

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVCUT KONUT YAPILARINA**  
**FOTOVOLTAİK PANEL SİSTEMLERİN**  
**ENTEĞRE EDİLMESİ, İZMİR ÖRNEĞİ**

**Onur Deniz AYGÜN**

**Ekim, 2012**  
**İZMİR**

**MEVCUT KONUT YAPILARINA  
FOTOVOLTAİK PANEL SİSTEMLERİN  
ENTEĞRE EDİLMESİ, İZMİR ÖRNEĞİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Mimarlık Bölümü, Yapı Anabilim Dalı**

**Onur Deniz AYGÜN**

**Ekim, 2012  
İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZ SINAVI SONUÇ FORMU

ONUR DENİZ AYGÜN, tarafından YRD. DOÇ. DR. MÜJDE ALTIN yönetiminde hazırlanan “MEVCUT KONUT YAPILARINA FOTOVOLTAİK PANEL SİSTEMLERİN ENTEGRE EDİLMESİ, İZMİR ÖRNEĞİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Müjde Altın



Prof. Dr. Turgut GÖKÇE ÖZBAYRAK

Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. A. Vefa ORHON

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Öncelikle çalıőmamın bu halini alabilmesi için katkılarını esirgemeyen anlayıőla bana yol gösteren danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Müjde Altın'a teşekkür ederim. Ayrıca jüri yelerim Yrd. Doç. Dr. A. Vefa Orhon ve Prof. Dr. Türkan Göksal Özbalta'ya katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca ihtiyaç duyduğum her an bana yardımda bulunarak desteklerini esirgemeyen ve beni her fırsatta cesaretlendiren aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Onur Deniz AYGÜN

# MEVCUT KONUT YAPILARINA FOTOVOLTAİK PANEL SİSTEMLERİN ENTEĞRE EDİLMESİ, İZMİR ÖRNEĞİ

## ÖZ

Araştırmanın amacı, kapsamı ve yöntemini anlatan giriş bölümünün devamında ikinci bölüm olarak fotovoltaik panellerin tanımı, tarihçesi, yapısı, türleri ve kullanım alanları verilecektir. Üçüncü bölümde dünya üzerinde mevcut yapılara uygulanan fotovoltaik panel sistemleri incelenecek ve bu sistemler üç ana başlık altında, eğik çatı, düz çatı ve cephe uygulamaları olarak toplanacaklar ve bu sistemlerin verimlilikleri karşılaştırılacaktır. Dördüncü bölümde İzmir tanıtılacak İzmir ile ilgili istatistiksel tasarım verileri verilip, İzmir'deki konut yapısına genel olarak değinilecek daha sonra Karşıyaka'daki Soyak Mavişehir Toplu Konutları üzerinden fotovoltaik panel sistemi için simülasyon yapılacaktır. Beşinci ve son bölümde ise, İzmir örneği ile dünya örnekleri arasında karşılaştırma ve irdeleme yapılacaktır.

**Anahtar sözcükler:** Fotovoltaik panel, fotovoltaik hücre, konut yapıları, İzmir

# **INTEGRATION OF PHOTOVOLTAIC PANEL SYSTEMS ONTO EXISTING RESIDENTIAL BUILDINGS, IZMIR AS A CASE STUDY**

## **ABSTRACT**

At the first part of the study, the purpose, the scope and the method of the study is given then at the second part, definition, structure, types, history and applications of the photovoltaics is explained. Third part of the study, existing residential buildings which are photovoltaic panel systems are applied is examined. These examples are examined under three main headings which are applications of pitched roof, flat roof and facade. Efficiency of these systems will be compared under these three headings. At the fourth part of the study, İzmir introduced and then the data about weather condition and sunshine duration is given for to be designed photovoltaic systems. At this part also, general types of housing is be mentioned at the İzmir. The photovoltaic panel system will be implemented in Soyak Mavişehir housing estate, is at Karşıyaka. At the fifth and the last part of the study, example of İzmir and the other examples in the third part of the study are compared and examined.

**Keywords:** Photovoltaic panel, photovoltaic cell, residential buildings, İzmir

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT.....	v
<b>BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemin Tanımı, Amacı, Kapsamı ve Yöntemi:.....	1
<b>BÖLÜM İKİ - FOTOVOLTAİK PANELLERİN TANITILMASI .....</b>	<b>4</b>
2.1 Güneş Pillerinin Tarihçesi.....	5
2.2 Fotovoltaik Hücrelerin Yapısı ve Çalışma Prensipleri.....	8
2.3 Fotovoltaik Hücre Çeşitleri .....	10
2.3.1 Kristal Silisyum .....	10
2.3.1.1 Tek Kristalli Silisyum Hücreler.....	11
2.3.1.2 Çok Kristalli Silisyum .....	11
2.3.2 Galyum Arsenit (GaAs).....	12
2.3.3 İnce Film Hücreler.....	12
2.3.3.1 Amorf Silisyum .....	13
2.3.3.2 Kadmiyum Tellürid (CdTe).....	13
2.3.3.3. Bakır İndiyum Galyum ve Selenyum (CIGS) .....	14
2.3.4 Optik Yoğunlaştırıcı Hücreler.....	14
2.4 Fotovoltaik Sistem Yardımcı Elemanları.....	15
2.4.1 Regülatör .....	15
2.4.2 Aküler.....	16
2.4.3 İnvvertörler.....	16

2.5 Fotovoltaik Sistem Çeşitleri .....	16
2.5.1 Şebeke Bağlantılı Sistemler.....	17
2.5.2 Şebekeden Bağımsız Sistemler .....	17
2.5.3 Hibrit Sistemler .....	18
2.6 Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Alanları:.....	19
2.7 Fotovoltaik Panellerin Mimaride Kullanım Alanları .....	20
2.7.1 Çatıda Kullanımı .....	22
2.7.2 Cephede Kullanımı.....	24
2.7.3 Yapıdan Bağımsız Kullanımı .....	26

## **BÖLÜM ÜÇ - MEVCUT KONUT YAPILARINA SONRADAN UYGULANAN FOTOVOLTAİK PANEL ÖRNEKLERİ .....**

**28**

3.1 Eğik Çatıda Mevcut Yapıya Fotovoltaik Panel Uygulanan Örnekler:.....	29
3.1.1 MFH Amsterdam Sokağı, Sosyal Konutlar, Almanya .....	29
3.1.2 Grödig Huzurevi, Avusturya .....	31
3.1.3 Energossa Villası, Almanya .....	33
3.1.4 Belfast Sosyal Konutları, Kuzey İrlanda .....	34
3.1.5 Thüringerberg, Avusturya .....	35
3.1.6 Solbyen, Danimarka .....	37
3.1.7 Sol-300, Danimarka.....	39
3.1.8 Newbiggin Sosyal Konutları, Newcastle.....	40
3.1.9 Lekkerkerk'de Villa, Hollanda .....	42
3.1.10 Avusturya, Nutz Evi .....	44
3.1.11 Almanya, Klungler Evi.....	46
3.1.12 Eğik Çatı Üzerine Fotovoltaik Panel Uygulanan Örneklerin İrdelemesi ...	48
3.2 Düz Çatıda Fotovoltaik Panel Uygulanan Örnekler.....	51
3.2.1 OPHLM Montreuil Apartmanı, Fransa .....	51



3.2.2 Solgarden, Danimarka .....	53
3.2.3 Hazama-su Konutları, Nagoya, Japonya .....	55
3.2.4 Cambridge Sosyal Konutları, Birleşmiş Krallık.....	57
3.2.5 Huvudsta, İsveç .....	60
3.2.6 Düz Çatı Üzerine Fotovoltaik Panel Uygulanan Örneklerin İrdelemesi .....	62
3.3 Cephede Fotovoltaik Panel Uygulanan Örnekler.....	65
3.3.1 La Darnaise, Fransa .....	65
3.3.2 Wilmersdorfer Sokağı, Apartman, Almanya.....	67
3.3.3 Surieux-Echirolles Sosyal Evleri, Fransa .....	69
3.3.4 Cephe Üzerine Fotovoltaik Panel Uygulanan Örneklerin İrdelemesi .....	71
3.5 Bölüm Sonucu.....	76

## **BÖLÜM DÖRT - FOTOVOLTAİK PANEL SİSTEMİNİN İZMİR, SOYAK MAViŞEHİR TOPLU KONUTLARINA ENTEGRE EDİLMESİ .....**

**78**

4.1 İzmir İçin Genel Bilgiler .....	78
4.2 İzmir İli İçin Tasarım Verileri.....	79
4.3 İzmir'deki Konut Alanlarına Genel Bir Bakış: .....	82
4.4 Mevcut Konut Yapısına Fotovoltaik Sistem Entegre Edilmesi, Soyak Mavişehir Toplu Konutları.....	84

## **BÖLÜM BEŞ - SONUÇ.....**

**96**

## **KAYNAKLAR .....**

**98**

# BÖLÜM BİR

## GİRİŞ

### 1.1 Problemin Tanımı, Amacı, Kapsamı ve Yöntemi:

İnsanlar sanayi devrimi ile başlayan sanayileşme ve makineleşme sürecinde fosil yakıtlar gibi sınırlı ve yenilenemeyen enerji kaynaklarını hızla tüketmeye başlamış aynı zamanda bu kaynakların ağırlıklı olarak kullanılmasının etkisiyle küresel ısınma ve kirlilik artmış dünyadaki yaşamsal faaliyetleri etkileyecek bir boyuta ulaşmıştır. İnsanlar enerji ihtiyacını karşılamak için çevreye en az zarar verecek biçimde üretimi, iletimi, tüketimi sağlanabilen farklı kaynaklar aramaya koyulmuşlardır. Yenilenebilir enerji kaynakları kavramı da bu arayış sonucu ortaya çıkmıştır. Böylelikle insanlar rüzgar, su ve güneşten temiz ve yenilenebilir enerji üretmek için çalışmalara başlamıştır. Dünya da en fazla kullanılan kaynak petrol daha sonra kömür ve doğal gaz gelmektedir yenilenebilir enerji kaynakları en son sıralarda yer almaktadır. Bu enerji kaynaklarının kullanımının artması hem azalan fosil kaynaklara alternatif olabilecek hem de daha temiz bir dünya sağlayacaktır (Özdemir, 2012).

Güneşin mimarideki önemi büyüktür. Güneş ışınları yapıların iç mekanlarında iklim koşullarının değişmesine neden olur bu sebepten dolayı bir bina tasarlanırken bina kabuğundaki boşlukların boyutları ve hatta bu boşluklarda alınan önlemler bina mimarisi açısından önem kazanmaktadır. Bugüne kadar geliştirilen güneş enerjisi sistemleri en çok mimarlık alanında uygulama bulmuştur. Güneş enerjisinin yapılarda kullanımı uzun süreli çalışmalar sonucunda geliştirilmiş yeni yöntemleri içermektedir. Güneş enerjisinden yararlanmak için en basitinden en karmaşığına kadar bir çok yöntem vardır. Örneğin, güneşe bakan pencereler konması güneş enerjisinden en basit yararlanma biçimidir. Diğer bir yöntem de güneşten elektrik enerjisi elde eden fotovoltaik paneller, teknik olarak daha zor sistemlerdir. Bu sistemlerde önemli olan; güneş enerjisinin tutulması, tutulan enerjinin depolanması, enerjinin iç mekanlara aktarılması ve kullanılmasıdır. Güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda, bu sistemlere ilave sistemler ve enerji gerekir (Koçu ve Dereli, 2005).

Fotovoltaik hücreler farklı kaynaklarda güneş hücreleri yada güneş gözeleri, fotovoltaik paneller de güneş pilleri olarak geçmektedir. Tezin devamında konunun bütünlüğünün sağlanması açısından ve anlam karmaşasını önlemek amacı ile fotovoltaik hücreler, modüller ve paneller olarak tanımlanacaktır.

Fotovoltaik paneller, yenilenebilir enerji sistemleri arasında en önemlilerinden biridir. Bu paneller üzerlerine gelen güneş enerjisini soğurarak elektrik enerjisine dönüştürürler. Güneş enerjisinin sonsuz ve yaygın bir kaynak olması ve doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmesi hızla yaygınlaşmasının sebeplerindedir. Fotovoltaik panellerin modüler yapısı ve en düşük enerjiden en yüksek birime kadar kolaylıkla tasarlanıp uygulanabilmesi panellerin en önemli özelliklerindedir.

Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde yeni yapılaşmadan çok mevcut yapıların korunması ve geliştirilmesi söz konusu olduğundan güneş panellerinin mevcut yapılara entegre edilip kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Türkiye’de de özellikle yapı yoğunluğu fazla olan büyük şehirlerde mevcut yapı bloklarının korunması ve geliştirilmesi adına yine bu şekilde uygulamalar yapılması gerekmektedir. Tasarım aşamasından itibaren yapının bir parçası olarak fotovoltaik panellerin öngörülmesi ile yapı kabuğunun fotovoltaik panellere göre şekillenmesi söz konusu olacak, paneller tasarımıda önemli bir rol oynayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, dünya üzerinde birçok ülkede kullanılan fotovoltaik panel sistemlerinin bina kabuğunun hangi bölgesine entegre edilirse daha verimli olacağını bulmak ve İzmir örneği üzerinden ülkemizde kullanımının mümkün ve uygun olduğunu göstermektir.

Çalışmanın kapsamı, dünya örnekleri üzerinden verilen mevcut konut yapıları doğrultusunda İzmir ili için örnek seçilmiştir. Bu örnek seçilirken, İzmir'deki mevcut konut yapısı incelenmiş ve dünya örneklerinden malzemenin bina kabuğuna entegrasyonunun en verimli uygulama yeri bulunmuştur. İzmir ili için en uygun konut tipi, toplu konut olarak bulunmuş bu doğrultuda Soyak Mavişehir toplu konutları seçilmiştir. Bu örnek üzerine fotovoltaik panel sistem entegre edilmiştir.

Çalışmanın yöntemi, malzemenin tanıtımı yapılmış, dünya üzerinde mevcut yapılara uygulanan fotovoltaik panel sistemleri incelenmiş ve bu sistemler üç ana başlık altında, eğik çatı, düz çatı ve cephe uygulamaları olarak toplanmıştır. Bu uygulama yerlerinin en verimlisi seçilmiş, daha sonra İzmir Karşıyaka'da Soyak Mavişehir toplu konutlarına PVSYST programı yardımı ile fotovoltaik panel sistemi uygulanıp verimliliği hesaplanmış ve dünya üzerindeki örneklerle karşılaştırılması yapılmıştır.

## BÖLÜM İKİ

### FOTOVOLTAİK PANELLERİN TANITILMASI

Fotovoltaik hücreler, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücrelerinin yüzey alanları genellikle 100 santimetrekare civarında, kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [YEGM], 2012).

Fotovoltaik hücreler üretim malzemelerine göre farklı türlere ayrılmıştır, bunlardan en çok kullanılanları tek kristalli silisyum hücreler ve çok kristalli silisyum hücrelerdir. Fotovoltaik hücrelerin temel malzemesi silisyumdur. Bu malzemeler o kadar ince ve kırılğan bir yapıya sahiptir ki tek başlarına kullanılmadıkları için, farklı malzemeler ile birlikte kullanılmaktadırlar. Önlerine güneş ışığının hücrelere ulaşabilmesi için şeffaf, geçirgen ve yansımayı önleyici bir malzeme olan cam gelir. Hücrelerin altına yalıtım malzemesi, yalıtım malzemesinin altına ise taşıyıcı levha gelmektedir. Bağlantı noktalarının, kenarlarının ve köşe noktalarının da her türlü hava şartlarına dayanabilecek su geçirmeyecek şekilde yalıtımının yapılması gerekmektedir.



Şekil 2.1. Fotovoltaik paneller (Solarwind, bt.)

Fotovoltaik hücreler, fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir (YEGM, 2012).

Güneş enerjisi, fotovoltaik hücrenin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda fotovoltaik hücre birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç watt'tan megawatt'lara kadar sistem oluşturulur (YEGM, 2012). Fotovoltaik hücreler sadece elektrik enerjisi üretebilirler depolama özellikleri yoktur. Depolama yapabilmek için akülere ve evlerimizde günlük kullanım için dönüştürücülere ihtiyaç duyulmaktadır.

Fotovoltaik panellerle elektrik enerjisi üretimi çok avantajlıdır. Sistemin istenilen yerde kurulabilmesi sayesinde üretilen elektrik enerjisi, ek bir iletim masrafına gerek duymadan enerji kaybını da minimumda tutarak kullanılabilir. Sistemin bakımına ek bir masraf harcanmaz sadece tozlandığı zaman silinmesi yeterlidir. Hem ses kirliliği hem de hava kirliliği yaratmayan bir sistemdir.

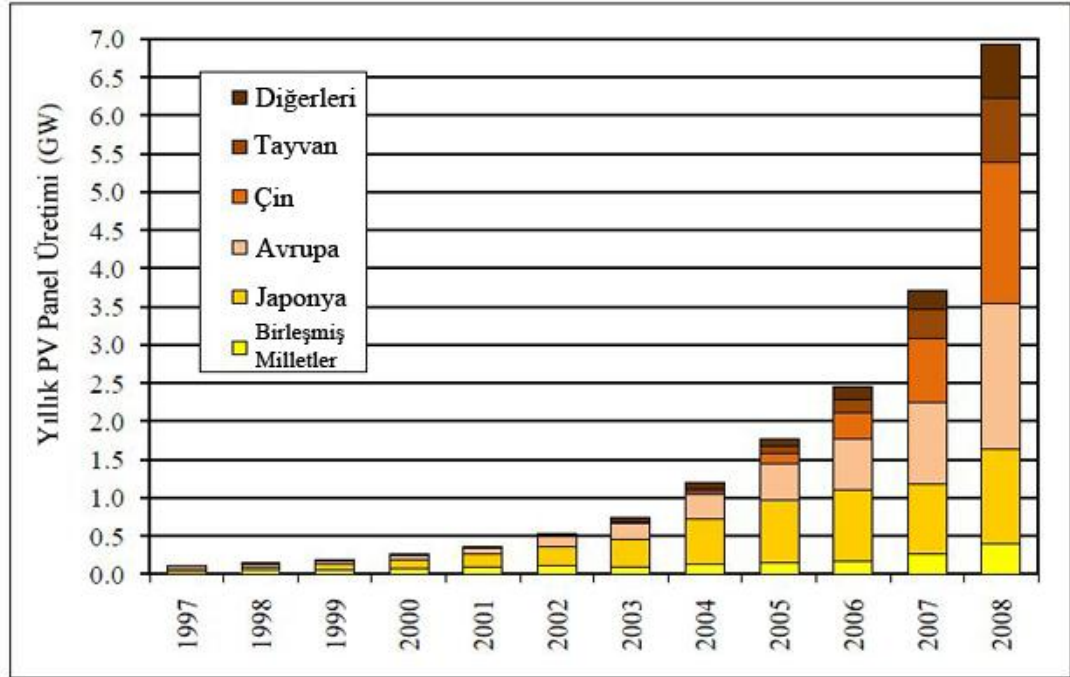
## **2.1 Güneş Pillerinin Tarihçesi**

Fotovoltaik malzemenin ilk ortaya çıkışı 1839'da olmuştur. O yıl Fransız fizikçi Alexandre-Edmond Becquerel fotovoltaik etkiyi keşfetmiştir. Fotovoltaik etki, birbirine eklenmiş iki değişik malzemenin, üzerine ışık ya da başka bir ışınım enerjisi düşürüldüğünde, elektrik pili davranışı göstermesidir. Becquerel, elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek fotovoltaik etkiyi bulmuştur (Altın, 2004).

Önceleri fotovoltaik hücrelerin verimi %1 dolaylarındayken, 1954 yılında Bell laboratuvarlarında silisyum fotovoltaik hücrelerinin geliştirilmesi sonucu verimlilikleri arttırılmış ve %6'lara kadar yükselmiştir (Özgöçmen, 2007). Fotovoltaik panellerin maliyetlerinin fazla olmasından ve verimlerinin düşük

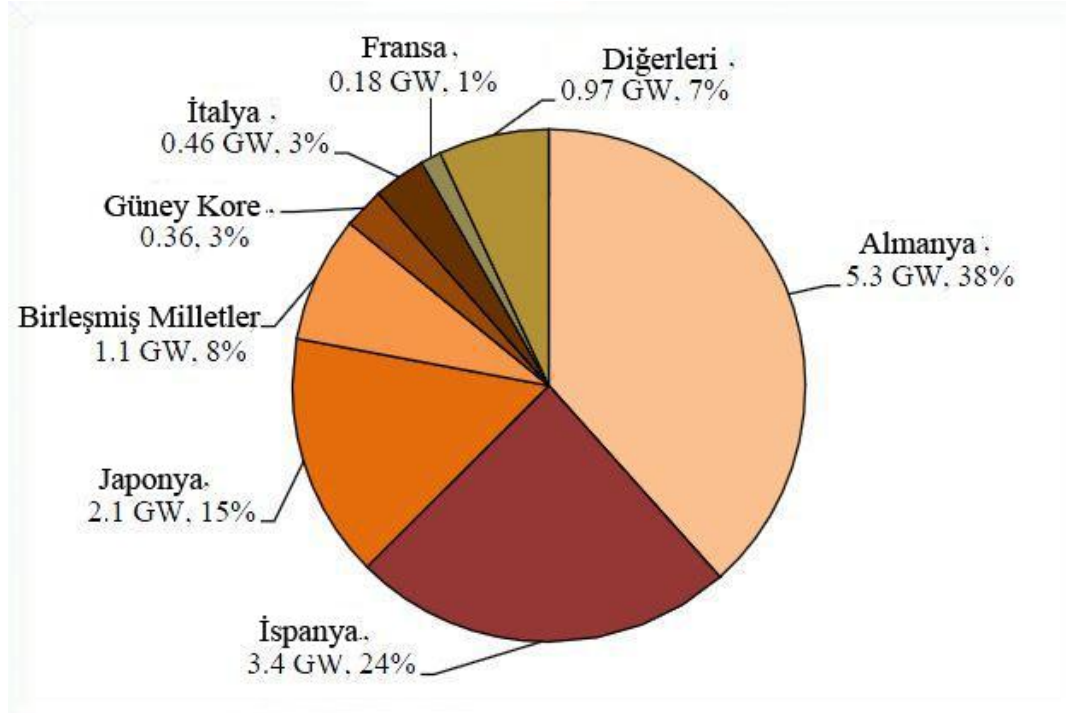
olmasından dolayı ilk dönemlerde uzay teknolojisinde uydu araçlarında kullanılmaya başlanmıştır. 1974 yılındaki petrol krizinden sonra alternatif enerji kaynaklarına daha fazla ihtiyaç duyulmuş, bunun sonucu olarak, fotovoltaik hücre verimliliği daha da geliştirilerek 80'li yıllardan itibaren binalara entegre edilmeye başlanmıştır.

Tablo 2.1 2008 yılına kadar, ülkelerdeki PV panel üretimi (Energy Efficiency & Renewable Energy [EERE], 2010)



PV panel üretimlerinin üniversitelerden büyük şirketlerin eline geçmesi ile hücre verimlilikleri daha da artmış, pazardaki rekabetten dolayı da üretim fiyatları düşmektedir. Böylelikle fotovoltaik sistemler için panel maliyeti ve işçilik maliyeti dışında hiçbir maliyet olmadığı için fosil kaynaklara göre uzun vadede çok daha ekonomik olacaktır. 2008 verilerine göre fotovoltaik panel üretimde Avrupa ülkeleri ve Çin başı çekmektedir (U.S. DOE's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy [EERE], 2010).

Tablo 2.2 2008 yılında Dünya üzerindeki fotovoltaik panel kapasitesi (EERE, 2010)



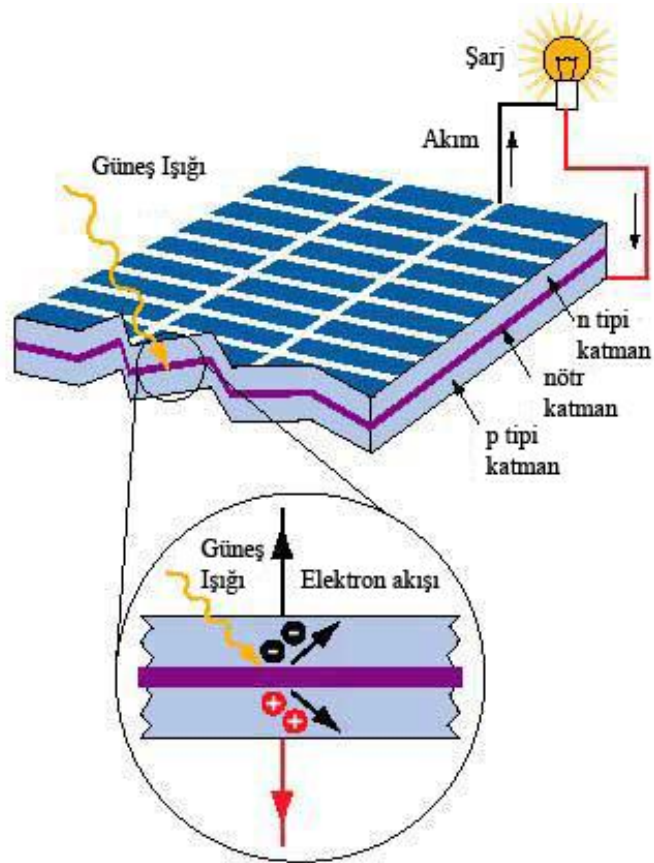
2008 yılı verilerine göre dünya üzerinde kurulu olan fotovoltaik panel kapasitesi toplam 13,9 GW olarak ölçülmüştür. Tablo 2.2'de görüldüğü gibi fotovoltaik panel kapasitesi 5,3 GW ile Almanya en fazla kapasiteye sahiptir, daha sonra 3,4 GW ile İspanya ve 2,1 GW ile Japonya gelmektedir (EERE, 2010).

Günümüzde fotovoltaik hücrelerin kullanım alanları çok geniştir. Otoyollardaki sinyalizasyonlarda, birçok elektronik cihazlarda, tekstil ürünlerinde, su pompaları ve şamandıralarda, kırsal alanlardaki yerleşim birimlerinde, konutlarda ya da topluma ait binalarda kullanılmaktadır. Dünya üzerinde tüketilen enerjinin büyük bir bölümünün insanların aktif olarak kullandığı yerler olan konutlar, iş yerleri ve ticari yapılar olması sonucu olarak fotovoltaik panellerin mimaride kullanımı daha yaygındır. Ülkemizde de kullanımı bu yönde artırılarak ülke ekonomisine ciddi ölçüde katkı sağlanabilir.



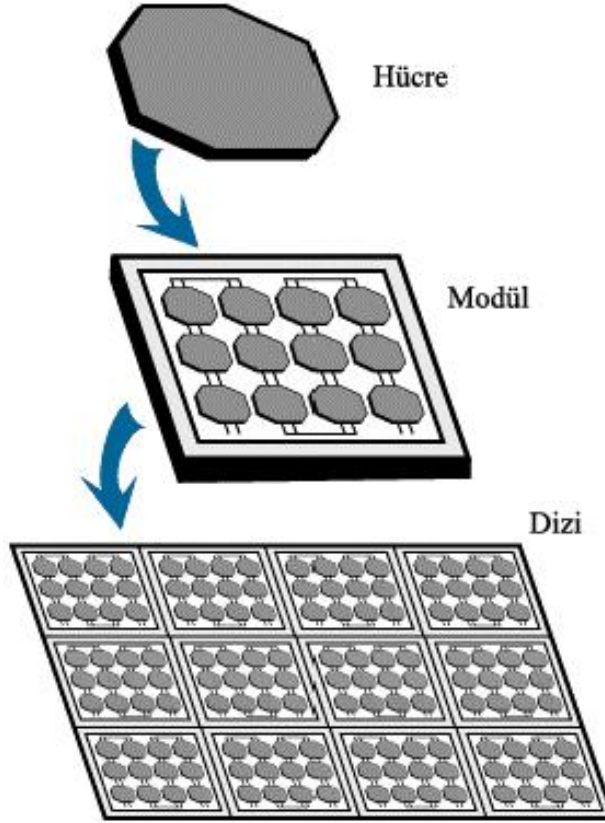
## 2.2 Fotovoltaik Hücrelerin Yapısı ve Çalışma Prensibi

Fotovoltaik hücreler, yarı-iletken maddelerden yapılırlar. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında fotovoltaik hücre yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir. Fotovoltaik hücreler en az iki katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlardan üstte olan n-tipi katman alttaki katman da p-tipi katmandır. N tipi katmanların atomlarının dış yörüngesinde 5 elektron bulunur p-tipi katmanların dış yörüngesinde ise 3 elektron bulunmaktadır. Güneş ışığının n-tipi katmana gelmesi ile bazı ışık fotonları emilerek n-tipi katmandaki elektronların dış devreden p-tipi katmana doğru akmasını sağlar. Böylelikle doğrusal elektrik(DC) akımı oluşmaktadır (YEGM, 2012).



Şekil 2.2 Fotovoltaik hücrelerin çalışma prensibi (Rids-Nepal, 2012)

Doğrusal elektrik akımının voltajını kontrol etmek amacı ile regülatör elektriği depolayabilmek için aküler ve doğrusal elektrik akımını alternatif akıma çevirmek için invertörler sisteme eklenebilir.



Şekil 2.3 Fotovoltaik hücre modül ve dizi gösterimi.  
(National Aeronautics and Space Administration,  
[NASA], 2002)

Şu anda en yaygın kullanılan fotovoltaik hücre türü silisyum bazlı hücrelerdir. Hücreler güneş ışığına maruz kaldıklarında DC elektrik akımı oluştururlar. Hücreler üzerine gelen güneş ışınımı ne kadar artarsa, verim de o kadar artar. Fotovoltaik hücrelerde verimin maksimum derecede sağlanabilmesi için güneş ışınımının dik açısı ile hücreler üzerine gelmesi gerekmektedir. Genellikle kullanılan silisyum bazlı fotovoltaik hücre tipleri tek kristalli, çok kristalli ve ince film silisyum hücrelerdir. Tek bir hücre boyutu genellikle 100mmx100mm'dir. Hücreler modülleri oluşturmak üzere bir araya getirilir. Modüller ise dizileri oluştururlar.

## 2.3 Fotovoltaik Hücre Çeşitleri

Fotovoltaik hücre yapımında çeşitli maddeler kullanılmaktadır. Bu maddeler yarı iletken maddelerdir. Aşağıdaki tabloda çeşitli malzeme ve yapıda güneş hücrelerinin laboratuvar ortamlarındaki verimleri gösterilmiştir.

Tablo 2.3 Fotovoltaik hücre verimlilikleri (Özdoğan, 2005)

Fotovoltaik hücre cinsi	Alan cm <sup>2</sup>	Verimlilik %
Tek Kristalli Silisyum	4,00	24
Çok Kristalli Silisyum	21,2	17,4
Amorf Silisyum	1	14,7
Cu/In, GaSe <sub>2</sub>	0,4	17,7
CdTe/CdS		15.8
GaAs Tek Kristal	1	23,9

### 2.3.1 Kristal Silisyum

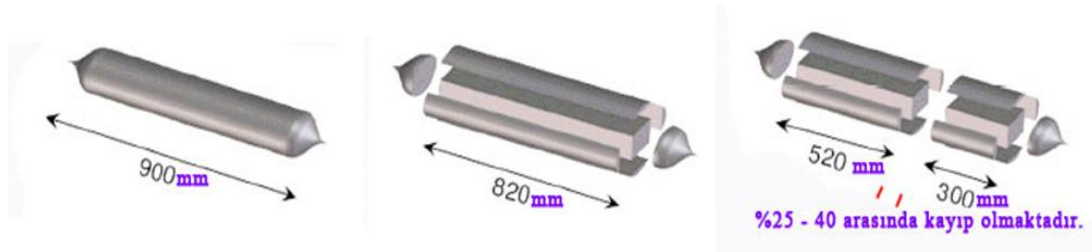
Dünya üzerinde en çok kullanılan ve 2011 yılında dünya pazarında %87 ile en çok bulunan fotovoltaik hücre çeşididir (EERE, 2012). İki tip kristal silisyum hücre vardır. Biri tek kristalli silisyum hücreler diğeri ise çok kristalli silisyum hücrelerdir.



Şekil 2.4 Tek kristalli silisyum fotovoltaik paneller (Horizon Renewables, 2010)

### 2.3.1.1 Tek Kristalli Silisyum Hücreler

Tek kristalli silisyum hücrelerde kristal büyütme işlemleri “Czochralski”, “Float-zone” ya da “Ribbon” metodu ile yapılır ve ortaya çıkan silindirik şeklindeki tek kristalli silisyum külçeleri "wafer" yöntemi ile 0,2 - 0,3 mm kalınlığında ince ince dilimlenerek hücreler elde edilir. Bu teknik ile kesilen silisyum külçelerdeki malzeme kaybı % 40'ları bulmaktadır. Bu da malzemenin maliyetinin yükselmesine sebep olur. Tek kristalli silisyum hücrelerin laboratuvar şartları altında verimi % 24 iken, uygulanan modüller de ise verimliliği % 15 civarındadır (Koç, Karakaya ve Altun, 2007).



Şekil 2.5 Silisyum külçe kesilirken meydana gelen malzeme kayıpları (Unienerji, 2009)

### 2.3.1.2 Çok Kristalli Silisyum

Çok kristalli silisyum hücreler tek kristallilere göre daha az verimli buna karşılık daha az maliyetli hücrelerdir. Verimleri laboratuvar şartları altında %18'leri bulmaktayken, uygulamalarında ölçülen değer %14'ler civarındadır. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen çok kristalli silisyum fotovoltaik hücreler ise daha ucuza üretilmekte olup malzeme kaybı tek kristalli silisyum hücrelere göre yok denecek kadar azdır (YEGM, 2012).



Şekil 2.6 Çok kristalli silisyum panel uygulaması (One Block off the Grid, bt.)

### 2.3.2 *Galyum Arsenit (GaAs)*

Bu malzemeyle laboratuvar şartlarında %25 ve %28 (optik yoğunlaştırıcılı) verim elde edilmektedir. Diğer yarı iletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemli GaAs hücrelerde %30 verim elde edilmiştir. GaAs fotovoltaiik hücreler uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcılı sistemlerde kullanılmaktadır (YEGM, 2012).

### 2.3.3 *İnce Film Hücreler*

İnce film hücreler kullanılan malzemenin ve işçilik maliyetinin azalması için geliştirilmiş bir teknolojidir. İnce film hücreler cam, paslanmaz çelik, plastik gibi altlık olarak kullanılan malzeme üzerine yarı iletken malzemenin ince bir tabaka halinde kaplanması ile oluşurlar. Bu biriken malzeme genellikle çok kristalli malzemelerdir. Bu yarı iletken malzemeler milimetrenin binde biri ila milyonda biri arasında değişen ölçülerde damarlara sahiptir. En çok kullanılan ince film hücreler amorf silisyum, kadmiyum tellürid (CdTe) ve bakır indiyum diselenid (CuInSe<sub>2</sub>)'tir (Sick ve Erge, 1996).



Şekil 2.7 İnce film fotovoltaik panel uygulaması (One Block off the Grid, bt.)

### 2.3.3.1 Amorf Silisyum

En eski ve en çok bilinen ince film hücrelerdir. Soğurma katsayısı çok büyüktür  $250\text{C}^\circ$  altında geniş yüzeylere uygulanabilir. Amorf silisyum hücrelerden elde edilen verim laboratuvar şartları altında %10 dolayında, gerçekleştirilen uygulamalarda ise %5-7 civarındadır. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum fotovoltaik hücrelerin bir başka önemli uygulama sahası olan mimaride, bina dış yüzeyleri hangi formda olursa olsun kaplanarak tasarım özgürlüğü sunmakta olup hem enerji üretimi hem de bina yalıtımı sağlamaktadır (YEGM, 2012).

### 2.3.3.2 Kadmiyum Tellürid (CdTe)

CdTe, elektronik yapısı güneş ışığı tayfına en uygun yarıiletkenlerden biridir. Genellikle CdS (kadmiyum sülfür) ile birlikte kullanılır. CdS ışığı kolay geçirdiğinden pencere görevi görür. Ayrıca CdS/CdTe eklemi akım oluşması için gerekli elektrik potansiyelini sağlar. Bu tür fotovoltaik panellerde verim değerleri % 11'e ulaşırken, panel maliyeti dünyadaki tüm teknolojiler arasında en düşük düzeye inmiştir (Parlak ve Turan, 2011).

CdTe bir çok bakımdan fotovoltaik hücre olarak kullanıma uygundur. Hücrenin yapısı ışığın güçlü bir şekilde soğurulmasını sağlar ve üretimi kolaydır. Basit

biriktirme ve kaplama yöntemleri ile üretilir, bunun yanında en güçlü güneş dalga boyuna uyumlu bir malzemedir (Parlak ve Turan, 2011).



Şekil 2.8 Kadmiyum Tellürid fotovoltaiik Panel (GE Energy, 2012)

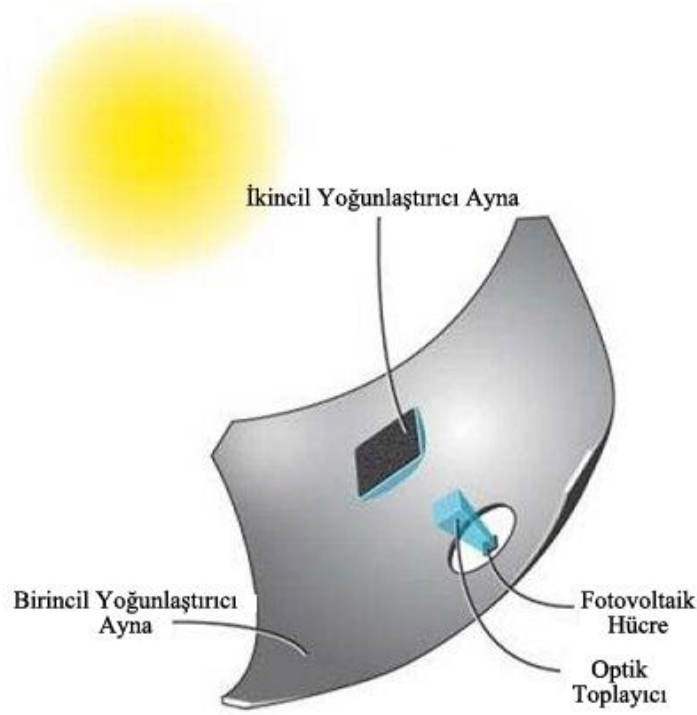
#### *2.3.3.3. Bakır İndiyum Galyum ve Selenyum (CIGS)*

4 adet elementten meydana gelen bu yarı iletken hücre en verimli ince film hücredir. CdTe fotovoltaiik hücrelere en yakın rakip olarak gözükmemektedir. Yüksek soğurma katsayısına sahiptir ve güneş enerjisi için uygun özellikler göstermektedir. Üretimi zor olmakla beraber farklı yöntemlerle üretilebilir. Esnek yüzeyler üzerine uygulamak için uygundur, örneğin bir tekstil ürünü yüzeyine yada eğrisel çatı üzerine yapıştırma olarak kullanılabilir. Verimi %12 ila %13 arasında değişmektedir. Cu elementi yerine Ag elementi kullanılarak verim arttırılabilir (Parlak ve Turan, 2011).

#### *2.3.4 Optik Yoğunlaştırıcılı Hücreler*

Gelen ışığı yansıtıcılarla daha küçük başka bir yansıtıcıya toplayıp buradan fotovoltaiik panel üzerine yoğunlaştırılmış güneş ışığını verir. Bu tür sistemler az, orta ve çok yoğunlaştırılmış sistem olarak üçe ayrılır. Az yoğunlaştırılmış 2 ila 10 kat arası, orta yoğunlaştırılmış 10 ila 300 kat arası, çok yoğunlaştırılmış sistemde ise 300

kat üzeri oranla güneş ışığı yoğunlaştırılarak uygulanır. Bu tür sistemlerde soğutmak için yüksek kapasiteli ısı soğurucu sistemler gereklidir. Bu sistemin verimi laboratuvar ortamında % 40 olarak ölçülse de yakın gelecekte %50'lere çıkması beklenmektedir (Kurtz, 2008).



Şekil 2.9 Optik yoğunlaştırıcılı hücre çalışma prensibi (Squidoo, bt.)

## 2.4 Fotovoltaik Sistem Yardımcı Elemanları

Fotovoltaik sistem kurulurken bazen yalnızca fotovoltaik paneller yeterli olmaz ihtiyaç durumuna göre sisteme yardımcı elemanlar eklenebilir. Sistemin güneş ışığının olmadığı zamanlarda da kullanılabilmesi için akülere, akülerin ve sistemin aşırı elektrik yüklenmemesi için regülatörlere, genellikle şebekeden kullandığımız alternatif akımı sağlayabilmek içinse invertörlere ihtiyaç vardır.

### 2.4.1 Regülatör

Regülatörler fotovoltaik panelden sisteme ve aküye akan elektriği düzenler. Sisteme bağlanan güneş panelinden gelen gerilim regülatörlere gelir, buradan akım



voltaj düzenlenerek akülere yada kullanım için sisteme verilir. Fotovoltaik sistemde akünün fazla şarjda kalmasını yada akünün düşük voltajda çalışmasını engeller. Sistemi aşırı voltaj ve akımdan korur, oluşabilecek kısa devrelerde koruma sağlar. Sistem için en uygun regülatör, sistemdeki fotovoltaik panel gücüne bağlı olarak değişir ve seçilir (Özgöçmen, 2007).

#### **2.4.2 Aküler**

Fotovoltaik paneller ile üretilen enerjinin güneşin olmadığı zamanlarda da kullanılabilmesi için aküler gereklidir. Üretilen elektrik enerjisi DC akım olarak akülerde depo edilir. Aküler sistemin önemli bir parçası olup sistem gücüne ve kapasitesine göre seçilmeli bunun yanı sıra günlük elektrik kullanım miktarı hesaplanarak dikkate alınmalıdır. Akü kapasitesi hesaplanırken kapalı günler ve gece kullanımı için ek kapasite ne kadar gerekir, günlük harcanan miktar ve günlük depolanan miktar ne kadar olmalıdır, bunların önceden hesaplanması önemlidir. Akünün çalıştığı ortam sistemin ısınmaması açısından serin olmalıdır (Özgöçmen, 2007).

#### **2.4.3 İnvertörler**

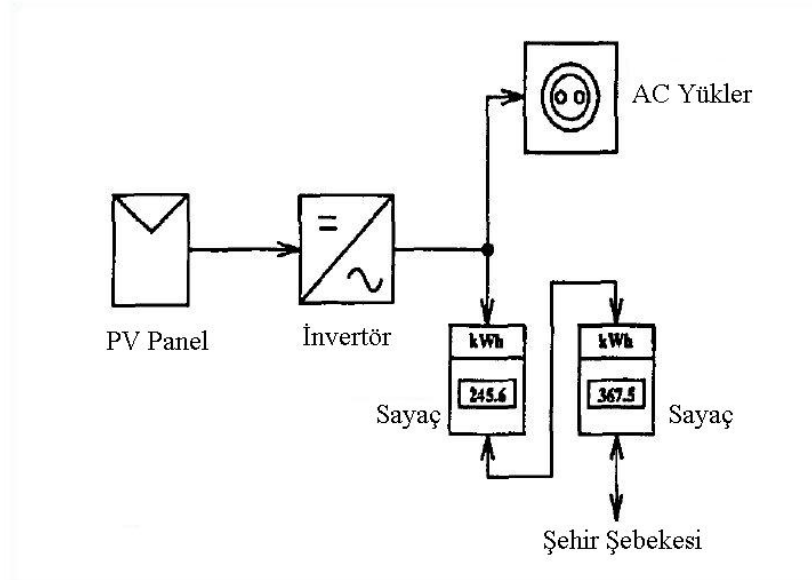
Fotovoltaik panellerde doğru akım üretilir. İnvertörler doğru akımı alternatif akıma dönüştüren cihazlardır. İnvertörler ile 12 V'luk bir akü kullanılarak evde kullandığımız 220 V AC gerektiren cihazları kullanabiliriz. Enerji kaynağı olarak DC besleme akımı kullanırlar. İnvertörler, kullanılacakları yere göre çok çeşitli tiplerde üretilmektedir. 12, 24, 48V DC küçük güçler için, 250-600V DC büyük güçler için giriş gerilim değerlerinde üretilirler (Özgöçmen, 2007).

### **2.5 Fotovoltaik Sistem Çeşitleri**

Fotovoltaik sistemler, fotovoltaik paneller, regülatörler, aküler ve de invertörlerden meydana gelen sistemlerdir. Bunlar üç çeşide ayrılmaktadır.

### 2.5.1 Şebeke Bağlantılı Sistemler

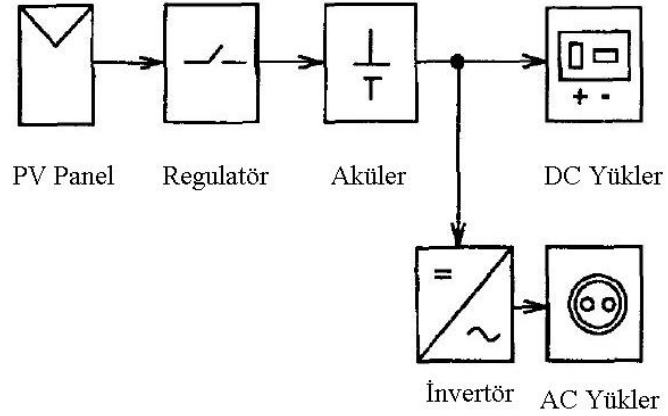
Bu sistemlerde iki alternatif vardır. Bunlardan biri sistem kendine yetecek enerjiden fazlasını üretirse üretilen enerjinin bir kısmı kendi akülerinde gece kullanımı için depolanır kalan kısmı ise şebekeye satılır, gün içinde yeterli enerji üretemez ise şebekeden gereken elektrik enerjisi temin edilir. Diğer bir seçenek, sistemde akü kullanılmaz ise gündüzleri üretilen enerji kullanılır, fazlası da şebekeye satılır, güneş ışığı olmayan zamanlarda ise elektrik, şebekeden kullanılır (Sick ve Erge, 1996).



Şekil 2.10 Şebeke Bağlantılı aküsüz fotovoltaik sistemin şematik olarak gösterimi (Sick, Erge, 1996)

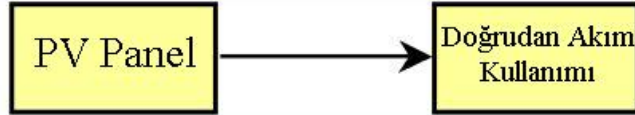
### 2.5.2 Şebekeden Bağımsız Sistemler

Bu sistemler şebekeye ulaşımın güç olduğu ya da masraflı olduğu yerlerde kullanılır. Şebekeden tamamen bağımsız olan bu sistemlerde depolama için aküler ve günlük kullanım için gereken alternatif akımı sağlayacak invertörler bulunabileceği gibi kullanıma bağlı olarak sadece akü yada sadece invertör de bulunabilir Şematik olarak gösterimi aşağıdaki resimde mevcuttur.



Şekil 2.11 Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemin şematik olarak gösterimi (Sick, Erge, 1996)

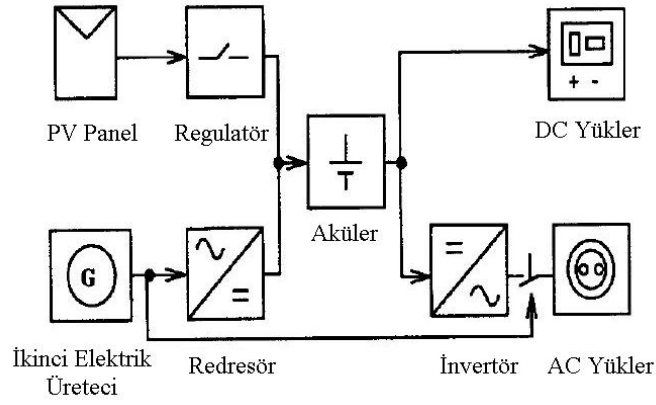
Bazı sistemlerde hiç bir yardımcı elemana gerek duymadan direkt yapılacak işe bağlantılı şekilde uygulanabilir. Sadece güneş ışığı varken çalışır, bu yüzden uygulama alanları kısıtlıdır. Daha çok sulama sistemlerinde uygulanmaktadır (Sick ve Erge, 1996).



Şekil 2.12 Doğrudan kullanılan sistemlerin şematik uygulaması (Florida Solar Energy Center, 2007)

### 2.5.3 Hibrit Sistemler

Hibrit sistemlerde fotovoltaik panel sistemi dışında farklı en az bir elektrik üretici daha bulunur. Bu kullanılan ikinci sistem yine bir yenilenebilir enerji kaynağı ya da geleneksel enerji kaynağı olabilir. Bu sistemlerde farklı olarak redresör mevcuttur, ikinci bir üreteçten doğrudan üretilen alternatif akımı akülerde depolayabilmek için doğrusal akıma dönüştürmek gerekmektedir, bunu sağlayan cihazlara redresör denir (Sick ve Erge, 1996).



Şekil 2.13 Hibrit sistemin şematik olarak gösterimi (Sick, Erge, 1996)

## 2.6 Fotovoltaik Sistemlerin Kullanım Alanları:

Fotovoltaik sistemler 1980'li yıllara kadar gerek verimlerinin çok düşük olması, gerekse maliyetlerinin yüksekliğinden dolayı çoğunlukla uzay uygulamalarında kullanılmıştır. Uzay teknolojisinde uzaya gönderilen uyduların enerji ihtiyaçları fotovoltaik paneller sayesinde karşılanabilmektedir. Daha sonra gelişen teknoloji ile fotovoltaik panellerin verimleri artmış ve maliyetleri düşmüş olup bu sistemlerin günümüzde birçok alanda kullanımı mümkün olmuştur. Aydınlatmada, su pompalama sistemlerinde, arıtmalarda, karayollarında sinyalizasyonlarda, tekstil ürünlerinde, tıbbi cihazlar da dahil olmak üzere birçok elektronik cihazlarda kullanılmaktadır.



Şekil 2.14 Uzay teknolojisinde fotovoltaik sistem uygulamaları (Solarking, bt.)

Birkaç uygulama alanına örnek vermek gerekirse, su pompalama sistemi olarak küçük ölçekli sulamada kullanılabilir. Böyle bir uygulama Atatürk Orman Çiftliğinde kurulmuş olup sistemin toplam fotovoltaik panel gücü 616 Wp'dir, sistemde invertör ve dalgıç pompa bulunmaktadır. 2 yıl işletilmiş olan bu sistem bir kuyudan 7 m derinliğe daldırılan dalgıç pompa yardımıyla yılda yaklaşık 11000 m<sup>3</sup> su pompalamıştır (YEGM, 2012).

Bir diğer uygulama da ise sistem gücü 106 Wp olan gün boyunca güneş enerjisinden üretilen elektrik ile akü şarj edilerek, geceleri aydınlatma için kullanılmaktadır. Bu birimlerden 2 tanesi Ankara AOÇ Atatürk Evi önünde, 2 tanesi Didim Güneş ve Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi'nde, 1 adeti EİE Genel Müdürlük Binası girişinde kurulmuş ve işletilmiştir (YEGM, 2012).



Şekil 2.15 Atatürk Orman Çiftliğinde ki su pompaj sistemi (YEGM, 2012)

## 2.7 Fotovoltaik Panellerin Mimaride Kullanım Alanları:

Fotovoltaik paneller mimaride yapı malzemesi olarak yapının bir çok farklı bölümüne entegre edilebilmektedir. Fotovoltaik panellerin binaya entegrasyonuna tasarım aşamasında karar verilebileceği gibi mevcut bir yapıya sonradan entegre de edilebilmektedir. Fotovoltaik paneller çerçeve sistem olarak yada yapıştırma olarak

uygulanabilir. Çerçeve sistemlerde fotovoltaik paneller alüminyum bir çerçevenin içine yerleştirilir, bu sistem klipslerle çerçeve içine yerleştirilir yada silikonla levhalara yada çerçeveye yapıştırılır ve bu şekilde bina yüzeyine monte edilir. Panellerin geçirgen olması isteniyorsa fotovoltaik hücreler iki cam arasına lamine edilerek de kullanılabilirler (Çelebi, 2002). Bu sistemler yapı kabuğundaki mevcut bir malzemeye silikon ile yapıştırma olarak da kullanılabilir bunun için ince film malzemeler uygundur.

Fotovoltaik panel türüne ve uygulama şekline göre yapı kabuğuna yapıştırma olarak uygulanabileceği gibi Şekil 2.16'da görüldüğü üzere, ayrı bir strüktür üzerine çerçeve sistem olarak da entegre edilip yine mevcut yapı kabuğuna monte edilebilir yada ikinci bir strüktür sistemi ile cephe oluşturulup bu cephe üzerine monte edilerek kullanılabilir. Buna karşılık tasarım aşamasında yapılan uygulamalar mimara daha çok özgürlük vermekte olup fotovoltaik panelleri tasarımın bir parçası olarak kullanılmasına olanak sağlanmaktadır. Yapı kabuğuna ikinci bir yapı malzemesi olarak entegre etmek yerine kabuğun kendisi olarak da işlevini yerine getirebilmektedir.



Şekil 2.16 İnce film fotovoltaik panellerin uygulaması (Interledlight, bt.)

Fotovoltaik paneller mimaride kullanılırken de fotovoltaik sistemin genel prensiplerine uyulması gerekmektedir. Malzemenin güneş ışığını maksimum derecede alabilmesi verimi açısından önemlidir. Bunun için fotovoltaik paneller kuzey yarım kürede uygulanıyorsa güneye, güney yarım kürede uygulanıyorsa

kuzeye bakmalı ve uygulamanın bulunduğu enleme göre güneş ışınımının kaç derece açı ile geldiği hesaplanarak fotovoltaik paneller o açıya göre yerleştirilmelidir (Altın, 2004).

Yapı malzemesi olarak fotovoltaik panellerin kullanım alanları çatıda, cephede ve yapıdan bağımsız olarak üçe ayrılabilir bu ayrım Tablo 2.4'de görülmektedir.

Tablo 2.4 Mimaride fotovoltaik panellerin kullanım alanları

Çatıda Kullanımı	Çatı örtüsü olarak Çatı üzerine ek bir strüktür ile
Cephede Kullanımı	Cephe kaplaması olarak Giydirme cephe olarak Güneş kırıcı olarak
Yapıdan Bağımsız Kullanımı	Üst örtü olarak Bölücü duvar olarak Yapının bahçesinde serbest olarak

### 2.7.1 Çatıda Kullanımı:

Öncelikle çatının tanımını yapmak gerekirse çatı, bir binayı en üstten örten bir yapı elemanıdır. Bir binanın çatısı düz, eğik, katlanmış veya eğri yüzeyli olabilir (Türkçü, 2004). Bu tanıma göre çatılar biçimsel olarak dörde ayrılır.



Şekil 2.17 Fotovoltaik panellerin çatıda ışıklık olarak kullanımı - Cafe Ambiente, Bremen, Almanya (Pvdatabase, bt.)

Fotovoltaik paneller çatılara kaplama malzemesi olarak ve çatı üzerine ek bir strüktürle entegre edilerek kullanılırlar. Uygulama yapılacak çatıya göre ve kullanılacak fotovoltaik hücre türüne göre uygulama şekli değişir. Bunun yanında panellerin mevcut bir çatıya entegre edilmesi ile yapının tasarım aşamasında birlikte tasarlanıp entegre edilmesi arasında da uygulama farklılıkları oluşur. Paneller mevcut çatılara sonradan entegre edildiği zaman panel çeşidine göre çerçeve sistemli paneller ek bir strüktürle bu çatılara entegre edilir ya da ince film paneller çatı kaplaması üzerine yapıştırılarak uygulanabilir. Tasarım aşamasında entegre edilirse çatı malzemesi olarak hava şartlarından korunmayı sağlayacak şekilde çatı malzemesi yerine de kullanılabilir. Fotovoltaik hücreler iki cam arasına lamine edilerek çatı ışıklığı olarak da kullanılabilirler.



Şekil 2.18 Fotovoltaik panellerin eğik çatıda uygulaması, Almanya (Pvdatabase, bt.)

Mevcut çatı uygulamalarında çatı, eğik, katlanmış veya eğri yüzeyli ise genellikle çatının mevcut eğimi korunarak üzerine ince film fotovoltaik panel yapıştırma olarak kullanılır ya da çerçeve sistem fotovoltaik paneller çatı eğimi ile aynı eğimde yerleştirilir. Düz çatılarda güneş ışığından en uygun şekilde yararlanabilmek için çatı üzerine gün ışığını maksimum derecede alacak şekilde eğimi ayarlanmış çelik ayaklar üzerine, fotovoltaik paneller oturtulur. Düz çatılarda genellikle çerçeve sistem uygulanır.





Şekil 2.19 Düz Çatı üzerine fotovoltaik panel uygulaması, Avusturya (Pvdatabase, bt.)

### 2.7.2 Cephede Kullanımı:

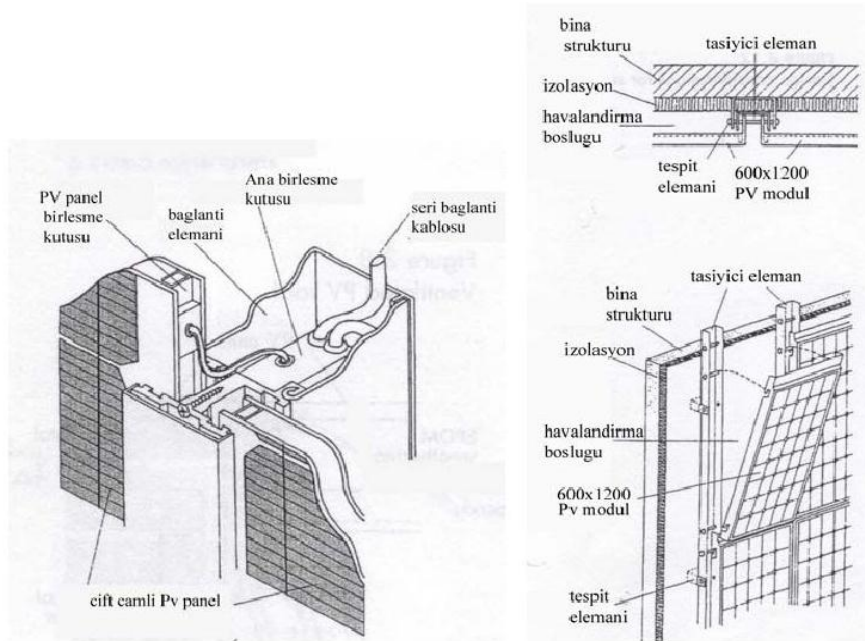
Cephenin tanımını yapmak gerekirse, temelde bir yapının dışa bakan ön yüzünü ifade eden terimdir. Yapının yan yüzleri ya da arka yüzü için de kullanılabilir.



Şekil 2.20 Cephede fotovoltaik panel kullanımı - La Vaguada ticari ve eğlence merkezi (Pvdatabase, bt.)

Cepheye entegre edilen fotovoltaik sistemler yapı kabuğuna çerçeve sistem ile monte edilerek ya da cephedeki mevcut malzeme üzerine yapıştırma ile uygulanabilirler. Bu şekilde cephe yüzeyine gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemler, genellikle mevcut yapıya entegre edilirken kullanılır. Diğer bir sistem ise genellikle tasarım aşamasında uygulanan yapı strüktürü üzerine yapı düşey kabuğu olarak entegre edilen giydirme cephe görevi gören sistemlerdir. Genellikle

tasarım aşamasında uygulanmasının sebebi fotovoltaik panellerin kendi başına cepheyi oluşturan malzeme olarak kullanılabilmesidir, sonradan entegre sistemlere uygulandığında ise mevcut kabuğun yıkım işlemi gerektiğinden dolayı maliyet olarak ekonomik değildir. Tasarım aşamasında cepheye uygulanması düşünülen fotovoltaik paneller, aslında bir bakıma bina kabuğunun şekillenmesini sağlar. Böylelikle panellerin verimi de sonradan entegre sistemlere göre daha fazla olur.



Şekil 2.21 Fotovoltaik panellerin cephe üzerine uygulama detayları (Thomas, 2001)

Yukarıda verilen resimdeki detaylarda görüldüğü gibi fotovoltaik paneller, ayrı taşıyıcı strüktür oluşturulup bu strüktür üzerine monte edilmiştir. Fotovoltaik panellerin bağlantı kabloları bu taşıyıcı elemanlar içerisinde geçmekte böylelikle kablolar dış etkilerden korunmaktadır. Fotovoltaik paneller uygulanırken arkalarında sistemin ısınmasını önlemek için hava sirkülasyonunun sağlanması açısından boşluk bırakılır.

Fotovoltaik paneller, yapı düşey kabuğunda cephede tasarlanan yardımcı elemanlar üzerine de monte edilebilir ya da o elemanın yerine kullanılabilir. Örnek vermek gerekirse bina cephelerinde hareketli güneş kırıcılar ya da balkon korkulukları olarak kullanılabilirler.



Şekil 2.22 Fotovoltaik panellerin cephede güneş kırıcı olarak kullanımı, Sağlık Merkezi, İspanya (Pvdatabase, bt.)

### **2.7.3 Yapıdan Bağımsız Kullanımı:**

Fotovoltaik paneller binanın çatısına ve cephesine entegre edilebileceği gibi yapıdan bağımsız olarak tasarlanan ayrı bir mimari öge de olabilirler. Bir bina girişinde üst örtü olarak tasarlanabileceği gibi bölücü bir duvar, yönlendirici bir eleman, ya da bir üst örtü olarak kullanılabilirler. Bunun dışında tamamen binadan bağımsız sadece elektrik enerjisi üretmek için ayrı bir strükture monte edilip kullanılabilirler.



Şekil 2.23 Fotovoltaik panellerin ses kırıcı olarak kullanımı, Hollanda (Pvdatabase, bt.)



Şekil 2.24 Fotovoltaik panellerin yapıdan bağımsız olarak uygulaması, Dernek binası, Avusturya (Pvdatabase, bt.)



Şekil 2.15 Fotovoltaik panellerin üst örtü olarak kullanımı, Vidurglass otoparkı, İspanya (Pvdatabase, bt.)

## **BÖLÜM ÜÇ**

### **MEVCUT KONUT YAPILARINA SONRADAN UYGULANAN FOTOVOLTAİK PANEL ÖRNEKLERİ**

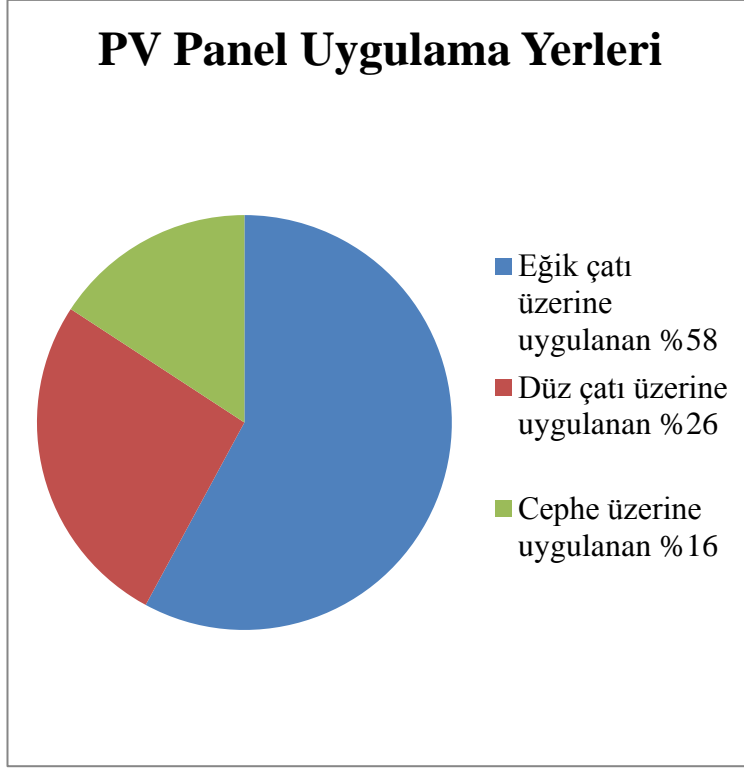
Bu bölümde dünya üzerinden seçilen mevcut konut yapılarına sonradan uygulanan fotovoltaik sistem örnekleri incelenecektir. İncelenen sistemlerinin birbirleri ile karşılaştırılması ve irdelenmesi yer alacaktır. Bu irdeleme eğik çatı, düz çatı ve cephe üzerine uygulamalar olarak üç bölüme ayrılacak daha sonra sistem güçleri ve sistem verimlilikleri açısından irdelenerek yapının hangi bölümüne uygulanan fotovoltaik sistemlerin daha verimli olduğu bulunacaktır.

Öncelikle mevcut konut binalarının uygulama yerleri, dünya üzerinde bulunduğu enlemler, uygulanan fotovoltaik panellerin türü, uygulama açısı, sistem gücü ve verimliliği, sistem maliyeti ile ilgili bilgiler verilecek. Yapılar, fotovoltaik panellerin uygulama yerlerine göre üçe ayrılıp grafiklere dönüştürülerek sistem gücü ve sistem verimliliği açısından irdelenecektir.

Toplam on dokuz adet konut yapısından oluşan bu incelemede on bir tanesi eğik çatı üzerine, dört tanesi düz çatı, üç tanesi cephe, bir tanesi ise hem düz çatı hem de cephe üzerine uygulanmış örneklerdir.

Bu bölümün amacı fotovoltaik panellerin yapının hangi bölümünde uygulanmasının daha verimli olacağını bulmak ve böylelikle bölüm dörtte İzmir üzerinde yapılacak uygulamanın, yapının hangi bölümünde uygulanacağına karar vermektir.

Tablo 3.1 İncelenen örneklerin uygulama yerleri.



### 3.1 Eğik Çatıda Mevcut Yapıya Fotovoltaik Panel Uygulanan Örnekler:

#### 3.1.1 MFH Amsterdam Sokağı, Sosyal Konutlar, Almanya

Almanya'nın Köln kentinde olan apartman üzerine uygulanan fotovoltaik panel sistem eğik çatı üzerine uygulanmış ve sistem çatının eğimine göre yerleştirilmiştir. Sistem sonradan entegre fotovoltaik sistemlere bir örnek olup şebekeye bağlı bir sistemdir. Sistemin tasarımı sayesinde sağlanan hava sirkülasyonu ile soğutulması sistemin verimliliğini arttırmış olup yıllık üretimi de yükseltmiştir (Pvdatabase, bt.).

2005 yılında uygulanan bu projede sistemin toplam gücü 27 kWp'dir. Çerçeve sistem kullanılan çok kristalli silisyum panellerin yıllık toplam üretimleri 25000 kWh'dir (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.1 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.2 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	MFH Amsterdam Sokağı, Sosyal Konutlar	<b>Ülke:</b>	Köln, Almanya
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2005	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	27 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	25000 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	50°57'0"K 6°58'0"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	
<b>Yönlenmesi:</b>		<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	2,7kWh/m <sup>2</sup> /gün 4,7 sa/gün

### 3.1.2 Grödig Huzurevi, Avusturya

Avusturya’da 2003 yılında 4 katlı olan sosyal evlerin eğik çatısı üzerine monte edilmiştir. L planlı olan yapının güney tarafına cephesi olan kolunun çatısı üzerine uygulanmıştır. Uygulanan sistemin toplam gücü 30 kWp’dır. Toplam 102 daireden oluşan yapıda daire başına 0,3 kWp PV panel düşmektedir. Çerçevesiz sistem çatı eğimine uygun şekilde yerleştirilmiştir. Sistemde çok kristalli silisyum paneller kullanılmıştır. Panellerin yıllık üretimi ölçülen değerlere göre 27.000 kWh’dır. (Pvdatabase, bt.)



Şekil 3.2 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.3 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Grödig Huzurevi	<b>Ülke:</b>	Salzburg, Avusturya
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2003	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel



Tablo 3.3'ün devamı binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>PV Sistem Gücü:</b>	30 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	27000 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	47°44'17"K 13°2'47"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	3,12 kWh/m <sup>2</sup> /gün 4,75 sa/gün



Şekil 3.3 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

### 3.1.3 Energossa Villası, Almanya

2006 yılında yapımına başlanan bu proje Almanya, Freiburg'da bir villanın eğik çatısı üzerine uygulanmıştır. Sonradan entegre olan bu sistemde toplam 11 kWp gücünde fotovoltaik panel kullanılmış olup bahçesinde bulunan serbest binadan bağımsız olarak ise güneş kolektörleri uygulanmıştır. Fotovoltaik panel olarak Kyocera firmasının panelleri kullanılmış ve invertör olarak da Sunways inverterleri seçilmiştir. Çok kristalli silisyum panel kullanılan sistem villanın güney tarafına uygulanmıştır ve toplam yıllık üretimi 10300 kWh'dir. Sistem şebeke bağlantılı bir sistemdir. (Pvdatabase, bt.)



Şekil 3.4 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.4 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Energossa Villası	<b>Ülke:</b>	Freiburg, Almanya
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2006	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel

Tablo 3.4'ün devamı binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>PV Sistem Gücü:</b>	11 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	10300 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	47°59'23"K 7°54'59"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	3,07 kWh/m <sup>2</sup> /gün 5,5 sa/gün

### 3.1.4 Belfast Sosyal Konutları, Kuzey İrlanda:

Kuzey İrlanda'da uygulanan bu projede mevcut kırma çatı üzerine fotovoltaik sistem uygulanmıştır. Toplam 3 bloktan oluşan projede toplam 30 daire bulunmaktadır. Öncelikle çatının panellerin yükünü taşıyacağı düşünülmüş olup tasarım yapıldıktan sonra bunun uzun vadede mümkün olmayacağı anlaşılmış uzun ömürlü bir sistem olması açısından çatı tekrar yapılmıştır. Uygulamada verimliliğin artması için binanın çatı izolasyonu yapılmış ve pencerelere çift cam takılmıştır.



Şekil 3.5 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Toplam 30 daire için 30 ayrı PV sistem bulunan projede güney yönüne bakan blok en küçük blok olup sadece 6 daire ve 6 sistem bu çatı üzerindedir ve diğer 24 sistem ise iki blok arasında paylaştırılmıştır. Panelleri bir kısmı güneye bir kısmı doğu ve batı yönlerine bakmaktadır. PV panel olarak BP firmasının fotovoltaiik hücreleri kullanılmıştır. Toplam 51 kWp gücüne sahip bu sistemin daire başına düşen PV panel gücü 1.7 kWp'dır. Sistemde tek kristalli silisyum paneller kullanılmış olup yıllık üretimi 36000 kWh'dır (Pvdatabase, bt.).

Tablo 3.5 Binada uygulanan fotovoltaiik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Belfast Sosyal Konutları	<b>Ülke:</b>	Kuzey İrlanda
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2003	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Tek Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	51 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	36000 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	54°34'35"K 5°53'30"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney, Batı ve Doğu	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	2,6 kWh/m <sup>2</sup> /gün 3,53 sa/gün

### 3.1.5 Thüringerberg, Avusturya

Bu proje Avusturya'nın batısında Vorarlberg şehrinde uygulanmıştır. Unesco önderliği ile gerçekleştirilen 6 projeden biri olan bu proje deniz seviyesinin 890 m üstünde uygulanmıştır. Bu bölgede 210 adet ev bulunmaktadır.

Projede fotovoltaiik panel kullanılan 17 bina vardır ve PV paneller bu binaların çatılarına entegre edilmiştir. Bu binaların 15 adeti konut biri ilkokul diğeri ise sosyal

merkez binasıdır. Bina başına panel gücü 8,5 kW'tır. Toplam 146 kW panel gücüne sahip olan bu sistem yılda 139,576 kWh enerji üretmektedir. Binalarda tek ve çok kristalli silisyum hücreler kullanılmış olup sistemin toplam maliyeti 1.000.000 Avro'dur (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.6 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.6 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Thüringerberg	<b>Ülke:</b>	Vorarlberg, Avusturya
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2000	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Tek ve Çok Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	146 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	139576 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	47°13'0"K 9°46'59"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	
<b>Yönlenmesi:</b>		<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	3,16 kWh/m <sup>2</sup> /gün 4,82 sa/gün



Şekil 3.7 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

### **3.1.6 Solbyen, Danimarka**

Danimarka'da gerçekleştirilen bu projede 30 evin çatısına PV paneller entegre edilmiştir. Bina çatılarına 10, 20 ve 30 metrekairelik PV modüller yerleştirilmiş olup 27 tanesi eğik çatıya bir tanesi bina cephesine ve iki tanesi de düz çatılı garaj çatısına uygulanmıştır.

Yapılan irdelemede PV panellerin güneye bakan çatılara ve 42 derece eğimle uygulanması gerektiği ortaya çıkmış fakat mevcut binaların çatısının eğimi 60 derece olduğundan optimum çözüm sağlanamamıştır. Bu sebeple tüm sistem üretebileceğinden %10 az üretim sağlamaktadır (Pvdatabase, bt.).

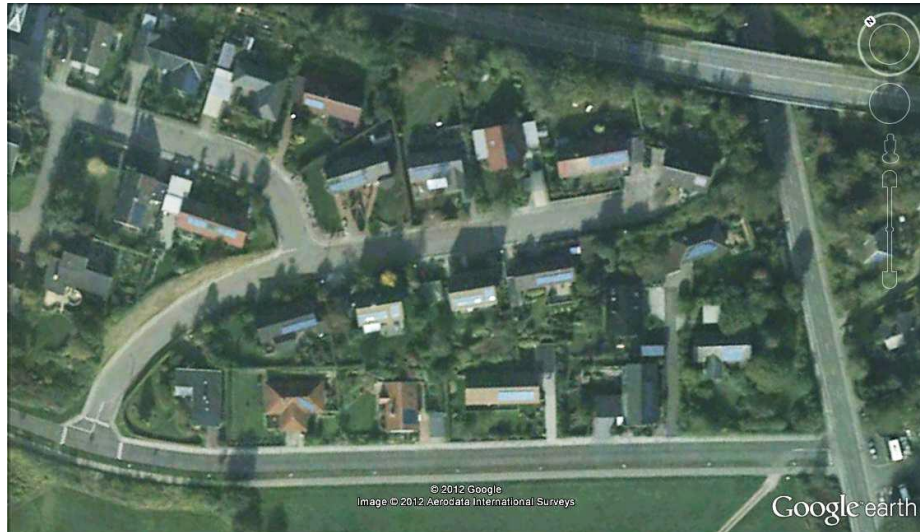
Bina başına fotovoltaik paneller 1 ila 3 kW güç kapasitesine sahip olup sistem toplam 60 kW güce sahiptir. Yıllık enerji üretimleri 48,000 kWh'tir. Bu projede çok kristalli silikon bazlı hücreler kullanılmıştır. Sistemin maliyeti kW başına 1072 Avro'dur. (Pvdatabase, bt.)



Şekil 3.8 Genel Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.7 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Solbyen	<b>Ülke:</b>	Danimarka
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	1997	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	60 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	48,000 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	55°57'58"K 9°36'13"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	42°
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney Batı	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	2,88 kWh/m <sup>2</sup> /gün



Şekil 3.9 Vaziyet Planı (Google Earth)

### 3.1.7 Sol-300, Danimarka

Danimarka da uygulanan bu proje 1998'de başlayıp 2001 yılına kadar sürmüştür. Bu bölgede 1960 yılında yapılan eski yerleşim yerleri ve 1980 yıllarında yapılan yeni yerleşim yerlerinin yanı sıra tatil alanları, teras evler ve köy evleri bulunmaktadır. PV panel sistemleri toplam 300 adet müstakil evin çatısına entegre edilmiş ve sistemlerin her biri 0,9 ila 6 kW arasında güç kapasitesine sahiptir. Tüm sistemin toplam enerji üretimi 637.500 kwh'dır (Pvdatabase, bt.).

Binalarda estetik kaygılar bir kenara bırakılıp optimum üretimin sağlanması ve minimum maliyet için güney yönüne bakan çatılarına genellikle 45 derece açı ile sistem yerleştirilmiştir. Fotovoltaik paneller, eğik çatı üzerine çelik profillerle monte edilmiştir. Çatılarda hem çok hem de tek kristalli fotovoltaik hücreler kullanılmış olup toplam maliyetleri 900.000 Avro'dur (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.10 Görünüş (Pvdatabase, bt.)



Tablo 3.8 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

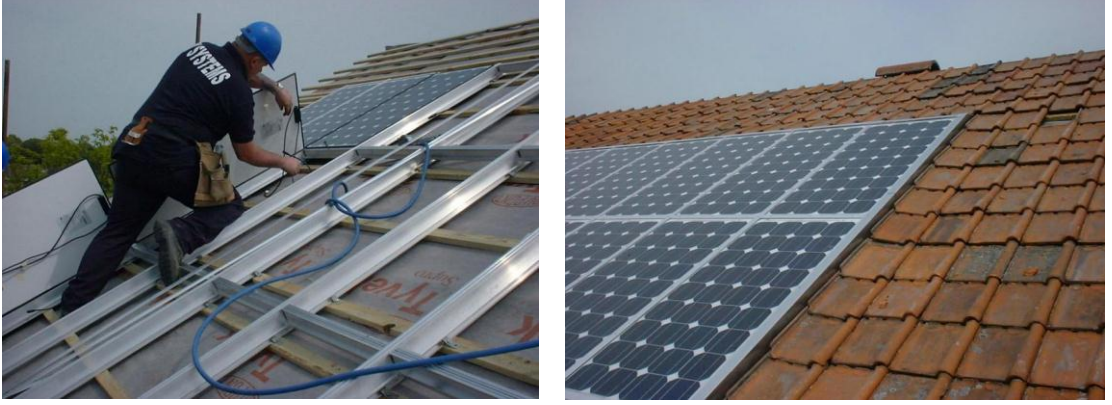
<b>Proje Adı:</b>	Sol-300	<b>Ülke:</b>	Danimarka
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	1998	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Tek ve Çok Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	750 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	637,500 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	56°0'0"K 10°0'0"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	45°
<b>Yönlenmesi:</b>		<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	



Şekil 3.11 Sol-300 evlerinden bir görünüş (Southern Taiwan University of Science and Technology, bt.)

### 3.1.8 Newbiggin Sosyal Konutları, Newcastle

Bina sosyal konut olarak kullanılmakta olup fotovoltaik paneller sonradan entegre edilmiştir. Apartman toplam 25 daireden meydana gelmektedir. PV panellerin toplam sistem gücü 38,25 kWp olarak hesaplanmıştır. Bütün sistemde 450 tane BP üretimli tanesi 85 Wp üreten modül kullanılmıştır. Yirmi beşe bölünen bu sistem her daireye ayrı ayrı paylaştırılmıştır. Panel yüzey alanı toplamda 290 metrekaredir. (Pvdatabase, bt.)



Şekil 3.12 PV paneller monte edilirken ve monte edildikten sonra görünüşü (Pvdatabase, bt.)

Sistem uygulanırken öncelikle eğik çatı üzerine su yalıtım malzemesi serilmiştir. Su yalıtımı üzerine ahşap kayıtlar yatay olarak koyulmuş ve onlar üzerine alüminyum panellerle çerçeveler oluşturulmuştur. Çerçevelerin aralarına PV paneller yerleştirilmiştir. Aşağıdaki Tablo 3.10'da 25 dairenin ayrı ayrı elektrik tüketimleri ve sistemlerin elektrik üretimleri gösterilmektedir.

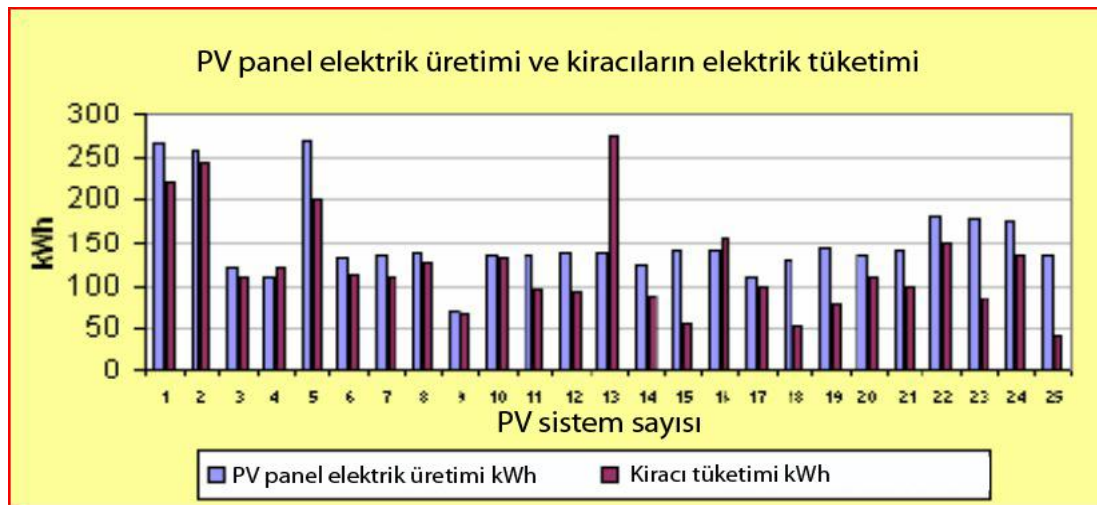


Şekil 3.13 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.9 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Newbiggin Sosyal Konutları	<b>Ülke:</b>	Newcastle, İngiltere
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2004	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Tek Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	38,25 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	26,316 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	54°59'20"K 1°39'37"B	<b>Uygulama Açısı:</b>	45°
<b>Yönlenmesi:</b>		<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	2,85 kWh/m <sup>2</sup> /gün 3.64 sa/gün

Tablo 3.10 PV paneller monte edilirken ve monte edildikten sonra görünüşü (Pvdatabase, bt.)



### 3.1.9 Lekkerkerk'de Villa, Hollanda

Hollanda'nın Lekkerkerk şehrinde bulunan villanın çatısına fotovoltaik panel uygulaması yapılmıştır. 1993'te entegre edilen bu sistem toplam 33.5 metrekaredir. İki senenin ardından enerji üretim miktarı gözlemlenmiş olup beklenenden daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Bunun nedenlerinden birisi de inverterlerin bağlantı şekli olup invertörlerin gerektiği şekilde bağlanılmadığı görülmüştür. Çatıda konsept

olarak İsviçre kiremitleri kullanılmıştır. Fotovoltaik modüller bu kiremitlerin ölçeğine uygun olarak üretilmiştir. 90 adet güneş paneli iki adet inverter aracılığı ile birbirine bağlanmıştır. PV paneller çatının güney kısmına 28 derece açı ile yatay bir şekilde yerleştirilmiştir.

Toplam sistemde 2.85 kWp fotovoltaik panel olup çok kristalli silisyum kullanılmıştır. Sistemde iki adet inverter kullanılmıştır. Sistemin toplam maliyeti 53.546 Avro olup sadece PV panellerin maliyeti ise 33.819 Avro'dur. PV enerji üretimi gözlemlendiği kadarı ile yıllık 2000 kWh'dir ve bu beklenenden daha düşük bir üretdir (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.14 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.11 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Villa	<b>Ülke:</b>	Hollanda
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	1993	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel

Tablo 3.11'in devamı binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>PV Sistem Gücü:</b>	2,85 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	2000 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	51°54'0"K 4°41'0"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	28°
<b>Yönlenmesi:</b>		<b>Güneş Işınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	2,96 kWh/m <sup>2</sup> /gün 4,22 sa/gün

### 3.1.10 Avusturya, Nutz Evi

Avusturya'nın Herzogenburg şehrinde uygulanan bu proje sonradan PV panel entegre edilmiş uygulamalara örnektir. Yapının mimarı aynı zamanda sahibi olan Karl Nutz 'dır. 2003 yılında çatının güneye bakan kısmına eklenen PV paneller çatı ile aynı eğimle yerleştirilmiştir. 25 derece açı ile uygulanan paneller toplam 27 metrekare yüzey alanına sahiptirler. Eğik çatıya uygulanan paneller toplam 16 adet olup bir tanesi 0.165 kWp enerji üretmektedir. Çatı kiremitlerinin üzerine yatayda çelik profiller oturtulmuş ve bu profiller üzerine paneller monte edilmiştir.

PV panellerin toplam sistem gücü 2.6kWp olup çok kristalli silikon paneller kullanılmıştır. Toplam sistem maliyeti 12500 Avro olup sadece PV panellerin maliyeti ise 10080 Avro'dur. 2007 yılında ölçülen değerlere göre yıllık PV panel üretim miktarı ise 2842 kWh'dır (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.15 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.12 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Nutz Evi	<b>Ülke:</b>	Avusturya
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2003	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	2,6 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	2842 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	48°17'27"K 15°41'57"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	25°
<b>Yönlenmesi:</b>		<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	3,14 kWh/m <sup>2</sup> /gün 4,83sa/gün



Şekil 3.16 Yapım aşamasındayken bir fotoğraf (Pvdatabase, bt.)

### 3.1.11 Almanya, Klungler Evi

Almanya’da müstakil bir evin çatısına uygulanan bu proje 2004 yılında tamamlanmıştır. Toplam inşaat süresi 1 ay sürmüştür. Mevcut bir eğik çatı üzerine 45 derece açı ile sonradan entegre edilen fotovoltaik paneller binanın güney kısmında konumlandırılmıştır. Fotovoltaik panellerin toplam sistem gücü 5 kWp’tır. Kullanılan paneller tek kristalli silikon paneller olup Sanyo firması tarafından üretilmişlerdir. Çatıda kullanılan 33 metrekare yüzey alanına sahip PV panellerin yanı sıra yine 45 derece açı ile yerleştirilmiş toplam 11 metrekare yüzey alanına sahip güneş kolektörleri bulunmaktadır (Pvdatabase, bt.).

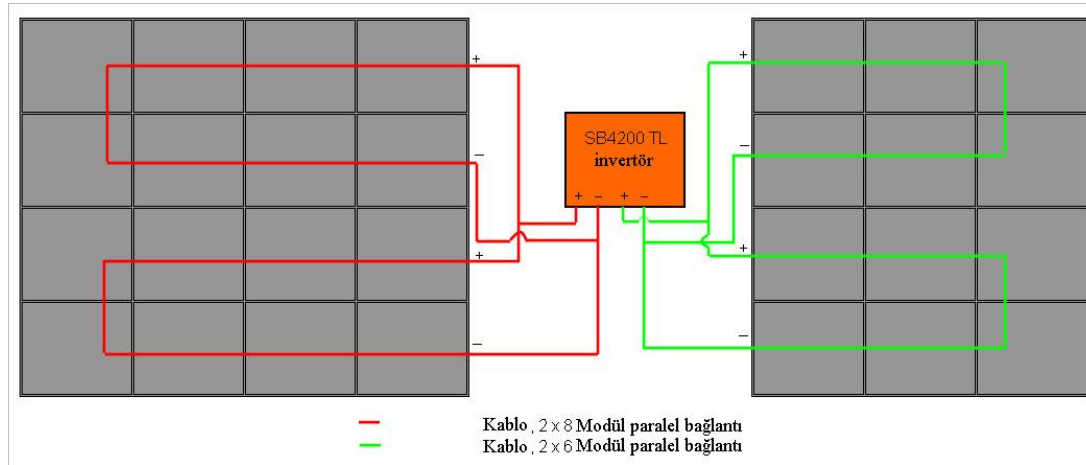
Toplam 28 adet PV modülü kullanılmış olup her biri 1,2 metrekare yüzey alanına sahiptir. Toplam 4 adet güneş kolektörü bulunmakta ve bunlardan her birinin yüzey alanı ise 2,75 metrekaredir. Binanın üretim miktarları aylara göre incelendiğinde en az üretimin aralık ayında olduğu gözlemlenmiş olup enerji üretimi ise ortalama 152,8 kWh olarak ölçülmüştür. Buna karşılık en fazla üretim ise temmuz ayında ortalama 642,5 kWh olarak ölçülmüştür (Klungler, 2012). Toplam üretim miktarı yıllık ortalama 5400 kWh’dır. Bu sistemin toplam maliyeti ise 21000 Avro’dur.



Şekil 3.17 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.13 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Klungler Evi	<b>Ülke:</b>	Avusturya
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2004	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Tek Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	5 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	5400 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	49°7'0"K 10°45'0"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	25°
<b>Yönlenmesi:</b>		<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	2,96 kWh/m <sup>2</sup> /gün 5,4sa/gün



Şekil 3.18 Fotovoltaik sistem şeması (Klungler, 2012)

Tablo 3.14 Aylara ve yıllara göre üretim miktarı (Klungler, 2012)

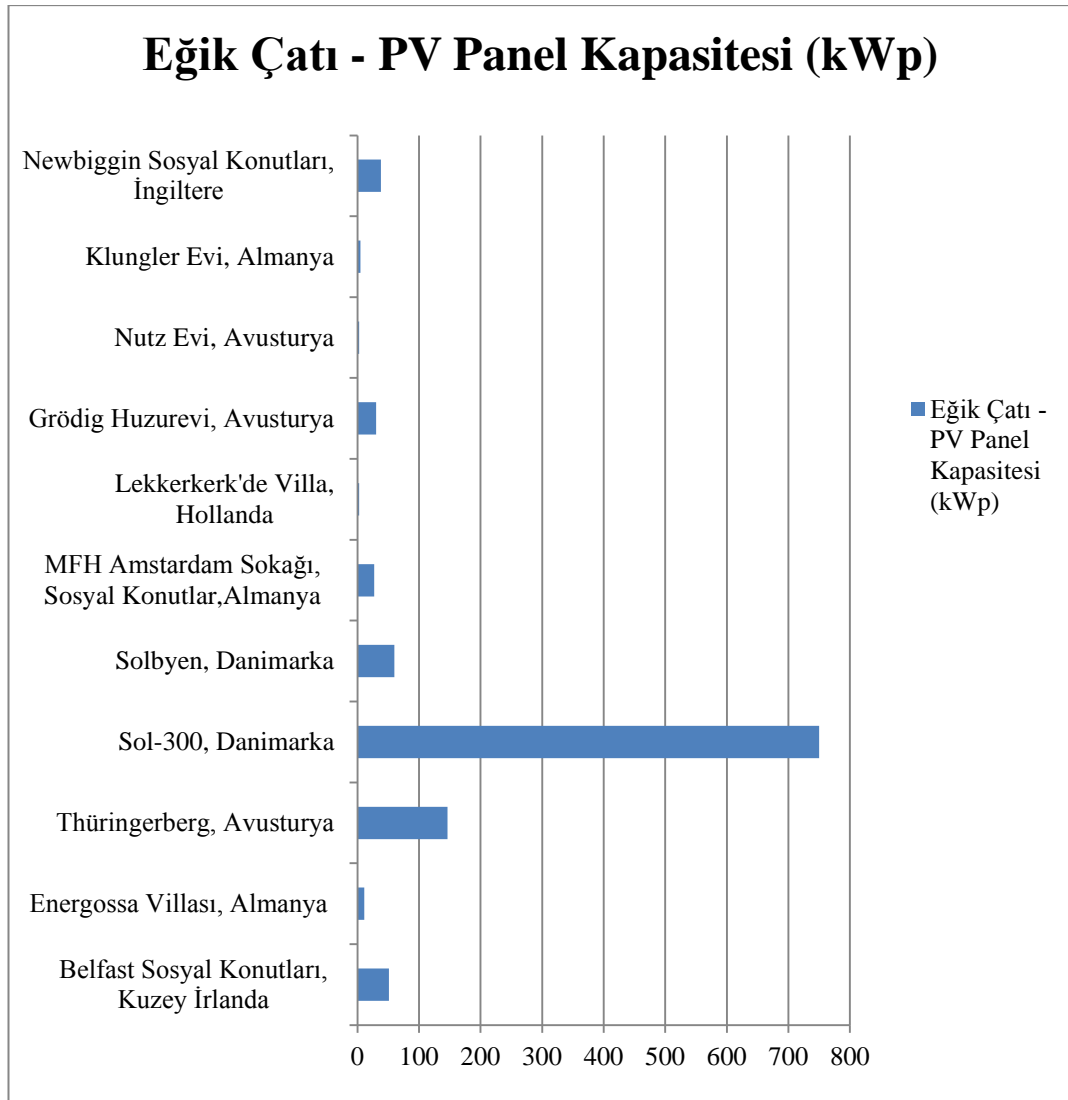
Ölçülen Verim [kWh]													
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Üretim
2004	168,0	307,3	492,6	653,3	625,4	657,6	651,1	632,0	565,6	364,2	168,4	171,2	5.456,7
2005	204,0	270,1	516,4	543,0	647,3	687,8	597,3	572,3	564,3	469,0	212,3	134,9	5.418,7
2006	212,1	264,5	402,3	487,5	652,8	699,3	751,3	494,0	632,4	467,9	239,1	217,9	5.521,2
2007	168,6	256,5	505,6	835,2	644,3	628,1	613,3	595,9	486,3	400,9	176,3	168,3	5.479,1
2008	243,7	443,1	441,1	467,6	693,0	638,4	588,1	616,3	448,4	355,5	231,4	179,4	5.346,0
2009	265,2	230,1	342,7	642,9	618,8	597,4	607,8	674,0	517,2	286,7	239,9	135,9	5.159,5
2010	61,0	247,0	492,1	643,4	436,6	583,3	688,2	480,0	471,7	413,1	183,3	62,3	4.762,0
2011	156,2	282,9	32,6										471,7
Ortalama	187,3	287,7	456,1	610,4	616,9	641,7	642,5	580,6	526,6	393,9	207,2	152,8	5.303,7



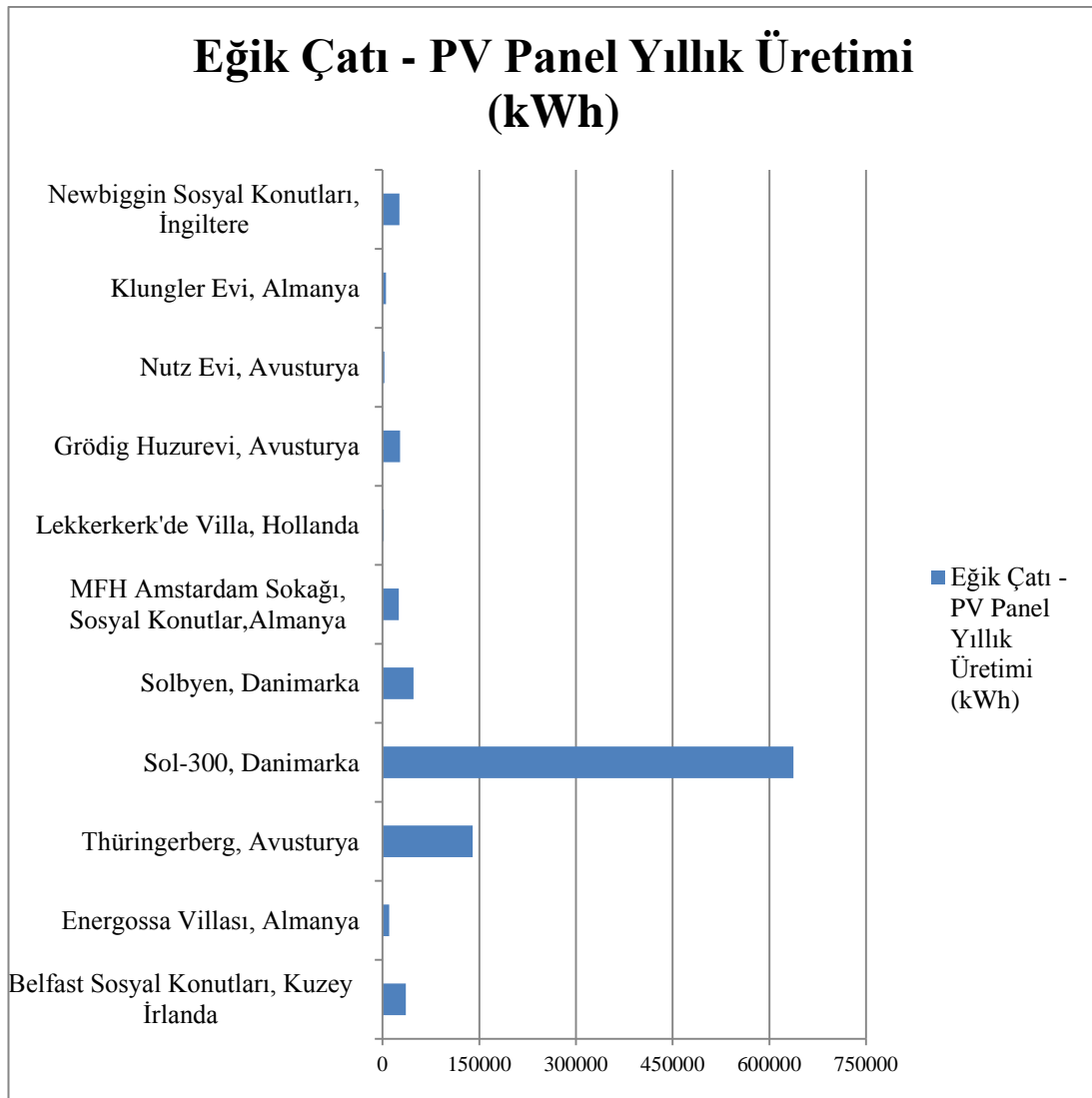
### 3.1.12 Eğik Çatı Üzerine Fotovoltaik Panel Uygulanan Örneklerin İrdelemesi

Aşağıdaki tabloda eğik çatı üzerine uygulanan fotovoltaik panel sistemlerin kapasiteleri verilmiştir. Tablo 3.15'de görüldüğü gibi sistem güçleri 2,6 kwp ila 750 kwp arasında değişen toplam on bir adet örnek incelenmiştir. Bunlardan en yüksek kapasiteye sahip Danimarka'daki Sol-300 evleridir. En düşük kapasite ise Avusturya'daki Nutz evidir.

Tablo 3.15 Eğik çatıda uygulanan fotovoltaik panel sistem örneklerinde PV panel kapasite tablosu



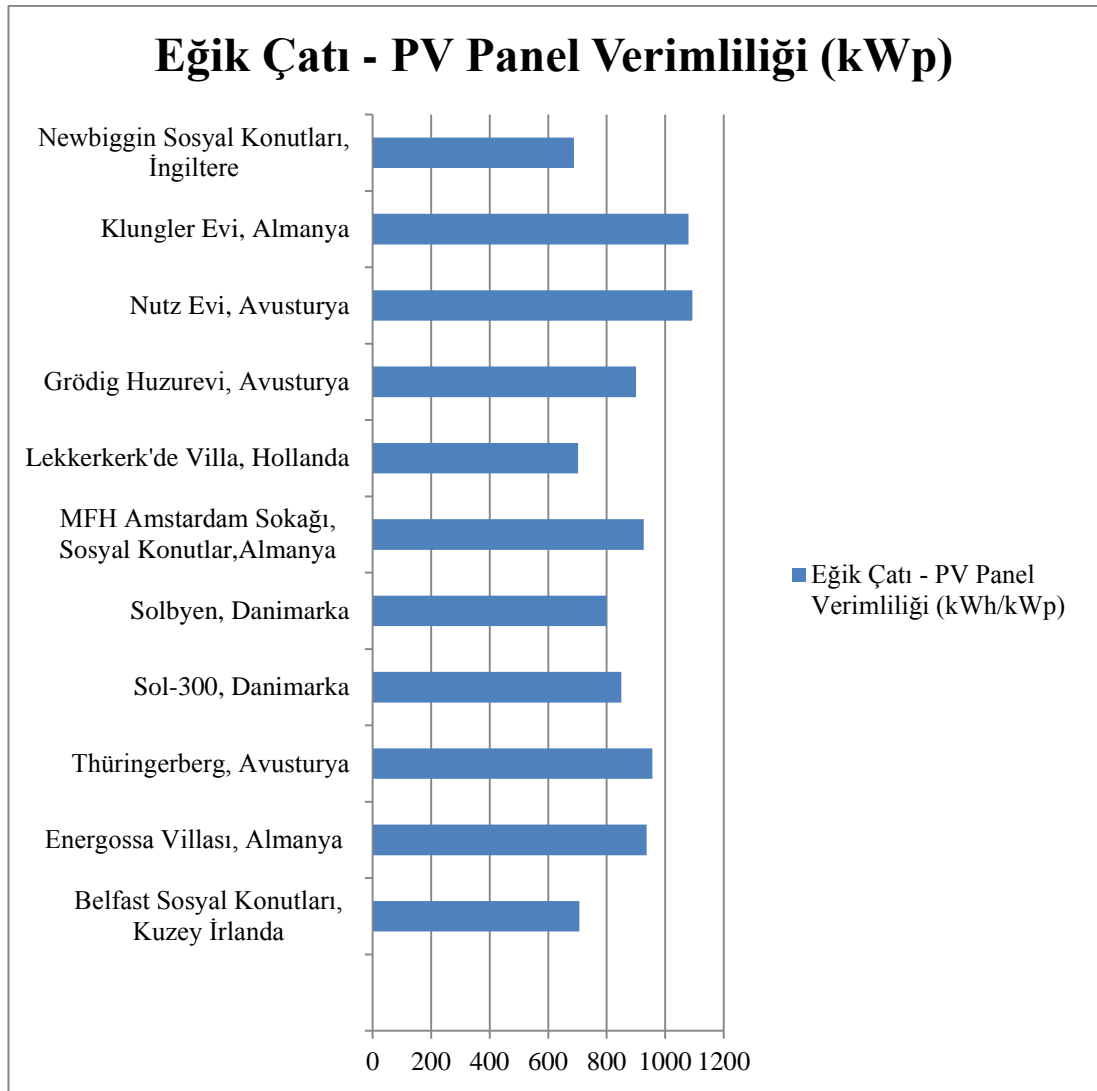
Tablo 3.16 Eğik çatı üzerine uygulanan fotovoltaik panel sistemlerinin yıllık üretim tablosu



Yukarıdaki Tablo 3.16'da eğik çatılarda uygulanan fotovoltaik panel sistemlerin yıllık üretimleri verilmiştir. İncelenen 10 adet örnekte genel olarak sistemin gücüne göre doğru orantılı bir şekilde yıllık üretiminde arttığı görülmektedir. Sol-300 evleri sistem kapasitesi olarak en yüksek örnek olup yıllık elektrik enerji üretim miktarı da en yüksektir. Hollanda'daki evin sistem gücü Avusturya'daki Nutz evinden yüksek olmasına rağmen yıllık üretim miktarı Nutz evinden daha düşüktür. Bu da buldukları enlemlere bakılacak olursa Hollanda'daki evin daha kuzeyde olmasından kaynaklanmaktadır.

Aşağıdaki Tablo 3.17'de incelenen örneklerde eğik çatıda uygulanan fotovoltaik panel uygulamalarının sistem verimliliklerini göstermektedir. Bu tabloda görüldüğü gibi en verimli örnek Avusturya'daki Nutz evidir. Yıllık üretim miktarı 2842 kwh olup sistem gücü 2.6 kwp'dır. Sistemin verimliliği 1093 kwh/kwp olarak hesaplanmıştır. Daha sonrada Almanya'daki Klungler evi sistem verimliliği 1080 kwh/kwp olarak gelmektedir. Bunlara karşılık İngiltere, Kuzey İrlanda ve Hollanda'daki örnekler verimliliği en düşük olan örnekler olarak hesaplanmıştır. Eğik çatı üzerine sonradan uygulanan örneklerin verimlilikleri 1093 kwh/kwp ila 688 kwh/kwp arasında değişmektedir.

Tablo 3.17 Kıırma Çatı-PV panel verimliliği



## 3.2 Düz Çatıda Fotovoltaik Panel Uygulanan Örnekler

### 3.2.1 OPHLM Montreuil Apartmanı, Fransa

Fransa'da yenilenebilir enerjinin kullanımını arttırmak için deneysel olarak uygulanmıştır. Paris'te bulunan bu apartmana toplam 22 kWp gücünde fotovoltaik panel monte edilmiştir. 2002 yılında uygulanan bu proje Fransa'da sosyal konutlara uygulanmış en büyük PV panel projesidir.



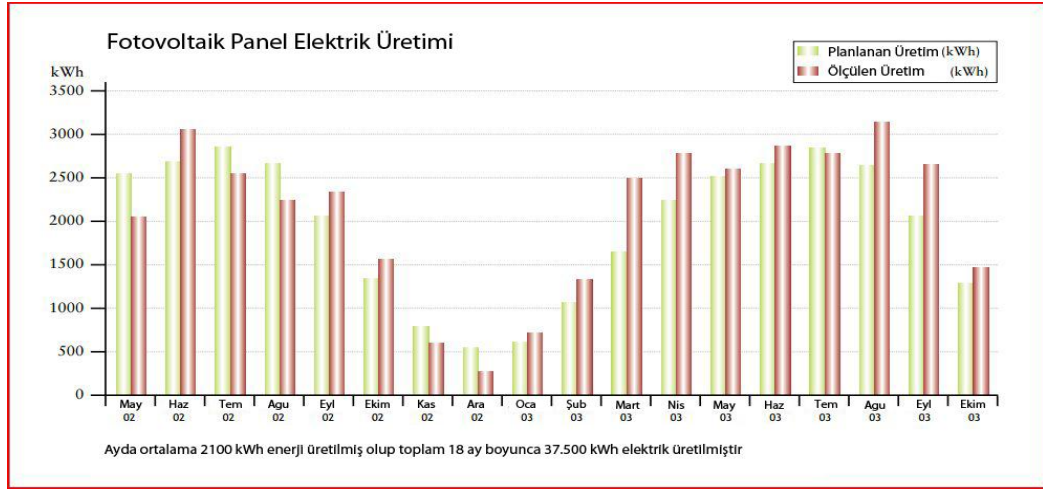
Şekil 3.19 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Fotovoltaik paneller apartmanın çatısına entegre edilmiştir. Düz çatı üzerine uygulanan sistem metal ayaklar üzerine çerçeve sistem ile yerleştirilmiştir. Metal kutu profiller ile taşınan bu strüktürde makas sistem kullanılmıştır. Güney yönüne doğru ve 35 derece açı ile konumlandırılan sistemde çoklu kristal silikon paneller kullanılmıştır. 200 adet toplam 220 metrekare yüzey alanına sahip PV panel modülü kullanılmıştır. Toplamda 22 kWp güce sahip olan sistemin yıllık üretim miktarı 22500 kWh'dır (Pvdatabase, bt.). Aşağıdaki Tablo 3.18'de aylara göre beklenen ve ölçülen elektrik üretimi gösterilmektedir.



Şekil 3.20 Görünüşler (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.18 18 ay boyunca tahmin edilen ve ölçülen elektrik üretimi (Pvdatabase, bt.)



Tablo 3.19 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	OPHLM Montreuil	<b>Ülke:</b>	Paris, Fransa
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2002	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Düz Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	22 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	22500 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	48°51'36.26"K 2°26'3.95"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	35°
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	3,55 kWh/m <sup>2</sup> /gün 5,04sa/gün

### 3.2.2 Solgarden, Danimarka

Danimarka’da uygulanan bu proje deneysel olup 1998 yılında yapımına başlanmıştır. Fotovoltaik paneller bu binada iki şekilde kullanılmış olup büyük kısmı çatıda 4 sıra ve plansal olarak binanın eğriselliği ile paralel bir şekilde yerleştirilmiştir. Çatıdaki bu paneller 30 derece eğim ile yerleştirilmiş olup büyük bir kısmı güneye ve doğuya bakmaktadır. Fotovoltaik panellerin bir kısmı ise güney cephesinin balkonlarında düşey olarak kullanılmıştır. Bu proje yöresel bir firma olan Powerlynx firmasının ürettikleri invertörler için bir test alanı olmuştur.



Şekil 3.21 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Sistemin toplam gücü 106 kWp olup tek kristalli silisyum paneller kullanılmıştır. Çatıda kullanılan paneller için ayrı bir strüktür kurulmuş bu strüktür üzerine çerçeve sistemli PV paneller monte edilmiştir. Sistemin yıllık toplam üretimi 68000 kWh'dir (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.22 Görünüşler (Pvdatabase, bt.)



Şekil 3.23 Görünüş (Pvdatabase, bt.)



Şekil 3.24 Detaylar (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.20 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Solgarden	<b>Ülke:</b>	Danimarka
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	1998	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Düz Çatı ve Cephe	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Tek Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	106 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	68000 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	55°29'15"K 9°28'42"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	25°
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney ve Doğu	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	2,8 kWh/m <sup>2</sup> /gün 4,8 sa/gün

### 3.2.3 Hazama-su Konutları, Nagoya, Japonya

Nagoya şehri Japonya'nın dördüncü büyük şehridir ve 2 milyon nüfusu vardır. Hükümet hem hava kirliliğini önlemek hem de enerji giderlerinin azalması için bu bölgede bulunan mevcut binalara PV panel sistemleri entegre etmek istemişlerdir. Hazama-su da böyle bir konut bölgesi olup 1955 yılında yapılmıştır ve 40 yıl sonra yani 90'ların ortasında yenileme çalışmalarına başlanmıştır. 1998 yılında PV paneller bu bölgede bulunan 8 adet binanın çatısına uygulanmaya başlanmış ve 2000 yılında tamamlanmıştır. Her binanın çatısına uygulanan PV panellerin miktarı farklı olsa da toplamda sistemin gücü 203 kW'dır.

PV sistemden elde edilen elektrik genellikle binalardaki hollerde ve asansörlerde yani ortak alanlarda kullanılmaktadır. Her bina için altışar invertör kullanılmıştır. PV sistemlerin uygulanmasına karar verildikten sonra tüm binalardaki mevcut elektrik kabloları ve sistemleri değişmiştir. PV paneller binaların güneye bakan çatısında 20



derece açı ile yerleştirilmişlerdir. Bu binada çok kristalli silikon bazlı fotovoltaik hücreler kullanılmış olup yıllık toplam üretimleri 214 996 kWh'dır (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.25 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.21 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Hazama-su Konutları	<b>Ülke:</b>	Nagoya, Aichi
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2000	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Düz Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	203 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	214996 kWh/yıl
<b>Proje Konumu:</b>	48°51'36.26"K 2°26'3.95"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	20°
<b>Yönleneşmesi:</b>	Güney ve Güney-batı	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	3,64 kWh/m <sup>2</sup> /gün 6,2sa/gün



Şekil 3.26 Vaziyet Planı (Google Earth)

### ***3.2.4 Cambridge Sosyal Konutları, Birleşmiş Krallık***

Bu bina 1966 yılında inşa edilmiş olup 3 katlı bir yapıdır ve düz çatılıdır. PV paneller 2004 yılında sonradan entegre edilmiştir. Bu bina sosyal konut olarak kullanılmakta olup 23 dairesi vardır. Binanın çatısında 184 adet Kyocera firmasının üretmiş olduğu fotovoltaik panel kullanılmıştır. Toplam üretilen elektrik 22,1 kWp dir. Bu paneller açılı bir şekilde çelik ayaklar üzerine monte edilmiş ve düz çatı üzerine yerleştirilmiştir. Şekil 3.28'de görüldüğü gibi fotovoltaik paneller dizisi yaklaşık 2,5 m uzunluğunda olup 3 adet ayak üzerine oturmaktadır. Bu ayaklar yine çelik kirişlere ve bu çelik kirişler de 15 cm yüksekliğindeki takozlar üzerine oturmaktadır. İnvörtörler ise binanın giriş holüne yerleştirilmiştir.

Sistemin tahmini geri ödeme süresi 25 sene olarak hesaplanmıştır ve kwh başına ödenecek tutar 29,8p olarak hesaplanmıştır. İlk sene fotovoltaik paneller binanın kullandığı elektrik enerjisinin %58'ini karşılamışlardır (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.27 Görünüş (Pvdatabase, bt.)



Şekil 3.28 Çatıdan bir görünüş (Pvdatabase, bt.)



Şekil 3.29 PV panel taşıyıcı strüktürü ve invertörlerden bir görünüş (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.22 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Cambridge Sosyal Konutları	<b>Ülke:</b>	Cambridge, İngiltere
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2004	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Düz Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	22,1 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	16422 kWh/yıl
<b>Proje Konumu:</b>	52°13'54"K 0°8'7"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	
<b>Yönlenmesi:</b>		<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	2,66 kWh/m <sup>2</sup> /gün 4,2sa/gün

### 3.2.5 Huvudsta, İsveç

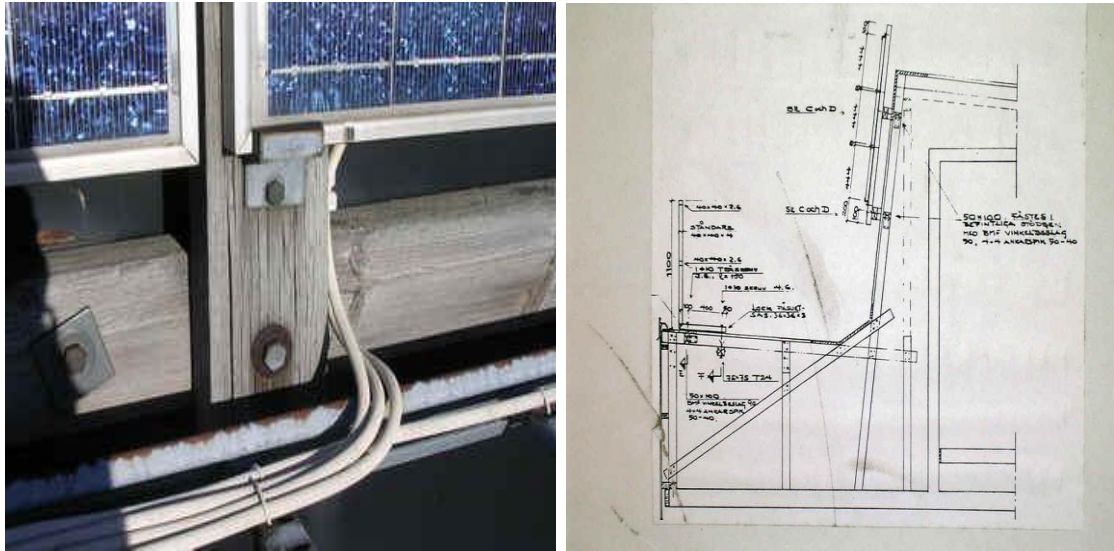
İsveç'te kullanılan en eski PV panel uygulamasıdır. Bu sistem 1984 yılında mevcut bir apartman yapısı çatısı üzerine 80 derece açı ile entegre edilmiştir. Güney - güney doğu yönüne bakan paneller ahşap taşıyıcılar üzerine monte edilmişlerdir. 1999 yılında elektrik bağlantı kutusundaki nemlenme nedeni ile sistemin üretimi yaklaşık %16-25 arası düşüş göstermiştir. 26 yıllık PV paneller bunun dışında hala verimli çalışmaktadır. Daha gelişmiş inverterlerin sistemdeki eskileri ile değiştirilmesi sonucunda sistemin verimliliği %70 oranında artmıştır (Pvdatabase, bt.).

Sistemin uygulayıcısı Riksbyggen firması ilk uygulamasını 1981 yılında yapmıştır. Daha sonra bu bölgedeki nüfus yoğunluğunun artması ve bunun sonucu olarak da konut kullanımlarının artması ile PV panelleri mevcut konut yapılarının çatılarına uygulanmaya başlamıştır.



Şekil 3.30 Çatıdan Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Apartman yapısında çatıda kullanılan PV panellerin toplam gücü 2.1 kWp olup toplam 30 daireye hizmet vermektedir. Bu sistemde çok kristalli silikon paneller kullanılmış olup panellerin üretici firması Kyocera'dır. Sistemin toplam maliyeti 37446 Avro olup sadece PV panel maliyeti ise 16.286 Avro'dur. 2005 yılı verilerine göre ölçülen yıllık enerji üretim miktarı ise 1750 kWh'dir (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.31 PV panel uygulama detayı ve kesiti (Solelprogrammet, bt.)

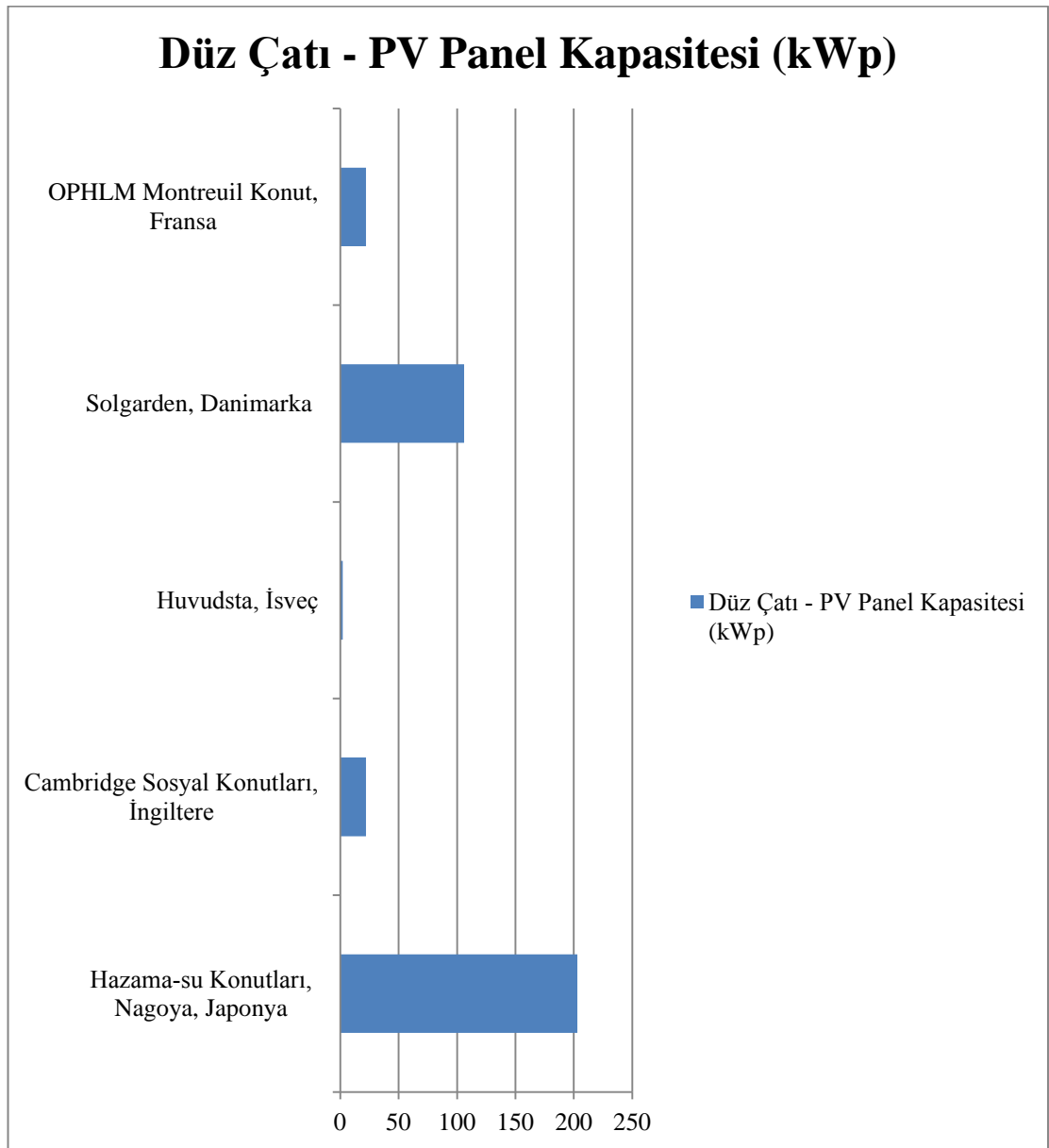
Tablo 3.23 Binada uygulanan fotovoltaiik sistemin özellikleri

Proje Adı:	Huvudsta PV Sistemi	Ülke:	İsveç
Uygulandığı Yıl:	1984	PV panel uygulama şekli:	Sonradan entegre edilmiş
PV Panel Entegre Edilen Yer:	Düz Çatı	PV Panel Hücre Tipi:	Çok Kristalli Silisyum Panel
PV Sistem Gücü:	2,1 kWp	Yıllık PV Panel Üretimi:	1750 kWh/yıl
Proje Konumu:	59°20'43.8"K 17°59'59.1"D	Uygulama Açısı:	80°
Yönlenmesi:	Güney-Güneydoğu	Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:	2,8 kWh/m <sup>2</sup> /gün 5,38 sa/gün

### 3.2.6 Düz Çatı Üzerine Fotovoltaik Panel Uygulanan Örneklerin İrdelemesi

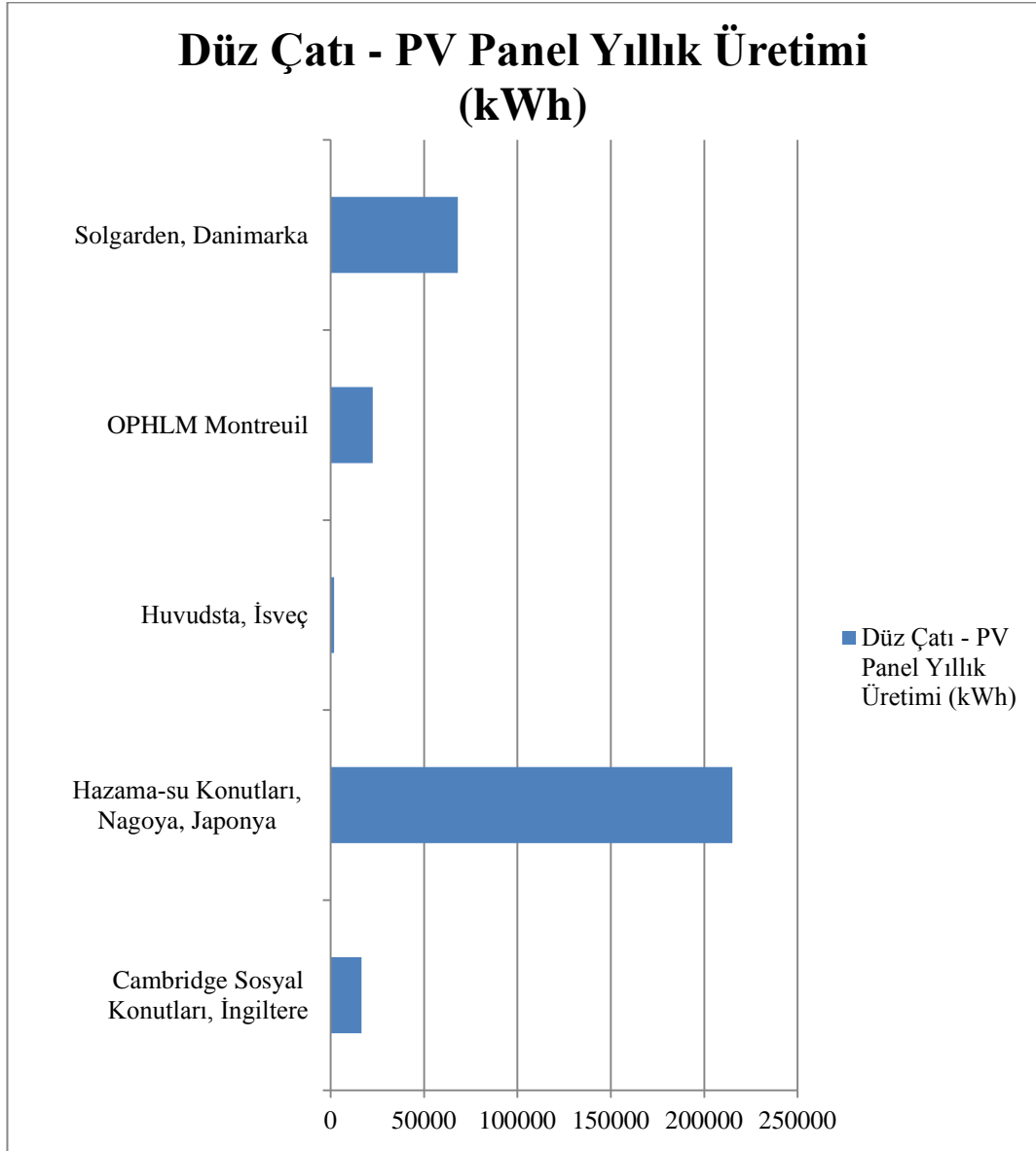
Aşağıdaki Tablo 3.24'de düz çatı üzerine uygulanan fotovoltaik panel sistemlerin kapasiteleri verilmiştir. Bu tablodan da görüldüğü gibi sistem güçleri 2,1 kwp ila 203 kwp arasında değişen toplam beş adet örnek incelenmiştir. Bunlardan en yüksek kapasiteye sahip Japonya Nagoya'daki Hazama-su konutlarıdır. En düşük kapasite ise İsveç'deki Huvudsta konutlarıdır.

Tablo 3.24 Düz çatı üzerine fotovoltaik panel sistem uygulanan örneklerin kapasite tablosu



Aşağıdaki Tablo 3.25'te düz çatılarda kullanılmış fotovoltaik panel sistemlerinin yıllık üretimleri verilmiştir. Toplam beş adet örnek incelenmiş olup incelenen örneklerin üretim miktarları 1750 kWh ile 214996 kWh arasında değişmektedir. En fazla üretim Japonya'daki Hazama-su konutlarınınındır. Bu örneklerde de kırma çatı örneklerinde olduğu gibi sistem gücü ile yıllık üretim miktarı doğru orantılı bir şekildedir.

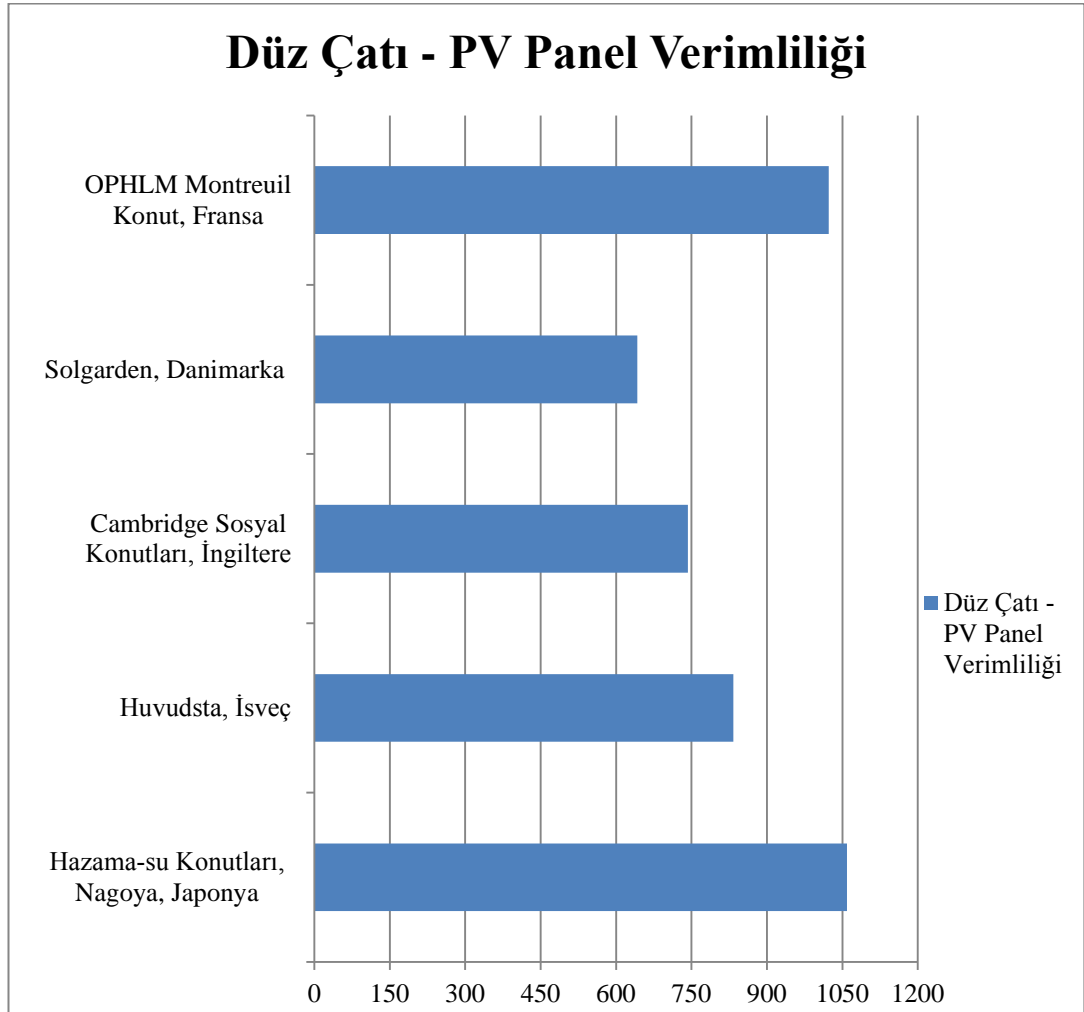
Tablo 3.25 Düz çatılarda uygulanan fotovoltaik panel sistemlerinin yıllık üretimi





Aşağıdaki Tablo 3.26'da düz çatıda uygulanan fotovoltaik panel uygulamaları yer almaktadır. Yıllık verimliliğin toplam sistem gücüne oranının irdelendiği bu tabloda en yüksek verimlilik Japonya Nagoya'daki Hazama-su konutlarında olup en düşük verimlilik ise Danimarka'daki Solgarden örneğindedir. Hazama-su konutlarında yıllık üretim 214 996 kwh olup toplam sistem gücü 203 kwp'dir sistemin verimliliği ise 1059 kwh/kwp olarak bulunmuştur. İkinci sırada Fransa'daki OPHLM Montreuil konutu gelmektedir bu sistemde yıllık üretim miktarı 22500 kwh, sistemin toplam gücü 22 kwp'dir ve sistem verimliliği 1023 kwh/kwp olarak bulunmuştur. Düz çatı fotovoltaik panel uygulamalarında verimlilik 1059 kwh/kwp ile 642 kwh/kwp arasındadır. Aradaki farkın bu kadar fazla olmasının nedeni ise Solgarden örneğinde fotovoltaik panellerin hem çatı hem de cephede uygulanmasının sistem verimliliğini düşürmesidir.

Tablo 3.26 Düz Çatı-PV panel verimliliği



### 3.3 Cephede Fotovoltaik Panel Uygulanan Örnekler

#### 3.3.1 La Darnaise, Fransa

Lyon'da yapılan bu projede toplam 11 apartman binası bulunmaktadır. Bu binalar 1960 yılında yapılmış olup 2005 yılında PV paneller entegre edilmiştir. Her biri toplam 16 katlı olan bu apartmanlarda 740 adet daire bulunmaktadır (Pvdatabase, bt.). Bu projenin uygulanma sebebi kiracıların elektrik faturalarını azaltmak olup yapıldığı dönemde Fransa'nın en büyük çaplı fotovoltaik panel projesiydi.

Mimari açıdan yüksek katlı binalar ihtiyaçtan az çatı alanı sunduğundan dolayı ve genellikle mevcut binalarda çatıda güneş kolektörlerinin bulunmasından dolayı binaların güney doğuya bakan cephelerine PV paneller entegre edilmiştir.

Bina başına PV panel gücü farklı olup 4,8 ila 12kW arasında değişmektedir. Çok kristalli silikon bazlı olan PV paneller toplamda 92 kW gücündedir ve yıllık enerji üretimleri de 59,050 kWh'tir. Çok kristalli silisyum bazlı hücreler kullanılmış olup toplam maliyeti 580.000 Avro'dur. (IEA-PVPS, bt.)



Şekil 2.32 Binaların ön görünüşü (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme [IEA-PVPS], bt.)



Şekil 3.33 Görünüş (IEA-PVPS, bt.)

Tablo 3.27 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	La Darnaise	<b>Ülke:</b>	Lyon, Fransa
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2005	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Cephe	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	92 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	59050 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	45°41'33"K 4°51'56"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	90°
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney Doğu	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	3,34 kWh/m <sup>2</sup> /gün 5,4sa/gün

### 3.3.2 Wilmersdorfer Sokağı, Apartman, Almanya

Almanya’da 2001 yılında uygulanmıştır. Sosyal konutların cephesine fotovoltaik paneller, çatısına ise güneş kolektörleri entegre edilmiştir. Güney cephesinde uygulanan panellerin toplam yüzey alanı 230 metrekaredir. Sistemin toplam gücü 51 kWp’tır ve yıllık üretimi 29,195 kWh’tir. Sistemde tek kristalli silisyum paneller kullanılmıştır. Binanın balkonları da enerji kaybının azalması için cam ile kapatılmıştır (Pvdatabase, bt.).



şekil 3.34 Görünüş (Pvdatabase, bt.)



Şekil 3.35 PV panel entegre edilmeden önceki görünüşü (Pvdatabase, bt.)

Tablo 3.28 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Wilmersdorfer Sokağı, Apartman	<b>Ülke:</b>	Freiburg, Almanya
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	2001	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Cephe	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Tek Kristalli Silisyum Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	51 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	29195 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	48°0'13.6"K 7°49'12.7"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	90°
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	3,07 kWh/m <sup>2</sup> /gün 5,5 sa/gün

### 3.3.3 Surieux-Echirolles Sosyal Evleri, Fransa

Bu proje Fransa'nın Grenoble şehrinde bir yerleşim bölgesinde uygulanmıştır. OPAC 38 adlı bir firma bu bölgedeki mevcut sosyal konutları deneysel olarak projeye dahil etmiş ve toplamda 21000 dairesi bu yerleşim bölgesinin 505 dairesine fotovoltaik paneller entegre etmiştir. Projenin amacı daha az maliyetle enerji tüketmek ve çevreye duyarlı geleceğe yönelik bir yerleşim alanı yaratmaktır. Ama asıl amaç bu bölgedeki mevcut hava kirliliğini azaltmaktır (Pvdatabase, bt.).



Şekil 3.36 Görünüş (Solarge, bt.)

Bu bölgede nüfus yoğunluğu arttıkça yeni tramvay hattı ve yeni hizmet binaları yapılmış ve bölgenin enerji ihtiyacı da artmıştır. Bu sebeple enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamak amacı ile fotovoltaik paneller ve kolektörler uygulanmıştır. Kolektörler binaların çatılarına, fotovoltaik paneller ise bina cephelerine uygulanmıştır.



Şekil 3.37 Görünüş (Pvdatabase, bt.)

Toplamda 705 metrekare yüzey alanına sahip kolektör kullanılmış olup toplam 42 metreküp su deposu bulunmaktadır. Bu kolektörler çatıda ve güneye 43 derece açı ile uygulanmıştır üretimleri yıllık 400.000 kWh olup bu da metrekare başına 560 kWh'e karşılık gelmektedir. Üretim beklenenden %7-8 fazladır.

Öncelikle enerji kaybını azaltmak için mevcut binanın pencerelerine ve duvarlarına izolasyon yapılmış daha sonra da PV paneller binanın güney cephesine uygulanmıştır. Toplam 95 metrekare çok kristalli silisyum PV panel monte edilmiş olup bunların üretim miktarları ise 9,9 kW'dır. PV paneller sadece binanın elektrik enerjisini üretmekle kalmayıp aynı zamanda duvarların izolasyonunu sağlayıp enerji kaybını azaltmaktadır. Yıllık üretim miktarı 6647 kWh'dir (Pvdatabase, bt.).

Tablo 3.29 Binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>Proje Adı:</b>	Surieux- Echirolles Sosyal Evleri	<b>Ülke:</b>	Fransa
<b>Uygulandığı Yıl:</b>	1999	<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Cephe	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silisyum Panel

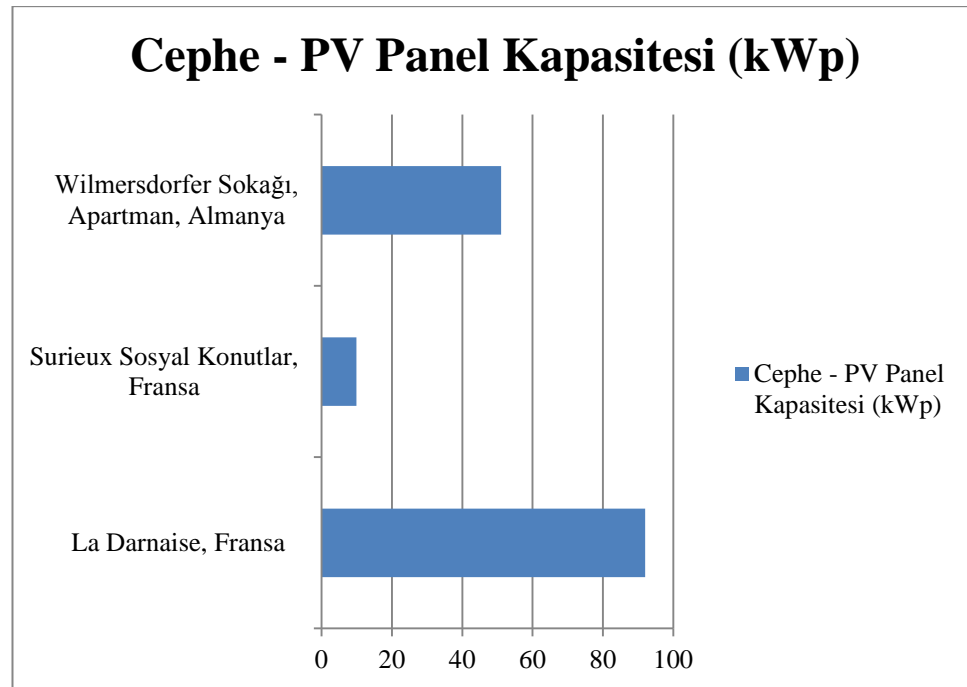
Tablo 3.29'un devamı binada uygulanan fotovoltaik sistemin özellikleri

<b>PV Sistem Gücü:</b>	9,9 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	6647 kWh
<b>Proje Konumu:</b>	45°9'10"K 5°42'53"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	90°
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	3,32 kWh/m <sup>2</sup> /gün 5,72 sa/gün

### 3.3.4 Cephe Üzerine Fotovoltaik Panel Uygulanan Örneklerin İrdelemesi

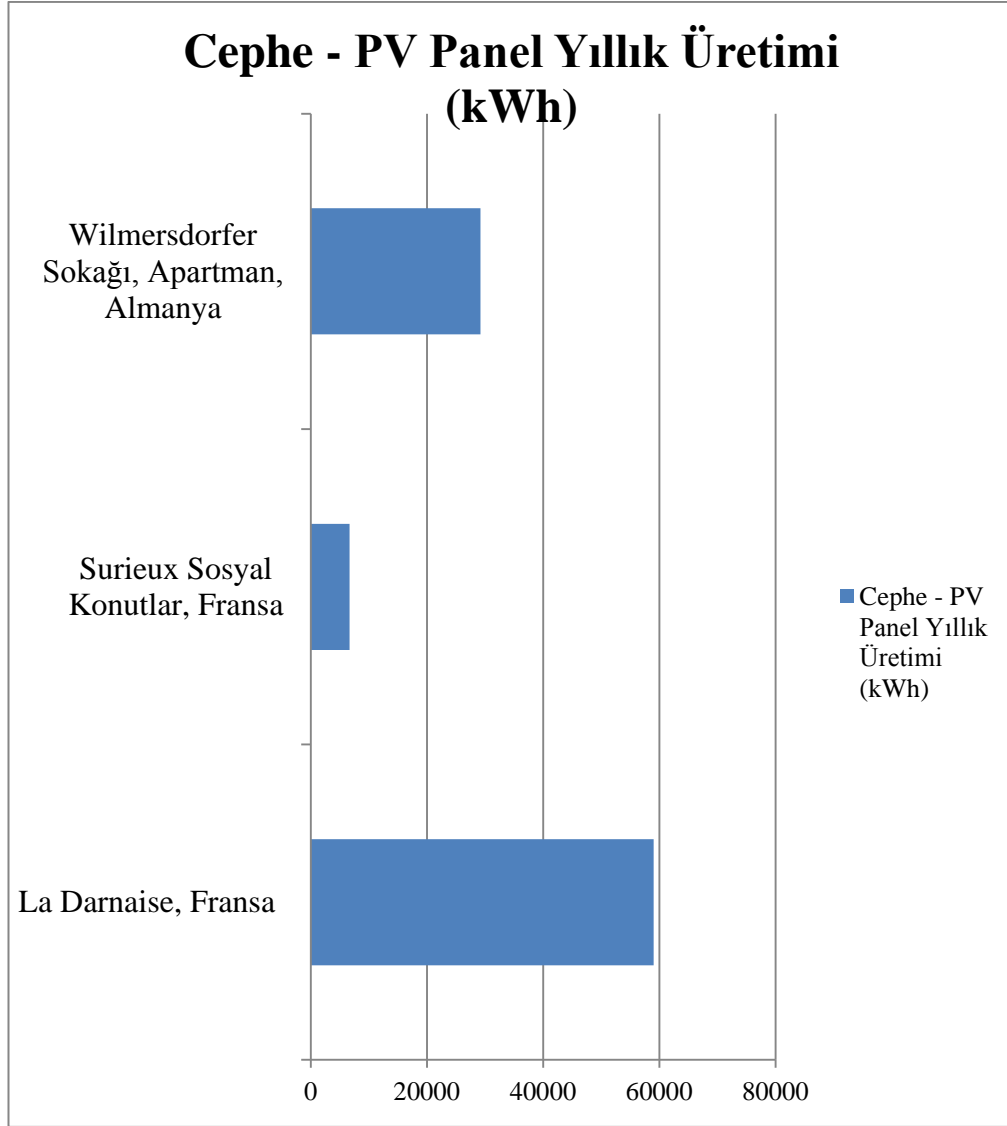
Aşağıdaki Tablo 3.30'da cephe üzerine uygulanan fotovoltaik panel sistemlerin kapasiteleri verilmiştir. Bu tablodan da görüldüğü gibi sistem güçleri 9,9 kwp ila 92 kwp arasında değişen toplam üç adet örnek incelenmiştir. Bunlardan en yüksek kapasiteye sahip Fransa'daki La Darnaise konutlarıdır. En düşük kapasite ise Fransa'daki Surieux sosyal konutlarıdır.

Tablo 3.30 Cephe üzerine fotovoltaik panel sistemi uygulanan örneklerin kapasite tablosu



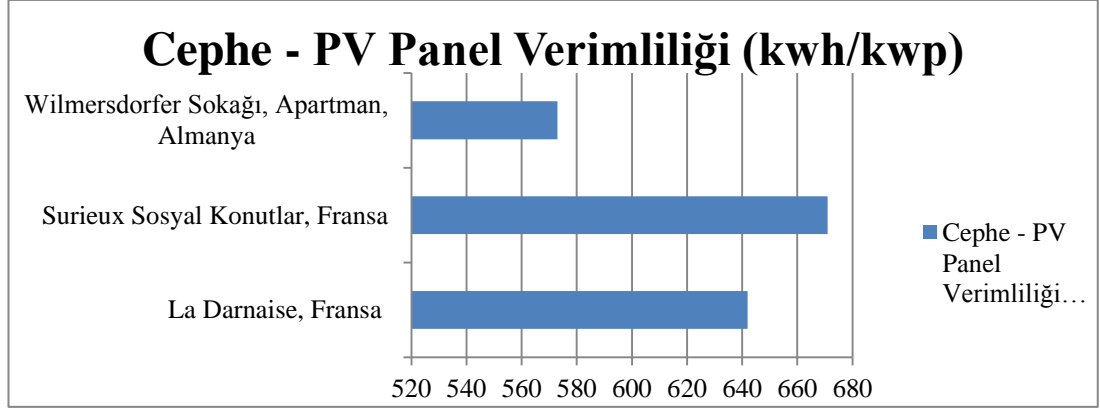


Tablo 3.31 Cephede uygulanan fotovoltaik panel sistemlerinin yıllık üretim tablosu

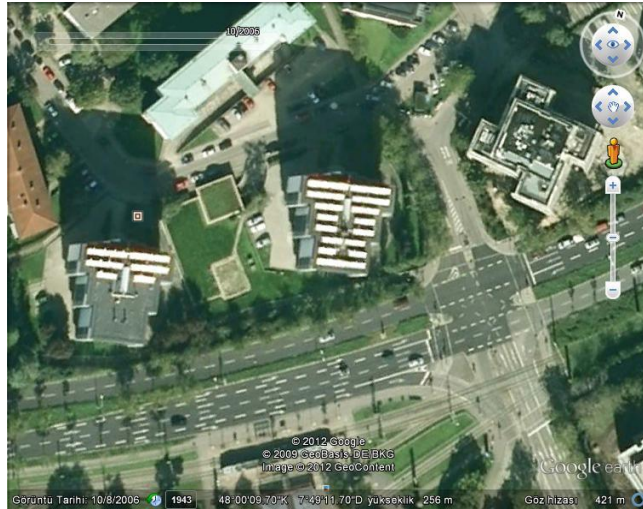


Yukarıdaki Tablo 3.31'de cepheye uygulanmış fotovoltaik panel uygulamalarının bulunduğu yıllık üretim tablosu bulunmaktadır. Cephelerde uygulanan uygulamalarda çatıda uygulananlara göre üretimin daha düşük olduğu görülmektedir. Fransa'daki La Darnaise uygulaması en fazla üretimin olduğu fotovoltaik panel uygulamasıdır. Yine diğer uygulama yerlerinde olduğu gibi cephe uygulamalarında da sistem gücünün fazla olması ile yıllık üretimin doğru orantılı bir şekilde arttığı görülmektedir.

Tablo 3.32 Cephe uygulaması-PV panel verimliliği



İncelenen örneklerden fotovoltaik panel sisteminin cephede uygulananları Tablo 3.32 irdelenmiş olup sistemlerinin toplam fotovoltaik sistem gücünün yıllık verimliliğine oranı hesaplanmıştır. Tabloda görüldüğü üzere üç adet örnekten Fransa'daki Surieux sosyal konutlarının verimliliği 671 kwh/kwp ile diğer cephe uygulamalarına göre daha yüksek çıkmış olup Almanya'daki Wilmersdorfer Sokağı apartman örneği ise verimliliği 573 kwh/kwp ile en düşüktür. Bunun sebebi uydu fotoğrafından da anlaşıldığı gibi binanın önündeki ağaçların gölgesinin cephesine düşmesidir. Örneklerde verimlilik 671 kwh/kwp ile 573 kwh/kwp arasında değişmektedir. Fransa'daki La Darnaise konutlarının verimliliği 642 kwh/kwp, yine Fransa'daki Surieux sosyal konutlarının verimliliği 671 kwh/kwp olarak bulunmuştur. Buldukları enlemlerin yaklaşık aynı olması verimliliklerinin de birbirine yakın olmasına sebeptir.



Şekil 3.38 Wilmersdorfer Sokağı Apartmanı uydu görüntüsü

Tablo 3.33 İncelenen fotovoltaik panel uygulanan mevcut konut örneklerinin verileri

Bina İsmi	Uygulama Yeri	PV Hücre Tipi	Bulunduğu Enlem	Uygulama Açısı	PV Sistem Kapasitesi	Yıllık Üretimi	Verimlilik (kWh/kWp)	Güneşlenme süresi (sa/gün)	Güneş Işınım Değeri (kWh/m <sup>2</sup> /gün)	Maliyet
MFH Anstardam Sokağı, Sosyal Konutlar,Almanya	Eğik Çatı	Çok Kristalli Silisyum	50°57'0"K		27 kWp	25000 kWh	926	4,7	2,7	
Grödig Huzurevi, Avusturya	Eğik Çatı	Çok Kristalli Silisyum	47°44'17"K		30 kWp	27000 kWh	900	4,75	3,12	
Energossa Villası, Almanya	Eğik Çatı	Çok Kristalli Silisyum	47°59'23"K		11 kWp	10300 kWh	936	5,5	3,07	
Belfast Sosyal Konutları, Kuzey İrlanda	Eğik Çatı	Tek Kristalli Silisyum	54°34'35"K		51 kWp	36000 kWh	706	3,53	2,6	
Thüringerberg, Avusturya	Eğik Çatı	Çok Kristalli Silisyum	47°12'53"K		146 kWp	139576 kWh	956	4,82	3,16	1,000,000 Avro
Solbyen, Danimarka	Eğik Çatı	Çok Kristalli Silisyum	55°57'58"K	60 derece	60 kWp	48000 kWh	800		2,88	
Sol-300, Danimarka	Eğik Çatı	Çok ve Tek Kristalli Silisyum	56°0'0"N	45 derece	750 kWp	637500 kWh	850			
Newbiggin Sosyal Konutları, Newcastle	Eğik Çatı	Tek Kristalli Silisyum	54°59'20"K	45 derece	38,25 kWp	26316 kWh	688	3,64	2,85	295.000 Avro
Lekkerkerk de Villa, Hollanda	Eğik Çatı	Çok Kristalli Silisyum	51°54'0"K	28 derece	2,85 kWp	2000 kWh	702	4,22	2,96	53,546 Avro
Nutz Evi, Avusturya	Eğik Çatı	Çok Kristalli Silisyum	48°17'27"K	25 derece	2,6 kWp	2842 kWh	1093	4,93	3,14	12,500 Avro
Klungler Evi, Almanya	Eğik Çatı	Tek Kristalli Silisyum	49°7'0"K	45 derece	5 kWp	5400 kWh	1080	5,4	2,96	21,000 Avro

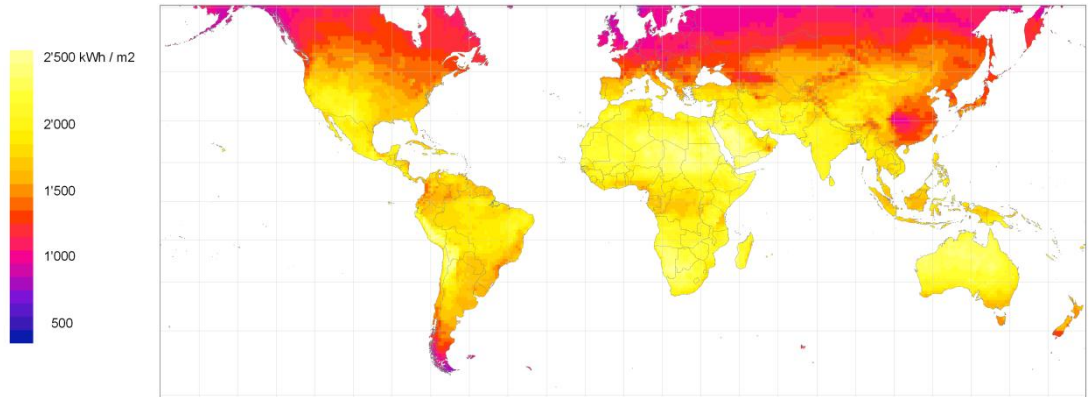
Tablo 3.34 İncelenen fotovoltaik panel uygulanan mevcut konut örneklerinin verileri

Bina İsmi	Uygulama Yeri	PV Hücre Tipi	Bulunduğu Enlem	Uygulama Açısı	PV Sistem Kapasitesi	Yıllık Üretimi	Verimlilik (kWh/kWp)	Güneşlenme süresi (sa/gün)	Güneş Isınım Değeri (kWh/m <sup>2</sup> /gün)	Maliyet
OPHLM Montreuil Apartmanı, Fransa	Düz Çatı	Çok Kristalli Silisyum	48° 51°36.26"K	35 derece	22 kWp	22500kWh	1023	5,04	3,55	
Solgarden, Danimarka	Düz Çatı ve Cephe	Tek Kristalli Silisyum	55°29'15"K		106 kWp	48000 kWh	642	4,8	2,8	
Hazama-su Konutları, Nagoya, Japonya	Düz Çatı	Çok Kristalli Silisyum	35°10'26"K	20 derece	203 kWp	214996 kWh	1059	6,2	3,64	
Cambridge Sosyal Konutları, Birleşmiş Milletler	Düz Çatı	Çok Kristalli Silisyum	35°10'26"K		22,1 kWp	16422 kWh	743	4,2	2,66	180,000 Avro
Huvudsta, İsveç	Düz Çatı	Çok Kristalli Silisyum	59°20'43.8"K	80 derece	2,1 kWp	1750 kWh	833	5,38	2,8	37,446 Avro
La Damaise, Fransa	Cephe	Çok Kristalli Silisyum	45°41'33"K	90 derece	92 kWp	59050 kWh	642	5,4	3,34	580,000 Avro
Wilmsdorfer Sokağı, Apartman, Almanya	Cephe	Tek Kristalli Silisyum	48°0'13.6"K	90 derece	51 kWp	29195 kWh	573	5,5	3,07	
Surieux-Echirrolles Sosyal Evleri, Fransa	Cephe	Çok Kristalli Silisyum	45°9'10"K	90 derece	9,9 kWp	6647 kWh	671	5,72	3,32	

### 3.5 Bölüm Sonucu:

Sonuç olarak verilerden de anlaşılacağı gibi verimlilik açısından düz çatılarda ve eğik çatılarda yapılan fotovoltaik panel uygulamaları cephelerde yapılan uygulamalardan daha verimlidir. Bu uygulamalarda eğik çatılarda Avusturya'daki Nutz evi, Almanya'daki Klungler evi, düz çatılarda ise Japonya Nagoyada'ki Hazama-su evleri ile Fransa'daki OPHLM Montreuil konutu verimlilikleri en yüksek uygulamalardır. Cephe örneklerinde ise en verimli örnek Surieux sosyal konutlarıdır. En verimli cephe örneği olmasına rağmen düz çatıda fotovoltaik panel uygulanan ve incelenen örnekler içerisinde en düşük düz çatı verimliliğine sahip örnek olan Solgarden evlerinden çok az öndedir. Eğik çatı örnekleri ile karşılaştıracak olursak en düşük verimliliğe sahip olan İngiltere'deki Newbiggin sosyal konutlarından verimliliği daha geride kalmaktadır.

İncelenen örneklere göre cephe uygulamaları çatı uygulamalarına göre daha düşük verim göstermekte olup eğik çatı ve düz çatı verimlilikleri ortalama olarak birbirine yakındır. Bu bölümün sonucu olarak panellerin çatıya uygulanması daha uygun olmakla birlikte en çok verimin sağlanabilmesi için uygulama açısının belirlenmesi açısından düz çatılarda uygulamak daha uygundur.



Şekil 3.39 Dünya güneş ışınım dağılımı haritası (Meteonorm, 2008)

Şekil 3.39'da dünya haritası üzerinde güneş ışınım dağılımının gösterimi mevcuttur. Bu haritada görüldüğü gibi ekvatora yaklaştıkça ışınım miktarı artarak metrekare başına 2500 kWh'leri bulmaktadır. Kuzey ve güney kutbuna yaklaştıkça bu değerler azalmaktadır. İncelenen örneklerin konumu güneş ışınımı değerlerinin metrekareye 750 kWh ila 1500 kWh arasında olduğu yerlerdedir. Türkiye'nin bulunduğu konum ve İzmir ilinde yapılacak olan simülasyon ile dünya üzerinde ki incelenen örneklerin karşılaştırılması açısından bu veriler önemlidir.

## BÖLÜM DÖRT

### FOTOVOLTAİK PANEL SİSTEMİNİN İZMİR, SOYAK MAVİŞEHİR TOPLU KONUTLARINA ENTEGRE EDİLMESİ

#### 4.1 İzmir İçin Genel Bilgiler:

İzmir 38,43° kuzey enleminde 27,17° doğu boylamında yüz ölçümü 12.012 km<sup>2</sup> olup 25 metre yükseklikte yer almaktadır. Matematiksel konumu itibari ile “orta kuşak” sınırları içinde yer almaktadır. Kuzey yarım kürede, fiziksel iklim kuşaklarından "İlman Kuşak"ta yer almaktadır. Kışları serin ve yağışlı yazları sıcak ve kurak geçerek jenetik mikro klima tiplerinden Akdeniz ikliminin “kıyı ege” tipi etkilidir. Yani, yazları Akdeniz kıyı şeridiyle aynı sıcaklıkta ve kurak, kışları ılık ve batı Akdeniz'den daha yağışlıdır. İklimi denize olan uzaklık bakı ve yüzey şekillerine bağımlı olarak iç kısımlara gidildikçe “karasal Akdeniz iklimi” özelliklerini gösterir (Tokuç, 2005)



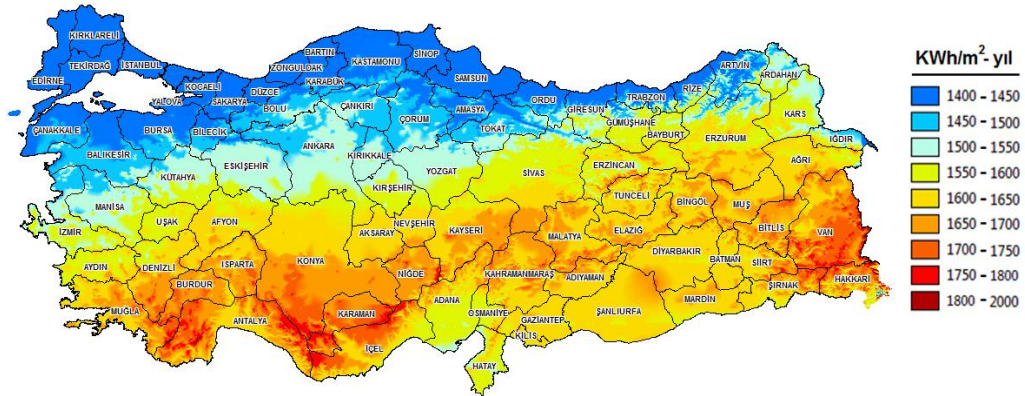
Şekil 4.1 Türkiye'nin Dünya üzerinde ki konumu (Wikipedia, bt.)

İzmir 3.795.978 kişilik nüfusu ile Türkiye'nin en fazla nüfusa sahip kentlerinden biridir. Şehir nüfusu 3.450.537 iken, köy nüfusu 345.441'dir. Kentin nüfus yoğunluğu ise km<sup>2</sup> başına 316 kişidir.

İzmir ili 30 ilçe 596 köyden oluşmaktadır. Nüfus bakımından en büyük ilçeler sırasıyla Karabağlar, Konak, Buca, Bornova, Bayraklı ve Karşıyaka'dır. Nüfus bakımından en küçük ilçe ise Karaburun'dur. Yüzölçümü bakımından en büyük ilçe Bergama, en küçük ilçe Balçova'dır (İzmir Ticaret Odası [İZTO], 2012).

#### 4.2 İzmir İli İçin Tasarım Verileri:

Şekil 4.2'de Türkiye üzerindeki güneş ışınım değerlerinin dağılımı bulunmaktadır buradan anlaşılacağı gibi yılda metrekareye yılda düşen güneş ışınım miktarı 1400 ila 2000 kWh arasında değişmektedir. Türkiye'nin güney ve güney doğu kesimleri daha fazla güneş ışınımı almakta olup fotovoltaik sistem uygulamalarına daha uygundur. İzmir ili için ise bu miktar metrekare başına 1450 ila 1650 kWh değişmektedir.



Şekil 4.2. Türkiye üzerindeki güneş ışınım değerleri dağılımı (YEGM,2012)

İzmir en düşük sıcaklık değerine 14.02.2004 tarihinde Şubat ayında ulaşmış olup en yüksek sıcaklık değeri 12.08.2002 tarihinde ağustos ayında ulaşmıştır. Tabloda da görüldüğü gibi ortalama sıcaklık temmuz ayında en yüksek seviyede olup güneşlenme süresi de en çok bu aydadır. Buna karşılık ortalama en düşük sıcaklık ocak ayında olmasına rağmen güneşlenme süresi en az ay ise aralık ayıdır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü [DMİ], 2012).

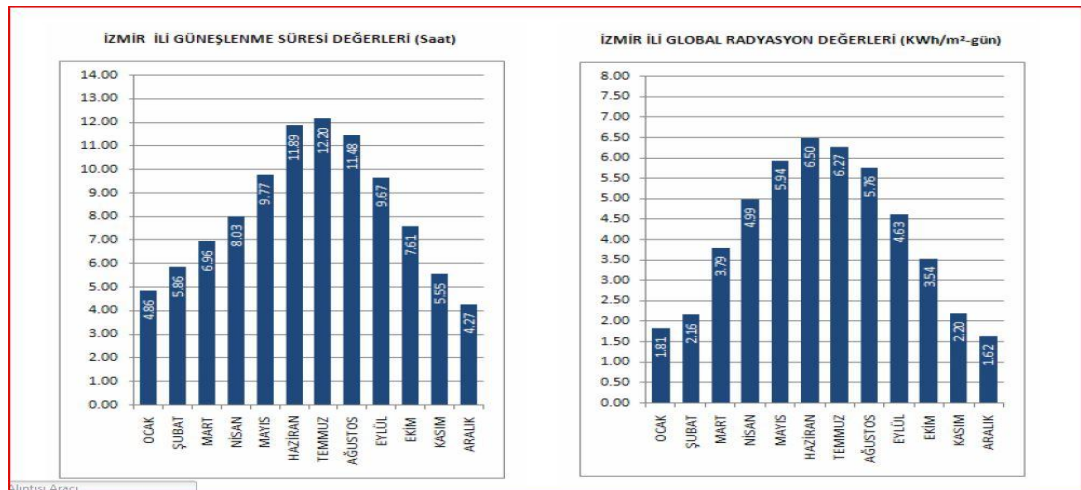


Tablo 4.1 İzmir iline ait yıllara ve aylara göre ortalama istatistiksel veriler (DMİ, 2012)

Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1970-2011)						
İzmir	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	Ort. Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Top. Yağış Miktarı Ort. (kg/m <sup>2</sup> )
Ocak	8,9	12,6	5,9	4,3	10,5	114,4
Şubat	9,4	13,4	6,2	5	10,5	104,7
Mart	11,8	16,5	8,0	6,3	8,6	77,9
Nisan	15,9	20,9	11,5	7,3	8,2	46,7
Mayıs	20,9	26,1	15,6	9,5	5	25,8
Haziran	25,8	31,0	20,2	11,4	1,8	8,2
Temmuz	28,1	33,3	22,9	12,1	0,5	2,3
Ağustos	27,6	32,8	22,7	11,4	0,5	1,9
Eylül	23,7	29,1	18,9	10,0	2,1	17,5
Ekim	18,8	24,0	14,8	7,3	5,6	50,9
Kasım	13,7	18,2	10,4	5,3	8,5	103,3
Aralık	10,3	13,9	7,5	4	12	131,0

Ülkemizin büyük bir bölümü gerek güneş ışınımı ve gerekse güneşlenme süreleri yönünden çok uygun değerlere sahiptir. Devlet Meteoroloji İşleri ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından gerçekleştirilen ölçüm ve değerlendirmelerde de bu potansiyel belirlenmiştir. Özellikle YEGM tarafından hazırlanan GEPA (Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası) tüm il ve ilçelerimizin bu potansiyellerini ayrıntılı göstermektedir. Bu atlas ve tablolardan yararlanarak hazırlanan Tablo 4.2’de gösterildiği gibi, İzmir ili de güneş enerjisi potansiyeli olarak uygun değerlere sahip olup, güneş enerjili değişik uygulamaların gerçekleştirilmesine uygundur (Güngör, 2009)

Tablo 4.2 İzmir ili için güneşleme süresi ve global radyasyon değerleri tabloları (YEGM,2012)

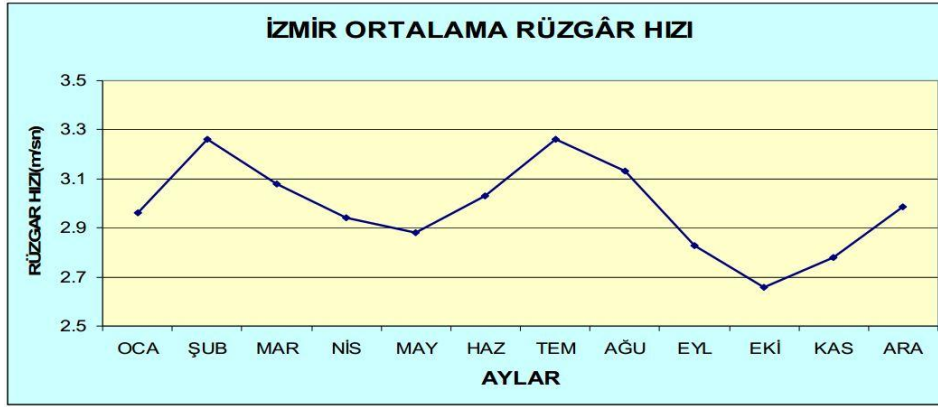


İzmir ilinde ortalama rüzgar hızları ve yönleri incelendiğinde, Güzelyalı istasyonunda, 3,27 m/sn ile güneydoğu yönüdedir. Nitekim İzmir kent alanını temsil

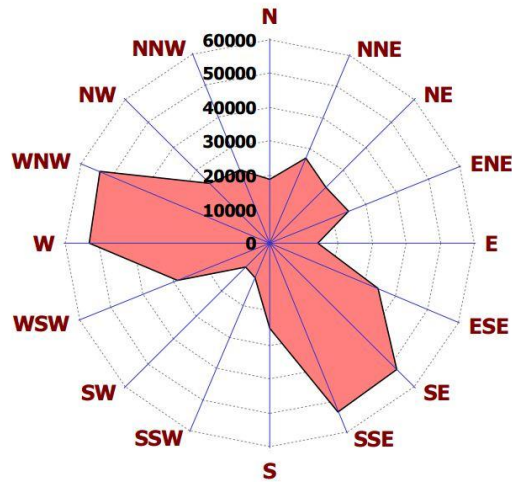
eden istasyonlardan Güzelyalı istasyonunda Tablo 4.4'de de görüldüğü gibi yıl içinde birinci egemen yön olarak güney-güneydoğu, ikinci egemen yön olarak da batı-kuzeybatı tespit edilmiştir. İzmir'de ortalama rüzgar hızı en yüksek olan aylar ortalama 3,25 m/sn hızla ile şubat ve temmuz aylarında olup en az rüzgar ise 2,65 m/sn hız ile ekim ayındadır.

Rüzgar yönü ve hızı fotovoltaik panel sisteminin özellikle yaz aylarında soğumasında ve yine üzerlerinde birikecek olan tozun temizlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Tablo 4.3 İzmir (Güzelyalı) İstasyonuna ait Gözlemler (DMİ,2012)



Tablo 4.4 İzmir (Güzelyalı) İstasyonuna ait hakim rüzgar yönü (DMİ, 2012)



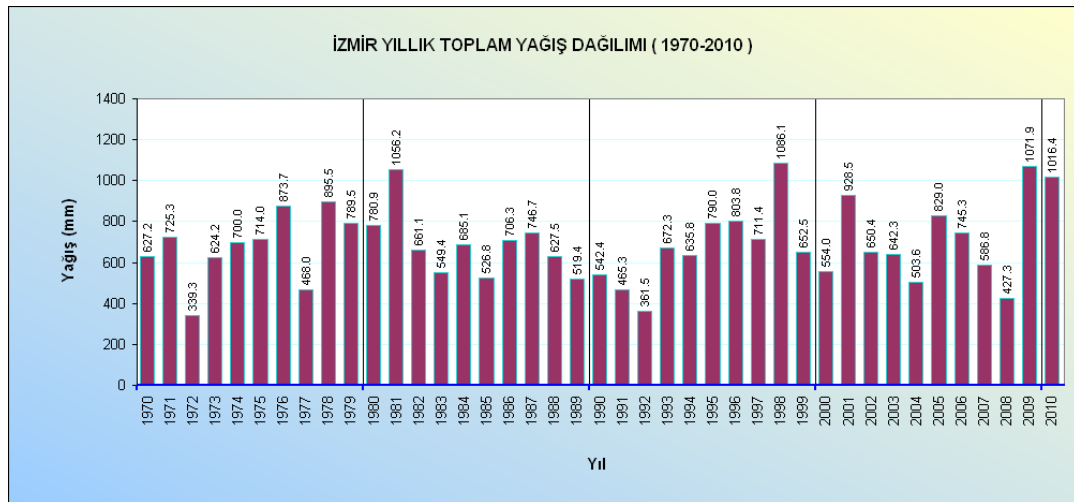
İzmir ili 1970 yılından beri yıllık toplam yağış miktarı ortalaması 690,1 mm.'dir. İzmir en fazla yağışı 1998 yılında almış olup en az yağışı da 1972 yılında almıştır.

Yağış fotovoltaik panellerin periyodik olarak yapılan temizliği için önemli olup bakım maliyeti açısından az da olsa önemlidir.

Tablo 4.5 İzmir ili için aylara göre ortalama yağış dağılımı (DMİ, 2012)

Ortalama Yağış Periyodu	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam
1970-2010	114,8	104,7	79,3	46,3	28,2	9,8	5,3	3,7	22,7	52,5	105,8	130,8	690,1

Tablo 4.6 İzmir ilinin aylara ve yıllara göre yağış dağılımı (DMİ, 2012)



### 4.3 İzmir'deki Konut Alanlarına Genel Bir Bakış:

Bir kentteki konut alanlarının niteliği kentteki tüm yapılaşmadan ve bu yapılaşmada etkili etkenlerden ayrı ele alınamaz. Kentsel yapılı çevre kalitesi ise kentlerin gelişme biçimlerini etkileyen faktörlerden etkilenmektedir. Kentsel yapılı çevrede kalite ölçütlerinin oluşmasında ve yaşam kalitesi üzerinde, politik, toplumsal ve kültürel, ekonomik, teknolojik ve yapım tekniklerine ilişkin etkenlerin tümü doğrudan ya da dolaylı etkide bulunacaktır.“(Koç, 1997).

Dolayısıyla İzmir örneğindeki konut sunumunun ve konut alanlarının niteliği de yaşanan kentleşme deneyimimiz, kentleşmeye ayrılan kaynak miktarı, konutun taşıdığı işlevler, izlenen ekonomi politikaları ve diğer birçok etken paralelinde biçimlenmektedir.

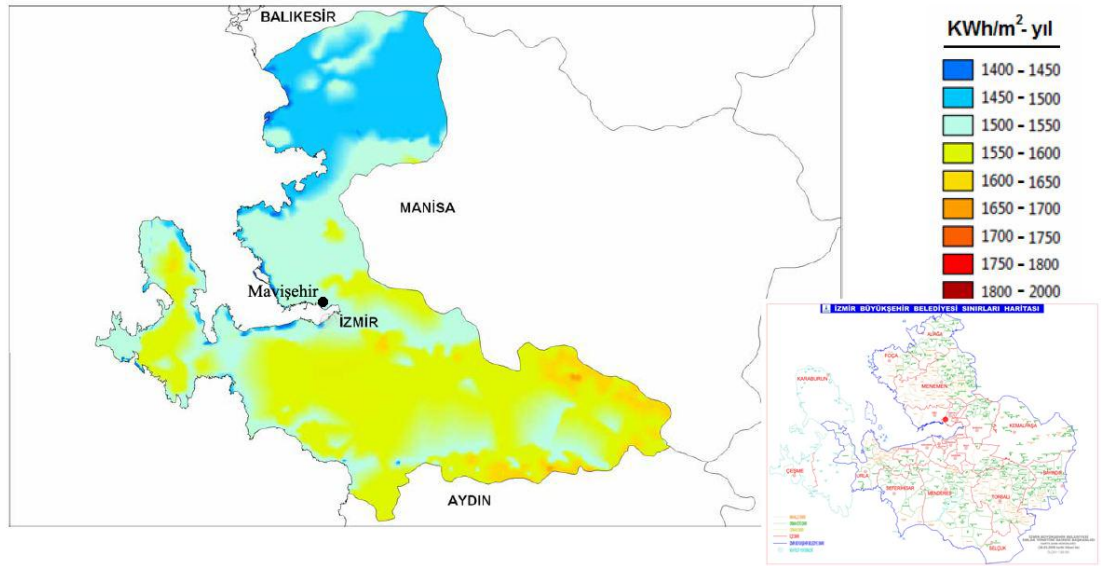
İzmir’de farklı konut sunum biçimleri mevcuttur. Bunları, tarihi doku ve yapılar, bireysel, kooperatif ve yapsat süreci ile oluşmuş konut yapıları, toplu konutlar ve gecekondular yapıları dediğimiz ruhsat dışı konut yapıları olarak dörde ayırabiliriz. Tarihi doku ve yapılar mekan yaya erişimi ve estetik olarak olumlu olmakla birlikte, alanların sağlıklaştırma ve yapılarında bakım gereksinimleri bulunmaktadır. Bireysel, kooperatif ve yapsat süreci ile oluşmuş konut yapıları Alsancak, Karşıyaka ve Güzelyalı gibi kolay erişilebilen sahil ve hemen sahilin arka kısmında bulunmakta olup 6-8 katlı apartman yapılarıdır. 1970’lerde biçimlenen bu yapılar bina kalitesi yönünden olumlu, yoğun ve donatı yönünden yeterli olmayan yapılardır. Binalar eskimeye başlamış olup deprem güvenliği yönünden yenilenmesi gerekmektedir. Toplu konut alanları çok sayıda ve bir arada yapılan konutlardan meydana gelmektedir. 1990 sonrasında oluşan bu yapılar bina ve çevre niteliği yönünden olumlu oluşumlardır. Toplu konutlar kullanıcının istekleri doğrultusunda oda sayısı fazla konforlu yapı malzemesi kaliteli lüks konutlar ve siteler olarak sunulacağı gibi aynı zamanda sosyal toplu konutlar adı altında dar alana sahip ama nitelikli bir bina planı, orta sayılabilecek düzeyde bir işçilikle gerçekleşen konutlar olarak ta sunulabilirler. Toplu konutlar adı altında yine TOKİ uygulamaları da incelenebilir. Bu konutlarda çok katlı, çok daireli ve çok bloklu yapılardır. Bu uygulamalar lüks konut olarak ta sosyal konut olarak ta bölgedeki ihtiyaca göre üretilmekte olup bir birlerine bazı yönlerden benzer özelliklerdedirler. Bir katta 4 yada daha fazla daire bulunmakta çoğunlukla 8 katın üzerinde büyük kütlelerdir. Benzer oda sayısına sahip oda planları birbirlerine benzemektedir. Bu benzerlik farklı illerde yapılan örneklerde de aynıdır. Taşıyıcı sistem kullanılan malzeme açısından nitelikli bir yaşam sunsa da estetik açıdan nitelikli yapılar değildir (Koç, 1997).

İzmir ilinde konut alanlarına baktığımızda son yıllarda yaygınlaşan toplu konut yapılarının daha nitelikli ve daha uzun süreler hizmet verebilecek olmasından dolayı

fotovoltaik sistem uygulaması için bir toplu konut uygulaması seçilmiştir. İzmir, Karşıyaka'da Soyak Mavişehir Toplu Konutları hem binaların konumlanışı hem de son yıllarda yapılan nitelikli konut yapılardan olması nedeni ile seçilmiştir.

#### 4.4 Mevcut Konut Yapısına Fotovoltaik Sistem Entegre Edilmesi, Soyak Mavişehir Toplu Konutları:

Mavişehir, İzmir'in kuzeyinde bulunan Karşıyaka ilçesinin bir semtidir. Mavişehir semti son yıllarda toplu konut uygulamalarının çokça yapıldığı bir yer olmuştur. Bu toplu konut uygulamalarından biri olan Soyak Mavişehir konutlarının yapımı 2008 yılında tamamlanmıştır. Fotovoltaik panel uygulaması da bu konutların içinden seçilecek bir blokta yapılacaktır.



Şekil 4.3. İzmir ili için güneş ışınım miktarı haritası ve Mavişehir'in İzmir'deki konumu (YEGM,2012)

Mavişehir'in güneş ışınım değerleri Şekil 4.3'de görüldüğü gibi metrekare üzerine düşen miktar 1500 ila 1550 kWh'tir. Bu değer Türkiye üzerindeki ortalama ışınım değerlerinin altında fakat bölüm üç'te incelenen dünya üzerinden seçilen örneklerle göre yüksek bir değerdir.

<b>Proje Adı:</b>	Soyak Mavişehir Toplu Konutları	<b>Ülke:</b>	İzmir, Türkiye
<b>Uygulandığı Yıl:</b>		<b>PV panel uygulama şekli:</b>	Sonradan entegre edilmiş
<b>PV Panel Entegre Edilen Yer:</b>	Eğik Çatı	<b>PV Panel Hücre Tipi:</b>	Çok Kristalli Silikon Panel
<b>PV Sistem Gücü:</b>	36 kWp	<b>Yıllık PV Panel Üretimi:</b>	52,28 MWh
<b>Proje Konumu:</b>	38°28'38"K 27°04'42"D	<b>Uygulama Açısı:</b>	30°
<b>Yönlenmesi:</b>	Güney	<b>Güneş ışınım Değerleri ve Güneşlenme Süresi:</b>	4,1 kWh/m <sup>2</sup> /gün 8,175 sa/gün



Şekil 4.4. Soyak Mavişehir toplu konutlarının İzmir de ki Konumu (Soyak, bt.)

Soyak Mavişehir Toplu Konutları yaklaşık 130 bin metre kare üzerine yapılmıştır ve 1500 konuttan oluşmaktadır. Toplam A,B,C ve D olmak üzere 4 çeşit bloktan ve 21 binadan meydana gelmektedir. Proje 38 derece, 28 dakika 38 saniye kuzeyde ve 27 derece, 04 dakika, 42 saniye doğuda yer almaktadır.



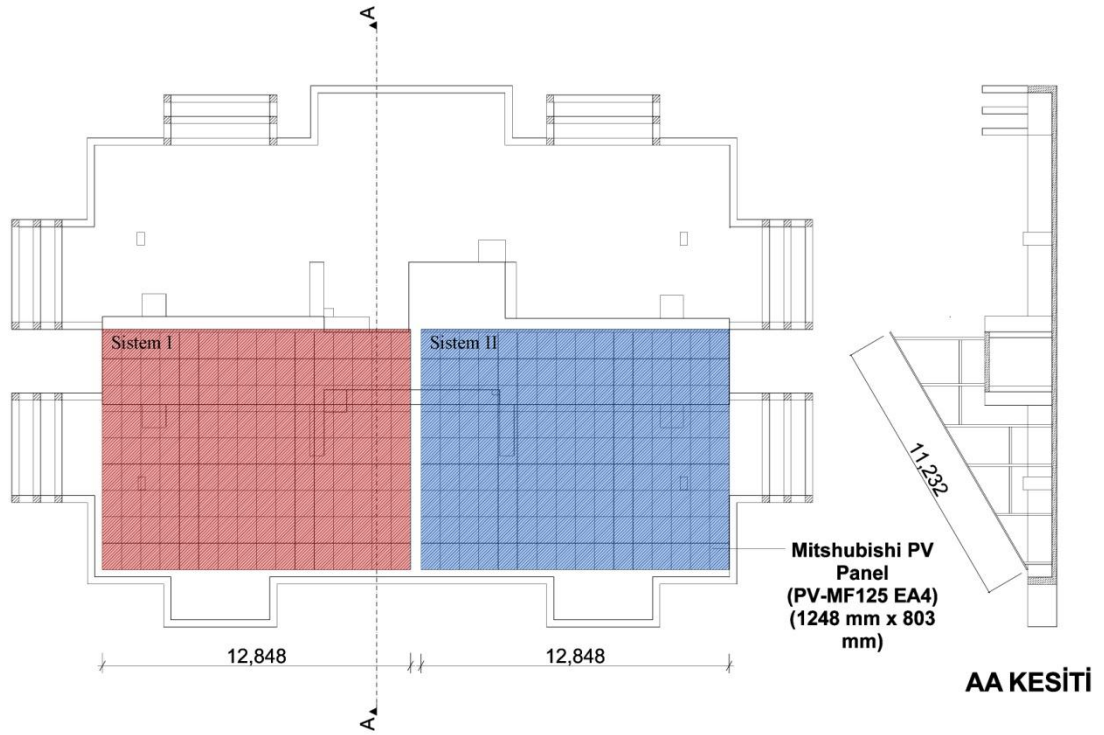
Şekil 4.5 Soyak Mavişehir Toplu Konutları Vaziyet Planı  
(Soyak, bt.)

Binalar betonarme karkas sistem olup 16 katlıdır ve birbirleri arasındaki mesafe yaklaşık 50 metredir. Toplu konutun yakın çevresinde yüksek katlı binalar bulunmamakla birlikte güneş ışığını engelleyecek bir unsur bulunmamaktadır. Bina çatıları düz çatıdır.

Bu araştırmada mevcut dört bloktan D blok seçilmiş olup bu binaya fotovoltaik panel uygulaması yapılmıştır. Uygulamada kullanılacak fotovoltaik panellerin, invertörlerin gücü ve markası karşılaştırma yapılacak olan Japonya, Nagoya

şehirdeki Hazama-su konutları ile daha düzgün bir karşılaştırılma yapılması açısından aynı seçilmiştir.

Fotovoltaik panellerin binanın çatısında uygulanması öngörülmüştür ve çatıya çelik strüktür kurularak 30 derece eğimli bir şekilde paneller yerleştirilmiştir. Bu açı simülasyon için kullanılan PVSYST programının bulmuş olduğu, verimin maksimum düzeyde sağlandığı en uygun açıdır. Panel seçimi olarak Mitshubishi firmasının 125 Wp'lik çok kristalli güneş panelleri kullanılmış olup panellerin yüzey alanı 1,002 metrekaredir. Uzunlukları 1248 mm. genişlikleri 803 mm. kalınlıkları ise 46 mm. olan bu paneller, 2 ayrı sistem olarak düzenlenmiş ve bu sistemlerden her birinde 9 adet paralel 16 adet seri şeklinde dizilmiş toplam 144 adettir. En uygun açının bulunması, toplam sistemin gücü ve yıllık üretim miktarı gibi verilerin hesaplanabilmesi için PVSYST, V5.06 programı kullanılmıştır. Sistemin toplam gücü 36 kWp olarak hesaplanmıştır. Kullanılan panellerin toplam yüzey alanı 288 metrekaredir. Üretilen enerji 52,28 MW sa/yıl olarak hesaplanmıştır. Invertör olarak yine Mitshubishi firmasının üretmiş olduğu her bir sistem için 2'şer adet olmak üzere toplam 4 adet 10 kW'lık invertör kullanılmıştır.



Şekil 4.6. Soyak Mavişehir D blok çatı planı ve kesiti



Tablo 4.7 Nagoya, Japonya güneşlenme süresi ve ortalama sıcaklık verileri (Climatemp, 2012)

Aylar	Ort. Güneşlenme Süresi (Saat/gün)		Güneş Işınım Değerleri (kWh/m <sup>2</sup> /gün)	
	Nagoya	İzmir	Nagoya	İzmir
Ocak	5,7	4,86	2,19	1,81
Şubat	6,4	5,86	3,07	2,16
Mart	6,6	6,96	3,93	3,79
Nisan	6,7	8,03	4,75	4,99
Mayıs	6,9	9,77	4,99	5,94
Haziran	5,8	11,89	4,45	6,5
Temmuz	6,5	12,20	4,39	6,27
Ağustos	7,6	11,48	4,56	5,76
Eylül	5,5	9,67	3,62	4,63
Ekim	5,5	7,61	3,22	3,54
Kasım	5,8	5,55	2,44	2,2
Aralık	5,4	4,27	2,05	1,62
Yıllık Ort.	6,2	8,175	3,64	4,1

Buna karşılık inceleme yapılan Japonya, Nagoya'da ki Hazama-su konutlarında toplam 203 kW gücünde panel kullanılmış olup yıllık üretimi 214996 kWsa/yıl olarak hesaplanmıştır. Hazama-su konutları 35 derece 10 dakika 26 saniye kuzey paralelinde bulunmakta ve fotovoltaik sistem uygulaması yapılan Soyak Mavişehir Toplu Konutları ile yakın paraleldedirler. Verimlilik açısından karşılaştırıldığında görüldüğü gibi İzmir örneği daha verimli bir sistemdir. Uygulanan Soyak Mavişehir Toplu Konutlarındaki fotovoltaik sistemin verimliliği 1452 kWh/kWp olarak hesaplanmış, Hazama-su konutlarında ise bu değer 1059 kWh/kWp'dir. Bunun sebeplerinden biri Nagoya şehrinin güneşlenme süresi ile ilgilidir Tablo 4.7'de görüldüğü gibi İzmir'in güneşlenme süresine göre Nagoya şehrininki daha azdır. Bu da Nagoya'daki sistem veriminin İzmir'dekine oranla düşük olmasını açıklar.



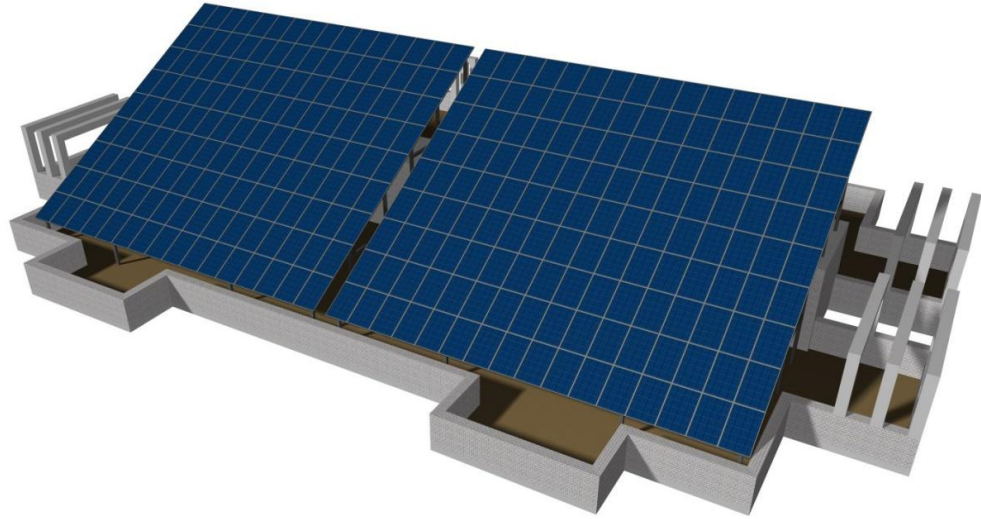
Şekil 4.7 Soyak Mavişehir Toplu Konutlarından bir görünüş (Soyak, bt.)



Şekil 4.8 Soyak Mavişehir Toplu Konutlarından bir görünüş (Soyak, bt.)



Şekil 4.9 Soyak Mavişehir Toplu Konutları D blok planı (Soyak, bt.)

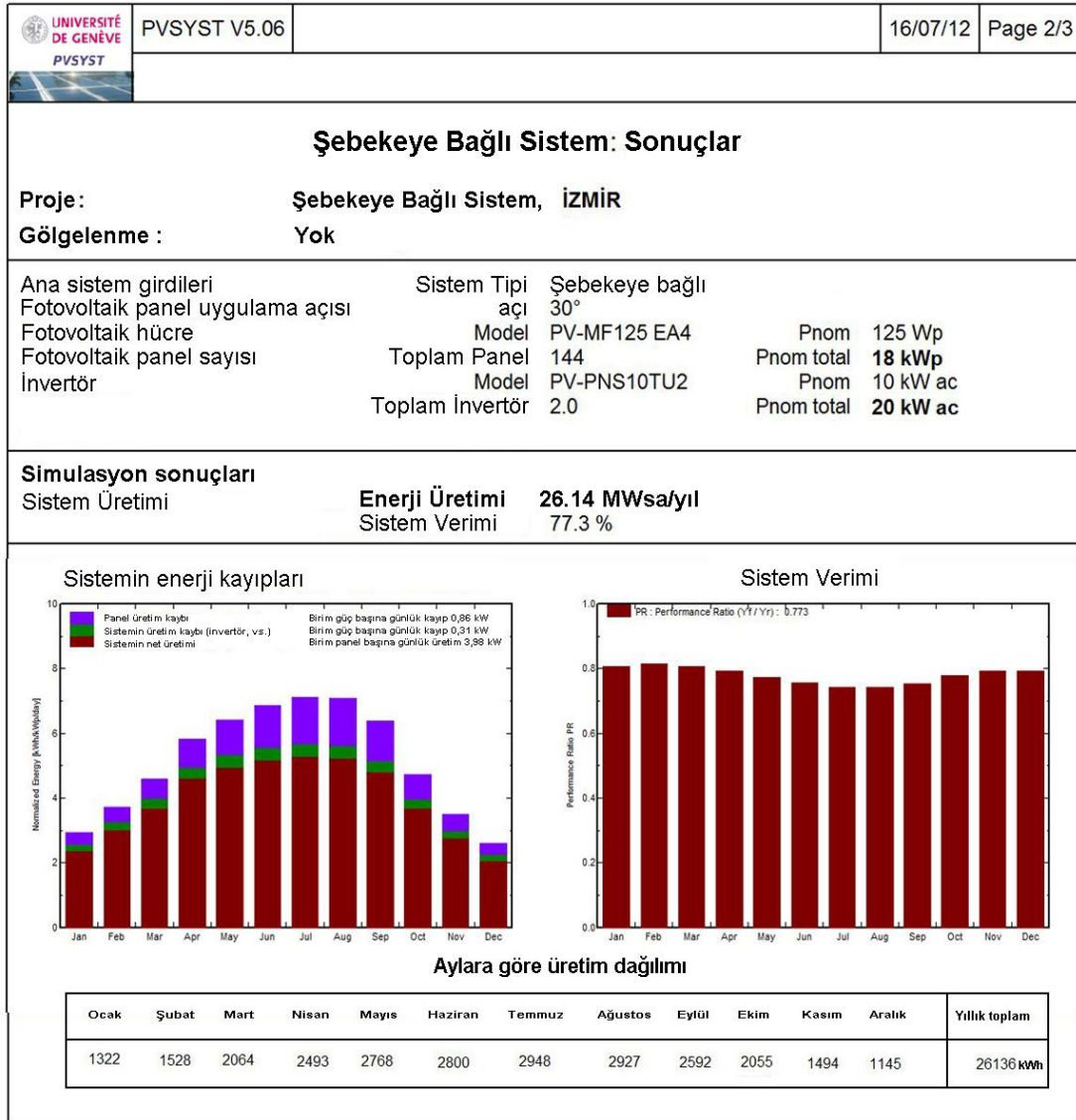


Şekil 4.10. Soyak Mavişehir D blok çatı modellemesi

	PVSYST V5.06	16/07/12	Page 1/3
<b>Şebekeye Bağlı Sistem: Simülasyon Verileri</b>			
<b>Proje :</b>	<b>Şebekeye Bağlı Sistem, İZMİR</b>		
<b>Coğrafik Konumu</b>	<b>İzmir</b>	<b>Ülke</b>	<b>Türkiye</b>
<b>Durum</b>	Enlem 38.2°K	Boylam	27.2°D
	Aklık 0.20	Rakım	5 m
<b>Hava Durumu Verileri :</b>	İzmir, Saatlik hava durumu veriler		
<b>Gölgelenme :</b>	<b>Yok</b>		
<b>Simülasyon Verileri</b>			
<b>Fotovoltaik Panel Uygulama Açısı</b>	Açı 30°		
<b>Ufuk</b>	Açık		
<b>Gölgeleme</b>	Gölgeleme Yok		
<b>Fotovoltaik Panel Özellikleri</b>			
<b>Fotovoltaik Hücre</b>	Si-poly	Model	<b>PV-MF125 EA4</b>
		Üretici Firma	Mitsubishi
Fotovoltaik Panel Sayısı		Seri	16 modules
Toplam Fotovoltaik Panel Sayısı	Panel Sayısı	144	Paralel 9 strings
Sistem Gücü	Toplam	<b>18 kWp</b>	Gücü/adet 125 Wp
Toplam Alan	Toplam Metrekare	<b>144 m<sup>2</sup></b>	
<b>İnvertör</b>		Model	<b>PV-PNS10TU2</b>
		Üretici Firma	Mitsubishi
<b>Özellikleri</b>		Voltaj	180-450 V
		Adet	2 adet
		Birim Gücü	10 kW AC
		Toplam Gücü	20 kW AC

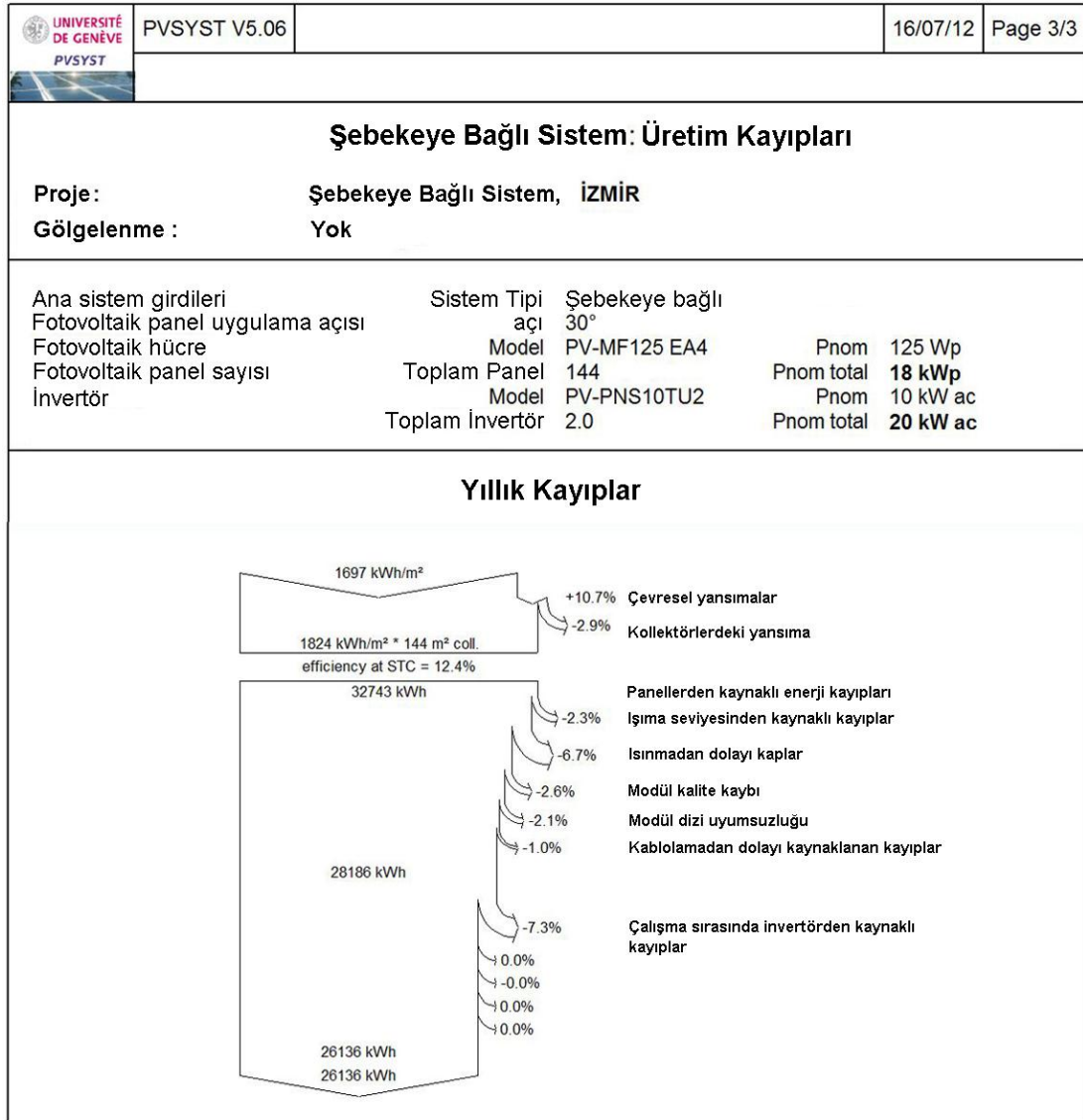
Şekil 4.11 PVSYST programına ait fotovoltaik panel uygulaması için veriler

Şekil 4.11 ve 4.12'de PVSYST programına ait veriler bulunmakta olup Soyak Mavişehir Toplu Konutları D blokta uygulanan tek bir fotovoltaik sistem için hesaplanmıştır. Uygulanan iki fotovoltaik panel sisteminin yıllık toplam üretimi 52280 kWh olarak hesaplanmış olup bu değer doğaya 32570 kg CO<sub>2</sub> salınımına eşdeğerdir. Yenilenebilir enerji olan güneş enerjisi kullanılarak atmosfere verdiğimiz yıllık karbon salınımını azaltabilir hatta ihtiyacımız olan bütün enerjiyi fotovoltaik panel sistemi ile üretip, sıfır seviyesine çekebiliriz.



Şekil 4.12 PVSYST programına ait fotovoltaik panel uygulaması için veriler

Şekil 4.12'de tek bir sistem için sistem verimi, yıllık üretimi gibi değerler verilmiştir. Aylara göre üretimlere bakıldığında en fazla üretim temmuz ayında olup 5896 kWh'dir. En az üretimde aralık ayında gerçekleşmiş olup 2290 kWh'dir. En fazla güneş ışınım değeri haziranda olmasına rağmen güneşlenme süresinin temmuz ayında fazla olması temmuz ayında üretimin artmasına neden olmuştur. Buna karşılık aralık ayında hem güneş ışınım değerleri en düşük hemde güneşlenme süresi en düşüktür. Sistem verimi, panel ve invertörlerin üretim aşamasındaki kayıplarından dolayı %77.3 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.13 PVSYST programına ait fotovoltaik panel uygulaması için veriler

Uygulanan fotovoltaik sistemi elektrik üretimi yaparken çeşitli faktörler nedeni ile verimi düşer. Bu faktörler genellikle sistemin bileşenlerinden kaynaklı olup enerji kayıplarına neden olur. Şekil 4.13'de görüldüğü üzere çevresel yansımalar ile %10.7 verimi yükselen sistem, panellerdeki yansımadan, sistemdeki ısınmadan, modül dizi uyumsuzluğundan, kablolamadan, invertörlerden kaynaklı verim kayıplarına uğramıştır. En çok verim kaybına sebep olan faktörler ısınmadan dolayı ve invertörlerin çalışması sırasında meydana gelen kayıplardır.

Tablo 4.8 PVSYST programına göre yılda 52,28 MWh üreten bir sistemin kurulum maliyeti (PVSYST)

Fotovoltaik panel maliyeti	134905 Avro
Taşıyıcı sisteminin maliyeti	25696 Avro
İnvertör ve kablolama maliyeti	20755 Avro
Nakliye ve Montaj maliyeti	35242 Avro
<b>Toplam Maliyet</b>	<b>216598 Avro</b>
Yıllık Ödenekler	17380 Avro/yıl
Bakım masrafları	1880 Avro/yıl
<b>Yıllık toplam maliyet</b>	<b>19260 Avro</b>
<b>Enerji maliyeti</b>	<b>0,37 Avro/kWh</b>

Yukarıdaki Tablo 4.8'de PVSYST programına göre yaklaşık olarak yıllık 52280 kWh üretim yapabilen bir fotovoltaik panel sisteminin maliyeti hesaplanmıştır. Toplam sistem maliyeti 216598 Avro tutan sistem 20 senede geri ödeme ve %5 faiz oranı ile yıllık maliyeti 19260 Avro'dur. kWh başına enerji maliyeti bu hesaba göre 0,37 Avro'ya gelmekte olup 20 senenin sonunda yıllık bakım masraflarının dışında hiçbir maliyeti kalmayacaktır. Faizi hesaba katılmadan enerji birim maliyeti 20 senelik bir geri ödeme planı oluşturulduğunda 0,21 Avro'ya gelmektedir.

Sistemin PVSYST programının çıkartmış olduğu toplam maliyeti Avro'nun güncel kuruna göre 506371 TL'dir. T.E.D.A.Ş.'in elektrik birim fiyatı olan 28,386 kr/kWh baz olarak alındığında sistem maliyeti 35 senede ancak kendini karşılayabilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanununa göre fotovoltaik panel kullanımına teşvik için kişilerin güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurması durumunda devlet satın aldığı kWh başına 13.3 cent ücret ödemektedir. Bu birim fiyata sistemde kullanılan her yerli ürün içinde ek ücret vererek kişi yada kurumları bu sistemi kullanmaya teşvik etmektedir. Tablo 4.9'da verilen bilgilere göre ücret değişmektedir.

Tablo 4.9 Devletin ek olarak verdiği yerli katkı ilavesi ücretleri (Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, 2011)

<b>(29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)</b>		Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	PV modülleri	1,3
	PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	İnvertör	0,6
	PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5



## BÖLÜM BEŞ

### SONUÇ

Fosil yakıtların giderek tükenmesi ve hava kirliliği yaratıp çevreye zarar vermesi insanları yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönlendirmiştir. Birçok gelişmiş ülkede enerji üretiminde kullanılan bu kaynaklar ülkemizde yeteri kadar ilgiyi görmemekte ve kullanılmamaktadır. Bu kaynakların en önemlilerinden olan güneş enerjisinin sonsuz ve kolay erişilebilir olması, güneş pilleri sayesinde doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmesi tercih sebeplerindedir. Ülkemizde kullanılmama sebeplerinin en önemlisi sistem maliyetinin özellikle fosil kaynaklara göre daha fazla olmasıdır.

Ülkemizin coğrafik konumu nedeni ile bu enerji kaynağının kullanılmaması için hiçbir neden yoktur. İzmir'de Karşıyaka, Soyak Mavişehir toplu konutlarında da görüldüğü gibi, simülasyon hesapları sonucuna göre, bulunduğu enlem olarak yakın olan, incelenen örneklerden Japonya Nagoya'daki Hazama-su konutları ile karşılaştırıldığında İzmir'de uygulanan örnekte verimlilik daha fazladır. Soyak Mavişehir Toplu Konutlarına uygulanan sistemdeki verim 1452 kWh/kWp olarak hesaplanmıştır. Nagoya Hazama-su konutlarında ise bu değer 1059 kWh/kWp'de kalmıştır. Sadece Hazama-su konutlarına göre değil, incelenen diğer örneklerde 1093 kWh/kWp değer ile en verimli olan Nutz Evine göre de daha verimlidir. Dünya üzerindeki güneş ışınım değerlerini gösteren haritaya baktığımızda ülkemizin bulunduğu konumda aldığı güneş ışınımı değeri 1400 ila 2000 kWh/m<sup>2</sup> iken fotovoltaik panel sistemi uygulayan birçok ülkeye göre bu değer daha yüksektir. İncelenen dünya üzerindeki fotovoltaik panel uygulamalarının bulunduğu konumların aldığı güneş ışınım miktarı 750 ila 1500 kWh/m<sup>2</sup> olarak değişmekte olup ülkemizdeki değerlerin altında kalmaktadır. Bu da uygulama yapılan İzmir örneğinin diğer uygulamalara göre neden yüksek çıktığını açıklar. Ülkemiz üzerindeki güneş ışınım değerlerinin dağılımına baktığımızda güney kıyılarımızın fotovoltaik panel sistemi uygulamasına daha elverişli olduğunu görmekteyiz. Bu değer güney kıyılarında 2000 kWh/m<sup>2</sup> iken kuzey kıyılarına doğru çıktıkça 1400 kWh/m<sup>2</sup>'lere düşmektedir.

Bu tezin sonucu olarak ülkemizde temiz enerji kaynaklarından güneş enerjisinin kullanılmasının mümkün olduğu ortaya çıkmıştır. Birçok kuzey ülkelerinde dahi kullanılan bu sistemin, ülkemizin dünya üzerinde bulunduğu konumu açısından ülkemizde de kullanılması uygundur. Maliyetleri ilk başta pahalı gibi görünse de uzun yıllar kullanılabilmesi, bakımının yok denecek kadar az olması ve istenirse mevcut şebekeye elektriğin satılması ile uzun vadede karlı bir sistemdir. Simülasyonu yapılan sistemin PVSYST programının çıkartmış olduğu toplam maliyeti Avro'nun güncel kuruna göre 506371 TL'dir. T.E.D.A.Ş.'in elektrik birim fiyatı olan 28,386 kr/kWh baz olarak alındığında sistem maliyeti 35 senede kendini karşılayabilmektedir. Soyak Mavişehir Toplu konutlarında uygulanan bu sistemde yılda üretilen 52280 kWh elektrik enerjisi her yıl atmosfere 32570 kg CO2 salınımını önlemektedir. Bu da yenilenebilir enerji kaynaklarında olan fotovoltaik panel sisteminin çevreye ne kadar duyarlılığı olduğunu göstermektedir.

Fotovoltaik panel teknolojisi diğer kaynaklara göre daha avantajlı olduğu için ilgi çekmeye ve gelişmeye devam edecektir. Ülkemizin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli de göz önüne alındığında bu sisteme teşvik edici girişimlerle, ülkemizdeki uygulamalar artacaktır. Fotovoltaik sistemler pek çok uygulamada kullanılabilir ve başka bir sisteme bağlanmadan tek başına fonksiyonların gerçekleştirilmesi için enerji üretebilecek bir sistemdir. Gelişen teknoloji ve ortaya çıkan yeni yöntemler sayesinde fotovoltaik panel ve bileşenlerinin maliyeti azalacak ve ülkemizdeki kullanımları yaygınlaşacaktır. Uygulanacak fotovoltaik sistemlerle hem daha temiz bir ülkeye sahip olabilir hem de hiç bitmeyen bir enerji kaynağı sağlayabiliriz.

## KAYNAKLAR

- Altın, M. (2004), Yeni Yapı Malzemesi Fotovoltaik Paneller, Özellikleri ve Tarihçesi, 2. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*, 7 Ağustos 2012. <http://www.yapkat.com/images/Malzeme/Dosya/27749270200722394634485244.pdf>
- Altın, M. (2004). (Fotovoltaik Malzeme ile) Elektrik Üreten Cepheler ve Çatılar, Özellikleri ve Tarihçesi, 2. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*. 8 Ağustos 2012. [http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri\\_013.pdf](http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_013.pdf).
- Climatemps, (2012). Nagoya. 8 Eylül 2012. <http://www.nagoya.climatemps.com/>
- Çelebi, G. (2002). Bina düşey kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 17 (3) , 17-33
- Energy Efficiency & Renewable Energy [EERE], (2010). Global installed PV capacity, *2008 Solar Technologies Market Report*. Ocak sayısı, 1-3. 15 Mart 2012. EERE
- Florida Solar Energy Center, (2007). Types of PV systems. 2 Nisan 2012. [http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/solar\\_electricity/basics/types\\_of\\_pv.htm](http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/solar_electricity/basics/types_of_pv.htm)
- GE Energy, (2012). Thin film solar panel 78W, 80W, 83W. 21 Mart 2012. [http://www.ge-energy.com/products\\_and\\_services/products/solar\\_power/cdte\\_thin\\_film\\_solar\\_module78.jsp](http://www.ge-energy.com/products_and_services/products/solar_power/cdte_thin_film_solar_module78.jsp)
- Güngör, A. (2009). İzmir ilinin enerji sorunu çözümlemesinde güneş enerjisinin yeri, *TMMOB İzmir Kent sempozyumu*. 3 Temmuz 2012. <http://www.imoizmir.org.tr/UserFiles/File/Izmir-Kent-Sempozyumu/bildiriler/bildiriler/200815.pdf>

Horizon Renewables, (2010). Not all photovoltaic panels are created equal. 12 Nisan 2012. <http://www.horizonrenewables.co.uk/solar-photovoltaics/solar-pvtechnology.html>

Interledlight, (bt.). İnce film fotovoltaik ürünler ve hizmetler (BIPV/TFPV). 21 Mart 2012. <http://www.interledlight.com/tr/TFPV-products-and-systems-tr/>

International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme [IEA-PVPS], (bt.). France: La Darnaise. 11 Kasım 2011. <http://www.pvdatabase.org/pdf/LaDarnaise.pdf>

İzmir Büyük Şehir Belediyesi [İBB], (bt.). Büyükşehir sınır haritası. 14 Haziran 2012. <http://www.izmir.bel.tr/StandartPages.asp?menuID=1386&MenuName=>

İzmir Ticaret Odası [İZTO], (b.t.). İzmir Rehberi. 16 Haziran 2012. <http://www.izto.org.tr/IZTO/TC/IZTO+Bilgi/izmir/>

Klunger, (2012). Jahresübersicht. 21 Ağustos 2012. <http://www.klunger.de/pv/jahr.php>

Koç, A., Karakaya, F., ve Altun, H., (2007). Fotovoltaik pil teknolojileri ve yenilenebilir enerji politikaları, *Elektrik-elektronik-bilgisayar mühendisliği 12. Ulusal Kongresi ve Fuarı bildirileri*. 16 Mayıs 2012. [http://www.emo.org.tr/etkinlikler/ulusal/etkinlik\\_bildirileri\\_detay.php?etkinlikkod=27&bilkod=2823](http://www.emo.org.tr/etkinlikler/ulusal/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=27&bilkod=2823)

Koç, H. (1997). İzmir'de konut çevrelerinde nitelikli yapılaşma üzerine görüşler, *TMMOB İzmir Kent sempozyumu* içinde (518-519). 20 Temmuz 2012. <http://www.imoizmir.org.tr/UserFiles/File/Izmir-Kent-Sempozyumu/bildiriler/bildiriler/200847.pdf>

Koçu, N. ve Dereli, M. (2005), Yapılarda güneş enerjisinin önemi ve kullanımı, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve sergisi (Bildiriler Kitabı)*. 25 Mart 2012. [http://www.emo.org.tr/ekler/a7609ee5789cc4d\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/a7609ee5789cc4d_ek.pdf)

Kurtz, S. (2008). Opportunities and Challenges for Development of a Mature Concentrating Photovoltaic Power Industry, Ornel National Renewable Energy Laboratory. 13 Ocak 2012. <http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/kalantarian1/docs/43208.pdf>

Meteonorm, (2008). Meteonorm map. 29 Temmuz 2012. <http://meteonorm.com/products/meteonorm-map/>

Meteoroloji Genel Müdürlüğü [DMİ], (2012), Resmi İstatistikler (İl ve İlçelerimize Ait İstatistik Veriler). 11 Ağustos 2012. <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=IZMIR>

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2012). İzmir ilinin iklim durumu. 11 Ağustos 2012. [http://www.izmir.mgm.gov.tr/FILES/iklim/izmir\\_iklim.pdf](http://www.izmir.mgm.gov.tr/FILES/iklim/izmir_iklim.pdf)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü [DMİ], (bt.). İzmir ilinin iklim durumu. 21 Haziran 2012. [http://www.izmir.mgm.gov.tr/FILES/iklim/izmir\\_iklim.pdf](http://www.izmir.mgm.gov.tr/FILES/iklim/izmir_iklim.pdf)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü [DMİ], (2012). Yıllık toplam yağış verileri, İzmir. 21 Haziran 2012. <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx?m=IZMIR>

Meteoroloji Genel Müdürlüğü [DMİ], (2012), Resmi İstatistikler (İl ve İlçelerimize Ait İstatistik Veriler). 12 Haziran 2012. <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=IZMIR>

National Aeronautics and Space Administration, [NASA], (2002). How do photovoltaics work?. 17 Nisan 2012. <http://science.nasa.gov/science-news/science-atnasa/2002/solarcells>

One Block off the Grid, (bt.). Different types of solar panels. 4 Mart 2012. <http://howsolarworks.1bog.org/different-types-of-solar-panels/>

Özdemir, A. (2012). Küreselleşme sürecinde anahtar rol: enerji politikaları, *Dosya*, Ankara Sanayi Odası Yayın Organı. Ocak - Şubat 2012, 60-62.

Özdoğan, H.P. (2005). *Ekolojik binalarda bina kabuğunda kullanılan fotovoltaik panellerin tasarım bağlamında incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Yıldız T. Ü.

Özgöçmen, A. (2007). *Güneş pilleri kullanarak elektrik üretimi*. Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Mühendisliği, Ankara: Gazi Üniversitesi.

Parlak, M., ve Turan, R. (2011). İnce Film Güneş Gözeleri, *Bilim ve Teknik Dergisi*, 523, 54-55. 20 Haziran 2012. Tubitak.

Photovoltaik, (2008). Fegen, kratzen oder abwarten?. 17 Haziran 2012. <http://www.photovoltaik.eu/typo3temp/pics/64bebaa6a4.jpg>

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 10 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=258](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=258)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 10 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=371](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=371)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 10 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/imagesdb/MPREIS-Voels\\_01\\_id710.jpg](http://www.pvdatabase.org/imagesdb/MPREIS-Voels_01_id710.jpg)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 10 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsinfo.php?ID=299&file=pic](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsinfo.php?ID=299&file=pic)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 13 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsinfo.php?ID=245&file=pic](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsinfo.php?ID=245&file=pic)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 13 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsinfo.php?ID=390&file=pic](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsinfo.php?ID=390&file=pic)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 15 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsinfo.php?ID=360&file=pic](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsinfo.php?ID=360&file=pic)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 19 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsinfo.php?ID=238&file=pic](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsinfo.php?ID=238&file=pic)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 19 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=268](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=268)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 22 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=359](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=359)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 21 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=370](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=370)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 23 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=233](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=233)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 23 Ekim 2011. ([http://www.pvdatabase.org/urban\\_view\\_detailsmore.php?ID=21](http://www.pvdatabase.org/urban_view_detailsmore.php?ID=21))

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 25 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/urban\\_view\\_detailsmore.php?ID=28](http://www.pvdatabase.org/urban_view_detailsmore.php?ID=28)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 25 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/urban\\_view\\_details.php?ID=27](http://www.pvdatabase.org/urban_view_details.php?ID=27)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 28 Ekim 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=236](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=236)

Pvdatabase, (bt.). Photovoltaics in buildings domestic field trials. 28 Ekim 2011. <http://www.pvdatabase.org/pdf/DFT-Newbiggin.pdf>

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 4 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=199](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=199)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 5 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=351](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=351)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 10 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=321](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=321)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 11 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=121](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=121)

Pvdatabase, (bt.). Toit bleu. 11 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/pdf/OPHLM\\_Montreuil1.pdf](http://www.pvdatabase.org/pdf/OPHLM_Montreuil1.pdf)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 14 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=170](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=170)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 14 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/urban\\_view\\_details.php?ID=34](http://www.pvdatabase.org/urban_view_details.php?ID=34)

Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 15 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=235](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=235)



- Pvdatabase, (bt.). Photovoltaics in buildings field trials. 18 Kasım 2011. <http://www.pvdatabase.org/pdf/DFT-CampkinCourt.pdf>
- Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 19 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=69](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=69)
- Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 23 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=83](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=83)
- Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 23 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_detailsmore.php?ID=310](http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=310)
- Pvdatabase, (bt.). BI PV project summary. 24 Kasım 2011. [http://www.pvdatabase.org/projects\\_view\\_details.php?ID=147](http://www.pvdatabase.org/projects_view_details.php?ID=147)
- Rids-Nepal, (2012). Solar photo voltaic, 2 Nisan 2011. [http://www.rids-nepal.org/index.php/Solar\\_Photo\\_Voltaic.html](http://www.rids-nepal.org/index.php/Solar_Photo_Voltaic.html)
- Sick, F., ve Erge, T. (1996). *Photovoltaics in Buildings: A design handbook architects and engineers* (2nd ed.), XYZ Publishing Company
- Solarge, (bt.). Surieux, 11 Kasım 2011. ([http://www.solarge.org/fileadmin/media/bestpractice/france/Surieux\\_1\\_large.jpg](http://www.solarge.org/fileadmin/media/bestpractice/france/Surieux_1_large.jpg))
- Solarking, (bt.). Solarking reviews the advantages of solar panels, 2 Mart 2012. <http://www.solarkinguk.com/blog/solar-king-reviews-the-advantages-of-solar-panels>
- Solarwind, (bt.). Latest solar pv industry news. 5 Mart 2012. [http://www.solarwind.co.uk/pv\\_solar\\_panels.html](http://www.solarwind.co.uk/pv_solar_panels.html)

Solelprogrammet, (bt.). Modulmontage. 12 Ekim 2011. <http://www.solelprogrammet.se/Global/Projekteringsverktyg/Images/Huvudsta2.jpg?epslanguage=sv>

Southern Taiwan University of Science and Technology, (bt.). Photovoltaic generation galery. 13 Mayıs 2012, [http://eshare.stut.edu.tw/EshareFile/2012\\_6/2012\\_6\\_5b4e815e.pdf](http://eshare.stut.edu.tw/EshareFile/2012_6/2012_6_5b4e815e.pdf)

Soyak, (bt.). Ulaşım. 11 Ağustos 2012. [http://www.soyak.com.tr/web/15-52-1-1/soyak\\_-\\_tr/projeler/soyak\\_mavisehir/ulasim](http://www.soyak.com.tr/web/15-52-1-1/soyak_-_tr/projeler/soyak_mavisehir/ulasim)

Soyak, (bt.). Vaziyet Planı. 11 Ağustos 2012. [http://www.soyak.com.tr/web/15-46-1-1/soyak\\_-\\_tr/projeler/soyak\\_mavisehir/vaziyet\\_plani](http://www.soyak.com.tr/web/15-46-1-1/soyak_-_tr/projeler/soyak_mavisehir/vaziyet_plani)

Soyak, (bt.). Projeden Görüntüler. 11 Ağustos 2012. [http://www.soyak.com.tr/web/18-982-1-1/soyak\\_-\\_tr/projeler/soyak\\_mavisehir\\_\\_projeden\\_goruntuler/1\\_\\_etap](http://www.soyak.com.tr/web/18-982-1-1/soyak_-_tr/projeler/soyak_mavisehir__projeden_goruntuler/1__etap)

Soyak, (bt.). Kat planları. 11 Ağustos 2012. [http://www.soyak.com.tr/web/17-115-1-1/soyak\\_-\\_tr/projeler/soyak\\_mavisehir\\_-\\_kat\\_planlari/d\\_blok](http://www.soyak.com.tr/web/17-115-1-1/soyak_-_tr/projeler/soyak_mavisehir_-_kat_planlari/d_blok)

Squidoo, (bt.). Concantreted photovoltaic (CPV) solar energy. 18 Nisan 2012. <http://www.squidoo.com/concentrated-photovoltaic-cpv-solar-energy>

Thomas, R. (2001). *Photovoltaics and architecture: an introduction for architects and engineers*, (26-27) New York: Spon Press.

Tokuç, A. (2005). *İzmir'de enerji etkin konut yapıları için tasarım kriterleri*, Yüksek Lisans tezi, Mimarlık Fakültesi, İzmir: D.E.Ü.

Türkçü, H. Ç. (2004). *Çatılar, Yapım ilkeler - malzemeler - yöntemler - çözümler* (3. Basım), içinde (221). İstanbul: Birsen Yayınevi

Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı [TTGV], (2011). Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanunda değişiklik yapılmasına dair kanun. 8 Eylül 2012. <http://www.ttgvt.org.tr/tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklarinin-elektrik-enerjisi-uretimi-amacli-kullanimina-iliskin-kanunda-degisiklik-yapilmasina-dair-kanun>

Unienenerji, (2009). Güneş pili nasıl yapılır?. 13 Mart 2012. <http://www.unienenerji.com/?p=521>

Uydu Harita, (2012). Türkiye haritası kategorisi. 25 Ağustos 2012. <http://www.uyduharita.org/kategori/turkiye-ve-dunya-haritalari/turkiye-haritasi>

Wikipedia, (bt.). Turkey. 26 Ağustos 2012. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Map\\_of\\_the\\_Republic\\_of\\_Turkey.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Map_of_the_Republic_of_Turkey.png)

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [YEGM], (2012). Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller). 14 Mart 2012. <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunespv.html>.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [YEGM], (2012). Güneş Pillerinin Yapısı Ve Çalışması. 12 Mart 2012. <http://www.yegm.gov.tr/turkce/YEK/gunes/pvilke.html>

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [YEGM], (2012). Eie'nin Güneş Enerjisi Çalışmaları. 24 Mart 2012. <http://www.yegm.gov.tr/turkce/YEK/gunes/eiegunes.html>

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [YEGM], (2012). EİE'nin güneş enerjisi çalışmaları. 11 Nisan 2012. <http://www.yegm.gov.tr/turkce/YEK/gunes/eiegunes.html>

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [YEGM], (2012). İzmir ili güneş kaynak bilgileri. 27 Nisan 2012. <http://www.yegm.gov.tr/duyurular/YEK/gepa/IZMIR-GEPA.pdf>