklime ve maliyete göre farklı kaplama malzemeleri bulunmaktadır. En çok kullanılan cephe kaplama malzemeleri; doğal ve yapay taşlar, cam, ahşap, metal, plastik, sıva ve boya olarak sıralanabilir. Ayrıca, cam elyaf takviyeli betonlar, yüksek basınçlı laminat plakalar gibi gelişmiş malzemeler de kullanılabilir.

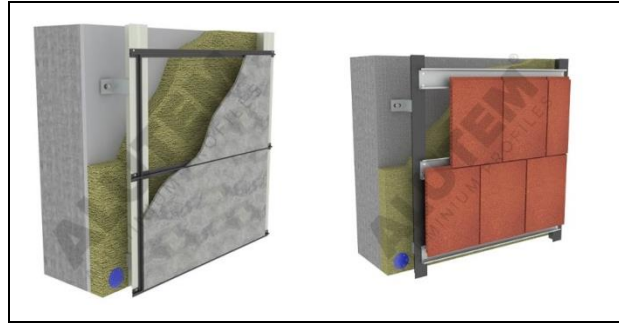
Taş kaplamalar; işlenebilmesi, doğada bol miktarda bulunması, farklı renklerde olması, cilalı ya da mat, sert ya da yumuşak ve aşınmaya karşı dayanıklı olması gibi özelliklerinden dolayı dış duvarlarda kaplama olarak tercih edilmektedir [166].

Doğal taşlarda ısı iletkenlik değeri taşın türüne ve çıkarıldığı yere göre değişmektedir ve ısı iletkenliği 0.55-3.5 W/mK arasındadır[166]. Doğal taşların yüksek oranda ısı tutma potansiyelleri bulunmaktadır. Bu nedenle, yavaş ısınıp yavaş soğumaktadır. Dış duvarlarda çoğunlukla kaplama olarak kullanılan doğal taşlar; granit, mermer, kireç taşı, ve travertendir (Şekil 4.54)[166].



Şekil 4. 54: Doğal Taş kaplama çeşitleri, a) Granit, b) Mermer.

Yapay taş kaplamalar, insanlar tarafından atölye, ocak ya da fabrikalarda işlenerek üretilen kaplamalardır. Yapay taş, çimento ya da sentetik reçine kullanılarak yapay yollarla hazırlanmış beton, mozaik gibi kagir bir üründür. Yapısında alçı, kireç ya da manyezit olan yapay taşlar da bulunmaktadır [166]. Dış duvarda kullanılan yapay taş kaplamalar beton ve seramik kaplamalar olarak sınıflandırılabilir (Şekil 4.55) [167].



Şekil 4. 55: Seramik kaplama Çeşitleri.

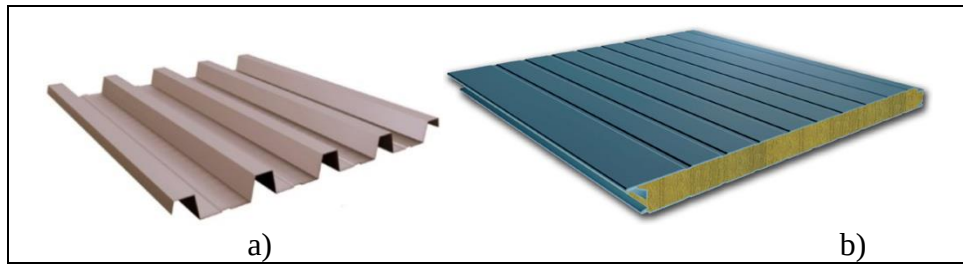
Ahşap, uzun yıllardır doğada bulunan geleneksel bir yapı malzemesi olmasından dolayı, cephelerde de uzun süredir kaplama olarak kullanılmaktadır. Bu tür kaplamaların ömürleri ağacın özelliklerine göre değişmektedir. Ahşap suyu emen bir malzemedir ve su emme oranı %15-100 arasında değişmektedir. Buhar geçirgenliği ise, içerdiği nem miktarına göre değişmektedir. Hücreler arasında bulunan hava boşlukları sıcak ve soğukun geçişini engellemektedir. Bununla birlikte, ısı iletkenliği ahşabın türü, özgül ağırlığı, içerdiği nem oranı gibi özelliklerine göre değişmektedir [166]. Bu bağlamda, hafif ahşapların daha yalıtkan olduğu

bilinmektedir. Isı depolama kapasitesi az olan ahşap kolay ısınmaktadır. Ahşap kaplamaları doğal/masif ahşap ve yapay ahşap/kompozit olarak sınıflandırmak mümkündür (Şekil 4.56) [168].



Şekil 4. 56: Farklı ahşap kaplama levhaları.

Metaller farklı yapı cephelerinde kaplama olarak yaygın şekilde kullanılmakta, çok çeşitli renk ve doku seçenekleri sunmaktadır. Cephe kaplaması olarak kullanılan metaller çoğunlukla çelik ve alüminyumdan oluşmaktadır. Bunlara ek olarak; paslanmaz çelik, çinko, titanyum, bakır, kurşun ve kalay gibi malzemelerin kullanımı da mümkündür [169]. Metal kaplamalarda levha formu tercih edilmektedir. Metal kaplamalar; düz, trapez levha, yalıtımlı sandviç paneller, petek dolgulu ve kompozit metal paneller olarak çeşitli formlarda üretilmekte ve genellikle giydirme cephe sistemlerinde kullanılmaktadır (Şekil 4.57) [170].



Şekil 4. 57: a) Trapez levha, b) Yalıtımlı sandviç panel.

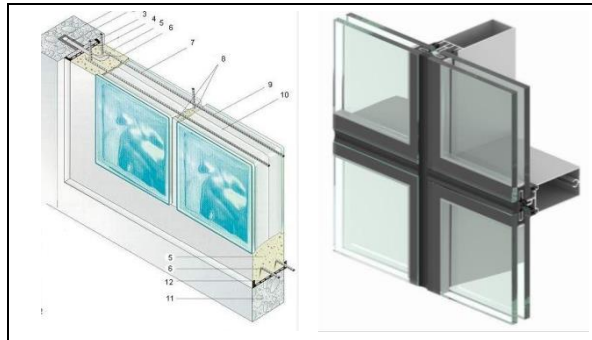
Plastik malzemeler polimer esaslı malzemeler olarak da adlandırılabilir. Plastikler amorf iç yapıya sahiptir ve ısıya karşı dayanıksızdır. Kolayca işlenip ve şekil alır. Nem almadıkları gibi atmosfer etkilerine ve dış hava koşullarına karşı dayanım göstermektedir. Isı iletkenlik özellikleri düşüktür ve ısıl genleşme oranı yüksektir [171] . Plastik malzemeler hafif olması nedeniyle duvar ve taşıyıcı sisteme fazla yük getirmemektedir. Bu nedenle kaplama malzemesi olarak tercih

edilmektedir [172]. Bu malzemeler; profil elemanlar, koruyucu ince kaplamalar, plak elemanlar olarak farklı şekillerde uygulanabilmektedirler (Şekil 4.58) [173].



Şekil 4. 58: PVC kaplama.

Cam, inorganik esaslı ve amorf bünyeli bir malzemedir. Ana bileşeni silisyum dioksit olan camın içeriğinde; silikonoksitler, germanyum, boron, fosfor ve arsenik gibi birçok kimyasal bileşen bulunmaktadır [149]. Sabit bir erime noktası yoktur ve çok yüksek sıcaklıklarda akıcılık kazanmaktadır. Soğuduğunda katı hale geçecek cam, normal sıcaklıklarda kristalleşmeden hızla katılaşmaktadır [174]. Cam saydam bir malzeme olduğu için yapılarda sıklıkla kullanılmaktadır. Binalarda dış cephe kaplaması olarak kullanılan camlar; cam tuğlalar, cam paneller, cam mozaikler olarak sıralanabilir (Şekil 4.59) [175], [176], [177].



Şekil 4. 59: a) Cam tuğla, b) Giydirme cephe detayı.

Boyalar, uygulandığı yüzeye dekoratif ve koruyucu bir katman sağlayan malzemeler olup; nem, su, atmosfer etkileri ve diğer dış etkilere karşı uygulandığı yüzeyi korumalıdır. Boyaların içeriğinde bulunan dört ana madde; bağlayıcı (reçine), çözücü (solvent), pigment, dolgu ve katkı maddeleridir. Boyalar değişik özelliklere sahiptir ve kullanım amacına göre farklı uygulama alanları bulunmaktadır. Boyalar;

bağlayıcılarına, kurumalarına ve parlaklıklarına göre çeşitlenebilmektedir [166]. Dış duvarda kaplama olarak; akrilik, silikonlu, sentetik esaslı ve elastomerik boyalar kullanılmaktadır.

Sıvalar, içeriğinde bir bağlayıcı madde, ince agrega, su ve isteğe bağlı olarak renk verici madensel ya da organik boyalar olan ve birkaç katmandan oluşan bir kaplama türüdür. Bazı durumlarda yardımcı malzemeler ya da desen malzemeleri eklenmesi de mümkündür [178]. Sıva, geçirimsiz ve gözeneksiz olmalı ve gelen suyu duvar bünyesine geçirmemelidir. Buna karşın, duvarın hava ve nem alışverişini sağlayacak kadar gözenekli olmalıdır. Ayrıca, fiziksel, kimyasal ve mekanik etkilerden korunmalı, ısı değişimleri sırasında genleşme büzülme yapmamalı ve çatlamlar olmamalıdır. Aderansı yüksek olmalı ve Küfe ve rutubete dayanıklı olmalıdır. Farklı başlıklara göre sınıflandırılabilen sıvalar, uygulandıkları yere göre iç sıva ya da dış sıva olarak ele alınır [179].

Sonuç olarak, mevcut konut cephelerinin NSEB'lara uygun olarak iyileştirilmesi aşamasında birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler uygulanırken stratejiler, yenileme bileşenleri ve malzeme birlikte düşünülmelidir. Aynı zamanda, en uygun iyileştirme çözümü için iklim koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır. Soğuk ve sıcak iklim bölgelerinde farklı iyileştirme yöntemleri uygulanmalıdır.

5. NET SIFIR ENERJİLİ BİNALAR İÇİN MEVCUT KONUT CEPHELERİNDE İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez çalışmasının bu bölümünde, dünyadaki NSEB olarak iyileştirilen dokuz örnek ve Türkiye’deki nSEB olması amacıyla iyileştirilen iki örnek incelenmiştir. Bu örnekler, ülkeler tarafından geliştirilen farklı cephe iyileştirme yöntemlerini kullanması açısından önemlidir. Örnekler seçilirken; bir iyileştirme programına göre iyileştirilmesi, iyileştirmeden sonra yüksek yalıtım performanslı ve hava geçirmez bir bina kabuğu elde etmesi, yıllık tükettiği kadar yenilenebilir enerji üretmesi, cephe iyileştirmelerinde son teknolojileri kullanması gibi özellikleri dikkat edilerek seçilmiştir.

Seçilen iyileştirme örnekleri önceki bölümlerde irdelenen; NSEB bilgileri, politika bilgileri, iyileştirme yöntemleri başlıkları altında analiz edilmiş ve iyileştirmeden sonraki durumu incelenmiştir. Son olarak, yapılan analizlerin dünya ve Türkiye’deki durumlarının karşılaştırılmasıyla; Türkiye’de NSEB’lar için mevcut konut cephelerinde iyileştirme yöntemlerinin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

5.1. Dünyadan Net Sıfır Enerjili Binalar İçin İyileştirme Yapılmış Konut Örnekleri

Son yıllarda dünyada NSEB’lar için iyileştirme yapılmış; İsviçre, Avusturya, Almanya, Danimarka, Hollanda, Fransa, İngiltere ve ABD bulunan dokuz konut örneği incelenmiştir. Bu iyileştirme örnekleri; NSEB sınıfı, NSEB tasarım ilkesi, iyileştirme programı, iyileştirme stratejisi, yenileme bileşeni, malzeme ve iyileştirme sonrası durumu başlıkları altında değerlendirilerek aşağıda aktarılmaktadır.

5.1.1. Konut 1, Zürih, İsviçre

- Proje Künyesi
 - Konumu: Zürih, İsviçre
 - Kat adedi: 3

- Yapım yılı: 1954
- İyileştirme yılı: 2009-2010
- İyileştirme projesinin mimarı: Kämpfen für Architektur

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

1954 yılında Zürih’de inşa edilen konut üç katlıdır ve zemin katta bir diğer katlarda ikişer tane olmak üzere toplam beş daireden oluşmaktadır. Konut özgün halini büyük ölçüde korumaktadır. İyileştirme öncesi mevcut yapının dış tuğla duvarları 32 cm kalınlığında ve yalıtımsızdır. Dış kaplama iyi korunmuştur fakat balkonlar ve korkuluklar yıllar içinde kötü hava şartlarına maruz kaldığı için paslanmıştır. Pencerelerin büyük kısmı 1954 yılına ait ve hepsi PVC çerçevelidir (Şekil 5.1) [180].



Şekil 5. 1: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.

Konut 2009-2010 yılları arasında EnerPHit kapsamında ve NSEB olması amacıyla pasif ev standartlarına göre iyileştirilmiştir (Şekil 5.2) [180]. İyileştirmenin önemli ilkeleri:

- Yüksek yalıtım performanslı ve hava geçirmez bir bina kabuğu sayesinde ısı iletimini ve havalandırma kayıplarını azaltmak,
- Yenilenebilir enerjiyi kullanarak ısıtma ve kullanım sıcak suyu için harcanan enerji talebini azaltmak,

- Ön yapımlı iyileştirme sistemi sayesinde kontrollü hava değişimi ve önceden monte edilmiş yüksek performanslı pencereler için havalandırma kanallı ve yalıtımlı ahşap cephe panelleri kullanmak,
- Gün ışığını daha verimli kullanmak için güney cephede cam alanını artırmak,
- Yaşam ve balkon alanlarını genişleterek mevcut dairelerin boyutunu artırmak, Çatı katı dairesi ekleyerek kira değerini artırmak

olarak sıralanabilir [181].



Şekil 5. 2: Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.

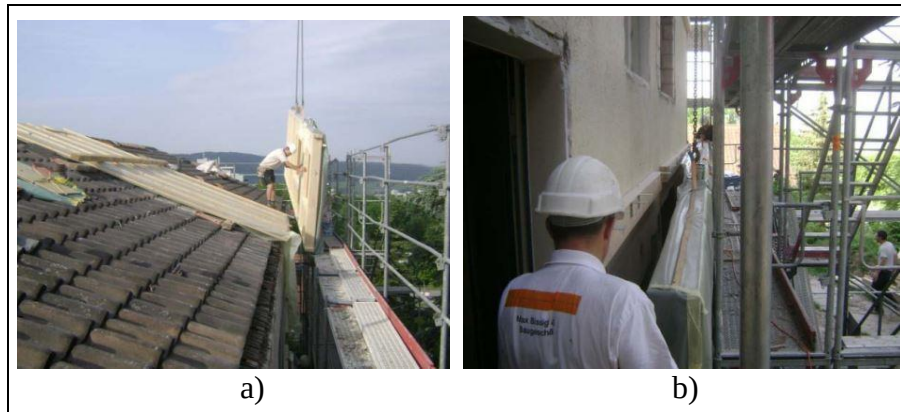
- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

Konut cephesinde enerji etkinliğini artırarak ısı kayıplarını azaltacak iyileştirmeler yapılmıştır. Selüloz yalıtımlı ön yapımlı ahşap cephe elemanları (3x10 m) kullanılarak ısı kayıpları en aza indirilmiştir. Pencereler, ahşap modüllere sahada monte edilmiştir. Havalandırma kanalları cephe elamanına eklenmiştir (Şekil 5.3) [180].



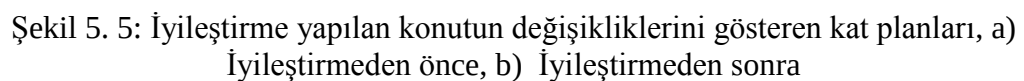
Şekil 5. 3: a) 3 x 10 m cephe elemanının sahaya taşınması, b) Havalandırma boşluklu cephe elemanının fabrikada üretimi.

Ön yapımlı büyük cephe modüllerinin yapımı için mevcut cephelerin lazer ile ölçümleri Kuzey-Batı İsviçre Uygulamalı Bilimler Üniversitesi tarafından alınmış ve gerekli hesaplamaları yapılmıştır. Amaç, bu verilere dayalı olarak uygun cephe elemanlarını üretmektir. Ahşap büyük ölçekli paneller, mevcut duvarlara tam uyumlu olarak ve mevcut taşıyıcı sistemin düzensizliğini karşılamak için aralarında bir boşluk bırakılarak mevcut dış duvarlara mekanik olarak sabitlenmiştir (Şekil 5. 4) [181]. Daha sonra ara boşluklar, selüloz yalıtımla doldurulmuştur. İyileştirme işlemi ile, yapıda yüksek performanslı, ahşap ya da metal doğramalı üç camlı pencereler ve yüksek performanslı balkon ve giriş kapıları kullanılmıştır. Yeni pencereler ve mevcut duvar arasındaki bağlantılar alçıpan ile kapatılmış ve sızdırmazlık bantları ile sıkıştırılmıştır. Böylece, yüksek seviyede hava sızdırmazlık sağlanmıştır [181].



Şekil 5. 4: Ön yapımlı ahşap panellerin dış duvarlara sabitlenmesi.

Şekil 5.5'te konutun iyileştirilmeden önceki ve iyileştirilmeden sonraki planları görülmektedir [180].



126

- İyileştirme Örneğinin Değerlendirilmesi

Yenilenen yapının hava sızdırmazlık değeri çok yüksektir. İyileştirme sonrası konutun ısıtılan alanı 458 m²'den 657 m²'ye yükseltilmiştir. Buna karşın, iyileştirme sonrasında bir yıl boyunca yapılan ölçümlere göre; alan ısıtması ve sıcak su için harcanan enerji, nihai enerji için %88,5 ve birincil enerji için %76 oranında azalmıştır. Enerjinin 4200 kWh/y'ı güneş kolektörleri tarafından sağlanmaktadır [180].

Konut, çatıdaki PV ile üretilen elektrik enerjisi sayesinde bina, NSEB'ya dönüştürülmüştür. Sahada yenilenebilir enerji üretimi, NSEB'ın tasarım ilkelerinden birisi olması bakımından önemlidir. Ayrıca, konut kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandığı ve yeterli yenilenebilir enerji ürettiği için NSEB A olarak sınıflandırılabilir. Konutun dış duvarların iyileştirme öncesi U değeri 1.07 W/m²K iyileştirme sonrası 0,18 W/m²K'dir. Pencere (çerçeve + cam) iyileştirme öncesi U değeri 2,5 W/m²K iyileştirme sonrası 0,8 W/m²K'dir [180]. Tablo 5.1'de konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 1: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	EnerPHit	U Değerleri (W/m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	1,07	0,18
			Pencereler	2,5	0,8
NSEB Sınıfı	A sınıfı				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu Gün ışığından kazanç		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Pencereler ve dış kapılar		
	Sarmala		İkincil ek kabuk uygulaması		
	Ekleme-Dış		Yeni balkon ve yeni kat eklemesi		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		Ön yapımlı ahşap çerçeve duvar elemanları		
	Pencereler ve Kapılar		Üç camlı, argon gazı dolgulu pencere ve yüksek performanslı kapı		
	Balkon		Mevcut balkonların yerine yeni balkon ve ek yeni balkon		
Malzeme	Isı Yalıtımı		Selüloz		
	Cam		Üç camlı		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		Ahşap ve metal pencere çerçeveleri		
	Dış Duvar Dolgu		Tuğla (Mevcut)		
	Dış Duvar Kaplama		Ahşap ve sıva		

5.1.2. Konut 2, Kapfenberg, Avusturya

- Proje Künyesi

- Konumu: Kapfenberg/ Avusturya
- Kat adedi: 4
- Yapım yılı: 1960-1961
- İyileştirme yılı: 2012-2014
- İyileştirme projesinin mimarı: Nussmüller Architekten ZT-GmbH

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

Avusturya Kapfenberg’de bulunan dört katlı konut 1960-1961 yılları arasında inşa edilmiştir. 10x65 m boyutlarındaki konutun her katında yaşam alanı 20-65 m² arasında değişen farklı büyüklüklerde dokuz daire bulunmaktadır. 2012 yılında başlayan iyileştirme iki aşamadan oluşmaktadır. İlk iyileştirme 2013 yılında biterken diğeri 2014 yılında tamamlanmıştır. Bunun nedeni konut içindeki yenilemelerin yapılması için bina sakinlerinin taşınmasını gerektirmiştir, fakat konut yetersizliği yüzünden bina sakinleri taşınamamıştır ve iyileştirme aşamalı yapılmıştır [182].

Sandviç beton elemanlar kullanılarak inşa edilen konutun duvarlarında ve çatısında yalıtım bulunmamaktadır ve duvarların U değeri 0,87 W/m²K’dir. Düşük hava sızdırmazlığına sahip olan mevcut pencereler ahşap doğramalı, çift camlı ve U değeri 2.50 W/m²K’dir [14]. Bu açılardan yapı; iç ortam kalitesinin, yaşam alanının ve ısıtma sisteminin yükseltilmesi amacıyla NSEB olarak yenilenmiştir (Şekil 5.8; Şekil 5.9) [14]. Daha ayrıntılı olarak yenileme hedeflerinden bazıları:

- Ön yapımlı aktif ve pasif cephe panellerinin ve bina hizmet modüllerinin geliştirilmesi,
- Mevcut binanın ısıtma enerjisi talebinin ve CO₂ salımlarının %80 oranında azaltılması,
- Yenilenen binanın nihai enerji talebinin en az %80’inin yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanması,
- Yenileme sonrasında artı enerji elde etmek için geçici olarak meydana gelen uyumsuzlukları ve depolama gereksinimlerini gidermek amacıyla binanın mevcut şebekelerle bağlantısının sağlanması,

- Yapıdaki enerjinin verimli kullanılması için konut sakinlerinin ve mülk yönetiminin bilinçlendirilmesi

olarak sıralanabilir [14].



Şekil 5. 8: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.



Şekil 5. 9: Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.

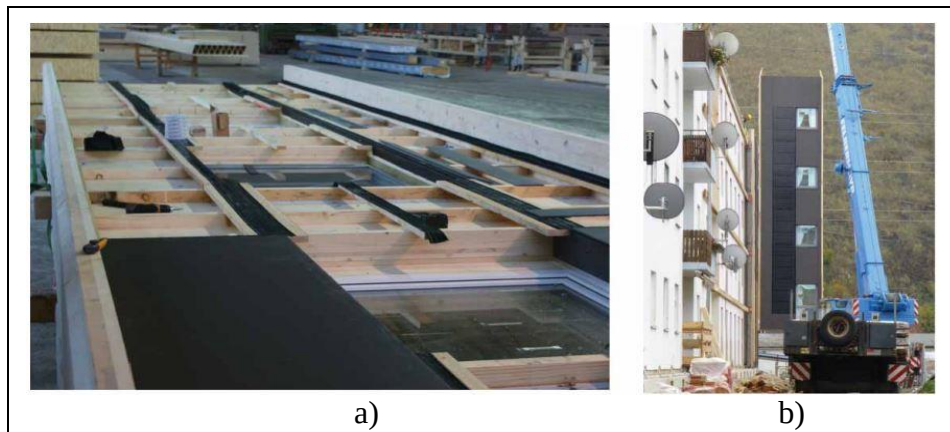
- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

Proje ekibi, Avusturya'da 1960'lı ve 1970'li yıllarda inşa edilen binaların özel cephe yapısından dolayı yatay cephe modülleri yerine dikey cephe modülleri geliştirmişlerdir. Cephe modülleri cephede ve çatıda görünür ve dikkat çekici hale getirilmiştir. Ayrıca, bu dikey ön yapımlı modüller dikey olarak büyük boyutlu elemanlar olarak üretilmektedir. Ön yapımlı cephe modüllerinin boyutları (uzunluk, genişlik ve derinlik) farklı faktörlerden etkilenmiştir. Temel hedef ise mümkün olan

en sürdürülebilir ve en ekonomik çözümü geliştirmektir. Cephe modülleri için, mevcut yapıda bulunan cephe kaplamasının boyutları kullanılmış ve yerel malzeme olan kereste tercih edilmiştir. Cephe modüllerinin kalınlığına ise; ısı yalıtımı, mevcut binanın dış duvarı ile modül arasındaki statik ve tolerans telafisine göre karar verilmiştir [14].

Geliştirilen ön yapımlı cephe modülünün, yapı fiziği ile ilgili ulusal standartların ve politikaların gerekliliklerini de karşılaması gerekmektedir. Yenilenen binanın hava sızdırmazlığı, cephe modülü tarafından sağlanmıştır (buhar geciktirici, yönlendirilmiş şerit levha, vb.). Bu gereksinimlere dayanarak, önce cephe modülünün bir prototipi geliştirilmiştir. Bu temel modülde aynı altyapı ile farklı yüzeyler kullanmak mümkündür. Yüzey malzemeleri; ahşap, taş ya da lifli çimento levhalar arasında değişebilmektedir [14]. Ayrıca, arkadan havalandırmalı bu pasif modüle, güneş enerjisi sistemi ya da PV paneller gibi aktif bileşenler ve dış gölgeleme sistemi eklenmiştir [182]. Dış gölgeleme cihazının ön yapımlı cephe elemanına eklenmesi, mümkün olduğunca ısı köprüsüz olmalıdır [183]. Üç camlı yüksel ısı performanslı pencereler ön yapımlı cephe modüllerine atölyede eklenmiştir.

Büyük boy dikey aktif ve pasif cephe panellerinin üretimi, bir ahşap inşaat firmasında gerçekleştirilmiştir. Şekil 5. 10, üretim atölyesinde cephe panellerinin üretimini ve yerinde montajı göstermektedir [14]. Bu ön yapımlı modüller, mevcut dış duvar üzerine dikey olarak monte edilmiştir.



Şekil 5. 10: Ön yapımlı cephe panelleri, a) Üretimi, b) Yerinde montajı.

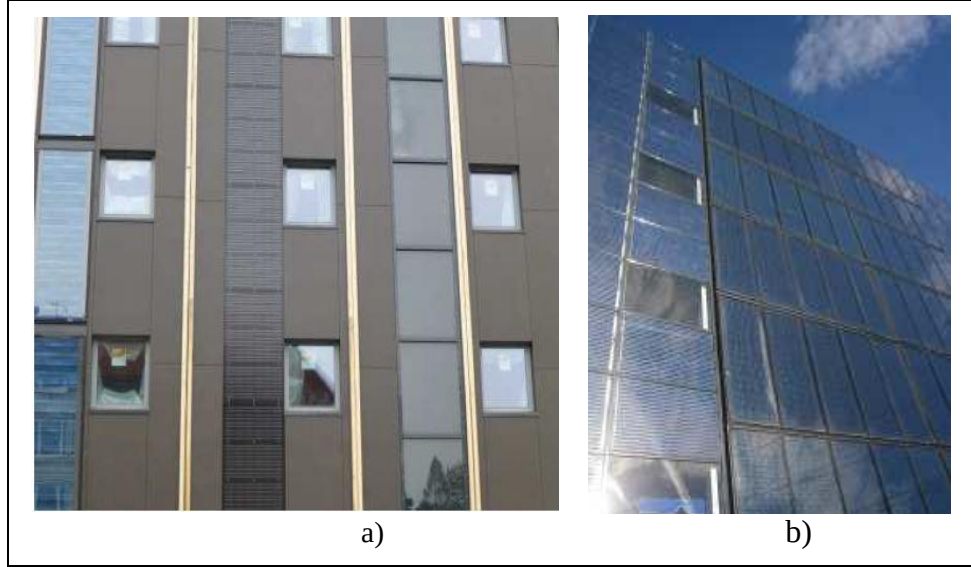
Mevcut konutun dış cephesine toplam 65 ve bina hizmetleri için 6 modül montajı yapılmıştır. Cephe modülleri için 130 m³ ahşap ve 1140 m² eternit paneller

kullanılmıştır. Modüller sahaya yarı römork kamyon ile taşınmış ve sekiz günde monte edilmiştir (Şekil 5.11.a) [14]. Binanın ısı iletiminden ve havalandırmadan kaynaklı ısı kayıplarını azaltmak amacıyla, cephe, çatı, pencereler ve kiler tavanına ısı yalıtımı uygulanmıştır. Dört dairede havalandırma için yeni bir pencere sistemi uygulanmıştır. Bu yeni pencerenin olumlu yönü, taze havanın dairelere verilmeden önce ısıtılmasıdır. Ayrıca ısı geri kazanımlı mekanik bir havalandırma sistemi kurulmuştur. Binaya yeni asansör ve tüm dairelere yeni balkonlar eklenmiştir (Şekil 5. 11.b) [14].



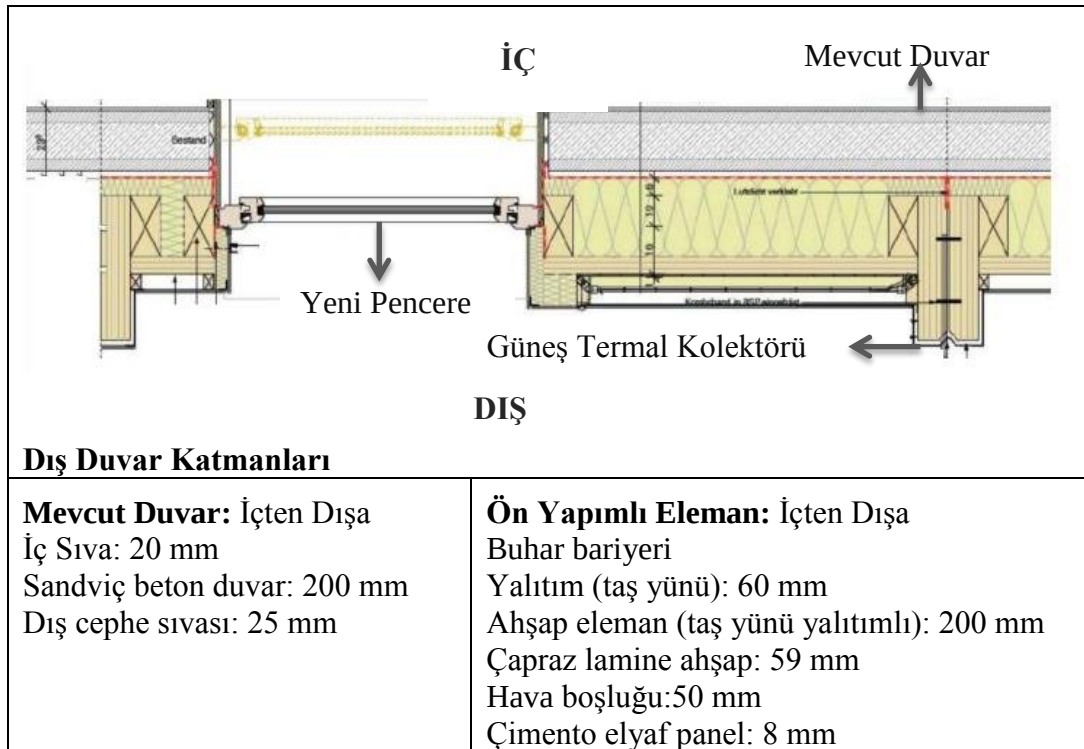
Şekil 5. 11: a) Ön yapımlı cephe modüllerinin batı cepheye montajı, b) Eklenen yeni balkonlar.

Bölgesel ısıtmaya ek olarak, 144 m² kolektör yüzeyli ve 72° eğimli güneş enerjisi sistemi kurulmuştur. Güneş enerjisi sisteminin yıllık ısı üretimi 39,5 MWh/y olarak hesaplanmıştır. 550 m² (80 kWp) büyüklüğündeki PV paneller, kanat şeklinde ekstra monte edilmiş bir iskele üzerine çatıya monte edilmiştir. Ayrıca, güney cepheye güneş enerjisi panellerinin yanına 80 m² (12 kWp) PV paneller yerleştirilmiştir (şekil 5.12) [182]. Bu bağlamda, sahada yenilenebilir enerji üretimi, NSEB'in tasarım ilkelerinden birisi olması açısından önemlidir.

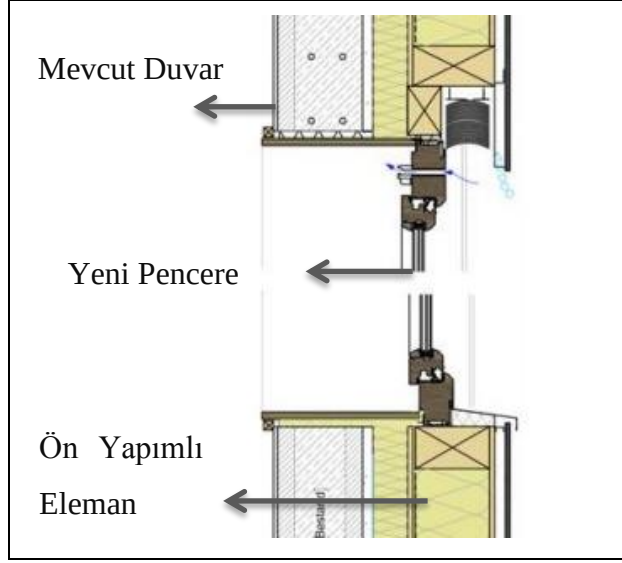


Şekil 5. 12: a) Bütünleşik aktif enerji üretimine sahip ön yapımlı cephe elemanları, b) Güney cephede PV ve güneş enerjisi panelleri.

Şekil 5. 13'te iyileştirme yapılmış konutun dış duvar taşıyıcısı ve Şekil 5. 14'te üç camlı yüksek performanslı pencere detayı görülmektedir [183].



Şekil 5. 13: Dış duvar katmanları.



Şekil 5. 14: Üç camlı yüksek performanslı pencere detayı.

- İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

Konutun toplam ısıtma alanı 2845 m^2 'dir. İyileştirme sonrası konutun elektrik talebi 79 MWh/yıl 'dan 47 MWh/yıl 'a düşmüştür. Alan ısıtması ve sıcak su için harcanan enerji ise, 337 MWh/yıl 'dan 85 MWh/yıl 'a azalmıştır. Dolayısıyla, 284 MWh/yıl enerji tasarrufu edilmiştir. Ayrıca, güneş enerjisi sisteminin enerji üretimi 39.5 MWh/yıl , PV panellerin enerji üretimi ise yaklaşık 80 MWh/yıl 'dır [182]. Bu doğrultuda, konut kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandığı ve tükettiği enerjiden daha fazla enerji ürettiği için NSEB A olarak sınıflandırılabilir. Şekil 5.15'te konutun iyileştirme sonrası, farklı cephelerindeki görünümüne yer verilmiştir [184].



Şekil 5. 15: İyileştirme sonrası konutun farklı cephelerinin görünümü.

İyileştirme sonrası U değerleri; cephenin 0,12 W/m²K, pencerelerin ise 0,97 W/m²K'dir [183]. Tablo 5.2'de konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 2: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	Bilinmiyor	U Değerleri (W/m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	0,87	0,12
			Pencereler	2,5	0,97
NSEB Sınıfı	A sınıfı				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu Gün ışığından kazanç Doğal havalandırma		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik panel Güneş enerjili su ısıtma		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Pencereler ve dış kapılar		
	Sarmala		İkincil ek kabuk uygulaması		
	Ekleme-Dış		Yeni balkon eklemesi		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		Ön yapımlı ahşap çerçeve duvar elemanları Fotovoltaik paneller Güneş kolektörleri		
	Pencereler ve Kapılar		Yüksek performanslı üç camlı argon gazı dolgulu pencere ve yüksek performanslı kapı Gölgeleme elemanları		
	Balkon		Mevcut balkonların yerine yeni balkon ve ek yeni balkon		
Malzeme	Isı Yalıtımı		Taş yünü		
	Cam		Üç camlı		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		Bilinmiyor		
	Dış Duvar Dolgu		Sandviç beton (mevcut)		
	Dış Duvar Kaplama		Ahşap, taş, lifli çimento		

5.1.3. Konut 3, Blaue Heimat, Heidelberg, Almanya

- Proje Künyesi
 - Konumu: Heidelberg, Almanya
 - Kat adedi: 5
 - Yapım yılı: 1951
 - İyileştirme yılı: 2005
 - İyileştirme projesinin mimarı: Gerstner Architekten

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

1951 yılında Almanya’da inşa edilen yapı beş katlı ve 56 dairen oluşmaktadır. Konut Almanya Standartı KfW 40’a göre 2005 yılında yenilenmiştir. Tüm binanın zemin kat döşemesi olarak sağlam beton tavanlı bir bodrum katı vardır, diğer tüm katlar ise döşeme tahtaları ile kaplanmış ahşap kirişlerden yapılmıştır (Şekil 5.16; Şekil 5.17) [185]. İyileştirme projesinin temel hedefleri:

- Binanın birincil enerji gereksiniminin %84 oranında azaltarak 40 kWh/m²yıl'ın altına düşürülmesi,
- Modern yaşam standartlarına ve farklı daire tiplerine göre kat planlarının yeniden tasarlanması (iki-dört odalı daireler),
- Yalıtım, yeni pencereler ve yeni ısı ve havalandırma sistemleri ile SEB elde edilmesi,
- Daha yüksek termal konfor (merkezi ısıtma sistemi, iyi yalıtım standardı) sağlanması

olarak sıralanabilir [186].



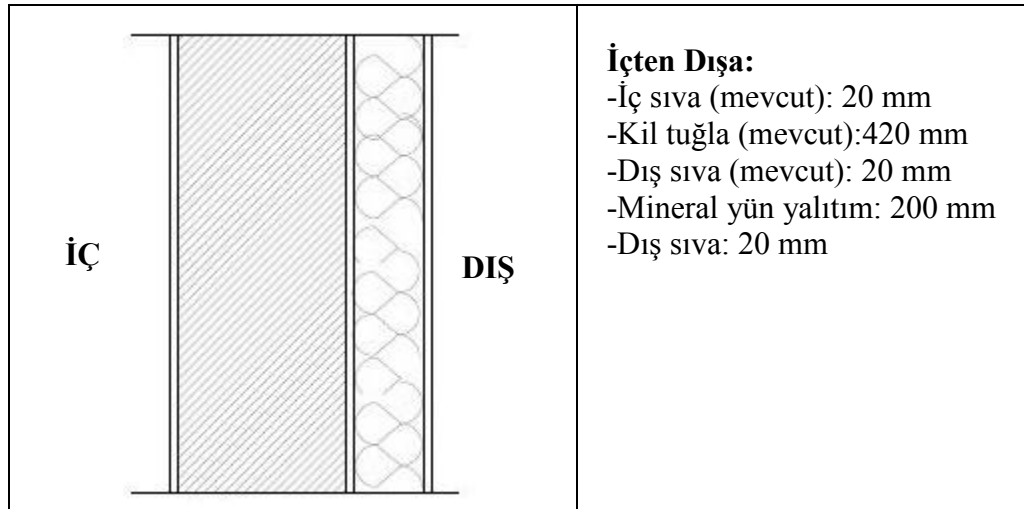
Şekil 5. 16: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü



Şekil 5. 17: Konutun İyileştirmeden Sonraki Görünüşü.

- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

Binada gerçekleştirilen başlıca yenilikler; çatı, tavan ve dış duvar yalıtımı, üçlü cam montajı, güneye bakan pencere boşluklarının genişlemesi, güney cepheye termal olarak binadan ayrılan yeni balkon inşaatı ve PV panel kurulumudur. Mevcut binada yapılması gereken büyük çaplı müdahaleler nedeniyle, sakinleri iyileştirme aşamasında konutları kullanamamıştır. Isıtma enerjisi talebini azaltmak amacıyla dış duvarlara 200 mm kalınlığında ısı yalıtımı uygulanmıştır (Şekil 5.18) [186].

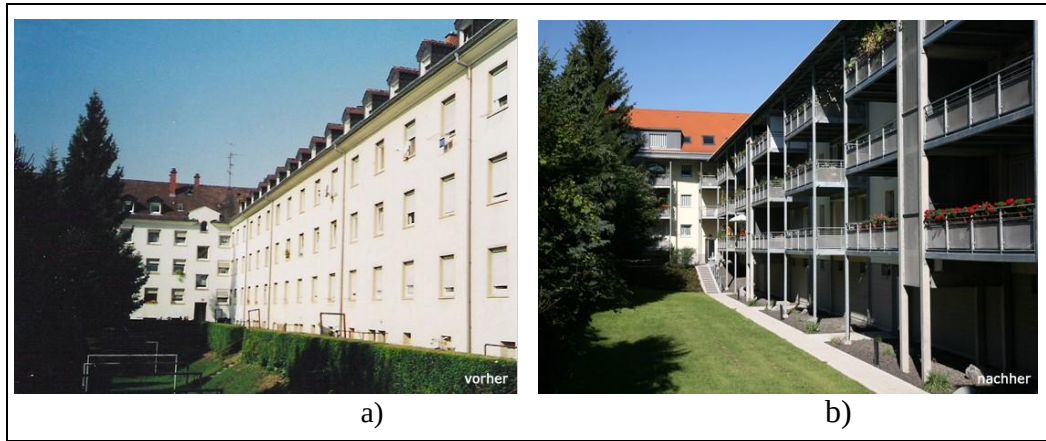


Şekil 5. 18: Dış Duvar Katmanları.

Pencereler ahşap çerçeveli ve üç camlı yüksek performanslı pencereler ile değiştirilmiştir. Cephenin hava koşullarına çok fazla maruz kaldığı kısımlarda, ahşap ve alüminyum karışımı kompozit doğrama kullanılmıştır. İyileştirme sonrası

pencerelerin U değeri 1,20 W/m²K'dir. Sonuç olarak, havalandırma kayıplarını azaltmak için, hava geçirmez bir bina kabuğu elde edilmiştir ve ısı yalıtımı çoğunlukla pasif ev standartlarını karşılamaktadır. Üfleyici kapı testine göre hava sızdırmazlığı 0,6 h-1'in altındadır [185].

Avlunun güneye bakan tarafına yeni çelik balkonlar eklenmiştir böylece iyileştirme sonunda neredeyse tüm dairelerin kendi balkonu bulunmaktadır (Şekil 5.19) [187]. Eklenen yeni balkonlar, termal bina kabuğundan ayrılarak binaya sadece belirli noktalarda bağlanmıştır. Böylece ısı köprülerinin en aza indirilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca, güney cephedeki daha geniş cam alanları, gün ışığı alımını iyileştirerek pasif güneş kazanımlarını artırmıştır [185]. Böylece, yüksek performanslı bina kabuğu oluşturulması ve gün ışığından kazanç sağlanması açısından NSEB ilkeleri uygulanmıştır.



Şekil 5. 19: a) Konutun İyileştirmeden Önceki durumu, b) İyileştirmeden Sonra Balkonlarının Görünümü.

Enerji konsepti, ısıtma talebinin %95'ini karşılayan, 80 kw termik ve 50 kw elektrik kapasiteli doğalgaz yakıtlı kombine ısı ve enerji santralinden (CHP) ısıtma sağlanmasına dayanmaktadır. CHP tarafından elektrik üretimi, çatıda 86 m² alan kaplayan, 11,6 kw'lık bir PV sistem ile desteklenmektedir. Bu doğrultuda sahada yenilebilir enerji üretimi yapılması bakımından NSEB'nin önemli bir ilkesi uygulanmıştır.

- İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

İyileştirme sonrası 40 daireden oluşan yapının net ısıtılan alanı 3374 m²'dir. Konut sakinleri binaya geri taşındıktan sonra enerji ihtiyacı ve dolayısıyla iyileştirme

konseptinin verimliliği ısı sayaçları ile düzenli olarak incelenmiş ve elde edilen veriler analiz edilmiştir. İyileştirme sonrasında bir yıl boyunca yapılan ölçümlere göre harcanan enerji miktarları; alan ısıtması için 19 kWh/m²yıl, sıcak su için 11 kWh/m²yıl, elektrik için 33 kWh/m²yıl'dır. Alan ısıtması için harcanan enerji miktarı iyileştirme öncesine göre yaklaşık %90 oranında azalmıştır [185]. Toplam birincil enerji tüketimi 98,20 kWh/m²yıl ve üretilen toplam birincil enerji miktarı 98,20 kWh/m²yıl'dır [188]. Dolayısıyla, konut eşitlenmiş bir birincil enerji dengesi elde edilmiştir. Net sıfır enerji dengesini sağlamak amacıyla üretim dışında gerekli olan yenilenebilir enerji yakındaki bir rüzgar enerjisi sağlayıcısından tedarik edilmiştir. Bu nedenle, konut NSEB D olarak sınıflandırılabilir.

İyileştirme sonrası U değerleri; dış duvarların 0,15 W/m²K, pencerelerin (çerçeve + cam) ise 1,20 W/m²K'dir [185]. Tablo 5.3'te konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 3: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	KfW 40 Standardı	U Değerleri (W/m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	bilinmiyor	0,15
			Pencereler	bilinmiyor	1,20
NSEB Sınıfı	D sınıfı				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu Gün ışığından kazanç		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel CHP sistemi		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Pencereler ve dış kapılar		
	Sarmala		Dış yalıtım		
	Ekleme-Dış		Yeni balkon eklemesi		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		Dış yalıtım		
	Pencereler ve Kapılar		Üç camlı, yüksek performanslı pencere ve kapı		
	Balkon		Ek yeni balkon		
Malzeme	Isı Yalıtımı		Mineral yün		
	Cam		Üç camlı		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		Ahşap ve ahşap-alüminyum kompozit pencere çerçeveleri		
	Dış Duvar Dolgu		Kil tuğla (mevcut)		
	Dış Duvar Kaplama		Sıva		

5.1.4. Konut 4, Sems Have, Roskilde, Danimarka

- Proje Künyesi

- Konumu: Roskilde, Danimarka
- Kat adedi: 3-4
- Yapım yılı: 1973
- İyileştirme yılı: 2012-2013
- İyileştirme projesinin mimarı: Kullegaard Arkitekter

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

1973 yılında yurt olarak inşa edilen yılında inşa edilen yapı iki bloktan oluşmaktadır. 2012-2013 yılları arasında 30 adet düşük enerjili daire olarak iyileştirilmiştir. İyileştirmeden önce, betonarme yapının panel duvarları 125 mm mineral yün yalıtım ve 1995 yılında eklenen 100 mm mineral yün yalıtımdan oluşmaktadır. Pencereleeri çift camlı ve U değeri 2,8 W/m²K'dır. Yapı Danimarka 2020 Bina Sınıfı (NSEB) ölçütlerine göre yenilenmiştir (Şekil 20; Şekil 21) [182].



Şekil 5. 20: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.



Şekil 5. 21: Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.

- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

Yapı, NSEB'nın yüksek performanslı bina kabuğu oluşturma ilkesi doğrultusunda ve ısıtma enerjisi talebini azaltmak amacıyla yalıtımlı, hafif ön yapımlı elemanlar kullanılarak yenilenmiştir. Cephe kaplaması olarak arduvaz karolar tercih edilmiştir, Ön yapımlı elemanlar, atölyede üretildikten sonra sahaya taşınarak mevcut duvarlara sabitlenmiştir (Şekil 5.22) [182].



Şekil 5. 22: İyileştirme aşamasında cephenin görünümü.

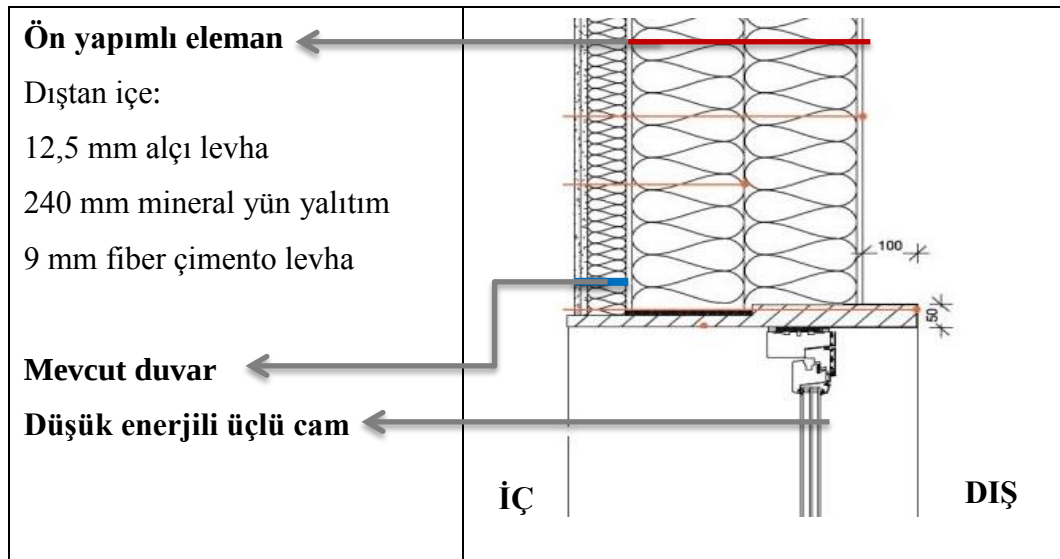
Mevcut çift camlı pencereler üç camlı, camlar arasında iki kat low-E kaplama ve argon gazı dolu pencereler ile değiştirilmiştir. Binaların cephelerine yeni çelik balkonlar eklenmiştir (Şekil 5.23) [182]. Ayrıca, yapıda yenilenebilir enerji çatıdaki

PV paneller ile üretilmektedir. Bu bağlamda, sahada yenilenebilir enerji üretimi, NSEB'in tasarım ilkelerinden birisi olması açısından önemlidir.



Şekil 5. 23: Eklenen yeni çelik balkonlar.

Ön yapımlı elamanlar, 240 mm mineral yün yalıtımlı olarak üretilmiştir. Yalıtım katmanının iç tarafında alçı levhalar ve dış tarafında fiber çimento levhalar bulunmaktadır. Şekil 5.24'de dış duvar katmanları görülmektedir.



Şekil 5. 24: Dış Duvar Detayı.

- İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

Konutun iyileştirildikten sonra brüt taban alanı 3.388 m²'dir. İyileştirme sonrası net ortalama alan ısıtma talebi 9,4 kWh/m², net ortalama kullanım sıcak suyu talebi 3,7 kWh/m² ve PV panellerden elektrik üretimi ise 3,6 kWh/m²yıl'dır. Danimarka Bina Sınıfı (NSEB) olarak iyileştirilen konutun iyileştirme sonrası yıllık birincil enerjisi 16,2 kWh/m²'dir. Danimarka Bina Sınıfı (NSEB) için bu değer en fazla 20 kWh/m² olabilir. İyileştirme öncesi ise, benzer bir konutun net hacim ısıtma talebi yıllık yaklaşık 150 kWh/m²'dir [189]. Sonuç olarak konut nSEB olarak iyileştirilmiştir. Buna karşın, ihtiyacı olan enerjiyi saha içindeki ya da saha dışındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından ya da şebekeye bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayarak NSEB B, C ya da D olması mümkündür.

İyileştirme sonrası U değerleri; cephenin 0,2 W/m²K, pencerelerin ise 1 W/m²K'dir [183]. Tablo 5.4'de konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 4: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	Danimarka Bina sınıfı 2020 (NSEB)	U Değerleri (W/m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	Bilinmiyor	0,2
			Pencereler	2,8	1
NSEB Sınıfı		NSEB seviyesine ulaşamamıştır			
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu Gün ışığından kazanç		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Pencereler ve dış kapılar		
	Sarmala		İkincil ek kabuk uygulaması		
	Ekleme-Dış		Yeni Balkon eklemesi		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		Ön yapımlı ahşap çerçeve duvar elemanları		
	Pencereler ve Kapılar		Üç camlı, düşük enerjili pencere ve yüksek performanslı kapı		
	Balkon		Ek yeni balkonlar		
Malzeme	Isı Yalıtımı		Mineral Yün		
	Cam		Üçlü cam		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		PVC		
	Dış Duvar Dolgu		Bilinmiyor		
	Dış Duvar Kaplama		Arduvaz		

5.1.5. Konut 5, Paddepoel, Groningen, Hollanda

- Proje Künyesi

- Konumu: Groningen, Hollanda
- Kat adedi: 4
- Yapım yılı: 1966
- İyileştirme yılı: 2016
- İyileştirme projesinin mimarı: Specht Architecten

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

4 Katlı bir toplu konut olan yapı, 2016 yılında Enerji Sıçraması (EnergieSprong) çalışmaları kapsamında NSEB olarak yenilenmiştir. Mevcut duvarlar tuğladan oluşmaktadır ve yalıtımsızdır. Mevcut pencere doğramaları PVC malzemelidir ve düşük performans değerleri bulunmaktadır (Şekil 5.25; Şekil 5.26).

İyileştirmenin önemli ilkeleri:

- Enerji performansı garantisi: $E = 0$ (enerji faturası = 0) yenileme paketi ile 30 yıllık enerji performansı garantisi,
- Prefabrike iyileştirme sistemi: Yüksek yalıtım performanslı ve hava geçirmez bir bina kabuğu sayesinde ısı iletimini ve havalandırma kayıplarını azaltılması,
- Yenilenebilir enerjiyi kullanarak ısıtma ve kullanım sıcak suyu için harcanan enerji talebinin azaltılması,
- Bir haftalık tadilat: Paketin kurulumu bir haftadan fazla sürmemeli ve bina sakinlerinin tadilatın büyük bir bölümünde evde yaşamalı,
- Çekicilik: Yenileme paketlerinin bina sakinleri için çekici olması, yaşam kalitesinin ve evin görünümünün iyileştirilmesi,
- Satın alınabilirlik: Bu yatırımın, enerjiden tasarruf edilen maliyet ile ödenmesi

olarak sıralanabilir [78].



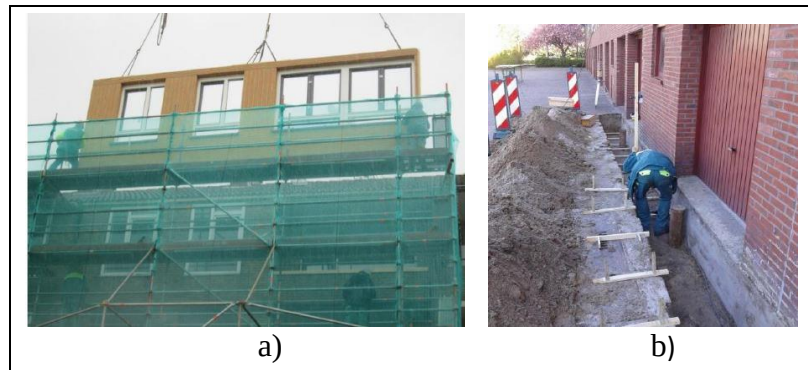
Şekil 5. 25: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.



Şekil 5. 26: Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.

- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

Konut Enerji Sıçraması iyileştirme programında bulunan pakete göre yenilenmiştir. Mevcut cephe üzerine yeni bir cephe elemanları yerleştirilmiştir. Bu yeni cephe elemanları tamamen ön yapımli olarak üretilmiştir ve ahşap çerçeveler ve taş şeritlerden oluşmaktadır. Yeni cephe elemanlarını desteklemek için yeni beton temel dökülmüştür (Şekil 5.27) [190].



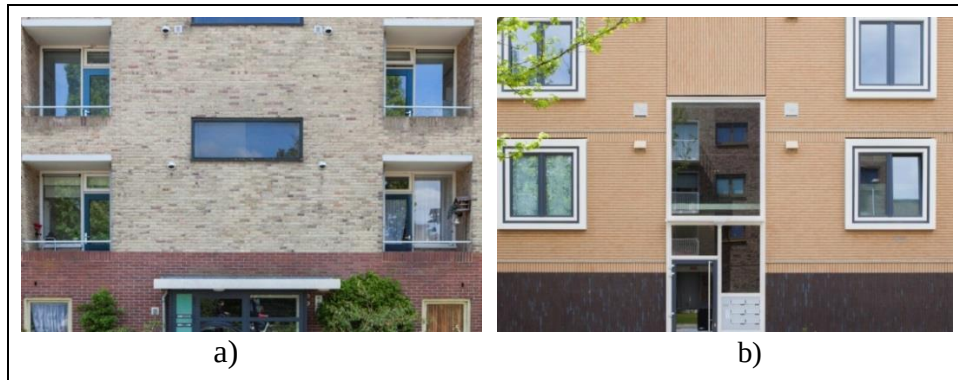
Şekil 5. 27: a) Panellerin uygulanması, b) Yeni temel hazırlığı.

Pencereler plastik doğramalı ve üç camlı pasif ev pencere standartlarına göre değiştirilmiştir. Isı kayıplarını azaltmak ve hava geçirmez bir kabuk oluşturma amacıyla balkonlar da üç camlı plastik doğramalı pencereler ile kapatılmıştır (Şekil 5.28) [190]. Bu açıdan, NSEB ilkesi kapsamında yüksek performanslı bir bina kabuğu oluşturulmuştur.



Şekil 5. 28: Konut balkonu, a) İyileştirmeden önce, b) İyileştirmeden sonra.

Konutun mevcut girişi yüksek performanslı büyük cam cephe ve kapı ile değiştirilmiştir (Şekil 5.29)[191]. Cephe kaplaması olarak doğal taş şeritler kullanılmıştır. Yeni kaplama, contalarla monte edilmiştir. Ayrıca, mevcut çatı üzerine güneş panelleri içeren yeni, yalıtımlı ön yapımlı çatı yerleştirilmiştir. Böylece, bir NSEB ilkesi olan sahada yenilenebilir enerji üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. 29: Konutun giriş cephesi, a) İyileştirmeden önce, b) İyileştirmeden sonra

- İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

Konut yüksek performanslı ön yapımlı elemanlarla 10 günde iyileştirilmiştir (Şekil 5.30)[191]. Dolayısıyla, konut sakinleri bu süreçte taşınmak zorunda

kalmamıştır. İyileştirme sonrası konutun enerji faturası sıfırlanmıştır. Ayrıca, konut kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandığı ve yeterli yenilenebilir enerji ürettiği için NSEB A olarak sınıflandırılabilir.

İyileştirme sonrası üç camlı pencerelerin U değeri 0,7 W/m²K'dir. Tablo 5.5'te konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.



Şekil 5. 30: İyileştirme sonrası konutun cephe görünümü.

Tablo 5. 5: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	Energie-Sprong	U Değerleri (W/m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	Bilinmiyor	Bilinmiyor or
			Pencereler	Bilinmiyor	0,7
NSEB Sınıfı	A sınıfı				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu Gün ışığından kazanç		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Pencereler ve dış kapılar		
	Sarmala		İkincil ek kabuk uygulanması Balkonların kapatılması		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		Ön yapımlı ahşap çerçeve duvar elemanları		
	Pencereler ve Kapılar		Üç camlı, argon gazı dolgulu pencere ve yüksek performanslı kapı		
	Balkon		Mevcut balkonların kapatılması		
Malzeme	Isı Yalıtımı		Bilinmiyor		
	Cam		Üçlü cam		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		Plastik		
	Dış Duvar Dolgu		Tuğla (mevcut)		
	Dış Duvar Kaplama		Doğal taş		

5.1.6. Konut 6, Hem, Fransa

- Proje Künyesi

- Konumu: Hem-Fransa
- Kat adedi: 2
- Yapım yılı: 1952
- İyileştirme yılı: 2018
- İyileştirme projesinin mimarı: Redcat Architecture

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

Fransa Hem'de 1952 yılında inşa edilen iki katlı ve dört odalı ve tuğla duvarlı tipik on konut Energiesprong yaklaşımını kullanılarak 10 net sıfır enerjili konuta dönüştürülmüştür. 2018 yılında iyileştirilen yapılar, enerji performansı için 25 yıllık bir performans garantisi sunmaktadır (Şekil 5.31) [192].



Şekil 5. 31: Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.

- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

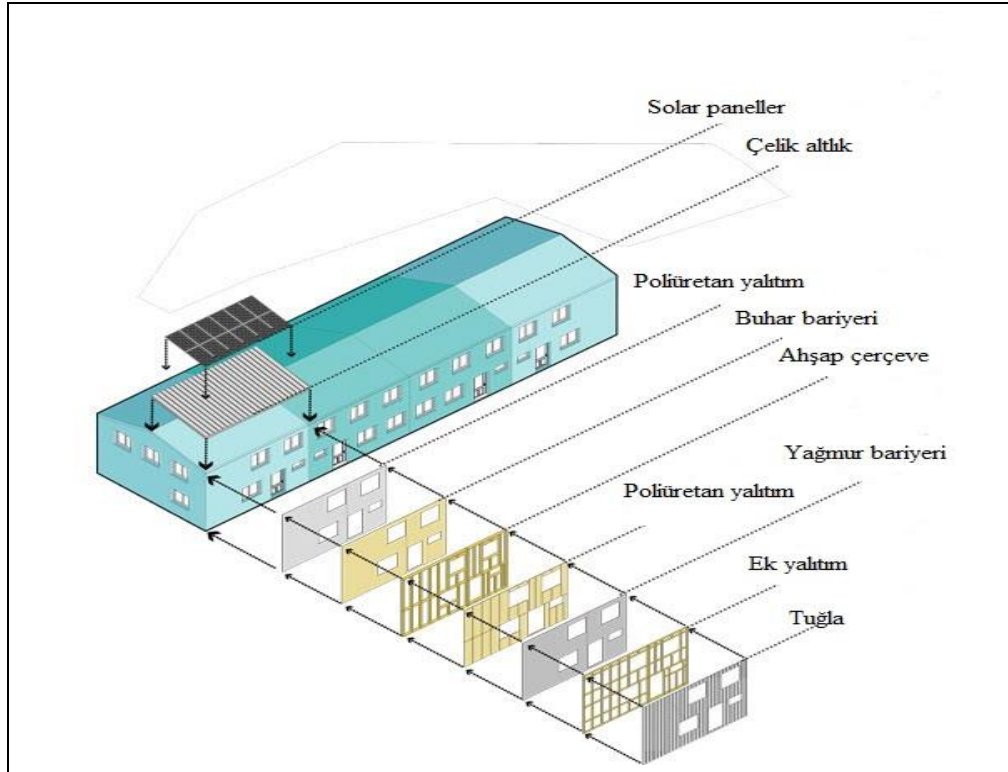
Konut Enerji Sıçraması iyileştirme programında bulunan pakete göre iyileştirilmiştir. Paket NSEB ilkeleri doğrultusunda geliştirilmiştir. Bu nedenle, iyileştirme konsepti ön yapımlı cepheler ve çatılar ile konutların yalıtılması yönündedir. Ayrıca, sıcak su ve elektrik enerjisi sağlamak için güneş panelleri kurulmuştur. Cepheye eklenen bir enerji modülü ısı, sıcak su, havalandırma ve soğutma sistemlerini bir araya toplamaktadır. Böylece bu sistemlerin bakımı daha

kolay olmaktadır. Ön yapımlı modüller atölyelerde üretilip sahaya taşınmıştır (Şekil 5.32) [193].



Şekil 5. 32: Ön yapımlı panellerin sahada montaj aşaması.

Pencereler PVC doğramalı ve yüksek performanslı üç camlı argon gazı dolgulu pencereler ile değiştirilmiştir. Pencereler ve kapılar ön yapımlı cephe elemanlarına atölyede monte edilmiştir. Uygulanan ön yapımlı elemanların tasarımı ve teknik yaklaşımı Şekil 5.33'te sunulmuştur [193].



Şekil 5. 33: Ön yapımlı panellerin teknik yaklaşımı.

- İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

İyileştirme öncesi konutun enerji tüketimi 301 kWh/m²yıl iken iyileştirme sonrasında enerji tüketimi 76 kWh/m²yıl olmuştur [192]. İyileştirme sonrası konutun enerji faturası sıfırlanmıştır. Aynı zamanda, konut kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandığı ve yeterli yenilenebilir enerji ürettiği için NSEB A olarak sınıflandırılabilir. Tablo 5.6'da konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 6: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	Energie-sprong	U Değerleri (W/(m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	Bilinmiyor	Bilinmiyor
			Pencereler	Bilinmiyor	Bilinmiyor
NSEB Sınıfı	A sınıfı				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu Gün ışığından kazanç		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Pencereler ve dış kapılar		
	Sarmala		İkincil ek kabuk uygulanması		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		Ön yapımlı ahşap çerçeve duvar elemanları		
	Pencereler ve Kapılar		Üç camlı, argon gazı dolgulu pencere ve yüksek performanslı kapı		
Malzeme	Isı Yalıtımı		Poliüretan		
	Cam		Üç camlı		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		PVC		
	Dış Duvar Dolgu		Bilinmiyor		
	Dış Duvar Kaplama		Tuğla		

5.1.7. Konut 7, Nottingham City Home 2050 - Nottingham, İngiltere

- Proje Künyesi

- Konumu: Nottingham, İngiltere
- Kat adedi: 2,5-3
- Yapım yılı: 1960
- İyileştirme yılı: 2017
- İyileştirme projesinin mimarı: Studio Partington

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

1960'larda inşa edilen İngiltere Nottingham'da bulunan konutlar, iki buçuk-üç katlı yedi teraslı ev ve üç bungalovdan oluşmaktadır. Mevcut konutun cephesi prekast beton duvarlı, ahşap kaplamalıdır ve yalıtımı yetersizdir (Şekil 5.34) [194]. Konutlar 2017 yılında Energiesprong yaklaşımı kullanılarak çok yüksek yalıtımlı ve net sıfır enerjili olarak yenilenmiştir (Şekil 5.35) [194].



Şekil 5. 34: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.



Şekil 5. 35: Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.

- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

İngiltere'deki ilk Enerji Sıçraması güçlendirmesi olan projenin yeni cephe panelleri ön yapımı olarak saha dışında üretilmiştir. Daha sonra sahaya taşınarak mevcut cepheye sabitlenmiştir (Şekil 5.36). Yüksek yalıtım kalınlığına sahip olan paneller hava geçirmez ve ahşap çerçevelidir. Cephe kaplaması olarak mevcut konutta olduğu gibi ahşap kullanılmıştır. Ancak açık renk tercih edilmiştir [195].



Şekil 5. 36: Ön yapımı panellerin sahada montaj aşaması.

NSEB ilkeleri doğrultusunda, bina enerji yüklerini en aza indirilmiş ve sahada yenilenebilir enerji üretimi için sistemler kullanılmıştır. Her konutun yalıtımlı temeli üzerine 200 mm yalıtımlı üç ön yapımı panel yerleştirilmiştir. Mevcut pencereler ve kapılar ısı yalıtımlı ve düşük U değerine sahip yüksek performanslı çift camlı pencereler ve kapılar ile değiştirilmiştir.

Pencereler ve kapılar ön yapımı elemanlara önceden eklenmiştir. Birinci kattaki PVC doğramalı pencereler Fransız balkon olarak değiştirilmiş ve cam kapılar kullanılmıştır. Böylece hava geçirmez bir kabuk elde edilmiştir. Çatıya, sıcak su ve elektrik üretimi için PV paneller kurulmuştur (Şekil 5.37; Şekil 5.38) [195]. İyileştirme bir hafta sürmüştür ve konut sakinleri çalışma sürecinde evlerinde kalmıştır.



Şekil 5. 37: Konutun kesiti ve cephe detayı.



Şekil 5. 38: Konutun ön cephesinin görünüşü.

- İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

Her konutun dışını saran ve yeni yalıtımlı temel üzerine vinçle oturtulan paneller, enerji verimliliği standardını iyileştirmiştir ve CO₂ salımlarını yaklaşık %70 oranında azaltmıştır [194]. Yapının iyileştirme öncesi enerji tüketimi 97 kWh/m²/yıl iken iyileştirme sonrasında enerji tüketimi 43 kWh/m²/yıl olmuştur [192]. İyileştirme sonrası konutun enerji faturası sıfırlanmıştır. Aynı zamanda, konut kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandığı ve yeterli yenilenebilir enerji ürettiği için NSEB A olarak sınıflandırılabilir. Tablo 5.7’de konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 7: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	Energie-sprong	U Değerleri (W/(m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	Bilinmiyor	Bilinmiyor
			Pencereler	Bilinmiyor	Bilinmiyor
NSEB Sınıfı	A sınıfı				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu Gün ışığından kazanç		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Pencereler ve dış kapılar		
	Sarmala		İkincil ek kabuk uygulanması		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		Ön yapımlı ahşap çerçeve duvar elemanları		
	Pencereler ve Kapılar		Üç camlı, argon gazı dolgulu pencere ve yüksek performanslı kapı		
Malzeme	Isı Yalıtımı		Bilinmiyor		
	Cam		Çift camlı		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		Bilinmiyor		
	Dış Duvar Dolgu		Bilinmiyor		
	Dış Duvar Kaplama		Ahşap		

5.1.8. Konut 8, Perlita Passive House, ABD

- Proje Künyesi

- Konumu: Los Angeles, Kaliforniya, ABD
- Kat adedi: 1
- Yapım yılı: 1906
- İyileştirme yılı: 2017 - 2018
- İyileştirme projesinin mimarı: Eve Reynolds, Arcolution

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

Konut, 1906 yılında Los Angeles şehir merkezinin hemen kuzeydoğusundaki Atwater Village semtinde inşa edilmiştir. Konut az katlı apartmanların ve çeşitli konut türlerinin bulunduğu yoğun bir mahallede yer almaktadır. Yaklaşık 100 m² olan konut tek katlıdır ve küçük bir bodrumu vardır (Şekil 5.39) [196].

Konut iyileştirilmesine başlarken konutun pasif ev standartlarına göre iyileştirilmesi amaçlanmıştır. İyileştirme sonrasında ise, konut hem pasif ev hem de net sıfır enerjili bir yapı olmuştur. Planlama, tasarım ve izin süreci 15 ay sürmüştür.

İyileştirme inşaatı 2017 yılında başlamıştır ve 2018 yılında tamamlanmıştır (Şekil 5.40) [196].



Şekil 5. 39: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.



Şekil 5. 40: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.

Perlita Pasif Ev, yirminci yüzyıl ortası inşaat yöntemleriyle inşa edildiği ve aynı zaman Pasif Ev Standartlarını karşıladığı için önemli bir iyileştirme örneğidir. İyileştirmesi tamamlanan yapı, Pasif Ev Planlama Paketi'nde (PHPP) belirlenen tasarım özelliklerine karşıladığı için Pasif Ev Sertifikası almıştır. Bu sertifika için

ulaşılan yüksek standartlar, en kapsamlı düşük enerjili tasarım ilkelerini içermektedir.

- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

Mevcut yapı tek katlı ve 100 m² gibi küçük bir alana sahip olduğu için yaşam alanları kullanıcıların gereksinimleri karşılamadığı anlaşılmıştır. Bunun üzerine, yenileme sırasında özgün yapıya tasarım aşamasında ikinci katın eklenmesine karar verilmiştir. Yeni planlara göre zemin katta yaşam alanı, mutfak, yatak odası ve bir banyo bulunurken birinci katta da yaşam alanı ve banyoyla birlikte iki adet yatak odası bulunmaktadır. Mevcut bodrum ise, kullanışlı bir mekan olmadığı için tasarıma dahil edilmemiş ve konuttan ayrılmıştır. İyileştirilen yapıda özgün temel, döşeme ve duvar çerçeveleri korunmuştur (şekil 5.41) [196]. Mevcut ayak izinin üzerine yeni bir kat ve merdiven eklenmiştir.



şekil 5. 41: Yıkılmış özgün konutun görünümü.

Konut bulunduğu dar konum nedeniyle dışarıya doğru genişlemeye uygun olmadığı için mevcut duvar dikmelerinin dışına yalıtım uygulamak yerine içeriye ek bir çerçeve sistemi eklenerek içeriden yalıtım uygulanmıştır. İçeriye eklenen yeni dikmeler ısı köprüleri engellemek amacıyla mevcut dış dikmelerden kaydırılarak yerleştirilmiştir ve üst katta da tekrarlanmıştır. İç yalıtımdan dolayı iç mekanlar küçülse de mekanların büyüklüğu gereksinimleri karşılayacak düzeydedir. Yalıtım malzemesi olarak cam elyaf kullanılmıştır. Yalıtım inorganik özelliği ve yüksek ısı performansı sayesinde pasif ev standartlarında belirtilen ısıtma ve soğutma için gerekli en az değerleri karşılamaktadır. Böylece, yüksek performanslı bir cephe elde edilerek NSEB ilkesi uygulanmıştır. şekil 5.41’de konutun iyileştirme aşamaları ve

Şekil 5.43'te ise, uygulanan ikinci duvarın yalıtım katmanı görülmektedir [197], [198].

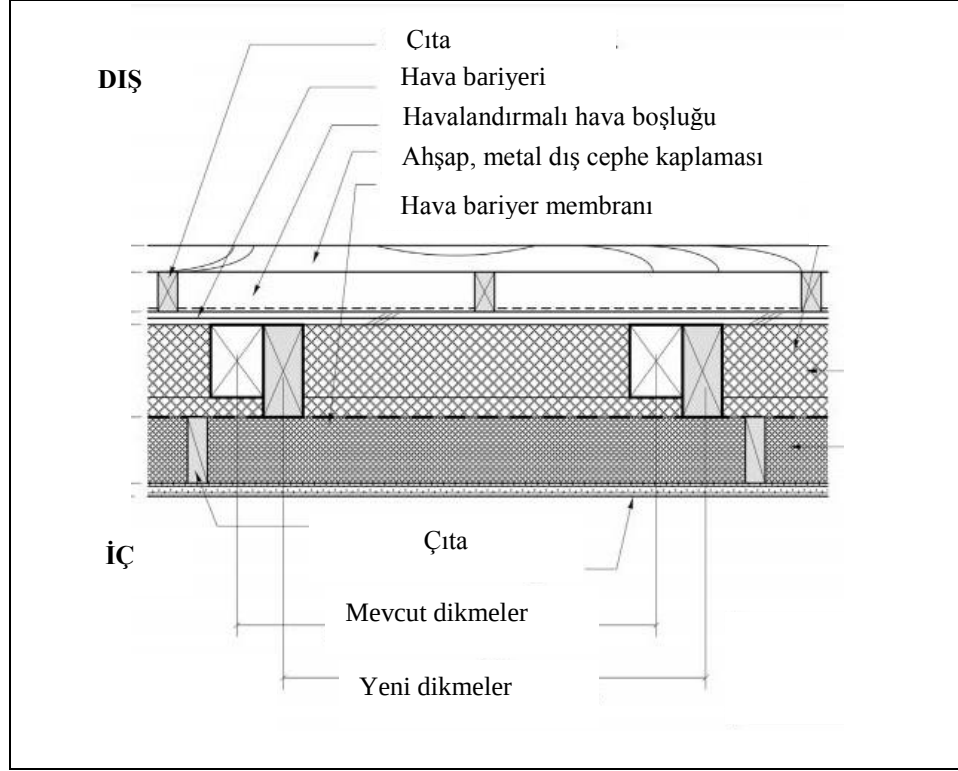


Şekil 5. 42: Konutun iyileştirme aşamasındaki bazı görünümüleri.

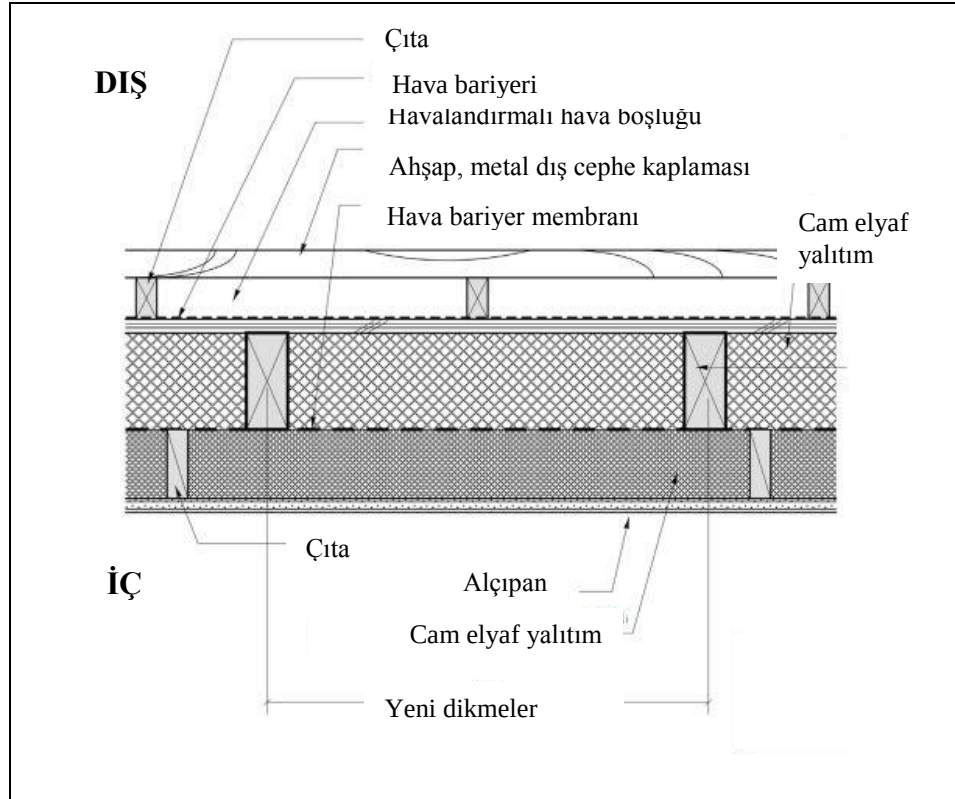


Şekil 5. 43: İkinci duvarın cam yünü yalıtım katmanı.

Zemin katta, mevcut 1906 duvar dikmelerinin yeni çerçeveye dahil edilmesini ve ısı köprüsünü azaltmak için iç dikmelerle duvarın iç kısmına eklenen yalıtımı gösteren dış duvar katmanları Şekil 5.44'te görülmektedir. Tamamen yeni çerçeveleme olan birinci kat dış duvar katmanı ise Şekil 5.45'te sunulmuştur [196].



Şekil 5. 44: Zemin kat dış duvar katmanları.



Şekil 5. 45: Birinci kat dış duvar katmanları.

En fazla ısıtma ve soğutma yükü gereksiniminin daha ucuz cam türü ile karşılanabileceğini göstermek amacıyla pencere ve kapı camlarında, üçlü cam yerine ılıman iklime uygun olarak çift camlı tercih edilmiştir. Doğramalarda ise, kompozit malzeme tercih edilmiştir. Masif ahşap üzerine dış hava koşullarından korunmak için alüminyum kaplama kullanılmıştır.

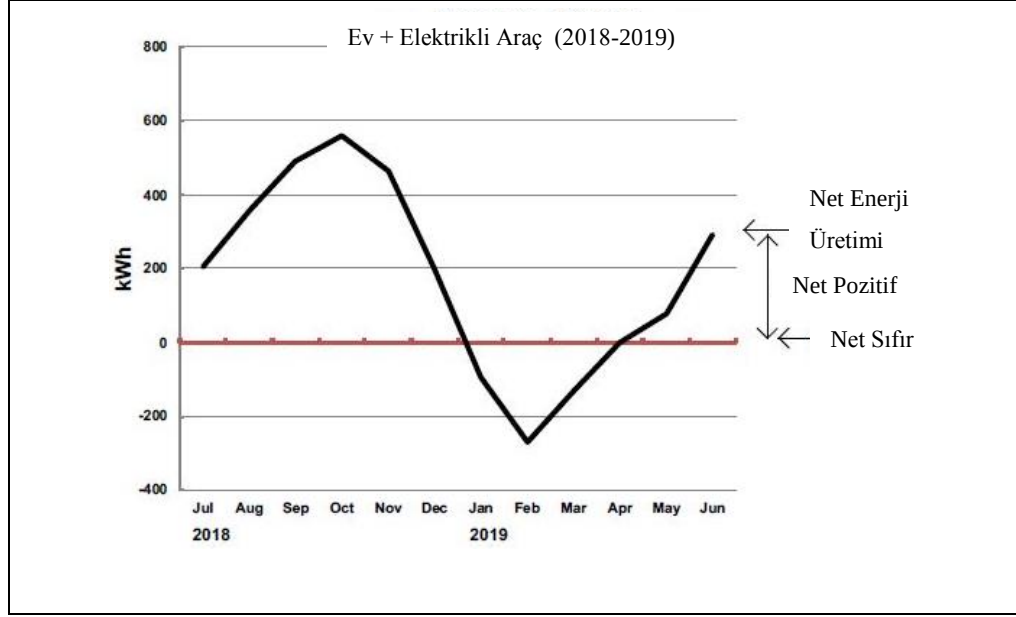
Konutta ayrıca, hava geçirmez bir kabul elde etmek amacıyla hava geçirmez bir membran ürünü kullanmıştır. Bu sayede, konut kapı üfleme testinde (blower door test), pasif ev standardında yenilenen evler için belirlenen 50 paskal basınçta 1.0 (1.0 ACH50) hava sızıntısı değerini karşılamaktadır.

Konutun çatısına, NSEB ilkesi doğrultusunda yenilenebilir enerji üretimi için güneşe bakan 16 adet güneş paneli monte edilmiştir. Üretilen enerji 5,6 kW'dır. Panellerden 12 tanesi konutun elektrik ihtiyacını karşılarken dört tanesi elektrikli araç (EV) için enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır [196].

- İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

İyileştirmeden sonra bir yıl boyunca konutun enerji performansı ölçülmüştür. Toplam net enerji performansı, her ayın net enerji performansını bir önceki ayın toplamına ekleyerek enerji performansının net sıfır enerjiye doğru ilerlemesini gösteren bir grafikdir. Grafik eğrisi, 12 aylık dönemin sonunda net sıfır çizgisinin üzerinde kalıyorsa yapı net sıfır enerjiden de daha yüksek performans gösteriyor demektir.

Bu konutta, elektrikli aracı şarj etmek için kullanılan yenilenebilir enerji evin kullandığı enerjiye dahil edildiğinde bile, bir yıl boyunca toplam net enerji üretimi Şekil 5.46'da görüldüğü üzere net pozitifdir [196]. Aynı zamanda, konut kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandığı ve yeterli yenilenebilir enerji ürettiği için NSEB A olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 5. 46: Toplam net enerji performansı grafiği.

İyileştirme sonrası dış duvarların U değeri 0,04 W/m²K ve pencerelerin (doğrama + cam) U değeri 0,26 W/m²K'dir. Tablo 5.8'de konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 8: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	EnerPHit	U Değerleri (W/m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	Bilinmiyor	0,04
			Pencereler	Bilinmiyor	0,26
NSEB Sınıfı	A sınıfı				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Dış cephenin tamamen değiştirilmesi Pencereler ve dış kapılar		
	Ekleme-İç		İç yalıtım İç kabuk		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		İç ahşap çerçeve sistemi ve iç yalıtım		
	Pencereler ve Kapılar		Çift camlı pasif ev standardına uygun yüksek performanslı pencere ve kapı		
Malzeme	Isı Yalıtımı		Cam yünü		
	Cam		Çift camlı		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		Ahşap - alüminyum kompozit		
	Dış Duvar Dolgu		Bilinmiyor		
	Dış Duvar Kaplama		Ahşap ve metal		

Şekil 5.47’de konutun iyileştirme sonrası, farklı cephelerindeki görünümüne yer verilmiştir [199].



Şekil 5. 47: İyileştirme sonrası konutun farklı cephelerinin görünümü.

5.1.9. Konut 9, Stratton-Lee DIY House, ABD

- Proje Künyesi

- Konumu: Temple City, Kaliforniya, ABD
- Kat adedi: 1
- Yapım yılı: 1963
- İyileştirme yılı: 2016-2019
- İyileştirme projesinin mimarı: Chris Stratton

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

Konut 1963 yılında Kaliforniya’da tek katlı olarak inşa edilmiştir. Mevcut duvarlarda ve çatıda yalıtım bulunmamaktadır. Konut NSEB kapsamında yenilenmiştir. Bu iyileştirme projesi büyük ölçüde konutun sahipleri olan Wen Lee ve Chris Stratton tarafından uzun bir süre boyunca tasarlanıp inşa edilmiştir. Bu yönüyle bir kendin yap projesidir ve daha düşük bütçeyle yenilenmesi bakımından önemlidir. Ayrıca, konut sahipleri iyileştirme sürecinin bütün aşamalarını ve deneyimlerini internetten paylaşarak uygun maliyetli net sıfır enerjili bir eve ulaşmanın çok zor olmadığını ve elde edilebilir bir hedef olduğunu kanıtlamışlardır. Bu bakımında da önemli olan iyileştirme projesi 2016 yılında başlamış ve 2019 yılında tamamlanabilmiştir (Şekil 5.48 ve 5.49).



Şekil 5. 48: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.



Şekil 5. 49: Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.

- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

Temel olarak, bina programı değişiklikleri sadece enerji ile ilgili sistemleri kapsamaktadır. Bütün iyileştirme işleri mevcut bina kabuğunun içinde yapılmış ve dolayısıyla dışarıda saha kısıtlaması olmamıştır. Kendin yap projesi olduğu için iyileştirme planlanarak aşamalı olarak yapılmıştır. İlk aşama evin kuzey yarısının ve ikinci aşama ise güney yarısının iyileştirilmesidir. Konut iyileştirme sürecinde kullanılmıştır.

Konut dış görünüşünde ve kat planında değişiklik yapılmadan iyileştirilmiştir. Yenilenmiş evde, mevcut evle aynı sayıda yatak odası ve banyo bulunmaktadır. Yaşam alanları, modern yaşam tercihlerini yansıtmak için çatı katı benzer büyük bir alanda birleştirilmiştir. Girişin üzerinde depo olarak kullanılan küçük bir çatı katı yapılmıştır [196].

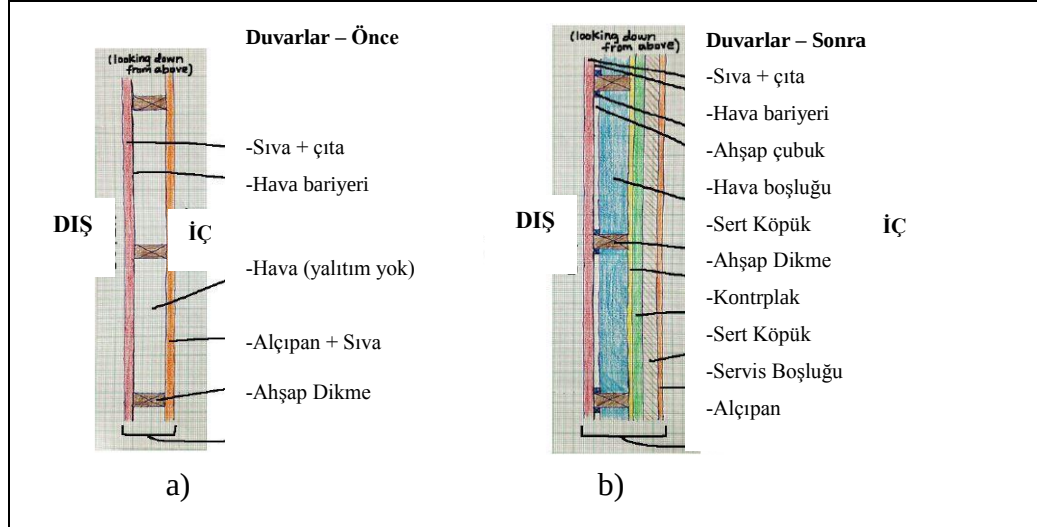
İyileştirmenin en önemli kararlarından biri düşük bütçeli yenileme olduğu için mevcut konutun birçok bileşeni korunarak değiştirilmemiştir. Dış duvarlarda, dış çimento sıva kaplama, hava koşullarına dayanıklı bariyer ve mevcut 2X4 ahşap çerçeve sistemi korunmuştur. Duvarlara eklenecek yalıtım için ek bir çerçeve sistemi eklenmemiştir. Bunun yerine mevcut dikmeler arasında bulunan boşluğa poliizosiyanürat (poliizo) yalıtımı uygulanmış ve çok az hava boşluğu bırakılmıştır. Bu yalıtım levha şeklinde üretilmekte ve kapalı hücreli, sert köpük plastik yalıttır. Yüksek yalıtım özelliği bulunmaktadır. Tüm duvarları izole etmek için uygulanmıştır ve ısı kayıpları yüksek oranda azaltılmıştır. Ayrıca duvarlarda oluşabilecek yoğuşma sorununu da ortadan kaldırmıştır

Konutun tüm dış duvarları iyileştirilirken ilk önce, iç kaplamalar çıkarılarak yalıtım yerleştirilmiştir. Daha sonra yapısal güçlendirme için kontraplak uygulanmıştır Kontraplak üzerine ise ısı köprüleri azaltmak amacıyla sert poliizosiyanürat yalıtım uygulanmıştır. Boyadan önce son katman olarak ise alçıpan monte edilmiştir (Şekil 5.50)[200].



Şekil 5. 50: a)Yalıtımsız dış duvar, b) Çerçeve aralarına yalıtım uygulanması, c) Yalıtım üzerine kontraplak monte edilmesi, d) Kontraplak üzerine ikinci kat yalıtımın uygulanması, e) Alçıpan monte edilmesi.

Şekil 5. 51’de konutun iyileştirilmeden önceki ve sonraki dış duvar katmanları sunulmuştur [196].



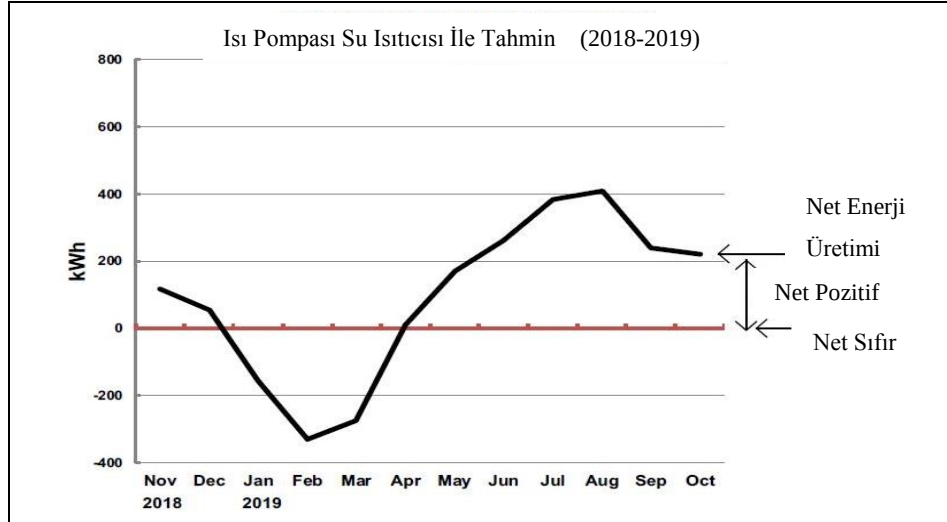
Şekil 5. 51: Konutun dış duvar katmanları, a) İyileştirilmeden önce, b) İyileştirilmeden sonra.

Konutun özgün pencereleri iyileştirmeden birkaç yıl önce çift camlı ve PVC doğramalı olarak değiştirilmiştir. Bu yüzden, tüm pencereleri değiştirerek maliyeti artırmak istemeyen konut sahipleri, mevcut pencereleri korumuştur. NSEB’larda hava geçirmez kabuk oldukça önemlidir. Bu yüzden konutta hava geçirmez bir kabuk elde etmek amacıyla yalıtım ya da kaplamalar arasında kalan boşluklar spreyci köpükle kapatılmıştır. Kapı üfleme testinde tüm kabuk 4,1 ACH50 elde etmiştir [196]. Konutun çatısına, NSEB ilkesi doğrultusunda yenilenebilir enerji üretimi için batıya bakan 16 adet 250 watt’lık güneş paneli monte edilmiştir. Paneller konutun ve elektrikli araç (EV) elektrik ihtiyacını karşılamaktadır [196].

- İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

İyileştirmeden sonra bir yıl boyunca konutun enerji performansı ölçülmüştür. Toplam net enerji performansı her ayın net enerji performansını bir önceki ayın toplamına ekleyerek enerji performansının net sıfır enerjiye doğru ilerlemesini gösteren bir grafik. Grafik eğrisi, 12 aylık dönemin sonunda net sıfır çizgisinin üzerinde kalıyorsa yapı net sıfır enerjiden de daha yüksek performans gösteriyor demektir. Bu konutta, elektrikli aracı şarj etmek için kullanılan yenilenebilir enerji

evin kullandığı enerjiye dahil edildiğinde bile, bir yıl boyunca toplam net enerji üretimi Şekil 5.52’de görüldüğü üzere net pozitiftir [196]. Ayrıca, konut kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandığı ve yeterli yenilenebilir enerji ürettiği için NSEB A olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 5. 52: Toplam net enerji performansı grafiği.

İyileştirme sonrası konutun dış duvarlarının U değeri 0,038 W/m²K’dir [196]. Tablo 5.9’da konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 9: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	Kendin Yap Projesi	U Değerleri (W/m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	Bilinmiyor	0,038
			Pencereler	Bilinmiyor	Bilinmiyor
NSEB Sınıfı	A sınıfı				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel		
İyileştirme Yöntemleri					
	Ekleme-İç		İç yalıtım		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		İç yalıtım ve yeni katmanlar		
	Pencereler ve Kapılar		Çift camlı pasif ev standardına uygun yüksek performanslı pencere ve kapı (mevcut)		
Malzeme	Isı Yalıtımı		poliizosiyanürat		
	Cam		Çift cam (mevcut)		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		PVC (mevcut)		
	Dış Duvar Dolgu		Bilinmiyor		
	Dış Duvar Kaplama		Sıva		

5.2. Türkiye’den Net Sıfır Enerjili Bina İçin İyileştirme Yapılmış Bina Örnekleri

Yapılan araştırmalar sonucu, Türkiye’de NSEB olarak iyileştirilen konut örneği bulunamamıştır. Bu yüzden, Türkiye’de nSEB olarak iyileştirilen Gaziantep GAP Enerji Verimliliği Danışmanlığı ve Kuluçka Merkezi ve nSEB olarak iyileştirilen konut örneği olarak Ankara Pasif Ev projesi incelenmiştir. Bu iyileştirme örnekleri; NSEB sınıfı, NSEB tasarım ilkesi, iyileştirme programı, iyileştirme stratejisi, yenileme bileşeni, malzeme ve iyileştirme sonrası durumu başlıkları altında değerlendirilerek aşağıda aktarılmaktadır.

İncelenen iyileştirme örnekleri Pasif Ev Enstitüsü’nün EnerPHit programı kapsamında Türkiye’de iyileştirilen yapılar olması açısından önemlidir. Yapılar iyileştirmeden sonra, yüksek performanslı hava geçirmez bina kabuğuna sahip olmuştur. Dolayısıyla, bina enerji yükleri en az seviyeye indirilerek NSEB ilkelerinden biri sağlanmıştır. Ayrıca, yapılar sahada yenilenebilir enerji üretmektedir. Bu bağlamda, iyileştirme örneği olarak seçilen bu yapılar NSEB iyileştirmelerine benzerlik göstermesi bakımından da önemlidir.

5.2.1. Gaziantep GAP Enerji Verimliliği Danışmanlığı ve Kuluçka Merkezi

- Proje Künyesi

- Konumu: Gaziantep, Türkiye
- Kat adedi: 1
- Yapım yılı: 1970
- İyileştirme yılı: 2015
- İyileştirme projesinin mimarı: Ekho Mimarlık

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

Gaziantep’te 1970’lerde inşa edilen yapı, tek katlı ve boşluklu tuğladan oluşan yığma bir olup, binanın kompakt bir yapısı vardır (Şekil 5.53 ve 5.54) [201]. Yaklaşık 250m²’lik alanı üç parçaya ayrılarak ofis olarak kullanılmaktadır. Mevcut binanın dış kabuğunda ısı yalıtımı bulunmamaktadır. Nemden kaynaklı yapının duvarlarında büyük bozulmalar meydana gelmiştir. Dış duvarların U değeri 2,70 W/m²K ve pencerelerin U değeri 2,50 W/m²K’dir. Binanın güney cephesi, ortalama

yüksekliği sekiz m olan sık am ağaçları ile çevrilidir ve gölgeleme sağlamaktadır [201].



Şekil 5.53: Yapının iyileştirmeden önceki görünüşü.



Şekil 5.54: İyileştirme öncesi yapının farklı cephelerinin görünümü.

Mevcut yapı pasif ev standartlarına ulaşmak ve Pasif Ev sertifikasını almak amacıyla iyileştirilmiştir (Şekil 5.55) [201]. Pasif Ev Enstitüsü tarafından pasif evler'in EnerPHit (tadilat) kategorisinde Türkiye'de sertifikalandırılan ilk enerji etkin projesidir. Planlanan EnerPHit tasarımına göre iyileştirme sonrası yapıdaki enerji tüketimi alan ısıtmada %87 ve toplamda %75 oranında azaltılmaktadır [201].



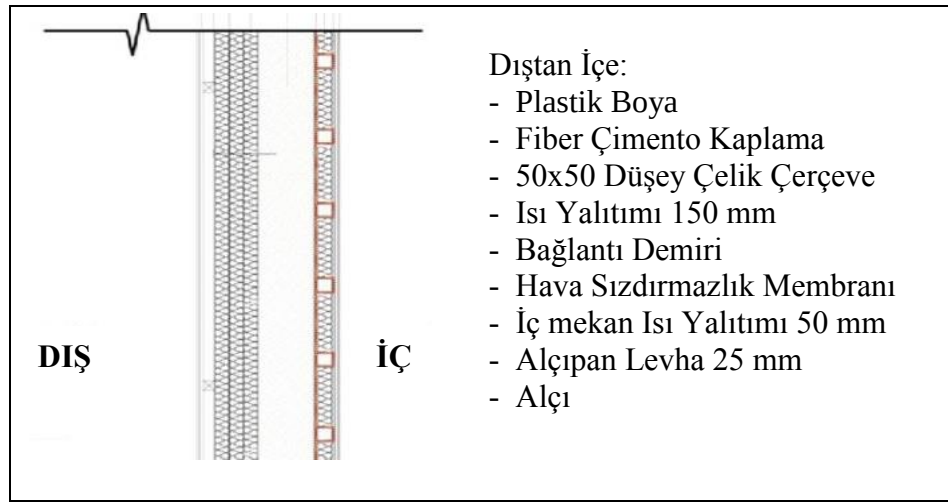
Şekil 5.55: Yapının iyileştirmeden sonraki görünüşü.

- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

Mevcut binada üç kez yapılan Blower Door Testi sonucu yapının hava sızdırmaz olmadığı anlaşılmıştır. Sızıntılar ahşap çerçeveli pencerelerden, dış duvar

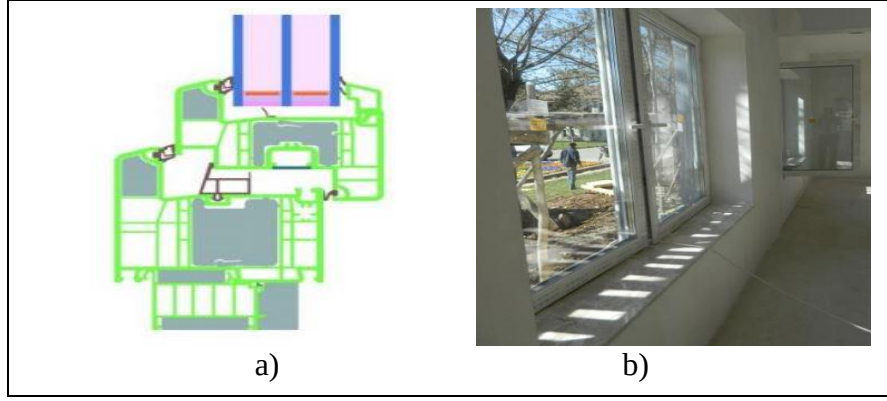
deliklerinden ve split klima ünitesi kanallarından kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu nedenle binanın EnerPhit standartlarına ulaşabilmesi amacıyla yapıya iç ve dış yalıtım uygulanarak ısı köprüleri ve hava sızıntıları engellenmiştir ve pencereler değiştirilmiştir.

Yapıda pasif ev standartlarına uymak amacıyla yapı kabuğunda kesintisiz ve sürekli bir yalıtım tabakası uygulanmıştır (Şekil 5.56) [201]. Hava sızdırmazlık için membranlar ve bantlar kullanılmıştır. Dış duvarlara ısıl iletkenlik değeri 0,033 w/mK olan taş yünü yalıtım 150 mm dışarıdan 50 mm içeriden olmak üzere toplam 200 mm uygulanmıştır. Böylece enerji verimliliğine ek olarak hava sızdırmazlık ve havalandırma ile kontrolsüz ortam nemi engellenerek konforlu bir iç mekan oluşturulmuştur. Isı yalıtım sonrası binadaki nemden kaynaklı problemler ortadan kalkmıştır [201].



Şekil 5. 56: Dış duvar katmanı.

Argon gazlı üç camlı low-E pencere sistemi (4+12+4 mm) ve ısı yalıtımlı PVC doğrama sistemi kullanılarak ısı kayıplarının önüne geçilip binanın verimliliği artırılmıştır (Şekil 5.57) [201]. Pencere sisteminde kullanılan camın U değeri 0,56 W/m²K, doğramanın U değeri 0,79 W/m²K'dir. Mevcut yapının giriş kapısı pasife ev sertifikalı yüksek performanslı cam kapı ile değiştirilmiştir ve U değeri 0,89 W/m²K'dir [201].



Şekil 5. 57: a) Pencere sistemi detayı, b) Uygulama sonrası görünümü.

• İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

EnerPHit iyileştirmesinden sonra PHPP'ye göre hesaplanan yenilenebilir birincil enerji kullanımı $79 \text{ kwh/m}^2\text{yıl}$ ve yenilenemez birincil enerji kullanımı $162 \text{ kwh /m}^2\text{yıl}$ 'dır. Buna karşın yenilenebilir enerji üretimi ise, $6 \text{ kwh/m}^2\text{yıl}$ 'dır. Bu nedenle, net sıfır enerji dengesi sağlanamamıştır ve yapı NSEB seviyesine ulaşamamıştır. İyileştirme sonrası binanın dış duvarlarının U değeri $0,149 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir ve pencerelerin (çerçeve + cam) U değeri $0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir [201]. Tablo 5.10'da yapıda uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 10: Yapının İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	EnerPHit	U Değerleri (W/m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	2,70	0,149
			Pencereler	2,50	0,81
NSEB Sınıfı	NSEB seviyesine ulaşamamıştır				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Pencereler ve dış kapı		
	Ekleme-İç		İç yalıtım		
	Sarmalama		Dış yalıtım		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		İç ve dış yalıtım uygulaması		
	Pencereler ve Kapılar		Pasif ev sertifikalı yüksek performanslı kapı ve argon gazlı üç camlı low-E pencere		
Malzeme	Isı Yalıtımı		Taş yünü		
	Cam		Üç camlı		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		PVC		
	Dış Duvar Dolgu		Tuğla (mevcut)		
	Dış Duvar Kaplama		Sıva ve ahşap		

5.2.3. Ankara Pasif Ev

- Proje Künyesi

- Konumu: Ankara, Türkiye
- Kat adedi: 1
- Yapım yılı: -
- İyileştirme yılı: 2017
- İyileştirme projesinin mimarı: Ekho Mimarlık

- İyileştirmeden Önceki Durumu ve İyileştirme Gereksinimi

Ankara-Yenimahalle ilçesinde bulunan konut 250m²'lik 3 katlıdır (Şekil 5.58) [202]. Konut Sıfır Enerji ve Pasif Ev Derneği (SEPEV) tarafından mevcut bir konutu pasif ev olarak yenileyip, Pasif Ev sertifikasını almak ve konutun bir kısmının Pasif Ev tasarımcıları için eğitim merkezi haline getirilmesi amacıyla yenilenmiştir (Şekil 5.59) [202]. Alman Pasif Ev Enstitüsü tarafından Pasif Evlerin EnerPHit kategorisinde Türkiye'de iyileştirilen ilk konut projesidir.



Şekil 5. 58: Konutun iyileştirmeden önceki görünüşü.



Şekil 5. 59: Konutun iyileştirmeden sonraki görünüşü.

- İyileştirmede Kullanılan Yöntemler

Yapıda ısı kayıplarını ortadan kaldırarak verimli bir bina cephesi oluşturmak amacıyla ısı iletkenlik değeri 0,032 W/mK olan 250 mm kalınlığında EPS ısı yalıtım levhası kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan EPS Plus ısı yalıtım levhası yüksek basma dayanımına sahiptir ve içerdiği grafit katkı sayesinde güneş ışınlarını hem emerek, hem de yansıtarak ısı yalıtımı sağlamaktadır. Bu nedenle diğer karbonlu EPS ısı yalıtım levhalarına göre daha yüksek ısı yalıtım performansı sunduğu için iyileştirmede tercih edilmiştir [203]. Cephe iyileştirmesinin aşamaları ve ısı yalıtım uygulaması Şekil 5.60'da görülmektedir [202]. Yalıtım uygulama adımları aşağıda sıralanmıştır [203].

- Konutun mevcut 50 mm kalınlığındaki dış cephe ısı yalıtımı uygulaması tamamen kaldırılmıştır.
- Cephe yüzeyindeki hasarlı cephe parçaları onarılarak kırık ve çatlaklar, yapısal tamir harcıyla tamamen doldurulmuştur ve yüzey mantolama uygulamasına hazır hale getirilmiştir.
- Temel duvarlarına uygulanan 250 mm EPS ısı yalıtım levhası üzerine yukarı doğru devam edecek şekilde aynı kalınlıkta grafit katkılı ısı yalıtım levhası çatı katına kadar cepheye uygulanmıştır.
- Mevcut binaya ait zayıf cephe hareketleri 100 mm kalınlığında ısı yalıtım levhalarıyla kaplanarak ısıl köprüler engellenmiştir.
- Isı yalıtım levhaları yapıştırma harçları ile cepheye yapıştırılmıştır ve kuruduktan sonra dübelle sabitlenmiştir.

- Daha sonra iki kat fileli ince sıva uygulaması yapılmıştır. Çimento esaslı mantolama sıva harcı ile alkali dayanımı yüksek cam elyaf donatı filesi birlikte uygulanmıştır.
- İnce sıva uygulaması tamamlandıktan sonra cepheyi yağmur, kar gibi iklim şartları ve fiziki şartların olumsuz etkilerinden korumak için mineral esaslı dekoratif sıva uygulanmıştır.
- Uygulama son kat dış cephe boyası uygulaması ile tamamlanmıştır.



Şekil 5. 60: İyileştirme aşamasında cephenin bazı görünüşleri.

Pencereler Pasif Ev sertifikasına sahiptir ve yüksek performanslı doğramayla birlikte arası argon gazı ile dolu üç camlı low-E teknolojili camlar kullanılmıştır. Konutun giriş kapısında Reynaers Aluminium tarafından üretilen ve Pasif Ev Enstitüsü tarafından sertifikalı kapı profilleri kullanılmıştır. Isıl köprülerin ve kontrolsüz hava geçişlerinin engellendiği hava sızdırmaz bir yapı kabuğu oluşturulmuştur [202].

Ayrıca ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemi, çatıya bütünleşik 2 kW PV sistemi, sıcak su solar panelleri, hava kaynaklı ısı pompası ve akıllı ev teknolojileri (uzaktan erişim güvenlik, aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistem kontrol imkanı) gibi sistemler enerji etkinliği için kullanılmıştır [203].

• İyileştirme Projesinin Değerlendirilmesi

Mevcut bir konuta oranla %90'ın üzerinde enerji verimi sağlamaktadır [203]. Yapı yıllık tükettiği kadar yenilenebilir enerji üretmediği ve dolayısıyla net sıfır enerji dengesini sağlayamadığı için NSEB seviyesine ulaşamamıştır. Buna karşın, yapı uygulanan yüksek yalıtım ve yenilenebilir enerji sistemleri kullanımıyla nSEB konseptine örnek bir yapı haline getirilmiştir. Tablo 5.11'de konutta uygulanan iyileştirme yöntemleri sunulmuştur.

Tablo 5. 11: Konutun İyileştirme Sonrası Genel Değerlendirmesi.

İyileştirme Programı	EnerPHit	U Değerleri (W/m²K)		Öncesi	Sonrası
			Dış Duvarlar	Bilinmiyor	Bilinmiyor
			Pencereler	Bilinmiyor	Bilinmiyor
NSEB Sınıfı	NSEB seviyesine ulaşamamıştır				
NSEB Tasarım İlkesi	Pasif Sistemler		Yüksek performanslı bina kabuğu		
	Yenilenebilir Enerji Üretimi		Fotovoltaik Panel Güneş Enerjili Su Isıtma		
İyileştirme Yöntemleri					
Strateji	Değiştirme		Pencereler ve dış kapı		
	Sarmalama		Dış yalıtım		
Yenileme Bileşeni	Dış Duvarlar		Dış yalıtım		
	Pencereler ve Kapılar		Pasif ev sertifikalı yüksek performanslı üç camlı argon gazı dolgulu pencere ve yüksek performanslı kapı		
Malzeme	Isı Yalıtımı		EPS		
	Cam		Üç camlı		
	Dış Pencere-Kapı Çerçeve		Kompozit		
	Dış Duvar Dolgu		Bilinmiyor		
	Dış Duvar Kaplama		Sıva + boya		

5.3. Mevcut Konut Cephelerinde İyileştirme Yöntemlerinin Uygulanabilirliğinin Sorgulanması

Çalışmada, öncelikle literatür taraması yapılarak NSEB kavramı, Avrupa dışı ve Avrupa olmak üzere dünya ülkelerinin ve Türkiye'nin enerji politikaları araştırılmıştır. Sonrasında, NSEB'lar için uygulanan mevcut konut cephe iyileştirme yöntemleri detaylı olarak aktarılmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda; dünyadan dokuz, Türkiye'den iki iyileştirme örneği incelenmiş ve çeşitli başlıklar altında analiz edilmiştir. Son olarak, yapılan analizlerin dünya ve Türkiye'deki durumlarının karşılaştırılmasıyla; Türkiye'de NSEB'lar için mevcut konut cephelerinde iyileştirme yöntemlerinin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

Bir binanın NSEB olarak tasarlanması sırasında önemli olan ilkeler; bina enerji yüklerinin en aza indirilmesi, enerji verimliliğinin artırılması, sahada yenilenebilir enerji üretiminin dengelenmesi ve bina enerji tüketiminin en aza indirilmesi olarak sıralanabilmektedir. Bu doğrultuda, çalışmada iyileştirme örnekleri incelenirken, cephe iyileştirilmesinde etkili olan NSEB ilkeleri ve yenilenebilir enerji üretimi değerlendirilmiştir.

Binaların NSEB kapsamında iyileştirilmesinin ilk aşamasında maliyetinin fazla olması önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, birçok Avrupa ülkesinde, bina sahiplerine ve kullanıcılarına mali açıdan çeşitli yardımlar yapılmakta ve bu yönde maddi ve manevi teşvikler artırılmaktadır. Ayrıca, birçok Avrupa ülkesinde iyileştirmelerin artırılarak daha kısa sürelerde yapılması için paket iyileştirme programlarının bulunduğu görülmektedir.

Çağımızda, mevcut konut cephelerinin iyileştirilmesi için birçok yöntem ve teknoloji bulunmaktadır. Çalışma kapsamında iyileştirme; stratejiler, yenileme bileşenleri ve malzeme olarak üç başlık altında incelenmiştir. Bu doğrultuda, stratejiler; değiştirme, ekleme-iç, sarmalama, ekleme-dış, kaplama olarak ele alınmıştır. Yenileme bileşenleri olarak cepheyi oluşturan dış duvar, pencere, kapı ve balkon incelenmiştir. Malzeme kapsamında ise; ısı yalıtım malzemesi, cam, pencere çerçeveleri, dış duvar dolgusu ve cephe kaplaması ele alınmıştır.

Bütün bu değerlendirmeler göz önünde bulundurularak, seçilen iyileştirme örnekleri; binaların NSEB olmak için uyguladığı enerji etkin tasarım ilkeleri, hangi program çerçevesinde iyileştirildiği, hangi binada ne tür iyileştirme yöntemlerinin uygulandığı, iyileştirme sonrasındaki durumu gibi özellikleri açısından değerlendirilerek tablo halinde sunulmuştur (Tablo 5.12).

Tablo 5. 12: Örnek Binaların İyileştirme Sonrası Değerlendirme Tablosu.

BİLGİ BÖLÜMÜ				DÜNYADAN ÖRNEKLER								TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER		
				Konut 1 (İsviçre)	Konut 2 (Avusturya)	Konut 3 (Almanya)	Konut 4 (Danimarka)	Konut 5 (Hollanda)	Konut 6 (Fransa)	Konut 7 (İngiltere)	Konut 8 (ABD)	Konut 9 (ABD)	Gaziantep Kuluçka M.	Ankara Pasif Ev
GENEL BİLGİLER	Yapım Yılı İyileştirme Yılı			1954 2010	1961 2014	1951 2005	1973 2013	1966 2016	1952 2018	1960 2017	1906 2018	1963 2019	1970 2015	- 2017
NSEB BİLGİLERİ	NSEB SINIFI			A SINIFI	A SINIFI	D SINIFI	-	A SINIFI	A SINIFI	A SINIFI	A SINIFI	A SINIFI	-	-
	NSEB TASARIM İLKELERİ	Pasif Sistemler	Yüksek performanslı bina kabuğu	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
			Doğal havalandırma			+								
			Gün ışığından kazanç	+	+	+	+	+	+	+				
		Yenilenebilir Enerji Üretimi	PV panel	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
			Güneş enerjili su ısıtma			+								+
			CHP sistemi				+							
POLİTİKAYA DAİR	İyileştirme Programı			EnerPHit	-	KfW 40	NZEB 2020	Energie- Sprong	Energie- Sprong	Energie- Sprong	EnerPHit	Kendin Yap Projesi	EnerPHit	EnerPHit
İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ	STRATEJİLER	Değiştirme		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
		Ekleme-İç									+	+	+	
		Sarmalama		+	+	+	+	+	+	+			+	+
		Ekleme-Dış		+	+	+								
		Kaplama												

Tablo 5. 12: Örnek Binaların İyileştirme Sonrası Değerlendirme Tablosu (Devamı).

BİLGİ BÖLÜMÜ				Konut 1 (İsviçre)	Konut 2 (Avusturya)	Konut 3 (Almanya)	Konut 4 (Danimarka)	Konut 5 (Hollanda)	Konut 6 (Fransa)	Konut 7 (İngiltere)	Konut 8 (ABD)	Konut 9 (ABD)	Gaziantep Kuluçka M.	Ankara Pasif Ev
İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ	YENİLEME BİLEŞENLERİ	Dış Duvar	Dıştan Yalıtım			+							+	+
			İçten Yalıtım								+	+	+	
			Boşlukta Yalıtım											
			Havalandırılmalı Cephe											
			Ahşap Çerçeve Elemanı	+	+		+	+	+	+				
			İkinci Cephe											
			Enerji Üreten Sistemler		+									
		Pencere	Değiştirme	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
			Gölgeleme E.		+									
		Kapı	Değiştirme	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
		Balkon	Balkon Döşemesine Yalıtım Uygulanması											
			Balkonun Yıkılması ve Yeni Balkon Yapılması	+	+									
			Ek Yeni Balkon Yapılması	+	+	+	+							
			Balkonun Kapatılması					+						
	MALZEME	Isı yalıtımı		Selüloz	Taş Yünü	Mineral Y.	-	-	Poliüretan	-	Cam Y.	Poliizo	Taş Yünü	EPS
		Cam		Üçlü Cam	Üçlü Cam	Üçlü Cam	Üçlü Cam	Üçlü Cam	Üçlü Cam	Çift Cam	Çift Cam	Çift Cam	Üçlü Cam	Üçlü Cam
		Pencere-Kapı Çerçeveleri		Kompozit	-	Kompozit	PVC	PVC	PVC	-	Kompozit	(M) PVC	PVC	Kompozit
		Dış Duvar Dolgusu		(M) Tuğla	(M) Beton	(M) Tuğla	-	(M) Tuğla	-	-	-	-	(M) Tuğla	-
		Cephe Kaplaması		Ahşap-Sıva	Ahşap-Taş- Lifli Ç.	Sıva	Arduvaz	Doğal Taş	Tuğla	Ahşap	Ahşap- Metal	Sıva	Ahşap-Sıva	Sıva-Boya
İYİLEŞTİRME SONRASI DURUM	U DEĞERİ (W/m²K)	Dış Duvar		0,18	0,12	0,15	0,2	-	-	-	0,04	0,038	0,149	-
		Pencere		0,8	0,97	1,20	1	0,7	-	-	0,26	-	0,81	-

Yukarıdaki tabloda; yedisi Avrupa’da, ikisi ABD’de bulunan ve NSEB olması amacıyla iyileştirilen dokuz adet konut incelenmiştir. Ancak, iyileştirme sonrasındaki ölçümler sonucu, Danimarka’da bulunan konut 4’ün yeterli yenilenebilir enerji üretemediği için NSEB seviyesine ulaşamadığı görülmüştür. Buna karşın, cephe iyileştirme yöntemleri NSEB ölçütlerini karşılamaktadır. Ayrıca, yapılan araştırmalar sonucu, Türkiye’de NSEB olarak iyileştirilen konut örneği bulunamamıştır. Bu yüzden, Türkiye’de nSEB olarak iyileştirilen konut örneği olarak Ankara Pasif Ev konut projesi ve nSEB olarak iyileştirilen Gaziantep GAP Enerji Verimliliği Danışmanlığı ve Kuluçka Merkezi incelenmiştir. Her bir örnek için genel bilgileri, NSEB bilgileri, politika bilgileri, iyileştirme yöntemleri ve iyileştirme sonrası durumu açısından genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Genel bilgilerde bölümde yapım ve iyileştirme yılları yer alan yapıların, dokuz tanesi 1950-1975 yılları arasında inşa edilirken konut 8, 1906 yılında inşa edilmiştir. Bütün yapılar 2000 yılından sonra iyileştirilmiştir. Bu doğrultuda, 50 yaşından büyük yapıların bile uygun ölçütlere göre iyileştirildiğinde NSEB seviyesine ulaşabileceği sonucuna varılmıştır.

NSEB bilgileri başlığı altında bulunan NSEB sınıfına göre, konutların büyük kısmı kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullandığı ve yeterli yenilenebilir enerji ürettiği için NSEB A olarak sınıflandırılmıştır. Buna karşın, yapının ihtiyacı olan enerjiyi saha içindeki ya da saha dışındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından ya da şebekeye bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayarak diğer NSEB sınıflarına dahil olmanın mümkün olduğu görülmüştür.

NSEB bilgileri başlığı altında bulunan NSEB tasarım ilkelerine göre, bina enerji yüklerinin en aza indirilmesi amacıyla tüm yapılarda yüksek performanslı bina kabuğu oluşturulmuştur. Ayrıca, bazı örneklerde mevcut pencerelerin büyütülmesi ve yeni pencereler eklenmesiyle gün ışığından kazanç seviyesinin artırıldığı görülmüştür. Bir örnekte (konut 2) ise, pencerelerin tekrar tasarlanmasıyla doğal havalandırma sağlanmıştır. Diğer örneklerde mevcutta bulunan doğal havalandırma tasarımı korunmuştur ve iyileştirme sürecinde değişiklik yapılmamıştır. Ayrıca, incelenen tüm örneklerde yenilenebilir enerji üretimi için PV paneller kullanılmıştır. Bununla birlikte, bazı örneklerde güneş enerjili su ısıtma ve bir örnekte CHP sistemi kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji üretimi NSEB için en önemi ilkelerden biri olması açısından önemlidir. Bütün yapıların bu ilkeyi sağladığı görülmüştür.

Politikaya dair başlığı altında bulunan iyileştirme programına göre, birçok Avrupa ülkesinde iyileştirmelerin artırılarak daha kısa sürelerde yapılması için paket iyileştirme programlarının bulunduğu görülmüştür. Ayrıca, bina sahiplerine ve kullanıcılarına mali açıdan çeşitli yardımlar yapıldığı ve bu yönde maddi ve manevi teşvikleri artıran programlar da mevcuttur. Öte yandan, uygun maliyetli olarak kendin yap projesi ile iyileştirilen konutta NSEB seviyesine ulaşılabilmiştir.

İyileştirme yöntemleri başlığı altından incelenen stratejilere göre, cephe iyileştirmelerinde Avrupa'daki ve Türkiye'deki bütün yapı örneklerinde değiştirme ve sarmalama stratejisi uygulanmıştır. Aynı zamanda, Avrupa'da ekleme-dış stratejisinin uygulandığı örnekler ve Türkiye'de ekleme-iç stratejisinin uygulandığı örnek de bulunmaktadır. ABD'deki örneklerde ise, değiştirme ve ekleme-iç stratejileri uygulanmıştır. Bu bağlamda, binanın özellikleri, iklim koşulları ya da maddi imkanlar gibi çeşitli nedenlerden dolayı farklı stratejiler uygulansa da gerekli ölçütler sağlandığında ısı kayıplarının en az olduğu hava geçirmez bir bina cephesi elde edildiği sonucuna varılmıştır.

İyileştirme yöntemleri başlığı altında incelenen yenileme bileşenleri enerji verimliliğini artıran bütünsel bir iyileştirme elde etmenin ilk adımlardan biridir. Bu doğrultuda, dış duvarlar ısı kayıplarının en fazla olduğu alanlar olduğu için ısı performansını artırılmalıdır. Bu nedenle, bütün örneklerde iyileştirilmiştir. Avrupa'daki örneklerden sadece birinde (konut 3) dış yalıtım uygulanarak ısı kayıpları azaltılmıştır. Diğer örnekler de ise, ahşap çerçeve elemanları kullanılarak iyileştirmeler yapılmıştır. Ahşap çerçeve elemanları atölyelerde üretilmiş ve sahada montajları yapılmıştır. Ayrıca, bir örnek (konut 1) dışında pencereler ve kapılar, panellere atölyede monte edilmiştir. Bu da sahada ki montaj süresini kısaltarak daha hızlı iyileştirme olanakları sağlamıştır. Dolayısıyla, iyileştirmelerin büyük kısmında konut kullanıcılar tarafından kullanılmaya devam etmiştir. Bir örnekte (konut 2) ise, cephede enerji üreten sistem kullanılmıştır. ABD'deki örneklerde iç yalıtım uygulanırken Türkiye'de bulunan Ankara Pasif evde dış yalıtım uygulanmıştır. Öte yandan, Türkiye'deki Gaziantep Kuluçka Merkezinde iç ve dış yalıtım birlikte uygulanarak ısı kayıpları azaltılmıştır. Bu açıdan Türkiye'deki dış duvarlara uygulanan iyileştirme yöntemleri ABD'deki örnekler ve Almanya'da bulunan konut 3 ile benzerlik göstermektedir.

Yenileme bileşenlerinden pencereler ve dış kapılar da NSEB iyileştirme çalışmalarında da önemli etkenlerdir. Örneklerin sadece birinde (konut 9), kapıları ve

tüm pencereleri değiştirerek maliyeti artırmak istemeyen konut sahipleri, mevcut kapıları ve pencereleri korumuştur. Buna karşın, konut NSEB seviyesine ulaşmıştır. Diğer tüm örneklerde mevcut kapılar ve pencereler değiştirilerek bileşenlerin ısı performans ve hava geçirmezlik değerleri iyileştirilmiştir. Soğutma yüklerinin azaltılması açısından önem taşıyan gölgeleme elamanları ise, örneklerin sadece birinde (konut 2) kullanılmıştır.

Diğer bir yenileme bileşeni olan balkonlar ise, özellikle Avrupa'daki örneklerde iyileştirilmiştir. ABD ve Türkiye'deki örneklerde balkon iyileştirilmesi yapılmamıştır. Avrupa'daki birkaç örnekte ısı köprülere neden olan mevcut balkonlar yıkılarak binadan bağımsız ve kendi taşıyıcısı olan yeni balkonlar inşa edilmiştir. Ayrıca, balkon ihtiyacı olan konutlara ise, ek balkonlar yapılmıştır. Bazı örneklerde ise, balkonlardan kaynaklı ısı kayıplarını azaltmak amacıyla balkonlar kapatılmıştır.

İyileştirme yöntemleri başlığı altında incelenen, örneklerin tümünde ısı köprülerinin engellenerek hava geçirmez bina kabuğu oluşturulması ve enerji verimliliğin sağlanması için ısı yalıtımı uygulanmıştır. Uygulanan yalıtımlarda malzeme olarak selüloz, mineral yün, EPS, poliüretan ve poliizosiyanürat kullanılmıştır. Farklı yalıtım malzemeleri uygulanması yapının bulunduğu iklim ve çevre koşullarının farklı olması ya da farklı yalıtım yöntemlerinin uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, yalıtım malzemesinin kalınlığı, iklim özelliklerine, malzemenin ısı geçirgenlik değerine ve duvar katmanlarının özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Buna karşın farklı malzemeler uygulansa da doğru teknik ve yöntemle uygulanan yalıtımın, yapının NSEB seviyesine ulaşmasını sağladığı görülmüştür.

Ayrıca, incelenen örneklerin düşük ısı performansına sahip pencereler değiştirildikten sonra pencerelerde üçlü cam kullanılmıştır. Üçlü camların arası çoğunlukla argon gazı dolguludur. Buna karşın bazı örneklerde çift cam kullanılarak NSEB seviyesine ulaşılmıştır.

Pencere ve kapı çerçevelerinde NSEB iyileştirmelerinde kullanılan yüksek enerji verimliliğine sahip PVC ve kompozit malzemeler kullanılmıştır. Çerçeve tipinin seçimi, malzemenin özelliklerine, maliyetine ve istenen mimari ifadeye de bağlı olarak değişmektedir. Öte yandan, cam ve duvar ısı performansı arttıkça, pencere çerçevesi ısı köprüleme sorunları yaratmaktadır. Bu yüzden, pencere

çerçevelerinde verimliliği artırmak amacıyla, ek yalıtım malzemeleri uygulanabilmektedir.

İyileştirme örneklerinin genelinde mevcut duvarlar korunmuştur ve malzemeleri değiştirilmemiştir. Dış duvar dolgu malzemesi olarak genellikle tuğla kullanılmıştır. Bir örnekte ise dış duvarlar sandviç betondur. Dış cephe kaplamasında kullanılan malzemeler ise; genellikle ahşap ve sıvadır. Bunların dışında doğal taş, metal, tuğla, arduvaz ve boya malzemeleri de uygulanmıştır.

İncelenen örneklerde iyileştirme sonrası durum başlığına bakıldığında, iyileştirme sonrası dış duvarların U değerlerinin 0,038-0,2 W/m²K, pencerelerin U değerlerinin 0,26- 1,20 W/m²K arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Enerji etkin yapı ya da NESB tasarımlarında ve iyileştirme çalışmalarında dış duvarların ve pencerelerin ısıtma ve soğutma yüklerini azaltması enerji verimliliği için oldukça önemlidir. Bununla birlikte, U değeri ne kadar düşükse, duvarların ve pencerelerin yalıtım seviyesi o kadar yüksek olmaktadır. Dolayısıyla, incelenen örneklerde düşük U değerleri sağlanarak ısı kayıpları en aza indirilmiştir ve NSEB seviyesi sağlanmıştır.

İncelenen örneklerdeki cephe iyileştirme stratejilerinin çoğunlukla soğuk iklim bölgeleri için uygun olduğu ve sıcak iklim bölgelerinde soğutma yüklerini artıracığı görülmüştür. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde ısı yalıtımı iç ortam sıcaklığını ve dolayısıyla soğutma için harcanan enerjiyi artıracığı için istenmeyen bir durumdur. Sıcak iklim bölgelerinde, ısı kazançlarının azaltılması ve doğal havalandırmanın yüksek düzeyde sağlanması gibi soğutma yüklerini azaltacak stratejilerin uygulanması gerekmektedir. Güneşten gelen ısı enerjisinin ihtiyaç olan zaman ve miktarda iç ortamda kullanılması ya da bu ısı enerjiden korunmak amacıyla kullanılan ısı kütlesi stratejisi bu noktada önemlidir. Dolayısıyla, bina cephelerinin NSEB kapsamında iyileştirilmesi sürecinde iklim özellikleri dikkate alınmalı ve buna yönelik uygulamalar yapılmalıdır.

Türkiye’de incelenen örnekler sonucunda, Türkiye’de mevcut binaların uygulanan cephe iyileştirme yöntemleriyle nSEB olabileceği görülmüştür. Ankara Pasif evinde ve GAP Enerji Verimliliği Danışmanlığı ve Kuluçka Merkezi’nin iyileştirilmesinde uygulanan iyileştirme yöntemleri, binaların nSEB seviyesine ulaşması için yeterli olmuştur. Ayrıca, bu yöntemler yurtdışında uygulanan yöntemler ile benzerlik göstermektedir. Dolayısıyla, Türkiye’deki konutların cepheleri gerekli ölçütler göz önünde bulundurularak iyileştirilirse, konutların nSEB

ya da NSEB seviyesine ulaşmasının mümkün olduğu görülmüştür. Buna karşın, Türkiye’de beş iklim bölgesinin bulunduğu göz önüne alındığında bu stratejilerin sadece belirli bölgelerdeki konutlar için uygulanabileceği görülmüştür. Bu nedenle, Türkiye’deki her iklim bölgesi için farklı cephe iyileştirme stratejileri geliştirilmelidir.

Ayrıca, Türkiye’deki enerji mevzuatlarının ve standartlarının NSEB seviyesini karşılayacak düzeyde olmadığı ve ekonomik destek ve teşvikler konusunda yetersiz olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu etkenler, NSEB’lara ulaşmayı zorlaştırmaktadır. NSEB’ların Türkiye’ye uyarlanması için enerji ve ekonomi politikalarının artırılarak iyileştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İklim değışikliğinin etkisini azaltmak ve sürdürülebilir düşük karbonlu bir gelecek sağlamak amacıyla başta AB ülkeleri olmak üzere dünyada enerjinin verimli kullanılmasına yönelik politikaların geliştirildiği ve çalışmaların yürütüldüğü görölmektedir. Bu kapsamda, birçok ülke mevcut binaların iyileştirilmesiyle 2050 yılına kadar sıfır karbon emisyonuna sahip bina stokuna ulaşmayı amaçlamaktadır.

Bu amaç doğrultusunda ortaya çıkan NSEB kavramına ve mevcut konutların NSEB olarak iyileştirilmesine yönelik yapılan literatür çalışmasında; NSEB'ların, binalardan kaynaklı enerji tüketimlerini en aza indirmesi ve karbon emisyonlarını sıfırlanması açısından oldukça önemli olduğu görölmüştür.

NSEB'nın ortak bir tanımı bulunmamakla birlikte, bu kavrama yönelik yapılan bütün tanımların, binaların çevresel etkilerinin azaltmasını vurguladığı belirlenmiştir. Bu açıdan, NSEB'yı neredeyse sıfır ya da çok az enerji gerektiren, çok yüksek bir enerji performansına sahip, tükettiği enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayan bina olarak tanımlamak mümkündür.

Bir binanın NSEB olarak tasarlanması sırasında önemli olan ilkeler; pasif ve aktif sistemlerin kullanılması, yenilenebilir enerji üretimi ve bina enerji tüketiminin en aza indirilmesi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, bina enerji yüklerinin en aza indirilmesi amacıyla pasif enerji ilkelerinden ve enerji etkinliğini artırmak için aktif sistemlerden yararlanılmaktadır. Ayrıca, NSEB'nın yıllık en az tükettiği kadar yenilenebilir enerji üretmesi gerektiği için, bu tür uygulamalarda yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanıldığı ve NSEB binanın kullanım aşamasındaki enerji tüketiminin en az seviyede olacak şekilde sınırlandırılması gerekliliği görölmektedir.

Son yıllarda, SEB'lara yönelik artan talep doğrultusunda, ülkeler tarafından enerji verimliliğini artıracak birçok teknoloji ve politika geliştirilerek, teşvikler sunulmaktadır. Ayrıca tüm dünyada, NSEB'lara yönelik pek çok çalışma yürütölmektedir. Bu kapsamda, enerji politikalarında ve belirledikleri hedeflerde Avrupa ülkeleri arasında Almanya, Danimarka ve Hollanda'nın öne çıktığı görölmektedir. Binaların NSEB kapsamında iyileştirilmesinin ilk aşamasında maliyetinin fazla olması bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle pek çok Avrupa ülkesinde, bina sahiplerine ve kullanıcılarına mali açıdan çeşitli yardımlar yapılmakta ve bu yönde maddi ve manevi teşvikler artırılmaktadır. Ayrıca, birçok

Avrupa ülkesinde iyileştirmelerin artırılarak daha kısa sürelerde yapılması için paket iyileştirme programlarının bulunduğu görülmektedir.

Türkiye de binalarda enerji verimliliği politikalarının teşvik edilmesi amacıyla önemli adımlar atmıştır. Bu kapsamda ülkede, binalarda enerji verimliliği için standartlar ve mevzuatlar bulunmaktadır. BEP Yönetmeliği'nin, AB mevzuatlarına benzemesi bakımından önemli olduğu söylenebilir. Öte yandan yapılan bu çalışmayla, geliştirilen enerji politikalarında; ara hedeflerin belirlenmemesi, nSEB ve NSEB kavramlarıyla ilgili düzenlemenin olmaması, NSEB'lara yönelik sayısal performans değerlerinin belirlenmemiş olması ve yenilenebilir enerji kullanımıyla ilgili yeterli bilgi olmaması gibi çeşitli konularda eksiklikler olduğu görülmüştür.

Ayrıca, Türkiye'de özellikle konutlarla ilgili olarak, binalarda enerji verimliliğini destekleyen finansal teşviklerin yeterli seviyede olmadığı ile karşılaşılmıştır. Buna ek olarak, enerji verimliliği ve özellikle NSEB konularında eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerinin yetersiz olduğu, fakat Türkiye'deki binaların enerji verimliliğini iyileştirme politikaları kapsamında ve nSEB'in uygulamasına yönelik bilgi sağlamak amacıyla yayınlanan 'nSEB İçin Rehber Kitap'ın, NSEB'lar için önemli bir adım olduğu yapılan çalışma sonucunda söylenebilir. Standartların ve mevzuatların, teknolojinin gelişmesine paralel olarak ve çağın ihtiyaçlarına göre güncellenmesi enerji etkin binalar üretmek için oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışma ile aynı zamanda, konut binalarının NSEB standardına göre iyileştirilmesinin, enerji talebini ve fosil yakıtlara bağımlılığı büyük oranda azaltması bakımından önemli olduğu görülmüştür. Türkiye'de de konutların yoğun enerji tüketime neden olduğu göz önüne alınırsa, Türkiye'deki konutların NSEB kapsamında iyileştirilmesinin gelecekte ülkede enerji problemleri yaşanmaması açısından önem taşıdığı düşünülmektedir.

Konut iyileştirme sürecinin, ilk aşamadan (proje kurulumu ve iyileştirme öncesi etüt çalışması) son aşamaya (enerji tasarrufunun doğrulanması ve onaylanması) kadar eksiksiz ve doğru bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Enerji verimli ve düşük maliyetli bir iyileştirme yönteminin belirlenmesi ve uygulanması için her adım denetlenerek ilerlenmelidir. Bu sürecin iyi yönetilmesiyle iyileştirme sırasında karşılaşılan sorunlarında daha kolay  z leceği düşünülmektedir.

Konutlarda ısı kayıpları büyük kısmının dış duvarlardan ve pencerelerden ve dolayısıyla cephelerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, mevcut konut cephelerini,

ısı kayıplarının önlendiği çok yüksek performanslı cepheler olarak iyileştirmenin NSEB'lara ulaşmada en önemli adımlardan biri olduğu görülmüştür.

Çağımızda, mevcut konut cephelerinin iyileştirilmesi için birçok yöntem ve teknoloji bulunmaktadır. Çalışma kapsamında iyileştirme; stratejiler, yenileme bileşenleri ve malzeme olarak üç başlık altında incelenmiştir. Konut cephelerinde iyileştirme stratejilerinin, binanın iyileştirme nedenine ve müdahale seviyesine göre değiştiği görülmüştür. Özellikle, dış cephe yalıtımı, dış cepheye ikincil bir ek kabuk uygulanması ya da balkonların kapatılmasını içeren sarmalama ve pencere-kapı değişimlerini kapsayan değiştirme stratejilerinin NSEB iyileştirmeleri için önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşın, sıcak iklim bölgelerinde soğutma öncelikli stratejiler de değerlendirilmelidir.

Enerji verimliliğini artıran bütünlük bir yenileme elde etmenin ilk adımı, enerji talebini artıran ve ısı kayıplarının meydana geldiği bileşenleri iyileştirmektir. Bu doğrultuda, dış duvarların ısı performansı artırılmaktadır. Buna ek olarak, NSEB iyileştirme çalışmalarında da pencereler de önemli bir etkidir. Pencerelerin ısı performansı ve hava geçirmezlik değerleri iyileştirilmelidir. Ayrıca, geliştirilmiş yüksek performanslı pencere sistemleri, pencereleri NSEB bileşenine dönüştürmek için kritik öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Öte yandan, NSEB kapsamında yapılacak cephe iyileştirmelerinde pencerelerle birlikte cephede kullanılan ya da kullanılacak gölge elemanları da, soğutma yüklerinin azaltılması açısından önem taşımaktadır.

Konutlarda enerji tüketiminin azaltılması ve bina kabuğundaki ısı köprülerinin engellenmesi için yalıtımın sürekli olması da önemlidir. Bu bakımdan, bina cephesinin bir bileşeni olan ve ısı köprülerine neden olan balkonların da NSEB için iyileştirilmesi gerekmektedir.

Konut cephelerinin NSEB kapsamında iyileştirilmesinde, bütün cephe elemanlarında düşük U değerine sahip malzemeler kullanılmalıdır. Özellikle dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve pencerelerde kullanılan malzemeler ısıtma ve soğutma yüklerini azaltması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, NSEB iyileştirmelerinde kullanılan malzemenin enerji verimliliğinin yüksek olması gereklidir.

Tez çalışması kapsamında, yurtdışında bulunan ve NSEB olarak iyileştirilen dokuz adet konut, Türkiye'de nSEB olarak iyileştirilen bir adet konut ve nSEB olarak iyileştirilen bir adet ofis incelenmiştir.

Çalışmada incelenen konut iyileştirme örneklerinde, mevcut binaların enerji etkinliği konusunda en büyük probleminin dış kabuktaki yetersiz ısı yalıtımı olduğu görülmüştür. Ayrıca, ısı kayıplarının büyük kısmının düşük hava sızdırmazlığına sahip olan mevcut dış pencereler ve dış kapılar kaynaklı olduğu anlaşılmıştır. Öte yandan, bina cephesinin bir bileşeni olan balkonların bina kabuğunda ve dolayısıyla bina cephesinde büyük bir ısı köprü oluşturarak enerji tüketimini artırdığı görülmüştür. Dolayısıyla, iyileştirme sırasında önemli ilk adımlardan biri bina cephelerinin termal performanslarının iyileştirilmesidir. Bu kapsamda, incelenen iyileştirme örneklerinde uygulanan yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

- Mevcut konut cepheleri, düşük ısıl geçirgenlik katsayılarına sahip yalıtım malzemeleri ile yalıtılmıştır. Dış ya da içi yalıtım uygulamaları yapılmıştır.
- Mevcut konut cephelerine yüksek ısı yalıtımı performansına sahip ahşap çerçeve elemanları (ön yapımlı cephe panelleri) uygulanmıştır.
- Mevcut pencereler, yüksek performanslı, üçlü cam ya da çift cam kullanılan pencereler ile değiştirilmiştir. Çoğunlukla argon gazı dolgulu üç camlı pencereler tercih edilmiştir.
- Mevcut konut dış kapıları, düşük ısıl geçirgenlik değerine sahip kapılar ile değiştirilmiştir.
- Isıl köprülere neden olan mevcut balkonlar yıkılarak binadan bağımsız ve kendi taşıyıcısı olan yeni balkonlar inşa edilmiştir. Balkon ihtiyacı olan konutlara ise, ek balkonlar yapılmıştır. Ayrıca, balkonlardan kaynaklı ısı kayıplarını azaltmak amacıyla balkonlar kapatılmıştır.
- Yenilenebilir enerji üretimi için PV paneller ve güneş enerjili su ısıtma sistemi kullanılmıştır.

Cephe iyileştirmelerinde kullanılan ön yapımlı paneller, atölyelerde üretilmiş ve sahada montajları yapılmıştır. Ayrıca, çoğunlukla pencereler ve kapılar, panellere atölyede monte edilmiştir. Bu da sahada ki montaj süresini kısaltarak daha hızlı iyileştirme olanakları sağlamıştır. Dolayısıyla, iyileştirmelerin büyük kısmında konut kullanıcılar tarafından kullanılmaya devam etmiştir.

İncelenen örnekler çoğunlukla soğuk iklim bölgesinde bulunduğu için yüksek ısı yalıtımı uygulanarak cephenin ısıl performansı artırılmıştır. Fakat özellikle sıcak iklim bölgelerinde ısı yalıtımı iç ortam sıcaklığını ve dolayısıyla soğutma için

harcanan enerjiyi artıracak için istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle, güneşten gelen ısı enerjisinin ihtiyaç olan zaman ve miktarda iç ortamda kullanılması ya da bu ısı enerjiden korunmak amacıyla kullanılan ısı kütlesi stratejisinin uygulanması gereklidir.

Türkiye’de incelenen örnekler sonucunda, Türkiye’de mevcut binaların uygulanan cephe iyileştirme yöntemleriyle nSEB olabileceği görülmüştür. Ankara Pasif evinde ve GAP Enerji Verimliliği Danışmanlığı ve Kuluçka Merkezi’nin iyileştirilmesinde uygulanan iyileştirme yöntemleri, binaların nSEB seviyesine ulaşması için yeterli olmuştur. Ayrıca, bu yöntemler yurtdışında uygulanan yöntemler ile benzerlik göstermektedir. Dolayısıyla, Türkiye’deki konutların cepheleri gerekli ölçütler göz önünde bulundurularak iyileştirilirse, konutların nSEB ya da NSEB seviyesine ulaşmasının mümkün olduğu görülmüştür. Buna karşın, Türkiye’de beş iklim bölgesinin bulunduğu göz önüne alındığında bu stratejilerin sadece belirli bölgelerdeki konutlar için uygulanabileceği görülmüştür. Bu nedenle, Türkiye’deki her iklim bölgesi için farklı cephe iyileştirme stratejileri geliştirilmelidir.

Ayrıca, Türkiye’deki enerji mevzuatlarının ve standartlarının NSEB seviyesini karşılayacak düzeyde olmadığı ve ekonomik destek ve teşvikler konusunda yetersiz olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu etkenler, NSEB’lara ulaşmayı zorlaştırmaktadır. NSEB’ların Türkiye’ye uyarlanması için enerji ve ekonomi politikalarının artırılarak iyileştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu konu hakkında yapılmasına ihtiyaç duyulan araştırma ve çalışmalar genel olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Türkiye’deki eksikliklerin tespitinde uygulamaların artırılması ve değerlendirilmeleri yapılabilir.
- Türkiye’deki NSEB uygulamaları farklı iklim bölgelerinde eş zamanlı yürütülüp değerlendirilebilir.
- Sıcak iklim bölgelerinde NSEB’lara yönelik yapılan çalışmalar artırılabilir.
- Uygulamalar ilk olarak, akademik teşviklerle akademik çalışmalar olarak yapılabilir.
- Uygulamalarda dijital teknolojilerin kullanımından yararlanılabilir.
- NSEB uygulamalarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı araştırılabilir.

- NSEB'lar için standartlar oluşturulabilir.
- NSEB iyileştirmeleri için paket programlar geliştirilebilir.
- NSEB'lara yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri artırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] YEGM, (2018), Ulusal enerji verimliliği eylem planı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.
- [2] Xu W., Zhang S., (2018), "APEC Nearly (Net) Zero Energy Building Roadmap", Technical Report, APEC Energy Working Group, China.
- [3] Economidou M., Todeschi V., Bertolli P., D'Agostino D., Zangheri P., Castellazzi L., (2020), "Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings", Energy Build, 225, 110322.
- [4] Michelsen C. C., Madlener R., (2012), "Homeowners' preferences for adopting innovative residential heating systems: A discrete choice analysis for Germany", Energy Economics, 34 (5), 1271-1283.
- [5] Aydın Ö., (2019), "Binalarda enerji verimliliği kapsamında yapılan projelerin değerlendirilmesi: Türkiye örneği", Mimarlık ve Yaşam, 4 (1), 55-68.
- [6] Güven S., Pekmezci P., (2016), "Konutlarda Enerji Verimliliği", Tüketici Yazıları, Tüketici ve Çevre Eğitim Vakfı (5), 61-100.
- [7] Torcellini P., Pless S., Deru M., Crawley D., (2006), "Zero Energy Buildings: A Critical Look at The Definition", Technical Report, National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO, USA.
- [8] Marszal A. J., Heiselberg P., Bourrelle J. S., Musall E., Voss K., Sartori I., Napolitano A., (2011), "Zero Energy Building—A review of definitions and calculation methodologies", Energy Build, 43 (4), 971-979.
- [9] Deng S., Wang R. Z., Dai Y. J., (2014), "How to evaluate performance of net zero energy building – A literature research", Energy, 71, 1-16.
- [10] Wu W., Skye H. M., (2021), "Residential net-zero energy buildings: Review and perspective", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 142, 110859.
- [11] Hasan A., (2011). "Optimal design of net zero energy buildings", World Renewable Energy Congress, 1845-1852, Linköping, Sweden, 8-13 May.
- [12] Roudi F., (2015), "Understanding Net Zero Energy Building Concept Through Precedents from Different Climate Zones", Master's Thesis, Eastern Mediterranean University.
- [13] Evola G., Margani G., (2014), "Energy retrofit towards Net ZEB application of BIPV on an apartment block in Southern Italy", 48th International Conference of the Architectural Science Association, Genoa, Italy.

- [14] Höfler K., Knotzer A., Venus D., (2015), "Renovation concepts for net zero energy buildings–best practice residential building Kapfenberg/Austria", *Advances in Building Energy Research*, 9 (1), 107-119.
- [15] Konstantinou T., Guerra-Santin O., Azcarate-Aguerre J., Klein T., Silvester S., (2017). "A zero-energy refurbishment solution for residential apartment buildings by applying an integrated, prefabricated façade module", *Proceedings of the PowerSkin Conference*, , 231-240, Munich, Germany.
- [16] Pihelo P., Kalamees T., (2019). "Commissioning of thermal performance of prefabricated timber frame insulation elements for nZEB renovation", *MATEC Web of Conferences*, 02004.
- [17] Caskey S. L., Bowler E. J., Groll E. A., (2016), "Analysis on a net-zero energy renovation of a 1920s vintage home", *Science and Technology for the Built Environment*, 22 (7), 1060-1073.
- [18] Mørck O. C., (2016), "Concept development and technology choices for the More-Connect pilot energy renovation of three apartment blocks in Denmark", *Energy Procedia*, 96, 738-744.
- [19] IEA, (2010), "Towards Net Zero Energy Solar Buildings, Task 40/Annex 52", *Technical Report*, International Energy Agency.
- [20] Göksal Özbalta T., (2019). "Yaklaşık sıfır enerjili binalar ve yerleşimler", 8. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, Mersin, 08-09 Kasım.
- [21] Zafer U., Tekin S., (2013). "Yeşil bina uygulamalarında net sıfır enerjili binaların tasarım parametrelerinin belirlenmesi", 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1613-1621, İzmir, 17-20 Nisan.
- [22] Tombak E. T., Hozatlı B., (2019). " Yaklaşık sıfır enerjili binaların Avrupa Birliği'nde uygulanma süreci ve Türkiye'ye uygulanabilirliği", 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 210-227, İzmir, 17-20 Nisan.
- [23] Web 1, (2021), <https://www.turkiye.zerobuild.org/?lang=tr>, (Erişim Tarihi: 05/04/2021).
- [24] Web 2, (2021), <https://ekoik.com/2021/05/31/belediyeler-sifir-enerji-binalar-donusumunde-oncu-olmali/>, (Erişim Tarihi: 15/06/2021).
- [25] Voss K., Sartori I., Napolitano A., Geier S., Gonçalves H., Hall M., Heiselberg P., Widén J., Candanedo J. A., Musall E., (2010). "Load matching and grid interaction of net zero energy buildings", 8th International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings, Graz, Austria.
- [26] Sartori I., Napolitano A., Marszal A. J., Pless S., Torcellini P., Voss K., (2010). "Criteria for definition of net zero energy buildings", *International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings (EuroSun 2010)*.

- [27] Piderit M. B., Vivanco F., Van Moeseke G., Attia S., (2019), "Net zero buildings—a framework for an integrated policy in Chile", *Sustainability*, 11 (5), 1494.
- [28] Hootman T., (2012), "Net Zero Energy Design: a Guide for Commercial Architecture", Edition, John Wiley & Sons.
- [29] Crawley D., Pless S., Torcellini P., (2009), "Getting to Net Zero", Technical Report, National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO, USA.
- [30] Attia S., (2018), "Net Zero Energy Buildings (NZEB): Concepts, Frameworks and Roadmap for Project Analysis and Implementation", Edition, Butterworth-Heinemann.
- [31] Conci M., (2014), "A Zero Energy Terminal Building for Amsterdam Airport Schiphol", Master Thesis, Delft University of Technology.
- [32] Manioğlu G., Koçlar Oral G., (2010). "Ekolojik Yaklaşımda İklimle Dengeli Cephe Tasarımı", 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İzmir, 15-16 Nisan.
- [33] Gazioğlu A., (2012), "Enerji Etkin Bina Tasarımında Isıtma Enerjisi Harcamalarını Azaltmaya Yönelik Bir İyileştirme Çalışması", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [34] Eley C., (2016), "Design Professional's Guide to Zero Net Energy Buildings", 1th Edition, Island Press.
- [35] Trachte S., De Herde A., (2010), "Advanced and Sustainable Housing Renovation, A Guide for Designers and Planners", Technical Report, International Energy Agency, Belgium.
- [36] Sudhakar K., Winderl M., Priya S. S., (2019), "Net-zero building designs in hot and humid climates: A state-of-art", *Case Studies in Thermal Engineering*, 13, 100400.
- [37] Kutlu R., (2019), "Bir tasarım ögesi olarak günışığı", *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 9 (2), 226-233.
- [38] Esen S., (2019), "Enerji Etkin Bina Tasarım Modeli", Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.
- [39] Mardiana-Idayu A., Riffat S. B., (2012), "Review on heat recovery technologies for building applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (2), 1241-1255.
- [40] Plaha A. S., (2006), "Zero Energy Architecture", Technical Report, Shri Mata Vaishno Devi University, India.
- [41] Shehadi M. (2020), "Net-zero energy buildings: principles and applications". In, "Zero-Energy Buildings New Approaches and Technologies", IntechOpen.

- [42] Aste N., Adhikari R. S., Pero C. D., (2011). "Photovoltaic technology for renewable electricity production: Towards net zero energy buildings", International Conference on Clean Electrical Power 446-450, Ischia, Italy, 14-16 June.
- [43] Laughton C., (2010), "Solar Domestic Water Heating: The Earthscan Expert Handbook for Planning, Design and Installation", 1th Edition, Routledge.
- [44] Hassan Q., (2021), "Evaluation and optimization of off-grid and on-grid photovoltaic power system for typical household electrification", Renewable Energy, 164, 375-390.
- [45] Eltawil M. A., Zhao Z., (2010), "Grid-Connected Photovoltaic Power Systems: Technical and Potential Problems—A Review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14 (1), 112-129.
- [46] Luo Y., Zhang L., Liu Z., Yu J., Xu X., Su X., (2020), "Towards net zero energy building: The application potential and adaptability of photovoltaic-thermoelectric-battery wall system", Appl Energy, 258, 114066.
- [47] Sukhatme S. P., Nayak J., (2017), "Solar Energy", 1th Edition, McGraw-Hill Education.
- [48] Maeda M., (2011), "How to Solar Power Your Home: Everything You Need to Know Explained Simply", 1th Edition, Atlantic Publishing Company.
- [49] Carcangiu S., Montisci A., (2012). "A building-integrated eolic system for the exploitation of wind energy in urban areas", International Energy Conference and Exhibition 172-177, 9-12 September.
- [50] Wang L., Greenberg S., (2015), "Window operation and impacts on building energy consumption", Energy Build, 92, 313-321.
- [51] Daly A., (2002), "Operable windows and HVAC systems", Heating/piping/air conditioning engineering, 74 (12), 22-30.
- [52] Ergöz Karahan E., (2014), "Konut kullanıcı davranışı ve enerji tüketimi: literatür değerlendirmesi", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13 (26).
- [53] Liu Z., Zhou Q., Tian Z., He B.-j., Jin G., (2019), "A comprehensive analysis on definitions, development, and policies of Nearly Zero Energy buildings in China", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 114, 109314.
- [54] UN, (2015), Paris Agreement, United Nations.
- [55] CPUC, (2008), California long term energy efficiency strategic plan, California Public Utilities Commission.

- [56] Lloyd G., (2019), "BC Energy Step Code Local Government Needs Assessment", Technical Report, University of British Columbia.
- [57] Feng W., Zhang Q., Ji H., Wang R., Zhou N., Ye Q., Hao B., Li Y., Luo D., Lau S. S. Y., (2019), "A review of net zero energy buildings in hot and humid climates: Experience learned from 34 case study buildings", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109303.
- [58] Lin Y., Zhong S., Yang W., Hao X., Li C.-Q., (2020), "Towards zero-energy buildings in China: A systematic literature review", *Journal of Cleaner Production*, 276, 123297.
- [59] Shim J., Song D., Kim J., (2018), "The economic feasibility of Passive Houses in Korea", *Sustainability*, 10 (10), 3558.
- [60] Sung U.-J., Kim S.-H., (2019), "Development of a passive and active technology package standard and database for application to zero energy buildings in South Korea", *Energies*, 12 (9).
- [61] Web 3, (2021), https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en, (Erişim Tarihi: 16/05/2021).
- [62] EC, (2003), Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings, European Commission.
- [63] Web 4, (2021), <https://nzeb.in/definitions-policies/international-roadmaps/germany-2/>, (Erişim Tarihi: 21/03/2021).
- [64] Thomsen K. E., (2014), "Danish plans towards nearly zero energy buildings", *Rehva Journal*, 51 (3), 6-8.
- [65] EC, (2017), Denmark's National Energy Efficiency Action Plan (NEEAP), European Commission.
- [66] DG, (2014), Strategy for Energy Renovation of Buildings: The Route to Energy-Efficient Buildings in Tomorrow's Denmark, Danish Government.
- [67] Web 5, (2021), <https://energiesprong.org/>, (Erişim Tarihi: 17.03.2021).
- [68] Gvozdenović K., (2014), "Roadmap to nearly zero energy buildings, towards nZEBs in 2020 in the Netherlands", Internshipreport RHDHV, TU Eindhoven, Eindhoven.
- [69] Web 6, (2021), <https://energiesprong.org/>, (Erişim Tarihi: 16/04/2021).
- [70] BNPNZEB, (2012), Implementation European Energy Performance of Building Directive, Brussels National Plan Nearly Zero Energy Buildings.
- [71] PHI, (2016), Step-by-step towards EnerPHit, Passive House Institute.

- [72] PHI, (2016), Criteria for the Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building Standard, Passiv House Institute.
- [73] Bastian Z., (2016), " Output file EnerPHit Retrofit Plan ", Technical Report, Germany.
- [74] Web 7, (2021), <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/>, (Erişim Tarihi: 03/05/2021).
- [75] Bac D., (2020), KfW Domestic Promotional Programmes for Energy Efficiency: Key Elements and Success Factors, Germany.
- [76] Dorendorf B., (2018), KfW Domestic Promotional Programmes for Energy Efficiency: Key Elements and Success Factors, Germany.
- [77] Kumar C., Friedler C., (2019), "Reinventing retrofit: How to Scale up Home Energy Efficiency in the UK", Technical Report, London.
- [78] Jacobs P., Leidelmeijer K., Borsboom W., Vliet M. v., Jong P. d., (2015), "Transition Zero", Technical Report, Netherlands.
- [79] Web8, (2021), https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/4.5_refurb_gomezonate.pdf, (Erişim Tarihi: 30/04/2021).
- [80] Laghi L., Aloysio G. D., (2017), "Abacus of Renovation Measures at Building and District Scale", Technical Report, European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme.
- [81] ResGaz 1, (2008), TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları 22 Mayıs 2008 tarih ve 26979 sayılı Resmi Gazete.
- [82] Turan Tombak E., (2017), "Binalarda Enerji Verimliliği ile İlgili Türk Mevzuatı", TTMD Dergi (108), 32-37.
- [83] ResGaz 2, (2013), TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Aralık 2013 tarihli Resmi Gazete.
- [84] ResGaz 3, 5627 Enerji Verimliliği Kanunu, 2 Mayıs 2007 tarih ve 26510 sayılı Resmi Gazete.
- [85] ResGaz 4, (2008), Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği, 5 Aralık 2008 tarih ve 27075 sayılı Resmi Gazete.
- [86] Web 9, (2021), <http://www.neteltek.com.tr/enerji-kimlik-belgesi>, (Erişim Tarihi: 03/04/2021).
- [87] YPK, (2010), Ulusal iklim değişikliği strateji belgesi 03.05.2010 tarih ve 2010/8 Sayılı Karar, Yüksek Planlama Kurulu.

- [88] ResGaz 5, (2010), Kentsel Gelişme Strateji Belgesi, 4 Kasım 2010 tarih 27749 sayılı Resmi Gazete.
- [89] ResGaz 6, (2012), Enerji Verimliliği Strateji Belgesi, 25 Şubat 2012 tarih ve 28215 sayılı Resmi Gazete.
- [90] ÇŞB, (2017), Stratejik plan 2018-2022, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [91] ÇŞB, (2012), Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı 2011-2023, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [92] ÇŞB, (2020), Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (nSEB) için Rehber Kitap, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [93] Yüksekaya T., (2017), "AB Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD) ile Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği arasındaki temel farklılıklar ve uyumu zorlaştıran nedenler", TTMD Dergisi (108).
- [94] Aykal F. D., Gümüş B., Akça Y. B. Ö., (2009). "Sürdürülebilirlik kapsamında yenilenebilir ve etkin enerji kullanımının yapılarda uygulanması", V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 19-22, Diyarbakır, 19-21 Haziran.
- [95] Estiri H., (2014), "Building and household x-factors and energy consumption at the residential sector: a structural equation analysis of the effects of household and building characteristics on the annual energy consumption of us residential buildings", Energy Economics, 43, 178-184.
- [96] TÜİK, (2017), Bölgesel İstatistikler, Türkiye İstatistik Kurumu.
- [97] TÜİK, (2013), İstatistiklerle Türkiye 2012, 59, Türkiye İstatistik Kurumu.
- [98] GFK, (2009), Türkiye'nin enerji verimliliği bilinci araştırması, GFK Türkiye.
- [99] Öz E. U., (2011). "Konutlarda enerji kullanım eğilimleri ve tüketimin çevre faktörleri ile ilişkisi, Bursa örneği", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 57-67, İzmir, 13-16 Nisan.
- [100] Keskin T., (2010), "Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu", Technical Report, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [101] TÜİK, (2011), Nüfus ve konut araştırması, Türkiye İstatistik Kurumu.
- [102] Ebbert T., (2010), "Re-Face: Refurbishment Strategies for the Technical Improvement of Office Façades", RWTH Aachen University of Technology.
- [103] Konstantinou T., (2014), "Façade Refurbishment Toolbox : Supporting the Design of Residential Energy Upgrades", Edition, Delft University of Technology.

- [104] Ding G., Ying X., (2019), "Embodied and operating energy assessment of existing buildings–demolish or rebuild", *Energy*, 182, 623-631.
- [105] Lupíšek A., Bureš M., Volf M., Hodková J., Nováček J., Hejtmánek P., Tywoniak J., (2015), "Development and testing of environmentally friendly envelope for energy efficient buildings in the Czech Republic", *Energy Procedia*, 78, 285-290.
- [106] YEGM, (2010), Hane Halkına Yönelik Enerji Verimliliği Araştırma Raporu, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.
- [107] Ma Z., Cooper P., Daly D., Ledo L., (2012), "Existing building retrofits: methodology and state-of-the-art", *Energy Build*, 55, 889-902.
- [108] Başarır B., Diri B. Ş., (2014), "Bina cephelerinin yenilenmesinde kullanılan stratejiler", 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İstanbul, 3 - 4 Nisan.
- [109] Martinez A., Patterson M., Carlson A., Noble D., (2015), "Fundamentals in façade retrofit practice", *Procedia Engineering*, 118, 934-941.
- [110] Patterson M., Vaglio J., Noble D., (2014), "Incremental façade retrofits: curtainwall technology as a strategy to step existing buildings toward zero net energy", *Energy Procedia*, 57, 3150-3159.
- [111] Koçu N., Dereli M., (2010). "Dış duvarlarda ısı yalıtımı ile enerji tasarrufu sağlanması ve detaylarda karşılaşılan sorunlar", 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İzmir, 15 - 16 Nisan .
- [112] Ebbert T., (2010), "Re-Face: Refurbishment Strategies For The Technical Improvement Of Office Façades", Doctoral Thesis, RWTH Aachen University of Technology.
- [113] Annex I, "Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings", Retrofit Module Design Guide, EMPA, Duebendorf, marzo.
- [114] Almeida M., Ferreira M., (2017), "Cost effective energy and carbon emissions optimization in building renovation (Annex 56)", *Energy Build*, 152, 718-738.
- [115] Häkkinen T., (2012), "Sustainable refurbishment of exterior walls and building facades: Final report, Part A-Methods and recommendations", Technical Report No: 9513878457, Finland.
- [116] TSE, (2000), TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü.
- [117] EST, (2007), "Cavity Wall Insulation in Existing Dwellings: A Guide for Specifiers and Advisors.", Technical Report, Energy Saving Trust.

- [118] TES, (2020), "Ventilated Facade ", Technical Report, Sesto San Giovanni, Italy.
- [119] Heikkinen P., Kaufmann H., Winter S., Larsen K., (2010), "TES EnergyFaçade–prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope", Technical Report, TES EnergyFaçade.
- [120] Tisov A., Veld P. o. t., Christensen F., Łukaszewska A., Dymarski P., Arnesano M., Dabek M., (2017), "State-of-the-art Report on Innovations for Deep Renovation: Deliverable Report 6.5", Technical Report, P2ENDURE.
- [121] Vance E., (2013), "Development of a Design-Phase Assessment Tool for Double Façades in Retrofit Applications", University of Waterloo.
- [122] Şenyurt S. U., Altın M., (2014). "Enerji etkin tasarımın çatı ve cephelere yansması", 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu İstanbul, 3-4 Nisan.
- [123] Çelebi G., (2002), "Bina düşey kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17 (3).
- [124] Karaca Ü. B., Setenay U., (2018), "Konut çatı ve cephelerinde farklı fotovoltaik sistem uygulamalarının değerlendirilmesi", Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19 (2), 65-76.
- [125] Zhang C., Wang J., Xu X., Zou F., Yu J., (2016), "Modeling and thermal performance evaluation of a switchable triple glazing exhaust air window", Appl Therm Eng, 92, 8-17.
- [126] Zhivov A., Lohse R., (2020), "Deep Energy Retrofit: A Guide to Achieving Significant Energy Use Reduction with Major Renovation Projects", 1th Edition, Springer.
- [127] CEE, (2015), "Window Retrofit Technologies Increased Energy Efficiency without Replacement", Technical Report, USA.
- [128] Smith N., Isaacs N., Burgess J., Cox-Smith I., (2012), "Thermal performance of secondary glazing as a retrofit alternative for single-glazed windows", Energy Build, 54, 47-51.
- [129] Hargrove C. A., (2017), "Energy efficiency considerations in window replacement projects", Construction Specifier, 70 (6), 38-48.
- [130] PHI, (2006), Windows for Passive Houses – Superior Quality of Transparent Components, Passive House Institute.
- [131] Arasteh D., Goudey H., Huang J., Kohler C., Mitchell R., (2006), "Performance Criteria for Residential Zero Energy Windows", Technical Report, Lawrence Berkeley National Laboratory, CA, USA.

- [132] Glazerite, (2016), "Triple Glazed Options For Enhanced Energy Efficiency: Achieves A+ Rating Requirements", Technical Report, The Glazerite UK Group Ltd.
- [133] Krick I. B., (2017), "Windows in Step-by-step Modernisations – First the Thermal Insulation, Then the Windows", Technical Report, Germany.
- [134] Yüceer S. N., (2010), "Yatay gölge elemanı tasarımına bir yaklaşım ve Adana örneği", Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27 (2), 1-13.
- [135] El-Darwish I., Gomaa M., (2017), "Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency", Alexandria Engineering Journal, 56 (4), 579-589.
- [136] Şahinoğlu S., (2012), "Gölge Elemanlarının Pencerenin Isıtma/Soğutma Enerjisi ve Görsel Konfor Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [137] Stack A., Goulding J., Lewis J. O., (2000), "Shading systems: Solar Shading for the European climates", 1th Edition, European Commission.
- [138] Baba F., Ge H., (2016), "Dynamic effect of balcony thermal bridges on the energy performance of a high-rise residential building in Canada", Energy Build, 116, 78-88.
- [139] Susorova I., Stephens B., Skelton B., (2019), "The effect of balcony thermal breaks on building thermal and energy performance: field experiments and energy simulations in Chicago, IL", Buildings, 9 (9), 190.
- [140] Yaman Ö., Şengül Ö., Selçuk H., Çalikuş O., Kara İ., Erdem Ş., Özgür D., (2015), "Binalarda ısı yalıtımı ve ısı yalıtım malzemeleri", Türkiye Mühendislik Haberleri, 487 (4), 62-75.
- [141] Şimşek Z., (2019), "Konut yapılarında kullanılan ısı yalıtım malzemelerin incelenmesi", Technological Applied Sciences, 14 (4), 147-162.
- [142] ÇŞB, (2015), Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [143] Schiavoni S., D'Alessandro F., Bianchi F., Asdrubali F., (2016), "Insulation materials for the building sector: a review and comparative analysis", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62, 988-1011.
- [144] Web 10, (2021), <https://www.izoguard.com.tr/keten-yalitim>, (Erişim Tarihi: 25/05/2021).
- [145] Bayraktar D., Bayraktar E., (2016), "Mevcut binalarda ısı yalıtımı uygulamalarının değerlendirilmesi", Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (1), 59-66.

- [146] Web 11, (2021), [https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/ekspande-polistiren-\(eps\)](https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/ekspande-polistiren-(eps)), (Erişim Tarihi: 16/05/2021).
- [147] Web 12, (2021), <http://www.xpsturkiye.org/foto-galeri.asp?Sayfa=3>, (Erişim Tarihi: 26/05/2021).
- [148] Cüce P. M., Güçlü T., Beşir A. B., Cüce E., (2019), "Enerji verimli binalar için sürdürülebilir ve çevre dostu pencere ve cam teknolojileri: son gelişmeler ve uygulamalar", Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 24 (3), 503-522.
- [149] Sev A., Gür V., Özgen A., (2004). "Cephenin vazgeçilmez saydam malzemesi cam", 2. Ulusal Yapı Malzemeleri Kongresi, 6-8, İstanbul, 06 - 08 Ekim.
- [150] İlhan Y., Aygün M., (2005). "Cephe sistemlerinde kullanılan yalıtım camı kombinasyonları", Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, 25-26.
- [151] Ayçam İ., Utkutuğ G., (1999). "Farklı malzemelerle üretilen pencere tiplerinin ısı performanslarının incelenmesi ve enerji etkin pencere seçimi", IV Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 61-73, İzmir, Kasım.
- [152] Carmody J., Haglund K., (2012), "Measure Guideline: Energy-Efficient Window Performance and Selection", Technical Report, National Renewable Energy Lab., Golden, CO, USA.
- [153] Arasteh D., Selkowitz S., Apte J., LaFrance M., (2006), "Zero Energy Windows", Technical Report, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA ,USA.
- [154] Kazanasmaz T., Diler Y., (2011), "Gelişmiş Cam Teknolojileri ile Enerji Etkinliğin Değerlendirmesi", İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.
- [155] Chae Y. T., Kim J., Park H., Shin B., (2014), "Building energy performance evaluation of building integrated photovoltaic (BIPV) window with semi-transparent solar cells", Appl Energy, 129, 217-227.
- [156] Web 13, (2021), https://www.reynaers.co.uk/en-UK/fabricators/product-selector-0?f%5B0%5D=product_group%3A113077, (Erişim Tarihi: 17/05/2021).
- [157] Web 14, (2021), <https://database.passivehouse.com/en/components/list/window>, (Erişim Tarihi: 17/05/2021).
- [158] Karakurt H. S., (2008), "Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Doğrama Seçeneklerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- [159] Web 15, (2021), <https://www.yapikatalogu.com/kaba-yapi/duvar-bilesenleri>, (Erişim Tarihi: 01/06/2021).
- [160] Gr N. V., Deniz ., Ekinci S., (2012). "Kagir yığma duvarlarda taşıyıcı malzeme ve bileşenler", 6. Ulusal atı & Cephe Sempozyumu, 1-10, Bursa, 12-13 Nisan.
- [161] BİMSANDER, (2006), "Bims (Pomza) Alt Sektör Raporu", Technical Report, Bims Sanayicileri Derneği.
- [162] Köse H., Pamukçu ., Yalçın N., Seçer T., (1997). "Pomza ve yapı malzemesi olarak kullanım olanakları", Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17, İzmir, Ekim.
- [163] Web 16, (2021), <https://www.nuhyapi.com.tr/gazbeton/>, (Erişim Tarihi: 01/06/2021).
- [164] zer M., (1984), "Yapılarda Isı-Su Yalıtımları", 1th Edition, zer.
- [165] Koca G., As N., Arıoğlu N., (2014). "Ahşap dış cephe kaplama elemanları", 7. atı ve Cephe Sempozyumuİstanbul, 3 - 4 Nisan.
- [166] Ağırbasar . F., (2006), "Dış Duvar Kaplama rnlerinin Seçiminde rn Bilgilerinin Düzenlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [167] Web 17, (2021), <https://alutem.com.tr/k/seramik-cephe-kaplama/>, (Erişim Tarihi: 05/04/2021).
- [168] Web 18, (2021), <https://plywoodkontrplak.com/urun-kategori/kontrplak/>, (Erişim Tarihi: 27/05/2021).
- [169] Yağlı S., (2019), "Teknolojik Gelişmelerin Etkisi İle Yüzeylerde Malzeme Kullanımı: Akıllı Malzemeler", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- [170] Web 19, (2021), <http://www.trapeztrifon.com/>, (Erişim Tarihi: 28/05/2021).
- [171] Demirarslan S., (2004). "Plastik malzemenin özellikleri ve inşaat sektöründeki kullanım yerleri", 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 173-184, İstanbul, 6 - 08 Ekim.
- [172] etinel E., (2012), "Tarihsel Süreç İçinde Dış Cephe Kaplama Malzemelerinin Isı Yalıtımı Açısından İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [173] Web 20, (2021), <https://www.gnyapi.com.tr/yali-baski-mantolama-uygulamalari/>, (Erişim Tarihi: 29/05/2021).
- [174] Eşsiz ., (2004). "Teknolojinin cam cephe panellerine getirdiği yenilikler", 1.Ulusal atı ve Cephe Kaplamalarında ağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, 73-82, İstanbul, 2-3 Nisan.

- [175] Web 21, (2021), <https://www.yapimall.com.tr/tr/urunler/cam-tugla>, (Erişim Tarihi: 30/05/2021).
- [176] Web 22, (2021), <https://www.saykonyapi.com/icerik/silikon-giydirme-cephe-sistemi>, (Erişim Tarihi: 30/05/2021).
- [177] Web 23, (2021), http://www.turkuazcam.com.tr/turkuaz_blues.asp, (Erişim Tarihi: 30/05/2021).
- [178] Toydemir N., Gürdal E., Tanaan L., zkal S., Doymuş N., Ciravoğlu ., (2000), "Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme", 1th Edition, Literatür Yayınları.
- [179] Baş B., (2009), "Lateks Katkılı Sıva Harçlarının zellikleri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [180] Zimmerman M., (2012), "Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings", Technical Report, United Kingdom.
- [181] Grischott N., Kmpfen B., Naef R., (2011), "An Innovative Prefabricated Retrofit System For Low Energy Renovations - Case Study: Apartment Building", Technical Report, Segantınistrasse 200, Zurich.
- [182] IEA, (2014), "Shining Examples of Cost-Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56)", Technical Report, Portugal.
- [183] Moerck O., Lohse R., Zhivov A., (2015), "Deep Energy Retrofit – Case Studies: Business and Technical Concepts for Deep Energy Retrofit of Public Buildings", Edition, International Energy Agency.
- [184] Web 24, (2021), <https://www.nussmueller.at/en/project/sanierung-johann-boehm/>, (Erişim Tarihi: 01/06/2021).
- [185] Voss K., Musall E., (2013), "Net Zero Energy Buildings: International Projects of Carbon Neutrality in Buildings", 2nd Edition, Walter de Gruyter.
- [186] Kagerer F., Herkel S., (2007), "IEA – SHC Task 37 - Advanced Housing Renovation with Solar & Conservation - Project Summary: Apartment Building Blaue Heimat", Technical Report, Heidelberg.
- [187] Web 25, (2021), <https://gerstner-hofmeister.de/?p=2339>, (Erişim Tarihi: 06/06/2021).
- [188] Campanella L., (2014), "Net Zero Energy Buildings: An Italian Case Study. Analysis of The Energy Balance and Retrofit Hypothesis In Order To Reach The Net Zero Energy Target", Doctoral Thesis, Universit degli Studi di Palermo.

- [189] Van Oorschot J. A. W. H., (2017), "State Of The Art Deep Renovation Concept with Modular Prefabricated Facade And Roof Panels: Experiences From The Netherlands", Technical Report, Netherlands.
- [190] TE, (2018), "Energiesprong: A Dutch Approach to Deep Energy Retrofits and Its Applicability to the New York Market, Final Raport", Technical Report, Newyork.
- [191] Web 26, (2021), <http://www.spechtarchitecten.nl/werk/woningverbetering-paddepoel-stroomversnelling/>, (Erişim Tarihi: 05/06/2021).
- [192] Marchi F., Dall'Oro L., Duce E., (2019), "Deliverable 5.2 Case Studies Results", Technical Report.
- [193] Web 27, (2021), <https://redcat-architecture.com/energiesprong-hem>, (Erişim Tarihi: 10/04/2021).
- [194] Smith A., (2018), Energiesprong – the Dutch system that could rescue Britain’s social housing, CIBSE Journal.
- [195] Web 28, (2021), <https://www.studiopartington.co.uk/nottinghamch2050>, (Erişim Tarihi: 05.04.2021).
- [196] Dean E., (2020), "Zero Net Energy Case Study Homes", 2nd Edition, Southern California Edison.
- [197] Web 29, (2021), <https://verdicalgroup.com/the-perlita-passive-house-journey-part-i-beginnings/>, (Erişim Tarihi: 05/06/2021).
- [198] Gaucher X., (2019), Perlita House: The first passive house building in Los Angeles, Home Energy Magazine.
- [199] Web 30, (2021), <https://living-future.org/lbc/case-studies/perlita-passive-house-la/>, (Erişim Tarihi: 05/06/2021).
- [200] Web 31, (2021), <https://www.frugalhappy.org/blog/2019/11/14/project-timeline>, (Erişim Tarihi: 05/06/2021).
- [201] Gurcan T. S., (2020), "GAP Energy Efficiency and Consultant Incubation Center", Technical Report, Passive House Institute.
- [202] Web 32, (2021), <https://sepev.org/>, (Erişim Tarihi: 13/06/2021).
- [203] ATS, (2017), "Türkiye’nin Üçüncü Pasif Evi ", Austro Times Dergisi (13).

ÖZGEÇMİŞ

Özge ŞENEL 2014 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümünü 2018 yılında başarıyla tamamladı. 2019 yılından beri yüksek lisans eğitimini Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında sürdürmektedir.

EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Şenel Ö., Güzelçoban Mayuk S., (2021), “Net sıfır enerjili binalar için mevcut konut cephelerindeki iyileştirme yöntemlerinin araştırılması”, 5. Uluslararası Akademik Araştırmalar Kongresi (ICAR), Tam Metin Bildiri Kitabı, 12-21, Online, 19-21 Nisan.