


Article Info	RESEARCH ARTICLE   ARAŞTIRMA MAKALESİ	 <b>KENT AKADEMİSİ</b>
Title of Article	<b>An Approach to Renewing An Existing Office Structure in The Context of Energy Efficient Design in Istanbul</b>	
Corresponding Author	<b>Sinan YARDIMCI</b> İstanbul Aydın Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Yüksek Lisans <a href="mailto:S.yaridimci@gmail.com">S.yaridimci@gmail.com</a>	
Submission Date Admission Date	22/08/2019 / 10/09/2019	
Author / Authors	Sinan YARDIMCI <b>ORCID: 0000-0002-9236-1115</b> Zülküf GÜNELİ <b>ORCID: 0000-0002-7853-290X</b>	
How to Cite	YARDIMCI, S., (2019). İstanbul'da Mevcut Bir Ofis Yapısının Enerji Etkin Tasarım Bağlamında Yenilenmesine Yönelik Bir İnceleme, Kent Akademisi, Volume, 12 (39), Issue 3, Pages, 600-617	How to Cite

## İstanbul'da Mevcut Bir Ofis Yapısının Enerji Etkin Tasarım Bağlamında Yenilenmesine Yönelik Bir Yaklaşım

Sinan YARDIMCI<sup>1</sup>  
Zülküf GÜNELİ<sup>2</sup>

### ABSTRACT:

One of the most important factors will be energy efficiency when designing habitable areas and a livable environment due to the increasing demand for energy. The increase in the industrial sector, construction sites, population and activities affecting energy consumption will require new energy needs. In our country, the biggest share of the energy needs comes from fossil fuels. Co2 gases released from the energy generated by the combustion of these fossil fuels are one of the reasons for the increasing temperature on the planet. The existing structures in our world are responsible for 35-40% of the total energy. Preventing and mitigating negative consequences is of great importance for climate change in the world. Therefore, buildings with integrated design such as the use of renewable energies and environmentally friendly and sustainable buildings that consume less energy will be of great importance and benefit. The design and construction of buildings that consume less energy, are environmentally friendly, sustainable and meet the required energy from renewable energy sources is an integrated and collaborative process. These situations are vital to the occurrence of greater disasters in our planet whenever it is not taken precaution and support, and therefore, the importance of environmentally friendly and sustainable buildings that consume less energy is increasing. In this context, energy performance processes in an existing structure will be examined and their roles in the comfort and energy efficiency changes will be examined. In the light of these studies, a selected building model will be simulated in its current form, and the energy requirement to be reduced to minimum with the building shell materials to be integrated and the revised version with renewable energy sources will be proposed and an environmentally friendly and sustainable building model that consumes less energy will be proposed.

**KEYWORDS:** Building Shell, Renewable Energy, Efficient Energy, Architectural Sustainability,

### ÖZ:

Her geçen gün artan enerji talebi nedeniyle yaşanabilir alanlar ve yaşanılabilir bir çevre tasarlarlarken en önemli faktörlerden biri de enerji verimliliği olacaktır. Sanayi sektörünün, inşaat alanlarının, nüfusun ve enerji tüketimini etkileyen faaliyetlerin artması yeni enerji ihtiyaçlarını gerektirecektir. Ülkemizde enerji ihtiyacının büyük payı fosil

<sup>1</sup> İstanbul Aydın University, Faculty of architecture and Design, Department of Architecture, s.yaridimci@gmail.com

<sup>2</sup> Prof.Dr. İstanbul Aydın University, Faculty of architecture and Design, Department of Architecture, zguneli1946@gmail.com

yakıtlardan gelmektedir. Bu fosil yakıtların yakılmasıyla elde edilen enerjiden açığa çıkan Co2 gazları gezegende artan sıcaklığın nedenlerinden biridir. Dünyamızdaki mevcut yapılar enerjinin toplam %35-40 dan sorumludur. Açığa çıkan olumsuz sonuçların önüne geçilmesi ve azaltılması dünyadaki iklim değişiklikleri için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle de yenilenebilir enerjilerin kullanımı ve daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binalar gibi bütünleşik tasarıma sahip binalar büyük önem ve fayda sağlayacaktır. Az enerji tüketen, çevre dostu, sürdürülebilir ve gerekli olan enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan binaların tasarımı ve inşaatı, bütünleşik ve iş birliği gerektiren bir süreçtir. Bu durumlar önlem alınmadığı ve destek görmediği her an gezegenimiz de daha büyük felaketlerin oluşumunda hayati önem arz etmektedir ve böylelikle daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binaların önemi artmaktadır. Bu bağlamda çalışma kapsamında, mevcut bir yapıdaki enerji performansı süreçleri incelenip bu dönüşüm evresinde yapının konforu, enerji verimliliği değişimindeki rolleri irdelenecektir. Bu irdemeler ışığında seçilmiş bir yapı modellenerek mevcut hali ile simülasyonu yapılacaktır. Entegre edilecek yapı kabuğu malzemeleri, minimuma indirgenecek enerji ihtiyacı ve yenilenebilir enerji kaynakları ile revize edilmiş hali simülasyon edilerek yapılan bu değişimlerle daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir bir bina modeli önerilecektir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** *Yapı Kabuğu, Yenilenebilir Enerji, Etkin Enerji, Mimari Sürdürülebilirlik*

## “İstanbul’da Mevcut Bir Ofis Yapısının Enerji Etkin Tasarım Bağlamında Yenilenmesine Yönelik Bir Yaklaşım”

### GİRİŞ:

Yapılardaki enerji verimliliğinin önemi yenilenebilir enerjideki gelişmelerin, enerji sektörünün ve fosil yakıtların hızlı tüketmesi ile binalarda enerji verimliliğinin önemini ortaya koymuştur. Bu bağlamda bina ısı konforu ve enerji tüketimi önemli bir etken oluşturmaktadır. Daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binaların önemi artarak küresel ısınma tehdidine karşı büyük bir fayda sağlamaktadır. Bu yüzden yenilenebilirlik, enerji güvenliği (verimliliği) ve iklim değişikliği ülkeler için hayati önem arz etmektedir. Yapı sektöründe ele alındığı zaman, dünyadaki mevcut binaların enerji ihtiyacını karşılamak için toplam enerji tüketiminin yarısına yakın bir tüketimin olduğu tespit edilmiştir. Bu ortalama %35-40 olarak görülmektedir. Böylelikle enerji tüketimini azaltmakta binaların büyük bir payı olduğunu söyleyebiliriz. Bina enerji tüketimi minimuma indirgenerek bina konforunun artırılması sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerji çeşitleri, yapılardaki kullanımı, fosil yakıtların tüketiminin azaltılması, yenilenebilir enerjinin faydaları ve doğaya kazandıracaklarına yönelik araştırmalar incelenerek bina tasarımlarına entegre edilmiştir. Araştırmalar bina ısı konforunun yapılardaki enerjiyi minimuma indirgeyerek daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binaların elde edilmesinin mümkün olduğunu ve yenilenebilir enerji içeren binaların uzun vadede daha ekonomik ve kazanç sağladığını göstermektedir.

Yapılardaki enerji verimliliği, yenilenebilir enerjiler, binalardaki yapı malzemelerinin önemi, bina ısı konforu ve mevcut yapıların daha az enerji tüketimi, çevre dostu ve sürdürülebilir binalara dönüştürülmesi konuları irdelenecektir. Bu irdemeden sonra seçtiğimiz yapı ele alınarak mevcut hali simülasyon edilecek ve incelenecektir. İncelenen örneklerde; yapı özellikleri, ısı yalıtım etkisi, mevsim değişikliklerinin etkisi, doğal havalandırma etkisi, doğal aydınlatma etkisi, HVAC sistemleri ve aydınlatma sistemleri konuları eşliğinde matris tablosu oluşturulacaktır. Bu tablolar neticesinde oluşan ön varım ışığında alan çalışması başlatılacaktır. Önerilen ofis yapısı enerji simülasyon programı kullanılarak modellenecektir. Mevcut hali modellenen yapının enerji tüketimini azaltacak öneriler sunulacaktır. Minimum enerji tüketimine düşürülen yapı yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesi ile birlikte daha az enerji tüketen, çevre dostu ve sürdürülebilir binalara örnek teşkil edecektir. Literatür araştırması ile birlikte simülasyonu yapılan bina incelenecek ve bu bilgiler ışığında dönüşüm modeli önerilecektir. Son yüzyılda hızla ilerleyen ve durdurulamayan küresel ısınma felaketinin bir payına sahip olan binaların daha verimli kullanılması ile gezegende ki ilerleyişin yavaşlamasını sağlamak hedeflenmektedir. Daha önce yapımı tamamlanmış olan yapıların, enerji kullanımı gerektiren sistemlerinin tüketimlerinin azaltılması ile enerji ekonomisinin sağlanabileceğini ortaya koymaktır. Çalışma aynı zamanda yenilenebilir (sürdürülebilir) bir yaşamın ve yapıların kullanımını arttırmayı amaçlamaktadır.

### MEVCUT BİR OFİS YAPISININ ENERJİ ETKİN KULLANIMI AÇISINDAN YENİLENMESİ

Bu çalışmada mevcut yapılardaki dış kabuğun enerji etkin yenilenmesinde uygulanabilecek seçenekler belirlenmiştir. Bu alternatifler designbuilder programı aracılığıyla Beylikdüzü ilçesinde bulunan bir ofis yapısı üzerinde uygulanarak

sonuçları değerlendirilmektedir. Yapı kabuğu, aktif ve pasif sistemlerin kullanıcı konforu ve minimum enerji tüketimi düşünülerek bu duruma göre veriler önerilmiştir. Bu çalışma aynı zamanda gerekli enerjiyi yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinden elde etmek için fotovoltaik panellerde olacaktır. Panellerin yerleştirildiği varsayılarak bu yolla elde edilebilecek enerjinin yapı enerji ihtiyacı için yeterli olmasında belirlenmesi ele alınacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin kullanılabilmesini sağlayan fotovoltaik sistemler teknolojinin ilerlemesi ile daha verimli sistemler olmasına rağmen şu an pahalı sistemlerdir fakat yerel yönetimlerin desteği ve talebin artmasıyla fiyatların düşmesi öngörülmektedir. Kyoto protokolü 165 ülke tarafından imzalanarak çevrenin korunmasına ilişkin kararlarla sera gazı emisyonunu azaltmayı hedeflemektedir. Bu hedefe yönelik olarak yapılardan kaynaklanan sera gazı emisyonunu azaltmak için ele alınan yapının, yapı kabuğunun enerji etkin yenilenmesinden sonra yapıya güneş panellerinin entegre edilmesi ile oluşan enerjinin yapının etkin yenilemesinde önemli bir adım olacağı düşünülmektedir.

### Uygulama Çalışmasının Adımları;

Uygulama çalışması adımları yedi aşamada ve bu adımlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

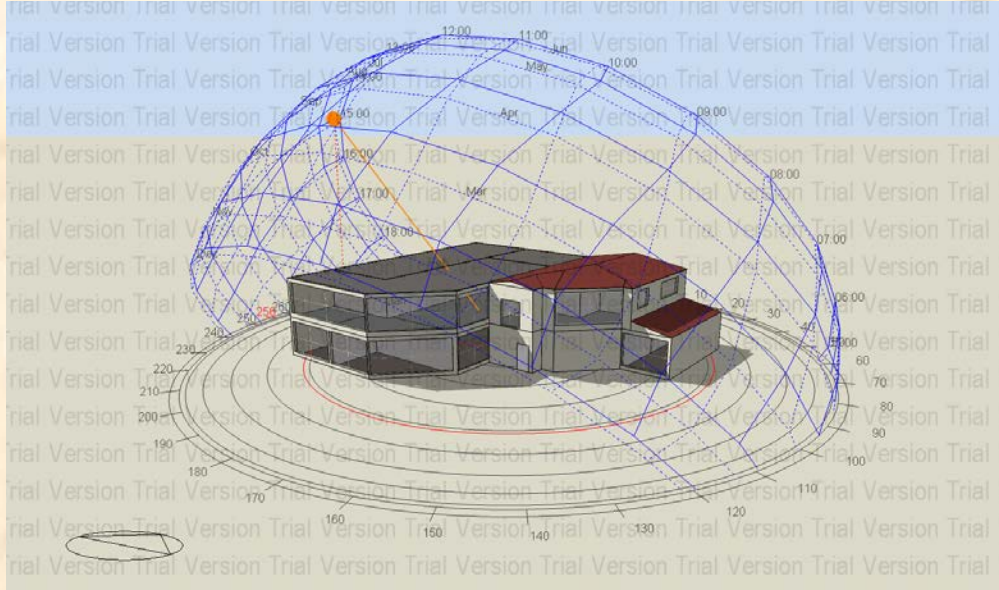
- Yapıya ait bilgilerin toplanması ve programda tanımlanması.
- Yapının mevcut durumu simüle edilerek ısıtma soğutma yükleri, enerji giderleri ve CO2 emisyonunun hesaplanması.
- Yapının enerji tüketimini ve CO2 emisyonunu azaltmak için alternatifler geliştirilmesi.
- Geliştirilen alternatiflerin sonrasında yapının ısıtma soğutma yükleri, enerji giderleri, CO2 emisyonu hesaplanması
- Mevcut ve iyileştirilmiş simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması ve değerlendirilmesi.
- Gerekli olan enerjinin güneş enerjisinden elde edilmesi için yeterli miktarda Pv panel yerleştirilmesi.
- Fotovoltaik Panel giderlerinin hesaplanması.

### Yapıya Ait Bilgilerin Toplanması ve Programda Tanımlanması

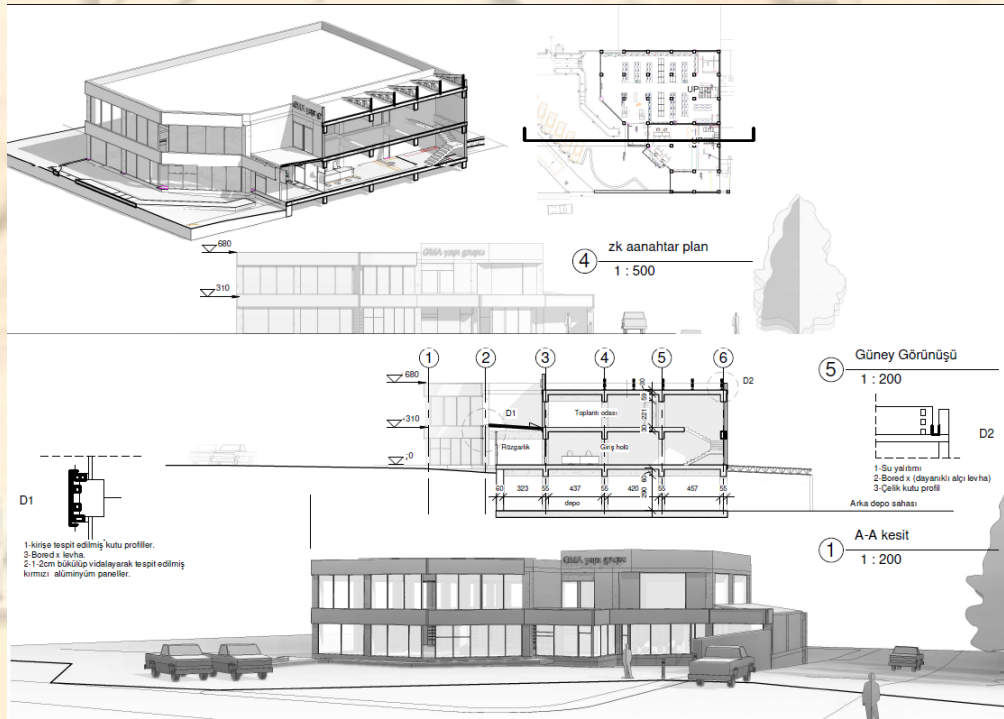
Bir yapının enerji giderlerinde, yapıya düşen güneş ışınımı, hava sıcaklığı, nem, rüzgar, bulunduğu iklim bölgesi, yapının yönü, konumu, kabuğunun özellikleri, pasif sisteme ilişkin tasarım parametreleri, iklimlendirme sistemleri, soğutma, aktif ısıtma ve kullanıcıların konfor koşulları etkilidir. Bu verilerin Design Builder simülasyon programında tanımlanması gerekmektedir. 2000'lerin başına kadar kullanılan mevcut simülasyon programları doğruluğun sağlanmamış olması nedeniyle daha sonra programların geliştirilmesine neden olmuştur. Bu programların ara yüzü olarak geliştirilen Design Builder programı veri girişi ve sonuç elde edilmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu nedenle simülasyon programı olarak Design Builder programı kullanılmıştır. Öncelikle yapı ile ilgili veriler toplanarak programa tanımlanmalıdır. Design Builder da bu veriler aşağıda sıralanan altı ana başlıkta ele alınabilir.

- Yapının konumu ve formu,
- Yapının kullanım türü, kullanım şekli ve iç kazanımları belirleyen aktiviteler.
- Bina kabuğunun yapıya ilişkin verileri.
- Kapıların, pencerelerin, saydam ve yarı açık alanların verileri.
- Aydınlatma elemanları
- İklimlendirme sistemlerine ilişkin veriler.

Aynı zamanda yapının programda daha verimli sonuçlar verebilmesi için doğru verileri tanımlamak önemlidir. Ayrıca bölgenin enlem, boylam, rakım gibi verilerle iklim elemanlarına ilişkin verileride programa tanımlanmalıdır.



Şekil 1: Bina Konumunda Aylara Göre Güneş Yolu Çizelgesi



Şekil 2: Mevcut Bina Çizimleri

## Yapının Mevcut Durumu Simüle Edilerek Isıtma Soğutma Yükleri, Enerji Giderleri ve Co2 Emisyonunun Hesaplanması

Yapı betonarme iskelet sistemi ile inşa edilmiştir. Malzeme olarak cephede 19'luk delikli tuğla, dış yüzeyde ortalama 3 cm kara sıva ve iç yüzeyinde ortalama 3 cm alçı sıva mevcuttur. Camlarında çift cam 6mm ve 10 mm hava boşluğu tercih edilmiştir. İki katlı olup zemin kat 514 m<sup>2</sup> ve 1.kat 428 m<sup>2</sup>'dir. Yapının ısı kaybeden yüzey alanı 712 m<sup>2</sup>'dir.

Hacmi ise 2874 m<sup>3</sup> 'dür. Hacmin alana oranı ise 0,25'tir. Yapıdaki toplam alan 942 m<sup>2</sup> ve ısıtılan alan 832 m<sup>2</sup>'dir. Cephelerin saydamlık oranları;

**Tablo 1:** Cephe Saydamlık Oranları

	Toplam boşluk Yüzeyi/m <sup>2</sup>	Toplam duvar Yüzeyi/m <sup>2</sup>	Toplam cephe Yüzeyi/m <sup>2</sup>	Cephe saydamlık oranı
<b>Batı Cephesi</b>	0,0 m <sup>2</sup>	162,40 m <sup>2</sup>	162,40 m <sup>2</sup>	%0
<b>Doğu Cephesi</b>	62,40 m <sup>2</sup>	124,00 m <sup>2</sup>	186,20 m <sup>2</sup>	%34
<b>Kuzey Cephesi</b>	6,40 m <sup>2</sup>	248,80 m <sup>2</sup>	255,20 m <sup>2</sup>	%03
<b>Güney Cephesi</b>	80,40 m <sup>2</sup>	53,40 m <sup>2</sup>	133,80 m <sup>2</sup>	%67

Yapı, Design builder programında mevcut hali yerinde incelenerek mimari projesi çıkarılmış ve yerinde gözlemlerle detaylı modellenip, elde edilen simülasyon sonuçları mevcut durum olarak kabul edilmiştir. Yapının enlem , boylam ve iklim verileri bulunduğu İstanbul ilinin verileri baz alınarak kullanılmıştır. Program enerji akışı verilerini yapının bulunduğu ve programa tanımlandığı koşulları saatlik verilere bağlı kalarak ve belirtilen sabit iç ortam sıcaklığını baz alarak, kazanılan ve kaybedilen ısı miktarını analizler. Bu şekilde, yıla ait saatlik veriler kullanarak enerji akışı analizini yapmaktadır. Bu simülasyonlar sırasında bölgenin iklimsel verileri IWEC (International Weather for Energy Calculations) veri dosyası olan 2016 ASHRAE İklim Dizayn Verileri'nden alınarak programa tanımlanmıştır. Yapı hesaplarında, ofiste ortalama 9 kişi çalıştığı varsayılmıştır. Kullanılan ekipmanlar ve istenilen aydınlatma düzeyi programda zonlara göre ayrılıp kullanım amacına göre tanımlanmıştır. Buna göre ofis yapısında sıcak su kullanımı bulunmamaktadır. Aydınlatma için istenilen standartlar çalışma alanlarında 500 lux, sirkülasyon alanlarında 100 lux'tur. Design builder programının kütüphanesine tanımlanmış sıklıkla kullanılan malzemeleri ve kabuk katmanlarını içermektedir. Ayrıca yeni malzemeler ve katmanlarda tanımlanabilmektedir. Yapının simülasyonda kullanılan katmanlaşma detayları Tablo 2 , 3, 4 ve 5 'de verilmektedir.

**Tablo 2:** Dış Duvar Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletkenlik Hesap değeri $\lambda$ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/ m <sup>2</sup> .K)
1	İç sıva (Alçı sıva)	0,03	0,42	1,599 (W/ m <sup>2</sup> .K)
2	Duvar (tuğla 19 cm)	0,19	0,72	
3	Dış Sıva (çimento sıva)	0,020	0,25	

**Tablo 3:** Bodrum Kat Üst Döşeme Katmanları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletkenlik Hesap değeri $\lambda$ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m <sup>2</sup> .K)
1	Parke kaplama	0,03	0,40	<b>1,246 (W/m<sup>2</sup>.K)</b>
2	Tavsiye Betonu	0,07	0,41	
3	Betonarme Döşeme	0,15	1,13	
4	Sıva	0,050	0,14	

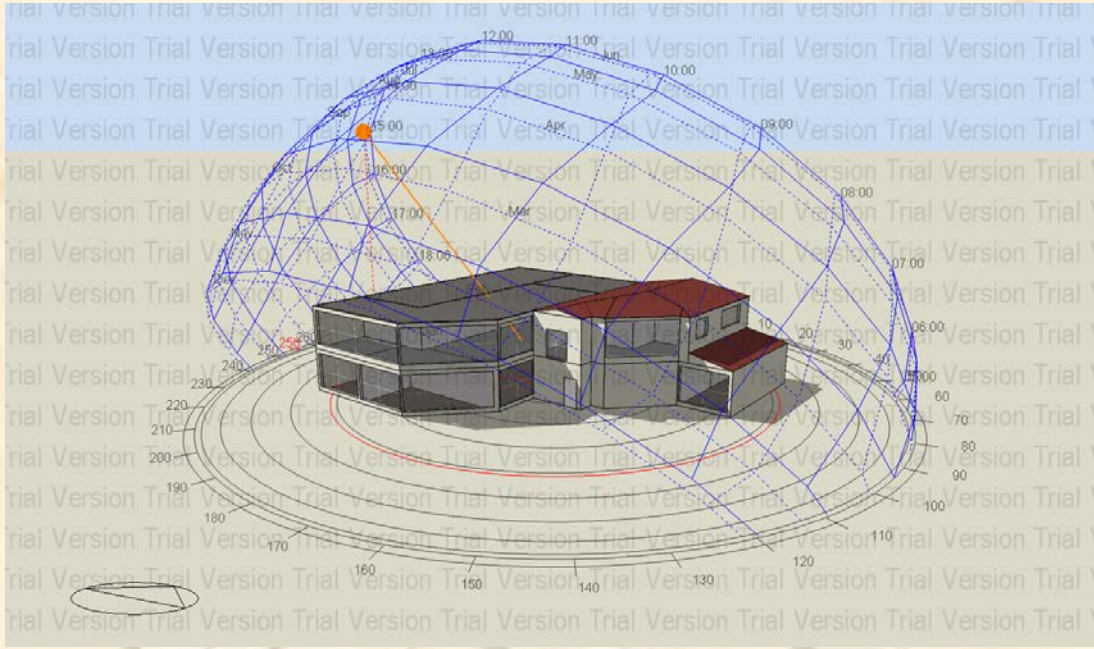
**Tablo 4:** Düz Çatı Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletkenlik Hesap değeri $\lambda$ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m <sup>2</sup> .K)
1	Çatı membranı	0,01	0,17	<b>1,250 (W/m<sup>2</sup>.K)</b>
2	Rockwall	0,3	0,08	
3	Betonarme Döşeme	0,15	1,39	
4	Tavan Sıvası	0,02	0,18	

**Tablo 5:** Eğik Çatı Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletkenlik Hesap değeri $\lambda$ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m <sup>2</sup> .K)
1	Kil Kiremit	0,025	1,00	<b>0,834 (W/m<sup>2</sup>.K)</b>
2	Su kontrastı	0,03	0,035	
3	Hava boşluğu direnci	0,40	0,015	
4	Çatı keçesi	0,005	0,19	

Proje, bulunduğu cephe ve kullanım fonksiyonuna göre zonlara ayrılmıştır. Bunlar personel çalışma odaları, toplantı odaları ve ortak kullanım alanları olarak 1.katta sekiz zone, 2.katta ise 5 zone şeklinde oluşturulmuştur.



Şekil 3: Seçilen Yapının Programda Modellenmesi

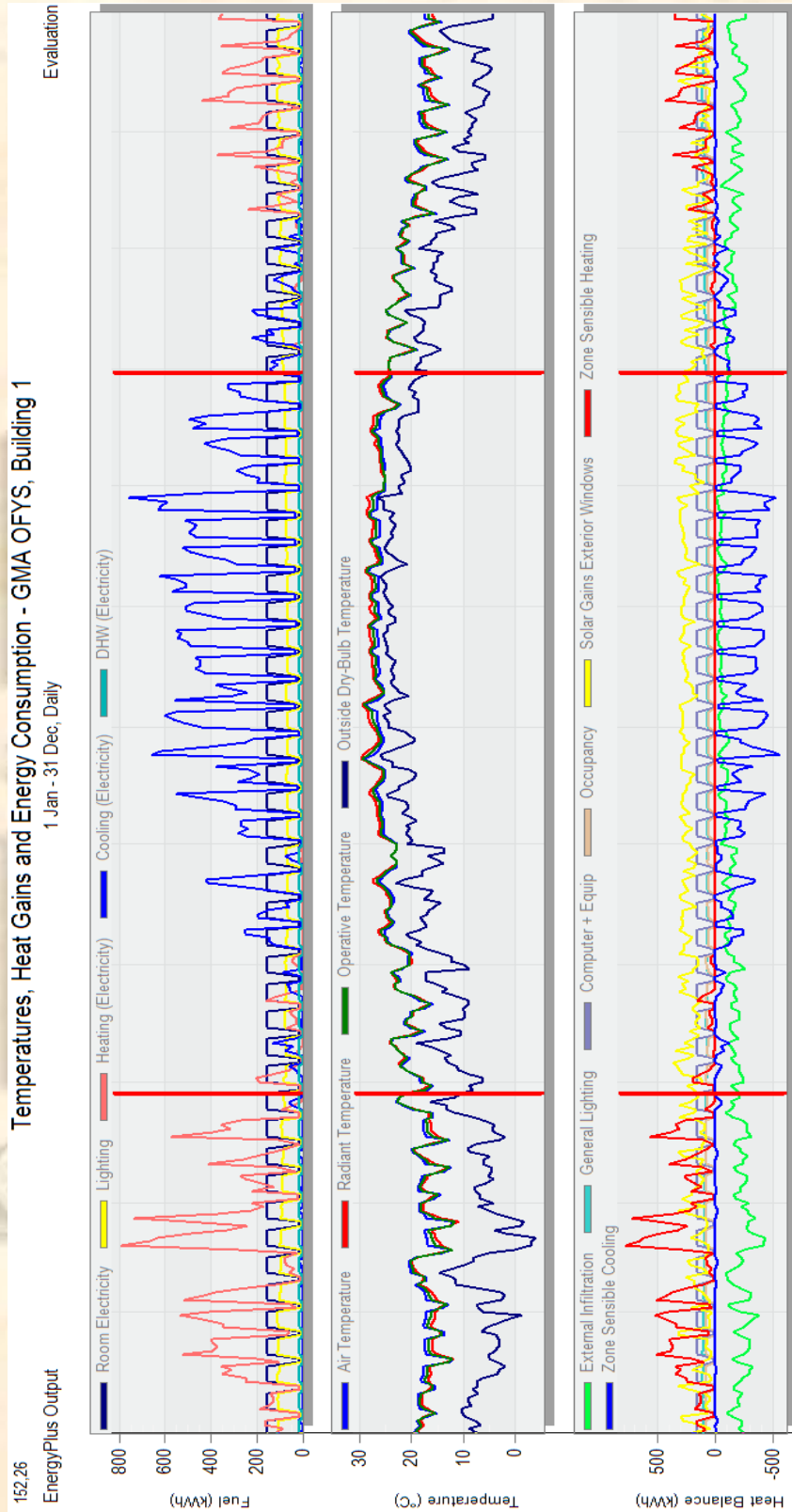
Şekil 3'te seçilen yapının Design Builder'da modellenmiş görünüşü bulunmaktadır. Yapı ısıtma ve soğutma yükünü tamamen elektrikten karşıladığı için mekanik iklimlendirme cihazı kullanılan alanlar mevcut duruma göre tanımlanacaktır. İç ortam sıcaklığı 20°C'in altına düştüğü zaman ısıtma sistemi devreye girecek ve ortam sıcaklığı 26°C'in üzerine çıktığı zaman soğutma sistemi devreye girecek şekilde varsayılmıştır. Ortam sıcaklığının 22°C'in üzerine çıktığı zaman ise doğal havalandırma yapılacağı öngörülmüştür. Hesaplama bu doğrultuda günlük olarak yapılmıştır. İklimlendirme cihazlarının kapasiteleri programdaki mevcut boyutları ile ele alınmıştır.

Mevcut duruma ait ısıtma ve soğutma yükü Design Builder programında simüle edildiği zaman yıllık 137907,21 kWh olarak hesaplanmıştır. Programda yapılan hesaplamalara göre, yapının soğutması için kullanılan elektrik enerjisi 42435,43 kWh, ısıtma için harcanan elektrik enerjisi 28843,70 kWh, aydınlatma için kullanılan elektrik enerjisi 22065,79 kWh, ofis malzemelerinin harcadığı elektrik enerjisi 41366,46 kWh olarak hesaplanmıştır. Çizelge 1'de tüketilen enerji gösterilmektedir.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	28843.70	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	42435.43	0.00	0.00
Interior Lighting	22065.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	41366.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	3146.56	49.27
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	63432.25	0.00	0.00	42435.43	31990.26	49.27

Çizelge 1: Kullanılan Toplam Enerji Dağılımı.

Şekil 4'de günlük olarak simüle edilen mevcut yapının sonuçları sırasıyla enerji, sıcaklık ve ısı dengesi verileri verilmiştir. Bu veriler ışığında elektrik enerjisiyle ısıtılan ve soğutulan yapı en fazla enerji tüketimini ısıtma ve soğutma yapmak için kullanmaktadır. Yaz ve kış aylarındaki mekanik iklimlendirme sistemlerinin enerji tüketimi çok fazladır. Toplam enerjinin %32'si yazın soğutmada, %21 ise kışın ısıtmada kullanılmaktadır.



Şekil 4: Simüle Edilen Mevcut Yapının Yıllık Enerji Tüketimi



Çizelge 2’de yapının CO2 emisyonu, kullanılan malzeme ve tüketilen enerjiye göre verilmektedir. Toplam yıllık CO2 emisyonu ise, 150871,74 (kgCO2) olarak bulunmuştur. Bu oranlar ele alındığı zaman, binalardaki enerji performans yönetmeliğinde ikinci iklim bölgesi ofis yapıları için, seçilen ofis enerji tüketimi bakımından B sınıfı, sera gazı üretimi bakımından D sınıfına girmektedir.

Constructions Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)
Project semi-exposed ceiling Reversed	149,0	4608,9	4775,5
Project unoccupied pitched roof	153,2	4230,7	4384,0
Project flat roof	362,8	25731,8	26009,4
Copy of Standard wall construction (insulated to 1995 regs)	530,1	61750,2	64765,2
Project partition	586,9	3169,4	3433,5
Project internal floor Reversed	549,3	9228,2	9228,2
Project ground floor	549,3	31754,8	32191,5
Sub Total	3076,9	146340,94	150871,74

Çizelge 2: Sera Gazı Üretimi

### Yapının Enerji Tüketimini ve CO2 Emisyonunu Azaltmak İçin Alternatifler Geliştirilmesi

Yapının enerji etkin yenilenebilmesi için alternatifler önerilmiştir. Ve önerilen her seçenek için enerji simülasyonu yapılarak, bu alternatiflerin yapı üzerindeki enerji tüketimi ve CO2 emisyonu etkisi incelenmiştir. Bu alternatifler arasında yapı kabuğu iyileştirilmesi, trombe duvar ve fotovoltaik panel uygulamaları alt başlıklarında incelenmiştir. Çalışmada mevcut aydınlatma armatürleri 3,400 lüx’ten 2,400 lüx’e düşürülmesi önerilmiştir.

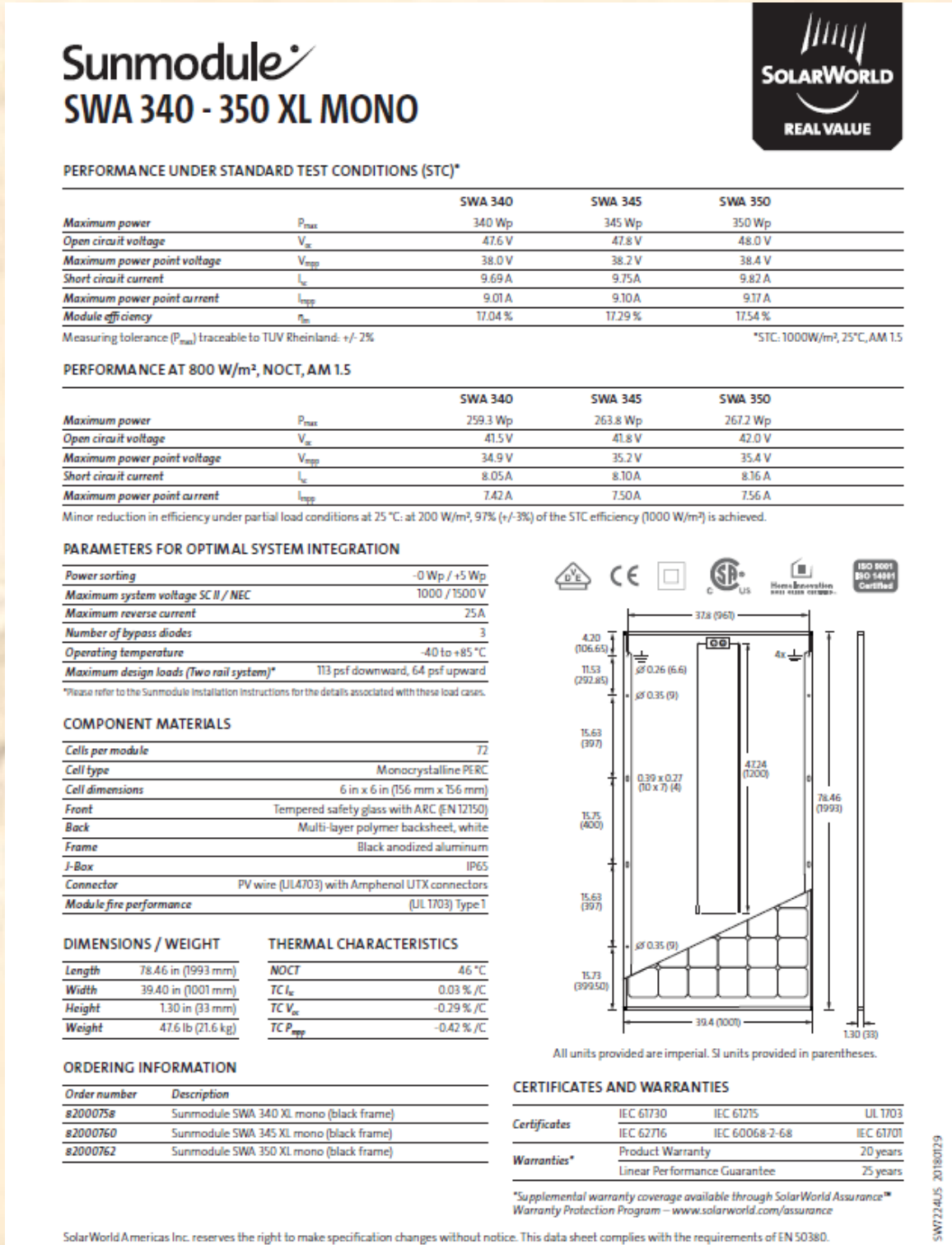
#### Trombe Duvarı Uygulaması

Trombe sistemi bir kollektör olmakla birlikte duvar veya duvar yüzeyine belirli bir mesafede yerleştirilen cam yüzeylerden oluşur. Cephe camdan içerdeki hava boşluğuna gelen güneş ışıkları trombe duvarı tarafından emilerek bu enerji duvar içerisinde depolanır. Isınan hava genişler ve yukarıdan kanallar vasıtasıyla alana iletilir. Yapı kabuğunun ısı yalıtım direncini iyileştirebilmek için bir alternatifimiz güney cephedeki zone 5 cephesine Trombe duvar uygulaması önerilmiştir.

#### PV Kullanımı

Türkiye gibi güneşlenme süresinin yüksek olduğu ülkelerde çevre kirliliğini azaltmak ve yenilenebilir temiz enerji kaynakları kullanımını arttırmak amacıyla fotovoltaik panellerin kullanımı önerilmiştir. Bu şekilde yapının merkez şebekeye olan bağlılığını da azaltmaktadır. Yapıya yapılan alternatif uygulamalar ile minimuma düşürülen ve geriye kalan ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacının karşılanması için yapının düz çatısına entegre edilecek fotovoltaik paneller önerilmiştir. Bu yolla yapının şebekeden bağımsız çevreyi kirletmeyen ve düşük CO2 emisyonu açığa çıkarması sağlanmaktadır. Yapı çatısına gölge düşmeyen alanlar tercih edilmiş ve fotovoltaik paneller yerleştirilmiştir. Fotovoltaik sistemlerin yapıya sağlayacağı enerji miktarı hesaplanırken iklim verileri ve panel verimliliği çok önemlidir. Çalışmada solar panel üretimi konusunda ilk sıralarda yer alan Amerika Birleşik Devletleri’nde üretilen ve Türkiye’de distribütör olan SolarWorld şirketinin yüksek verimliliğe sahip Sunmodule SWA 340 XI Mono panelleri

kullanılacaktır. Bu panelin kullanılmasının en büyük sebeplerinden biri uzun ömürlü ve yüksek verimliliğe sahip olmasıdır.



Şekil 5: Solar Panel Özellikleri.

Şekil 5’de gösterilen veriler, Design Builder programına tanıtılarak bu veriler ışığında yerleştirilen solar güneş panellerinin aylık simülasyonu yapılarak yapıya kazandıracağı yıllık enerji hesaplanmıştır.

## Yapı Kabuğu Alternatifleri

Yapı kabuğunun termofiziksel ve optik özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılacak enerji etkin yenileme alternatifleri, cam tiplerinin ve ısı yalıtım malzemeleri ile opak alanların iyileştirilmesi alt başlıklarda incelenmiştir.

### Cam Tipleri

Saydam alanlar bir yapının güneş ışığı almayan bölgelerinde bulunuyorsa bu alanlarda ısı kaybına neden olur veya yapının fazla güneş ışınımı alan alanlarındaysa ortamın fazla ısınmasına neden olur. Bu alanların ısıtma ve soğutma yüklerini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir. Çalışmada seçilen yapının saydam birleşeni, pencere sistemlerinin yenilenmesi için alüminyum çerçeveler sabit bırakılarak cam sistemleri için alternatif çeşitler önerilmiştir. Bunlar doğu ve kuzey cephesi için;

- 6 mm berrak cam ve 10 mm ara boşluktan oluşan çift camlı sistem,
- 6 mm berrak low-E camdan ve 13 mm argon gazı dolgusundan oluşan çift camlı pencere sistemi,

Güney cephesi için;

Yapı güney cephesinde %60 dan fazla saydam alana sahip olduğu için ülkemizde bina enerji performans yönetmeliği uygulanmakta bu doğrultuda yapının TS825 ısı yalıtım standartları esas alınarak ısı değeri 2,1 W/m<sup>2</sup>K'den daha yüksek ısı değerine sahip;

- 6mm berrak cam ve 10 mm ara boşluktan oluşan çift cam yerine
- 3 mm berrak low-E cam ve 13 mm argon gazı dolgusundan oluşan üç camlı sistem önerilmiştir.

### Isı Yalıtım Malzemeleri

Mevcut yapı kabuğu sadece delikli tuğla ve sıvadan oluşmaktadır. Bu yapı enerji performansı için çok yetersiz ve düşüktür. Çalışmada yapıya 5 cm grafit katkılı EPS mantolama uygulaması önerilmiştir. Bunun yapının ısı geçirgenlik katsayısını arttırarak daha az enerji harcaması doğrultusunda yardımcı olacağı görülmüştür. Çatı katman detaylarına ek, cam tülü şilte serilmesi ve eğik çatıdaki çatı keçesi kalınlığı 0,03 olarak öngörülmüştür.

### Geliştirilen Alternatiflerin Sonrası Yapının Isıtma Soğutma Yükleri, Enerji Giderleri, CO2 Emisyon Hesabı

Bu bölümde, yukarıda açıklanan alternatiflerin uygulandığı yapının birim metrekaresine düşecek soğutma yükü, ısıtma yükü, CO2 tüketimi ve toplam enerji tüketimi Design Builder programı ile hesaplanmıştır. Yapının simülasyon da kullanılan katmanlaşma detayları Tablo 6, 7, 8 ve 9 'da verilmektedir.

Tablo 6: Dış Duvar Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletgenlik Hesap değeri $\lambda$ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m <sup>2</sup> .K)
1	İç sıva (Alçı sıva)	0,03	0,42	0,387 (W/m <sup>2</sup> .K)
2	Duvar (tuğla 19 cm)	0,19	0,72	
3	Grafit EPS	0,05	0,035	
4	Dış Sıva (çimento sıva)	0,02	0,25	

**Tablo 7:** Bodrum Kat Üst Döşeme Katmanları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletgenlik Hesap değeri $\lambda$ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m <sup>2</sup> .K)
1	Parke kaplama	0,03	0,40	<b>1,246 (W/m<sup>2</sup>.K)</b>
2	Tavsiye Betonu	0,07	0,41	
3	Betonarme Döşeme	0,15	1,13	
4	Sıva	0,050	0,14	

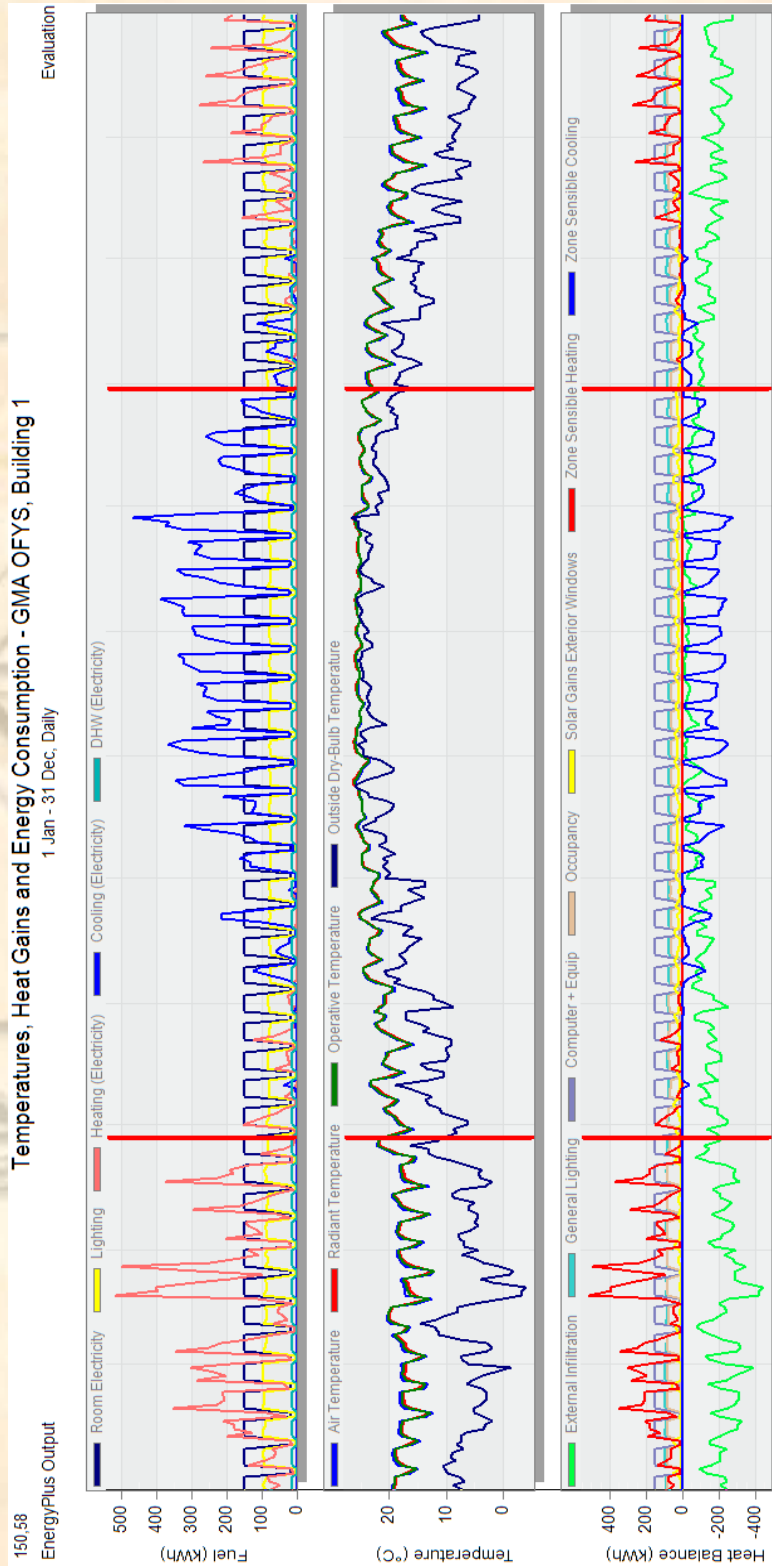
**Tablo 8:** Düz Çatı Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletgenlik Hesap değeri $\lambda$ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m <sup>2</sup> .K)
1	Çatı membranı	0,01	0,17	<b>0,612 (W/m<sup>2</sup>.K)</b>
2	Rockwall	0,3	0,08	
3	Betonarme Döşeme	0,15	1,39	
4	Cam tülü	0,03	0,036	
5	Tavan Sıvası	0,02	0,18	

**Tablo 9:** Eğik Çatı Katman Detayları

No	Malzemenin Adı	Kalınlığı d (m)	Malzemenin ısı iletgenlik Hesap değeri $\lambda$ (W/m.K)	Isı Geçirme Katsayısı, U (W/m <sup>2</sup> .K)
1	Kil Kiremit	0,025	1,00	<b>0,752 (W/m<sup>2</sup>.K)</b>
2	Su kontrası	0,03	0,035	
3	Hava boşluğu direnci	0,40	0,015	
4	Çatı keçesi	0,03	0,19	

Yapılan alternatiflerle yukarıdaki çizelgede gösterildiği gibi ısı geçirme katsayıları mevcut yapıdaki ısı geçirme katsayılarından daha düşüktür. Bu alternatiflerle Design Builder programı aracılığıyla yapılan yeni simülasyonda enerji tüketimi aşağıda Şekil 6' da gösterilmektedir.



Şekil 6: Alternatifler Sonrası Enerji , Sıcaklık ve Isı Dengesi Verileri

Alternatifler sonrası yapıya ait ısıtma ve soğutma yükü Design Builder programında simüle edildiği zaman yıllık 105968,21 kWh olarak hesaplanmıştır. Programda yapılan hesaplamalara göre, yapının soğutması için kullanılan elektrik enerjisi 22493,56 kWh, ısıtma için harcanan elektrik enerjisi 17543.18 kWh, aydınlatma için kullanılan elektrik enerjisi 21861.28 kWh, ofis malzemelerinin harcadığı elektrik enerjisi 40910.06 kWh olarak hesaplanmıştır. Çizelge 3' te tüketilen enerji gösterilmektedir.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	17543.18	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	22493.56	0.00	0.00
Interior Lighting	21861.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	40910.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	3111.64	48.73
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	62771.34	0.00	0.00	22493.56	20654.82	48.73

Çizelge 3: Kullanılan Toplam Enerji Dağılımı

Çizelge 4'de yapının alternatifler sonrası CO2 emisyonu, kullanılan malzeme ve tüketilen enerjiye göre verilmektedir. Toplam yıllık CO2 emisyonu ise, 136305,78 (kgCO2) olarak bulunmuştur. Bu oranlar ele alındığı zaman, binalarda

enerji performans yönetmeliğinde ikinci iklim bölgesi ofis yapıları için, seçilen ofis enerji tüketimi bakımından A sınıfı, sera gazı üretimi bakımından B sınıfına girmektedir.

Constructions Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)
Project pitched roof	38,4	2123,6	2174,0
Project semi-exposed ceiling Reversed	149,0	4608,9	4775,5
Project external floor	1,9	17,9	18,6
Project unoccupied pitched roof	153,2	4230,7	4384,0
Project flat roof	362,8	25731,8	26009,4
Project semi-exposed ceiling	149,0	4608,9	4775,5
Project external door	2,7	0,0	0,0
Copy of Standard wall construction (insulated to 1995 regs)	543,1	46917,9	49315,7
Project internal door	4,3	0,0	0,0
Project partition	586,9	3169,4	3433,5
Project internal floor Reversed	549,3	9228,2	9228,2
Project ground floor	549,3	31754,8	32191,5
SubTotal	3089,9	132392,22	136305,78

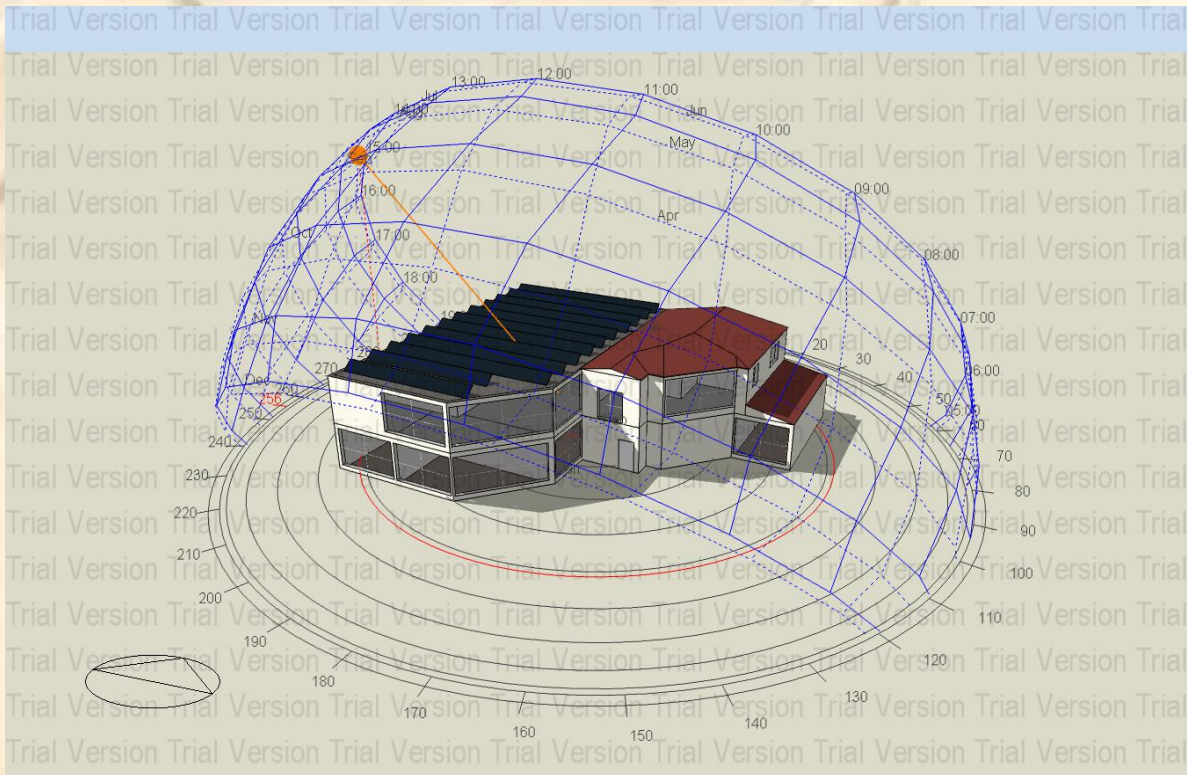
Çizelge 4: Alternatifler Sonrası Sera Gazı Üretimi

### Fotovoltaik Panel Uygulaması

Ülkemiz güneşlenme süresi bakımından fotovoltaik sistemlerle gelişmiş ülkelere kıyasla çok daha fazla güneşlenme süresine sahiptir. Bu da yapılara entegre edilecek fotovoltaik sistemlerin veriminin yüksek olacağı yönündedir. Yapı Türkiye'nin İstanbul ilinin Esenyurt ilçesine bağlıdır. Güneş paneli eğim açısı, enlem değeri yardımıyla hesaplanır. Bu açı enlem değeri 25'ten küçükse 0,87 ile çarpılarak hesaplanır. Enlem değeri 25 ile 50 arasında ise 0,87 ile çarpılır ve sonuca 3,1 derece eklenir. Türkiye'deki tüm şehirlerde kullanılmak üzere güneş paneli eğim açısı hesabı için panel eğimi = enlem x 0,87 + 3,1 olarak alınabilir. Hesaplama yardımıyla bulunacak eğim açısı, panelin yer ile arasındaki açıyı ifade etmektedir. İstanbul ili için enlem 41,0082376, boylam ise 28,9783589 dur. İstanbul ilinde güneş paneli açısı  $41 \times 0,87 + 3,1 = 39$  derece olarak alınır. Çalışmada yapı çatısına entegre edilecek fotovoltaik paneller 39 derecelik bir açı ile yerleştirilecektir. Toplamda 96 adet 340 watt'lık mono fotovoltaik panel çatıya entegre edilmiştir. Ve Çizelge 5'de yıllık elektrik üretiminin 43543,184 kWh olduğu görülmektedir.

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	43543.184	69.37
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	-1741.73	-2.8
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	41801.457	66.59
Electricity Coming From Utility	35479.061	56.52
Surplus Electricity Going To Utility	14509.188	23.11
Net Electricity From Utility	20969.873	33.41
Total On-Site and Utility Electric Sources	62771.330	100.00
Total Electricity End Uses	62771.330	100.00

Çizelge 5: Fotovoltaik Panellerin Yıllık Elektrik Üretimi.



Şekil 7: Alternatifler Sonrası Yapının Design Builder Programında Modeli.



## BULGULAR

Bu bölümde enerjinin etkin yenilenmesinde uygulanabilecek alternatifleri geliştirmek amacıyla yapılan mevcut bir ofis yapısı için gerçekleştirilen örnek uygulama sonucu ortaya çıkan bulgular açıklanmıştır.

Yapının mevcut durumda harcadığı toplam yıllık enerji miktarı 137907,21 kWh, m2 başına harcadığı enerji 139,58 kWh/m2, aynı zamanda toplam CO2 emisyonu 150871,80 kg, birim alan için 152,70 kg CO2 salgılamaktadır. Tüketilen enerjinin 62,40 kWh/m2'si soğutmada, 42,42 kWh/m2 si ise ısıtmada kullanılmaktadır. Toplam harcanan enerjinin %75'i ısıtma ve soğutma yükü için harcanmaktadır.

Yapı kabuğu bileşenlerinin enerji etkin açısından iyileştirilmesi alternatiflerinden biri olan yalıtım uygulaması ile yapının ısıtma ve soğutma yüklerinin önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. Yalıtım sonrası ısıtma için tüketilen enerji miktarının 33,60 kWh/m2 olduğu belirlenmiştir. Bu yenileme alternatifini ısıtma yüklerinde %26 azalma sağlamıştır. CO2 emisyonunda ise %12 azalma sağlamıştır. Bir diğer alternatiflerden biri olan saydam alanların enerji etkin iyileştirilmesinde kullanılan pencerelerin değiştirilmesi önerisinde en az enerji gideri sağlayan seçeneğin, ikili lowE cam uygulaması olduğu görülmüştür. Bu yenileme alternatifini sonrası yıllık enerji tüketimi %9 azalmıştır.

Bu sonuçlara göre yenileme bu adımda yapının yıllık tüketimini %31,34, Co2 emisyonunu ise %15 azaltmıştır. Ve enerji etkin yenilenen yapıya eklenen fotovoltaik paneller ile yapıda kullanılan toplam enerji tüketimini birim m2 başına 45 kWh/m2 düşürerek %43 azaltmıştır. Co2 emisyonu ise 42,8 kg düşürerek %38 azaltmıştır.

Bununla birlikte toplam enerji tüketimi 137907,21 kWh den 61420,40 kWh'e düşürülerek %56 azalma sağlanmıştır.

## SONUÇ

Yapılarda enerji verimliliğinin önemi son yıllarda etkisi giderek artan çevre ve enerji sorunları, yapı tasarımı, yapımı ve kullanım sürecinde sürdürülebilir bir çevre yaratma ve enerji sağlama yolundaki çalışmaların hız kazanmasına yol açmıştır. Sürdürülebilirlik kullanıcıların her türlü ihtiyacını karşılarken gelecek nesillere de yaşanabilir bir gezegen bırakmak, aynı zamanda hızla tükenen fosil yakıtların gelecek nesillerde kullanılmasını sağlayacaktır.

Yapılar imalatlarından, kullanımlarına ve yıkımlarına kadar yani yaşantılarında bir çevresel döngü içerisindedir. Yapıların yapımlarında ve kullanıcı konforu için gerekli hususların sağlanması mevcut doğal kaynakları tüketmekte olup yapı içinde harcanan enerji sonucu atmosfere CO2 salınımı yapmaktadır. Atmosferimize ve çevremize en az zararı verecek sistemlerin ve sürdürülebilirliğin geliştirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda mimarlığın önemli konularından biri, yapımı, kullanımı ve yaşamı boyunca çevreye zarar vermeyen veya bu zararı en aza indireyecek yapıların yapımı ve kullanılması konusu olmuştur. Mevcut yapıların aksine yeni yapıların sürdürülebilirlik konusunda önemli gelişmeleri söz konusudur. Ülkemizde ve bir çok ülkede sürdürülebilirliğin önemi devletler tarafından benimsendiği ve bu doğrultuda yasaların çıkarıldığı gözlemlenmiştir. Mevcut yapıların toplam enerji tüketiminin %40-45 den sorumlu olduğu varsayıldığından mevcut yapıların enerji tüketiminin çok fazla olması, bu konudaki gelişmelerin ve önlemlerin sadece yeni yapılarda alınmasının yeterli olmayacağı, mevcut yapılarında gerekli enerji etkin iyileştirilmesinin yapılması gerekmektedir.

Binalar kullanım koşullarına göre enerjide en fazla harcamayı ısıtma, soğutma, sıcak su ve aydınlatmada kullanmaktadır. Bu koşulları kullanıcı konforu için en iyi hale getirebilmenin ve gerekli enerji miktarının iyileştirilmesinde, yapının yapı kabuğu en etkili tasarım parametrelerinden biridir.

Bu çalışmada küresel iklim değişikliğinin ve hızla ısınan gezegenimizin nedeni olan enerji giderleri ve CO2 emisyonları en önemli rolü oynamaktadır. Mevcut yapıların enerji giderleri ve CO2 emisyonunun fazla olması mevcut yapıların enerji etkin yenilenmesinde alternatifler sunularak geliştirilmesi hedeflenmiş, geliştirilen alternatifler EnergyPlus simülasyon programının ara yüzü olan Design Builder programında İstanbul ili Esenyurt ilçesinde bulunan bir ofis yapısı üzerinde uygulanmış ve sonuçlar mevcut yapı enerji etkin yenilenmesine yol göstermesi üzerine öneri olarak sunmak üzerine değerlendirilmiştir. Enerji etkin yenilemede önerilen alternatifler yapıda uygulandıktan sonra sürdürülebilir ve yenilenebilir kaynaklardan biri olan Güneş enerjisi kullanımını sağlayacak fotovoltaik panellerin yapıya entegre edilebilirliğinde incelenmiştir.

Belirlenen alternatiflerin yapı enerji etkin yenilenmesinde yapı kabuğu iyileştirmeleri, saydam alanların enerji etkin iyileştirilmesi ve fotovoltaik panellerin entegrasyonu sonucu yapının toplam enerji tüketim miktarında %56, CO2 emisyonunda ise %48 azalma gözlemlenmiştir. Ülkemizde mevcut yapıların enerji etkin iyileştirilmesi ile büyük çaplı tadilatlar geçiren yapılar 2008 Ekim ayında yürürlüğe giren binalarda ısı yalıtım yönetmeliğine göre yapılmaktadır. Alternatiflerin uygulandığı yapı yenilenmeden önce 2008 yılının aralık ayında resmi gazete ile yayınlanan binalarda enerji performans yönetmeliğinde tanımlanan kimlik belgesi sınıflarına göre enerji tüketimi bakımından B sınıfı, CO2 emisyonu bakımından D sınıfına girdiği belirlenmiştir. Alternatifler ile yenilenen yapı enerji kimlik belgesi sınıflarına göre enerji tüketimi A, CO2 salınımı ise B sınıfına girmiştir.

Sonuç olarak, mevcut yapıların enerji etkin iyileştirilmesinin, fosil yakıtların tüketimini azaltacağından, çevre kirliliğini önlemede ve enerji tüketimini minimum seviyelere indirgemedede önemli bir katkı sağlayacağı açıktır. Mevcut yapıların enerji etkinliğini iyileştirmede kullanılacak alternatif iyileştirmeler, ilk yatırım maliyeti gerektirmektedir. Fakat kullanım maliyetini düşürerek kullanıcıya ekonomik fayda getirirken, çevrenin daha temiz ve sürdürülebilirliğine de katkıda bulunmaktadır. Binalarda enerji performansı gibi yönetmeliklerin yönetimlerce desteklenip ileride yaygınlaşması, çeşitlenmesi ve daha ekonomik hale gelmesi beklenmektedir. Böylelikle sürdürülebilir, düşük enerji kullanan ve çevre dostu yapıların geliştirilebilmesi daha olanaklı olabilecektir.

## KAYNAKÇA

Aysegül T. 2009, İstanbul'da Mevcut Bir Konutun Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Goulding, J. R., Lewis, O.J. and Steemers, T.C., 1992. Energy conscious design, a primer for architects.

Koçlar Oral, G., Manioğlu, G., 2010: *Bina Cephelelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı*, 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu Bildirileri, İzmir, 31- 32.

Muhtaroglu, K., 2012, *Güneş Enerjisini Elektrik Enerjisine Çeviren Çevre Dostu Sistemin Tasarlanması*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Özdemir, B.B. 2005, *Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Sayın, S., Koç, İ., 2011, *Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri*, Selçuk Üniversitesi Mühendis ve Mimarlar Fakültesi Dergisi, C.26, s.3, Konya

Yörük, B, 2014, *Akdeniz İklim Bölgesi İçin Enerji Etkin Bina Kabuğu Tasarımında Yenilikçi Pasif Yaklaşımlar*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Yücel Y., *Güneş Enerjisinden Yararlanmak Amacı İle Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı*, İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Yüre, T. 2007, *Güneş Enerjisinden Edilgen Sistem Yararlanmada Güneş Odası Ekleme Yönteminin İç Ortam Sıcaklığına Etkisinin İncelenmesi İstanbul Örneği*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul