

T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIFIR ENERJİLİ BİNA YAKLAŞIMIYLA ISI VE ELEKTRİK TÜKETİMİNİN  
FOTOVOLTAİK PANELLERLE KARŞILANMASININ İNCELENMESİ:  
BİR AVM ÖRNEĞİ

GÜRKAN KALAFAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOÇ. DR. BERRİN YILMAZ

EDİRNE-2024

**GÜRKAN KALAFAT** 'ın hazırladığı “**SIFIR ENERJİLİ BİNA YAKLAŞIMIYLA ISI VE ELEKTRİK TÜKETİMİNİN FOTOVOLTAİK PANELLERLE KARŞILANMASININ İNCELENMESİ: BİR AVM ÖRNEĞİ**” başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda bir **yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvan, Ad, Soyad):

İmza

Doç. Dr. Berrin YILMAZ

.....

Prof. Dr. -Ing. Ahmet CAN

.....

Dr. Öğr. Üyesi Hacer AKHAN

.....

Tez Savunma Tarihi: 26/07/2024

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylıyorum.

İmza

Doç. Dr. Berrin YILMAZ

Tez Danışmanı

.....

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Muharrem Tolga SAKALLI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**  
**DOĞRULUK BEYANI**

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

26 / 07 / 2024

GÜRKAN KALAFAT

Yüksek Lisans Tezi

Sıfır Enerjili Bina Yaklaşımıyla Isı Ve Elektrik Tüketiminin Fotovoltaik Panellerle Karşılanmasının İncelenmesi: Bir AVM Örneği

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

## ÖZET

Bu çalışmada İstanbul ili Eyüpsultan İlçesinde faal durumda olan VIALAND Alışveriş Merkezi'nin sıfır enerjili bina yaklaşımıyla ısı ve elektrik tüketiminin fotovoltaik panellerle karşılanabilirliği incelenmiştir. Dünyanın nüfusu ve enerjiye olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır fakat kaynaklar aynı hızla tükenmektedir. Alışveriş merkezlerinin sayısı ülkemizde 2023'te 446'ya ulaşmıştır. İstanbul Eyüpsultan İlçesindeki VIALAND Alışveriş Merkezi'nde enerji talebinin düşürülmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Çalışmanın başlangıcı binanın 2021 ve 2022 yıllarında ortalama enerji tüketiminin incelenmesi olmuştur. Tüketim, işletmeler ve ortak alanlar olmak üzere ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Binanın dış kabuğu, mekanik ve elektrik sistemleri incelenmiştir. Başta aydınlatma olmak üzere birçok sistemde iyileştirme yapılmıştır. Konum olarak çevre yapılardan etkilenmeyen tesisin yürünebilir teras çatısında PV\*SOL programı ile uygun GES tasarımı yapılmıştır. Sekiz farklı blok ayrı ayrı incelenmiştir. Teras uygun alanlar taranmış, panel konumlandırılmayacak noktalar yasak bölge olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, çatıyı sınırlayan parapetlerden en az bir metre olacak kadar mesafe bırakılmıştır. Seçilen fotovoltaik (PV) panel ve diğer sistem elemanları yardımıyla yapılan analizler sonucunda elde edilebilir güneş enerjisi kaynaklı elektrik gücü hesaplanmıştır. Tesisin enerji tüketimleri ile kıyaslanarak yapılacak ilave iyileştirmeler sayesinde ortak alanların enerji ihtiyacının burada tanımlanmış PV yöntemden yararlanarak karşılanabileceği görülmüştür.

Yıl : 2024

Sayfa Sayısı : 110

Anahtar Kelimeler : Sıfır Enerjili Bina, Yenilenebilir Enerji, Fotovoltaik Panel,  
Alışveriş Merkezlerinde Enerji Yönetimi



Master's Degree Thesis

Investigation of Heat and Electricity Consumption by Photovoltaic Panels with Zero Energy Building Approach: A Shopping Mall Example

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Mechanical Engineering

## **ABSTRACT**

In this study, the affordability of heat and electricity consumption with photovoltaic panels with the zero energy building approach of VIALAND Mall, which is in operation in Eyüpsultan District of Istanbul, was examined. The world's population and its need for energy are increasing day by day, but energy sources are being depleted at the same rate. The number of shopping malls reached 446 in 2023 in our country. First of all, studies have been carried out to reduce energy demand in VIALAND Shopping Mall. The beginning of the study was the examination of the average energy consumption of the building in 2021 and 2022. Consumption was evaluated separately for stores and common areas. The building's outer wall, mechanical and electrical systems were examined. Improvements have been made in many systems, especially lighting. A suitable solar power plant design was made with the PV\*SOL program on the walkable terrace roof of the facility, which is not affected by the surrounding structures in terms of location. Eight different blocks were examined separately. Suitable areas for terraces were scanned, and points where panels could not be positioned were defined as prohibited areas. Additionally, a distance of at least one meter is left from the parapets limiting the roof. As a result of the analyzes made with the help of the selected photovoltaic (PV) panel and other system elements, the obtainable solar energy-based electrical power was calculated. Thanks to additional improvements to be made by comparing the energy

consumption of the facility, it has been seen that the energy needs of common areas can be met by using the PV method defined here.

Year : 2024

Number of Pages : 110

Keywords : Zero Energy Building, Renewable Energy, Photovoltaic Panel,

Energy Management in Malls

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmamda bana her zaman desteğini ve guvenini grdüğüm, yol gstericim değerli danıőman hocam **Do. Dr. Berrin YILMAZ**'a teőekkrlerimi sunarım.

Varlıkları için **değerli eőime, oğluma ve kızıma** gönülden teşekkür ederim.

Bu süreçte verdiği destekle çevreye, ekonomiye ve akademiye katkı sağlayan, yesi olmaktan mutluluk duyduğum **Gürsoy Grup**'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
SİMGELER.....	xii
KISALTMALAR .....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiv
ÇİZELGELER.....	xvi
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin Konusu ve Önemi.....	1
1.2. Tezin Kapsamı .....	2
1.3. Literatür Araştırması .....	3
BÖLÜM 2 .....	8
KURAMSAL TEMELLER .....	8
2.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi.....	9
2.2. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi .....	10
2.2.1. Fotovoltaik Hücreler .....	12
2.1.2. Fotovoltaik Sistemler.....	13
2.3. Enerji Verimliliği .....	15
2.3.1. Yalıtım .....	17

2.3.2. İklimlendirme ve Havalandırma Sistemleri.....	17
2.3.3. Aydınlatma.....	18
2.4. Sıfır Enerjili Bina .....	21
BÖLÜM 3 .....	25
ALIŞVERİŞ MERKEZLERİ .....	25
3.1. Ülkemizde Alışveriş Merkezleri .....	25
3.2. Yoğun Enerji Tüketim Noktaları.....	26
3.2.1. İklimlendirme Sistemleri .....	27
3.2.2. Aydınlatma Sistemleri .....	29
BÖLÜM 4 .....	31
MATERYAL VE METOT .....	31
4.1. VIALAND Alışveriş Merkezi Hakkında Genel Bilgi.....	31
4.2. İklimsel Koşullar ve Güneşlenme Süresi .....	33
4.3. Bina Mimari ve Teknik Özellikleri .....	35
4.3.1. Dış Kabuk ve Cephe Sistemleri.....	35
4.3.2. Mekanik Sistemler .....	36
4.3.3. Aydınlatma Sistemleri .....	37
4.3.4. Diğer Önemli Enerji Tüketim Noktaları.....	38
4.4. Tesisin Yıllara Göre Enerji Tüketimi .....	39
4.5. Enerji Talebinin Azaltılması Çalışmaları .....	42
4.5.1. Bina Dış Kabuğu Yalıtım Kontrolü.....	45
4.5.2. Aydınlatma Sistemi İyileştirmeleri.....	48
4.5.2.a. Kapalı Otopark Aydınlatmaları.....	49
4.5.2.b. Acil Kaçış Koridorları ve Merdivenleri.....	50
4.5.2.c. Çatı ve Çevre Aydınlatmaları .....	51
4.5.2.d. Cadde Dekoratif Aydınlatmaları.....	52

4.5.2.e. Mescit Aydınlatmaları.....	53
4.5.2.f. Yol Boyu ve Açık Otopark Aydınlatmaları.....	54
4.5.2.g. AVM Katı İyileştirmeleri.....	55
4.5.3. Diğer İyileştirmeler.....	58
4.6. Güncel Yıllık Enerji Talebi .....	59
BÖLÜM 5 .....	63
GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ TASARIMI .....	63
5.1. Güneş Enerjisi Santrali Yüğü.....	64
5.2. Çatı Üstü Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı .....	64
5.2.1. Yazılım.....	67
5.2.2. Modelleme ve Seçimler .....	69
5.2.3. Bloklara Göre Tasarım ve Yerleşimler.....	74
5.2.4. Tesisin nnZEB Değerlendirmesi.....	82
BÖLÜM 6 .....	85
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	85
KAYNAKÇA.....	89
ÖZGEÇMİŞ .....	93

## SİMGELER LİSTESİ

$\gamma$	Kazanç Kullanım Oranı
$\eta$	Kazanç Kullanım Faktörü
$\phi_i$	İç Isı Kazancı, W
$\phi_s$	Güneş Enerjisi Kazancı, W
A	Yüzey, m <sup>2</sup>
d	Kalınlık, m
h	Saat
I	Akım, Amper
R	Isıl İletkenlik Direnci, m <sup>2</sup> K/W
T	Sıcaklık, Kelvin
U	Isı Geçirgenlik Katsayısı, W/m <sup>2</sup> K
U <sub>D</sub>	Isı Geçirgenlik Katsayısı Duvar, W/m <sup>2</sup> K
U <sub>p</sub>	Isı Geçirgenlik Katsayısı Pencere, W/m <sup>2</sup> K
U <sub>T</sub>	Isı Geçirgenlik Katsayısı Çatı, W/m <sup>2</sup> K
U <sub>t</sub>	Isı Geçirgenlik Katsayısı Zemin, W/m <sup>2</sup> K
V	Gerilim, Volt

## KISALTMALAR LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
AHU	Klima Santrali (Air Handling Unit)
EPBD	Binalarda Enerji Performansı Direktifi
GEPA	Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GÜYAD	Enerji Yatırımcıları Derneği
GYODER	Gayrimenkul Yatırımcıları Derneği
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Kurumu
nnZEB	Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar
nZEB	Net Sıfır Enerjili Binalar
PEE	Pasif Ev Enstitüsü
PV	Fotovoltaik Sistem
TEP	Ton Eşdeđer Petrol
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UEDT	Ulusal Enerji Denge Tabloları
UEVEP	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye Güneş Işınımı Haritası.....	9
Şekil 2.2. Türkiye Aylık Ortalama Işınım Değeri.....	9
Şekil 2.3. Türkiye’de güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW).....	10
Şekil 2.4. Türkiye’de kurulu toplam güç içerisindeki oranı.....	11
Şekil 2.5. PV hücre, modül ve dizi tasarımları .....	12
Şekil 2.6. Güneş pili yapısı .....	13
Şekil 2.7. Güneş panel sistemini oluşturan temel donanımlar (Köroğlu vd 2010) .....	14
Şekil 2.8. Aydınlatma kaynaklı enerji tüketimi .....	19
Şekil 2.9. Sıfır enerji evinin başlıca özellikleri (Berberoğlu, 2009) .....	23
Şekil 3.1. Yıllara göre açılan AVM sayısı (GYODER, 2024).....	25
Şekil 3.2. AVM ortak mahal örnek iklimlendirme planı (Rooftop Sistemi).....	28
Şekil 3.3. AVM ortak mahal örnek aydınlatma planı .....	30
Şekil 4.1. VIALAND Alışveriş Merkezi genel görünüm .....	31
Şekil 4.2. Tesis uydu görünümü (Google Earth).....	32
Şekil 4.3. MGM Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi .....	35
Şekil 5.1. Tesisin çevresel genel görüntüsü (Google Earth) .....	63
Şekil 5.2. İstanbul ili güneş ışınımı değerleri.....	65
Şekil 5.3. Eyüpsultan İlçesi global ışınım değerleri (kWh/m <sup>2</sup> -gün) .....	65
Şekil 5.4. Eyüpsultan İlçesi güneşlenme süreleri (saat).....	66
Şekil 5.5. Eyüpsultan PV tipi – alan-üretilebilecek enerji (KWh-yıl) .....	66
Şekil 5.6. PV*SOL programı başlangıç ekranı .....	68
Şekil 5.7. PV*SOL sistem türü, iklim ve şebeke seçimleri .....	69
Şekil 5.8. GES tasarımı yapılacak çatı blokları .....	70
Şekil 5.9. Modül alanları ve yasak alanların belirlenmesi .....	71

Şekil 5.10. Tesis gölgeleme analizi.....	72
Şekil 5.11. Montaj sisteminin düzenlenmesi.....	72
Şekil 5.12. Montaj öncesi kenar mesafeleri .....	73
Şekil 5.13. Montaj yönü ve izdüşüm eksenleri .....	73
Şekil 5.14. Tesis geneli panel yerleşimi.....	74
Şekil 5.15. Evirici kriterleri.....	74
Şekil 5.16. Evirici veri tabanı görüntüsü.....	75
Şekil 5.17. Tesis geneli modül konfigürasyonu .....	76
Şekil 5.18. PV*SOL program nihai çıktısı .....	80
Şekil 5.19. Yıllık enerji üretiminin aylara göre dağılımı .....	80
Şekil 5.20. Aylık enerji tüketimi ve GES üretim kıyaslaması .....	84
Şekil 5.21. Planlara göre aylık karşılama oranları .....	87
Şekil 6.1. Planlara göre aylık karşılama oranları .....	87

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Benzer güçteki aydınlatma armatürlerinin kıyaslanması.....	20
Çizelge 2.2. Çevreye yayılan yıllık CO2 miktarı.....	20
Çizelge 2.3. nnZEB için pasif ve aktif çözüm yöntemleri (Attia 2012) .....	23
Çizelge 4.1. Tesise ait mimari detaylar .....	33
Çizelge 4.2. Isıtma ve soğutma derece-gün değerleri .....	34
Çizelge 4.3. Yapı elemanları bilgisi.....	35
Çizelge 4.4. Tesis iklimlendirme sistem elemanları .....	36
Çizelge 4.5. Tesis havalandırma cihazları.....	37
Çizelge 4.6. Su sistemlerine ait ekipman listesi.....	37
Çizelge 4.7. Aydınlatma armatürleri genel listeleri .....	38
Çizelge 4.8. Tesisin enerji tüketen diğer ünite ve cihazları .....	39
Çizelge 4.9. Tesis 2021 yılı aylara göre enerji tüketimi .....	40
Çizelge 4.10. Tesis 2021 yıllık toplam enerji tüketimi .....	40
Çizelge 4.11. Tesis 2022 yılı aylara göre enerji tüketimi .....	41
Çizelge 4.12. Tesis 2022 yıllık toplam enerji tüketimi .....	41
Çizelge 4.13. 2021-2022 yılları enerji tüketimi TEP değerleri.....	42
Çizelge 4.14. Aydınlatma otomasyonu sistemleri (Alsat, 2024) .....	44
Çizelge 4.15. Dış havaya açık duvar (1) ısı kaybı hesabı .....	45
Çizelge 4.16. Dış havaya açık duvar (2) ısı kaybı hesabı .....	46
Çizelge 4.17. TS825 ısı bölgeleri U değerleri.....	46
Çizelge 4.18. Isı kaybı tablosu .....	47
Çizelge 4.19. Kapalı otopark aydınlatma iyileştirmeleri .....	49
Çizelge 4.20. Acil kaçış koridor ve merdivenleri iyileştirmeleri.....	50
Çizelge 4.21. Çatı ve çevre aydınlatmaları iyileştirmeleri.....	51
Çizelge 4.22. Cadde dekoratif aydınlatmaları iyileştirmeleri .....	52

Çizelge 4.23. Mescit aydınlatmaları iyileştirmeleri .....	53
Çizelge 4.24. Yol boyu ve açık otopark aydınlatmaları iyileştirmeleri .....	54
Çizelge 4.25. AVM katı aydınlatma iyileştirmeleri .....	56
Çizelge 4.26. Tesis geneli aydınlatma kaynaklı enerji tasarrufu .....	57
Çizelge 4.27. İyileştirmelerin genel özeti .....	59
Çizelge 4.28. Tesis 2023 yılı toplam elektrik enerjisi tüketimi .....	59
Çizelge 4.29. Tesis 2023 yılı elektrik enerjisi reel tüketim detayları .....	60
Çizelge 4.30. İyileştirmeler sonucunda reel enerji tasarrufu.....	60
Çizelge 4.31. İyileştirme öncesi ve sonrası TEP değerleri kıyaslaması.....	61
Çizelge 4.32. nZEB için kullanılabilir tüketim değerleri.....	62
Çizelge 5.1. Planlara göre yıllık tüketim değerleri .....	64
Çizelge 5.2. Referans modül teknik föyü (özet) .....	70
Çizelge 5.3. Bloklara göre GES simülasyon sonuçları .....	77
Çizelge 5.4. Evirici seçim sonuçları.....	79
Çizelge 5.5. Evirici teknik verileri .....	79
Çizelge 5.6. Detaylı enerji bilançosu .....	81
Çizelge 5.7. Tüketim ve üretim karşılama oranları.....	83

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

### 1.1. Tezin Konusu ve Önemi

İstisnasız tüm ülkeler varlıklarını sürdürebilmek, vatandaşlarına konfor ve güven içerisinde yaşam sunmak için ekonomik ve stratejik güce sahip olmalıdırlar. Stratejik güçlerin başında ise enerji üretim kapasitesi gelmektedir. Büyüme ve kalkınma için gerekli olan üretimin sağlanması enerji kullanımı ile doğru orantılıdır. Bu bağlamda, ülkeler ihtiyaç duydukları enerjiyi en kolay, ucuz, sürekli ve kaliteli olarak sağlamak ve güvenli bir arz payında kalmak için çeşitlendirmek durumundadırlar.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerdeki cari açığın temel nedenlerinden birisi de enerjidir. Özellikle 1980 sonrasındaki sanayileşme ve hızlı nüfus artışı, ülkemizin enerji ihtiyacını arttırmıştır. Tedarik konusunda dışa bağımlı olan ülkemizde, enerjinin etkin ve verimli kullanılması, tasarruf tedbirlerinin artırılması, doğru bir enerji yönetim sistemi uygulanması gereklidir.

Dünyada tüketilen enerjinin %40'ı binalarda kullanılmaktadır. Yüksek tüketim noktası olan alışveriş merkezleri sadece giyim, kırtasiye, yemek gibi temel ihtiyaçların karşılandığı ticari yapı değildir. Bu tip yerler sinema, çocuk oyun ve eğlence alanları, balo ve seminer salonları, A kalite restoran yaklaşımıyla insanların sosyalleştiği tesisler haline almıştır. Yine son yıllarda konser, sergi, gösteri gibi etkinliklerle kullanımları artmıştır. Her ziyaretçi ve faaliyet artışı alınan hizmete bağlı olarak enerji tüketimini arttırmıştır.

Günümüz standartları ve teknolojiyle sıfırdan bir binayı tasarlamak ve ona uygun işletmek daha kolaydır. Mevcutta kullanımda olan binaların ise, kabuğunda ve

teknik sistemlerinde bazı önlemler tasarlamak ve yapılacak iyileştirmelerle de enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu durum, ek tasarım ve çalışmaları gerektirmektedir.

Bu kapsamda, Net Sıfır Enerjili Binalar (nZEB), düşük enerji talebi gerektiren, tükettiği enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan binalar olarak tanımlanmışlardır. nZEB ile hem ekonomik kazanç elde edilmesi ve dışa bağıllığın azaltılması mümkündür hem de çevreye CO<sub>2</sub> salınımını azaltma olanağı vardır.

## **1.2. Tezin Kapsamı**

Enerjinin elde edilmesi ve onun etkin kullanılmasıyla ilgili zorluklar ortadadır. Toplumumuzdaki bilincin gelişmesi için farklı çalışmalar yapılmaktadır. Tüketimin yoğun olduğu ticari müesseseler teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek çevreye ve ekonomiye katkı sağlayacak tüm çalışmalara entegre olabilmelidirler.

İnsanların beslenme, giyim ve temel ihtiyaçlarını karşıladığı çarşı anlayışının gelişmesiyle ortaya çıkan ve günümüzde çok daha farklı hizmet anlayışıyla yoluna devam eden alışveriş merkezleri, sosyalleşme alanları olarak karşımıza çıkmaktadır. Tesislerden istifade etme süresi arttığı gibi, toplumumuzun eskiye nazaran konfor anlayışı da farklılaşmıştır. Tüm bu etmenler, enerjinin yoğun kullanılmasını da beraberinde getirmiştir.

Binaların, belirlenmiş periyotta tükettiği enerji kadarını, yenilenebilir kaynaklardan karşılanmasıyla açıklanan Sıfır Enerjili Bina kavramı ortaya çıkmış, sıfırdan yapılan tesisler haricinde mevcutlara da uygulanması için çalışmalar hızlanmıştır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar, seçilen konu hakkında bilgilendirmeler, toplanan ve analiz edilen veriler ve bunun sonucunda ortaya çıkarılan sonuçlar ayrıntılı bir şekilde bölümler halinde sunulmuştur.

Bölüm 1’de tezin konusu ve önemi ile birlikte güneş enerjisi teknolojilerine dair temel bilgi ve literatür araştırmasına yer verilmiş, ülkemizde yapılan çalışmalardan örnekler sunulmuştur.

Bölüm 2’de sıfır enerjili binalar kavramı ele alınmış, yapılan çalışmalara değinilmiştir.

Bölüm 3'te ülkemizdeki alışveriş merkezleri hakkında bilgi verilmiş, teknik sistemleri ve maliyet paylaşımları konuları açıklanmıştır.

Bölüm 4'te ise örnek alınan alışveriş merkezinin çalışmalar öncesindeki teknik verileri incelenmiş, sıfır enerjili bina formatı öncesinde enerji ihtiyacının azaltıldığı çalışmalar sunulmuş, güncel tüketim hesaplanmıştır.

Bölüm 5'te Çatı üstü GES tasarımı ile nZEB uygunluk değerlendirmesi yapılmıştır.

Bölüm 6'da sonuç ve değerlendirme ile tez sonlandırılmıştır.

### **1.3. Literatür Araştırması**

Artan nüfus, kent yaşamına hızlı geçiş ve getirdiği enerji talebi, her geçen gün küresel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji'de dışa bağımlı bir ülke olan Türkiye'de enerji sorunu hem ekonomik hemde çevresel bir sorun oluşturmaktadır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, sektörel bazda enerji verimliliği değerlendirildiğinde büyük bir enerji tasarrufu potansiyeli görülmektedir (İçme, 2023).

Dünya üzerinde tüketilen enerjinin ve buna bağlı karbon salınımının büyük bölümünden binalar sorumludur. Diğer yandan, binalarda enerji tasarrufu sağlayabilecek çok sayıda çalışma son yıllarda ortaya konulmuştur. Avrupa Birliği (AB) binaların enerji performanslarını arttırmak hedefiyle , 2002 yılında Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD) yayınlamıştır. EPBD ile AB üyesi ülke yapılarında enerji performans seviyelerinin belirlenmesini ve binaların bu performanslarına göre sınıflandırılmasını zorunlu tutulmaktadır (Neşe Ganiç, 2013) (Ganiç vd 2013).

Dünya genelinde, konutların yoğun enerji talebi, ülkeleri enerji verimliliği hakkında çok yönlü çalışmalara yönlendirmiştir. Enerjiyi verimli kullanan, çevreyle uyumlu, sürdürülebilir tasarımla ortaya çıkmış binalar için Amerika Yeşil Bina Konseyi tarafından 1988 yılında LEED sertifikalandırma sistemi faaliyete geçirilmiştir.

Avustralya Queensland'da bulunan bir bina için, EnegyPlus ve DesingBuilder programları ile aydınlatma, havalandırma, iklimlendirme ve ısıtma sistemlerindeki çeşitli enerji tasarruf yöntemleri incelenmiştir. Mevcut sistemin enerji tüketimi analiz edilmiş, havalandırma sisteminde sabit havalı debi yerine değişken havalı debi sistemi, yine

aydınlatma yerine DIM edilebilir kontrol sistemi, tek camlı pencere yerine çift camlı pencere kullanılarak bina simüle edilmiştir. Araştırma sonucunda ısıl konfordan ödün verilmeksizin %26.5'lik enerji tasarrufu yapılabileceği görülmüştür (Rahman et al. 2010).

Lee et al. (2001) yaptıkları çalışmada, ticari binalardaki düşük enerji performansının sebeplerinden biri olarak büyük boyutlu cihazları göstermişlerdir. Gerçekçi tasarımlar yapılması durumunda cihazların büyük boyutlu olma probleminin ortadan kalkacağını belirtmişlerdir. Hong Kong'daki 31 ofis binasında, reel enerji tüketimini değerlendirmiş, binalarda aydınlatma, insan ve elektrikli aletlerin yoğunluğu üzerine gerçekçi tasarım kriterlerini belirlemişlerdir. Bu belirlenen kriterlerle potansiyel enerji tasarrufunun Hong Kong'un elektrik tüketiminin %6-22'si olduğunu bulmuşlardır.

Türkiye'de ilk olarak konut sektörü enerji verimliliği ele alınmış, farklı çalışmalar yapılarak yönetmelik ve kanunlar çıkarılmıştır. "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardı TS 825, 1981 yılında yayınlanmış, enerji tasarrufunu ön plana çıkaran düzenlemeyle 1998 yılında revize edilerek yürürlüğe girmiştir. 2007 yılındaki "Enerji Verimliliği Kanunu" ve 2008 yılındaki "Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik" yürürlüğe girmiştir. 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu" ile enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, çevrenin korunması ve enerji maliyetlerinin düşürülmesini hedeflenmiştir. Kanunda, enerjinin üretimden iletilmesine, dağıtılmasından tüketilmesine kadar enerji verimliliğinin arttırılması, desteklenmesi, toplumun bilinçlendirilmesi usul ve esasları yer alır. Kanunla ayrıca, inşaat alanı en az 20,000 m<sup>2</sup> veya yıllık tüketimi 500 TEP ve üzeri olan ticari, hizmet ve kamu binalarına bazı zorunluluklar getirilmektedir (Yıldız, 2017).

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) ile enerji, bina ve hizmetler, sanayi ve teknoloji, ulaştırma ve tarım konuları olmak üzere farklı kategorilerde tanımlanan 55 eylem ile 2023 yılında ülkemizdeki enerji tüketiminin %14 azaltılması hedeflenmektedir. Bu planla, 2014-2021 arasında yapılan yatırımlarla 4,473 ktep enerji tasarrufu sağlanmıştır (UEVEP, 2018).

Günay (2013) çalışmasında, artan enerji talebinin karşılanması için yenilenebilir enerjinin kullanılmasının sürdürülebilirlik açısından öneminden bahsetmektedir. Enerji tararufuna dikkat çekmiş ve binalarda tüketilen enerjinin, enerji talebinin büyük bir kısmını oluşturduğunu ifade etmektedir.

Önal (2014) çalışmasında, dünyada yayılan sera gazının %40'ının ve tüketilen birincil enerjinin %30-40'ının binalardan kaynaklı olduğunu ifade etmektedir.

Topal (2009) çalışmasında, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Merter Ek Hizmet Binası'nın enerji etüdü yapılmıştır. Elektrik tüketiminin %18'inin aydınlatma kaynaklı olduğu belirtilmektedir. Aydınlatma sistemlerinde yapılacak verimlilik çalışmalarıyla ekonomiye katkı sağlanacağı, insan konforunun artırılacağı ve çevresel etkilerin de azaltılacağından bahsedilmiştir.

Utlu ve Tekin (2013) yayınladıkları çalışmada, ülkemiz iklim şartlarında net sıfır enerjili bir bina tasarımı için simülasyon programları kullanarak yapı malzemelerinin enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada ülkemizdeki yenilenebilir enerji potansiyeli üzerinde durulmuş, belirlenen iklim koşullarında mimari tasarım kriterleri belirlemişlerdir. Yapısal bu iyileştirmelerle, benzer büyüklükteki standart tasarıma göre %31 dolayında ısı enerjisi tasarrufu sağladığı sonuca varılmıştır.

Mihlayanlar ve Meral (2023) çalışmasında, mevcut binalarda enerji verimli yenileme ve enerji kimlik belgesi uygulaması üzerinde durmuş, ulusal hesap metodu BEP-TR yazılımı kullanarak farklı yenileme senaryoları uygulamıştır. 2010 yılında ruhsat almış Edirne ilinde bulunan binanın, kabuğundaki ısı kayıplarını azaltarak binanın enerji korunumlu hale getirilmesini hedeflemişlerdir. Binanın teras çatısına 30 derece eğimle 12 adet PV panel ve 4 adet güneş kolektörü eklemişlerdir. Senaryo 1'de 68,850 kWh/yıl olan toplam enerji tüketimi Senaryo 5'de 15,706 kWh/yıl'a düşürülmüştür.

Hindistan'daki Gujarat Solar Park, ABD'deki Agua Caliente ve Çin'deki Charanka Solar Park projeleri dünyadaki en büyük santraller arasında ilk üçte yer almaktadır. Santraller geleneksel yapının dışında daha verimli olabilmeleri için güneş takip sistemlerine sahiptir. Ayrıca bu santrallerin işletilmesi sırasında yakıt maliyetleri yoktur ve PV hücreler güneşten doğrudan gelen enerjiyle fosil yakıt kullanmadan elektrik üretmektedir (Capehart vd., 2008: 507).

Taktak ve Ilı (2018) çalışmasında, Uşak ilinde güneş enerjisi santrali geliştirmişlerdir. Uşak iline düşen yıllık ışınım miktarı 1550-1600 kWh/m<sup>2</sup> ile ülkemiz ortalamasının üzerinde olduğu değerlendirilmiş ve güneş enerjisi yatırımı için en uygun illerin başında geldiği değerlendirilmiştir. Şehirde yer alan üçü aktif, üçü de yapım aşamasındaki altı santralin kurulu gücü analiz edilmiş, güneş enerjisi santrali için arazi

seçiminde dikkat edilmesi gereken konular üzerinde durmuşlardır. Alternatif arazileri çok yönlü incelemiş, etkinlik ve maliyet analizleri sonucunda yatırım yapmadan önce gayrimenkul geliştirme çalışmasının zorunluluğundan bahsetmişlerdir.

Akkaya ve Oy (2021) çalışmasında, Samsun, Bayburt ve Mersin illerinde kurulabilecek güneş enerjisi santrallerinin modelleri üzerinde analizler yapmışlardır. Şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız çatı tipi GES olarak iki farklı türde santrallerin kapasite ve maliyet karşılaştırmalarını sunmuşlardır. Elektrik tüketimi yüksek olan haneler için şebekeden bağımsız GES verimsiz olduğu tespit edilmiş fakat şebekenin olmadığı ve düşük güçte tüketimin olduğu meskenler için ideal bir çözüm olarak değerlendirilebilir bulunmuştur.

Konya'nın Karapınar ilçesinde Kalyon Grubu tarafından 3,256,038 adet panel ile 1350 MW kapasiteli GES devreye alınmıştır. Ülkemizin en büyük, dünyanın ise sıralı santralleri arasında olan bu tesiste, güneş takip sistemine de sahip panellerin kullanımıyla verim %12 oranında arttırılmıştır. Bu üretim, 2-2.5 milyon insanın elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek seviyededir.

Karabük ili Safranbolu ilçesinde, şehir merkezinin dışında kalan bir alışveriş merkezinde çatı üstü GES kurulmuş ve 0.67 MW güce sahiptir. 12 bin m<sup>2</sup>'lik çatı alanında 2804 panelle yıllık 1 milyon kW/h elektrik üretimi gerçekleştirilmekte, elde edilen kapasite ile AVM'deki işletmelerin elektrik ihtiyacı karşılandığı gibi sisteme satış yapmak da mümkün kılınmıştır (Oral, 2020a).

Karabük Üniversitesi'nde yeşil kampüs hedefiyle, bina çatısı ve yan yüzeylerinin yer aldığı 10 bin m<sup>2</sup> alan üzerinde 4 bin PV paneli ile 1MW'lık kurulu güçte güneş enerjisinden elektrik üretimi sağlanmıştır. Bu değer, üniversitenin elektrik enerjisi ihtiyacının da yaklaşık %40'ını sağlamaktadır (Oral, 2020b).

Nevşehir Belediyesi başkanlık binasının enerji ihtiyacını karşılamak üzere 0.18 MW kurulu gücünde GES projesini hayata geçirmiş, 2023 yılında 60 bin m<sup>2</sup>'lik arazi üzerinde 3.25 MW güce sahip santralin devreye alınması sonrasında belediyenin elektrik tüketiminin %75'ini karşılayacak kapasiteye ulaşmaktadırlar (Bilhan ve Emikönel, 2021).

Eyüpsultan Belediyesi tarafından Ağaçalı Mahallesi'nde 10,244 panelle 6.6 MWh kurula güce sahip arazi tipi güneş enerji santrali kurulmuştur. Bu kapasite, belediyenin

toplam tüketiminin yaklaşık %70'ini karşılamaktadır. Yaklaşık 2,198 hanenin tüketimine denk gelen üretim sağlanmakta, 4,274 ton karbon salımı engellenmektedir (Eyüpsultan Belediyesi, 2024).

İstanbul'un Sarıyer ilçesinde Galatasaray Spor Kulübü'nün futbol müsabakalarını oynadığı stadyum çatısı üzeri güneş enerjisi santrali kurulmuş ve ortalama 4.6 MWh elektrik üretilmektedir. Bu miktar, 1,557 konutun elektrik enerjisi ihtiyacına denk gelmektedir (Enerji Atlası, 2024).

Çanakkale ve Kırklareli Lüleburgaz'daki güneş verimliliği dikkate alınarak 17 Burda ve 39 Burda Alışveriş Merkezleri'nde 34,200 m<sup>2</sup> alanda 4,5 MWp kurulu güce sahip çatı üstü GES ile tesislerin toplam tüketimlerinin %40'ı karşılanmaktadır. Bu kapasite, yaklaşık 1,300 evin enerji tüketimine denk gelmektedir (SDK Türkiye, 2024).

Ankara'da yer alan CEPA Alışveriş Merkezi, 6,667.3 kWp kurulu güce sahip arazi tipi güneş enerji santralini 2024 yılında devreye almıştır (YP Enerji, 2024).

## BÖLÜM 2

### KURAMSAL TEMELLER

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA)'nın tahminlerine göre binalarda enerji kullanımı yıllık ortalama %1.5 hızla büyümektedir. Bugüne göre önümüzdeki 20 yılda %34 büyümesi beklenmektedir. 2030 yılında enerji tüketimi, konutlarda %67, konut dışında ise %33 olacaktır (IEA, 2006).

Dünya'da genel enerji kullanımı fosil yakıtlar, nükleer enerji ve yenilenebilir enerjiler olarak kategorize edilmiştir. En fazla kullanılan kaynaklar sırasıyla, fosil yakıtlar (%80.87), yenilenebilir enerji (%14.09) ve nükleer (%5.02) 'dir (Arı ve Yılmaz, 2023).

Fosil yakıtlar temelli enerji üretimi, hem maliyeti hem de çevresel etkileri dolayısıyla artık yerini yenilenebilir enerji sistemlerine bırakmaya başlamıştır. Fosil kaynakların azalması, artan nüfusla birlikte yükselen enerji ihtiyacı, çevre ve insan sağlığını direkt etkileyen emisyonlar, ülkeleri yenilenebilir enerji alanında çalışmalar yapmaya zorlamıştır.

Bir yandan temiz enerji çalışmaları yürütürken diğer yandan mevcut konfor şartlarından da vazgeçilmek istenmemesi, enerjinin verimli kullanımını da beraberinde getirmiştir. Uzmanlar bu alanda yoğun ar-ge çalışması yapmaktadırlar. AB tarafından yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Direktifi'nde, 1 Ocak 2021 tarihinden sonra inşa edilecek yapıların neredeyse sıfır enerjili bina olarak yapılması öngörülmektedir. Yine AB tarafından Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında 2050 yılında sıfır emisyon hedefi konmuştur (T.C. Ticaret Bakanlığı, Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2023).

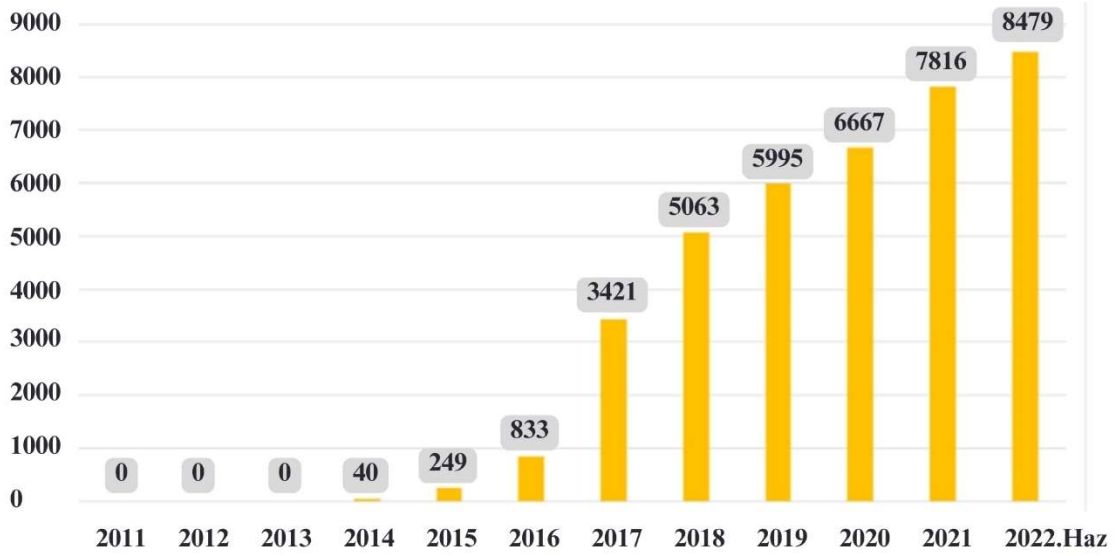
Enerji verimli teknik sistemlerin seçilmesiyle enerji talebi azaltılırken, güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi son on yılda yükseliş göstermiştir (IEA, 2019).



## 2.2. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi

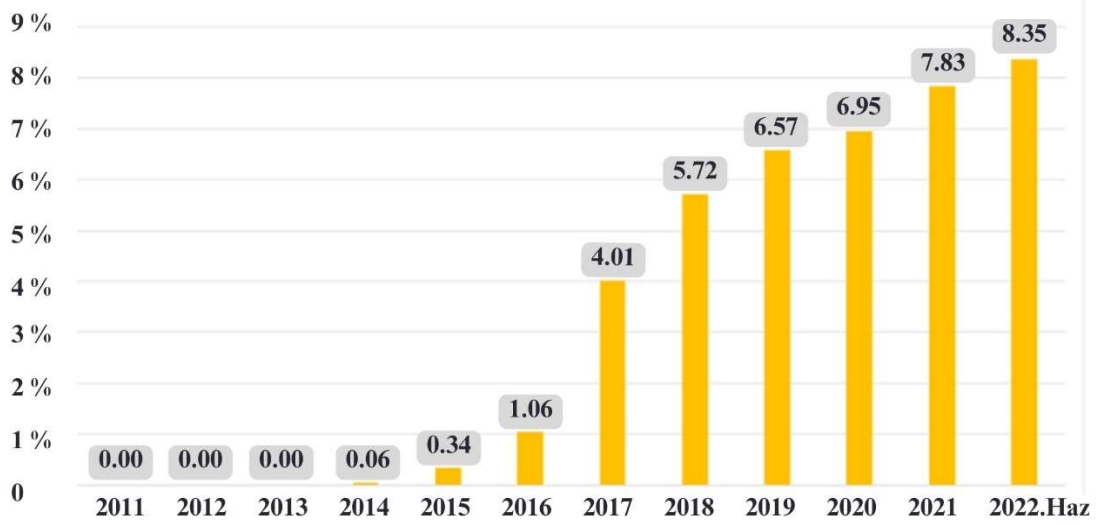
Fotovoltaik sistemler (PV), güneş enerjisinden elektrik üretiminde yaygın şekilde kullanılmaktadır. PV sistemler, ihtiyaca göre belirlenen farklı kapasitelere uygun olacak şekilde tasarlanabilmektedir. En temel aydınlatma armatürü elektrik ihtiyacını karşılayabileceği gibi bir tesis ya da bölgenin enerjisini de güneş enerjisi santrali (GES) ile karşılayabilir. Ticari amaçlar yanında bireysel amaçla da kullanılabilirliğinden son dönemlerde çok tercih edilmektedir. Gelişen teknoloji ve artan üretim kapasitesi amortisman süresini düşürmüştür. Enerji ihtiyacının olduğu ama jeneratör ve yakıt transferi zorluklarına sahip bölgelerde yoğun kullanılmaktadır (Akcan ve ark., 2020).

Ülkemizin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü Haziran 2022 itibariyle 8,479 MW'a ulaşmış olup (Şekil 2.3), toplam kurulu güç içerisindeki oranı ise %8.35'e yükselmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.3. Türkiye’de güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW)

Ülkemizde, güneşin elektrik üretimindeki payı 2022’de %4.7’lik oranda kalmış, daha düşük potansiyele sahip ve yüzölçüm olarak da bizden küçük Hollanda (%14), Estonya (%6.3) ve Danimarka (%5.8)’nin gerisindedir. 2023’te %5.7 ile geçen yıla göre yükselmiş olsa da aynı dönemde bir kuzey ülkesi olan Polonya (%6.6) ’nın gerisinde kalmıştır (EMBER, 2023).



**Şekil 2.4.** Türkiye’de kurulu toplam güç içerisindeki oranı

Türkiye’de yaklaşık 9.8 milyon bina bulunduğu TÜİK verilerinden görülmektedir. Konutlarda kırma üçgen çatı bulunurken ticari tesis ve fabrikaların tamamına yakınında düz çatılar vardır. Bu çatı alanlarından güneşe bakanların kullanılmasıyla, çatı üstü sistemlerin 55 GW’lık potansiyele sahip olduğu teorik olarak hesaplanmıştır (GÜYAD 2019). Kurulu güç ise 2022 verilerine göre şuan 0.85 GW ‘tır (ETKB, 2023)

Türkiye’de güneş enerjisi ile ilgili yapılan bri takım yasal düzenlemeler aşağıda sıralanmıştır (EPDK, 2021, İnternet Sitesi, Kanunlar).

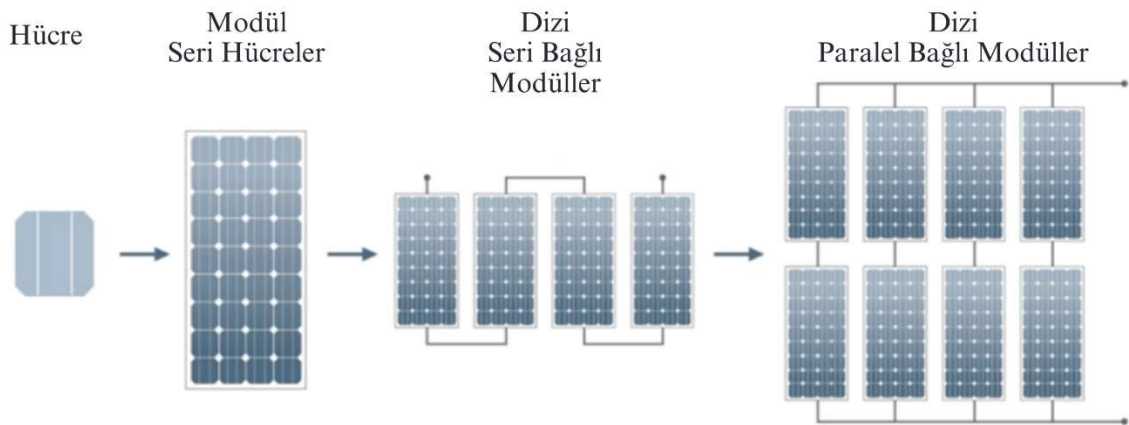
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (10.05.2002 tarih 5346 Sayılı)
- Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisleri Hakkında Yönetmelik (19.06.2011)
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik (01.10.2013)
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği (02.11.2013)
- Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği (09.10.2016)
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği (12.05.2019)

### 2.2.1. Fotovoltaik Hücreler

Fotovoltaik terimi, foto 'ışın' ve voltaik 'elektrik' kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur. Fotovoltaik hücreler sayesinde güneş enerjisi DC (doğru akım) elektriğe dönüştürülür. Fotovoltaik hücreler, güneş ışığını oluşturan fotonların enerjisini absorbe etme özelliğine sahip yarı iletken malzemelerden oluşur. Bu yarı iletken malzemelerin atomları, değerlik bandı ve iletkenlik bandı olmak üzere iki farklı enerji düzeyi içerir. Elektronlar, değerlik bandından daha yüksek enerji seviyesi olan iletkenlik bandına geçebilmek için, enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu ihtiyaç duyulan enerjiye 'tamamlayıcı' enerji adı verilir ve güneşten sağlanır.

Fotovoltaik hücreler, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren, hareketli mekanik parçaları olmayan, bakımları kolay ve uzun ömürlü sistemlerdir. Daire, kare ve dikdörtgen formlarda, hücre alanları ortalama 100 cm<sup>2</sup> ve 0.2 - 0.4 mm arasında değişen kalınlıklara sahiptirler. Yüzeylerine ışığın düşmesiyle uçlarında oluşan elektrik gerilimi prensibiyle çalışırlar. Enerjinin tüm kaynağı güneş ışığıdır (Öztürk, 2017).

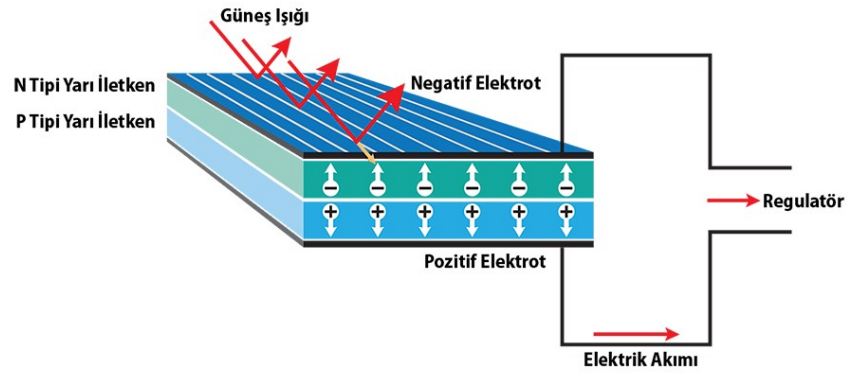
Güç çıkışını arttırmak amacıyla çok sayıda hücre seri veya paralel olarak birbirlerine bağlanarak bir yüzey üzerinde birleştirilirler. Bu yapıya PV modülü adı verilir (Şekil 2.5). Güç ihtiyacına göre modüller paralel veya seri bağlanarak PV dizileri oluşturulabilir (Öztürk, 2017).



Şekil 2.5. PV hücre, modül ve dizi tasarımları

Fotovoltaik hücre iki katman halindedir: Fosfor atomları eklenmiş Silisyumdan oluşan ve hücrenin negatif tarafını oluşturan n-katmanı, Bor atomları eklenmiş Silisyumdan oluşan ve hücrenin pozitif tarafını oluşturan p-katmanı. Pozitif ve negatif yüklerin ayrışarak karşı karşıya geldiği ve iki katmanın birleştiği yere de p-n eklemi denir. Fotovoltaik hücrenin ön (negatif) ve arka (pozitif) cephesinde dış devre ile bağlantıyı sağlayan Bakır kontaklar vardır. 150 mikron kalınlığındaki ışın soğurucu kaplama malzemesi fotovoltaik hücrenin ön yüzeyinde bulunur.

Yarı iletken maddelerin PV hücre olarak kullanılabilmesi için n ya da p tipi katkıları gerekmektedir (Şekil 2.6). Katkılanma, saf durumdaki bu yarı iletken havuz içerisine uygun görülen katkı maddelerinin sistematik eklenmesiyle yapılır. PV hücreler günümüzde, Kristal Silisyum, Galyum Arsenit (GaAs), Amorf Silisyum, Kadmiyum Tellürid (CdTe) ve Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe<sub>2</sub>) gibi pek çok farklı maddeden üretilmektedir (Yıldız, 2017).



Şekil 2.6. Fotovoltaik hücrenin yapısı

### 2.1.2. Fotovoltaik Sistemler

PV modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatör, evirici (invertörler), akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile kullanılarak bir sistemi (fotovoltaik sistem) oluşturur (Şekil 2.7). Bu sistemlerde yeterli sayıda modül, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Modüller gün boyunca elektrik enerjisi üretirken bunu akümülatörde depolar ve yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi (şarj regülatör) ise akünün durumuna göre ya fotovoltaik

panelden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir evirici (invertör) eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220 V - 50 Hz.'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli elektronik devreler sisteme entegre edilebilir. Bazı sistemlerde, güneş pillerinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazı bulunur (Köroğlu vd 2010).

PV panellerinde elektriğin en yüksek verimlilikte üretilebilmesi için güneş ışınlarını dik alması gerektiğinden panellerin eğim açısı önemli olmaktadır. Genelde bölgenin enlem derecesi en uygun açıdır. Ayrıca yönlenme açısı da önemlidir. Binalarımızın yapısı dikkate alındığında en verimli mahallerin çatılar olduğu anlaşılmaktadır (Altın 2004).



Şekil 2.7. Güneş panel sistemini oluşturan temel donanımlar (Köroğlu vd 2010)

PV teknolojisinin avantajları şu şekilde özetlenebilir (Sayın ve Koç, 2011a).

- a. Yakıt olarak güneş enerjisini kullanıldığından yakıt satın alma ve nakliye maliyeti yoktur. Yakıt piyasasına bağlı olmadığından maliyet değişimi kavramı yoktur.
- b. Sistem bileşenlerinin bakımı kolay, bakım masrafları yoktur. Ayrıca modüler olduklarından birçoğu taşınabilir yapıdadır.
- c. Çevreye zararlı atık bırakmazlar, sessiz çalışırlar.
- d. Sistemlerin ömrü, maliyetini amorti edecek kadar uzundur.
- e. Elektrik şebekesinin ulaşmadığı kırsal bölgelerde, her türlü yapının çatısına, zemine ve hatta araç üstlerine bile küçük birimler halinde kurulu yapılabilir.
- f. Üretilen enerji depolanabilir ve ihtiyaç oldukça kullanılabilir.

Çok sayıda avantajı yanında birkaç dezavantajı da aşağıdaki gibi sıralanabilir. (Sayın ve Koç, 2011b).

- a. Şebeke bağlantısı olmadığı durumlarda depolama ihtiyacı duyar ve günümüzde yüksek kapasiteli depolama çok maliyetlidir.
- b. Sistem mevsimsel ve günlük iklim şartlarından direkt etkilenir. Verim dengesizlikleri oluşabilir.
- c. İlk yatırım maliyeti yüksektir.

### **2.3. Enerji Verimliliği**

Sanayide üretimin kalitesini ve miktarını düşürmeden, binalarda ise kullanıcıların yaşam şartlarını ve aldığı hizmetin kalitesini düşürmeden birim miktardaki enerji tüketiminin azaltılması, enerji verimliliği olarak kabul edilir. Sanayi devrimi ve farklı ürünlere talep üretimi ve beraberinde enerji talebini de arttırmıştır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, ülkemizin nüfusu 1980 yılında 44.7 Milyon iken 1990'da 56.5 Milyon, 2000'de 67.8 Milyon, 2010'da 73.7 Milyon olmuş 2023'te ise 85.3 Milyona dayanmıştır. 2050 yılında, Türkiye nüfusunun 94.6 milyon olması beklenmektedir.

Artan nüfus enerji ihtiyacını da doğrudan etkilemektedir. Enerji talebinin büyük oranda karşılandığı fosil kaynaklar hızla tükenirken, yenilenebilir enerji teknolojileri ile

gelecek projeksiyonu çizilmektedir. Enerjinin varlığı ülkeler için güvenlik meselesi haline gelmiş, farklı yatırım ve siyasi hamleler için stratejiler geliştirilmektedir.

Bir diğer kavramda enerji yoğunluğudur. Gayri safi yurt içi milli hasıla başına tüketilen enerji miktarı olarak tanımlanmakta, ülkenin enerji tüketimiyle birlikte enerji verimliliğinin ve ekonomik durumunun yorumlanmasına olanak tanımaktadır. Enerji yoğunluğunun düşük olması enerji verimliliğinin yüksek olması demektir. Ülkemizde nihai enerji yoğunluğu değeri 2022 yılında 0.132 TEP/Bin 2,015 USD olarak hesaplanmıştır. 2020 yılında ise 2,015 USD'ye 0.112 TEP/Bin denk gelmektedir. 22 yıllık bir kıyaslama yapıldığında birincil enerji yoğunluğunda %31.2, nihai enerji yoğunluğunda ise %32.3 oranında iyileşme söz konusudur (ETKB, 2024).

Ulusal Enerji Denge Tabloları (UEDT) 'nda görülebileceği üzere, ülkemiz 2021 yılında enerjisinin %21'ini konutlarda, %25'ini ulaştırmada ve %34'ünü sanayide tüketmiştir. %80'e varan bu üç ana sektördeki enerji verimliliği çalışmaları çok büyük önem arz etmektedir (UEDT, 2000-2021).

2022 yılında, bina ve hizmetler sektöründe %33, sanayi ve teknoloji sektöründe %35 ve ulaştırma sektöründe %26'lık paylar Türkiye'de sağlanan tasarruf miktarları olarak açıklanmıştır (UEVEP, 2023).

Farklı sektörlerin enerji verimliliği potansiyeli değişkenlik gösterse de yapılacak çalışmaların ulusal eylem planı ile desteklenmesi teşviklerin artırılması, bilgi ve teknoloji desteği sağlanması gerekmektedir. Sürdürülebilir enerji politikası, güçlü ekonominin parçasıdır.

Binaların mimari tasarımı, iklimlendirme sistemleri, aydınlatma armatürleri ve seçilen elektrikli cihazları enerji verimliliğini direkt etkilemektedir. Verimi yüksek ürünlerin kullanılması, uygun yalıtım malzeme ve uygulamaları, tasarruflu armatürlerin sisteme katılması ve enerji verimli cihazların seçimi gerekmektedir.

Türkiye'de bina sayısı geçtiğimiz seneye göre %131.8 artmıştır (TÜİK, 2021). Konut ve hizmetler sektöründe enerji tüketimi 2020 yılından 2021 yılına, 19,556 Bin TEP'ten 38,121 Bin TEP'e ulaşmıştır. Yaklaşık 2 kat artış gösteren enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> salınımının da artışı sağlamıştır.

Dünyada CO<sub>2</sub> salınımının %48'i, Türkiye'de CO<sub>2</sub> salınımının %29'u binalar sebebiyledir (Çakmanus, 2021). Binalarda sağlanacak enerji tasarrufu ve enerji verimli çalışmalar, sadece enerji tüketimini azaltmakla kalmayacak, sera gazı etkisini azaltarak, zaten yetersiz olan kaynaklarında korunmasına katkıda bulunacaktır.

### **2.3.1. Yalıtım**

Enerji tasarrufu ve verimliliği için en uygulanabilir çalışma yalıttır. Mimari ve mekanik sistemlerde, termal performansın artırılması ve buna bağlı olarak enerji talebi düşürülmektedir. Mimari elemanlarda, çatı, zemin ve duvarlarda uygun malzemelerin seçilmesiyle hava sızıntılarının önüne geçilmekte, mekanik iklimlendirme sistemlerinin daha düşük enerji harcamasını etkilemektedir. Bina kabuğundan ısı transferini azaltmak, doğru yapılan uygulamalarla mümkündür.

Konforlu iç ortamın önce sağlanması, sonra korunması yalıttın getirisiidir.

Farklı yapıda ve özelliklere sahip yalıtım malzemelerinden en çok kullanılanları, mineral yün, cam elyaf, köpük, sert köpük levhalardır. Malzemenin seçimi, binanın mimarisine, bulunduğu bölgenin iklimine ve toplam bütçeye bağlıdır.

Türkiye'de TS 825 Isı Yalıtım Standardı ve Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği kapsamındaki kurallarla bu uygulamaları tasarımlarda göz önüne alınmaktadır.

### **2.3.2. İklimlendirme ve Havalandırma Sistemleri**

Binalarda enerji tüketiminin en yüksek olduğu alanlar havalandırma ve iklimlendirme sistemleridir. Dış hava şartlarına bağlı olarak iç mahal şartlandırmasını sağlamak, havanın kalitesini düzenlemek ve konforlu ortamı hazırlamak amacıyla kullanılmaktadır. Mahale taze hava sağlamak ve kullanılmış havayı tahliye etmek için de havalandırma sistemleri tesis edilmektedir.

Sistemin doğru tasarlanması ve işletilmesi, enerji tasarrufunda etkilidir. Kullanıcıların konforunu bozmadan sağlıklı bir ortam sağlanmaktadır.

Doğal ve mekanik olarak iki farklı türü olan havalandırma sistemlerinde, mekanik havalandırmada kullanılan fanlar ve dağıtım kanallarından faydalanılır. Fan seçiminde debi ve basınç kaybı enerji tüketimini de belirlemektedir. İşletme süresinde hücre ve kanat bakımları, kullanım sırasında doğacak sorunların önüne geçmekte ve aksi durumda enerji

tüketimini arttırmaktadır. Karışım havalı olması durumunda kullanılan ısı geri kazanım ünitelerinin de benzer bakım süreçlerinden geçirilerek enerji sarfiyatlarının artmaması sağlanmaktadır.

Bir mekânın termal olarak şartlandırırken ortam değerlerinin anlık olarak çok hızlı değişim göstermesi enerji tüketimini arttırmaktadır. Ortamın sıcaklık konforunu sağlamada genel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Birinci yöntem, ortam sıcaklığıyla ilgili denetlenebilen tüm etkenlerin belirlenmesi ve sabitlenmesi esasına dayanır. İkinci yöntem ise insanın sıcaklık algılama temeline dayanmaktadır.

Sisteme otomasyon eklenerek termostat ve sensörler, hava talebine göre akışı düzenlemekte ve gereksiz enerji tüketimini engellemektedir (İçme, 2023).

Bina içi istenilen sıcaklık ve nem seviyesini birlikte veya ayrı ayrı sağlayan sistemlere de ısıtma soğutma ve şartlandırmanın da dahil olduğu durumlarda iklimlendirme sistemleri denilmektedir. Kazanlar, soğutma grupları, klima, ısı pompaları sistemin elemanlarından bazılarıdır.

Tek bir kaynaktan ısı sağlayarak binanın tümünde hizmet eden merkezi sistemlerin enerji tüketiminin düşük, konforu yüksek olduğu bilinmektedir. Havadan, sudan ve topraktan ısı transferi yapan bu sistemler enerji verimliliğinde avantajlıdır.

Split veya multi split klimalar, VRV sistemleri, Klima Santralleri (AHU) küçük veya çok büyük hacimli ortamların iklimlendirilmesi için kullanılmakta, aynı ünite içerisinde istenilen ısıtma ve soğutmayı sağlamaktadır. Enerji tüketiminde önemli role sahip bu sistemlerin doğru seçimi ve işletilmesi, bakım süreçlerinin doğru yönetilmesi gerekmektedir.

Genel olarak, verimsiz, eski, hasarlı sistemlerin yenilenmesi, yüksek verimli ürünlerin kullanılması ve akıllı bina teknolojilerinin sisteme entegre edilmesi, enerji tasarrufunu sağlayacak ve daha düşük maliyetle konforu yüksek tutacaktır.

### **2.3.3. Aydınlatma**

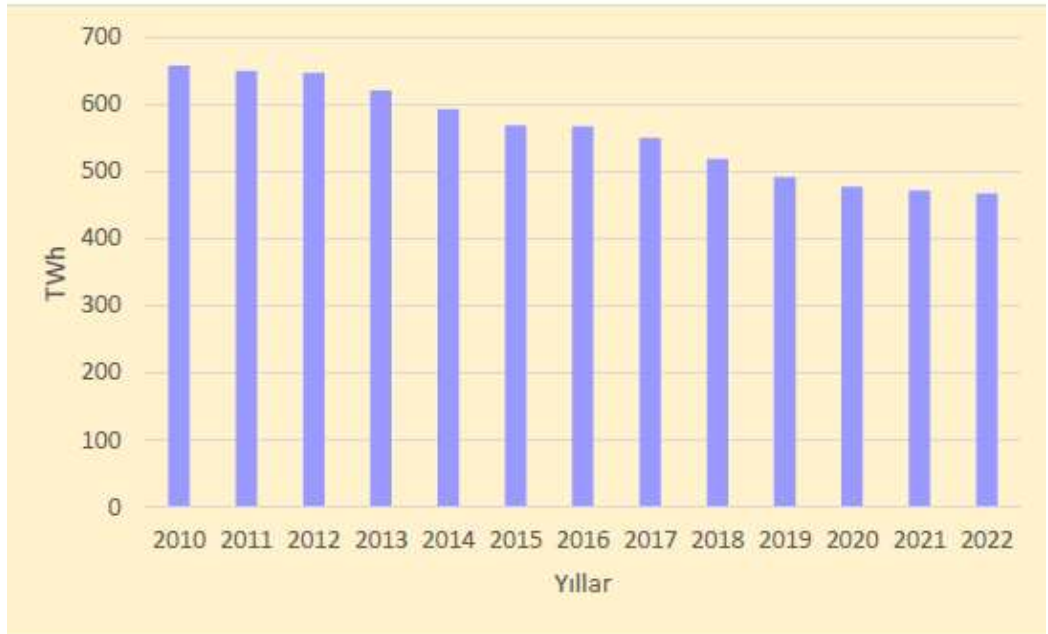
Son yıllarda estetik kaygılarında etkisiyle sadece güvenlik ve konfor değil görsel açıdan farklı bir aşamaya çıkmış aydınlatma sistemleri, elektrikli cihazlarla birlikte enerji tüketiminin en yoğun olduğu alanların başında gelmektedir.

Gelişen teknoloji, enerji verimli aydınlatma armatürlerinin üretilmesi, ürün seçimi ve yerleşimi konularında uzmanlaşılması doğru sistemlerin kurulmasını sağlamaktadır. Mimari tasarımdan itibaren doğal aydınlatma imkanlarının değerlendirilmesiyle başlayan sürecin doğru kurgulanması %80'lere varan aydınlatma kaynaklı enerji tasarrufu sağlamaktadır (Demir vd, 2020).

Gün ışığından maksimum düzeyde faydalanma amaçla, pencere yerleşimi, parlama, yönlendirme, duruma göre gölgeleme cihazları dahil edilmekte, yapay zekâ teknolojisi ile desteklenerek aydınlatma ihtiyacı azaltılmakta, ekonomik ve çevresel pozitif sonuçları getirmektedir.

Eski binalarda uygulanan enerji dönüşümleri ile enerji verimli armatürler kullanılmakta, sensör ve zaman saati gibi bileşenlerin dahil edilmesiyle aydınlatma süresi ve enerji sarfiyatı azaltılmaktadır.

Gelişen aydınlatma teknolojisiyle dünyada aydınlatma kaynaklı enerji tüketimi 2010'da 650 TWh iken 2022'de 480 TWh değerine inmiştir. Dünyada aydınlatma kaynaklı enerji tüketiminin yıllara göre değişimi Şekil 2.8'de verilmiştir (Camcı ve Yılankırkan, 2022).



**Şekil 2.8.** Aydınlatma kaynaklı enerji tüketimi

Geleneksel aydınlatma olarak bilinen akkor ampullerin içerisindeki tel üzerinden iletilen akımın ısınması ile aydınlatma yapılmakta, kullanılan enerjinin önemli miktarı ısıya dönüşmektedir. Bu ortamın aydınlatılması yanında istenmeyen ilave bir ısı kazancı getirmektedir. Aydınlatma gücünün ve armatür ömrünün kısa olması küçük mahallerde ve kısa sürelerde kullanılmalıdır.

İçinde bulunduğu cıva buharıyla ultraviyole ışık üretmek amacıyla üretilen floresan armatürler, geniş alanlarda tercih edilmekte akkor lambaların kolaylığı yanında verimi daha yüksek tutmaktadırlar. İçindeki cıva sebebiyle geleneksel akkor armatürlere göre maliyetleri yüksektir.

2000'li yıllarla birlikte, elektrik enerjisini direkt aydınlatmaya çeviren LED armatürler günümüzde yerini almıştır. Işık Yayan Diyot olarak tanımlanan bu teknoloji ürünleri, çok farklı şekil ve boyutlarda, geniş bir renk sıcaklıklarında üretim yapılabilmektedir. Konfor aydınlatması yanında dekoratif ürün genişliği, hayal gücü ile birleşen tasarımların kolay uygulanabilmesini sağlamaktadır. Çizelge 2.1 farklı armatürlerin ortama sağladığı aynı katkıya göre kıyaslanmasını vermektedir (Demir vd, 2020).

**Çizelge 2.1.** Benzer güçteki aydınlatma armatürlerinin kıyaslanması

	<b>LED</b>	<b>Floresan</b>	<b>Akkor</b>
<b>Güç (Watt)</b>	18	28	100
<b>Renk Sıcaklığı (K)</b>	6,500	5,250	3,000
<b>Kullanım Ömrü (h)</b>	50,000	12,000	1,500

Aydınlatma sistemlerine kolay müdahale edilebilmekte ve armatür değişimleri ile maliyetler düşürülmektedir. Mali kazançlar yanında, çevreye olan etkileri iyileştirilmekte CO<sub>2</sub> salınımı azaltılmaktadır (Çizelge 2.2). Tasarımla iyi aydınlatma, konforu artırıcı yerleşim, gözleri yormayan ve ortam kalitesini arttıran her adım enerji tasarrufunu da sağlamaktadır (Camcı ve Yılankırkan, 2022).

**Çizelge 2. 2.** Çevreye yayılan yıllık CO<sub>2</sub> miktarı

<b>LED (45 W)</b>	<b>Floresan (4x18 w)</b>
114	239

Tüm sistemlerde olduğu gibi aydınlatma sistemlerinin düzenli kontrol ve bakımları, kullanım ömrünü uzattığı gibi konforu korumakta ve enerji verimli hizmet alınmasını sağlamaktadır.

Geliştirilen standartlar ve uygulama konulan enerji kanun ve yönetmelikleri, binalardaki aydınlatma verimliliğini arttırmakta, yeni enerji stratejilerinin belirlenerek tasarruf sağlanmasına büyük katkı sağlamaktadır.

Gelişen teknolojinin faydaları ve devlet otoritesiyle düzene sokulmaya çalışılsa da son kullanıcı veya tüketicinin bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Aydınlatma ile karbon emisyonları azaltılabilir ve sürdürülebilir enerji yönetimine olumlu yönde etki edebilmektedir.

#### **2.4. Sıfır Enerjili Bina**

Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilen enerji tüketim hedeflerinin tutturulması için esas teşkil eden çalışmaların başında binaların enerji performanslarının iyileştirilmesi gelmektedir. 2002 yılında Avrupa Parlamentosu tarafından yürürlüğe konulan Binaların Enerji Performansı Direktifi (EPDB), yıllar içerisinde gelişim ve değişim göstererek en son 2018 yılında yenilenmiştir. Avrupa Birliği (AB) 2050 karbon nötr hedefleri kapsamında yeni yapılan binaların enerji verimliliği performansını değerlendirmekte var olan yapıların ise enerji verimliliğini arttırmasını arzulamaktadır.

Enerji tasarrufu önlemleri, enerji kullanımını azaltmak için binalarda uygulanan tüm uygulamaları kapsamakta olup ısı yalıtımlı camların kullanılması, gölgelendirme faktöründen faydalanılması, HVAC sistemlerinden verimliliğin arttırılması, tasarruflu aydınlatma sistemlerinin tercihi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması olarak örneklendirilebilir.

Binaların enerji taleplerinin azaltılması için işletmesel birçok temel uygulama mevcuttur. Enerji denetimleri, enerji yönetim sistemleri, akıllı bina teknolojisi yazılımları ve yeşil bina sertifikasyonu örnek olarak gösterilebilir (Yıldız, 2024).

Fosil yakıtların geleceği konusundaki belirsizlik, küresel iklim değişikliği, artan sera gazları birincil enerji tüketiminin %40'ını harcayan binalarda enerji tasarrufunu

zorunlu hale getirmiştir. Bu olumsuz gidişatı değiştirmeye çalışan uzmanlar pasif ev, sıfır enerjili bina (ZEB) gibi konularda araştırmaları arttırmışlardır. Günümüz teknolojisi ile daha tasarım aşamasında bunun mümkün olduğu görülmektedir.

İhtiyaç duyduğu enerjinin büyük kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayan ve yapımında enerji verimli uygulamaların olduğu binalara sıfır enerjili bina olarak tanımlanmaktadır (Griffith vd 2006).

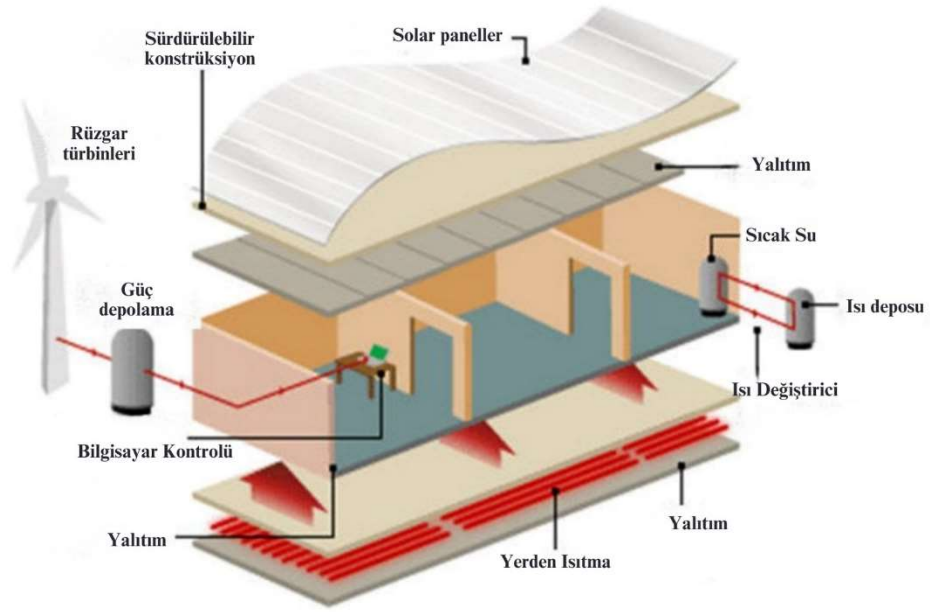
Tsoutsos et al. (2013) tarafından sıfır enerjili binalar, “yalnızca kullanıma geçtikten sonra yenilenebilir enerji kaynaklarından gereksinim duyduğu enerjiyi üretmek değil, inşaat aşamasındaki her ayrıntıyı dikkate alarak çevrenin sürdürülebilirliğini sağlayan, geri dönüşümlü malzemeler kullanan, karbon salınımı yapmayan ve yaşam döngüsü içinde akıllı bina uygulamalarını da barındıran çevreci bina veya sürdürülebilir bina olarak da tanımlanabilecek yapılar” olarak tanımlanmaktadır (Aydın ve Aydın 2016).

Sıfır enerjili binalar, doğayla uyumlu yapılardır. İnşa edileceği arazi seçiminden başlayan, çevresel kriterlere dikkat edilerek tasarlanırlar. İklim verilerine uygun, yenilenebilir enerjiyle bütünleşmiş, ekosisteme duyarlı, mümkün olduğunda doğal malzemelerin kullanıldığı yapılardır (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, 2019).

Yukarıdaki temel tanımlardan hareketle, yıllık üretiminin yine yıllık tüketimine eşit olduğu binalar olarak kabul edilmektedirler. Uygun hava şartlarında enerji üretimi için yenilenebilir enerji sistemlerinden faydalanırken, uygun olmayan durumlarda şebekeden beslenirler. İlk durumda enerji üretimi fazla olduğundan şebekeye geri verirler. Dolayısıyla iki farklı sıfır enerjili bina gündeme gelir. Üretim tüketimin üzerindeyse pozitif enerjili bina, üretim tüketiminden altındaysa sıfıra yakın enerjili bina (nZEB) olarak ifade edilmektedir.

Bir diğer tanımlama, ısıtma ve soğutmaya bağlı olarak, kullanıcıların termal konforunu koruyan ama atmosfere hiç veya çok az CO<sub>2</sub> salımı olan enerji tasarruflu binalara verilen Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (nnZEB)'dir. Genellikle enerji gereksinimi azaltılır ya da yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanır (Chee et al. 2013).

Şekil 2.9'da sıfır enerji evinin temel özellikleri verilmiştir.



Şekil 2.9. Sıfır enerji evinin başlıca özellikleri (Berberoğlu, 2009)

nnZEB, primer enerji tüketimi  $> 0.0 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$  olan binalardır. Bu binalarda bir miktar fosil kökenli enerji tüketildiği anlamı taşır (Çakmanus 2011).

Çizelge 2. 3. nnZEB için pasif ve aktif çözüm yöntemleri (Attia 2012)

Pasif Stratejiler	Güneş Kontrolü ve Isıl Kontrol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gölgeleme Kullanma</li> <li>• Yönlenme, Kompakt Kütle, Isıl Kütle ve Pencere/Duvar Oranı</li> <li>• Yansıtma, Albedo, Isıl Kütle</li> <li>• Çift Cam</li> </ul>
	Isıl Yönlenme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avlu Tasarımı</li> <li>• Isıl Yönlenme</li> <li>• Zemin Korunma</li> </ul>
	Pasif Soğutma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doğal Havalandırma</li> <li>• Evaporatif Soğutma</li> <li>• Konvektif ve Radyatif Soğutma</li> </ul>
Aktif Stratejiler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mekanik Havalandırma ve Soğutma</li> <li>• Isıl ve Elektrik Üretimi</li> <li>• Yapay Gölgeleme ve Yapay Aydınlatma</li> </ul>	

Pasif sistemler, mekanik ve elektrik sistemlerden bağımsız olarak tamamıyla yapı elemanlarından kurulan bir düzendir. Binanın yerine ait iklimsel koşullar başta olmak üzere, mimari tasarım verileri enerji etkin bina tasarımında büyük rol oynar. Mimari tasarım doğru planlanırsa binaların ısı beklenileri karşılanır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından yeterince beslenen pasif sistemler, bina enerji aktifliğinde ana rolü oynar.



## BÖLÜM 3

### ALIŞVERİŞ MERKEZLERİ

#### 3.1. Ülkemizde Alışveriş Merkezleri

Dünya üzerinde, sanayi devrimiyle her geçen gün gelişen teknoloji, insanların hayatını ve alışkanlıklarını değiştirmiştir. Yazılım ve beraberinde getirdiği mobil uygulamalar, tüketicileri tedarik yöntemlerinde dijital kanallara yönlendirse de ülkemizde çok büyük kesimi birebir alışverişten vazgeçirememiştir. Şehirleşmenin de buna katkısı büyüktür.

Ülkemizde, modern tanıma uygun ilk alışveriş merkezi 1988 yılında açılmıştır. 1995 yılına geldiğimizde AVM sayısı 12 idi. 2005'te 106'ya 2010'da 255'e çıkmış, 2023'e geldiğimizde neredeyse iki katına yaklaşarak 446 olmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Yıllara göre açılan AVM sayısı (GYODER, 2024)

İnsanlar gereksinimlerini tek çatı altında farklı alternatiflerle karşılayabildiği alışveriş merkezlerini kullanmayı tercih etmektedir. Perakendeciliğin birbirinden farklı alanlarını bünyesinde toplayan tesisler, giyim, beyaz eşya, mobilya ürünleri gibi gıda dışı sektörler yanında sinema, oyun ve eğlence parkları, kafe ve restoranlar ile toplumumuzun sosyalleşme alanları arasında başı çekmektedir. Güvenlikli, konforlu ve tek çatı altında topladığı hizmetlerle tüketicinin her geçen yıl artan talebiyle büyük yapılar halinde açılmaya ve gelişmeye devam etmektedir.

Artan misafir sayısına paralel olarak işletmelerin ve istihdam edilen çalışan sayısının da artmasını beraberinde getirmektedir. Böylece tesisin enerji tüketen ürünlerinin kullanım sıklığı da artmaktadır.

### **3.2. Yoğun Enerji Tüketim Noktaları**

Bir yapının enerji talebi, ısıtma, soğutma ve aydınlatma başta olmak üzere havalandırma, su tüketim, transfer üniteleri ve kullanılan cihazlar gibi çeşitli ihtiyaçlardan kaynaklanmaktadır. Binaların teknik sisteminin verimliliği bu açıdan çok önemlidir. Enerji tüketimi, yapının konumu ve fizikine, seçilen ekipmanlara, genel kullanım alışkanlıklarına bağlıdır. Ayrıca, kullanıma bağlı zamanla verim kaybı, bakım, onarım, yenileme gibi faktörlerden dolayı da bina ömrü boyunca değişikliği beraberinde getirir (Vuarnoz ve arkadaşları 2018).

Türkiye de harcanan enerjinin %40'ı konutlarda tüketilmektedir. Konutlarda tüketilen enerjinin %80'i ise ısıtma-soğutma amaçlıdır ve ısı kayıplarının engellenmesi uygun yalıtım ile sağlanabilir (Tanrıverdi, 2008).

Şehirlerde vazgeçilemez duruma gelen alışveriş merkezleri, enerji tüketim merkezleri konumundadır. Gün geçtikçe sayıları artan bu devasa yapılar, farklı tipte aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemleri ile ciddi enerji tüketimine neden olur. VIALAND AVM'nin sadece yeme-içme kapalı alanına hizmet eden rooftop ünitelerinin ısıtma amaçlı kullanılan doğalgaz tüketimi 2023'te 13,690 m<sup>3</sup>/h'tir. GAZMER'e göre, ülkemizde 4 kişilik bir ailenin yaşadığı ve 100 m<sup>2</sup> ortalama net alana sahip dairenin ısıtma amaçlı kullandığı miktar 770 m<sup>3</sup>'tür. Bu ortalama değerler alındığında bile yaklaşık 20 haneye denk gelmektedir.

### 3.2.1. İklimlendirme Sistemleri

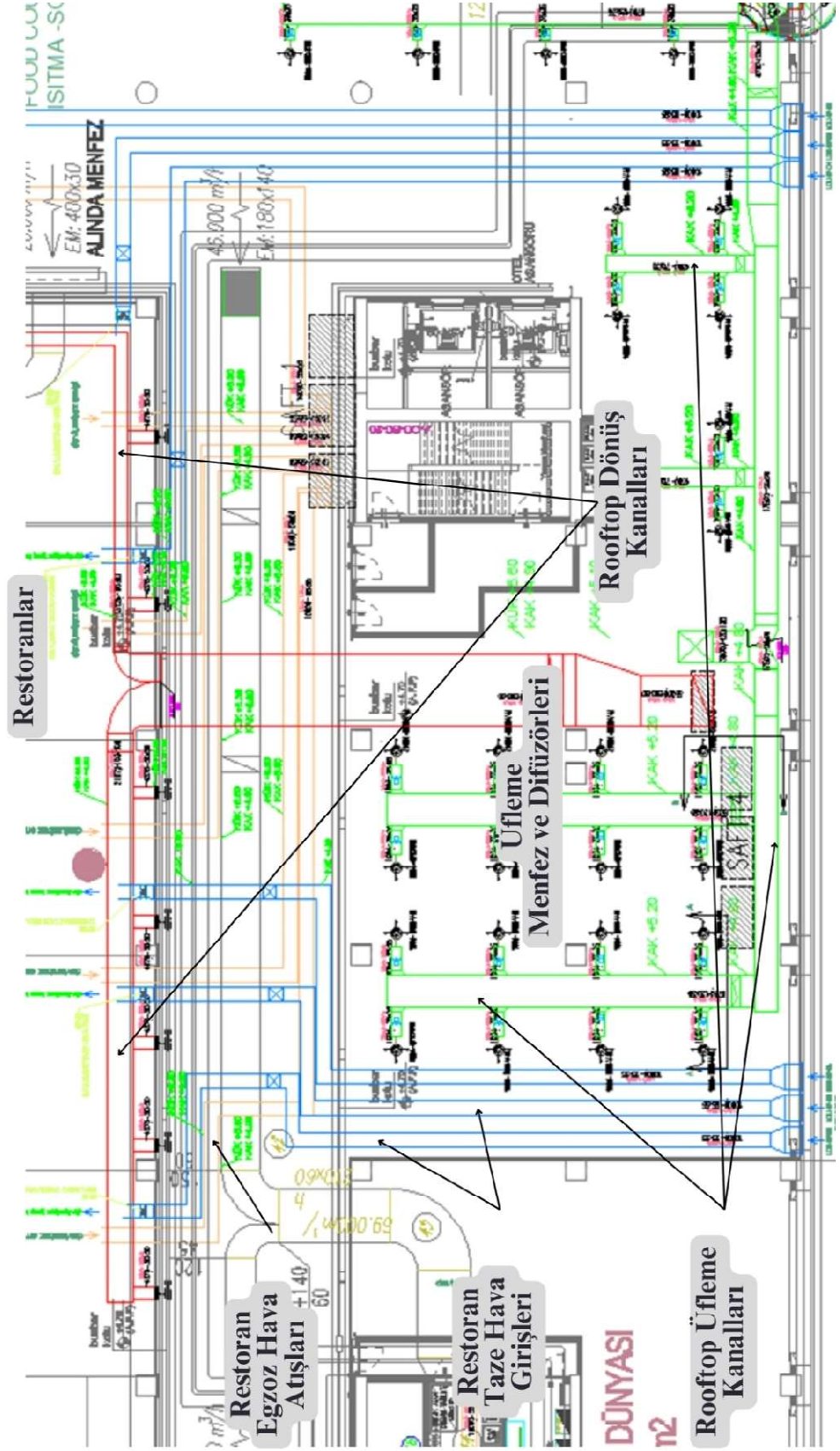
İklimlendirme sistemleri, iç mekân ortamını arzu edilen konfor şartlarına getirmek için, sıcaklığı, hava kalitesini ve nem oranını kontrol edip ayarlamak için kullanılan sistemlerdir. Isıtma, klima, havalandırma ve hava temizleme fonksiyonlarına sahiptirler.

Alışveriş merkezlerinin iklimlendirmesi ortak alan ve işletmeler olarak farklı tesisat yapılanmasına sahip olsa da genel olarak yapısında fanlar ve serpantinlerden oluşan hücreli tip klima santralleriyle sağlanmaktadır. Geri kazanım amacıyla ortamdan alınan dönüş havasının belirli bir bölümü, dış ortamdan alınan taze hava ile karıştırılarak mevsimine göre ısıtma serpantininden veya soğutma serpantininden geçirilerek vantilatör yardımı ve kanallar aracılığıyla ortama gönderilmektedir.

Serpantinindeki ısıtma kazanlar, soğutma ise soğutma grupları tarafından sağlanmaktadır. Pompa desteği ile çevrim akışkanı kolektörler ve borularla serpantinlerden geçirilmektedir ve tekrardan dönüş kolektörlerine taşınmaktadırlar. Tüm bu süreçler, ortamın kontrol cihazı ile sürekli izlenmesi ve istenilen değerlerin sağlanmasına ve korunmasına kadar devam etmektedir.

Büyük kapasiteli tesis edilen bu sistemler yanında, paket tip rooftop üniteleri, VRV sistemleri ve toprak kaynaklı ısı pompaları da kullanılmaktadır.

İklimlendirme ortamda insan bulunsun veya bulunmasın ihtiyaç duyulan bir sistemdir. Elektronik sistem odaları, soğuk hava depoları, veri merkezleri gibi hassas ortamlarda da bu sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. AVM ortak mahal örnek iklimlendirme planı (Rooftop Sistemi) Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. AVM ortak mahal örnek iklimlendirme planı (Rooftop Sistemi)

### 3.2.2. Aydınlatma Sistemleri

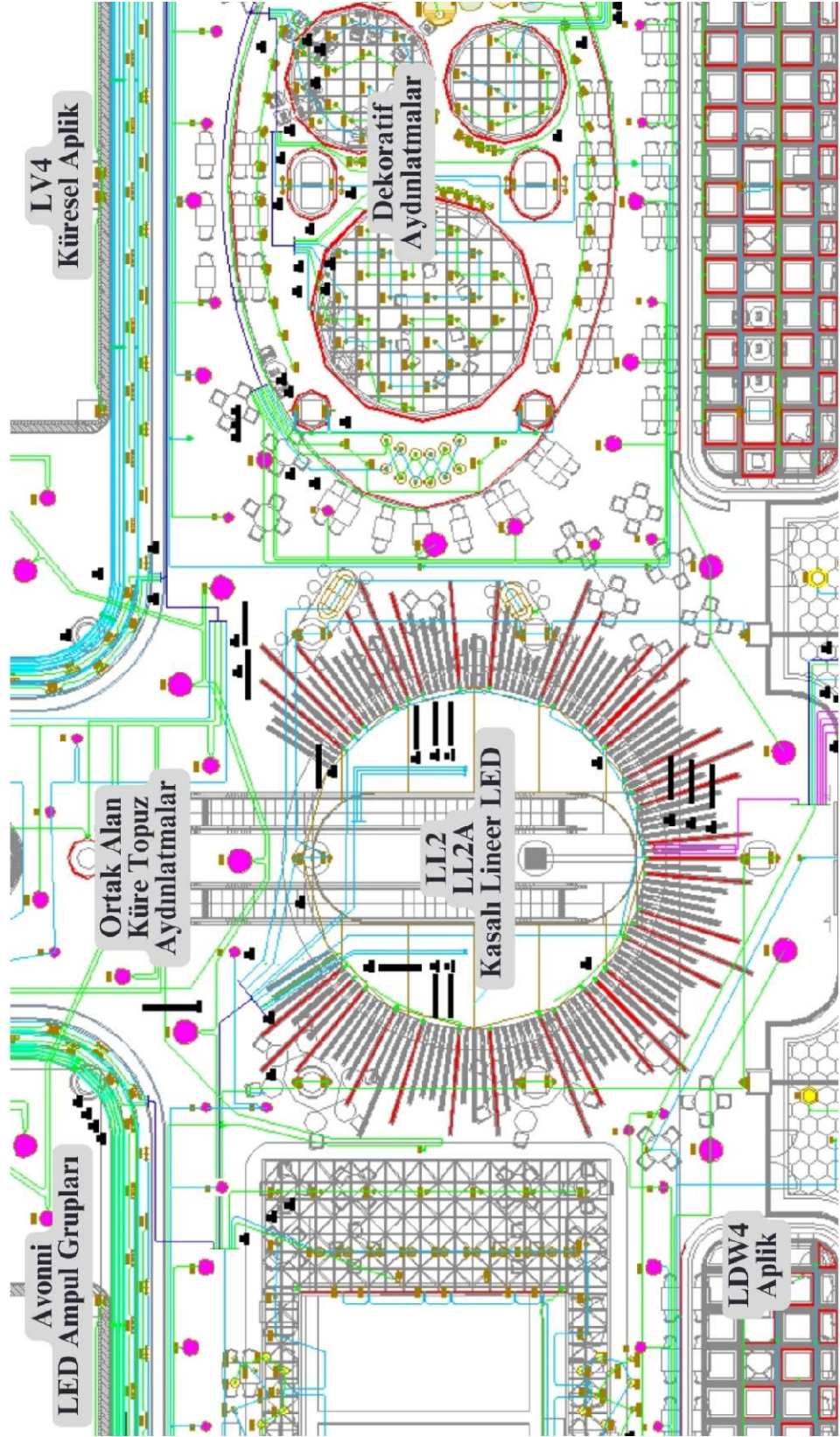
Aydınlatma tasarımı, mimarlığın dördüncü boyutu olarak kabul edilmektedir. Mekân algısı ve etkisinin üzerinde önemli çalışmalar yapılmıştır. Farklı hizmet alanlarında ayrı değerlendirilen tasarımlar kişiler üzerinde olumlu etki bırakması hedeflenmektedir. Nitekim tüketiciye sunulan hizmetin net dönüş alabilmesi için seçilen ürünler, yerleşim, ışığın şiddeti ve rengi büyük önem taşımaktadır.

Alışveriş merkezlerinde aydınlatmanın başlıca amaçlarından biri, sunulan ürünleri en kolay şekilde pazarlanabilir haliyle sergilemektir. Seçilen ürün veya hizmete uygun olarak ışık renginin seçimi ve renksel geriverim özellikleri dikkate alınmaktadır.

Çoğu alışveriş merkezinin doğal aydınlatma imkanlarından uzak olması, ziyaretçilerin zaman algısını ortadan kaldırmaktadır ve ziyaretçilerin tesiste bulunma sürelerini arttırmaktadır. Ticari faaliyetler yanında güvenli dolaşım ve vakit geçirme amacıyla olan misafir mekân içerisinde direkt aydınlatma ürünleri dışında dekoratif aydınlatma elemanlarıyla da karşılaşmaktadır. Duvar aplikleri, sarkıtlar, ışık kemerleri, aydınlatılmış sütunlar yürüme sirkülasyonuna etki ederler.

Vurgu aydınlatmaları da genel aydınlatmaya destekleyici olarak konumlandırılırlar ve ziyaretçiyi ana hedefe yönlendirirler.

Yüksek etkinlik ve verimlilik düzeyine ulaşmak isteyen işletmeler, aydınlatma üzerinde çeşitli analizler yaptırmaktadır. Işık dağılımı, aydınlatma şiddeti ve ışık rengi konularında doğru uygulamalar için uzman görüşlerine başvurumaktadırlar. AVM ortak mahal örnek aydınlatma planı Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. AVM ortak mahal örnek aydınlatma planı

## BÖLÜM 4

### MATERYAL VE METOT

#### 4.1. VIALAND Alışveriş Merkezi Hakkında Genel Bilgi

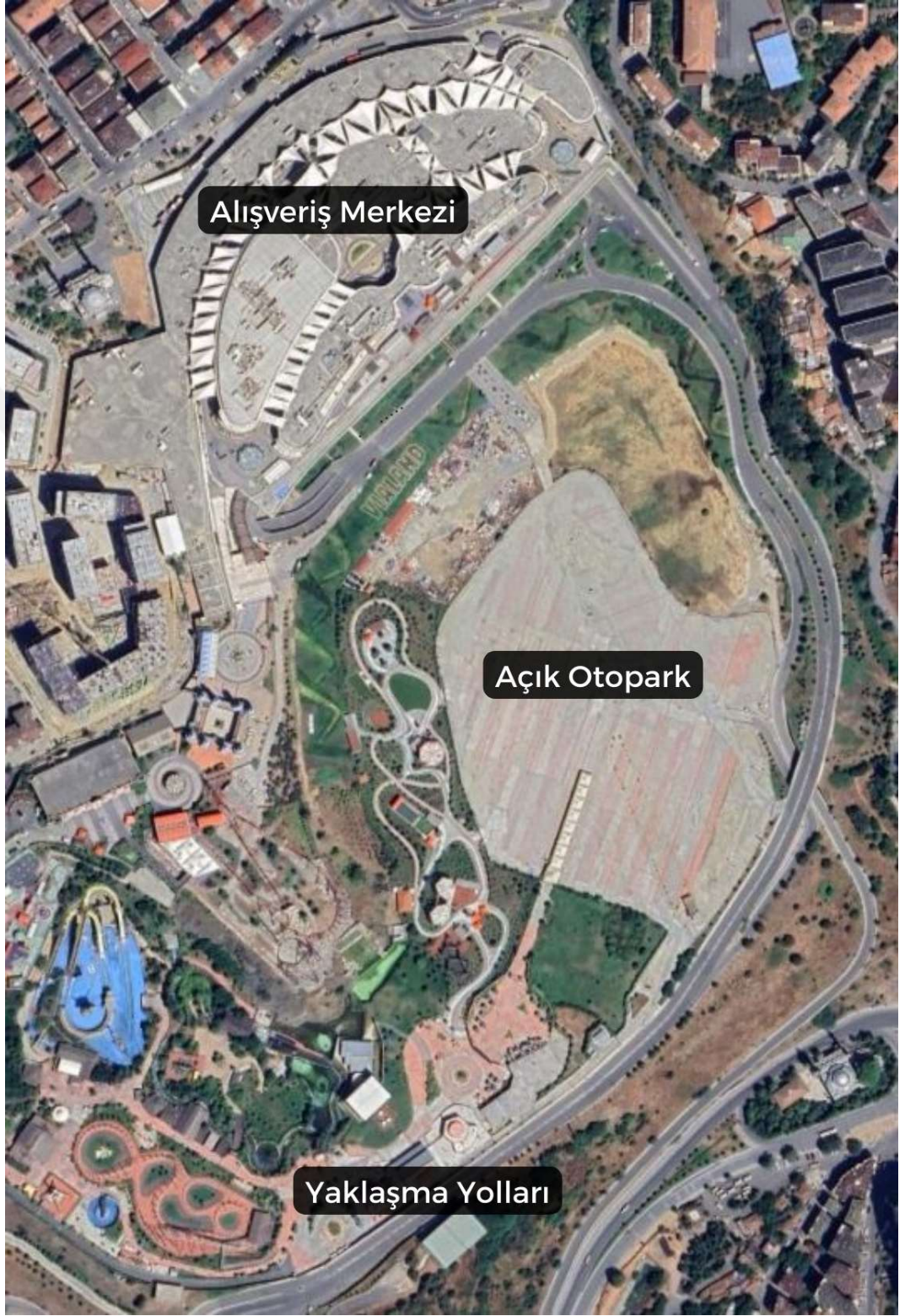
Vialand Alışveriş Merkezi, İstanbul ili Eyüpsultan ilçesi sınırları içerisinde 45 dönüm alan üzerinde 2009 yılında yapımına başlanmış ve 2011 Mayıs ayında ticari faaliyete geçmiş geniş çaplı bir tesistir (Şekil 4.1). Ayrıca, Türkiye'nin ilk tema parkı ile de komşudur. Bu bilgi, kullanıcıların tesisten yararlanma alanlarını ve süresini arttırmaktadır.



Şekil 4.1. VIALAND Alışveriş Merkezi genel görünüm

36 Bin m<sup>2</sup> cadde katı işletme ve sirkülasyon alanı, 57 Bin m<sup>2</sup> kapalı alan ve toplam üç kattan oluşan diğer hizmet mahalleri çıkartıldığında 100 bin m<sup>2</sup>'ye yakın kapalı

otopark alanına sahiptir (Şekil 4.2). Bir dönem yemek katı olarak kullanılan 1. Kat geniş çaplı renovasyon sonrasında iptal edilerek tesis günümüzdeki halini almıştır.



Şekil 4.2. Tesis uydu görünümü (Google Earth)

Tesise ait mimari bilgiler Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.1.** Tesise ait mimari detaylar

<b>Kot</b>	<b>+85</b>	<b>+88,60</b>	<b>+92,90</b>	<b>+95,80</b>	<b>+102,80</b>	<b>+107,8</b>	<b>+111,80</b>
<b>Kat</b>	<b>4BK</b>	<b>3BK</b>	<b>2BK</b>	<b>1BK</b>	<b>ZK</b>	<b>1K</b>	<b>Çatı</b>
Bina Taban Alanı (m <sup>2</sup> )	44,413	43,668	47,565	57,053	36,669	35,614	35,614
Bina Hacmi (m <sup>3</sup> )	159,888	187,773	137,940	399,373	183,346	142,457	-
Cephe Alanı (m <sup>2</sup> )	2,344	2,800	1,888	4,558	8,777	8,777	-
Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	3,551	3,072	-
Kapı Alanı (m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	351	-	-
Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	4,915	5,705	-
Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-	35,614

#### 4.2. İklimsel Koşullar ve Güneşlenme Süresi

İstanbul ili, Asya ve Avrupa kıtalarından kara parçalarına sahip, Karadeniz’den Akdeniz’e doğru uzanan boğazı ile geçiş iklimine sahiptir. Karadeniz ve Akdeniz iklimlerinin tipik özelliklerini gösteren şehir, ülkemizin en çok yağış alan şehirlerinden biridir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2023 verilerine göre, ilin en soğuk ay ortalaması 6.7 °C (Ocak), en sıcak ay ortalaması 24.7 °C (Ağustos), en düşük sıcaklık -9.0 °C ve en yüksek sıcaklık 40.6 °C olarak ölçülmüştür. Yıllık yağış miktarı 662.50 mm/m<sup>2</sup>’dir. Yaz ayları genellikle sıcak geçerken, bölgeyi etkisi alan hava sitemlerine bağlı olarak kışları da çok fazla soğuk geçmez. Isıtma tasarım sıcaklığı -1.0 °C, soğutma tasarım sıcaklığı 30 °C ‘dir. Mahalin ısıtma ve soğutma derece gün değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Kurulu olduğu Çatalca ve Kocaeli yarımadaı birer platodur. İstanbul genelinde kayda değer yükseltiler de bulunmaz. Aydos Tepesi 537 metre, Kayış Dağı ise 438 metredir. Projenin yer aldığı Eyüp İlçesi, Yeşilpınar Mahallesi rakımı 101 metredir.

**Çizelge 4.2.** Isıtma ve soğutma derece-gün değerleri

	Hava Sıc.	Bağıl Nem	Günlük güneş rad. yatay	Atmosferik Basınç	Rüzgar Hızı	Yer Sıc.	Isıtma derece-gün	Soğutma derece-gün
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /g	kPa	m/s	°C	°C-g	°C-g
<b>Ocak</b>	6.0	78.2	1.68	98.4	4.9	4.1	372	0
<b>Şubat</b>	5.6	76.2	2.45	98.3	4.9	4.9	347	0
<b>Mart</b>	7.5	74.5	3.65	98.1	4.7	8.6	326	0
<b>Nisan</b>	12.0	71.6	4.82	97.9	4.1	14.5	180	60
<b>Mayıs</b>	16.8	70.5	6.27	97.9	4.2	20.3	37	211
<b>Haziran</b>	21.6	67.3	7.21	97.8	4.1	24.9	0	348
<b>Temmuz</b>	24.3	66.4	7.30	97.8	5.0	27.2	0	443
<b>Ağustos</b>	24.3	68.3	6.41	97.8	5.1	26.7	0	443
<b>Eylül</b>	20.8	69.4	5.01	98.1	4.4	23.1	0	324
<b>Ekim</b>	16.2	75.2	3.14	98.4	4.5	17.1	56	192
<b>Kasım</b>	11.3	76.9	1.91	98.4	4.5	10.1	201	39
<b>Aralık</b>	7.8	78.5	1.38	98.4	5.1	5.4	316	0
<b>Yıllık</b>	<b>14.6</b>	<b>72.7</b>	<b>4.28</b>	<b>98.1</b>	<b>4.6</b>	<b>15.6</b>	<b>1,835</b>	<b>2,061</b>

Güneşlenme süresi yıllık ortalama 6.26 – 6.50 saat/gün aralığındadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. MGM Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi

### 4.3. Bina Mimari ve Teknik Özellikleri

#### 4.3.1. Dış Kabuk ve Cephe Sistemleri

Vialand AVM'nin dış cephesi gazbeton üzeri işlenen çelik konstrüksiyon, arasında polistiren köpük yalıtım üzeri prekast giydirme malzemeden oluşmaktadır. Cam yüzeyler alüminyum doğrama çerçeve ve 5+5 mm lamine ısı cam ile tamamlanmıştır.

Çatı alanı yürünebilir teras çatı olup, döşeme üzeri, su yalıtımı, 2 cm koruma şapı, 7cm XPS yalıtım levhası ve 5 cm koruma şapı olarak uygulanmıştır. Yapıya ait detaylar Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Yapı elemanları bilgisi

Çatı	Prekast Kaplama Dış Duvar	Cam Doğrama ve Kayar Kapılar
25 cm betonarme döşeme	Alçı Harcı + Çimento Harcı	Alüminyum Doğrama
Membran Su Yalıtımı 0,6mm	Donatılı Beton	5 + 5 mm lamine temperli ısı cam
Koruma Şapı 5cm	Çimento Harcı	
7 cm XPS yalıtım levhası ve Koruma Şapı 5cm	Çelik Konstrüksiyon + Polistiren Partiküler Köpük + Sıva	

### 4.3.2. Mekanik Sistemler

Alışveriş merkezi iklimlendirme sistemi VRV Klima Sistemi ve yemek katına ait Paket Tip Klima Santralleri olan Rooftop üniteleri ile sağlanmaktadır. İşletmelere ait mahaller ise mini VRV, Multi Split ya da mağaza büyüklüğüne göre Rooftop üniteleri ile şartlandırılmaktadır.

Bahsi geçen ünitelerle ısıtma ve soğutma yapılmaktadır fakat ayrıca ısıtma kazanı ve dağıtım pompaları kullanılmamaktadır.

Tesise ait iklimlendirme sistem ekipmanları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Tesis iklimlendirme sistem elemanları

Sıra No	Cihaz Teknik Bilgi	Miktar
1	Rooftop Paket Klima Üniteleri – Ortak Alan 35.000 m <sup>3</sup> /h Soğutma Kapasitesi: 271,64 kW Elektrik Gücü: 67,5 kW	2 Adet
2	Rooftop Paket Klima Üniteleri – Anchor Kiracı 30.000 m <sup>3</sup> /h Soğutma Kapasitesi: 167 kW Elektrik Gücü: 58,8 kW	4 Adet
3	VRV Sistemi Soğutma Kapasitesi: 14 kW – 120 kW	2 Grup
4	Split ve Multi Split Klima Sistemleri (9.000 BTU/h – 24.000 BTU/h)	14 Grup

Havalandırma amaçlı kullanılan sistemler, mutfak aspiratörleri, WC egzoz fanları olup iç ortam havasının %100'ünü tahliye etmektedir. Prensip olarak yangın anında, kaçış güzergahlarının havalandırılmasını sağlayan ve kullanıcıları güvenli bir şekilde tahliye etmeyi amaçlayan merdiven basınçlandırma fanları (MBF) ile otopark ve AVM ortak alanda yer alan duman tahliye fanları bulunmaktadır. Otoparklardaki duman yönlendirmesi jet fanlar aracılığı ile sağlanmakta olup yangın dışı durumlarda otoparkta sürdürülebilir hava koşulları için %3-7 oranında debide günlük düzenli olarak çalıştırılmaktadır. Havalandırma sistem ekipmanları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Tesis havalandırma cihazları

Sıra No	Cihazlar	Adet
1	Otopark Jet Fanları	133
2	Yangın Duman Atım Fanları	24
3	Merdiven Basınçlandırma Fanları	18
4	WC Aspiratörleri	5
5	Mutfak / Yemekhane Aspiratörleri	2

Sıhhi temiz su tesisatında, şebekeden beslenen 800 tonluk 2 farklı depoda toplanan suyun, hidroforlar aracılığı ile sisteme gönderilmektedir. Mevcut hidroforlarımız 5’li grup olup on-off prensibiyle çalışmaktadır. Ayrıca yangın sistemini besleyen yangın pompası mevcuttur (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.6.** Su sistemlerine ait ekipman listesi

Sıra No	Cihaz	Adet
1	Temiz Su Hidroforu	5
2	Yangın Pompası – Elektrikli	2
3	Yangın Pompası – Dizel	1
4	Pis Su Tahliye Pompaları	4

### 4.3.3. Aydınlatma Sistemleri

Tesis, mimari özellikleri ve ticari gerekçeleri ile farklı sistem ve tipte aydınlatma elemanlarına sahiptir. Yaklaşma yolları ve çevre aydınlatmaları güvenlik öncelikli güçlü armatürlerle sağlanırken, yemek katının konforlu, göz yormayan, insanları rahatsız etmeyen armatürlerden seçilir. Yine ıslak hacimlerde WC kabin içi dolaylı aydınlatma yapılırken, lavabo ve ayna önleri daha fazla aydınlatılmaktadır.

Mağaza koridorlarının tavan kotu dolayısıyla yüksek tavan armatürleri tercih edilmektedir ve zemin uygulamasına göre ışığın yayılmaması ve yerde parlamayı misafirleri rahatsız etmeyecek ürünler seçilmektedir.

Cadde katında huzurlu bir yürüyüş için LED projektörlerle birlikte, dekoratif aplikler kullanılmaktadır, acil kaçış koridor ve merdivenlerinde standart led armatürler tercih edilmektedir.

Otoparklarda açılışla birlikte kullanılan floresan armatürler bulunmaktaydı. Enerji verimliliğini arttırmak amacıyla tesis genelinde aydınlatma armatürleri detaylıca incelenmiş ve tamamına yakını son teknoloji ürünlerle değiştirilmiş, sisteme sensör, zaman saati ilave edilmiş, bazı noktalarda armatür sayısı azaltılmıştır (Çizelge 4.7). Tüm bu iyileştirme faaliyetleri tezin ilerleyen başlıkları altında detaylandırılmıştır.

**Çizelge 4.7.** Aydınlatma armatürleri genel listeleri

Sıra No	Aydınlatma Armatürleri	Genel Mahal	Adet
1	Klasik 160-350 W	Çevre Yolları	153
2	Alüminyum Kasa 400 W Pro	Tesis Çevresi	158
3	58 W Floresan	Kapalı Otoparklar	3,026
4	2x18 W Spot	Acil Kaçış Koridorları	282
5	58 W Etanj	Yangın Merdivenleri	216
5	6x18 W LED	Cadde	312
6	52 W Yüksek Tavan	AVM Katı	350

#### 4.3.4. Diğer Önemli Enerji Tüketim Noktaları

Tesisin en önemli enerji tüketim noktalarından diğerleri asansörler, yürüyen merdivenler ve kayar kapılardır. Gün boyu misafirlerin kullanımına sunulan bu üniteler, tesisin açılışıyla devreye alınmış, asansör ve yürüyen merdivenlerde bir değişikliğe gidilmemiştir.

İlk tasarımda kanat kapı olarak planlanan birçok giriş çıkış noktası zaman içerisinde kayar kapıya çevrilmiş ve şartlandırılmış ortamın korunması amaçlanmıştır. Ayrıca, kayar kapıların üzerine hava perdeleri ilave edilmiş, iklimlendirmeye bağlı enerji kayıplarının önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.8’de tesisin asansör, yürüyen merdiven, kayar kapı ve hava perdesi listesi yer almaktadır.

**Çizelge 4.8.** Tesisin enerji tüketen diğer ünite ve cihazları

Sıra No	Cihaz Teknik Bilgi	Adet
1	Yürüyen Merdivenler	22
2	Yürüyen Bant ve Yollar	12
3	Asansörler (Yolcu)	6
4	Asansörler (Yük)	4
5	Hava Perdeleri	8
6	Kayar Kapılar	12

#### 4.4. Tesisin Yıllara Göre Enerji Tüketimi

Tesisin enerji tüketimi takibinde ön ödemeli ve faturalı olmak üzere iki farklı sistem uygulanmaktadır. İşletmeler kullanacakları enerji bedelini ödemekte sistem üzerinden kWh tüketim miktarı satın almaktadırlar. İki farklı işletme grubu içerisinde tüketimler takip edilmektedir. Aylık resmi faturada tesisin tamamının tüketim bedeli görülmektedir ve işletmelerin kullanımı sonrasında ortak alanlara kalan miktar hesaplanmaktadır.

Ortak alanlara kalan enerji tüketen cihaz ve ürünler ise rooftop üniteleri, VRV klima sistemleri, mutfak, WC ve otopark aspiratörleri, işletme dışında kalan aydınlatmalar, yürüyen merdivenler, asansörler, kayar kapılar ile kamera, bariyer, veri alt yapısı dahil tüm güvenlik sistemi elemanlarıdır.

Tesisin enerji iyileştirmeleri öncesinde 2021 yılı Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da, 2022 yılı ise Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de aylık bazda ve çalışma konuları kapsamında tüketimleri verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Tesis 2021 yılı aylara göre enerji tüketimi

Detay		Ocak 21	Şubat 21	Mart 21	Nisan 21
İşletme Grubu 1	kWh	344,169.75	377,637.42	386,763.00	207,573.00
İşletme Grubu 2	kWh	793,583.16	604,505.86	1,028,574.28	677,993.07
Ortak Alan Tüketim	kWh	151,215.39	176,786.74	284,319.02	187,915.23
Fatura Tüketim	kWh	1,288,968.30	1,158,930.02	16,99,656.30	1,073,481.30
Pandemi Kısmi Yasakları					
Detay		Mayıs 21	Haziran 21	Temmuz 21	Ağustos 21
İşletme Grubu 1	kWh	162,204.03	195,302.91	350,818.00	337,152.40
İşletme Grubu 2	kWh	355,963.10	923,010.62	1,600,126.07	1,685,174.75
Ortak Alan Tüketim	kWh	143,529.07	300,774.97	434,213.43	388,621.85
Fatura Tüketim	kWh	661,696.20	1,419,088.50	2,385,157.50	2,410,949.00
Pandemi Kısmi Yasakları					
Detay		Eylül 21	Ekim 21	Kasım 21	Aralık 21
İşletme Grubu 1	kWh	211,592.00	192,965.00	205,766.00	275,776.00
İşletme Grubu 2	kWh	1,185,145.21	997,223.68	1,080,687.58	1,222,702.44
Ortak Alan Tüketim	kWh	319,085.79	347,593.62	326,987.22	476,156.66
Fatura Tüketim	kWh	1,715,823.00	1,537,782.30	1,613,440.80	1,974,635.10

**Çizelge 4.10.** Tesis 2021 yıllık toplam enerji tüketimi

Detay	Toplam
İşletme Grubu 1	3,247,719.51 kWh
İşletme Grubu 2	12,154,689.82 kWh
Ortak Alan Tüketim	3,537,198.99 kWh
Fatura Tüketim	18,939,608.32 kWh

**Çizelge 4.11.** Tesis 2022 yılı aylara göre enerji tüketimi

Detay		Ocak 22	Şubat 22	Mart 22	Nisan 22
İşletme Grubu 1	kWh	385,855.00	357,115.00	424,552.00	282,986.00
İşletme Grubu 2	kWh	1,410,796.73	1,141,998.54	1,352,307.98	938,575.80
Ortak Alan Tüketim	kWh	409,657.77	377,817.56	451,246.62	294,609.70
Fatura Tüketim	kWh	2,206,309.50	1,876,931.10	2,228,106.60	1,516,171.50
Detay		Mayıs 22	Haziran 22	Temmuz 22	Ağustos 22
İşletme Grubu 1	kWh	242,818.00	278,790.00	296,652.00	361,382.00
İşletme Grubu 2	kWh	974,206.96	1,167,116.49	1,421,521.63	1,620,696.29
Ortak Alan Tüketim	kWh	326,884.54	332,430.51	380,909.87	313,386.11
Fatura Tüketim	kWh	1,543,909.50	1,778,337.00	2,099,083.50	2,295,464.40
Detay		Eylül 22	Ekim 22	Kasım 22	Aralık 22
İşletme Grubu 1	kWh	222,267.00	186,554.00	200,567.00	230,286.00
İşletme Grubu 2	kWh	1,207,227.31	980,826.76	913,627.61	1,087,216.85
Ortak Alan Tüketim	kWh	288,460.79	283,606.44	279,950.39	331,852.45
Fatura Tüketim	kWh	1,717,955.10	1,450,987.20	1,394,145.00	1,649,355.30

**Çizelge 4.12.** Tesis 2022 yıllık toplam enerji tüketimi

Detay	Toplam
İşletme Grubu 1	3,469,824.00 kWh
İşletme Grubu 2	14,216,118.95 kWh
Ortak Alan Tüketim	4,070,812.75 kWh
Fatura Tüketim	21,756,755.70 kWh

2021 ve 2022 yılları enerji tüketimi TEP değerleri de Çizelge 4.13'te verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** 2021-2022 yılları enerji tüketimi TEP değerleri

	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Ocak	110.85	189.74
Şubat	99,7	161.42
Mart	146.17	191.62
Nisan	92.32	130.39
Mayıs	56.91	132.78
Haziran	122.04	152.94
Temmuz	205.12	180.52
Ağustos	207.34	197.41
Eylül	147.56	147.74
Ekim	132.25	124.78
Kasım	138.76	119.90
Aralık	169.82	141.84
<b>TOPLAM</b>	<b>1,628.81</b>	<b>1,871.08</b>

#### **4.5. Enerji Talebinin Azaltılması Çalışmaları**

Bir binanın enerji ihtiyacını belirleyen en önemli etkenlerden biri mimari yapısıdır. Dış ortam ile temasta olan dış kabuk ısı kazancı ve kaybı değerlerini, cam ve ışıklık gibi detaylar da aydınlatma miktarını doğrudan etkilemektedir. Edinilen tecrübeler ve yeni geliştirilen standartlara bağlı olarak sıfırdan yapılan projelerde tüm bu ayrıntılara azami miktarda hassasiyet gösteriliyor olsa da mevcut kullanımda olan eski binaların dış kabuğuna çok fazla müdahale edilememektedir.

Konutların dış cephe yalıtım sistemleri yoğun bir uygulama alanı olarak mümkün görülse de alışveriş merkezi gibi ticari binalarda cephe çalışmaları tasarlandığı gibi kalmaktadır. Yine de tüm bu elverişsiz duruma rağmen, yenilenen cam doğramalar ısı yalıtımlı seçilmektedir, cephe tadilatlarında yalıtımın eksik ya da yetersiz görülmesi durumunda ilaveler yapılmaktadır.

Soğuk iklimlerde güneş ışınımının bina içerisine alınması, sıcak iklim bölgelerinde de gölgelendirme ile ısı kazancının düşürülmesi amaçlanmaktadır. Binaların enerji performanslarının artırılarak nZEB formuna getirilmesinin en temel uygulaması yalıtım yapmaktır. Binanın enerji performansının artırılması, iklimlendirme sistemlerinin de kapasitelerinin düşülmesini sağlayacak, daha proje aşamasında tasarruf yapmayı mümkün kılacaktır.

Aydınlatma sistemlerinde olabildiğinde doğal aydınlatmadan faydalanılmalıdır, tasarruflu armatürler tercih edilmelidir. Tesiste aydınlatma otomasyonu kurulmalıdır ve dış ortam şartlarına göre aydınlatmaların aktif hale getirilmesi sağlanmalıdır. Yine kullanıcı yoğunluğuna bağlı olarak kademeli aydınlatma imkanları zorlanmalıdır. Aşırı aydınlatmalardan kaçınılmalıdır, kullanılmayan alanlarda enerji tüketiminin önüne geçilmelidir.

Binalarda aydınlatmanın en verimli olarak kullanılmasının ilk adımı doğru armatür seçimi ve planlama olmakta, farklı tip ve ihtiyaçları karşılayan kontrol sistemleri ile desteklenmektedir. Bu sistemlerle aydınlatma stratejisine bağlı olarak ihtiyaç duyulan aydınlatma miktarı ayarlanmakta, duruma göre aç kapa duruma göre de loşlaştırma iyi bir seçenek olarak gözükmektedir.

Günümüzde aydınlatmada yaygın olarak kullanılan otomasyon sistemleri Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Binaların alan ve hacimle büyümesi, merkezi HVAC sistemlerinin tercih edilmesi, sistem elemanlarının sayıca fazlalaşmasına ve enerji ihtiyacını da arttırmaktadır. Elektrik enerjisine ihtiyaç duyan pompa ve fanların enerji sarfiyatı bakımından incelenmesi gerekmektedir.

Pompaların enerji verimliliği değişken hız sürücüler (DHS) kullanılarak, istenilen basınca göre çalışma devrini ayarlayacak şekilde sağlanmaktadır. Diğer tarafta sabit debi ihtiyacı varsa sürücülerin kullanılmamasıdır.

Günümüz teknolojisinde fanlarda %70-85 arasında verim elde etmek mümkündür. Seçimi ve üretimi sırasında, sistemin ihtiyaç değerleri iyi belirlenmelidir, kendini kısa sürede amorti eden yatırımlara yönelinmelidir. Fanlı sistemlerde, kayış kasnak, elektrik motoru, frekans invertörü uygulamaları gibi parametrelerde önemli olup enerji verimliliğini direkt etkilemektedir (Çakmanus ve Akpınar 2008).

Pompa, vantilatör ve kompresörler gibi mekanik cihazlarda regülatör, valf ve supaplar yardımı ile kontrol altına alınmaktadır, akış değişkeni takip edilmektedir. Hız ayarsız sistemler önemli miktarda enerji israfına sebep olmaktadır. (Ristimaki 2008).

**Çizelge 4.14.** Aydınlatma otomasyonu sistemleri (Alsat, 2024)

Sıra	Kontrol Yöntemi	Teknik Ayrıntıları
1	Hareket – Varlık Dedektörü ile Kontrol	Mekânın kullanımında olup olmadığı tespit edilerek, boşsa belli bir süre sonra aydınlatmanın kapatılması. Özellikle varlık dedektörleri kullanıldığında, masa üzerindeki çok küçük el hareketleri bile algılanarak, doğru bir dolu-boş analizi yapılabilmektedir. Kendinden dedektörlü armatürler en basit ve yaygın uygulama alanıdır.
2	Zaman Programı Kontrol	Mekânın kullanım sürelerine, tatillere, mesai ve vardiya saatlerine göre insan müdahalesine gerek kalmadan armatürlerin otomatik kontrolü
3	Işık Şiddetine Göre Kontrol	Mekânın farklı noktalarında pencerelerden gelen ışığa bağlı olarak bazı armatürler kısılıp açılarak, mekânın her noktasında eşit aydınlatmanın sağlanması ve gün ışığının maksimum kullanılması. (Gün ışığı hasadı) Çevre aydınlatmanın gece-gündüz durumuna göre çalıştırılması.
4	Kombine Kontrol	Farklı kontrol tiplerinin, maksimum verim için bir arada kullanılması. Örneğin ışık şiddetine bağlı dimmer kontrolü yapılan bir mekânda hareket yoksa ya da tatil günü ise sistemin kapatılması.

Mevcut tesiste enerji tüketim noktalarının belirlenmesiyle birlikte aşağıdaki konularda çalışmalar yapılmıştır.

- Bina dış kabuğu yalıtım kontrolleri
- Aydınlatma sistemleri
- Yürüyen merdiven ve asansör gibi yolcu transferi üniteleri
- Kayar kapılar
- Temiz su armatür ve pompaları
- Havalandırma sistemleri

#### 4.5.1. Bina Dış Kabuğu Yalıtım Kontrolü

Binanın dış ortamla temas eden yüzeyi olan kabuk, enerji sarfiyatında değerlendirilmesi gereken en önemli parametrelerdendir.

Cephede kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri, kalınlık ve yapım şekli önemlidir. Yalıtım uygulamalarıyla birlikte, bina kabuğundan maksimum performans beklenir. Binanın bu aşamada TS825 standardına uygun olup olmadığı incelenmiştir. Çizelge 4.15 ve 4.16 dış havaya açık duvarlardaki ısı kaybı hesabını göstermektedir.

**Çizelge 4.15.** Dış havaya açık duvar (1) ısı kaybı hesabı

Isı kaybeden yüzey	Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı	Isıl İletkenlik hesap değeri	Isıl iletkenlik direnci	Isı geçirgenlik katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey Alanı	Isı Kaybı
		$d$ (m)	$\lambda_b$ (W/mK)	$R$ (m <sup>2</sup> K/W)	$U$ (W/m <sup>2</sup> K)	$A$ (m <sup>2</sup> )	$A \times U$ W/K
Dış Havaya Açık Duvar	Yüzeysel Isı İletim Katsayısı			0,1300			
	Alçı Harcı	0,02	0,70	0,0288			
	Çimento Harcı	0,03	1,6	0,0188			
	Donatılı	0,20	2,5	0,0800			
	Çimento Harcı	0,003	1,6	0,0188			
	Polistiren Partiküler Köpük	0,08	0,035	2,2857			
	Sıva	0,02	0,07	0,2857			
	Yüzeysel Isı İletim Katsayısı Dış			0,04			
<b>Toplam</b>				<b>2,888</b>	<b>0,346</b>	<b>2.106,68</b>	<b>729,59</b>

**Çizelge 4.16.** Dış havaya açık duvar (2) ısı kaybı hesabı

Isı kaybeden yüzey	Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı	Isıl iletkenlik hesap değeri	Isıl iletkenlik direnci	Isı geçirgenlik katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey Alanı	Isı Kaybı
		d (m)	$\lambda_h$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	U (W/m <sup>2</sup> K)	A (m <sup>2</sup> )	A x U W/K
Dış Havaya Açık Duvar	Yüzeysel Isı İletim Katsayısı			0,1300			
	Alçı Harcı	0,02	0,70	0,0288			
	Çimento Harcı	0,03	1,6	0,0188			
	Donatılı	0,20	2,5	0,0800			
	Çimento Harcı	0,003	1,6	0,0188			
	Polistiren Partiküler Köpük	0,08	0,035	2,2857			
	Sıva	0,02	0,07	0,2857			
	Yüzeysel Isı İletim Katsayısı Dış			0,04			
<b>Toplam</b>			<b>2,888</b>	<b>0,346</b>	<b>2.106,68</b>	<b>729,59</b>	

Türkiye 4 ısı bölgesine ayrılmıştır. Vialand AVM coğrafi konumu itibariyle 2. ısı bölgesi içerisinde yer almaktadır. Bölgelere ait olması istenen u değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir.

**Çizelge 4.17.** TS825 ısı bölgeleri U değerleri

Detay	$U_D$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_t$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_p$ (W/m <sup>2</sup> K)
1.Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2.Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3.Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4.Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

Binanın ısı kaybı hesapları da Çizelge 4.18’de verilmiştir.

**Çizelge 4.18. Isı kaybı tablosu**

	Isı kaybı			Isı kazançları			KK O	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$	$\theta_i - \theta_e$	$H(\theta_i - \theta_e)$	$\phi_i$	$\phi_s$	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$			
(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(-)	(-)	(kJ)	
O	299,141,46	16.1	4,816,178	1,944,230	164,706	2,158,936	0.45	0.89	7,503,127,096,320
Ş		14.6	4,367,465		210,365	2,204,595	0.50	0.56	6,406,162,473,600
M		11.7	3,499,955		262,296	2,256,526	0.64	0.79	4,451,240,200,320
N		6.2	1,854,677		300,801	2,295,031	1.21	0.55	1,535,526,590,400
M		1	299,141		357,202	2,351,432	7.86	0	0
H		0	0		377,792	2,372,022	0	0	0
T		0	0		367,050	2,361,280	0	0	0
A		0	0		338,339	2,332,569	0	0	0
E		0	0		275,728	2,269,958	0	0	0
E		4.9	1,465,793		214,845	2,209,075	1.51	0.48	2,050,892,704,000
K		10.5	3,140,985		157,549	2,151,779	0.69	0.77	3,846,826,520,640
A		15.2	4,546,960		143,221	2,137,451	0.47	0.88	6,910,254,167,040
$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 31,704,029,752,320 \text{ kJ}$									

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t \text{ (J)} \quad (1 \text{ kJ} = 0.278 \times 10^{-3} \text{ kWh})$$

$$\text{Toplam ısı kaybı} \quad Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 31,704,029,752,320 \text{ (kJ)}$$

$$Q_{yıl} = 8,813,720 \text{ kWh}$$

$$\text{İç ısı kazancı} \quad \phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$$

$$\text{Güneş enerjisi kazancı} \quad \phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$$

$$\text{Kayıp kazanç oranı} \quad \text{KKO}_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$$

$$\text{Kayıp kullanım faktörü} \quad \eta_{ay} = 1 - e^{(-1/\text{KKO}_{ay})}$$

Örnek binadaki kullanım alanı  $A_n$  başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

---

$$Q = Q_{\text{yıl}}/V_{\text{brüt}} = 7.07 \text{ kWh/m}^3 \quad A_n = 0.32 V_{\text{brüt}} = 398,846.02 \text{ m}^2$$

$A_{\text{top}}/V_{\text{brüt}} = 0.08$  oranı 2. bölge için Ek A'dan alınan  $Q' = 0.08 A/V + 12.30$  eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı  $Q' = 12.30 \text{ kWh/m}^3$  bulunur ve hesaplanan  $Q$  ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Örnekte  $Q < Q'$  ( $7,07 < 12.30$ ) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerin altında olduğu görülmektedir.

Bu sonuca göre, projenin ısı kaybı standartta verilen hesap metoduna göre uygundur.

---

TS 825 'e göre yapılan hesaplar sonucunda, tesisin standartlar içerisinde olduğu görülmektedir. Bina dış kabuğunda her hangi bir iyileştirmeye bu aşamada gerek duyulmamaktadır.

Türkiye'de yürürlükte olan bu standart ile tavsiye edilen  $U$  değerleri net sıfır enerjili bina yapımı için çok yetersizdir.

Pasif ev standartlarının kullanılması sıfır enerjili bina hesapları için daha uygundur. Yeni yapılar Almanya'daki Pasif Ev Enstitüsü (PEE)'nin belirlemiş olduğu standartlarla tasarlanarak inşa edilmesi, sonrasında yine PEE'nin uygun gördüğü test yöntemlerinden geçirilerek sertifikalandırılması gerekmektedir (İZODER 2013).

#### **4.5.2. Aydınlatma Sistemi İyileştirmeleri**

Aydınlatma sistemi incelenen tesis için hizmet kalitesi ve müşteri deneyimini çok yakından ilgilendirdiğinden en önemli konuların başında gelmektedir. Görsel konfordan çok fazla tasarruf yapmadan aydınlatma şiddetinde değişiklikler ile eski tip armatürlerin yerine günümüze teknolojisi ve tasarruflu armatürlerin kullanılmasıyla enerji talebi azaltılmaktadır.

Tesis genelinde çok farklı türde aydınlatma armatürleri bulunmaktadır. Buldukları bölgelere göre sağlanan değişimler ve sisteme ilave edilen sensör, zaman saati gibi cihazlarla enerji tüketimi azaltılmıştır.

#### 4.5.2.1. Kapalı Otopark Aydınlatmaları

Tesisin 2BK, 3BK ve 4BK katlarının %80'i otopark alanı olarak kullanılmaktadır. Aydınlatma sistemi planlamasında elektronik balastlı 58 W floresan armatürler tercih edilmiştir.

2BK'de sık aralıklarla kata yayılmış olan yaklaşık 1,200 armatürün 100 adedi acil aydınlatma olarak 24 saat boyunca aktif durumdayken, 1,100 adedi ise tesisin açılış ve kapanış saatlerinden 1er saat fazla olmak üzere 14 saat aktif durumdaydı. 2BK'in doluluk duruma göre araç alımı yapılan 3BK aynı armatür sayısı ile ortalama 6 saat aktif durumdaydı. 4BK en az yoğunluğun olduğu otopark katı olarak ortalama 4 saat aktifti.

**Çizelge 4.19.** Kapalı otopark aydınlatma iyileştirmeleri

	Güç (W/h)	Toplam Armatür Sayısı	Çalışma Saati (h)	Günlük Tüketim (kW)	Yıllık Tüketim (kW)
<b>Dönüşüm Öncesi</b>					
2BK	65	1100	14	1,001.0	365,365.0
2BK	65	100	24	156.0	56,940.0
3BK	65	1100	6	429.0	156,585.0
3BK	65	100	24	156.0	56,940.0
4BK	65	250	4	65.0	23,725.0
4BK	65	376	24	586.6	214,094.4
<b>Toplam</b>					<b>873,649.4</b>
<b>Dönüşüm Sonrası</b>					
2BK	16	517	6	49.6	18,115.70
2BK	16	119	24	45.7	16,679.00
3BK	16	515	3	24.7	9,022.80
3BK	16	130	24	49.9	18,220.80
4BK	16	214	2	6.8	2,499.50
4BK	16	24	24	9.2	3,363.80
<b>Toplam</b>					<b>67,901.70</b>
<b>Yıllık Toplam Tüketim Kârı (kW)</b>				<b>Fayda %'si</b>	
<b>805,747.72</b>				<b>92%</b>	

Yapılan iyileştirmelerde armatürler LED 16 W ile değiştirilmiş, sayıca 119'u acil aydınlatma, 517'si parklanmaya bağlı olmak üzere 636 adede indirilmiştir. Ayrıca,

sisteme sensör ilavesi yapılarak otopark kullanım yoğunluğuna bağlı olarak aktif pasif durumu dengelenmiştir. Günlük aktifliği ortalama 6 saate indirilmiştir.

Diğer otopark katlarında da benzer uygulama yapılmıştır. Dönüşüm öncesi ve sonrası verileri Çizelge 4.19’da verilmiştir. Teorik olarak %92’lik enerji tasarrufu sağlanmıştır.

#### 4.5.2.2. Acil Kaçış Koridorları ve Merdivenleri

Tesis genelinde servis kat sayıları ve koridor uzunlukları farklı olan 24 merdiven kovanında, yangın kaçıışı öncelikli acil durum koridor ve merdivenleri bulunmaktadır. 2x18 W ‘lık 282 adet spot armatür aynı sayıda 15 W ‘lık slim LED spot armatürlerle, 216 adet 58 W etanj armatür de yine aynı sayıda 8 W ‘lık fotoselli klasik armatürle değiştirilmiştir.

24 saat boyunca aktif durumda olan armatürler, acil durum olmadığı sürece kullanılmadığı halde hesaplamaya günlük 1 saat olarak dahil edilmişlerdir. Dönüşüm öncesi, sonrası ve toplam kazanç Çizelge 4.20’de verilmiştir. Teorik olarak %98.91’lik enerji tasarrufu sağlanmıştır.

**Çizelge 4.20.** Acil kaçış koridor ve merdivenleri iyileştirmeleri

	Güç (W/h)	Toplam Armatür Sayısı	Çalışma Saati (h)	Günlük Tüketim (kW)	Yıllık Tüketim (kW)
<b>Dönüşüm Öncesi</b>					
Koridor	36	282	24	243.6	88,931.50
Merdiven	58	216	24	300.7	109,745.30
<b>Toplam</b>					<b>198,676.80</b>
<b>Dönüşüm Sonrası</b>					
Koridor	15	282	1	4.2	1,544.00
Merdiven	88	216	1	1.7	630.70
<b>Toplam</b>					<b>2,174.70</b>
<b>Yıllık Toplam Tüketim Kârı</b>				<b>Fayda %’si</b>	
<b>(kW)</b>					
<b>196,502.10</b>				<b>98.91%</b>	

#### 4.5.2.3. Çatı ve Çevre Aydınlatmaları

Zemin (Cadde) katı aydınlatmaları için tesisin açılışından itibaren kullanılan 158 adet alüminyum kasa 400 W'lık armatürler, 250 W LED projektörlerle değiştirilmiş, aydınlatma kalitesi arttığından sayıları da 120 adede düşürülmüştür.

Güneş batışından 15 dk önce devreye giren ve tesis kapanışından 1 saat sonra devreden çıkan projektörlerden elde edilen çalışmalar tasarruf Çizelge 4.21'de verilmiştir. Teorik olarak %52.53'lik enerji tasarrufu sağlanmıştır.

**Çizelge 4.21.** Çatı ve çevre aydınlatmaları iyileştirmeleri

Ay	Güç Watt/Saat	Toplam Armatür Sayısı	Çalışma Saati	Günlük Tüketim (kW)	Gün / Ay	Aylık Tüketim (kW)
<b>Dönüşüm Öncesi</b>						
Ocak	400	158	5.25	331.8	31	10,285.8
Şubat	400	158	4.75	300.2	28	8,405.6
Mart	400	158	4.25	268.6	31	8,326.6
Nisan	400	158	3.5	221.2	30	6,636.0
Mayıs	400	158	3	189.6	31	5,877.6
Haziran	400	158	2.45	154.8	30	4,645.2
Temmuz	400	158	2.45	154.8	31	4,800.0
Ağustos	400	158	3.25	205.4	31	6,367.4
Eylül	400	158	4	252,8	30	7,584.0
Ekim	400	158	4.75	300.2	31	9,306.2
Kasım	400	158	5.5	347.6	30	10,428.0
Aralık	400	158	5.75	363.4	31	11,265.4
<b>Yıllık Toplam</b>						<b>93,927.8</b>
<b>Dönüşüm Sonrası</b>						
Ocak	250	120	5.25	157.5	31	4,882.5
Şubat	250	120	4.75	142.5	28	3,990.0
Mart	250	120	4.25	127.5	31	3,952.5
Nisan	250	120	3.5	105.0	30	3,150.0
Mayıs	250	120	3	90.0	31	2,790.0
Haziran	250	120	2.45	73.5	30	2,205.0
Temmuz	250	120	2.45	73.5	31	2,278.5

Ağustos	250	120	3.25	97.5	31	3,022.5
Eylül	250	120	4	120.0	30	3,600.0
Ekim	250	120	4.75	142.5	31	4,417.5
Kasım	250	120	5.5	165.0	30	4,950.0
Aralık	250	120	5.75	172.5	31	5,347.5
<b>Yıllık Toplam</b>						<b>93,927.8</b>
<b>Yıllık Toplam Tüketim Kârı (kW)</b>						<b>Fayda %'si</b>
<b>49,341.84</b>						<b>52.53%</b>

#### 4.5.2.4. Cadde Dekoratif Aydınlatmaları

Zemin (Cadde) katı aydınlatmaları için çatı tipi projektörlerle birlikte kullanılan dekoratif görünümlü sokak aydınlatmaları 52 direkte 18 W'lık 6'şar adet LED armatür kullanılırken, enerji verimliliği yüksek farklı marka 10 W'lık 4'er adet LED armatürle değiştirilmiştir. Çizelge 4.22 yapılan iyileştirmeleri vermektedir. Teorik olarak %62.96'lık enerji tasarrufu sağlanmıştır.

**Çizelge 4.22.** Cadde dekoratif aydınlatmaları iyileştirmeleri

Ay	Güç (W/h)	Direk Sayısı	Ampul Sayısı	Toplam Armatür Sayısı	Çalışma Saati (h)	Günlük Tüketim (kW)	Gün / Ay	Aylık Tüketim (kW)
<b>Dönüşüm Öncesi</b>								
Ocak	18	52	6	312	5.25	29.5	31	914.0
Şubat	18	52	6	312	4.75	26.7	28	746.9
Mart	18	52	6	312	4.25	23.9	31	739.9
Nisan	18	52	6	312	3.5	19.7	30	589.7
Mayıs	18	52	6	312	3	16.8	31	522.3
Haziran	18	52	6	312	2.45	13.8	30	412.8
Temmuz	18	52	6	312	2.45	13.8	31	426.5
Ağustos	18	52	6	312	3.25	18.3	31	565.8
Eylül	18	52	6	312	4	22.5	30	673.9
Ekim	18	52	6	312	4.75	26.7	31	827.0
Kasım	18	52	6	312	5.5	30.9	30	926.6
Aralık	18	52	6	312	5.75	32.3	31	1,001.1
<b>Toplam</b>								<b>8,346.5</b>

<b>Dönüşüm Sonrası</b>								
Ocak	10	52	4	208	5.25	10.9	31	338.5
Şubat	10	52	4	208	4.75	9.9	28	276.6
Mart	10	52	4	208	4.25	8.8	31	274.0
Nisan	10	52	4	208	3.5	7.3	30	218.4
Mayıs	10	52	4	208	3	6.2	31	193.4
Haziran	10	52	4	208	2.45	5.1	30	152.9
Temmuz	10	52	4	208	2.45	5.1	31	158.0
Ağustos	10	52	4	208	3.25	6.8	31	209.6
Eylül	10	52	4	208	4	8.3	30	249.6
Ekim	10	52	4	208	4.75	9.9	31	306.3
Kasım	10	52	4	208	5.5	11.4	30	343.2
Aralık	10	52	4	208	5.75	12.0	31	370.8
<b>Toplam</b>								<b>3,091.3</b>
<b>Yıllık Toplam Tüketim Kârı (kW)</b>							<b>Fayda %'si</b>	
<b>5,255.20</b>							<b>62.96%</b>	

#### 4.5.2.5. Mescit Aydınlatmaları

Genel mimari dekorasyonun yenilediği mescit ve bağlı alanlardaki 2x18 W'tan oluşan 130 adet eski armatürlerin adedi korunarak 15 W LED ürünlerle değiştirilmiştir. Toplam elde edilen %58.33 'lük enerji tasarrufu verileri Çizelge 4.23'te verilmiştir.

**Çizelge 4.23.** Mescit aydınlatmaları iyileştirmeleri

<b>Mahal</b>	<b>Güç (W/h)</b>	<b>Toplam Armatür Sayısı</b>	<b>Çalışma Saati (h)</b>	<b>Günlük Tüketim (kW)</b>	<b>Yıllık Tüketim (kW)</b>
<b>Dönüşüm Öncesi</b>					
Mescit	36	130	14	65.5	23,914.8
<b>Toplam</b>					<b>23,914.8</b>
<b>Dönüşüm Sonrası</b>					
Mescit	15	130	14	27.3	9,964.5
<b>Toplam</b>					<b>9,964.5</b>
<b>Yıllık Toplam Tüketim Kârı (kW)</b>					<b>Fayda %'si</b>
<b>13,950.3</b>					<b>58.33%</b>

#### 4.5.2.6. Yol Boyu ve Açık Otopark Aydınlatmaları

Tesis yaklaşma yollarında bulunan sokak / yol aydınlatmaları 118 direkte 160 W'lık klasik ampuller iptal edilmiş, mevcut direk sayısı korunarak LED 150 W solar aydınlatma armatürler kullanılmıştır.

Açık otoparkta yer alan 35 direkte 350 W 'lık armatürler de LED 150 W solar aydınlatma armatürleri ile değiştirilmiştir.

Dönüşüm öncesi tüm tüketim, dönüşüm sonrasında solar teknolojiden karşılandığından bu alandaki enerji tasarrufu %100'dür (Çizelge 4.24).

**Çizelge 4.24.** Yol boyu ve açık otopark aydınlatmaları iyileştirmeleri

Ay	Güç (W/h)	Direk Sayısı	Çalışma Saati (h)	Günlük Tüketim m (kW)	Gün / Ay	Aylık Tüketim (kW)
<b>Dönüşüm Öncesi Yol Boyu Aydınlatmaları</b>						
Ocak	160	118	8	151.0	31	4.682.2
Şubat	160	118	8	151.0	28	4.229.1
Mart	160	118	7	132.2	31	4.097.0
Nisan	160	118	7	132.2	30	3.964.8
Mayıs	160	118	6	113.3	31	3.511.7
Haziran	160	118	5	94.4	30	2.832.0
Temmuz	160	118	4	75.5	31	2.341.1
Ağustos	160	118	4	75.5	31	2.341.1
Eylül	160	118	5	94.4	30	2.832.0
Ekim	160	118	6	113.3	31	3.511.7
Kasım	160	118	7	132.2	30	3.964.8
Aralık	160	118	8	151	31	4.682.2
<b>Toplam</b>						<b>42,989.80</b>
<b>Dönüşüm Öncesi Açık Otopark Aydınlatmaları</b>						
Ocak	350	35	13	159.3	31	4,936.8

Şubat	350	35	13	159.3	28	4,459.0
Mart	350	35	12	147.0	31	4,557.0
Nisan	350	35	12	147.0	30	4,410.0
Mayıs	350	35	11	134.8	31	4,177.3
Haziran	350	35	10	122.5	30	3,675.0
Temmuz	350	35	9	110.3	31	3,417.8
Ağustos	350	35	9	110.3	31	3,417.8
Eylül	350	35	10	122.5	30	3,675.0
Ekim	350	35	11	134.8	31	4,177.3
Kasım	350	35	12	147.0	30	4,410.0
Aralık	350	35	13	159.3	31	4,936.8
<b>Toplam</b>						<b>50,249.5</b>
<b>Yıllık Toplam Tüketim Kârı (kW)</b>						<b>Fayda %'si</b>
<b>93,239.26</b>						<b>100.00%</b>

#### 4.5.2.7. AVM Katı İyileştirmeleri

Tümüyle kapalı olan ve doğal aydınlatma imkanı olmayan 1BK (AVM Katı) armatürleri 52 W olup çalışma süresi, tesisin açılışı öncesi ve kapanışı sonrasında 2'şer saat olmak üzere 16 saattir. İyileştirme kapsamında armatürler daha güçlü aydınlatma sağlayan yüksek tavan LED noktasal spot olarak değiştirilmiş, yeni yerleşime göre sayıları azaltılmış ve çalışma süresi 14 saate indirilmiştir. Teorik olarak %44.23'lük enerji tasarrufu sağlanmıştır (Çizelge 4.25).

**Çizelge 4.25.** AVM katı aydınlatma iyileştirmeleri

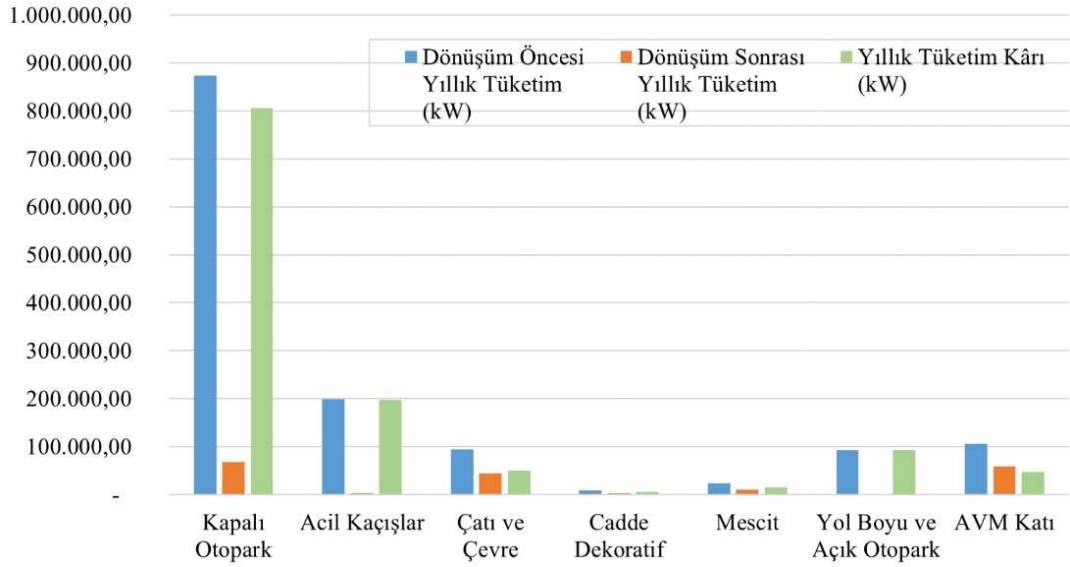
Ay	Güç W/h	Direk Sayısı	Çalışma Saati	Günlük Tüketim (kW)	Gün / Ay	Aylık Tüketim (kW)
<b>Dönüşüm Öncesi</b>						
Ocak	52	350	16	291.2	31	9,027.2
Şubat	52	350	16	291.2	28	8,153.6
Mart	52	350	16	291.2	31	9,027.2
Nisan	52	350	16	291.2	30	8,736.0
Mayıs	52	350	16	291.2	31	9,027.2
Haziran	52	350	16	291.2	30	8,736.0
Temmuz	52	350	16	291.2	31	9,027.2
Ağustos	52	350	16	291.2	31	9,027.2
Eylül	52	350	16	291.2	30	8,736.0
Ekim	52	350	16	291.2	31	9,027.2
Kasım	52	350	16	291.2	30	8,736.0
Aralık	52	350	16	291.2	31	9,027.2
<b>Toplam</b>						<b>106,288.0</b>
<b>Dönüşüm Sonrası</b>						
Ocak	40	290	14	162.4	31	5.034.4
Şubat	40	290	14	162.4	28	4.547.2
Mart	40	290	14	162.4	31	5.034.4
Nisan	40	290	14	162.4	30	4.872.0
Mayıs	40	290	14	162.4	31	5.034.4
Haziran	40	290	14	162.4	30	4.872.0
Temmuz	40	290	14	162.4	31	5.034.4
Ağustos	40	290	14	162.4	31	5.034.4
Eylül	40	290	14	162.4	30	4.872.0
Ekim	40	290	14	162.4	31	5.034.4
Kasım	40	290	14	162.4	30	4.872.0
Aralık	40	290	14	162.4	31	5.034.4
<b>Toplam</b>						<b>59,276.0</b>
<b>Yıllık Toplam Tüketim Kârı (kW)</b>					<b>Fayda %'si</b>	
47,012.00					44.23%	

Tesis genelinde 7 grupta gerçekleşen aydınlatma sistemi iyileştirmeleriyle teorik yıllık olarak 1,211,048.45 kW aydınlatma kaynaklı toplam enerji tasarrufu yapılmaktadır. Kıyaslandığı ilk tüketim değerine göre %86.62 'lik oranda talep düşürülmüştür (Çizelge 4.26).

**Çizelge 4.26.** Tesis geneli aydınlatma kaynaklı enerji tasarrufu

No	Grup Adı	Dönüşüm Öncesi Yıllık Tüketim (kW)	Dönüşüm Sonrası Yıllık Tüketim (kW)	Elde Edilen Yıllık Tüketim Kârı (kW)	Fayda %'si
01	Kapalı Otopark	873,649.40	67,901.68	805,747.72	92.23%
02	Acil Kaçışlar	198,676.80	2,174.67	196,502.13	98.91%
03	Çatı ve Çevre	93,927.84	44,586.00	49,341.84	52.53%
04	Cadde Dekoratif	8,346.50	3,091.30	5,255.20	62.96%
05	Mescit	23,914.80	9,964.50	13,950.30	58.33%
06	Yol Boyu ve Açık Otopark	93,239.26	-	42,989.76	100.00%
07	Avm Katı	106,288.00	59,276.00	47,012.00	44.23%
<b>Toplam</b>		<b>1,398,042.6</b>	<b>186,994.1</b>	<b>1,211,048.45</b>	<b>86.62%</b>

Aydınlatma dönüşümü öncesi ve sonrası tüketimler ile sağlanan fayda Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Dönüşüm öncesi ve sonrası tüketim kıyaslaması

#### 4.5.3. Diğer İyileştirmeler

Ortak alanların iklimlendirme sistemlerinin çalışma ayar değerlerinde yapılacak küçük değişiklikler enerji tüketim değerlerini düşürecektir. Ortak alanların iklimlendirilmesinde hizmet alan rooftop ünitelerinin tasarım sıcaklığı 21.0 °C'dir. Ayrıca, çalışma süresi tesis açılış saatinden 1 saat sonra ile kapanış saatinden 1 saat önce olmak üzere 10 saat/gün'dür. Özellikle Cuma, Cumartesi ve Pazar günleri tesisin yoğun ziyaretçi trafiğinde iklimlendirme ünitelerinin kapanış saatleri ötelenmektedir. İç ortam sıcaklığının 22.5 °C'ye, ünite çalışma süresini 8 saat/gün ortalamasına çekilerek ilave tasarruf sağlanabilmektedir.

Tesisin bulunduğu arazi rüzgar alan hakim bir tepe üzerindedir. 4 mevsim hava hareketine imkan tanır. Yaz mevsimlerinde gece gündüz sıcaklık farkı takip edilerek, gündüz mekanik soğutma yapılan binanın gece doğal soğutulmaktadır.

Tesis çalışanlarının işletmeleri hazırlık süreçleri için tesis içi transferlerin sağlanması amacıyla, AVM açılışından 1 saat önce aktif ve kapanışından 1 saat sonra pasif konuma alınan yürüyen merdivenlere hareket sensörü ilavesiyle çalışma süresi düşürülmektedir. Kullanım yoğunluğu düşük olan otoparklardaki bazı yürüyen bantlar tümüyle pasif duruma alınmaktadır.

4,5 lt/dk su debisine sahip bataryalara perlatör ilavesi ile 3,2 lt/dk ya indirilmiştir. Su tüketimi düşürülerek, hidroforun çalışma sıklığı ve süresi azaltılmaktadır.

5'li pompa grubuyla oluşturulan temiz su pompası, frekans invertörü ilavesi yapılmış ve yazılımı değiştirilmiş, çalışma süresi ve tek pompa devreye girme sıklığı düşürülmektedir.

İlave iyileştirmelerin genel tasarrufa katkısı olmakla beraber, aydınlatma iyileştirmeleri oranın çok gerisinde kalmaktadırlar. Genel özet Çizelge 4.27'de verilmektedir.

**Çizelge 4.27. İyileştirmelerin genel özeti**

Sıra	İyileştirme Konuları	Değerlendirme
1	Bina Kabuğunda Yalıtım	Faydasız
2	Aydınlatma Sistemi	Çok Faydalı
3	Soğutma İşletme Sıcaklığı	Faydalı
4	Gece Serbest Soğutması	Az Faydalı
5	Yürüyen Merdiven Çalışma Süresi	Faydalı
6	Perlatör İlavesi	Az Faydalı
7	Hidrofor Frekans İvertörü	Faydalı

#### 4.6. Güncel Yıllık Enerji Talebi

Tesisin enerji talebini düşürmeye yönelik çalışmaların teorik sonuçları yanında reel fatura bilgileri üzerinden kontrol edilmesi için çalışmaların büyük oranda tamamlandığı 2023 yılı tüketim değerleri kullanılmaktadır (Çizelge 4.28 ve 4.29).

**Çizelge 4.28. Tesis 2023 yılı toplam elektrik enerjisi tüketimi**

Detay	Toplam
İşletme Grubu 1	2,530,768.48 kWh
İşletme Grubu 2	14,447,411.20 kWh
Ortak Alan Tüketim	3,603,229.83 kWh
Fatura Tüketim	20,581,409.50 kWh

**Çizelge 4.29.** Tesis 2023 yılı elektrik enerjisi reel tüketim detayları

Detay		Ocak 23	Şubat 23	Mart 23	Nisan 23
İşletme Grubu 1	kWh	207,744.00	234,625.00	201,159.00	176,279.00
İşletme Grubu 2	kWh	1,164,664.09	1.198,882.07	1,111,015.66	996,987.00
Ortak Alan Tüketim	kWh	366,164.21	348,845.73	353,575.04	295,937.20
Fatura Tüketim	kWh	1,738,572.30	1.782,352.80	1,665,749.70	1,469,203.20
Detay		Mayıs 23	Haziran 23	Temmuz 23	Ağustos 23
İşletme Grubu 1	kWh	166,168.00	180,524.00	282,761.97	293,371.00
İşletme Grubu 2	kWh	944,518.53	1.136,893.02	1,592,412.53	1,658,354.00
Ortak Alan Tüketim	kWh	272,073.47	272,073.88	343,141.00	313,869.30
Fatura Tüketim	kWh	1,382,760.00	1.589,490.90	2,218,315.50	2,265,594.30
Detay		Eylül 23	Ekim 23	Kasım 23	Aralık 23
İşletme Grubu 1	kWh	236,845.94	162,012.52	171,592.00	217,686.05
İşletme Grubu 2	kWh	1,312,836.00	1,098,792.00	1,056,893.00	1,175,163.30
Ortak Alan Tüketim	kWh	268,730.06	244,727.18	237,116.40	286,976.34
Fatura Tüketim	kWh	1,818,412.00	1,505,531.70	1,465,601.40	1,679,825.70

2021 yılı haziran ayından itibaren yapılan iyileştirmeler 2022 yılı mayıs ayında tamamlanmıştır. 2023'e yansıtılan periyoda göre ortak alan fatura değerlerine de yansıyan 850,419.89 kWh enerji tasarrufu sağlandığı görülmektedir (Çizelge 4.30).

**Çizelge 4.30.** İyileştirmeler sonucunda reel enerji tasarrufu

Detay		2021 Haziran 2022 Mayıs Tüketim	2023 Tüketim	Tasarruf
İşletme Grubu 1	kWh	3,462,698.31	2,530,768.48	<b>931,929.83</b>
İşletme Grubu 2	kWh	14,511,956.37	14,447,411.20	<b>64,545.17</b>
Ortak Alan Tüketim	kWh	4,453,649.72	3,603,229.83	<b>850,419.89</b>
Fatura Tüketim	kWh	22,428,304.40	20,581,409.50	<b>1,846,894.90</b>

İyileştirmeler sonrasında TEP güncel değerleri ve referans alınan döneme ait kıyaslama Çizelge 4.31’de verilmiştir.

**Çizelge 4.31.** İyileştirme öncesi ve sonrası TEP değerleri kıyaslaması

	İyileştirme Öncesi	İyileştirme Sonrası	Fark
Ocak	189.74	149.52	40.23
Şubat	161.42	153.28	8.13
Mart	191.62	143.25	48.36
Nisan	130.39	126.35	4.04
Mayıs	132.78	118.92	13.86
Haziran	122.04	136.70	-14.65
Temmuz	205.12	190.78	14.35
Ağustos	207.34	194.84	12.50
Eylül	147.56	156.38	-8.82
Ekim	132.25	129.48	2.77
Kasım	138.76	126.04	12.71
Aralık	169.82	144.47	25.35
<b>TOPLAM</b>	<b>1,928.83</b>	<b>1,770.00</b>	<b>158.83</b>

Çizelge 4.30’da verilen 2023 yılına ait fatura tüketimi değerleri, tüm alışveriş merkezinin enerji tüketimi olarak Plan 1, ortak alan tüketimi değerleri ise Plan 2 olarak Çizelge 4.32’de gruplanmıştır.

Bölüm 5’te tasarlanacak çatı üstü GES’ten elde edilecek elektrik enerjisi üretimi değerleri ile bu planlar karşılaştırılacaktır ve ihtiyacı hangi oranda karşılanabileceği değerlendirilecektir.

**Çizelge 4.32. nZEB için kullanılabilir tüketim değerleri**

	<b>Plan 1 (kWh)</b>	<b>Plan 2 (kWh)</b>
Ocak	1,738,572.30	366,164.21
Şubat	1,782,352.80	348,845.73
Mart	1,665,749.70	353,575.04
Nisan	1,469,203.20	295,937.20
Mayıs	1,382,760.00	272,073.47
Haziran	1,589,490.90	272,073.88
Temmuz	2,218,315.50	343,141.00
Ağustos	2,265,594.30	313,869.30
Eylül	1,818,412.00	268,730.06
Ekim	1,505,531.70	244,727.18
Kasım	1,465,601.40	237,116.40
Aralık	1,679,825.70	286,976.34
<b>Toplam</b>	<b>20,581,409.50</b>	<b>3,603,229.83</b>

## BÖLÜM 5

### GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ TASARIMI

Konumu ve mimari detayları önceki bölümlerde verilen alışveriş merkezi çevre yapılardan etkilenmemektedir. Çatısı yürünebilir teras çatı olup, tesisin caddesi için kullanılan dekoratif tenteler, panel montajı yapılacak mahal kotlarının altında kalmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Tesisin çevresel genel görüntüsü (Google Earth)

Çatıda bulunan mekanik cihaz şaftları ile yoğun ünite bölgeleri, uygulanabilir modül alanları dışında bırakılmış ve 60-90 cm arasında değişen sınır parapetlerinden en az bir metrelik yaklaşma mesafesi konulmuştur.

PV\*SOL programı kullanılarak yapılan tasarım aşamaları alt başlıklar halinde verilmiştir. GES yükünün belirlenmesi, binanın modellenmesi, panellerin ve eviricilerin seçilmesi sonrasında üretilecek elektrik enerjisi hesaplanmıştır.

### 5.1. Güneş Enerjisi Santrali Yüğü

2021 Mayıs – 2022 Haziran döneminde devam eden enerji tasarrufu çalışmaları sonucunda sadece aydınlatma kaynaklı enerji tüketiminde elde edilen teorik fayda %86.62 seviyesindedir. Yapılan diğer iyileştirmelerin anlık fayda verileri bu dönemde ölçülemediğinden santral yüğü olarak 2023 reel tüketim değerleri alınacaktır.

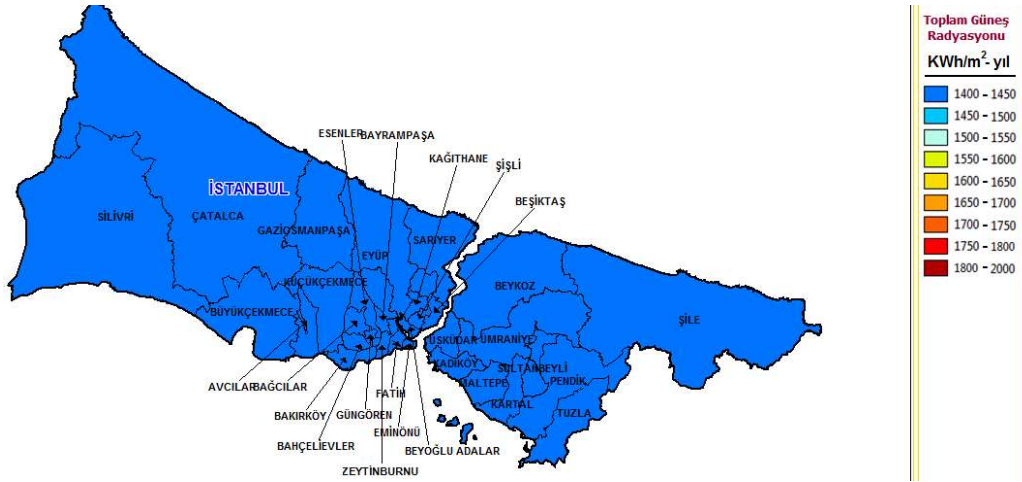
Plan 1, tesisin yıllık toplam enerji tüketimi, Plan 2 ise sadece ortak alanların tüketimi olarak belirlenmiştir. Aylık tüketim değerleri Çizelge 4.29’da verilen planlara ait yıllık toplam değerler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

**Çizelge 5.1.** Planlara göre yıllık tüketim değerleri

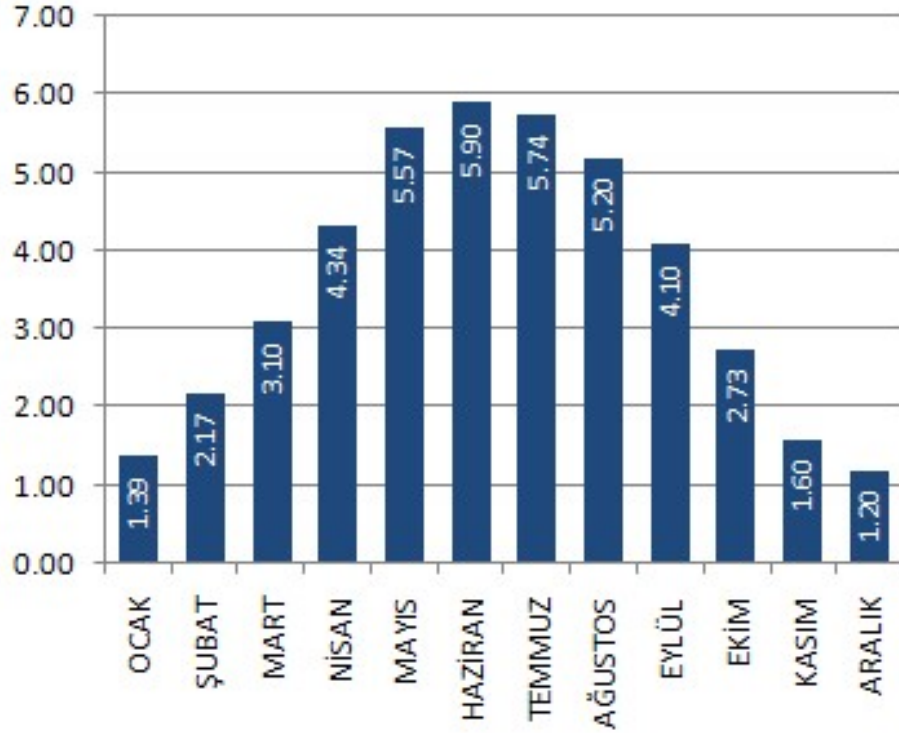
	<b>Plan 1 (kWh)</b>	<b>Plan 2 (kWh)</b>
Toplam	20,581,409.50	3,603,229.83

### 5.2. Çatı Üstü Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı

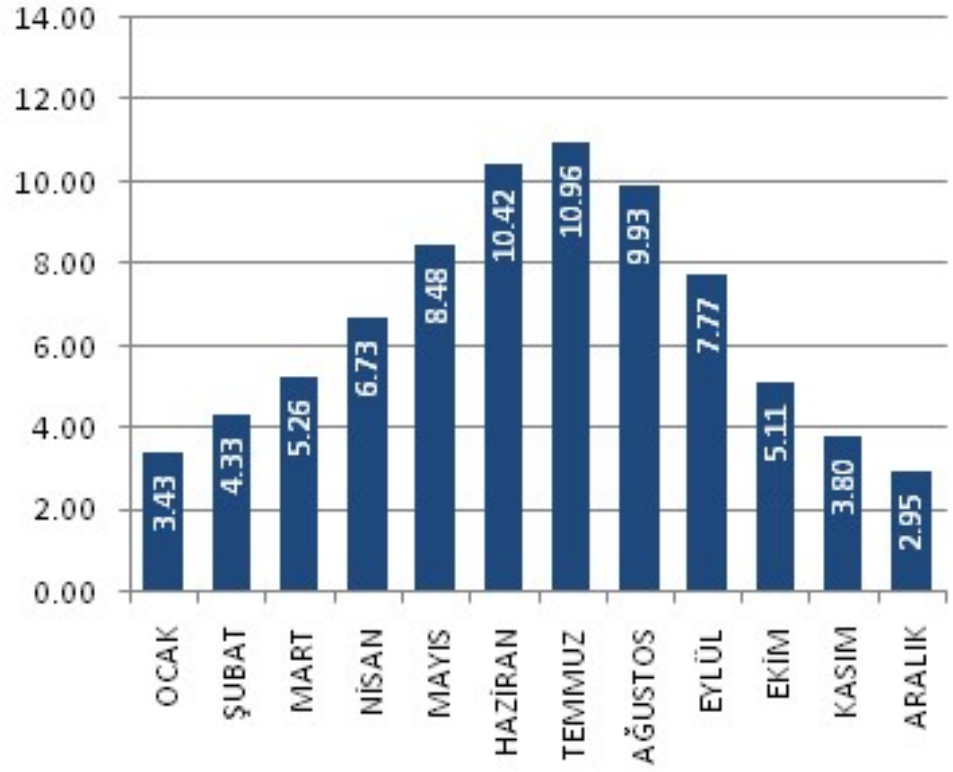
Tesisin yer aldığı İstanbul ili Eyüpsultan İlçesinin toplam ışıyım ( $\text{kWh/m}^2$ ) ve güneşlenme süresi değerleri, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’ne ait Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)’ya göre (Şekil 5.2, 5.3, 5.4 ve 5.5)’te gösterilmiştir.



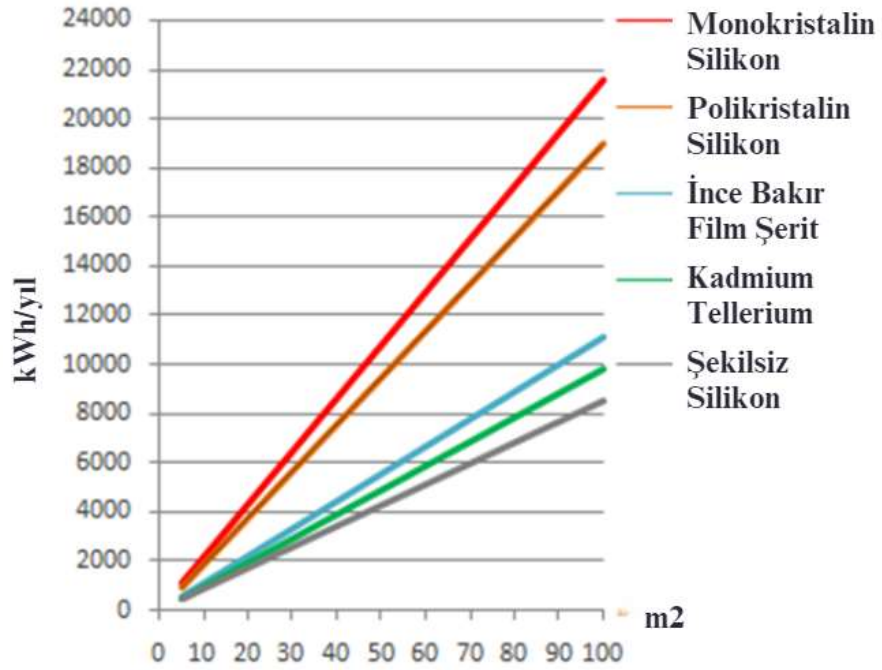
Şekil 5.2. İstanbul ili güneş ışınımı değerleri



Şekil 5.3. Eyüpsultan İlçesi global ışınım değerleri (kWh/m<sup>2</sup>-gün)



Şekil 5.4. Eyüpsultan İlçesi güneşlenme süreleri (saat)



Şekil 5.5. Eyüpsultan PV tipi – alan-üretilebilecek enerji (KWh-yıl)

### 5.2.1. Yazılım

Alışveriş merkezinde bulunan ve materyal bölümünde uydu görüntüsü verilen blokların çatı alanlarında şebekeye bağlı güneş santrali tasarımı PV\*SOL programı (Şekil 5.6) ile gerçekleştirilmiştir.

PV\*SOL programı dünyada yaygın olarak kullanılan Almanya merkezli Valentin Software firması tarafından geliştirilmiştir. Tasarımda kullanılan versiyonu 2024-Premium (R6) test sürümüdür. Kullanıcıların 3 boyutlu modellemesine imkân tanımaktadır. Kat planı çizimleri ve uydu haritalarının entegre ederek binalarla ilgili hızlı tasarım yapılmasına olanak sağlamaktadır. Farklı tip çatı modelleri ara yüzde bulunmaktadır ve ilave olarak kullanıcıların istedikleri yapı modeli tasarlamasını desteklemektedir.

Panel ve evirici veri tabanı güncel olup ilave veya kurgusal teknik özellikler sisteme tanımlanabilmektedir.

DB durumu: İnternet üzerinden | Giriş: Otomatik

Dosya Veritabanları Seçenekler Dil Yardım

Hoşgeldiniz

**PV\***SOL premium

[Kayıt](#)

**Programa giriş**

[Yeni Başlayanlar İçin Ücretsiz Web](#)

[Ürün Edtmeni](#)

[Heli Rehber](#)

**PV\*SOL hakkında Haberler**

New: Heat pump software  
Geo T\*SOL 2024 available now  
Download your [free trial version](#)

New: PV\*SOL premium 2024  
available now  
[Learn more](#) about new battery  
options, load profiles, the latest  
climate data, Photoplan V1.2 and  
more

Please note: Short-circuit  
current test according to IEC  
60364-7-712  
This setting can be found in

**Yeni Proje**

**Proje Aç**

**Son Projeler**

GK\_TEZ\_Alt2\_30  
GK\_TFZ\_Alt2\_30  
YL\_TEZ\_2024  
TEZ\_2024

**Örnek Projeler**

3D Barrel Roof  
3D Bay  
3D Bifacial PV Modules  
3D East West Roof  
3D Map with Polygon3Building  
3D Mesh Import  
3D Polystring

**Proje Verileri**

Proje Başlığı  
Teklif no.  
Proje Tasarımcısı  
Devreye Alma 13.07.2024

**Sistem Türü, İklim ve Şebeke**

Ek türü 3D, Şebekeye bağlı PV sistemi  
İklim verileri Berlin, DEU  
Simülasyonun za... 1h  
AC Şebekesi 23C V, 3-fazlı, cos φ = 1  
Maksimum Güç Si... Hayır

**Finansal Analiz**

Yatırım Maliyetleri 1.500,00 €/kWp  
Teşvik Miktarı EEG 2023 (Teileinspeisung)...

Şekil 5.6. PV\*SOL programı başlangıç ekranı

## 5.2.2. Modelleme ve Seçimler

İlk olarak, sistem türü şebekeye bağlı PV sistemi olarak seçilmiş, 3D simülasyon uygulanacağı belirlenmiştir. Türkiye, İstanbul, Göztepe (2001-2020) Meteonorm 8.2 iklim verileri seçilmiştir (Şekil 5.7).

The screenshot displays the PV\*SOL software interface for configuring a grid-connected PV system. The main window shows a schematic diagram of the system, including a PV array, an inverter, and a meter connected to the grid. The interface is divided into several panels:

- Ek türü (System Type):** 3D, Şebekeye bağlı PV sistemi (3D, Grid-connected PV system).
- Tasarım Türü (Design Type):**  3D Tasarım kullan (Use 3D Design).
- İklim verileri (Climate Data):**
  - Ülke: Türkiye
  - Konum: İstanbul/Göztepe (2001-2020, I)
  - Enlem: 40° 58' 1"
  - Boylam: 29° 4' 58"
  - Saat Dilimi: UTC+3
  - Zaman dilimi: 2001 - 2020
  - Kaynak: Meteonorm 8.2
  - Küresel ışınlamaların yıllık toplamı: 1460 kWh/m<sup>2</sup>
  - Yıllık Ortalama Sıcaklık: 15,8 °C
- Simülasyonun zaman adımı (Simulation Time Step):**
  - 1 Saat (daha hızlı simülasyon) (1 Hour (faster simulation))
  - 1 Dakika (daha hassas simülasyon) (1 Minute (more accurate simulation))
- A.C. Şebekesi (AC Grid):**
  - Gerilim (N-L1): 230 V
  - Faz Adeti: 3-fazlı
  - cos φ: 1
  - Maksimum Güç Sınırlaması: Hayır

Şekil 5.7. PV\*SOL sistem türü, iklim ve şebeke seçimleri

Google Earth'ten tesisin uydu görüntüsü sisteme işlenmiştir. Plan konumlandırması kuzey güney olacak şekilde ayarlanmıştır. GES tasarım yapılacak çatılar, sekiz ayrı blok belirlenerek programa arazi görünümü olarak girilmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5. 8. GES tasarımı yapılacak çatı blokları

Çizelge 5.2. Referans modül teknik özellikleri (özet)

PV Modülü	Tiger Pro JKM545M-72HL-4-(V)
Üretici	Jinko Solar
Hücre tipi	Monokristalli Si
Yarım hücre modülü	Evet
Hücre sayısı	72
MPP gerilimi (V)	40.8
MPP akımı (A)	13.36
Açık devre gerilimi (V)	49.52
Nominal çıkış (W)	545
Dolum faktörü (%)	78.96
Verim (%)	21.14
Genişlik (mm)	1134
Yükseklik (mm)	2274
Derinlik (mm)	38
Çerçeve genişliği (mm)	30
Ağırlık (kg)	28.9

Referans modül, Jinko Solar firmasının Tiger Pro JKM545M-72HL-4 modeli ve dikey olarak seçilmiştir. Modüle ait özet teknik özellikler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Yürünebilir teras çatıyı sınırlayan parapetlerden en az 1 m olarak üzere 3 m’ye kadar mesafe bırakılarak modül alanları oluşturulmuştur. Ayrıca, çatıda yer alan tesisin mekanik-elektrik shaft çıkışları ile klima sistemi dış üniteleri, havalandırma fanları, aspiratörler gibi mekanik sistem cihazları da yasak bölge olarak tanımlanmıştır.

Alan 3 boyutlu olarak modellenmiştir (Şekil 5.9).



**Şekil 5.9.** Modül alanları ve yasak alanların belirlenmesi

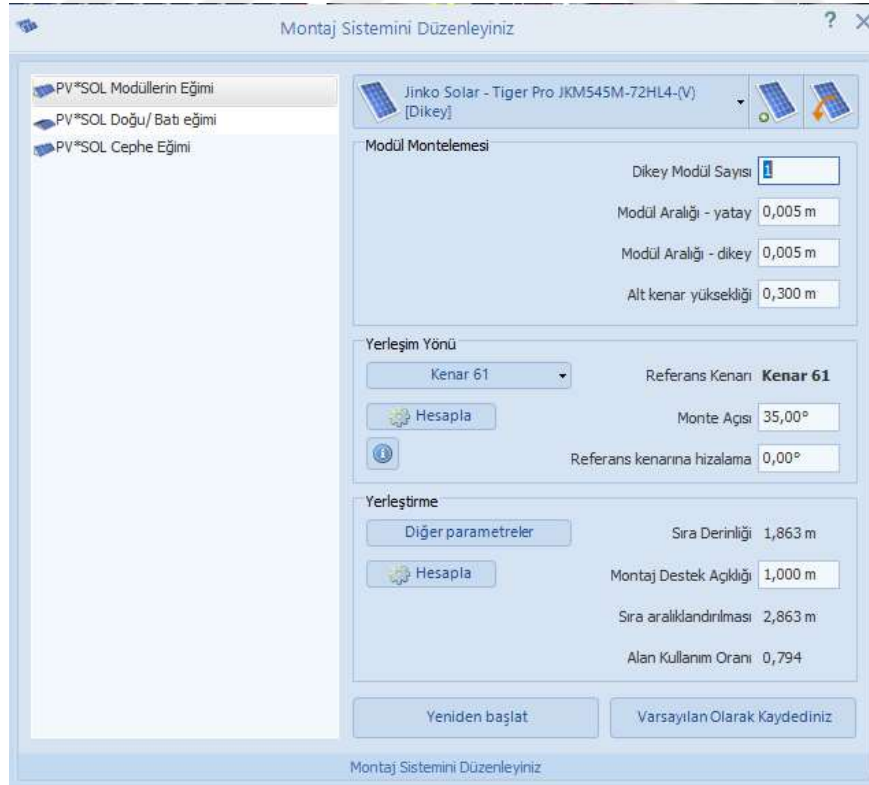
Mevcut yapı gölgeleme analizleri konuma göre 365 gün esasına göre yapılmıştır ve yıllık ortalama gölgeleme Şekil 5.10’da renklendirilmiş olarak verilmektedir.



Şekil 5.10. Tesis gölgeleme analizi

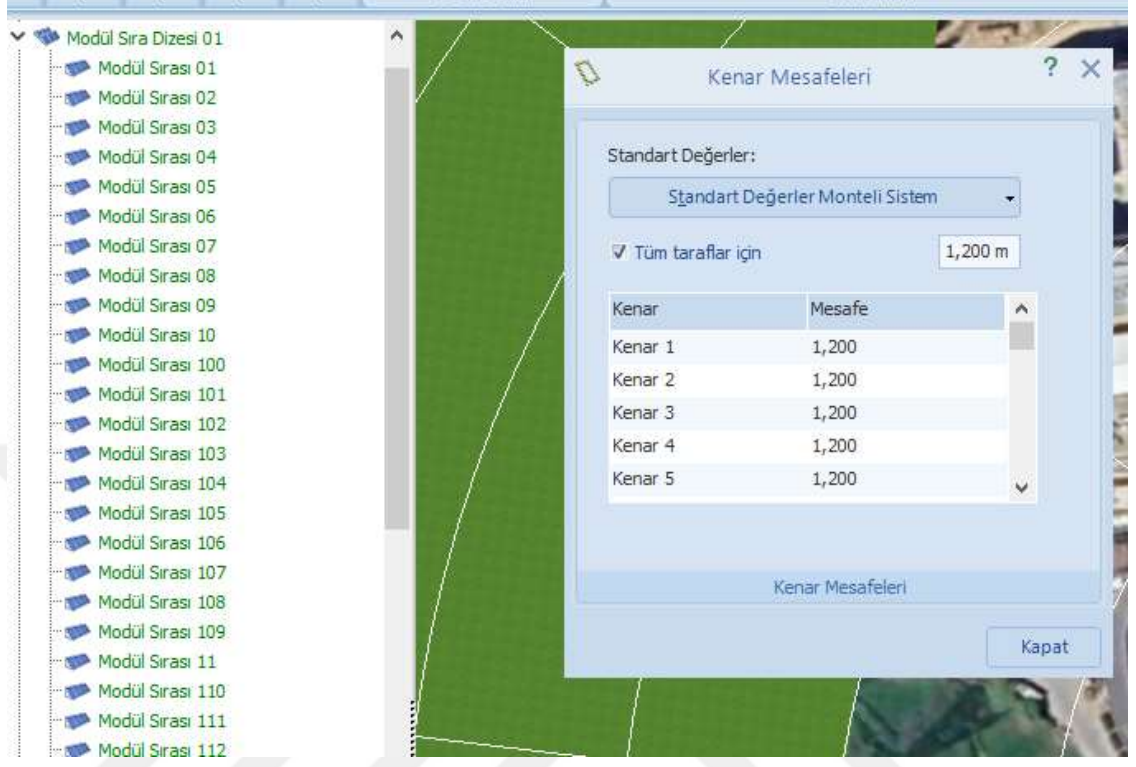
Çağlar (2017), 4 farklı ısı bölgesindeki Adana, Ankara, İstanbul ve Erzurum şehirleri için yaptığı optimum eğim açısının belirlenmesi çalışmasında İstanbul için  $16^\circ$  ile  $55^\circ$  olarak belirlemiştir. İstanbul için  $30^\circ - 40^\circ$  eğim açısı tavsiye edilmektedir.

Programa PV eğimi  $35^\circ$  olarak girilerek montaja başlanmıştır. Tüm yıl kullanım için optimum açı değeri baz alınmıştır (Şekil 5.11).



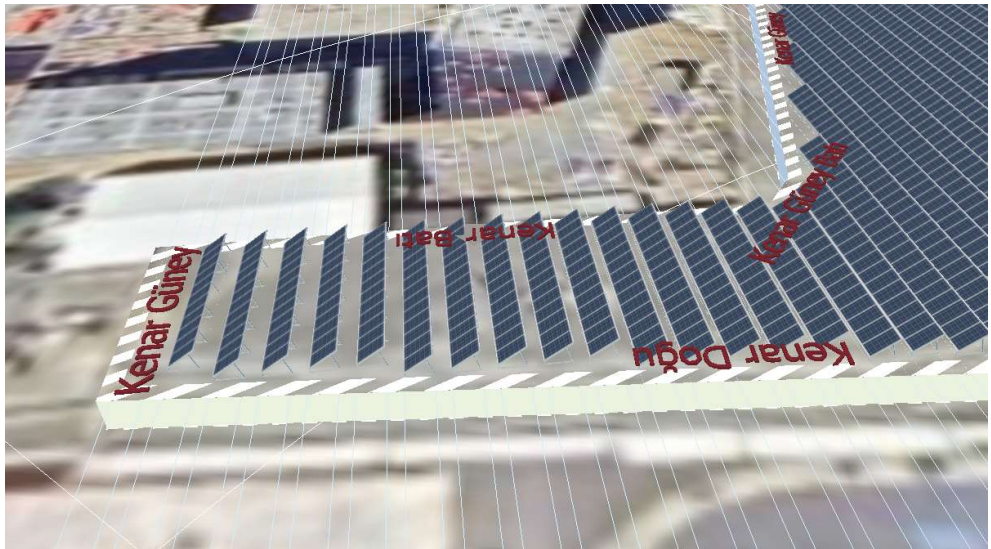
Şekil 5.11. Montaj sisteminin düzenlenmesi

Modül sıraları montajının başlangıç noktaları, modellenmiş kenar mesafelerinden 1.2 m ek mesafeli olacak şekilde sisteme girilmiştir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Montaj öncesi kenar mesafeleri

Yapının modeli üzerinden güney kenar yönüne montaj sistemi düzenlenmiş, montaj ayakları, panel izdüşüm ve gölgeleme eksenleri gösterilmiştir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Montaj yönü ve izdüşüm eksenleri

### 5.2.3. Bloklara Göre Tasarım ve Yerleşimler

Bölüm 5.2.2’de bir blok için yapılan modelleme ve panel yerleşimi tesis genelinde yer alan sekiz bloğun çatısı için tamamlanmıştır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Tesis geneli panel yerleşimi

Modül montajı sonrasında, modül konfigürasyonuna geçilmiştir. Evirici seçimleri için kriterler Şekil 5.15’te gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Evirici kriterleri



Evirici seçimleri sonrasında sistem simüle edilmiş ve modüllerin tesis geneli konfigürasyonu tamamlanmış ve renklendirilmiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Tesis geneli modül konfigürasyonu

Tasarım ve analizler sonucunda elde edilen veriler Çizelge 5.3'te verilmiştir.

**Çizelge 5.3.** Bloklara göre GES simülasyon sonuçları

<b>Blok 01</b>		
PV sistem çıkışı	1,570.69	kWp
PV yüzeyi	7,431.86	m <sup>2</sup>
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1,562.59	kWh/m <sup>2</sup>
Sistem kullanım oranı (PR)	79.90	%
PV sistem enerjisi (AC şebekesi)	1,961,318.58	kWh/Yıl
Yıllık Özgül Kazanç	1,248.70	kWh/kWp
<b>Blok 02</b>		
PV sistem çıkışı	383.68	kWp
PV yüzeyi	1,815.42	m <sup>2</sup>
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1,561.51	kWh/m <sup>2</sup>
Sistem kullanım oranı (PR)	79.47	%
PV sistem enerjisi (AC şebekesi)	476,180.68	kWh/Yıl
Yıllık Özgül Kazanç	1,241.09	kWh/kWp
<b>Blok 03</b>		
PV sistem çıkışı	242.52	kWp
PV yüzeyi	1,147.53	m <sup>2</sup>
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1,559.06	kWh/m <sup>2</sup>
Sistem kullanım oranı (PR)	79.35	%
PV sistem enerjisi (AC şebekesi)	300,100.62	kWh/Yıl
Yıllık Özgül Kazanç	1,237.40	kWh/kWp
<b>Blok 04</b>		
PV sistem çıkışı	218.54	kWp
PV yüzeyi	1,034.07	m <sup>2</sup>
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1,566.42	kWh/m <sup>2</sup>
Sistem kullanım oranı (PR)	79.63	%
PV sistem enerjisi (AC şebekesi)	272,642.03	kWh/Yıl
Yıllık Özgül Kazanç	1,247.53	kWh/kWp

---

<b>Blok 05</b>		
PV sistem çıkışı	124.80	kWp
PV yüzeyi	590.53	m <sup>2</sup>
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1,566.42	kWh/m <sup>2</sup>
Sistem kullanım oranı (PR)	78.91	%
PV sistem enerjisi (AC şebekesi)	154,289.11	kWh/Yıl
Yıllık Özgül Kazanç	1,236.24	kWh/kWp

---

<b>Blok 06</b>		
PV sistem çıkışı	53.41	kWp
PV yüzeyi	252.71	m <sup>2</sup>
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1,569.44	kWh/m <sup>2</sup>
Sistem kullanım oranı (PR)	80.18	%
PV sistem enerjisi (AC şebekesi)	67,218.81	kWh/Yıl
Yıllık Özgül Kazanç	1,258.54	kWh/kWp

---

<b>Blok 07</b>		
PV sistem çıkışı	100.82	kWp
PV yüzeyi	477.06	m <sup>2</sup>
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1,565.48	kWh/m <sup>2</sup>
Sistem kullanım oranı (PR)	79.55	%
PV sistem enerjisi (AC şebekesi)	125,576.50	kWh/Yıl
Yıllık Özgül Kazanç	1,245.49	kWh/kWp

---

<b>Blok 08</b>		
PV sistem çıkışı	89.38	kWp
PV yüzeyi	422.91	m <sup>2</sup>
Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım	1,570.06	kWh/m <sup>2</sup>
Sistem kullanım oranı (PR)	79.63	%
PV sistem enerjisi (AC şebekesi)	111,772.64	kWh/Yıl
Yıllık Özgül Kazanç	1,250.53	kWh/kWp

---

Tesiste bina çatıları üzerine yapılan güneş enerjisi santralinde toplam 5108 güneş paneli kullanılarak 13,172.1 m<sup>2</sup> alanda ışınım toplanmıştır.

Modül alanlarına göre evirici seçim sonuçları, model, adet ve boyutlandırma faktörleriyle Çizelge 5.4’te sunulmuştur. Eviricilere ait teknik veriler Çizelge 5.5’te yer almaktadır.

**Çizelge 5.4.** Evirici seçim sonuçları

Evirici No	Model	Adet	Boyutlandırma Faktörü	Modül Alanı
1	SUN2000-100KTL-M1 (400Vac)	10	%118.9	Blok 01
2	SUN2000-100KTL-M1 (400Vac)	2	%119.4	Blok 01
3	SUN2000-100KTL-M1 (400Vac)	2	%115.9	Blok 02
4	SUN2000-100KTL-M1 (400Vac)	1	%116.9	Blok 02
5	SUN2000-100KTL-M1 (400Vac)	1	%110.5	Blok 03
6	SUN2000-100KTL-M1 (400Vac)	1	%110.0	Blok 03
7	SUN2000-50KTL-M3-400V	3	%109.0	Blok 04
8	SUN2000-50KTL-M3-400V	1	%110.1	Blok 04
9	SUN2000-100KTL-M1 (400Vac)	1	%113.5	Blok 05
10	SUN2000-50KTL-M3-400V	1	%106.8	Blok 06
11	SUN2000-50KTL-M3-400V	1	%101.4	Blok 07
12	SUN2000-50KTL-M3-400V	1	%100.3	Blok 07
13	SUN2000-50KTL-M3-400V	1	%104.6	Blok 08
14	SUN2000-36KTL (400Vac)	1	%102.9	Blok 08

**Çizelge 5.5.** Evirici teknik özellikleri

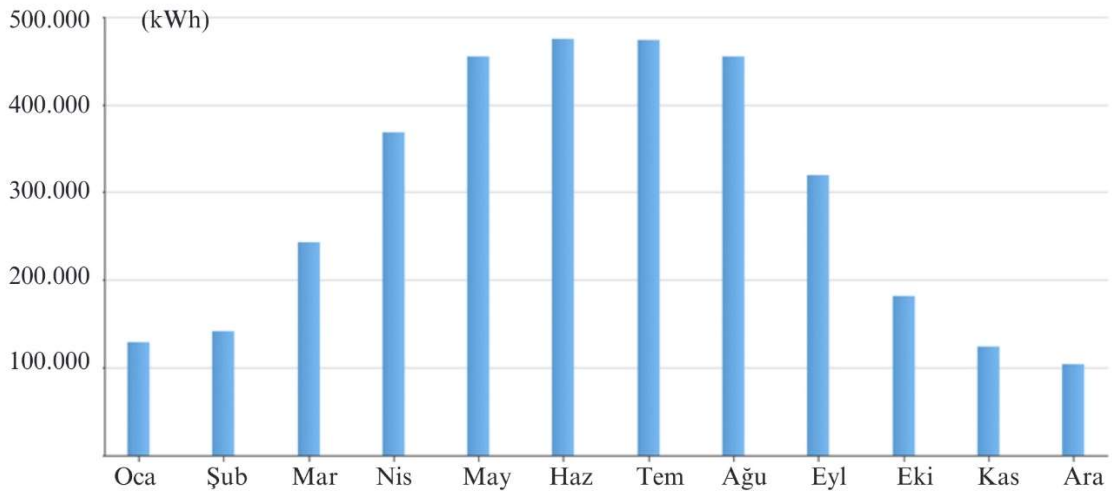
No	Model	DC Çıkış (kW)	Maks.DC Gücü (kW)	Giriş Gerilimi (V)	Giriş Akımı (A)
1	SUN2000-100KTL-M1 (400Vac)	101.95	144	1100	260
2	SUN2000-50KTL-M3-400V	50.86	75	1100	120
3	SUN2000-36KTL (400Vac)	40.8	40.8	1100	88

Burada yapılan tasarımla 2,783.86 kWp PV sistem çıkış gücü sağlanmıştır. Yıllık özgül kazanç 1,245.92 kWh/kWp, sistem kullanım oranı (PR) %79.70, gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı ise %13.5 olarak hesaplanmıştır. Kurulan sistemde üretilen yıllık enerji miktarı 3,469,093.0 kWh/yıl olarak gerçekleşmiştir. Önlenebilir CO<sub>2</sub> emisyonu 1,630,178 kg/yıl'dır (Şekil 5.18).

PV sistemi		
PV çıkışı		2.783,86 kWp
Yıllık Özgül Kazanç		1.245,92 kWh/kWp
Sistem kullanım oranı (PR)		79,70 %
Gölgelemeden dolayı oluşan kazanç kaybı		13,5 %
Izgara Dışa Aktarma		3.469.093 kWh/Yıl
İlk yıl içindeki şebeke beslemesi (Modülün performans düşüşü dahil)		3.469.093 kWh/Yıl
Bekleme Konumundaki Tüketim (İnvertörler)		636 kWh/Yıl
Önlenebilir CO <sub>2</sub> emisyonu		1.630.178 kg/yıl

Şekil 5.18. PV\*SOL program nihai çıktısı

Analiz sonuçlarına göre yıllık enerji üretiminin aylara göre dağılımı Şekil 5.19'da verilmiştir. En yüksek üretim değeri 474,108.00 kWh ile Haziran ayında, en düşük üretim değeri 103,917.70 kWh ile Aralık ayında gerçekleşmiştir. Ortalama aylık üretim ise 289,091.59 kWh olarak bulunmuştur.



Şekil 5.19. Yıllık enerji üretimin aylara göre dağılımı

Tasarımı yapılan GES'nin detaylı enerji bilançosu da Çizelge 5.6'da verilmiştir.

**Çizelge 5.6.** Detaylı enerji bilançosu

Toplam Işınım - Yatayda	1,460.30	kWh/m <sup>2</sup>	
Standart spektrumdan sapma	-14.60	kWh/m <sup>2</sup>	-1.00 %
Zemin Yansıtma Katsayısı (Albedo)	26.15	kWh/m <sup>2</sup>	1.81 %
Modül yüzeyinin Yerleşim Yönü ve Eğimi	91.23	kWh/m <sup>2</sup>	6.20 %
Modülden bağımsız gölgeleme	0.00	kWh/m <sup>2</sup>	0.00 %
Modül yüzeyinde yansımaya	0.00	kWh/m <sup>2</sup>	0.00 %
<b>Modül Üzerine Düşen Toplam Işınım</b>	<b>1,563.08</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1,563.08	kWh/m <sup>2</sup>	
	x 13,172.081	m <sup>2</sup>	
	= 20,589,005.33	kWh	
<b>Toplam PV Işınımı</b>	<b>20,589,005.33</b>	<b>kWh</b>	
Kirlenme	0.00	kWh	0.00 %
STC Dönüşümü (Modülün nominal verimliliği 21,14 %)	-16,236,909.27	kWh	-78.86 %
<b>Anma PV Enerjisi</b>	<b>4,352,096.06</b>	<b>kWh</b>	
modüle özgü kısmı gölgeleme	-473,247.27	kWh	-10.87 %
Düşük ışık performansı	-9,696.86	kWh	-0.25 %
Nominal modül sıcaklığından sapma	-158,018.95	kWh	-4.08 %
Diyotlar	-1,883.14	kWh	-0.05 %
Uyumsuzluk (üretici bilgisi)	-74,185.00	kWh	-2.00 %
Uyumsuzluk (konfigürasyon / gölgeleme)	-93,157.51	kWh	-2.56 %
<b>Evirici düzenleyici olmadan PV enerjisi (DC)</b>	<b>3,541,907.33</b>	<b>kWh</b>	
DC başlangıç çıkışına ulaşamadı	-135.19	kWh	0.00 %
MPP-gerilim aralığı için düzenleme	-864.70	kWh	-0.02 %
Maks. DC Akımı için düzenleme	-140.00	kWh	0.00 %
Maks. DC Performans için düzenleme	0.00	kWh	0.00 %
Maks. AC Performans/cos phi için düzenleme	-2,193.88	kWh	-0.06 %
MPP Eşleme	-4,723.16	kWh	-0.13 %
<b>PV Enerjisi (DC)</b>	<b>3,533,850.39</b>	<b>kWh</b>	
<b>Evirici Girişindeki Enerji</b>	<b>3,533.850,39</b>	<b>kWh</b>	
Giriş gerilimi anma geriliminden sapıyor	-2,739.06	kWh	-0.08 %
DC/AC Dönüştürme	-62,012.37	kWh	-1.76 %
Bekleme Konumundaki Tüketim (İnvertörler)	-636.04	kWh	-0.02 %
<b>Bekleme Konumundaki Kullanımı Hariç PV Enerjisi (AC)</b>	<b>3,468,462.93</b>	<b>kWh</b>	
<b>PV enerjisi (AC şebekesi)</b>	<b>3,469,098.96</b>	<b>kWh</b>	

Çizelge 5.6 incelendiğinde toplam ışı nım değ erinin 1,460.30 kWh/m<sup>2</sup> iken modül yüzeyinin yerleş im yönü ve eğ imi, montaj alanı zemin yansıtma katsayısı etmenleriyle dikkate alındığında modüller üzerine düş en toplam ışı nım değ erinin 1,563.08 kWh/m<sup>2</sup> olduğu görölmektedir.

Her biri 2.58 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip 5108 güneş paneli ile 13,172.1 m<sup>2</sup> toplam alanlı santral tasarlanmıştır.

Paneller %21.14 verimli olup, birim m<sup>2</sup> başına düş en ışı nım değ eriyle toplam alanın çarpılmasıyla eriş ilen toplam ışı nım miktarının 16,236,909.27 kWh'ı kayıp olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, modüle özgü kısmi gölgeleme, düşük ışık performansı, nominal modül sıcaklığından sapma, diyotlar ve uyumsuzluk gibi etmenlerle 810,188.73 kWh ilave kayıplar doğmakta evirici düzenleyici olmadan PV enerjisi (DC) 3,541,907.33 kWh'e düşmektedir.

MPP-Gerilim aralığı, maksimum DC akımı, maksimum DC performans, maksimum AC performans ve MPP eşleme düzenlemeleri sonunda PV enerjisi (DC), 3,553,850.39 kWh'e gerilemektedir.

Evirici girişindeki 3,553,850.39 kWh'lik değ er, 2,739.06 kWh giriş anma gerilimi sapması, 62,012.37 kWh DC/AC dönüştürme kaybı, 636.04 kWh eviricilerin bekleme konumundaki tüketimleri sonucunda PV sistem enerjisi (AC Şebekesi) 3,469,098.96 kWh toplam üretim kazancı olarak bulunmaktadır.

#### **5.2.4. Tesisin nnZEB Değerlendirmesi**

Bölüm 4.6 Çizelge 4.29'da verilen nZEB değerlendirilmesinde kullanılacak olan tüketim değ erlerinde yer alan Plan 1, tesisin tüm enerji tüketimini Plan 2 ise ortak alanların enerji tüketimini göstermektedir.

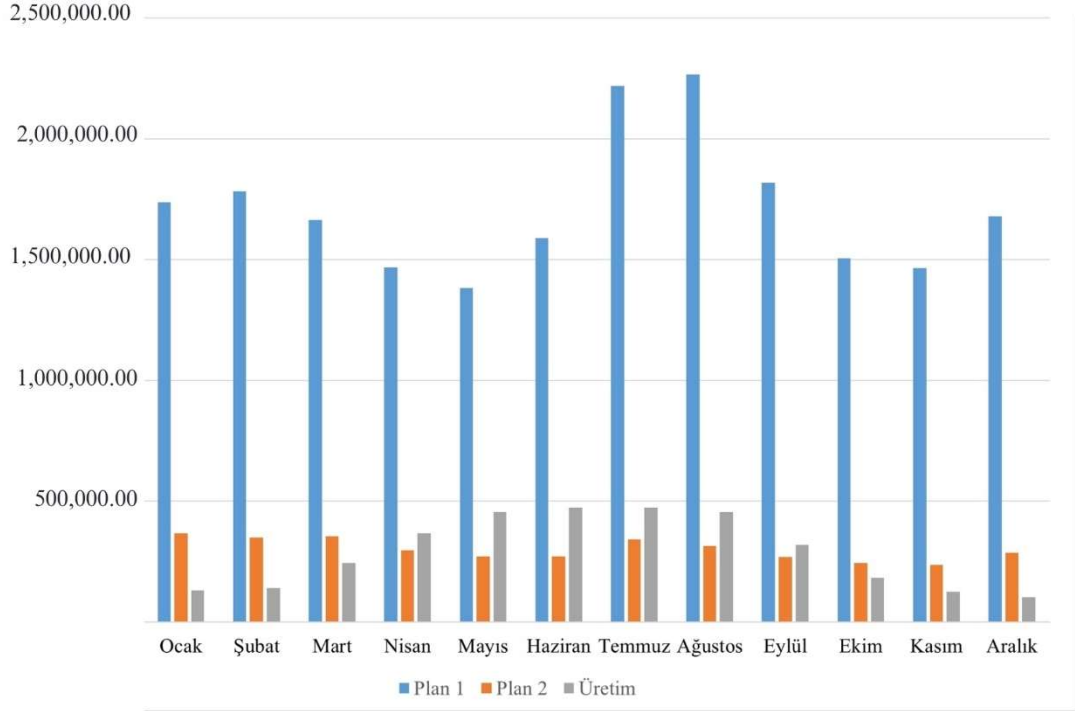
Tesisin çatı GES tasarımında elde edilen aylık değ erlerle oluşturulan talep karşılama oranları Çizelge 5.7'de verilmiştir.

**Çizelge 5.7.** Tüketim ve üretim karşılama oranları

	Tüketim	Tüketim	GES Üretim	Karşılama	
	Plan 1 (kWh)	Plan 2 (kWh)	GES (kWh)	Plan 1	Plan 2
Ocak	1,738,572.30	366,164.21	129,386.50	7.44%	35.34%
Şubat	1,782,352.80	348,845.73	141,360.40	7.93%	40.52%
Mart	1,665,749.70	353,575.04	243,300.10	14.61%	68.81%
Nisan	1,469,203.20	295,937.20	368,541.40	25.08%	124.53%
Mayıs	1,382,760.00	272,073.47	454,541.20	32.87%	167.07%
Haziran	1,589,490.90	272,073.88	474,108.00	29.83%	174.26%
Temmuz	2,218,315.50	343,141.00	473,434.80	21.34%	137.97%
Ağustos	2,265,594.30	313,869.30	454,661.40	20.07%	144.86%
Eylül	1,818,412.00	268,730.06	319,112.40	17.55%	118.75%
Ekim	1,505,531.70	244,727.18	182,333.50	12.11%	74.50%
Kasım	1,465,601.40	237,116.40	124,401.70	8.49%	52.46%
Aralık	1,679,825.70	286,976.34	103,917.70	6.19%	36.21%
<b>Toplam</b>	<b>20,581,409.50</b>	<b>3,603,229.83</b>	<b>3,469,099.10</b>	<b>16.86%</b>	<b>96.28%</b>

Tesisin toplam enerji tüketimine bakıldığında enerji kullanımının yüksek olduğu anlaşılmaktadır. İşletmeler haricinde kalan ve alışveriş merkezini ziyaret eden herkesin istifade ettiği yaklaşma yolları, otoparklar, sirkülasyon alanları, alışveriş caddeleri, WC, bebek bakım odası gibi mekanların aydınlatma, iklimlendirme ve havalandırmaya bağlı Plan 2'nin enerji ihtiyacının büyük oranda karşılandığı görülmektedir.

Aylık enerji tüketimi ve GES üretim kıyaslaması Şekil 5.20'de verilmiştir.



**Şekil 5.20.** Aylık enerji tüketimi ve GES üretim kıyaslaması

Alışveriş merkezini elektrik enerjisi tüketiminde en yüksek değerlere ulaştığı yaz aylarını da içine alacak şekilde Nisan-Eylül döneminde ihtiyaçtan fazlasının üretilebildiği anlaşılmaktadır. Bu ihtiyaç fazlasının şebekeye satılması ile düşük üretim değerinin olduğu Ekim-Mart ayları arasında mahsuplaşma yapılabilirliği değerlendirilmektedir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Alışveriş merkezlerinin gider kalemlerinde önemli bir payı enerji harcamaları almaktadır. Ülkemiz insanların günlük yaşam noktalarından biri olan alışveriş merkezleri, tüketicilerine kaliteli hizmet sunarken diğer yandan da düşük maliyet odaklı çalışmak zorundadırlar. Kalite kapsamındaki mekânsal tasarım, aydınlatma, iklimsel konfor parametreleri enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Tükenmek üzere olan fosil enerji kaynaklarına, alternatif gelişen yenilenebilir enerji kaynaklarına erişmek, kapasiteleri zorlamak ve onların nihai tüketiciye fayda sağlayacak teknolojilerle sunmak zorunlu hale gelmiştir.

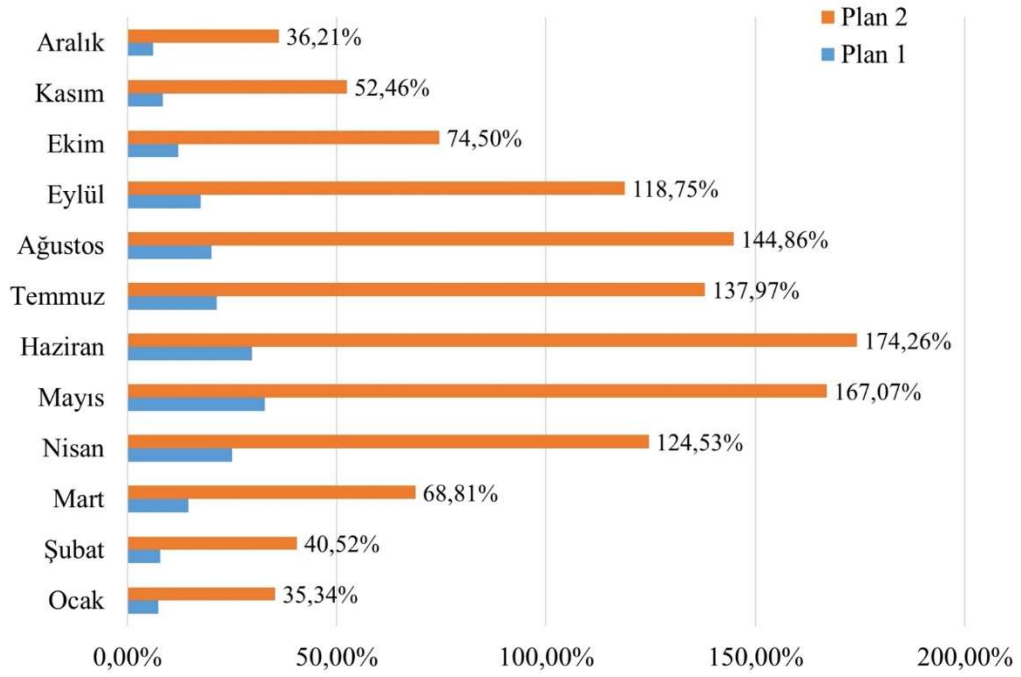
Son üç yıla ait enerji tüketimlerini incelediğimiz alışveriş merkezinin yüksek enerji talebi, belirlenmiş enerji tasarruflu tedbirlerle düşürülmeye çalışılmış, faal durumda olan büyük bir yapının en azından nnZEB formuyla değerlendirilebileceği gösterilmiştir.

Yapılan bu inceleme, iyileştirme ve analiz çalışmalarına göre;

- Başlangıçta tesisin aydınlatma ve mekanik sistemleri incelenmiştir ve yüksek enerji talebinde bulunanlar belirlenmiştir.
- Aydınlatma armatürlerinin model olarak düşük kalmasının enerji tüketimini arttırdığı anlaşılmıştır ve tamamına yakını tasarruflu teknolojik ürünlerle değiştirilmiştir. Bu imalatlar yapılırken de kablolama alt yapısı aynen korunmuştur.
- Aydınlatma süresinin fazla olduğu görülmüştür, mümkün olan mahaller otomasyona dahil edilmiştir, şimdilik mümkün olmayan mahallerde ise

sisteme sensör ve zaman saati takılarak, gün batımına ve insan hareketliliğine bağlı olarak aktiflik süreleri azaltılmıştır.

- On-Off çalışma metodu ile hareket eden yürüyen merdivenlere hareket sensörleri ilave edilmiştir ve misafir yoğunluğuna göre çalışması sağlanmıştır.
- Hidroforların sürekli çalışmasının önüne geçmek üzere yeni frekans invertörü dahil edilmiştir ve eş yaşlandırma modülü devreye alınmıştır. Ayrıca, tesisata basınç düşürücü ve armatürlere perlatör ilavesiyle su tüketimi azaltılmıştır ve hidroforun çalışma debi ve süresi düşürülmüştür.
- Yıllık fatura tüketim değerleri incelenmiş, referans alınan Haziran 2021 – Mayıs 2022 değerleri ile iyileştirmeler sonucunda 2023 yılı tüketim değerleri kıyaslandığında 850,419 kWh'lik tasarruf sağlandığı görülmüştür. 2024 yılı temmuz ayı için ticarethane (900 kWh üstü) için, tüm vergi ve Fonlar Dahil 5,26774892 TL/kWh alındığında, 4.5 milyon TL, yaklaşık (1 USD = 33.01 TL) 135,700 USD tasarruf sağlanmıştır.
- Tesisin genel mimari özellikleri değerlendirilmiş binanın uygun, çevre yapıların da olumsuz etkisi olmadığı teras çatıya güneş enerjisi santrali kurulması planlanmıştır.
- Sekiz farklı blok (çatı) alanında yasak alanlar ile kalan uygun bölgeler için güneşe bakan 35° açıyla panel modülleri konumlandırılarak tasarım parametreleri belirlenmiştir. Modülasyon sonucunda 5,108 panelle 13,172.1 m<sup>2</sup> alanda güneş ışınımı sağlanmıştır.
- Bu tasarımla 2,783.86 kWp PV sistem çıkış gücü sağlanmıştır, kurulan sistemde üretilen yıllık enerji miktarı 3,469,093.0 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır.
- Tesis tüketimleri iki farklı planda değerlendirilmiştir. Aylık karşılama oranları Şekil 5.21'de verilmiştir. Ortak alan enerji tüketimlerini içeren Plan 2'nin yıllık %96 oranında karşılanabilirliği görülmüştür.



**Şekil 6.1.** Planlara göre aylık karşılama oranları

Enerji talebinin azaltılması ve enerjinin verimli kullanılması, çevresel zararları azaltacağı gibi, Ülkemiz gibi enerji konusunda dışa bağımlı ülkelerin ekonomik kalkınmaya da katkı sağlayacaktır. Ayrıca, enerji bir güvenlik sorunudur ve kalıcı olarak ülkelere ve topluma fayda sağlayacak adımlar atılmalıdır.

Uygulamaya geçirilmiş bu çalışmalar yanında, işletmelere de önemli görevler düşmektedir. İklimlendirme için büyük çoğunluğu VRV klima sistemi kullanan işletmeler, cihazların düzenli bakımlarını aksatmayarak enerji sarfiyatlarını arttırmamaları gerekmektedir. Ayrıca, iç mahal sıcaklıklarının kişilerin tercihlerine göre değil evrensel parametrelere göre ayarlamaları önemlidir. Havası şartlandırılmış ve konfor şartları sağlanmış işletmelerin giriş-çıkış kapılarının kanat modeli yerine kayar kapı olması sağlanmalıdır. Ayrıca, kapı üstlerine konulacak hava perdeleriyle iç – dış hava karışımına ve enerji kaybına engel olunmalıdır.

Aydınlatma teknolojisinin oldukça ilerlediği günümüzde, işletmelerin eski tip diye tabir edilen floresan, halojen içerikli armatürlerin, tasarruflu LED armatürlerle değiştirmeleri, tasarım aşamasında ihtiyaç fazlası olan alanların aydınlatma şiddetinin düşürülmesi enerji talebini azaltmalıdır.

Mevcut yapılarda cam doğramaların önleri perdelerle kapatılmamalıdır, gün ışığından olabildiğinde faydalanılmalıdır. Güneş ısı kazancını azaltacak ama aydınlatmayı fazla gölgelemeyecek cam filmlerine başvurulmalıdır.

Enerji verimli çalışmaların sadece ticari tesislerle sınırlı kalmaması gerektiği açıktır. Toplumun her kesiminin üzerine düşen birçoğu hızla uygulanabilir atılacak adımlar vardır.

1. İnsanlar verimli enerji kullanımını konusunda eğitilmelidir. Tasarruflu ürün ve cihazlar evlerden başlayarak ticari ve üretim tesislerine varan yoğunlukta kullanılmalıdır.
2. Evlerdeki iklimlendirme, havalandırma ve ısıtma cihazlarının düzenli bakımları yapılmalıdır. Filtrelerini temizlemek veya değiştirmek, sistem hava kaçaklarının önüne geçerek verim artırılmalıdır.
3. Mevcut iklimlendirme ve ısıtma cihazlarını imkanlar dahilinde yüksek enerji verimliliğine sahip cihazlarla değiştirilmelidir. Yeni alınacaksa da enerji verimlilik etiketli cihazlar tercih edilmelidir.
4. Binalarda akıllı kontrol sistemleriyle, zamanlayıcı ve termostat ilavesi ile enerji etkin kullanılmalıdır.
5. Binalar doğal havalandırma yöntemleri ile enerji tüketmeden havalandırılması imkanları zorlanmalıdır.
6. Güneş enerjisi sistemleri ile sıcak su ve mahal ısıtması değerlendirilmelidir.
7. Binalardaki çatı, pencere ve duvar gibi yapı elemanlarının ısı kayıpları kontrol edilmelidir. Hasarlar varsa giderilmeli, yalıtım ile ısı kayıpları azaltılmalıdır.
8. Akkor ve floresan lambalar LED armatürlerle değiştirilmelidir. Doğal aydınlatma imkânı sağlayan camların önü gün içerisinde perdelenmemelidir.

## KAYNAKÇA

Akcan, E., Kuncan, M., & Minaz, M. R. (2020). PVsyst Yazılımı ile 30 kW Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*(18), 248-261. <https://doi.org/10.31590/ejosat.685909>

Akkaya, S., & Akkaya Oy, S. (2021). Samsun, Bayburt ve Mersin İllerine Kurulabilecek Güneş Enerjisi Santrallerinin Modellenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 759-773. <https://doi.org/10.29130/dubited.785908>

Altın, M., (2004). (Fotovoltaik Malzeme ile) Elektrik Üreten Cepheler ve Çatılar. 1. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu.

Arı, F., & Yılmaz, V. (2023). Türkiye’de Ve Dünya’da Enerji Kaynaklarının Genel Görünümü Ve Alternatif Enerji Kaynaklarının Önemi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (34), 496-519. <https://doi.org/10.15182/diclesosbed.1340642>

Attia, S., 2012. A Tool for Design Decision Making-Zero Energy Residential Buildings in Hot Humid Climates. Ph. D. Thesis. Architecture et climat, Université catholique de Louvain, Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme, LOCI, Belgique.

Aydın, Ç., Aydın, C. (2016). Konaklama Sektöründe Enerji Kullanımı ve Sıfır Enerjili Binalar Kavramı. 8. Lisansüstü Turizm Öğrencileri Araştırma Kongresi.

Berberoğlu, U., (2009). Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışı Çerçevesinde Enerji Verimliliği Kavramının Güncel Konumu ve Yeni Yaklaşımlar, Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Bilhan, A., & Emikönel, S. (2021). Nevşehir İli Güneş Enerji Potansiyelinin Analizi ve Kurulu Güneş Enerji Santralleri. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*(24), 289-294. <https://doi.org/10.31590/ejosat.900024>

Camcı B., Yılankırkan N., (2022). Temiz Odalarda Aydınlatma Enerji Verimliliğinin Önemi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Araştırma Makalesi), Sivas,7 s.

Chee, L., Akçakaya, A., Erdoğan, C., (2013). Binalarda Net Sıfır Enerji

Kullanımı. Best Dergisi, (151), 96-100.

Çağlar, A. (2018). Farklı Derece-Gün Bölgelerindeki Şehirler İçin Optimum Eğitim Açısının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(2), 849-854. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.94899>

Çakmanus, İ. (2011). Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar (nnZEB). Yeşil Bina Dergisi, (7), 30-33.

Demir, H., Çıracı, G., Kaya, R., Ünver, Ü. (2020). Aydınlatmada Enerji Verimliliği: Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Durum Değerlendirmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 25(3), 1637-1652.

Ember, (2023) Türkiye Elektrik Görünümü raporu. 13.03.2023

Enerji Atlası. (2024) <https://www.enerjiatlası.com/sehir/istanbul/> Erişim tarihi : 15.03.2024

EPDK. (2021) <http://www.epdk.gov.tr/tr-TR/kanunlar>.

ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2022). Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası

Eyüpsultan Belediyesi. (2024).

<https://www.eyupsultan.bel.tr/tr/main/news/gunes-enerjisi-santrali-hayirli-olsun/17473>

Erişim tarihi : 16.03.2024

Ganiç, N., Yılmaz, A.Z., Corgnati, S.P. (2013). Enerji Performansı Gereksinimlerinin Optimum Düzeyinin Türkiye'deki Örnek Bir Ofis Binasında Yapılan İyileştirmeler için Hesaplanması, Tesisat Mühendisliği, ISSN 130-3399, Mayıs-Haziran 2013, Sayı: 135, İstanbul

Griffith, B., Pless, S., Talbert, B., Deru, M., Torcellini, P. (2003). Energy Design Analysis and Evaluation of a Proposed Air Rescue and Fire Fighting Administration Building for Teterboro Airport. National Renewable Energy Laboratory. Technical Report.

GÜYAD. (2019). Başlıksız.

GYODER. (2024). Başlıksız.

IEA (International Energy Agency). (2019). Data and statistics. <https://www.iea.org/data-andstatistics/data-tables?country=WORLD&energy=Balances&year=2019> (Erişim Tarihi: 30.06.2022).

IEA, International Energy Agency. (2006). Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

İçme, E. N. (2023). Enerji Verimliliği Açısından Bina Enerji Performansı Gereklilerinin Analiz Edilmesi, T.C. Sivas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Köroğlu, T., Teke, A., Bayındır, K.Ç., Tümay, M. (2010). Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı. Elektrik Mühendisliği, 439, 98-104.

Lee, W.L., Yik, F.W.H., Jones, P., Burnett, J., 2001. Energy Saving by Realistic Design Data for Commercial Buildings in Hong Kong. Applied Energy, (70), 59-75.

Mihlayanlar, E., & Meral, S. (2023). Mevcut Binalarda Enerji Verimli Yenileme ve EKB Uygulaması. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi, 9(2), 478-497. <https://doi.org/10.34186/klujes.1379762>

Oral, M. (2020). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Ve Pv Uygulamalarının Yerel Ölçekte Değerlendirilmesi: Karabük İli Örneği. International Journal of Geography and Geography Education(42), 482-503. <https://doi.org/10.32003/igge.743513>

Önal, S. (2014). Yapıların Enerji Kimlik Belgeleri Üzerine Değerlendirmeler, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt. 1, No. 3, S.100-105 (Araştırma Makalesi), 100 S.

Öztürk HH. (2017). Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi ve Etkili Etmenler. TMMOB EMO, Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, İzmir, Türkiye, 18–21 Ekim 2017.

Rahman, M.M., Rasul, M.G., Khan, M.M.K., 2010. Energy Conservation Measures in an Institutional Building in Sub-Tropical Climate in Australia. Applied Energy, (87), 2994-3004.

Sayın, S., & Koç, İ. (2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler Ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 26(3), 89-106.

SDK Türkiye. (2024). <https://www.skdturkiye.org/uyelerimizden-haberler-detay/esas-gayrimenkulun-catisina-kurdugu-ges-ile-01-burda-avm-kendi-enerjisini-uretecek> Erişim tarihi : 20.03.2024

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2023). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2022 Gelişim Raporu, Ankara.

Taktak, F., & İli, M. (2018). Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. Geomatik, 3(1), 1-21. <https://doi.org/10.29128/geomatik.329561>

Tanrıverdi, E. (2008). Isı Yalıtım ve Tasarruf, Türkiye de Mühendislik Haberleri Dergisi, Sayı 427 – s.5-16

Ticaret Bakanlığı. (2023). Avrupa Yeşil Mutabakatı. <https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/yesil-mutabakat/avrupa-yesil-mutabakati>

Topal, O. (2009) Binalarda Enerji Verimliliği, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Tesisleri Ana Bilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul, 24-30 S.

Tsoutsos, T., Tournaki, S., Santos, C.A., Vercellotti, R., (2013). Nearly Zero Energy Buildings Application in Mediterranean Hotels. Energy Procedia, (42), 230-238.

TÜİK. (2021). Anonim, (2001-2021). Yapı İzin İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, Nisan.

UEVEP. (2023). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2022 Gelişim Raporu, Nisan, 7s.

Ulusal Enerji Denge Tabloları, (2000-2021). <<https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>> Erişim tarihi: 09.06.2024

Utlu, Z., Tekin, S. (2013). Yeşil Bina Uygulamalarında Net Sıfır Enerjili Binaların Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1613-1621.

Yıldız, C. (2024). Binalarda Enerji Verimliliğinde Son Gelişmeler: Türkiye Örneği. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 12(1), 176-213. <https://doi.org/10.29109/gujsc.1293759>

Yıldız, Ö. F. (2017). Erzurum Havalimanı Terminal Binasının Enerji Analizi Ve Net Sıfır Enerjili Bina Formuna Dönüştürülmesinin İncelenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi

YP Enerji. (2024). <https://www.ypenerji.com.tr/TR,72/cepa-avm-ges.html> Erişim tarihi : 10.05.2024

## ÖZGEÇMİŞ

Trakya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Lisans (2005), Arel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İşletme (Yönetim-Organizasyon) Bölümü Yüksek Lisans (2022) mezunudur. Saha mühendisi, grup şefi, mekanik müdürü, projeler koordinatörü pozisyonlarında yurt içi ve dışında büyük ölçekli taahhüt projelerinde görev aldı. 2017 yılından itibaren tesislerin teknik işletilmesi, yenilenmesi ve yeni yatırımların koordinasyonunda mühendislik süreçlerine liderlik etmektedir.