

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca benden desteğini esirgemeyen, değerli fikir ve eleştirileriyle bana yol gösteren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sibel MAÇKA KALFA'ya ilgisi, sabrı ve anlayışı için en içten teşekkürlerimi sunarım. Türkiye'de ki eğitim sürecimi destekleyen ve bana bu fırsatı sunan Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar'a (YTB) en derin şükranlarımı sunarım. Son olarak da tezimin tamamlanmasıyla ilgili sıkıntılı zamanımda bana ilham veren ve destekleyen aileme, arkadaşlarıma ve özellikle nişanlım Masiha RAUOFI'ya teşekkür ederim.

Mashhood SATTARI
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

“Yaklaşık Sıfır Enerjili Binaların (nZEB) Türkiye'de Uygulanabilirliği Üzerine Bir İnceleme” başlıklı bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca KTÜ - Fen Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırlanan bu Çalışmada yararlanılan kaynakların tümüne eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim. 14/10/2021.

Mashhood SATTARI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIV
1.GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. GİRİŞ.....	1
1.2. Literatür Araştırması.....	3
1.3. Çalışmanın Amacı.....	7
1.4. Çalışmanın Kapsamı.....	7
1.5. Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar (nZEB) ve Enerji Verimliliği.....	8
1.5.1. Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Tanımları.....	9
1.5.2. Yaklaşık Sıfır Enerji Bina Gereksinimleri.....	15
1.6. Yaklaşık sıfır Enerjili Bina Tasarım Stratejileri.....	17
1.6.1. Pasif Tasarım Stratejileri.....	19
1.6.2. Aktif Tasarım Stratejileri.....	22
1.6.3. Yenilenebilir Enerji Kullanımına Dayalı Stratejiler.....	23
1.7. Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalarla (nZEB) ile İlgili Yasal Mevzuatlar.....	25
1.7.1. Uluslararası Yasal Mevzuatlar (Kanun, Yönetmelik, Standart, Direktif, Yönetmelik vb.).....	27
1.7.2. Avrupa Birliği Kapsamındaki Yasal Mevzuatlar.....	30
1.7.3. Türkiye'deki Yasal Düzenlemeler.....	46
1.8. Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Tanımlaması İçin Hesaplanması Gerekli Kriterler ..	53
1.8.1. Birincil Enerji (BE).....	53

1.8.2.	Nihai Enerji (NE)	55
1.8.3.	Birincil Enerji Faktörü (BEF)	56
1.8.3.	Bina Birincil Enerji Tüketimi Hesaplaması	60
1.9.	Binaların Maliyet Etkinlik Performansını Belirlemek İçin Kullanılan Yöntemler .	77
1.9.1.	Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi (YDMA)	77
1.9.2.	Geri Ödeme Süresi Hesaplaması.....	81
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	82
2.1.	Yöntem.....	82
2.1.1.	Dünyada Uygulanmış ve Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Olarak Tanınlanmış Örnek Binaların İncelenmesi.....	83
2.1.2.	İncelenen Binalarda Uygulanmış nZEB Stratejilerinin Mevcut Binalara Uygulanması.....	109
2.1.3.	İncelenen nZEB Binaları Vasıtasıyla Belirlenen ve Mevcut Seçilen Binaya Entegre Edilecek Tasarım Senaryoları.....	110
2.1.4.	İklimsel Verileri	111
2.1.5.	Kullanılan Tasarım/Simülasyon Aracı.....	112
2.1.6.	Referans Bina.....	112
2.1.7.	Mevcut / Referans Binada Uygulanacak Tasarım Senaryolarının Oluşturulması	121
2.1.8.	Kullanıcı Senaryosu	124
2.1.9.	Pasif Tasarım Senaryoları	128
2.1.10.	Aktif Tasarım Senaryoları.....	129
2.1.11.	Hibrid Tasarım Senaryoları.....	131
2.2.	Enerji Simülasyonu Çalışması	131
2.2.1.	Pasif Tasarım Senaryoları ile İlgili Elde Edilen Sonuçlar	150
2.2.2.	Aktif Tasarım Senaryoları ile İlgili Elde Edilen Sonuçlar	153
2.2.3.	Hibrid Tasarım Senaryoları ile İlgili Elde Edilen Sonuçlar	154
3.	BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	157
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	163
5.	KAYNAKLAR	167
6.	EKLER.....	175

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

YAKLAŞIK SIFIR ENERJİLİ BINALARIN (nZEB) TÜRKİYE'DE UYGULANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE
BİR İNCELEME

Mashhood SATTARI

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sibel Maçka KALFA

2021, 174 Sayfa, 5 Sayfa EK

Günümüzde teknolojik gelişmeler ve nüfus artışı ile birlikte enerjiye olan talep gittikçe artmaktadır. Fosil tabanlı enerji kaynaklarının tükenmek üzere oluşu ve neden olduğu çevresel sorunlar özellikle bina sektöründe, bu enerji kaynaklarının kullanımının azaltılmasını zorunlu kılmıştır. Binalarda enerji tüketimlerinin azaltılmasına yönelik birçok yasal düzenleme mevcuttur. Bu düzenlemeler içerisinde yer alan nZEBs (Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar) konsepti, daha çok yeni binalara uygulanmaktadır. Ancak gelecek yıllardaki bina stoğunun önemli bir bölümünü mevcut binaların oluşturacağı düşünüldüğünde bu binaların enerji tüketimlerinin azaltılması son derece önemlidir.

Bu çalışma için Ankara'da konumlanan bir TOKİ konutu örnek bina olarak seçilmiştir. Seçilen binaya uygulanan nZEB tasarım stratejileri, dünyada nZEB olarak tanımlanmış örnek binaların analizi yapılarak belirlenmiştir. Tasarım stratejileri belirlendikten sonra seçilen referans bina modeli üzerinde, DesignBuilder enerji simülasyon programı kullanılarak gerekli kriterler hesaplanmıştır. Uygulama çalışmasında, seçilen TOKİ binasındaki bir daire ele alınmıştır. Daire içerisinde yıkmadan değiştirilebilecek tasarım stratejilerine odaklanılmış ve cam sistemleri, ısı yalıtım kalınlığı ve duvar yüzeylerine fotovoltaik panel uygulanmasıyla elde edilebilecek verim hesaplanmıştır. Toplam 108 senaryo simüle edilmiştir. Her bir senaryonun referans senaryoya oranla nZEB'e ne kadar yaklaşabildiği gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde referans senaryoya (referans bina) kıyasla toplam enerji tüketiminde yaklaşık 15-18 kWh/m² ile %3 - %4 arasında bir azalma fark edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina, TOKİ proje yenileme, Enerji Verimliliği

Master Thesis

SUMMARY

A REVIEW ON THE APPLICABILITY OF NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS (nZEBs) IN TURKEY

Mashhood SATTARI

Karadeniz Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architecture Graduate Program

Supervisor: Assoc. Dr. Faculty Member Sibel Maçka KALFA
2021 , 174 Pages, 5 Appendix Pages

Today, with technological developments and population growth, the demand for energy is increasing. The depletion of fossil-based energy sources and the environmental problems it causes have made it necessary to reduce the use of these energy sources, especially in the building sector. There are many legal regulations for reducing energy consumption in buildings. The concept of nZEBs (Near Zero Energy Buildings), which is included in these regulations, is mostly applied to new buildings. However, considering that the existing buildings will constitute a significant part of the building stock in the coming years, it is extremely important to reduce the energy consumption of these buildings.

For this study, a TOKİ residence located in Ankara was chosen as a sample building. The nZEB design strategies applied to the selected building were determined by analyzing the sample buildings defined as nZEB in the world. After the design strategies were determined, the necessary criteria were calculated on the selected reference building model by using the DesignBuilder energy simulation program. In the application study, an apartment in the selected TOKİ building was considered. The design strategies that can be changed in the apartment without demolition are focused and the efficiency that can be obtained by applying photovoltaic panels to the glass systems, thermal insulation thickness and wall surfaces has been calculated. A total of 108 scenarios were simulated. It has been observed how close each scenario can be to the nZEB compared to the reference scenario. When the results are examined, a decrease of approximately 15-18 kWh/m² and 3% - 4% in total energy consumption has been noticed compared to the reference scenario (reference building).

Key Words: nearly Zero Energy Building, TOKİ project renovation, Energy Efficiency

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	nZEB ve gerçek yaşamdaki teknolojik gereksinimler [25].	12
Şekil 2.	Trias Energetica ’konsept piramidi [27].	18
Şekil 3.	Pasif Ev standart sertifikasyonun üç sınıfı [5].	20
Şekil 4.	Pasif Ev Beş İlkesinin şematik görünümü [28,29].	22
Şekil 5.	Herhangi bir nZEB'de enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve iç mekan çevre.	25
Şekil 6.	nZEB düzenlemelerine farklı düzeylerde tarihsel bir bakış.	26
Şekil 7.	Farklı Üye Devletlerde yeni nZEB'leri destekleyen ana politikalar ve önlemler [44].	37
Şekil 8.	2018 Yılı Türkiye Birincil Arzı İçerisinde Kaynakların Dağılımı[49].	47
Şekil 9.	2018 Yılı Türkiye Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı[49].	47
Şekil 10.	Türkiye'nin Tüketilen Enerji Kaynakları[50].	48
Şekil 11.	(a) Birincil enerji örneği [53].	54
Şekil 12.	Birincil enerji örnekleri [54].	54
Şekil 13.	Bina ısıtma ve soğutma yükleri hesaplama yöntemleri	60
Şekil 14.	Binaların ısıtma ve soğutma yüklerini tahmin etmek için izlenen iş akış şeması [57].	62
Şekil 15.	Isıl denge denklemlerinin tek bölgeli yapı modelinde yazıldığı yapı elemanlarının şematik gösterimi.	63
Şekil 16.	ASHRAE ısı denge yöntemi akış şeması (bir bölgedeki ısıl	65
Şekil 17.	Enerji simülasyon uygulamalarının genel veri akışı.	69
Şekil 18.	Revit BIM'in DesignBuilder'a aktarılması:	75
Şekil 19.	Revit'ten DesignBuilder'a geçiş için veri şeması [67,68].	76
Şekil 20.	Metodoloji çalışma akışı [46].	76
Şekil 21.	Yapıda maliyet-etkililik performansı yöntemleri	77

Şekil 22.	İncelenen nZEB'lerde uygulanan aktif tasarım stratejileri.....	107
Şekil 23.	Daireli TOKİ C tipi konut projesi, Tipik kat planı.	113
Şekil 24.	Dairelik TOKİ C tipi konut projesinin A-A kesiti.....	114
Şekil 25.	TOKİ C tipi konut örnek formu.....	115
Şekil 26.	TOKİ C tipi konut modelinin güney cephesindeki örnek.....	116
Şekil 27.	TOKİ projesi 6. kat tipik planı.....	117
Şekil 28.	Örnek olayı çalışması 3D model.....	117
Şekil 29.	Vaka çalışması Kat Planı	118
Şekil 30.	Tasarım senaryoları parametre değişkenleri.....	122
Şekil 31.	Senaryo oluşturma metodolojisi.	123
Şekil 32.	Duvar güneş panelinin şematik çizimi.....	130
Şekil 33.	Duvar yüzeylerine güneş paneli kurulumunun 3 boyutlu çizimi [88].	131
Şekil 34.	REF Senaryosu	132
Şekil 35.	Senaryo 1-2-3.....	132
Şekil 36.	Senaryo 4-5-6.....	133
Şekil 37.	Senaryo 7-8-9.....	133
Şekil 38.	Senaryo 10-11-12.....	134
Şekil 39.	Senaryo 13-14-15.....	134
Şekil 40.	Senaryo 16-17-18.....	135
Şekil 41.	Senaryo 19-20-21.....	135
Şekil 42.	Senaryo 22-23-24.....	136
Şekil 43.	Senaryo 25-26-27.....	136
Şekil 44.	Senaryo 28-29-30.....	137
Şekil 45.	Senaryo 31-32-33.....	137
Şekil 46.	Senaryo 34-35-36.....	138
Şekil 47.	Senaryo 37-38-39.....	138
Şekil 48.	Senaryo 40-41-42.....	139
Şekil 49.	Senaryo 43-44-45.....	139
Şekil 50.	Senaryo 46-47-48.....	140
Şekil 51.	Senaryo 49-50-51.....	140
Şekil 52.	Senaryo 52-53-54.....	141

Şekil 53.	Senaryo 55-56-57.....	141
Şekil 54.	Senaryo 58-59-60.....	142
Şekil 55.	Senaryo 61-62-63.....	142
Şekil 56.	Senaryo 64-65-66.....	143
Şekil 57.	Senaryo 67-68-69.....	143
Şekil 58.	Senaryo 70-71-72.....	144
Şekil 59.	Senaryo 73-74-75.....	144
Şekil 60.	Senaryo 76-77-78.....	145
Şekil 61.	Senaryo 79-80-81.....	145
Şekil 62.	Senaryo 82-83-84.....	146
Şekil 63.	Senaryo 85-86-87.....	146
Şekil 64.	Senaryo 88-89-90.....	147
Şekil 65.	Senaryo 91-92-93.....	147
Şekil 66.	Senaryo 94-95-96.....	148
Şekil 67.	Senaryo 97-98-99.....	148
Şekil 68.	Senaryo 100-101-102.....	149
Şekil 69.	Senaryo 103-104-105.....	149
Şekil 70.	Senaryo 106-107-108.....	150
Şekil 71.	Enerji kazanımı ve kaybında camın etkisi	151
Şekil 72.	Enerji kazanma ve kaybetmede çerçevelerin etkisi	151
Şekil 73.	Enerji kazanımı ve kaybında camlar arasındaki gazların etkisi.....	152
Şekil 74.	Enerji kazanımı ve kaybında duvarların etkisi	153
Şekil 75.	Binada duvar güneş panellerinden enerji üretim hızı	154
Şekil 76.	REF Senaryosu	158
Şekil 77.	Senaryo 10-11-12 diğerleri arasında en iyi senaryo	159
Şekil 78.	Yeni binalarda yaklaşık sıfır enerjiye ulaşılması.....	165
Şekil 79.	Mevcut binalarda yaklaşık sıfır enerjiye ulaşılması	166

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Dünya Genelinde Sıfır Enerjili Bina Tanımları	10
Tablo 2.	YE Tedarik seçeneğine dayalı ve nZEB Tanımlarını uygulayan ZEB sınıflandırması [23].	13
Tablo 3.	nZEB'nin farklı AB iklim bölgelerinde enerji performansı için kriterler [26].	15
Tablo 4.	Bazı seçilmiş öncü ülkelerindeki nZEB performans eşiği için öneriler[5].	17
Tablo 5.	"Tras Energetica" kuralları ile nZEB tasarım ilkelerinin kombinasyonu [5,27]	19
Tablo 6.	Pasif ev standardının beş temel prensibi vardır.	21
Tablo 7.	ZEB Yenilenebilir Enerji Tedarik Seçenek Hiyerarşisi [33].	24
Tablo 8.	Avrupa Birliği direktifleri	30
Tablo 9.	Avrupa Birliği'nin Enerji Hedefleri [39,40].	32
Tablo 10.	EPBD'nin gerektirdiği ve Avrupa'da CEN düzeyinde kabul edilen kapsamlı ISO EPB standartları türü [42].	33
Tablo 11.	Avrupa Birliği Üye Devleti tarafından ulusal düzenleyici çerçevelerinde benimsenen nZEB olarak kabul edilen düzenleyici ve politika araçlarının özeti. [43]	35
Tablo 12.	Şubat 2018 itibarıyla CA ülkelerinde uygulamada nZEB tanımının ayrıntılı ulusal uygulamasının durumu.[45]	38
Tablo 13.	Türkiye'de enerji verimliliği politikalarının tarihsel gelişimi[3,51,52,].	51
Tablo 14.	Birincil enerji kaynağı.....	55
Tablo 15.	NE'nin ana enerji taşıyıcıları	55
Tablo 16.	EN-ISO 52000 'da tanımlanan Enerji Türleri terminolojisi[56].	57
Tablo 17.	nZEB'nin ana terminolojisi ve tanımları aşağıdaki gibidir:	58
Tablo 18.	Bina elemanları ve zona ait çözülmesi gereken ısı denge eşitlik sayısı	64
Tablo 19.	Isıl denge denklemlerini çözmek için gerekli veriler	67
Tablo 20.	Bina Enerji Simülasyon BES araçlarının karşılaştırma tablosu	72
Tablo 21.	Kısaca DesignBuilder yeteneklerinin özeti.	73
Tablo 22.	Altı genel kategoride yaşam döngüsü maliyeti (YDM) karşılaştırmaları[70].	78

Tablo 23.	Türkiye iklim bölgelerine en yakın özelliklere sahip ülkeler, nZEB tanımları ve bina tipleri karşılaştırması [25].	83
Tablo 24.	Hırvatistan'daki bir nZEB örneği	85
Tablo 25.	Danimarka 'daki bir nZEB örneği	86
Tablo 26.	Finlandiya 'daki bir nZEB örneği	89
Tablo 27.	Fransa 'daki bir nZEB örneği	91
Tablo 28.	Fransa 'daki bir nZEB örneği	92
Tablo 29.	Almanya 'daki bir nZEB örneği	94
Tablo 30.	İtalya 'daki bir nZEB örneği	96
Tablo 31.	İsveç 'daki bir nZEB örneği	98
Tablo 32.	Avusturya 'daki bir nZEB örneği	100
Tablo 33.	Belçika-FL 'daki bir nZEB örneği	101
Tablo 34.	On nZEB örneğinin değerlendirme tablosu.	104
Tablo 35.	Toplanan nZEB örneklerinde bina bileşenleri (duvar, pencere, çatı, zemin ve kapı)	109
Tablo 36.	Türkiye illerine göre önerilen ısı yalıtım levhası kalınlığı [76].	111
Tablo 37.	Ankara iklim verileri (DesignBuilder).	112
Tablo 38.	Mevcut bina kabuğunun termofiziksel özellikleri.	119
Tablo 39.	Yenileme sonrası önerilen fiziksel duvar inşaatı.	120
Tablo 40.	DesignBuilder verilerine göre bina simülasyon modelinde kullanılan çift ve üç camlı	121
Tablo 41.	DesignBuilder verilerine göre pencereleri Çerçevesinin termal performans kriterleri.	121
Tablo 42.	Seçilen malzemeler üzerinden kodlanmış senaryolar	124
Tablo 43.	Hanehalkı türüne göre hane oranı, 2020[84].	125
Tablo 44.	Örnek olay oluşturma (TOKİ) projeleri için varsayım [80 ve 83].	125
Tablo 45.	İki çocuklu ev tipi ile çekirdeksel için doluluk ve aktivite düzeyi programları	126
Tablo 46.	Elektrikli ev aletlerinin gücü ve çalışma süresi.	127
Tablo 47.	Aydınlatma gücü yoğunlukları.	128
Tablo 48.	Referans senaryoya göre ısı kaybı ve kazancı	155
Tablo 49.	Referans senaryoya göre ısı kaybı ve kazancı	156
Tablo 50.	Referans binası ve diğer 108 alternatif senaryonun çıktısı ve sonucu	160

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers / Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği
Ar	: Argon gazı
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method / Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu
BEP-TR	: Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesap Metodu
CIBSE	: The Chartered Institution of Building Services Engineers / Bina Hizmetleri Mühendisleri Kurumu
CO₂	: Carbon dioxide / Karbondioksit
DoE	: Department of Energy / ABD Enerji Bakanlığı
DHW	: Domestic Hot Water/ Merkezi sıcak su
EPBD	: Energy Performans of Building Directive
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning
K	: Kuzey
Kr	: Kripton gazı
kWh	: kilowatt saat (enerji birimi)
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design / Enerji Yönetimi ve Çevresel Tasarım
NZEB/NSEB	: Net Zero Energy Building/ Net Sıfır Enerjili Binalar
nZEB/nSEB	: nearly Zero Energy Building/ Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar
PCM	: Phase Change Materials/Faz değişim malzemeleri
PEB	: Positive Energy Building/Pozitif Enerji Binası
PH	: Passive House/ Pasif Ev
PV	: Fotovoltaik Panel
RE	: Renewable Energy/ Yenilenebilir Enerji
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı,
TS 825	: Türk Standard

1.GENEL BİLGİLER

1.1. GİRİŞ

Nüfus artışıyla birlikte bina stoğunda artış meydana gelmiş bu artış fosil tabanlı enerji kaynak kullanımlarını arttırmıştır. Fosil tabanlı enerji kaynak kullanımları sonucu çevreye yayılan zararlı emisyonlar küresel ısınmaya neden olmuştur. Küresel ısınma ile birlikte iklimsel dengesizlikler meydana gelmiş birçok çevresel sorun oluşmuştur. Enerji kaynaklarının bilinçsizce tüketimi, kaynakların azalmasına, tüketim sonrası karbon salınımı yoluyla çevre kirliliğine ve maddi kayıplara neden olmaktadır. Binalarda enerji tüketiminin, yaşam standartlarındaki değişim ve konfor koşulları düşünüldüğünde her yıl arttığı görülmektedir.

Bina sektörü, Avrupa'da toplam enerji kullanımının yaklaşık % 40'ını ve sera gazı emisyonlarının % 36'sını ve Amerika Birleşik Devletleri'nde birincil enerji kullanımının % 40'ını ve toplam elektrik kullanımının % 70'ini oluşturmaktadır [1,2]. Dünyada ve Türkiye'de enerji tüketiminin yaklaşık % 35-40'ı binalarda kullanılmaktadır. Kısaca söylemek gerekirse, Türkiye'deki konut, ticari ve kamu binalarını içeren inşaat sektörü, ülkenin toplam nihai enerji tüketiminin % 35'inden fazlasından sorumludur [3]. Türkiye, yılda % 2'ye ulaşan yüksek bir kentleşme oranına sahiptir. Bu, % 4'ün üzerinde yeni inşaat oranları ile hızla büyüyen bir bina stoğuna yol açmaktadır. Öngörülen gelecekte, konut stokunun 2015'teki yaklaşık 2,4 milyar m²'ye kıyasla 2050 yılına kadar yaklaşık 4,0 milyar m²'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu yeni binaların en iyi enerji verimliliği teknolojileri ile donatılması ve mevcut bina stokunun yenileme oranlarının hızlandırılması büyük önem taşıyacaktır.

Net Sıfır Enerji, net sıfır emisyon binası, odaklanılması gereken doğru bir model olarak görülmektedir. NZEB modellemesi, çok sayıda parametre ve kullanılabilen farklı yöntem modelleri nedeniyle karmaşıktır. Performans, ölçek ve zaman boyutlarında bir binanın enerji kullanımının sürekli olarak tahmin edilmesini, izlenmesini, kontrol edilmesini ve azaltılmasını sağlayarak binalarda performansa dayalı tasarım ve operasyonel dönüşüme izin vermek için yeni nesil ölçümler, süreçler ve araçlar geliştirilmelidir. Geleneksel tasarım yaklaşımları bu süreci yönetmek için yetersiz olduğundan, entegre bina tasarımı, çeşitli disiplinlerden çok sayıda

katılımcıyı ve aktörü içeren bu dinamik süreci yönetmek için daha verimli bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. İlk tasarım toplantısı ile başlayan ve binanın işletme ve bakım aşamalarına kadar devam eden proje paydaşları, entegre tasarım sürecinde aktiftir.

EPBD'nin en güncel versiyonunda, yeni inşa edilen tüm binaların Aralık 2020 itibariyle nZEB olması gerektiği bildirilmektedir. 2010 yılında Avrupa Birliği, 1990 seviyelerine kıyasla 2050 yılına kadar CO₂ emisyonlarının % 90'ını azaltmak için enerji tüketimini ve CO₂ emisyonlarını sınırlandırmak için Enerji Performansı Bina Direktifini (EPBD) kabul etti. Bu hedefe ulaşmak için Net-sıfır enerji binası, sera gazı emisyonunun azaltılmasına yönelik enerji verimliliği stratejilerinin önemli bir parçası haline gelmiştir.

Dünya nüfusu artarken ve doğal kaynaklar tehlikeli bir şekilde azalırken, Binalarda Enerji Performansına İlişkin Değişiklik Direktifi (Direktif 2010/31 / EC, EPBD Recast), AB Üye Devletlerin (MS) binaların enerji performansı için minimum gereklilikleri belirlemesini zorunlu kılmaktadır. EPBD Recast hedefleri kapsamında, 2020 yılına kadar uygun maliyetli konsept ile Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalara (nZEB) geçilmesi ve mevcut binaların maliyet etkin bir şekilde nZEB'e dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Bunun dışında, EPBD'nin 2010 yılında yeniden yayımlanmasının ardından, sıfır enerjili binalar daha fazla ilgi çekmiştir (EPBD 2010) [4].

Son olarak, 2050'deki bina stokunun %70'i hali hazırda mevcut olduğundan, mevcut yapıların yeni inşaatlarla birlikte güçlendirilmesi veya iyileştirilmesi yoluyla enerji tasarrufu sağlanması gerekecektir. Sonuç olarak, bu araştırmada, nZEB'lerin belirlediği hedefleri hızlı ve basit bir şekilde yerine getirmek için mevcut bir yapının bina kabuğunun güçlendirilmesine karar verilmiştir.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'de her ilde uygulanan TOKİ konut bloğu referans bina olarak seçilmiştir. Ankara'da konumlanan bu referans bina bloğunda güney yönünde olduğu varsayılan örnek bir dairenin enerji tüketimlerinin iyileştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Bu bağlamda yaklaşık sıfır enerjili binalara yaklaşabilmek için dünyada mevcut nZEB binalar incelenmiş, bu binalarda uygulanan tasarım senaryoları baz alınarak TOKİ konut bloğunda yer alan daireye uygulanmıştır. Mevcut referans dairede pencere ve duvar konstrüksiyonlarında yapılan değişimler ve duvarlara uygulanan fotovoltaik panellerle elde edilen enerji iyileştirilmesi hesaplanmış ve gerekli karşılaştırmalar, öneriler yapılmıştır.

1.2. Literatür Araştırması

2018-2020 yılları arasında, yaklaşık sıfır enerjili binalar ile ilgili bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan bazılarında, konunun öneminin ve özgün değerinin anlaşılması için aşağıda yer verilmiştir.

Shady Attia [5], nZEB'ler için kavramlar, çerçeveler ve kullanılan araçları analiz etmek için bir rehber oluşturmuştur. Attia'ya göre, nZEBs projesini yönetme, tasarlama ve uygulama konusunda profesyoneller arasındaki engel, aşağıdaki gibi üç ana ölçüm anlamına gelen "trias energetica" konseptinin yorumlanmasındaki eksikliklerdir. Bu konsept 3 ana unsurun uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bunlar;

1. İsrafin önlenmesi ve enerji tasarrufu önlemlerinin (ETÖ'ler) uygulanması ile enerji talebinin azaltılması,
2. Fosil tabanlı enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı,
3. En temiz fosil tabanlı enerji kaynaklarının verimli kullanılması'dır.

Maher Shehadi [6], net sıfır enerjili bir bina elde edebilmek için enerji tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak için HVAC sistemlerinin optimize edilmesi gerekliliği üzerine vurgu yapmaktadır. ABD Enerji Bakanlığı (DoE) tarafından; ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinde enerji kullanımını en aza indirmenin bir binanın toplam enerji faturasını % 17-20'sini azaltacağı tahmin edilmektedir.

Başka bir çalışmada Alessandro Claudi [7], Akdeniz ikliminin hakim olduğu Akdeniz Bölgesinde yer alan binaların nZEB hedeflerine ulaşabilmesi için, yönlenme, bina geometrisi, bina kabuğu elemanlarının yalıtım özellikleri ve enerji etkin malzeme kullanımına yönelik stratejilerin iyi planlanmasının, doğal havalandırmanın etkin kullanımının ve gölgeleme elemanları ve pasif soğutma sistemlerinin doğru seçilmesinin gerekliliği üzerinde durmaktadır. Bu çalışma için, biri referans diğeri mevcut bina olmak üzere iki bina seçilmiştir. Bu binalarda 21 Eylül-21 Mart tarihlerinde, 9:00 ve 15:00 saatleri için enerji simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçları pasif ev standartlarının Orta Avrupa için uygulanabilir olduğunu Akdeniz İkliminde bu standartlar ile pasif eve ulaşamayacağı sonucuna varılmıştır.

U. Stritih ve diğ erlerin'e [8] göre, faz değ iş tiren malzemeler (PCM'ler) ile termal enerji depolama sistemleri (TES) sistemleri, ticari ve konut binalarında enerji yönetimi için büyük ilgi görmektedir. Faz değ iş tiren malzemeler (PCM'ler) verimli bir pasif teknik olarak düşünölmektedir. Sıcak mevsimde, PCM'ler gün boyunca aş ırı ısıyı emebilir ve gece boyunca depolanan ısıyı serbest bırakabilmektedirler. Bu çalış mada, pasif sınıfa yakın bina uygulamalarına entegre olabilecek farklı PCM'lere sahip kompozit bir duvar dolgusu geliştiriliş ve analiz edilmiş tir. Duvarlarda kullanılan PCM'lerin bina enerji kullanımını günlük olarak azaltabileceğ i ve gelecekte net sıfır enerji binası (nZEB) hedeflerine ulaş ılmasına yardımcı olabileceğ ini görölmüş tür. Geliş tirilen PCM'li kompozit duvar konstrüksiyonu taş yünlü poliüretan panelden oluşturulmuş tur. Faz değ iş tiren malzeme olarak farklı tipler kullanılmış tir. Bu tipler karış ıma farklı oranlarda katılmış tir. Çalış ma sonucunda, taş yününün duvar gövde malzemesi ile poliüretan arasındaki soğ utma farklılığ ı 12.09 kWh / gün olmuş tur. Duvarın sadece ayrı PCM katmanı olarak değ il, bir bütün olarak çalış masına dikkat edilmelidir. Ayrıca, PCM tipini doğ ru bir ř ekilde seçmek için, PCM'in kullanıldığ ı duvarının iklimsel koş ullara dayanımının düşünölmesi gereklidir.

Fabrizio Ascione ve diğ erleri [9], güney İtalya'da Akdeniz iklimini (İtalyan iklim bölgesi C,1315HDD temel 20 °C) temsil eden tek ailelik bir evi "Benevento" Net Sıfır Enerji Binası (BNZEB) olarak adlandırmışlardır. Farklı şehirler için bu bina üzerinde enerji simölyasyonları gerçekleş tirmişlerdir. Bu ev üzerinde bir çok pasif ve aktif tasarım stratejilerini kullanarak Akdeniz İklimine sahip şehirlerde bu binanın uygun bir performans gösterdiğ ini saptamış tir.

Joao Francisco Walter Costa [10], Brezilya'da, sıcak iklimlerde NZEB uygulama stratejileri ış ığında mevcut binayı güçlendirme veya yenilemek amacıyla 244 katlı bir ofis binasını simöle etmiş tir. Çalış mada değ iş ken parametreler olarak; saydamlık oranı, bina kabuğu elemanları geometrik ve konstrüksiyonel özellikleri, yönlenme, HVAC sistemleri, ekipman, aydınlatma ve fotovoltaik panel kullanımı üzerine pasif aktif tasarım stratejileri belirlenmiş tir. Bu stratejilerin örnek ofis binasının enerji tüketimlerini ne oranda iyileş tireceğ i DesignBuilders ve PVSYST simölyasyon programları aracılığ ıyla elde edilmiş tir. Elde edilen bulgularda en verimli stratejinin enerji tüketimini %46 azaltacağ ı saptanmış tir. Stratejilere bakıldığ ında, pencerelerde solar ısı kazanç katsayısı 0.43'ten daha düşük olan camların güneş kırıcılar ile birlikte kullanıldığ ı alternatiflerin, %50 saydamlık oranına sahip bina için en iyi alternatif olduğu görölmüş tür.

Anna Magrini ve Giorgia Lentini [11]'e göre, nZEB'ye ulaşmakla birlikte aynı zamanda (PCM, VIP, akıllı cam, entegre fotovoltaik sistemleri) gibi gelişmiş malzeme ve teknolojiler dikkate alınarak Pozitif Enerji Binası (PEB) elde etmek de mümkündür. Çalışmada, bina kabuğunun ve sistemlerinin dikkatli ve entegre bir tasarımı ile binanın mevcut enerji tüketimlerinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanılabileceği ve enerji üretimiyle birlikte artan enerjinin kentsel şebekelerle paylaşılabilceği bir Nzeb konut binası tasarımı üzerine çalışılmıştır. Çalışma, bina kabuğunun ve HVAC sistemlerinin dikkatli bir şekilde tasarlanması ve boyutlandırılmasıyla binanın ihtiyaç duyacağı enerjiden çok daha yüksek yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi gerçekleştirilebileceğini göstermektedir. Bu enerji fazlası, binanın PEB potansiyelini göstermektedir. Sonuçlar, PEB'nin bölgede daha fazla yayılması için bir yol haritasının geliştirilmesini desteklemeye ve enerjiden bağımsız bölgelerin oluşturulmasını teşvik etmeye izin verebilir.

Fehmi TİĞLİ [12], mevcut yeşil bina konsepti ve net sıfır enerjili bina için entegre tasarım sürecini gözden geçirmiştir. Mevcut küresel ısınmanın nedenlerini inceleyen çalışmada; Enerji tasarruflu yeşil bina konseptinin nasıl ele alındığı, nasıl çalıştığını ve tasarıma nasıl yansıdığı, tasarımın hangi aşamalarında "Net Sıfır Enerjili Binalar için entegre tasarım sürecinin bir bilinen olarak mimari tasarım yöntemlerine alternatif yaklaşım olabileceği üzerinde durulmuştur. Çalışmada, bu kavramların ne kadar etkili olduğunu ele alınmış ve Mimari yöntemler, enerji verimli bina tasarımına yaklaşmak için yeterli mi? Yoksa yeni bir tasarım yöntemine ihtiyacımız var mıdır? Sorularına yanıt aranmıştır.

Ahmed Shahin [13], pasif ve aktif tasarım stratejilerini binaya entegre ederek bina enerji tüketimlerini optimize etmeye odaklanmıştır. Çalışmada yukarıda belirtilen stratejilerin binanın soğutma, ısıtma ve aydınlatma enerjileri üzerindeki etkisini analiz etmek için EnergyPlus'ın OpenStudio arayüzü kullanılmıştır. Bina yönlenmesi, gölgeleme sistemleri, cam sistemleri, pencere-duvar oranı, duvar tipleri ve çatı yalıtım malzemelerinin farklı varyasyonları bir ofis binası üzerinde kullanılmış ve bina simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarından bina enerji tüketimini iyileştiren senaryolar karşılaştırılmıştır.

Muhammed Sefa YILDIZ [14], sıfır enerjili akıllı ev yönetimi ile evin sadece yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden elektrik ihtiyacının değil, aynı zamanda evin tükettiği

tüm enerji türlerinin tüketiminde en aza indirgeneceğini göstermiştir. Bu çalışmada; güneş enerjisi hariç, sistemde kullanılacak ısı yalıtımı, güneş kolektörlerinden sıcak su temini, bina cephe sistemi seçimi, Trombe duvar konstrüksiyonu kullanımı, ışık rafları düzenlenmesi, ısı yalıtımlı pencere seçimi ve ısı pompası sistemlerinin birlikte kullanıldığı senaryolar oluşturularak enerji tüketimlerinin sıfırlanması üzerine çalışılmıştır. Sıfır enerjili bir ev ile akıllı bir evi bir araya getirmek; temiz, güvenilir, konforlu, lüks ve dışa dönük enerji olan bağımsız yeni bir otomatik kontrol sistemi tasarımıdır.

Reeta Kiran [15]., Norveç'te Net-sıfır enerji binasının (nZEB) durumu üzerine bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışma, Norveç inşaat sektörünün 2021'den itibaren NZEB'nin uygulanmasına hazır olup olmadığını araştırmaktadır. Çalışma, Örnek olay incelemesi ve belge analizi ve çevrimiçi anketle birlikte nitel ve nicel analizi sırasıyla içermektedir. Örnek olay incelemesinde, EPBD'nin yenilenmesi, ulusal bina kodları, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji yönetmeliği incelenmiştir. Çalışmada, Norveç inşaat sektörünün nZEB'nin uygulanmasına hazır olma durumu incelendi. Bu incelemede, mevzuat eksikliği, teknik sorunlar, ekonomik sorunlar, uygulayıcıların bilgi eksikliği gibi faktörlerin Norveç hükümetinin nZEB uygulamasında karşılaştığı zorluklar olarak tanımlandı.

Özetlemek gerekirse, yukarıdaki incelenen çalışmalar, dünyanın farklı bölgelerinin nZEB'lere yaklaşmak için farklı stratejilere ve yol haritalarına sahip olduğunu göstermektedir. Örneğin, bazı NZEB öncüleri binalardaki enerji tüketiminin çoğunluğunun HVAC ve kullanım sıcak suyu ile ilgili olduğuna inanırken, diğerleri binaya verimli bir bina kabuğu sağlamanın nZEB'e ulaşmada rol oynayabileceğine inanmaktadır. Tabii ki, teknik ve yetkin saha elemanları, nZEB'lere ulaşma konusunda kendi verimliliklerine sahiptir. Literatürün incelenmesi yoluyla, çok fazla çalışmanın bir veya iki faktöre baktığı ve yenilenebilir enerjilerin mevcut projelere entegrasyonunu dahil etmediği keşfedilebilir. Sonuç olarak, bu çalışmada nZEB standartlarını yerine getirmek için hem pasif hem de aktif yöntemleri içeren çok parametrelili bir çalışma yapılmasına karar verilmiştir.

1.3. Çalışmanın Amacı

"Enerji verimliliği" fikri, enerji kaynaklarının kullanımına odaklanmada bir dönüm noktası oluşturan 1970'lerdeki büyük petrol krizinin bir sonucu olarak ortaya çıktı. Binaların en büyük enerji kullanıcısı olması ve en fazla CO2 yayması, mimarları enerji verimli yapılar üzerinde yoğunlaşmaya sevk etti. Bu aynı zamanda dünyanın şu anki endişe verici seviyelerde küresel ısınma ve çevre kirliliği ile ilk kez karşı karşıya kaldığı süreçtir. Bu sorunla mücadele etmek için, bu çalışmada binalarda enerji tüketimini azaltmak amacıyla yüksek katlı konut binaları üzerinde bir uygulama çalışması yapılması kararlaştırılmıştır. Çalışmada yüksek katlı konut binasında (TOKİ Projeleri) seçilen bir dairede yıkmadan enerji tüketimini azaltacak pasif ve aktif tasarım stratejileri ile ne oranda nZEB'e yaklaşılabileceği ön görülmeye çalışılmıştır. Yüksek katlı konut bloklarında (TOKİ projeleri) farklı iklim bölgelerinde metrekare başına enerji tüketimini azaltmak için üretilecek senaryolarda, modelleme için Revit Architecture ve simülasyon için DesignBuilder enerji simülasyon programı kullanılmıştır. Araştırmacılara, literatür ve simülasyon sonuçlarını analiz ederek tasarlayacakları konut bloklarını nZEB'e uygun hale getirmek için stratejilerin önerildiği yol gösterici tablolar sunmak çalışmanın amacı olarak belirlenmiştir.

1.4. Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çalışmanın amacı ve kapsamı, enerji verimli binalar ve bunların nZEB tanımlarıyla ilişkisi, Türkiye ve dünyadaki nZEB stratejileri ve nZEB örnekleri açıklanmıştır.

İkinci bölümde çalışmanın yöntemi, Türkiye iklim verileri, referans bina, modelleme ve simülasyon yazılımlarına ilişkin farklı tasarım senaryoları ve maliyet hesaplamaları belirlenmiştir.

Üçüncü bölümde, farklı tasarım senaryoları sonucunda elde edilen bulguların tartışılması ve değerlendirilmesi.

Dördüncü bölümde, elde edilen sonuçlar üzerinden öneriler ve sonuçlara yer verilmiştir.

Beşinci bölümde çalışma sırasında kullanılan malzemeler ve veriler kaynak olarak verilmiştir.

1.5. Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar (nZEB) ve Enerji Verimliliği

İki kavrama ciddiyetle bakarsak; enerji verimli bina ve net sıfır enerji binası, her iki kavramın da amacının, insanoğlunu kesinlikle yeşil bir geleceğe götüren, üretilen enerjinin mantıklı tüketimi ile bina sektöründeki sera gazı emisyonlarının üstesinden gelmek veya azaltmak olduğu anlaşılabilir. Bununla birlikte, iki kavram aynı hedeflere sahiptir, ancak net sıfır enerji binası (NZEB) kavramı, enerji verimliliği sağlayan binanın eksiksiz bir paketi gibi görünmektedir. Başka bir deyişle, net sıfır enerjili bir bina enerji açısından verimli bir bina olabilir, ancak enerji açısından verimli bir bina bir nZEB olamaz. Hem nZEB hem de enerji verimli bina konseptleri, "Düşük enerjili bina" fikri ile ele alınabilir: bu genellikle yüksek seviyede bir bina yalıtımı, yüksek enerji verimliliğine sahip pencereler ve düşük seviyede hava sızdırmazlık ile tanımlanır. Genellikle mekanik bir havalandırma sistemine sahiptir.

En düşük enerjili bina, "Ultra Düşük Enerjili Bina" anlamına gelir ve ardından yenilenebilir enerji sistemlerinin eklenmesi, "Yaklaşık Sıfır Enerji" veya hatta "Net-Sıfır Enerji" veya "Artı-Enerji" binaları statüsünü getirebilir.

Constantin Ionescu ve Tudor Baracu'nun (2015) çalışmasına göre tarihsel bir bakış açısıyla dünya, M.Ö. 5500'den 2004'e kadar özel teknikler uygulayarak binalarda inşaat ve üretken enerji kullanımını açısından bir evrime tanık oldu. Bununla birlikte, Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü'nün (PIÜÖ) Arap devletleri üyeleri, petrol değerinde büyük bir artışa neden olan 1973 petrol krizinden sorumlu tutuldular.

George F. Keck, 1933'te Amerika Birleşik Devletleri'nde "Yarının Evi" ni inşa ederek, kış günlerinde saydam yüzeylerin iç ortamı nasıl sıcak tutacağını göstermiştir [16]. Buna ek olarak, Wayne Schick, 1976'da Illinois Üniversitesi'nde "Lo-Cal Evi" ni (Düşük Kalorili Ev) süper yalıtımlı, iki katma duvarlı, üçlü panel pencereli, hava sızdırmaz özelliklerde inşa etmiştir: [17,18]. William Shurcliff'in 1980 yılında yayınlanan makalesinde daha da geliştirilen "süper yalıtım" fikri desteklenmektedir.

1975 yılında Birleşik Krallık'ta Brenda ve Robert Vale, enerjide kendi kendine yeten, çevresel olarak sürdürülebilir, sürdürmesi nispeten basit ve geleneksel bir görünüme sahip konut alternatiflerinin tasarlanması için teknik bir kılavuz olan "The Autonomous House" konseptini yayınladılar. Ayrıca daha sonra bir "Yeşil Ev" fikrini de tanımladılar.

Almanya'da 1995-1996 yılları arasında Wolfgang Feist, PassivHaus Enstitüsü'nü kurdu ve Passivhaus Standardını tanımladı. Bu standarta göre, kapalı alan ısı talebi $\leq 15 \text{ kW h/m}^2/\text{y}$, hava sızdırmazlık basınç testi $n50 \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$, birincil enerji talebi (tüm enerji hizmetleri için) $\leq 120 \text{ kW h/m}^2/\text{y}$ küçük olarak ele alındı [19].

1979'da Hollanda'da Kees Duijvestein, enerji tasarruflu sürdürülebilir binalar tasarlamak için en eski tasarım yaklaşımı olan "Trias Energetica" yı geliştirdi. Bu tasarım yönteminin üç adımı vardır: (1) Enerji talebinin sınırlandırılması, (2) Sonlu fosil yakıtlar yerine güneş enerjisi, rüzgar veya jeotermal gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanılması, (3) yetersiz sürdürülebilir kaynak kullanımı fosil tabanlı enerji kaynağı olması durumunda olabildiğince verimli [5].

Pasif evin enerji verimli bina konseptinden ortaya çıktığı ve ardından pasif evin Net Sıfır Enerji Binasının (NZEB) çekirdeği olarak kabul edildiği görülmektedir. Günümüzün, Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri ve dünyadaki diğer birçok gelişmiş ülke, nZEB'lere ulaşmayı amaçlayan, Pasif ev standartlarından ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaktadır [20].

1.5.1. Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Tanımları

nZEB konseptini teşvik etmek için Sıfır Enerjili bina tanımlarının belirlenmesi çok önemlidir. Denge sınırları enerji muhasebesi için fiziksel eşiklerdir, nZEB kavramları ise enerji muhasebesi süreçleridir. Sonuç olarak, sıfır enerjili binalar kavramı hem sınırlar hem de ölçüler tarafından belirlenir. ABD Enerji Bakanlığı (DOE), SEB'ler (A) Net Sıfır Bölge Enerjisi için 4 tanım belirlemiştir. (A) Net Sıfır Site Enerjisi (B) Net Sıfır Kaynaklı Enerji. (C) Net Sıfır Enerji Maliyetleri. (D) Net Sıfır Enerji Emisyonları).

AB Bina Enerji Performansı Direktifi (EPBD), yedi iyi belgelenmiş (Yaklaşık) Net Sıfır Enerjili Binadan oluşan bir gruptan enerji verilerini analiz etmek için "Net Sıfır değerlendirme aracı" adlı özel bir araç oluşturdu ve NZEB için tanımları belirlemeye karar verdi, sadece dört tanım (A) Net SEB sınırlı, (B) Net SEB birincil, (C) Net SEB stratejik, (D) Net NZEB emisyonu seçilmiştir.

Sıfır enerjili binalar (ZEB'ler), kullanılan "enerji, maliyet, emisyonlar" metriğine ve elde edilen denge miktarına "net, neredeyse artı" göre çeşitli tanımlamalara sahiptir. Uluslararası enerji ajansı (IEA), AB Enerji Performansı Direktifi (EPBD), ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) ve akademisyenler tarafından benimsenen ana ZEB tanımlarının bir listesi Tablo 1'de özetlenmiştir.

Sonuç olarak, nZEB tipinin tanımlanması aynı zamanda sınırlarını da belirler ve bunun tersi de, bir binanın saha, kaynak, maliyet veya emisyon nZEB olup olmayacağını kontrol etmektedir.

Tablo 1. Dünya Geneline Sıfır Enerjili Bina Tanımları

Kuruluş Adı	Kavramlar	Tanımlar	Kaynak
IEA	Yaklaşık nZEB	Şebekeye bağlı, enerji açısından verimli bina, yüksek derecede yıllık enerji kullanımını ve ilgili besleme kredilerini kapsayan yerinde enerji üreten bina).	[21]
	Net NZEB binası	Bir yılda kullandığı kadar yerinde enerji üreten şebekeye bağlı, enerji verimli bina ve ilgili besleme kredileri)	
	Net artı enerji	Bir yılda kullandığı için daha fazla yerinde enerji üreten şebekeye bağlı, enerji verimli bina ve ilgili besleme kredileri)	
AB	Net NZEB sınırlı	Yıllık ısıtma, DHW, soğutma, havalandırma, yardımcı ve yerleşik aydınlatma (konut dışı binalar için) enerjilerini, yerinde veya dışındaki yenilenebilir kaynaklardan yerinde enerji üretimi ile dengeleyen enerji verimli bina.	[22]
	Net NZEB birincil	Yıllık ısıtma, DHW, soğutma, havalandırma, yardımcı donanımları ile aydınlatma ve prizlerini dengeleyen enerji verimli bina, yerinde veya saha dışı yenilenebilir kaynaklardan yerinde enerji üretimi ile enerji taleplerini yüklerken, statik ve simetrik birincil enerji faktörleri ise mümkün.	
	Net NZEB stratejik	Yıllık ısıtma, DHW, soğutma, havalandırma, yardımcıları, aydınlatma ve prizlerini dengeleyen enerji verimli bina, yerinde veya saha dışı yenilenebilir kaynaklardan yerinde enerji üretimi ile enerji taleplerini yüklerken, statik ve asimetric ağırlık faktörlerine göre değişiklik gösterir. enerji taşıyıcısına, enerji tedarik sistemi olarak tanımlanan teknoloji ve konumu.	

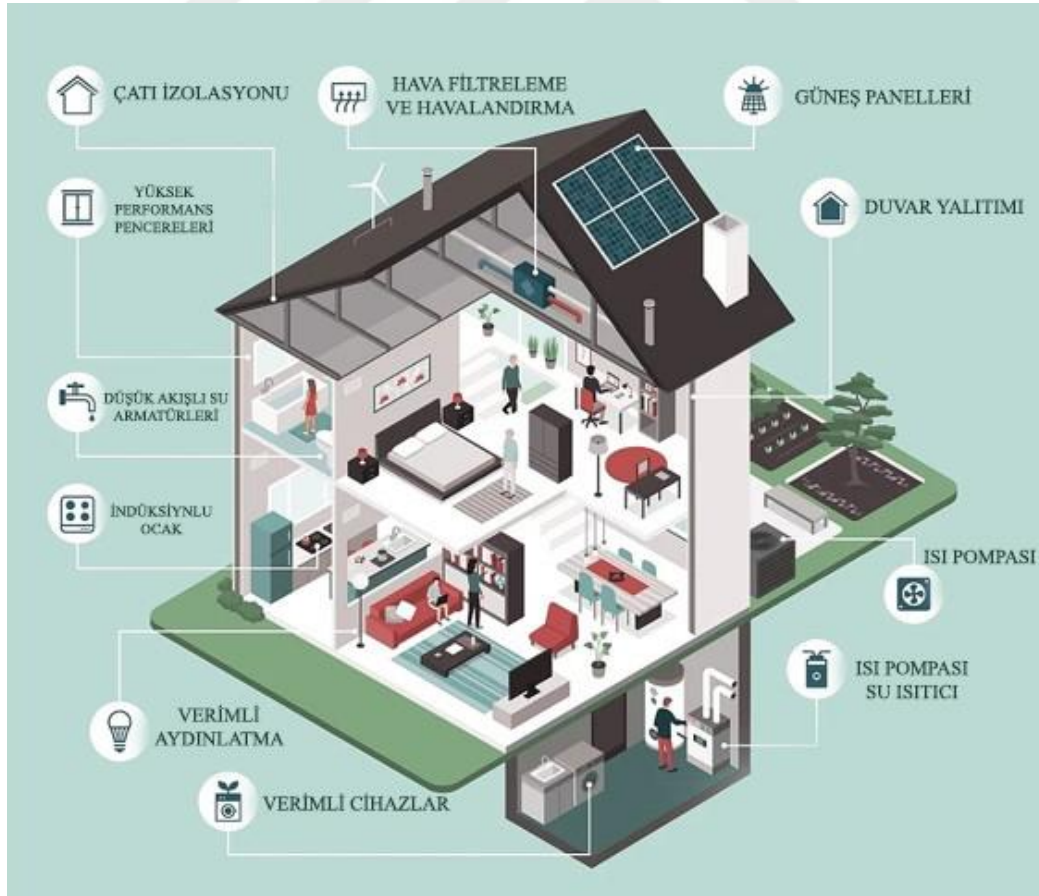
Tablo 1' in devamı

	Net NZEB emisyonu	Statik emisyon kullanarak saha içi veya dışı yenilenebilir kaynaklardan emisyonuz enerji üretimi ile ısıtma, DHW, soğutma, havalandırma, yardımcılar, aydınlatma ve fiş yükleri için enerji kullanımı nedeniyle CO ₂ eşdeğeri emisyonlarını dengeleyen enerji verimli bina enerji taşıyıcısına göre simetrik veya asimetrik olabilen faktörler, enerji tedarik sistemleri olarak tanıtılan teknolojiler ve konumları.	
ABD	Net Sıfır Site Enerjisi	Binanın enerji tüketimi, her yıl sahada hesaplanan yenilenebilir kaynaklardan elde edilen üretim ile dengelenir.	[23]
	Net Sıfır Kaynaklı Enerji	Binanın enerji tüketimi, yıllık olarak kaynağında hesaplanan yenilenebilir kaynaklardan elde edilen üretim ile dengelenir.	
	Net Sıfır Enerji Maliyetleri	Bina, enerji faturalarını, yıllık olarak şebekeye ihraç edilen enerji için şirketten aldığı para ile dengeliyor.	
	Net Sıfır Enerji Emisyonları	Bina, emisyon üreten kaynaklardan bina yıllık enerji tüketiminden kaynaklanan CO ₂ emisyonlarını dengelemek için emisyonuz yenilenebilir enerji üretiyor.	
NREL (UYEL)	NZEB	“NZEB, enerji ihtiyacı büyük ölçüde azaltılmış konut veya ticari bir binadır. Böyle bir binada verimlilik kazanımları, enerji ihtiyacı dengesinin yenilenebilir enerji teknolojileri ile sağlanmasını sağlar.”	[23]
EPBD	Yaklaşık SEB	“Bir bina, ihtiyaç duyulan çok düşük miktardaki enerjinin, yerinde veya yakınında üretilen yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji de dahil olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjiyle çok önemli ölçüde karşılandığı çok yüksek bir enerji performansına sahiptir.”	
Uzmanlar	Sıfır enerjili ev	“Sıfır enerjili ev, ticari olarak mevcut yenilenebilir enerji teknolojisini en son teknoloji enerji verimli inşaat teknikleriyle optimum şekilde birleştiren bir evden kullanılan terimdir.”	[5]
	Sıfır Enerji Evi	“Burada sıfır enerjili bir ev, fosil yakıtların tüketilmediği ve yıllık elektrik tüketiminin yıllık elektrik üretimine eşit olduğu bir ev olarak tanımlanıyor. Otarşik durumun aksine, elektrik şebekesi yıllık olarak dengelenmiş teslimat ve getirilerle sanal bir tampon görevi görüyor. ”	
	Net NZEB dengesi	“ Ağırlıklı tedarik - ağırlıklı talep = 0 ”	[24]

Tablo 1' in devamı

	<p style="text-align: center;">Enerji dengesinin ölçülmesi ve hesaplanması</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p>Aydınlatma</p> <p>Ekipmanlar</p> <p>Soğutma</p> <p>Pompalar / Fanlar</p> <p>Isıtma</p> <p>Sıcak su</p> </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>Net Taban alanı</p> </div> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">=</div> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">EKY</div> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">-</div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>Yenilenebilir</p> </div> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">=</div> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">0</div> <div style="text-align: center;"> <p>Net-Sıfır Enerji</p> </div> </div>	[5]
--	---	-----

nZEB'nin ne olduğuna ilişkin birçok tanım Tablo 1'de sağlanmış olsa da, nZEB'yi Şekil 1'de gösterildiği gibi dijitalleştirilmiş bir biçimde göstermemiz gerekmektedir.



Şekil 1. nZEB ve gerçek yaşamdaki teknolojik gereksinimler [25].

Bir bina, bir veya daha fazla nZEB tanımını karşılayacak şekilde tasarlanabilir, ancak her yıl net sıfır enerji konumunda çalışamayabilir. Bu nedenle, nZEB'ler hava durumuna, bina durumuna, operasyonlara ve diğer faktörlere göre değiştiğinden, nZEB'leri proje yerine göre sınıflandırmak gerekmektedir. Bir nZEB elde etmeye yönelik tüm çabaların değerli olmasına rağmen, kullanılan yenilenebilir enerji tedarik seçeneklerine ve karşılanan tanımlara dayalı olarak bir nZEB tanımlamalıyız.

Tablo 2 'de, nZEB sınıflandırma sistemi verilmiştir. nZEB: A Tüm enerji tüketimini, kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir kaynaklarla dengeleyen bir bina. Tesis içi yenilenebilir enerji kaynakları ve tesis dışı yenilenebilir enerji kombinasyonu (YEC) satın alımlarının bir kombinasyonu yoluyla nZEB tanımını karşılayan bir bina, nZEB: D olarak bilinir.

Bu sınıflandırmanın amacı, öncelikle bina sahiplerinin ve tasarımcıların tüm uygun maliyetli enerji verimli önlemleri ve ikinci olarak bina üzerinde bulunan yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilikleri kullanmalarını sağlamaktır.

Tablo 2. YE Tedarik seçeneğine dayalı ve nZEB tanımlarını uygulayan nZEB sınıflandırması[23].

nZEB Sınıflandırma	Tedarik Seçenek Numarası	nZEB Arz Tarafı Seçenekleri	nZEB Tanımları Karşılandı
	0	Enerji verimliliği ve talep tarafı yenilenebilir bina teknolojileri yoluyla sahada enerji kullanımını azaltın.	NA/ müsait değil
Yerinde Tedarik Seçenekleri			
A	1	Binanın kapladığı alan içinde bulunan ve binanın elektrik veya sıcak / soğutulmuş su dağıtım sistemine bağlı YE kaynaklarını kullanın.	EVET: Tesis, Kaynak, Emisyonlar Zor: Maliyet Potansiyel sorunlar: • Bir kaynağa veya emisyonlara ulaşmak, şebeke enerjisi kullanıldığında çarpanlar yüksek,

Tablo 2'nin devamı

		nZEB: B, nZEB: C veya nZEB: D kaynaklarına ihtiyaç duymadan bir nZEB pozisyonuna ulaşın	şebekeye ihraç edilirken düşükse, nZEB konumuna ulaşmak zordur.
B	2	nZEB:A kaynaklar da kullanılabilir ve binanın ayak izi dışında kalan, ancak yine de inşaat sahası içinde bulunan ve binanın elektrik veya sıcak / soğuk su dağıtım sistemine bağlı YE kaynakları kullanılabilir. nZEB: C veya nZEB: D kaynaklarına ihtiyaç duymadan bir nZEB pozisyonuna ulaşın	EVET: Tesis, Kaynak, Maliyet, Emisyonlar Zor: Maliyet Potansiyel sorunlar: • Bir kaynağa veya emisyonlara ulaşmak, şebeke enerjisi kullanıldığında çarpanlar yüksek ancak şebekeye ihraç edilirken düşükse nZEB konumuna ulaşmak zordur. • Bir maliyet nZEB olarak nitelendirmek, net ölçüm politikaları uygun değilse zor olabilir.
Site Dışı Tedarik Seçenekleri			
C	3	nZEB: A ve / veya nZEB: B kaynakları kullanılır (mümkün olduğu ölçüde) ve Binanın elektrik veya sıcak / soğutulmuş su dağıtım sistemine bağlı yerinde süreçler yoluyla enerji üretmek için saha dışında mevcut olan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanın. nZEB: D kaynaklarına ihtiyaç duymadan bir nZEB pozisyonuna ulaşın.	EVET: Site Zor: Kaynak, Maliyet, Emisyonlar Potansiyel sorunlar: • Bir kaynak veya emisyon nZEB konumuna ulaşmak, karbon nötr yenilenebilir kaynaklar kullanılıyorsa veya şebeke enerjisi kullanıldığında kaynak ve karbon çarpanları yüksek, ancak şebekeye ihraç edilirken düşükse zordur. • Maliyet nZEB olarak nitelendirmek, yenilenebilir malzemeleri saha dışına satın alma ve sürekli olarak sahaya taşıma maliyeti nedeniyle çok zordur.
D	4	nZEB: A ve / veya nZEB: B kaynakları kullanılır (mümkün olduğu ölçüde), nZEB: C kaynakları da kullanılabilir ve Satın alma, Green-E (2009) veya diğer eşdeğer YEC programlarından onaylanan tesis dışı YE kaynakları eklendi. nZEB statüsünü korumak için bu yeni kaynaktan nesli satın almaya devam edin	EVET: Kaynak, Emisyonlar NO: Site, Maliyet Potansiyel sorunlar: • Bir kaynağa ve emisyonlara ulaşmak nZEB pozisyonu, satın alınan YE'nin türüne ve miktarına bağlıdır. • Site olarak nitelendirmek ve nZEB maliyeti mümkün değildir.

1.5.2. Yaklaşık Sıfır Enerji Bina Gereksinimleri

AB'de nZEB için tek bir başarı derecesi olmasa da, bir dizi hedef vardır. İklim koşullarının ısıtma ve soğutma gereksinimleri üzerindeki etkilerinin yanı sıra enerji verimli ve temiz enerji kaynağı paketlerinin maliyet etkinliği esneklik gerektirir.

Şu anda nZEB birincil enerji kullanım göstergeleri için ulusal veya bölgesel standartlar olmamasına rağmen, AB düzeyinde sayısal kıyaslamaların uygulanması son derece faydalı olacaktır. Çoğunlukla, enerji gereksinimleri açısından kıyaslamalar verilir. Bunun altında yatan nedenler, enerji ihtiyaçlarının birincil enerjinin hesaplanmasında başlangıç noktası olması ve bu nedenle ısıtma ve soğutma için çok düşük seviyede enerji ihtiyacının yaklaşık sıfır birincil enerjili binalar için hayati ön koşul olmasıdır. Çok düşük enerji talepleri, çoğu zaman yenilenebilir kaynaklardan büyük bir enerji payı elde etmek için bir gerekliliktir ve neredeyse hiç birincil enerji gerektirmez. nZEB'nin enerji performansına yönelik kıyaslamalar, 2020 fiyatları ve teknolojilerine dayalı olarak Tablo 3'te gösterilen çeşitli AB iklim bölgeleri için aşağıdaki aralıklardadır

Tablo 3.nZEB'nin farklı AB iklim bölgelerinde enerji performansı için kriterler [26].

Bölge	Tipoloji	Birincil enerji eşiği ve yenilenebilir enerjinin payı
Akdeniz:	Ofisler:	- Tipik olarak 80 - 90 kWh / (m ² .y) birincil enerji kullanımı ile 20-30 kWh / (m ² .y) net birincil enerji, 60 kWh / (m ² .y) yerinde yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanır;
	Yeni müstakil ev:	0-15 (kWh / m ² .y) net birincil enerji, tipik olarak 50-65 kWh / (m ² .y) birincil enerji kullanımı 50 kWh / (m ² .y) yerinde yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanır;
Okyanus:	Ofisler:	- 40-55 kWh / (m ² .y) net birincil enerji ile tipik olarak 85-100 kWh / (m ² .y) birincil enerji kullanımı, 45 kWh / (m ² .y) yerinde yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanmaktadır;
	Yeni müstakil ev:	- 15-30 kWh / (m ² .y) net birincil enerji ile, tipik olarak, 50-65 kWh / (m ² .y) birincil enerji kullanımı, 35 kWh / (m ² .y) yerinde yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanmaktadır;

Tablo 3'nün devamı

Kıta:	Ofisler:	- 40-55 kWh / (m ² .y) net birincil enerji ile, tipik olarak 85-100 kWh / (m ² .y) birincil enerji kullanımı, 45 kWh / (m ² .y) yerinde yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanmaktadır;
	Yeni müstakil ev:	- 20-40 kWh / (m ² .y) net birincil enerji ile, tipik olarak 50-70 kWh / (m ² .y) birincil enerji kullanımının 30 kWh / (m ² .y) yerinde yenilenebilir kaynaklarla karşılanması;
İskandinav:	Ofisler:	55-70 kWh / (m ² .y) net birincil enerji, tipik olarak 85-100 kWh / (m ² .y) birincil enerji kullanımının 30 kWh / (m ² .y) yerinde yenilenebilir kaynaklarla karşılanmaktadır;
	Yeni müstakil ev:	- 40-65 kWh / (m ² .y) net birincil enerji, tipik olarak 65-90 kWh / (m ² .y) birincil enerji kullanımının 25 kWh / (m ² .y) yerinde yenilenebilir kaynaklarla karşılanmaktadır.

Daha geniş bir kapsamda, ülke düzeyinde nZEB tasarımı için sabit bir değer veya eşik olmasa da, bir nZEB tasarımına başlamadan önce, her mimar veya tasarımcı ilk olarak aşağıdaki yedi soruyu yanıtlamalıdır:

1. nZEB'nin minimum karbon emisyon eşiği nedir?
2. nZEB'nin minimum enerji verimliliği eşiği nedir?
3. nZEB'in ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarının birleşimi nedir?
4. nZEB'in iç mekan çevre kalitesi için kalite sınırı nedir?
5. nZEB'nin yenilenebilir enerji minimum eşiği nedir?
6. nZEB'nin doluluk yoğunluğu nedir?
7. nZEB'nin yerleşim alanının metrekare başına maliyet eşiği nedir?

Attia Shaddy [5] 'e göre, nZEB tasarımı için sabit bir değer veya eşik olmadığı halde tüm bu soruları cevaplamak aynı zamanda zor olacaktır, ancak nZEB birincil enerji ile değerlendirildiği için Tablo 4'te gösterilen nZEB performans eşiğini önermiştir. Bu konuları göz önünde bulundurmanın tasarım ekibinin nZEB'lere yol açan hedeflere ulaşmasına yardımcı olacağını düşünülmektedir.

Tablo 4. Bazı seçilmiş öncü ülkelerindeki nZEB performans eşiği için öneriler[5].

Ülke	Minimum enerji verimliliği		Birincil Enerji kWh/m ² .y	RES share/ YEK payı (%)	Karbon salınımı kgCO ₂ /m ² .y
	Soğutma için enerji ihtiyacı	Isıtma için enerji ihtiyacı			
	kWh/m ² .y	kWh/m ² .y			
Danimarka	15	15	120	100	25
Fransa	5-20	5-20	50	50	3-10
Almanya	5-15	5-15	120	100	-
İtalya	15	15	120	50	-
Birleşik Krallık	15	15	120	50	10-14
ABD	30	20	120	50	-

1.6. Yaklaşık sıfır Enerjili Bina Tasarım Stratejileri

Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalara ulaşmak için ilk strateji, "Trias Energetica" konseptine atıfta bulunan bina enerji verimliliğinin optimizasyonudur. Şekil 2.'de bu üç aşamalı yaklaşım gösterilmiştir. Bu yaklaşım, 1979'da Hollanda'da Kees Duijvstein tarafından geliştirilmiş ve mimarinin, biyoklimatik tasarımın ve enerji verimliliğinin (EV) önemini vurgulayan sürdürülebilir bina tasarımı için temel kural olarak kabul edilmiştir. Alman PH standardı, yerden ısıtma veya soğutma için çok az enerji gerektiren (yılda 15 kWh / m²) ultra düşük enerjili binalar elde etmek için Trias Energetica temel kuralını titizlikle uygulayan en eski konsepttir.



Şekil 2. Trias Energetica ”konsept piramidi [27].

"Trias Energetica" konseptinden sürdürülebilir enerjinin tasarruf edilen enerji olduğunu anlıyoruz. Bunun yanı sıra, bir nZEB tasarlamak için, bir nZEB tasarım sürecinde dört temel ilkenin akılda tutulması ve dikkate alınması gerekmektedir. "Tras Energetica" kuralları ile NZEB ilkelerinin kombinasyonu, Tablo 5'te gösterilen nZEB'ler için en iyi tasarım yaklaşımına veya stratejisine yol açacaktır.

Tablo 5. "Tras Energetica" kuralları ile nZEB tasarım ilkelerinin kombinasyonu [5,27].

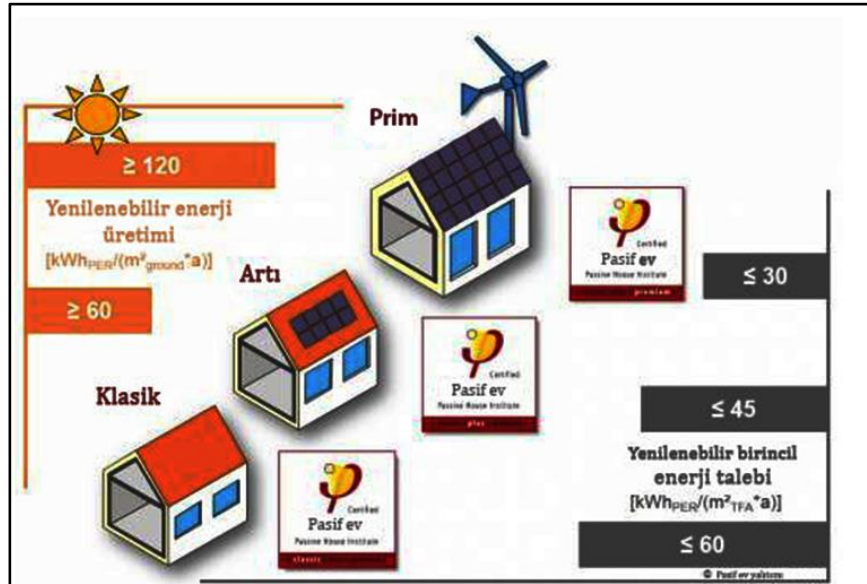
nZEB Tasarımının İlkeleri				Trias Energetica konsepti	Sonuç
İlk nZEB prensibi	İkinci nZEB prensibi	Üçüncü nZEB prensibi	Dördüncü nZEB prensibi	Üç adım	NZEZ için en iyi tasarım yaklaşımı veya stratejisi
Enerji talebinin azaltılması	İç mekan çevre kalitesinin iyileştirilmesi	Yenilenebilir enerji payının sağlanması	Birincil enerji ve karbon emisyonlarının azaltılması	<i>Öncelikle, enerji tasarrufu yoluyla enerji talebini sınırlamamız gerekiyor</i>	
Dahili yüklerin azaltılması	Kişi başına minimum temiz hava ayarlayın	Yerinde yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi	Birincil enerji talebinin azaltılması	<i>İkincisi, kalan enerji talebini karşılamak için yenilenebilir kaynaklar kullanılmalıdır.</i>	
Bina zarf yüklerinin azaltılması	Doğal Aydınlatmayı Etkinleştir	Yakından veya dışarıdan sağlanan yenilenebilir enerjiyi tanıttın	Verilen enerjiyle ilgili karbon emisyonlarını azaltın	<i>Ancak o zaman fosil yakıtlar olabildiğince verimli ve temiz kullanılmalıdır</i>	
HVAC ekipmanı enerji tüketiminin azaltılması	Maksimum kullanıcı yoğunluğu ayarlayın	Çift sayma veya hesaplamadan kaçınma			

1.6.1. Pasif Tasarım Stratejileri

Isıtmanın hakim olduğu iklimlerde, Alman Pasif Ev (PH) modeli nZEB'ye ulaşmak için en popüler konsept olarak kabul edilir. 1994 yılında PH, Almanya, Darmstadt, Kranichstein'da bir şehir evi tasarımında ortaya çıkmıştır. Tablo 6'da her PH yapısının temelini oluşturan beş temel kavram özetlenmektedir. Şekil 3'te ise yüksek performanslı pencerelere ve ısı köprüsüz

tasarıma sahip bir PH binası gösterilmiştir. PH yaklaşımı nZEB'nin ortaya çıkışında öncü oldu. nZEB, yerinde yenilenebilir enerji üretiminin kalıcı ihtiyaçlarını ele aldı. Bugün, PH kavramı Almanya'nın Pasif Ev Enstitüsü'nde (PHI) bir standart olarak resmileştirildi ve Avrupa'da gönüllü olarak benimsenmektedir. PHI, Pasif Ev Enstitüsü, 2010 yılından beri Kuzey Amerika'da bulunmaktadır. Belçika, Danimarka ve İsveç gibi ısıtmanın egemen olduğu birçok ülke, Avrupa 2020 İklim-Enerji Çerçevesi'nin bir sonucu olarak standardı zorunlu olarak uygulamaya koydu.

PHI, 2016'dan beri üç yeni PH sınıfı belirledi. Yeni PH tasarımlarını ölçmek ve doğrulamak için bir yöntem olan Pasif Ev Planlama Paketi (PHPP), yenilenebilir birincil enerjiye (YBE) odaklanan yeni bir değerlendirme tekniği geliştirmek için yeni sınıfların temeli olarak kullanıldı. Şekil 3'te görüldüğü gibi, ısıtma ve soğutma talebi yılda $15 \text{ kWh} / \text{m}^2$ 'yi geçmemektedir ve daha önce kullanılan birincil enerji talebi yerine toplam YBE talebi kullanılmaktadır. PH Klasik kategorisi için toplam eşik yılda $60 \text{ kWh} / \text{m}^2$ olmalıdır. PH Artı kategorisi daha katıdır ve YBE'nin yılda $45 \text{ kWh} / \text{m}^2$ 'yi geçmemesini gerektirir. Ek olarak, PH Artı, binanın alanına göre yılda en az $60 \text{ kWh} / \text{m}^2$ enerji üretmelidir. PH Prim için enerji talebi, ev tarafından sahada sağlanan en az $120 \text{ kWh} / \text{m}^2$ enerji ile yılda $30 \text{ kWh} / \text{m}^2$ ile sınırlıdır. [28,5].



Şekil 3 Pasif Ev standart sertifikasyonun üç sınıfı [5].

1.6.1.1. Pasif Ev Standartları

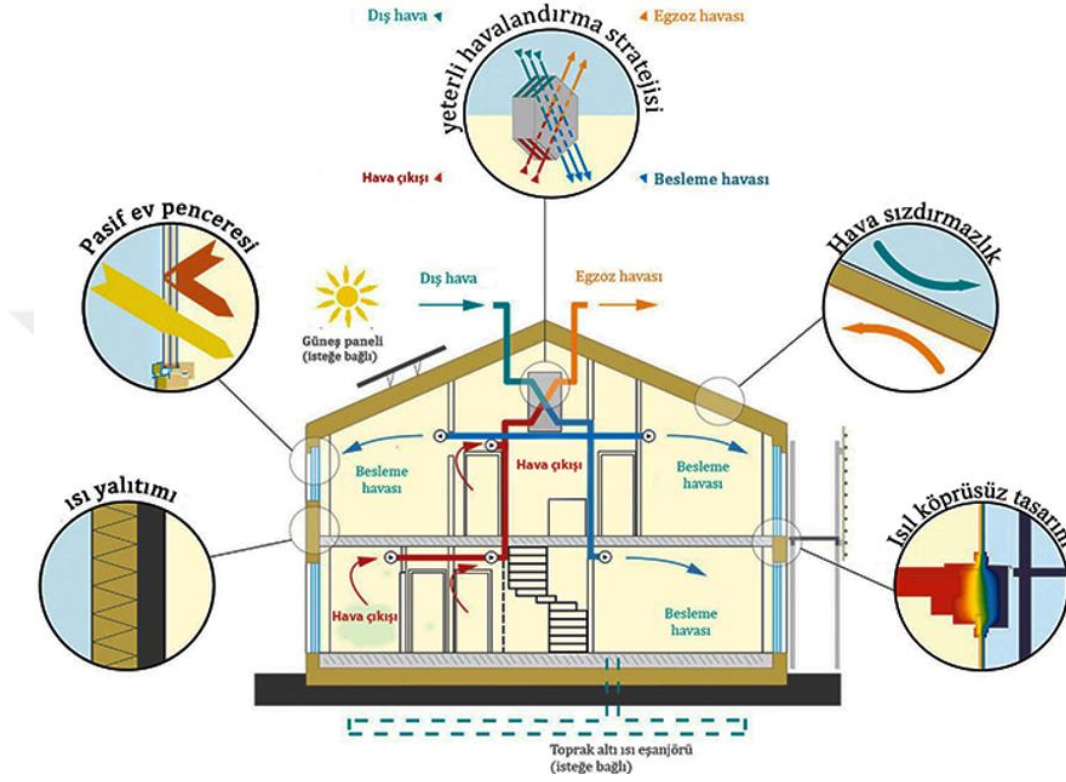
Düşük enerjili ev standardından geliştirilen "Pasif Ev Standardı", çeşitli teknolojiler, tasarımlar ve malzemeler kullanılarak elde edilebilir. Pasif evler, geleneksel bir ısıtma sistemi kullanılmadan hem yazın hem de kışın ideal iç iklim koşullarına sahip binalardır. Aşağıda listelenen üç unsur, pasif ev normunun temelidir.

- Isıtma ve soğutmada kullanılan enerji miktarını sınırlamak.
- ISO 7730'a uygun olarak iç ortamda gerekli termal konforun sağlanması,
- Enerji sınırlaması ve yeterli iç mekan verimliliği sağlamak için pasif sistemlerin uygun maliyetli kullanımınıdır. Pasif ev standardının bir ev inşa ederken uyulması gereken beş temel ilkesi vardır ve Tablo 6'da bu ilkeler, Şekil 4'de ise şematik görünüşleri verilmiştir.

Tablo 6.Pasif ev standardının beş temel prensibi vardır.

No	İlkeler	Açıklamalar
1	Isı yalıtımı:	Evin dış cephesinin tüm opak yapı bileşenleri çok iyi yalıtılmalıdır. Çoğu soğuk-ılıman iklim için, bu bir termal geçirgenlik (U-değeri) 0,15 W / (m ² K) veya daha düşük anlamına gelir.
2	Yüksek ısı yalıtım direncine sahip pencereler:	Pencere çerçeveleri iyi yalıtılmalı ve ısı transferini önlemek için argon veya kriptonla doldurulmuş düşük camlarla donatılmalıdır. Çoğu soğuk-ılıman iklim için bu, tüm pencere (çerçeveler + camlar) için 0,80 W / (m ² K) veya daha düşük bir U-değeri anlamına gelir, g-değerleri% 50 civarındadır (burada g-değeri toplam güneş geçirgenliği, oda için mevcut güneş enerjisinin oranıdır).
3	Atık ısı geri kazanım:	İyi bir iç mekan hava kalitesi ve enerji tasarrufu sağlayan verimli ısı geri kazanımlı havalandırma anahtardır. Passive House'da egzoz havasından gelen ısının en az% 75'i bir ısı eşanjörü vasıtasıyla tekrar taze havaya aktarılır.
4	BinaKabuğu hava sızdırmazlığı (Sızdırmazlık):	50 Paskal'da bir basınç testi sırasında (hem basınçlı hem de basınçsız) boşluklardan kontrolsüz sızıntı, saatte toplam kümes hacminin 0,6'sından daha küçük olmalıdır.
5	Termal köprülerin önlenmesi:	Tüm kenarlar, köşeler, bağlantılar ve geçişler büyük bir özenle planlanmalı ve uygulanmalıdır, böylece termal köprüler önlenemez. Önlenemeyen termal köprüler mümkün olduğu kadar en aza indirilmelidir.

Pasif Ev beş temel ilkesi



Şekil 4. Pasif Ev Beş İlkesinin şematik görünümü [28,29].

1.6.2. Aktif Tasarım Stratejileri

Pasif tasarım stratejileri ile karşılaştırıldığında, Aktif stratejiler genellikle ısıtma ve soğutma sistemlerinden oluşur. Binaları konforlu hale getirmek için, aktif tasarım teknikleri satın alınan enerjiyi (elektrik ve doğal gaz gibi) kullanır. Bu tekniklerde klima, ısı pompaları, radyant ısıtma, ısı geri kazanım vantilatörleri ve elektrikli aydınlatma gibi mekanik cihaz elemanları kullanılmaktadır. Güneş enerjisi ve güneş enerjisi panelleri, rüzgar türbinleri ve jeotermal enerji eşanjörleri, enerji üreten aktif stratejilere örnektir [29].

Danimarkalı bir pencere üreticisi olan Velux, PH'nin artan başarısına yanıt olarak "Active House" adlı rakip bir standart geliştirdi. Active House bina standardı, benzer PH tasarım stratejilerini içerir, ancak bina sakinlerinin doğal gün ışığını ve doğal havalandırmayı teşvik

eden refahına odaklanmaktadır. Tasarımlar, istenildiği gibi temiz hava getirmek için otomatik kontrollerin yanı sıra gölgelendirme kontrolü için otomatik panjurlar ve dış tenteleri içerir. Net sıfır enerji hedefine ulaşmak için, PH ve Active House güneş enerjili su ısıtıcıları, PV panelleri veya jeotermal ısı pompaları gibi YES'e ihtiyaç duymaktadır. Her iki kavramın da esas olarak konut binaları için ortaya çıktığını ve artık ticari bina tipolojilerine de hakim olmayı dört gözle beklediğini belirtmek önemlidir [5].

1.6.3. Yenilenebilir Enerji Kullanımına Dayalı Stratejiler

Yenilenebilir Enerji Direktiflerinin geçmişine baktığımızda, iki spesifik hedef olduğunu görmekteyiz: 2020 ve 2030. AB'nin Yenilenebilir Enerji Direktifi (RED) (2009/28 / EC)% 20 nihai enerji için bağlayıcı bir hedef belirlemektedir. 2020 yılına kadar yenilenebilir kaynaklardan tüketim ve en son güncellenen Yenilenebilir Enerji Direktifi (RED II) (2018/200 EU), 2030 yılına kadar yenilenebilir kaynaklardan % 32 nihai enerji tüketimi hedefi belirlemektedir. Sürdürülebilir Enerji Geliştirme Stratejileri tipik olarak üç büyük teknolojik değişikliği içerir: talep tarafında enerji tasarrufu, enerji üretiminde verimlilik iyileştirmeleri ve fosil yakıtların çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları ile değiştirilmesi [28].

EN-ISO 52000'e göre yenilenebilir enerji, yenilenebilir fosil olmayan kaynaklardan, yani rüzgar, güneş, aero-termal, jeotermal, hidrotermal ve okyanus enerjisi, hidroelektrik, biyokütle, çöp gazı, kanalizasyon arıtma tesisi gazı ve biyogazlardan elde edilen enerjiyi ifade etmektedir.

Benimsenmesi gereken yenilenebilir enerjiler Üye Devletlere göre farklılık gösterir. Yerinde üretim, en saygın YEK çözümlerinden biridir. Ancak birçok ülke, yakındaki enerji üretimi de dahil olmak üzere saha dışı üretimi hesaba katmaktadır. Hemen hemen tüm Üye Devletler, düşük enerjili bina teknolojisi ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmayı tercih etmektedir. PV, güneş termal, hava ve yer kaynaklı ısı pompaları, jeotermal, pasif güneş, pasif soğutma, rüzgar enerjisi, biyokütle, biyoyakıt, mikro-CHP ve ısı geri kazanımı en çok kullanılan teknolojilerdir [32].

Yerinde veya dışında yenilenebilir enerjinin nasıl kullanılacağını bilmek veya karma bir seçeneğe sahip olmak için, Tablo 7'de gösterildiği gibi ZEB Yenilenebilir Enerji Kaynağı Seçenek Hiyerarşisini dikkate almalıyız [33].

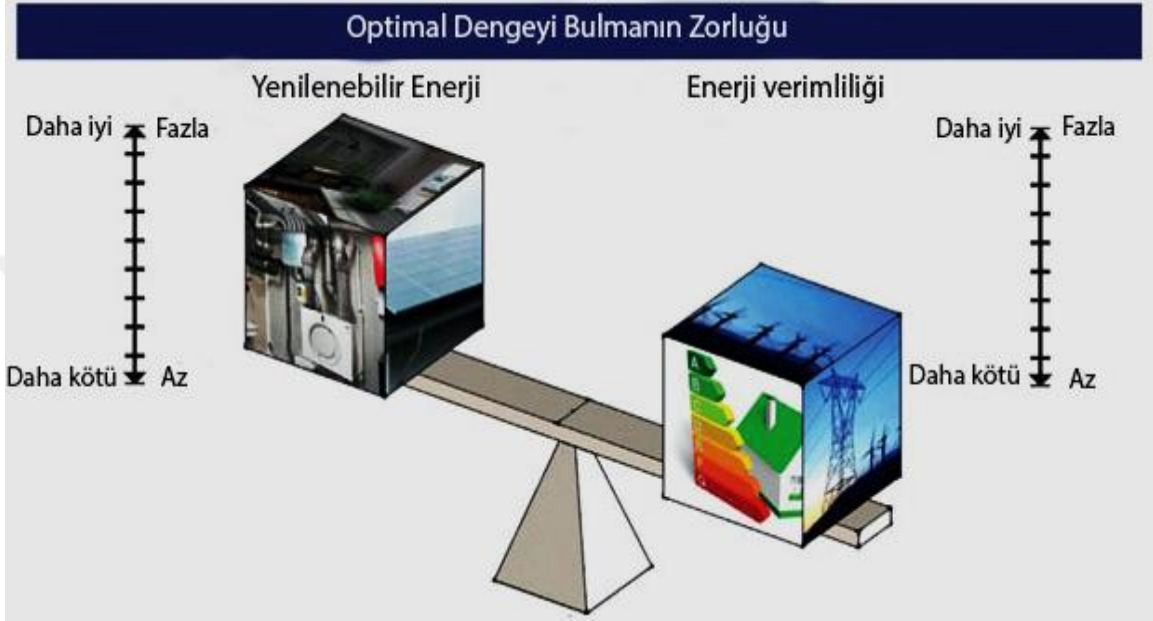
Dünyanın dört bir yanında, bazı ülkeler güneşten enerji üretme potansiyeline sahiptir ve diğerleri, iklim koşullarına, arazi özelliklerine ve ulusal siyasi kararlarına bağlı olarak rüzgar ve sudan enerji üretme potansiyeline sahiptir. Sonuç olarak, nZEB'lerdeki yenilenebilir enerji paylaşım eşiği sabit olamaz. Yenilenebilir Enerji Direktifine (RED, RED II) göre, her nZEB, binanın bulunduğu iklim bölgelerine bağlı olarak tüketilen birincil enerjinin bir kısmını karşılayacaktır. Tablo 3, iklim bölgelerine ve Avrupa ülkeleri için bina tipolojisine göre nZEB'ler için yerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını göstermektedir.

Tablo 7. ZEB Yenilenebilir Enerji Tedarik Seçenek Hiyerarşisi [33].

Seçenek Numarası	ZEB Arz Tarafı Seçenekleri	Örnekler
0	Düşük enerjili bina teknolojileri ile sahada enerji kullanımını azaltın	Güneşli aydınlatması, yüksek verimli HVAC ekipmanı, doğal havalandırma, buharlaştırmalı soğutma vb.
Yerinde Tedarik Seçenekleri		
1	Binanın kapladığı alan içinde bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanın	Binada bulunan PV, güneş enerjili sıcak su ve rüzgar.
2	Sahada bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanın	PV, güneş enerjili sıcak su, düşük etkili hidro ve rüzgar sahada bulunur, ancak binada değildir.
Site Dışı Tedarik Seçenekleri		
3	Sahada enerji üretmek için saha dışında bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanın	Saha dışından ithal edilebilen biyokütle, odun peletleri, etanol veya biyodizel, veya yerinde süreçlerden atık akışları, yerinde elektrik ve ısı üretmek için kullanılabilir.
4	Tesis dışı yenilenebilir enerji kaynakları satın alın	Fayda tabanlı rüzgar , PV, emisyon kredileri veya diğer "çevreci" satın alma seçenekleri. Hidroelektrik bazen düşünülmektedir.

nZEB'nin amacı sadece enerji tüketimini azaltmak değil, aynı zamanda bina sakinlerinin ihtiyaçlarına bağlı olarak enerji verimliliği, yenilenebilir enerji üretimi ve iç mekan çevre kalitesi arasında bir denge kurmaktır. Bu nedenle, nZEB tasarımcıları arasında enerji verimliliği, yenilenebilir enerji üretimi ve iç mekan çevre kalitesi ile nZEB tasarım karmaşıklığı arasında en

uygun dengeyi bulmak hala zordur. Şekil 5'te gösterildiği gibi, tasarımcılar yukarıda belirtilen üç gereksinimin birbirini karşıladığı bir nokta veya seviye bulmalıdır.



Şekil 5. Herhangi bir nZEB'de enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve iç mekan çevre kalitesi arasında optimum dengeyi bulmanın zorluğu [5].

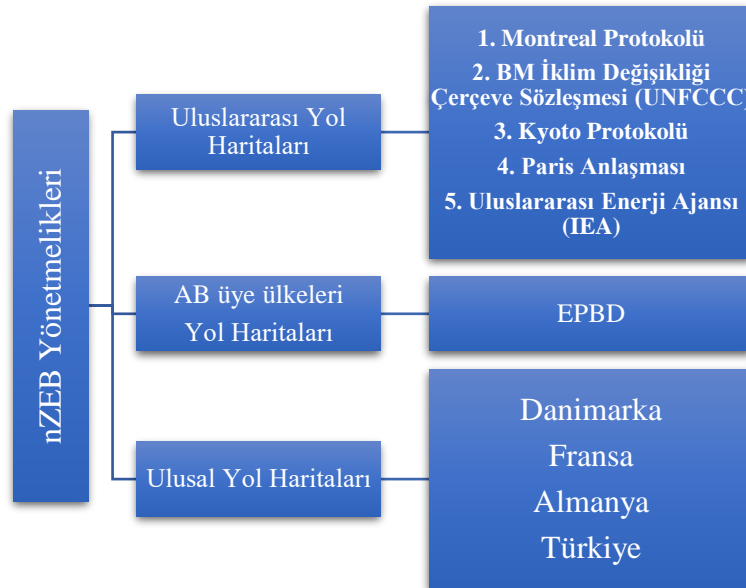
Shaddy Attia, bu zorluğun üstesinden gelmek için performatif tasarımı önermektedir: bu, son derece sağlam ve yaklaşık optimal nZEB tasarımları oluşturmanın akılcı bir yoludur. Bu nedenle, ısıtma veya soğutma enerjisi gereksinimini karşılamak için, nZEB tasarımcıları enerji talebini en aza indirmeyi ve amaca uygun bir HVAC sistemi yapılandırması ve boyutlandırması kullanmayı tercih ediyor. Bu, dengeli görünmesi için evin sıkı bir diyetle girmesine benzer bir durum olarak yorumlanabilir [5].

1.7. Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalarla (nZEB) ile İlgili Yasal Mevzuatlar

1990'lı yılların başından beri, dünya ülkeleri iklim değişikliğinin nasıl kontrol edilebileceği üzerine çalışmalar yapmaktalar. Bu çalışmalar sonucunda, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması dahil birçok önemli yasal mevzuatlar yürürlüğe koyulmuştur. İklim değişikliği,

insanlığın karşı karşıya olduğu en tehlikeli ve en önemli tehditlerden biri olarak kabul edilmektedir. Son on yıl (2010-2019) dünyadaki en sıcak on yıldır ve 2019, insanlık tarihinin en sıcak ikinci yılıdır. İklimdeki bu değişim doğadan büyük bir uyarı olarak algılanmalıdır. 2030-2050 yılları arasında küresel sıcaklıkların birçok şehirde 1,5 ila 5 °C artacağı tahmin edilmektedir [34, 35]. Bu durum insanlığı bir dizi yönerge ve kurala dayalı net somut eylem planları geliştirmeye itiyor. Literatürdeki çalışmalara göre, Net Sıfır Enerjili Bina kavramı yeni değil, enerji verimli binaların entegre veya geliştirilmiş hali gibi görünmektedir. Köklerine ve temellerine (ilkelere) bakarsak, nZEB'in sürdürülebilir yeşil mimariden, pasif ev tasarım konseptlerinden, enerji verimli binalardan vb. ilham aldığını anlayabiliriz. Bahsedilen tüm konseptler, karbon emisyonu ile sera gazlarının azaltılması için geliştirmiş ve nZEB, bina ve kentsel tasarım sektöründeki modern dekarbonizasyon tekniği olarak tanımlanmıştır.

Bu kavramlar, uluslararası, ulusal ve bölgesel kısa vadeli, orta vadeli ve uzun vadeli planlar dahilinde küresel ısınma olgusuna karşı mücadele etmek için 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ve 2015 Paris Anlaşması kapsamında birbiri ardına stratejik olarak geliştirilmiştir. Şekil 6'da gösterildiği gibi, bu çalışmada, nZEB konseptinin geçmişten günümüze uygulanmasına ilişkin tüm varoluş anlaşmaları, protokolleri ve yol haritaları gözden geçirilmiştir.



Şekil 6.nZEB düzenlemelerine farklı düzeylerde tarihsel bir bakış.

1.7.1. Uluslararası Yasal Mevzuatlar (Kanun, Yönetmelik, Standart, Direktif, Yönetmelik vb.)

Ulusal yol haritası hazırlanması için seçilen dört ülke, bina enerji verimliliği sektöründeki gelişimleri ve liderlikleri nedeniyle seçilmiştir. Bu ülkeler; Danimarka, Almanya, Fransa ve Türkiye'dir. Örneğin, Aktif Ev kuran ilk ülke Danimarka olurken, Pasif Ev inşa eden ilk ülke Almanya olmuştur ve dünyada enerji verimliliği düzenlemelerini ve standartlarını tamamen benimseyen ilk ülke Fransa'dır. Tezdeki çalışmalar halihazırda Türkiye'de bina enerji verimliliğine odaklanmaktadır. Sonuç olarak, söz konusu ulusların enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji uygulaması açısından öncü olmaları nedeniyle bu çalışmaya dahil edilmesine karar verilmiştir.

1.7.1.1. Montreal Protokolü

1987'de Montreal Protokolü imzalanmıştır. Montreal Protokolü, iklim değişikliğini çözmeyi amaçlamamasına rağmen gelecekteki iklim diplomasisi için bir model görevi gören ufuk açıcı bir çevresel uzlaşmadır. Dünya ülkeleri bu protokol ile kloroflorokarbonlar (CFC'ler) gibi ozon tabakasına zarar veren bileşiklerin üretiminin durdurulmasını gerektiren sözleşmeyi onaylamışlardır.

1.7.1.2. BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)

1992'de UNFCCC (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) oluşturulmuştur. Amerika Birleşik Devletleri de dahil olmak üzere 197 ülke tarafından imzalanan dönüm noktası niteliğindeki anlaşma, iklim değişikliğini açıkça ele alan ilk kapsamlı anlaşmadır. Atmosferdeki sera gazı yoğunluklarını dengelemeyi amaçlayan uluslararası tartışmalar için yıllık bir forum olarak Taraflar Konferansı veya COP kuruldu. Bu tartışmalar Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması ile sonuçlandı.

1.7.1.3. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü, Aralık 1997'de Japonya'da Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi tarafından onaylandı ve 16 Şubat 2005'te yürürlüğe girdi. Kyoto Protokolü, Sözleşmenin çevredeki sera gazı yoğunluklarını iklim sistemiyle olumsuz etkileşimleri önleyecek bir derecede stabilize etme genel amacını paylaşmaktadır. Kyoto Protokolü, Sözleşmenin mevcut taahhütlerinin tümüne dayanarak ve bunları güçlendirerek bu hedefe ulaşır.

Kyoto Protokolü, Ek I Taraflarının karbon azaltma ve sınırlama yükümlülüklerini yerine getirmeleri için, 2008'den 2012'ye kadar süren ilk taahhüt dönemi olarak bilinen belirli bir zaman sınırı belirlemektedir. Protokol, şimdilik bir muhasebe ve uyum sistemi ile bir dizi kurallar ve düzenlemeler tanımlamıştır.

Protokol, Ek I Tarafları için bilgi sunma ve verileri analiz etme sorumluluklarını yerine getirdiklerini göstermesi gereken temel gereksinimleri sağlar. Her Ek I Tarafı, GHG emisyonlarını azaltmak veya ortadan kaldırmak için yasal olarak bağlayıcı bir taahhütte bulunmuştur ve Tarafların taahhütlerini yerine getirmelerine yardımcı olmak için yenilikçi mekanizmalar geliştirilmiştir. Bu tür yükümlülükler şunları içerir:

- Ek I Taraflarının her biri, sera gazı emisyonlarını en aza indirmek ve yutakların ortadan kaldırılmasını artırmak için evde politikalar ve önlemler getirmelidir.
- Bu politikaları ve girişimleri kabul ederken, Ek I Taraflarının her biri, diğer Taraflar, özellikle gelişmekte olan dünya Tarafları üzerindeki herhangi bir olumsuz etkiyi hafifletmek için çaba göstermelidir.
- Ek I Taraflar, yükselen ülkelere yükümlülüklerini yerine getirmelerinde yardımcı olmak için ekstra mali desteğe ihtiyaç duyarlar.
- Ek I ve Ek I olmayan Taraflar şu alanlarda işbirliği yapacaklardır:
 - (a) iklim dostu teknolojinin büyümesi, geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması.
 - (b) İklim sisteminin incelenmesi ve detaylı gözlemi
 - c) Çevre eğitimi, planlaması ve iklim değişikliği bilgisi; ve
 - d) Sera gazı envanterlerini iyileştirmek için metodolojiler ve kanıtlar [36].

1.7.1.4. Paris Anlaşması

2015 yılında Paris Anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşma ile ülkelerin emisyon azaltma anlaşmaları yapmaları gerekliliği ortaya konmuştur. Hükümetler, küresel yüzey sıcaklığını sanayi öncesi seviyelerin 2 °C' nin üzerine çıkmasını önlemek, 1,5 °C'nin altında tutmak için küresel olarak belirlenmiş hedefler belirlediler. Yüzyılın ikinci yarısında, sera gazı salınım oranının atmosferden emilen toplamla eşleştiği küresel net sıfır emisyona ulaşması hedeflenmektedir (Bu aynı zamanda emisyon nötrlüğü veya iklim nötrlüğü olarak da bilinir). İklim değişikliğiyle mücadele etmek için Paris Anlaşmasını imzalayan 194 ülke, sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik yapılar, programlar ve girişimleri uygulama sözü verdi. Şimdiki amaç, şirketlerin ve sektörlerin çevresel düzenleme, gözetim programları ve karbondan arındırma önlemleri gibi sürdürülebilir operasyonlara yanıt vermesini sağlamaktır.

Her beş yılda bir, ülkeler, 2023 için ilk belirlenen küresel hisse senedi sayımı olarak bilinen bir süreçle anlaşmayı sürdürme adımlarına göre değerlendirilecek.

Ülkeler, bu anlaşma ile bağımsız olarak kendi hedeflerini belirleyebilirler. Buna rağmen, Angola, Eritre, İran, Irak, Libya, Güney Sudan, Türkiye ve Yemen tarafından bu anlaşma onaylanmamıştır. Paris Anlaşması'nın temelini oluşturan 29 belge vardır.

"Paris Anlaşması gelecek öngörülerine bakıldığında çok çarpıcı değildir. CFR'den Hill, "Anlaşmanın müzakereler sırasında yetersiz olduğunun anlaşıldığını," ifade etmiştir. "Bu sadece bir ilk adımdı ve ülkelerin zaman geçtikçe emisyonlarını sınırlama konusunda daha güçlü bir kararlılıkla ortaya çıkmaları gerekiyor. Bazı analistler çözümler arıyor ve Paris Anlaşmasının, ülkelerin çabalarını güçlendirmeleri ve ABD'nin anlaşmaya yeniden katılması halinde emisyonları yeterince hızlı azaltabileceğini iddia ediyorlar. Bir çok ülke, önümüzdeki on yıl içinde net sıfır emisyona ulaşma ve yeşil enerji kullanımlarını artırma konusunda anlaşmış ve bunun güçlendirici olduğunu düşünmektedirler. Örneğin, Avrupa Birliği, Japonya ve Güney Kore 2050 yılına kadar karbon nötr olmayı hedeflerken, Çin 2060 için son tarih belirledi [37]."

1.7.1.5. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), hükümetler arası bir organizasyon olarak 1974 yılında kurulmuştur. Belirtilen misyonu uluslararası petrol arz istikrarını sağlamaktır, ancak son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvikini de içerecek şekilde genişletilmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) 30 katılımcı ülkesi, sekiz işbirliği ülkesi ve üç katılım ülkesi bulunmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı bugün, küresel yenilenebilir enerji dönüşümlerinde devam eden liderlik rolünün bir parçası olarak, 2050 yılına kadar Net Sıfır Emisyona ulaşmak için enerji sektörü için dünyanın en kapsamlı planını oluşturacağını bildirdi. 2050 yılına kadar Dünya'nın Net Sıfıra Giden Yol Haritası, hükümetlerin, şirketlerin, tüketicilerin ve bireylerin enerji piyasasını karbondan arındırmak ve 1,5 santigrat derecenin altındaki küresel ısınmayı önlemek için ne yapacaklarını detaylandırarak. Küresel enerji ve çevre hedeflerini karşılama çabalarına yardımcı olmayı hedefleyen bir dizi yeni IEA girişiminden biridir [38].

1.7.2. Avrupa Birliği Kapsamındaki Yasal Mevzuatlar

Avrupa Birliği'ndeki bina sektörü, birkaç Avrupa direktifiyle ele alınmaktadır ve Tablo 8'de gösterilen bu direktifler bina sektöründe enerji verimliliğini ve yenilenebilir enerjiyi artırmak için ortaya konmuşlardır.

Tablo 8. Avrupa Birliği direktifleri

1992	Energy Labelling Directive (1992/75/EWG) and its recast (2010/30/EU),
2005	Eco-design Directive (2005/32/EC) and its recast (2009/125/EC),
2006	Energy Service Directive (ESD, 2006/32/EC),
2009	Renewable Energy Directive (RED, 2009/28/EC),
2010	Energy Performance Building Directive (EPBD, 2010/31/EC).
2012	Energy Efficiency Directive (EED, 2012/27/EU),

Enerji konularını ele almak için, Avrupa Komisyonu 2002 yılında Binaların Enerji Performansı Direktifini (EPBD) uygulamaya koymuştur. EPBD, "Avrupa Birliği'ndeki yeni ve mevcut binalar için minimum enerji performansı gereksinimlerini" tanımlamayı ve önermeyi, sera gazları ve yenilenebilir kaynaklardan enerji kullanımı ile ilgili iki özel hedef belirlemeyi amaçlamaktadır. Kyoto Protokolünü karşılamak bir öncelik olarak kabul edilerek EPBD revize edilmiştir. 2010 EPBD ve Enerji Verimliliği Direktifi, binaların enerji performansı ile ilgili tüm hususları kapsayan AB'nin ana mevzuatı olmuştur. EPBD Avrupa Birliği Üye Ülkeleri için 5 ana zorunluluk ortaya koymaktadır. Bunlar;

- Binaların satışı veya kiralanması için tüm ilanlara enerji performans belgelerinin dahil edilmesi,
- ısıtma ve iklimlendirme sistemleri için denetim planlarının oluşturulması veya eşdeğer etkiye sahip önlemlerin alınması,
- Yeni binaların 31 Aralık 2020 tarihine kadar neredeyse sıfır enerjili bina olmaları (31 Aralık 2018 tarihine kadar kamu binaları).
- binaların büyük ölçüde yenilenmesi ve bina elemanlarının (ısıtma ve soğutma sistemleri, çatılar, duvarlar vb.) değiştirilmesi veya iyileştirilmesi için yeni binalar için minimum enerji performansı gereksinimlerinin belirlenmesi,
- binaların enerji verimliliğini artırmak için ulusal mali önlemlerin listelerinin hazırlanması (Avrupa Komisyonu, 2010b)'dır.

2010 EPBD değişikliğine göre, "Üye Devletler, optimum maliyet seviyelerine ulaşmak amacıyla bina birimleri için minimum enerji performansı gereksinimlerinin belirlenmesini sağlamak için gerekli önlemleri alacaklardır" (Konsey direktifi 2010/31 / EU). Bu, değerlendirmenin yalnızca yatırım maliyetlerinden ziyade binaların işletim, bakım, bertaraf ve enerji tasarrufu maliyetlerini içeren küresel ömür boyu maliyetlerine dayandırılması gerektiği anlamına gelir. Bu nedenle, enerji gereksinimleri, optimum maliyet düzeyini belirleyen karşılaştırmalı bir çerçeve metodolojisine dayanmalıdır (Binalar Performans Enstitüsü Avrupa (BPIE), 2013).

1.7.2.1. Hedefler

Tablo 9'da gösterilen uzun vadeli ve kısa vadeli iklim ve enerji hedef paketleri, AB'nin 2020, 2030 ve 2050 çevre ve enerji hedeflerine ulaşmasını sağlamak için yürürlüğe giren bir dizi kanundur.

Tablo 9. Avrupa Birliği'nin Enerji Hedefleri [39,40].

2020
Sera gazı emisyonlarında% 20 azalma (1990 seviyelerine göre) AB enerjisinin% 20'si yenilenebilir kaynaklardan Enerji verimliliğinde% 20 iyileşme/gelişme
2021 to 2030
Sera gazı emisyonlarında en az% 40 azalma (1990 seviyelerine göre) Yenilenebilir enerji için en az% 32 pay Enerji verimliliğinde en az% 32,5 iyileştirme
2050
Sera gazı emisyonlarında 1990 seviyelerine kıyasla% 80 azalma

AB Üye Devletleri, Yönetim Tüzüğü altında paylaşılan bir şablona dayalı olarak kapsamlı ulusal enerji ve iklim politikalarını oluşturmuştur. Öneriler ve planlar Enerji Birliği'nin beş boyutunu kapsar:

1. Dekarbonizasyon (sera gazı azaltımı ve yenilenebilir enerji kaynakları)
2. Enerji güvenliği
3. Enerji verimliliği
4. Enerji iç pazarı
5. Araştırma, yenilikçilik ve rekabet gücü

1.7.2.2. Standartlar

Avrupa Binaların Enerji Performansı Direktifi (EPBD: 2018), Ek I'de aşağıdakiler gereklidir[30]:

"Üye Devletler, ulusal hesaplama metodolojilerini, Avrupa Komitesi altında oluşturulan kapsayıcı standartların ulusal ekleri olan ISO 52000-1, 52003-1, 52010-1, 52016-1 ve 52018-1 Standardizasyon yetkisi M / 480 (CEN) uyarınca tanımlamalıdır. Bu madde, belirli gereksinimlerin yasal olarak kodlandığı anlamına gelmez. "

Tablo 10'da gösterilen bu standartlar koleksiyonu, bir binanın genel enerji verimliliğini değerlendirmenize olanak tanır. Küresel düzeyde birkaç önemli EPB standardı mevcuttur (EN ISO 52000 standartlar ailesi), diğerleri ise şimdilik yalnızca Avrupa düzeyinde mevcuttur (CEN standartları).

Tablo 10. EPBD'nin gerektirdiği ve Avrupa'da CEN düzeyinde kabul edilen kapsamlı ISO EPB standartları türü [42].

52000 serisi standartlar	İşlev ve hedefler
EN ISO 52000-1:	Kapsamlı EPB değerlendirmesi-Genel çerçeve ve prosedürler
EN ISO 52003-1:	Göstergeler, gereksinimler, derecelendirmeler ve sertifikalar - Genel hususlar ve genel enerji performansına uygulama
EN ISO 52010-1	Dış iklim koşulları-Enerji hesaplamaları için iklim verilerinin dönüştürülmesi
EN ISO 52016-1:	Isıtma ve soğutma için enerji ihtiyaçları, iç sıcaklıklar ve hissedilebilir ve gizli ısı yükleri-Hesaplama prosedürleri
EN ISO 52018-1:	Termal enerji dengesi ve kumaş özellikleriyle ilgili kısmi EPB gereksinimleri için göstergeler-Seçeneklere genel bakış

nZEB politikaları, düzenlemeleri ve ölçümlerinin yanı sıra nZEB'nin Avrupa ülkeleri düzeyinde statüselliği hakkında benzersiz bir sonuca ulaşmak için, bu analiz aşağıdaki gibi bugüne kadar tamamlanmış iki ilgili rapora ve bir araştırma çalışmasına dayanmaktadır:

Eleonora Annunziata'nın çalışmasına göre, 27 Avrupa Birliği Üye Devleti tarafından motive edici nZEB için kendi ulusal düzenleyici sistemlerinde uygulanan yasama ve politika araçlarının özeti Tablo 11inde gösterilmektedir.

ECOFYS 2014 çalışmasına göre, Şekil 7, farklı Üye Devletlerdeki yeni NZEB'ler lehine temel politikaları ve önlemleri özetlemektedir.

Güncellenmiş bir raporda, EPBD'nin hedeflerine ulaşmak için AB, tüm AB üyelerinin ulusal yasalarını değiştirme ve ulusal bir strateji geliştirme taahhüdünün yanı sıra nZEB, nZEB miktarını artırma planları hakkında rapor veren bir kampanyaya başlattı. EPBD Konsantre Eylem 2018 aracılığıyla tanımlama, stratejiler ve uygulama girişimleri Tablo 12'de özetlenmiştir.

Tablo 11. Avrupa Birliği Üye Devleti tarafından ulusal düzenleyici çerçevelerinde benimsenen nZEB olarak kabul edilen düzenleyici ve politika araçlarının özeti. [43]

Ülke	Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji gereksinimlerinin entegrasyonu		Enerji tasarrufuna yönelik yatırımların ekonomik değere çevrilmesi		"Yaklaşık sıfır enerji" hedefine taahhüt		
	Enerji verimliliği önlemleri hiyerarşisi	Yenilenebilir kaynaklar için hedefler	Enerji verimli bina satışı için teşvikler	Enerji verimliliği binalarının kiralanması için teşvikler	Enerji performansı gereksinimi uygunsuzlukları için cezalar	Yenilemenin etkileri hakkında zorunlu iletişim için minimum eşik	Yaklaşık sıfır enerjili binalar için teşvikler
Doğu Avrupa							
Bulgaristan		X			X	X	
Çek Cumhuriyeti					O		
Estonya	X		X		X	X	
Macaristan	X					X	
Letonya							X
Litvanya	X			R	X	R	
Polonya					X	X	
Romanya					X		
Slovak cumhuriyeti	X				X	X	X
Kuzey Avrupa							
Danimarka		R			X		X
Finlandiya	X		X	X	X		
İrlanda	X				X	X	X
İsveç			X	X	O		X
Birleşik Krallık							X
Güney Avrupa							
Kıbrıs	X	X			X	X	
Yunanistan		X			X		X

Tablo 12' nin devamı

İtalya	R	X	X			R	
Malta							
Portekiz		X			X	X	
Slovenya	X	X	X			X	X
İspanya		X			R	X	
Western Europe							
Avusturya			X	X	X		X
Belçika			R	R			R
Fransa	X				O		X
Almanya		X	X	X	X		X
Lüksemburg			X		O	X	
Hollanda			R	X	X	R	X
X = Ulusal düzenlemeler, R = Bölgesel / yerel düzenlemeler, O = Diğer düzenlemeler.							

Üye devletleri	Farkındalık yaratma / Bilgi	Bina yönetmeliklerinin güçlendirilmesi	Enerji performans sertifikaları	Eğitim ve öğretim	Gösteri ve pilot projeler	Mali destek planı	Nezaret (enerji denetimleri vb.)	Araştırma ve Geliştirme
Avusturya								
Belçika-BXL								
Belçika - Flaman								
Belçika-Valon								
Bulgaristan								
Hırvatistan								
Kıbrıs								
Çek Cumhuriyeti								
Danimarka								
Estonya								
Finlandiya								
Fransa								
Almanya								
Yunanistan								
Macaristan								
İrlanda								
İtalya								
Letonya								
Litvanya								
Lüksemburg								
Malta								
Hollanda								
Portekiz								
Polonya								
Romanya								
Slovakya								
Slovenya								
İspanya								
İsveç								
Birleşik Krallık								
		<input checked="" type="checkbox"/> Mevcut			<input type="checkbox"/> Mevcut değil			

Şekil 7..Farklı Üye Devletlerde yeni nZEB'leri destekleyen ana politikalar ve önlemler [44].

Tablo 13. Şubat 2018 itibarıyla CA ülkelerinde uygulamada nZEB tanımının ayrıntılı ulusal uygulamasının durumu.[45]

Ulusal tanımın ana noktaları (CA EPBD raporuna göre)			Ülke														
			Avusturya	Belçika			Bulgaristan	Hırvatistan	Kıbrıs	Çek Cumhuriyeti	Danimarka	Estonya	Finlandiya	Fransa	Almanya	Yunanistan	Macaristan
				Brüksel	Flanders	Valon											
Ayrıntılı tanım	Yasal bir belgeye dahil	Hükümet kararı / kanunu															
		Teknik düzenleme															
		ulusal NZEB planı															
	Henüz yasal bir belgeye dahil edilmedi																
Taslak mevcut													x				
Çok yüksek enerji performansı	Daha sıkı gereksinimler için mevcut değerlere kıyasla	Genel															
		BinaKabuğunun ortalama U değeri															
		Referans teknolojileri															
		Isıtma enerjisi talebi															
		Nihai enerji															
		Birincil Enerji (Birincil) enerji performans katsayısı															
	En iyi bina sınıfı																

Tablo 12' nin devamı

	Belirli bina sınıfı																			
	Pasif ev (binaKabuğu) seviyesi																			
	Kfw verimlilik evi 55/70																		x	
Yaklaşık sıfır veya çok düşük miktarda enerji gerekli sınırlar:	Bileşen U değeri																			
	Termal köprüler																			
	BinaKabuğunun ortalama U değeri																			
	Isı transfer katsayısı / binaKabuğunun ısı kaybı																			
	Hava geçirgenliği																			
	(Net) ısı talebi																			x
	Kurulu aydınlatma gücü																			
	Sistem verimliliği																			
	Isıtma enerjisi talebi																			
	Soğutma enerjisi talebi																			
	Toplam enerji verimliliği																			
	Elektrik girişi																			
	Nihai enerji (toplam veya enerji kullanımına bölünmüş)																			
	Birincil Enerji																			x
	CO ² emisyonu																			
	Yaz aşırı ısınması																			
Çok önemli ölçüde	Doğrudan	% Olarak minimum pay																		x
		KWh / m ² .yıl cinsinden minimum katkı																		
	Örnek YEK önlemlerinin seçimi																			

Tablo 12' nin devamı

	Dolaylı **																	
Birincil enerji	Dahil																x	
	Diğer ana göstergeler, ancak ek / ara sonuç olarak Birincil Enerji. Ana gösterge:	CO ²																
		Birincil PE katsayısı																
Farkına varmak	* ** x	<p>Görüşme sırasında Lüksemburg, konut için ulusal bir nZEB tanımına sahipti, ancak konut dışı binalar için henüz bir NZEB tanımı yoktu.</p> <p>Dolaylı: Minimum enerji performansı gereksinimini elde etmek için YEK katkısı gereklidir. Taslaklara dayalı ayrıntılar "x" olarak işaretlenmiştir</p>																

Tablo 12'nin devamı

Ulusal tanımın ana noktaları (CA EPBD raporuna göre)			Ülke														
			İrlanda	İtalya	Letonya	Litvanya	Lüksemburg	Malta	Hollanda	Norveç	Polonya	Portekiz	Romanya	Slovak	Slovenya	İspanya	İsveç
Ayrıntılı	Yasal bir belgeye dahil	Hükümet karnamesi / kanunu															
		Teknik düzenleme															
		ulusal NZEB planı															
	Henüz yasal bir belgeye dahil edilmedi																
	Taslak mevcut																
Çok yüksek enerji performansı	Daha sıkı gereksinimler için mevcut değerlere kıyasla	Genel															
		BinaKabuğunun ortalama U değeri															
		Referans teknolojileri															
		Isıtma enerjisi talebi															
		Nihai enerji															
		Birincil Enerji (Birincil) enerji performans katsayısı															
	En iyi bina sınıfı																
	Belirli bina sınıfı																
	Pasif ev (binaKabuğu) seviyesi																
	Kfw verimlilik evi 55/70																
Yaklaşık sıfır	Bileşen U değeri																
	Termal köprüler																
	BinaKabuğunun ortalama U değeri																
	Isı transfer katsayısı / binaKabuğunun ısı kaybı																
	Hava geçirgenliği																

1.7.2.3. Danimarka

Danimarka hükümeti 2020 yılına kadar brüt sera gazı emisyonlarını yüzde 40 azaltmak istemektedir. Aşamalı performans sınıfları aracılığıyla, Danimarka Yapı Yönetmeliği, nZEB statüsüne ulaşmak için iddialı hedefler uygulamıştır. "Sınıf 2015" ve "Sınıf 2020" performansları, enerji tüketimi için minimum enerji verimliliği eşiği sağlar. Bina enerji tüketimine ilişkin genel spesifikasyonlar, "Sınıf 2015" e göre ısıtma, havalandırma ve sıcak su için yılda 20 kWh / m²'yi aşmamaktadır[46].

Danimarka Enerji Ajansına (2014) göre, 2006 ile karşılaştırıldığında bu, elektrik talebinde % 50'lik bir düşüşü temsil etmektedir. Bina enerji tüketimine ilişkin ortalama spesifikasyonlar, "Sınıf 2020" ye göre ısıtma, havalandırma, soğutma, sıcak su ve aydınlatma için yılda 25 kWh / m²'yi aşmamaktadır.

Thomsen K, [46] 'ya göre, konut dışı binalarda genel ısıtma, havalandırma, soğutma, sıcak su ve aydınlatma için maksimum talep vardır. 2020'ye kadar enerji 1,8 biyoyakıt, fosil yakıtlar 1, bölgesel ısıtma ise 0,6 olacak. Yeşil enerjinin Danimarka'nın enerji karışımının daha büyük bir bölümünü oluşturacağı tahmin edildiğinden, temel enerji değerlendirmeleri 2015'e kıyasla azaltılmıştır. Danimarka'da nZEB için minimum yenilenebilir enerji çıktı gereksinimi 2020'de % 50 olarak belirlenmiştir. Son olarak, konut ve ticari binalar için iç mekan hava verimliliği eşikleri, çalışma sıcaklığı yılda 100 saatten fazla 26 °C'yi ve sıcaklık 27 °C'yi 25 saati geçmeyecek şekilde hesaplanmalıdır. Danimarka Çalışma Ortamı Kurumu, NSE ticari binalarına kural koyucu katı standartlar koyar.

1.7.2.4. Fransa

Fransa, son bina ısıl düzenlemeleri olan RE2018 ve RE2020 için, RT2012 ile saf enerji yaklaşımından Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) ile çevresel değerlendirme yaklaşımına geçerek bir paradigma değişikliğinden geçmektedir.

RE2018, Pozitif Enerji Binalarını (BEPOS Batiment an e nergie positive) teşvik eder, tüm bina kullanımına odaklanır (sadece "geleneksel" tüketime değil) ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki dengeyi gelecekteki enerji harmanı yenilenebilir elektrik de dahil olmak üzere sağlamaya çalışır.

Yeni yasa, Düşük Karbonlu Binalar için yapı malzemesi seçimi, tasarımı ve hizmetinin yanı sıra enerji sistemlerinin, sera gazı emisyonlarının ve binaya ulaşmak için kullanılan ulaşım yönteminin çevresel etkilerini de dikkate alan bir norm oluşturur.

Bu yöntemlerin her ikisi de ölçülebilen birçok dereceli bir E 1 C- (Enerji Pozitif ve Düşük Karbon) işareti oluşturulmasına izin verir.

Tasarımcılar, kompaktlığı, pencere yüzeylerini, yönelimi, termal ataleti ve hava geçirmezliği hesaba katan biyoklimatik tasarım göstergesini optimize ederek pasif soğutmaya odaklanabilirler. Tek aileli ve çok aileli binalarda “aktif” soğutma sistemlerinin kullanımından kaçınılmalıdır [5,47]. Fransız bina termal kontrolü RE2018, EN 16798 uyarlanabilir konfor standardına ve ISO 7730 yaz konfor standardına dayalı olacaktır. BEPOS markası, yerinde fotovoltaik işleme oranını artırmayı amaçlayan bir Fransız yasasıdır.

1.7.2.5. Almanya

Federal Alman Hükümeti, 2020'ye kadar nZEB'e ve 2030'a kadar nZEB'ye ulaşmak için daha katı bir düzenleme sistemi geliştirmiştir. Almanya'daki Enerji Tasarrufu Yasası (EnEV) fosil yakıt dönüşüm kayıplarına dayanmaktadır ve ısıtma, sıcak su, soğutma ve iklimlendirme için genel izin verilebilir birincil enerji gereksinimini belirler.

NZEB normu, (KfW Efficiency House 40, 55 ve 70) etiketlerinin kapsamına giren "KfW verimlilik evleri" üzerine odaklanır. EnEV standartlarına göre, sayı, karşılaştırılabilir bir referans konutla ilişkili (yüzde) birincil enerji kullanımının (QP) değerini temsil eder. Örneğin, bir Verimlilik Evi 40, karşılık gelen karşılaştırma binasının yıllık birincil enerji tüketiminin % 40'ından fazlasını tüketmez. Almanya, 2016 yılında enerji ölçüm yöntemlerini Avrupa Standartlarına uyum sağlayacak şekilde güncellemiştir.

Yenilenebilir Enerji Isı Yasasına göre, yeni binalar için yenilenebilir enerji üretimine ihtiyaç vardır. Bu yasa, güneş enerjisiyle ısıtma kullanımını zorunlu kılar ve minimum bir yeşil enerji üretimi hacmi belirler. Güneş termal ısıtma (ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının minimum payı% 15), biyokütle (katı ve sıvı en az% 50, gaz halinde en az% 30), jeotermal enerji ve çevresel ısı (en az% 50), atık ısı, birleşik ısı ve enerji üretiminin tümü minimum paya katkıda bulunacaktır.

Almanya'da aşağıdaki gibi yenilenebilir enerjinin alternatif adımlarla birleştirilmesine izin verilmektedir.

- Önceki formüllere ve EPBD 2010 gerekliliğine kıyasla, bina stokundaki ısı gereksinimi ve tüm birincil enerji gereksinimi % 80 oranında düşürülecektir.
- Sıfır enerji veya sıfır emisyon hedefleri artık yeni inşaatlar veya müstakil konutlarla sınırlı olmamalıdır.

Hedefler, fiziksel yapıların restorasyonunu da içerecek şekilde genişletildi.

- Eike Musall'a göre, Federal Kabine, 2020 yılına kadar Almanya'nın sera gazı emisyonlarını % 40 azaltmak amacıyla İklim Koruma 2020 Eylem Programını Aralık 2014'te onayladı. İnşaat sektörü, özellikle mevcut binaların rehabilitasyonu, bu amaca ulaşmada önemli rol oynayacaktır [48,5].
- EN 15217 standardı, EPBD'ye ek olarak nZEB ve inşaat sertifikasyonu için kullanılmaktadır.

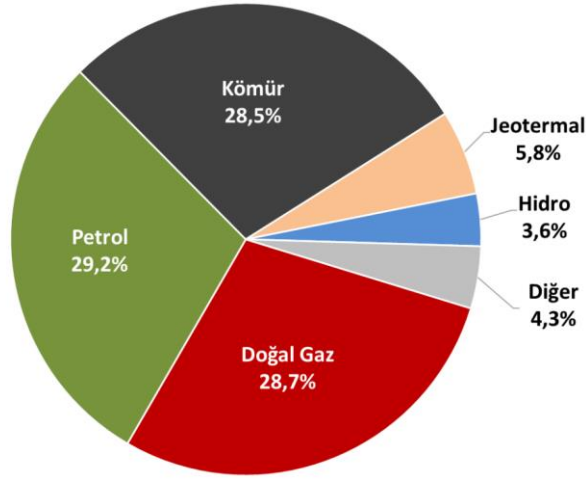
1.7.3. Türkiye'deki Yasal Düzenlemeler

Türkiye'nin enerji görünümü hakkında genel bir bilgiye sahip olmak gereklidir. Türkiye'nin enerji durumunu anlamak, enerji tüketicilerinin sektörlerindeki verimsizliklerin ve boşlukların keşfedilmesine yardımcı olur ve katkıda bulunur. Türkiye'nin enerji tüketiminin analizi, nZEB için oldukça sistematik bir yaklaşıma yol açmaktadır.

1.7.3.1. Türkiye Enerji Görünümü

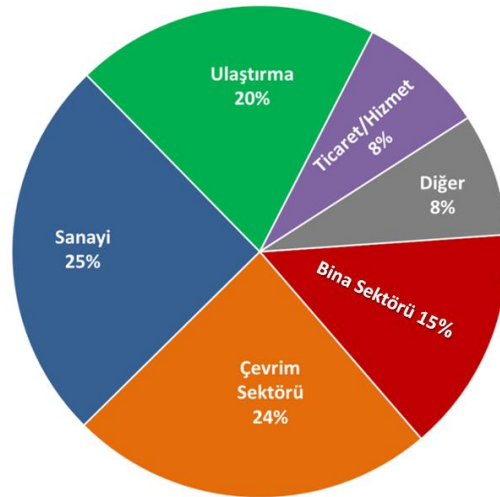
Türkiye, hızla büyüyen ekonomisiyle dünyanın en büyük enerji kullanıcılarından biridir. Ulusal Enerji Bilançosu'na göre, Türkiye'nin 2018 yılındaki 143.6 milyon ton petrol eşdeğeri (tpe) birincil enerji arzının 36,2 milyon tpe'si çevrim ve enerji sektöründe, 109,4 milyon tpe'si ise toplam nihai enerji tüketiminde kullanılmaktadır. Toplam birincil enerji arzının yüzde 29,2'si

ile petrol ilk sırada yer alırken, onu yüzde 28,7 ile doğal gaz ve yüzde 28,5 ile kömür izledi (Şekil 8).



Şekil 8.2018 Yılı Türkiye Birincil Arzı İçerisinde Kaynakların Dağılımı[49].

2018 yılı için Türkiye birincil enerji tüketiminin sektörlere göre Şekil 9'da dağılımına bakıldığında, arzın %25'ini sanayi, %24'ünü dönüşüm, %20'sini ulaşım, %15'ini bina, %15'ini ticaret ve hizmet, %8'ini diğer tükettiği görülmektedir [49].



Şekil 9.2018 Yılı Türkiye Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı[49].

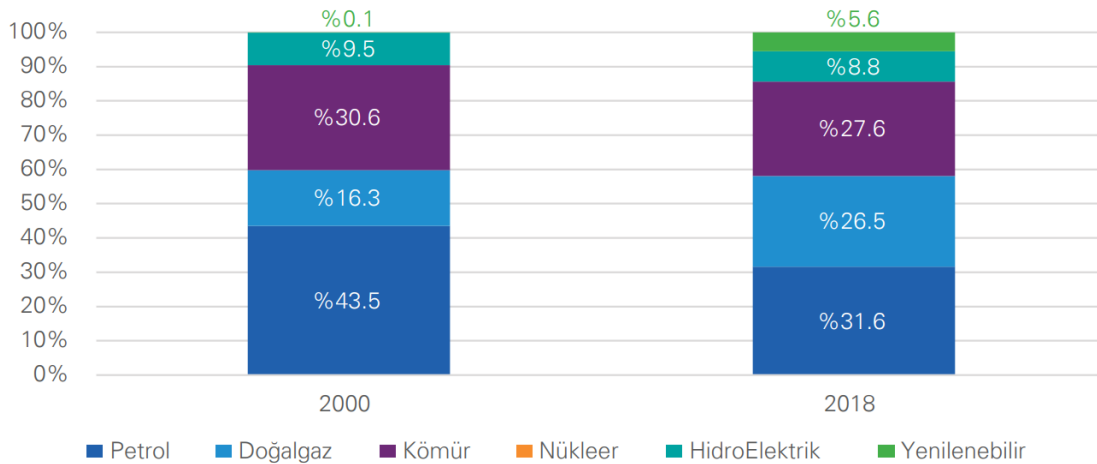
Türkiye için dış ticaret mallarındaki en önemli yüklerden biri, ekonomik gidişatın getirdiği enerji tüketimindeki artıştır. Büyüme, enerji talebi, enerji talebi ise temel enerjisinin %75'ini ithal eden Türkiye için uluslararası ticaret ve cari açık demektir. Sonuç olarak, küresel enerji fiyatlarını etkileyen veya potansiyel olarak etkileyen riskler, ülkenin finansal varlıkları ve genel kırılganlığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Ayrıca, durumun dolaylı etkileri, özellikle enflasyon, inkar edilemez derecede önemlidir.

Sonuç olarak Türkiye, enerjide dışa bağımlılığını en aza indirmek için yerli enerji kaynaklarına güvenmek için ortak bir çaba sarf etmektedir. Enerjinin millileştirilmesi hükümet için en önemli öncelik olmaya devam ederken, özellikle yenilenebilir enerji girişimlerinde kullanılan teknolojilerin yerelleştirilmesi için önemli destek sunulmaktadır.

Türkiye, 2018 yılında yaptığı 2 milyar dolardan fazla yatırımla yenilenebilir enerji yatırımlarında dünyada 19. sırada yer alıyor.

Bu kapsamda 2016-2019 yılları arasında yapılan harcamalar sayesinde kurulu güç %75 artarak 6 GW'a ulaşmıştır. Ekonomik kriz ve kredilerin daralması nedeniyle 2019 yılında yenilenebilir enerji yatırımları yatay olarak büyümesine rağmen, yıllık yatırım 2GW civarında bir modelin devam etmesi bekleniyor.[50].

Tüketilen enerji kaynaklarına bakıldığında petrol, doğal gaz ve kömürün önemli bir oranda olduğu görülmektedir. 2000 yılında tüketilen enerjinin yüzde 87'si, 2018 yılında tüketilen enerjinin yüzde 85'inin petrol, doğal gaz ve kömürden kaynaklı olduğu görülmektedir.



Şekil 10. Türkiye'nin Tüketilen Enerji Kaynakları[50].

1.7.3.2 Türkiye'deki Yasal Mevzuatlar

Türkiye, Avrupa Birliği üyeliği için bir çok çalışma yapmıştır. Ancak iklim değişikliğine ilişkin yetersiz önlemler nedeniyle üyelik talepleri reddedilmiştir. Türkiye, sera gazı emisyonunun azaltılması ve yenilenebilir enerjiye yatırım konularında yeterli çaba sarf etmediği için AB üye devletleri tarafından eleştirilmektedir.

Son on yılda ise Türkiye, ülkenin yatırımına atıfta bulunarak ve “temiz enerji” için çalışmalar yaparak yenilenebilir enerji konusunda önemli ölçüde gelişme kaydetmiş ve bölgede lider olmuştur. Türkiye'nin iklim değişikliklerinin etkilerini durdurmaya yönelik eylem planına ve stratejilerine göre, sera gazı emisyonlarında 2030 yılına kadar % 21'e varan bir azalma bekleniyor. Ayrıca, enerji verimliliği, tüm sektörlerde enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasının aciliyetini vurgulayan, Türkiye'nin farklı enerji ve iklim hedeflerinde belirlenen hedeflere ulaşmak için petrol ve doğalgaz bağımlılığını azaltmanın temellerinden biri haline gelmiştir.

Türkiye, bina sektöründe enerji verimliliği düzenlemelerini, standartlarını ve etiketlerini AB çerçevesininkilerle uyumlu hale getirmiştir; ancak, AB Enerji Verimliliği Direktifinin tamamını uygulamamıştır. Türkiye, bu düzenlemeleri sırasıyla 2010 ve 2011 yıllarında sırasıyla EU / 2009/125 ve EU / 2010/30 kodları altında yayınlamıştır.

Yabancı enerji hammaddelerine bağımlı bir ülke olan Türkiye, 2023 yılına kadar GSYİH başına enerji tüketimini en az % 20 azaltmak için 2012 yılında "Enerji Verimliliği Politika Belgesi 2012-2023" ü kabul etmiştir. Bu doğrultuda kamu kurumlarına da yükümlülükler getirmiştir [51].

Bina Enerji Performansı Direktifi (2010/31 / EU) ve Enerji Verimliliği Direktifi (2012/27 / EU) çerçevesinde, Avrupa Birliği binalarda CO2 emisyonlarını en aza indirmek ve enerji verimliliğini artırmak için önlemler belirlemiştir. Bunu takip etmek için Türk Hükümeti, boşluğu doldurmak ve Avrupa Birliği'nin enerji konusundaki hedeflerini karşılamak için aşağıdaki gibi ciddi önlemler almıştır:


Türkiye'nin 2014-2018 Kalkınma Planı'nda yaşanabilir mekanlar ve sürdürülebilir yapılı çevre açısından dış enerji bağımlılığının en aza indirilmesi vurgulanmıştır. TÜBİTAK, 2011-

2016 Ulusal Bilim, Teknoloji ve İnovasyon Stratejisinde enerjinin anahtar sektörlerden biri olduğunu 2010 yılında ilan etmiştir.

TÜBİTAK Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2023 Strateji Belgesi, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (2008), Enerji Verimliliği Kanunu (5627 Sayılı Kanun) ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008) Türk Hükümeti tarafından yapılan temel ölçümlerdir. Tüm bu gelişmeler, enerji kullanımını düşürürken bina performansını artıran ve aynı zamanda tasarım ve üretim teknolojisi geliştirme üzerine yargıları içeren politikalar, teknolojiler ve araçlar geliştirme ihtiyacını ortaya koymaktadır. [51].

2000 yılından sonra, Türkiye'deki yeni binaların AB ülkelerindekilere benzer ısı gereksinimleri karşılaması beklenmektedir. Bina ısıtma enerjisi talebi için ölçüm prosedürlerini tanımlayan, referans ve geçirgen değerleri içeren TS 825 (Türk Standartları Enstitüsü, 2008) standardı güçlendirmek için 2008 yılında güncellenmiştir ve artık bir BEP standardıdır. Türkiye, neredeyse yirmi yılı kapsayan ve bina enerji kullanımının çeşitli yönlerini ele alan karmaşık bir reform planı önermiştir. Örneğin, 2018'de başlatılan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (NEEAP) ileriye doğru önemli bir adımdır; ancak düşük karbonlu bir ekonomiye geçişi kolaylaştırmak için inşaat sektörünü etkileyen mevcut politika yapısındaki birçok eksikliğin SHURA Enerji Geçiş Merkezi raporu 2019'da belirtildiği gibi giderilmesi gerekmektedir[52]. Türkiye'deki enerji verimliliği mevzuatının özeti (yönetmelikler, standartlar ve kanunlar) Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 14. Türkiye'de enerji verimliliği politikalarının tarihsel gelişimi[3,51,52,].

Şimdi	2020	Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar (nZEB)	
	2017	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) En iyi uygulamaları, politika önerilerini ve genel eylemleri sağlamak için Enerji Verimliliği Strateji Belgesinin genişletilmesi. Eylem planı, AB'de geliştirilen ve uygulanan düzenlemelere atıfta bulunmaktadır.	
		2017	Binalar Enerji Performansı Yönetmeliği
	2017	Yeşil Binalar Yönetmeliği	
	2015	ETKB Stratejik Planı 2015-2018 Orta vadeli politika eylemlerini sunar. Diğer hedeflerin yanı sıra, enerji verimliliği için düzenleyici çerçeve geliştirmek ve enerji verimliliği teşviklerini artırmak, enerji verimliliği sektörünün yaratılmasına yol açmaktadır.	
		2013	10. Ulusal Kalkınma Planı (2014-2018) Diğerlerinin yanı sıra hedefler: Enerji verimliliğini ve yenilenebilir enerji artırması
	2012	Enerji Verimliliği Desteğine İlişkin Bildirim Endüstriyel işletmeler arasında enerjinin verimli kullanımının teşvik edilmesi.	
		Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023 enerji verimliliği hedeflerinin tanımı	
		2011	Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliği Artıran Yönetmelik (2011'de güncellenmiştir) Tüm alanlar için öngörülen enerjinin verimli kullanımı
	2008	Enerji Verimliliği Yılı	
		TS 825 (2008 ve aynı belgenin 2013 tarihli revizyonunun taslak versiyonu) Kamu yararına önemli bir konu olarak enerji verimliliği konusunda farkındalığın artırılması	
		Ulaştırma Enerji Verimliliğinin Artırılmasına Yönelik Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik Araçların enerji verimli kullanımına ve destek veya toplu taşımaya ilişkin düzenleme.	
		Binaların Enerji Performansına İlişkin Yönetmelikler Binalarda enerjinin etkin ve verimli kullanımına ilişkin yönetmelik	
		2007	Enerji Verimliliği Kanunu: 5627 Sayılı Çeşitli alanlarda enerji verimliliğini artırmaya ve teşvik etmeye yönelik düzenleme, örn. sanayi, binalar ve ulaşım
	Önce	2005	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı (YEK) Kanunu (5346 sayılı 10/05/05 sayılı Kanun)

AB Binalarda Enerji Performansı Direktifine (EPBD) göre NZEB tanımları ve limitleri Türkiye için tanımlanmakta ve 2020 yılında yayınlanmaktadır.

Neyse ki, Türkiye'nin ilk nZEB rehberi 2020'de yayınlanmıştır. Bu rehberin amacı, ülkenin enerji verimliliği iyileştirme politikalarının bir parçası olarak Türkiye'de Yaklaşık sıfır enerjili binaların (nZEB) tanıtımı hakkında bilgi sağlamaktır.

GIZ Analizinde, Türkiye'nin mevcut kamu binalarındaki enerji tüketiminin ve dolayısıyla sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olmak için GIZ'in desteğiyle ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) ile işbirliği içinde gerçekleştirildi. Bununla birlikte, rehber kitap özellikle kamu binalarının enerji tüketimine odaklanmış ancak Türkiye'de NZEB'ye doğru atılan sonraki adımlar için öncü olmuştur. Kısaca, rehber kitap aşağıdaki hususları belirlemiştir.

- Dört iklim bölgesinin her biri için temsili şehirlerin seçimi,
- TÜİK verilerini kullanarak, farklı bina türleri (müstakil ev, apartman, eğitim binası, ofis, hastane vb.) için fiziksel ve termal referans özelliklerinin (kat alanı, kullanım alanı, binanın kat sayısı, vb.) belirlenmesi,
- Net enerji ölçümlerinde kullanılmak üzere yapı malzemelerinin en yüksek U değerini belirlemek için TS 825 normunun kullanılması,
- BEP-TR araçlarını kullanarak, optimum U değerlerini belirlemek için her bina tipolojisinde dört sıcaklık bölgesi için net enerjinin hesaplanması,
- Bina tipolojilerine dayalı mekanik sistem (ısıtma / soğutma) durumunun belirlenmesi,
- BEP-TR yazılımını kullanarak, evin birincil enerji kullanımını belirlemek için yerinde yeşil enerji sistemleri tarafından üretilen elektrik miktarının hesaplanması,
- Yenilenebilir enerji ve maliyetleri hesaba katan nZEB enerji kullanım fiyatları,
- Bina tarzlarına ve mekanik sistem senaryolarına göre ısıtma, soğutma, sıcak su, havalandırma ve aydınlatma için kWh / m² / yıl cinsinden birincil enerji tüketiminin belirlenmesidir.

1.8. Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Tanımlaması İçin Hesaplanması Gerekli Kriterler

Bina enerji verimliliği, EPBD yeniden düzenleme Direktifine (Avrupa Birliği 2010) göre ulusal veya bölgesel yıllık ortalamadan çıkarılabilen, enerji taşıyıcısı başına Birincil Enerji Faktörlerine (PEF) dayalı bir birincil enerji endeksi ile ifade edilmelidir. BEF, inşaat sektöründeki ulusal veya bölgesel enerji politikası için temel bir araçtır. Bina enerji performans değerlendirmesinin sonuçları doğrudan prensiplerine bağlı olduğundan, binanın enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılan farklı enerji taşıyıcıları arasında seçim konusunda rehberlik edebilirler. Lorenzo Leoncini'ye göre, birçok vaka çalışması, BEF'in CO₂ emisyonlarını azaltabileceğini, son kullanım enerji kalitesini artırabileceğini ve brüt nihai enerji tüketiminin yenilenebilir payını artırabileceğini gösteriyor [32].

1.8.1. Birincil Enerji (BE)

Birincil enerji (BE), herhangi bir üretim, dönüştürme veya dönüştürme işleminden önce yakıtlarda ve petrol, kömür, doğal gaz, rüzgar ve su gibi diğer enerji kaynaklarında bulunan enerjidir. Şekil 1.11 ve 1.12 iki tür BE taşıyıcısı göstermektedir: (a) enerji kaynağı olarak nehir suyu ve (b) yanıcı yakıt kaynağı olarak orman odunu. Birincil enerji göstergeleri, birincil enerji hesaplanırken dikkate alınan tedarik ve ihraç edilen enerjidir.

Aşağıdaki formül, birincil enerjinin denklem 1'e göre nasıl hesaplanabileceğini tanımlar:

$$BE = BE_{nren} / A_{net} \dots \dots \dots (1)$$

BE birincil enerji göstergesi (yıllık kWh / m²), Anet ise ulusal kriterlere göre hesaplanan net kullanılan zemin alanı (m²) içindir.



Şekil 11.(a) Birincil enerji örneği [53].



Şekil 12. Birincil enerji örnekleri [54].

BE, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları arasında bölünmüştür. Yenilenebilir enerji, sınırlı bir süre içinde doğal olarak yenilenen kaynaklardan elde edilen enerjidir. Yenilenemez enerji, yenilenemeyen enerji kaynaklarından elde edilen enerjidir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının ekstraksiyon oranı, iklim oranından daha yüksektir. İki tür enerji kaynağı vardır: yanıcı ve yanmaz. Tablo 14, ısı ve elektrik üretmek için kullanılan en yaygın BE kaynak türlerini göstermektedir [55].

Tablo 15. Birincil enerji kaynağı

Yenilenebilir enerji kaynakları		Yenilenemez enerji kaynakları	
Yanıcı	Yanmaz	Yanıcı	Yanmaz
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biyokütle (katı, sıvı, gaz) ▪ Atık (biyojenik kısım) ▪ Turba veya çim 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hydro (depolama, nehir akışı, gelgit, dalga ve okyanus) ▪ Rüzgar ▪ Güneş (fotovoltaik, güneş termal) ▪ Jeotermal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taş kömürü ▪ Kömür gazları ▪ Linyit ▪ Yağ bazlı yakıtlar ▪ Doğal gaz ▪ Atık (fosil kısım) ▪ Turba 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nükleer

Dönüştürme işleminden veya birden fazla farklı dönüştürme işleminden sonra BE, nihai enerjiye (NE) dönüştürülmektedir.

1.8.2. Nihai Enerji (NE)

NE, birincil enerji tedarikçilerinin dönüştürülmesinden sonra kullanıcıya sunulan bir enerji formudur. NE'yi tedarik etmek için kullanılan ana enerji tedarikçileri Tablo 15'te bulunabilir.

Tablo 16. NE'nin ana enerji taşıyıcıları

Yenilenebilir enerji kaynakları		Yenilenemez enerji kaynakları	
Yanıcı	Yanmaz	Yanıcı	Yanmaz
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entalpi ▪ Mekanik işler, ▪ Elektrik 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entalpi, ▪ Elektrik 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entalpi ▪ Mekanik işler, ▪ Elektrik 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elektrik

1.8.3. Birincil Enerji Faktörü (BEF)

Enerjinin birincil faktörü, birincil ve nihai enerji tüketiminin oranıdır. Nihai enerji tüketimi verilerine dayanan enerji üretim zinciri dahil olmak üzere toplam enerji tüketimi, genellikle dönüştürme faktörleri olarak bilinen birincil enerji faktörleri kullanılarak hesaplanır. Sağlanan her enerji türü için bir BEF tahsis edilir. BEF, en yararlı durumda ilk hasattan enerji tedarikine kadar enerji ile ilgili tüm talepleri izler. Ancak BEF, teknik dönüşümün verimliliği ile aynı anlama da sahip olabilir.

Bir birim NE tedarik etmek için ne kadar BE'ye ihtiyaç duyulduğuna dair bir karşılaştırma formu olarak, BEF'ler geliştirilmiştir.

BEF, Denklem 2 altında BE'nin NE'ye oranı olarak hesaplanır[55].

Denklem 2:

$$BEF = BE/NE \dots\dots\dots(2)$$

Halbuki;	BE	Yenilenebilir enerjilerin gerçek payı	[MWh]
	NE	Açıklanmış yenilenebilir enerji payı	[MWh]

NZEB söz konusu olduğunda, bina sektöründeki birincil enerji tüketimi ele alınması gereken ilk şeydir. Ancak "Birincil Enerji" kelimesinin kendisi terminolojisini Tablo 16'daki gibi genişletmeden bir anlam ifade etmemektedir.

Bununla birlikte, terminolojisini Tablo 16'daki gibi genişletmeden, "Birincil Enerji" teriminin hiçbir anlamı yoktur. Konunun geniş bir görünümünü elde etmek için, tüm birincil enerji ayrı terimleri Tablo 16'da açıklanmıştır.

Tablo 17.EN-ISO 52000 'da tanımlanan Enerji Türleri terminolojisi[56].

Enerji erminoloji	Açıklamalar	Referanslar
Isıtma veya soğutma için enerji ihtiyacı	Belirli bir süre boyunca amaçlanan alan sıcaklığı koşullarını korumak için termal olarak şartlandırılmış bir alana iletilecek veya buradan çıkarılacak ısı	3.4.13 in EN-ISO 52000-1:2017)
Kullanım sıcak suyu için enerji ihtiyaçları	Kullanım sıcak suyu sisteminde herhangi bir kayıp olmadan sıcaklığını soğuk şebeke sıcaklığından teslimat noktasında önceden belirlenmiş teslimat sıcaklığına yükseltmek için ihtiyaç duyulan sıcak su miktarına iletilecek ısı.	3.4.12 in EN-ISO 52000-1:2017)
Faydalı ısı kazancı	ısıtma için enerji ihtiyacını azaltmaya katkıda bulunan iç ve güneş ısı kazanımlarının bir kısmı.	3.6.11 in EN-ISO 52000-1:2017
Aydınlatma için enerji kullanımı	Aydınlatma sistemine elektrik enerjisi girişi	3.4.16 in EN-ISO 52000-1:2017
İnşaat hizmeti	Kabul edilebilir iç ortam koşulları, kullanım sıcak suyu, aydınlatma seviyeleri ve binanın kullanımına ilişkin diğer hizmetleri sağlamak için teknik bina sistemleri ve cihazlarla sağlanan hizmet	3.3.3 in EN-ISO 52000-1:2017
Verilen Enerji	Dikkate alınan kullanımları karşılamak veya ihraç edilen enerjiyi üretmek için teknik bina sistemlerine değerlendirme sınırı üzerinden sağlanan, enerji taşıyıcısı başına ifade edilen enerji. (Verilen enerjinin tanımlanan enerji kullanımları için hesaplanabileceğini veya ölçülebileceğini unutmayın). tanımlı enerji kullanımları için hesaplanabilir veya ölçülebilir).	3.4.6 in EN-ISO 52000-1:2017
EPB hizmeti	Enerji performansının değerlendirilmesine dahil edilen bina hizmeti	3.5.13 in EN-ISO 52000-1:2017
Birincil Enerji	Herhangi bir dönüştürme veya dönüştürme işlemine tabi tutulmamış enerji. (Birincil enerjinin yenilenemez enerji ve yenilenebilir enerjiyi içerdiğini unutmayın. Her ikisi de hesaba katılırsa, buna toplam birincil enerji denebilir)	3.4.29 in EN-ISO 52000-1:2017
Yenilenebilir enerji	Yenilenebilir fosil olmayan kaynaklardan elde edilen enerji, yani rüzgar, güneş, aerotermal, jeotermal, hidrotermal ve okyanus enerjisi, hidroelektrik, biyokütle, çöp gazı, kanalizasyon arıtma tesisi gazı ve biyogazlar	3.4.11 in EN-ISO 52000-1:2017

Tablo 16' nın devamı

Birincil enerji kullanımının sayısal göstergesi	Referans taban alanı birimi başına birincil enerji kullanımı. Not 1 - Birincil enerji kullanımı toplam birincil enerji olarak ifade edilebildiğinden, yenilenemeyen birincil enerji sayısal göstergede belirtilebilir (örneğin, yenilenemeyen birincil enerji kullanımı).	3.5.18 in EN-ISO 52000-1:2017
Yenilenemez enerji	Ekstraksiyonla tükenen bir kaynaktan alınan enerji (örneğin fosil yakıtlar). Giriş için Not 1: İnsan zaman ölçeğinde yenilenemeyen sınırlı bir miktarda var olan kaynak.	3.4.26 in EN-ISO 52000-1:2017
Yenilenemez birincil enerji faktörü	Verilen enerji ve kullanım noktalarına dağıtım için düşünülen genel enerji giderleri dahil olmak üzere belirli bir enerji taşıyıcısı için yenilenemeyen birincil enerji, teslim edilen enerjiye bölünür.	3.5.17 in EN-ISO 52000-1:2017
Yenilenebilir birincil enerji faktörü	Verilen enerji ve kullanım noktalarına dağıtımın dikkate alınan genel enerji giderleri dahil olmak üzere, belirli bir uzak veya yakındaki enerji taşıyıcısı için yenilenebilir birincil enerji, teslim edilen enerjiye bölünür.	3.5.21 in EN-ISO 52000-1:2017)
Toplam birincil enerji faktörü	Belirli bir enerji taşıyıcısı için yenilenebilir ve yenilenemez birincil enerji faktörlerinin toplamı.	3.5.25 in EN-ISO 52000-1:2017

Shady Attia'ya [5] göre, nZEB'ler bina performansına göre değerlendirilirken, performansa dayalı bina tasarımı, belirli, ölçülebilir ve öngörülebilir performans hedeflerine ulaşmak için yapıları tasarlama yöntemidir. Performansa dayalı bina tasarımı, Tablo 17'de gösterilen önceden tanımlanmış performans eşikleri ve performans ölçütlerine göre aktarılır.

Tablo 18. nZEB'nin ana terminolojisi ve tanımları aşağıdaki gibidir:

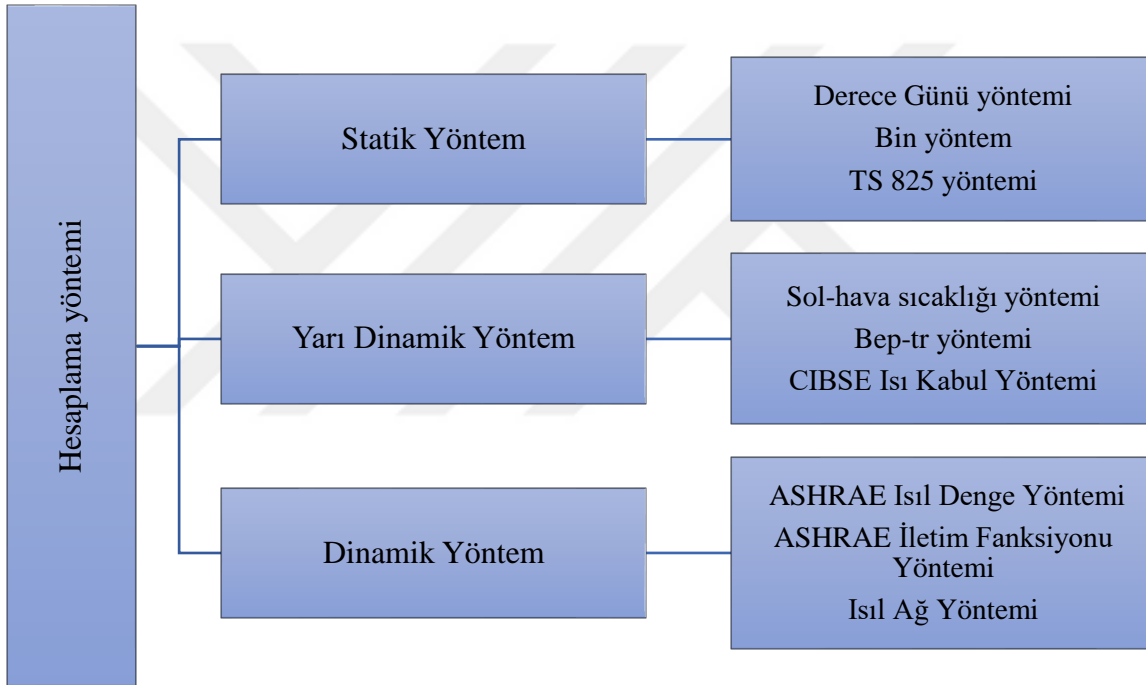
Metrik	Açıklamaları
Kıyaslama:	Kıyaslama, performans iyileştirmesini bilgilendirmek ve motive etmek için bir binanın hesaplanan çıktısını kendi (bina tipolojileri veya mevcut normları) ile karşılaştırma sürecidir.
Denge metriği:	Denge metriği, bir NZEB'nin işletme enerjisini, son kullanım enerjisini, somutlaşmış enerjiyi, birincil enerjiyi veya karbon emisyonlarını ifade etmek için kullanılan tek bir ölçü birimidir.

Tablo 17' nin devamı

Performans eşiği:	Bir proje ekibinin bireysel bir performans kriterini belirlemek için kullanabileceği belirli ölçümler için en yüksek uygun limit veya değere performans eşiği denir. Bir çıktı ölçütü, üst ve alt sınır parametre değerlerine sahiptir.
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EKY):	EKY, bir binanın enerji kullanımını, büyüklüğüne veya kullanıcı sayısına bağlı olarak gösterir. EUI, metrekare başına yıllık enerji (yılda kWh / m ²) veya kişi başına düşen enerji olarak ifade edilir.
Teslim edilen enerji (ithal):	EKY endeksi, bina tarafından ithal edilen enerji miktarını hesaplamak için kullanılır.
İhraç edilen enerji:	Her enerji taşıyıcısı, EKY indeksini kullanarak binadan şebekelere enerji akışını belirtir.
Üretilen enerji:	EKY göstergesi, sahada üretilen enerji miktarını belirtmek için kullanılır.
Üretim tüketim dengesi:	Bir süre için, arzın talebe oranı.
Denge sınırı:	Teraziye dahil edilen enerji kullanımlarını (ısıtma, soğutma, aydınlatma, cihazlar, kullanım sıcak suyu (DHW), sunucular vb.) Belirler.
Operasyonel enerji:	Binanın operasyonlarının ve bina sakinlerinin faaliyetlerinin sorunsuz bir şekilde devam etmesini sağlamak için binanın işletme aşamasında binanın enerji talebini karşılamak için ihtiyaç duyduğu enerji miktarı.
Somut enerji:	Yapı malzemelerinin çıkarılması, artırılması, üretimi ve inşaat sahasına teslim edilmesi için gereken toplam enerji, somutlaşmış enerji olarak adlandırılır. Bir yapı malzemesi, bileşen veya sistem biriminde yer alan yenilenemeyen enerji miktarı, somutlaştırılmış enerji olarak adlandırılır. Birim ağırlık (kg veya ton) veya alan başına megajoule (MJ) veya gigajoule (GJ), ölçü birimleridir (m ²).
Birincil enerji kullanımı:	Enerji doğrudan kaynağında kullanılır veya dönüştürülmeden tüketiciye sunulur. "Birincil enerji" terimi, herhangi bir şekilde dönüştürülmemiş veya dönüştürülmemiş enerjiyi ifade eder.
Birincil enerji dönüştürme faktörleri:	Denge metriği, iletim ve dağıtım kayıpları gibi dolaylı etkileri içerebilen bir dönüştürme faktörü kullanılarak başka bir denge ölçüsüne dönüştürülür.

1.8.3. Bina Birincil Enerji Tüketimi Hesaplaması

Şekil 13'te gösterilen bir binanın birincil enerji tüketimini (binaların ısıtma ve soğutma yükleri) tahmin etmek için üç ana ölçüm yöntemi vardır .[57]



Şekil 13.. Bina ısıtma ve soğutma yükleri hesaplama yöntemleri

1.8.3.1. Statik Yöntemi (aylık veya mevsimsel yöntem)

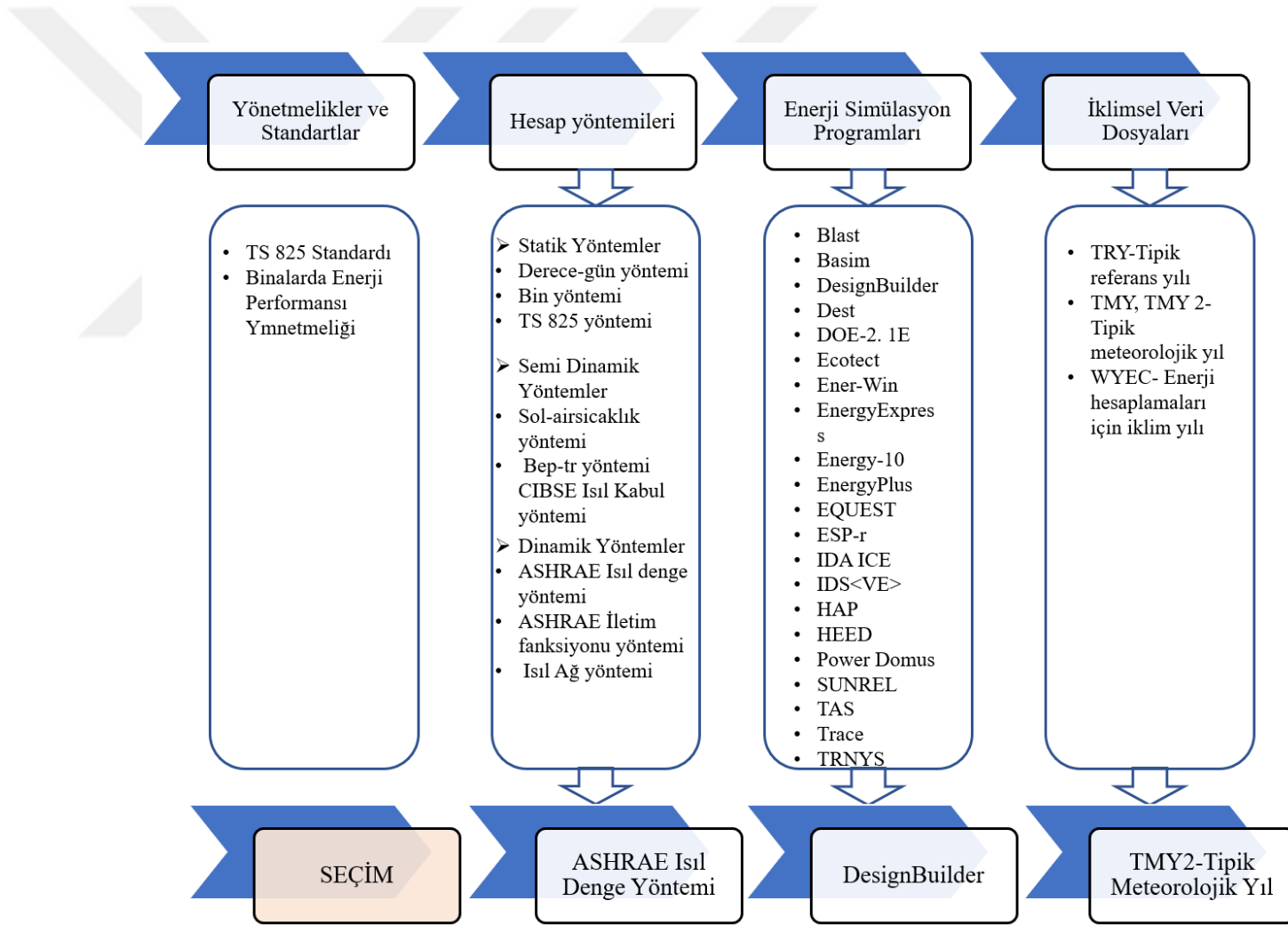
Binaların ısıtma ve soğutma yükleri, aylık veya mevsimlik gibi uzun bir süre boyunca statik yöntemler kullanılarak ölçülür. Basit sistemler ve uygulamalar için, statik yöntemler az veri ile yeterli sonuçlar sağlayabilir. Bu kategoride değerlendirilen yöntemler, Derece-gün yöntemi, Bin yöntemi ve TS 825 yöntemidir [57].

1.8.3.2. Yarı Dinamik Yöntemi (basit akıllı yöntem)

Bina ısıtma ve soğutma yükleri, yarı dinamik yöntemler kullanılarak basit bir saatlik bazda ölçülür. Bu kategoride değerlendirilen yöntemler Sol-hava sıcaklığı yöntemi, BEP-tr yöntemi ve CIBSE ısı kabul yöntemidir [57].

1.8.3.3. Dinamik Yöntemi (karmaşık akıllı yöntem)

Binaların ısıtma ve soğutma yükleri, dinamik yöntemler kullanılarak saatlik bazda detaylı olarak hesaplanmaktadır. Bu yaklaşımlar son derece karmaşık matematiksel işlemleri içerdiğinden, binaların ısıtma ve soğutma yüklerini ölçmek için birçok enerji simülasyon programı geliştirilmiştir. Bu programlara derinlemesine giriyor. Bu kategoride değerlendirilen yöntemler ASHRAE Isıl denge yöntemi, ASHRAE İletim fanksiyonu yöntemi ve Isıl ağ yöntemidir [58].



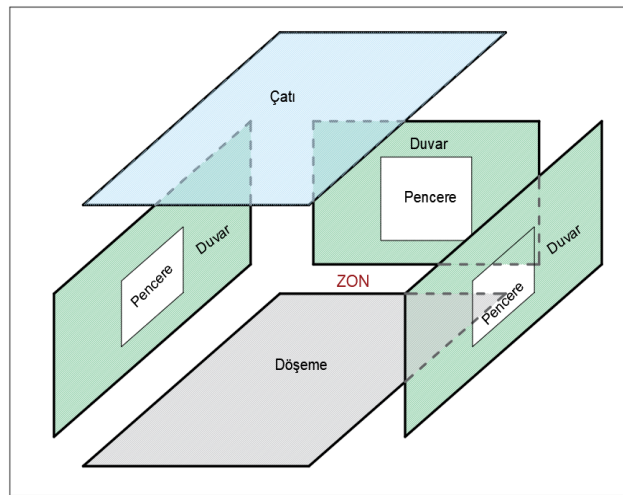
Şekil 14. Binaların ısıtma ve soğutma yüklerini tahmin etmek için izlenen iş akış şeması [57]

1.8.3.3.1. Hesaplama Yöntemleri

Bu çalışmada ısı denge yöntemi bilimsel olarak en güvenilir yöntem olduğu için ASHRAE Isı Dengesi Yöntemi kullanılması tercih edilmiştir. Bu yöntemin seçilmesinin bir başka nedeni de ASHRAE Isı Dengesi Yöntemi'nin gereksinimlerine gerçekten uyan birçok gelişmiş enerji simülasyon aracının olmasıdır.

1.8.3.3.2. ASHRAE Isı Denge Yöntemi

Saatlik, günlük, aylık veya yıllık bazda, çeşitli araştırmacılar, çeşitli amaçlarla varsayımsal veya gerçek binaların ısıtma ve soğutma yükünü tahmin etmek için bu yöntemi kullanmıştır [57]. Bu yöntem karmaşık matematiksel hesaplamalar gerektirdiğinden, araştırmacılar binaların ısıtma ve soğutma yükünü değerlendirmek için enerji modelleme araçlarını kullandılar. Termodinamiğin önündeki ilk (enerji tasarrufu), termal dengeleme tekniğini tahmin etmek için kullanılır. Ayrıca, iç ve dış ısı kompanzasyonların birleşim yüzeyleri ile çevre binayı oluşturan ve bu elemanlarla ısı kompanzasyonları oluşturan bir bileşen kullanılabilir. Yüzeyin sıcaklığı ve sıcaklığı, bir önceki saatin sıcaklık ve kalorifik değerleri üzerinden tekrarlanarak termal denge düzlemlerinin bileşenlerinde hesaplanır [57].



Şekil 15. Isı denge denklemlerinin tek bölge yapı modelinde yazıldığı yapı elemanlarının şematik gösterimi.

Yapı elemanları (zemin, çatı, döşeme) pozitif ve ısıl denge için iç ve dış yüzey ısıl denge denklemleri, yani şekil 15'teki ısıl denge denklemi. Aşağıdaki tablo, bir log elemanı için gerekli olması gereken dengelerin dengesini göstermektedir.

Tablo 19.Bina elemanları ve zona ait çözülmesi gereken ısıl denge eşitlik sayısı

Eleman	İç yüzey	Dış Yüzey	Ortam havası
Duvarlar	96	96	
Çatı	24	24	
Döşeme	24	24	
Pencere	96	96	
Zon			24
Toplam	240	240	24

Aylık, aylık veya yıllık bazda binaların ısıtma ve soğuk yüklerini hesaplarken, Çözülebilir termal dengeleme denklemlerinin sayısı tablo 19'deki referansa karşılık gelebilir. Isıl sistem modeline göre bina modellerinin opak elemanları (duvar, çatı ve döşeme) Şekil 15'de verilmiştir. Bina modellerinin pencere elemanlarının (pencerelerinin) ısıl denge uygulamasında, bazı aynalar. Dış ısı telafileri, opak ve destekler için genel yüzey denge formülleri kullanılarak hizalanır.

Operasyonla elde edilen ısı transferi ve güneşten emilen ısı, opak denge elemanlarının iç yüzeyinin ısıl denklemlerinde konveksiyon ile elde edilen ısı transferine ve şeffaf elemanlarda güneş tarafından emilen taşıma, taşıma üzerinden taşıma ve termal transfer ile elde edilen ısı transferine eşittir. eğitim ile tüm kavramsal faktöre yöneliktir.



Şekil 16. ASHRAE ısı denge yöntemi akış şeması (bir bölgedeki ısı dengesi süreci) [57,58].

Şekil 15, tek bir opak yüzey için ısı dengesi prosedürünü ayrıntılı olarak göstermektedir. Alanı çevreleyen yüzeylerin her biri, kopyalanan şeklin gri bölümüne sahiptir. İşlem, dış yüzeyde hiçbir absorbe edilmiş güneş bileşeni olmaması dışında, şeffaf yüzeyler için gösterilenle aynıdır. Bunun yerine iki bölüme ayrılır: içe doğru akan bir kesir ve dışa doğru akan bir kesir. İç ve dış yüz ısı dengeleri bu kesirli kısımlardan etkilenir. Şeffaf yüzeyler, elbette, iç ısı dengesine katkıda bulunan güneş bileşenini sunar.

Tek uçlu oklar, etkileşimin olduğu yeri gösterirken, çift uçlu oklar, ısı değişiminin olduğu yeri gösterir. Görüntüde yuvarlatılmış bloklar olarak gösterilen dört ana süreç, termal dengelerine ulaşmaları için matematiksel olarak açıklanmıştır. [58]

Eşitlik 4-8'da bina elemanları ve zon havası için çözülen ısıl denge eşitlikleri verilmiştir.

Opak elemanlar için (duvar, çatı, döşeme);

Dış yüzey ısıl denge denklemi;

$$Q_{cond,os} = Q_{sol,os} + Q_{conv,os} \dots\dots\dots(4)$$

İç yüzey ısıl denge denklemi;

$$Q_{cond,is} + Q_{sol,is} = Q_{conv,is} + Q_{ra,sur,is} \dots\dots\dots(5)$$

Şeffaf elemanlar için (pencere);

Dış yüzey ısıl denge denklemi;

$$Q_{cond,os} = Q_{sol,os} + Q_{conv,os} \dots\dots\dots(6)$$

İç yüzey ısıl denge denklemi;

$$Q_{cond,is} + Q_{sol,is} + Q_{conv,is} + Q_{ra,sur,is} + Q_{dn} = 0 \dots\dots\dots(7)$$

Zon havası için ısıl dengesi denklemi;

$$\sum_{j=1}^N A_j Q_{conv,is} + Q_{inf} = 0 \dots\dots\dots(8)$$

Q_{sol} (W), güneş emiliminden kaynaklanan güneş kazançları; Q_{conv} (W), konveksiyon ile elde edilen ısı akışı; Q_{cond} (W), kondüksiyon yoluyla elde edilen ısı akışı; $Q_{ra,sur}$ (W), yüzeyler arasında gerçekleşen ışıma ile ısı kazancı; Q_{inf} (W), infiltrasyondan kaynaklı ısı akışını ifade etmektedir.

Isıl denge yönteminde ısıl denge denklemlerini çözmek için gerekli veriler kategorilerine göre Tablo 19'da listelenmiştir.

Tablo 20. Isıl denge denklemlerini çözmek için gerekli veriler

Kategori	Veri
İklimsel veri	Dış ortam sıcaklığı Güneş ışınım değeri Rüzgar hızı ve yönü
Duvar	Kuzeyle yaptığı yüzey açısı Yüzey eğimi Alan Dış yüzeyin yutuculuk katsayısı Dış yüzeyin uzundalga ışınım emissivite değeri İç yüzeyinin kısıdalga ışınım yutuculuk katsayısı İç yüzeyin uzundalga ışınım emissivite değeri Dış sınır koşulları sıcaklık değeri Dış yüzey pürüzlülüğü Konstrüksiyonu oluşturan katmanların termofiziksel ve boyutsal özellikleri
Pencere	Alan Güneş ışınımı geçirgenlik değeri Solar ısı kazanç katsayısı Toplam yutuculuk katsayısı Dış yüzeyin uzundalga ışınım emissivite değeri İç yüzeyin uzundalga ışınım emissivite değeri Yüzeyden yüzeye ısı iletkenlik değeri
Çatı\Döşeme	Duvarlarla aynı veriler gereklidir. Duvarlardan farklı olarak dış ortam sınır koşulları değişir

Şekil 15 ve Denklem 4-8, bina modellerinin opak (duvar, çatı, zemin) ve şeffaf (pencere) bölümlerinden ısı transferini, konveksiyon, iletim, radyasyon ve güneşten kazançlarla göstermektedir. Bu ısı transfer formları, her bir tablo 19'deki verileri kullanarak binaların ısıtma ve soğutma yüklerini doğru bir şekilde tahmin etmek için kritik öneme sahiptir.

1.8.3.4. Hesaplama Kullanılan Tasarım / Simülasyon Araçları

Malzemeler ve inşaat süreçlerinin yanı sıra, binalar için enerji simülasyonu programlama araçları da geçtiğimiz on yılda gelişmiştir. Günümüzde, her biri farklı karmaşıklık derecelerine ve çeşitli girdilere tepki veren çeşitli enerji simülasyonu programlama yazılım programları bulunmaktadır. Energy Plus, ESP-r (Energy Simulation Software tool), IDA ICE (Indoor Climate Energy), IES-VE (Integrated Environmental Solutions-Virtual Environment), DesignBuilder ve TRNSYS en kapsamlı simülasyon yazılım programları arasındadır. Her ne kadar bunlar en kapsamlı yazılım araçları olsa da, aynı zamanda en karmaşık olanıdır ve daha yüksek bir beceri düzeyi gerektirir [59].

nZEB'in temel amacı, çevre üzerindeki zararlı etkileri en aza indirirken sakinleri için rahat bir yaşam tarzına sahip olmaktır.

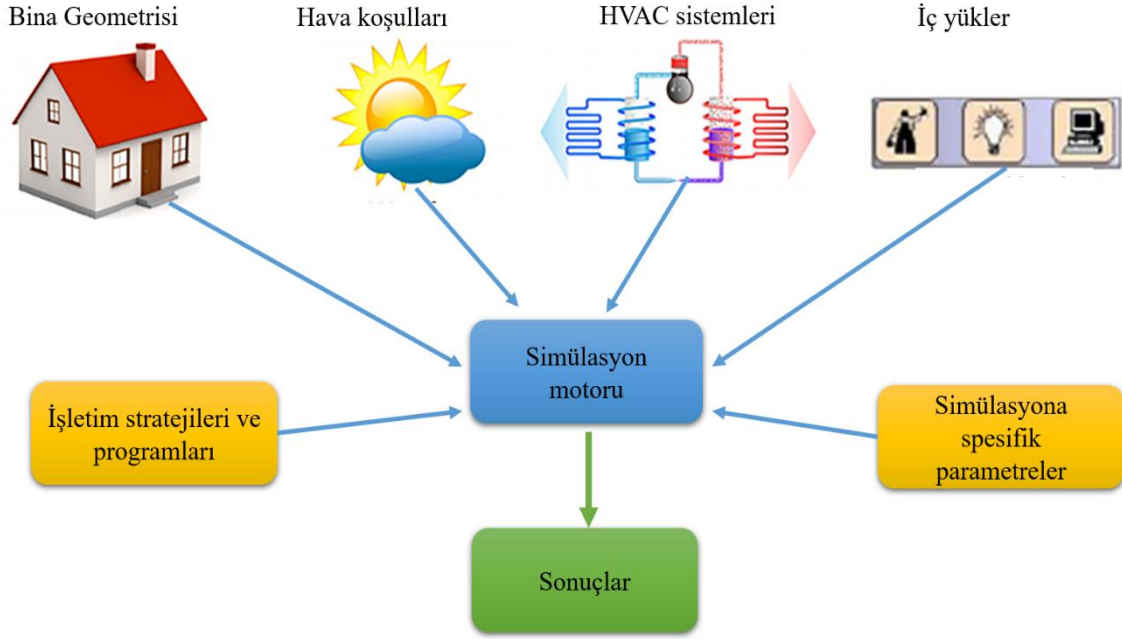
Bu amaç, binanın yaşam döngüsü boyunca uygun metodolojiler uygulanarak ve mevcut enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayarak karşılanabilir.

nZEB veya yeşil yapının tüm aşamalarında enerji kullanımını değerlendirmek ve modellemek için kullanılacak çeşitli yazılım simülasyon çerçeveleri vardır.

Planlama ve tasarımın ilk aşamalarından işletme ve bakımın son aşamalarına kadar “yapı bilgi modellemesi (BIM)” tasarım sürecine dahil olmaktadır.

BIM'in bir parçası olan enerji modelleme yazılım uygulamaları, yeşil binalarda enerji fiyatlarının düşürülmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması (örneğin güneş enerjisi) gibi verimli enerji sistemlerinin tasarımına ve fosil yakıtların çevre üzerindeki zararlı etkilerinin azaltılmasında yardımcı olur. Öte yandan, yeşil bina tasarım sürecinde enerji modelleme uygulamalarını kullanmanın bazı engelleri vardır, örneğin: (1) Bazı uygulamalar özel kullanıcı becerileri gerektirir, (2) yüksek doğrulukta enerji modelleri üretmek uzun zaman alır. birçok durumda ve (3) bazı uygulamaların simülasyon sonuçlarını anlamak ve yorumlamak zor olabilir.

Şu anda, her biri farklı karmaşıklık düzeylerine ve varsayılan çeşitli tasarım parametrelerine ve çalışma koşullarına yanıt veren bir dizi enerji modelleme uygulaması mevcuttur. Yine de, Şekil 17'da gösterildiği gibi genel bir veri akışı yapısına sahip olabilmektedir.



Şekil 17. Enerji simülasyon uygulamalarının genel veri akışı

Enerji simülasyon yazılımının kullanılması, binalarda enerji maliyetinin düşürülmesine yardımcı olur. Binalar enerjilerinin yaklaşık üçte birini, sakinlerinin termal koşullarını iyileştirmek ve aydınlatma için kullanır. Bina enerji simülasyon programları, HVAC sistemlerinin uygun boyutunun belirlenmesi, Enerji tüketimini analiz etmesi, ve buna göre kullanılan enerjinin maliyetinin hesaplanmasını sağlamaktadır.

Mimarlar ve tasarımcılar, enerji simülasyon araçlarını (ör. Isıtma ve soğutma) kullanarak belirli seçenekleri düşünebilirler.

Tasarımcılar ayrıca, binaların inşa edilmeden önce ısı davranışlarını tahmin edebilir ve mevcut binalardaki enerji maliyetlerini simüle ederek, söz konusu binalarda kullanılacak en iyi ısı güçlendirme adımlarını belirleyebilirler.

Enerji tüketiminin hesaplanmasına ek olarak, aşağıdaki değişkenleri ölçmek için simülasyon programları kullanılabilir:

- İç ortam sıcaklıkları.
- Isıtma ve soğutma ihtiyacı.
- HVAC sistemlerinin tüketim ihtiyaçları.

- Bina sakinlerinin doğal aydınlatma ihtiyaçları.
- Sakinlerin iç konforu.
- Havalandırma seviyeleri.

Amin H. Al Ka'bi [60], en popüler on enerji modelleme ve simülasyon uygulamasının ayrıntılı bir incelemesini, ve karşılaştırmasını yürütmüştür. Bu uygulamalar DesignBuilder, IDA-ICE, IES-VE, EnergyPlus, TRNSYS, eQUEST, Autodesk Green Building Studio, Ecotect, RIUSKA ve VIP-Energy'dir. Programlar derecelendirilmiş ve birleşik seçim kriterlerine göre karşılaştırmalı sonuçlardan en iyi program seçilmiştir. TRNSYS, analitik karşılaştırmalara dayanan en kapsamlı çerçevedir, ancak diğer uygulamalar kullanıcıların bakış açlarına ve beklentilerine bağlı olarak daha uygun olabilir.

TRNSYS'in Auto Cad yazılım uygulamaları ile dosya alma ve verme konusunda iletişim kuramaması en ciddi kusuru sayılmaktadır. DesignBuilder, EnergyPlus, IDA-ICE ve Autodesk-GBS bu konuda daha uygundur. Ayrıca, karşılaştırmanın sonuçları, on enerji modelleme uygulamasının aşağıdaki sırada sınıflandırılabilceğini göstermektedir: (1) TRNSYS, (2) Ecotect, (3) Autodesk-GBS, (4) EnergyPlus, (5) IES-VE , (6) IDA- ICE, (7) VIP-Energy, (8) DesignBuilder, (9) eQUEST ve (10) RIUSKA.

1.8.3.4.1. DesignBuilder

DesignBuilder, enerji açısından verimli tasarım ve işletim için 3B binaları modellemeye yönelik ticari olarak mevcut bir CAD platformudur. Diğer EnergyPlus arayüzleriyle karşılaştırıldığında, en kapsamlı olduğu düşünülmektedir [61]. DesignBuilder, sanal binalarda enerji tüketimini modellemek için kullanılan bir simülasyon yazılımıdır. DesignBuilder'ın temel özellikleri, kullanıcı dostu arayüzünde ve sıcaklık değişimlerinin yanı sıra yıllık enerji tüketimi, "ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC)" bileşenlerinin özellikleri gibi sağlayabileceği çok çeşitli performans verilerinde yıl boyunca yatmaktadır [42].

DesignBuilder dört tür enerji simülasyonuna odaklanır: (1) soğutma sistemlerinin simülasyonu, (2) ısıtma sistemlerinin simülasyonu, (3) gerçek hava verilerinin simülasyonu ve (4) enerji performans göstergesinin simülasyonu.

Soğutma ve ısıtma simülasyonlarının amacı, soğutma / ısıtma bileşenlerinin özelliklerini / boyutlarını belirlemektir. Tablo 20’de, 35 simülasyon aracının incelemesine dayanan değerlendirme özetinin bir bölümünü (üç simülasyon aracı: EnergyPlus, Designbuilder ve Revit için Energy Analysis) özetlemektedir[62].

DesignBuilder araçlarıyla hem dahili bina geometrisi geliştirme hem de DXF dosyası içe aktarma mümkündür. DesignBuilder, çeşitli parametreler için ülkeye veya bölgeye özgü modeller sunar, ancak ısıtma ve soğutma sistemleri özelleştirilebilir. Ayrıca, bina termal modelleri DesignBuilder’ın optimizasyon işlevi kullanılarak yerel enerji kanunlarına göre doğrulanabilir. DesignBuilder, tasarım sürecinin tüm aşamalarına uyarlanabilir ve elektrik, CFD, günışığı aydınlatması, maliyet ve karbon simülasyonları gerçekleştirir. DesignBuilder’ın en önemli avantajı, PDF formatında dışa aktarılabilen bir analiz raporu oluşturmaktır [62]. Tablo 21’de DesignBuilder’ı kısaca açıklanmaktadır

Tablo 21.Bina Enerji Simülasyon BES araçlarının karşılaştırma tablosu

Araçlar	Simülasyona Genel Bakış				Hesaplama kalitesi		Kullanılabilirlik	Geçerlilik	Maliyet
	Önkoşul	Girişler	Çıktılar	Sunum	Güvenilirlik	Karmaşıklık			
Tasarım Oluşturucu	Bina enerji simülasyonu hakkında iyi bilgi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coğrafi konum ✓ Isıtma sistemi ✓ Oryantasyon ✓ Geometri (Revit'ten olası dış aktarma) ✓ U değeri ✓ Hava akımı 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sıcaklık ✓ Isı dengesi ✓ İç mekan konforu ✓ Hava akımı ✓ İç Kazanımlar ✓ Yenilenebilir ✓ Birleşik Krallık enerji mevzuatına uygunluk 	Grafikler	Orta	Orta ila düşük	Tüm aşamalar	Bütün dünya	Mimari Temel için 899 EUR
EnergyPlus	Termodinamik kavramlar hakkında iyi bilgi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ İklim dosyası ✓ Isıtma sistemi ✓ Oryantasyon Geometri ✓ U değeri ✓ Hava akımı 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Enerji tüketimi ✓ Yenilenebilir ✓ Mevzuata uygunluk 	Metin dosyaları	Yüksek	Yüksek	Tüm aşamalar	Bütün dünya	ücretsiz
Revit için Enerji Analizi	İyi derecede Revit bilgisi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ İklim verileri ✓ Isıtma sistemi ✓ Oryantasyon Geometri ✓ U değeri ✓ Hava akımı 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Karbon emisyonları ✓ Enerji kullanımı ✓ Isıtma ve soğutma yükü ✓ Yenilenebilir ✓ Mevzuata uygunluk 	Özet raporlar	Orta ila düşük	Düşük ila orta	Tüm aşamalar	Bütün dünya	Autodesk 360'a dahildir

Tablo 20'nin bir bölümün, 'da açıklanan 35 aracın belirli kriterlere göre değerlendirmesini özetlemektedir [60].

Tablo 22.Kısaca DesignBuilder yeteneklerinin özeti.

BEM araç	Başlıca yetenekler	Simülasyon motoru	Giriş verileri	Çıkış verileri	Performans kriteri								Uygulama																	
DesignBuilder	Tüm bina enerji simülasyonları	EnergyPlus/ Radiance	gbXML, .dx, .pdf, .bmp, .jpg	CAD: AutoCAD, Microstatio , SketchUp using 3-D dxf, .epw, .csv, .tmy, .tmy2	Enerji	+	Termal	+	Gün ışığı	+	Çevresel emisyonlar	+	Yaşam döngüsü analizi	+	Enerji maliyeti yaşam döngüsü	+	CFD analizi	+	Uyumla ilgili kod / sertifika	+	Yenilenebilir sistem analizi	+	Bulut bilişim	+	Belirsizlik duyarlılığı analizi	+	Parametrik analiz	+	Optimizasyon	+

1.8.3.4.2. Revit Architecture (Üçüncü arayüz programı)

Autodesk uygulamalarında gerçekleştirilen tüm enerji analizleri Green Building Studio'da bir ana projeye sahiptir. Revit 2016 için Enerji Analizi veya daha eski sürümlerde, simülasyonların gerçekleştirileceği belirli bir GBS projesi seçmek mümkündür. Revit 2017 ve sonraki sürümlerinde, Enerji Analizi, Insight'a asimile edilen Enerji Optimizasyonu ile değiştirilmiştir. Artık GBS projesine özgü ayarlarla simülasyonları çalıştıramazlar [62].

Autodesk Revit, kullanıcının herhangi bir AEC projesi için bir BIM iş akışını takip etmesini sağlayan, piyasada bulunan bir Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) yazılımıdır [62].

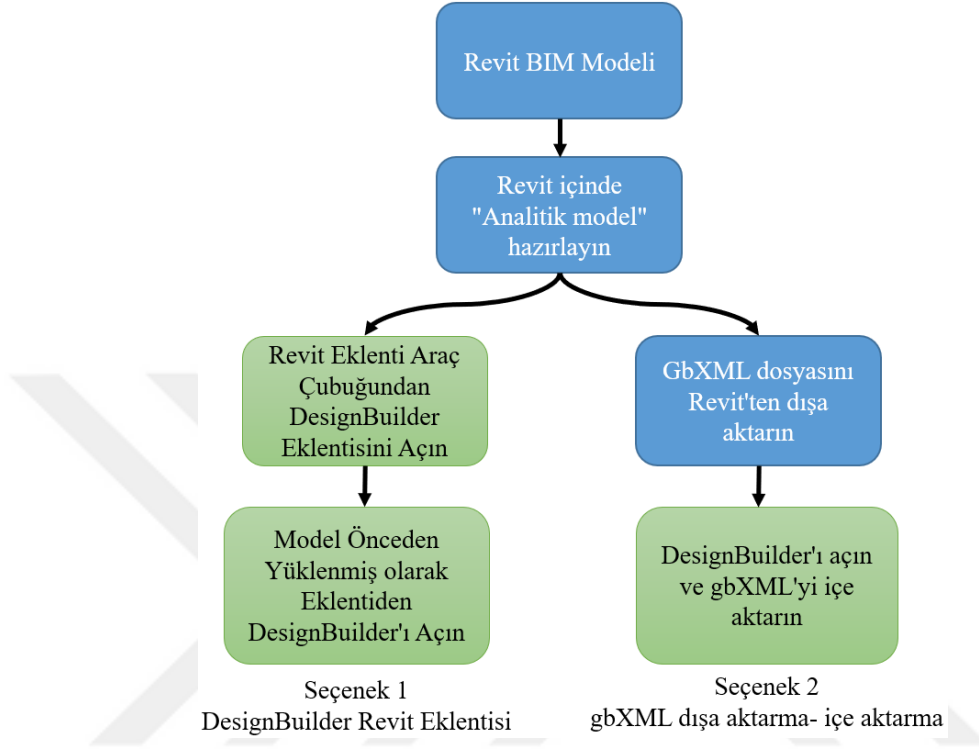
Revit, hem inşaat sektöründeki yaygın uygulaması hem de birçok akademik çalışmada önde gelen BIM yazılım platformları arasında yer alması nedeniyle seçilmiştir. 2014 ve 2016'daki Ulusal Bina Spesifikasyonuna (NBS) [63,64] ve Kanada'da IBC tarafından 2013'te yapılan benzer bir ankete dayalı olarak Revit, Birleşik Krallık'ta en çok kullanılan araçtır [65]. Diğer özelliklerin yanı sıra, 3B geometri üretmeyi ve binanın enerji analizini içerir. Enerji simülasyonu, bir Revit eklentisi olarak Autodesk Insight 360 kullanılarak gerçekleştirilir. Autodesk Insight, EnergyPlus simülasyon motorunu kullanarak tüm bina enerjisi, ısıtma, soğutma, gün ışığı ve güneş radyasyonu simülasyonu sağlar. Autodesk Revit 2017 kullanan BIM uygulaması, binaların enerji analizini ele almak için en iyi prosedürlerden biri olarak onaylanmıştır [66]

Revit BIM verilerini DesignBuilder'a aktarmanın şu anda iki yolu vardır:

1. DesignBuilder Revit Eklentisini Kullanma
2. Yerleşik Revit gbXML dışa aktarma menü seçeneğini kullanma

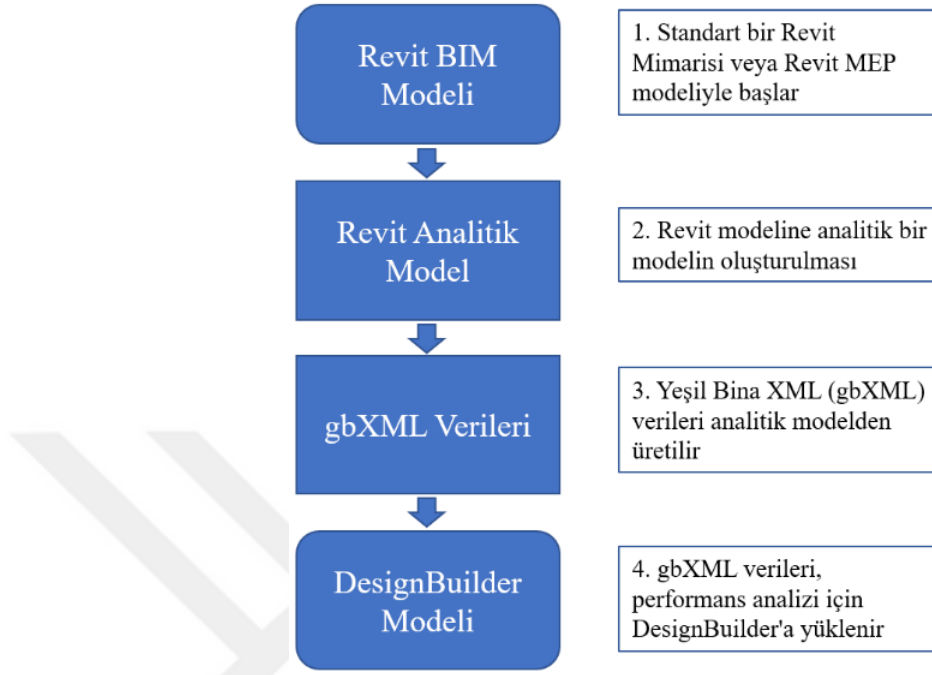
Aşağıdaki Şekil 18, Revit'ten veri aktarımının iki yönteminde gerekli olan süreçleri göstermektedir[67].

Revit Modellerini DesignBuilders'a Aktarma

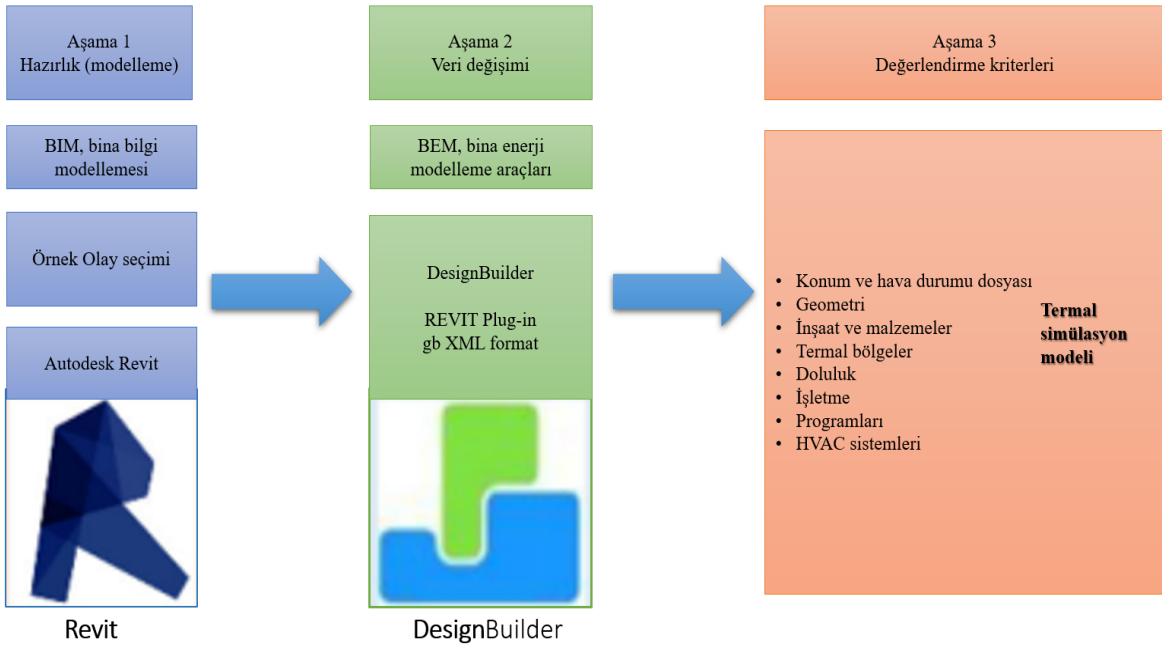


Şekil 18.Revit BIM'in DesignBuilder'a aktarılması:

Şekil 19 ve 20 Revit'ten DesignBuilder'a geçişi ve buna göre bu çalışmada seçilecek olan Metodoloji iş akışını göstermektedir.



Şekil 19.Revit'ten DesignBuilder'a geçiş için veri şeması [67,68].



Şekil 20. Metodoloji çalışma akışı [46].

1.9. Binaların Maliyet Etkinlik Performansını Belirlemek İçin Kullanılan Yöntemler

Genel olarak binaların maliyet-etkililik performansını belirlemek için, nZEB'ler için uygun maliyetli sistemler, yöntemler veya süreçler, ömür döngüsü maliyet analizi YDMA(LCCA) ve Geri Ödeme Süresi Hesaplama GÖSH (PPC)'si içinde dikkate alınmalıdır. Bu iki yöntem, son yıllarda en pratik ve faydalı yöntemler olarak tanımlanmaktadır. nZEB'lerin, geleneksel binalara kıyasla nZEB'lerin sayısını artırmanın önünde bir engel olduğu düşünüldüğünden, yukarıda bahsedilen yöntemler bu sorunun üstesinden gelmek için çok pratik yöntemlerdir.



Şekil 21.Yapıda maliyet-etkililik performansı yöntemleri

1.9.1. Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi (YDMA)

Yaşam döngüsü maliyeti, bir varlığın bir projenin ömrü boyunca başlangıç ve sonraki işletme maliyetlerini ve hurda maliyetlerini dikkate alma tekniğidir [69]. Yaşam döngüsü maliyet analizi (LCCA), mühendislerin, tasarımcıların ve karar vericilerin altyapı kararlarının zaman içindeki ekonomik etkilerini ve bu etkileri hafifletme fırsatlarını daha iyi anlamalarına yardımcı olan bir analiz yöntemidir. "Tam maliyet muhasebesi" veya "toplam sahip olma

maliyeti" olarak da bilinen LCCA, bir binaya sahip olma ve uzun vadeli işletme giderleri ile ilk parasal yatırımı dengeleme yöntemidir.

YDMA'da, Çoklu bina tasarım seçenekleri programa dayalı ihtiyaçları karşılayabilir ve kabul edilebilir performans sağlayabilir ve bu seçenekler farklı başlangıç maliyetlerine, işletim maliyetlerine, bakım maliyetlerine ve muhtemelen farklı yaşam döngülerine sahiptir.

Bir binanın toplam maliyeti, ilk inşaattan işletme ve bakıma kadar her şeyi içeren YDMA yöntemi kullanılarak tahmin edilir. YDMA 'nın amacı, varlığın ömrü boyunca en uygun maliyetli bina tasarım ve geliştirme tekniklerini bulmaktır. YDMA, bina sakinlerinin konforu veya çevresel etkiler gibi soyut endişeler yerine parasal değerleri ele alır. En uygun maliyetli yaklaşım, çevre için mutlaka en iyisi değildir. Örneğin bir bina sistemi çok az enerji kullanabilir, ancak bakımı enerji maliyetlerinden tasarruf ettiği için daha pahalı olabilir.

Proje Ekibi, Tablo 22 'de gösterildiği gibi, YDM sürecinin bir parçası olarak altı genel kategoride en fazla 14 potansiyel yaşam döngüsü maliyeti (YDM) karşılaştırmasının değerini değerlendirecektir. Her gruptaki spesifik karşılaştırmalar, aynı ihtiyaca hitap eden seçenekleri içerir [70].

Tablo 23. Altı genel kategoride yaşam döngüsü maliyeti (YDM) karşılaştırmaları [70].

Genel kategoriler	Alt kategoriler
Enerji Sistemleri	1. Merkezi tesis bağlantılı ve bağımsız sistemler (buhar ve soğutulmuş su) 2. Alternatif enerji sistemleri (örneğin, güneş fotovoltaikleri, güneş enerjisi, yakıt hücreleri) 3. Bağımsız sistemler için ekipman seçenekleri (ör. Hava soğutmalı soğutuculara karşı soğutucu akışkan bazlı doğrudan genleşmeli [DX] üniteler)
Mekanik Sistemler	4. Hava dağıtım sistemleri (örn. Değişken hacim - sabit hacim, tavan üstü - zemin altı) 5. Su dağıtım sistemleri (ör. Çeşitli boru sistemleri ve pompalama seçenekleri)
Elektriksel sistemler	6. İç aydınlatma kaynakları ve kontrolleri 7. Dış aydınlatma kaynakları ve kontrolleri 8. Dağıtım (örneğin, transformatörler, veri yolu kanalları, kablo tavaları)

Tablo 22' nin devamı

Bina kaplaması	9. kabuk ve yalıtım seçenekleri 10. Çatı sistemleri (çeşitli malzemeler ve yalıtım yöntemleri) 11. Cam, güneşiği ve gölgeleme seçenekleri
Yerleştirme / kitleleme	12. Oryantasyon, zeminden zemine yükseklik ve toplam bina yüksekliği 13. Peyzaj, sulama ve sert peyzaj seçenekleri
Yapısal Sistemler	14. Sistemler / malzeme seçimi (örn., Ahşap ve çeliğe karşı beton, yerinde dökme ve ön döküm)

Bir bina veya bina sisteminin edinilmesi, işletilmesi, sürdürülmesi ve bertaraf edilmesinin maliyetleri çeşitlidir ve bina ile ilgili Maliyetler genellikle aşağıdaki kategorilere ayrılır [71]:

- İlk Maliyetler - Satın Alma, Edinme, İnşaat Maliyetleri
- Yakıt Maliyetleri
- İşletme, Bakım ve Onarım Maliyetleri
- Değişirme Maliyetleri
- Artık Değerler - Yeniden Satış veya Kurtarma Değerleri veya Elden Çıkarma Maliyetleri
- Finansman Masrafları - Kredi Faiz Ödemeleri
- Parasal Olmayan Faydalar veya Maliyetler

Bu üç, 1-İlk maliyet, 2-bakım maliyetleri ve 3-işletme maliyetleri, bir YDM'de en çok kullanılan ölçütlerdir.

İlk maliyetler, arazi edinimi, inşaat veya yenileme ve bir tesisi işletmek için gereken ekipman için sermaye yatırımı maliyetlerini içerebilir.

Bakım maliyetleri, binayı iyi durumda tutmanın ve çalışır durumda tutmanın maliyeti olarak tanımlanır. Boyama, dekorasyon ve onarımları içerir.

İşletme maliyetleri, binanın kendisinin işletilmesiyle ilişkili maliyetler olarak tanımlanır. Temizlik maliyetleri, oranları, enerji ve güvenliği içerir [71].

1.9.1.1 YDMA Hesaplama Yöntemi

YDMA, bugün harcanan parayla gelecekte harcanan parayı doğru bir şekilde ağırlıklandırır. YDMA Hesaplamasında, tüm maliyetler ortak, cari dolarlara dönüştürülmeli ve ardından her alternatif için mevcut dolar cinsinden toplam bir maliyet geliştirmek için toplanmalıdır. Bu miktar bazen net bugünkü değer veya bugünün doları cinsinden toplam maliyet olarak adlandırılır. Her alternatif için hesaplanan net bugünkü değer ile karşılaştırmalar basittir çünkü birimler tutarlıdır. En iyi seçenek, en düşük yaşam döngüsü maliyetine veya net bugünkü değere sahip alternatiftir.

YDOA'nın temel formülü aşağıdaki gibidir:

$$YDM = C + PV_{\text{yinelene}} - PV_{\text{kalıntı değer}} \dots\dots\dots(9)$$

Nerede:

YDM, yaşam döngüsü maliyetidir, C Yıl 0 inşaat maliyetidir (sert ve yumuşak maliyetler), PV yinelenen, tüm yinelenen maliyetlerin bugünkü değeridir (yardımcı programlar, bakım, değiştirmeler, servis vb.), PV kalıntı değeri, çalışma ömrünün sonundaki kalıntı değerinin bugünkü değeridir.

Tüm maliyetleri yıl ve miktara göre belirledikten ve bunları bugünkü değere indirdikten sonra, her alternatif için toplam yaşam döngüsü maliyetlerine ulaşmak için eklenirler:

$$YDM = I + Repl - Res + E + W + OM\&R + O \dots\dots\dots(10)$$

YDM = Belirli bir alternatifin bugünkü değeri (PV) doları cinsinden Toplam YDM

I = PV yatırım maliyetleri (temel tarihte oluşmuşsa, iskonto edilmelerine gerek yoktur)

Repl = PV sermaye yenileme maliyetleri

Res = PV kalıntı değeri (yeniden satış değeri, kurtarma değeri) eksi elden çıkarma maliyetleri

E = enerji maliyetlerinin PV'si

W = su maliyetlerinin PV'si

OM&R = Yakıt dışı işletme, bakım ve onarım maliyetlerinin PV'si

O = diğer maliyetlerin PV'si (örneğin, ESPC'ler veya UESC'ler için sözleşme maliyetleri) [71].

1.9.2. Geri Ödeme Süresi Hesaplaması

Geri ödeme süresi (PB): Yatırım maliyetlerini karşılamak için geçen süredir. İlk yatırım, sonraki işletme maliyetleri ve kümülatif tasarrufların yatırımı karşıladığı zaman arasında geçen yıl sayısından hesaplanabilir. Basit geri ödeme, gelecekteki paralar için gerçek (iskonto edilmemiş) değerleri alır. İndirimli geri ödeme mevcut değerleri kullanır. Geri ödeme, genel olarak, geri ödemeye ulaşıldıktan sonra ortaya çıkan tüm maliyetleri ve tasarrufları göz ardı eder [72].

Geri ödeme süresi, orijinal yatırımı geri kazanmak için gereken beklenen yıl sayısı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, geri ödeme süresi, bir yatırımın maliyetini geri kazanmak için geçen süreyi ifade eder. Brigham & Ehrhardt'a göre, tüm faktörler sabit tutulursa, daha kısa geri ödeme süresine sahip bir proje daha iyi bir proje olarak düşünülür çünkü yatırımcılar daha kısa sürede yatırılan sermayeyi geri kazanabilirler. Ayrıca, daha kısa bir geri ödeme süresi, daha fazla proje likiditesi anlamına gelir. Uzak gelecekte beklenen nakit akışları genellikle kısa vadeli nakit akışlarından daha riskli olduğundan, geri ödeme genellikle bir projenin riskliliğinin bir göstergesi olarak kullanılır.

Geri ödeme süresine göre bir projeyi veya bir varlığı değerlendirmenin temel avantajlarından biri, basit ve anlaşılır olmasıdır. Temel olarak şu soru sorulur: "Bu yatırımın kaç yıl sonra kendini amortit eder? " Birkaç projeye uygulanması da kolaydır. Hangi projeyi üstleneceğinizi veya yatırım yapacağınızı analiz ederken, en kısa geri ödeme süresi olan projeyi düşünebilirsiniz. Projeleri değerlendirmek için geri ödeme süresinin temel avantajı basitliğidir. Dahası, Microsoft Excel geri ödeme sürelerini hesaplamak için kolay bir yol sağlar [73]. Geri ödeme süresinin hesaplanması için temel formül aşağıdaki gibidir:

Geri Ödeme Süresi = İlk yatırım / Yıllık Nakit Akışı

Örneğin, A Şirketinin her yıl 250.000 \$ tasarruf etmesi beklenen bir projeye 1 milyon \$ yatırım yaptığını varsayalım. Bu yatırımın geri ödeme süresi dört yıldır - 1 milyon doları 250.000 dolara böler. Nakit tasarrufu olmaksızın 200.000 \$ 'a mal olan başka bir projenin, şirketi önümüzdeki 20 yıl boyunca her yıl artarak 2 milyon \$ 'dan 100.000 \$ 'a çıkaracağını düşünün

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yöntem

Bu çalışma iki adımlı olarak planlanmıştır. İlk adımda dünyada tasarlanmış ve inşaa edilmiş net sıfır enerjili binalar kapsamlı bir araştırma yapılarak listelenmiştir. Bu binalar nZEB sertifikasına sahip olduğundan, bu projelerde tüm aktif ve pasif ev teknikleri uygulanmıştır. Bu çalışmada dikkate alınan kriterler arasında bina kabuğu yapımı, bina kabuğu U değerleri, bina hizmet sistemleri, yenilenebilir enerji teknolojileri, nihai enerji ve birincil enerji yer almaktadır. İncelenen binalardan elde edilen tasarım stratejileri uygulama çalışmasında kullanılmak üzere girdi oluşturmuştur.

Çalışmanın ikinci adımında, Türkiye’de TOKİ tarafından her ilde inşaa edilmiş olan Ankara’da yer alan tip yüksek katlı bir konut bloğu seçilmiştir. Konut bloğunun normal bir katında yer alan bir daire üzerinde, ilk adımda elde edilen tasarım stratejileri doğrultusunda yıkmadan bina kabuğunda, pencere sistemi ve duvar yalıtım kalınlıkları değişim senaryoları ve duvar yüzeylerine fotovoltaik panel kullanım senaryoları oluşturulmuştur. Oluşturulan 108 senaryo Design Builder enerji simülasyon programında modellenerek mevcut duruma göre birincil enerji tüketimindeki değişimler grafik ve tablo olarak sunulmuştur. Diğer yandan yandan tüm senaryolar ile nZEB’e ulaşmadaki başarı oranı sorgulanmıştır. Çalışma yöntemine ait adımlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Dünyada mevcut nZEB binaların incelenmesi
- İncelenen nZEB binalarının tasarım stratejilerinin belirlenmesi
- Uygulama çalışması için elde edilen TOKİ konut projesinin Revit Architecture 2020’de modellenmesi.
- Mevcut TOKİ projesinin termofiziksel özelliklerinin elde edilmesi
- Çalışmada gerçekleştirilecek tasarım senaryoların belirlenmesi.
- Önerilen senaryoların tanımlanması ve DesignBuilder’a girilmesi.
- Simülasyonu çalışması

- Simülasyon sonuçlarının analizi.
- Mevcut binaları yenilemek için mümkün olan en iyi seçeneği nZEB'e önermek.

2.1.1.Dünyada Uygulanmış ve Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Olarak Tanınlanmış Örnek Binaların İncelenmesi

Bu çalışmada, nZEB projelerinin Avrupa üye ülkelerindeki mevcut durumu değerlendirilmiştir. Bunun için Avrupa'da gerçekleştirilmiş 32 nZEB'nin çapraz sorgusu olan EPBD Concerted Action (EPBD CA) 2014 raporu kullanılmıştır [74]. 32 nZEB projesi arasında, daha fazla araştırma için on tek ve çok aileli konut projesi seçilmiştir. Tablo 23 'te belirtildiği gibi, Türkiye'nin iklim bölgelerine en yakın özelliklere sahip dört ülke, nZEB tanımlarının karşılaştırması ve bina tipleri bulunmaktadır [25].

Tablo 24.Türkiye iklim bölgelerine en yakın özelliklere sahip ülkeler, nZEB tanımları ve bina tipleri karşılaştırması [25].


Ülke	AB İklim kuşağı	Benzer Türkiye İklim Kuşağı	Bina tipi	Metrik	Kabul edilen enerji tüketimleri	Yenilenebilir enerji	Yenilenebilir enerji miktarları	EP-value
İspanya	1-2	1	NA	Birincil enerji	Isıtma, soğutma, Sıhhi sıcak su, havalandırma	Hesaplamaya katılıyor	NA	40 – 70
Yunanistan	1-2	2	Konut	Birincil enerji	Isıtma, soğutma, Sıhhi sıcak su, havalandırma, aydınlatma	Hesaplamaya katılıyor	60%	80

Tablo 23' ün devamı

Fransa	4	3	Konut	Birincil enerji	Isıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, destek sistemleri	Hesaplamaya katılıyor	-	50
Almanya	4	4	Konut	Birincil enerji	Isıtma, soğutma, Sıhhi sıcak su, havalandırma, aydınlatma	Hesaplamaya katılıyor	Ülke içinde bölgelere göre değişken	55

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere Anadolu'nun geniş coğrafyası ve içerdiği yer şekillerindeki farklılıklar, Avrupa'dakilere benzer farklı iklim kuşaklarına sahip olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle Türkiye'deki her iklim bölgesi için farklı nZEB uygulamalarına neden olabilir. Seçilen 10 nZEB projesinden sadece dördü; Almanya'daki iki proje ve Fransa'daki iki proje Türkiye iklim bölgesine yakın veya benzer olabilir. Diğer altı proje Avrupa'nın birçok yerinden seçilmiştir. Bu on projenin ayrıntılı açıklaması sırasıyla Tablo 24 ila Tablo 33 'te özetlenmiştir.

Tablo 25.Hırvatistan'daki bir nZEB örneği

Proje Adı:	Çok aileli bina Lenišće East; “Šparna hiža”					Ülke
İllüstrasyon:						Hırvatistan
Proje amacı:	Bina, ısıtma için 15 kWh / m ² . yıldan daha az enerji performans sınıfı A gereksinimlerini karşılayacak şekilde planlanmış ve inşa edilmiştir.					
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş	
	x			x		
	Çok aileli ev					
Bina boyutu:	1.539 m ² net kullanılabilir zemin alanı (28 daire, bodrum, zemin kat ve 612 m ² zemin alanlı üç kat)					
Bina kabuğu konstrüksiyonu:	Yapısal duvarlar 20 cm kalınlığında betonarme veya 25 cm kalınlığında tuğla duvar bloktur. Bina kabuğu, beton duvarlar için 20 cm, tuğla duvarlar için 15 cm kalınlığında taş yünü ile ısı yalıtımlıdır. Çatı düz, 20 cm betondan yapılmış ve 30 cm XPS ile ısı yalıtımlıdır. PVC pencereler, RAL kurulumuna göre monte edilmiş, argon ile doldurulmuş üçlü düşük e-kaplamalı camdan yapılmıştır. (RAL, doğru pencere kurulumları için yönergeler yayınlayan, pencere ve ön kapı üreticilerinden oluşan bir Alman kalite güvence birliğidir.)					
Bina kabuğu U değerleri:	Duvar	0.19 W/m ² .K (beton duvar) – 0.22 W/m ² .K (tuğla duvar); izin verilen U _{max} = 0,45 W / m ² .K				
	Pencere	0.99 W/m ² .K; izin verilen U _{max} = 1.80 W/m ² .K				
	Tavan arasına çatı / tavan	0.10 W/m ² .K; izin verilen U _{max} = 0.30 W/m ² .K				
	Bodrum tavanı	0.21 W/m ² .K; izin verilen U _{max} = 0.50 W/m ² .K				
	Yer döşemesi	0.13 W/m ² .K; izin verilen U _{max} = 0.50 W/m ² .K				
Bina servis sistemleri:	Isıtma ve soğutma, hem ısıtma hem de soğutma için aynı boruları kullanan bir döşeme altı sistemi ile sağlanır. Isıtma, COP = 2,8 (% 90) olan kompakt bir ısı pompası veya doğal gaz (% 10) kullanan kazanlar tarafından üretilir. Her dairenin kendi enerji sayaçları vardır. Havalandırma sistemi, dairenin tüm hacminin saatte 0,5 hava değişimini sağlamak için sürekli çalışır. Atık hava ısı, yüksek performanslı bir enerji geri kazanım sisteminden alınır. Sıcak su öncelikle güneş enerjisi kolektörleri tarafından üretilir ve gerekirse gaz kazanları ile tamamlanır.					

Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	Merkezi DHW hazırlama için güneş enerjisi: 4.000 litre hacimli DHW depolama tankına bağlanan binanın çatısındaki güneş termal kollektörleri. Sistem, destek olarak gaz kazanları ile sıcak su üretimi için öncelikle güneş enerjisini kullanmak üzere tasarlanmıştır.			
Nihai enerji kullanımı:	Hesaplanmış	x	Hesaplanan yöntem	HRN EN ISO 13790/PHPP 2009
	Isıtma	14.95 kWh/m ² . yıl (~% 10 gaz kazanı,% 90 el. Isı pompası)		
	Sıcak su	29.10 kWh/m ² . yıl (50% solar energy)		
	Soğutma	15.65 kWh/m ² . yıl		
	Havalandırma	4.17 kWh/m ² . yıl		
	Aydınlatma	1.69 kWh/m ² . yıl		
	Toplam	65.56 kWh/m ² . yıl		
	Elektrikli ev aletleri (ev elektriği)	21.54 kWh/m ² .yıl		
Birincil enerji kullanımı:	Elektrik	78.95 kWh/m ² .yıl	Birincil enerji faktörü:3	
	Doğal gaz	17.65 kWh/m ² .yıl	Birincil enerji faktörü: 1.1	
	Toplam	96.30 kWh/m ² .yıl		
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin% 22'si (güneş termal enerjisi)			
Ulusal gereksinimlere kıyasla gelişme:	78%	karşılaştırıldı	Yeni binalar için izin verilen maksimum ısıtma enerjisi talebi	
Maliyet:	Arazi, tasarım, inşaat ve denetim maliyetleri 1.644,00 m ² (28 daire) için 11.485.000,00 HRK (~ 1.500.000,00 €) tutarındadır. Standart kaliteli bir binaya kıyasla A ⁺ enerji sınıfı bina türü için ek maliyet yoktu.			

Tablo 26.Danimarka 'daki bir nZEB örneği

Proje Adı:	Sems Have, Roskilde,	Ülke
İllüstrasyon:		Danimarka


Tablo 25' in devamı

Proje amacı:	Bir yatakhane/gündüz bakım merkezinin yenilenmesi ve 30 düşük enerjili daireye dönüştürülmesi: İyileştirilmiş termal kaplama, ısı geri kazanımlı dengeli mekanik havalandırma sistemi, iyileştirilmiş mimari ve PV. Danimarka Bina sınıfı 2020 (nZEB)				
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş
	x				x
	Bir yurt/gündüz bakım merkezinin yenilenmesi ve 30 düşük enerjili daireye dönüştürülmesi. Tadilat Aralık 2013'te tamamlandı				
Bina boyutu:	3,388 m ² gross floor area after renovation				
Bina Kabuğu yapımı:	Duvarlar: prefabrik, hafif, 480 mm'ye kadar yalıtımlı Çatı: 400 mm izolasyon Pencereler: üç katmanlı düşük enerjili cam Bodrum kat: beton altında 100 mm genişletilmiş kil klinker ile izole edilmiştir.				
Bina Kabuğu U-değerleri:	Duvar	0.2 W/m ² .K (duvar alanının %87'si) – 0.3 W/m ² .K (13%)			
	pencere	1.0 W/m ² .K			
	Tavan arasına çatı/tavan	0.09 W/m ² .K			
	kiler tavan	1.1 W/m ² .K			
	Yer döşemesi				
Bina hizmet sistemleri:	Isıtma: Bina bir bölgesel ısıtma ağına bağlıdır. Havalandırma: 2 J/m ³ Spesifik Fan Gücü (SFG) faktörüne ve %84 ısı geri kazanım verimliliğine sahip dengeli mekanik havalandırma sistemi.				
Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	Toplam fotovoltaik (her iki çatıya yerleştirilmiş): 115 m ² , 17,3 kWp • A binasında PV: 55 m ² , yılda 8,16 kWp/6.613 kWh. • B binasında PV: yılda 9,12 kWp/7.282 kWh ile 60 m ² .				
Nihai enerji kullanımı/üretim:	Hesaplanmış	x	Hesaplanmış yöntem	Ulusal araç Be10	
	Isıtma	4.30 kWh/m ² .yıl			
	Sıcak su	14.20 kWh/m ² .yıl			
	Soğutma	0.00 kWh/m ² .yıl			
	Havalandırma (Elektrik)	5.90 kWh/m ² .yıl			
	Aydınlatma	Bilinmeyen			
	Pompa (Elektrik)	0.14 kWh/m ² .yıl			
	Toplam	24.54 kWh/m ² .yıl			
Elektrikli ev aletleri (ev elektriği)				Bilinmeyen	

Tablo 25' in devamı

	PV ile elektrik üretimi		3.85 kWh/m ² .yıl
Birincil enerji kullanımı/üretimi:	Merkezi ısıtma	11.10 kWh/m ² .yıl	Birincil enerji faktörü: 0.6
	Elektrik	11.00 kWh/m ² .yıl	Birincil enerji faktörü: 1.8
	PV ile elektrik üretimi	PV ile elektrik üretimi	Birincil enerji faktörü: 1.8
	Aşırı ısınma ek ücreti	Aşırı ısınma ek ücreti	
	Toplam	16.17 kWh/m ² .yıl	
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin (PV/toplam nihai enerji) %16'sı. Bölgesel ısıtma sistemine yenilenebilir enerji de dahildir.		
Ulusal gerekliliklere kıyasla iyileştirme:	70%	Nazaran:	Danimarka'da yenilenen binalar bileşen U-değerlerini karşılamalıdır, bu nedenle tek bir iyileştirme değeri elde etmek kolay değildir. Yeni bir bina olarak 53 kWh/m ² 'yi karşılaması gerekecekti. yıl birincil enerji. Bu karşılaştırma için temel olarak kullanılır. Danimarka nZEB sınıfı 20 kWh/m ² 'dir. yıl birincil enerji. Benzer bir yenilenmemiş konut binasının net alan ısıtma talebi yaklaşık 150 kWh/m ² .yıl (brüt alan) olacaktır.
Maliyet:	Kira, inşaat derneğine ait diğer dairelerle karşılaştırılabilir. Kullanım değişikliği nedeniyle kira öncesi ve sonrası karşılaştırması yapılamamaktadır.		

Tablo 27.Finlandiya 'daki bir nZEB örneği

Proje Adı:	Järvenpää Zero Energy House				Ülke
İllüstrasyon:					Finlandiya
Proje amacı:	Finlandiya'daki ilk yaklaşık sıfır enerjili ev				
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş
	x			x	
	Yaşlılar için bir ev				
Bina boyutu:	net taban alanı 2.124 m ²				
Bina Kabuğu yapımı:	300 mm SPU (poliüretan) izolasyonlu sandviç yapı beton duvarlar				
Bina Kabuğu U-değerleri:	Duvar	0.08 W/m ² K			
	pencere	0.76 W/m ² K			
	Tavan arasına çatı/tavan	0.07 W/m ² K			
	kiler tavan	0.10 W/m ² K			
	Yer döşemesi	0.10 W/m ² K			
Bina hizmet sistemleri:	Su bazlı ısıtma sistemi, düşük enerjili aydınlatma, mekanik besleme ve ısı geri kazanımlı egzoz havalandırma sistemi.				
Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	Güneş termal kolektörleri, güneş enerjisi (PV) ve jeotermal ısıtma.				
Nihai enerji kullanımı:	Hesaplanmış	x	Hesaplanmış yöntem	VTT Evi simülasyon aracı	
	Isıtma	12 kWh/m ² . yıl			
	Sıcak su	25 kWh/m ² . yıl			
	Soğutma	0 kWh/m ² . yıl			
	Havalandırma	3 kWh/m ² . yıl			
	Aydınlatma	Bilinmeyen			

Tablo 26' nın devamı

	Elektrikli ev aletleri (ev elektriği)	Bilinmeyen	
	Yardımcı + dış mekan elektriği	4 kWh/m ² . yıl	
	Toplam	44 kWh/m ² . yıl	
	Toplam	Veri yok	Yapı ruhsatı verildikten sonra birincil enerji gereksinimleri getirildi.
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin %100'ü (yaz aylarında fazla enerji, kış aylarında bölgesel ısıtma tüketimini telafi etmek için yakındaki eve satılmaktadır)		
Ulusal gerekliliklere kıyasla iyileştirme:	~ 50%	Nazaran:	Finlandiya Ulusal İnşaat Yönetmeliği, bölüm D3'teki gereksinimler
Maliyet:	Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji sistemlerinden kaynaklanan ek maliyetler, tipik yeni yaşlı evlerinden yaklaşık 400 €/m ² veya %15 daha yüksekti. Yeni binalar için Finlandiya enerji gereksinimlerine göre. Konseptin yeniden kullanılmasının, aynı hizmet düzeyine sahip tipik yaşlı evlerine kıyasla ekstra maliyetleri %10'a kadar düşürmesi bekleniyor.		

Tablo 28.Fransa 'daki bir nZEB örneği

Proje Adı:	Maison DOISY				Ülke
İllüstrasyon:					Fransa
Proje amacı:	Bir Fransız NZEB üretmek.				
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş
	x			x	
	Müstakil Evi				
Bina boyutu:	158 m ² net taban alanı				
Bina Kabuğu yapımı:	Binanın içi mineral yün ile izole edilmiş tuğla duvarlara sahiptir. Betonarme tavan, mineral yün izolasyona sahiptir.				
Bina Kabuğu U-değerleri:	Duvar	0.205 W/m ² .K			
	pencere	1.45 W/m ² .K			
	Tavan arasına çatı/tavan	0.138 W/m ² .K			
	kiler tavan	0.138 W/m ² .K			
	Yer döşemesi	0.138 W/m ² .K			
Bina hizmet sistemleri:	Isıtma, bir gaz yoğunmalı kazan tarafından sağlanır ve bir yerden ısıtma sistemi ile sağlanır. DHW, güneş enerjisi kolektörleri tarafından üretilir ve kazan tarafından desteklenir. İç ortam havasının kalitesini korumak için nem sensörlü tek akışlı bir havalandırma sistemi kuruldu.				
Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	DHW tüketiminin bir kısmını karşılamak için çatıya yaklaşık 4 m ² güneş enerjisi kolektörleri kuruldu.				
Nihai enerji kullanımı:	Hesaplanmış	x	Hesaplanmış yöntem	Ulusal standart (yöntem Th-BCE)	
	Isıtma	20.80 kWh/m ² . yıl			
	Sıcak su	9.50 kWh/m ² . yıl			

Tablo 27' nin devamı

	Soğutma	0.00 kWh/m ² . Yıl		
	Havalandırma	0.65 kWh/m ² . yıl		
	Aydınlatma	1.70 kWh/m ² . yıl		
	Elektrikli ev aletleri (ev elektriği)	Bilinmeyen		
	yardımcı enerji	0.15 kWh/m ² . yıl		
	Toplam	32.80 kWh/m ² . yıl		
	Güneş termal enerji katkısı	7.70 kWh/m ² .year		
Birincil enerji kullanımı:	Elektrik	6.50 kWh/m ² . yıl	Birincil enerji faktörü: 2.58	
	Doğal gaz	30.30 kWh/m ² . yıl	Birincil enerji faktörü: 1	
	Toplam	36.80 kWh/m ² . yıl		
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin %21'i			
Ulusal gerekliliklere kıyasla iyileştirme:	21%	Nazaran:	RT2012'ye göre maksimum birincil enerji kullanımı (46,90 kWh/m ² .yıl).	
Maliyet:	Bilinmeyen			

Tablo 29.Fransa 'daki bir nZEB örneği

ProjeAdı:	Maison HANAU				Ülke
İllüstrasyon:					Fransa
Proje amacı:	Fransa'da BEPOS Effinergie sertifikası alan ikinci evdir. BEPOS, kullandığından daha fazla elektrik üreten evler (artı enerjili evler) için verilen sertifikadır.				
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş
	x			x	


Tablo 28' in devamı

		Müstakil Evi		
Bina boyutu:	178 m ² net taban alanı			
Bina Kabuğu yapımı:	Bu ev, polistiren ile izole edilmiş hücresel beton, çatılarda ve döşemelerde ara kiriş polistirenden yüksek performanslı yalıtım ve 8 cm poliüretan ek izolasyona sahip bir yapıya sahiptir. Pencerelem çift camlıdır. doğru pencere kurulumları için kılavuzlar yayınlayan, pencere ve ön kapı üreticilerinden oluşan bir Alman kalite güvence derneğidir.)			
Bina Kabuğu U-değerleri:	Duvar	0.160 – 0.166 W/m ² .K		
	pencere	1.28 W/m ² .K		
	Tavan arasına çatı/tavan	0.108 – 0.127 W/m ² .K		
	kiler tavan	0.112 W/m ² .K		
	Yer döşemesi	0.112 W/m ² .K		
Bina hizmet sistemleri:	Isıtma, bir gaz yoğunmalı kazan tarafından sağlanır ve bir yerden ısıtma sistemi ile sağlanır. Kazan aynı zamanda ana kullanım suyu kaynağı olan güneş enerjisi kolektörlerine de destek sağlar. İç ortam havasının kalitesini korumak için nem sensörlü tek akışlı bir havalandırma sistemi kurulmuştur.			
Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	DHW tüketiminin bir kısmını karşılamak için çatıya yaklaşık 4 m ² güneş enerjisi kolektörleri kuruldu. Çatıya 51 m ² fotovoltaik paneller monte edilerek 8 kWp sağlanmaktadır.			
Nihai enerji kullanımı:	Hesaplanmış	x	Hesaplanmış yöntem	Ulusal standart (yöntem Th-BCE)
	Isıtma	28.40 kWh/m ² .yıl		
	Sıcak su	10.00 kWh/m ² . yıl		
	Soğutma	0.00 kWh/m ² . yıl		
	Havalandırma	1.55 kWh/m ² . yıl		
	Aydınlatma	1.45 kWh/m ² . yıl		
	yardımcı enerji	0.15 kWh/m ² . yıl		
	Elektrikli ev aletleri (ev elektriği)	Bilinmeyen		
	Toplam	41.55 kWh/m ² . yıl		
	Güneş termal enerji katkısı	7.20 kWh/m ² . yıl		
PV elektrik	40.85 kWh/m ² . yıl			
Birincil enerji kullanımı:	Elektrik	7.70 kWh/m ² . yıl		Birincil enerji faktörü: 2.58
	Doğal gaz	38.40 kWh/m ² . yıl		Birincil enerji faktörü: 1

Tablo 28' in devamı

	PV enerjisi	-105.40 kWh/m ² . yıl	Birincil enerji faktörü: 2.58
	Toplam	-59.30 kWh/m ² . yıl	
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin % 100'ü		
Ulusal gerekliliklere kıyasla iyileştirme:	202%	Nazaran:	RT2012'ye göre maksimum birincil enerji kullanımı (58,20 kWh/m ² .yıl)
Maliyet:	Mevcut değil		

Tablo 30.Almanya 'daki bir nZEB örneği

Proje Adı:	Efficiency House Plus with E-mobility in Berlin				Ülke
İllüstrasyon:					Almanya
Proje amacı:	Bu pilot bina kendi enerjisini üreterek kullanıcıların ve elektrikli araçların kullanımına sunuyor. Fazla enerji, şebekeye geri beslenir veya bir pilde depolanır. Birincil ve nihai enerji kullanımı için yıllık pozitif enerji dengesi gereklidir				
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş
	x			x	
	katlı müstakil ev				
Bina boyutu:	203 m ² kullanım alanı ('AN', AN=0.32*Vbrüt ile), 138 m ² yaşam alanı				
Bina Kabuğu yapımı:	Zemin, duvarlar ve çatı, 52 cm'ye kadar selüloz yalıtımı ile doldurulmuş ahşap panellerden yapılmıştır. Pencerelem üçlü camlıdır. Termal köprüler minimize edilmiştir. Fotovoltaik modüller çatıyı ve cepheyi kaplar. Tüm ev elemanları ayrılabilir ve başka bir yere taşınabilir veya binanın kullanım ömrü sona erdiğinde elden çıkarılabilir.				
Bina Kabuğu U-değerleri:	Duvar	0.11 W/m ² .K			
	pencere	0.70 W/m ² .K			
	Tavan arasına çatı/tavan	0.11 W/m ² .K			
	kiler tavan	0.11 W/m ² .K			
	Yer döşemesi	0.11 W/m ² .K			


Tablo 29' un devamı

Bina hizmet sistemleri:	Ev, havadan suya ısı pompası ve yerden ısıtma ile merkezi bir ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. %80 ısı geri kazanımlı dengeli mekanik havalandırma sistemi ve dokunmatik panelli bina enerji yönetim sistemi kuruludur. Çatı ve cephelerdeki PV sistemleri, bina tarafından kullanılan, şebekeye beslenen veya bir bataryada depolanan elektriği üretir. 40 kWh kapasiteli pil, daha önce elektrikli otomobillerde kullanılan 7.250 adet tekli ikinci el pil hücrelerinden oluşuyor.			
Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	Havadan suya ısı pompası, dış havadan gelen ortam enerjisini kullanır. İki büyük fotovoltaik alan kurulur: çatıda 98 m ² monokristal PV modülleri ve cephede 73 m ² ince film modülleri.			
Nihai enerji kullanımı:	Hesaplanmış	x	Hesaplanmış yöntem	DIN V 18599, Effizienzhaus Plus-Rechner [Verimlilik evi artı hesap makinesi]
	Isıtma	20.8 kWh/m ² .yıl		
	Sıcak su	8.1 kWh/m ² . yıl		
	Soğutma	0.0 kWh/m ² . yıl		
	Havalandırma dahil pompalar ve otomasyon	15.3 kWh/m ² . yıl		
	Aydınlatma	2.6 kWh/m ² . yıl		
	Elektrikli ev aletleri (ev elektriği)	14.3 kWh/m ² . yıl		
	Toplam	61.1 kWh/m ² . yıl		
	e-mobilite	19.6 kWh/m ² . yıl		
	PV enerji üretimi	- 65.6 kWh/m ² . yıl		
	kendi kendine kullanılan	- 32.3 kWh/m ² . yıl		
	bunların beslenen	- 33.3 kWh/m ² . yıl		
	Şebekeden elektrik	28.8 kWh/m ² . yıl		
	Elektrik fazlası	- 4.5 kWh/m ² . yıl		
Birincil enerji kullanımı:	Şebekeden elektrik	69.1 kWh/m ² . yıl	Birincil enerji faktörü: 2.4 (BEF 2014)	
	Elektrik beslemesi	-93.2 kWh/m ² . yıl	Birincil enerji faktörü: 2.8 (BEF 2014)	
	Toplam	- 24.1 kWh/m ² . yıl		
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin %22'si (güneş termal enerjisi)			

Tablo 29' un devamı

Ulusal gerekliliklere kıyasla iyileştirme:	78%	Nazaran:	EnEV 2009'a göre maksimum birincil enerji kullanımı. (Ev ekipmanı, e-mobilite dikkate alınmamıştır. PV tarafından üretilen elektrik, aylık elektrik kullanımına kadar hesaplanmıştır).
Maliyet:	İnşaat için 1.080.000 € ve bina hizmet sistemleri için 566.000 € ile evin maliyetleri oldukça yüksektir. Bunun nedeni kısmen yüksek hırs (artı enerji) ve yıkım durumunda evi farklı malzemelere bölme yeteneğidir. Aynı enerji performans seviyesine sahip 20'den fazla binadan oluşan bir verimlilik evi ağı bulunmaktadır. Bu evler, normal bir yeni binaya kıyasla ek maliyetlerin yaklaşık 50.000 € azaltılabileceğini göstermektedir.		

Tablo 31.İtalya 'daki bir nZEB örneği

Proje Adı:	ECOsil					Ülke
İllüstrasyon:						Italy
Proje amacı:	Bina enerji gereksinimlerini en aza indirir ve kalan enerji ihtiyaçları, yenilenebilir kaynaklarla entegre edilmiş yenilikçi ve verimli bir sistemle karşılanır.					
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş	
	x			x		
	2 katlı müstakil ev					
Bina boyutu:	185 m ² ısıtılmalı zemin alanı					
Bina Kabuğu yapımı:	Dış duvarlar, dış ısı yalıtımlı (EPS ve selüloz elyaf) otoklavlanmış gaz beton bloklardan yapılmıştır. Groun levha, havalandırılmalı zemin altı boşlukları için tek kullanımlık kalıp ile oluşturulmuştur; çatı ahşap bir yapıya sahiptir ve ahşap elyaf ile yalıtılmıştır.					
Bina Kabuğu U-değerleri:	Duvar	0.18 W/m ² .K				

Tablo 30' un devamı

	pencere	1.00 W/m ² .K	
	Tavan arasına çatı/tavan	0.18 W/m ² .K	
	kiler tavan	0.21 W/m ² .K	
	Yer döşemesi	0.21 W/m ² .K	
Bina hizmet sistemleri:	Isıtma sistemi, doğal gazla çalışan bir yoğuşmalı kazan (5 ile 25 kW arasında modülasyonlu) üzerine kuruludur ve aynı zamanda DHW'ye de destek sağlar. Radyant duvar panelleri odalara ısı sağlar. Isıtma sistemi, 4 güneş enerjisi kollektörü ve 500 litrelik bir depo ile yenilenebilir enerji içerir. İyi bir iç hava kalitesi sağlamak için ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemi kuruldu.		
Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	Güneş enerjisi sistemi (düz plaka güneş kollektörleri) 9.32 m ² 'dir ve DHW ihtiyacının %96'sını karşılar. Ayrıca pik gücü 2,94 kWp olan PV paneller (monokristal) bulunmaktadır.		
Nihai enerji kullanımı:	Hesaplanmış	x	Hesaplanmış yöntem
	AB Yönergesi 2002/91/CE, 16/12/2002'ye göre. Kararnameye göre n. 34, 29/09/2004 Bolzano Özerk Eyaleti Başkanı.		
	Isıtma	25.81 kWh/m ² .yıl	
	Sıcak su	2.05 kWh/m ² . yıl	
	Soğutma	0.00 kWh/m ² . yıl	
	Havalandırma	Kullanımda ancak ölçülmemiş	
	Aydınlatma	14.88 kWh/m ² . yıl	
	Elektrikli ev aletleri (ev elektriği)	Bilinmeyen	
	Toplam	42.74 kWh/m ² . yıl	
	PV üretilen elektrik	~ 3,200 kWh/year 17.32 kWh/m ² . yıl	
Birincil enerji kullanımı:	Toplam	23 kWh/m ² . yıl	
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin %67'si		
Ulusal gerekliliklere kıyasla iyileştirme:	80%	Nazaran:	CASACLIMA sertifikasına göre geleneksel bina tarafından tüketilen ısıtma enerjisi.
Maliyet:	Bu binaların nihai maliyeti her biri 350.000 € idi ve bu, geleneksel çözümler kullanan benzer bir binaya kıyasla %25'lik bir maliyet artışı temsil ediyor.		


Tablo 32.İsveç 'daki bir nZEB örneği

Proje Adı:	Single-family house in Vallda Heberg passive house residential area				Ülke
İllüstrasyon:					İsveç
Proje amacı:	Planlamadan işletmeye kadar enerji verimliliğine odaklanarak farklı bina tiplerine sahip bir yerleşim alanı inşa etmek. Tüm binalar İsveç standardına göre pasif evler olarak sertifikalandırılacaktır. Hedef, ısıtma ve sıcak su enerjisinin %40'ının yerel bir bölgesel ısıtma sisteminden güneş enerjisi ile sağlanmasıdır.				
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş
	x			x	
	Müstakil Evi				
Bina boyutu:	140 m ² living area				
Bina Kabuğu yapımı:	Dış duvarlar 195 + 95 mm taşünü izolasyonlu, cephe levhası, 80 mm cam yünü izolasyonlu, hava boşluklu ve ahşap cephe giydirmeli taşıyıcı ahşap dikme duvarlardır. Çatı yapısı, ahşap çatı makasları ve 600 mm üfleme yünü ile soğuk bir çatı katıdır. Argon ile doldurulmuş üçlü cam pencereler vardır.				
Bina Kabuğu U-değerleri:	Duvar	0.106 W/m ² .K			
	pencere	0.70 W/m ² .K			
	Kapı	0.80 W/m ² .K			
	Tavan arasına çatı/tavan	0.066 W/m ² .K			
	kiler tavan	0.08 W/m ² .K			
	Yer döşemesi	0.08 W/m ² .K			
Bina hizmet sistemleri:	Vallda Heberg'deki tüm konutlar, döner bir ısı eşanjörü ve bir ısıtma elemanı ile bir besleme ve egzoz havalandırma sistemi ile donatılmıştır. Bina içerisinde hem sıcak kullanım suyu hem de mekan ısıtması için kullanılan sirkülasyonlu sıcak su sistemi bulunmaktadır. Banyo zemininde ayrıca sıcak su sirkülasyon sistemi, geri kazanım sistemi ile bağlantılı ilave konfor ısıtması bulunmaktadır.				

Tablo 31' in devamı

Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	Bölgedeki tüm tesislerdeki ısıtma ve sıcak su enerjisi, yerel bir bölgesel ısıtma sisteminden %100 yenilenebilir enerjiden oluşmaktadır. Bu sistemin enerjisinin %40'ı bölgedeki trafo merkezlerinde bulunan güneş enerjisi kolektörlerinden, kalan %60'ı ise merkezi pelet kazanından gelmektedir. Konut sakinlerinin sözleşmesine göre, konut sakinlerine elektrik kullanımına göre rüzgar enerjisinden elektrik satın almaları teklif edildi.			
Nihai enerji kullanımı:	Hesaplanmış	x	Hesaplanmış yöntem	Belirtilmemiş
	Isıtma	33.0 kWh/m ² . yıl		
	Sıcak su	17.6 kWh/m ² . yıl		
	Soğutma	0.0 kWh/m ² . yıl		
	Havalandırma	5.1 kWh/m ² . yıl		
	Aydınlatma	Bilinmeyen		
	Elektrikli ev aletleri (ev elektriği)	Bilinmeyen		
	Toplam	55.7 kWh/m ² . yıl		
Birincil enerji kullanımı:	Güneş enerjisi	0.0 kWh/m ² . yıl		Birincil enerji faktörü:0
	biyoyakıt	30.4 kWh/m ² . yıl		Birincil enerji faktörü:1
	Rüzgar enerjisi	0.0 kWh/m ² .yıl		Birincil enerji faktörü:0
	Toplam	30.4 kWh/m ² . yıl		
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin %100'ü			
Ulusal gerekliliklere kıyasla iyileştirme:	51%	Nazaran:	Ulusal Konut Kurulu (BBR) BBR18 gerekliliklerine göre İsveç'te bu bölge için maksimum özgül enerji kullanımı 110 kWh/m ² .yıl'dır.	
Maliyet:	Pasif ev tasarımının maliyetleri, standart tasarıma göre yaklaşık %10 daha yüksektir.			

Tablo 33. Avusturya 'daki bir nZEB örneği

Proje Adı:	Messequartier	Ülke			
İllüstrasyon:		Avusturya			
Proje amacı:	Kompleks, pasif ev standardını karşılayacak şekilde inşa edilmiştir. Ana odak noktası, merkezi bir konumda ve birçok açık alanda çeşitli ortak alanların (servis alanları, kreş ve öğrenci ve yaşlı konutları gibi) bir karışımını sunmaktır. Bu rapor sadece kompleksin çok aileli bölümünü açıklamaktadır.				
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş
	x			x	
	Çok aile apartmanı				
Bina boyutu:	21.000 m ² net taban alanı				
Bina Kabuğu yapımı:	Ev, yalıtımlı tuğla duvarlı büyük bir yapıya sahiptir. Çatı ve bodrum tavanı betonarme olup, pencerelerde üçlü cam bulunmaktadır.				
Bina Kabuğu U-değerleri:	duvar	0.18 W/m ² .K			
	pencere	0.8 W/m ² .K			
	Kapı	0.80 W/m ² .K			
	Tavan arasına çatı/tavan	0.11 W/m ² .K			
	kiler tavan	0.11 W/m ² .K			
	Yer döşemesi	0.11 W/m ² .K			
Bina hizmet sistemleri:	Ev bölgesel ısıtma ile ısıtılmaktadır. %75 ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemine sahiptir. Çatıda bulunan 700 m ² güneş enerjisi panelleri ile sıcak su ihtiyacı kısmen karşılanmaktadır.				
Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	Güneş enerjisi panelleri (700 m ²) sıcak suyu ısıtmak ve ısıtmaya destek olarak kullanılmaktadır. Mekanik havalandırma sisteminin gelen havasının ön ısıtması olarak bir ısı pompası kullanılır.				

Tablo 32' nin devamı

Nihai enerji kullanımı:	Hesaplanmış	x	Hesaplanmış yöntem	OIB 2007
	Isıtma	14.4 kWh/m ² .yıl		
	Sıcak su	15.7 kWh/m ² . yıl		
	Soğutma	0.0 kWh/m ² . yıl		
	Havalandırma	Isıtma dahil		
	Aydınlatma	Bilinmeyen		
	Elektrikli ev aletleri (ev elektriği)	Bilinmeyen		
	Toplam	30.1 kWh/m ² . yıl		
Birincil enerji kullanımı:	Toplam	45.8 kWh/m ² . yıl	Bölgesel ısıtmanın birincil enerji faktörü: 1.52	
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin yaklaşık %52'si			
Ulusal gerekliliklere kıyasla iyileştirme:	43%	Nazaran:	OIB 2007'ye göre maksimum nihai enerji talebi	
Maliyet:	Bina maliyetleri tüm emlak için yaklaşık 57 milyon € idi.			

Tablo 34.Belçika-FL 'daki bir nZEB örneği

Proje Adı:	De Duurzame Wijk, Waregem				Ülke
İllüstrasyon:					Belçika-FL
Proje amacı:	NZEB konutlarının satın alınabilirliği hakkında araştırma: Pasif bina kabuğu, ısıtma, DHW ve elektrikli yardımcı kullanım için birincil enerji kullanımının %100 yenilenebilir enerji kapsamı.				
Bina tipi:	Konut	Konut Dışı	Kamu	Yeni	Yenilenmiş
	x			x	
Küçük bir özel bahçe ve büyük bir ortak bahçeye sahip 7 müstakil konut					

Tablo 33' ün devamı

Bina boyutu:	Toplam konut büyüklüğü (net): Köşe evler 194 m ² , merkezi evler için 188 m ² . Isıtılmalı zemin alanı: ca. 150 m ²	
Bina Kabuğu yapımı:	Bina tuğla duvarlar ve beton döşeme plakalarından oluşmaktadır. Tüm duvarların kalınlığı 14 cm, ayrıca dış duvarlar için 24 cm mineral yün vardır. Çatı 36 cm taşıyıcı ile ahşap konstrüksiyondur. Hava sızdırmazlığı için hedef, 50 Pa basınç farkında 1,5 vol/h veya 2,5 m ³ /hm ² 'dir. Pencere ahşap çerçeveli ve üçlü camlıdır.	
Bina Kabuğu U-değerleri:	duvar	0.12 – 0.13 W/m ² .K
	pencere	0.78 W/m ² .K (Uglazing = 0.6 W/m ² .K)
	Tavan arasına çatı/tavan	0.13 W/m ² .K
	2 konut arasındaki duvar	0.35 W/m ² .K
	Çatı penceresi	1.01 W/m ² .K (Uglazing = 0.5 W/m ² .K)
	kiler tavan	0.10 W/m ² .K
	Yer döşemesi	0.10 W/m ² .K
Bina hizmet sistemleri:	<p>Isıtma: mutfak ve oturma alanında yerden ısıtılmalı gaz kazanı (12 kW). Yatak odaları ayrı bir ısıtma ile donatılmamıştır. Banyoya termostatlı elektrikli havlu kurutucu takılacaktır.</p> <p>DHW: 200 litrelik tampon depolu gaz kazanı (yukarıdakiyle aynı).</p> <p>Havalandırma: mekanik, kuru odalarda taze hava beslemesi, ıslak odalarda egzoz, ısı geri kazanımlı (min. %85)</p> <p>Soğutma: Aktif soğutma yapmak için çeşitli önlemler tasarımın bir parçasıydı güney cephesinde büyük bir yapısal panjur da dahil olmak üzere gereksiz.</p> <p>Aydınlatma: alıcılara/kiracılara kadar. Tüm ortak aydınlatma BREEAM standartlarına uygun olacaktır.</p>	
Dahil edilen yenilenebilir enerji teknolojileri:	<p>İncelenen tüm olası yenilenebilir enerji teknolojileri (ısı pompaları, biyokütle kazanları, PV panelleri, güneş enerjisi panelleri ve tüm bu teknolojilerin 7 konut için toplu kurulumları. Bir Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi çalışması, yenilenebilir enerjide 3 olası ve aşağı yukarı eşit seçeneğe yol açtı. enerji sistemleri:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 7 konut için toplu biyokütle kazanı 2. Bölgede yenilenebilir enerji sistemlerine katılım ile en iyi şekilde yalıtılmış bir konut (yerinde üretim yok). 3. gaz kazanı + PV sistemi (3,8 kWp): Temel olarak gayrimenkul geliştiricisinin tercihiyle bağlantılı birkaç pratik nedenden dolayı, uygulanan çözüm buydu. 	

Tablo 33' ün devamı

Nihai enerji kullanımı:	Hesaplanmış	x	Hesaplanmış yöntem	VE (Virtual Environment)
	Isıtma		8.5 kWh/m ² .yıl	
	Sıcak su		22.0 kWh/m ² . yıl	
	Soğutma		0.0 kWh/m ² . yıl	
	Havalandırma		7.0 kWh/m ² . yıl	
	Aydınlatma		elektrikli ev aletlerine dahil	
	Aydınlatma dahil elektrikli ev aletleri (ev elektriği)		(18,0 kWh/m ² .yıl) -> NZEB enerjisinin hesaplanmasında dikkate alınmaz	
	PV üretimi		-22.0 kWh/m ² . yıl	
	Toplam gaz		30.5 kWh/m ² . yıl	
	Toplam elektrik		-15.0 kWh/m ² . yıl	
	Toplam nihai enerji		15.5 kWh/m ² . yıl	
	Birincil enerji kullanımı:	Gaz		31 kWh/m ² . yıl
şebeke elektriği			18 kWh/m ² . yıl	Birincil enerji faktörü: 2.5
PV üretimi			-55 kWh/m ² . yıl	Birincil enerji faktörü: 2.5
Toplam			-6 kWh/m ² . yıl	
Yenilenebilir katkı oranı:	Toplam nihai enerjinin %59'u (birincil enerjinin %112'si)			
Ulusal gerekliliklere kıyasla iyileştirme:	78%	Nazaran:	Mevcut gereksinim 7 kWh/m ² yıllık E60 + PV üretimidir. Yıllık yaşanabilir alan: bu bina E13 + 22 kWh/m ² yıllık PV üretimidir.	
Maliyet:	<p>Mevcut mevzuata (E60 + RE) kıyasla ilk yatırım maliyetindeki (CAPEX) fark:</p> <p>Referans bina = 242.000 €</p> <p>nZEB (toplu biyokütle ısıtmalı) = referans + %6 (14.500 €)</p> <p>nZEB (katılımlı ve yoğuşmalı kazanlı) = referans + %6 (14.300 €)</p> <p>nZEB (PV ve yoğuşmalı kazan ile) = referans + %8 (18.900 €)</p> <p>Mevcut mevzuata göre 30 yılda net bugünkü değer (NPV) farkı:</p> <p>nZEB (toplu biyokütle ısıtmalı) = referans – 7.100 €</p> <p>nZEB (katılımlı ve yoğuşmalı kazanlı) = referans – 7.300 € nZEB (PV ve yoğuşmalı kazanlı) = referans – 11.000 €</p>			

Yukarıda belirtilen 10 nZEB örneğinin genel değerlendirilmesi Tablo 34'te verilmiştir.

Tablo 35. On nZEB örneğinin değerlendirme tablosu.

Bina tipi	Konut (Müstakil vi, çok aileli konut binalar)			
Bina durumu	Yeni ve Yenilenmiş			
Bina kaplaması	<p>Duvar yapım teknolojisi açısından 3 bina tuğla konstrüksiyon tipinde, 4 bina daha beton duvarlı ve 3 bina ahşap konstrüksiyon tipindedir. Birkaç bina birden fazla duvar yapımı türü.</p> <p>3 binanın pencereleri çift camlı olup, 2'si lowe kaplamalı, diğer 1'si kaplanmamış. 7 bina düşük e-kaplamalı üç camlı pencerelere sahiptir.</p> <p>Çatıların yüzde altmış dördü beton yapı tipinde olup, %36'sı ahşaptır.</p> <p>zemin döşemelerinin yüzde doksan üçü yalıtılmıştır.</p>			
Yapı bileşeni	Aşağıda gösterildiği gibi, hemen hemen tüm binalarda U değerleri çok düşüktür. En düşük veya en yüksek değerlerin tümü aynı binadan gelmemektedir.			
	U-değeri [W/m². K]			
	Seviye	Ortalama	En Düşük	En Yüksek
	Duvar	0.29	0.065	1.97
	Pencere	1.16	0.7	4.5
	Çatı	0.15	0.06	0.55
	Zemin döşeme	0.29	0.07	1.97
	Kapı	0.98	0.68	2.19

Tablo 34' ün devamı

<p>Bina hizmet sistemleri(yakıt)</p>	<p>10 nZEB örneğinden 4'ü (%40) ısı pompalarıyla, 2 bina gaz kazanlarıyla, 2 bina bölgesel ısıtma (bunlardan sadece biri yedek sistem olarak) ve 1 bina biyokütle kazanları ile.</p> <p>Binaların yüzde altmış sekizi soğutulmuyor çünkü çoğunlukla Güney Avrupa'da bulunmaktadır. Bunların çoğu, soğutma stratejisinde aktifleştirilmiş yapı bileşenlerini içerir.</p> <p>Etkinleştirilmiş yapı bileşenleri tavanlar, zeminler veya duvarlardır.</p> <p>Odaların termal ön koşullandırması için su ile doldurulmuş borular veya hava ile kanallar içerir.</p> <p>4 binada mahal ısıtma sistemi ile birlikte sıcak su üretilmektedir. 1 bina, merkezi olmayan elektrikli sıcak su üretimi kullanıyor. 5 bina (%50) sıcak su üretimi için güneş enerjisi panelleri içermektedir.</p> <p>Binaların yaklaşık %70'si (7) ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemi, 2 binada ısı geri kazanımlı ve ısı pompalı mekanik havalandırma sistemi kullanmakta ve ek 1 binada ısı geri kazanımsız mekanik havalandırma sistemi bulunmaktadır.</p> <p>Üç bina doğal havalandırmaya güvenir (yalnızca pencere açıklığı) havalandırma sistemi olarak. Birçok bina, Yukarıdakiler dahil olmak üzere enerji tasarruflu lambalara sahiptir:LED.</p>
<p>Yenilenebilir enerji sistemleri</p>	<p>Fotovoltaik (PV) paneller, nZEB örneklerinin (10 bina) %100'üne entegre edilmiştir.</p> <p>Solar termal paneller, projelerin yarısından fazlasının enerji konseptinin bir parçasıdır (%60, 6 bina).</p> <p>Yüzde otuz (3 bina) toprak kaynaklı ısı pompaları ile ısıtılmaktadır.</p> <p>Yenilenebilir enerjinin en yüksek payını içeren bölgesel ısıtma, 50 binada (projelerin %50'si) kullanılmaktadır.4 projede (%40) doğrudan biyokütle ısıtma kullanılmaktadır. Bir bina, ısıtma sisteminin düşük birincil enerji faktörü nedeniyle, şebeke elektriğinin yüksek birincil enerji faktörü ile değiştirilmesi yerine elektrik üretmenin faydası nedeniyle, bazı ülkelerde yenilenebilir enerji olarak kabul edilen (eşdeğer) CHP kullanır.</p>
<p>Enerji değerleri</p>	<p>10 bina örneğinin toplam nihai enerji kullanımına ilişkin ortalama yenilenebilir enerji oranı %60'tır. Yenilenebilir payı %16 ile %210 arasında değişmektedir.</p> <p>Mevcut ulusal gerekliliklere kıyasla iyileşme, ortalama %75 ile %22 ile %200 arasındadır.</p>
<p>Tasarım Stratejileri</p>	<p>Aktif, Pasif ve Entegre tasarım stratejileri</p>

2.1.1.1. İncelenen nZEB Binalarda Uygulanan Tasarım Stratejileri

Kuşkusuz, aktif ve pasif tasarım stratejileri nZEB konseptinin temelini oluşturur. Bir nZEB tasarımı, bina entegre tasarım yaklaşımı olarak adlandırılan bu iki tasarım stratejisiyle başlar. Entegre bina tasarımının amacı, pasif tasarım teknikleriyle bina kabuğu ile oynayarak ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmaktır ve aktif tasarım sayesinde çok uygun mekanik sistemi ve cihazı seçilmiş olabilir. Bir nZEB yalnızca, tümü ücretsiz veya düşük maliyetli olan tüm pasif stratejiler tasarıma ve yapıma dahil edilirse uygun maliyetli olacaktır. Yukarıda belirtilen on projenin analiz sürecinde aktif ve pasif stratejilere dikkat ederek aktif ve pasif alt başlıklar altında özetlenmiştir.

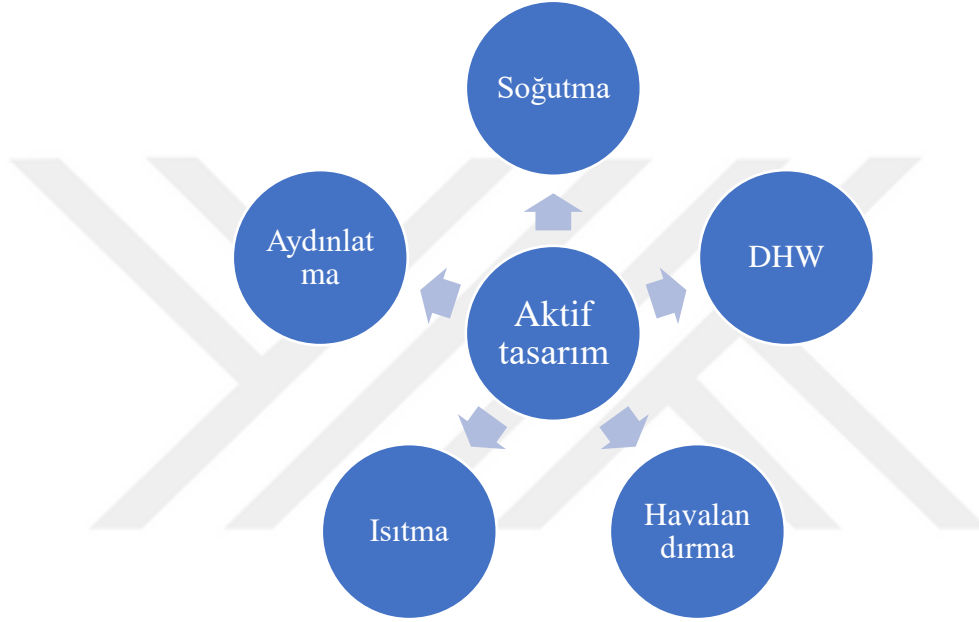
2.1.1.1.1. Uygulanan Pasif Tasarım Stratejileri

Bina formu ve oryantasyonu, bina kabuğu seçenekleri, gölgeleme, soğuk çatı kaplama, pencere sistemi, güneşli aydınlatma, doğal havalandırma, termal kütle, buharlaşmalı soğutma ve bitki örtüsü pasif ev tasarımının temellerini oluşturur. Burada nZEB örneklerini analiz ederken, bu seçeneklerin ne kadar dikkate alındığına bakmaktayız. On nZEB örneğinin tümü göz önüne alındığında, bina kabuğu konstrüksiyonu ve bina kabuğu U-değerlerinin bu projelerin nZEB olarak tanımlanmasında önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Genel olarak tüm bu projelerin yüksek teknolojili bir bina kabuğu, yalıtımlı duvarlar, yalıtımlı çatılar ve hemen hemen tüm projelerde üçlü cam pencereli olarak tasarlandığı sonucuna varılabilir. Ancak yapı malzemeleri ve bileşenlerinin türleri ve kalınlıkları, farklı iklim bölgeleri nedeniyle farklılık göstermektedir.

2.1.1.1.2. Uygulanan Aktif Tasarım Stratejileri

Binalardaki aktif tasarım seçeneklerinden bahsetmek söz konusu olduğunda, HVAC sistemleri, yapay aydınlatma, verimli elektronik cihaz ve yenilenebilir enerji bazlı cihazlar dikkate alınması gereken temel unsurlardır. nZEB'lerde her türlü iklim koşulunda ısı konfor sağlamak için, iklimlendirme sistemleri yüksek verimli sistemlerden seçilmeli ve seçilen HVAC

sistemini gelişmiş bir kontrol sistemi ile kontrol etmelidir. Etkili bir bina yönetim sistemi, daha verimli çalışması için verimli sistemleri beraberinde getirir. Buradaki örnek binalardaki aktif stratejilerin iyi bir analizini yapmak için, aşağıdaki gibi hizmet sistemleri inşa etmeye ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin payına odaklanmıştır:



Şekil 22. İncelenen nZEB'lerde uygulanan aktif tasarım stratejileri.

Isıtma: on projenin tümü bu seçeneklerden biri ile tasarlanmıştır; doğalgazlı ısıtma sistemi, yerden ısıtma sistemi, bölgesel ısıtma sistemine bağlı, merkezi ısıtma sistemi, havadan suya ısı pompası sistemi, Su bazlı ısıtma sistemi ve gazla yoğunlaşmalı kazan sistemleri. Bazı örnek projelerde, DHW yukarıda bahsedilen sistemlerden biri tarafından kapsanmıştır.

DHW: on projenin tümü bu seçeneklerden biri ile tasarlanmıştır; 200 litrelik tampon depolamalı gaz kazanı (yukarıdakiyle aynı). sirkülasyonlu sıcak su sistemi, sıcak su (DHW) talebi üretilir veya kısmen güneş termal kollektörleri tarafından karşılanır ve bazı projelerde kazan tarafından desteklenir.

Havalandırma: on projenin tümü bu seçeneklerden biri ile tasarlanmıştır; mekanik havalandırma sistemi, besleme ve egzoz havası havalandırma sistemi (kuru odalarda taze hava temini, ıslak odalarda egzoz), Nem sensörleri, mekanik besleme ve egzoz havalandırma

sistemine sahip tek akışlı bir havalandırma sistemi. Tüm havalandırma sistemlerinin ısı geri kazanım sistemleri ile tasarlandığı unutulmamalıdır.

Soğutma: on projenin tümü bu seçeneklerden biri ile tasarlanmıştır; Aynı borular kullanılarak yerden ısıtma ve soğutma yapılmıştır. Güney cephede yüzey alanı büyük bir gölgeleme elemanı dahil olmak üzere, aktif soğutmayı gereksiz kılacak birkaç önlem tasarımın bir parçasıdır.

Aydınlatma: On projenin tümü bu seçeneklerden biriyle tasarlanmıştır; Çatı ve cephelerdeki PV sistemleri, bina tarafından kullanılan, şebekeye beslenen veya bir bataryada depolanan elektriği üretir. Düşük enerjili aydınlatma cihazı. Tüm ortak aydınlatma BREEAM standartlarına uygun olacaktır.

2.1.1.1.3. Dahil Edilen Yenilenebilir Enerji Teknolojileri

Projelerde kullanılan yenilenebilir enerji teknolojisi, nZEB konseptinin önemli hedeflerinden biri olduğu ve binaya yenilenebilir enerji katkısı olduğu için kullanılmaktadırlar. İncelenen projelerde; DHW ihtiyacını kısmen karşılayan güneş enerjisi kolektörleri, fotovoltaik paneller, ısı pompaları, havalandırma, biyokütle kazanları, jeotermal ısıtma, havadan suya ısı pompası kullanıldığını görmekteyiz.

Ayrıca beş örnek projede yenilenebilir katkı oranı % 60'ın üzerindedir ve iki proje % 100 yenilenebilir katkı oranı olarak işaretlenmiştir. Tüm örnek projelerde, ortalama 53,7'ye eşittir ve medyan 55,5'tir. Örnek projelerin yarısından fazlasında yenilenebilir katkı oranının % 50'nin üzerinde olduğu ve bunun EPBD hedefini karşıladığı sonucuna varılmıştır.

2.1.2. İncelenen Binalarda Uygulanmış nZEB Stratejilerinin Mevcut Binalara Uygulanması

İncelenen örnekler, tasarım sırasında akıllı bina ve entegre tasarım yaklaşımı olmak üzere iki farklı stratejinin uygulandığını göstermektedir. Bu projelerin genel durumu, ulusal gerekliliklere göre tasarlanmış binalardan ortalama olarak % 74 daha fazla enerji verimlidir. Bazı binalar çok gelişmiştir ve yıllık pozitif enerji dengesi ile sonuçlanmıştır. Bu örnek binaların gelişimini ulusal standartlarla karşılaştırdığımızda, ortalama yüzde 75,1 oranında iyileştikleri görülebilmektedir. Tablo 35'te gösterilen U değerleri, bu analizde faydalı olabilecek en önemli parametrelerdir.

Tablo 36. Toplanan nZEB örneklerinde bina bileşenleri (duvar, pencere, çatı, zemin ve kapı) için gerçekleştirilen U-değerleri aralığı. [74]

Yapı bileşeni	U-değeri [W/m ² .K]		
	Ortalama	En düşük	En yüksek
Duvar			
Pencere	0.29	0.065	1.97
Çatı	1.16	0.7	4.5
Zemin	0.14	0.06	0.55
Kapı	0.29	0.07	1.97
Yapı bileşeni	0.98	0.68	2.19

Akdeniz bölgesinde bulunan bir binada böyle bir iklimde sadece çatının yalıtılması gerektiği vurgulanmıştır. Bununla birlikte, Güney Avrupa'dan birçok örnek, tüm bina kaplama bileşenlerinde artan yalıtım kalınlıkları önermekte ve yüksek performanslı camlı pencereler kullanılmaktadır. En düşük U değerleri doğal olarak Orta veya Kuzey Avrupa'daki binalardadır.

Enerji tasarruflu bir bina veya bir NZEB inşa etmenin maliyeti, NZEB'lerin yüksek gereksinimleri ve kullanılan malzemelerin yüksek kalitesi düşünüldüğünde artacaktır. Konvansiyonel standart tasarıma kıyasla ek maliyet, incelenen örneklerde mevcut değildir, ancak bunlardan ek ve toplam dökümün aşağıdaki gibi mevcut olduğu sonucuna varılabilir:

- ✓ Pasif ev tasarımının maliyeti, standart tasarıma göre yaklaşık % 10 daha yüksektir.

- ✓ Yaklaşık sıfır enerjili ev tasarımının maliyeti, standart tasarıma göre yaklaşık% 15 daha yüksektir.
- ✓ Yenilenebilir kaynaklarla entegre edilmiş yenilenebilir enerji verimli sistemin maliyeti, standart tasarıma göre yaklaşık% 25 daha yüksektir.
- ✓ nZEB maliyeti aşağıdaki gibi olacaktır:
- ✓ nZEB (toplu biyokütle ısıtma ile) = referans maliyet +% 6
- ✓ nZEB (katılımlı ve yoğunlaşmalı kazan ile) = referans maliyet +% 6
- ✓ nZEB (PV ve yoğunlaşmalı kazan ile) = referans maliyet +% 8

Genel proje maliyetiyle ilgili ek maliyetler muhtemelen ülkeden ülkeye ve bölgeden bölgeye değişiklik gösterebilir ve yukarıda belirtilen rakamlar sabit değildir; bunlar sadece maliyet çalışmasının sonucudur [74].

2.1.3. İncelenen nZEB Binaları Vasıtasıyla Belirlenen ve Mevcut Seçilen Binaya Entegre Edilecek Tasarım Senaryoları

Enerji tasarrufu etkilerini bulmak ve nihayet nZEB'lere ulaşmak için her bir inşaat projesinde bir laboratuvar deneyi yapmak zor ve çok pahalı olsa da, bilgisayar simülasyonları, özellikle sıfır enerjili bina tasarımı ile aşına olmayanlar için erken tasarım aşamaları için bir başlangıç noktası olarak kullanılabilir. nZEB'lerin tanımlarında çeşitlilik olduğu için, bu çalışmada Net Sıfır saha enerjisi Ankara için daha uygun görülmüştür çünkü çalışma sırasında şehir içinde saha dışı yenilenebilir enerji santralleri bulunmamaktadır. nZEB projeleri incelendiğinde ve Ankara'daki vaka çalışması binası (TOKİ) projesi ile karşılaştırıldığından, incelenen zZEB'lerde en önemli faktörün bina kabuğunun U-değeri olduğu, bina enerji tasarrufunun kontrol edilmesinde ve bu projelerde hayati bir rol oynadığı ortaya çıkmıştır.

TOKİ projesi Türkiye'nin birçok ilinde uygulanıp inşa edildiğinden, yeni TOKİ projelerine odaklanmak yerine, belirtilen birçok senaryo ile enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan mevcut TOKİ projelerine yoğunlaşmak faydalı olacaktır. Bu nedenle bu çalışmada, mevcut TOKİ projesi Tip C'de, ısı yalıtımında kalınlığını artırarak ve içindeki enerji verimliliğini optimize etmek için sınır duvarlarının dış yüzü üzerine monte ederek yenileme

kararı alınmıştır. Böylece ısı yalıtım kalınlığına (5cm, 7cm ve 10cm) dayalı üç senaryo oluşturulmuştur.

Seçilen ısı yalıtım malzemesi, Türkiye'de dış cephe yalıtımında % 80 pazar payına sahip olan EPS'dir [75]. Isı yalıtım kalınlığı Tablo 36'de gösterilen Türkiye iklim bölgelerine göre ayarlanmıştır.

Tablo 37. Türkiye illerine göre önerilen ısı yalıtım levhası kalınlığı [76].

İl Adı	Isı Yalıtım Levhası			
	Beyaz EPS	Karbonlu EPS	XPS	Taşyünü
Ankara	7 cm ve üzeri	6 cm ve üzeri	6 cm ve üzeri	7 cm ve üzeri

nZEB'lere ulaşmak için sadece ısı yalıtımına güvenmek yeterli değildir, hayati bir rol oynayan pasif ve aktif teknikler gibi başka faktörler de vardır. Ancak bu çalışmada mevcut bir bina üzerinde bir uygulama çalışması yaptığımız için diğer yapı elemanlarına müdahale edilememektedir.

2.1.4. İklimsel Verileri

Dünya genelinde yapılan iklim sınıflandırmalarında kullanılan kriterlere göre Türkiye'de aşağıdaki iklim tipleri ayırt edilebilmektedir. 1. Kara İklimi (a, b, c, d), 2. Akdeniz İklimi, 3. Marmara (geçiş) İklimi, 4. Karadeniz iklimi. Bu çalışmada üzerinde durulacak şehir Ankara'dır. Ankara'nın Geo-Pozisyonu 40.12°K ve 33.00°D'dir. Ankara, iç Anadolu platosunda yer aldığından, sınırlı yağışlı, aşırı sıcak yazlar ve soğuk kışlar yaşamaktadır.

1.(c) İç Anadolu Kıtasal İklimi: Yazlar hafif sıcak, kışlar soğuk geçer ve İç Anadolu'nun doğusuna doğru soğuğun şiddeti artar. Doğal bitki örtüsü, yaz kuraklığı nedeniyle alt kısımlarda bozkırlar ve yüksek kısımlarda kuru ormanlardan oluşmaktadır. Soğuk ay olan Ocak ayının ortalama sıcaklığı -0.7°C , sıcak ay olan Temmuz ayının ortalama sıcaklığı 22°C ve yıllık ortalama sıcaklık 10.8°C 'dir. Yıllık ortalama toplam yağış 413,8 mm olup, yağışların çoğu kış ve ilkbahar mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %14,7'dir. Yıllık ortalama bağıl nem %63,7'dir. Ankara'nın iklim verileri Tablo 37'de verilmiştir.

Tablo 38. Ankara iklim verileri (DesignBuilder).

ESENBOĞA iklim istasyonu, Ankara	
Ülke	Türkiye
Kaynak	ASHRAE/WEC
ASHRAE iklim bölgesi	5A
Köppen sınıflandırması	Dfb
Enlem	40.12
Boylam	33.00
Deniz seviyesinden yükseklik (m)	949.0
Standart basınç (kPa)	90.4

2.1.5. Kullanılan Tasarım/Simülasyon Aracı

Bu çalışmada ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerini hesaplamak için DesignBuilder Energy plus arayüz simülasyon programı kullanılmıştır. Bu program enerji yüklerini saatlik, günlük, aylık ve yıllık bazda hesaplar, karbondioksit emisyon miktarını, CFD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) analizini ve aydınlatma analizini yapmaktadır. Ayrıca DesignBuilder programı, binalarda gölgelendirme, mekanlarda aydınlatma analizleri yapabilir ve enerji maliyetlerini hesaplayabilmektedir. Öncelikle projenin iki boyutlu AutoCAD formatı Revit'e aktarılmıştır. İki boyutlu çizimler kullanılarak BIM Revit mimarisi kullanılarak Şekil 2.4'te belirtilen üç boyutlu çizime ulaşılmıştır. Son olarak Revit kullanılarak seçilen binanın enerji modeli oluşturulmuş ve simülasyon ve analiz için DesignBuilder'a aktarılmıştır.

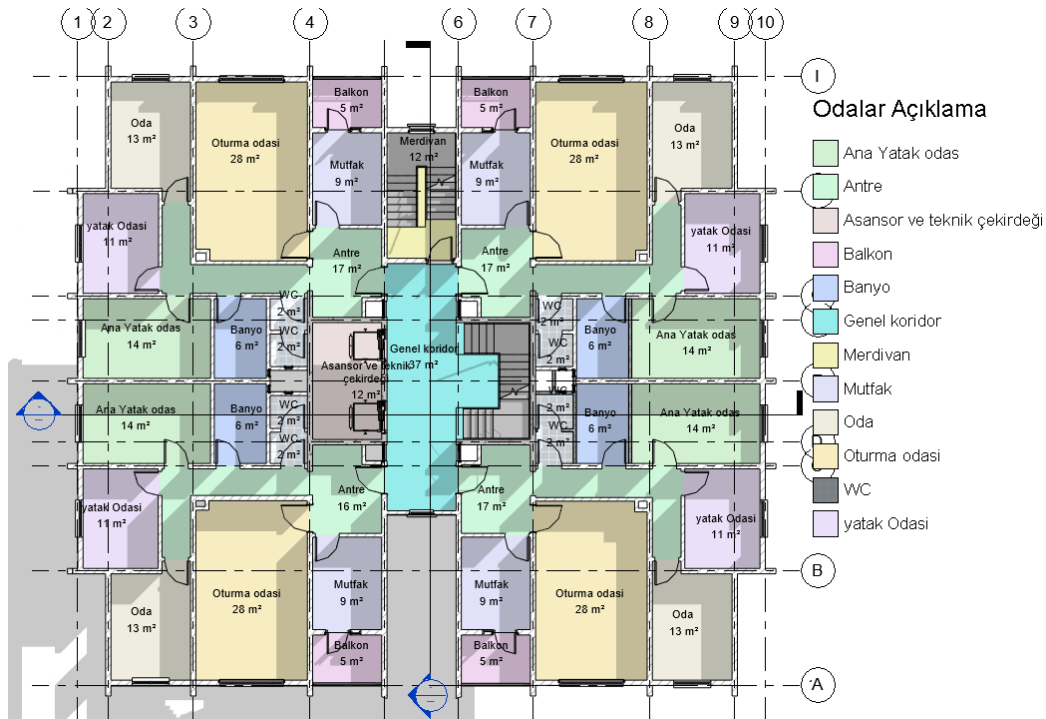
2.1.6. Referans Bina

Bu çalışmada, Türkiye'nin Ankara iklim kuşağında enerji verimli yenileme binasından nZEB dönüşümüne yönelik mevcut TOKİ projelerinden bir C tipi konut örneği seçilmiştir. Çalışmada, metrekare başına enerji maliyetlerini en aza indirmek için binanın enerji verimliliğini artırmaya yönelik alternatifler (bina kabuğu ve pencere sistemlerinin ısı yalıtımı ve çerçeveleme optimizasyonu) geliştirilmiş, alternatifler enerji verimliliği ve nZEB tasarım kriterleri açısından değerlendirilmiştir.

2.1.6.1. Binanın Geometrik/Boyutsal Özellikleri

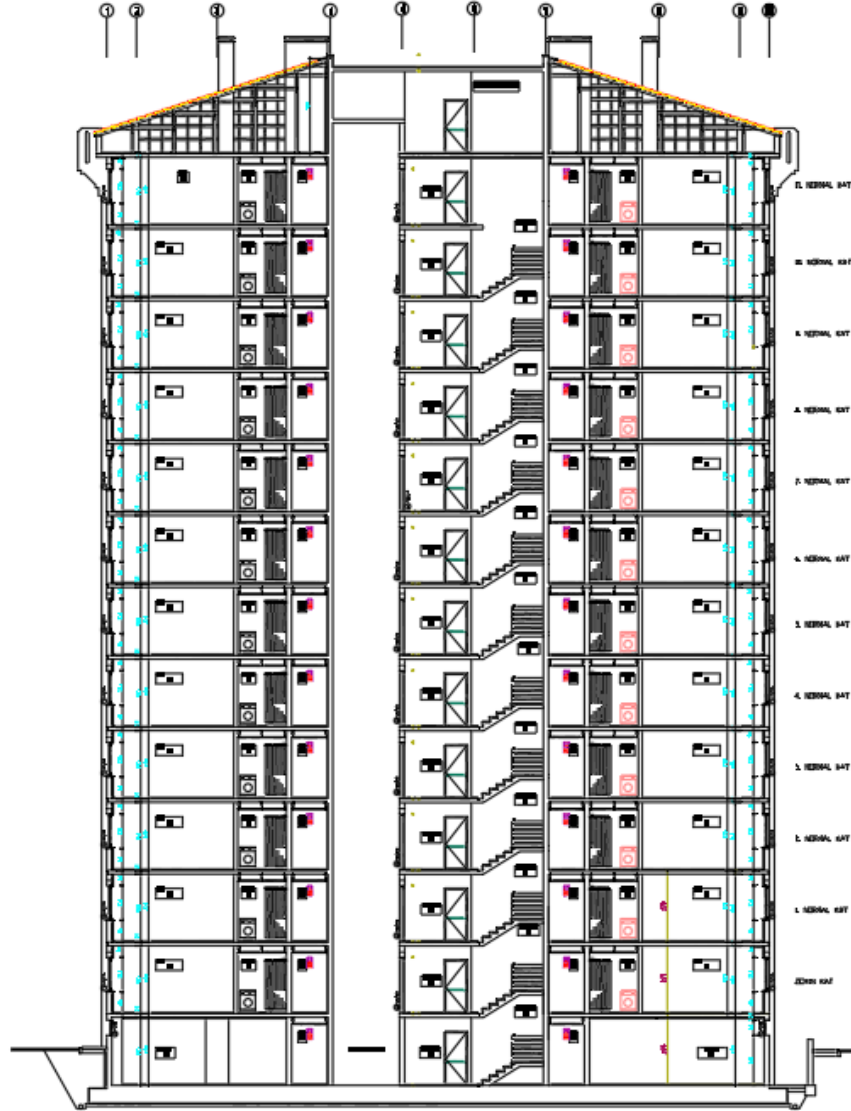
Seçilen konut yapısı, Türkiye'nin birçok ilinde Türkiye Toplu Konut İdaresi (TOKİ) tarafından sıklıkla uygulanan, C tipi 48 dairesli TOKİ konut projesi olarak adlandırılan çok katlı konut yapısıdır. Türkiye'nin her iklim kuşağında uygulanmaktadır. Temel olarak her katta 4 daire bulunmaktadır. Kat yükseklikleri belediye yönetmeliklerine bağlı olarak her bölgede değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada, Ankara'daki C tipi konut projesinde kat yüksekliği referans alınmış ve Türkiye'nin bir iklim bölgesi için enerji maliyetleri hesaplanmıştır.

C tipi konut projesinde her katta farklı yönlerde bakan 4 daire bulunmaktadır. Konut alanlarının oturma odası ve mutfak alanları kuzey ve güney yönlerinde, yatak odaları ise doğu ve batı yönlerinde konumlanmıştır. Kat holünde iki asansör kapasiteli asansör boşluğu, sirkülasyon merdiveni ve kuzey yönünde yangın merdiveni bulunmaktadır. Şekil 23, konut yapısının planını göstermektedir.



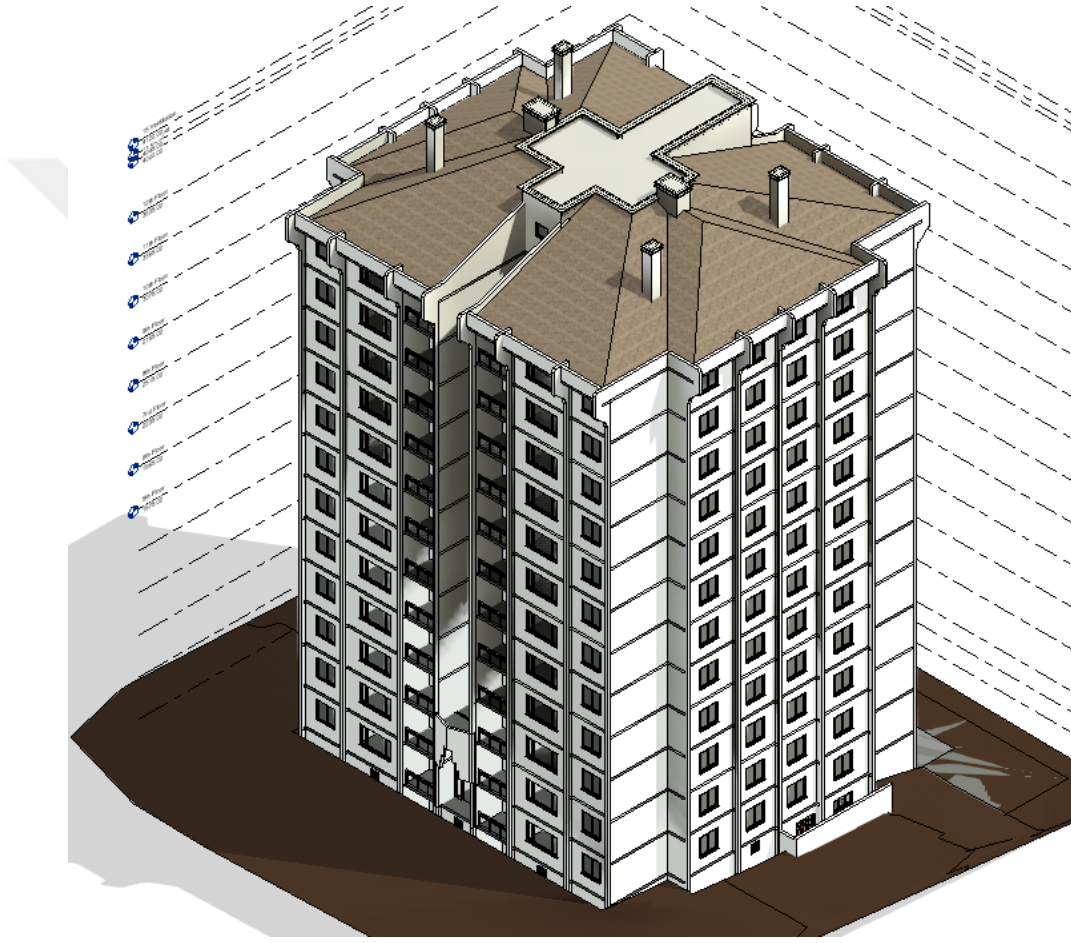
Şekil 23. Dairesel TOKİ C tipi konut projesi, Tipik kat planı.

Rezidans bodrum kat hariç 12 kattan oluşmaktadır. Her katın yüksekliği 265 cm, döşeme kalınlığı 14 cm, döşemeden döşemeye döşeme yüksekliği 279 cm'dir. Çatı eğimi %33 olup çatı örtüsü olarak kiremit kullanılmaktadır. Şekil 24 evin kesitini göstermektedir.



Şekil 24. Dairelik TOKİ C tipi konut projesinin A-A kesiti.

Uygulamada kullanılan C tipi muhafaza kare dikdörtgen forma yakın kompakt bir forma sahiptir. Çatı tipi kırma çatı olup, yapının her cephesinde 70 cm genişliğinde saçak bulunmaktadır. Binanın formu Şekil 25'te görülebilmektedir.



Şekil 25.TOKİ C tipi konut örnek formu.

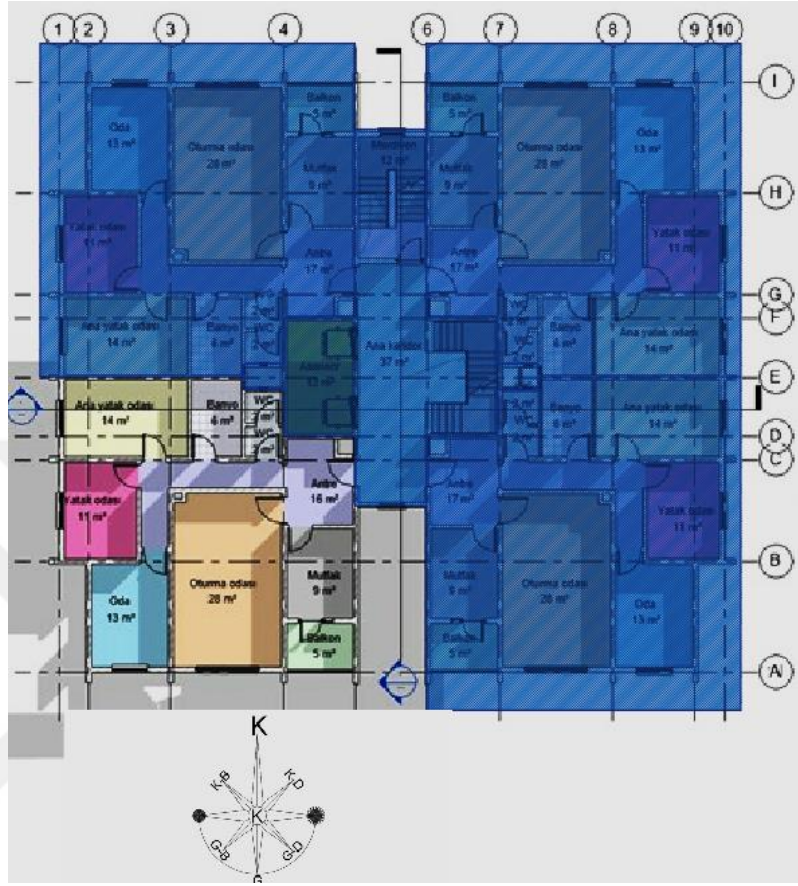
Modellenen TOKİ C tipi konut örneği 23.30 m genişlikte, 26.30 m uzunlukta ve 36.70 m yüksekliktedir. Farklı şehirlerde uygulanan projenin planları aynı olsa da sadece kat sayılarında farklılıklar gözlemlenmektedir. Her şehirde kat sayısının farklı olması nedeniyle Trabzon'da uygulanan C tipi konutun kat sayısı referans alınmış, diğer şehirlerde aynı kat sayısına sahip olduğu varsayılarak enerji maliyetleri belirlenmiştir.

2.1.6.2. Yönlendirme

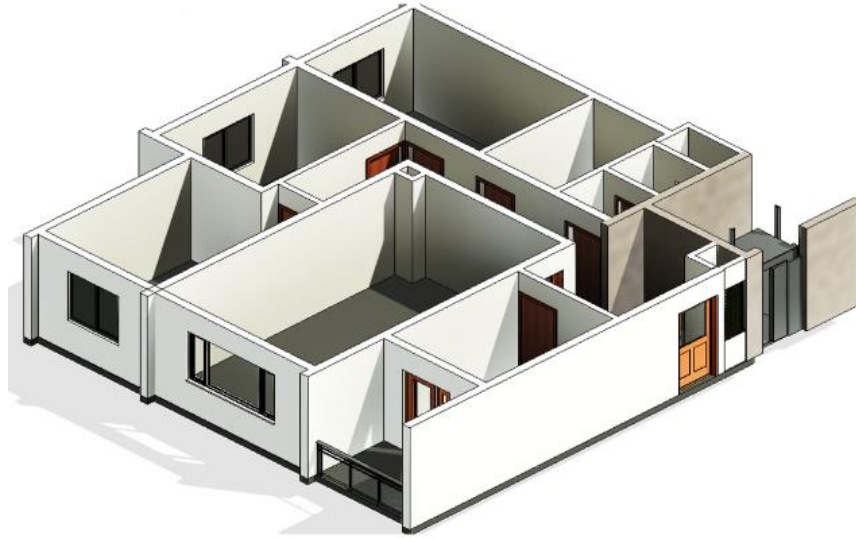
Bu çalışmada bina yönelimi veya yönünün güney cephede olması düşünülmüştür. Binanın ısıtma ve soğutma yükleri ile enerji hesabı güney yönüne göre yapılacak olup, Şekil 25 ve 26'da gösterildiği gibi enerji hesaplama analizi için 6. kattaki güney cephe daire seçilmiştir. Durum çalışması daire 3D modeli ve kat planı Şekil 26 ve 27'de gösterilmektedir.



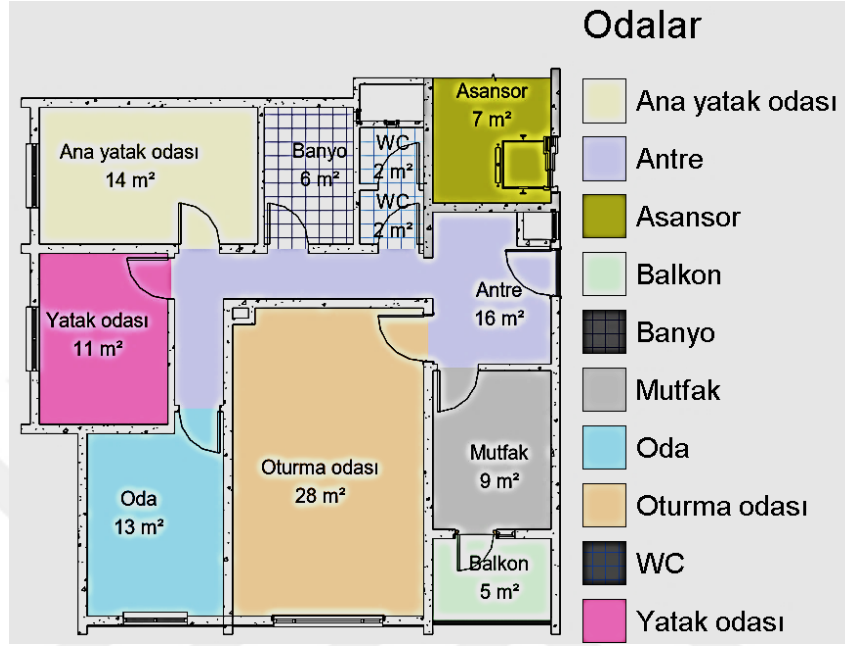
Şekil 26.TOKİ C tipi konut modelinin güney cephesindeki örnek
olay dairesinin



Şekil 27. TOKİ projesi 6. kat tipik planı.



Şekil 28. Örnek olayı çalışması 3D model



Şekil 29.Vaka çalışması Kat Planı

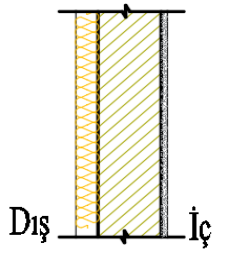
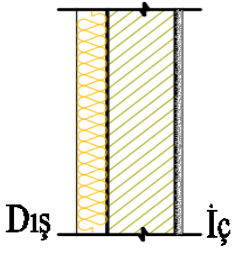
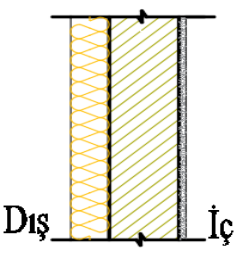
2.1.6.3. Bina Kabuğunun Termofiziksel Özellikleri

Binanın taşıyıcı sistemi betonarmedir. Yapım tekniği olarak tünel kalıp sistemi kullanılmıştır. Bu nedenle binanın dış duvarlarını iki tip opak kabuk bileşeni oluşturur (Betonarme Duvar ve Tuğla Duvar).Çalışma duvar kalınlığını artırarak ısı yalıtımını optimize etmeyi amaçladığından, bu çalışmada tüm dış duvarlar tuğla duvar olarak kabul edilmiştir. Bina kabuğunu oluşturan tüm yapı elemanlarının fiziksel özellikleri Tablo 38'da gösterilmiştir.

Tablo 39.Mevcut bina kabuğunun termofiziksel özellikleri.

Malzeme	Kalınlık d (m)	Isı İletkenliği λ (W/m-K)	Öz ısı (J/kg-K)	Yoğunluk (kg / m ³)
Dış Duvar				
Dış sıva	0.01	0.5000	1000.00	1300.00
Tuğla duvar	0.18	0.6200	800.00	1700.00
Yalıtım (EPS Levha)	0.04	0.0460	1400.00	10.00
İç Sıva	0.01	0.1600	1000.00	600.00
U değeri	0.608 (Wm ² -K)			
İç duvar				
Alçı	0.02	0.8000	840.00	1600.00
Tuğla	0.085	0.5600	1000.00	1700.00
Alçı	0.01	0.8000	840.00	1600.00
U değeri	1.437 (Wm ² -K)			
Çatı				
Tavan Sıvası	0.01	0.8000	840.00	1600.00
Betonarme döşeme	0.14	2.500	1000.00	2500.00
Su yalıtımı (Asfalt)	0.01	0.7000	1000.00	2100.00
Cam yünü	0.06	0.04	1400.00	15
U değeri	0.250 (Wm ² -K)			
İç Kat				
Seramik karolar	0.01	0.8000	850.00	1700.00
şap	0.07	0.4100	840.00	1200.00
Betonarme döşeme	0.14	2.500	1000.00	2500.00
Tavan Sıvası	0.01	0.8000	840.00	1600.00
U değeri	1.917 (Wm ² -K)			
Zemin kat				
Seramik karolar	0.01	0.8000	850.00	1700.00
şap	0.07	0.4100	840.00	1200.00
Isı yalıtımı EPS	0.08	0.0350	1400.00	25.00
Betonarme temel	0.20	1.1300	1000.00	2000.00
Su yalıtımı	0.01	0.2300	1000.00	1100.00
Çakıl	0.05	0.360	840.00	1840.00
U değeri	0.136 (Wm ² -K)			
Pencereler				
Pencerelerin çerçeveleri PVC'den, şeffaf bileşen ise sade şeffaf camdan oluşmaktadır. Mevcut konut örneğinin şeffaf bileşen tabakalaşması aşağıdaki gibidir: • 4 mm düz şeffaf cam + 12 mm hava boşluğu + 4 mm düz şeffaf camlı iki katmanlı şeffaf cam sistemi (U değeri: 2.725 W/m ² K).				

Tablo 40.Yenileme sonrası önerilen fiziksel duvar inşaatı.

Duvar yapımı	Malzemeler	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² -K)	Kalınlık (m)	Termal iletkenlik (W/m-K)	Özg ısı kapasitesi J/kg-K	Yoğunluk (Kg/m ³)
	İç Sıva	0.418	0.02	0.2500	1000	900
	Tuğla duvar		0.18	0.3000	840	1000
	Isı yalıtımı		0.07	0.0460	1400	10
	Dış sıva		0.025	0.1600	1000	600
	Duvar yapımı					
	İç Sıva	0.353	0.02	0.2500	1000	900
	Tuğla duvar		0.18	0.3000	840	1000
	Isı yalıtımı		0.09	0.0460	1400	10
	Dış sıva		0.025	0.1600	1000	600
	Duvar yapımı					
	İç Sıva	0.306	0.02	0.2500	1000	900
	Tuğla duvar		0.18	0.3000	840	1000
	Isı yalıtımı		0.11	0.0460	1400	10
	Dış sıva		0.025	0.1600	1000	600
	Duvar yapımı					

Tablo 41.DesignBuilder verilerine göre bina simülasyon modelinde kullanılan çift ve üç camlı

Çift camlı ünite	U (W/m ² -K)	SHGC	T-solar		T-visible			
			En dıştaki	En içteki	En dıştaki	En içteki		
			P1	P2	P1	P2		
loE(e2=2)SPEC SEL Tint 6mm/13mm+Argon	1.689	0.239	0.260	0.360	0.460	0.500		
loE(e2=2)Clr 6mm/10mm+90/10 Arg+Air	1.761	0.568	0.600	0.775	0.840	0.881		
Üç camlı ünite	U (W/m ² -K)	SHGC	T-solar			T-visible		
			En dıştan en içteki bölmeye			En dıştan en içteki bölmeye		
			P1	P2	P3	P1	P2	P3
loE(e2=e5=1)Clr 3mm/13mm+Arg+Air 90/10	0.982	0.474	0.63	0.837	0.63	0.85	0.898	0.85
loE(e2=e5=1)Clr 3mm/13mm +Arg+Air 95/90	1.817	0.234	0.45	0.45	0.43	0.78	0.78	0.77

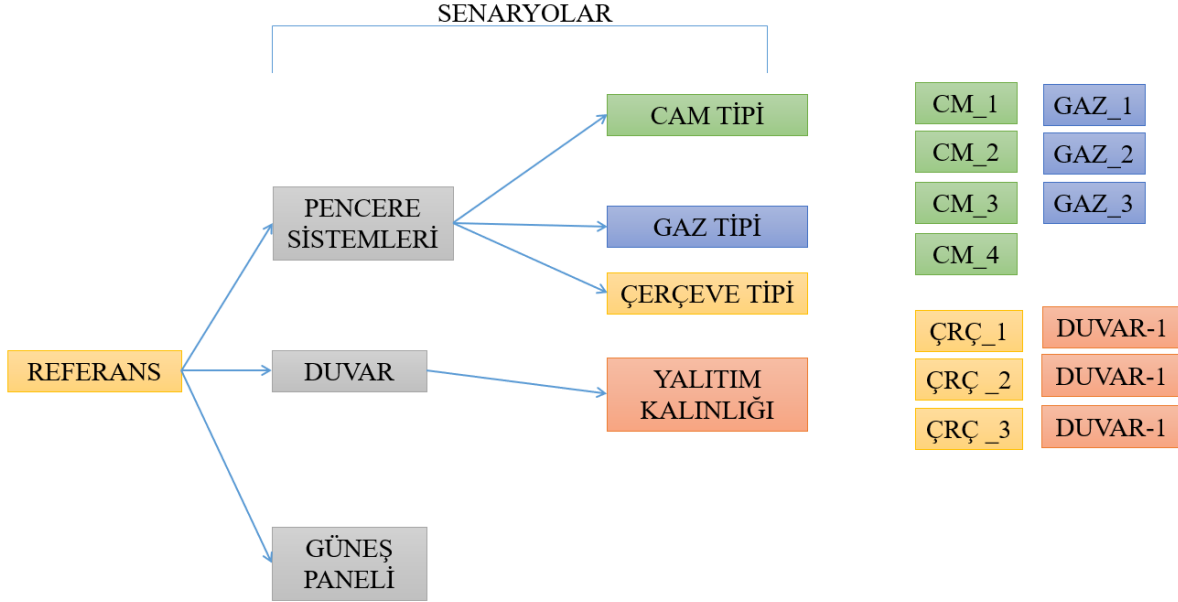
Tablo 42.DesignBuilder verilerine göre pencereleri Çerçevesinin termal performans kriterleri.

Pencere çerçevesi	U (W/m ² -K)	Dayanıklılık	Geri dönüştürülebilmesi	Maliyetler
UPVC	3.476	Orta	Evet	Düşük
Ahşap	3.633	Yüksek+bakım	Hayır	Yüksek
Alüminyum	5.014	Yüksek	Evet	Orta

2.1.7. Mevcut / Referans Binada Uygulanacak Tasarım Senaryolarının Oluşturulması

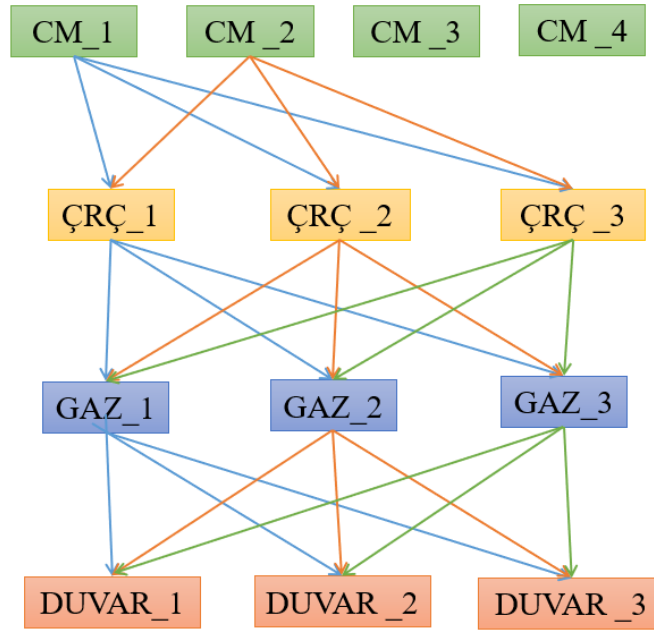
Vaka çalışması mevcut bir bina olduğundan, bu araştırma NZEB hedefine ulaşmak için enerji tüketimini azaltmak ve binadaki enerji tasarruflarını optimize etmek için faydalı olan yenileme tekniklerine odaklanılmıştır. Binaların yenilenmesi durumunda çeşitli sınırlamalar olduğu için bu çalışmada senaryolar dış duvar ve pencerelerle kısıtlanmıştır. Bu bağlamda, ısı yalıtım kalınlığı, pencere çerçeve malzemesi, cam sistem tipi ile cam paneller arasındaki boşlukları dolduracak gaz türünü içeren pasif senaryolar çalışmaya dahil edilmiştir.

EPS tipi ısı yalıtım malzemesi, 7, 9 ve 11 cm kalınlıklarında incelenmiştir. Diğer senaryolarda, pencere çerçevelerini, cam sistemlerini, cam tipini ve cam paneller arasında doldurulacak üç ana gaz türünü dikkate alınmıştır. Tasarım senaryoları parametrelere bağlı olarak Şekil 30’da verilmiştir.



Şekil 30. Tasarım senaryoları parametre değişkenleri

Enerji simülasyon senaryolarında yer alan malzemeleri özetleyen Şekil 30 ve Tablo 42 yardımıyla Şekil 30’de gösterildiği gibi en az 108 farklı senaryo oluşturulmuştur. Çalışmada yer alan senaryolar şekil 30 kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 30’da görüldüğü gibi, şekilde kodlanan her bir malzeme, örneğin: CM_1, benzersiz bir senaryo oluşturmak için her satıra ayrı ayrı gider. Daha fazla anlatmak gerekirse, Şekil M’de CM_1 önce ÇRÇ_1’e, ardından GAZ_1’e ve son olarak DUVAR_1’e gider ve bu malzemelerin birleşimi ile ilk senaryo oluşturulur. Bir kez daha daha fazla senaryo oluşturmak için CM_1’den CM_4’e kadar, diğer üç sıradaki her bir malzeme ile aynı süreç tekrarlanır.



Şekil 31.Senaryo oluşturma metodolojisi.

Enerji simülasyon senaryolarına dahil edilen malzemeler Tablo 41'de kodlanarak tanımlanmıştır.

Tablo 43.Seçilen malzemeler üzerinden kodlanmış senaryolar

Senaryo Kodu	CM_1	CM_2	CM_3	CM_4
Cam sistemleri Cam tipi	DbI loE(e2=.2) SPEC SEL Tint 6mm/13mm	DbI loE(e2=.1)Clr 6mm/10mm	Tri loE(e2=e5=.1)Clr 3mm/13mm	Tri loE(e2=e5=.1)Clr 3mm/6mm
Senaryo Kodu	ÇRCÇ_1	ÇRCÇ_2	ÇRCÇ_3	
Windows Çerçeveleme Türü	UPVC	Ahşap	Alüminyum	
Senaryo Kodu	GAZ_1	GAZ_2	GAZ_3	
Gaz Tipi	Argon	Arg/Air 70/30	Arg/Air 80/20	Arg/Air 90/10
Senaryo Kodu	DUVAR_1	DUVAR_2	DUVAR_3	
Duvar tipi EPS kalınlığı	7cm EPS	9cm EPS	11cm EPS	

2.1.8. Kullanıcı Senaryosu

TÜİK'e göre [84] Türkiye'de en sık hanehalkı tipi eş ve çocuklu ailedir. Bu çalışmada, eşler ve iki evli olmayan çocuktan oluşan dört kişilik bir aile için enerji kullanımının tahmin edilmesine karar verilmiştir. Ayrıca, Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'nın 2018'de yayımladığı Aile Yapısı Anketlerine göre [85], 18 yaş üstü kadınların yüzde 67'si ev hanımı ve aile üyelerinin yüzde 80'i hafta sonları, yüzde 81 ile bir araya geliyor. Aile üyelerinin yüzde 64'ü ise sırasıyla akşam yemeği ve kahvaltı için biraraya gelmektedirler.

Yukarıda belirtilen istatistikler ışığında, örnek dairede anne, ev hanımı, baba devlet memuru, erkek çocuk özel bir şirkette çalışan ve kız çocuğun üniversite öğrencisi olduğu 4 kişilik bir aile kullanıcılar olarak varsayılmıştır.

Tablo 44.Hanehalkı türüne göre hane oranı, 2020[84].

Hanehalkı tipi	İnsanların sayısı	Yıllara göre ortalama hane büyüklüğü	evdeki topluluk oranı (%)
Hanelerde bilgi teknolojileri ve internet erişimi bulunma oranı (%)			
Cep telefonu/akıllı telefon	internet girişi	dizüstü bilgisayar, tablet, netbook vb.	İnternet özellikli TV
99.4	90.7	45.1	33.8

Tablo 45.Örnek olay oluşturma (TOKİ) projeleri için varsayım [80 ve 83].

Vaka Çalışması Bina TOKİ projesi Simülasyon için varsayımlar ve ayar noktaları	
Kullanma veya Doluluk verileri	Varsayımlar
Daire başına kişi sayısı	4
Doluluk programı	Tablo 45
Kullanıcılardan elde edilen dahili kazançlar	Tablo 45
Aydınlatma	Varsayımlar
Aydınlatma aletleri	LED
Aydınlatma aletleri gücü	Watt başına 200 lümen (Lm/W)
Aydınlatma sistemi doluluk programı	Tablo 46
Otomatik kontrol	Kademeli kontrol; Anahtarlar
Armatür Tipi	Askıya alındı(süspansiyon)
Termal konfor seviyesi ve Isıtma sistemi	Varsayımlar
Isıtma ayar noktası sıcaklığı	20° C
Isıtma Gerileme sıcaklığı	18° C
Soğutma ayar noktası sıcaklığı	26° C
Soğutma Gerileme sıcaklığı	28° C
Sızma oranı (ach) (Saatte hava değişimi)	0.5 0,8 ach ⁻¹ (Bep-tr, TS EN ISO 13790)
Ekipman ve programdan elde edilen dahili kazançlar	Tablo 47
Isıtma sistemi ve verimliliği	Yoğuşmalı kombi ile doğalgazlı merkezi ısıtma; verimlilik =0.85
Soğutma sistemi ve enerji verimliliği derecesi (EER)	Soğutucu(elektrikli); Enerji Verimliliği Oranı EER=3

Tablo 46. İki çocuklu ev tipi ile çekirdeksel için doluluk ve aktivite düzeyi programları

[80, 83].

Hafta içi					
Saatler	Kullanım yoğunluğu (kişi/ m²)	Kişi sayısı	Aktivite tipi	Metabolik oranı veya Aktivite seviyesi W/m² 1MET=60 W/m²	Mekân
00:00-07:00	9.5	4	Uyuma	40	yatak odası
07:00-08:00	2.25	4	Sabah kahvaltısı	60	mutfak
08:00-12:00	28.5	1	ev işi	115	tüm Mekânlar
12:00-15:00	28	1	Dinlenmek	45	oturma odası
15:00-16:00	114	1	ev işi	115	tüm Mekânlar
16:00-19:00	38	3	1 kişi: ev işi	115 45	tüm Mekânlar
19:00-20:00	9.25	4	1 kişi: ev işi	115 60	Mutfak, oturma odası
20:00-21:00	2.25	4	2 kişi: hafif iş	60	Mutfak
20:00-23:00	17.6	3	Akşam yemeği	60	oturma odası, yatak odaları
	11	1	Yatarak, hafif iş	60-65	Yatak odası
23:00-24:00	9.5	4	Oturarak, okuyarak, yazarak veya yazarak	40	yatak odaları
Hafta sonları					
00:00-00:30	16.5	4	Yatarak, hafif iş	60	oturma odası, yatak odaları
00:00-08:00	9.5	4	Uyuma	40	yatak odaları
08:00-12:00	16.5	4	Yatma, hafif iş	60	oturma odası, yatak odaları
12:00-15:00		0	-	-	-
15:00-18:00	20	2	Yatma, hafif iş	60	oturma odası, yatak odaları
18:00-22:00	16.5	3	Yatma, hafif iş	60	oturma odası, yatak odaları
	14	1	Oturma, okuma, yazma	60-65	Yatak odası
22:30-24:00	16.5	4	Dinlenmek	45	oturma odası, yatak odaları

Tablo 45' in devamı

Tüm daire için kullanım yoğunluğu 28,5*
* Not: Dairedeki kişi sayısı dört olarak kabul edildiğinden ve dairenin toplam büyüklüğü 115m ² olduğundan dairenin kullanım yoğunluğudur. Bu dört kişi aynı anda kullanırsa, tüm dairenin kullanım yoğunluğu dairenin alanının kişi sayısına bölünmesine eşittir.

Tablo 47.Elektrikli ev aletlerinin gücü ve çalışma süresi.

Ev Aletleri	Güç (W)	Operasyon zamanı
Buzdolabı	500	24 saat Tüm gün
Soba, fırın, ocak	1800	günde 2.5 saat
Fırın	2600	haftada 4 saat
Elektrikli su ısıtıcısı	1650	Hafta içi: Günde 3 saat
Bulaşık makinesi		Hafta sonları: Günde 2 saat
Çamaşır makinesi	1030	haftada 5 saat
Ütü	851	haftada 4 saat
Elektrikli süpürge	2300	haftada 2 gün 2 saat
Davlumbaz	200	haftada 2 gün 2 saat
Not defteri	290	günde 1.5 saat
Televizyon	120	günde 3 saat
Ev Aletleri	105	Hafta içi: Günde 5 saat
		Hafta sonları: Günde 4 saat

Tablo 48.Aydınlatma gücü yoğunlukları.

Oda	Alan (m ²)	Aydınlatma gücü yoğunluğu (W/ m ²)	Operasyon zamanı
Giriş	8.0	10.0	günde 2 saat
koridor	9.0	8.9	
Mutfak	9.0	10.7	
Banyo	6.0	7.4	
tuvalet	1.7	8.3	
tuvalet	1.75	10.0	
Ana yatak odası	14.0	9.6	günde 2 saat
yatak odası 1	11.0	20.0	Meşgul saatlerde aydınlatmaya bağlı olarak manuel olarak kontrol edilir
yatak odası 2	13.0	17.4	
Oturma odası(salon)	28.0	5.7	
Toplam alan 114 m ²			

2.1.9. Pasif Tasarım Senaryoları

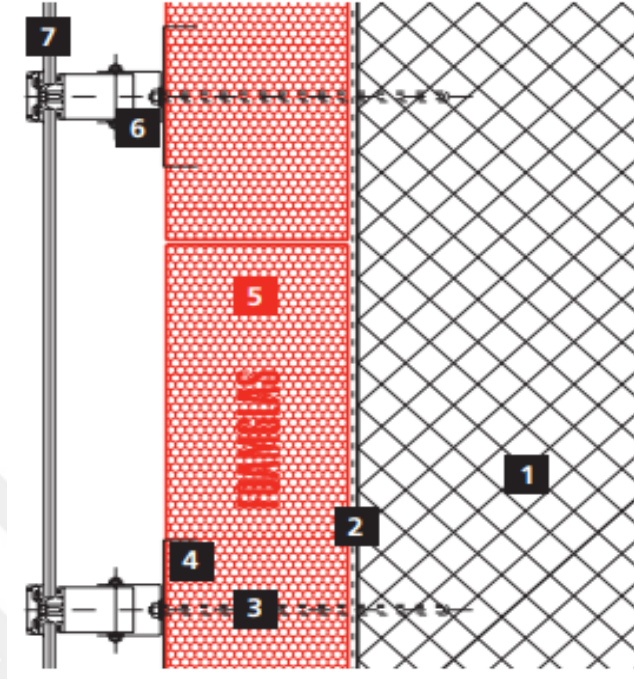
Bununla birlikte, pasif tasarım senaryoları olarak enerji korunumunu optimize etmek için çok fazla seçenek vardır, yenileme vaka çalışmamız nedeniyle, bina kabuğunda termal direncin optimize edilmesinin hesaba katılmasına karar verilmiştir. Spesifik olmak gerekirse, pencereler, cam üniteleri ve ısı yalıtım kalınlığı optimizasyonu bu çalışmada pasif senaryo olarak seçilmiştir. Pencere çerçeveleri (UPVC, alüminyum ve ahşap), cam tipi (çift veya üç camlı üniteler) ve EPS ısı yalıtımı, yenileme vaka çalışmamızda pasif senaryoların özünü oluşturmaktadır.

2.1.10. Aktif Tasarım Senaryoları

Mevcut binaları nZEB'lere dönüştürmek söz konusu olduğunda, DHW, HVAC sistemleri vb. gibi enerji optimizasyon süreci boyunca dikkate alınması gereken çok sayıda alternatif vardır. DHW, HVAC sistemi ve merkezi ısıtma ünitelerini değiştirmek veya optimize etmek yerine güneş panelleri gibi yenilenebilir enerji üretimine yol açan yenilenebilir aktif yöntemlere odaklanılmıştır.

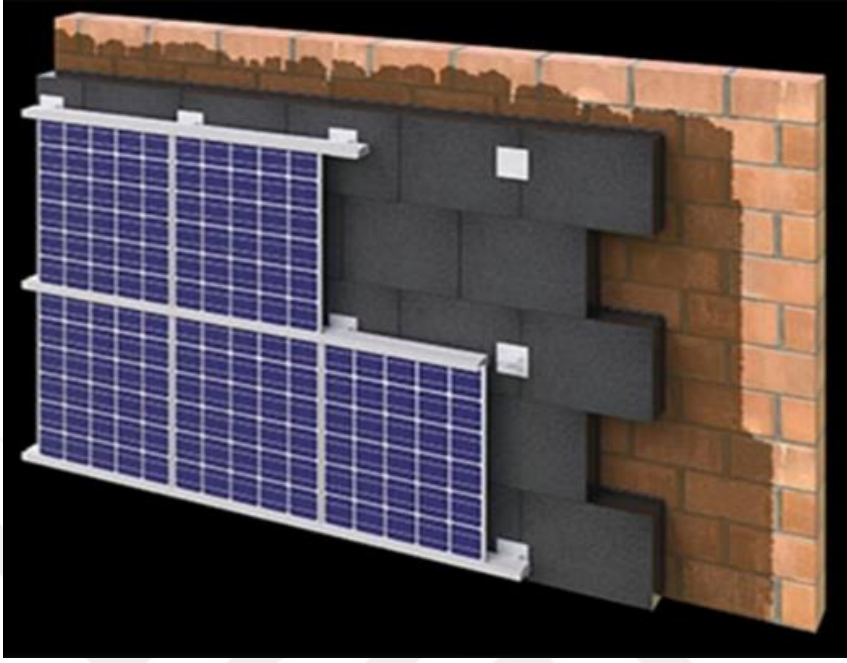
2.1.10.1. Yenilenebilir Enerji Kullanımına Dayalı Tasarım Senaryoları

TOKİ binası 12 katlı çok aileli yüksek katlı bir konut bloğu olduğundan, çatıda güneş paneli tasarımı için yeterli alan olmaması nedeniyle çatı güneş paneli katkısını tüm binada değerlendirmek iyi bir seçim olmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, dış duvar yüzeylerinde fotovoltaik panel kullanılmasına ve tek bir daire için üretilen enerjinin değerlendirilmesine karar verilmiştir. Türk tasarım standartlarına göre güneyden doğuya 27 derecelik bir açı yapan Ankara gibi ılıman kuru iklim kuşağı için optimum ve geçerli bina yönelimleri dikkate alınmış ve mevcut TOKİ bloğunda yer alan daire bu yöneline göre değerlendirilmiştir. Ayrıca, geçerli bina yönlenmesi 14 derece güneybatı ve 83 derece güneydoğu aralığı arasındadır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kullanımına dayalı bir tasarım senaryosu olarak duvar yüzeylerinin batı yönünde güneş panellerinin kurulması seçilmiştir. Araştırmaya göre güneş panelleri, yalnızca güneşe bakacak şekilde konumlandırıldıklarında yeterli elektrik üretirler - ideal olarak güneş panelleri güneş ışığına dik olmalıdır. Ancak, bir binanın yan duvarlarına güneş panelleri yerleştirmeye gelince, güneş ışınlarının duvardaki güneş panellerine dik olma olasılığı daha yüksek olduğu için doğu ve batı yönleri en iyisi gibi görünmektedir. Güneş panellerinin duvar yüzeylerine montajı teknik olarak uygundur ve Şekil 32 ve 33'te görüldüğü gibi uzun yıllardır yapılmaktadır.



Şekil 32.Duvar güneş panelinin şematik çizimi

1 Dolu duvar (beton / tuğla) 2 Astar kaplama 3 Ankraj cıvatası 4 Dişli sabitleme plakaları PC® SP 150 / 150 perfore 5 Yalıtım 6 Alt yapı (örn. metal) 7 Fotovoltaik panel (Yağmur suyu geçirmez) [88].



Şekil 33.Duvar yüzeylerine güneş paneli kurulumunun 3 boyutlu çizimi [88].

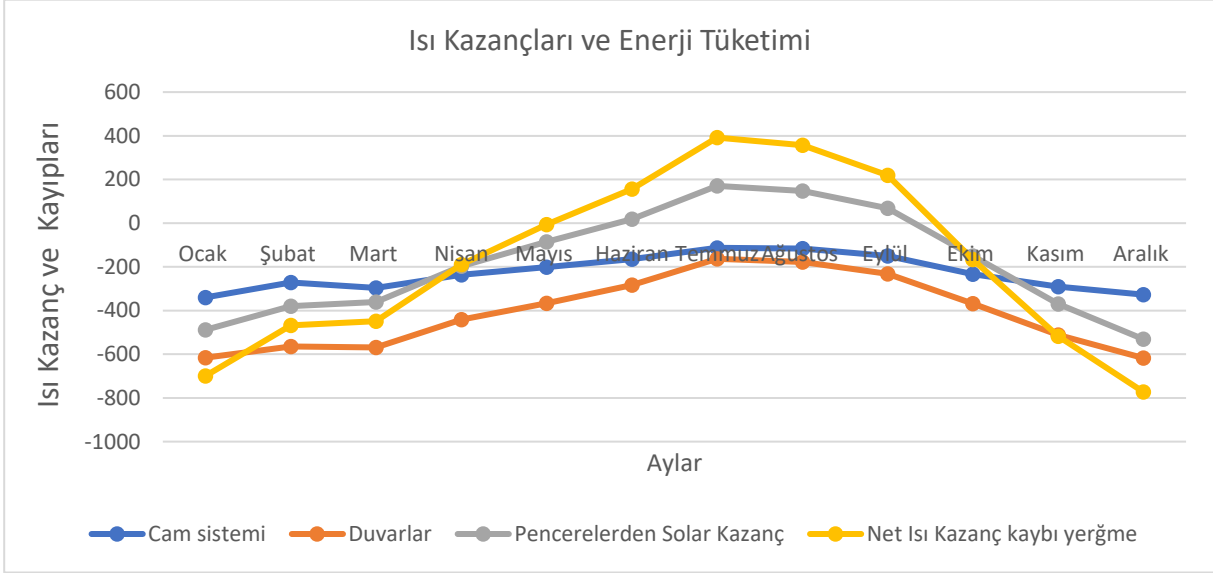
2.1.11. Hibrid Tasarım Senaryoları

Hibrid tasarım senaryoları, enerji tüketimini azaltmayı, enerji tasarrufunu optimize etmeyi ve yenilenebilir kaynaklardan enerji üretmeyi amaçlayan aktif ve pasif tasarım stratejilerinin entegrasyonudur. Bu çalışmada hibrid tasarım senaryolarıda değerlendirilmiştir.

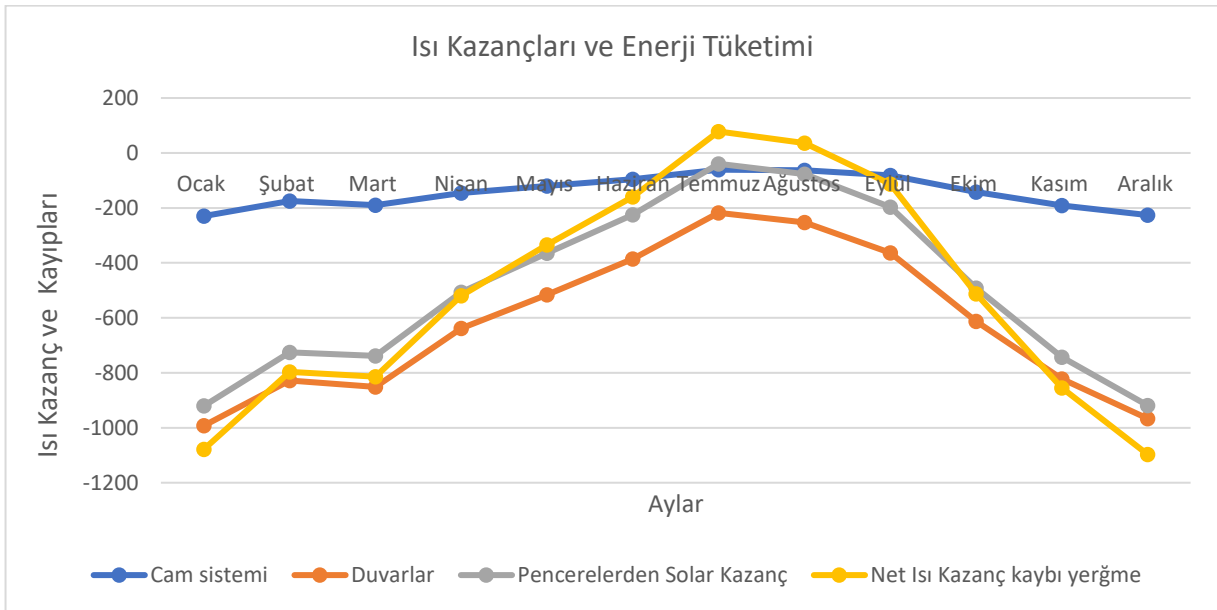
2.2. Enerji Simülasyonu Çalışması

Enerji simülasyonu, 108 senaryonun yanı sıra bir referans TOKİ konut bloğunda yer alan örnek daire üzerinde uygulanmıştır. Bina enerji simülasyonu için gerekli veriler ve girdiler tablo 44,45, 46 ,ve tablo 47'de verilmiştir. Simülasyonlar DesignBuilder programı kullanılarak yıllık olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar aylık ve yıllık olarak değerlendirilmiştir. Enerji simülasyon çıktıları şekil 34'ten şekil 70'a kadar aşağıda grafiksel olarak gösterilmiştir.

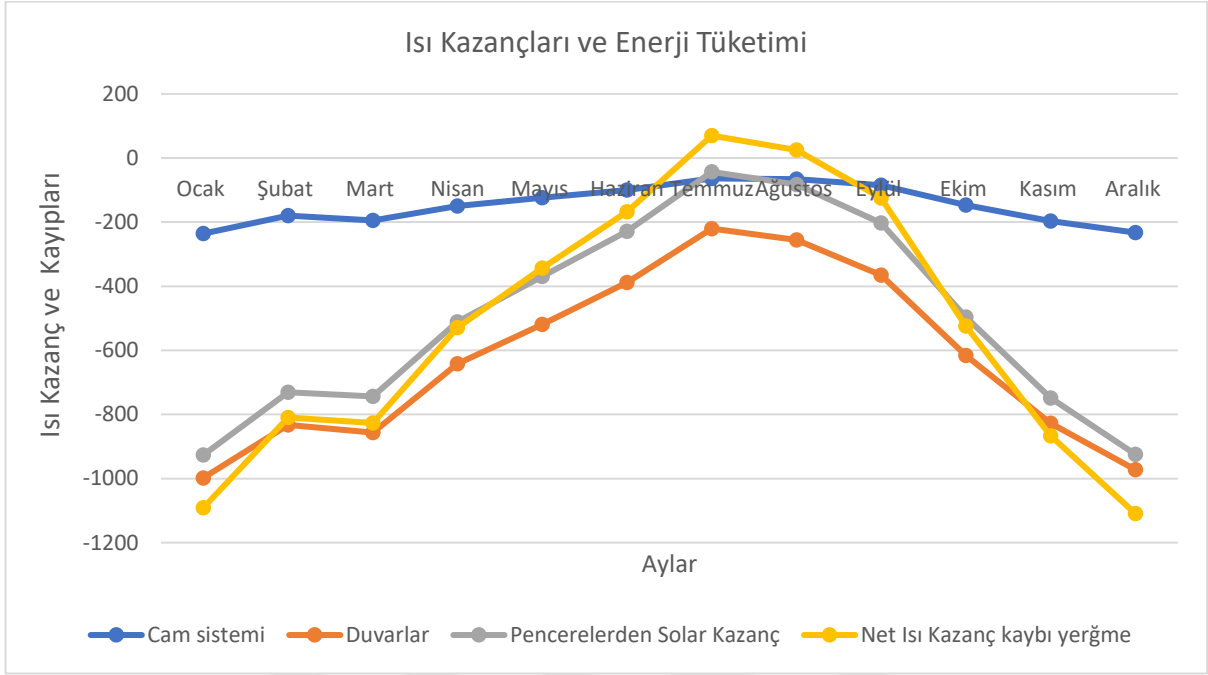
Bölüm 3'te Tablo 50 'ye yerleştirilen 108 senaryo üzerinden enerji simülasyonunun çıktısı ve sonucu. Simülasyon için belirtilen verilerin Designbuilder'a girilmesi ve tanıtılması süreci Ek bölümüne eklenmiştir.



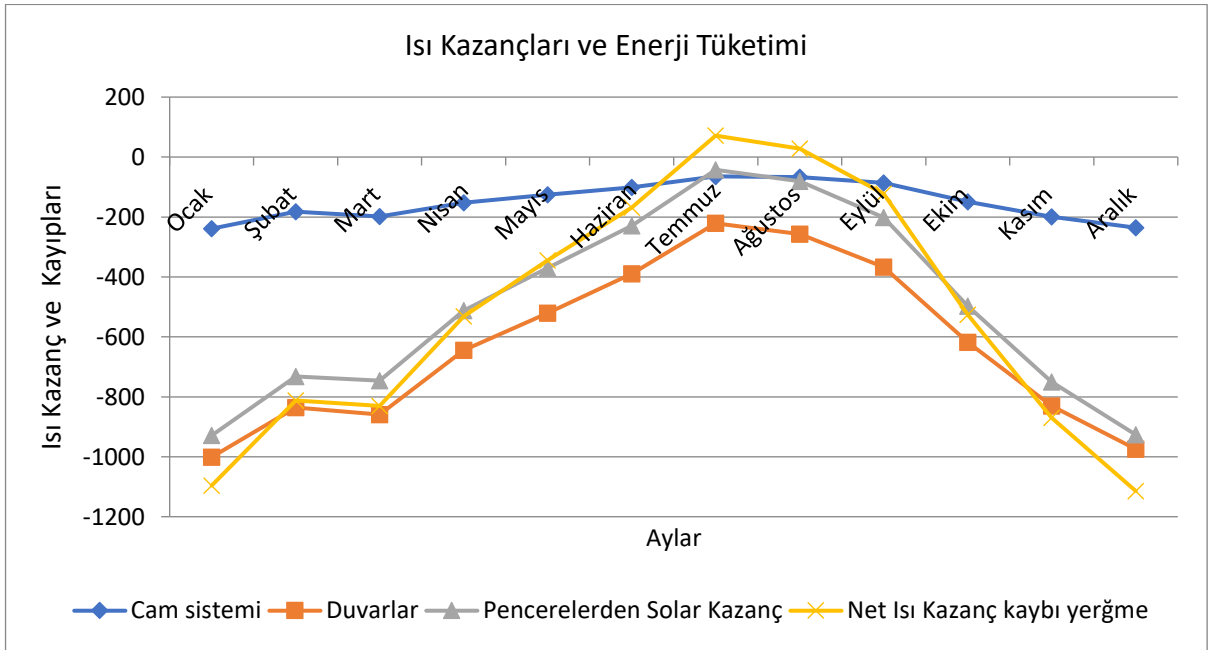
Şekil 34.REF Senaryosu



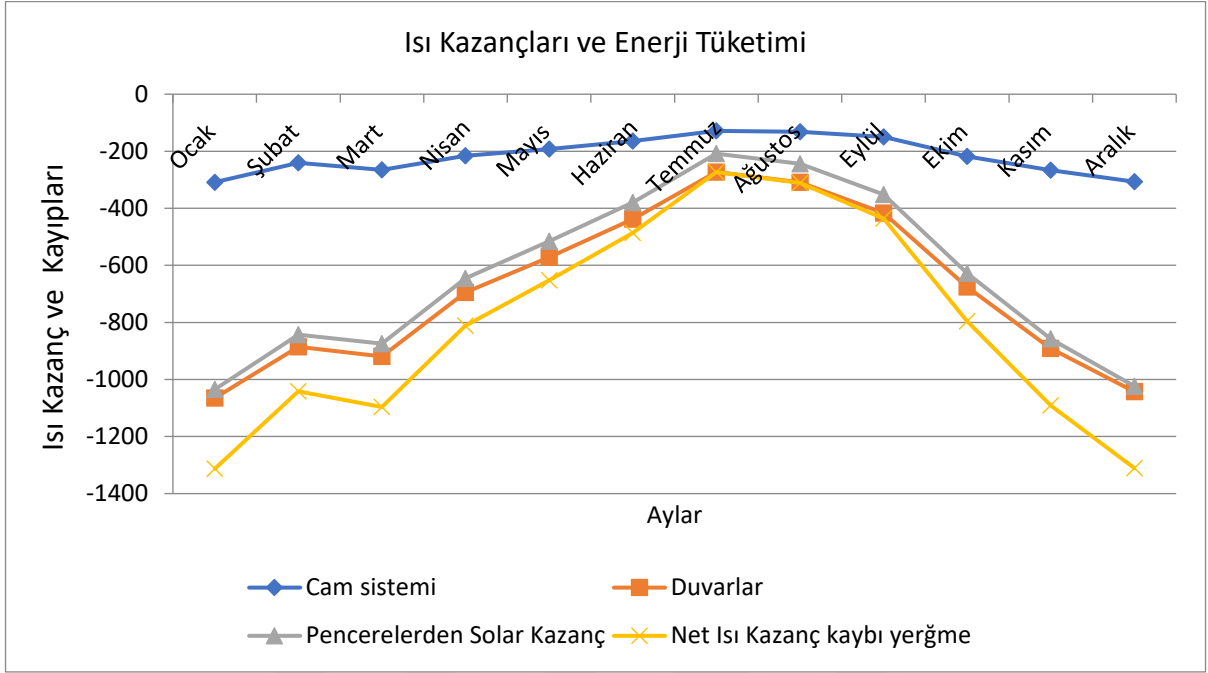
Şekil 35.Senaryo 1-2-3



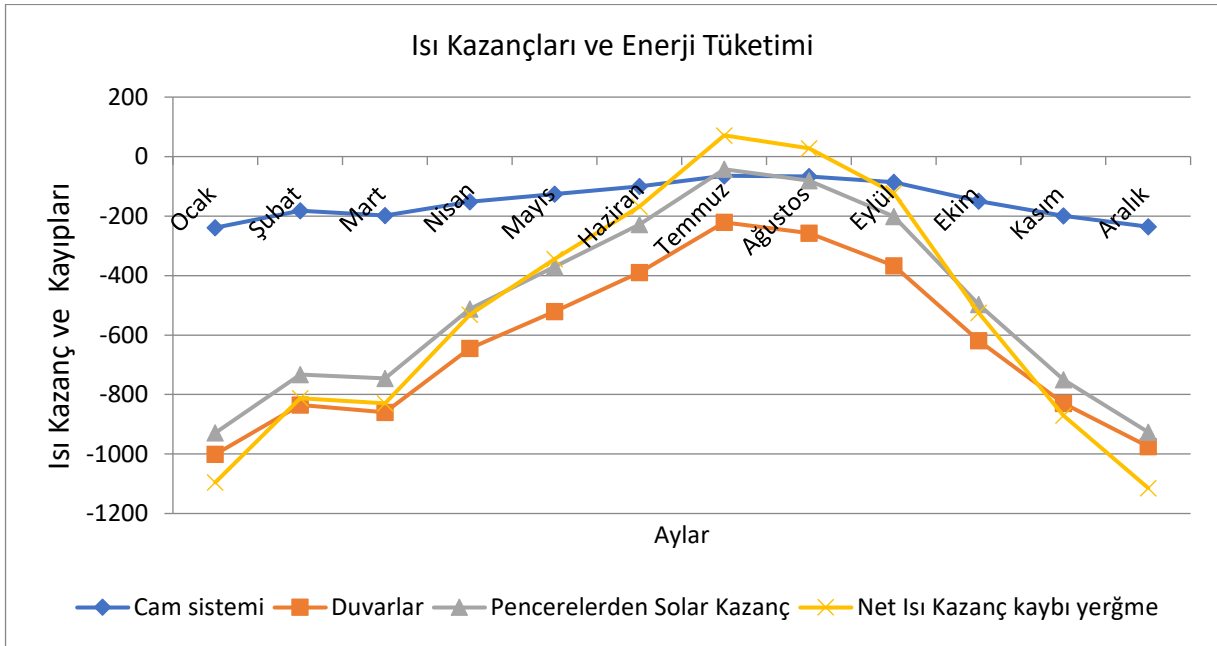
Şekil 36. Senaryo 4-5-6



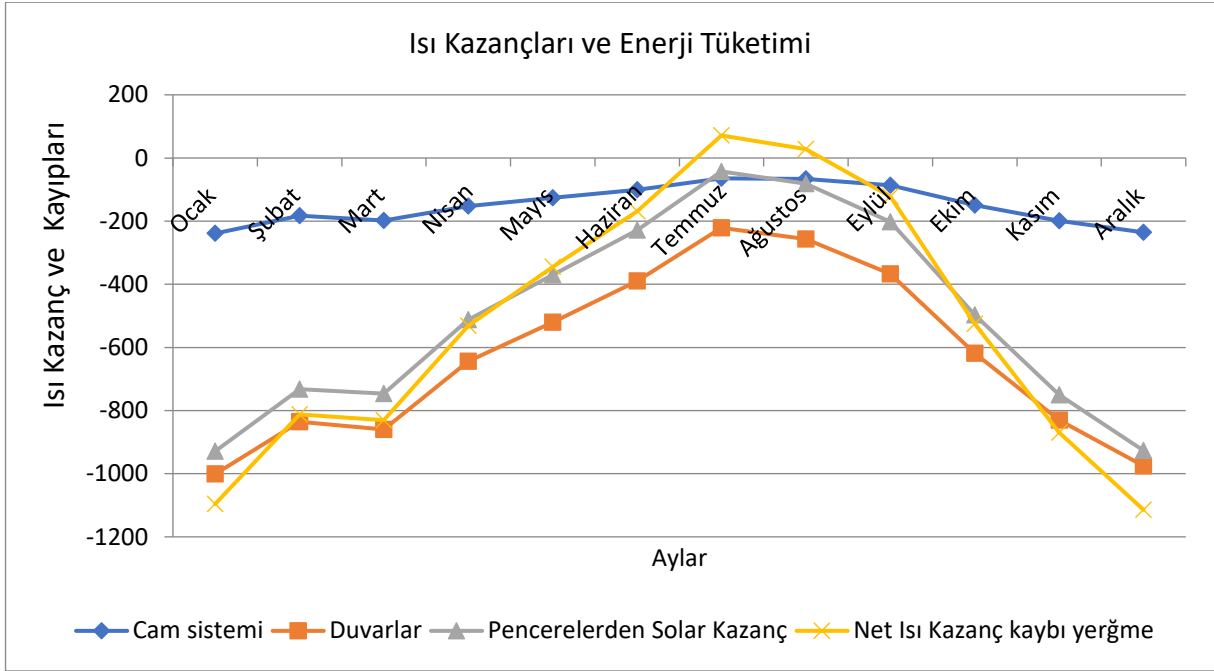
Şekil 37. Senaryo 7-8-9



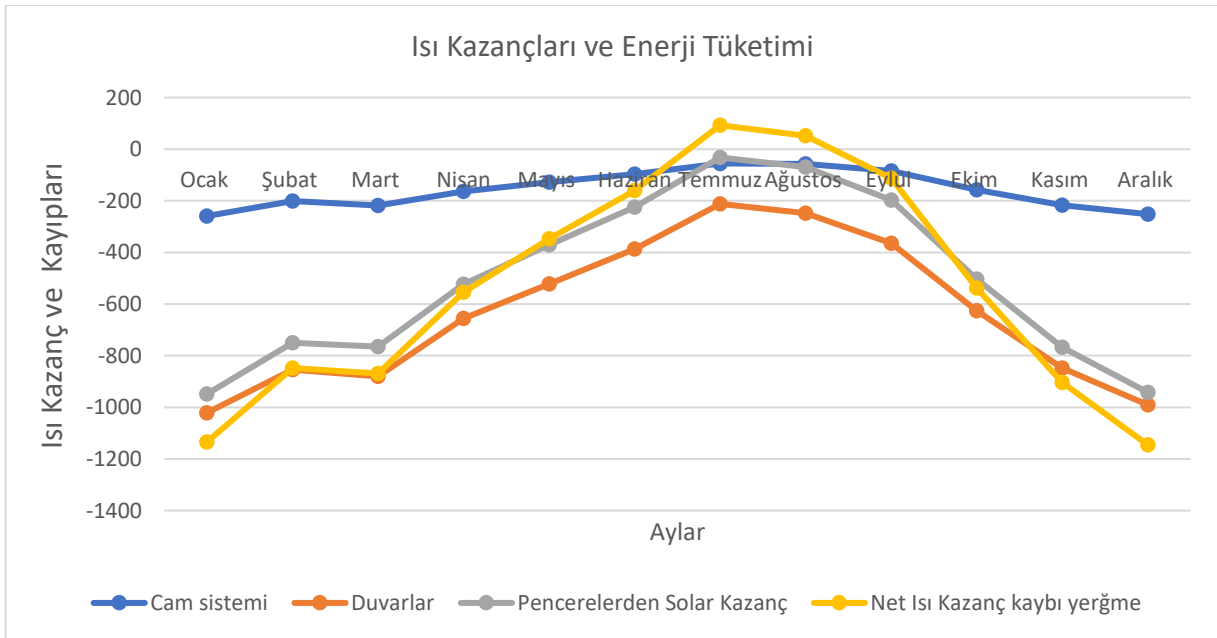
Şekil 38.Senaryo 10-11-12



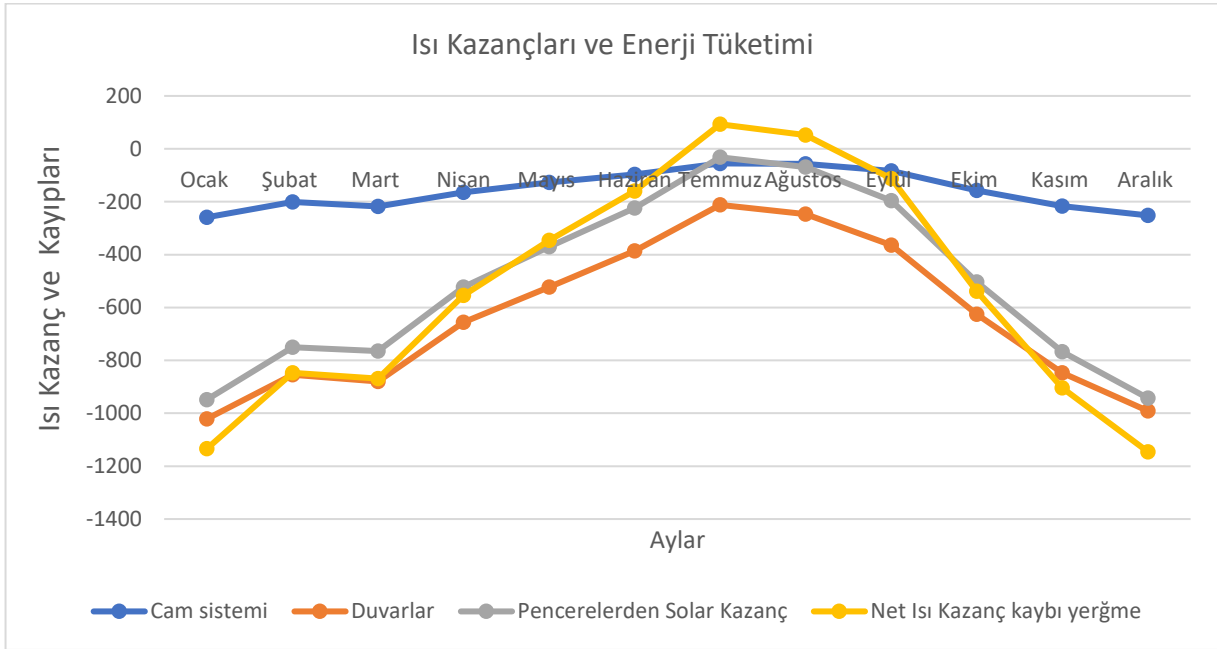
Şekil 39. Senaryo 13-14-15



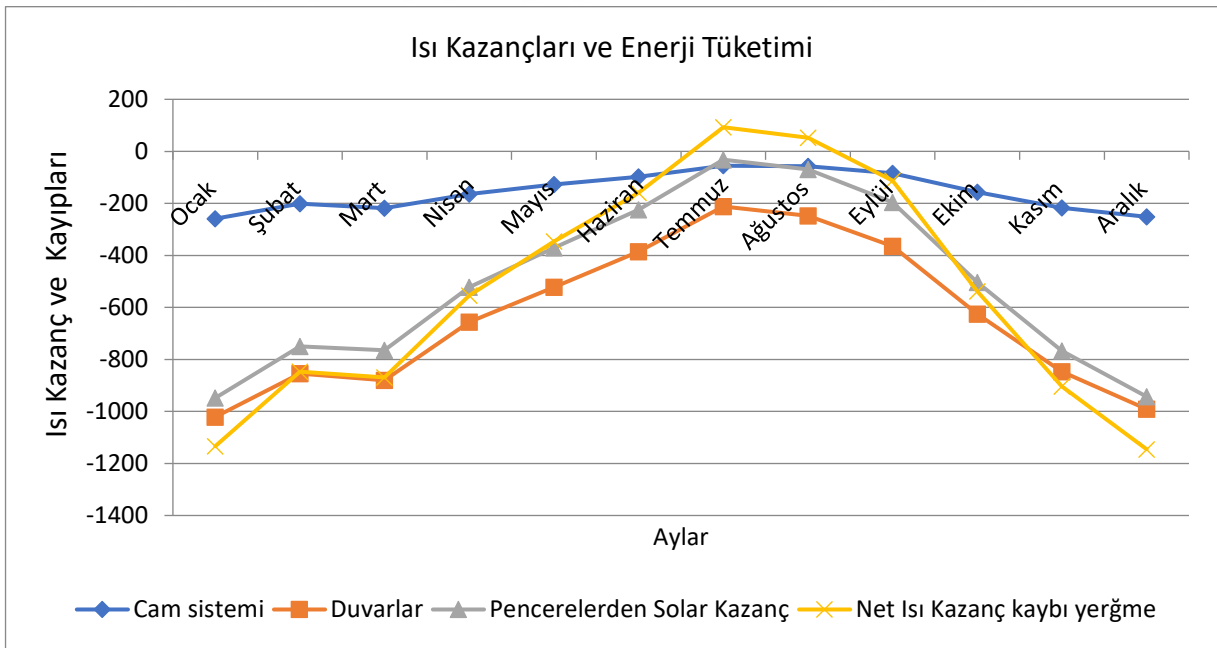
Şekil 40.Senaryo 16-17-18



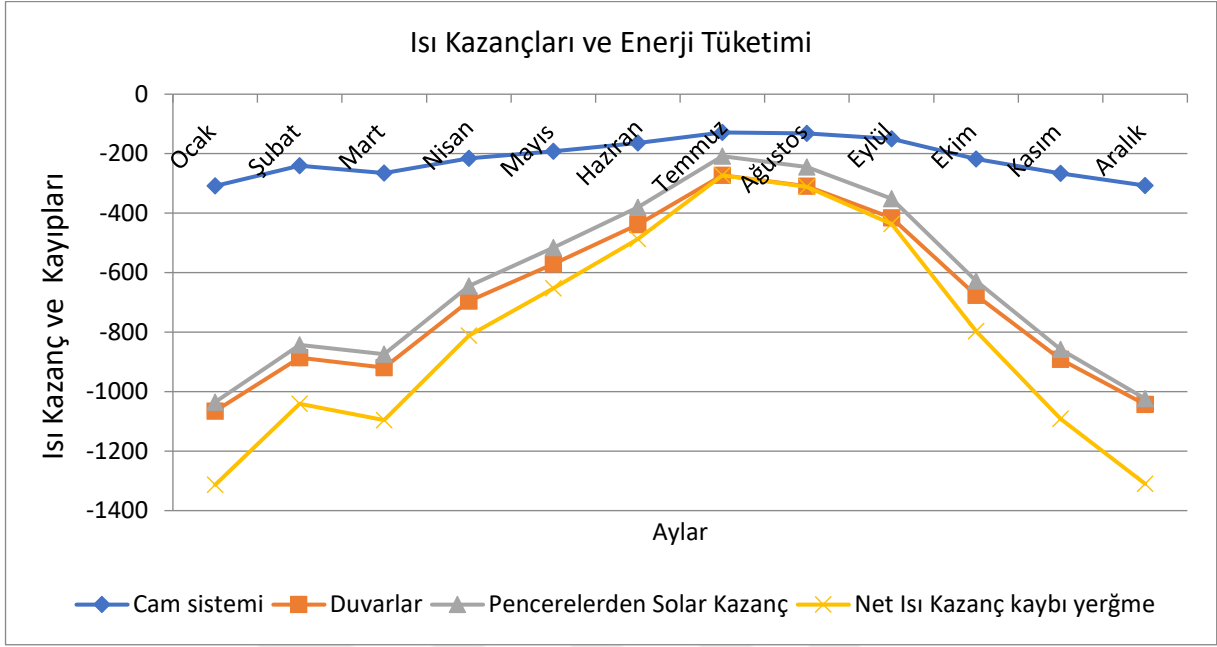
Şekil 41. Senaryo 19-20-21



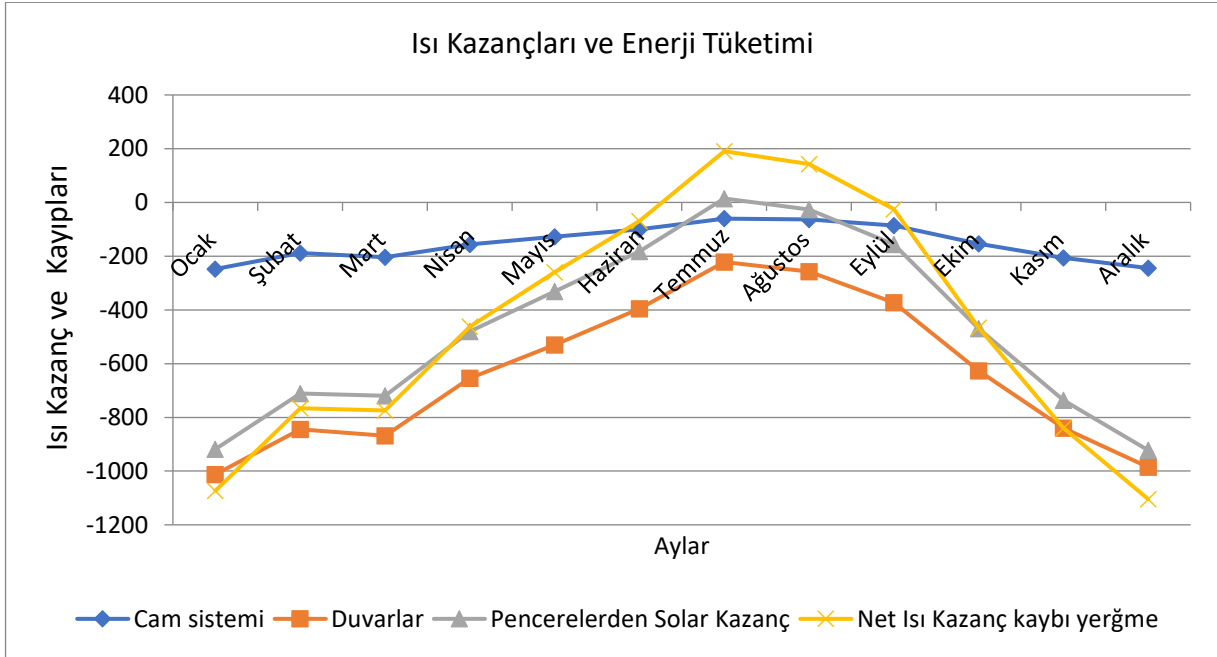
Şekil 42. Senaryo 22-23-24



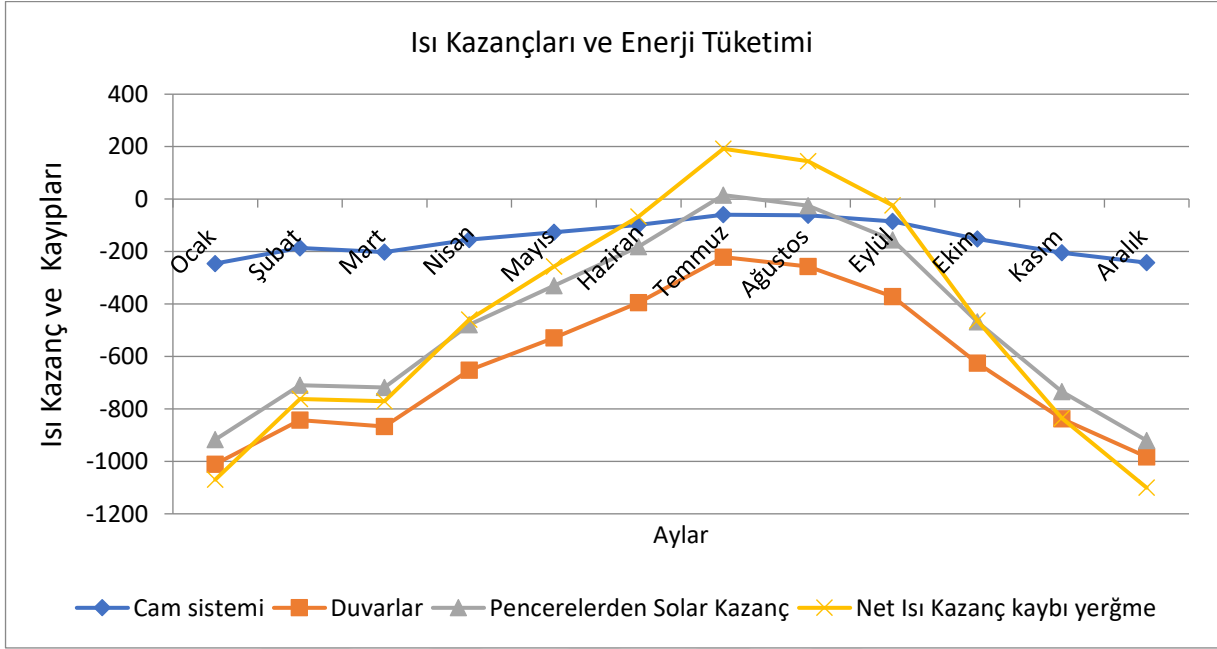
Şekil 43. Senaryo 25-26-27



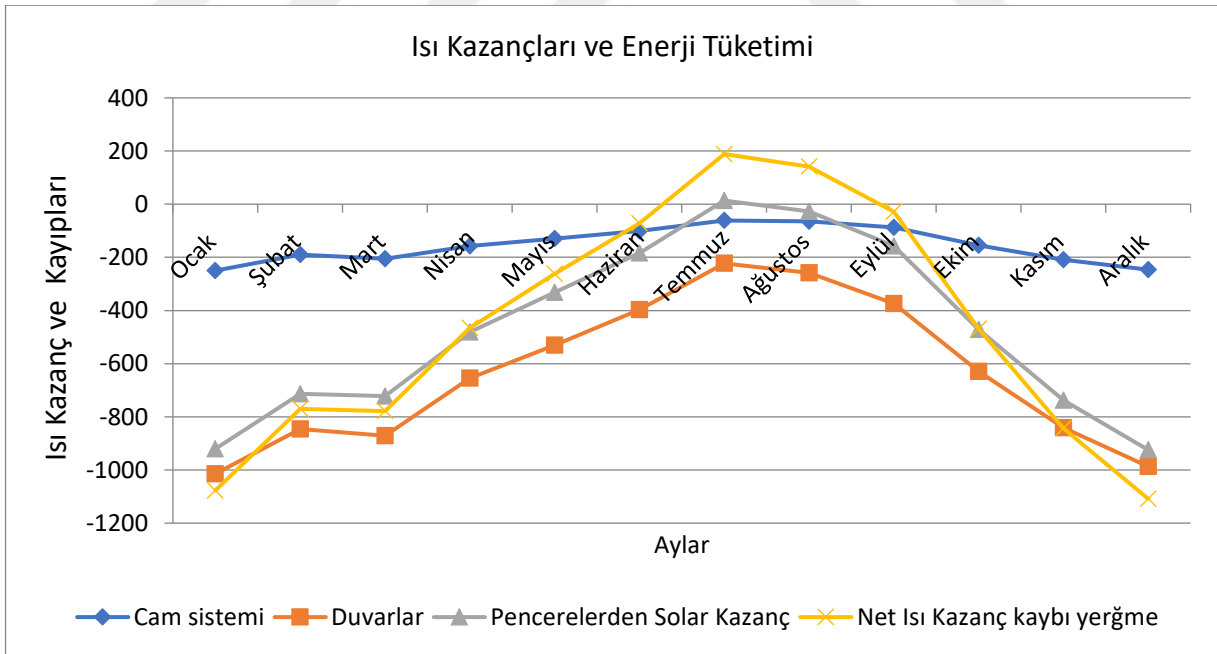
Şekil 44.Senaryo 28-29-30



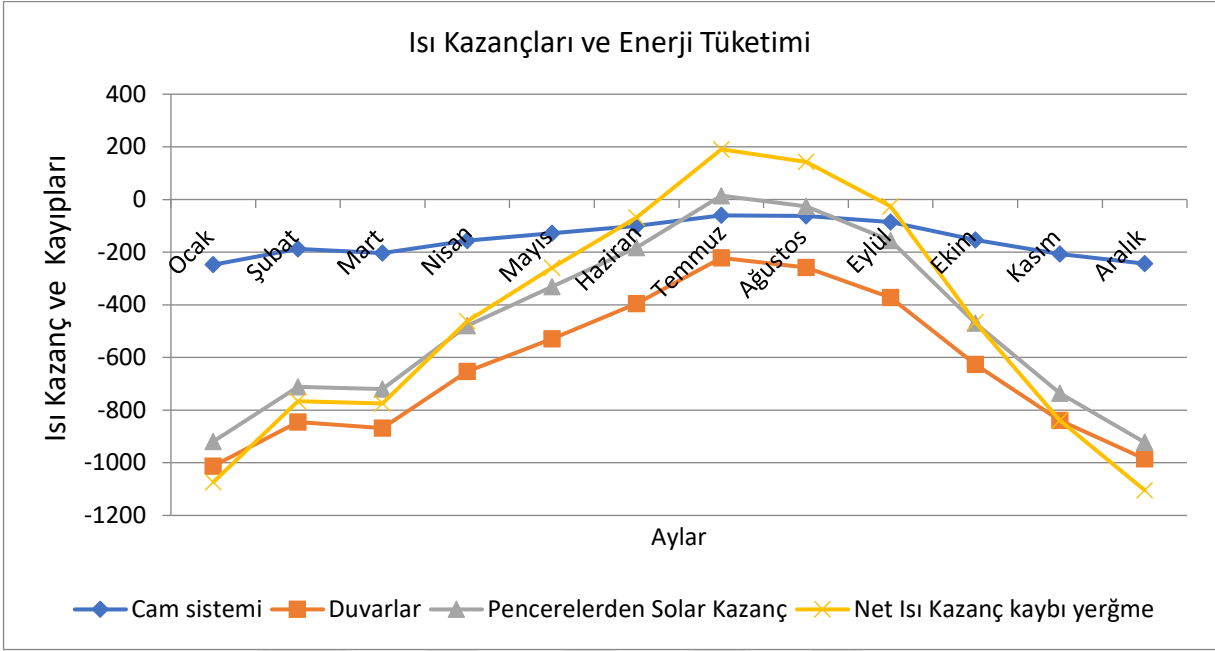
Şekil 45.Senaryo 31-32-33



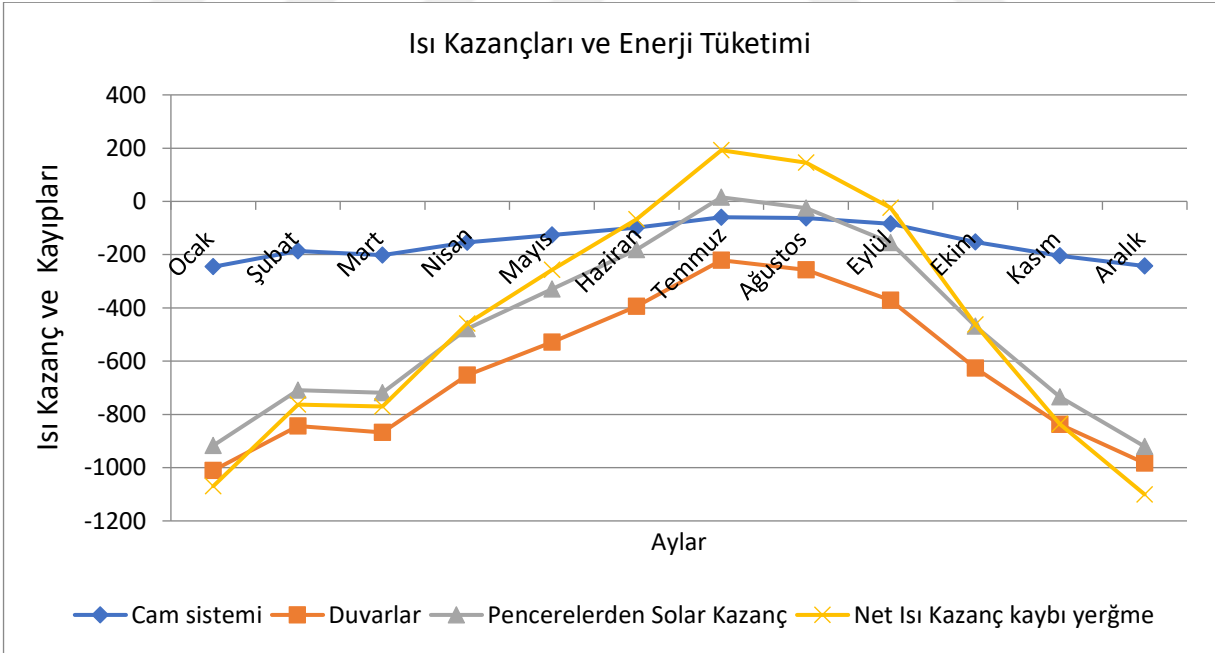
Şekil 46.Senaryo 34-35-36



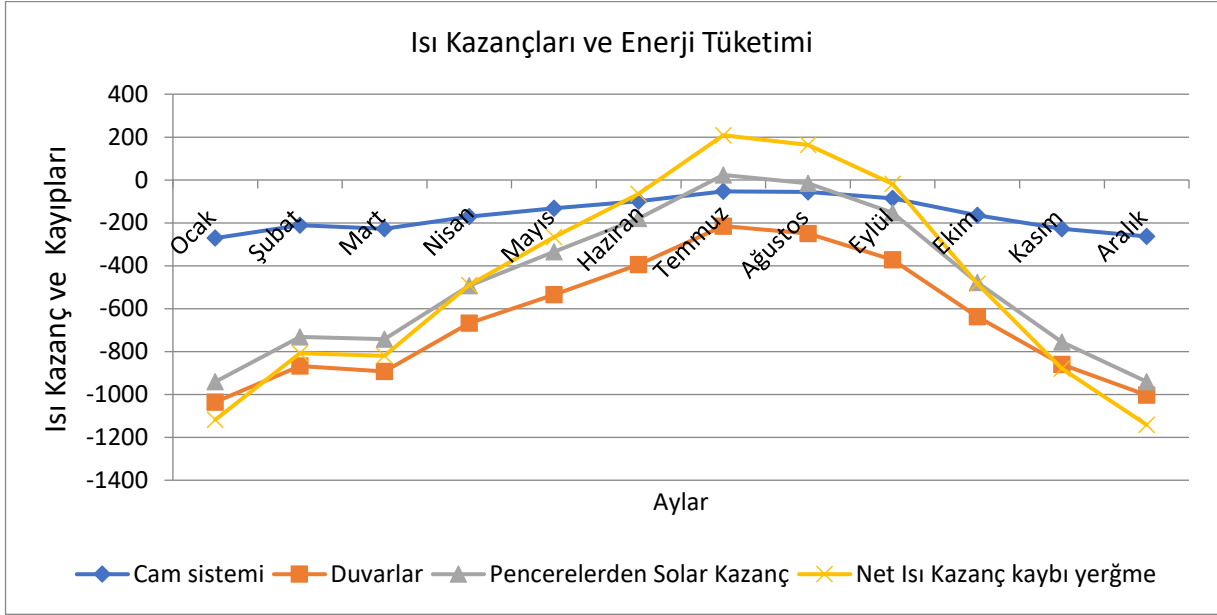
Şekil 47.Senaryo 37-38-39



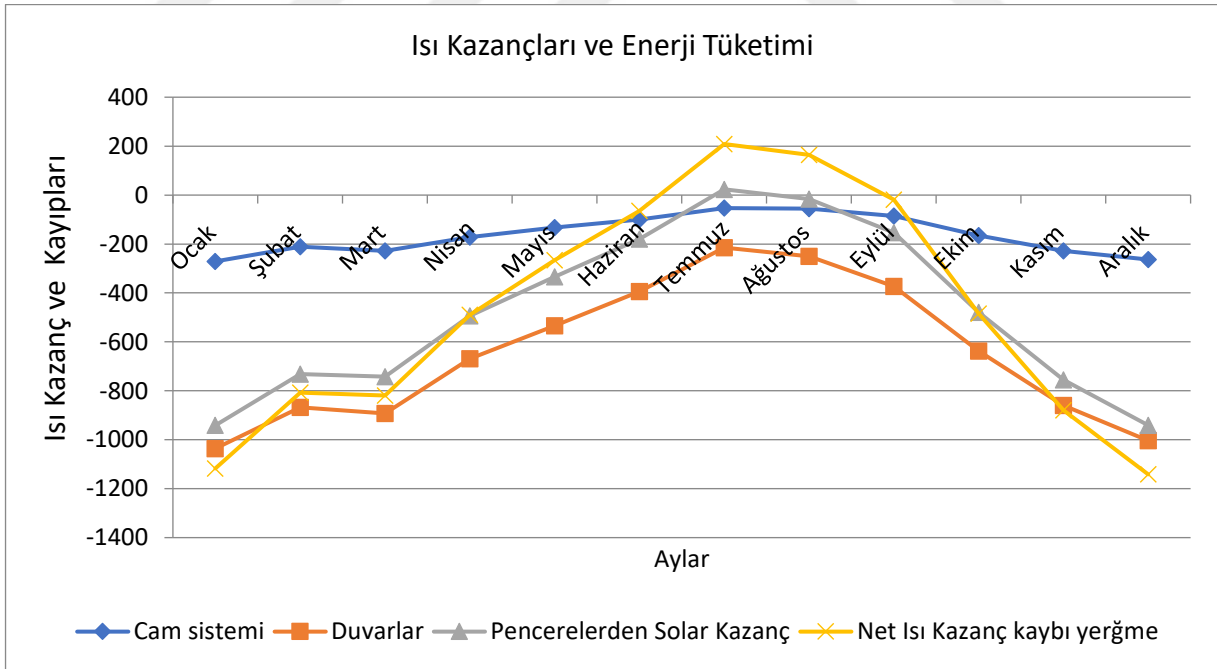
Şekil 48..Senaryo 40-41-42



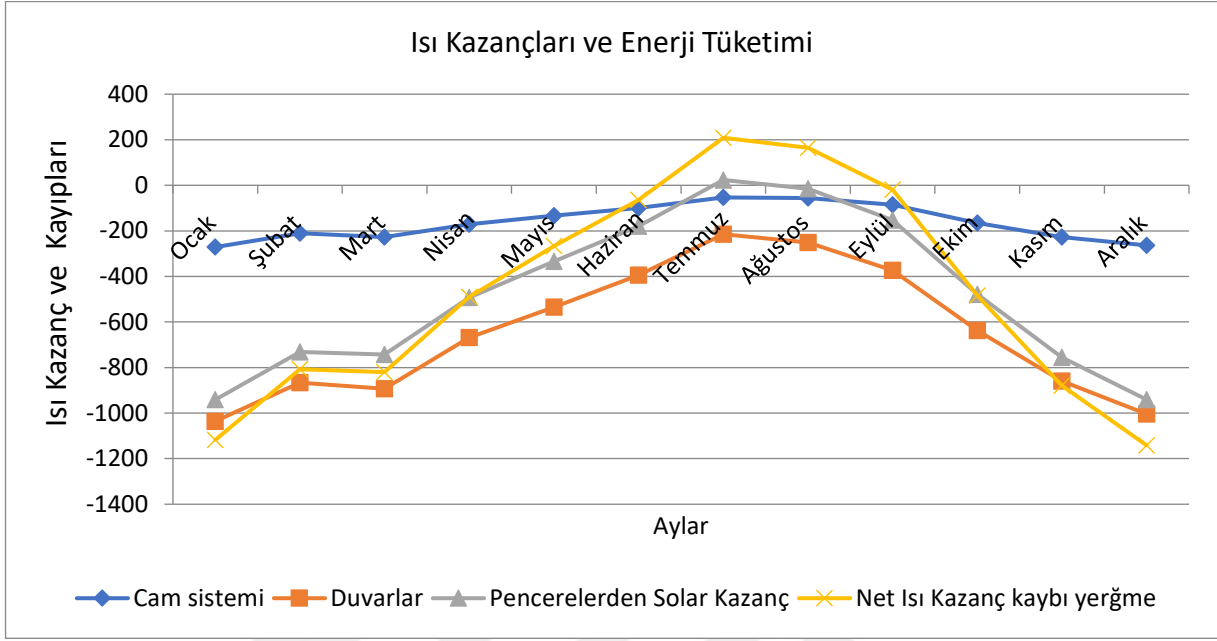
Şekil 49. Senaryo 43-44-45



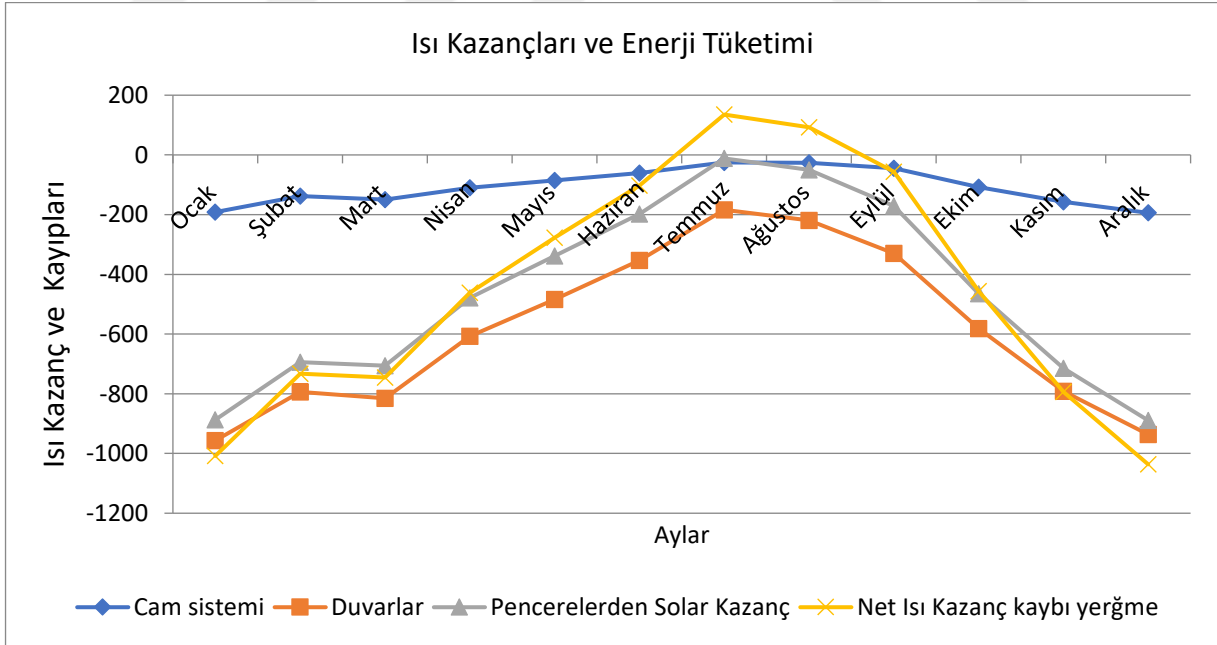
Şekil 50. Senaryo 46-47-48



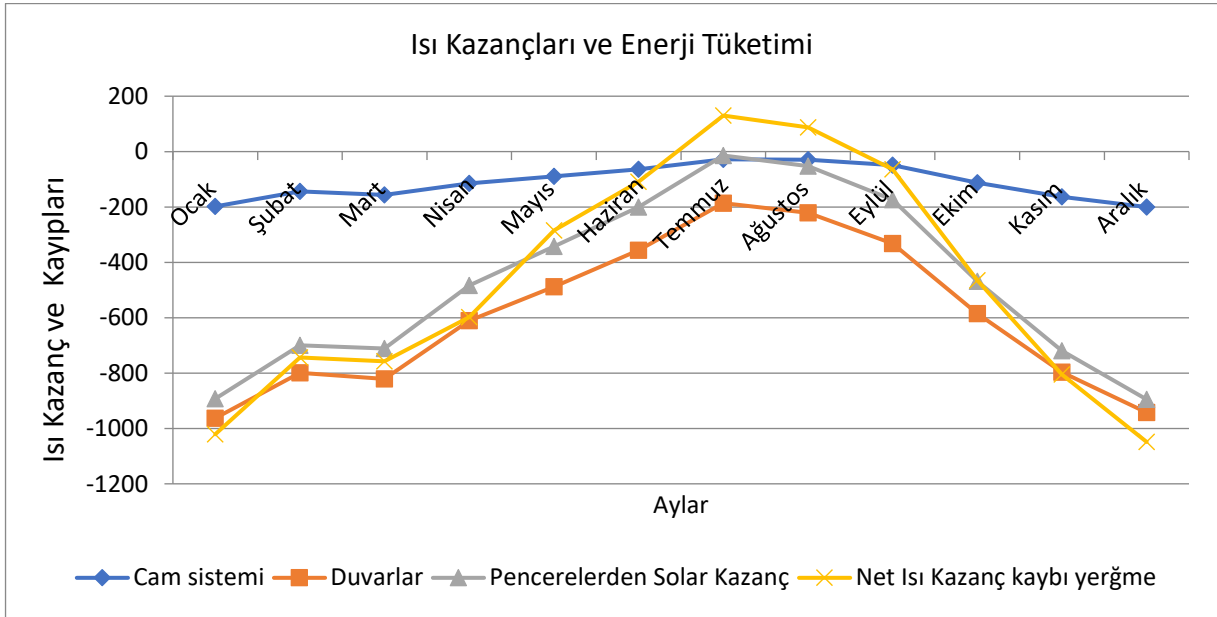
Şekil 51. Senaryo 49-50-51



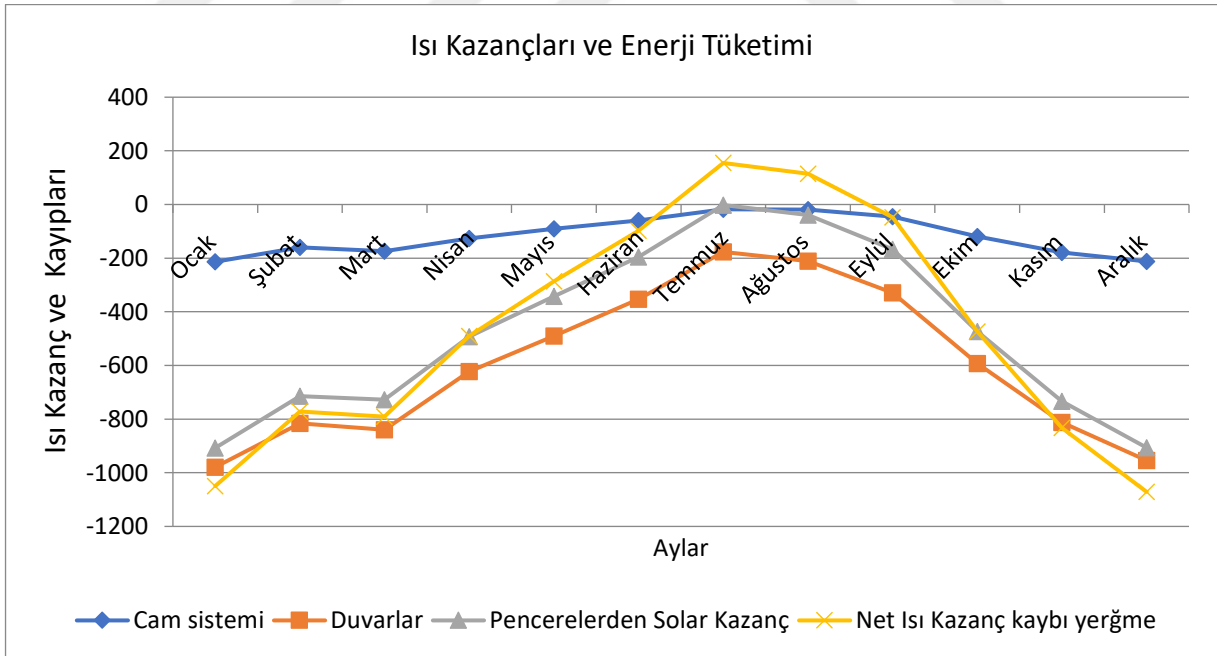
Şekil 52.Senaryo 52-53-54



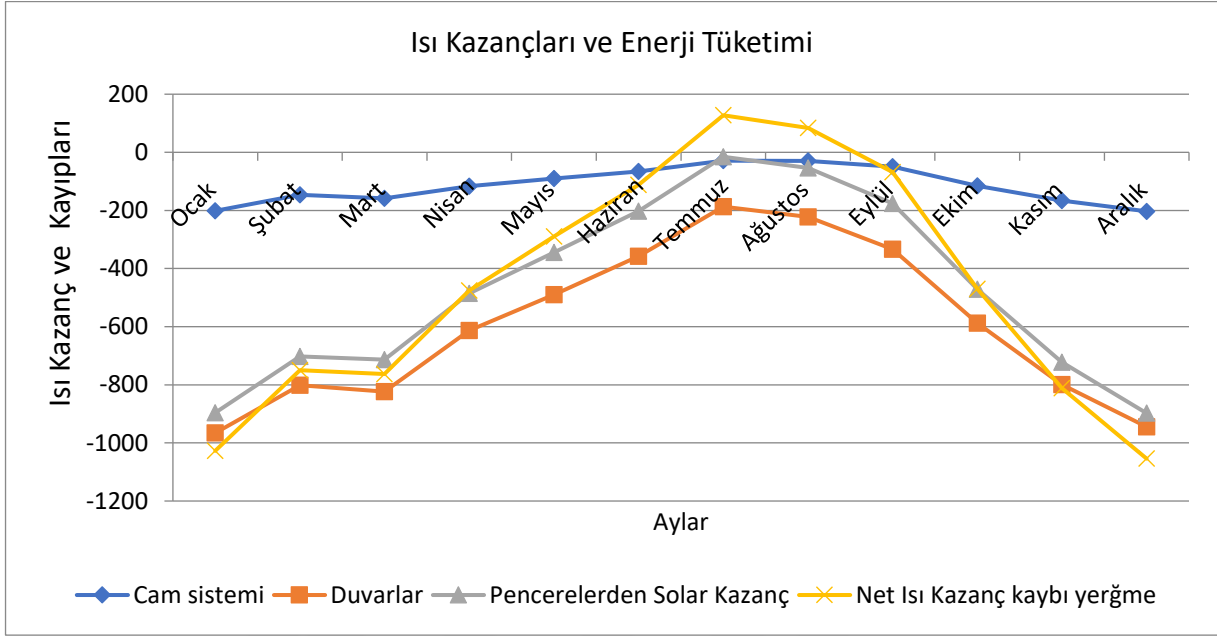
Şekil 53.Senaryo 55-56-57



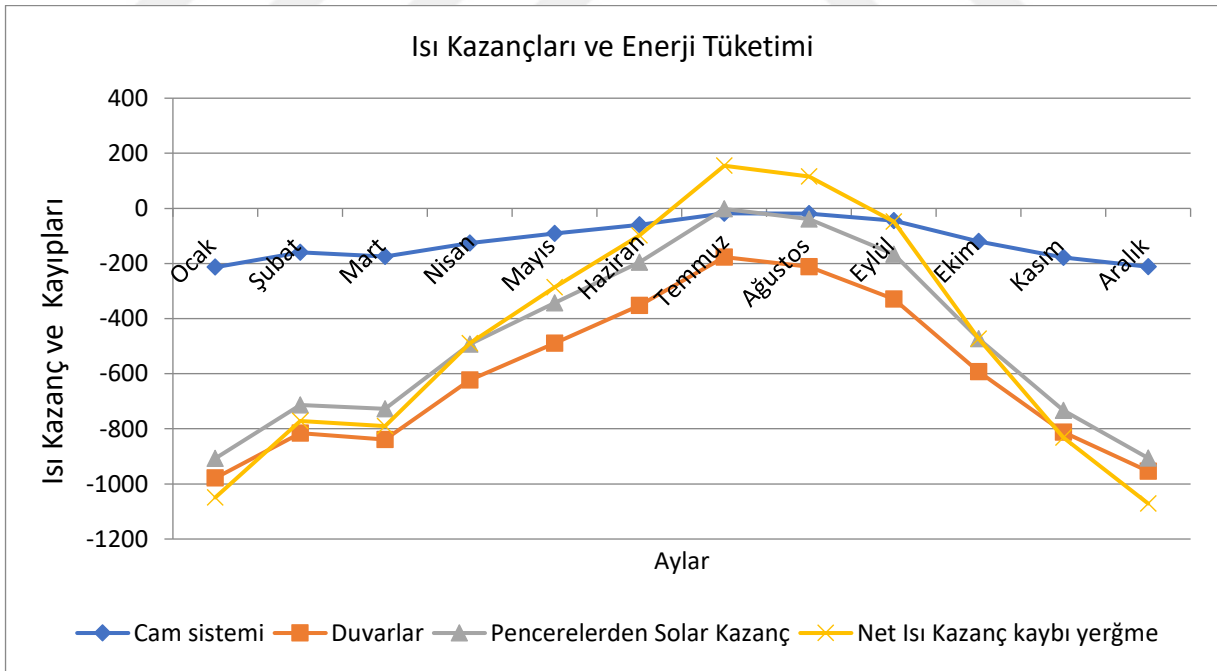
Şekil 54.Senaryo 58-59-60



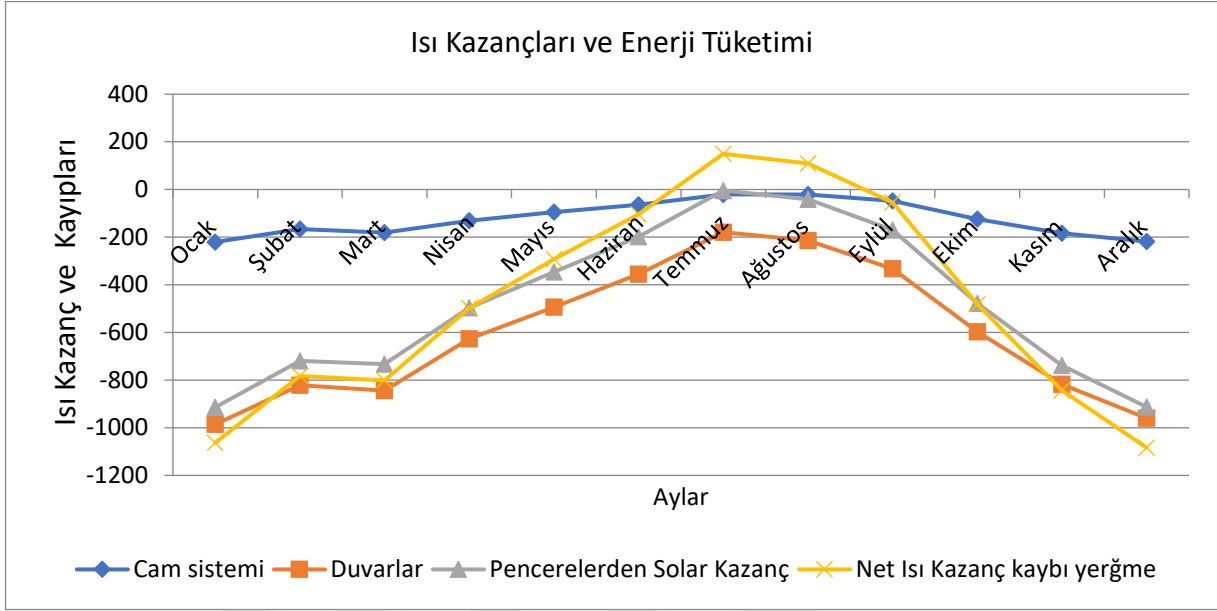
Şekil 55.Senaryo 61-62-63



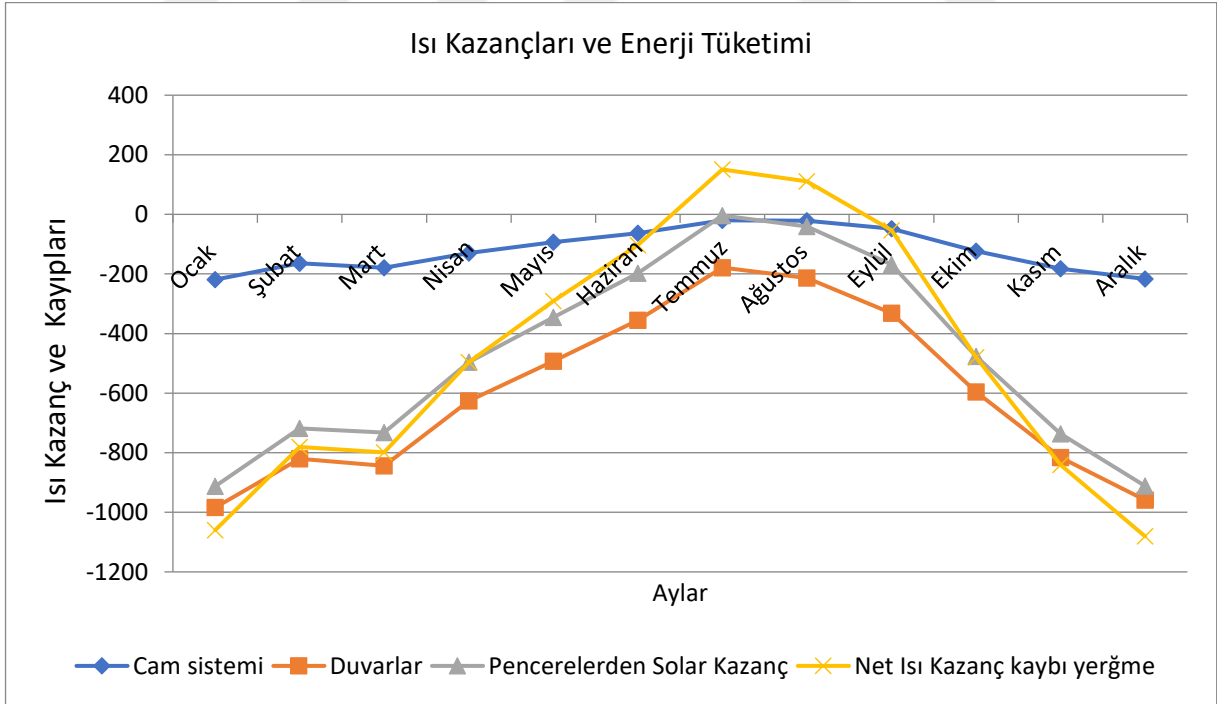
Şekil 56.Senaryo 64-65-66



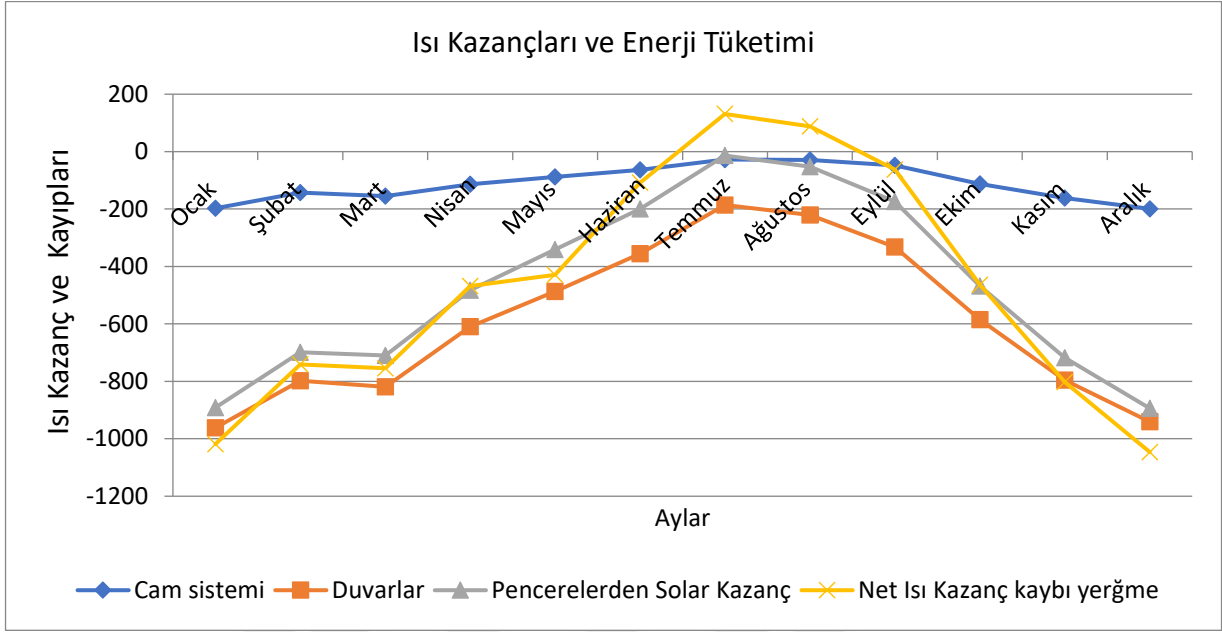
Şekil 57.Senaryo 67-68-69



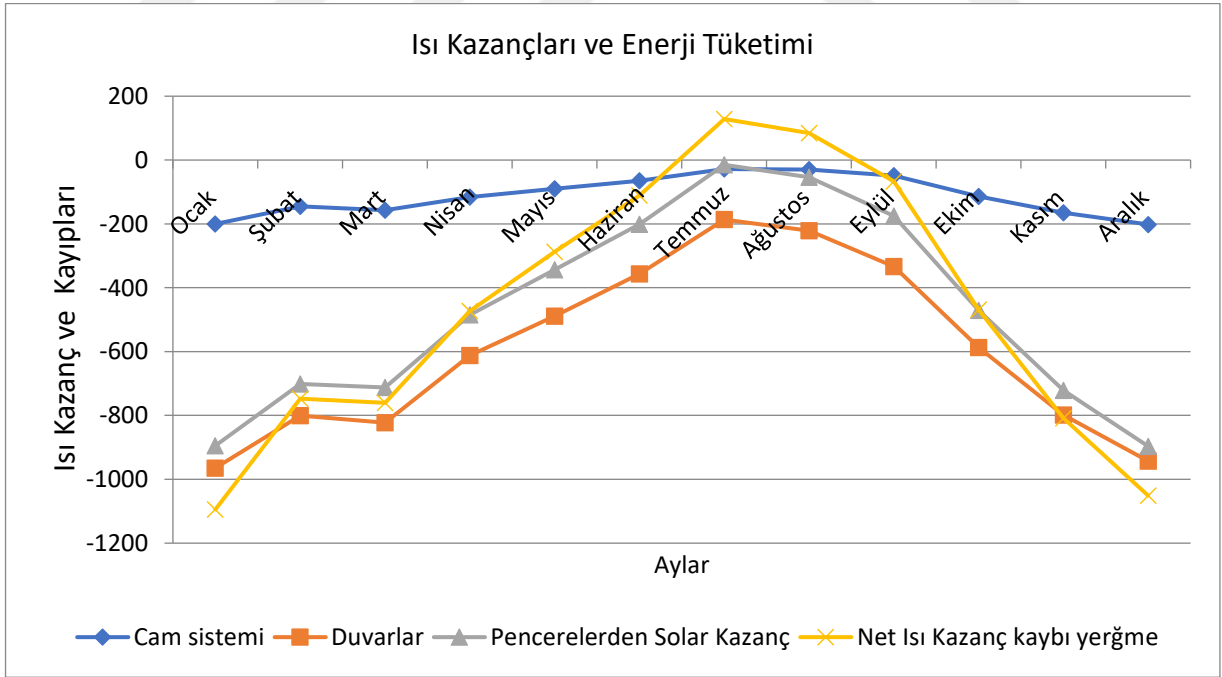
Şekil 58.Senaryo 70-71-72



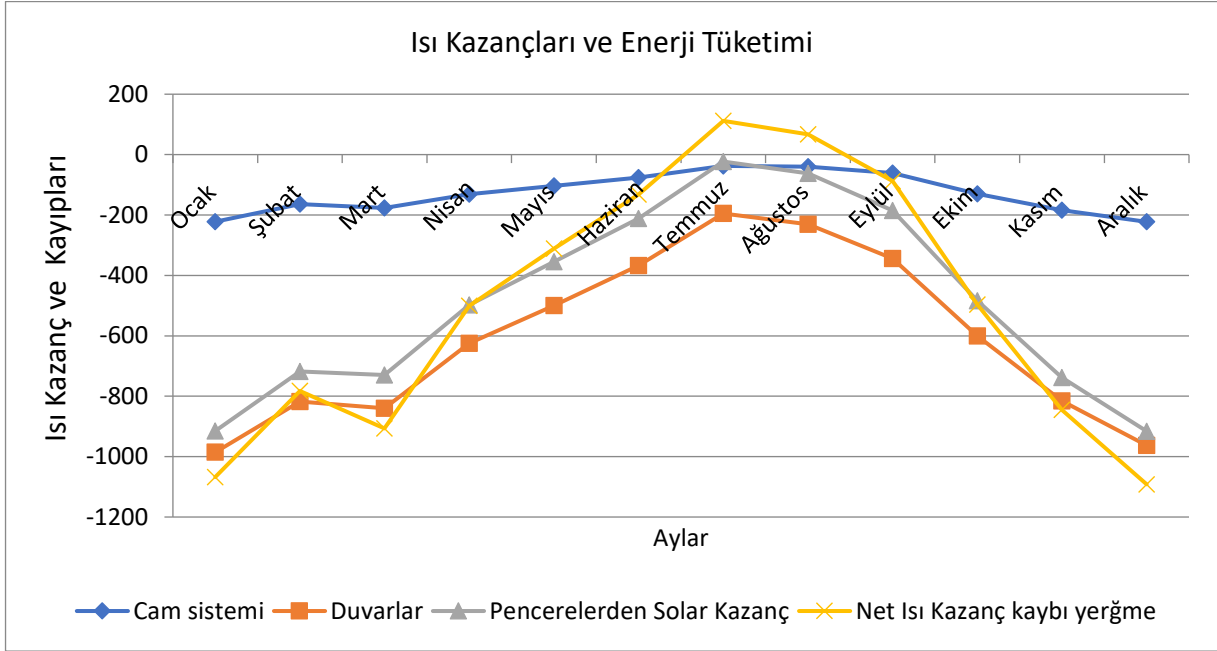
Şekil 59.Senaryo 73-74-75



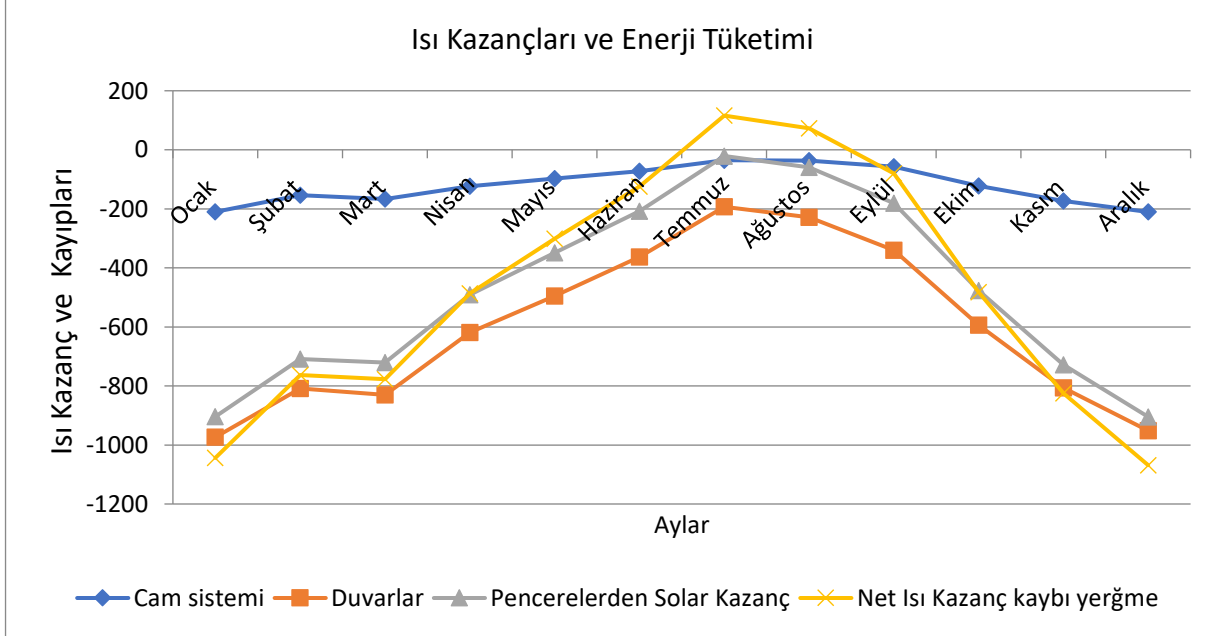
Şekil 60.Senaryo 76-77-78



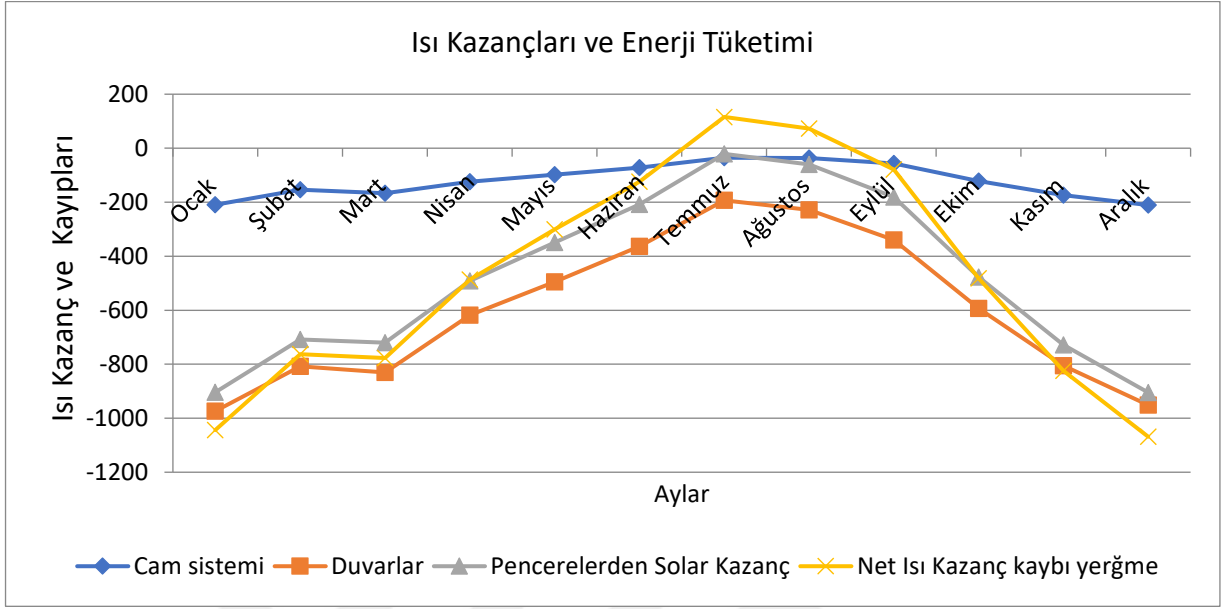
Şekil 61.Senaryo 79-80-81



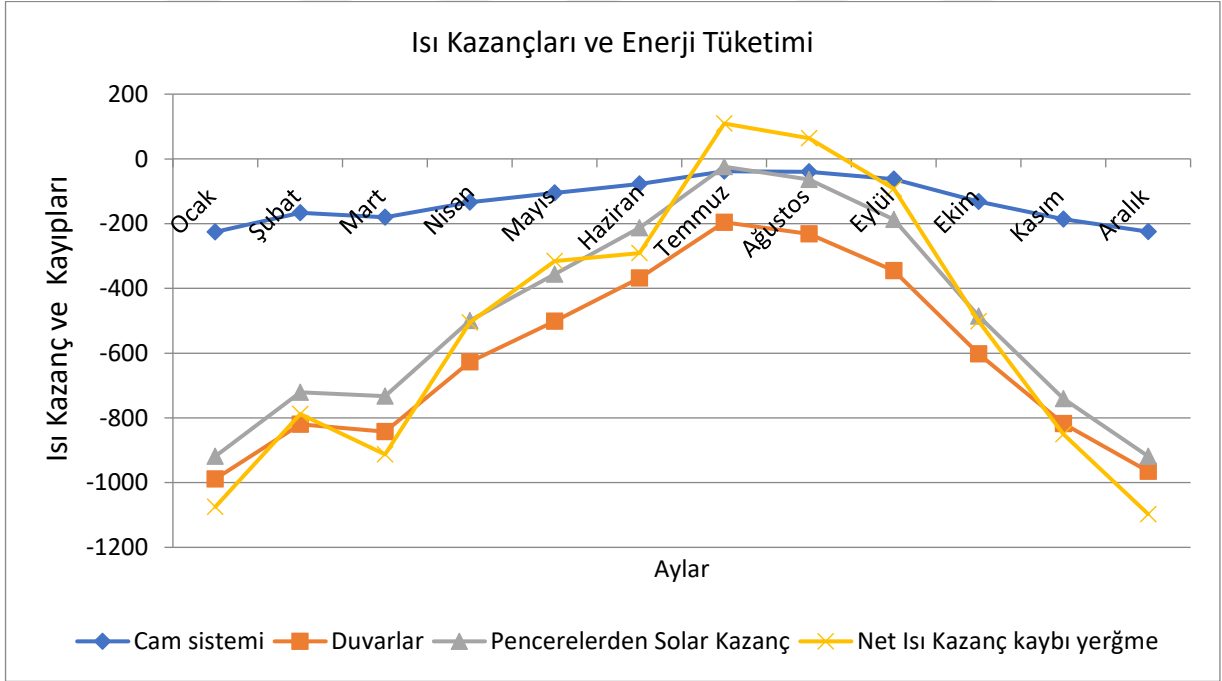
Şekil 62..Senaryo 82-83-84



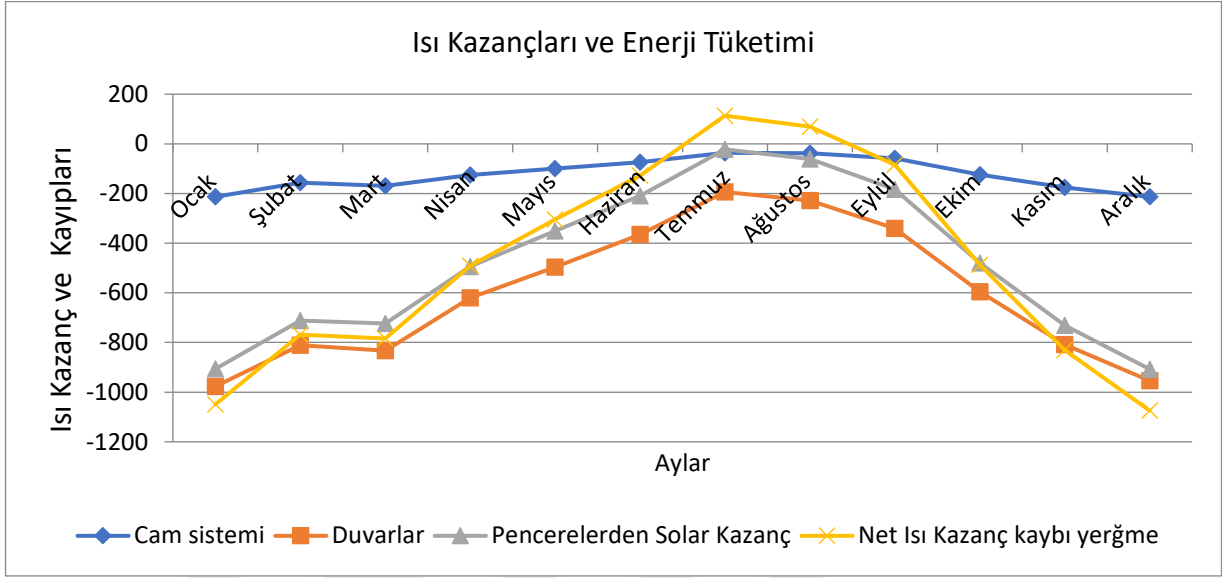
Şekil 63..Senaryo 85-86-87



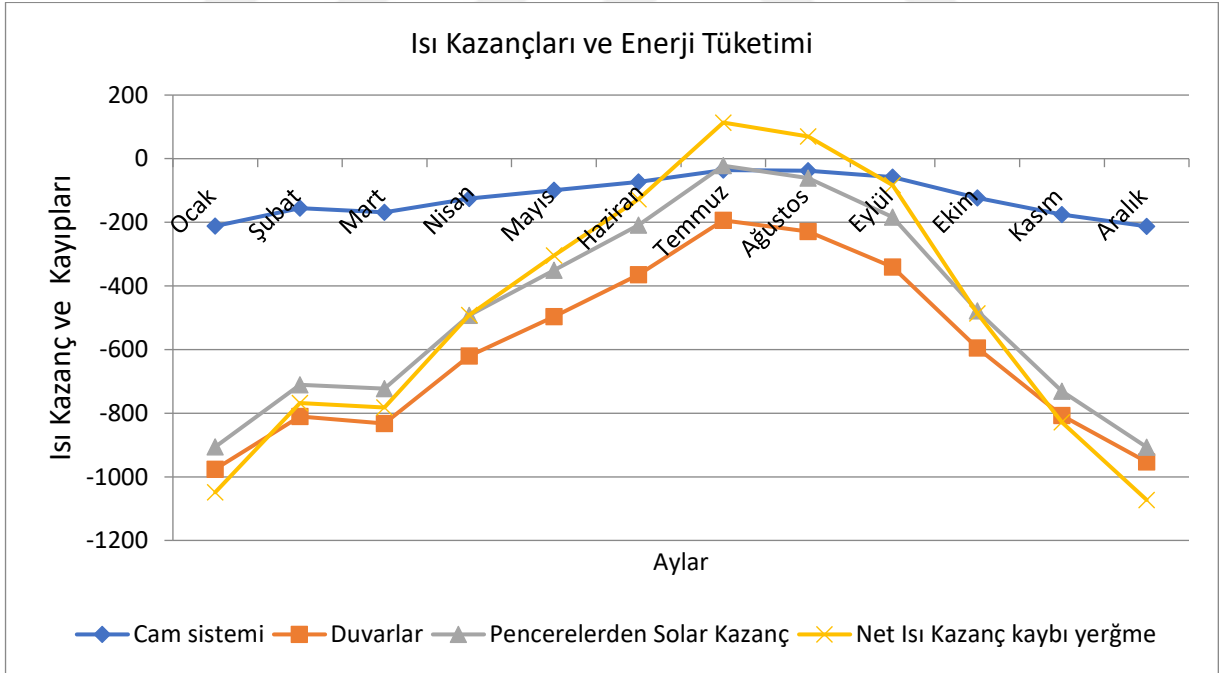
Şekil 64.Senaryo 88-89-90



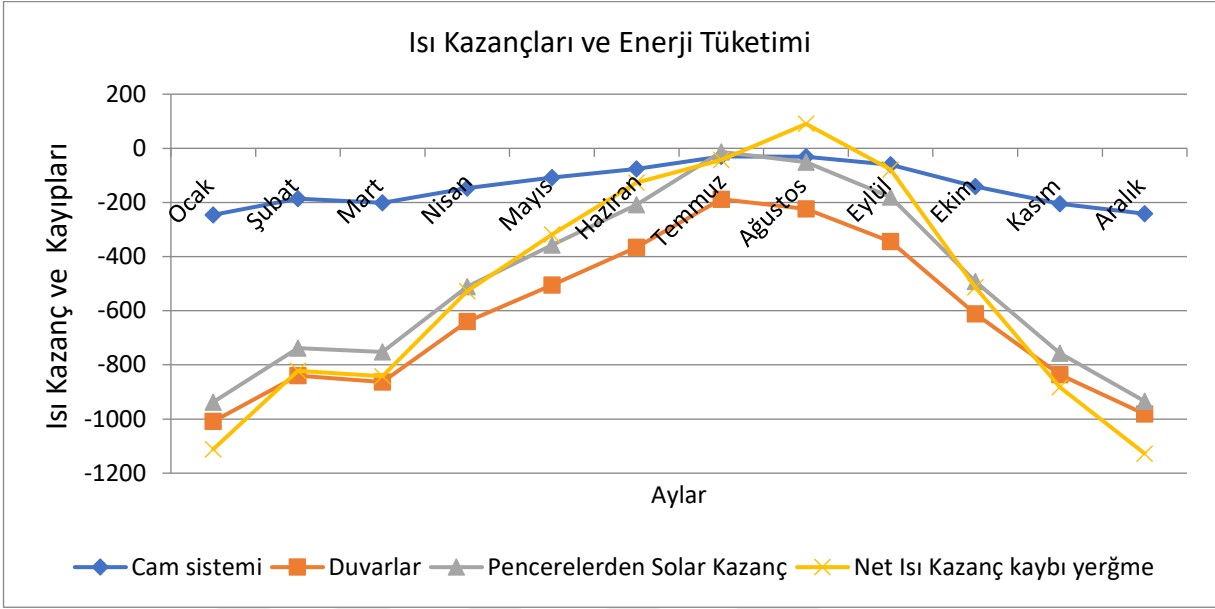
Şekil 65.Senaryo 91-92-93



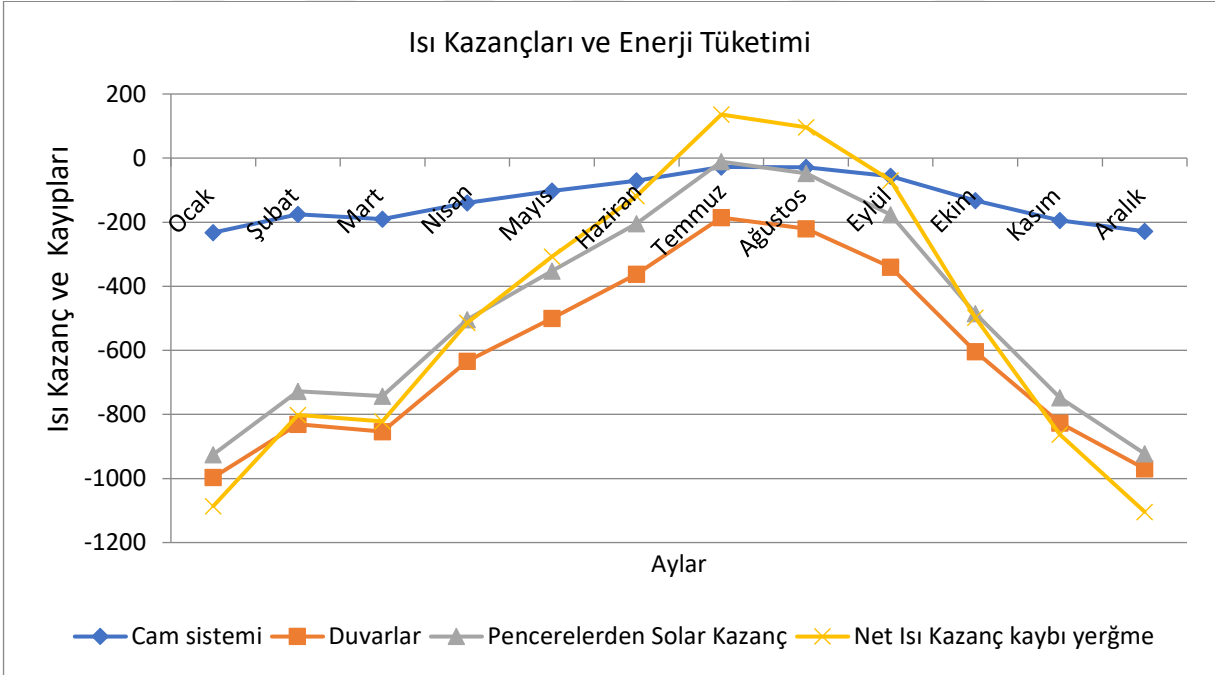
Şekil 66.Senaryo 94-95-96



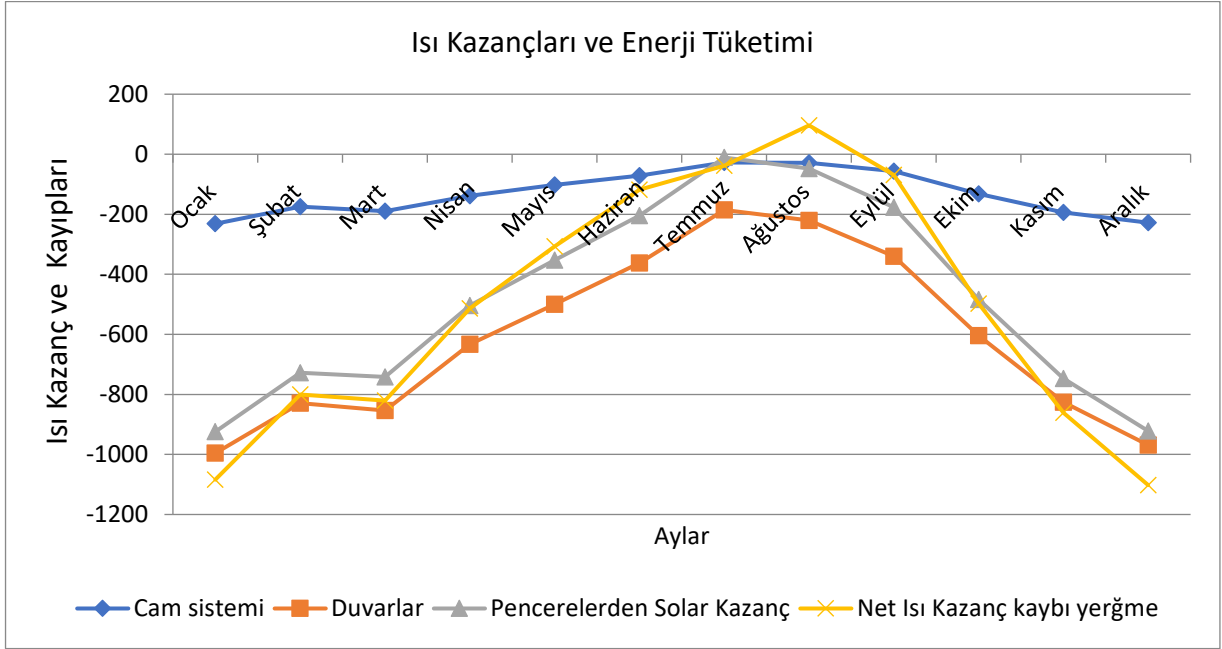
Şekil 67.Senaryo 97-98-99



Şekil 68.Senaryo 100-101-102



Şekil 69.Senaryo 103-104-105



Şekil 70.Senaryo 106-107-108

2.2.1. Pasif Tasarım Senaryoları ile İlgili Elde Edilen Sonuçlar

Çalışmada pasif senaryolar olarak, ısı yalıtım kalınlığının artırılması, REF binasını içeren (Cam panel, Çerçevesel, Gazlar ve kat sayısı) cam sistemleri incelenmiş olup, tartışma binanın her bileşeni üzerinde ayrı ayrı gerçekleştirilecektir.

REF binasına alternatif olarak 4 tip cam sistemi çalışılmıştır. Cam sistemleri arasından $C2 = loE(e2=2)Clr 6mm/10mm+70/30 Arg+Hava$, $U=1.761$, $SHGC = 0.568$, düşük U-değeri ve yüksek SHGC'ye sahip olduğu için diğerlerine göre en düşük sonucu göstermiştir.

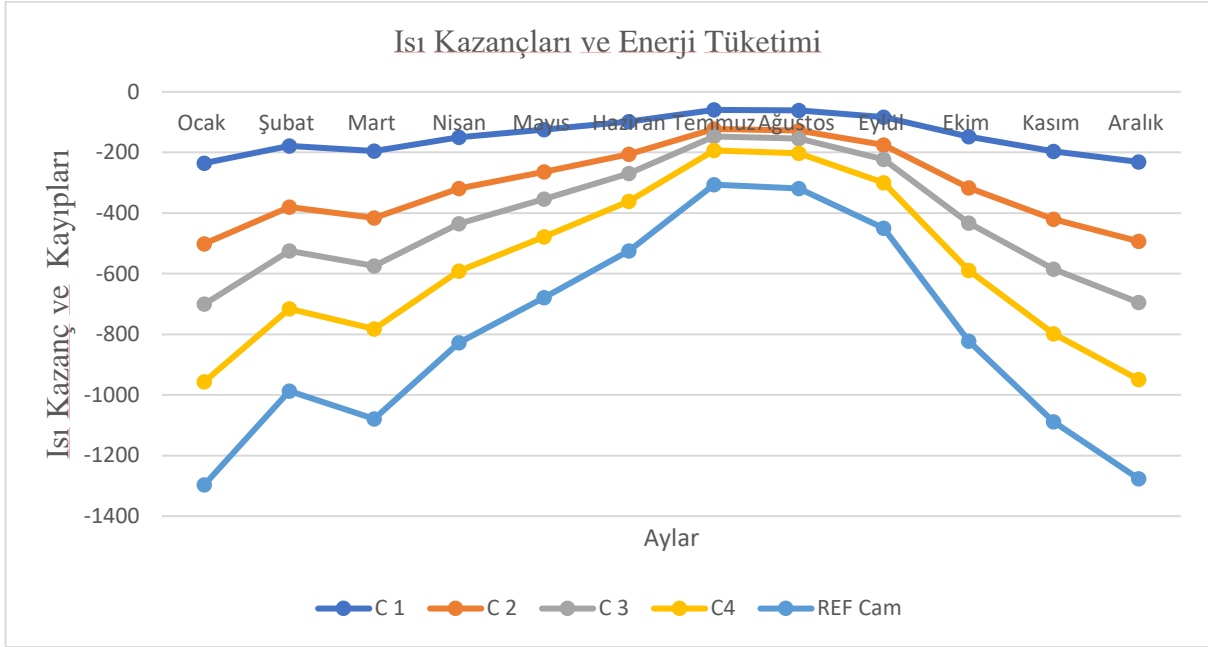
$C1 = loE(e2=2)SPEC SEL Tint 6mm/13mm+Argon$, $U=1.689$, $SHGC = 0.239$

$C2 = loE(e2=2)Clr 6mm/10mm+70/30 Arg+Air$, $U=1.761$, $SHGC = 0.568$

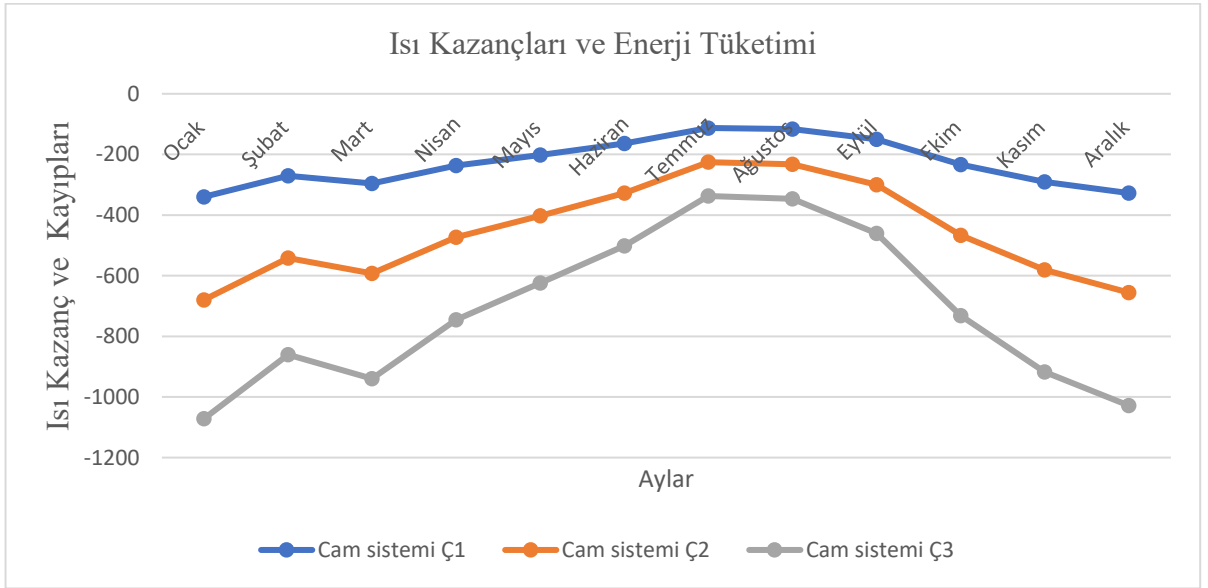
$C3 = loE(e2=e5=1)Clr 3mm/13mm+Arg+Air 80/20$, $U=0.982$, $SHGC = 0.474$

$C4 = loE(e2=e5=1)Clr 3mm/13mm +Arg+Air 95/90$, $U=1.817$, $SHGC = 0.234$

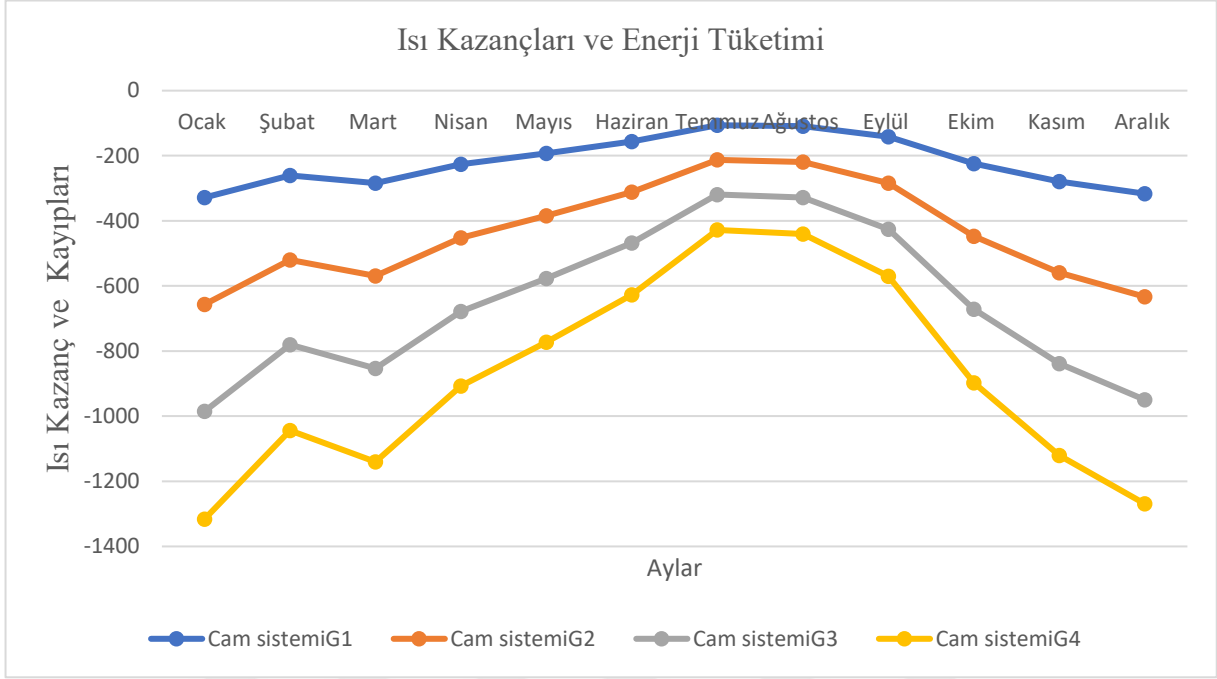
Camlar, çerçeveler ve cam paneller arasındaki gazların enerji kazanımı ve kaybı üzerindeki etkisi Şekil 71, 72 ve 73'ta gösterilmektedir.



Şekil 71. Enerji kazanımı ve kaybında camın etkisi

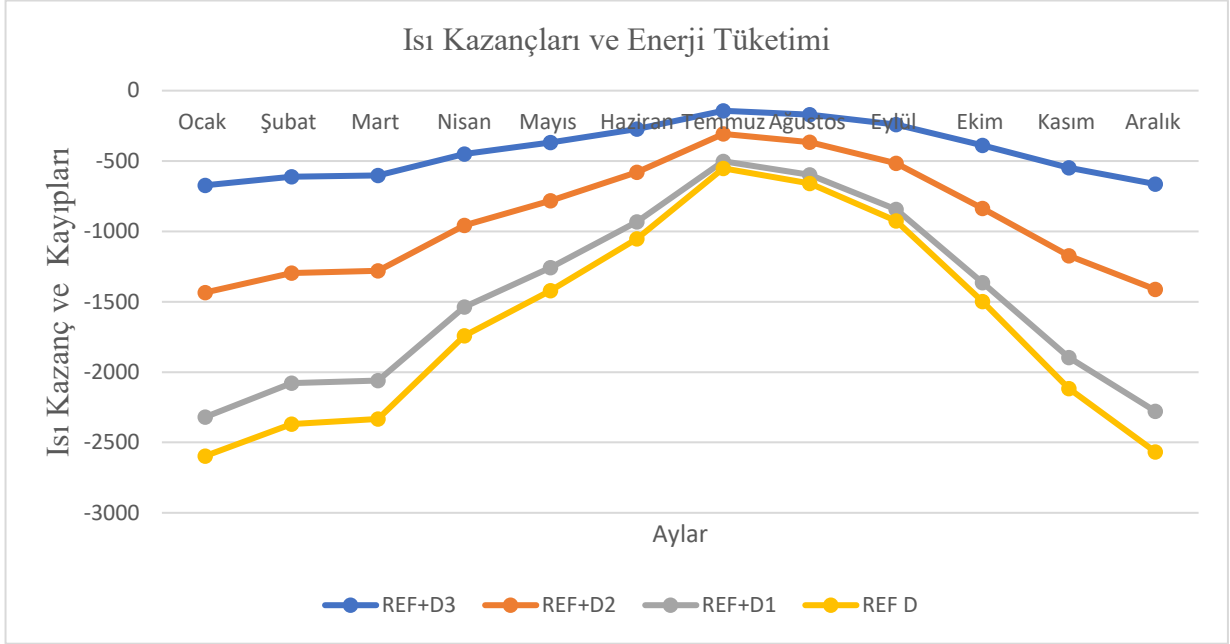


Şekil 72. Enerji kazanma ve kaybetmede çerçevelerin etkisi



Şekil 73. Enerji kazanımı ve kaybında camlar arasındaki gazların etkisi

Şekil 74'te görüldüğü gibi duvar senaryoları arasında enerji tasarrufu açısından fark yoktur ancak D1, D2 ve D3 kalınlıkları birbirinden farklıdır. Simülasyon sonuçlarına göre, ısı yalıtım kalınlığının 7'den 9'a çıkarılması ve EPS'nin 11 cm olması, enerji kaybı veya tasarrufu açısından herhangi bir değişiklik getirmemiştir ancak diğer parametreleri sabit tutarak ayrı ayrı REF binası ile kıyaslırsak, enerji tasarrufu açısından en büyük etkiye sahip olan 11 cm kalınlığındaki D3'tür. TS-825'e göre hesaplanan 5cm kalınlığındaki ısı yalıtımına sahip REF binasının enerji tasarrufu ve kaybı kaygısı olmadan uygulanmasının iyi olduğu sonucunu çıkarılabilir.

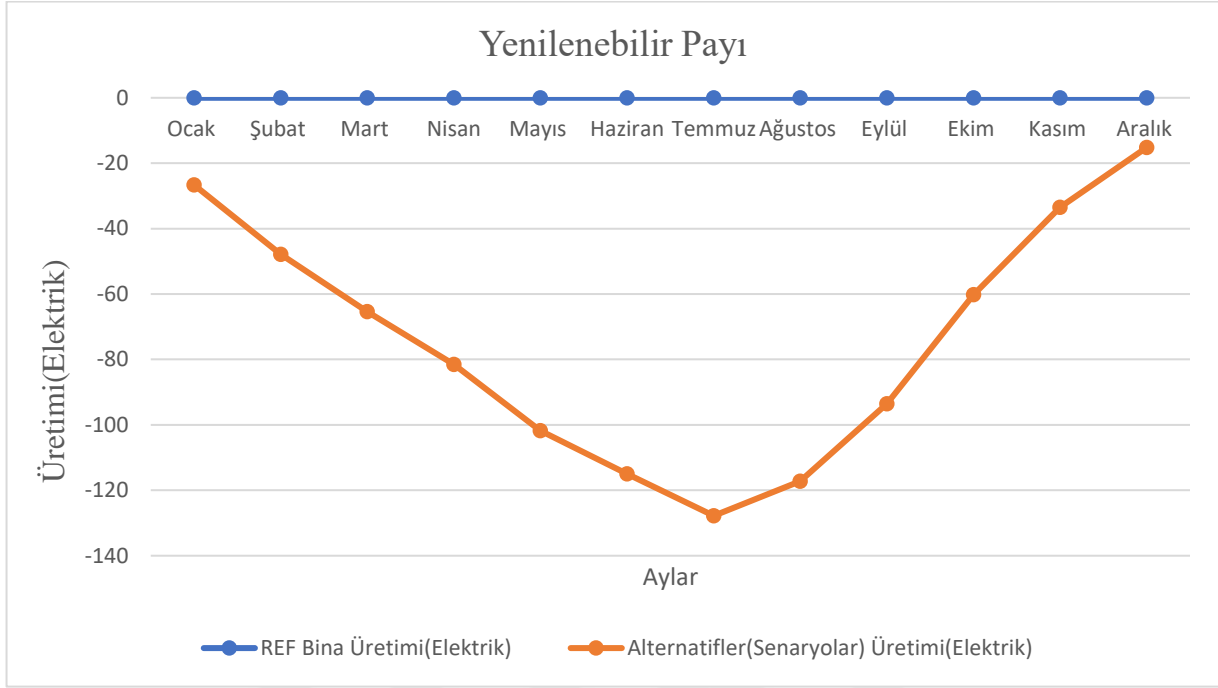


Şekil 74. Enerji kazanımı ve kaybında duvarların etkisi

2.2.2. Aktif Tasarım Senaryoları ile İlgili Elde Edilen Sonuçlar

Şekil 75'te görüldüğü gibi, mevcut binada veya REF binasında kurulu PV panel olmadığından düz mavi çizgi herhangi bir ayda üretim olmadığını göstermektedir. ama kavisli turuncu çizgiyi görürsek, güneş ışınlarının daha fazla olduğu aylarda enerji üretiminin de daha fazla olduğunu anlaşıyor.

Her ne kadar alternatif senaryolarda elektrik üretimi çok büyük olmasa da duvar yüzeylerinin alanına bağlı olsa da, güneş panellerinin alanı arttıkça üretim de büyümektedir.



Şekil 75. Binada duvar güneş panellerinden enerji üretim hızı

2.2.3. Hibrid Tasarım Senaryoları ile İlgili Elde Edilen Sonuçlar

Simülasyon çalışmasının daha iyi anlaşılabilmesi için çalışmada tanımlanan güçlendirme elemanlarının her birinin referans bina ile karşılaştırılması kararı alındı. Designbuilder'da referans bina sabit tutularak, designbuilder'a farklı senaryolardan bina bileşenleri girdi ve bireysel olarak simülasyon yapıldı. Bunu yaparak, seçilen mevcut binada hangi unsurların enerji tüketimini azaltmada büyük etkiye sahip olabileceğini anlamak mümkündür. Tablo 48 ve 49'de gösterildiği gibi, mevcut bina ile senaryolar arasında enerji tüketimi açısından büyük farklılıklar gösterilmemiştir. 11 cm EPS yalıtımlı duvarı ifade eden D3, D1 ve D2'ye göre %2,58 tasarruf sağladığı için en iyisi gibi görünmektedir.

Pencere çerçeveleri arasında UPVC'yi ifade eden Ç1 en iyi seçenek olarak görünmektedir. REF bina pencere çerçevesi UPVC olduğu için tasarruf yüzdesi sıfırdır. Ve eğer Ç1'i Ç2 ve Ç3 ile karşılaştırsak. Alüminyum anlamına gelen Ç3, enerji tasarrufu açısından en kötü seçenektir.

Tablo 49. Referans senaryoya göre ısı kaybı ve kazancı

Bina kabuğu bileşenleri												
REF Senaryo	Diğer Senaryolar											
Sabit	Duvarlar	Isı kazancı	Isı kaybı	Cam tipi	Isı kazancı	Isı kaybı	Çerçeveleler	Isı kazancı	Isı kaybı	Gazlar	Isı kazancı	Isı kaybı
■	D1	221.85	-	C1	117.4	163.6	Ç1	220.97	211.08	G1	333.77	128.76
■	D2	221.38	-195.9	C2	234.36	92.54	Ç2	220.97	211.08	G2	333.77	128.76
■	D3	221.07	-	C3	172.13	70.11	Ç3	228.08	260.51	G3	333.77	128.76
■				C4	172.13	70.11				G4	333.77	128.76

Cam çeşitlerine bakacak olursak, ısı kazanç oranı en yüksek olan çift cam sistemini ifade eden C2, ancak ısı kaybı açısından üçlü cam sistemi olan C3 ve C4 en düşük ısı kaybına sahip olan sistemlerdir.

Camlar arasındaki gazlardan bahsetmişken, gazlar diğer senaryolarda büyük etki göstermiş ancak gazların referans binaya entegrasyonunda büyük etki göstermemiştir.

Tablo 50.Referans senaryoya göre ısı kaybı ve kazancı

Senaryo Kodu	Şartlandırılmış Bina Alanı Başına Enerji [kWh/m ²]	nZEB'e yaklaşma yüzdesi
REF Senaryosu	487.22	%
REF+D1	474.97	2.5
REF+D2	474.76	2.55
REF+D3	474.63	2.58
REF+C1	480.97	1.28
REF+C2	483.84	0.68
REF+C3	481.6	1.15
REF+C4	481.82	1.1
REF+G1	487.18	0.004
REF+G2	487.29	0.018
REF+G3	487.29	0.018
REF+G4	487.28	0.018
REF+Ç1	487.2	0.00
REF+Ç2	487.13	0.014
REF+Ç3	488.31	-0.22

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

nZEB'lere ulaşmak için kapsamlı bir literatür çalışması ve TOKİ konut projesi olarak bilinen mevcut bir bina üzerinde yapılan bir deneyle, mevcut binaları nZEB'lere doğru yenilemenin bir sınırı olduğu keşfedildi. Engellerin ve sınırlamaların varlığına rağmen, dikkate alınması gereken birkaç ölçüm vardır. Bu çalışmada, bina dış bileşenlerinin veya bina kabuğunun termal özelliklerini iyileştirmenin yanı sıra yerinde güneş enerjisi üretimi de incelenmiştir.

Şartlandırılmış zemin alanı ile normalize edilmiş kaynak enerji son kullanım bileşenlerine dayalı enerji simülasyonunun sonucunun değerlendirilmesi, bina kabuğunun güçlendirilmesinin birçok yönden daha avantajlı olabileceğini göstermektedir. Referans binayı temsil eden Şekil 76'e ve Tablo 50, 51 ve 52'de yer alan 108 senaryodan daha verimli olan Şekil 77'ye baktığımızda, enerji talebini azaltmaya veya enerji kaybını korumaya yönelik ölçümlerin yapıldığı görülmektedir. binanın yıllık enerji tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

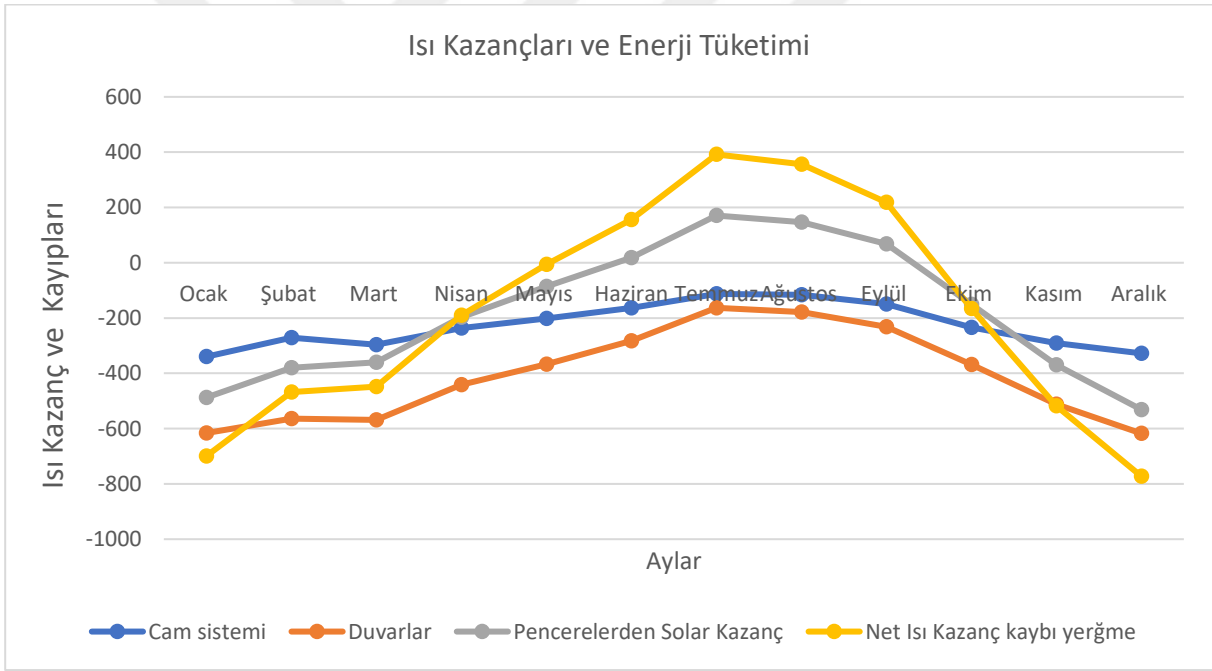
Ayrıca veriler incelendiğinde, referans binanın 4cm EPS yalıtımının Türk Standardı TS-825'e göre seçilmesi nedeniyle ısı yalıtımının enerji tasarrufuna herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Simülatif deneyler boyunca ısı yalıtım katmanı 4 cm'den 7, 9 veya 11 cm'ye çıkarıldığında sonuçlar değişmemiştir. İzolasyon tabakası referans bina duvarının iç yüzüne döşenmesine rağmen, bu çalışmada izolasyon tabakasının duvarların dış yüzüne döşeneceği varsayılmıştır. Yalıtım katmanı yerleşimindeki değişikliklerin enerji tasarrufu üzerinde etkisi olabilir, ancak bu bu çalışmada değerlendirilmemiştir.

Araştırmalara göre, cam paneller arasında Argon gazının bulunması, argon ve hava karışımı ile karşılaştırıldığında enerji tasarrufu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir, çift ve üçlü cam sistemleri gibi cam bölmelerin sayısı, aralarında herhangi bir farklılık göstermemesine rağmen. Örnekleme gerekirse, araştırmada C1Ç2G1D1 (DbI loE(e2=.2) SPEC SEL Tint +Ahşap+Arg+7cm EPS) 467.54 kWh/m² değer ile ve C4Ç2G1D1(Tri loE(e2=e5=.1)Clr +Ahşap+Arg+7cm EPS) 469,77 kWh/m² değer ile C1Ç2G1D1, C1Ç3G1D1'dan daha iyi performans göstermiştir.

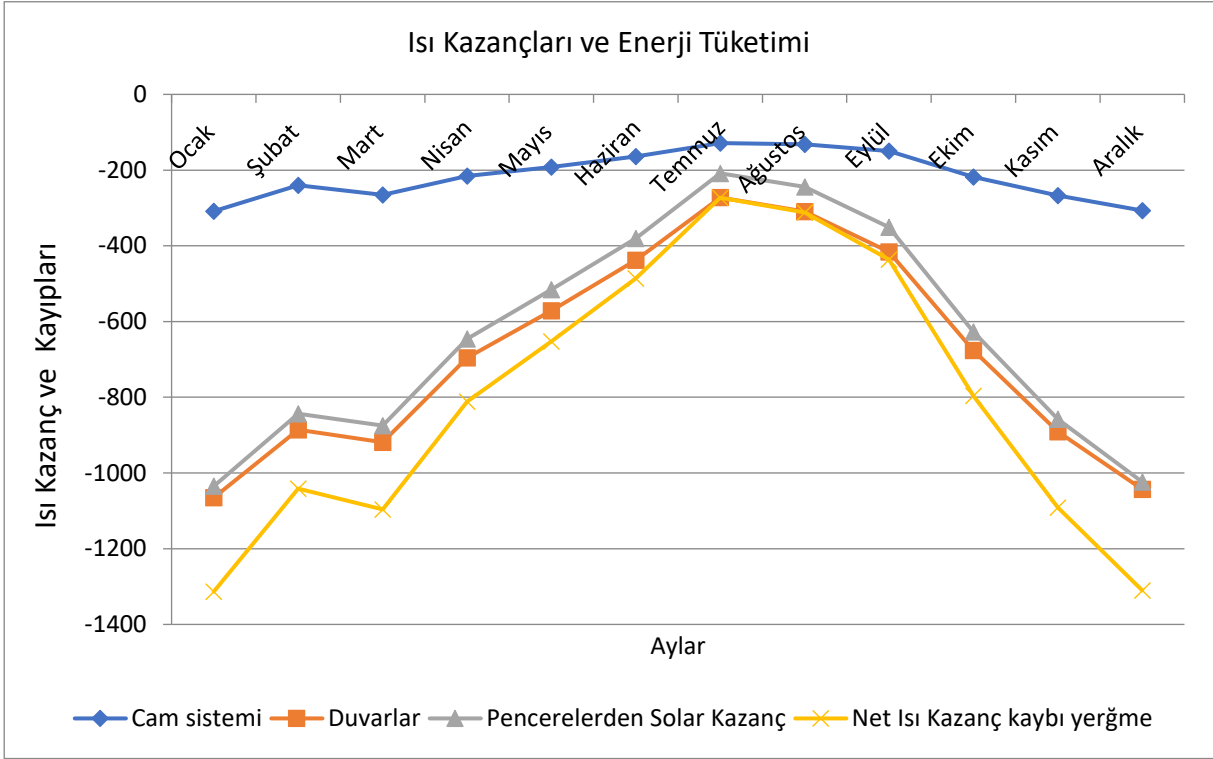
Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi bir nZEB projesinin temel ihtiyaçlarından biri olduğu için bu analizde fotovoltaik güneş panelleri incelenmiştir. Yerinde güç üretmek için

mevcut duvar alanı yetersiz olduğundan, üretim mütevazı olabilir; ancak yerinde çok fazla enerji üretmek için tüm cephelerin güneş panelleri ile kaplandığını varsayarsak, üretim büyük olacaktır. Ancak mevcut TOKİ konut binalarının tipolojisinden uzaklaşarak konuttan ziyade ticari bir bina izlenimi verebilmektedir.

Ele alınabilecek bir konu, bir binanın yanlarında ve duvarları boyunca güneş panellerinin bulunmasının uygun maliyetli olup olmadığıdır. cevap hayır, . En azından güneş fotovoltaik teknolojisinin mevcut durumunda değil, ancak küresel ısınma kusurları ve kayıpları derinlemesine düşünülürse evet söylenecektir



Şekil 76.REF Senaryosu



Şekil 77.Senaryo 10-11-12 diğerleri arasında en iyi senaryo

Tablo 51.Referans binası ve diğer 108 alternatif senaryonun çıktısı ve sonucu

Senaryo No	Senaryoların Adı	Şartlandırılmış Bina Alanı Başına Enerji [kWh/m ²]	Yerinde elektrik kaynağı[kWh]	Fotovoltaik güç [kWh]
0	Referans Mevcut Bina	487.20	0	0
1	C1Ç1G1D1	469.28	885.602	922.507
2	C1Ç1G1D2	469.46	885.602	922.507
3	C1Ç1G1D3	469.84	885.602	922.507
4	C1Ç1G2D1	469.48	885.602	922.507
5	C1Ç1G2D2	469.56	885.602	922.507
6	C1Ç1G2D3	469.92	885.602	922.507
7	C1Ç1G3D1	469.48	885.602	922.507
8	C1Ç1G3D2	469.56	885.602	922.507
9	C1Ç1G3D3	469.92	885.602	922.507
10	C1Ç2G1D1	467.54	885.602	922.507
11	C1Ç2G1D2	467.54	885.602	922.507
12	C1Ç2G1D3	467.50	885.602	922.507
13	C1Ç2G2D1	469.39	885.602	922.507
14	C1Ç2G2D2	469.39	885.602	922.507
15	C1Ç2G2D3	469.39	885.602	922.507
16	C1Ç2G3D1	469.48	885.602	922.507
17	C1Ç2G3D2	469.48	885.602	922.507
18	C1Ç2G3D3	469.48	885.602	922.507
19	C1Ç3G1D1	470.25	885.602	922.507
20	C1Ç3G1D2	470.25	885.602	922.507
21	C1Ç3G1D3	470.25	885.602	922.507
22	C1Ç3G2D1	470.26	885.602	922.507
23	C1Ç3G2D2	470.26	885.602	922.507
24	C1Ç3G2D3	470.26	885.602	922.507
25	C1Ç3G3D1	470.25	885.602	922.507
26	C1Ç3G3D2	470.25	885.602	922.507
27	C1Ç3G3D3	470.25	885.602	922.507
28	C2Ç1G1D1	467.54	885.602	922.507
29	C2Ç1G1D2	467.54	885.602	922.507
30	C2Ç1G1D3	467.54	885.602	922.507
31	C2Ç1G2D1	471.26	885.602	922.507
32	C2Ç1G2D1	471.26	885.602	922.507
33	C2Ç1G2D1	471.26	885.602	922.507
34	C2Ç1G3D1	471.24	885.602	922.507
35	C2Ç1G3D2	471.24	885.602	922.507
36	C2Ç1G3D3	471.24	885.602	922.507

Tablo 50' nin devamı

Senaryo No	Senaryoların Adı	Şartlandırılmış Bina Alanı Başına Enerji [kWh/m ²]	Yerinde elektrik kaynağı[kWh]	Fotovoltaik güç [kWh]
37	C2Ç2G1D1	471.26	885.602	922.507
38	C2Ç2G1D2	471.26	885.602	922.507
39	C2Ç2G1D3	471.26	885.602	922.507
40	C2Ç2G2D1	471.26	885.602	922.507
41	C2Ç2G2D2	471.26	885.602	922.507
42	C2Ç2G2D3	471.26	885.602	922.507
43	C2Ç2G3D1	471.24	885.602	922.507
44	C2Ç2G3D2	471.24	885.602	922.507
45	C2Ç2G3D3	471.24	885.602	922.507
46	C2Ç3G1D1	472.03	885.602	922.507
47	C2Ç3G1D2	472.03	885.602	922.507
48	C2Ç3G1D3	472.03	885.602	922.507
49	C2Ç3G2D1	472.03	885.602	922.507
50	C2Ç3G2D2	472.03	885.602	922.507
51	C2Ç3G2D3	472.03	885.602	922.507
52	C2Ç3G3D1	472.03	885.602	922.507
53	C2Ç3G3D2	472.03	885.602	922.507
54	C2Ç3G3D3	472.03	885.602	922.507
55	C3Ç1G1D1	469.36	885.602	922.507
56	C3Ç1G1D2	469.36	885.602	922.507
57	C3Ç1G1D3	469.36	885.602	922.507
58	C3Ç1G2D1	469.45	885.602	922.507
59	C3Ç1G2D2	469.45	885.602	922.507
60	C3Ç1G2D3	469.45	885.602	922.507
61	C3Ç2G1D1	470.15	885.602	922.507
62	C3Ç2G1D2	470.15	885.602	922.507
63	C3Ç2G1D3	470.15	885.602	922.507
64	C3Ç2G2D1	469.44	885.602	922.507
65	C3Ç2G2D2	469.44	885.602	922.507
66	C3Ç2G2D3	469.44	885.602	922.507
67	C3Ç3G1D1	470.15	885.602	922.507
68	C3Ç3G1D2	470.15	885.602	922.507
69	C3Ç3G1D3	470.15	885.602	922.507
70	C3Ç3G2D1	470.25	885.602	922.507
71	C3Ç3G2D2	470.25	885.602	922.507
72	C3Ç3G2D3	470.25	885.602	922.507
73	C3Ç3G3D1	470.22	885.602	922.507
74	C3Ç3G3D2	470.22	885.602	922.507
75	C3Ç3G3D3	470.22	885.602	922.507

Tablo 50' nin devamı

Senaryo No	Senaryoların Adı	Şartlandırılmış Bina Alanı Başına Enerji [kWh/m ²]	Yerinde elektrik kaynağı[kWh]	Fotovoltaik güç [kWh]
76	C3Ç1G3D1	469.42	885.602	922.507
77	C3Ç1G3D2	469.42	885.602	922.507
78	C3Ç1G3D3	469.42	885.602	922.507
79	C3Ç2G3D1	469.42	885.602	922.507
80	C3Ç2G3D2	469.42	885.602	922.507
81	C3Ç2G3D3	469.42	885.602	922.507
82	C4Ç1G1D1	469.77	885.602	922.507
83	C4Ç1G1D2	469.77	885.602	922.507
84	C4Ç1G1D3	469.77	885.602	922.507
85	C4Ç1G2D1	469.49	885.602	922.507
86	C4Ç1G2D2	469.49	885.602	922.507
87	C4Ç1G2D3	469.49	885.602	922.507
88	C4Ç1G3D1	469.49	885.602	922.507
89	C4Ç1G3D2	469.49	885.602	922.507
90	C4Ç1G3D3	469.49	885.602	922.507
91	C4Ç2G1D1	469.76	885.602	922.507
92	C4Ç2G1D2	469.76	885.602	922.507
93	C4Ç2G1D3	469.76	885.602	922.507
94	C4Ç2G2D1	469.49	885.602	922.507
95	C4Ç2G2D2	469.49	885.602	922.507
96	C4Ç2G2D3	469.49	885.602	922.507
97	C4Ç2G3D1	469.47	885.602	922.507
98	C4Ç2G3D2	469.47	885.602	922.507
99	C4Ç2G3D3	469.47	885.602	922.507
100	C4Ç3G1D1	470.59	885.602	922.507
101	C4Ç3G1D2	470.59	885.602	922.507
102	C4Ç3G1D3	470.59	885.602	922.507
103	C4Ç3G2D1	470.31	885.602	922.507
104	C4Ç3G2D2	470.31	885.602	922.507
105	C4Ç3G2D3	470.31	885.602	922.507
106	C4Ç3G3D1	470.29	885.602	922.507
107	C4Ç3G3D2	470.29	885.602	922.507
108	C4Ç3G3D3	470.29	885.602	922.507

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, Ankara iklim kuşağına göre mevcut TOKİ konutlarından seçilen C tipi konut örneğinde binanın enerji performansını analiz ederek enerji tüketimini azaltmaya yönelik fikirler oluşturmaktır. Enerji performansı, ısı kazancı ve kaybı ve ayrıca duvar güneş panellerinden enerji üretiminin değerlendirilmesinde, DesignBuilder arayüzlü Energy Plus simülasyon programı kullanılarak yükler hesaplanmıştır.

TOKİ projesinin enerji verimli yenilenmesine yönelik uygulama çalışmasında, cephelerde cam sistemleri, ısı yalıtımı, duvar güneş panellerinin yenilenebilir bir yaklaşım olarak değerlendirilmesi gibi bina kabuğu bileşenleri araştırılmıştır.

Ankara iklim bölgeleri için yapı kabuğunun opak ve şeffaf bileşenleri, çalışmanın ilk bölümünde belirlenen yenileme alternatifleri (senaryolar) kullanılarak çalışmanın ilk aşamasında enerji verimli bir iyileştirme ile nZEB yenileme tekniklerine göre iyileştirilmiştir.

Ayrıca, mevcut senaryoya (referans bina) kıyasla toplam enerji kullanımında yaklaşık 15-18 KWh/m² veya %3 ile %4 arasında bir azalma fark edilmektedir. Yenilenebilir yaklaşım açısından model binanın toplam enerji ihtiyacının %4'ünü oluşturan 922 kWh fotovoltaik güç fark edilmiştir.

Referans bina ile karşılaştırıldığında geliştirilen alternatifler (senaryolar) şu şekilde özetlenebilir:

- Mevcut TOKİ projesi henüz fotovoltaik paneller kurulmadığı için yerinde elektrik üretilmemektedir.
- 20 kWh/m² enerji tüketim değeri ile C1Ç2G1D1(Dbl l_oE(e₂=.2) SPEC SEL Tint +Ahşap+Arg+7cm EPS), referans bina ile karşılaştırıldığında en düşük enerji tüketim değerine sahip olması nedeniyle diğer alternatifler arasında en iyi seçenek olarak görünmektedir.

- 18 kWh/m² enerji tüketim değeri ile C1Ç1G1D1(Dbl loE(e2=.2) SPEC SEL Tint +UPVC+Arg+7cm EPS), diğer alternatifler arasında ikinci verimli alternatif olarak görünmektedir.
- Bu çalışmada, çift veya üçlü cam sistemleri gibi cam sistemlerindeki katman sayısı, enerji tasarrufu ve kayıpları açısından önemli farklılıklar göstermemiştir.
- Cam paneller arasındaki gaz türlerinin önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Spesifik olmak gerekirse, Argon gazı diğer gazlar (Argon ve Hava karışımı) arasında en iyi seçenektir.
- Senaryolardaki pencere çerçevelerinden UPVC ve Ahşap, senaryolardaki Alüminyum pencere çerçevelerinden daha fazla enerji verimli görünmektedir, çünkü Alüminyum ile durum daha yüksek enerji tüketim değerlerine sahiptir.
- Mevcut TOKİ projesinde EPS ısı yalıtımının 4 cm kalınlığının yeterli olduğu ve araştırmada TS825'ten alındığı, 7,9 ve 11 cm kalınlıkların enerji kullanımında önemli bir azalmaya neden olmadığı açıktır.

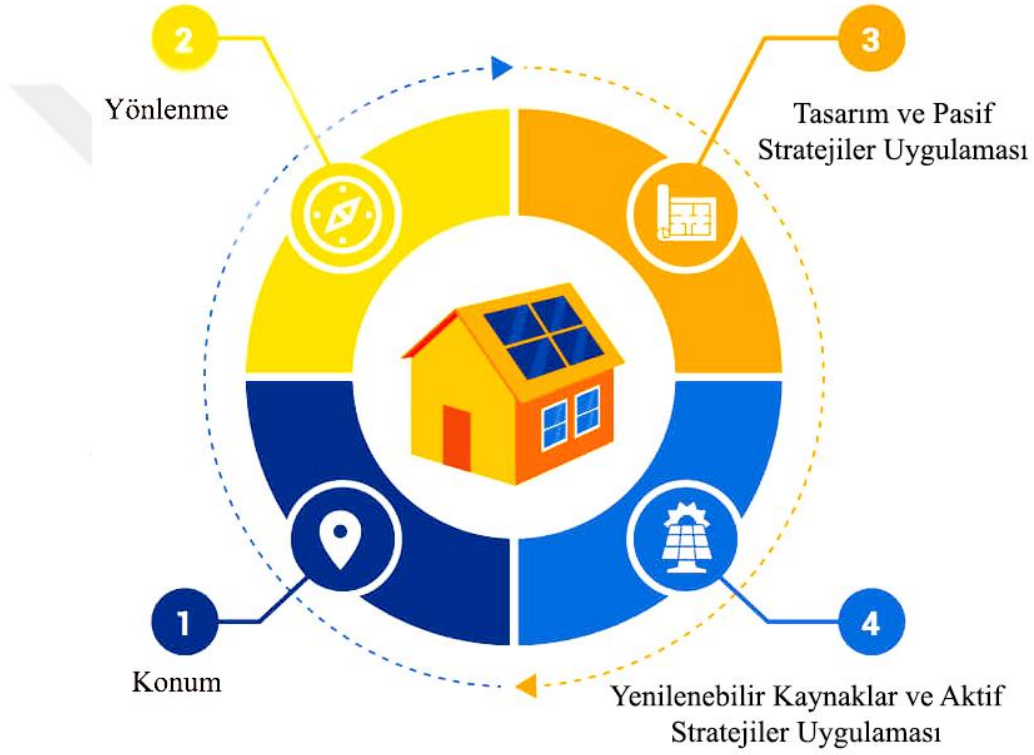
Sonuç olarak, bu çalışma, bina kabuğunun iyileştirilmesi ve sistemdeki verimliliğin artırılmasının yanı sıra, bu tür binalara yenilenebilir enerji payının dikkate alınmasının nZEB hedefine ulaşmak için işbirliği yapacağını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, mevcut çok katlı yüksek binalar hakkında daha fazla araştırma için bir başlangıç noktası olacaktır, çünkü en azından bu çalışmada yerinde enerji üretiminin herhangi bir şekilde artırılmasının mümkün olduğu anlaşılabilir. Gelecekteki araştırmalarda, araştırmacılar yenilenebilir kaynaklara ve tasarımcıların yenilenebilir enerjiden ve yenilenebilir enerjinin bu tür binalara dahil edilen payından nasıl yararlanabileceğine odaklanmalıdır.

Dahası gelecekteki araştırmalarda, fotovoltaik paneller olarak balkon korkulukları veya cam korkuluklar ve apartman binalarında BIPV kullanan alternatif enerji çözümleri olarak güneş enerjisi camları dikkate değer olabilecektir.

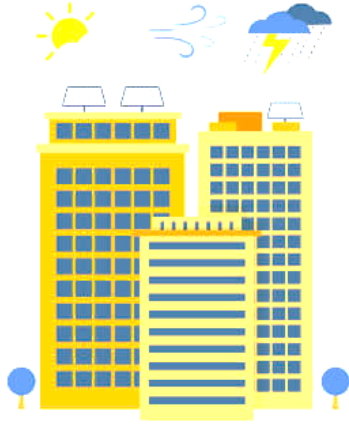
Kapsamlı literatür taraması ve uygulama çalışması ile yeni ve mevcut binalarda Net Sıfır Enerji elde edilmesi konusunda genel bir sonuç görsel olarak Şekil 78 ve 79’de verilmiştir.

Yeni binalarda Net Sıfır Enerjiye ulaşılması



Şekil 78.Yeni binalarda yaklaşık sıfır enerjiye ulaşılması

Mevcut Binaları Güçlendirerek Net Sıfır Enerjiye Ulaşması



Bina Tipi

Kompakt binalar, gevşek binalardan daha fazla Net Sıfır Enerji kullanımına ulaşma olasılığı daha yüksektir

Konum

En ılıman ve en sert iklime sahip bölgelerdeki binaların Net Sıfır Enerji kullanımına ulaşma olasılığı en yüksektir.

Etkili Elementler

Net Zero Energy verimliliğine en çok güneş panelleri ve Pencere değişimleri katkıda bulunur. Yerinde panel sayısının artması kendi kendine yeten



Şekil 79.Mevcut binalarda yaklaşık sıfır enerjiye ulaşılması

5. KAYNAKLAR

1. Shady, A., Towards regenerative and positive impact architecture: A comparison of two net-zero energy buildings, Sustainable Cities and Society 26 (2016) 393–406.
2. Alirezaei, M. Noori, M., Getting to net-zero energy building: Investigating the role of vehicle to home technology, Energy and Buildings 130 (2016) 465–476.
3. Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization., Turkish Building Sector, Executive Summary and Roadmap Energy Efficiency Technology Atlas, GIZ Report, June 2018.
4. Sağlam N. G. Yılmaz. Z., Progress towards EPBD recast targets in Turkey: Application of cost optimality calculations to a residential building, 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, Energy Procedia 78 (2015) 973 – 978.
5. Attia, S., Net Zero Energy Buildings (NZEB): Concepts, Frameworks and Roadmap for Project Analysis and Implementation . 1, 400, Publication Butterworth-Heinemann., Belgium, 2018.
6. Shehadi, M., A chapter in Zero-Energy Buildings: Principles and Applications - New Approaches and Technologies, Intech Open,10, 4(2020) 5772.
7. Saint Mihiel, A. C., Tools and techniques supporting new NZEB design methodologies in Mediterranean climate, 1. TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment, 1, 9 (2018) 141-149.
8. Stritih, U. ve Mastani Joybari, M., Integration of passive PCM technologies for net-zero energy buildings., Sustainable Cities and Society 41, 8 (2018), 286-295.
9. Ascione, F. ve Rossi, F., A framework for NZEB design in Mediterranean climate: Design, building and set-up monitoring of a lab-small villa, Solar Energy. 184, 3 (2019), 11–29.
10. Costa, J. F. W. Amorim, C. N. D. ve Silva, J. C. R., Retrofit guidelines towards the achievement of net zero energy buildings for office buildings in Brasilia, Journal of Building Engineering 32, 11 (2020), 101680.
11. Magrini, A. ve Marenco, L., From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings (PEB): The next challenge - The most recent European trends with

some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example, Developments in the Built Environment 3, 8 (2020), 100019.

12. Tıǒlı, F., Yeşil Bina Kavramının Günümüzdeki Durumuna Eleştirel bir Bakış ve Net Sıfır Enerjili Binalar İçin Bütünleşik Tasarım Sürecinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.
13. Shahin, A. ve Sumiyoshi, D., Building energy simulation towards developing a guideline for NZEBs in Egypt, researchgate.net 10, 3 (2018), 13140.
14. Yıldız, M. S., Sıfır Enerjili Akıllı Ev Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2019.
15. Kiran, R., Status of Net-zero energy building (NZEB) in Norway, Master Thesis, University of Stavanger, Faculty of Science and Technology, Stavanger, 2020.
16. Kühnl-Kinel, J., The History of ventilation and air conditioning: Is CERN up to date with the latest technological developments?, CERN-ST-2000-049.- Geneva : CERN, 2000 - 7 p. 3rd ST Workshop, Chamonix, France, 25 - 28 Jan 2000, pp.159-165.
17. Esbensen, T. V. ve Korsgaard, V., Performance of the zero-energy house in Denmark, Thermal insulation laboratory, DTU Library, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Denmark, 1977.
18. Ionescu, C. Baracu, T. ve Bedae, A., The historical evolution of the energy efficient buildings, Renewable and Sustainable Energy Reviews 49, 9 (2015), 243-253.
19. Dr. Feist, W., Certified Passive House: Certification criteria for residential Passive House buildings, Passive House Institute, Darmstadt, 2013.
20. Hines, J. et al., How to Build a Passivhaus Rules of Thumb, Passivhaus Trust, N1 7RU, London, 2015.
21. Voss, K. ve Sartori, I., Nearly-zero, Net zero and Plus Energy Buildings – How definitions & regulations affect the solutions, REHVA Journal – 6, 12(2012), 23 - 27.
22. Belleri, A. ve Napolitano, A., Net NZEB evaluation tool – User guide, EURAC research, Joint project – Task 40/Annex 52, Net Zero Energy Buildings, November 2012.
23. Pless, S. ve Torcellini, P., Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options, Technical Report. NREL/TP-6 (2010), 550-44586.

24. Sartori, I. ve Napolitano, A., Net zero energy buildings: A consistent definition framework, Energy and Building 48, 5(2012)2220-232.
25. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı., Nerdeyse Sıfır Enerjili Binalar (NZEB) İçin Rehber Kitap, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü, Enerji Verimliliği ve Tesisat Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2020.
26. “Commission Recommendation (EU) 2016/1318 of 29 July 2016 on guidelines for the promotion of nearly zero-energy buildings and best practices to ensure that, by 2020, all new buildings are nearly zero-energy buildings” 208. pp. 446-57.
27. www.eurima.org/energy-efficiency-in-buildings/trias-energetica. European Insulation Manufacturers Association. 27 Mart 2021.
28. www.passipedia.org/certification/passive_house_categories, Passipedia, The new Passive House Classes. 25 Haziran 2021.
29. Pietrobon, M. ve Pagliano, L., Guideline, and synthesis for Implementation of passive house requirements in TENDERS for design and construction activities, eERG - end-use Efficiency Research Group, Politecnico Di Milano, July 2013.
30. EPBD recast (2018), Directive 2018/844 of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency: Official Journal of the European Union.
31. Henrik, L., Renewable energy strategies for sustainable development, 3rd Dubrovnik conference on sustainable development of energy, water and environment systems, Aalborg university, Denmark, 2005.
32. Leoncini, L., The Primary Energy Factors play a central role in European 2020 targets achievement, Chapter 2 - Policies for Sustainable Construction, University of Florence, Department of Industrial Engineering, Florence, 2018.
33. Torcellini, P. Pless, S. ve Deru, M., National Renewable Energy Laboratory Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, Conference Paper NREL/CP.6 (2006),550-39833.
34. www.public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-confirms-2019-second-hottest-year-record. World Metrological Organization 28 Mayıs 2021.
35. www.globalnetzeroaction.com/Global Net Zero Action. 28 Şubat 2021.

36. unfccc.int/kyoto_protocol.htm Kyoto Protocol. 28 Mart 2021.
37. www.cfr.org/background/paris-global-climate-change-agreements Climate Change Agreement. 29 Mart 2021.
38. www.globalnetzeroaction.com/. 28 Mart 2021.
39. www.ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en. European Commission 30 Mart 2021.
40. www.ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en. European Commission 30 Mart 2021.
41. DIRECTIVE (EU) 2018/844 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018, Official journal of European Union.
42. Van Dijk, D. and Hogeling, J. The new EN ISO 52000 family of standards to assess the energy performance of buildings put in practice, REHVA Journal, 6 (2019), 3-56.
43. Annunziata, E. Frey, M. ve Rizzi, F., Towards nearly zero-energy buildings: The state-of-art of national regulations in Europe, Energy 57 (2013),125-133.
44. Groezinger, J. ve Boermans, T., Overview of Member States information on NZEBs Working version of the progress report – ECOFYS final report, Project number: BUIDE14975, 2014.
45. Erhorn, H. ve Erhorn-Kluttig, H., (CT1) New buildings & NZEBs – 2018, Fraunhofer Institute for Building Physics, Germany, 2018.
46. Thomsen, K. E., Danish plans towards Nearly Zero Energy Buildings, The REHVA European HVAC Journal 5 1, 5 (2014), 06 - 08.
47. REGLES TECHNIQUES APPLICABLES AUX BÂTIMENTS FAISANT L'OBJET D'UNE DEMANDE DE LABEL, 9 (2015), 3–8.
48. Musall, E. ve Garde, F., Net Zero Energy Solar Buildings: An Overview and Analysis on Worldwide Building Projects, Department of Architecture, University of Wuppertal, Germany, 2010.
49. Türkiye Petrolleri A.O., Ham Petrol ve Doğal Gaz, Sektör Raporu, Ankara, 2019.

50. KPMG, Enerji Sektörel Bakış: Dünya enerji sektöründeki eğilimler, Türkiye, 2020.
51. Ç. Akgül, İ. Gürsel Dino, ve Z. Yener Celiker, “Net sıfır Enerji ve Su Tüketen Binaların Tasarımında Simülasyon ve Optimizasyon Araçlarının Önemi,” OpenMETU 5 (2016), 76127.
52. SHURA Energy Transition Center Buildings Performance Institute Europe, Enhancing Turkey’s policy framework for energy efficiency of buildings, and recommendations for the way forward based on international experiences, June 2019.
53. www.nationalgeographic.org/article/hydroelectric-energy-power-running-water/. Hydroelectric Energy. 28 Mart 2021.
54. www.fao.org/forestry/energy/en/. Wood Energy. 28 Mart 2021.
55. Saprunov, S., Calculation of the Primary Energy Factor for Finish District Heating and Electricity, Bachelor’s thesis, Building Services Engineering, South-Eastern Finland University of Applied Science, Finland, 2017.
56. eERG - PoliMi (Energy Department)., Definition of indicators and assessment methods for cost effective NZEB and Energy+ Buildings, Affordable Zero Energy buildings Project of EU Horizon 2020, Agreement No:754174. European Commission, April 2019.
57. ASHRAE, Fundamentals, Chapter 28-Energy Estimation Methods, Atlanta, 2010.
58. Spitler, J. D., Load Calculation Applications Manual, Second Edition, ASHRAE publication, USA, 1992.
59. Sousa, J., Energy Simulation Software for Buildings: Review and Comparison, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1, 7 (2010) ,923.
60. Al Ka’bi, A. H., Comparison of energy simulation applications used in green building, Annals of Telecommunications, 6, (2020) 75:271–290.
61. Elnabawi M.H., Building Information Modeling-Based Building Energy Modeling: Investigation of Interoperability and Simulation Results. Frontiers in Built Environ.03, 12 (2020), 6:573971.
62. Li, B., Use of Building Energy Simulation Software in Early-Stage of Design Process, Degree Project No. 459, KTH Royal Institute of Technology Division of Building Technology, Department of Civil Engineering and Architecture SE-100 44 Stockholm, Sweden, 2017.

63. NBS., NBS National BIM Report 2014. Newcastle Upon Tyne: National Building Specification (NBS), 25 Temmuz 2021.
64. NBS., National BIM Report 2016. Newcastle Upon Tyne: National Building Specification (NBS), 26 Temmuz 2021.
65. Han, T. ve Zhang, Q., Simulation-Based Decision Support Tools in the Early Design Stages of a Green Building - A Review. Sustainability, 10 (2018), 3696.
66. Elnabawi, M.H. ve Hamza, N., Investigating Building Information Model (BIM) to Building Energy Simulation (BES): Interoperability and Simulation Results IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 01(2019), 397-2013.
67. [www.designbuilder.co.uk/DesignBuilder Revit-gbXML Tutorial](http://www.designbuilder.co.uk/DesignBuilder%20Revit-gbXML%20Tutorial) (2019), 23 Nisan 2021.
68. www.batisim.net/telechargement/documentation-logiciel/444-designbuilder-revit-gbxml-tutorial-v2/file.html DesignBuilder Revit – gbXML Tutorial, For DesignBuilder v5.5. 17 Nisan 2021.
69. AL-HAJJ, A., Modelling Running and Maintenance Costs for Life Cycle Costing Application in Buildings, Modelling and maintenance for buildings, institute for Research in Construction, Ottawa ON, K1A 0R6, Canada, pp. 1699-1706.
70. Devis, M. ve Coony, R., Guidelines for Life Cycle Cost Analysis. 2, Stanford University, California, 2021.
71. Fuller, S., Life-Cycle Cost Analysis (LCCA), National Institute of Standards and Technology (NIST), 5 Temmuz 2021.
72. Apraiz, I. ve Ochoa, C., D 2.4 Initial cost and payback calculation for the demonstration locations, BRESAER project under EU horizon 2020.
73. Kagan, J., Corporate Finance & Accounting: Payback Period. 5 Temmuz 2021.
74. Erhorn, H. ve Erhorn-Kluttig, H., Selected Examples of Nearly Zero-Energy Buildings Detailed report, Concerted Action of Energy Performance Building Directive (EPBD CA) 2014.

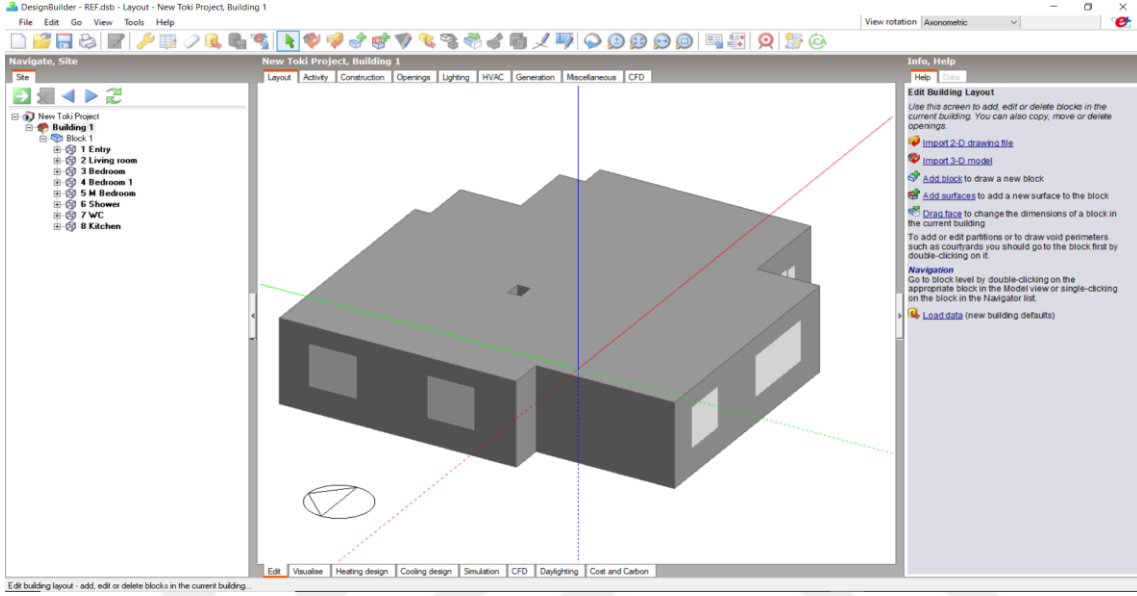
75. IZODER, Isı Su Ses ve Yangın Derneği, Duvarlarda Isı Yalıtımı, 2010-2023 Isı Yalıtımı Planlama Raporu, Haziran 2010.
76. www.gnyapi.com.tr/illere-gore-isi-yalitim-kalinliklari/ GN Yapi, İlere Göre Tavsiye Edilen Isı Yalıtım Levhısı Kalınlıkları, 8 Ağustos 2021.
77. Teni, M. Culo, K. ve Krstić, H., Renovation of Public Buildings towards NZEB: A Case Study of a Nursing Home, Buildings 7, 9 (2019), 153.
78. Van de moortel E, Allacker K, De Troyer F, Stijnen L, Schoofs E., Life cycle environmental impact of refurbishment of social housing, Sustainable Built Environment Conference 2019 (SBE19 Graz), Earth and Environmental Science 323 (2019), 012013.
79. Kuusk, K. Kalamees, T. ve Pihelo, P., Experiences from Design Process of Renovation of Existing Apartment Building to NZEB, CLIMA 2016 - proceedings of the 12th REHVA World Congress:1. 22-25 May Aalborg: Aalborg University, Department of Civil Engineering, Denmark, 2016.
80. Çetintas, K F., Yilmaz, Z., Optimization of thermal insulation material and thickness for building energy efficiency in Mediterranean climates based on life cycle perspective, A/Z ITU journal of Faculty of Architecture. 14,3, 11(2017), 99-112.
81. Kalbe, K. Kalamees, T., Influence of Window Details on the Energy Performance of an NZEB, Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering. 1, 10 (2019), 61-70.
82. Yasar, Y. Kalfa, S.M., The effects of window alternatives on energy efficiency and building economy in high-rise residential buildings in moderate to humid climates, Energy Conversion and Management, 64 (2012) 170–181.
83. ASHRAE Inc. Thermal environmental conditions for human occupancy, ANSI/ASHRAE55-2004, Atlanta, 2004.
84. Türkiye Statistik Kurumu TÜİK, İstatistiklerle Aile, 2020, Sayı: 37251, 06 Mayıs 2021.
85. Esen, Y. ve Nuhrat, C., Research on Family Structure in Türkiye, Advanced Statistic Analyses , Published by Yayın Maatbacılık TIC. İşletmesi, Republic of Turkey, Ministry of Family, labour and Social Services, Ankara, 2018.
86. TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, T.S.E., Ankara, II. Baskı, Aralık 2013.

87. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, BEP-TR, Eğitim Kılavuzu, 2010.
88. www.foamglas.com/en-ae/applications-and-solutions/facades/solar/b-f-solar, FOAMGLAS Building. Façade Insulation Systems, Solar façade with photovoltaic system, 10 Eylül 2021.

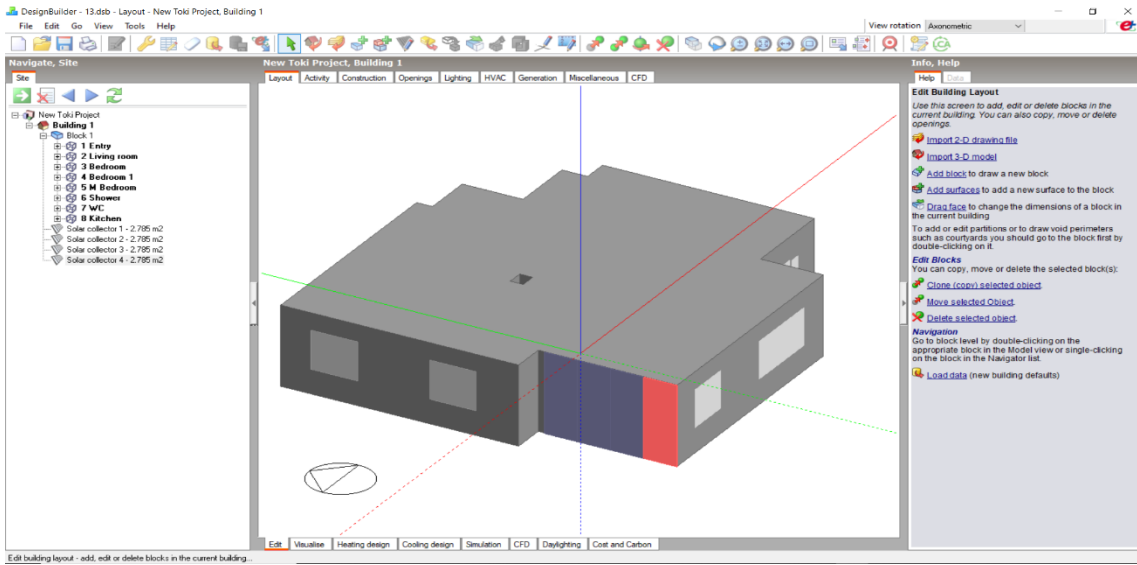


6.EKLER

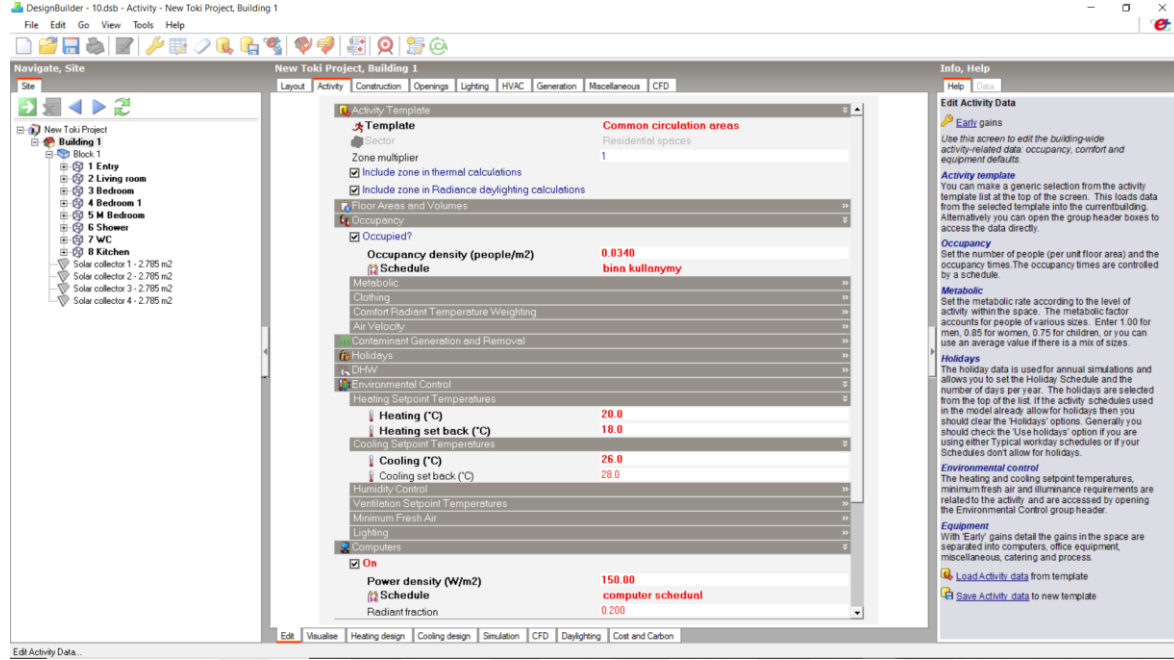
Ek 1.Designbuilder arayüzünde mevcut referans binanın 3B görünümü



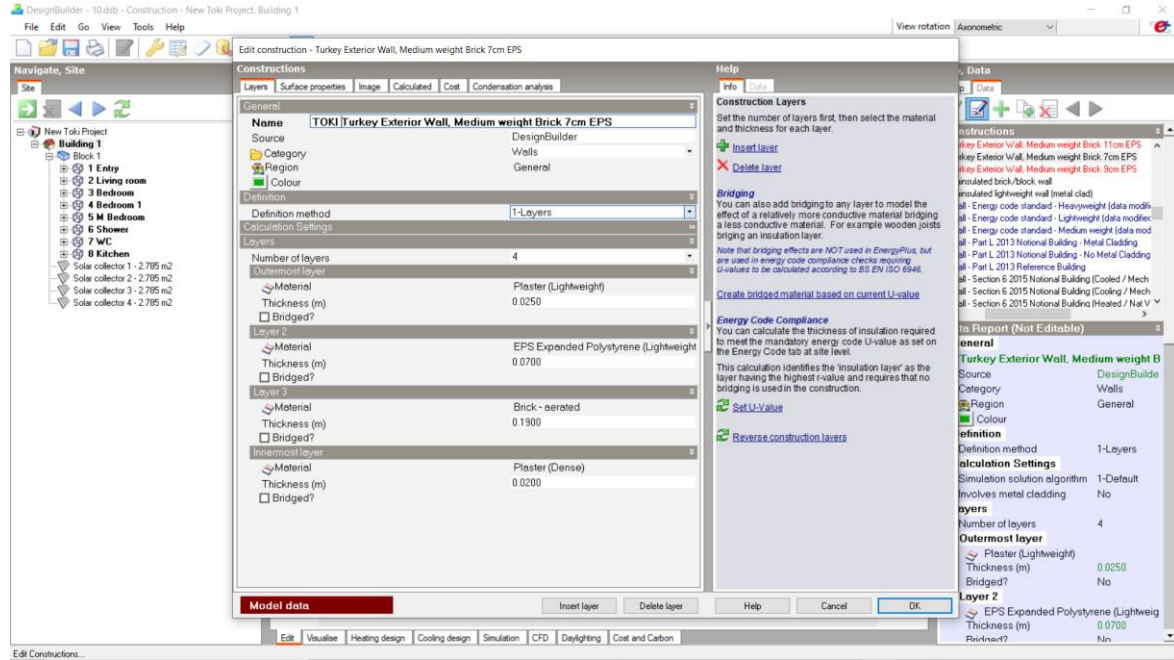
Ek 2. Duvardaki güneş paneli ile Designbuilder arayüzündeki model binasının 3 boyutlu görünümü



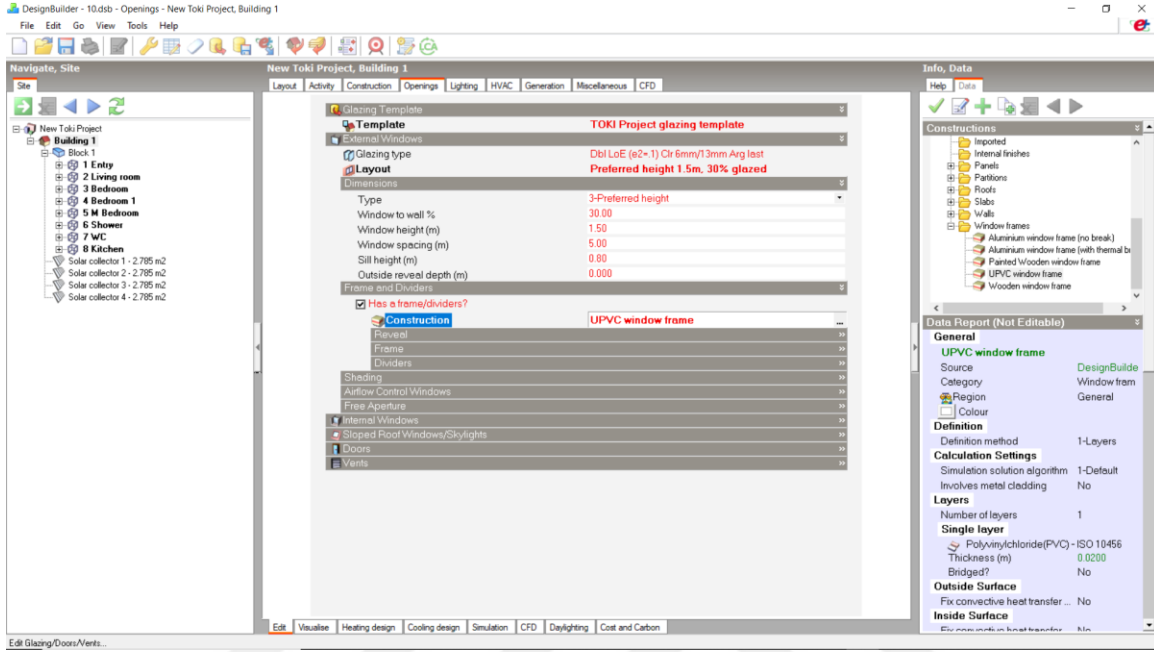
Ek 3.Designbuilder'a bina kullanıcılarının aktivitelerini tanımlanması



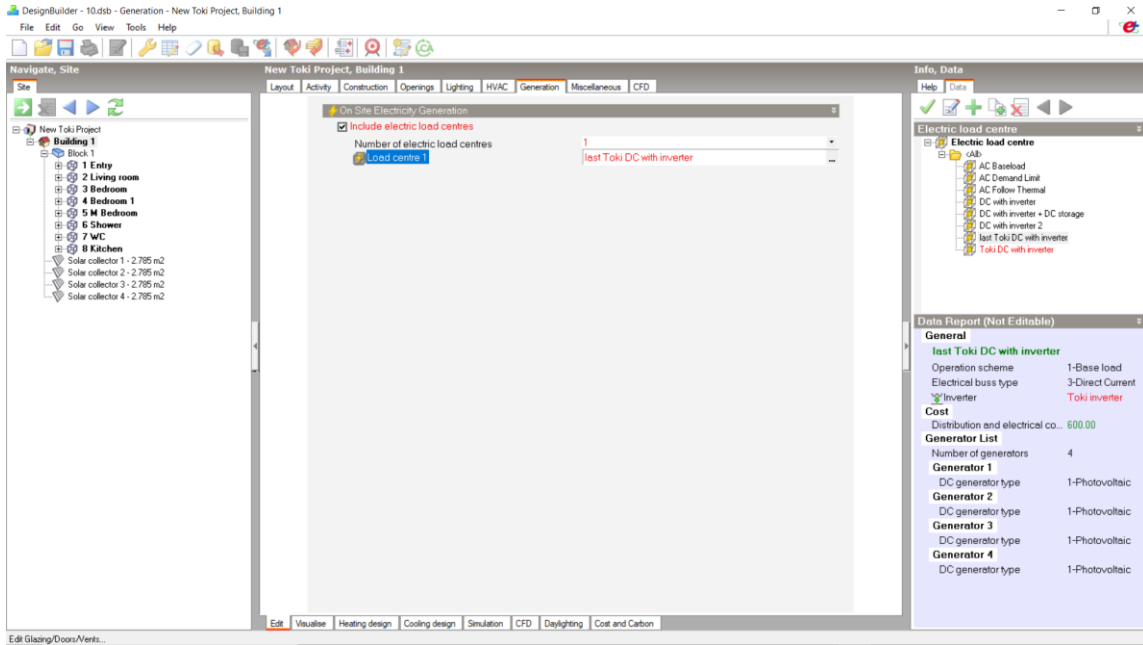
Ek 4.Model için alternatiflerin yapım özelliklerinin tanımlanması



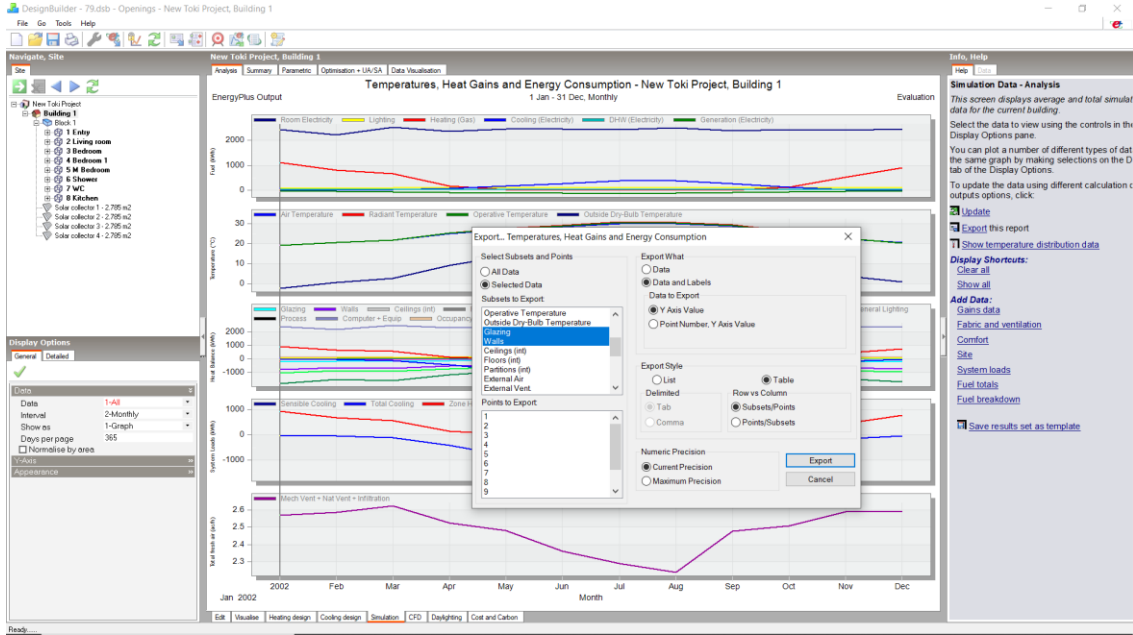
Ek 5. Alternatifler için açıklıkların ve cam sistemlerinin belirlenmesi



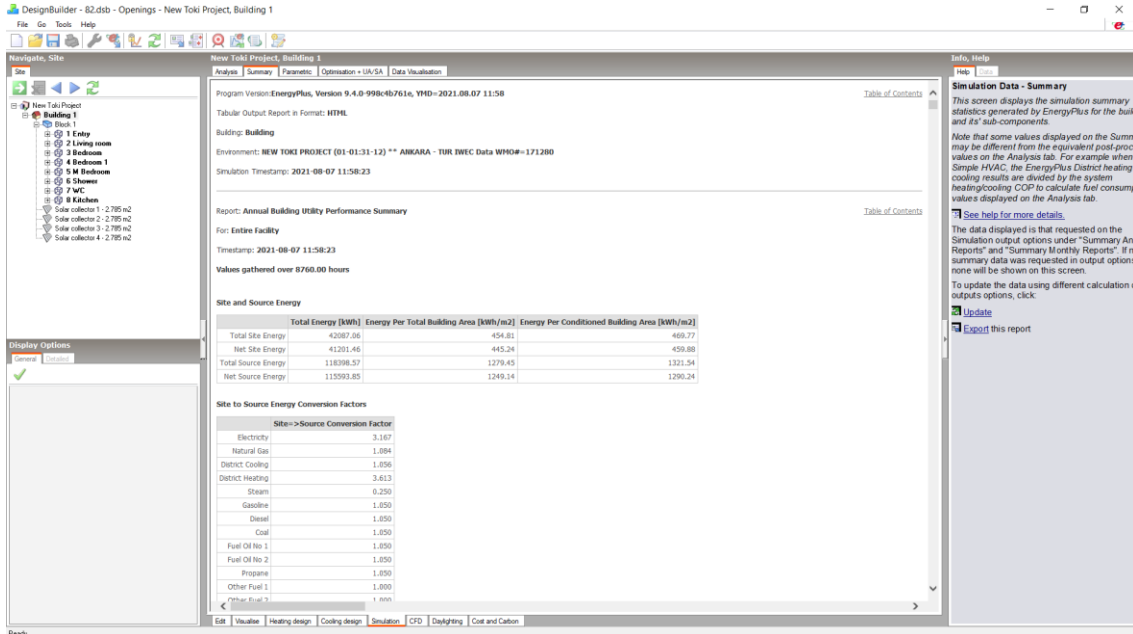
Ek 6. Yerde elektrik üretimi için fotovoltaik ve DC inverterin tanımlanması



Ek 7.Designbuilder'dan Microsoft excel'e veri aktarması



Ek 8.Designbuilder programı tarafından verilen özetten simülasyon sonucunun alınması



ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Parwan'da; lise öğrenimini Charikar'da görmüştür. 2011 yılında Kabil Politeknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini, 2015 yılında "mimar" ünvanı ile tamamlamıştır ve Afganistan İslam Cumhuriyeti'nin Kentsel Gelişim ve İskan Bakanlığında mimar olarak görevini sürdürmektedir. Üç yıl sonra Türk bursunu (Türkiye Bursları) kazandı ve Karadeniz Teknik Üniversitesinde yüksek lisans çalışmasına başlamıştır. İngilizce, Türkçe, Farsça ve Fransızca bilmektedir.

