T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI EV SİSTEMİNDE ISIL MODEL OLUŞTURULARAK ENERJİ YÖNETİMİ

Onur ÖZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Tesisleri Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ali Rıfat BOYNUEĞRİ

Temmuz, 2021

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI EV SİSTEMİNDE ISIL MODEL OLUŞTURULARAK ENERJİ YÖNETİMİ

Onur ÖZEL tarafından hazırlanan tez çalışması 13.07.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik Tesisleri Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Ali Rıfat BOYNUEĞRİ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Ali Rıfat BOYNUEĞRİ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Ozan ERDİNÇ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Sıtkı GÜNER, Üye
Eskişehir Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ali Rıfat BOYNUEĞRİ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Akıllı Ev Sisteminde Isıl Model Oluşturularak Enerji Yönetiminin Yapılması başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Onur ÖZEL

İmza

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmasının hazırlanması için, bana her zaman destek olan, önerileri, bilgi, birikim, deneyimleriyle yol gösteren ve ışık tutan danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali Rıfat BOYNUEĞRİ' ye çok teşekkür ederim.

Ayrıca, bu tezin tamamlanmasında bana desteğini esirgemeyen aileme, maddi ve manevi her türlü desteği veren tüm arkadaşlarıma ve meslektaşlarıma en içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Onur ÖZEL

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ viii

TABLO LİSTESİ xi

ÖZET xii

ABSTRACT xiii

1 GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 3

1.3 Hipotez 4

2 AKILLI EV SİSTEMLERİ 6

2.1 Akıllı Ev Kavramı 6

2.1.1 Dijital İkiz 7

2.2 Akıllı Binalarda Enerji 8

2.3 Akıllı Binalar ve EA ile Bağlantıları 9

2.4 Akıllı Binalarda Termal Kayıplar 10

2.5 Akıllı Binalarda YES Kullanımı 11

2.6 Akıllı Binalarda Enerji Depolama 13

2.6.1 Batarya 13

2.6.2 P2H 13

3 STANDARTLAR 15

3.1 TS 825 15

3.1.1 Binanın Isıtma Enerjisini Etkileyen Faktörler 15

3.1.2 Bina Özellikleri 15

3.1.3 Isıtma Sistemi Karakteristikleri 17

3.1.4 Dış İklim Şartları 17
3.1.5 Dış İklim Şartları 18
3.1.6 İç Isı Kazanç Kaynakları 19
3.1.7 Güneş Enerjisi 20
3.2 EN 832 20
3.3 ISO 9164 21
3.4 METODOLOJİ 22
3.4.1 Isıl Geçirgenlik Direncinin (R) Hesaplanması 22
3.4.2 Toplam Isıl Geçirgenlik Direncinin Hesaplanması 253
3.4.3 Toplam Isıl Geçirgenlik Katsayısının Hesaplanması 23
3.4.4 Yapı Bileşeninin Isı Kaybı Hesabı 24
3.4.5 Tek Hacimli Bina İçin Yıllık Isıtma Enerjisi Hesabı 24
3.4.6 TS 825 Standardının Diğer Standartlar ile Karşılaştırılması 28
4 MODELLEME VE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI 31
4.1 Mimari Tasarım Parametreleri ve Hesap Değerleri 31
4.2 Dinamik Modelleme Giriş Verileri 33
4.3 Dinamik Isıl Modelleme 36
4.4 Dinamik Elektriksel Modelleme 41
4.5 Enerji Yönetimi ve Modelleme 46
4.6 Simülasyon Çıktıları 48
4.6.1 Ocak Ayı 48
4.6.2 Şubat Ayı 54
4.6.3 Mart Ayı 59
4.6.4 Nisan Ayı 65
4.6.5 Mayıs Ayı 70
4.6.6 Haziran Ayı 76

4.6.7 Temmuz Ayı 80
4.6.8 Ağustos Ayı 84
4.6.9 Eylül Ayı 88
4.6.10 Ekim Ayı 94
4.6.11 Kasım Ayı 99
4.6.12 Aralık Ayı 105
4.6.13 Yıllık İç Sıcaklık Değişimi 110
SONUÇ VE ÖNERİLER **112**
KAYNAKÇA **114**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **122**

KISALTMA LİSTESİ

EA	Elektrikli Araç
EN	Avrupa Normu
IoT	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
ISO	Uluslararası Standardizasyon Kurumu
P2H	Enerjiyi Isıda Depolama (Power to Heat)
PV	Fotovoltaik (Photovoltaic)
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEHAD	Türkiye Elektrikli ve Hibirt Araçlar Derneği
TS	Teknik Spesifikasyon
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
V2B	Araçtan Binaya (Vehicle to Building)
V2G	Araçtan Şebekeye (Vehicle to Grid)
V2X	Araçtan Her Şeye (Vehicle to Everything)
YES	Yenilebilir Enerji Sistemleri

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1 Akıllı ev sistemleri 6
Şekil 2. 2 Türkiye elektrik tüketiminin sektörel dağılımı 8
Şekil 2. 3 Binalarda enerji tüketimi dağılımı 9
Şekil 2. 4 2019 TEHAD istatistikleri 9
Şekil 2. 5 Bir binanın termal kayıplarının gösterilmesi 11
Şekil 2. 6 2019 yılı elektrik üretiminin kaynaklara dağılımı 12
Şekil 2. 7 Türkiye toplam ve kişi başı sera gazı salınımı (1990-2018) 12
Şekil 2. 8 Enerjiyi ısıda depolama(P2H) metodunun prensip şeması 14
Şekil 3. 1 Binanın EN 832' ye göre yıllık ısıl enerji dengesi 21
Şekil 3. 2 Çok tabakalı yapı bileşeni 22
Şekil 4. 1 İstanbul yıllık dış hava sıcaklığı 33
Şekil 4. 2 İstanbul Ocak ayı dış hava sıcaklığı 34
Şekil 4. 3 İstanbul Temmuz ayı dış hava sıcaklığı 34
Şekil 4. 4 İstanbul için örnek 3 günlük güneş ışınım değerleri (Temmuz 9-11) 35
Şekil 4. 5 İstanbul için örnek 3 günlük rüzgar hızı değerleri (Temmuz 9-11) 36
Şekil 4. 6 Akıllı evdeki 3 günlük tüketilen güç (Temmuz 9-11) 42
Şekil 4. 7 EA şarj gücü ihtiyacı 42
Şekil 4. 8 Güneşten elde edilen örnek 3 günlük enerji miktarı(Temmuz 9-11) 43
Şekil 4. 9 Rüzgardan elde edilen örnek 3 günlük enerji miktarı (Temmuz 9-11) 44
Şekil 4. 10 YES' ten elde edilen örnek 3 günlük enerji miktarı (Temmuz 9-11) 46
Şekil 4. 11 Ocak ayı termal kayıplar 48
Şekil 4. 12 İstanbul Ocak ayı dış hava sıcaklığı 49
Şekil 4. 13 Ocak ayı iç sıcaklık değişimi 49
Şekil 4. 14 Ocak ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 50
Şekil 4. 15 Ocak ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 51
Şekil 4. 16 Ocak ayı elektrikli ısıtıcının anlık ısıtma gücü 51
Şekil 4. 17 Ocak ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 52
Şekil 4. 18 Ocak ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 53
Şekil 4. 19 Şubat ayı termal kayıplar 54
Şekil 4. 20 İstanbul Şubat ayı dış hava sıcaklığı 54
Şekil 4. 21 Şubat ayı iç sıcaklık değişimi 55
Şekil 4. 22 Şubat ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 56
Şekil 4. 23 Şubat ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 56
Şekil 4. 24 Şubat ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen güç 57
Şekil 4. 25 Şubat ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 58
Şekil 4. 26 Şubat ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 58
Şekil 4. 27 Mart ayı termal kayıplar 59
Şekil 4. 28 İstanbul Mart ayı dış hava sıcaklığı 60
Şekil 4. 29 Mart ayı iç sıcaklık değişimi 60
Şekil 4. 30 Mart ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 61
Şekil 4. 31 Mart ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 62
Şekil 4. 32 Mart ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü 62
Şekil 4. 33 Mart ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 63

Şekil 4. 34 Mart ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 64
Şekil 4. 35 Nisan ayı termal kayıplar 65
Şekil 4. 36 İstanbul Nisan ayı dış hava sıcaklığı 65
Şekil 4. 37 Nisan ayı iç sıcaklık değişimi 66
Şekil 4. 38 Nisan ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 67
Şekil 4. 39 Nisan ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 67
Şekil 4. 40 Nisan ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü 68
Şekil 4. 41 Nisan ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 69
Şekil 4. 42 Nisan ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 69
Şekil 4. 43 Mayıs ayı termal kayıplar 70
Şekil 4. 44 İstanbul Mayıs ayı dış hava sıcaklığı 71
Şekil 4. 45 Mayıs ayı iç sıcaklık değişimi 71
Şekil 4. 46 Mayıs ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 72
Şekil 4. 47 Mayıs ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 73
Şekil 4. 48 Mayıs ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü 73
Şekil 4. 49 Mayıs ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 74
Şekil 4. 50 Mayıs ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 75
Şekil 4. 51 Haziran ayı termal kayıplar 76
Şekil 4. 52 İstanbul Haziran ayı dış hava sıcaklığı 77
Şekil 4. 53 Haziran ayı iç sıcaklık değişimi 77
Şekil 4. 54 Haziran ayı klimadan elde edilen soğutma enerjisi 78
Şekil 4. 55 Haziran ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 79
Şekil 4. 56 Haziran ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 79
Şekil 4. 57 Temmuz ayı termal kayıplar 80
Şekil 4. 58 İstanbul Temmuz ayı dış hava sıcaklığı 81
Şekil 4. 59 Temmuz ayı iç sıcaklık değişimi 81
Şekil 4. 60 Temmuz ayı klimadan elde edilen soğutma enerjisi 82
Şekil 4. 61 Temmuz ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 83
Şekil 4. 62 Temmuz ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 83
Şekil 4. 63 Ağustos ayı termal kayıplar 84
Şekil 4. 64 İstanbul Ağustos ayı dış hava sıcaklığı 85
Şekil 4. 65 Ağustos ayı iç sıcaklık değişimi 85
Şekil 4. 66 Ağustos ayı klimadan elde edilen soğutma enerjisi 86
Şekil 4. 67 Ağustos ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 87
Şekil 4. 68 Ağustos ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 87
Şekil 4. 69 Eylül ayı termal kayıplar 88
Şekil 4. 70 İstanbul Eylül ayı dış hava sıcaklığı 89
Şekil 4. 71 Eylül ayı iç sıcaklık değişimi 89
Şekil 4. 72 Eylül ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 90
Şekil 4. 73 Eylül ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 91
Şekil 4. 74 Eylül ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü 91
Şekil 4. 75 Eylül ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 92
Şekil 4. 76 Eylül ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 93
Şekil 4. 77 Ekim ayı termal kayıplar 94
Şekil 4. 78 İstanbul Ekim ayı dış hava sıcaklığı 94
Şekil 4. 79 Ekim ayı iç sıcaklık değişimi 95

Şekil 4. 80 Ekim ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 96
Şekil 4. 81 Ekim ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 96
Şekil 4. 82 Ekim ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü 97
Şekil 4. 83 Ekim ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 98
Şekil 4. 84 Ekim ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 98
Şekil 4. 85 Kasım ayı termal kayıplar 99
Şekil 4. 86 İstanbul Kasım ayı dış hava sıcaklığı 100
Şekil 4. 87 Kasım ayı iç sıcaklık değişimi 100
Şekil 4. 88 Kasım ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 101
Şekil 4. 89 Kasım ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 102
Şekil 4. 90 Kasım ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü 102
Şekil 4. 91 Kasım ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 103
Şekil 4. 92 Kasım ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 104
Şekil 4. 93 Aralık ayı termal kayıplar 105
Şekil 4. 94 İstanbul Aralık ayı dış hava sıcaklığı 105
Şekil 4. 95 Aralık ayı iç sıcaklık değişimi 106
Şekil 4. 96 Aralık ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 107
Şekil 4. 97 Aralık ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması 107
Şekil 4. 98 Aralık ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü 108
Şekil 4. 99 Aralık ayı YES' ten elde edilen güç miktarı 109
Şekil 4. 100 Aralık ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler 109
Şekil 4. 101 Yıllık iç sıcaklık değişimi 110

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Kategorilere ayrılmış literatür çalışmaları 4
Tablo 3.1 Yapı malzeme ve bileşenlerin ısıl iletkenlik hesap değerleri 16
Tablo 3.2 Bina tiplerinin konfor sıcaklık değerleri 18
Tablo 3.3 İstanbul ili aylara göre yıllık ortalama sıcaklık tablosu 19
Tablo 3.4 Yönlere göre ortalama aylık güneş ışınım şiddeti değerleri 20
Tablo 3.5 Aylık ortalama gölgelenme faktörü 27
Tablo 3.6 Güneş enerjisi geçirme faktörü 27
Tablo 3.7 Standartların karşılaştırılması 29
Tablo 4.1 Bina yapı malzeme parametreleri 32
Tablo 4.2 Isı kaybı hesabı 37
Tablo 4.3 Akıllı bina yük profili 41

ÖZET

Akıllı Ev Sisteminde Isıl Modelleme Oluşturularak Enerji Yönetimi

Onur ÖZEL

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Rıfat BOYNUEĞRİ

Son yıllarda günden güne akıllı evlere olan yönelim artmaktadır. Ayrıca teknolojinin gelişmesiyle de daha yüksek güç tüketimi olmakta ve buna bağlı olarak enerji ihtiyacı artmaktadır. Bu çalışmada bir akıllı ev tasarımı oluşturulmuştur. Bu akıllı ev sistemi için dinamik ısıl ve elektriksel modelleme yapılmıştır. Isıl modelleme TS 825 binalarda ısı yalıtım kuralları standardı dinamik hale dönüştürülerek uygulanmıştır. Elektriksel modelleme için de rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi üretim sistemleri modellenmiştir. Isıl ve elektriksel modellemenin birbiri ile entegrasyonu sonrasında bir enerji yönetim sistemi uygulanmıştır. Bu enerji yönetim sistemi içeriğinde yük kaydırma tekniği kullanılmıştır. Ayrıca üretilen fazlalık yenilenebilir enerjiyi depolama için herhangi bir depolama sistemi kullanmak yerine enerjiyi ısıda depolama (P2H) tekniği kullanılmıştır. Böylece bu dinamik enerji yönetim sistemi sayesinde hem elektrik hem de doğalgaz faturalarında tasarruf hedeflenmiştir. Simülasyon sonuçları grafikler ile detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı evler, enerji yönetimi, ısıl model, enerjiyi ısıda depolama, yenilenebilir enerji

ABSTRACT

Energy Management by Creating Thermal Modeling in the Smart Home System

Onur ÖZEL

Department of Electrical Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Ali Rıfat BOYNUEGRI

In recent years, the trend towards smart homes has been increasing day by day. In addition, with the development of technology, there is a higher power consumption and accordingly the need for energy increases. In this study, a smart home design was created. Dynamic thermal and electrical modeling has been done for this smart home system. Thermal modeling TS 825 has been applied in buildings by transforming the thermal insulation rules standard into a dynamic one. Wind power and solar power generation systems are modeled for electrical modeling. After the integration of thermal and electrical modeling, an energy management system was implemented. Load shifting technique is used in this energy management system. In addition, instead of using any storage system to store the excess renewable energy produced, the energy storage in heat (P2H) technique is used. Thus, savings in both electricity and natural gas bills are targeted thanks to this dynamic energy management system. The simulation results are shown in detail with graphics.

Keywords: Smart home, energy management, thermal model, power to heat, renewable energy

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Akıllı binalarda ısıl ve elektriksel modelleme ile oluşturulan ortak bir modele literatürde çok fazla rastlanılmamaktadır. Genellikle ısıl modelleme ve elektriksel modelleme ayrı ayrı yapılmaktadır. Isıl ve elektriksel sistemlerin birbiri ile olan ilişkisini modellemek ve bahsi geçen sistemleri bütüncül bir bakış açısı ile yönetmek karmaşık ve birçok disiplini içeren bir konudur [1,2]

Isıl modelleme için literatürde kullanılan birçok model bulunmaktadır. Literatür araştırıldığında karşımıza akıllı binalarda ısıl modellemenin daha çok parça parça ele alındığı görülmektedir. Akıllı binayı bir bütün olarak düşünmek yerine yalnızca bir oda için yapılan ısıl modellemeler ya da yalnızca bir daire için yapılan ısıl modellemeler bulunmaktadır [2,3]. Ayrıca bu sistemler de temel amaç konforu sağlamak, sıcaklığı konfor düzeyinde tutmaya çalışmak ve bunları yaparken de tüketimi kontrol altında tutarak enerji maliyetini düşürmektir.

Isıl yönetim uygulanmasında IoT (nesnelerin interneti-internet of things) teknolojisinden yararlanılarak bina yönetim sistemi uygulandığında binaların ısıtma havalandırma ve iklimlendirmesini izleyerek kontrol edilmesi sağlanmaktadır. Kablosuz sensörler evin belirli alanlarına yerleştirilerek evin bu noktalarından sıcaklık, nem, havadaki bileşen oranları gibi değerler alınarak IoT tabanlı bir bulut işleme sistemi aracılığı ile bu akıllı bina sistemi için optimum değerlere uygun olacak şekilde evin gerekli sıcaklık ya da soğukluk miktarının ortalama olarak ölçülmesi hedeflenmiştir. Buradaki ölçülen değerlere uygun kontrolör sistemi ile evdeki ısı ve nem optimumda tutulması hedeflenmiştir [3]. Ayrıca kameralı hareket sensörleri ile evin içerisindeki hareketlere göre, oda değiştirme durumuna göre aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerini uzaktan kontrol etmek için oluşturulmuş bir sistemdir. Bu sistem evdeki bütün aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerine bağlı olarak çalışarak elektrik tüketecek neredeyse bütün sistemleri konfor düzeyine göre kısıtlayarak enerji tüketimini düşürmeyi

hedeflemektedir. Yani akıllı binada kullanılacak cihazların da akıllı cihaz olması gerekmekte ve sisteme entegre olması gerekmektedir. Ayrıca bu cihazların geniş bant internet bağlantısı erişiminin kalıcı olması ve bilgi paylaşımında bulunma potansiyeline sahip olmaları gerekmektedir [4]. Literatürde yukarıda da anlatıldığı gibi birçok algoritmalı enerji yönetim modelleri bulunmaktadır. Bu sistemlerin de genel amacı yazılımsal bağlantı ile uzaktan kontrol mekanizması geliştirmek ve tüketimler kontrol altında tutarak kolayca izleyebilmektir [5].

Akıllı bina modellerinde ısıl modelleme yapılırken termal konfor kısıtları göz önünde bulundurulmalıdır. Termal konfor kısıtlarına göre termal enerji depolama sisteminin kapasitesi belirlenebilir [6,7]. Binanın termal modeli oluşturulurken ise ısıl direnç ve kapasitansları hesaba katılmalıdır [8]. Ayrıca kullanılacak olan giriş verileri (güneş ışınımı vb.) genellikle ortalama değerlerden oluşmaktadır. Fakat verilerin dinamik olması modellemenin doğruluğunu arttırarak daha gerçekçi sonuçlar vermektedir [9,10].

Akıllı binalardaki elektriksel yük profillerini belirlemek elektriksel modellemenin ilk ve en önemli aşamasıdır. Buradaki yüklerin çeşitlerinin doğru ve detaylı belirlenmesi gerekmektedir. Yük profillerinin de dinamik olması modelleme doğruluğu açısından büyük önem taşımaktadır [11,12,13]. Elektriksel model oluşturma aşamasının ardından enerji tüketim profili oluşturulur ve bu tüketimin karşılanması için bir YES' e ihtiyaç duyulur. Bu YES ise akıllı binalardaki imkân ve kurulum rahatlığından dolayı çoğunlukla güneş enerji sistemi seçilmektedir [14,15]. PV sistemlerdeki üretilen ve harcanamayan fazla enerji ise sonraki ihtiyaç durumunda kullanılmak üzere batarya vb. depolama sistemleri aracılığıyla depolanır [16,17,18].

Oluşturulan ısıl ve elektriksel modellemeler sayesinde enerji yönetimi yapabilmek için gerekli olan enerji üretim sistemi de sisteme eklenerek akıllı binanın enerji tüketim ve üretim profilleri oluşturulmaya başlanır. Isıtma, soğutma sistemleri sürekli olarak izlenir. Konut sakinlerinin konforunu etkilenmeyecek şekilde iç sıcaklık sürekli olarak bu sıcaklık kısıtları arasında dengede tutulmaya çalışılır [19,20].

Literatürde genellikle akıllı binalardaki enerji üretim sistemi olarak PV sistem seçilmekle beraber rüzgâr enerjisi ya da hem rüzgâr enerjisi hem güneş enerjisi sistemi birlikte hibrit sistem olarak nadir de olsa kullanılmaktadır [21,22].

Akıllı binalarda enerji yönetimi sağlanırken oluşturulmuş olan yük profillerden yük öteleme gibi enerji tüketimini düşüren ya da zamanı ayarlayarak pik zamanlardaki enerji tüketimini düşürmeye yarayan bu teknik kullanılmaktadır [23,24]. Yük öteleme durumu ise üretilen enerji miktarına ve şebekeden çekilen enerji miktarına göre değişmektedir. Ayrıca depolama sistemlerinin (batarya, yakıt hücresi vb.) entegrasyonu da bu sistemler pahalı sistemler olmasına rağmen enerji yönetiminin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır [25,26].

1.2 Tezin Amacı

Yukarıda belirtildiği üzere bir akıllı bina sisteminde ısıl ve elektriksel model oluşturulmasının ve bu modelleme sonrasında bir hibrit üretim sistemi kurulmasının zorluklarından bahsedilmiştir. Bu tez çalışmasının amacı bir akıllı apartman için hem ısıl hem de elektriksel model oluşturularak güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan hibrit bir enerji üretim sistemi ile desteklenerek dinamik bir enerji yönetim sistemi oluşturulup konut sakinlerinin konforu etkilenmeden hem doğalgaz hem de elektrik faturalarını düşürmektir. Bu amaçla şebeke kullanımı azaltılarak YES kullanımını destekleyen, enerji tasarrufu ile de doğaya salınan karbon miktarını düşüren bir enerji yönetim sistemi oluşturulmuştur.

- Literatürde P2H metodu içeren enerji yönetim sistemleri üzerine çalışmaların eksikliği
- Hem güneş enerjisi hem de rüzgâr enerjisi üretim sistemlerinin bir arada bulunduğu binalarda hem ısıl model hem de elektriksel model ile birlikte çalışan dinamik enerji yönetim sisteminin eksikliği

literatür taramasında fark edilmiş ve bu yüzden bir akıllı bina sistemine hem güneş enerjisi hem de rüzgâr enerjisinin olduğu, depolama sistemi yerine P2H metodunun kullanıldığı bir ısıl modelleme kurularak enerji yönetimi yapılmasına gerek duyulmuştur. Bu tezin amacı yukarıda belirtilen eksiklikleri gidermek için

güneş ve rüzgâr enerjisini birarada barındıran bir YES sistemine sahip ve P2H metodu ile enerji depolama yapabilme özelliğine sahip akıllı bina için ısıl ve elektriksel modellemeler yapılarak dinamik bir enerji yönetim sisteminin geliştirilmesidir.

1.3 Hipotez

Literatür çalışmalarında bahsedildiği üzere bir akıllı bina sistemi için enerji yönetim sistemi oluşturulmasında ısıl ve elektriksel modellerin doğruluğu ve birbiri ile olan entegrasyonu çok önemlidir. Isıl ve elektriksel model entegrasyonu esnasında karşılaşılan problemler belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında ısıl ve elektriksel model oluşturulurken kullanılan giriş verileri ortalama değerler yerine dinamik değerler kullanılmıştır. Hibrit üretim sistemi kullanılarak da enerji sürekliliği açısından bu dinamiklik sağlanmış ve desteklenmiştir. Böylece anlık olarak güç tüketim ve üretim değerleri gözlemlenebilmektedir. Ayrıca literatürde enerji yönetim sistemlerinde fazla üretilen enerjiyi depolamada kullanılan enerji depolama sistemlerine (batarya, yakıt hücresi vb.) değinilmiştir. Bu depolama sistemlerinin oluşturduğu dezavantajlar belirlenmiştir.

Tablo 1.1 Kategorilere ayrılmış literatür çalışmaları

Referans	Isıl model	Güneş Enerjisi	Rüzgâr Enerjisi	Batarya	Enerji Yönetimi	P2H
[1], [3]	X				X	
[6],[7]	X			X	X	
[16], [17]	X	X		X	X	
[21], [22]		X	X	X	X	
[42]	X				X	X
TEZ	X	X	X		X	X

Bu çalışmadaki enerji yönetim sistemi oluşturulurken herhangi bir enerji depolama sistemi kullanılmayarak enerjiyi ısıda depolama tekniği kullanmıştır. Böylece hem depolama sisteminin kurulum maliyetinden kurtularak tasarruf elde edilmiş hem de depolama sistemlerinin bakım gereksinimi gibi sorunlar ortadan kaldırılmıştır. Tablo 1.1 kategorilere ayrılmış literatür çalışmalarını göstermektedir. Bu literatür taramalarında karşılaşılan eksiklikler göz önünde bulundurularak çalışma içeriği belirlenmiştir.

Literatür taramasındaki çıkarımlardan hem güneş hem de rüzgâr enerjisi üretim sisteminin bulunduğu bir akıllı bina modelinde hem ısıl hem de elektriksel modelleme yapılarak P2H metodunun kullanıldığı bir enerji yönetim sistemi uygulanarak elektrik ve doğalgaz faturalarında tasarruf elde ve doğaya salınan karbon miktarı da düşürülmüş olacaktır. Böylece tezin amacına ulaşılacaktır.

2
AKILLI EV SİSTEMLERİ

2.1 Akıllı Ev Kavramı

Akıllı bina, ev teknolojileri endüstrinin birçok alanında kullanılan kontrol sistemlerinin gündelik hayata uyarlanması; ev otomasyonu da bu teknolojilerin kişiye özel ihtiyaç ve isteklerine uygulanmasıdır [27]. Akıllı bina tanımı, bütün bu teknolojiler sayesinde ev sakinlerinin ihtiyaçlarına cevap verebilen, onların hayatlarını kolaylaştıran ve daha güvenli daha konforlu ve daha tasarruflu bir yaşam sunan evler için kullanılmaktadır. Akıllı binalar, otomatik fonksiyonları ve sistemleri kullanıcı tarafından uzaktan kontrol edilebilen yapılardır. Akıllı bina sistemleri geliştirilirken göz önünde bulundurulan temel unsurlardan biri, bu sistemlerin kişisel akıllı cihazlarla (akıllı telefonlar, tablet bilgisayarlar, akıllı saatler vb.) tam uyumlu olarak çalışabilmeleridir [28].



Şekil 2. 1 Akıllı ev sistemleri

Normal bir ailenin enerji giderlerinin arttıran ve gereksiz enerji tüketimine neden olan en büyük etkenler; evin kullanılmayan bölgelerinin ısıtılması, gereksiz yere açık bırakılan ışıklar, yüksek seviyede çalışan ısıtma ve soğutma sistemleri, açık

bırakılan cihazlar, gün ışığından gerektiği kadar yararlanamama vb. durumlardır. Konfor sağlanmasındaki mantık ise, kişiye gereksiz yere zaman kaybettiren işlerin bu otomasyon sayesinde otomatik olarak yerine getirilmesi ve normal koşullarda kullanıcı tarafından gerçekleştirilmeyecek işlemlerin yerine getirilmesidir [29]. Akıllı binaların en büyük kolaylığı, ev otomasyon sistemlerinin birçok komutu arka arkaya yerine getirmek suretiyle gerçekleştirdiği senaryo oluşturma seçeneğini sağlamasıdır. Bu sisteme örnek verecek olursak; tüm perdelerin kapatılması, ışıkların kısılması, alarmın otomatik devreye girmesi, televizyonun 20 dk sonra kapatılması, oda sıcaklığının istediğiniz sıcaklıkta otomatik olarak ayarlanması, hareket algılayıcılar sayesinde kapıların otomatik açılıp kapanması vb. gibi durumlardır [30].

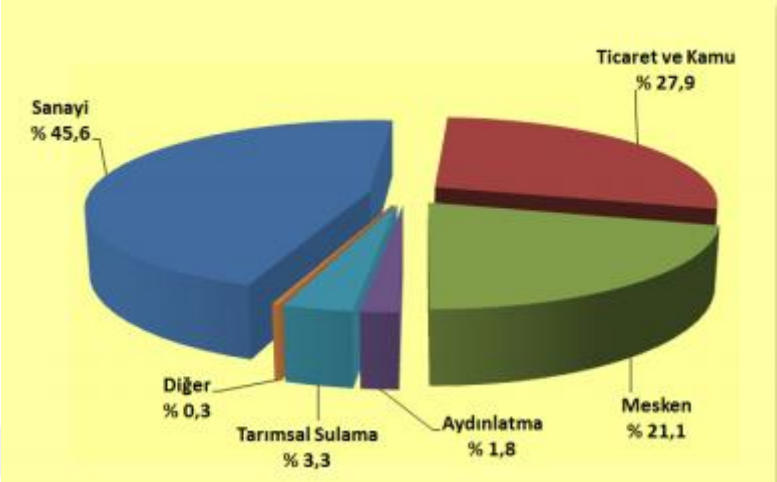
Akıllı bina kavramı daha çok otomasyon sistemleri ile öne çıkmış olarak görünse de kendi enerjisini üretebilen ve böylece enerji tasarrufu sağlayabilen bir sistem olması da başlıca özelliklerindendir. Bu durum da akıllı binaların YES' i desteklemesi anlamına gelmektedir. Daha temiz enerji kullanımında ve karbon ayak izini düşürmede önemli rol oynamaktadır. Ayrıca ihtiyacı kadar enerjiyi kullanıp fazlalık enerji gerektiğinde depolanabilir [31].

2.1.1 Dijital İkiz

Dijital ikiz, bir ürünün, sürecin veya hizmetin sanal bir modelidir. Fiziksel bir modelin tam karşılığı yani sanal bir ikiz yaratmak anlamına gelir. Bir dijital ikiz, gerçek hayattaki bir nesne veya sistem hakkında gerçek verileri girdi olarak kullanır. Sonrasında bu girdilerden yola çıkarak, gerçek nesnenin veya sistemin nasıl tepki vereceğine dair tahminleri veya simülasyonları üretir [32]. Akıllı bina kavramında da modelleme ve simülasyonlar gerçek ve dinamik girdilerle aslında akıllı binanın bir dijital ikizi oluşturulması anlamına gelebilmektedir. Bu tez çalışmasında da ısıl ve elektriksel modellerin gerçek ve dinamik girdilerle bir akıllı binanın dijital ikizi oluşturulması şeklinde de düşünülebilir [33,34].

2.2 Akıllı Binalarda Enerji

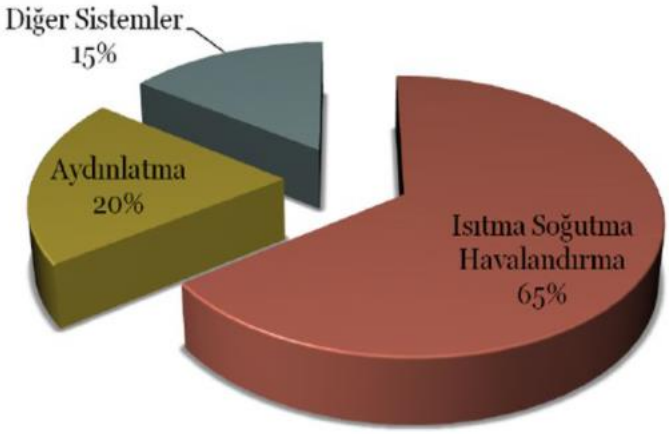
Türkiye'nin genel enerji tüketim durumu ele alındığında 2018 yılında elektrik tüketimi 258,2 MWh olduğu belirlenmiştir [35]. Ayrıca bu tüketimlerin sektörel olarak dağılımları tablo 2.1 de görülmektedir.



Şekil 2. 2 Türkiye elektrik tüketiminin sektörel dağılımı

Şekil 2.2' de görüldüğü üzere Türkiye'de konutların toplam enerji tüketimi toplam tüketimin %21,1 ini oluşturmaktadır [35]. Evlerde uygulanan enerji tasarrufunun ne kadar önemli bir orana etki ettiği de burada açıkça görülmektedir. Ayrıca gelişen teknoloji ve bundan dolayı artan teknolojik cihaz kullanımı ve EA' lar gibi etkenler de konutların enerji tüketimini günden güne arttırmaktadır. Bu durumun da ilerleyen zamanlarda enerji ihtiyacı konusunda sıkıntıya yol açabileceği öngörülmektedir. Bütün bu durumlar ele alındığında da kendi enerjisini üretebilen, yüksek enerji verimliliği ve enerji tasarrufu sağlayabilen akıllı bina kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

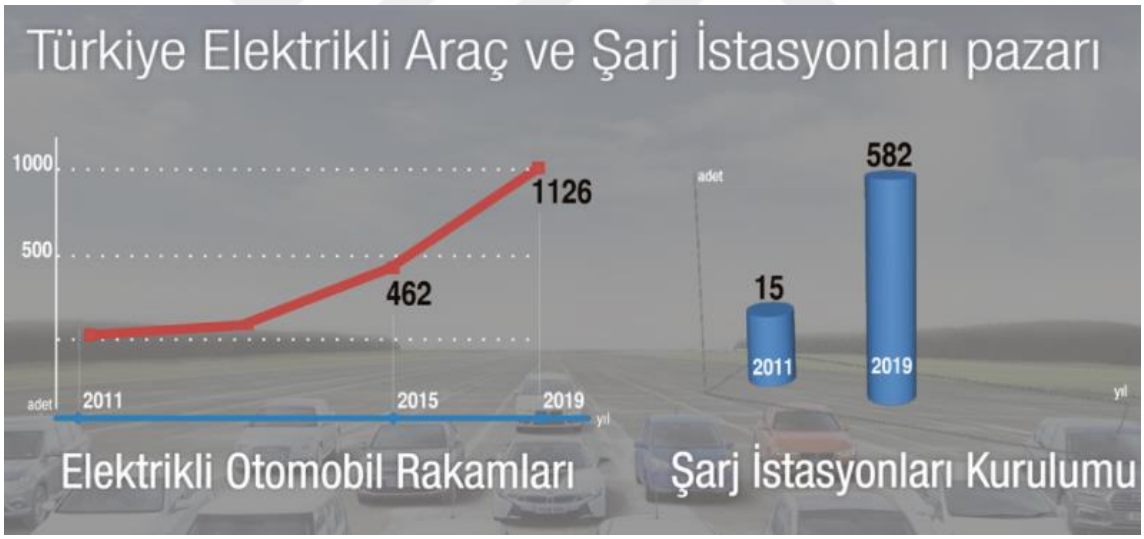
Evlerde tüketilen enerji dağılımları ise şekilde gösterilmiştir. Burada da görüleceği üzere evlerde ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri için çok yüksek miktarda enerji harcanmaktadır [36]. Şekil 2.3' te de görüleceği üzere binalarda ısıtma ve soğutma için enerji tüketimi çok yüksek bir yüzdeye sahip olmasına rağmen aydınlatma gibi elektriksel enerji tüketimi de %20 gibi azımsanmayacak bir yüzdeye sahiptir. Bu yüzden ikisinin birlikte incelenmesi daha uygun ve efektif olacaktır.



Şekil 2. 3 Binalarda enerji tüketimi dağılımı

2.3 Akıllı Binalar ve EA ile Bağlantıları

EA' ların da hayatımıza girmesiyle evde şarj döneminin başlaması ve küçük şarj istasyonlarının apartmanlara ya da evlere kurulması konutlardaki güç tüketimini yüksek ölçüde arttırmaktadır.



Şekil 2. 4 2019 TEHAD istatistikleri

Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneği TEHAD' ın çalışmaları sonucu ortaya çıkan istatistiklere göre şekilde de görüleceği üzere Türkiye'deki elektrikli otomobil sayısı ve şarj istasyonları kurulumu sayısı yıldan yıla hızla artmaktadır. Önümüzdeki yıllarda da bu artışın daha hızlı olacağı öngörülmektedir. Şarj istasyonları sayısı konutlara kurulan küçük güçlü şarj istasyonlarını kapsamamaktadır. Buradan da görüleceği üzere EA sayısı hızla artarken, buna

paralel olarak şarj istasyonu sayısı da hızla artıyor. Bu durum da güç tüketimini arttırmaktadır [37].

Günümüz teknolojisinde EA' ların yaygınlaşmasıyla birlikte EA' dan şebekeye (V2G), EA' dan binaya (V2B) ve EA' dan her şeye (V2X) kavramları da doğmuştur. V2G EA bataryasından şebekeye enerji verilerek satılması durumunu belirtmektedir. V2B ise binadaki ihtiyaç durumunda EA bataryasından binaya enerji sağlanması durumunu belirtmektedir. V2X ise V2B, V2G gibi durumların hepsini kapsayan genel kavramdır. Bu gibi yöntemler uygulandığında EA bataryalarının daha hızlı yaşlandığı ve ekonomik açıdan çok da uygun olmayan bir yöntem olduğu görülmektedir [38,39]. EA bataryası şarj edilmesinde en uygun ve ekonomik yöntem olarak ise esnek şarj yöntemi dikkat çekmektedir. Esnek şarj EA bataryalarını sabit olarak şarj etmek yerine fazla üretilen enerjiyle şarj etme ya da en ekonomik zamanda şarj etme durumudur [40,41].

2.4 Akıllı Binalarda Termal Kayıplar

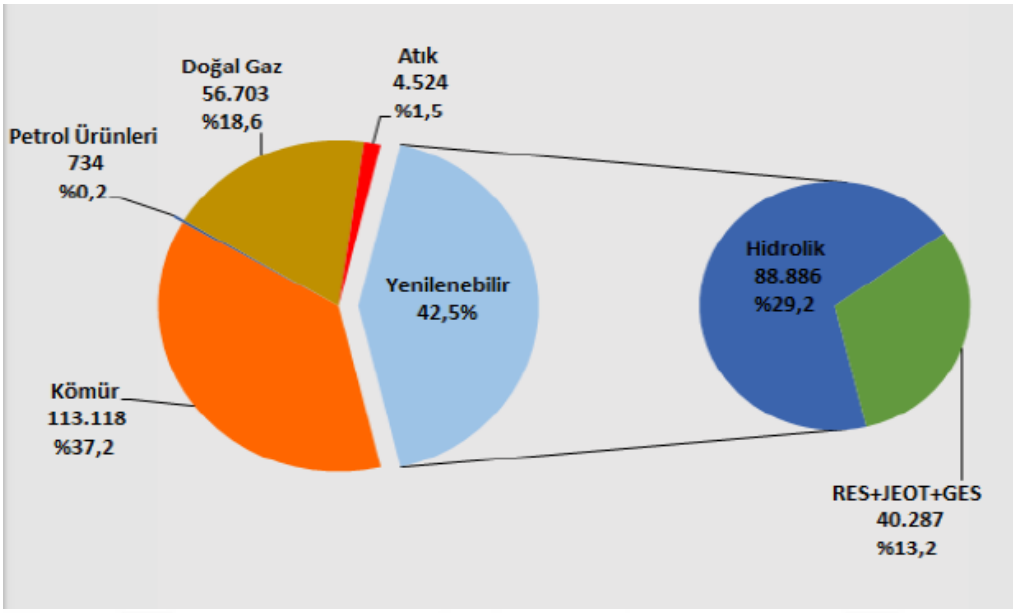
Şekil 2.3' ten de yorumlanacağı üzere konutlardaki en yüksek güç tüketimi elektrikli aletler ve iklimlendirme sistemleridir. Bundan dolayı da akıllı binalarda ısıl ve elektriksel enerji yönetimi yapılması kaçınılmazdır. Akıllı binalarda ısıl güçler için harcanan enerji tüketiminin yüksek oluşu ısıl kayıpların da yüksek oluşunu beraberinde getirmektedir [42]. Yüksek enerji verimliliği ve tasarruf ile bu kayıpları azaltabiliriz ve bu durumu değerlendirerek avantaja çevirebiliriz. Konutlardaki ısıl kayıpların nedenlerinin başında ise mimari tasarım özelliklerinin uygun olmaması gelmektedir. Binalardaki ısıl kayıplar mimari dizayna göre değişiklik göstermektedir. Ortalama olarak çok katlı binalarda toplam ısının %40'ı dış duvarlardan, %30'u pencerelerden, %7'si çatılardan, %6'sı bodrum döşemesinden, %17'si ise hava kaçaklarından oluşur. Tek katlı binalarda ise ortalama ısı kayıplarının %25'i dış duvarlardan, %22'si çatıdan, %20'si pencerelerden, %20'si bodrumdan, %13'ü ise hava kaçaklarından olmaktadır [43,44].



Şekil 2. 5 Bir binanın termal kayıplarının gösterilmesi

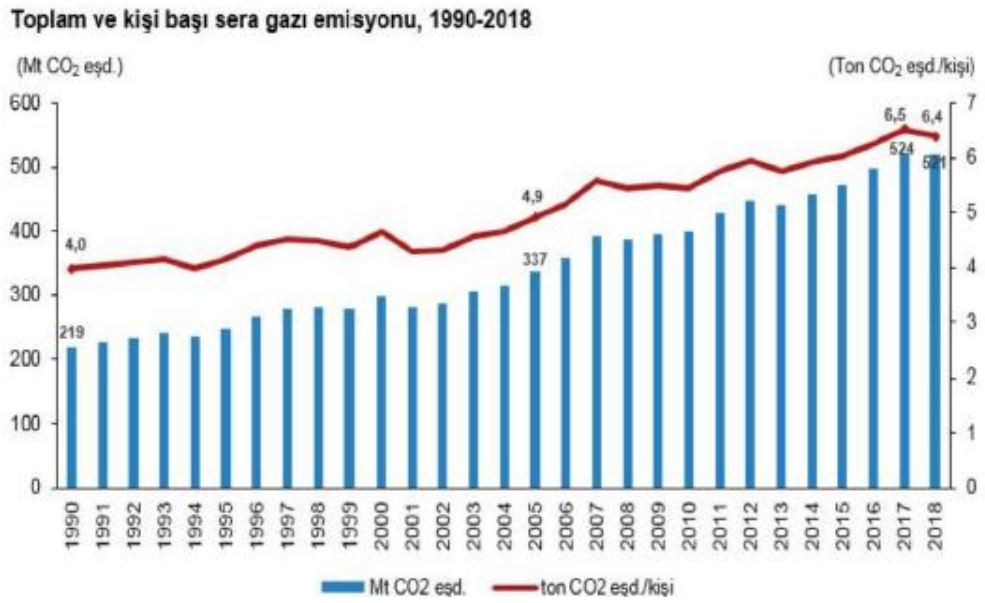
2.5 Akıllı Binalarda YES Kullanımı

Türkiye'de hâlihazırda yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımına büyük teşvikler vardır. Şekil 2.6'da da görüleceği üzere 2019 yılı itibariyle alınan istatistiklerde Türkiye'de üretilen enerjinin %42,5'i YES' ten elde edilmektedir. Bu %42,5'lik dilimin ise %29,2'sini hidrolik kaynaklardan elde edilen enerji, %13,2'sini ise rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve jeotermal enerji oluşturmaktadır. Aslında kolay enerji üretilebilen güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi bu dilimin çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu sebeple de rüzgâr ve güneş enerjisine olan teşvikler ve o yöne olan eğilim arttırılmaya çalışılmaktadır.



Şekil 2. 6 2019 yılı elektrik üretiminin kaynaklara dağılımı

Akıllı binalarda ise kullanılacak olan YES' in başında rüzgâr ve güneş enerjisi gelmektedir. YES' in elektrik üretimi diliminde büyük bir pay almasına rağmen halen Türkiye'deki karbon ayak izi yüksektir. Şekilde de TÜİK'in 2020 yılında yayınladığı sera gazı emisyon istatistiklerinde de görüleceği üzere sera gazı salınımı CO^2 eşdeğeri yıldan yıla artmakta ve YES' e olan teşviğin önemini bir kez daha gözler önüne sermektedir [45,46].



Şekil 2. 7 Türkiye toplam ve kişi başı sera gazı salınımı (1990-2018)

Bütün bu sebeplerden dolayı akıllı binalarda enerji üretimi yapılarak kendi enerjisini üretmesi büyük önem kazanmıştır. Böylece YES kullanımı arttırılarak hem şebekeye olan bağlılık hem de karbon salınımı düşürülmesi desteklenmiştir. Ayrıca bu üretilen enerjinin fazlalığı da depolanması, ihtiyaç halinde kullanıma hazır olması önemlidir [47].

2.6 Akıllı Binalarda Enerji Depolama

2.6.1 Batarya

Akıllı binalarda enerji depolama sistemlerinden kullanılan en yaygın yöntem batarya sistemi ile depolama yöntemidir. YES sistemlerinden elde edilen fazla enerji batarya sistemlerinde depolanarak ihtiyaç halinde binaya ya da EA' lara enerji sağlanabilmektedir. Batarya sistemlerinin kullanılması depolama açısından pratik olsa da gerek maliyet gerekse de ömürlerinin kısa olmasından dolayı farklı depolama yöntemlerine de eğilim artmaktadır [47,48].

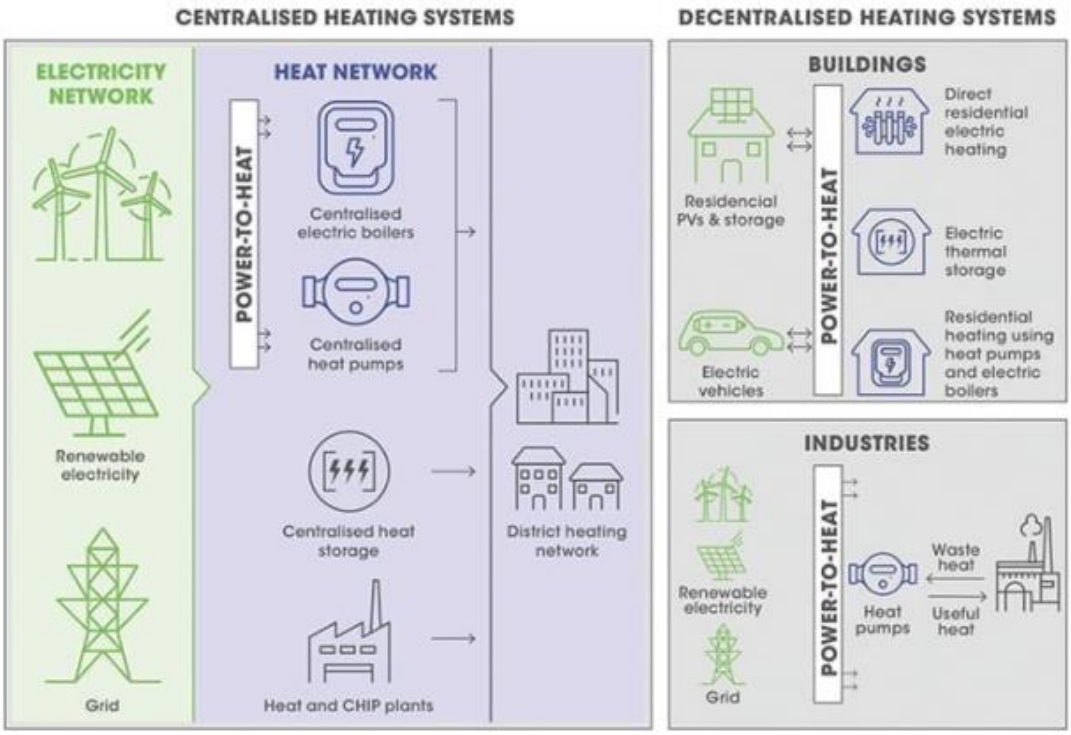
2.6.1.1 EA Bataryası

EA bataryalarında enerji depolama ve gerektiğinde kullanabilme gelişen EA teknolojisi ile günümüzde hızla gelişmektedir. EA şarj edilmesinin ardından V2G, V2B, V2X gibi yöntemlerle araç bataryasından gerekli enerji yeniden kullanılabilmektedir. Bu yöntem oldukça pratik olarak görünse de EA bataryalarının çok daha hızlı yaşlanmasına sebebiyet vermektedir. EA batarya maliyetlerinin yüksek oluşu ve bu tekniğin batarya ömürlerini kısaltması en büyük dezavantajıdır [49].

2.6.2 P2H

Enerjiyi ısıda depolama işlemi elektrik enerjisinin ısıya dönüştürülmesinde kullanılan yeni bir tekniktir. Bu teknik ısıtma dirençleri, elektrot kazanları ya da ısı pompaları aracılığıyla sağlanabilir. Bu sistemin amacı YES tarafından üretilen fazla enerjiyi israf olmaması için sonrasında kullanılması adına depolamaktır. Sistemin çalışma prensibi ise odun veya doğalgaz gibi kimyasal yakıt kullanılan ışıtıma sistemlerine sahip konutlarda ısıtma ek olarak YES' ten sağlanan fazla elektrik enerjisi ile de sağlanabilir. Elektrik üretimi fazla olduğunda ısıyı yükselterek ısıtma sisteminin tüketimini azaltır ve tasarruf sağlar. Gerektiğinde ise konfor düzeyi

etkilenmeyecek şekilde sıcaklık düşürülerek YES' ten üretilen enerji elektriksel tüketimde kullanılır. Böylece bu döngü sayesinde batarya gibi teknolojiler yerine enerjiyi ısıda depolayarak tasarruf sağlanabilir [50]. Şekil 2.8 ise P2H metodunun prensip çalışma şemasını göstermektedir.



Şekil 2. 8 Enerjiyi ısıda depolama(P2H) metodunun prensip şeması

2.6.2.1 P2H Tekniğiyle Sıcak Su Kazancı

Binalarda sıcak su ihtiyacı her zaman bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı YES' ten üretilen fazlalık enerjiyi kazanlar yardımıyla su ısıtmada kullanma tekniği de önemlidir. Böylece hem fazlalık enerji şebekeye ucuzdan satılması engellenmiş olur hem de ısıtma için harcanacak doğalgaz miktarı da düşürülmüş olacaktır. P2H tekniğiyle sıcak su kazancı da faturalarda tasarruf sağlamaktadır.

3
STANDARTLAR

3.1 TS 825

Bu standart, binalarda net ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesine dairdir. Standardın amacı, konutların ısıtılması için kullanılan enerji miktarını sınırlayarak enerji tasarrufunu arttırmaktır. Ayrıca yeni yapılacak binalar için bina yapılmadan önce bu hesap metodu ile oluşturulan modelleme sonuçları değerlendirme altına alınarak en uygun performans sağlayacak bina tasarımı bulunabilir. Mevcut binalara uygulandığında ise konutlardaki ısıtma için gerekli olan enerji tüketimi hesaplanabilir. Bu durumda uygulanacak enerji tasarruf planı oluşturulabilir.

3.1.1 Binanın Isıtma Enerjisini Etkileyen Faktörler

Bir binada ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler şu şekildedir: Bina özellikleri, ısıtma sistemi karakteristikleri, iç iklim şartları, dış iklim şartları, iç ısı kazanç kaynakları ve güneş enerjisidir [51]. Burada kullanılan hesap metodunda bütün bu faktörler dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır.

3.1.2 Bina Özellikleri

Bina özellikleri iletim, havalandırma ve taşınım yoluyla oluşan ısıl kayıpları etkilemektedir. Burada bina özellikleri belirlenirken birçok dikkat edilmesi gereken husus mevcuttur. Binanın mimari dizaynı oluşturulurken seçilen malzemeler ısıl kayıplar için en önemli kriterlerdir. Fiyat performans durumu göz önünde bulundurularak en uygun malzeme seçilerek ısıl kayıplar en aza indirilmelidir [52]. Binayı oluşturan her bir yapı malzemesinin ısıl iletkenlik değerleri hesaba katılmıştır. Bu ısıl iletkenlik değerleri ise belirtilen tablo 3.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Yapı malzeme ve bileşenlerin ısıl iletkenlik hesap değerleri

Yapı malzeme ve bileşenleri	**Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK)**
DOĞAL TAŞLAR	
Granit	2,8
Bazalt	3,5
Mermer	3,5
SIVALAR, ŞAPLAR	
Çimento harcı	1,6
Kireç harcı	1
Alçı harçlı şap	1,2
KÂGİR DUVARLAR	
Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,33
Kireç kum taşı duvarlar	0,35
Gaz beton duvar blokları ile yapılan duvarlar	0,21
AHŞAP MAMULLERİ	
Hafif odun lifi levhalar	0,46
Yatık yongalı levhalar	0,13
KAPLAMALAR	
Linolyum	0,17
Suya karşı yalıtım kaplamaları	0,7

Tablo 3.1' de bazı yapı malzeme ve bileşenlerin ısıl iletkenlik değerleri paylaşılmıştır. Buradaki tablodan da anlaşılacağı üzere konut mimarisinde kullanılan her yapı bileşenin kendine has farklı ısıl iletkenlik değeri ve bundan kaynaklı da ısıl direnci mevcuttur. Bina mimarisi oluşturulurken bu yapı bileşenlerin ısıl iletkenlik değerleri göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca bina mimarisi oluşturulurken TS 825'e bina duvar yüzeyleri (dış ortama açık, dolgu), duvar yüzeyleri (dış ortama açık, betonarme), duvar yüzeyleri (düşük sıcaklıklı, dolgu), duvar yüzeyleri (düşük sıcaklıklı, betonarme), tavan (üzeri açık), tavan (çatılı), taban (toprak temaslı), taban (açık geçit üzeri/çıkma), kapılar ve pencereler olmak üzere 10 farklı bölgeye ayrılarak hesaplama metodu uygulanmaktadır. Tablo 3.1'den seçilen her malzeme her bir bölgenin ısıl iletkenlik değerlerini hesaplamada ve bu değerlerden yola çıkarak her bir bölgenin ısıl direnç değerini hesaplamada kullanılmaktadır. Bu ısıl direnç değerleri binanın ısıl kayıplarının hesaplanmasında en önemli değerlerdir.

3.1.3 Isıtma Sistemi Karakteristikleri

Isıtma sistemlerinde özellikle kontrol sistemlerinin gerekli ısı ihtiyacına ve sıcaklık değişimlerine cevap verme süresi ısıtma sisteminin karakteristiğini oluşturur. Değişimlere hızlı cevap verebilme ısıtma sisteminin yüksek performans ve verimini göstermektedir.

3.1.4 Dış İklim Şartları

Binayı kullanan sakinlerin isteğine ve konforuna göre değişebilen sıcaklık değerleri mevcuttur. Fakat yapılan araştırmalara ve incelemelere göre farklı bina yapıları için farklı konfor sıcaklıkları belirlenmiştir. Tablo 3.2 de görüleceği üzere konutlardaki yıllık hesaplarda kullanılacak ortalama iç sıcaklık konfor değeri 19 derece olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.2 Bina tiplerinin konfor sıcaklık değerleri

Isıtılacak bina tipi	**Konfor sıcaklığı değeri (□C)**
Konutlar	19
Oteller	20
Lokantalar	
Tiyatro ve konser salonları	
Müzeler	
Hastaneler	22
Yüzme havuzları	26
İmalathane ve atölyeler	16

3.1.5 Dış İklim Şartları

Dış iklim şartlarını ise dış hava sıcaklığı ve rüzgârın şiddet ve yönü belirlemektedir. Bu ortalama dış sıcaklıklar belirlenirken Türkiye'deki şehirler 4 farklı derece gün bölgesine ayrılmıştır. 1. Bölge şehirleri en sıcak şehirler olup 4. bölge şehirleri ise ortalama olarak en soğuk şehirlerden oluşmaktadır. İstanbul ili ise 2. derece gün bölgesinde yer almaktadır. TS 825 standardına göre ise tablo 1.2 de bir yıllık her ay için ayrı ayrı sıcaklık ortalamaları hesaplamalarda kullanılmak üzere İstanbul için verilmiştir.

Tablo 3.3 İstanbul ili aylara göre yıllık ortalama sıcaklık tablosu

AYLAR	ORTALAMA SICAKLIK (C)	AYLAR	ORTALAMA SICAKLIK(C)
OCAK	2,9	TEMMUZ	24,9
ŞUBAT	4,4	AĞUSTOS	24,3
MART	7,3	EYLÜL	19,9
NİSAN	12,8	EKİM	14,1
MAYIS	18,0	KASIM	8,5

Tablo 3.3' te de görüleceği üzere İstanbul ilinde en sıcak ay olarak temmuz ayı en soğuk ay olarak ise ocak ayı olduğu görülmektedir. TS 825 standardına göre bu ortalama sıcaklıklar kullanılarak hesaplama yapılmaktadır.

Dış iklim şartlarından bir diğeri ise rüzgâr şiddeti ve rüzgâr yönüdür. Aynı şartlarda rüzgâr etkisi altındaki bir binanın rüzgâr etkisi altında olmayan binaya göre ısıl kayıplar daha fazla olmaktadır. Bu kaybı önlemek için bina girişlerine rüzgârlık yapılması önerilmektedir.

3.1.6 İç Isı Kazanç Kaynakları

Hesaplamalarda konutlardaki ısıl kayıplar bulunmak istendiğinden ekstra kazanılan iç kazançlar da bu kayıpların azaltılması için önemlidir. İç ısı kazanç kaynakları bina ısıtma sistemi dışında kullanılan ısıtma sistemleri, evdeki ocakta kaynayan suyun ve fırında pişen yemeğin dışarıya yaydığı ısı, evlerde kullanılan teknolojik cihazların etrafa yaydığı ısı gibi etkenler etki etmektedir. Hesaplamalarda ise bu değerler iç kazanç olarak nitelendirilirler. TS 825 standardında ise bu iç kazançlar binanın brüt hacmi ile doğru orantılı olarak artan ortalama katsayılar ile belirlenmiş olup ortalama değerler alınarak hesaplanmaktadır.

3.1.7 Güneş Enerjisi

Pencere gibi saydam bina yapı bileşenlerinden ısıtılan mekâna doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı binaya iç kazanç sağlamaktadır. Fakat yaz aylarında istenmeyen bu güneş enerjisi iç kazancı da hesaplamalara dâhil edilerek göz önünde bulundurulmaktadır. TS 825 standardında Türkiye'de bütün derece gün bölgelerine göre ortalama aylık güneş ışınım değerleri verilmektedir.

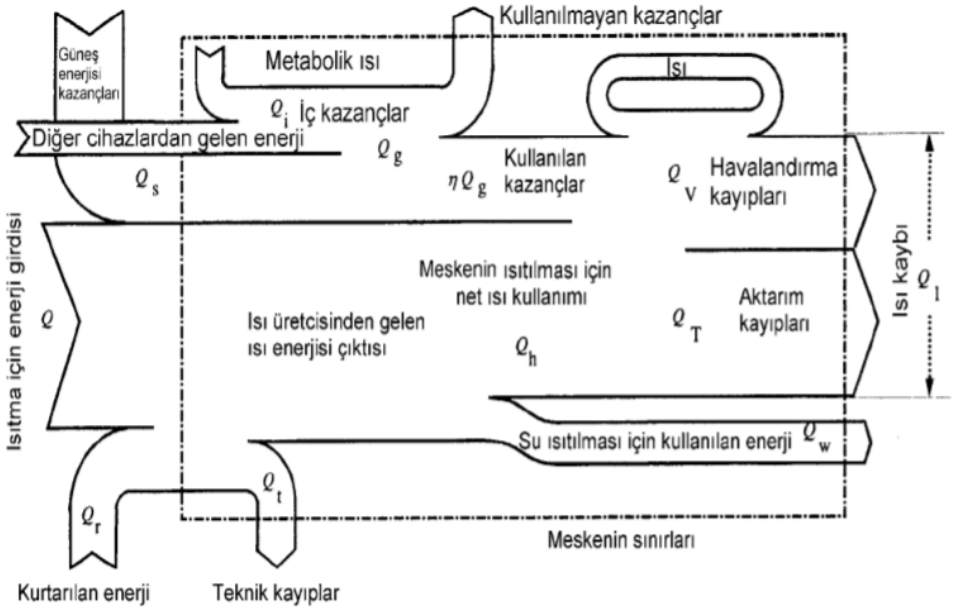
Tablo 3.4 Yönlere göre ortalama aylık güneş ışınım şiddeti değerleri

AYLAR	**Igüney (W/m2)**	**Ikuzey(W/m2)**	**Ibatı/doğu(W/m2)**
Ocak	72	26	43
Nisan	90	66	90
Temmuz	93	81	118

Tablo 3.4' te verilen ortalama güneş ışınım değerleri bütün derece gün bölgelerinde yer alan şehirler için ortak değer olarak verilmektedir. Örnek olarak Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim ayları için kuzey, güney, doğu ve batı yönleri için güneş ışınım değerleri verilmektedir. Güneşin hâkim ışınım yönüne göre değişen değerler gösterilmektedir. Ara yönlerde kalan ışınım değerleri ise hâkim yönlere göre paylaştırılarak değerler hesaplanmaktadır [53].

3.2 EN 832

Bu standart, meskenlerin veya onun bir bölümünün, bundan böyle kısaca "mesken" olarak adlandırılacak yapının ısıtılması için gerekli olan enerji ihtiyacının hesaplanmasında ve ısı kullanımın değerlendirilmesinde kullanılacak basitleştirilmiş bir hesaplama metodunu kapsar. Şekil 3.1 ise Bir akıllı binanın yıllık ısıl enerji dengesini şematik olarak göstermektedir.



Şekil 3. 1 Binanın EN 832' ye göre yıllık ısıl enerji dengesi

Enerji dengesi aşağıda belirtilenleri içerecek şekilde tanımlanmaktadır.

- İçeriden dış çevreye olan ısı aktarımı ve havalandırma kayıpları,
- Bitişik bölgelere olan aktarımlar ve havalandırma ısı kayıpları,
- Yararlı iç ısı kazançları, yani iç ısı kaynaklarından gelen kullanılan ısı çıktıları,
- Kullanılan güneş enerjisi kazançları,
- Isıtma sisteminin üretim, dağıtım, emisyon ve kontrol kayıpları,
- Isıtma sistemine olan enerji girdisi

3.3 ISO 9164

Bu standart, ısı dengesi denklemindeki terimleri tanımlar ve konut binalarının alan ısıtması için yıllık enerji gereksinimlerinin hesaplanması için bir yöntemi tanımlar. Yöntem, pasif güneş tasarımı, seralar veya güneş alanları içerenler gibi özel binalara uygulanamaz. TS 825 standardı için ISO 9164 standardının detaylı bir uygulaması denilebilir. Aynı formüller içerisinde aynı sabitler kabul edilmektedir. Esneklik ve doğruluk payı birbirine çok yakındır. Bu yüzden temelde birbirine benzemektedirler.

3.4 METODOLOJİ

Bir binadaki gerekli ısıtma enerjisi miktarının bir bölümü güneş enerjisi ve iç kazançlardan oluşmaktadır. Toplam kayıplar bulunduktan sonra bu kazançlar çıkartılarak kalan miktar hesaplanarak ısıtma enerjisi olarak hesaplanır. Her ay için ayrı ayrı ısıtma enerjisi hesaplanıp toplanarak yıllık toplam ısıtma enerjisi miktarı bulunur. Binanın mimari yapı bileşenleri seçildikten sonra bu bileşenlere uygun değerler hesaplanarak hesaplamalara başlanır. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılıyorsa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4 K' dan az ise bina tek hacimli olarak ele alınır; değilse birden fazla hacimli olarak ele alınır [53,54].

3.4.1 Isıl Geçirgenlik Direncinin (R) Hesaplanması

İlk aşamada bina mimarisi yapı bileşenlerine ait ısıl iletkenlik değerleri uygun tablolardan seçilir. Bu yapı bileşeninin kalınlık değerini ısıl iletkenlik değerine bölerek o bileşene ait ısıl geçirgenlik direnci değeri hesaplanır.

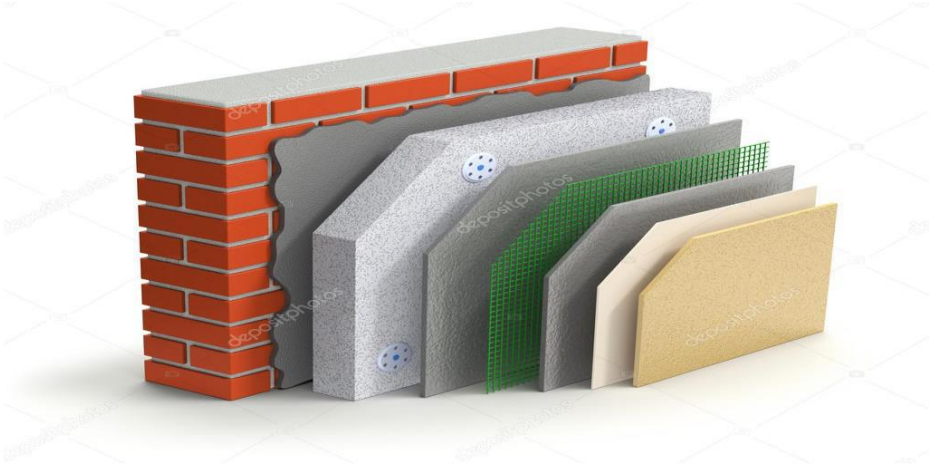
$$R = \frac{d}{\lambda_h} \tag{3.1}$$

Burada,

R: Isıl geçirgenlik direnci (m^2.K/W),

d: Yapı bileşeninin kalınlığı (m),

lambda h: Isıl iletkenlik hesap değeri (W/m.K)



Şekil 3. 2 Çok tabakalı yapı bileşeni

Eğer yapı bileşeni birden çok malzeme bileşeninden meydana geliyorsa çok tabakalı yapı bileşeni adı verilir ve o bileşene ait ısıl geçirgenlik katsayısı ise her bir yapı bileşeninin ayrı ayrı ısıl geçirgenlik dirençleri hesaplanıp toplanarak bulunur. Şekil 3.3 de çok tabakalı örnek bir bileşen görülmektedir. Bu çok tabakalı bileşene ait ısıl geçirgenlik direnci ise formül 3.2 ye göre belirlenir.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \cdots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} \tag{3.2}$$

3.4.2 Toplam Isıl Geçirgenlik Direncinin Hesaplanması

Yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik dirençlerine yüzeysel ısıl iletim direnç değerlerinin eklenmesi ile hesaplanır. Taban, tavan, dış duvar gibi farklı yapı bileşenlerinin farklı yüzeysel ısıl iletim direnç değerine sahiptir.

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e \tag{3.3}$$

Burada,

1/U: Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci (m^2.K/W)

R_i: İç yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci (m^2.K/W)

R_e: Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci (m^2.K/W)

TS 825 standardı, farklı yapı bileşenlerinin yüzeysel ısıl iletim direnç değerlerinin birbirine çok yakın değerler olmasından dolayı işlemleri basitleştirmek adına,

R_i=0,13 m^2.K/W

R_e=0,04 m^2.K/W olacak şekilde tüm yapı bileşenleri için aynı kabul etmektedir.

3.4.3 Toplam Isıl Geçirgenlik Katsayısının Hesaplanması

Bir yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı toplam ısıl geçirgenlik direncinin tersi alınarak bulunur.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \tag{3.4}$$

Burada;

U= Yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$)

3.4.4 Yapı Bileşeninin Isı Kaybı Hesabı

$$q = U * (\theta_i - \theta_e) \tag{3.5}$$

Burada;

q: Isı akış yoğunluğu (W/m^2)

θ_i :İç ortam sıcaklığı (°C)

θ_e :Dış ortam sıcaklığı (°C)

U :Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$)

3.4.5 Tek Hacimli Bina İçin Yıllık Isıtma Enerjisi Hesabı

Binalarda tek bina bölümü için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$Q_{ay} = \epsilon Q_{ay} \tag{3.6}$$

$$Q_{ay} = \left[H * (\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay} * \left(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}\right)\right] * t \tag{3.7}$$

Burada;

$Q_{yıl}$: Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)

Q_{ay}: Binanın aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)

H: Binanın özgül ısı kaybı (W/K)

θ_i: Aylık ortalama iç sıcaklık (C)

θ_e: Aylık ortalama dış sıcaklık (C)

η_{ay}: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (birimsiz)

$\phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (W)

$\phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)

t: zaman (saniye)

Yıllık ısıtma hesabı formülizasyonunda da görüleceği üzere iç sıcaklık ve dış sıcaklık değerleri aylık ortalama değerlerdir ve seçilen şehre göre ve tablo 3.2' de görülen iç sıcaklık değerlerine göre bu sıcaklık değerleri rahatlıkla belirlenebilir.

3.4.5.1 Binanın Özgül Isı Kaybının Hesabı

Binanın özgül ısı kaybı (H) değeri iletim ve taşınım yoluyla oluşan ısı kaybı (H_T)ve havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybının (H_V) toplamına eşittir.

$$H = H_T + H_V \tag{3.8}$$

İletim ve taşınım yoluyla oluşan ısıl kayıp hesabı ise,

Her bir yapı bileşeninin alanı ile ısıl geçirgenlik katsayılarının çarpımlarının toplamına eşittir. Havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı ise mekanik havalandırma yoluyla ve doğal havalandırma yoluyla olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Binalarda genellikle doğal havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı hesabını hesaplamak yeter olacaktır. Doğal havalandırma yoluyla oluşan ısıl kayıp hesabı,

$$H_V = 0{,}33 * \eta_h * V_h \tag{3.9}$$

Burada,

η_h= Hava değişim oranı (h^{-1})

V_h: Havalandırılan hacim (m^3)

Hava değişim oranı η_h değeri ise sabit 0.8 (h^{-1})değeri alınabilir.

Havalandırılan hacim hesaplaması ise yaklaşık değer olarak binanın brüt hacminin 0.8 katına eşit olarak alınabilir.

$$V_h = 0.8 * V_{brüt} \tag{3.10}$$

3.4.5.2 Aylık Ortalama İç Kazançlar (Φi,Ay)

Aylık ortalama iç kazançlar, insan metabolizmasından kaynaklanan ısı kazançlarını, sıcak su boru hattı ısı kazançlarını, ocak ve yemek pişirme ısı kazançlarını, aydınlatma sistemlerinden kazanılan ısı kazançlarını ve elektrikli cihaz kullanımından kaynaklanan ısı kazançlarını kapsamaktadır. Bu standarda

göre bu iç kazançların toplamı sabit ortalama değer olarak binanın net kullanım ile doğru orantılı olarak verilmiştir.

Konutlarda aylık ortalama iç kazanç,

$$\phi_{i,ay} = 5 * A_n \quad (W) \tag{3.11}$$

Yüksek iç kazançlı binalarda aylık ortalama iç kazanç,

$$\phi_{i,ay} = 10 * A_n \quad (W) \tag{3.12}$$

olarak verilmiştir. Ayrıca,

$$A_n = 0{,}32 * V_{brüt} \tag{3.13}$$

Burada,

A_n: Bina kullanım alanı (m^2)

$V_{brüt}$: Binanın ısıtılan brüt hacmi (m^3)

3.4.5.3 Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazancı (Φs,Ay)

Güneş enerjisi kazancı, binanın pencerelerden doğal yollarla sağlanan güneş ışınımlarından elde edilen ısı kazancını ifade etmektedir. Bu güneş enerjisi kazancı; gölgelenme faktörü, saydam elemanların güneş geçirme faktörü, güneş ışınım şiddeti ve toplam pencere alanı gibi faktörlere bağlıdır.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı şu şekilde hesaplanabilir:

$$\phi_{s,ay} = \epsilon\, r_{i,ay} * g_{i,ay} * I_{i,ay} * A_i \tag{3.14}$$

Burada,

$r_{i,ay}$: 'i' yönündeki saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü

$g_{i,ay}$: 'i' yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

$I_{i,ay}$:'i' yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m^2)

A_i: 'i' yönündeki toplam pencere alanı (m^2)

'I' ortalama güneş ışınım değerleri tablo 3.3 de bütün derece gün bölgeleri için her ay için ve her yön için ayrı ayrı verilmiş olup, uygun değerler seçilerek her ay için ayrı hesaplama yapılmaktadır.

'r' saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ise tablo 3.5' te verilmiştir. Buradan bina tipine göre uygun değer seçilerek hesaplamalarda kullanılabilir.

Tablo 3.5 Aylık ortalama gölgelenme faktörü

Bina tipi	$r_{i,ay}$
3 kata kadar binalar	0,8
Bol ağaçlık bölgede bulunan veya 10 kata kadar binalar	0,6
10 kattan daha yüksek binalar	0,5

Güneş enerjisi geçirme faktörü $g_{i,ay}$ ise;

$$g_{i,ay} = F_w * g_t \quad (3.15)$$

Burada;

F_w camlar için düzeltme faktörü olup 0.8 sabit değer alınabilir.

g_t ise güneş geçirme faktörü olup tablo 3.6' ya göre seçilmektedir.

Tablo 3.6 Güneş enerjisi geçirme faktörü

Cam türü	g_t
Renksiz cam	0,85
Renksiz yalıtımlı cam	0,75
Isıl geçirgenlik değeri 2 W/m²K' den büyük diğer ısı yalıtım birimleri	0,5

3.4.5.4 Kazanç Kullanım Faktörü (η)

İç ısıtma sistemleri pratikte hiçbir zaman yüzde yüz verimlilikle çalışamazlar. Bu sebepten dolayı belirli bir kazanç kullanım faktörü ile değerler gerçek değerlere yakın hale getirilmeye çalışılır.

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü;

$$n_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \tag{3.16}$$

Burada KKO_{ay} kayıp kazanç oranı olup;

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})/H * (\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) \tag{3.17}$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. KKO_{ay} oranı 2,5 ve üzerindeki değerler için binada o ay ısı kaybı olmadığı kabul edilmektedir.

3.4.5.5 Çok Hacimli Bina İçin Yıllık Isıtma Enerjisi Hesabı

Tek hacimli binalardaki hesap metodu ile aynı hesaplama metotları kullanılmalı ve her bir ayrı bina hacmi için ayrı ayrı ısıtma enerjisi miktarları hesaplanarak toplanmalıdır.

3.4.6 TS 825 Standardının Diğer Standartlar ile Karşılaştırılması

Günümüzde kullanılan neredeyse bütün yönetmelik ve standartların ortak özelliği tek tek bina bileşenlerinin ısı ihtiyacını hesaplamak yerine binayı bir bütün olarak ele alarak hesaplamaları değerlendirmesidir. Yakın zamanlarda revize edilen TS 825 standardı detaylıca anlatıldı ve hesaplama denklemleri ayrıntılı bir şekilde gösterildi. TS 825 standardının EN 832, ISO 9164 ve Alman Standardı ile olan detaylı karşılaştırması tablo 3.7’ de verilmiştir.

Tablo 3.7 Standartların karşılaştırılması

	TS 825	ISO 9164	EN 832	Alman Standardı
Çıktı	Isıtma enerjisi ihtiyacı	Isıtma enerjisi ihtiyacı	Isıl kayıp	Yıllık ısıtma ihtiyacı
Isıtma Aralığı	Aylık	Aylık, günlük	Sabit ortalama sıcaklık için aylık, mevsimlik	Günlük sabit ısıtma değeri
Havalandırma	-Farklı pencere türleri için farklı hava değişim oranları -Doğal ve mekanik havalandırma	Doğal ve mekanik havalandırma	Doğal ve mekanik havalandırma	Hava değişim oranı $0.8h^{-1}$
İç Kazançlar	-Konutlar için 5 W/m^2 -Yüksek enerjili binalar için 10 W/m^2	Her ay için ayrı ayrı hesaplanan aydınlatma, yemek pişirme ve cihazlardan kaynaklanan iç kazançlar	Aylık ya da mevsimlik hesaplanan aydınlatma, yemek pişirme ve cihazlardan kaynaklanan iç kazançlar	-Konutlar için $8*V_{brüt}$, -Ofisler için $10*V_{brüt}$ -Yüksekliği 260 cm' den büyük yapılar için $25*A_n$
Güneş Enerjisi Kazancı	Pencere yönü, cam tipi, güneş geçirgenliği ve gölgelenme faktörü ile doğru orantılı	Pencere yönü, güneş geçirgenliği ve gölgelenme faktörleri ile doğru orantılı	Pencere yönü, güneş geçirgenliği ve gölgelenme faktörleri ile doğru orantılı	-Her bina tipi için 0.46 sabit gölgelenme faktörü -Pencere yönü ve güneş geçirgenlik faktörü ile doğru orantılı

Tablo 3.7’ de 4 farklı standart için de aynı özellikler incelenerek karşılaştırılması yapılmıştır. Her standart aynı bina için farklı yöntemlerle yaklaşımlarda bulunarak ısıl kayıp hesaplamaktadır. Her bir bina tipi için farklı doğruluk yüzdelerine sahiptirler. En güncel olan ve bu çalışmada kullanılan TS 825 standardı için ISO 9164 standardının detaylı bir uygulaması denilebilir. Aynı formüller içerisinde aynı sabitler kabul edilmektedir. Esneklik ve doğruluk payı birbirine çok yakındır. Bu yüzden temelde birbirine benzemektedirler. EN 832’ yi ise diğerlerinden ayıran en önemli fark ise aktif güneş kazanç hesabının yanında pasif güneş kazanç hesabı ile güneş kazanımları için en gerçekçi sonucu vermesidir. Fakat bu pasif güneş kazancı hesabını yapabilmek için çok büyük bir veri tabanına ihtiyaç duymaktadır. Bu özelliği dışında EN 832, TS 825 ve ISO 9164 temel kavramlar ve ilkeler açısından birbiri ile uyumludurlar. Fakat Alman Standardı diğer üç standart gibi çok fazla değişkene sahip değildir. Çoğu değişken ortalama sabit değerler kabul edilerek daha basite indirgenmiştir. Uygulaması diğerlerine göre karmaşıklıktan uzak olsa da doğruluk oranı diğer karşılaştırılan standartlara göre oldukça küçüktür [55,56,57].

Bu çalışmada kullanılan TS 825 standardı hesaplama modeli çoğu değişkenini ortalama değerleri kabul ederek almaktadır. Fakat bu çalışmada TS 825 standardındaki ortalama değerler yerine anlık olarak ölçülmüş dinamik giriş verileri kullanılmıştır ve böylece bu standart dinamik hale dönüştürülmüştür.

4

MODELLEME VE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

Bu çalışmada kullanılan bir akıllı bina enerji yönetim sistemi tasarımına ait ısıl ve elektriksel modelleme MATLAB programı kullanılarak oluşturulmuştur. Önceki bölümlerde modelleme öncesinde bina tasarım parametrelerinin doğru seçilmesinin önemi vurgulanmıştır. Öncelikle mimari tasarım parametreleri ve bu parametrelere bağlı ısıl geçirgenlik değerleri hesaplanmıştır. Isıl ve elektriksel modelleme sonrasında enerji yönetim sistemi modellere uygulanıp simülasyonları yapılarak çalışma tamamlanmış ve çıktılar grafikler ve matematiksel sonuçlar halinde gösterilmiştir.

4.1 Mimari Tasarım Parametreleri ve Hesap Değerleri

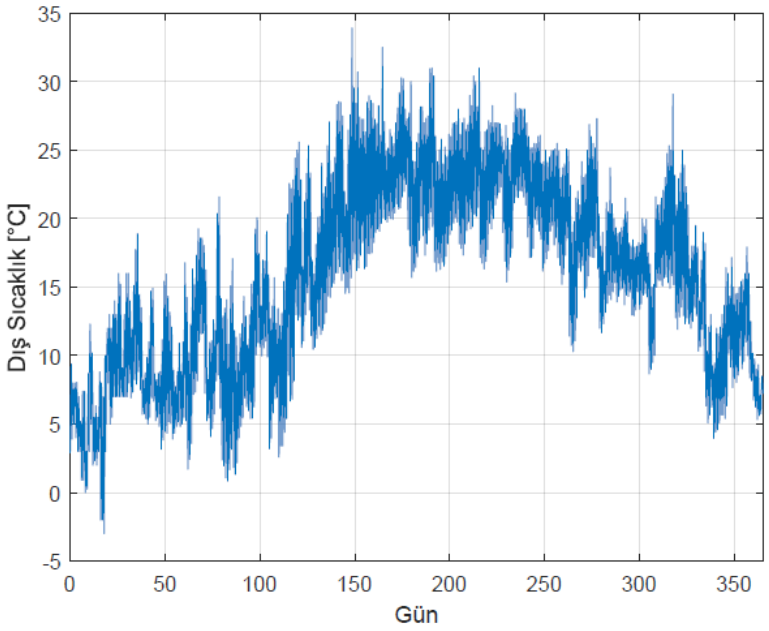
Bu çalışmada akıllı bina tasarımı için İstanbul'da bulunan 5 kat 10 daireden oluşan klasik bir aile apartmanı seçimi yapılmıştır. Bina yapı bileşenleri de fiyat performans kriteri göz önünde bulundurularak ve piyasada genellikle tercih edilen yapı elemanlarından seçilmeye dikkat edilmiştir. TS 825 standardı gereğince gerekli seçim tabloları örnekleri de verildi. Bu tablolardan faydalanarak gerekli bina parametreleri seçildi. Bu parametrelerin kalınlık ve ısıl iletkenlik hesap değerleri belirlendi. Tablo 4.1' de bütün bina parametreleri detaylı şekilde görülmektedir.

Tablo 4.1 Bina yapı malzeme parametreleri

Yapı malzeme ve bileşenleri	**Yapı elemanı kalınlığı (m)**	**Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK)**
Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,01	0,51
Alçı karton plakalar	0,02	0,25
Mantar levhalar	0,01	0,035
Isıl iletkenlik grubu 070 olan sıvalar	0,03	0,07
Granit	0,03	2,8
Donatılı beton	0,03	2,5
Ekstrüde polistiren köpük (XPS) levhalar	0,05	0,03
Tesviye şapı	0,3	1,4
Donatısız beton	0,01	1,65
Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvartz kumu katılmadan yapılmış betonlar	0,24	0,22
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1
Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla yapılan duvarlar	0,2	0,27
Isıl iletkenlik grubu 090 olan sıvalar	0,02	0,09

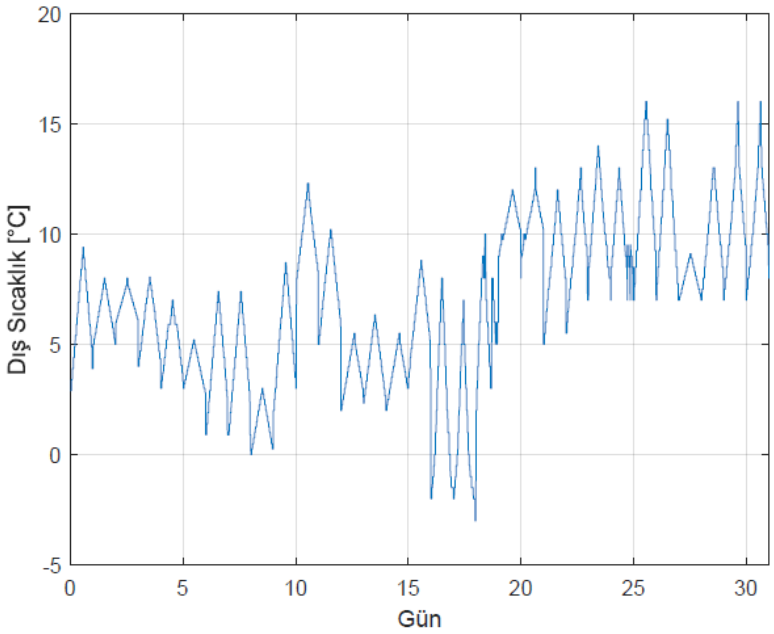
4.2 Dinamik Modelleme Giriş Verileri

Dinamik modelleme için gerekli olan giriş verileri İstanbul için yıllık dinamik dış hava sıcaklığı grafiği, İstanbul için yıllık dinamik güneş ışınım değerleri ve İstanbul için yıllık dinamik rüzgâr hızı değerleridir. Bu değerler gerçek ölçülmüş değerlerdir.



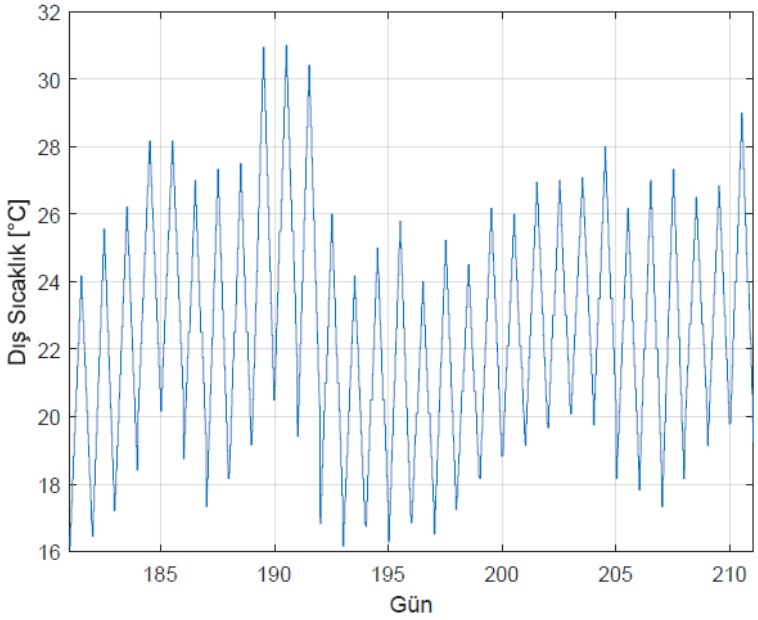
Şekil 4. 1 İstanbul yıllık dış hava sıcaklığı

Şekil 4.1 İstanbul için bir yıllık dış hava sıcaklığı değerlerini göstermektedir. Sıcaklık ortalamasının en düşük olduğu ay Ocak ayı, en yüksek olduğu ay ise Temmuz ayı olduğu görülmektedir.



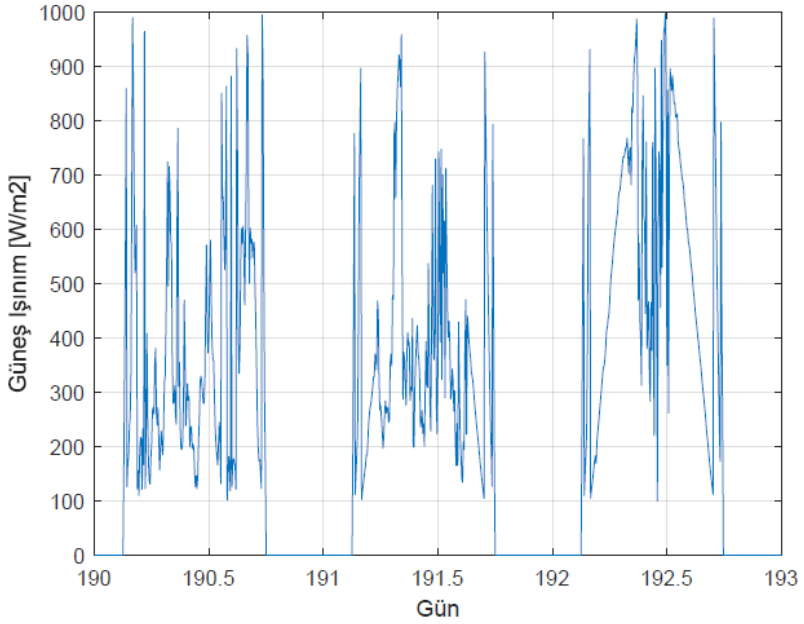
Şekil 4. 2 İstanbul Ocak ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.2 İstanbul için Ocak ayına ait dış sıcaklık değerlerinin anlık değişimlerini göstermektedir. Buradaki grafikte günlük düşüş ve yükselişler gece gündüz arasındaki sıcaklık farkından kaynaklı oluşmaktadır. Ayrıca Ocak ayının bazı günlerinde bazı anlarda sıcaklık değerinin sıfırın altına düştüğü, en düşük hava sıcaklığının ise -3 °C olduğu görülmektedir. En yüksek sıcaklık değerinin ise 16 °C olduğu görülmektedir.



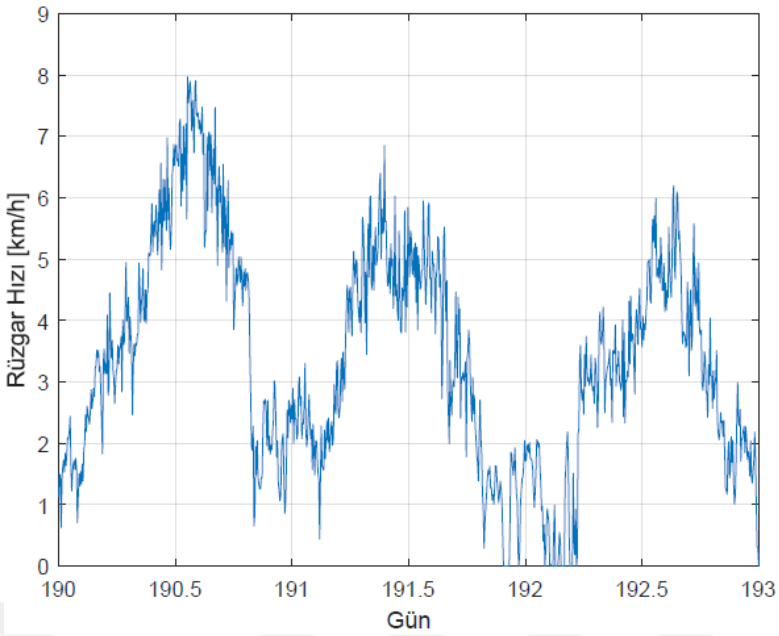
Şekil 4. 3 İstanbul Temmuz ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.3 İstanbul için Temmuz ayına ait dış hava sıcaklığı değerlerinin değişimini göstermektedir. Buradaki grafikte günlük düşüş ve yükselişler gece gündüz arasındaki sıcaklık farkından kaynaklı oluşmaktadır. Temmuz ayı içerisinde en düşük hava sıcaklığının 15.5 °C, en yüksek hava sıcaklığının ise 31.2 derece olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 4 İstanbul için örnek 3 günlük güneş ışınım değerleri (Temmuz 9-11)

Şekil 4.4 İstanbul için Temmuz ayının 9-11 günleri arasındaki 3 günlük güneş ışınım değerlerini detaylı olarak göstermektedir. Bu grafik örnek olarak detaylı şekilde görülebilmesi için 3 günlük olarak gösterilmiştir. Grafikteki güneş ışınım değerlerinin sıfır olduğu anlar gece olduğu zamanları göstermektedir. Güneş olmadığından dolayı herhangi bir ışınım değeri yoktur ve bu saatler aralığında güneş ışınım değeri sıfırdır. Güneş ışınım değerleri 5 dakikalık örnekleme zamanı ile kaydedilmiştir.



Şekil 4. 5 İstanbul için örnek 3 günlük rüzgar hızı değerleri (Temmuz 9-11)

Şekil 4.5 İstanbul için Temmuz ayının 9-11 günleri arasında 3 günlük rüzgâr hızı değerlerini göstermektedir. Bu grafik örnek olarak detaylı şekilde görülebilmesi için 3 günlük olarak gösterilmiştir. Rüzgâr hızı değerleri de 5dk'lık örnekleme zamanı ile kaydedilmiştir.

4.3 Dinamik Isıl Modelleme

Tablo 4.1' deki yapı bileşen hesap değerlerini kullanarak tablo 4.2' de binanın ısı kaybeden her bir yüzeyinin ısıl iletkenlik direnci ve ısıl geçirgenlik katsayısı hesaplanmış ve her bir yüzey için yüzey alanları belirlenerek ısı kaybı hesabı yapılmıştır.

Tablo 4.2 Isı kaybı hesabı

Isı Kaybeden Yüzey	**Bina yapı bileşeni**	**Isıl iletkenlik direnci (m^2K/W)**	**Isıl geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)**	**Isı kaybedilen yüzey alanı (m^2)**	**Isı kaybı (H_T) (W/K)**
Duvar yüzeyleri (dış ortama açık, dolgu)	Sıva	0,03			
	Tuğla	0,74			
	Isı yalıtım malzemesi	1,43			
	Sıva	0,11			
	Ri	0,13			
	Re	0,04			
Toplam		2,48	0,40	120,00	48,38
Duvar yüzeyleri (dış ortama açık, betonarme)	Sıva	0,03			
	Betonarme	0,91			
	Isı yalıtım malzemesi	1,43			
	Sıva	0,02			
	Ri	0,13			
	Re	0,04			
Toplam		2,56	0,39	80,00	31,28
Duvar yüzeyleri (düşük sıcaklıklı, dolgu)	Sıva	0,02			
	Tuğla	0,05			
	Isı yalıtım malzemesi	1,67			
	Ri	0,13			
	Re	0,04			
Toplam		1,91	0,52	32,00	8,38

Tablo 4.2 Isı kaybı hesabı (devamı)

Duvar yüzeyleri (düşük sıcaklıklı, betonarme)	Sıva	0,22			
	Betonarme	0,12			
	Isı yalıtım malzemesi	1,67			
	Sıva	0,02			
	Ri	0,13			
	Re	0,04			
Toplam		2,20	0,46	40,00	9,11
Tavan (üzeri açık)	Alçı sıva	0,02			
	Alçı karton plaka	0,08			
	Betonarme	0,05			
	Isı yalıtım malzemesi	0,22			
	Şap	0,43			
	Mozaik	0,01			
	Ri	0,13			
	Re	0,04			
Toplam		0,98	1,02	150,00	153,20
Tavan (çatılı)	Sıva	0,04			
	Betonarme	0,05			
	Isı yalıtım malzemesi	0,22			
	Ri	0,13			
	Re	0,08			
Toplam		0,52	1,93	230,00	354,23

Tablo 4.2 Isı kaybı hesabı (devamı)

Taban (toprak temaslı)	Sert odun tip levha	0,04			
	Şap	0,02			
	Isı yalıtım malzemesi	1,33			
	Tesviye şapı	0,14			
	Hafif beton	0,01			
	Ri	0,17			
	Re	0,00			
Toplam		1,72	0,58	200,00	58,30
Taban (açık geçit üzeri/çıkma)	İğne yapraklı ahşap	0,08			
	Şap	0,14			
	Betonarme	0,05			
	Isı yalıtım malzemesi	1,14			
	Sıva	0,23			
	Ri	0,13			
	Re	0,04			
Toplam		1,81	0,55	365,00	201,75
Dış kapı			4,00	2,50	10,00
Dış kapı			4,00	7,00	28,00
İç kapı			2,00	2,50	2,50
Pencere			2,40	175,00	420,00
Yapı bileşenlerinde gerçekleşen toplam ısı kaybı					1325,11

Tablo 4.2' den iletim ve taşınım yoluyla oluşan ısı kaybı H_T hesaplanmış olup, $H_T = 1325{,}11\ W/K$ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca doğal havalandırma yoluyla oluşan ısıl kayıp da hesaplanmak istendiğinde,

$$H_V = 0{,}33 * \eta_h * V_h \tag{4.1}$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada $\eta_h = 0{,}8$ sabit olarak kabul edilmiştir. Bina brüt hacmi $V_{brüt} = 4000m^3$ olarak belirlenmiş olup, havalandırılacak olan alan $V_h = 0{,}8 * V_{brüt}$ formülünden $V_h = 3200\ m^3$ bulunur. Buradan, $H_V = 844{,}8\ W/K$ olarak hesaplanmıştır. Binanın toplam özgül ısıl kaybı ise,

$$H = H_V + H_T \tag{4.2}$$

formülünden $H = 2169{,}91\ W/K$ olarak hesaplanmaktadır.

Binanın net alanı ise, $A_n = 0{,}32 * V_{brüt}$ formülünden $A_n = 1280\ m^2$ olarak hesaplanmaktadır. Buradan, binadaki aylık ortalama iç kazanç değeri,

$$\phi_{i,ay} = 5 * A_n \quad (W) \tag{4.3}$$

formülü ile hesaplanabilir. $\phi_{i,ay} = 6400\ W$ olarak bulunur.

Aylık güneş enerjisi kazancı TS 825 standardında ortalama değer olarak hesaplanarak kullanılmaktadır. Fakat bu çalışmada anlık olarak ölçülmüş güneş ışınım değerlerinden faydalanarak aylık güneş enerjisi kazancı dinamik hale dönüştürülmüştür. Aylık güneş enerjisi kazanç formülü

$$\phi_{s,ay} = \epsilon\ r_{i,ay} * g_{i,ay} * I_{i,ay} * A_i \tag{4.4}$$

şeklinde belirtilmiştir. Burada gölgelenme faktörü, saydam elemanların güneş geçirme faktörü ve toplam pencere alanı sabit kalmak şartıyla güneş ışınımı değeri her yön için ayrı ayrı hesaplanıp toplanarak dinamik bir güneş enerjisi kazanç grafiği oluşturulmuştur. Ayrıca bu dinamik değerlerden yola çıkarak KKO_{ay} kayıp kazanç oranı ve kazanç kullanım faktörü değerleri de dinamik değerler halini alıp dinamik ısıtma ihtiyacı ve ısıl kayıp grafikleri oluşturulmuştur. Böylece TS 825 standardındaki ortalama değer hesapları dinamik hale dönüştürülmüş oldu.

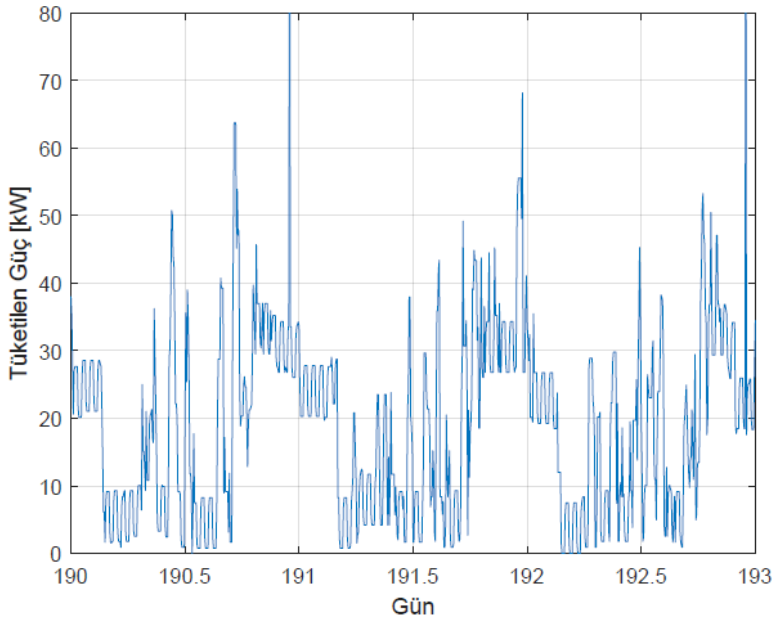
4.4 Dinamik Elektriksel Modelleme

Akıllı bina sisteminde oluşturulan elektriksel modelleme sistemi rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulacak bir enerji üretim sistemini içermektedir. Akıllı bina sisteminin çatısına kurulan güneş panelleri sayesinde güneş enerjisi, rüzgâr türbinleri sayesinde de rüzgârdan enerji elde edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca güç tüketimleri ise akıllı binadaki bütün yüklerin anlık olarak çektiği güçlerden oluşan gerçek bir yük profili çizelgesi ile belirtilmiştir [58,59].

Tablo 4.3 Akıllı bina yük profili

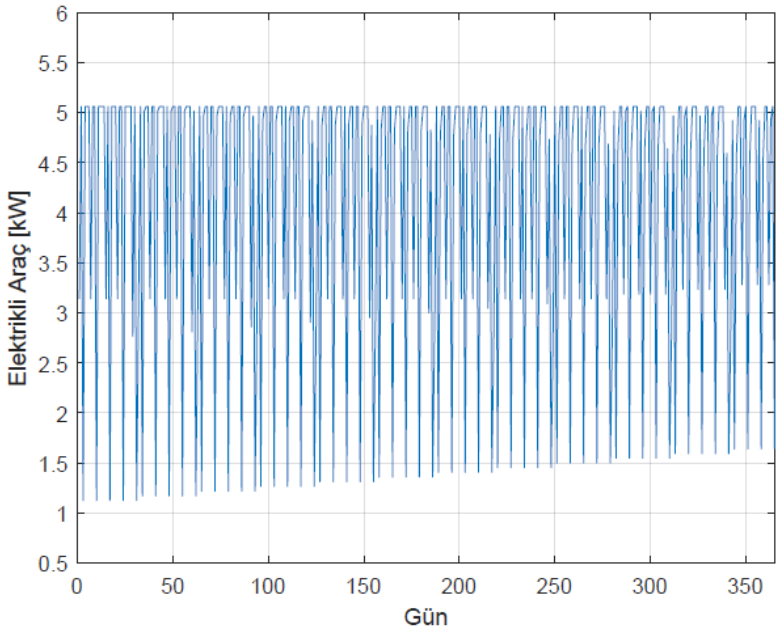
	GÜÇ (Watt)	ÇALIŞMA SÜRESİ	YÜK KARAKTERİSTİĞİ
Aydınlatma	300x10	Günde 5 saat	Sabit yük
Buzdolabı	150x10	Günde 24 saat	Sabit yük
Televizyon	90x10	Günde 3 saat	Sabit yük
Laptop	76x10	Günde 2 saat	Sabit yük
Fırın	2050x10	Günde 1 saat	Sabit yük
Mikrodalga	900x10	Günde 0.5 saat	Sabit yük
Su ısıtıcısı	2200x10	Günde 0.5 saat	Sabit yük
Elektrikli süpürge	1500x10	Günde 0.5 saat	Sabit yük
Bulaşık Makinesi	1800x10	Günde 2 saat	Değişken yük
Çamaşır Makinesi	800x10	2 günde 3 saat	Değişken yük
Elektrikli Araçlar	24000x3	-	Esnek yük

Tablo 4.3' te binada kullanılan yükler sabit, değişken ve esnek yükler olmak üzere üç sınıfa ayrılarak detaylı şekilde gösterilmiştir. Ayrıca yüklerin çektikleri güç miktarları ve günlük ortalama çalışma süreleri de bütün bina için toplam olarak verilmiştir.



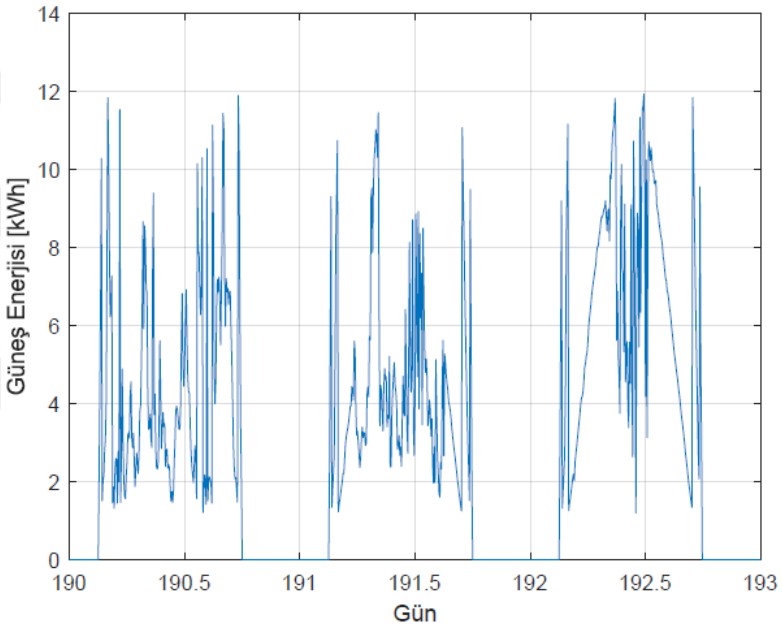
Şekil 4. 6 Akıllı evdeki 3 günlük tüketilen güç (Temmuz 9-11)

Şekil 4.6 akıllı bina sistemine ait bütün yüklerin anlık olarak çektiği güçleri göstermektedir. Grafik daha detaylı olması açısından Temmuz ayının 9-11 günleri arasındaki 3 gün boyunca anlık güç değişimlerini göstermektedir. Bu grafikteki gibi bütün yıl boyunca anlık olarak sistemden çekilmesi planlanan güç grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4. 7 EA şarj gücü ihtiyacı

Şekil 4.7 akıllı binada EA' ların şarj ihtiyacı için gerekli güç miktarlarını günlük ortalama olarak göstermektedir. Bu akıllı bina sisteminde 10 daireden oluşan apartmanda 3 adet de EA kullanıldığı belirlenmiştir. Akıllı bina sistemine bu e EA' ların şarj olabilmesi 3 farklı modelde üç farklı batarya sistemine sahip araçlardır. EA' lar 41,10.4,20 kWh batarya kapasiteleri olmak üzere 3 adet seçilmiştir. Akıllı bina sistemine bu EA' ların şarj olabilmesi için 3 soketli 22 kVA gücünde bir elektrikli şarj istasyonu koyulmuştur. EA' ların şarj olma profilleri de İstanbul' da ortalama bir aracın 40 km yol alması üzerinden hesaplanmıştır [60,61,62]. Şekil 4.7 ise araçların toplam şarj olma profillerini detaylı olarak göstermektedir.



Şekil 4. 8 Güneşten elde edilen örnek 3 günlük enerji miktarı(Temmuz 9-11)

Şekil 4.8 güneş enerjisi sisteminden elde edilen enerji miktarını göstermektedir. Daha detaylı anlaşılabilmesi için Temmuz ayının 9-11 günleri arasındaki 3 günlük güç üretimi gösterilmiştir. Bu grafikte günün bazı saatlerinde güç üretiminin sıfır olduğu durumlar olduğu görülmektedir. Bu saatler güneş enerjisinden faydalanılamayan gece saatleridir. En yüksek güç üretimi ise ışınımın en yüksek olduğu öğle saatleridir [63]. Akıllı binada kullanılan güneş enerjisi sistemi şu şekilde oluşturulmuştur:

Öncelikle akıllı evin mimarisinden 150 m^2 olan çatı alanının kullanılabilir alanı yaklaşık olarak 80 m^2 olarak belirlenmiştir. Bu alan için de her biri 1,7 m^2 olan 46

adet güneş paneli koyulmuştur. Güneş panellerinin her birinin maksimum gücü 260 Watt olarak seçilmiştir. Güneş paneli sisteminde güç üretimi ise,

$$P_{max} = ((T - 25) * (T_{temp\ coef}) + 100)/100 \quad (4.5)$$

$$P_{pv} = P_{max} * I_{act}/1000 \quad (4.6)$$

Burada,

T: Dış sıcaklık (°C)

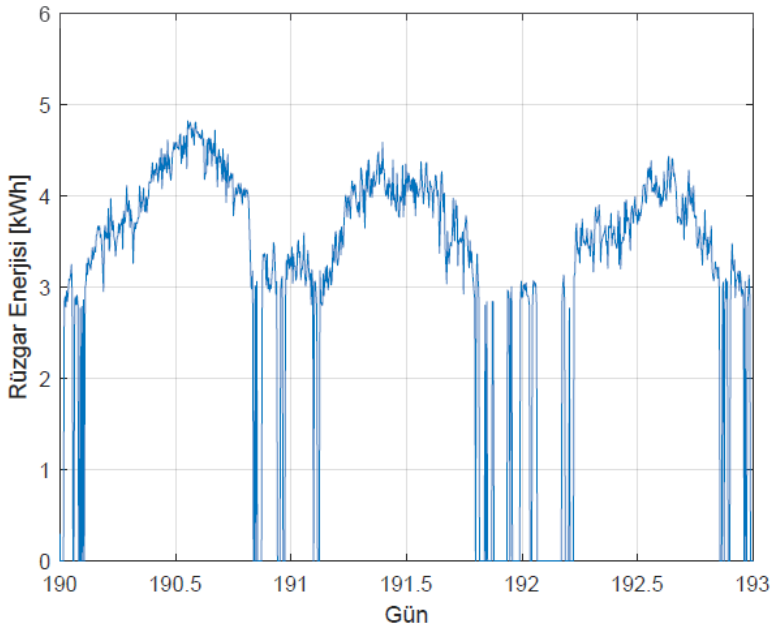
$T_{temp.\ coeff}$: Sıcaklık katsayısı

P_{max}: Maksimum güç (W)

I_{act}: Güneş ışınım değerleri (W/m^2)

P_{pv}= Güneşten elde edilen güç (W)

formülleri ile hesaplanarak grafik 2 dinamik olarak oluşturulmuştur.



Şekil 4. 9 Rüzgardan elde edilen örnek 3 günlük enerji miktarı (Temmuz 9-11)

Şekil 4.9 rüzgâr türbinlerinden anlık olarak elde edilen enerji miktarını göstermektedir. Daha detaylı anlaşılabilmesi için Temmuz ayının 9-11 günleri arasındaki 3 günlük güç üretimi gösterilmiştir.

Rüzgâr türbinleri akıllı evin çatısının dört köşesine koyulacak şekilde 4 adet her birinin maksimum güç üretimi 1.5 kW olan küçük güçlü rüzgâr türbinlerinde seçilmiştir. Rüzgâr türbinlerinden elde edilen güç miktarı,

$$P_w = \frac{1}{2} * N * A * \rho * C_p * V^3 \quad (4.7)$$

Burada,

N: Rüzgâr türbini sayısı (adet)

A: Rüzgâr türbini kanatlarının süpürdüğü alan (Π*R^2) (m^2)

R: Rüzgâr türbinin bir kanadının uzunluğu (m)

ρ: havanın yoğunluğu (1.225 kg/m^3)

C_p: Rüzgâr türbinin veriminin yüzdelik ifadesi

V: Rüzgâr hızı (m/s)

Burada, seçilen rüzgâr türbinlerinin etiket değerlerinden cut-in ve cut-out değerleri de dikkate alınmıştır.

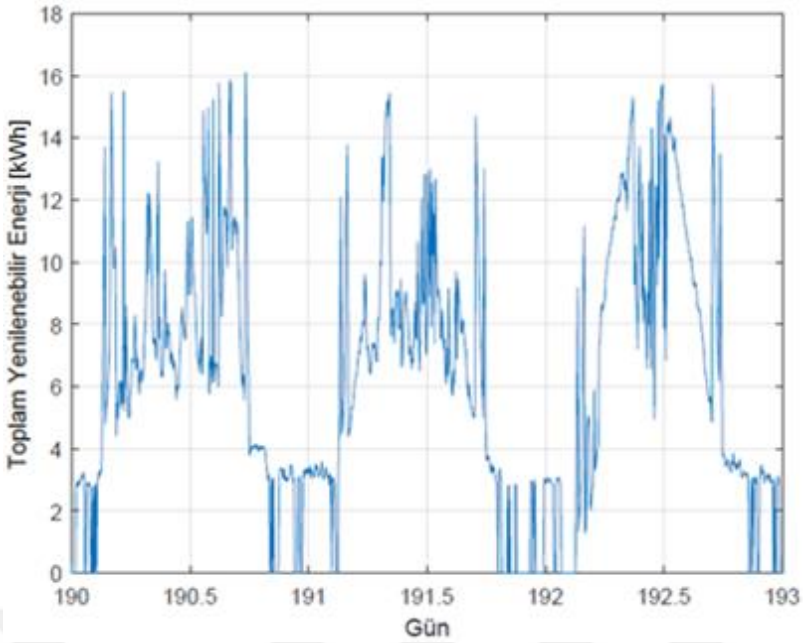
$$cut - in = 1{,}5\ m/s$$

$$cut - out = 10\ m/s$$

olarak belirlenmiştir. Ayrıca rüzgâr türbinleri bina çatısında bulunduğundan dolayı belirli bir yükseklikte çalışmaktadır ve bu yükseklikten kaynaklı olarak da rüzgar hızı belirli bir oranda değişmekte ve güç üretimini arttırmaktadır. Güç değişimi,

$$\frac{V_1}{V_2} = (\frac{h_1}{h_2})^n \quad (4.8)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada, h_1 yüksekliğindeki hız V_1, h_2 yüksekliğindeki hız V_2 olarak tanımlanmaktadır. n ise termal kararlılığa bağlı bir sabit olup nötr şartlarda 1/7' dir [56,57] .



Şekil 4. 10 YES' ten elde edilen örnek 3 günlük enerji miktarı (Temmuz 9-11)

Şekil 4.10 ise hem güneş hem de rüzgâr sisteminden anlık olarak elde edilen toplam enerji miktarını göstermektedir. Burada daha detaylı incelenebilmesi için Temmuz ayı 9-11 arasındaki 3 günlük enerji üretim grafiği gösterilmiştir. Gece saatlerinde sadece rüzgâr türbinlerinden güç üretilebildiği için güç üretimi gece saatlerinde gündüz saatlerine göre daha düşük olmaktadır.

4.5 Enerji Yönetimi ve Modelleme

Oluşturulan ısıl model ve elektriksel model birbiri ile entegre edilerek akıllı bina sistemine bir enerji yönetim sistemi uygulanmaktadır. Bu enerji yönetim sistemi YES' ten elde edilen enerjiyi maksimum olarak kullanarak şebeke sistemine olan bağlılığı azaltmayı amaçlamaktadır. YES' den üretilen gücün depolanması için herhangi bir depolama sistemi kullanılmamıştır. P2H tekniği kullanılmıştır. Evdeki iç sıcaklık konfor sıcaklık değerleri arasında kalacak şekilde artıp azalarak enerji ihtiyacına göre konut sakinlerini rahatsız etmeyecek küçük değişimlerle değişmektedir. Bu konfor sıcaklık aralıkları kış ve sonbahar aylarında 19 dereceden yüksek derece arasında, yaz ve ilkbahar aylarında ise 25 dereceden alçaktır [66]. Akıllı bina ısıtma sistemi kombi ile çalışmakta olup elektrikli ısıtıcı ile de ekstra ısı sağlanabilmektedir. Soğutma sistemi ise yalnızca split klimadan

oluşmaktadır. Her bir dairede kullanılacak elektrikli ısıtıcının gücü 2000W olarak seçilmiştir. Her bir dairede kullanılacak klima ise 16000 Btu gücündedir [67,68].

Enerji yönetim sisteminin çalışma prensibi ise, öncelikli olarak YES' ten gelen enerjiyi kullanmaktır. Bu sistemde YES' ten daha fazla faydalanabilmek ve böylece enerji maliyetini düşürebilmek adına P2H, yük öteleme ve EA esnek şarjı yöntemleri kullanılmıştır. Yük öteleme sistemi kullanılabilmesi için öncelikle değişken yükler belirlenmiştir. Değişken yükler çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, esnek yükler ise EA' lar, P2H yöntemi için kullanılan yükler ise elektrikli ısıtıcı, kombi ve klimadır. Talep gücünde en büyük esnekliği sağlayan yük EA' lar olmaktadır. Gün içerisinde çamaşır makinesi ve bulaşık makinesinin kullanım saatleri öncelikle yenilenebilir enerjinin fazla olması durumuna bağlı olarak ötelenmektedir. Ayrıca EA' ların şarj kontrolü de şebekeden en az güç çekecek ve şebekeden çekilmesi zorunlu olduğu halde de mümkün olan en düşük tarifeden olacak şekilde tasarlanmıştır. Buradaki amaç da YES' den maksimum derecede fayda sağlamaktır. Yük öteleme sisteminin performansından ekonomik olarak fayda sağlayabilmek için mesken tarifesinin üç zamanlı tarife olması gerekmektedir. Üç zamanlı tarife gece, gündüz ve puant tarifeden oluşmaktadır. Gündüz tarifesi 06-17, puant tarife 17-22, gece tarifesi 22-06 saatleri arasında olmaktadır. En yüksek fiyat dilimi puant tarifede, en ucuz fiyat dilimi ise gece tarifesindedir. Burada yük öteleme sisteminde öncelikle elektrik enerji talebinin YES' ten karşılanması; eğer YES yetersiz kalıyor ve şebekeden enerji alınacaksa da puant tarifeden diğer tarifelere ya da gündüz tarifesinden gece tarifesine öteleme şeklinde yol izlenerek faturalarda tasarruf yapılması amaçlanmıştır [69,70].

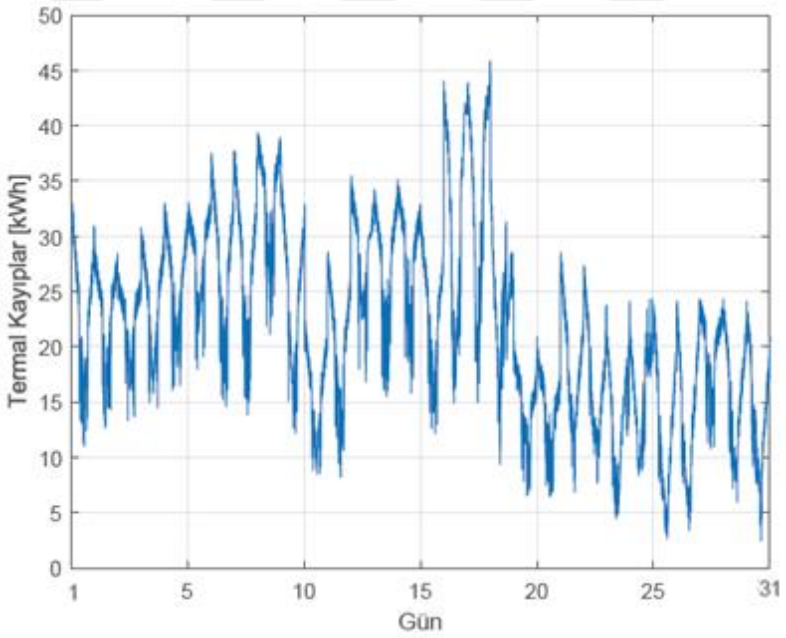
Enerji yönetim sistemi işletim sırasında enerji maliyetini düşürmenin yanında akıllı binadaki iç sıcaklık konforunu da korumaktadır. Elektriksel ve ısıl bina modelinin entegrasyonu ile YES' ten üretilen enerjinin talep edilen enrjiden fazla olması durumunda enerjinin iç ortam sıcaklığında depolanması prensibi ile P2H yöntemi çalışmaktadır. Bu yöntemde kullanıcı konfor sıcaklığı aralığında kalmak şartıyla ısıtma sistemi olan elektrikli ısıtıcı ile sıcaklık yükseltilebilmekte ya da soğutma sistemi olan klima ile iç sıcaklık düşürülebilmektedir. Bu sistemde sıcaklık değişim hızı ve sıcaklık aralığı sınırlanarak her zaman kullanıcı konforunun minimum seviyede etkilenmesi sağlanmıştır. Böylece bu sistem

sayesinde batarya gibi bir enerji depolama sistemi kullanılmadan YES tarafından üretilen fazla enerji binayı ısıtma/soğutma da kullanılarak bina sıcaklığında bu enerji depolanmış olmaktadır. Ayrıca gerektiğinde elektrikli ısıtıcı tarafından da ısı sağlanabilmesi sayesinde de kış aylarındaki kombi tarafından harcanan doğalgaz miktarı da azaltılarak doğalgaz faturalarında da düşüş sağlanacaktır.

4.6 Simülasyon Çıktıları

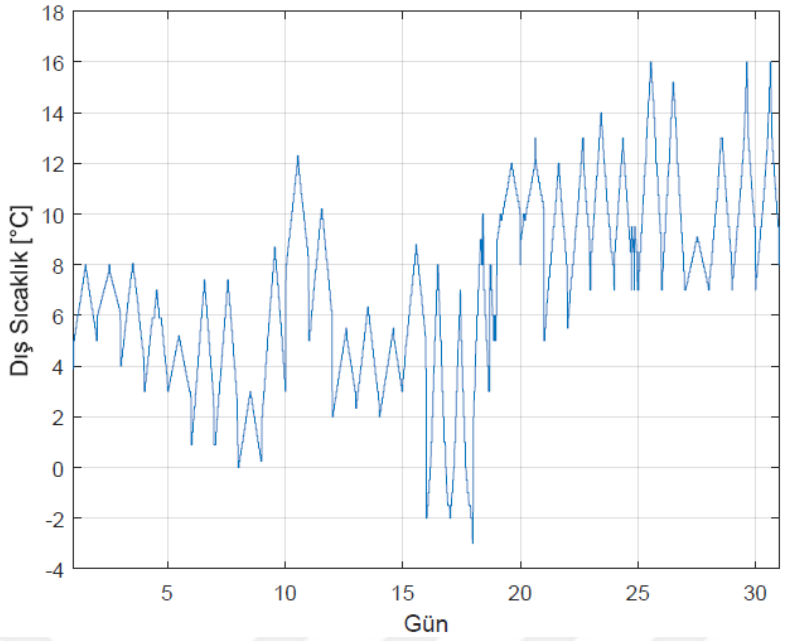
Yapılan modellemeler ve enerji yönetimi uygulaması sonrasındaki simülasyonlar sonuçları her ay için ve yıllık toplam olarak verilmiştir. Her ay için ısıl kayıp miktarı, iç sıcaklık değişimi, ısıtma ve soğutma enerjileri, yenilenebilir enerji, ötelemeli ve ötelemesiz yüklerin sonuçları verilmiştir.

4.6.1 Ocak Ayı



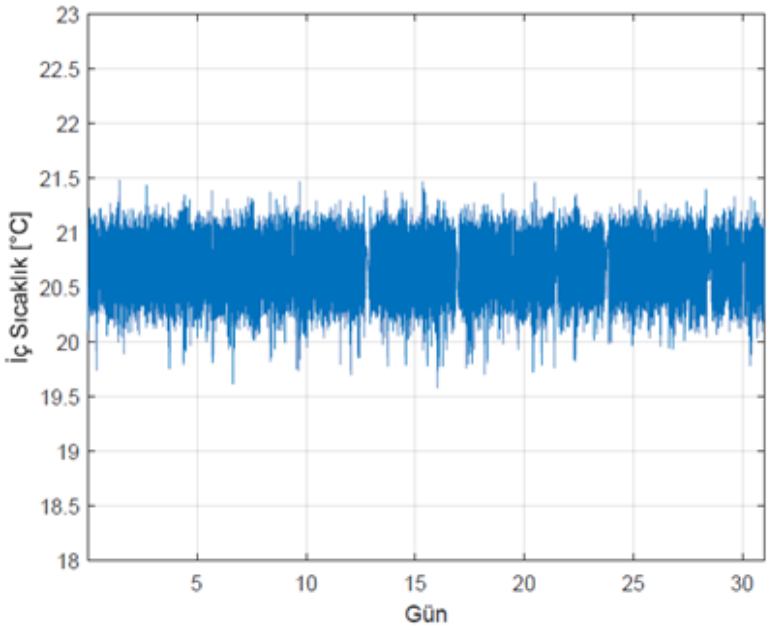
Şekil 4. 11 Ocak ayı termal kayıplar

Şekil 4.11 Ocak ayındaki akıllı bina sisteminin anlık olarak kaybettiği ısıl kaybı göstermektedir. Ocak ayı yılın en soğuk ayı olduğundan dolayı ısıl kaybın en yüksek olduğu aydır. Grafikteki düzenli iniş çıkışların sebebi ise gece gündüz arasındaki sıcaklık farkından dolayıdır.



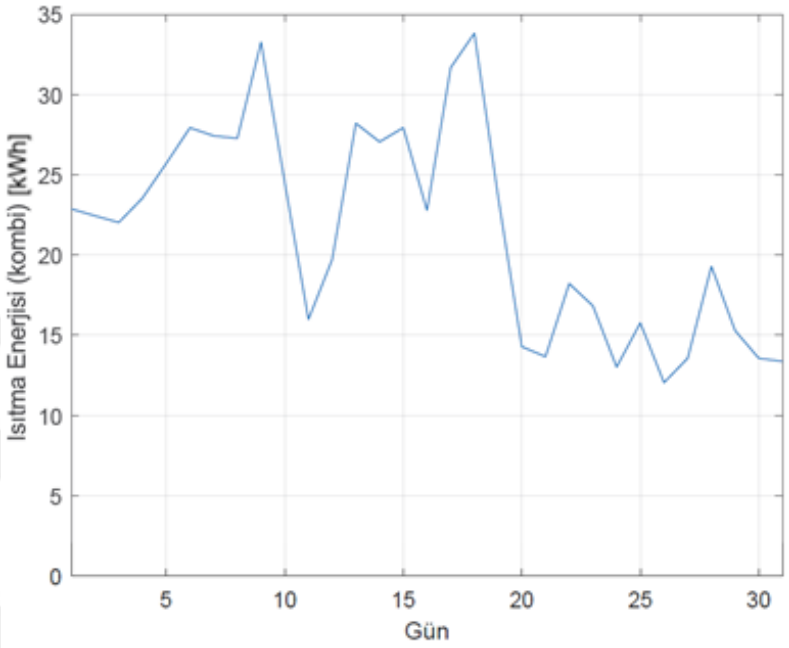
Şekil 4. 12 İstanbul Ocak ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.12 İstanbul için Ocak ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 16 °C, en düşük hava sıcaklığının ise -3 °C olduğu görülmektedir.



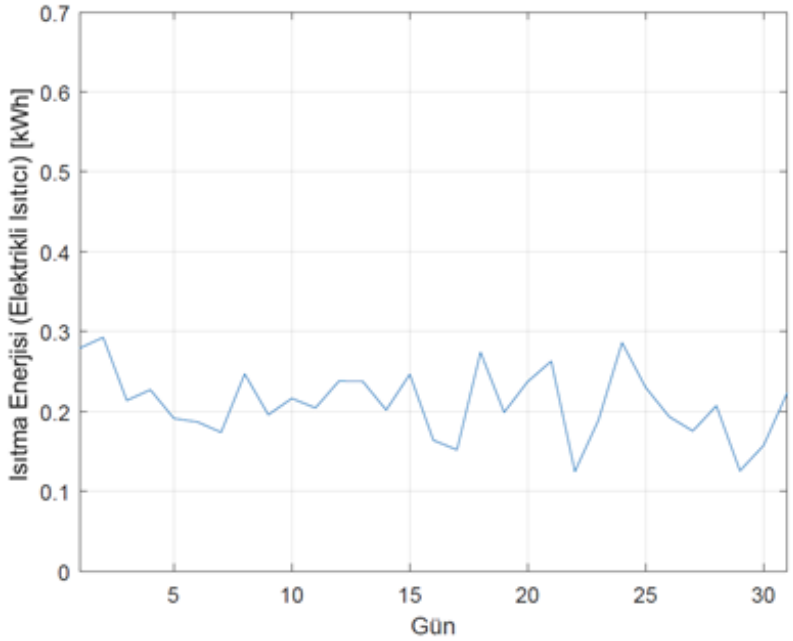
Şekil 4. 13 Ocak ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.13 akıllı binadaki Ocak ayındaki iç sıcaklık değerlerini göstermektedir. Burada da evdeki konfor sıcaklığının değişmediği görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde kombi ve ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kayıp evin sıcaklığını sürekli olarak düşürme eğilimde olmasından dolayı kombi ve ısıtıcı bu ısıl kaybı dengelemeye çalışmaktadır.

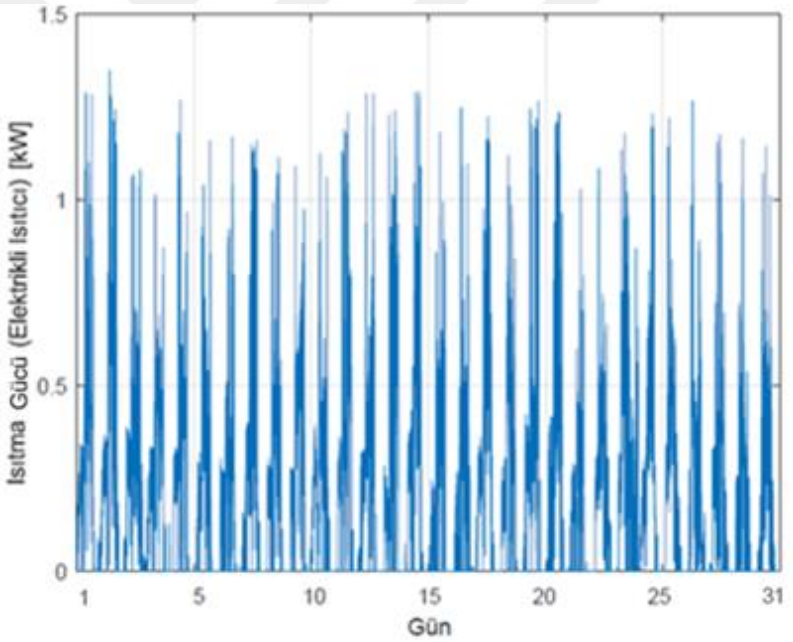


Şekil 4. 14 Ocak ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması

Şekil 4.14 Ocak ayındaki akıllı binadaki kombi ısıtma sisteminin evdeki ısıyı konfor derecesi aralığında tutmak için harcadığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir.



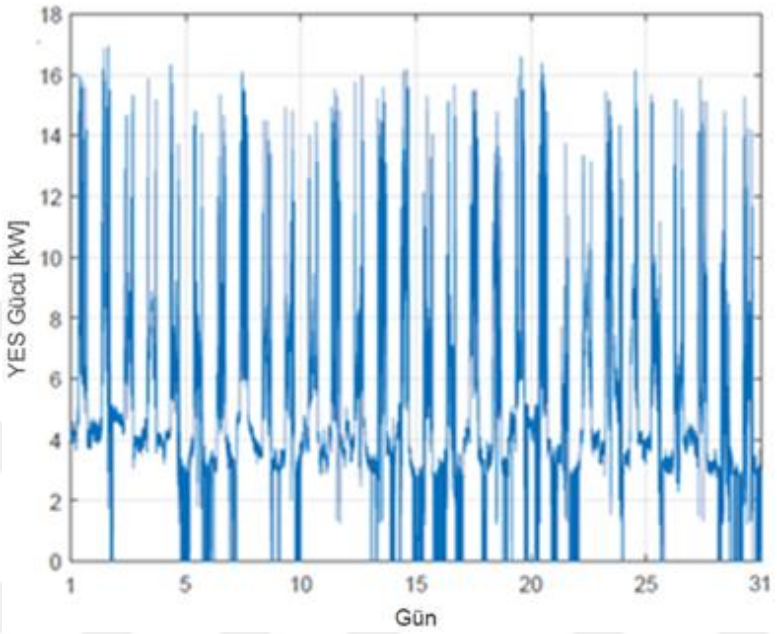
Şekil 4. 15 Ocak ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması



Şekil 4. 16 Ocak ayı elektrikli ısıtıcının anlık ısıtma gücü

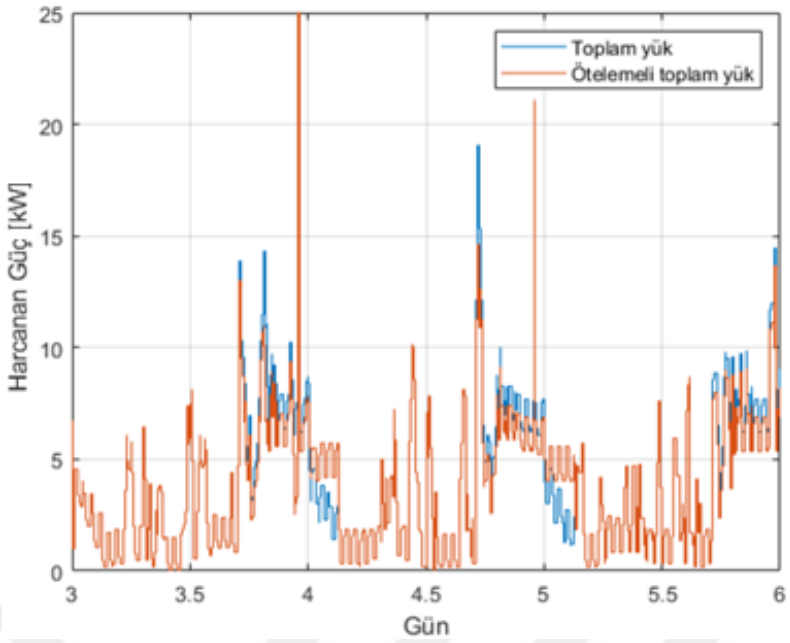
Şekil 4.15 Ocak ayındaki YES' ten üretilen fazla enerjinin anlık olarak şebekeye satılmak yerine ısıtıcı tarafından kullanılarak konfor değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde ısıtıcının eve sağladığı günlük ortalama ısıtma enerjisi miktarını göstermektedir. Şekil 4.16 ise elektrikli ısıtıcı sisteminin anlık ısıtma gücünü göstermektedir. YES' ten üretilmiş olan ve şebekeye satılmak üzere fazla

kalan enerji ısıda depolanarak şebekeye satılması önlenmiştir. Ayrıca iç sıcaklık değeri de konfor aralığında kalmıştır. Böylece enerji ısıda depolanmış ve ısıl kayıplardan dolayı oluşan evdeki sıcaklık düşüşü en fazla konfor aralığının minimum değeri olacak şekilde kalarak kombinin kullandığı doğalgaz miktarı da düşürülmüştür.



Şekil 4. 17 Ocak ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

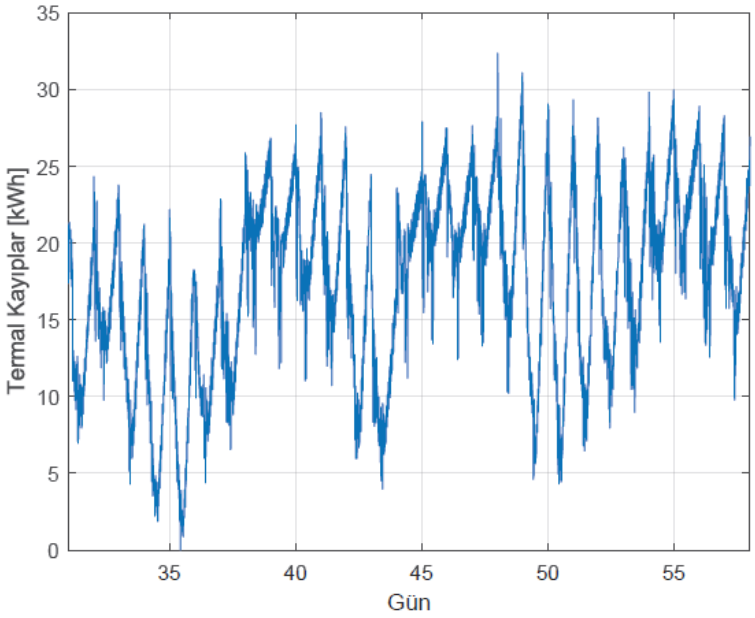
Şekil 4.17 Ocak ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden güç üretilebilmesidir.



Şekil 4. 18 Ocak ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

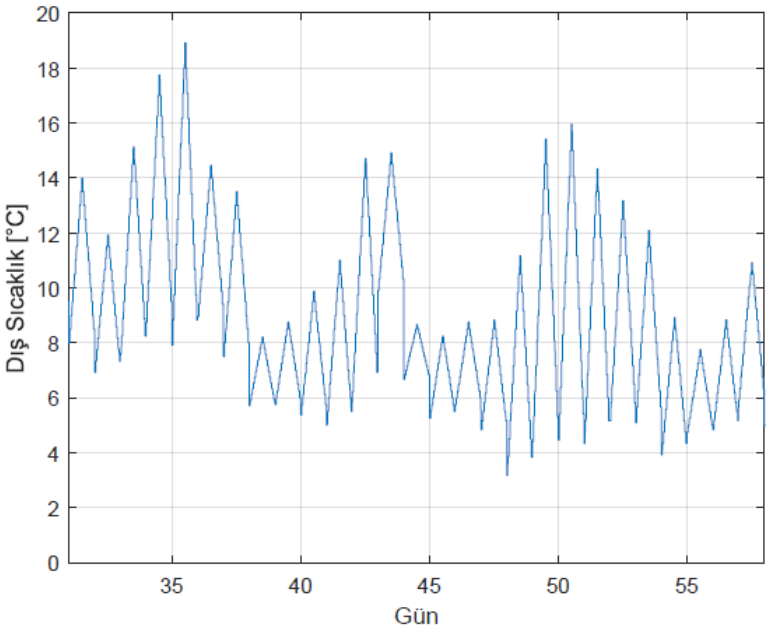
Şekil 4.18 Ocak ayının 3-6 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.2 Şubat Ayı



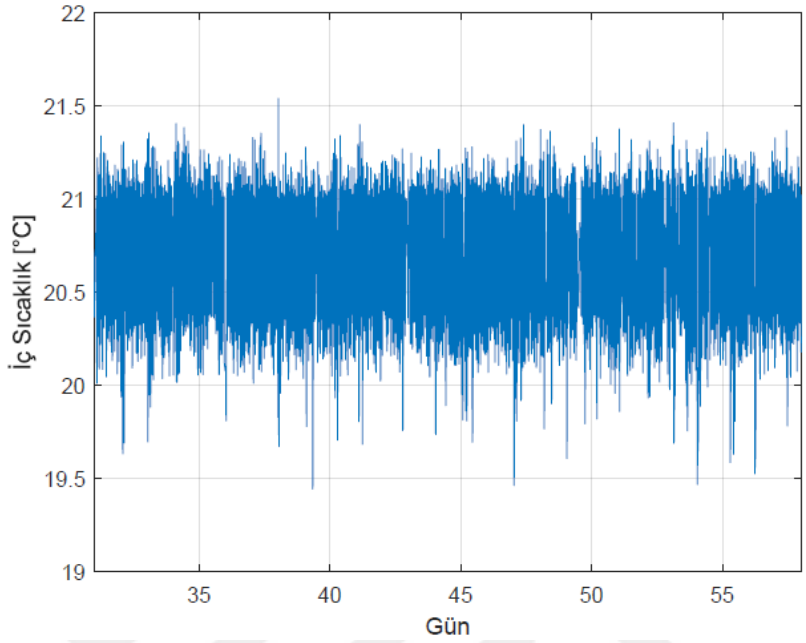
Şekil 4. 19 Şubat ayı termal kayıplar

Şekil 4.19 Şubat ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak kaybettiği ısıl kaybı göstermektedir. Şubat ayı kış aylarından biri olduğundan dolayı ısıl kaybın yüksek olduğu aylardandır. Grafikteki düzenli iniş çıkışların sebebi ise gece gündüz arasındaki sıcaklık farkından dolayıdır. Isıl kayıp Ocak ayına göre daha düşüktür.



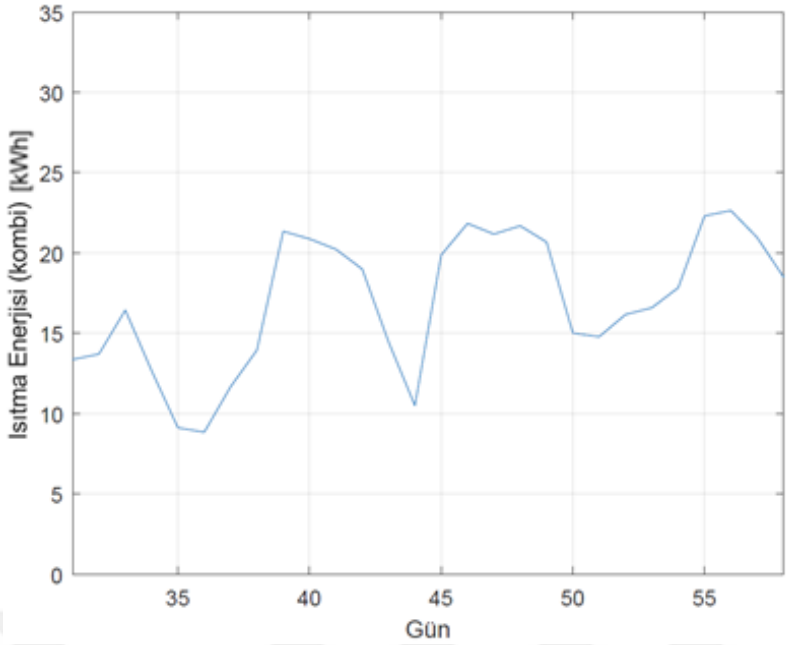
Şekil 4. 20 İstanbul Şubat ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.20 İstanbul için Şubat ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 19 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 3 °C olduğu görülmektedir.



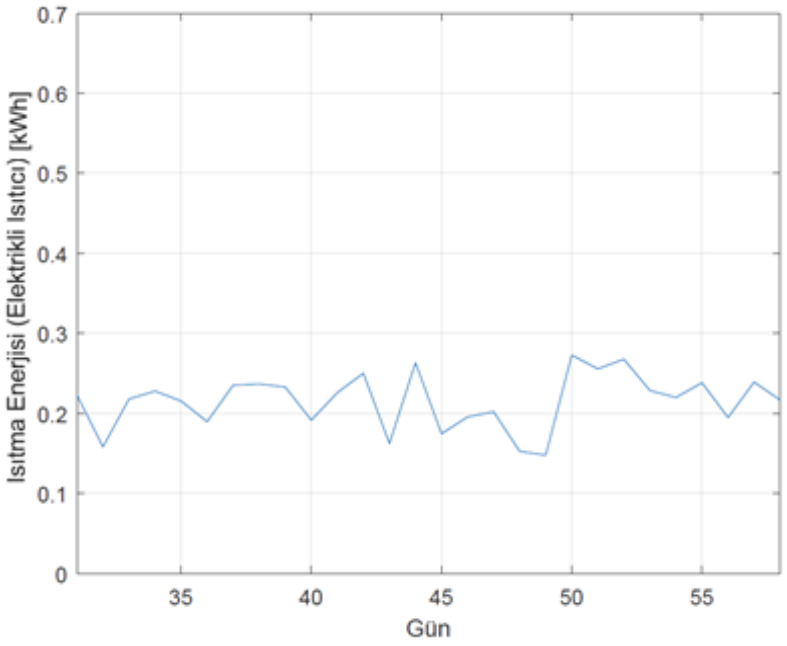
Şekil 4. 21 Şubat ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.21 akıllı binadaki Şubat ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada evdeki konfor sıcaklığının değişmediği görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde kombi ve ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kayıp evin sıcaklığını sürekli olarak düşürme eğilimde olmasından dolayı kombi ve ısıtıcı bu ısıl kaybı dengelemeye çalışmaktadır.

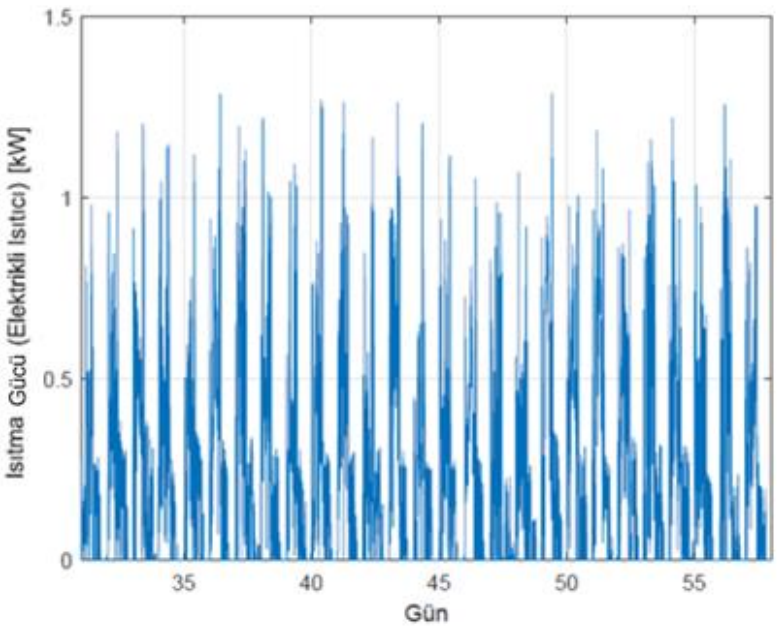


Şekil 4. 22 Şubat ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması

Şekil 4.22 Şubat ayındaki akıllı binadaki kombi ısıtma sisteminin evdeki ısıyı konfor derecesi aralığında tutmak için harcadığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir.

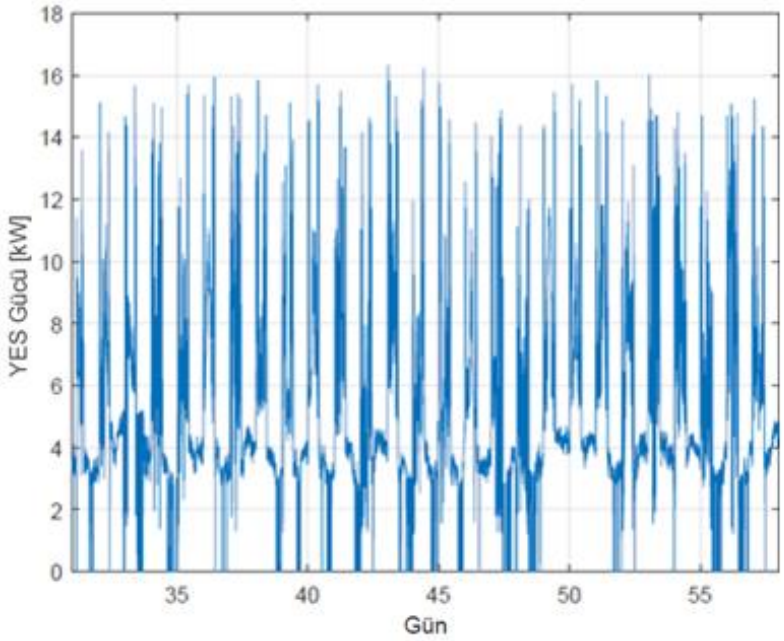


Şekil 4. 23 Şubat ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması



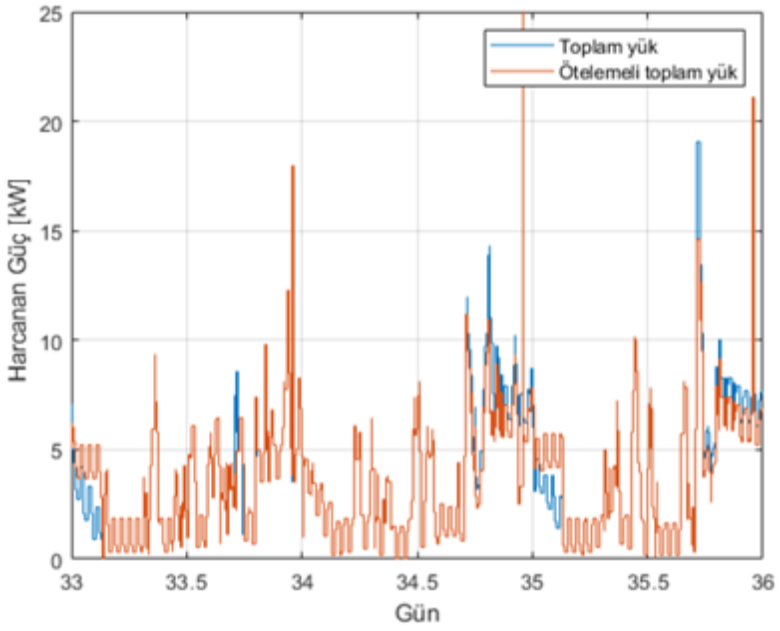
Şekil 4. 24 Şubat ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen güç

Şekil 4.23 Şubat ayındaki YES' ten üretilen fazla enerjinin anlık olarak şebekeye satılmak yerine ısıtıcı tarafından kullanılarak konfor değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde ısıtıcının eve sağladığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir. Şekil 4.24 ise elektrikli ısıtıcı sisteminin anlık ısıtma gücünü göstermektedir. YES' ten üretilmiş olan ve şebekeye satılmak üzere fazla kalan enerji ısıda depolanarak şebekeye satılması önlenmiştir. Ayrıca iç sıcaklık değeri de konfor aralığında kalmıştır. Böylece enerji ısıda depolanmış ve ısıl kayıplardan dolayı oluşan evdeki sıcaklık düşüşü en fazla konfor aralığının minimum değeri olacak şekilde kalarak kombinin kullandığı doğalgaz miktarı da düşürülmüştür.



Şekil 4. 25 Şubat ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

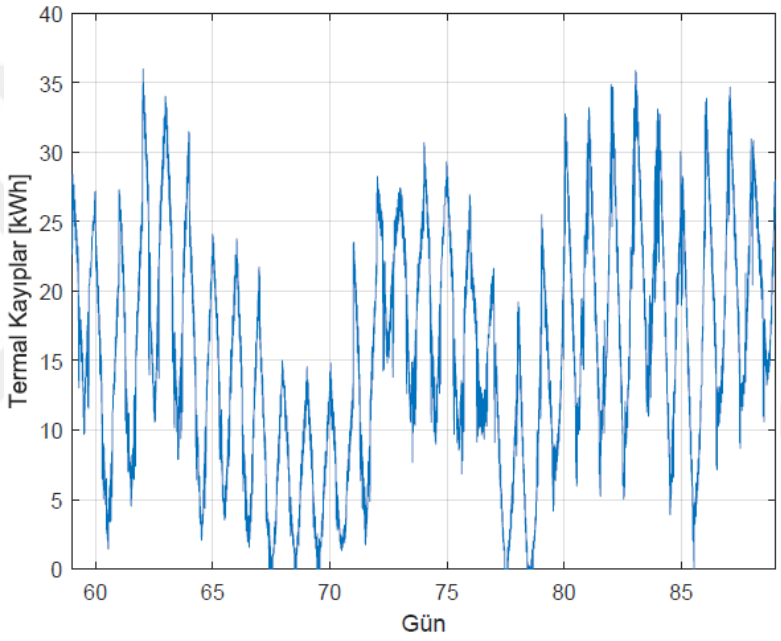
Şekil 4.25 Şubat ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen anlık güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden güç üretilebilmesidir.



Şekil 4. 26 Şubat ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

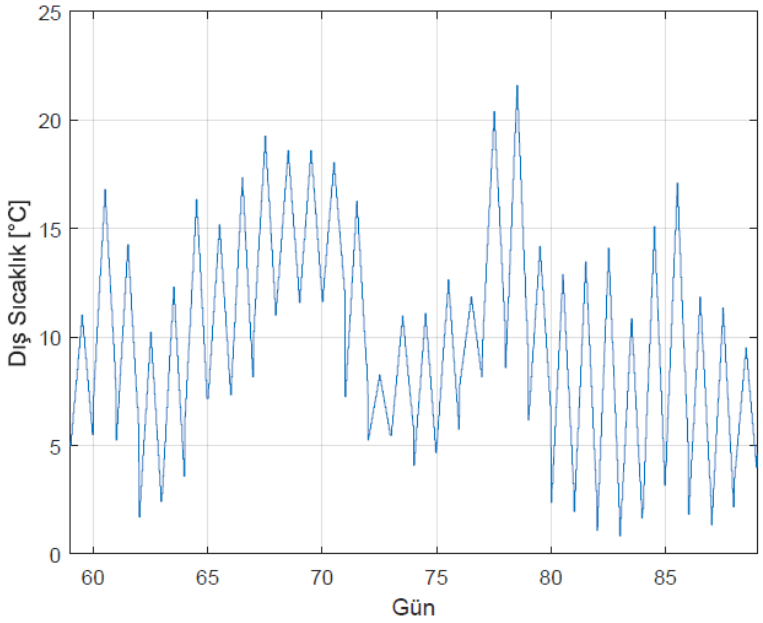
Şekil 4.26 Şubat ayının 3-6 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise EA' ların ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.3 Mart Ayı



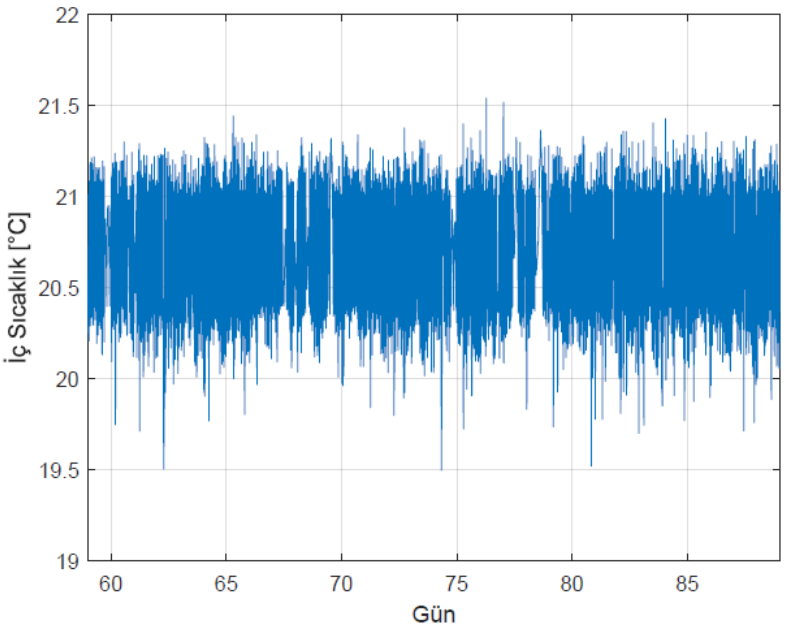
Şekil 4. 27 Mart ayı termal kayıplar

Şekil 4.27 Mart ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak kaybettiği ısıl kaybı göstermektedir. Mart ayı da soğuk aylardan biri olduğundan dolayı ısıl kaybın yüksek olduğu aylardandır. Grafikteki düzenli iniş çıkışların sebebi ise gece gündüz arasındaki sıcaklık farkından dolayıdır. Isıl kayıp Ocak ayına göre daha düşüktür.



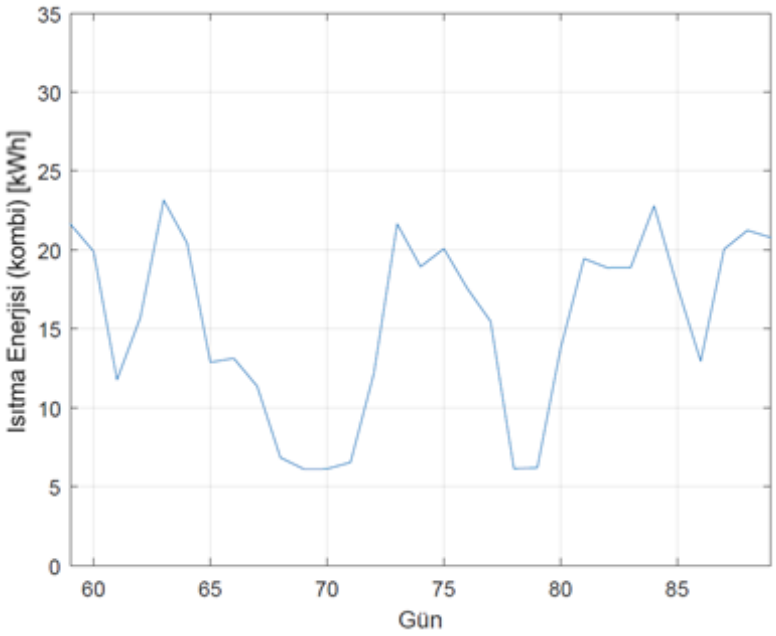
Şekil 4. 28 İstanbul Mart ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.28 İstanbul için Mart ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 21 °C, en düşük hava sıcaklığının ise -3 °C olduğu görülmektedir.



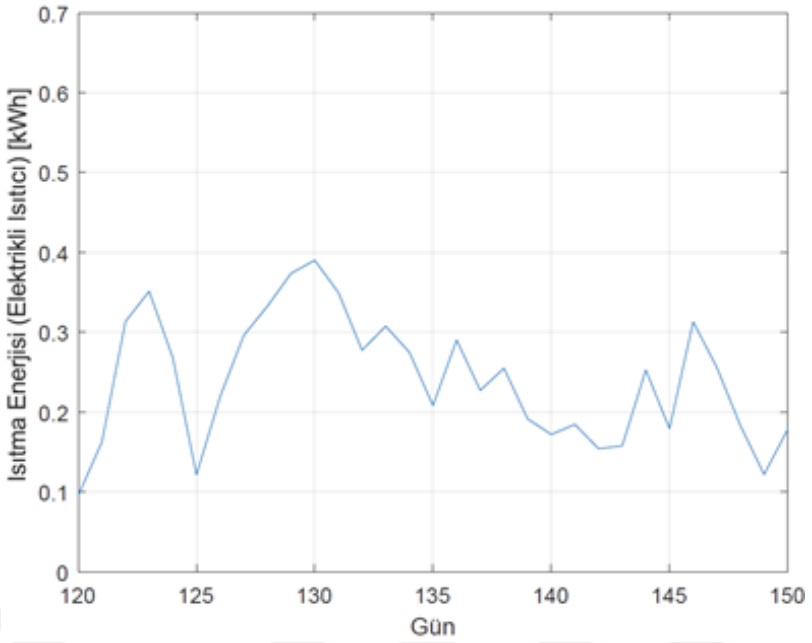
Şekil 4. 29 Mart ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.29 akıllı binadaki Mart ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada evdeki konfor sıcaklığının değişmediği görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde kombi ve ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kayıp evin sıcaklığını sürekli olarak düşürme eğilimde olmasından dolayı kombi ve ısıtıcı bu ısıl kaybı dengelemeye çalışmaktadır.

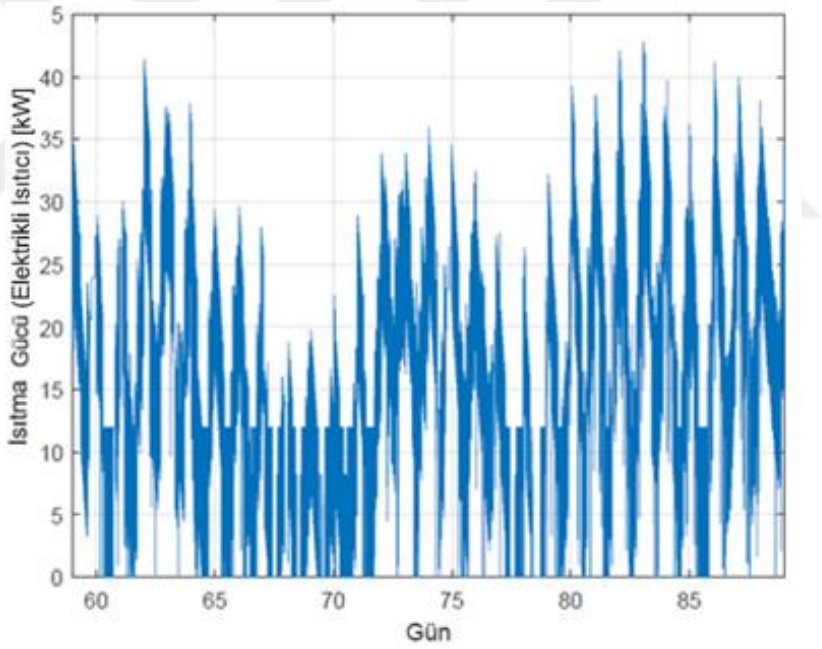


Şekil 4. 30 Mart ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması

Şekil 4.30 Mart ayındaki akıllı binadaki kombi ısıtma sisteminin evdeki ısıyı konfor derecesi aralığında tutmak için harcadığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir.



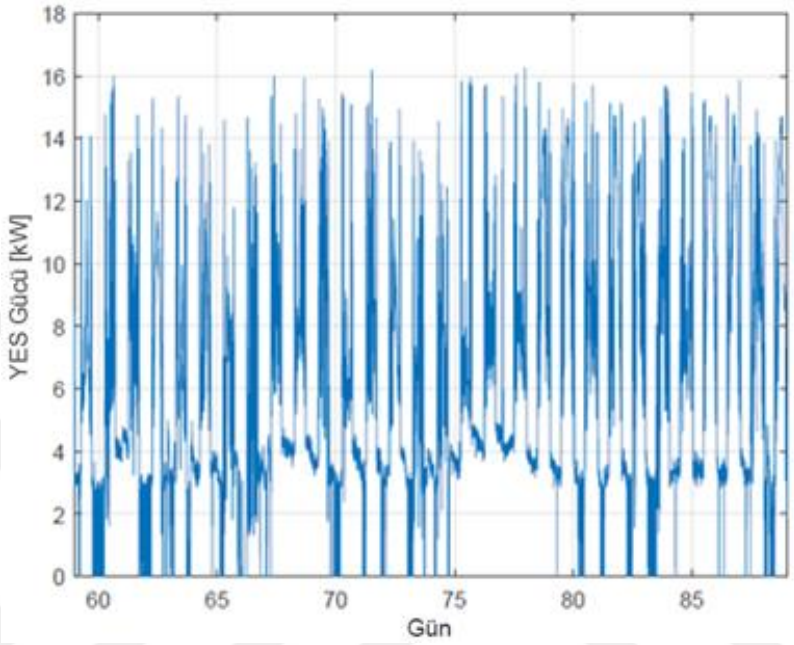
Şekil 4. 31 Mart ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması



Şekil 4. 32 Mart ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü

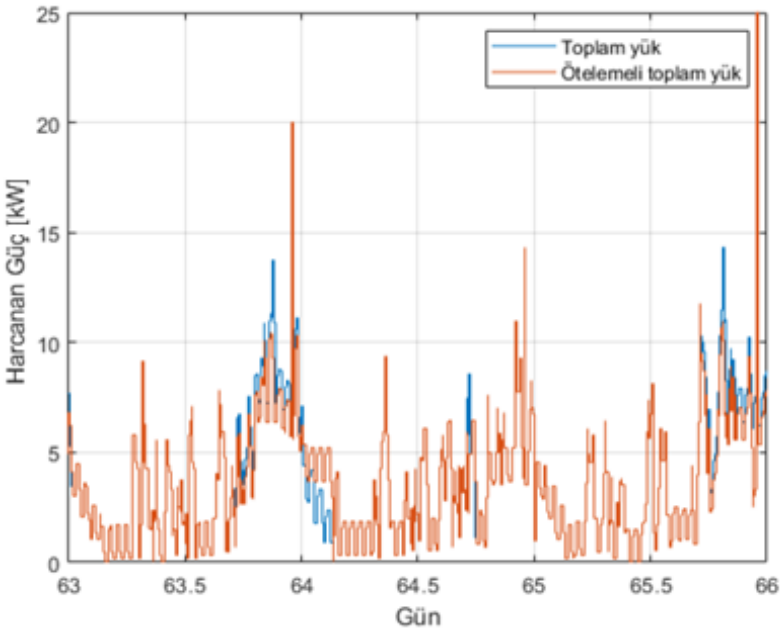
Şekil 4.31 Mart ayındaki YES' ten üretilen fazla enerjinin anlık olarak şebekeye satılmak yerine ısıtıcı tarafından kullanılarak konfor değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde ısıtıcının eve sağladığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir. Şekil 4.32 ise elektrikli ısıtıcı sisteminin anlık ısıtma gücünü göstermektedir. Mart ayındaki YES' ten üretilmiş olan ve şebekeye satılmak üzere

fazla kalan enerji ısıda depolanarak şebekeye satılması önlenmiştir. Ayrıca iç sıcaklık değeri de konfor aralığında kalmıştır. Böylece enerji ısıda depolanmış ve ısıl kayıplardan dolayı oluşan evdeki sıcaklık düşüşü en fazla konfor aralığının minimum değeri olacak şekilde kalarak kombinin kullandığı doğalgaz miktarı da düşürülmüştür.



Şekil 4. 33 Mart ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

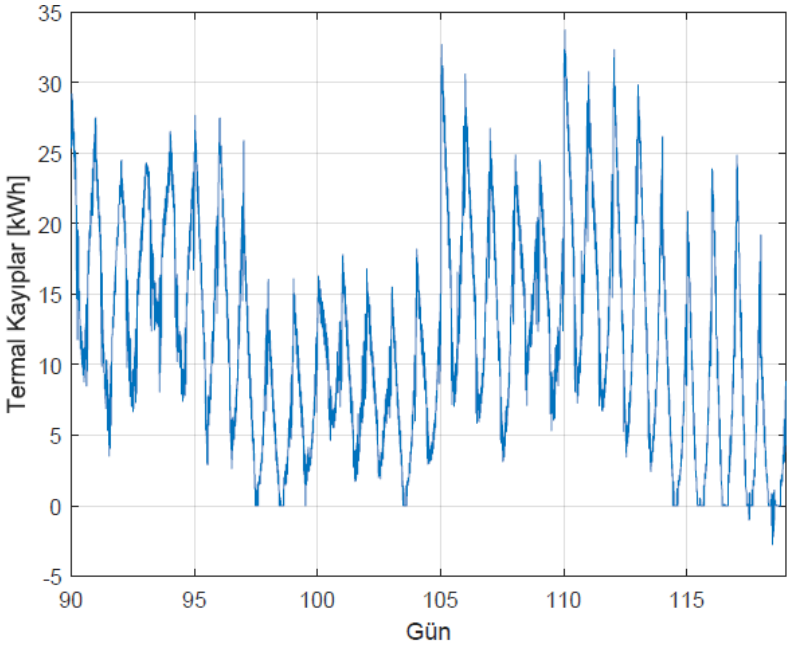
Şekil 4.33 Mart ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen anlık güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden güç üretilebilmesidir.



Şekil 4. 34 Mart ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

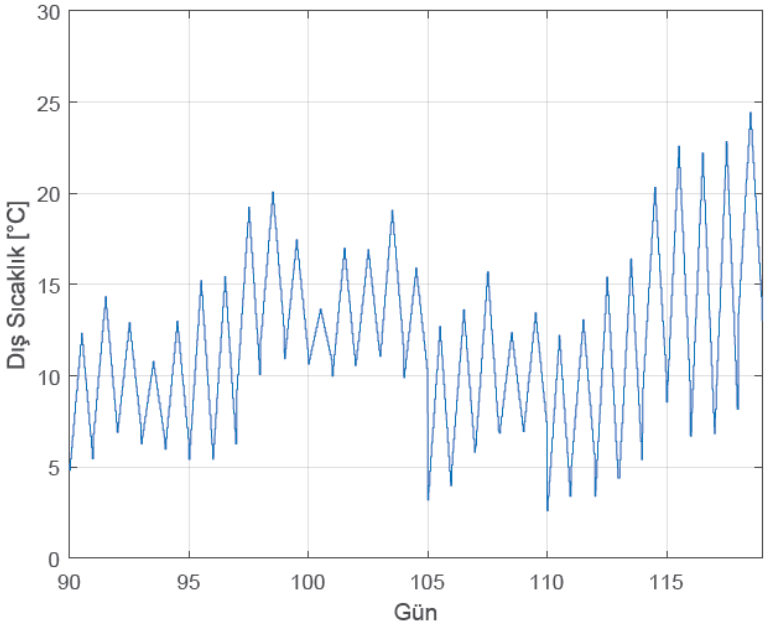
Şekil 4.34 Mart ayının 5-8 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.4 Nisan Ayı



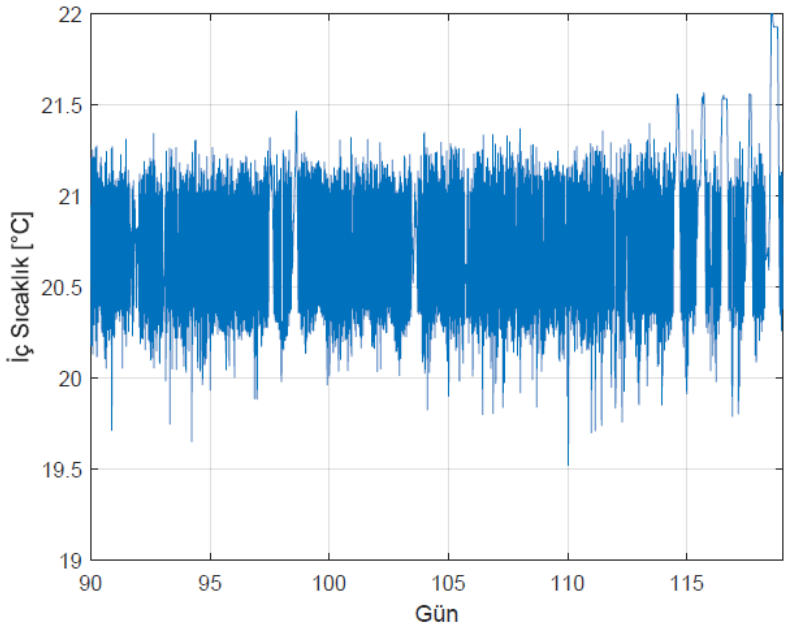
Şekil 4. 35 Nisan ayı termal kayıplar

Şekil 4.35 Nisan ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak kaybettiği ısıl kaybı göstermektedir. Grafikteki düzenli iniş çıkışların sebebi ise gece gündüz arasındaki sıcaklık farkından dolayıdır.



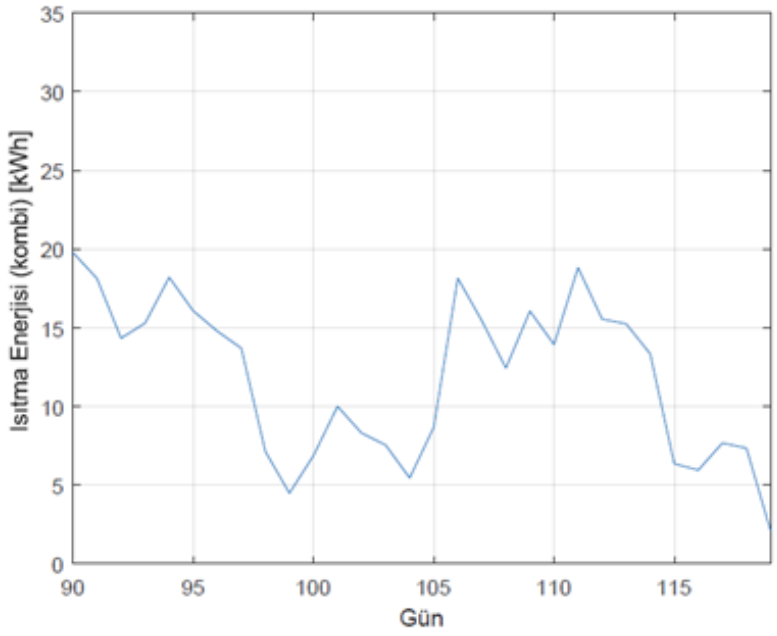
Şekil 4. 36 İstanbul Nisan ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.36 İstanbul için Nisan ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 24.5 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 4 °C olduğu görülmektedir.



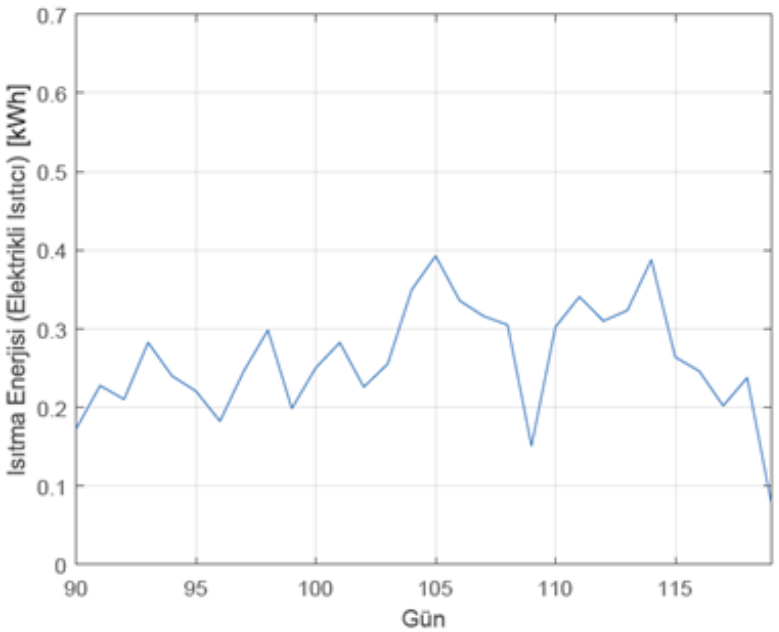
Şekil 4. 37 Nisan ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.37 akıllı binadaki Nisan ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada evdeki konfor sıcaklığının değişmediği görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde kombi ve ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kayıp evin sıcaklığını sürekli olarak düşürme eğilimde olmasından dolayı kombi ve ısıtıcı bu ısıl kaybı dengelemeye çalışmaktadır.

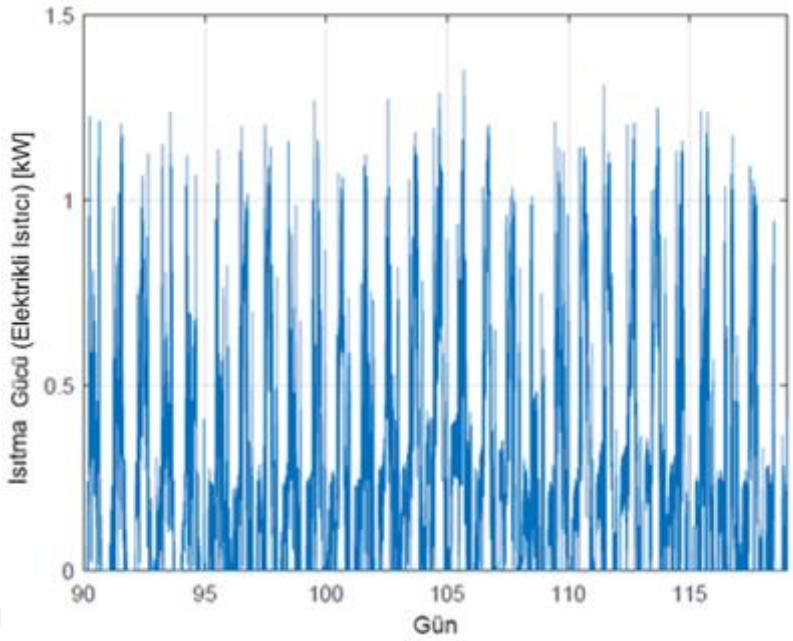


Şekil 4. 38 Nisan ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması

Şekil 4.38 Nisan ayındaki akıllı binadaki kombi ısıtma sisteminin evdeki ısıyı konfor derecesi aralığında tutmak için harcadığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir.

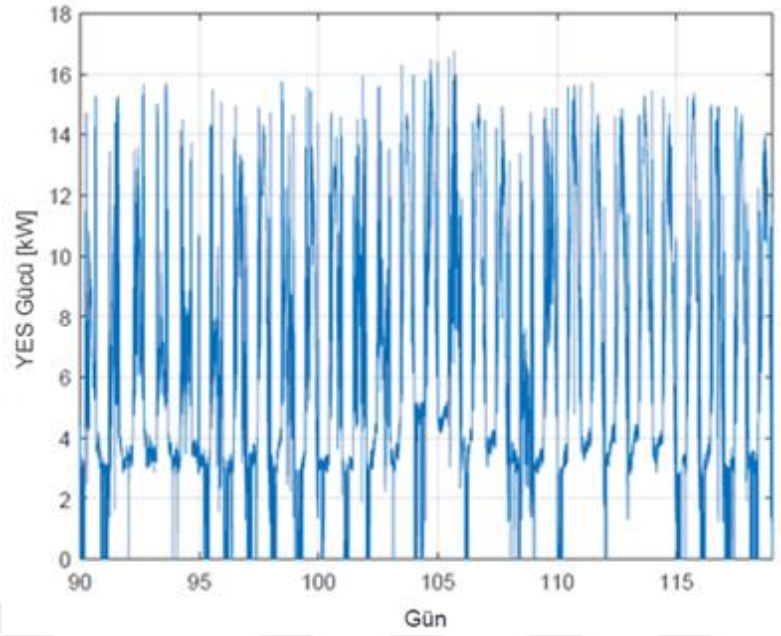


Şekil 4. 39 Nisan ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması



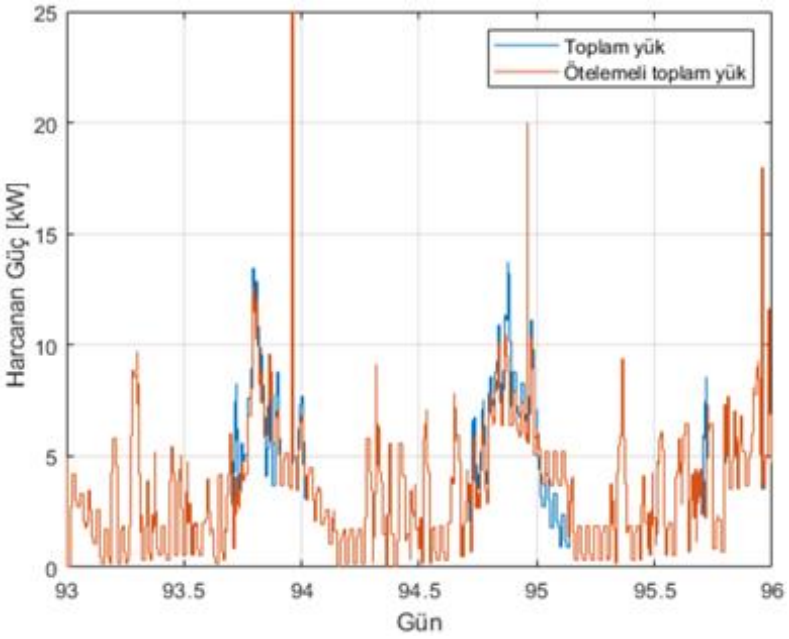
Şekil 4. 40 Nisan ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü

Şekil 4.39 Nisan ayındaki YES' ten üretilen fazla enerjinin anlık olarak şebekeye satılmak yerine ısıtıcı tarafından kullanılarak konfor değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde ısıtıcının eve sağladığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir. Şekil 4.40 ise elektrikli ısıtıcı sisteminin anlık ısıtma gücünü göstermektedir. YES' ten üretilmiş olan ve şebekeye satılmak üzere fazla kalan enerji ısıda depolanarak şebekeye satılması önlenmiştir. Ayrıca iç sıcaklık değeri de konfor aralığında kalmıştır. Böylece enerji ısıda depolanmış ve ısıl kayıplardan dolayı oluşan evdeki sıcaklık düşüşü en fazla konfor aralığının minimum değeri olacak şekilde kalarak kombinin kullandığı doğalgaz miktarı da düşürülmüştür.



Şekil 4. 41 Nisan ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

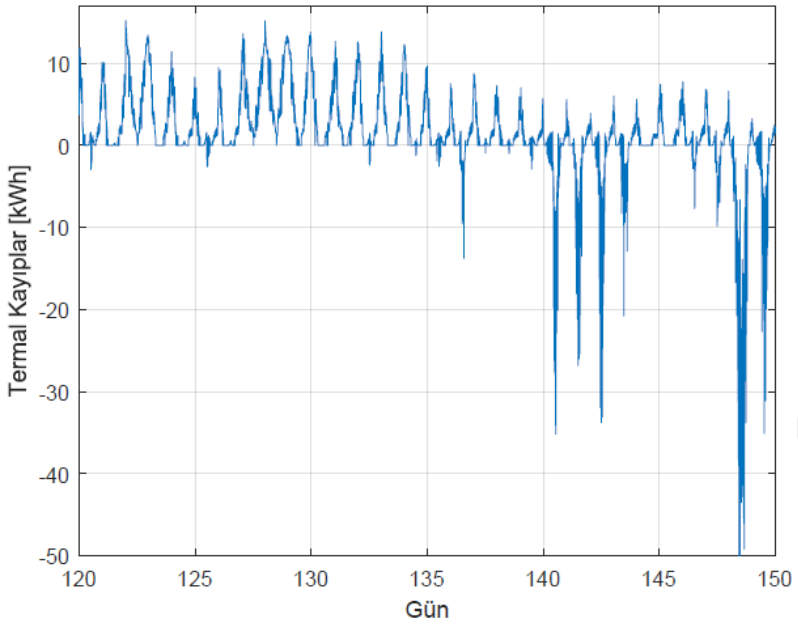
Şekil 4.41 Nisan ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen anlık güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden güç üretilebilmesidir.



Şekil 4. 42 Nisan ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

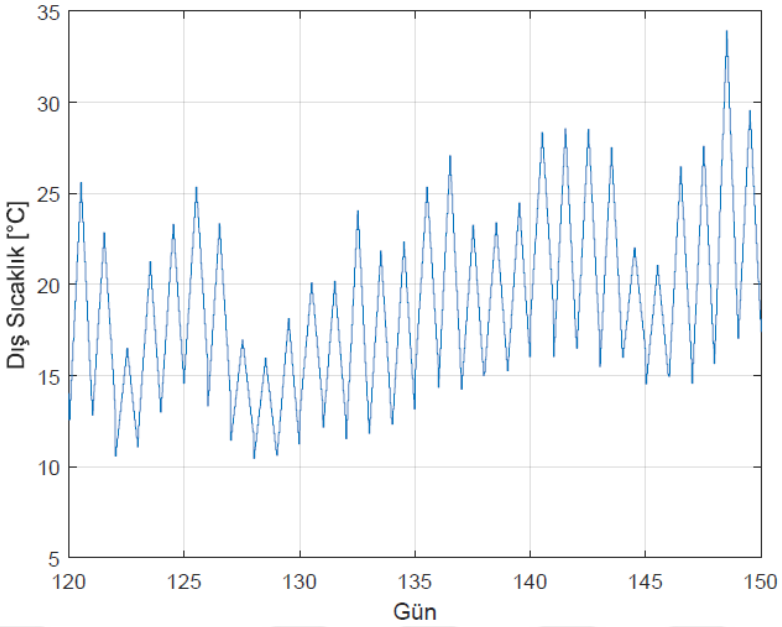
Şekil 4.42 Nisan ayının 4-7 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.5 Mayıs Ayı



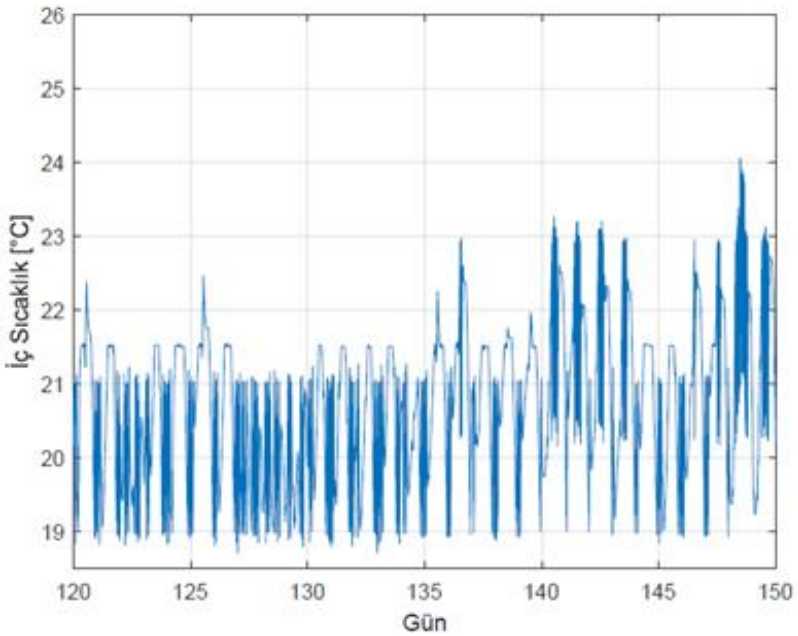
Şekil 4. 43 Mayıs ayı termal kayıplar

Şekil 4.43 Mayıs ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak ısıl kaybı ve ısıl kazancı göstermektedir. Mayıs ayında sıcaklıklar konfor sıcaklığını üzerinde olmaya başladığından dolayı Mayıs ayının sonlarına doğru dış sıcaklığın iç sıcaklıktan yüksek olmasından kaynaklı grafik sıfırın altına inmiş olup ısıl kazanç elde edilmeye başlanmıştır.



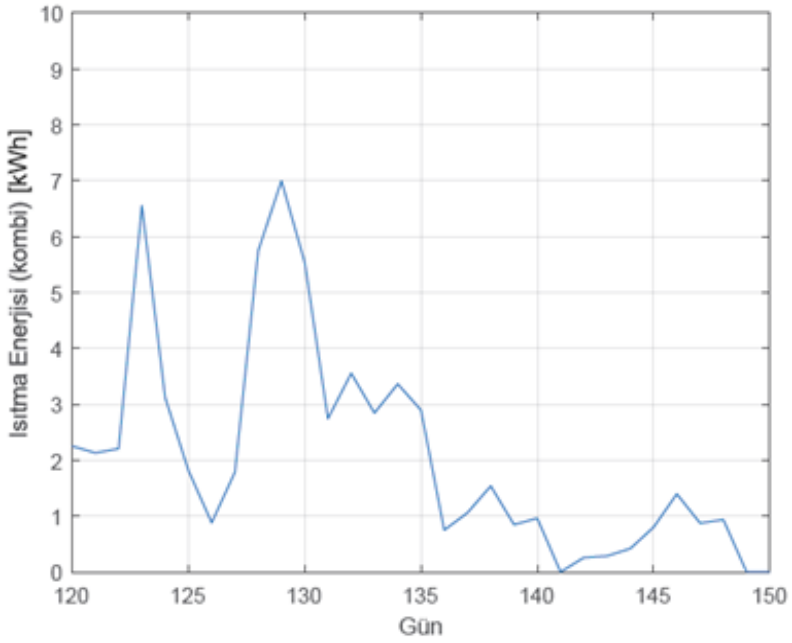
Şekil 4. 44 İstanbul Mayıs ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.44 İstanbul için Mayıs ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 33.4 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 10.5 °C olduğu görülmektedir.



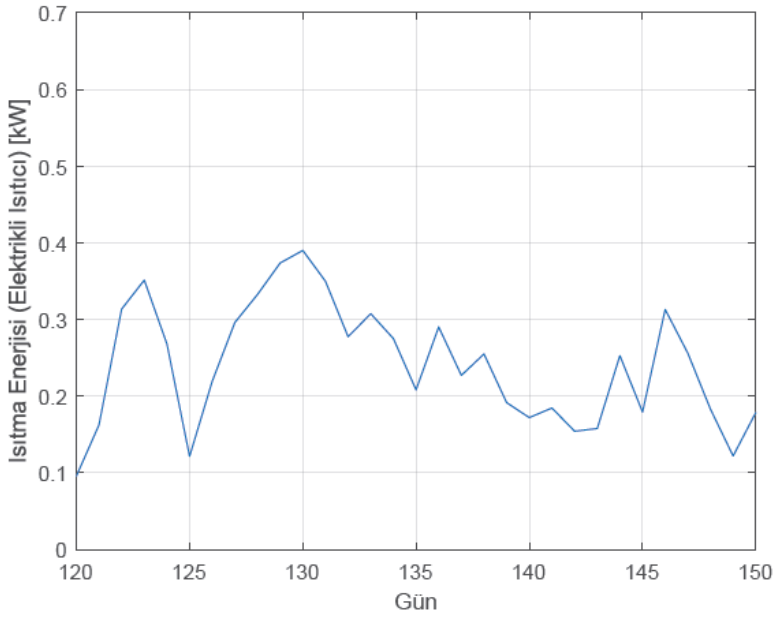
Şekil 4. 45 Mayıs ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.45 akıllı binadaki Mayıs ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada akıllı binadaki yaz ayları için belirlenen konfor sıcaklığının değişmediği, belirli aralıkta kaldığı görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde kombi ve ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Dış sıcaklık yeteri kadar yüksek olmadığından dolayı klima çalıştırılmamıştır. Isıl kayıp evin sıcaklığını sürekli olarak düşürme eğilimde olmasından dolayı kombi ve ısıtıcı bu ısıl kaybı dengelemeye çalışmaktadır. Isıl kazanç ise evdeki iç sıcaklığı yükseltme eğilimindendir.

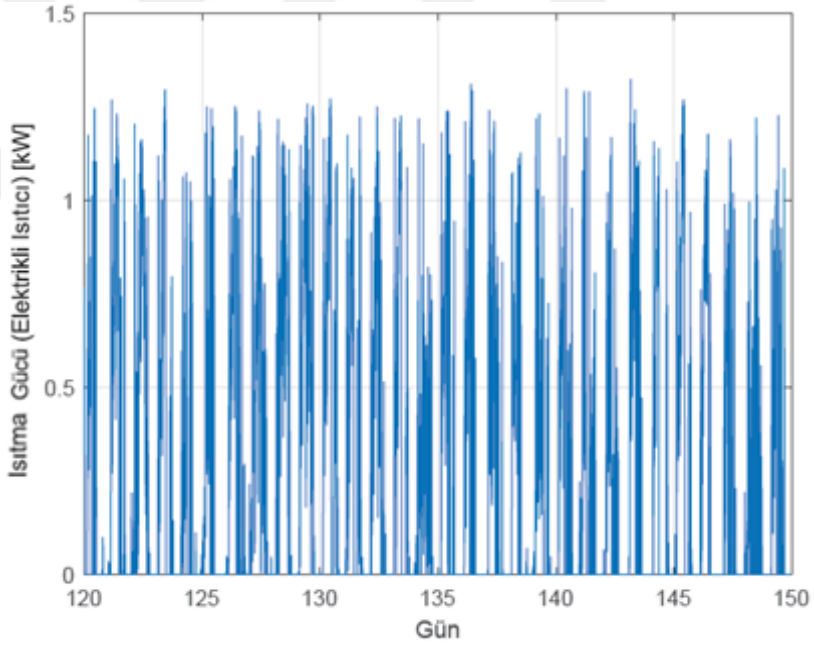


Şekil 4. 46 Mayıs ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması

Şekil 4.46 Mayıs ayındaki akıllı binadaki kombi ısıtma sisteminin evdeki ısıyı konfor derecesi aralığında tutmak için harcadığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir. Kombinin ısıtma enerjisinin kış aylarına göre oldukça düştüğü ve sadece belirli aralıklarla çalıştığı görülmektedir.



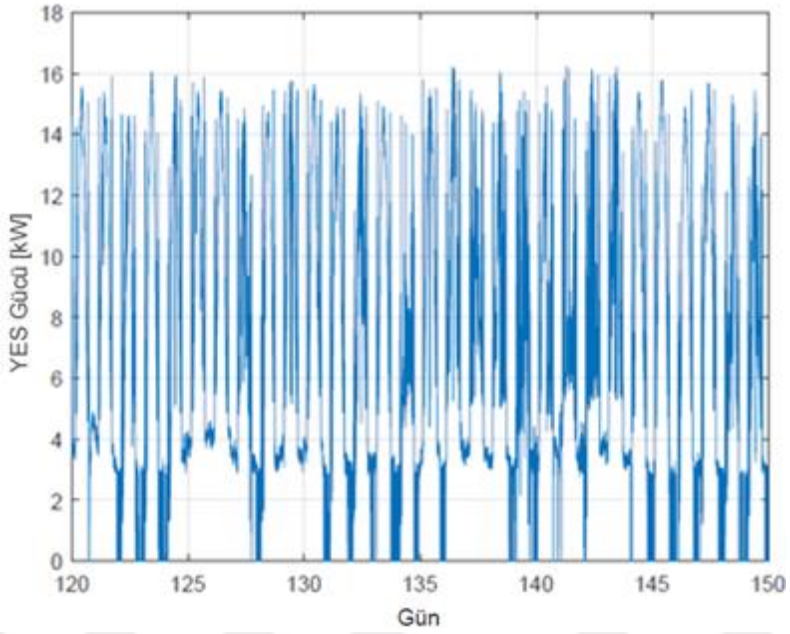
Şekil 4. 47 Mayıs ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması



Şekil 4. 48 Mayıs ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü

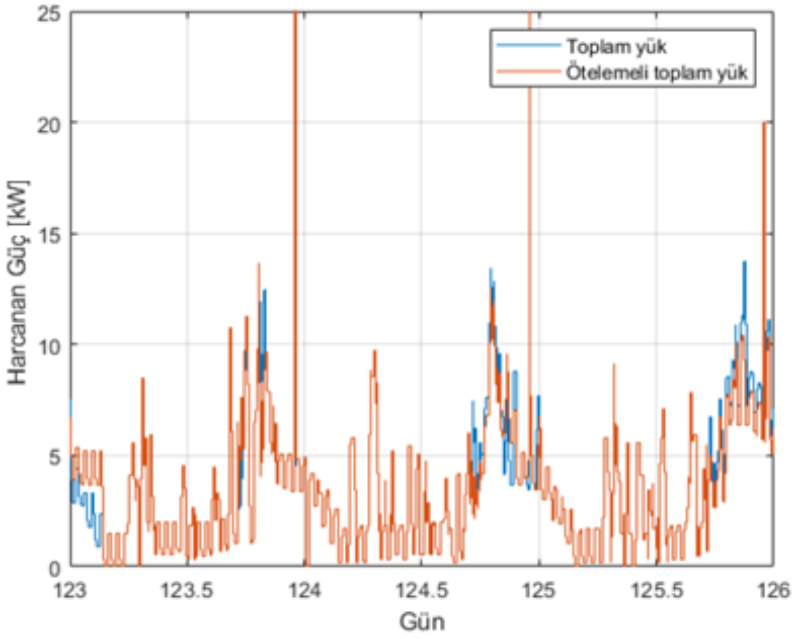
Şekil 4.47 Mayıs ayındaki YES' ten üretilen fazla enerjinin anlık olarak şebekeye satılmak yerine ısıtıcı tarafından kullanılarak konfor değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde elektrikli ısıtıcıdan elde edilen ısıtma enerjisinin günlük ortalaması göstermektedir. Şekil 4.48 ise elektrikli ısıtıcı sisteminin anlık ısıtma gücünü göstermektedir. YES' ten üretilmiş olan ve şebekeye satılmak üzere fazla

kalan enerji ısıda depolanarak şebekeye satılması önlenmiştir. Ayrıca iç sıcaklık değeri de konfor aralığında kalmıştır. Böylece enerji ısıda depolanmış ve ısıl kayıplardan dolayı oluşan evdeki sıcaklık düşüşü en fazla konfor aralığının minimum değeri olacak şekilde kalarak kombinin kullandığı doğalgaz miktarı da düşürülmüştür.



Şekil 4. 49 Mayıs ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

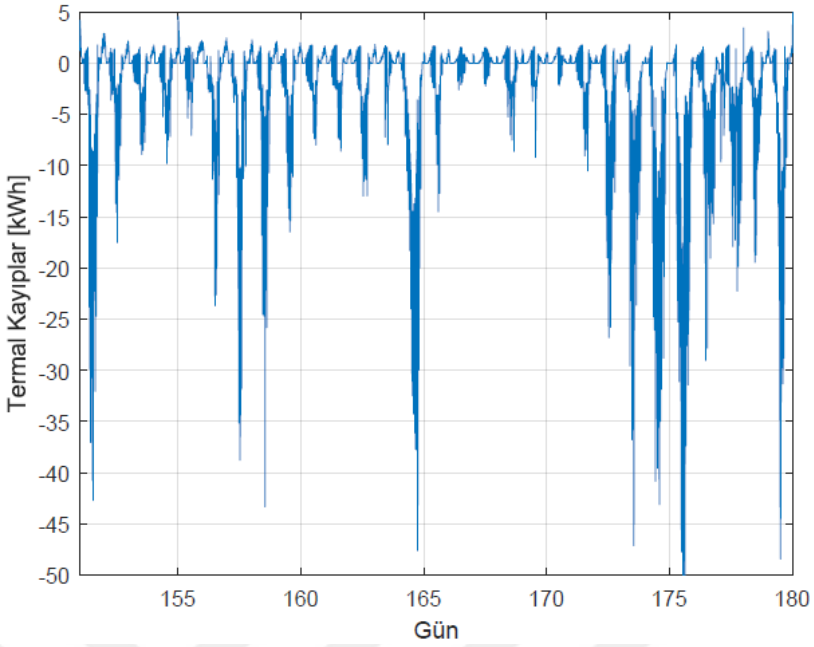
Şekil 4.49 Mayıs ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen anlık güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden enerji üretilebilmesidir.



Şekil 4. 50 Mayıs ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

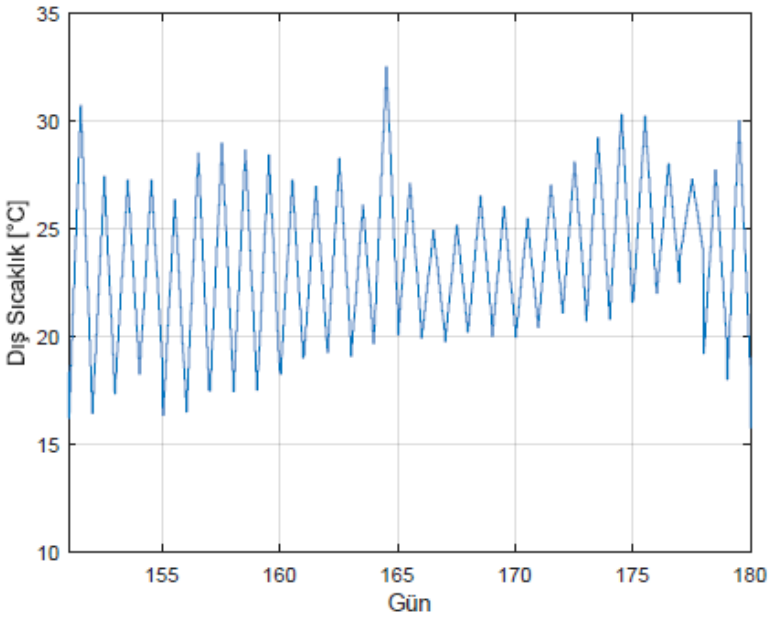
Şekil 4.50 Mayıs ayının 4-7 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.6 Haziran Ayı



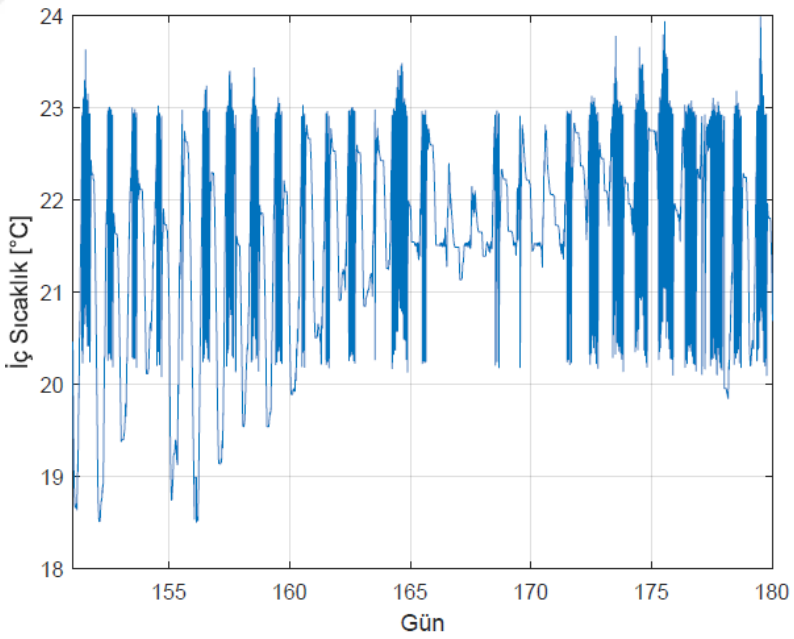
Şekil 4. 51 Haziran ayı termal kayıplar

Şekil 4.51 Haziran ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak ısıl kaybı ve ısıl kazancı göstermektedir. Haziran ayında sıcaklıklar genellikle konfor sıcaklığının üzerinde olduğundan dolayı dış sıcaklığın iç sıcaklıktan yüksek olmasından kaynaklı grafik çoğu günlerde sıfırın altına inmiş olup yüksek miktarlarda ısıl kazanç elde edilmeye başlanmıştır.



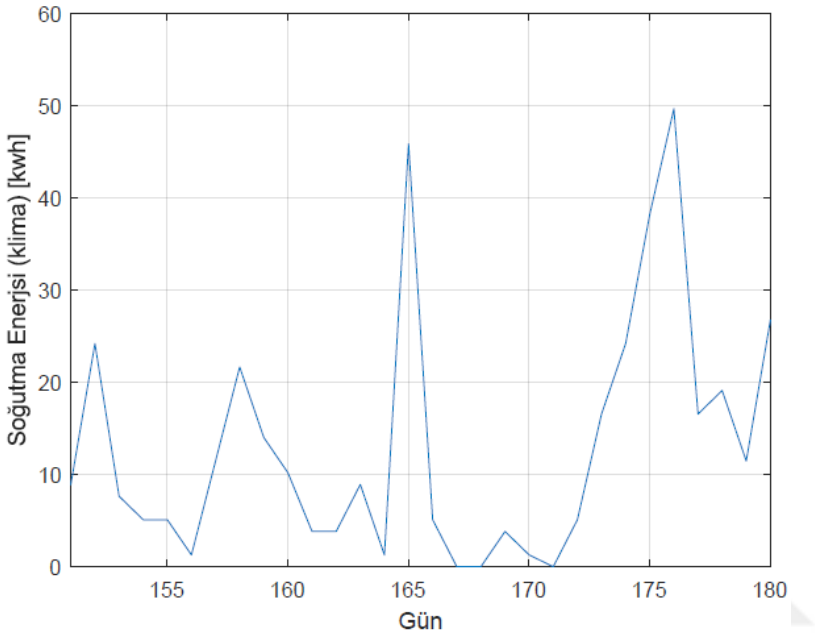
Şekil 4. 52 İstanbul Haziran ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.52 İstanbul için Haziran ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 33 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 16 °C olduğu görülmektedir.



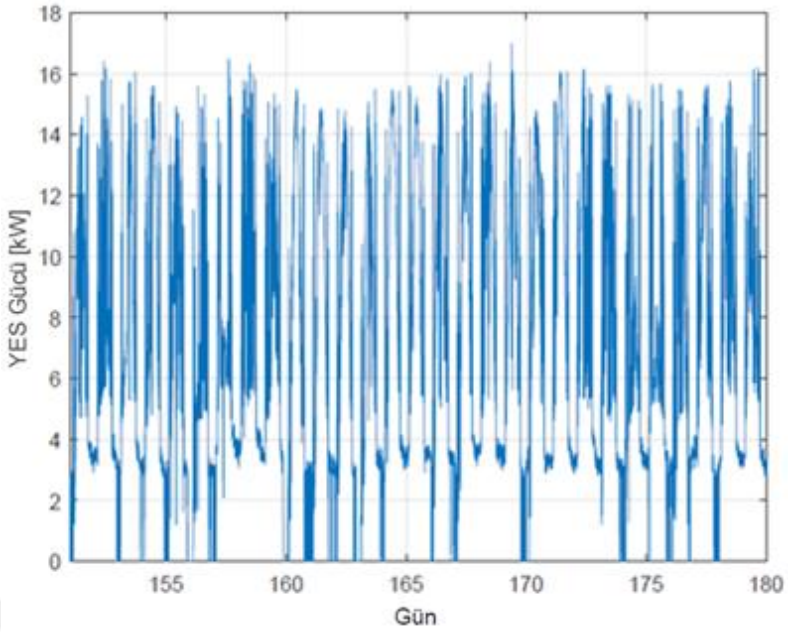
Şekil 4. 53 Haziran ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.53 akıllı binadaki Haziran ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada akıllı binadaki yaz ayları için belirlenen konfor sıcaklığının değişmediği, belirli aralıkta kaldığı görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde klima ile soğutma enerjisi, ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kazanç ise evdeki iç sıcaklığı yükseltme eğilimindendir. Isıl kazanç çok yüksek olduğundan dolayı Haziran ayında kombi çalıştırılmamıştır.



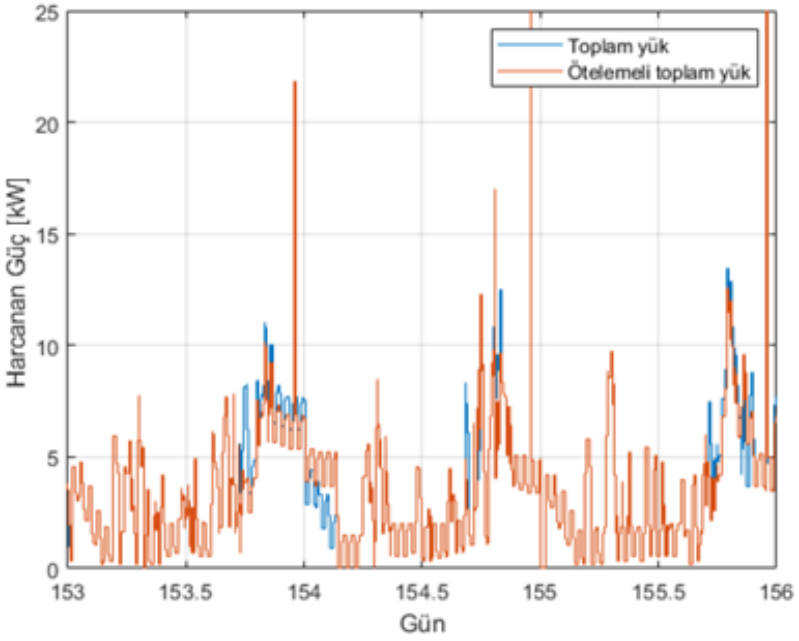
Şekil 4. 54 Haziran ayı klimadan elde edilen soğutma enerjisi

Şekil 4.54 Haziran ayı için soğutma sistemi olan klimanın iç sıcaklık değerlerini konfor düzeyinde tutabilmek için sağladığı anlık ortalama soğutma enerjisi miktarını göstermektedir. Isıl kazanç ortalaması ile soğutma enerjisi ortalaması grafiklerden de görülebileceği üzere yaklaşık olarak benzerdir. Böylece iç sıcaklık değerleri konfor aralığında kalabilmektedir. Ayrıca yaz aylarından olan Haziran ayında soğutma sistemi olarak yalnızca klima sistemi kullanılmıştır. Bu durum da YES' ten üretilen fazla enerjinin soğutma sistemi olarak yalnızca klima üzerinden tüketilebileceği anlamına gelmektedir. Böylece klimanın çalışmasına gerek olmadığı durumlarda fazlalık yenilenebilir enerji Haziran ayında şebekeye satılarak bir kar elde etme amaçlanmıştır. Haziran ayında şebekeye satılan enerji miktarı 71 kwh' tir.



Şekil 4. 55 Haziran ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

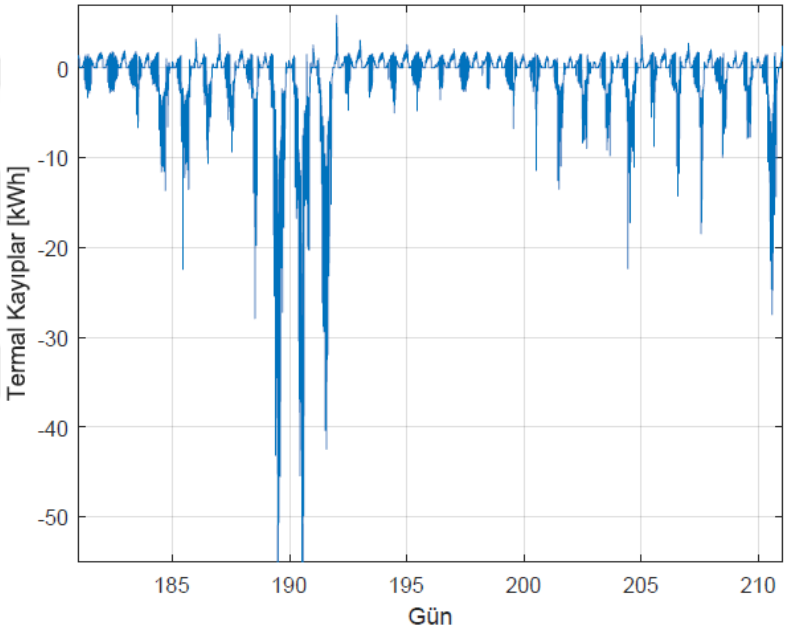
Şekil 4.55 Haziran ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden enerji üretilebilmesidir.



Şekil 4. 56 Haziran ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

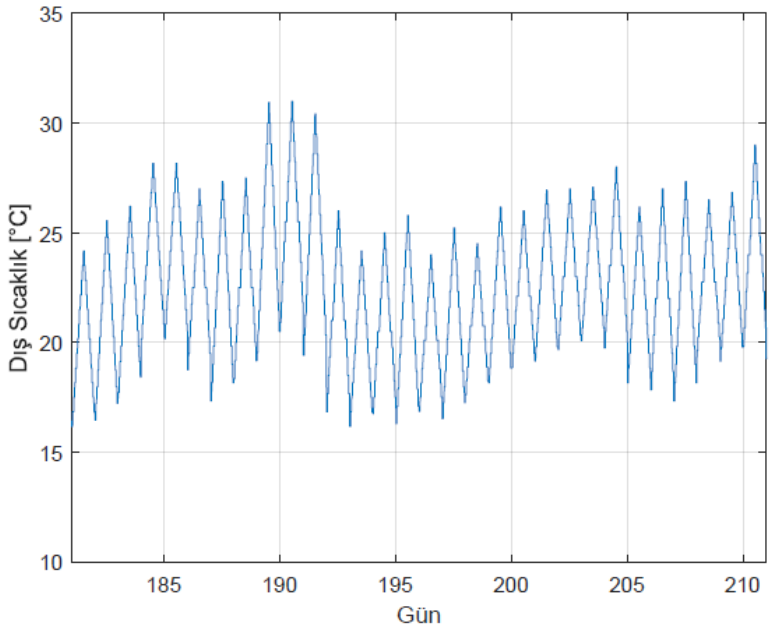
Şekil 4.56 Haziran ayının 3-6 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.7 Temmuz Ayı



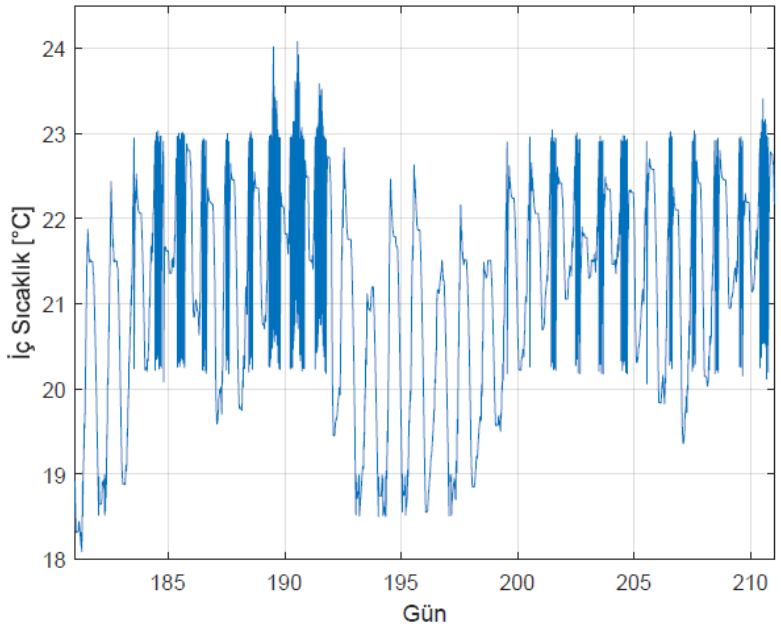
Şekil 4. 57 Temmuz ayı termal kayıplar

Şekil 4.57 Temmuz ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak ısıl kaybı ve ısıl kazancı göstermektedir. Haziran ayında sıcaklıklar genellikle konfor sıcaklığının üzerinde olduğundan dolayı dış sıcaklığın iç sıcaklıktan yüksek olmasından kaynaklı grafik çoğu günlerde sıfırın altına inmiş olup yüksek miktarlarda ısıl kazanç elde edilmeye başlanmıştır.



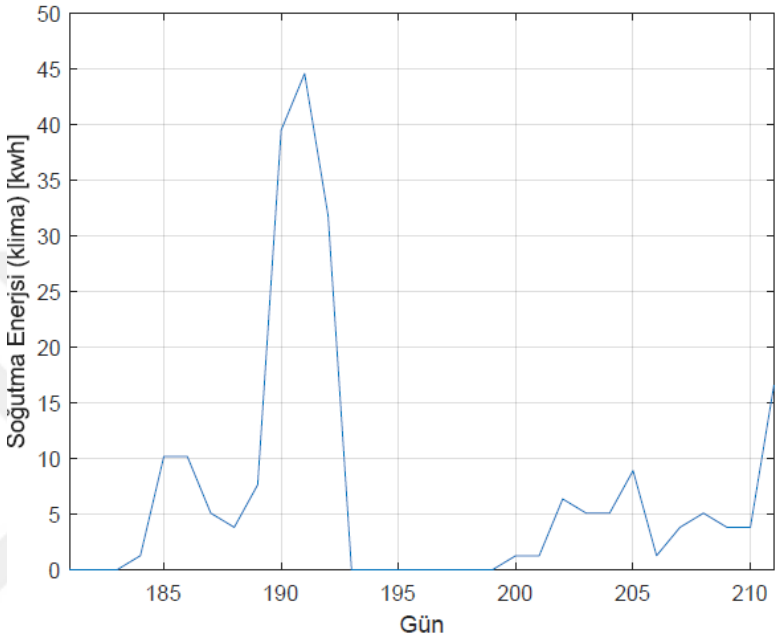
Şekil 4. 58 İstanbul Temmuz ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.58 İstanbul için Temmuz ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 31.2 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 15.5 °C olduğu görülmektedir.



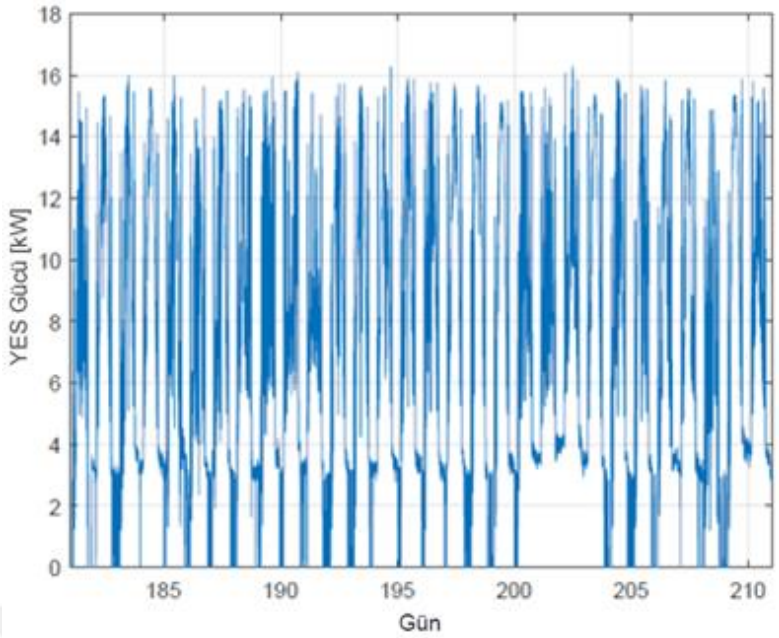
Şekil 4. 59 Temmuz ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.59 ise akıllı binadaki Temmuz ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada akıllı binadaki yaz ayları için belirlenen konfor sıcaklığının değişmediği, belirli aralıkta kaldığı görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde klima ile soğutma enerjisi, ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kazanç ise evdeki iç sıcaklığı yükseltme eğilimindendir. Isıl kazanç çok yüksek olduğundan dolayı Temmuz ayında kombi çalıştırılmamıştır.



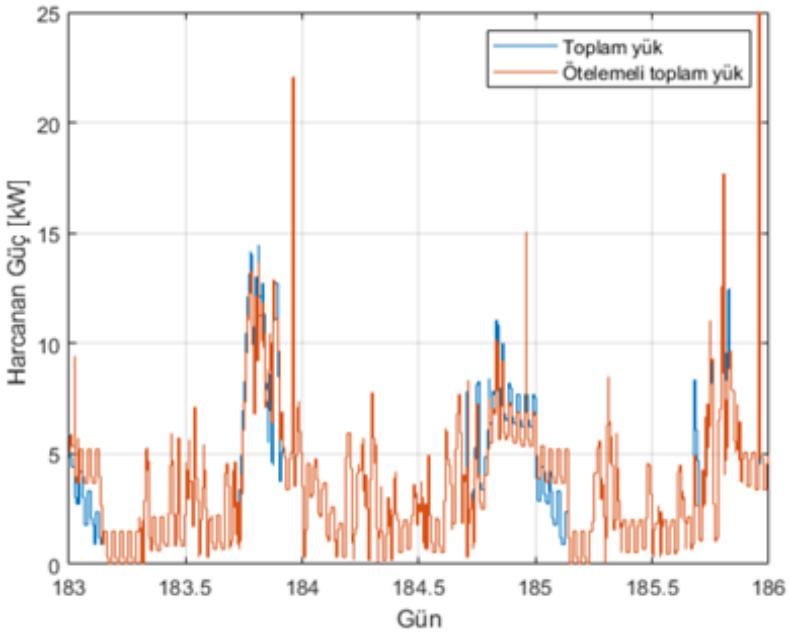
Şekil 4. 60 Temmuz ayı klimadan elde edilen soğutma enerjisi

Şekil 4.60 Temmuz ayı için soğutma sistemi olan klimanın iç sıcaklık değerlerini konfor düzeyinde tutabilmek için sağladığı anlık ortalama soğutma enerjisi miktarını göstermektedir. Isıl kazanç ortalaması ile soğutma enerjisi ortalaması grafiklerden de görülebileceği üzere yaklaşık olarak benzerdir. Böylece iç sıcaklık değerleri konfor aralığında kalabilmektedir. Ayrıca yaz aylarından olan Temmuz ayında soğutma sistemi olarak yalnızca klima sistemi kullanılmıştır. Bu durum da YES' ten üretilen fazla enerjinin soğutma sistemi olarak yalnızca klima üzerinden tüketilebileceği anlamına gelmektedir. Böylece klimanın çalışmasına gerek olmadığı durumlarda fazlalık yenilenebilir enerji Temmuz ayında şebekeye satılarak bir kar elde etme amaçlanmıştır. Haziran ayında şebekeye satılan enerji miktarı 82,6 kwh' tir.



Şekil 4. 61 Temmuz ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

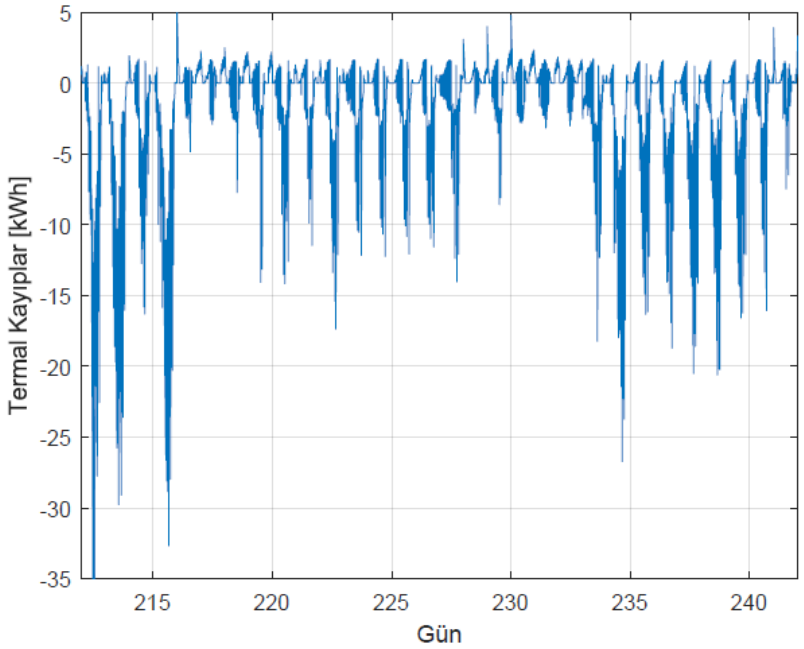
Şekil 4.61 Temmuz ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden enerji üretilebilmesidir.



Şekil 4. 62 Temmuz ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

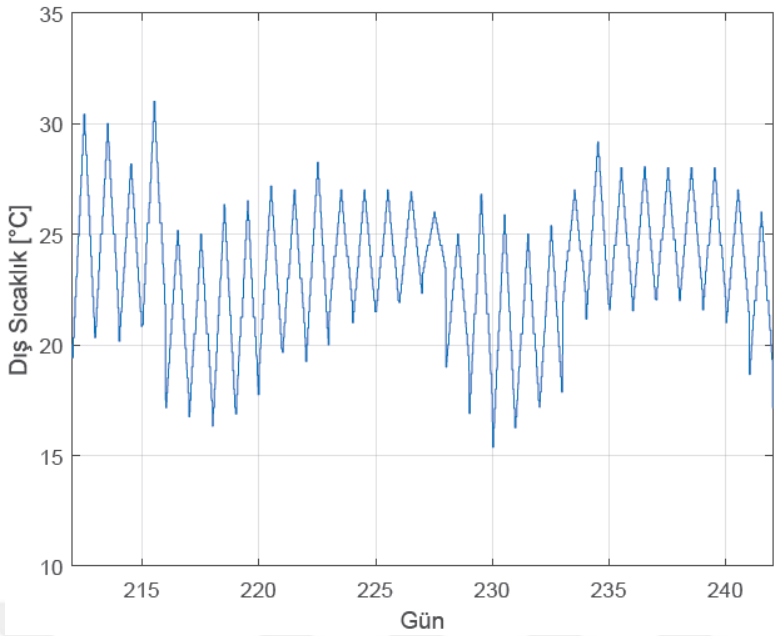
Şekil 4.62 ise Temmuz ayının 3-6 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.8 Ağustos Ayı



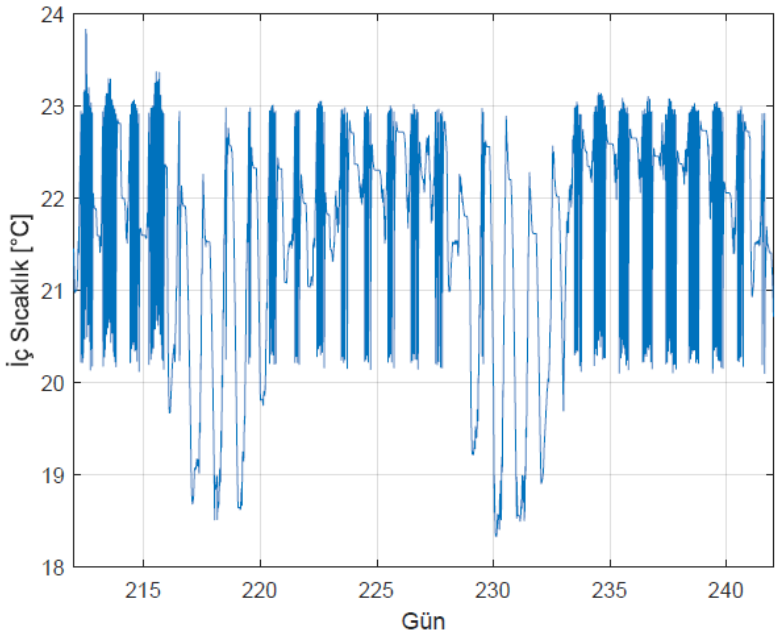
Şekil 4. 63 Ağustos ayı termal kayıplar

Şekil 4.63 Ağustos ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak ısıl kaybı ve ısıl kazancı göstermektedir. Ağustos ayında sıcaklıklar genellikle konfor sıcaklığının üzerinde olduğundan dolayı dış sıcaklığın iç sıcaklıktan yüksek olmasından kaynaklı grafik çoğu günlerde sıfırın altına inmiş olup yüksek miktarlarda ısıl kazanç elde edilmeye başlanmıştır.



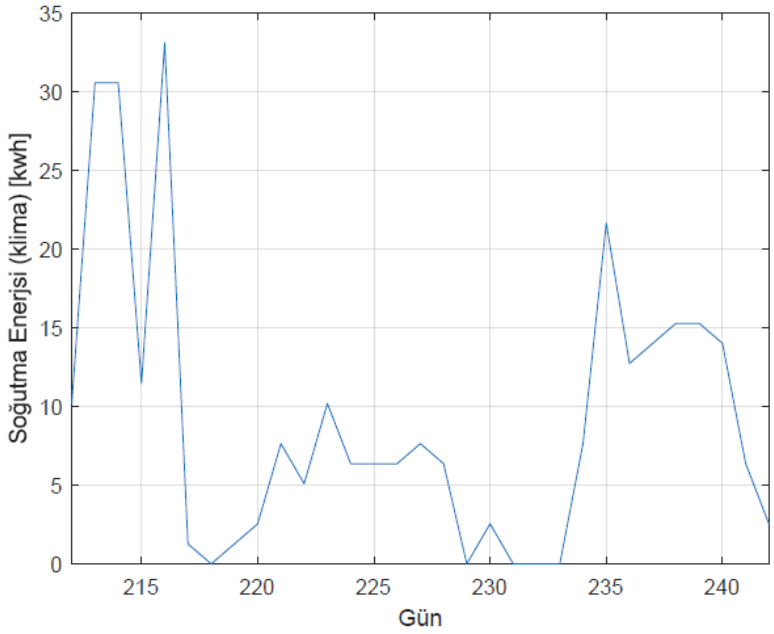
Şekil 4. 64 İstanbul Ağustos ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.64 İstanbul için Ağustos ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 31 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 15.3 °C olduğu görülmektedir.



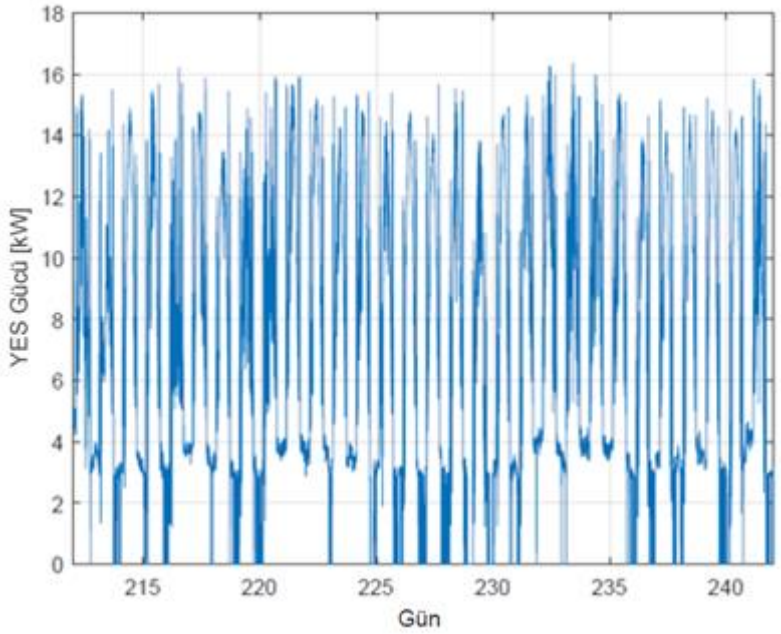
Şekil 4. 65 Ağustos ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.65 ise akıllı binadaki Ağustos ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada akıllı binadaki yaz ayları için belirlenen konfor sıcaklığının değişmediği, belirli aralıkta kaldığı görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde klima ile soğutma enerjisi, ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kazanç ise evdeki iç sıcaklığı yükseltme eğilimindendir. Isıl kazanç çok yüksek olduğundan dolayı Ağustos ayında kombi çalıştırılmamıştır.



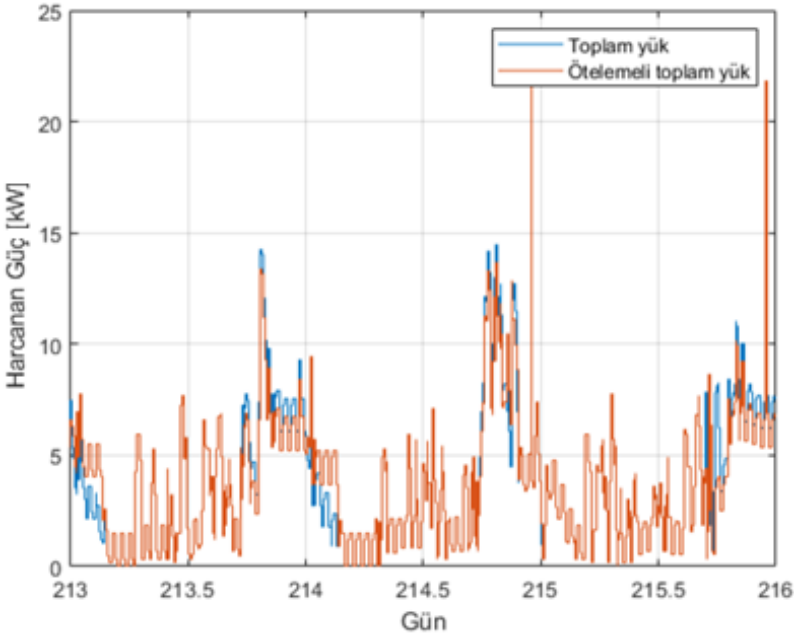
Şekil 4. 66 Ağustos ayı klimadan elde edilen soğutma enerjisi

Şekil 4.66 ise Ağustos ayı için soğutma sistemi olan klimanın iç sıcaklık değerlerini konfor düzeyinde tutabilmek için sağladığı anlık ortalama soğutma enerjisi miktarını göstermektedir. Isıl kazanç ortalaması ile soğutma enerjisi ortalaması grafiklerden de görülebileceği üzere yaklaşık olarak benzerdir. Böylece iç sıcaklık değerleri konfor aralığında kalabilmektedir. Ayrıca yaz aylarından olan Ağustos ayında soğutma sistemi olarak yalnızca klima sistemi kullanılmıştır. Bu durum da YES' ten üretilen fazla enerjinin soğutma sistemi olarak yalnızca klima üzerinden tüketilebileceği anlamına gelmektedir. Böylece klimanın çalışmasına gerek olmadığı durumlarda fazlalık yenilenebilir enerji Ağustos ayında şebekeye satılarak bir kar elde etme amaçlanmıştır. Haziran ayında şebekeye satılan enerji miktarı 62,5 kwh' tir.



Şekil 4. 67 Ağustos ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

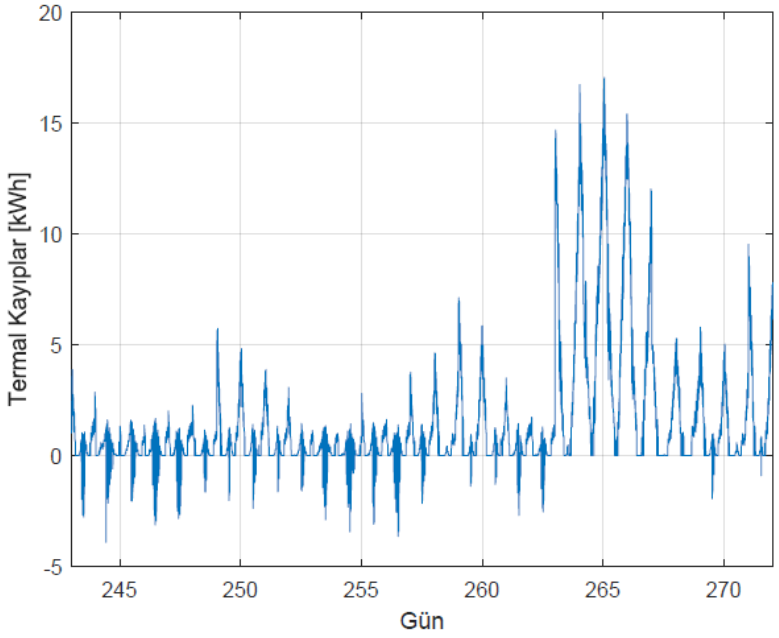
Şekil 4.67 Ağustos ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden enerji üretilebilmesidir.



Şekil 4. 68 Ağustos ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

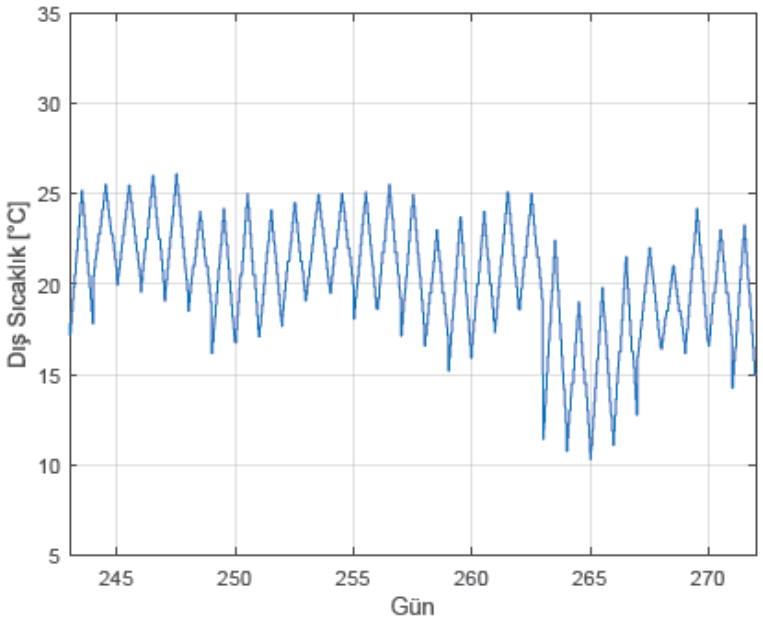
Şekil 4.68 ise Ağustos ayının 2-5 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.9 Eylül Ayı



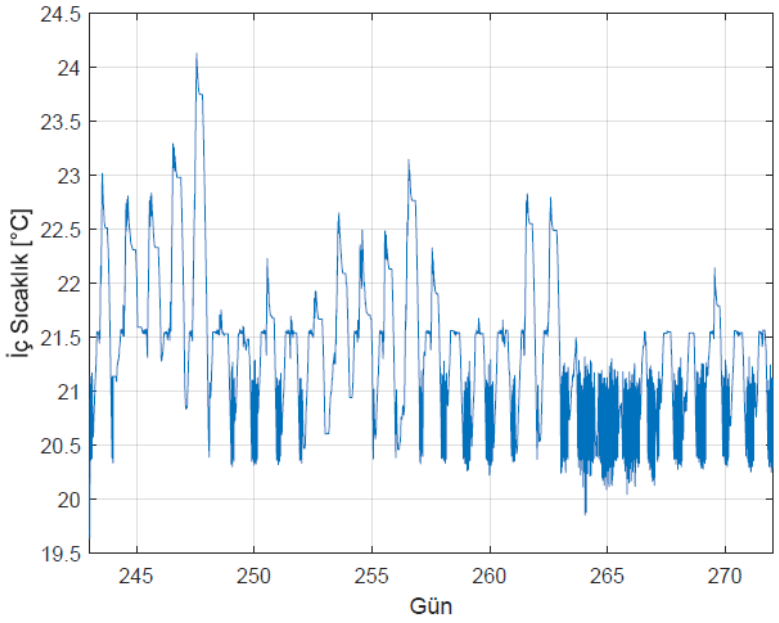
Şekil 4. 69 Eylül ayı termal kayıplar

Şekil 4.61 Eylül ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak ısıl kaybı ve ısıl kazancı göstermektedir. Eylül ayında sıcaklıklar yer yer konfor sıcaklığını üzerinde yer yer altında olmaya başladığından dolayı Eylül ayında ısıl kayıp ve kazançlar mevcut olup Eylül aynın sonlarına doğru havalar soğumaya başladığı için ısıl kayıpların arttığı gözlemlenmiştir.



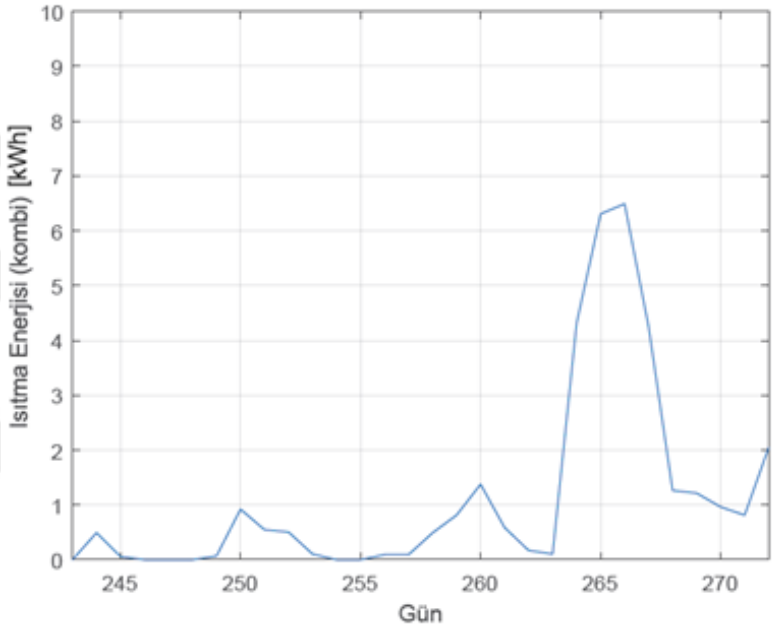
Şekil 4. 70 İstanbul Eylül ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.70 İstanbul için Eylül ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 26 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 10.2 °C olduğu görülmektedir.



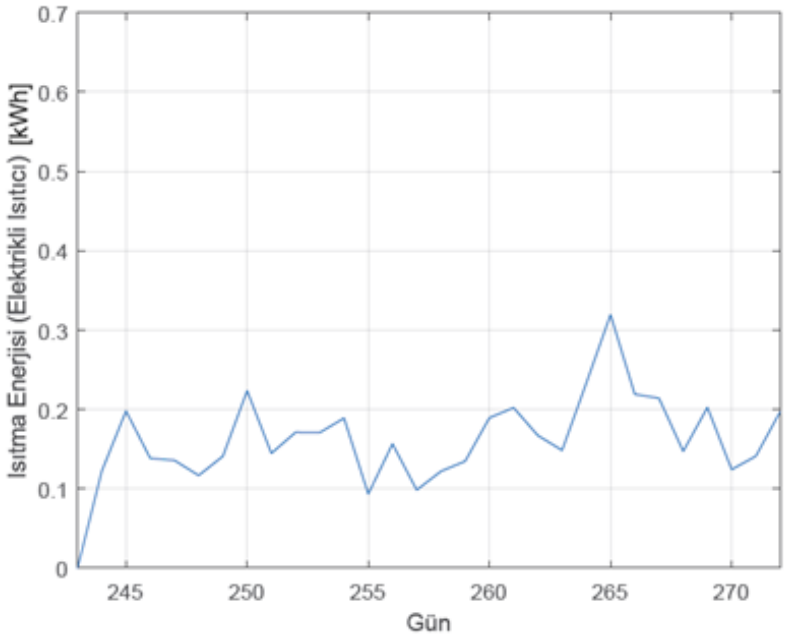
Şekil 4. 71 Eylül ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.71 ise akıllı binadaki Eylül ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada akıllı binadaki yaz ayları için belirlenen konfor sıcaklığının değişmediği, belirli aralıkta kaldığı görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde kombi ve ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Dış sıcaklık yeteri kadar yüksek olmadığından dolayı klima çalıştırılmamıştır. Isıl kayıp evin sıcaklığını sürekli olarak düşürme eğilimde olmasından dolayı kombi ve ısıtıcı bu ısıl kaybı dengelemeye çalışmaktadır. Isıl kazanç ise evdeki iç sıcaklığı yükseltme eğilimindendir.

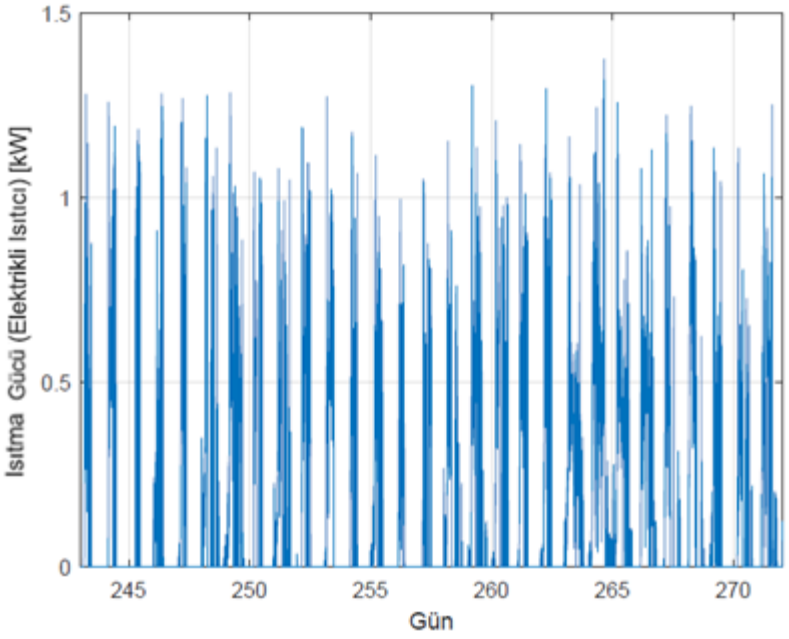


Şekil 4. 72 Eylül ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması

Şekil 4.72 Eylül ayındaki akıllı binadaki kombi ısıtma sisteminin evdeki ısıyı konfor derecesi aralığında tutmak için harcadığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir. Kombinin ısıtma enerjisinin yaz aylarına yükseldiği ve belirli aralıklarla çalıştığı görülmektedir.



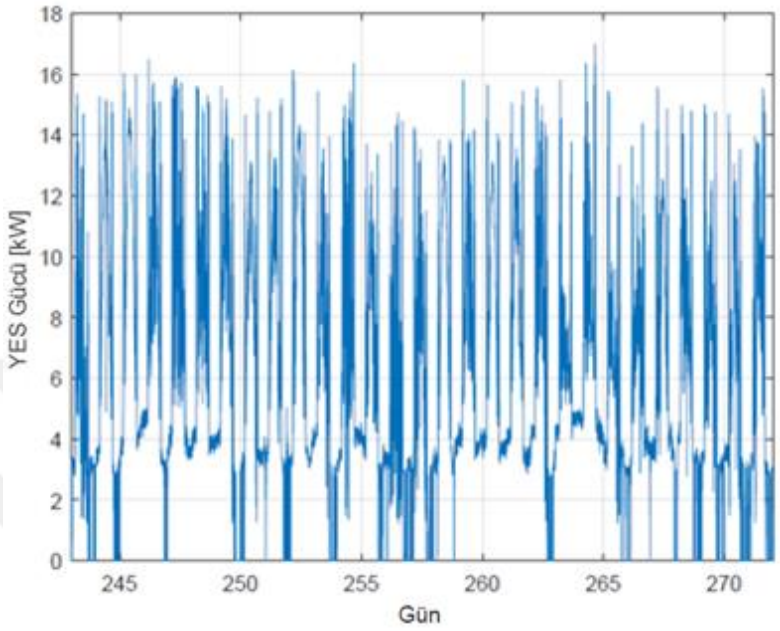
Şekil 4. 73 Eylül ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması



Şekil 4. 74 Eylül ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü

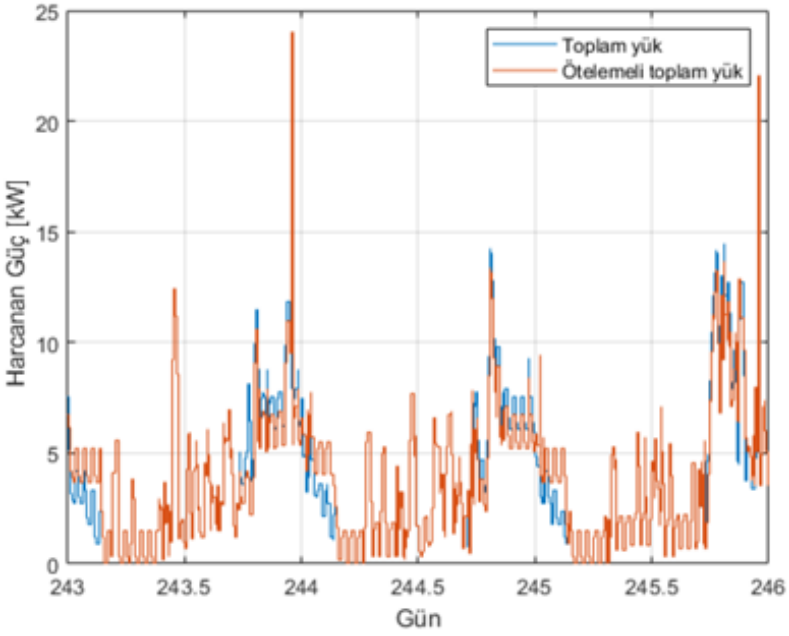
Şekil 4.73 Eylül ayındaki YES' ten üretilen fazla enerjinin anlık olarak şebekeye satılmak yerine ısıtıcı tarafından kullanılarak konfor değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde ısıtıcının eve sağladığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir. Şekil 4.74 ise elektrikli ısıtıcı sisteminin anlık ısıtma gücünü göstermektedir. YES' ten üretilmiş olan ve şebekeye satılmak üzere fazla kalan

enerji ısıda depolanarak şebekeye satılması önlenmiştir. Ayrıca iç sıcaklık değeri de konfor aralığında kalmıştır. Böylece enerji ısıda depolanmış ve ısıl kayıplardan dolayı oluşan evdeki sıcaklık düşüşü en fazla konfor aralığının minimum değeri olacak şekilde kalarak kombinin kullandığı doğalgaz miktarı da düşürülmüştür.



Şekil 4. 75 Eylül ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

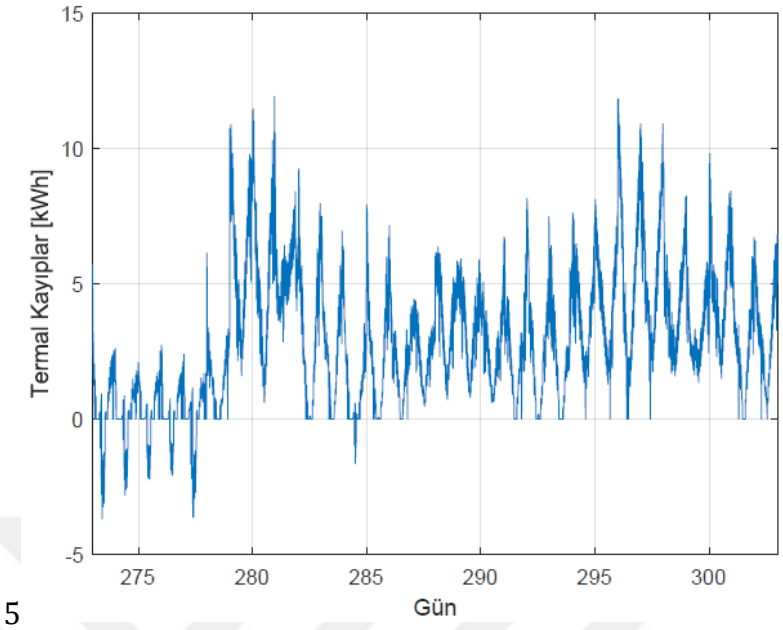
Şekil 4.75 Eylül ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden enerji üretilebilmesidir.



Şekil 4. 76 Eylül ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

Şekil 4.76 ise Eylül ayının 1-4 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

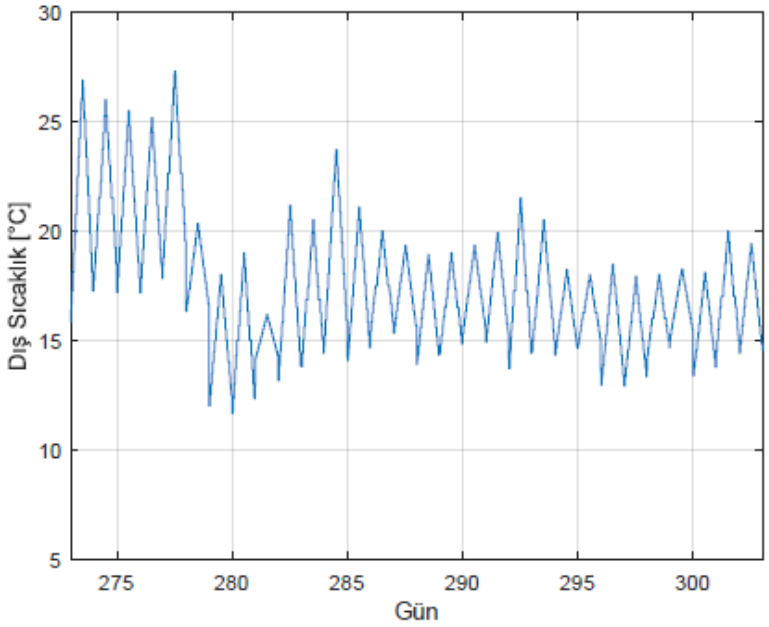
4.6.10 Ekim Ayı



5

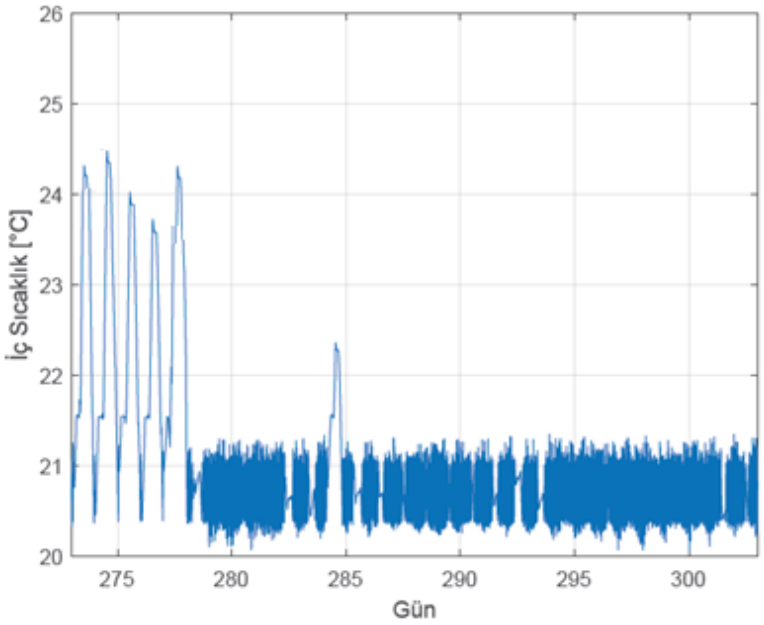
Şekil 4. 77 Ekim ayı termal kayıplar

Şekil 4.77 Ekim ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak kaybettiği ısıl kaybı göstermektedir. Grafikteki düzenli iniş çıkışların sebebi ise gece gündüz arasındaki sıcaklık farkından dolayıdır.



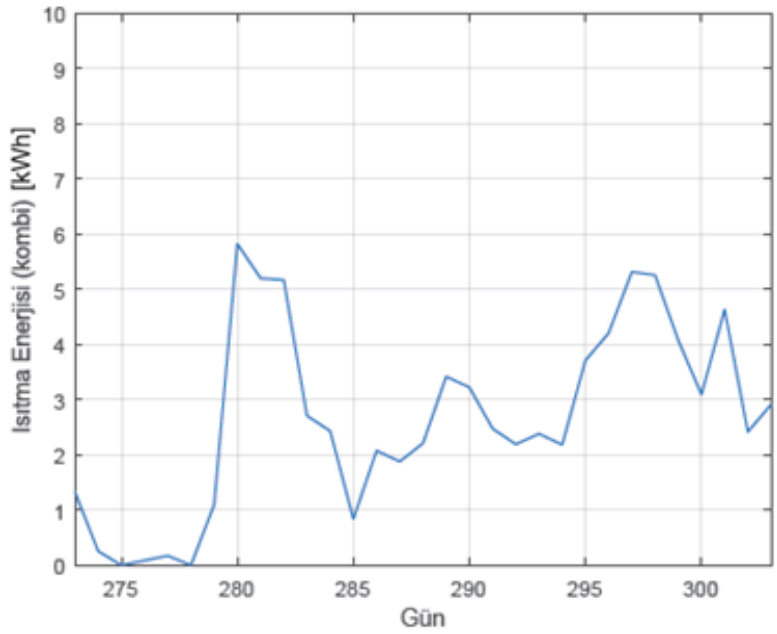
Şekil 4. 78 İstanbul Ekim ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.78 İstanbul için Ekim ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 26.1 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 12 °C olduğu görülmektedir.



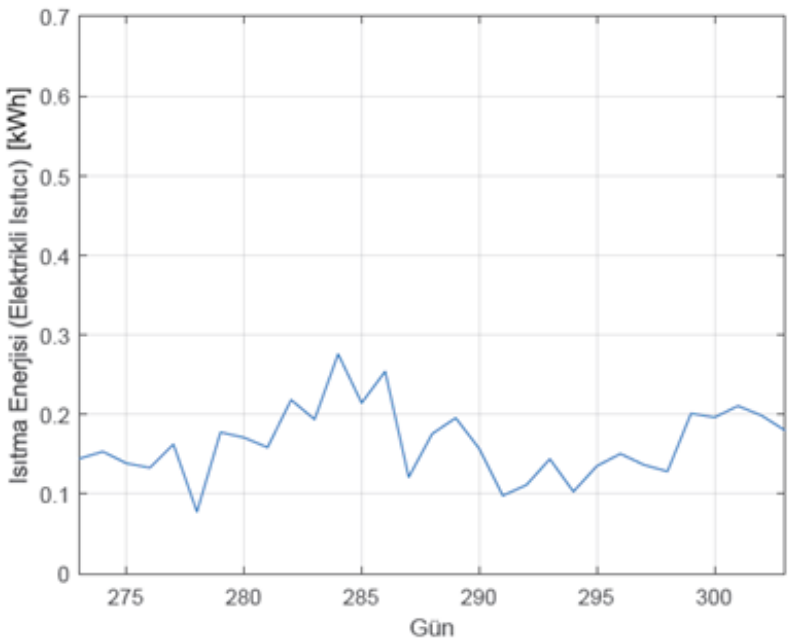
Şekil 4. 79 Ekim ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.79 ise akıllı binadaki Ekim ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada evdeki konfor sıcaklığının değişmediği görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde kombi ve ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kayıp evin sıcaklığını sürekli olarak düşürme eğilimde olmasından dolayı kombi ve ısıtıcı bu ısıl kaybı dengelemeye çalışmaktadır. Ekim ayının başlarındaki mevsim normalleri dışındaki yüksek dış hava sıcaklıkları akıllı binadaki iç sıcaklığı anlık olarak yükseltse de konfor aralığı korunmaya çalışılmıştır.

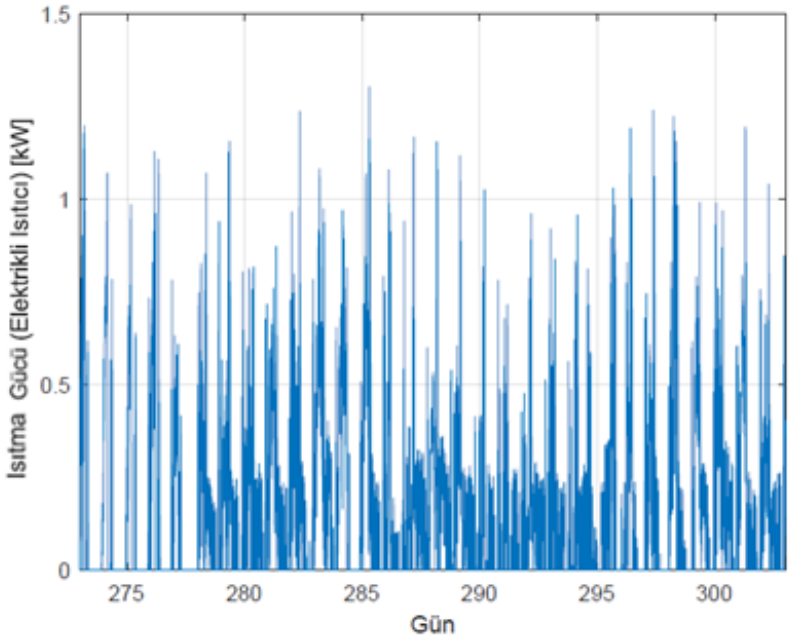


Şekil 4. 80 Ekim ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması

Şekil 4.80 Ekim ayındaki akıllı binadaki kombi ısıtma sisteminin evdeki ısıyı konfor derecesi aralığında tutmak için harcadığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir.

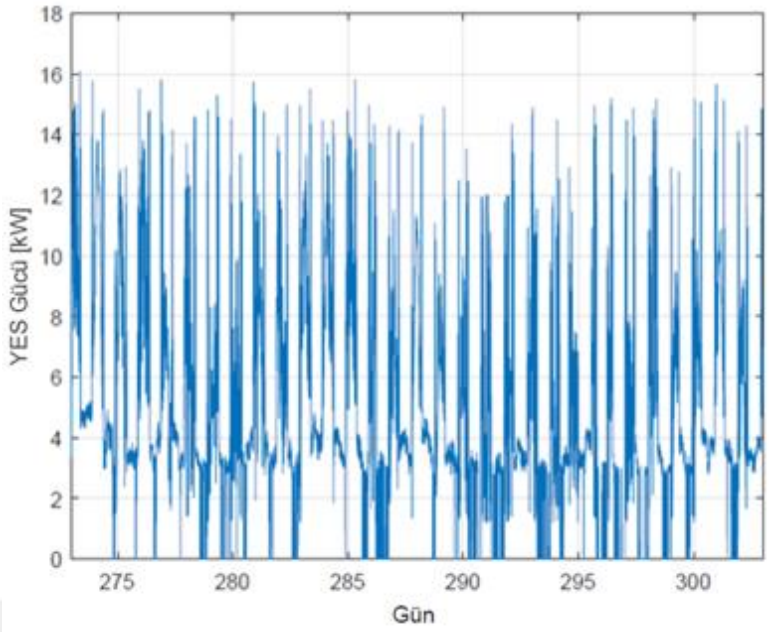


Şekil 4. 81 Ekim ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması



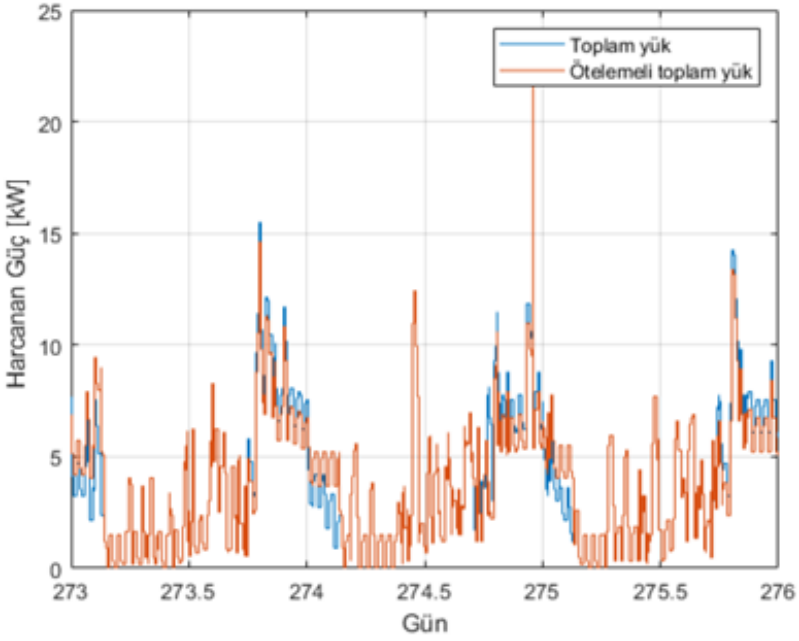
Şekil 4. 82 Ekim ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü

Şekil 4.81 Ekim ayındaki YES' ten üretilen fazla enerjinin anlık olarak şebekeye satılmak yerine ısıtıcı tarafından kullanılarak konfor değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde ısıtıcının eve sağladığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir. Şekil 4.82 ise elektrikli ısıtıcı sisteminin anlık ısıtma gücünü göstermektedir. YES' ten üretilmiş olan ve şebekeye satılmak üzere fazla kalan enerji ısıda depolanarak şebekeye satılması önlenmiştir. Ayrıca iç sıcaklık değeri de konfor aralığında kalmıştır. Böylece enerji ısıda depolanmış ve ısıl kayıplardan dolayı oluşan evdeki sıcaklık düşüşü en fazla konfor aralığının minimum değeri olacak şekilde kalarak kombinin kullandığı doğalgaz miktarı da düşürülmüştür.



Şekil 4. 83 Ekim ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

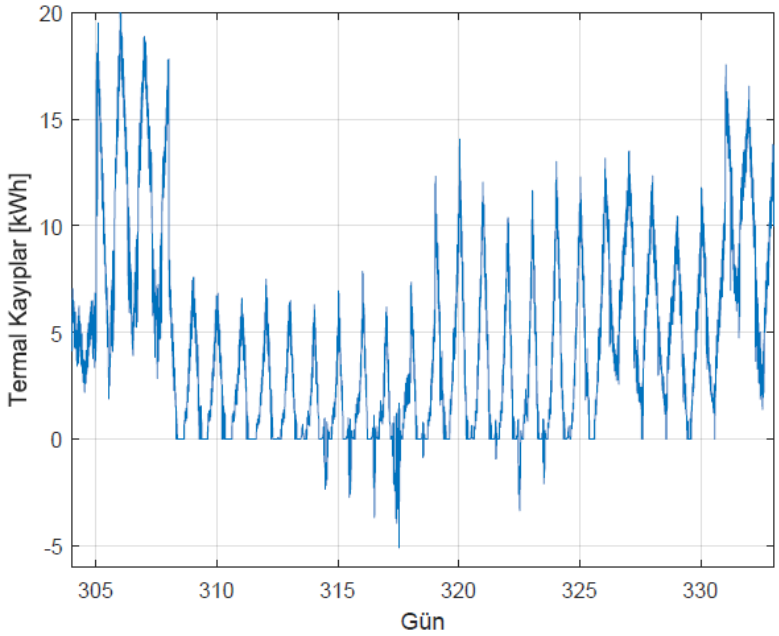
Şekil 4.83 Ekim ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden enerji üretilebilmesidir.



Şekil 4. 84 Ekim ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

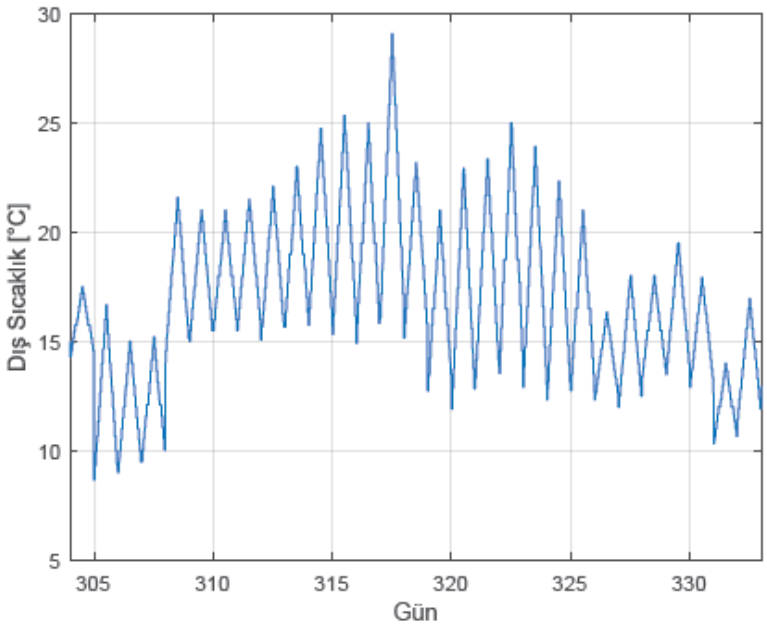
Şekil 4.84 ise Ekim ayının 1-4 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.11 Kasım Ayı



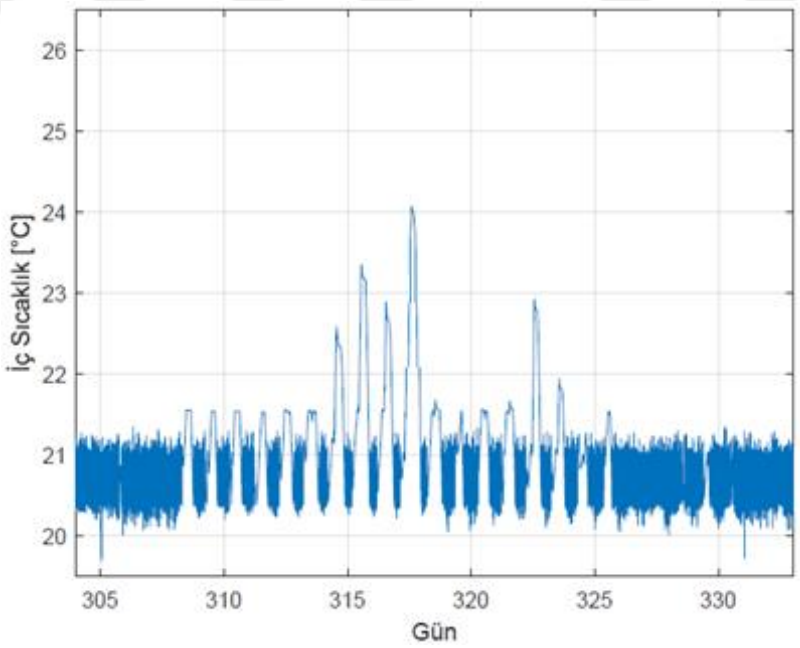
Şekil 4. 85 Kasım ayı termal kayıplar

Şekil 4.85 Kasım ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak kaybettiği ısıl kaybı göstermektedir. Grafikteki düzenli iniş çıkışların sebebi ise gece gündüz arasındaki sıcaklık farkından dolayıdır.



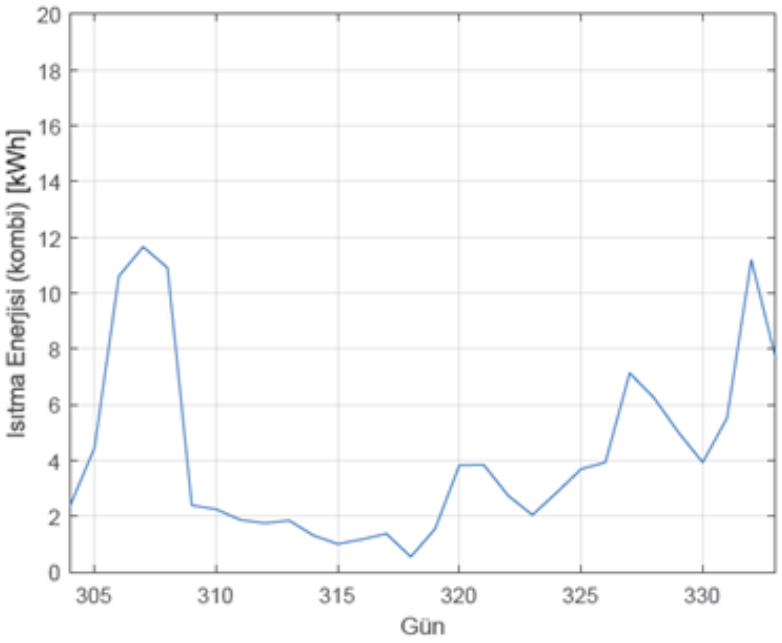
Şekil 4. 86 İstanbul Kasım ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.86 İstanbul için Kasım ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 28 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 9 °C olduğu görülmektedir.



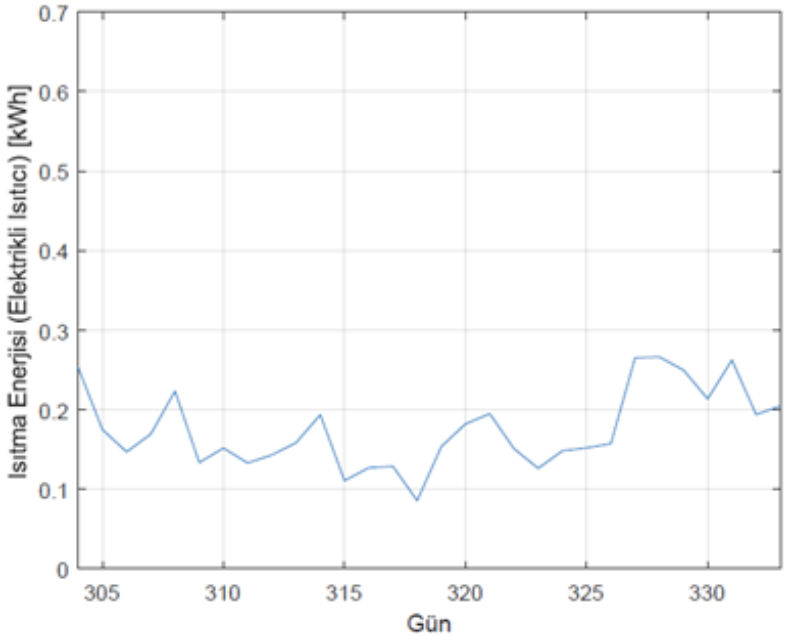
Şekil 4. 87 Kasım ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.87 ise akıllı binadaki Kasım ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada evdeki konfor sıcaklığının değişmediği görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde kombi ve ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kayıp evin sıcaklığını sürekli olarak düşürme eğilimde olmasından dolayı kombi ve ısıtıcı bu ısıl kaybı dengelemeye çalışmaktadır.

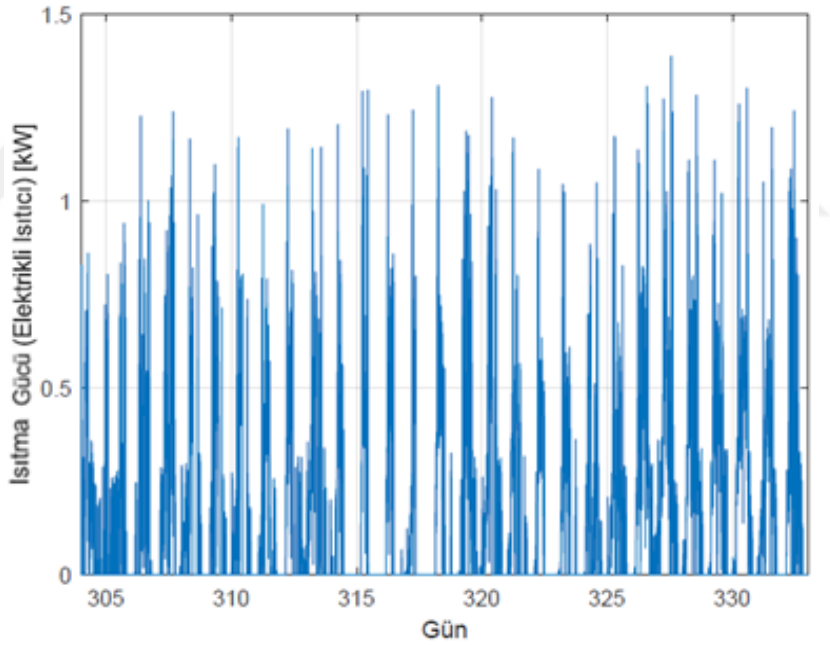


Şekil 4. 88 Kasım ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması

Şekil 4.88 Kasım ayındaki akıllı binadaki kombi ısıtma sisteminin evdeki ısıyı konfor derecesi aralığında tutmak için harcadığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir.



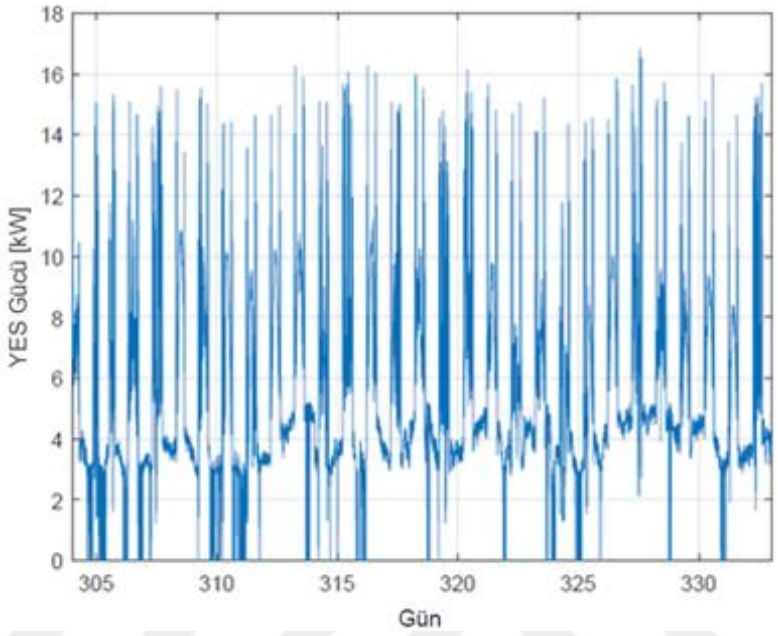
Şekil 4. 89 Kasım ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması



Şekil 4. 90 Kasım ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü

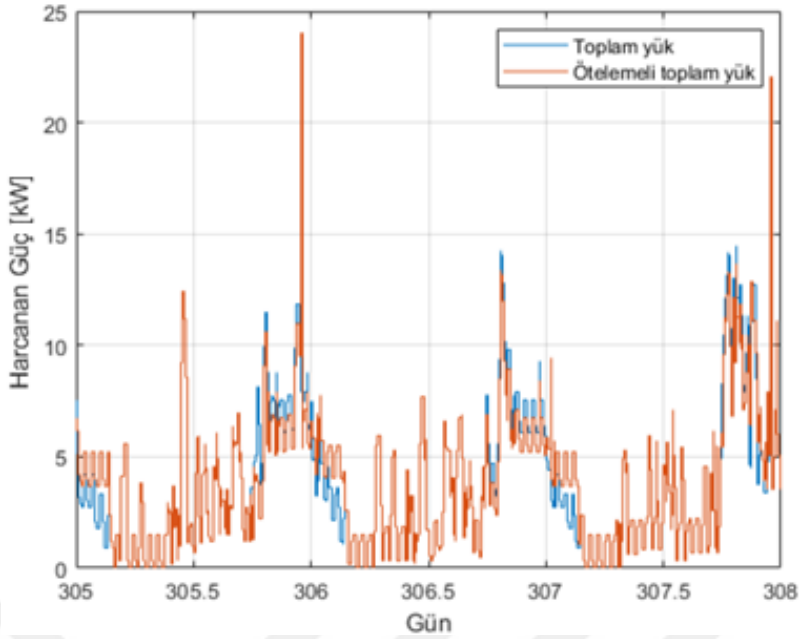
Şekil 4.89 Kasım ayındaki YES' ten üretilen fazla enerjinin anlık olarak şebekeye satılmak yerine ısıtıcı tarafından kullanılarak konfor değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde ısıtıcının eve sağladığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir. Şekil 4.90 ise elektrikli ısıtıcı sisteminin anlık ısıtma gücünü göstermektedir. YES' ten üretilmiş olan ve şebekeye satılmak üzere fazla kalan

enerji ısıda depolanarak şebekeye satılması önlenmiştir. Ayrıca iç sıcaklık değeri de konfor aralığında kalmıştır. Böylece enerji ısıda depolanmış ve ısıl kayıplardan dolayı oluşan evdeki sıcaklık düşüşü en fazla konfor aralığının minimum değeri olacak şekilde kalarak kombinin kullandığı doğalgaz miktarı da düşürülmüştür.



Şekil 4. 91 Kasım ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

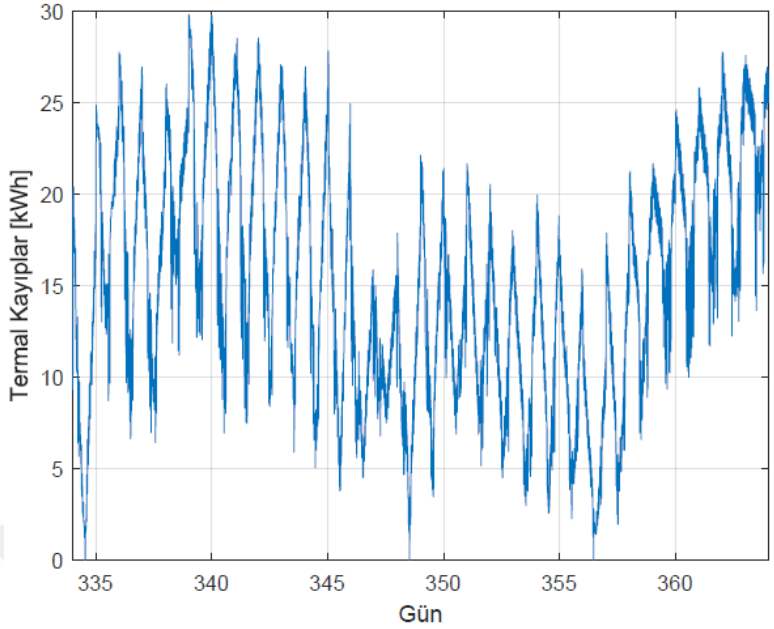
Şekil 4.91 Kasım ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden enerji üretilebilmesidir.



Şekil 4. 92 Kasım ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

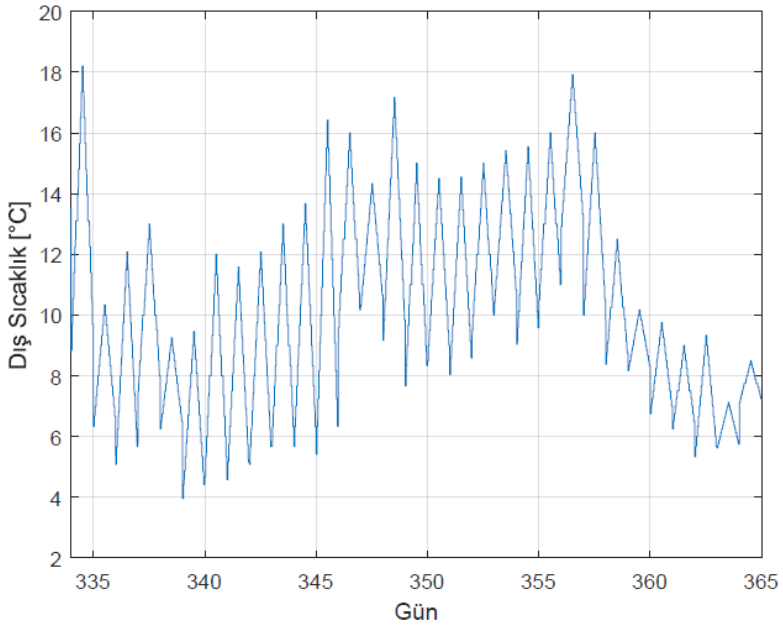
Şekil 4.92 ise Kasım ayının 2-5 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.12 Aralık Ayı



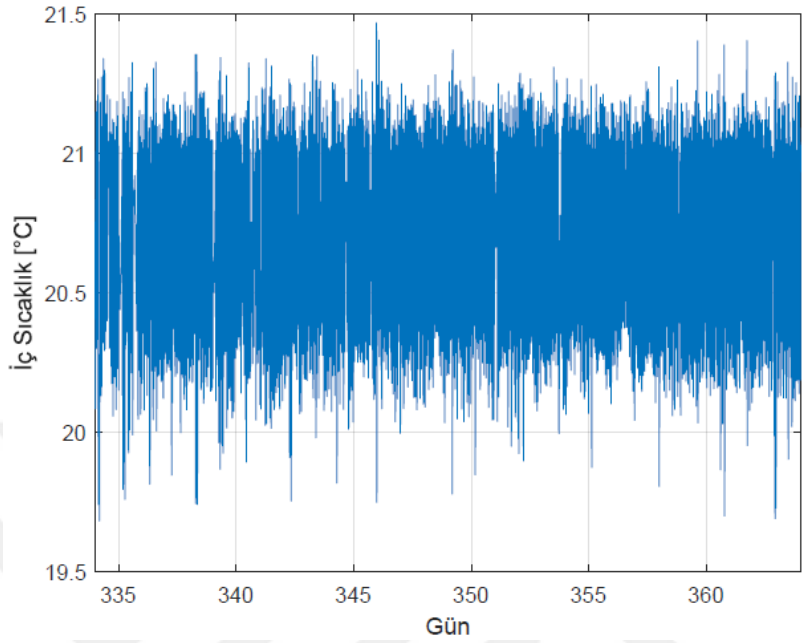
Şekil 4. 93 Aralık ayı termal kayıplar

Şekil 4.93 Aralık ayı için akıllı bina sisteminin anlık olarak kaybettiği ısıl kaybı göstermektedir. Grafikteki düzenli iniş çıkışların sebebi ise gece gündüz arasındaki sıcaklık farkından dolayıdır.



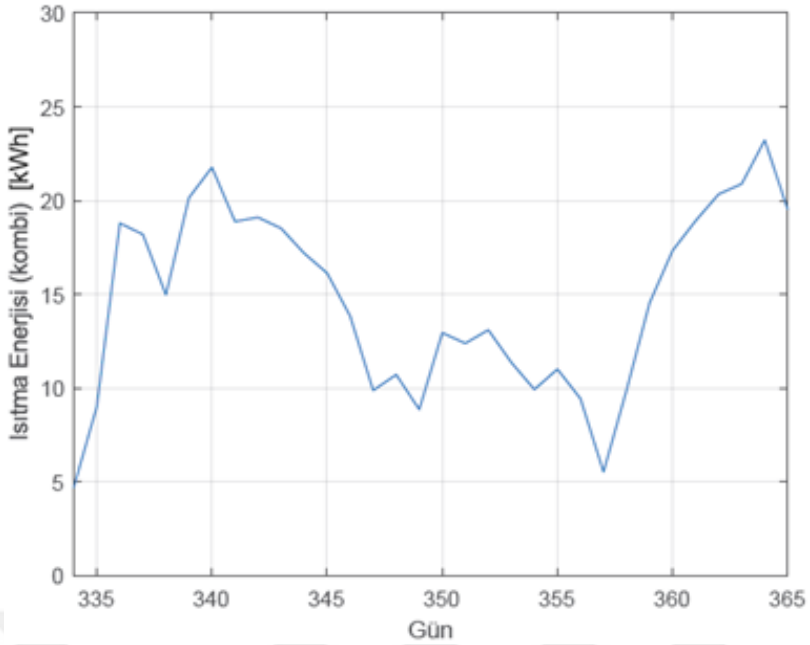
Şekil 4. 94 İstanbul Aralık ayı dış hava sıcaklığı

Şekil 4.94 İstanbul için Aralık ayındaki dış hava sıcaklığını göstermektedir. En yüksek hava sıcaklığının 18.1 °C, en düşük hava sıcaklığının ise 4 °C olduğu görülmektedir.



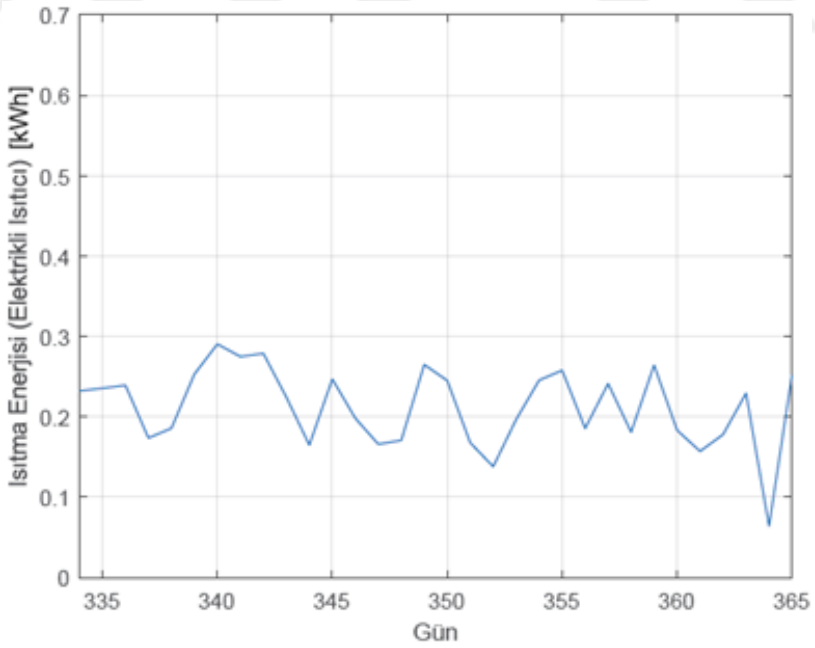
Şekil 4. 95 Aralık ayı iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.95 ise akıllı binadaki Aralık ayındaki iç sıcaklık değişimi değerlerini göstermektedir. Burada evdeki konfor sıcaklığının değişmediği görülmektedir. Bu dengeyi sağlamak için ise evde kombi ve ısıtıcı ile ısıtma enerjisi sağlanmıştır. Isıl kayıp evin sıcaklığını sürekli olarak düşürme eğilimde olmasından dolayı kombi ve ısıtıcı bu ısıl kaybı dengelemeye çalışmaktadır.

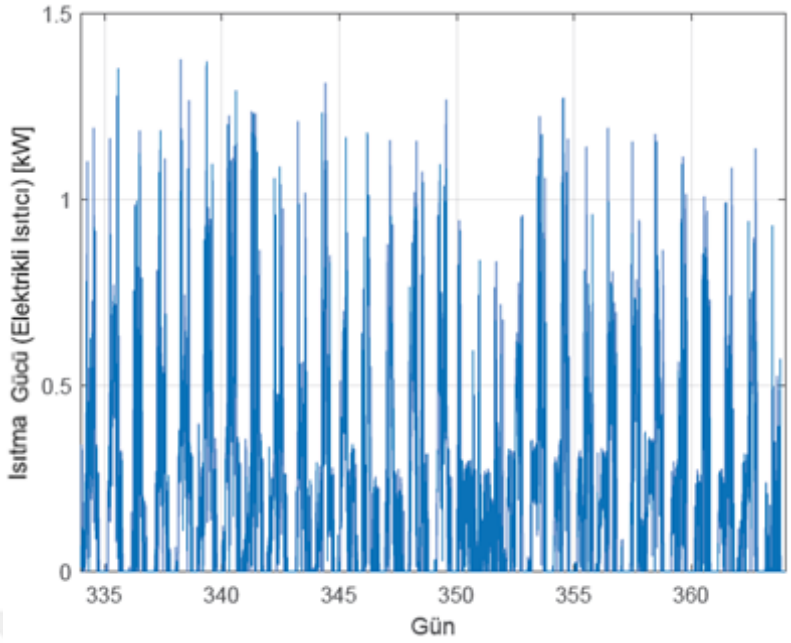


Şekil 4. 96 Aralık ayı kombiden sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması

Şekil 4.96 Aralık ayındaki akıllı binadaki kombi ısıtma sisteminin evdeki ısıyı konfor derecesi aralığında tutmak için harcadığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir.

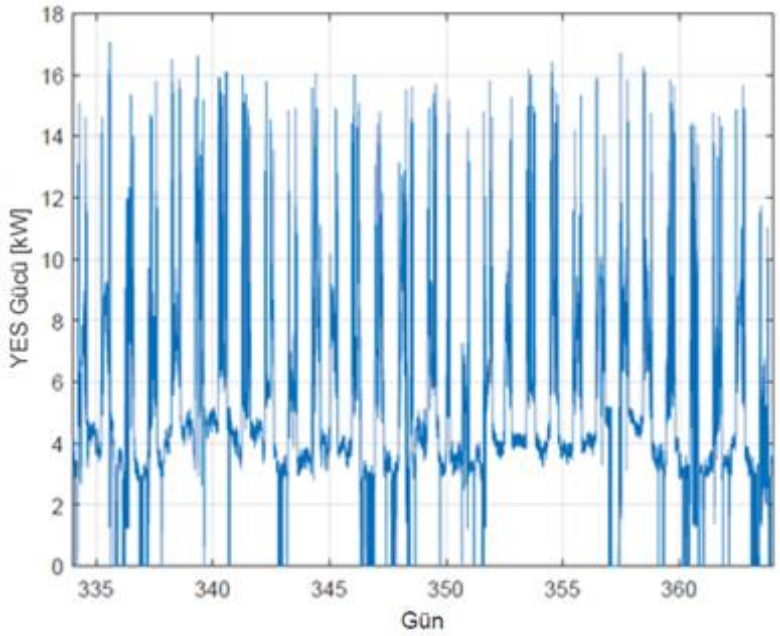


Şekil 4. 97 Aralık ayı ısıtıcıdan sağlanan ısıtma enerjisinin günlük ortalaması



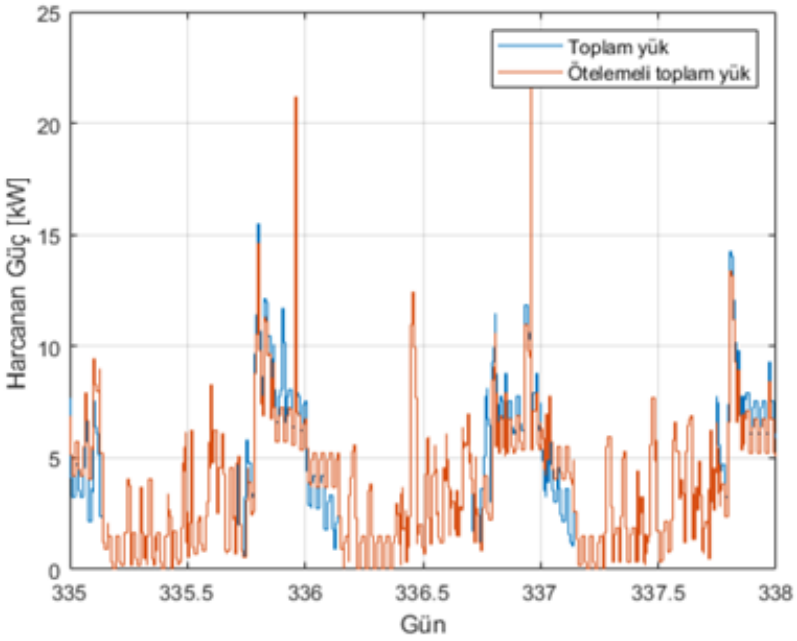
Şekil 4. 98 Aralık ayı elektrikli ısıtıcıdan elde edilen anlık ısıtma gücü

Şekil 4.97 Aralık ayındaki YES' ten üretilen fazla enerjinin anlık olarak şebekeye satılmak yerine ısıtıcı tarafından kullanılarak konfor değerlerinin üzerine çıkmayacak şekilde ısıtıcının eve sağladığı ısıtma enerjisinin günlük ortalamasını göstermektedir. Şekil 4.98 ise elektrikli ısıtıcı sisteminin anlık ısıtma gücünü göstermektedir. YES' ten üretilmiş olan ve şebekeye satılmak üzere fazla kalan enerji ısıda depolanarak şebekeye satılması önlenmiştir. Ayrıca iç sıcaklık değeri de konfor aralığında kalmıştır. Böylece enerji ısıda depolanmış ve ısıl kayıplardan dolayı oluşan evdeki sıcaklık düşüşü en fazla konfor aralığının minimum değeri olacak şekilde kalarak kombinin kullandığı doğalgaz miktarı da düşürülmüştür.



Şekil 4. 99 Aralık ayı YES' ten elde edilen güç miktarı

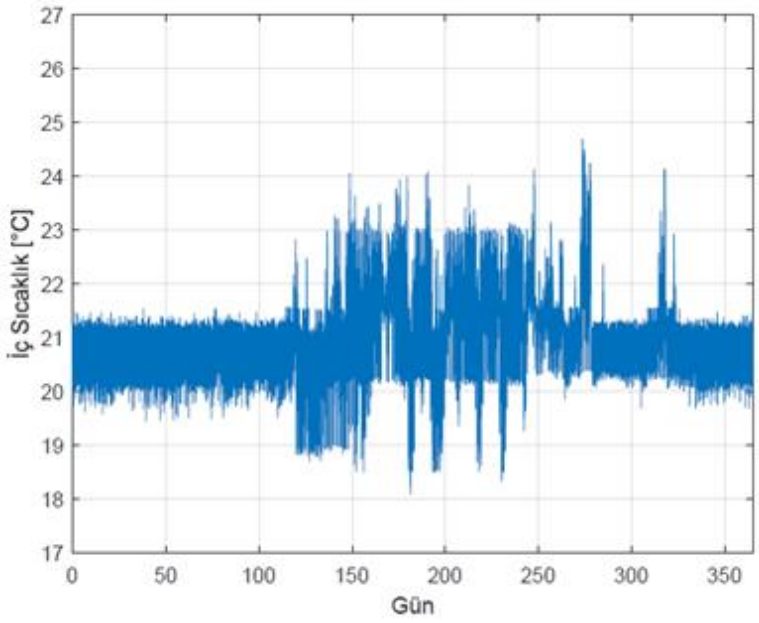
Şekil 4.99 Aralık ayında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden oluşan YES' ten elde edilen güç miktarını göstermektedir. Bu grafikteki düşük üretim olduğu zamanlar gece zamanlarıdır. Bunun sebebi ise gece vakitlerinde güneş enerjisinden faydalanılamadığından dolayı yalnızca rüzgâr türbinlerinden enerji üretilebilmesidir.



Şekil 4. 100 Aralık ayı ötelenmiş ve ötelenmemiş yükler

Şekil 4.100 ise Aralık ayının 2-5 günleri arasındaki ötelenmiş ve ötelenmemiş durumdaki yüklerin tükettiği güç miktarlarını göstermektedir. Mavi renkli grafik evdeki yüklerin ötelenmemiş haldeki yük profili durumunu, kırmızı renkli grafik ise ötelenmiş haldeki yük profilini göstermektedir. Akıllı binadaki en yüksek güç tüketimi EA' ların şarjı esnasında olmaktadır. Değişken yük olarak belirlenmiş olan EA' lar, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri gibi ötelenebilir yüklerin öteleme sistemi sayesinde daha ucuz tarifeden elektrik tüketimi yapılması sağlanmış ve elektrik faturalarından da tasarruf yapılması amaçlanmıştır.

4.6.13 Yıllık İç Sıcaklık Değişimi



Şekil 4. 101 Yıllık iç sıcaklık değişimi

Şekil 4.101 bütün yıl için akıllı binadaki iç sıcaklık değişimini göstermektedir. Buradan da görüleceği ısıl modelleme ile hesaplanan ısıl kayıplar gerekli ısıtma ve soğutma enerjileri ile dengelenerek sıcaklığın konfor sıcaklığı aralığında kalması sağlanmıştır.

Bu çalışma sonucunda akıllı apartman sistemindeki bütün daireler için toplam elektrik faturası enerji yönetimsiz halde yıllık toplam vergiler dâhil 7363,2 TL iken enerji yönetim sistemi eklendiğinde 6802,8 TL' ye düşürülmüştür. Ayrıca şebekeye satılan 216.1 kwh enerjiden elde edilen 77,8 TL karı da eklediğimizde elektrik faturaları 6725 TL' ye düşürülmüş olmaktadır. Bu enerji yönetim sistemi elektrik

faturalarında %8,67 düşüş sağlamaktadır. Ayrıca enerji yönetimsiz haldeki doğalgaz faturası yıllık vergiler dâhil 11852 TL iken %3,44 tasarruf sağlanarak 11458 TL' ye düşürülmüştür. Böylece enerji yönetim sistemi başarılı bir uygulanmış; doğalgaz ve elektrik faturalarında gerekli tasarruf elde edilmiştir.

5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde akıllı bina uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca teknolojinin gelişmesiyle daha da yaygınlaşması öngörülmektedir. Daha fazla kullanılan teknolojik cihazlar yüksek enerji tüketimini de beraberinde getirmektedir. Ayrıca yaygınlaşan EA kullanımı da ekstra enerji ihtiyacı doğurmaktadır. Enerji ihtiyacının artışı da şebekeye bağlılığı arttırmaktadır. Bunun beraberinde şebekeye daha fazla yüklenme olması beklenmektedir. Şebeke sistemini rahatlatmak için alternatif enerji sistemlerine yönelmek gereklidir. Bu durum da beraberinde YES' ten faydalanmak gerekliliğini doğurmaktadır.

Bu çalışmanın çıktıları ise şu şekilde özetleyebiliriz:

- YES tarafından üretilen enerji üretildiği yerde tüketilerek YES' in daha aktif kullanılabilmesi sağlanmıştır.
- YES kullanılırken enerji depolama gibi gerekli yatırım maliyetleri düşürülmüştür.
- Tezde YES' ten hem güneş enerjisi hem de rüzgâr enerjisi kullanılarak önerilen enerji yönetim algoritmasının YES ile performansı daha detaylı irdelenmiştir.
- Bütün bu çalışmalar yapılırken sıcaklık açısından kullanıcı konforu korunmaktadır hatta birçok noktada konvansiyonel sistemlere göre artmaktadır.
- YES' ten üretilen fazla enerjiyi bataryada depolama yerine P2H tekniği kullanmıştır.
- Bataryaya olan ihtiyaç ortadan kaldırıldığından dolayı yatırım maliyetleri oldukça düşürülmüştür.
- Yük öteleme metodu ile değişken ve esnek yükler belirlenerek bu yük profilleri için en uygun tüketim yapılabilecek zaman diliminde tüketim yapılabilmesi için gerek duyulması halinde yük en uygun zaman dilimine ötelenmiştir.

- Elektrik faturalarında %8,67 düşüş yaşanmıştır.
- Doğalgaz faturalarındaki %3,44 düşüş yaşanmıştır.
- Benzetim parametreleri dinamik olarak anlık elde edilmiş ve dakikalık değerlerden oluşmakta ve modellerin çıktıları dinamik olarak incelenmektedir. Böylelikle esnek, geri beslemeli ve bozucu etkilere karşı kendini düzelten bir enerji yönetim sistemi oluşturulmuştur.

Gelişen teknoloji ile artan enerji ihtiyacı için YES ile çözüm üretilmiştir. Ayrıca kullanılan P2H yöntemi, yük öteleme yöntemi gibi yöntemlerle de enerji yönetimi yapılarak doğalgaz ve elektrik faturalarını düşürüp tasarruf yapılmıştır. P2H yöntemi ile de YES' ten elde edilen fazla enerji ucuz fiyattan şebekeye satılmak yerine ısıda depolanarak kullanılmıştır. Ayrıca YES' in kurulması da şebeke kullanımını azaltmıştır. Böylece şebekeyi de rahatlatmak adına önemli bir adım atılmıştır. Kendi enerjisini kendisi üretebilen ve enerji yönetimi ile optimum enerji tüketimi sağlayan akıllı bina tasarımı ortaya çıkarılarak gelecek için önemli bir katkı sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

[1] Yi Liu, Yun Zhang, Kairui Chen, Si Zhe Chen, and Bin Tang, "Equivalence of Multi-Time Scale Optimization for Home Energy Management Considering User Discomfort Preference," IEEE Transactıons On Smart Grıd, Vol. 8, No. 4, July 2017

[2] Sereen Althaher, Pierluigi Mancarella, Joseph Mutale, "Automated Demand Response From Home Energy Management System Under Dynamic Pricing and Power and Comfort Constraints, " IEEE Transactions On Smart Grid, Vol. 6, No. 4, July 2015

[3] Abbas Javed, Hadi Larijani, Ali Ahmadinia, Rohinton Emmanuel, Mike Mannion, Des Gibson, "Design and Implementation of a Cloud Enabled Random Neural Network-Based Decentralized Smart Controller With Intelligent Sensor Nodes for HVAC," IEEE Internet Of Things Journal, Vol. 4, No. 2, April 2017

[4] Laila Salman, Safa Salman, Saeed Jahangirian, Mehdi Abraham, Fred German, Charlotte Blair, Peter Krenz, "Energy Efficient IoT-Based Smart Home," ANSYS Inc. Canonsburg, PA, USA

[5] Fady Y. Melhem, Olivier Grunder, Zakaria Hammoudan, Nazih Moubayed, Energy Management in Electrical Smart Grid Environment Using Robust Optimization Algorithm, IEEE Transactıons On Industry Applıcatıons, Vol. 54, No. 3, May/June 2018

[6] Hieu Trung Nguyen, Duong Nguyen, Long Baa Le, Home Energy Management with Generic Thermal Dynamics and User Temperature Preference, IEEE SmartGridComm Symposium - Smart Grid Services and Management Models, 2013

[7] Steven Wong, Nicolas Lévesque, Véronique Delisle, Alexandre Gagné, Louis-Philippe Proulx, Using the Thermal Energy Storage Potential of Residential Homes for ToU Rate Savings and Demand Response, 5th IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering, 2017

[8] T. Hubert and S. Grijalva, "Modeling for residential electricity optimization in dynamic pricing environments," Smart Grid, IEEE Transactions on, vol. 3, no. 4, pp. 2224-2231, Dec 2012

[9] Zhe Yu, Liyan Jia, Mary C. Murphy-Hoye, Annabelle Pratt, Lang Tong, Modeling and Stochastic Control for Home Energy Management, IEEE Transactıons on Smart Grıd, Vol. 4, No. 4, December 2013

[10] Francesco De Angelis, Matteo Boaro, Danilo Fuselli, Stefano Squartini, Francesco Piazza, Qinglai Wei, Optimal Home Energy Management Under Dynamic Electrical and Thermal Constraints, IEEE Transactions On Industrial Informatics, Vol. 9, No. 3, August 2013

[11] Ilias Papas, Carlos García Rodríguez, Bruno Estibals, Christelle Ecrepont, Corinne Alonso, ADREAM: Energy Consumption Optimisation through Dynamic Energetic Simulations for an Intelligent Management of Energy, IEEE Conferences on Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People, and Smart World Congress, 2016

[12] Grazia Belli, Andrea Giordano, Carlo Mastroianni, Daniele Menniti, Anna Pinnarelli, Luigi Scarcello, Nicola Sorrentino, Maria Stillo, A Unified Model for the Optimal Management of Electrical and Thermal Equipment of a Prosumer in a DR Environment, IEEE Transactions On Smart Grid, Vol. 10, No. 2, March 2019

[13] K. Kurokawa, "The state-of-the art of solar photovoltaics and its future direction," The Institute of Electrical Engineers of Japan (IEEJ) Trans. on Power and Energy, 128(7), pp. 904–907, 2008

[14] Fengji Luo, Gianluca Ranzi, Can Wan, Zhao Xu, Zhao Yang Dong, A Multistage Home Energy Management System With Residential Photovoltaic Penetration, IEEE Transactıons On Industrıal Informatıcs, Vol. 15, No. 1, January 2019

[15] Hieu T. Nguyen, Duong T. Nguyen, Long B. Le, Energy Management for Households With Solar Assisted Thermal Load Considering Renewable Energy and Price Uncertainty, IEEE Transactıons On Smart Grıd, Vol. 6, No. 1, January 2015

[16] Chanaka Keerthisinghe, Gregor Verbiˇc, Archie C. Chapman, A Fast Technique for Smart Home Management: ADP With Temporal Difference Learning, IEEE Transactıons On Smart Grıd, Vol. 9, No. 4, July 2018

[17] A. Ipakchi and F. AIbuyeh, "Grid of the future," Power and Energy Magazine, IEEE, vol. 7, pp. 52-62, 2009

[18] Janet Roveda, Susan Lysecky, Young-Jun Son, Hyungtaek Chang, Anita Annamalai Xiao Qin, Interface Model Based Cyber-Physical Energy System Design for Smart Grid, IEEE/IFIP 19th International Conference on VLSI and System-on-Chip, 2011

[19] Hieu Trung Nguyen, Duong Nguyen, and Long Baa Le, Home Energy Management with Generic Thermal Dynamics and User Temperature Preference, IEEE SmartGridComm Symposium - Smart Grid Services and Management Models, 2013

[20] Ilias PAPAS, Carlos GARCÍA RODRÍGUEZ, Bruno ESTIBALS, Christelle ECREPONT, Corinne ALONSO, ADREAM: Energy Consumption Optimisation through Dynamic Energetic Simulations for an Intelligent Management of Energy, IEEE Conferences on Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People, and Smart World Congress, 2016

[21] Sun feng, Li Shenghui, Ge Yangyang, FuYao, Xie Cijian1,Zhao Qingsong, Zhang Xiaotong, Zhang Zhao Liu Yu, Multi-objective optimization method for source-source coordination of power system considering wind power consumption, 3rd International Conference on Smart City and Systems Engineering (ICSCSE), 2018

[22] A. Rifat BOYNUEGRI, Bunyamin YAGCITEKIN, Mustafa BAYSAL, Arif KARAKAS, Mehmet UZUNOGLU, Energy Management Algorithm for Smart Home with Renewable Energy Sources, 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, Istanbul, Turkey, 13-17 Mayıs 2013

[23] Rohit Chandra, Soumen Banerjee, Sanjib Kumar Panda, Building Energy Management System for Transactive Energy Framework, IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), 2018

[24] Liyan Jia, Zhe Yu, Mary C. Murphy-Hoye, Annabelle Pratt, Ellen G. Piccioli, and Lang Tong, Multi-Scale Stochastic Optimization for Home Energy Management, 4th IEEE International Workshop on Computational Advances in Multi-Sensor Adaptive Processing (CAMSAP), 2011

[25] Matteo Barsanti, Marco Mussetta, Load modeling and scheduling optimization for energy sharing in prosumers network, IEEE Milan PowerTech, 2019

[26] Amjad Anvari-Moghaddam, Hassan Monsef, Ashkan Rahimi-Kian, Optimal Smart Home Energy Management Considering Energy Saving and a Comfortable Lifestyle, IEEE Transactıons On Smart Grıd, Vol. 6, No. 1, Ocak 2015

[27] Matthew B. Hoy, Smart Buildings: An Introduction to the Library of the Future, Pages 326-331, Temmuz 2016

[28] Eugeny I.Batov, The Distinctive Features of “Smart” Buildings, Procedia Engineering, Volume 111, Pages 103-107, 2015

[29] Yash Mittal, Paridhi Toshniwal, Sonal Sharma, Deepika Singhal, Ruchi Gupta, V. K. Mittal, A Voice-Controlled Multi-functional Smart Home Automation System, Annual IEEE India Conference (INDICON), 2015

[30] Himanshu Singh, Vishal Pallagani, Vedant Khandelwal, U. Venkanna, IoT Based Smart Home Automation System Using Sensor Node, 4th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT), 2018

[31] Tui-Yi Yang, Chu-Sing Yang, Tien-Wen Sung, A Dynamic Distributed Energy Management Algorithm of Home Sensor Network for Home Automation System, 3rd International Conference on Computing Measurement Control and Sensor Network (CMCSN), 2016

[32] M. Mazhar Rathore, Syed Attique Shah, Dhirendra Shukla, Elmahdi Bentafat, Spiridon Bakiras, The Role of AI, Machine Learning, and Big Data in Digital Twinning: A Systematic Literature Review, Challenges, and Opportunities, IEEE Access, Volume: 9, Şubat 2021.

[33] Emin Ucer, Ramona Buckreus, Mithat C. Kisacikoglu, Eyuphan Bulut, Mustafa Guven, Yilmaz Sozer, Luigi Giubbolini, A Flexible V2V Charger as a New Layer of Vehicle-Grid Integration Framework, IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), 2019

[34] Kazi Masudul Alam, Abdulmotaleb El Saddik, C2PS: A Digital Twin Architecture Reference Model for the Cloud-Based Cyber-Physical Systems, IEEE Access, Volume 5, 23 Ocak 2017

[35] TEDAŞ, 2019 Yılı Türkiye Elektrik Dağıtımı Sektör Raporu, Mayıs 2020

[36] World Energy Council, Ulusal Enerji Denge Tablosu, 2019

[37] TEHAD, Electric Vehicle Ecosystem in Turkey: Emerging Issues and Future Outlook, Vol. 1, No. 4, 2021

[38] Shanzhi Chen, Jinling Hu, Yan Shi, Ying Peng, Jiayi Fang, Rui Zhao, Li Zhao, Vehicle-to-Everything (v2x) Services Supported by LTE-Based Systems and 5G, IEEE Communications Standards Magazine, Volume: 1, Issue: 2, 2017

[39] Chengke Zhou, Kejun Qian, Malcolm Allan, Wenjun Zhou, Modeling of the Cost of EV Battery Wear Due to V2G Application in Power Systems, IEEE Transactions on Energy Conversion, Volume: 26, Issue: 4, Aralık 2011

[40] C. Pang, P. Dutta, M. Kezunovic, BEVs/PHEVs as Dispersed Energy Storage for V2B Uses in the Smart Grid, IEEE Transactions on Smart Grid, Volume: 3, Issue: 1, Mart 2012

[41] Philip Sterchele, Konstantin Kersten, Andrea sPalzer, Jan Hentschel, Hans-Martin Henning, Assessment of flexible electric vehicle charging in a sector coupling energy system model – Modelling approach and case study, Applied Energy, Volume 258, 15 Ocak 2020

[42] Zhe Yu, Linda McLaughlin, Liyan Jia, Mary C. Murphy-Hoye, Annabelle Pratt, and Lang Tong, Modeling and Stochastic Control for Home Energy Management, IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2012

[43] Hieu T. Nguyen, Duong T. Nguyen, Long B. Le, Energy Management for Households with Solar Assisted Thermal Load Considering Renewable Energy and Price Uncertainty, IEEE Transactions On Smart Grid, Vol. 6, No. 1, January 2015

[44] Cevdet Emin Ekinci, Yapı Tasarımcının İnşaat El Kitabı, syf.68-92 Ankara, 2003

[45] Türkiye İstatistik Kurumu, 1990-2019 Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 30 Mart 2021

[46] Mihaela Puianu, Ramona-Oana Flangea, Nicoleta Arghira, Sergiu Stelian Iliescu, PV Panel - Wind Turbine Hybrid System Modelling, 21st International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS), 2017

[47] Martin Liska, Marian Ivanic, Vladimir Volcko, Peter Janiga, Research on Smart Home Energy Management System, 16th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), 2015

[48] Sima Aznavi, Poria Fajri, Arash Asrari, Javad Khazaei, Two-Stage Energy Management of Smart Homes in Presence of Intermittencies, IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), 2019

[49] Jianwei Li, Anthony M.Gee, Min Zhang, Weijia Yuan, Analysis of Battery Lifetime Extension in a SMES-Battery Hybrid Energy Storage System Using a Novel Battery Lifetime Model, Energy, Volume 86, Pages 175-185, 15 June 2015

[50] Peter Kohlhepp, Hassan Harb, Henryk Wolisz, Simon Waczowicz, Dirk Müller, Veit Hagenmeyer, Large-scale grid integration of residential thermal energy storages as demand-side flexibility resource: A review of international field studies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 101, Pages 527-547, Mart 2019

[51] TS 825, Turkish Standard, Thermal Insulation Requirements for Buildings, Temmuz 2009

[52] Onur Özel, Ali Rıfat Boynueğri, Thermal Modelling and Energy Management of a Smart Home with Renewable Energy Sources, 6th International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems (EPECS), 2020

[53] Hoaison Nguyen, Yoshiki Makino, Yuto Lim, Yasuo Tan, 4th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science, 2017

[54] Yunus A. Cengel, Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer, 2/e, University of Nevada, Reno, 2008

[55] ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers)Handbook of Fundamentals, Atlanta 1981

[56] ISO 9164, Thermal Insulation-Calculation of Space Heating Requirements For Residential Buildings, ISO, Geneva, 1989

[57] Rima Fayaz, Behrouz M. Kari, Comparison of energy conservation building codes of Iran, Turkey, Germany, China, ISO 9164 and EN 832, Applied Energy, Volume 86, Issue 10, Pages 1949-1955, October 2009

[58] Guangming Li, Yuanrui Chen, Tao Li, The realization of control subsystem in the energy management of wind/solar hybrid power system, 3rd International Conference on Power Electronics Systems and Applications (PESA), 2019

[59] Ibrahim Nassar, Ibrahim Elsayed, Mahmoud Abdella, Optimization And Stability Analysis Of Offshore Hybrid Renewable Energy Systems, 21st International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), 2019

[60] Vehicle-Kilometer Statistics by Vehicle Type, TurkStat, 2018.

[61] Tiecheng Wang, Haifang Yu, Chunbo Zhu, Hybrid energy sources for hybrid electric vehicle propulsion, IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, 2008

[62] Jian Wu, Chenghui Zhang, Naxin Cui, Ke Li, An Improved Energy Management Strategy for Parallel Hybrid Electric Vehicle, 6th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2006

[63] Elena V. Platonova, Andrey S. Toropov, Alexander N. Tulikov, Simulation of Energy Input to Solar Panels, International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), 2019

[64] Naruhito Kodama, Tomoyuki Matsuzaka, Web-Based Data Acquisition System of Wind Conditions and its Application to Power Output Variation Analysis for Wind Turbine Generation, SICE-ICASE International Joint Conference, 2006

[65] Xingjia Yao, Jun Liu, Zuoxia Xing, Yanjun Jing, Guangbo Li, Study on power control of doubly fed wind turbine, Chinese Control and Decision Conference, 2008

[66] World Health Organization Regional Office for Europe, Housing, Energy and Thermal Comfort, 2007

[67] Yulong Yang, Kai Wu; Xu Yan, Jianchao Gao, Hongyu Long, The large-scale wind power integration using the integrated heating load and heating storage control, IEEE Eindhoven PowerTech, 2015

[68] Cheng Gong, Baoqun Zhang, Yifeng Ding, Longfei Ma, Yutong Zhao, Xianglong Li, Operating Characteristics and Influence on Power Grid with Distributed Electric Heating Considering Load Transfer, 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2), 2018

[69] Yujuan Gu, Jun Xie, Xingying Chen, Kun Yu, Zhenyu Chen, Zuofeng Li, Dynamic tariff method for congestion management in distribution networks, IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2), 2017

[70] Chenghong Gu, Chenchen Yuan, Furong Li, Yonghua Song, Risk Management in Use-of-System Tariffs for Network Users, IEEE Transactions on Power Systems, Volume 28, Issue 4, November 2013

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. O. Özel and A. R. Boynuegri, "Thermal Modelling and Energy Management of a Smart Home with Renewable Energy Sources," 2020 6th International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems (EPECS), 2020, pp. 97-102, doi: 10.1109/EPECS48981.2020.9304521