



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ VE RÜZGAR ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ SİSTEMİ TASARIMI

Celal KARACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi
Anabilim Dalı

Ağustos-2012
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Celal KARACA
16 / 08 / 2012

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ VE RÜZGAR ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM SİSTEMİ TASARIMI

Celal KARACA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi
Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

2012, 114 Sayfa

Jüri
Yrd. Doç. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ
Prof. Dr. Şirzat KAHRAMANLI
Prof. Dr. Hakan IŞIK

Enerji üretimi ve enerji kaynaklarına sahip olma konusu, geçmişten günümüze toplumlarının en önemli meselelerinden biridir. Dünya devletleri enerji kaynaklarını elde etmek için birbirleriyle yarışmaktadırlar. Dünyadaki temel enerji ihtiyaçlarının dörtte üçünü karşılayan fosil yakıtlar hem sera gazları ile küresel ısınmaya sebep olmakta hem de hızla azalmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı projeksiyonlarına göre, 2020 yılına kadar Türkiye'de enerji tüketimi, dünya ortalamasının da üzerinde artacaktır. Türkiye petrol ve doğal gaz enerji kaynakları bakımından sınırlı ve ithalatçı bir ülkedir. Bu bakımdan temiz enerji kaynaklarından enerji üretimi konusu Türkiye için büyük önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynağı denildiğinde ilk akla gelen rüzgar ve güneş enerjisi sonsuz potansiyele sahiptir.

Bu çalışmada geleceğin enerji üretim yöntemleri olan temiz enerjiden, bir evin enerji ihtiyacının karşılanabilmesi incelenmiştir. Çalışma Konya iklim şartlarına göre yapılmıştır. Bir evin aylık ortalama tüm enerji giderleri çıkarılmıştır. Konya'nın hava değerlerine göre ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin, güneş ve rüzgar enerjisi ile karşılanması analiz edilmiştir. Bunun için güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik üretimi yapan bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Böylece tüm dünyada hızla yaygınlaşan yenilenebilir enerji üretim çalışmalarının Konya şartlarında uygulanabilirliği, mevcut enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının etkililiği, yenilenebilir enerji sistemlerinin avantaj ve dezavantajları incelenmiştir. Temiz enerji konusunda kafalarda belirsizlik oluşturan pek konuya bilimsel veriler ışığında çözüm getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Üretimi, Güneş ve Rüzgar Enerjisi, Temiz Enerji, Yenilenebilir Enerji

ABSTRACT

MS THESIS

ELECTRICITY GENERATION SYSTEM USING SOLAR AND WIND ENERGY

Celal KARACA

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRONIC AND COMPUTER SYSTEM EDUCATION

Advisor: Assit. Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

2012, 114 Pages

Jury
Assit. Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ
Prof. Dr. Şirzat KAHRAMANLI
Prof. Dr. Hakan IŞIK

Electricity generation and having energy resources are one of the most important issue for societies from past to these days. World governments compete with each other to have energy resources. Fossil fuels that providing three quarters of world's basic energy needs cause global warming with greenhouse gases becomes progressively smaller as well.

According to the International Energy Agency projections, by 2020, energy consumption in Turkey, will increase over the world average. Turkey is limited a country in terms of oil and natural gas energy resources, and the importer. In this regard, in the production of clean energy sources is of great importance for Turkey. Renewable energy sources as wind and solar energy is mentioned first that comes to mind has infinite potential.

In this study, meeting a dwelling's energy need with clean energy that is one of the future energy generation methods has been examined. The study was carried in accordance with climate conditions of Konya. Monthly average of all energy expenditures of a dwelling was inferred. Meeting the need of electricity with solar and wind energy according to weather data of Konya was analyzed. A system which generates electricity from solar and wind energy was designed for this purpose.

Thus, feasibility of renewable energy generation studies - which is spreading throughout the world at a fast pace - in conditions of Konya, effectiveness of renewable energy sources in meeting present energy need, and advantages and disadvantages of renewable energy systems were examined. Many issues that preoccupy minds about clean energy were solved under the light of scientific data.

Key Words: Clean Energy, Electricity Generation, Renewable Energy, Solar and Wind Energy

ÖNSÖZ

Enerji, bir ülke için kalkınma, gelişme, refah ve yaşam kalitesi anlamına gelen hayati öneme sahip bir konudur. Har canlının hayatını idame ettirebilmek için enerjiye ihtiyacı olduğu gibi, toplumlarında varlıklarını sürdürebilmesi, kurmuş oldukları tesisleri, fabrikaları ve makineleri çalıştırabilmeleri için enerjiye ihtiyacı vardır. Dünyada nüfus artışı, şehirleşme, sanayileşme ve teknolojinin yaygınlaşmasına paralel olarak enerji tüketimi de sürekli artmaktadır.

Artan enerji talebiyle beraber fosil yakıtlar hızla tükenmektedir. 2050'li yıllara gelindiğinde petrolün tükenme noktasına geleceği varsayılmaktadır. Doğalgaza 2070, kömüre ise 2150 yılına kadar ömür biçilmektedir. Bunun yanında fosil yakıtların kullanılması çevremize olan olumsuz etkileri beraberinde getirmiştir. Şehirlerimiz kara dumanlarla kaplanmaya başlamış nefes alamaz duruma geldiğimiz zamanlar olmuştur. Ozon tabakası delinmiş olup güneşten gelen zararlı ışınlara karşı süzme görevini yerine getiremez duruma gelmiştir. Sera etkisi, asit yağmurları bize hiç yabancı kelimeler olmayıp, küresel ısınmanın etkilerini her geçen gün şiddetle hissetmeye başlamış bulunmaktayız.

Yapılan bu çalışma ile güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik üretimi konusu geniş ölçekli olarak araştırılmıştır. Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını güneş ve rüzgar enerjisinden oluşan bir temiz enerji sistemi ile karşılaması incelenmiştir. Konya iklim şartlarında kurulan elektrik üretim sistemi ile rüzgar türbini ve güneş panellerinden gelen veriler kayıt altına alınmıştır. Bir evin günlük enerji ihtiyacı çıkarılarak, bu ihtiyacın temiz enerji sistemiyle üretilen elektrikle karşılanabilmesi analiz edilmiştir. Ayrıca hane bazında bir yenilenebilir enerji sisteminin kurulum maliyeti gösterilmiştir. Böylece bir evin elektrik enerjisi ihtiyacının kurulacak bir temiz enerji sistemi ile karşılanabilmesi konusu Konya yereli örneği incelenerek gösterilmiştir.

Celal KARACA
KONYA-2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Enerjinin Tarihçesi 2
1.2. Enerjinin Önemi 3
1.3. Enerji Kaynakları 5
1.4. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması 6

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **8**

3. MATERYAL VE METOT **15**

3.1. Güneş Enerjisi 15
3.1.1. Güneş enerjisinin toplanması ve depolanması 15
3.1.2. Güneş enerjisi sistemi 16
3.1.3. Fotovoltaik hücre 17
3.1.4. Fotovoltaik panel ve dizi 18
3.1.5. Fotovoltaik hücre eşdeğer devresi 19
3.1.6. Güneş pillerinin yapımında kullanılan malzemeler 20
3.1.7. Güneş enerjisi uygulamaları 21
3.1.8. Güneş enerjisinin avantajları 22
3.1.9. Güneş enerjisinin dezavantajları 22
3.2. Rüzgar Enerjisi 23
3.2.1. Rüzgar enerjisi sistemleri 24
3.2.2. Rüzgar türbinlerini oluşturan parçalar 25
3.2.2.1. Kule 26
3.2.2.2. Türbin kanadı 26
3.2.2.3. Dişli kutusu 26
3.2.2.4. Jeneratör 27
3.2.3. Diğer türbin bileşenleri 27
3.2.4. Rüzgar türbinlerinin maliyetleri 28
3.2.5. Rüzgar enerjisi uygulamaları 28
3.2.6. Rüzgar enerjisinin avantajları 29
3.2.7. Rüzgar enerjisinin dezavantajları 29
3.2.8. Türkiye'de rüzgar enerjisi potansiyeli 29
3.3. Konya'nın Güneş ve Rüzgar Enerjisi Potansiyeli 30
3.3.1. Güneş enerjisi potansiyeli 30
3.3.2. Rüzgar enerjisi potansiyeli 33
3.4. Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacı 36
3.4.1. Kurulacak 5kw'lık hibrit bir temiz enerji sistemi için maliyet analizi 39

3.4.1.1. Sistemin tasarımı ... 39
3.4.1.2. Fotovoltaik paneller ... 39
3.4.1.3. Rüzgar türbini ... 40
3.4.1.4. Akü sistemi ... 41
3.4.1.5. Akü şarj regülatörü ... 41
3.4.1.6. Evirici ... 41
3.4.1.7. Diğer ekipmanlar ve toplam maliyet ... 42
3.5. Hibrit Temiz Enerji Sisteminde Kullanılan Malzemeler ... 43
3.5.1. Güneş paneli ... 44
3.5.2. Rüzgar türbini ... 46
3.5.3. Bataryalar ... 47
3.5.4. Şarj regülatörü ... 47
3.5.5. İnvertör ... 48
3.6. Yaptığımız Çalışmada Kullandığımız Malzemeler ... 48
3.6.1. Güneş paneli ... 48
3.6.2. Akü ... 49
3.6.3. İnvertör ... 52
3.6.4. Şarj kontrol cihazı ... 53
3.6.5. Solar kablolar ... 54
3.6.6. Rüzgar türbini ... 55
3.6.7. Rüzgar türbini şarj kontrol cihazı ... 58
3.7. Çalışmada Kullandığımız Yazılım ... 61

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA ... 68

4.1. Güneş Paneli Verilerinin İncelenmesi ... 70
4.1.1. Günlük veriler ... 70
4.1.2. Eylül ve ocak ayı verilerinin günlük bazda karşılaştırılması ... 75
4.1.2.1. Eylül ayı günlük verilerinin incelenmesi ... 76
4.1.2.2. Ocak ayı günlük verilerinin incelenmesi ... 80
4.1.3. Eylül ve ocak ayı verilerinin haftalık bazda karşılaştırılması ... 83
4.1.4. 2011 eylül ve 2012 ocak ayı arasındaki 5 aylık kayıtların incelenmesi ... 87
4.2. Rüzgar Türbini Verilerinin İncelenmesi ... 90
4.2.1. Mayıs ayına ait rüzgar türbini günlük verilerinin incelenmesi ... 90
4.2.2. Mayıs haziran ve temmuz ayı aylık verilerinin incelenmesi ... 93

5. SONUÇ VE ÖNERİLER ... 97

5.1. Sonuçlar ... 97
5.2. Öneriler ... 99

KAYNAKLAR ... 101

ÖZGEÇMİŞ ... 105

1. GİRİŞ

Enerji günümüzde bütün dünyanın en önemli sorunlarından birisidir. Enerji ihtiyacı gün geçtikçe birçok nedenden dolayı artmakta ve üretim-tüketim arasındaki fark da gün geçtikçe açılmaktadır. Bu nedenlerin başlıcaları nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, sanayileşme ve insanların yaşam konforudur. Bugün, enerji sorunu her ülkenin yaşadığı bağımsız bir sıkıntı olmaktan çıkmış global bir sorun halini almıştır. Halen devam etmekte olan savaşlar ve işgaller de global enerji sorununun insanlara yansımasıdır. Enerji yalnızca insanların temel gereksinmelerini karşılayan bir ihtiyaç iken, artık uluslararası politikaları yönlendiren bir güç halini almıştır. Halen dünyada kullanılmakta olan enerjilerin %90'ı fosil tabanlı dönüşümsüz (konvansiyonel) enerji kaynaklarıdır. Bu enerjilerin başlıcaları kömür, petrol ve doğalgazdır. Fosil kaynaklı enerjiler sonsuz değildir ve bir gün tükenecekleri sabit bir gerçektir. Bu gerçekten anlaşılabilir ki, fosil kaynakların çalışma prensibi üzerine kurulu bir çok teknolojik sistem de çalışamaz hale gelecektir. Bunun sonuçları da bütün dünya ekonomisini etkileyecek kadar büyük olabilecektir (Sayın 2006).

Bunun dışında diğer önemli bir nokta ise, fosil kaynaklı enerjilerin oluşturduğu çevresel kirlenmedir. Dünya üzerinde yaşanılan çevresel sorunların önemli bir kısmı fosil kaynakların tüketilmesi sonucu oluşmaktadır. Bu sonuç bağlamında ortaya çıkan zararlı gazlar hem çevre kirliliği oluşturmakta hem de insan sağlığına zarar vermektedir. Bu etkilerinin dışında küresel ısınma, suların ve toprağın kirlenmesi, bitki örtüsünün zarar görmesi, asit yağmurları, çölleşme ve biyolojik çeşitlilikte azalmalar gibi etkileri de bilinmektedir. Ekolojik dengeyi bozan bu olayların ana sebebi fosil kaynak yakıtlarının büyük miktarlarda kullanılmasıdır. Yukarıda saydığımız sorunlar sebebiyle özellikle 1973 petrol krizinden sonra, bilim adamları bu kaynaklara alternatif olabilecek yeni enerji kaynakları arayışına gitmişlerdir. Bu alternatif enerji kaynakları ise, doğada var olan temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bu enerjilerin başlıcaları güneş, rüzgar, jeotermal, hidrojen, biyokütle, hidroelektrik (su gücü) ve deniz-dalga enerjileridir. Bu enerji kaynaklarının kendini yenileyebilir özellikte olmaları, ekonomik olmaları ve çevreye çok az zarar vermeleri, gelişmiş ülkelerin bu tür kaynaklara yatırım yapmalarını sağlamış ve teknolojilerinin hızla gelişmesine neden olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, enerji tüketilen her yerde kullanılmasının gelecekte bir zorunluluk haline gelmesi beklenmektedir. Beklenmesi gereken diğer bir durum ise, toplumların kalkınmasının başlıca unsurlarından biri olan enerjinin temiz, güvenilir ve

ekonomik bir şekilde temin edilmesinin devletler tarafından vazgeçilmez bir enerji politikası olarak benimsenmesidir (Çelik 2002).

1.1. Enerjinin Tarihçesi

Enerjinin tarihsel gelişimine göz attığımızda görürüz ki ilk insanlar enerjilerini yedikleri gıdalardan sağlıyordu. Ayrıca ihtiyaçlarını karşılamak için hayvan enerjisini kullanıyordu. Ateşin keşfedilmesiyle insanlığın önünde bir çığır açılmış oldu. Onu önceleri hayvanlardan korunmak için kullandı ve enerji gücünü fark etti. Böylece ateşi yakmak için ilk enerji kaynağı olarak biyokütle yani odun kullanıldı. İnsanoğlu göçebe hayattan yerleşik hayata geçince su gücünü kullanmaya başladı. Rüzgarı deniz ulaşımında, yelkenli gemilerde ve daha sonraları yel değirmenlerinde kullandı. Her ne kadar ilk keşfi Çin'de olduğu söylense de, insan hayatına kömürün aktif olarak girebilmesi için 11. Yüzyılı beklemek gerekiyordu. Uzun süreli yanıyor ve odundan daha iyi ısı veriyordu. Hala kullanıyoruz. Bu gidişle anlaşılan o ki tükenene kadar kullanacağız (Evrendilek ve Ertekin 2003).

On yedinci yüzyıla gelindiğinde Hollanda, Avrupa'da kömürü ilk bulan ülke olarak uzun sure bu ürünü dış ülkelere de sattı. Ardından İngiltere kendi kömürünü çıkarttı ve yine isteyenlere sattı. Bu yüzyılda, güneş enerjisinin, camla örtülü bir mekanda daha yüksek ısı oluşturduğu keşfedildi ve ilk limonluklar ya da seralar, evlerin hemen yanında, mekanı daha iyi ısıtmak ve bitki yetiştirmek amacı ile kullanılmaya başladı. On sekizinci yüzyılda İngiltere, kömürünü ve ormanları enerji amaçlı olarak kıyasıya kullanıyordu. Kömür, buharlı makineler yüzünden tercih ediliyordu. Madenlere dolan suyu pompalamak için 1710 yılında buharlı otomobil motorunun ilk örneğini yapan ingilizler oldu. 1770'de James Watt geliştirdi ve endüstriyel bir güç haline getirdi (Evrendilek ve Ertekin 2003).

On dokuzuncu yüzyılda hızlı endüstri değişimi İngiltere'de başladı ve Avrupa ile Kuzey Amerika'ya yayıldı. Enerjiye ihtiyaç gösteren, tekstil ve mobilya üretimi gibi sektörlerin güçlenmesi ile bütün dünyaya ulaştı. 1804'de ilk buharlı lokomotif, 1807'de ilk buharlı gemi çalışmaya başladı. Gelişimin doğal sonucu olarak, daha çok makine fakat daha ucuz enerji arayışları başladı. Kömür yaygınlaştı fakat bilim adamları sıvı yakıt kullanmanın daha doğru olacağını düşünmeye başladı. Elektrik üretimi için kömüre alternatif olarak, hidroelektrik, güneş ve jeotermal kaynaklar gündeme geldi. 1839' da, Edmond BECQUAREL tarafından güneş ışığının elektrik üretebildiği fark

edildi. Güneş enerjisi ilk kez, Fransa'da 1860'da kullanılmaya başladı. Yüzyılın sonlarında jeotermal kaynaklar, ısıtma ağırlıklı olarak ve yel değirmenleri ile birlikte elektrik üretimi amaçlı kullanılmaya başladı. Amerika, Pansilvanya'da petrol bulundu ve havagazı, benzin, fuel-oil gibi yan ürünleri ile tüm alanlarda yerini aldı. İçten yanmalı motorların bulunması ile petrol çok daha önem kazandı (Evrendilek ve Ertekin 2003).

Yirminci yüzyılda ise Daimler-Benz ilk otomobili yaptı, Ford seri üretime geçti, Wright kardeşler uçmayı başardı. Süratli taşımacılık petrol tüketimini hızlandırdı. Bu arada 1914 de İstanbul, elektrikle tanıştı. Fosil yakıtların çevreye zararları yüzyılın ortalarından itibaren bizi, "alternatif" dediğimiz farklı arayışlara yöneltti. Bunlar uzun süredir biliniyordu fakat yaygınlaşma fırsatı bulamamışlardı. Nükleer enerji, etkileyici bir güçtü fakat önlenemeyen radyasyon etkisi yıkıcı sonuçlar doğuruyordu. 1973 yılına gelindiğinde siyasi sebeplerle de olsa petrolün fiyatının iki katına çıkması, ardından 1974 ocak ayında tekrar ikiye katlanması dünyada bir paniğe yol açtı ve insanlara petrolün bir gün sonunun geleceğini ve yeni enerji kaynaklarının bir an önce devreye sokulması gerektiğini hatırlattı. O günden beri petrol bölgesi olan orta doğu iyice karıştı.Petrol fiyatları hala güçlü bir ekonomik parametre. Yirmi birinci yüzyıla gelindiğinde ise alternatif arayışları, bir bölgeye ya da bir kaynağa bağlı olmayan yenilenebilir enerji kaynağı arayışları, büyük bir ivme kazandı (Evrendilek ve Ertekin 2003).

1.2. Enerjinin Önemi

Enerji, iş yapabilme yeteneğidir. Doğrudan ölçülemeyen bir değer olup fiziksel bir sistemin durumunu değiştirmek için yapılması gereken iş yoluyla veya enerji türüne göre değişik hesaplamalar yoluyla bulunabilir. Enerji korunumlu bir büyüklüktür ve aynı zamanda biçim değiştirebilir. Bunun en sıradan örneği hidroelektrik santrallerinde elektrik enerjisine dönüştürülen, suyun potansiyel enerjisidir. Bu dönüşüm işlemi pratikte birebir olamaz, kayıplar oluşur. Enerji korunumlu bir büyüklük olmasına rağmen diğer biçime dönüştürülemeyen ve dolayısıyla ısı olarak etrafa yayılan enerji, kayıp olarak nitelendirilir (Bozkurt 2008).

1990'lı yıllarda yayımlanan eserlerde, genellikle 2020-2050 yılları arasındaki dünya koşullarının öngörülmeye çalışıldığı görülmektedir. Bu yıllarda karşımıza çıkacak olan ülke nüfusları, buna bağlı olarak görülecek enerji ihtiyacı ve bu enerjinin üretiminden doğacak olan çevre kirliliğine karşı alınabilecek önlemlerin daha doksanlı

yıllardan itibaren tartışmalara konu olduğunu literatürden takip edebilmekteyiz. Bu konuda ilk dikkat çeken husus nüfus artışı olup, Bileşmiş Milletler senaryolarına göre 1990 yılında 5.3 milyar olan dünya nüfusunun, 2020 yılında 8.1 milyara, 2050 yılında 10 milyara, 2100 yılında ise 12 milyara ulaşacağının tahmin edildiği görülmektedir. 2003 yılı itibarı ile 65 milyondan fazla olan Türkiye nüfusu da yılda %1,7 artış göstermekte ve 2022 yılında 83,4 milyon olması beklenmektedir (Evrendilek ve Ertekin, 2003).

Bu verilere göre, nüfus artışıyla birlikte karşılaşılacak ihtiyaç artışının, üretimin ve dolayısıyla enerji ihtiyacının da artmasına neden olacağı söylenebilir. Nüfus artışının daha çok, gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşeceğinin tahmin edildiği ve ayrıca bu ülkelerde aşırı enerji tüketimi söz konusu olacağının öngörüldüğü de gözlenmektedir. "Gelişmekte olan ülkeler, pek yakında dünyanın en büyük enerji pazarı haline geleceklerdir. Bu ülkelerin enerji tüketimi bugün zengin ülkelerin yarısı kadar olmakla birlikte, bu tüketim her on beş yılda bir iki katına çıkmaktadır. Bu hususta dikkat çekici olan noktalardan biri de, gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışına bağlı olarak enerji ihtiyacı artarken; zengin ülkelerin nüfus sayısında ve dolayısıyla kişi başına enerji ihtiyacında çok önemli değişiklikler görülmeyecek olmasıdır" (Anderson 1996).

İnsan hayatının vazgeçilmez bir parçası olan enerji, günümüzde hem üretim hem de tüketim açısından bazı ulusal ve uluslararası politikalarla yönetilmektedir. Çünkü giderek artan üretime bağlı olarak giderek artan enerji üretim ve tüketiminin, gerek kaynaklar açısından siyasi bir unsur, gerek çevresel koşullar açısından tehlikeli bir etken haline geldiği gözlenmektedir.

Makinelerimizi çalıştıran, arabalarımızı yürüten, üretimi sağlayan, bizi aydınlatan, bilgisayarlarımızı çalıştıran güç; kimi zaman elektrik enerjisi, kimi zaman kimyasal enerji, kimi zaman potansiyel, kimi zaman da manyetik enerji olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğada bulunan ve / veya yapay olarak üretilen potansiyel, kinetik ve manyetik enerjilerin başka enerji türlerine çevrilmesi ile insanlığın kullanımına sunulan enerji ve güç, bugün toplum hayatının vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Elde edilme kaynağına göre önem arz eden enerji hususu; gelişen teknoloji, nüfus artışı ve giderek artan talep dolayısıyla kritik bir konu haline gelmiştir (Bozkurt 2008).

Son dönemlerde karşımıza çıkmakta olan bu yeni koşullar ve bunlarla beraber enerji kaynaklarının dünya coğrafyası üzerinde eşit dağılmış olmamasının yanı sıra, enerji üretim ve tüketiminin yine dünya coğrafyası üzerinde eşit olarak

gerçekleşmemesi; ülkelerin gelişmiş, gelişmekte olan ve az gelişmiş olarak sınıflandırılmaları hususuna hem sebep hem de sonuç olarak gösterilebilir. Özellikle elektrik enerjisinin depo edilemez nitelikte olması ve üretildiği anda tüketilmesi gerekliliği nedeniyle, stratejik planlama gerektiren bir olgudur. Görülmekte olan çevresel kirlilik ve küresel ısınma nedeniyle de, gelecek nesiller için, artan miktarlarda enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak yaşamsal bir zorunluluk olarak görülmektedir (Kaynak 2005).

1.3. Enerji Kaynakları

Enerji; kimyasal enerji, ısı enerjisi, mekanik enerji ve elektrik enerjisi olarak dört temel şekilde kullanılmaktadır. Aslında her maddenin bileşiminde, belli bir miktar enerji, yani is yapabilecek güç vardır. Güneş, petrol, kömür, odun, rüzgâr ve akarsular gibi belirli enerji kaynaklarından ekonomik olacak şekilde enerji üretilebilir. Değişik yöntem ve teknikler kullanılarak, ekonomik amaçlarla enerji elde edilen kaynaklara, genel bir terimle enerji kaynakları denir (Birlikbaş 2001).

Enerji kaynakları çok değişik biçimlerde (madde hali, depo edilebilirlik, dönüştürülebilme, yenilenebilirlik, kullanılabilirlik, güneş temelli gibi) sınıflandırılabilir. Daha çok kullanılabilirliğine ve yenilenebilirliğine göre yapılan sınıflandırma yaygındır. Buna göre enerji kaynakları; "Birincil (Konvansiyonel) Enerji Kaynakları'' ve "ikincil (Dönüştürülmüş) Enerji Kaynakları'' olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Bunun yanı sıra, potansiyeli mevcut olan ve teknolojik güçlükler sebebiyle yeni faydalanılabilen enerji kaynaklarına ''yeni'', potansiyeli eksilmeyen kaynaklara da ''yenilenebilir'' enerji kaynakları denilmektedir. Bu sınıflandırmada, kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer gibi enerji kaynakları "Yenilenemeyen" kategorisindeyken, güneş, rüzgâr, biyomas ve su gücü gibi kaynaklar "Yenilenebilir" türünde ifade edilmektedir (Birlikbaş 2001).

Çoğu alternatif enerji kaynakları "yenilenebilir " olarak kabul edilirler. Fakat kesinlikle hepsi birden bu kelimeyle es anlamlı değillerdir. Örneğin, bunlar arasında sayılan odun ve jeotermal güç "yenilenemez" birer enerji kaynağıdır; buna karşılık, hidroelektrik güç yenilenebilir olduğu halde, hiçbir zaman alternatif enerji kaynağı olarak kabul edilmez. Buna rağmen alternatif enerjilerden çoğu kez sonsuz kaynaklar

olarak da söz edilir. Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi alternatif enerji kaynaklarının başlıcalarıdır (Öner 2007).

1.4. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Enerji sınıflandırmalarında farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu sınıflandırma Yöntemlerinden biri;

A. Yeraltı ve Yerüstü Kaynakları Olup Olmayışlarına Göre

(1) Yeraltı Enerji Kaynakları

Çeşitli kömürler, petrol, doğal gaz, termonükleer petrol, jeotermal kaynaklar, şistler(katran türevleri), nükleer enerji kaynakları bu kapsama girmektedir. Uranyum ve toryum gibi metalik olanlarla, jeotermal kaynaklar hariç, bunlara fosil enerji kaynakları da denir. Çünkü organik bazı kaynakların, belli jeolojik zamanlarda ve devirlerinde, fosilleşmeleri sonucu oluşmuşlardır.

(2)Yerüstü Enerji Kaynakları

Ormanlardan sağlanan yakacak odun, biyomas kaynakları, tezek, kültürel bitkilerin çeşitli artıkları ve benzerleri olarak sayılmaktadır. Ama en önemlileri hidrolik kaynaklar olup,tükenmez kaynaklar olarak ayrıca büyük önem taşırlar.

Yeni Enerji Kaynaklarının en önemlileri; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyogaz enerjisi gibi kaynaklardır. Tüm enerji kaynaklarının esasını oluşturan güneş, dev bir nükleer füzyon (bölünme) reaktörü olarak adlandırılmaktadır. Dünyanın tüm ihtiyacının, sınırsız olarak bu kaynaktan sağlamanın mümkün olacağı ileri sürülmektedir.

B. Kullanışlarının Yeni ve Eski Oluşlarına Göre

(1) Konvansiyonel Enerji Kaynakları

Birincil kaynaklar, primer kaynaklar, yenilenemez kaynaklar gibi adlar da verilir. Klasik, alışılmış veya geleneksel anlamında olan konvansiyonel enerji kaynakları terimi günümüzde daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu grup enerji kaynaklarının en dikkat çekici özelliği, yenilenemez olmaları, yani bir kez kullanılabilmeleri ve tükenir olmalarıdır (Öner 2007).

(2) Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Bu kaynaklardan beyaz kömür kaynakları (su gücü) hariç, diğerlerinden yakın bir zamanda (1900'lerden sonra) kısmen yararlanılmaya başlanmıştır. Diğer yenilenebilir ve aynı zamanda da kullanılış tarihleri yeni olan kaynaklar; güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyomas enerji kaynakları, rüzgâr ve dalga (gel-git) enerjisi gibi kaynaklardır.

C. Madde Haline Göre

Katı Yakıtlar: En klasiklerinden olan odun ve çeşitli kömürler (antrasit, taş kömürü, linyit, turba) bu gruba girer.

Sıvı Yakıtlar: Ham petrol ve bunun türevleri (gaz yağı, benzin, motorin-mazot) gibi yakıtları ifade eder.

Gaz Yakıtlar: Doğal gaz ve metan, bütan, propan gibi gazlardır.

D. Oluştukları Kökenlere Göre

(1) İnorganik Kökenli Olanlar

En tipik örnekleri uranyum ve toryum metalleri grubudur.

(2) Organik Kökenli Olanlar

Kömürler fosilleşmiş olarak organik tortul kayaçlar (taşlar) dır. Jeolojik zamanlarda yetişmiş olan dev yapılı çeşitli bitkilerin zamanla yer kabuğu katmanları içinde kalarak fosilleşmeleri sonucu oluşmuşlardır. Aynı şekilde petrol de, organik kökenli olarak kabul edilmektedir. Sığ denizler ve bunların kara içlerine doğru sokulmuş olan koylarında, kum ve çamurlar ya da bölümler arasında çökelmiş mikroskobik bitkisel kalıntılar ve çeşitli deniz hayvanlarının (sünger, mercan ve omurgalılar gibi) fiziksel ve kimyasal değişmelere uğraması sonucu, bugünkü petrol yataklarının oluştuğu sanılmaktadır. Odun, biyogaz, biyokütle ve benzeri enerji kaynakları da organik kökenlidir (Öner 2007).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bachtırı (2002), Fas için güneş enerjisi üzerine bir çalışma yapmış olup güneş paneli destekli bir pompalama sisteminin optimum işletme noktasının izlenmesini incelemiştir.

Wu ve arkadaşları (2003), çoklu bir güneş paneli uygulaması yapmış DC/DC dönüştürücüler ile paralel akımları düzenlemeye çalışmışlardır. Burada iki adet panel ile maksimum güç noktası izleme (MPPT) ve akım paylaşımı analizini gerçekleştirmişlerdir.

Fanney ve arkadaşları (2001), Güneş panelleri ve Güneş paneli testlerini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Burada bir izleme sistemi ele alınmış ve meteorolojik uygulamalarda kullanılabileceğine değinilmiştir.

Carlson ve arkadaşları (2002), bir güneş pilinde izleme sistemini ele almış ve maksimum güç durumuna göre yük seçimini incelemişlerdir.

Kutlu (2002) tarafından yapılan çalışmada güneş tarlası modeli göz önünde bulundurularak Isparta'da fotovoltaik enerjiden yararlanma şansı, araştırılmıştır. Bu araştırma esnasında bir güneş pili modülü ile çalışan sistem kurularak değişik koşullarda deneyler yapılmıştır. Deney düzeneği bir güneş pili, şarj regülatörü devresi, akümülatör, DC-AC çevirici invertör devresi, transformatör, yük ve ölçü aletlerinden oluşmaktadır. Deneyler Keçiborlu Meslek Yüksek Okulu'nda yapılmış olup, Güneş pili tam güneye ve 37° eğime yerleştirilmiştir. Ancak bu çalışmada güneş pillerinin güneş'i izlemesi değinilmeden sistemdeki bileşenlerin (inverter, akü, vb.) verimlilikleri araştırılmıştır.

Yeşilkaya (1998) tarafından yapılan çalışmada ise güneş pillerinin mikroişlemci ile konum kontrolünün tasarımı ve gerçekleştirilmesi konusu ele alınmıştır. Bu çalışmada, güneş pillerinin Güneş'i izleyerek gün boyu maksimum güç üretimi amaçlanmış ve buna göre elektronik bir sistem gerçekleştirilmiştir.

Taşdemiroğlu (1987), büyük ölçekte rüzgar türbinleri kurmak için, Türkiye'deki 117 istasyonda, uzun dönemli rüzgar ölçümleri almıştır. Bu ölçümlere dayanarak, aylık ortalama rüzgar haritaları, yıllık ortalama yoğunluk haritaları oluşturmuştur. Weibull dağılımını kullanarak, yıllık ortalama güç ve yükseklik değişimlerini belirlenen bölgeler için hesaplamıştır. Sonuç olarak, bu sistemlerin uygulanabilirliğini irdelemiştir.

Şen (1999), topoğrafik karmaşıklık ve etraftaki engellerin, rüzgar ölçümleri ve yönlerine büyük etkisi olduğunu göstermiştir. Rüzgar enerjisi hesaplamalarında, bunun gibi etkilerin, gözlenen temel veri üzerinde ölçeklendirilmesi gerektiğini ve bölgesel rüzgar enerji potansiyeli değerlendirmesinde göz önüne alınması gerekliliğini vurgulamıştır.

Köse ve arkadaşları (2002), Kütahya yöresinde belirlenen bir konum üzerinde, rüzgar enerjisinden elektrik üretimini amaçlayan bir elektrik santrali için mevcut potansiyeli araştırmışlardır. Bu amaçla, ilk olarak Kütahya ilinde rüzgar ölçümü yapılacak uygun arazi seçilmiş ve montajı yapılan rüzgar ölçüm istasyonundan Temmuz-2001 tarihinden itibaren 16 ay süre ile veri alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda, ortalama rüzgar hızları; 10 metrede 4,1 m/s, 30 metrede 4,4 m/s olarak tespit edilmiştir.

Tokgözlü ve Aslan (2002), Temmuz 2001-Eylül 2002 tarihleri arasında, Süleyman Demirel Üniversitesi Kampus alanında 10 m ve 30 m' de kurulan, rüzgar ölçüm istasyonu ile rüzgar şiddeti ve yönünün değişimlerini incelemişlerdir. Analizler veri kaydedici vasıtası ile 10'ar dakikalık ortalamalar seklinde kaydedilmiştir. Ölçüm istasyonundan 10 m ve 30 m yüksekliğinde alınan yıllık ortalama rüzgar hızı değerleri, sırasıyla 4,6 m/s ve 5,0 m/s olarak tespit edilmiştir.

Bilgili ve arkadaşları (2003), Türkiye'nin Doğu Akdeniz kıyısında bulunan İskenderun ilçesinin, rüzgar enerji potansiyelini incelemişler, meteoroloji istasyonu çevresindeki ölçümlere etki eden engellerin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, İskenderun Meteoroloji istasyonunda 1997-2001 yılları arasında 17 m yükseklikte ölçülen saatlik rüzgar hız ve yön bilgileri kullanılmıştır. Ayrıca 1/100.000 ve 1/250.000 ölçekli topografya haritaları ile meteoroloji istasyonu incelenerek bölgenin topografya, pürüzlülük ve yakın çevre engel bilgileri elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında bölgenin ortalama rüzgar hızı tespit edilmiştir.

Şahin ve arkadaşları (2004), Doğu Akdeniz bölgesindeki rüzgar enerjisi potansiyelini araştırmışlardır. Potansiyel, 1992-2001 tarihleri arasında 7 istasyondan alınan saatlik rüzgar verileri ile belirlenmiş olup çalışmada, ortalama rüzgar gücü yoğunluğu, yerden 25 m yükseklik için, 500 W/m2 olarak hesaplanmıştır.

Rehman (2003), Suudi Arabistan'ın batı sahilinde bulunan Yanbo'da uzun dönemli rüzgar verisi analizini; yıllık, mevsimsel ve günlük değişimler bazında gerçekleştirmiştir. Rüzgar enerjisi hesaplamaları; 150, 250, 600, 800, 1000, 1300, 1500, 2300, 2500 kW güçlerindeki türbinlerle yapılmıştır. Rüzgar hızı toplam verinin %69'unda 3,5 m/s'nin üzerinde tespit edilmiştir.

Roth (2005), Büyük ölçekli rüzgar çiftliklerinde bulunan eşdeğer cihazlardan çok daha az elektronik bileşen içeren dönüştürücü ve denetleyici, bağımsız türbinler için pahalı olmayan bir uyarlama yöntemi olmak üzere tasarlanarak, bir pilin DC voltajını AC'ye geri dönüştürmek için bir dönüştürücü eklendiğinde, tüketicilerin gereksinimlerinden fazla elektrik enerjisini şebekeye satar hale gelebileceğini ortaya koymuştur. Bu teknolojiyle, jeneratör tarafından üretilen AC akımı, bir düzeltici aracılığıyla DC'ye dönüştürülüyor ve böylece 12 voltluk bir akü içinde depolanabiliyor. Bir akü çıkış veriminden daha düşük bir voltajla yeniden doldurulamayacağından, geliştirilen özel denetleyici aparat jeneratörden gelen AC'nin frekansını izliyor. Eğer voltaj DC'ye dönüştürülemeyecek ve depolamak üzere sistem üzerinden gönderilemeyecek kadar düşükse, denetleyici dönüştürücüdeki bir anahtarı çeviriyor ve elektrik enerjisi akışını durdurarak toplam voltaj 12 volt oluncaya kadar birikmesini sağlıyor. Dönüştürücüde ki bu anahtar saniyede 1000 kez açılıp kapanıyor. Cihaz, anahtarın açık olduğu zamanın kapalı olduğu zamana oranını düzenleyerek, voltajın duyarlı bir biçimde ayarlanabileceğini göstermiştir.

Köse (2003), Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüs'ü bölgesinde rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan rüzgar ölçüm sisteminin enerji ihtiyacının Darrieus Savonius tipi rüzgar türbinleriyle karşılanması sistemini tasarlayarak araştırmış, ayrıca ölçme sisteminin hava taşıtları uçuşuna açık ve yüksek bir bölgede olmasından dolayı ölçme direği tepesine 5-25W'lık ikaz lambası konulmuş ve hem ölçme sistemi hem de ikaz lambasının elektrik enerjisi ihtiyaçlarının tasarlanan ve imal edilen Darrieus-Savonius türbinleriyle karşılanabileceğini tespit etmiştir.

Göksal (1998), "Mimaride Güneş Enerjisi" adlı kitabında yenilenebilir enerji kullanımının gerekliliği açıklanarak güneş enerjisi-bina tasarım ilişkisinin tarihsel gelişimi incelenmiştir. Güneş enerjisinden pasif yararlanma; güneş pencereleri, güneş duvarları ve transparan ısı yalıtımlı güneş duvarları alt başlıkları altında incelenerek şemalarla açıklanmıştır. Güneşin aktif kullanımı ise güneş kolektörleri ve fotovoltaik modüller olarak iki farklı şekilde gruplandırılmış, fotovoltaik sistemlerin tarihçesinden

başlayarak ayrıntılı bir biçimde anlatılmıştır. Güneşten pasif ve aktif yararlanmaya örnek olarak dünyada yapılmış olan bina uygulamalarından örnekler verilmiştir.

Oluklulu (2001), "Güneş Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma" adlı yüksek lisans tezinde dünyada ve Türkiye'de enerji sektörünün gelişimi ve üretim modelleri incelenerek güneş enerjisinden yararlanma biçimleri anlatılmıştır. Fotovoltaik teknoloji ise tarihçesi, modül yapıları, modül malzemeleri, sistemde kullanılan bileşenler, sistem türleri, avantajları ve dezavantajlarını anlatarak ayrıntılı bir biçimde ifade edilmiştir. Fotovoltaik sistemlerin binalara uygulama olanakları ise yapı elemanları şeklinde gruplandırılarak şekil ve çizimler yardımıyla açıklanmıştır.

Çelik (2002). "Fotovoltaik Modüllerin Mimaride Uygulanma Olanakları – Eskişehir İçin Bir Örnek Çalışma" adlı yüksek lisans tezinde güneşten etkin olarak yararlanmayı olanaklı kılan fotovoltaik modüller ele alınarak incelenmiştir. Mimaride fotovoltaik modül kullanımı ve verimlerini etkileyen faktörler anlatılmıştır. Örnek alan uygulaması olarak ise, simülasyon programı aracılığıyla bir model evinin Eskişehir iklim şartlarında farklı yönlenmelerle elde ettiği enerji miktarları incelenerek karşılaştırması yapılmıştır.

Liu ve Wang (2009), Çin'in enerji yapısının mevcut durumunu değerlendirdikleri çalışmalarında Çin'deki rüzgâr ve güneş enerjisi uygulamalarını tanımlamışlardır. Merkezi ve yerel yönetim politikalarının karşılaştıkları engelleri açıklamışlardır. Sadece güneş veya rüzgâr enerjisi sağlanmasının hava ve iklim koşullarındaki değişimlerin doğru olarak tahmin edilemediğinden dolayı elektrik enerjisi üretiminin doğru olarak hesap edilemediğini belirtmişlerdir. Güneş ve rüzgâr enerjisinden oluşan hibrit sistemlerin yol aydınlatması ve sulama için pompalama enerjisinin sağlanması uygulamalarını analiz etmişlerdir.

Koussa ve ark. (2009) Cezayir'in kırsal bölgelerinde elektrik ihtiyacını karşılamak için şebeke bağlantısı olmayan rüzgâr, güneş ve dizel jeneratör ile elektrik ihtiyacının karşılanabilirliğini incelemişlerdir. Sistemin optimizasyonu için Matlab programını kullanmışlardır. Değişik kapasitelerde üretim için yaptıkları çalışmada yenilenebilir enerji kaynağının kalitesi arttıkça sistem veriminin arttığını ve birim enerji maliyetinin düştüğünü belirtmişlerdir. Rüzgâr hızı yüksek olan yerlerde enerji ihtiyacının yarısından fazlasının rüzgâr türbini ile karşılanabileceği sonucuna da ulaşılmıştır.

Setiawan ve ark. (2009) saat 07.00-16.00 arasında güç talebi fazla olan, bir içme suyu tuz arıtma tesisinin elektrik ihtiyacını karşılamak için, hibrit bir sistem tasarlamayı düşünmüşler. PV/rüzgar türbini/dizel/akü içeren konfigürasyonlar arasında bu bölge için rüzgar türbini ve dizel jeneratörden oluşan sistem en optimum sistem olarak bulunmuş. Buradaki inceleme sonucunda rüzgar türbini/dizel jeneratörden oluşan sistemin birim enerji maliyetini 0,437$/kWh bulunmuş. Bu sistemde, üretilen enerjinin %80'ninin dizel jeneratörden ve %20'sinin ise rüzgar türbininden karşılandığı belirlenmiş. Ayrıca geri ödeme süresi de 11 yıl olarak bulunmuş.

Gökçöl ve ark. (2008), bir evin elektrik ihtiyacının sadece rüzgârdan karşılanması rüzgârın süreksizliğinden dolayı mümkün olmadığını vurgulamış ve yapılan çalışmada ele alınan rüzgâr batarya hibrit sisteminin bu problemin üstesinden gelmek ve sürekli enerji sağlamak için kullanıldığını belirtmişlerdir. Fakat ele alınan bölgenin rüzgâr potansiyeli düşük olduğundan dolayı bu hibrit sistem ekonomik olmadığını, 2.5kW'lık Proven 2.5 rüzgâr türbini evin ihtiyacı olan enerjiyi en düşük fiyat olan 0.57$/kWh'de üretebildiğini belirlemişlerdir. Elektrik enerjisi üretim maliyeti 0.57$/kWh'lık fiyat enerji birim fiyatları arasında en düşük değer olmasına rağmen, elektriğin şebekeden geliş fiyatının maksimum değeri olan 0.32$/kWh'ın yaklaşık iki katı kadar daha pahalı olduğunu vurgulamışlardır.

Engin ve Çolak (2005), Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından 4 yıl süreyle ölçülen güneş ışınımı, rüzgâr hızı ve ortam sıcaklık değerleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda güneş ve rüzgârdan elde edilebilecek enerjilerin birbirlerini tamamlayıcı özellik gösterdiklerini belirlemişlerdir. Bu sonuçtan yola çıkarak Enstitü binasının gece güvenlik aydınlatmasını yapabilecek boyutta bir güneş-rüzgâr hibrit enerji üretim sistemini tasarlamışlardır. Kurulan sistemde, bir yıl süreyle temel değişkenlerin onar dakikalık aralıklarla ortalama değerlerini alarak değerlendirmişlerdir.

Hongxing ve ark. (2008), Çin'in güneydoğu bölgesinde telekomünikasyon istasyonu için PV/rüzgâr hibrit elektrik üretim sistemi modelinin uygulanması üzerine çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada bir yıllık saatlik veri ölçümü gerçekleştirmişler, PV ve rüzgâr türbininin aylık enerji üretimine katkılarını, batarya çalışma durumunu ve enerji dengesini incelemişlerdir. PV ve rüzgâr türbinin olduğunu fakat PV ve rüzgâr türbinin birbirini tamamlayıcı özellik göstermesinden dolayı aylık enerji üretiminin sadece PV veya rüzgâr enerjisine göre çok daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Elhadidy ve Shaahid (1999), Arabistan Dhahran'da rüzgâr-güneş-dizel hibrit sisteminin yıllık 41.500 kWh elektrik üretebilmesi için gerekli fotovoltaik alanı, rüzgâr türbini sayısını ve batarya depolama kapasitesini belirlemişlerdir. Buna göre, iki adet 10 kW rüzgâr türbini, 30 m2 alana sahip güneş paneli ve yük talebini %23 karşılamak zorunda olan dizel sistemden oluştuğunu göstermişlerdir. Bununla birlikte batarya depolama çıkarılacak olursa, yükün %48'inin dizel sistemden sağlanması gerektiğini tespit etmişlerdir.

Lagorse ve arkadaşları (2009), Fransa'da fotovoltaik ve batarya ile eşleştirilen klasik sistemi geliştirmek için fotovoltaik, batarya ve yakıt pilinin birleştirildiği hibrit sistem amaçlamışlardır. Sistemi optimize etmek için orijinal zaman kayıtlama metodlarına başvurmuşlardır. İki optimizasyon metodu kullanmış olup bunlar; ilk olarak kalıtsal algoritmalar, sonrası ise yalın algoritmalardır. Simülasyon modelini, farklı hibrit biçimlerinin geçerliliğini değerlendirmek için kullanmışlardır. Şebekeden bağımsız cadde aydınlatma problemi gösterildikten sonra optimizasyon metodolojisi ve simülasyon modelini detaylandırmışlardır. Sonunda, optimal model elde edilmekle beraber, sistemin ekonomik ömrünün 25 yıl olduğunu tespit etmişlerdir.

Zhou ve arkadaşları (2010), şebekeden bağımsız batarya depolamalı rüzgâr ve güneş enerjisinden oluşan hibrit enerji sistem simulasyonunu, optimizasyonunun ve kontrol teknolojilerinin mevcut durumunu incelemişlerdir. Bu alanda devam etmekte olan araştırmalara ve gelişmelere, sistem performansının geliştirilmesinde, çıktı tahmin tekniklerinin oluşturulmasında ve bu kriterlerin diğer enerji kaynaklarıyla veya geleneksel enerji kaynaklarıyla bir bütün haline getirilmesinde ihtiyaç duyulmakta olduğu sonucuna varmıştır.

Yıldız (2003), "Fotovoltaik Modüllerin Binalarda Kullanımı ve PVSYST 3.21 Yazılımı ile Bir Binanın Simülasyonu" adlı yüksek lisans tezinde enerji tüketiminde büyük bir paya sahip olan yapılarda güneş enerjisinden yararlanma olanakları araştırılmıştır. Güneşten aktif yararlanma olanağı veren fotovoltaik sistemlerin yapılarda uygulanabilirliği irdelenmiş ve fotovoltaik sistemlerin tasarımında kullanılan fotovoltaik (PV) simülasyonları araştırılmıştır. Bu simülasyon programlarının arasından seçilen bir tanesiyle Armada Alışveriş Merkezi'nin modellemesi yapılmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Oktik (2001) “Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri” adlı kitapta dünyaya gelen güneş ışınımı ve bu ışınımdan yararlanarak elektrik üretmeyi sağlayan güneş gözeleri (fotovoltaik modüller) incelenmiştir. Güneş gözelerinin üretilme biçimleri ve kullanılan farklı malzemelerin verimlilikleri açıklanmıştır. Fotovoltaik modüllerin birleştirilmesiyle meydana gelen fotovoltaik güç sistemleri ise şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız biçimde uygulamalar olmak üzere anlatılmış ve özellikle ülkemizde fotovoltaik sistemlerden yararlanmak için yapılması gereken uygulamalar için önerilere yer verilmiştir.

Çelebi (2002), “Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri” adlı makalede Fotovoltaik Sistem kullanımının önemi vurgulanarak bu sistemlerin kısa tarihçesi verilmiştir. Fotovoltaik modüllerin yapısı, türleri ve özellikleri incelenerek bu panellerin yapı kabuğunda kullanılması durumunda tasarımı etkileyen faktörler irdelenmiştir. Bina kabuğunda fotovoltaik panellerin uygulama olanakları biçimsel farklılıklarına göre gruplandırılarak şekiller yardımıyla açıklanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Güneş Enerjisi

Yeryüzünden 151.106 km uzaklıkta olan güneş, nükleer yakıtlar dışında dünyada kullanılan yakıtların ana kaynağıdır ve dünyamıza ve diğer tüm gezegenlere enerji veren sonsuz denilebilecek güce sahiptir. İçinde, sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Ancak bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Yeryüzüne ulaşabilen ısınım değerinin çok düşük olmasının nedeni, atmosferdeki CO2, su buharı ve ozon gibi gazların ısınımı absorbe etmelerinin yanı sıra, kat etmesi gereken yolun uzunluğudur (Oğulata ve Oğulata 2002).

Çok büyük ve tükenmez bir enerji kaynağına sahip olan güneşten dünyaya gelen güç miktarı yaklaşık olarak 1.8x1011 MW' dir. Bu değer dünyadaki ticari enerji kaynaklarınn bugünkü tüketim miktarının binlerce katıdır. Buna göre güneş enerjisi dünyanın, bugünkü ve gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayabilecek güçtedir (Çıtıroğlu 2000).

3.1.1. Güneş enerjisinin toplanması ve depolanması

Güneş enerjisinin kullanılabilmesi için öncelikle toplanması gerekir. Bu toplama işlemi iki şekilde yapılmaktadır. Bunlar; elektrik üretebilmek için kullanılan fotovoltaik piller ve güneş ısısından yararlanmak için kullanılan güneş ısıl kollektörleridir. Özellikle sıcak su üretiminde kullanılan güneş ısıl toplama yönteminin yapımı basit ve ucuzken verimi oldukça yüksektir. Isıl özelliğinden yararlanılarak güneş radyasyonunu toplamada kullanılan ısıl güneş kolektörleri; düz yüzeyli ve yoğunlaştırmasız güneş kollektörü, odaklayıcı ve yoğunlaştırmalı güneş kolektörü ve güneş havuzlarıdır. Güneş enerjisini elektriksel olarak toplayan fotovoltaikler ise ışık özelliğinden yararlanmakta ve ışık enerjisinin elektromanyetik dalgalarının toplam enerjisini oluşturan enerji paketçiklerini fotoelektriksel olay gereğince elektrik enerjisine dönüştürmektedirler (Jardan ve ark. 2004).

En yaygın biçimde kullanılan kollektör, düz yüzeyli ısıl güneş kollektörüdür. Bunlar doğrudan gelen direkt güneş radyasyonunun yanında kırılma ve yansımalarla

dağılmış olan yaygın güneş radyasyonunda değerlendirirler. Düz yüzeyli kollektör 100^{o}C'yi aşmayan uygulamalarda kullanılır. Güneşi izlemesi gerekmeyen, güneye yönelik ve güneş radyasyonu üzerine dik çarpacak biçimde eğimli yerleştirilen bu kollektörlerin mevsimlik ayarlanması gerekir. Güneşli su ısıtıcılarda kullanılan kollektörler bu tiptir. Böylece bir kollektör soğurucu plakta, sırt ısı izolasyonu, üst saydam (cam veya plastik) örtü ve dış kasadan oluşmaktadır. Güneş radyasyonu, soğurucu plaka tarafından tutularak su veya hava gibi bir akışkana transfer edilir. Isıtılacak akışkanın cinsine göre soğurucu plakada boru veya özel kanallar bulunur. Isıl geçirgenliği ve özgül ısısı yüksek olması gereken soğurucular, plakalı ısı esanjörleri gibidir. Güneş radyasyonu çarpan yüzeyleri, yüksek oranda soğurabilmesi için mat siyaha boyanır ya da özel bir işlemden geçirilerek radyasyon seçici bir tabaka ile kaplanır. Soğurucu kısmın ön tarafında tek ya da çift saydam örtü, arka tarafında sırt ısı izolasyonu bulunur. Burada tanıtılan klasik yapılı düz yüzeyli kollektörlerin verimleri çalışma sıcaklık farkına bağlıdır. Geliştirilmiş düz yüzeyli kollektörler ise ısı borusu kullanılarak oluşturulmuştur. Isı borusu, yapıldığı malzemenin ısıl geçirgenliğine bağlı olmaksızın yüksek ısı kapasitesi ve ısıyı tek yönde geçiren bir elemandır (Anonim 1998).

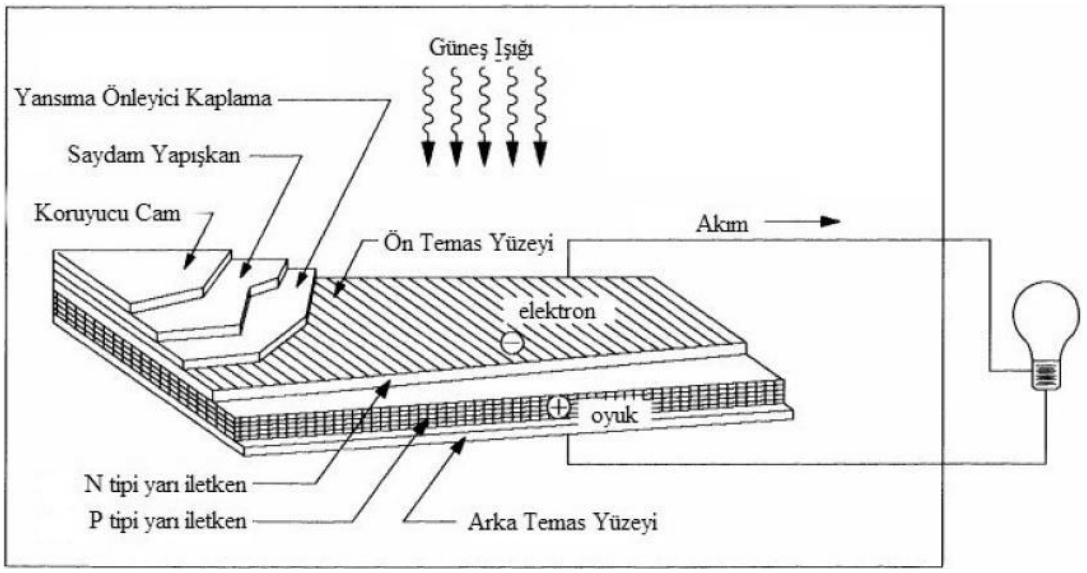
3.1.2. Güneş enerjisi sistemi

Fotovoltaik (PV) etki; güneş ışınımına maruz kalan iki farklı malzemenin ortak jonksiyonunun arasında oluşan elektriksel potansiyeldir. PV hücresi, bu etkiyle ışığı doğrudan elektriğe çevirir. Bu etki Fransız fizikçi Becquerel tarafından 1839'da bulunmuştur (Patel, 1999). Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak; akümülatörler, eviriciler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemini (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmaları da mümkündür. Bir fotovoltaik sistem, doğru akım (DC) ya da alternatif akım (AC) ile çalışan yükü beslemek amacıyla, güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirir. Üretilen elektrik DC'dir. Buradan doğru akım ile çalışan bir yük beslenebilir. Güneş ışınımı sürekli ve kararlı olmadığı için, yükün beslenmesinde yetersiz kalındığı durumlar

olabilir. Ayrıca üretilen enerjinin sistemin ihtiyacından fazla olduğu zamanlar da oluşabilmektedir. Bu ihtiyaç fazlası enerji akülere depolanarak, güneş ışınımının yetersiz olduğu zaman dilimleri için enerji sağlanabilir. Çalıştırılması istenen yük alternatif akım ile çalışıyor olabilir. Bu durumda doğru akımı alternatif akıma dönüştürmek için bir evirici kullanılır. Fotovoltaik sistemler, yerleşim merkezinden uzak noktalarda bulunan elektrik yüklerini beslemek üzere, yerel elektrik şebekesinden bağımsız olarak inşa edilebilirler. Bununla birlikte yerel elektrik şebekesine yakın noktalarda bulunan fotovoltaik sistemler, şebekeye enerji aktarabilecek şekilde düzenlenebilirler (Patel 1999).

3.1.3. Fotovoltaik hücre

Fiziksel özellikleri bakımından bir fotovoltaik hücre ile bir PN yüzey birleşmeli diyot birbirine benzer. Şekil 3.1.'de bir fotovoltaik hücrenin iç yapısı görülmektedir. Işık, birleşme yüzeyi tarafından emildiğinde, emilmiş olan fotonların enerjisi malzemenin elektron sistemine aktarılır ve böylece birleşme yüzeyinde ayrı bölümlere çekilerek yük taşıyıcıları oluşur. Bu yük taşıyıcıları, bir sıvı elektrolit içindeki elektron iyonları ya da bir katı yarı iletken malzeme içindeki elektron oyuk çifti olabilir. Bu taşıyıcılar birleşme yüzeyi bölgesinde, bir elektrik alan altında artan ve sanki bir harici kaynak varmış gibi yenilenen bir potansiyel güç oluşturur. Elektriğe dönüştürülmüş olan güç, birleşme yüzeyinden geçen akımın karesi ile hücrenin direncinin çarpımı şeklinde ifade edilebilir. Fotonlardaki kalan enerji, hücrenin ısınmasına yol açar. Fotovoltaik potansiyelin kaynağı, fermi seviyesi olarak adlandırılan, iki yalıtılmış malzemedeki elektronların kimyasal potansiyel farkıdır. Bu iki ayrı malzeme birleştirildiğinde yeni bir termodinamik denge oluşur. Bu denge, güneş ışınımının elektron miktarlarında değişme yaratmasıyla bozulur ve iki malzeme arasında elektron sayılarını dengelemek üzere tek yönlü bir elektron hareketi başlayarak fotoakım oluşur (Bahtiyar 2006).



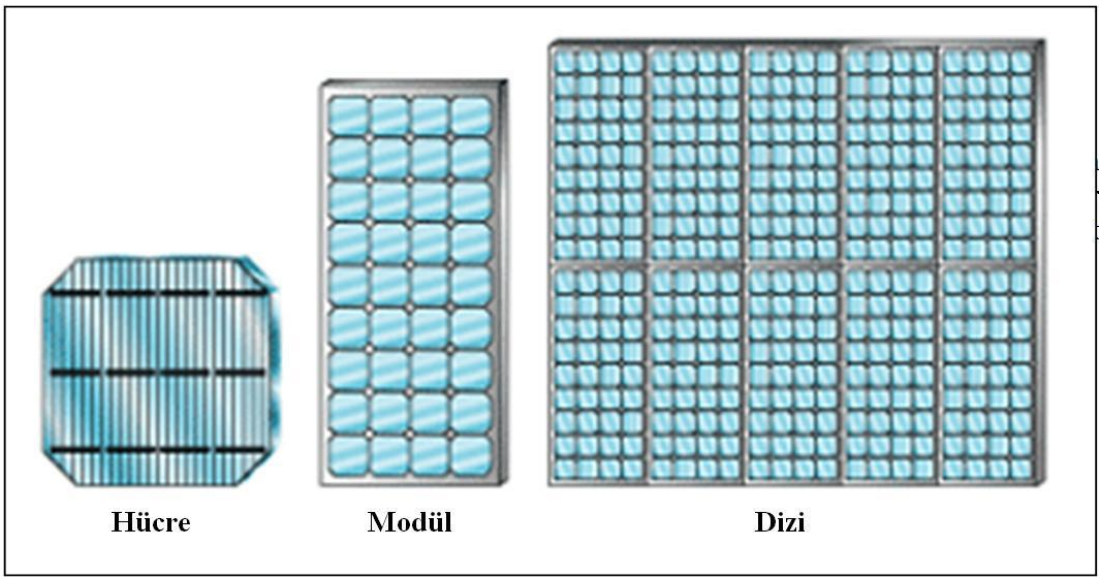
Şekil 3.1. Fotovoltaik hücrenin iç yapısı (Bahtiyar, 2006)

Oluşan fotoakımı kullanabilmek için, birleşme yüzeyinin her iki tarafına metal temas yüzeyleri yerleştirilmiştir. Elektriksel bağlantı noktaları ile bağlantı arka temas yüzeyinin tümü ve ön temas yüzeyinin bir kenarı kullanılarak geçekleştirilir. Gelen güneş ısınımı malzeme üzerinden belli oranda bir yansıma ile geri döner. Bu durum enerji kaybına neden olur. Bu durumu önlemek için ön yüzey yansıma önleyici bir madde ile kaplanır. Hücre bu haliyle gelebilecek darbelerden kolaylıkla zarar görebilir. Bu nedenle saydam bir yapıştırıcı ile ön yüzün üstüne yerleştirilen cam ile mekanik koruma sağlanır (Bahtiyar 2006).

3.1.4. Fotovoltaik panel ve dizi

Fotovoltaik hücre, bir fotovoltaik güç sisteminin temel elemanıdır. Tipik olarak bir fotovoltaik hücre birkaç cm2„lik bir alana sahiptir ve küçük değerde güç üretebilir. Üretilen bu güç bir fotovoltaik sistem için yeterli değildir. Daha yüksek güç sağlayabilmek için fazla sayıda fotovoltaik hücre seri ve/veya paralel bağlanır. Fotovoltaik hücrelerin seri ve/veya paralel bağlanması ile elde edilen birime fotovoltaik panel denir. Çok sayıda sistem için panel gücü de yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle panellerin gerekli gerilim ve akımı üretebilmek için seri ve/veya paralel bağlanmaları gerekir. Fotovoltaik panellerin seri ve/veya paralel bağlanmaları ile oluşan düzeneğe de fotovoltaik dizi denir (Bahtiyar 2006).

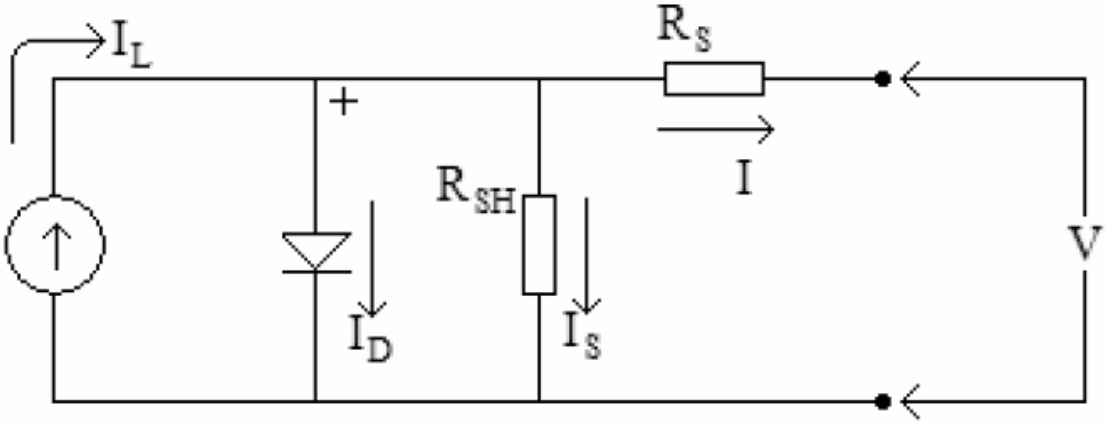
Şekil 3.2.'de fotovoltaik hücre,panel ve dizi yapısı görülmektedir.



Şekil 3.2. Fotovoltaik hücrelerin birleşmesi

3.1.5. Fotovoltaik hücre eşdeğer devresi

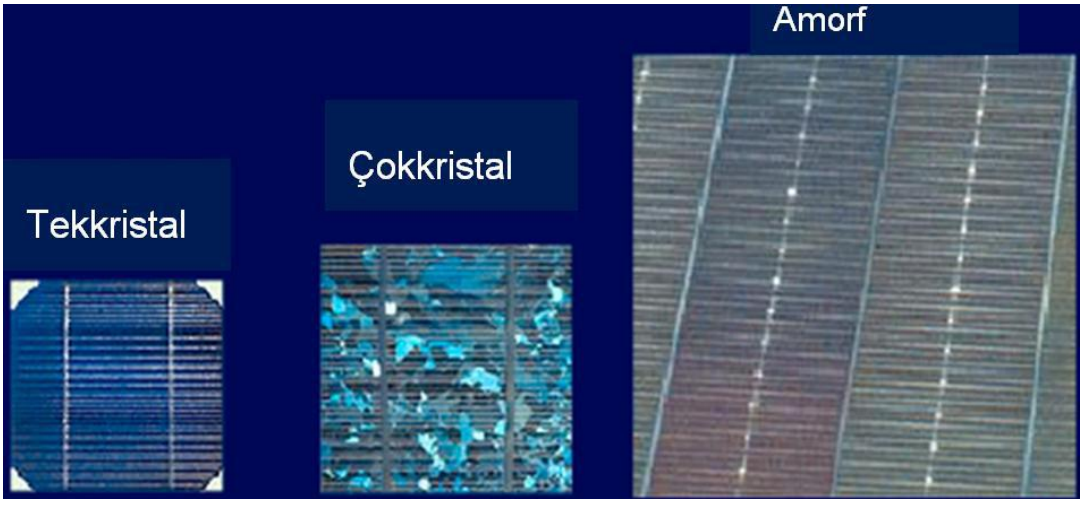
Şekil 3.3.'te (I) çıkış akımını, (IL) ışığın ürettiği akımı ve seri direnç (RS), çıkış akımına karşı gösterilen iç direnci göstermektedir. RS'nin değeri PN birleşme yüzeyinin yapısına bağlıdır. Paralel direnç (RSH), sızıntı akımını ifade eder. İdeal bir fotovoltaik hücrede RS=0 ve RSH=∞ olduğu kabul edilir. 1 inçlik kaliteli bir fotovoltaik hücrede RS=0,05-0,10 Ω ve RSH=200-300 Ω civarındadır. RS üzerinde oluşan küçük bir artış, çıkış gerilimini kayda değer ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle fotovoltaik çevirimin verimi RS direncine duyarlıdır. Yük akımı sıfıra eşitken, hücre açık devre gerilimi (VOC) elde edilir (Bahtiyar 2006).



Şekil 3.3. Fotovoltaik hücre eşdeğer devresi

3.1.6. Güneş pillerinin yapımında kullanılan malzemeler

Güneş pilleri pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilebilir. Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar gibi güneş pilleri de, yarı-iletken maddelerden yapılırlar. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir. Günümüzde en çok silisyum (silikon) kullanılmaktadır: Kristal Silisyum: Önce büyütülüp daha sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen Tekkristal Silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen Çokkristal Silisyum güneş pilleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de daha düşük olmaktadır. Verim, laboratuvar şartlarında %18, ticari modüllerde ise %14 civarındadır. Amorf Silisyum: Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesindedir. Şekil 3.4.'te belirli bir güç için farklı tip hücrelerin boyutları gösterilmiştir. Tekkristal (monokristal) hücrenin 1 m2 si ile elde edilen güç, çokkristal (polikristal) hücrenin 1,2 m^2 si ile ve amorf hücrenin 2,5 m2 si ile elde edilebilir (Gasch ve Twele 2002).



Şekil 3.4. Belirli bir güç için farklı tip hücre boyutlarını gösteren resim (Gasch ve Twele 2002)

3.1.7. Güneş enerjisi uygulamaları

Güneş enerjisi uygulamaları termodinamik sistemler ve fotovoltaik sistemler olarak iki gruba ayrılabilir. Termodinamik sistemler, kendi içinde ise pasif güneş sistemleri ve aktif güneş sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Pasif güneş sistemleri, güneş enerjisi kullanımı için geliştirilen en eski sistemlerden biridir. Başlıca, binaların ısıtma ve soğutması için dizayn ve mimarisinde kullanılmaktadır. Güneş mimarisinde, güneş enerjisi yoğunluk ve süresinin ısı, ışık ve sağlığa yararlı, istenilen etkilerini elde edebilmek, buna karşın yüksek sıcaklık, aşırı aydınlık ve kişilere ve malzemelere zarar verecek, istenmeyen etkilerinden ise korunulacak şekilde kontrol edilmesi ve kullanılması çok önemlidir. Uygulama alanları arasında binaların kışın ısıtılmasını, yazın ise ısınmayı önleyecek koşulların sağlanmasını, seraların ısıtılmasını ve zirai ürünlerin kurutulmasını sayabiliriz. Güneş enerjisi binalarda, herhangi bir elektromekanik gereç kullanılmadan (normal olarak) ısıya dönüştürülür. Isı transferi ve sıcak akışkanın çevrimi doğal yolla olur. Pasif güneş ısı sistemleri, pencereler gibi enerji kollektör elemanları veya bina duvarları gibi depolama elemanlarını da içermektedir (Haskök 2005).

Güneş enerjisi uygulamalarını düşük sıcaklık (20-100°C), orta sıcaklık (100-300°C) ve yüksek sıcaklık (>300°C) olmak üzere üç grupta toplayabiliriz. En yaygın uygulamalardan bazıları ve kullanım alanları aşağıda verilmiştir: (Haskök 2005)

Düşük Sıcaklık Uygulamaları

- Kullanım sıcak suyu eldesi
- Konut ısıtılması-soğutulması
- Sera ısıtılması
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Yüzme havuzu ısıtılması
- Günes ocakları ve fırınları
- Deniz suyundan tatlı su eldesi
- Tuz üretimi
- Sulama
- Toprak solarizasyonu

Orta Sıcaklık Uygulamaları

- Endüstriyel kullanım için buhar üretimi
- Büyük ısıtma - soğutma sistemleri

Yüksek Sıcaklık Uygulamaları
- Güneş fırınları

3.1.8. Güneş enerjisinin avantajları

Dünyanın en büyük enerji kaynağı güneştir. Güneş enerjisi sistemleri çevreye zararlı gazlar vermeyen, tükenmeyen bir enerji türüdür. Çevreye zarar vermediği, tükenmeyen ve çok ucuz bir enerji kaynağı olduğu için güneş enerjisinin kullanımı büyük avantajlar sağlamaktadır. Güneş enerjisinin avantajlarını maddeler halinde sıralayacak olursak:

• Her şeyden önce, güneş bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.

• Temiz enerji türüdür, çevreyi kirletici, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.

• Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.

• Dışa bağımlı olmadığından, olabilecek ekonomik bunalımdan uzaktır.

• Birçok uygulaması için, karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır. İşletme masrafı çok azdır.

3.1.9. Güneş enerjisinin dezavantajları

Pek çok avantajının yanı sıra güneş enerjisi kullanımdan kaynaklanan bazı sınırlılıklarda mevcuttur. Bu sınırlılıkları sıralayacak olursak:

• Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeye ihtiyaç vardır.

• Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerektirmektedir. Depolanma imkanları ise sınırlıdır.

• Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.

• Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir.

3.2. Rüzgar Enerjisi

Türkiye'nin enerji ihtiyacının güvenli olarak karşılanması için birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de temiz ve dışa bağımlı olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde en yaygın olan ve teknolojisi en hızlı gelişeni rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisinin bu kadar hızlı gelişmesinin nedeni, doğada serbest bir halde ve bol olarak bulunması ve enerji kaynağı çeşitliliği yaratmasının yanında dışa bağımlı olmayan temiz bir enerji kaynağı olmasıdır (Özerdem 2003).

Rüzgar enerjisi, MÖ 4000 yıl kadar önce yelkenlileri hareket ettirmekte, mısır ve buğday öğütmekte ve sulamada kullanılmaktaydı. Günümüzde ise rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde yararlanılmaktadır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi atmosfer kirliliğine sebep olmaması nedeniyle 'temiz enerji kaynağı' olarak nitelendirilmektedir (Peker 2002).

Rüzgar potansiyelinin en yoğun olduğu yerler Marmara, Güney Doğu Anadolu ve Ege Bölgeleridir. Türkiye'nin farklı bölgelerindeki rüzgar enerjisi potansiyelleri Çizelge 3.1.'de ve Batı Ege sahili boyunca rüzgar enerjisi potansiyeli Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Çizelge 3.1.'e göre rüzgar enerjisi potansiyelinin en yoğun olduğu bölge Marmara Bölgesidir. Marmara Bölgesini sırasıyla Güneydoğu Anadolu, Ege, İç Anadolu, Akdeniz, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgesi izlemektedir. Literatürde verilen en yüksek rüzgar hızı değerleri Bandırma'da 5,1-5,2m/sn, Bozcaada'da 6,3-7 m/sn, Karaburun ve Karabiga'da 6,4m/sn, Nurdağı'nda 7,1 m/sn ve Şenköy'de 7 m/sn'dir (Hepbaşlı ve ark. 2001).

Çizelge 3.1. Türkiye'nin farklı bölgelerindeki rüzgar enerjisi potansiyeli (Anonim 2011-2)

Bölgeler	**Yıllık ortalama rüzgar hızı (m/sn)**	**Yıllık ortalama rüzgar yoğunluğu (W/m2)**
Güneydoğu Anadolu	2,69	29,33
Akdeniz	2,45	21,36
Ege	2,65	23,47
İç Anadolu	2,46	20,14
Doğu Anadolu	2,12	13,19
Marmara	3,29	51,91
Karadeniz	2,38	21,31
Türkiye'nin ortalaması	2,58	25,82

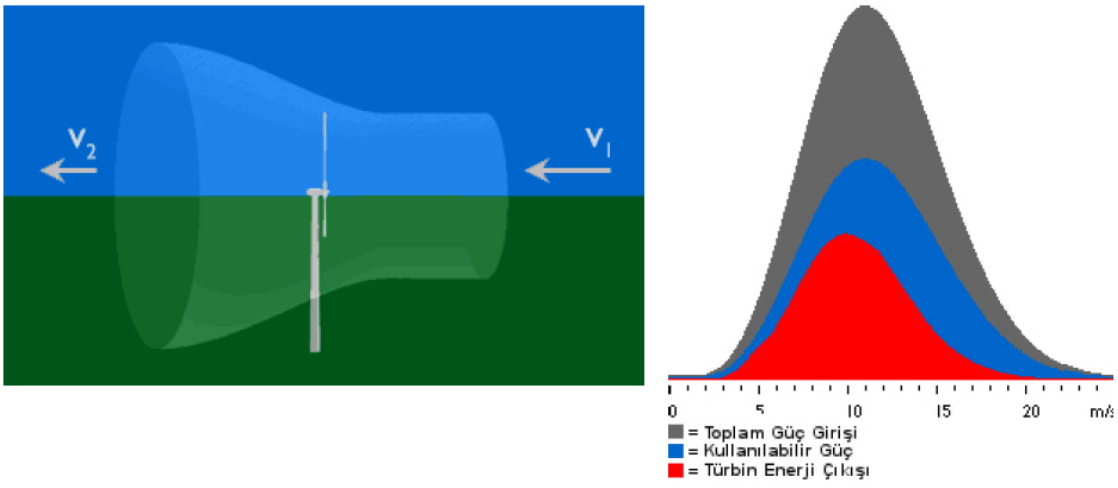
Çizelge 3.2. Batı Ege'nin kıyısı boyunca rüzgar enerjisi potansiyeli (Anonim 2011-2)

Konumlar	Yıllık ortalama rüzgar hızı (m/sn)	Yıllık ortalama rüzgar yoğunluğu (W/m^2)
Gökçeada	4,14	112,88
Çanakkale	4,13	93,50
Bozcaada	6,36	319,50
Edremit	2,44	19,80
Ayvalık	3,29	59,40
Dikili	2,50	20,50
İzmir	3,65	53,40
Bodrum	4,10	114,70
Türkiye'nin ortalaması	3,83	99,20

3.2.1. Rüzgar enerjisi sistemleri

Rüzgar türbinleri, rüzgarı sektirip saptırdığından dolayı rüzgarın tüm enerjisini almak mümkün değildir. İdeal bir rüzgar türbini, rüzgarın hızını 2/3 oranında düşürmektedir. Bu durum, rüzgarın kinetik enerjisinin en fazla 16/27 yani %59'unun rüzgar türbini ile mekanik enerjiye dönüştürülebileceğini anlatan Betz kanunu ile de açıklanmaktadır (Anonymous 2010).

Betz kanununun görsel ifadesi Şekil 3.5. üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Betz Limitinin Gösterimi (Anonymous, 2010)

Betz'e göre teorik olarak rüzgardan elde edilebilecek maksimum güç, şu formülle verilir:

$$P=1/2\ \rho v^3 \pi r^2 C_p \qquad (1.1)$$

olarak yazılabilir.

Bu denklemde:

P = Rüzgarın gücü [W]

ρ(rho) = Havanın yoğunluğu = 1,225 [kg/m3]

v = rüzgar hızı [m/s]

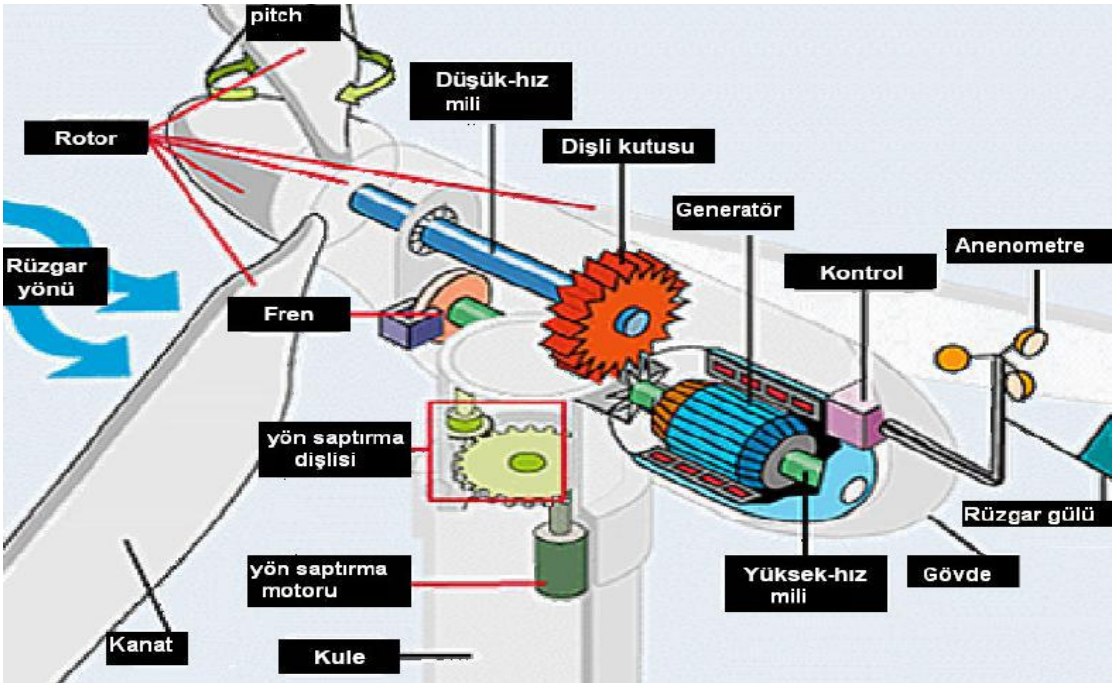
r = rotor yarıçapı [m]

Cp = rotor verimi

Değerlerine karşılık gelmektedir.

3.2.2. Rüzgar türbinlerini oluşturan parçalar

Şekil 3.6. 'da rüzgar türbinini oluşturan parçalar gösterilmiştir. Rüzgar türbinini oluşturan kule, türbin kanadı, dişli kutusu, jeneratör gibi parçalar aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.



Şekil 3.6. Rüzgar Türbinini Oluşturan Parçalar (Camerlynck 2004)

3.2.2.1. Kule

Kule malzemesi, genelde çelik veya betondur. Modern rüzgar türbinleri, halka enine kesitli kulelere sahiptir. Kule yüksekliği, yüksekteki daha rüzgar hızlarından yararlanmanın getirisi ile boya bağlı artış gösteren kule maliyeti arasındaki optimum çözümle belirlenir. Kule boyutlandırılmasındaki bir diğer parametre de eğilme doğal frekansı olup kule malzemesini ve dolayısıyla maliyeti önemli ölçüde etkilemektedir. Rüzgar türbinlerinin tüm imalat giderlerinin %11-20'si kule imalatına aittir (Güneş 2006).

3.2.2.2. Türbin kanadı

Rüzgar türbinlerinin kanatları; alüminyum, titan, çelik, elyaf ile güçlendirilmiş plastik (cam elyafı, karbon elyafı ve aramid elyafı) ve ağaçtan imal edilmektedir. Modern rüzgar türbinlerinin kanatlarının hemen hemen tamamı, cam elyafı ile güçlendirilmiş polyester veya epoksi gibi, cam elyafıyla plastikten üretilirler. Çelikten üretilen kanatların eğilmeye dayanımı çok iyidir; fakat yorulma dayanımları ve korozyon sorunu yaratmaktadır. Alüminyum kanatlar, çeliğe göre daha dayanımı çok iyidir; fakat yorulma dayanımları ve korozyon sorunu yaratmaktadır. Alüminyum kanatlar, çeliğe göre daha hafiftir, yorulma dayanımları daha iyidir ve korozyona daha dayanıklıdır. Alüminyum malzemenin zayıf noktaları; kabuk şeklindeki malzemenin burkulması, imalat tekniğinin zorluğu ve pahalı olmasıdır (Güneş 2006).

3.2.2.3. Dişli kutusu

Rotor açısal hızı genellikle ihtiyaç duyulan elektriksel frekans değerini üretmek için jeneratörü hareket ettirmede yeteri kadar hızlı değildir. Dişli takımları, dönme sistemleri için hızlarda mekanik olarak bir artış ve azalış sağlayabilirler. Rüzgar türbinleri dikkate alındığında, dişli takımları düşük hızlı milin aşısal hızını jeneratöre bağlanan yüksek hızlı mil hareketine dönüştürmede kullanılırlar (Güneş 2006).

3.2.2.4. Jeneratör

Rüzgar türbinlerinde; senkron, asenkron ve DC jeneratör olmak üzere üç değişik jeneratör kullanılmaktadır. Küçük güç sistemlerinde, eskiden kullanılan doğru akım jeneratörlerinin yerini sabit mıknatıslı jeneratörler almıştır. Orta ve büyük güç sistemlerinde ise, senkron ve asenkron jeneratörler kullanılmaktadır. Bu jeneratörlerde üretilen elektrik enerjisi, güç elektroniği sistemleri ile istenilen gerilim ve frekans seviyesine dönüştürülmektedir (Yerebakan 2001). Günümüzde, modern rüzgar türbinlerinde genellikle asenkron jeneratörler kullanılmaktadır. Asenkron jeneratörler, daha düşük maliyetli olması ve şebekeye senkronizasyonlarının kolay olması gibi sebeplerden dolayı tercih edilmektedir. Bununla beraber, senkron jeneratörlü türbin üreten firmalar da vardır. Senkron jeneratörlerde, değişen rüzgar hızıyla birlikte şebeke senkronizasyonu probleminin giderilmesi için güç elektroniği devreleri kullanılır. Sabit mıknatıslı senkron jeneratör, kendinden uyarım avantajına rağmen pahalıdır. Asenkron jeneratörün dezavantajı, mıknatıslanma akımını şebekeden çekmesi ve böylelikle reaktif güç tüketmesidir. Bu sorun ise, reaktif güç kompanzasyonu ile giderilir (Yılmaz 2008).

3.2.3. Diğer türbin bileşenleri

Anemometre: Rüzgar hızını ölçüp kontrolör sistemine ileten ölçüm cihazıdır.

Kontrol sistemi: Türbinleri iletim ve kesim hızlarında maksimum güçte çalışmasını sağlayan ve kritik sınırı geçen aşırı rüzgarlarda durduran kontrol sistemidir.

Aerodinamik kontrol: Kanatların aşırı yüksek veya düşük hızlarda dönüşünü kontrol eden kanat mekanizmasıdır.

Rüzgar gülü: Rüzgar yönünü ölçerek, değişimlere göre yön saptırma (yaw) motoru ile haberleşmeyi sağlar.

Yön saptırma (yaw) sürücüsü ve motoru: Rüzgar türbinleri rotorlarını rüzgara doğru yönlendirir. Rüzgarın hız değişimine göre, rotor kafasını rüzgara dik tutacak şekilde ayarlayan mekanizmadır (Yerebakan 2001).

Hidrolik sistem: Hidrolik sistem; kanat uçları, yön saptırma frenleri, yön saptırma sürücüleri, rotor freni ve başlığı gibi farklı temel parçaların çalısması için yağ basıncı sağlar (Yerebakan 2001).

Frenler: Birincil frenleme sistemi aerodinamik kanat uç frenidir. İkincil fren yüksek hız miline yerleştirilmiş disk frenidir. Her iki sistem birbirlerinden bağımsız olarak herhangi bir tehlikeli durumdan güvenli duruma ulaşabilmek için rüzgar türbinini yavaşlatabilir.

3.2.4. Rüzgar türbinlerinin maliyetleri

Modern rüzgar türbinleri 20 senede yaklaşık 120 000 saat çalışabilecek şekilde tasarlanırlar (Anonymous 2010). Bu çalışmada yapılacak olan bilgisayar benzetimlerinde türbin ömrü için 20 yıl kullanılacaktır. Büyük güçlü modern türbinlerin kurulum maliyeti kW başına yaklaşık 1000$ olarak hesap edilmektedir. Yıllık işletme bakım masrafları yaklaşık olarak türbin kurulum maliyetinin %1,5 -%2'si arasında olduğu kabul edilmektedir (Anonymous 2010).

3.2.5. Rüzgar enerjisi uygulamaları

Rüzgar enerjisi uygulamaları; rüzgar enerji santralleri ve su pompaj uygulamaları olarak iki gurupta toplanabilir. Rüzgar enerjisi santralleri; günümüzde rüzgar santrallerinde kullanılmak üzere 600kW ile 3600kW arasında çeşitli güçlerde rüzgar türbinleri piyasada olup, yoğunluk 700-1500kW güçteki türbinler üzerinde toplanmıştır. En çok kullanılan sistemlerin gücü 900-1000kW civarındadır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi, yüksek rüzgar hızına sahip yerlerde bilinen kaynaklarla ekonomik olarak yarışabilir duruma gelmiştir. Rüzgar türbinleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin, güçlerine göre; küçük (10kW'tan az), orta (10kW'tan fazla 100kW'tan güçten az) ve büyük (100kW'tan fazla) ölçekli, kullanım amaçlarına göre; su pompalama veya elektrik üretme, pozisyonlarına göre; yatay, düşey, kullanım şekillerine göre; yalnız basına veya şebeke bağlantılı, dönüştürme sisteminin güç elde edilen milinin yatay (yatay eksenli rüzgar türbini) veya düşey konumda olmasına göre sınıflandırılmaktadır (Haskök 2005).

3.2.6. Rüzgar enerjisinin avantajları

Rüzgar enerjisi kirlilik yaratmayan ve çevreye çok az zarar veren yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yeryüzünde %95 gibi bir alanda rüzgar enerjisi elde edilebilir ve bu alanlarda aynı zamanda ziraat, ormancılık gibi faaliyetler de sürdürülebilir. Evsel kullanım için iyi bir alternatif enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinin avantajlarını maddeler halinde sıralarsak:

• Bu türbinler yakıt olarak rüzgarı kullandıklarından atmosfere zehirli gazlar vermezler.

• Rüzgar çiftlikleri kuruldukları alanın sadece % 1'lik bölümünü kullanırlar. Geri kalan kısmı tarımsal faaliyetlerde rahatlıkla kullanılabilir.

• Rüzgar çiftlikleri, termik, hidrolik vb. santrallerle, ekonomik açıdan rekabet edecek düzeye gelmiştir.

• Rüzgar çiftliklerinin söküm maliyetleri yoktur. Çünkü sökülen türbinlerin hurda değeri söküm maliyetlerini karşılamaktadır.

• Bu çiftliklerin ömürlerini tamamlamasından sonra türbinlerin kullanıldığı alan eski haline kolayca getirilmektedir.

• Bu çiftliklerde dışa bağımlılık yoktur.

3.2.7. Rüzgar enerjisinin dezavantajları

Gürültülüdürler ve kuş ölümlerine neden olur, radyo ve TV alıcılarında parazite neden olurlar. Bu nedenle İngiltere başta olmak üzere bir çok Avrupa ülkesinde büyük rüzgar türbinlerinin yarattığı çevre sorunları nedeniyle milli park alanlarının sınırları içine ve çok yakınlarına kurulması yasaklanmıştır.

3.2.8. Türkiye'de rüzgar enerjisi potansiyeli

Rüzgâr enerjisi, ısıları farklı olan hava kütlelerinin yer değiştirmesiyle oluşur. Güneşten yeryüzüne ulaşan enerjinin %1-2'si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Rüzgâr türbinleri, yenilenebilir nitelikte olan hava akımını elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Rüzgâr türbinlerinin çalışması çevreye zararlı gaz emisyonuna neden olmadığından enerji geleceğimizde ve iklim değişikliğini önlemede büyük bir role sahiptir.

Geleneksel güç santrallerinin aksine, enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerini ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini eleyen ve ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlılığı azaltan yerli ve her zaman kullanılabilir bir kaynaktır. Ancak rüzgâr türbinlerinin büyük alan kaplaması, gürültü kirliliği oluşturması ve üretilen elektriğin kalite sorunları gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır.

Dünya rüzgâr kaynağı 53 TWh/yıl olarak hesaplanmakta olup, günümüzde toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 40.301 MW'tır. Bunun üçte biri Almanya'da bulunmaktadır. 2020 yılında 1,245 GW dünya rüzgâr gücü hedefine ulaşmak için gereken yatırım miktarı 692 milyar Euro'dur. Bu süre içinde üretim maliyetlerinin 3,79 E-cents/kWh'dan 2,45 Euro-cents/kWh'a düşmesi beklenmektedir. Rüzgâr türbinlerinde küresel piyasa 2020 yılına kadar şimdiki 8 milyar Euro'dan 80 milyar Euro yıllık iş hacmine çıkacaktır. Toplam potansiyeli en az 48.000 MW olan, yıllık ortalaması 7,5 m/s 'nin üzerindeki bölgelerde günümüz fiyatlarıyla ekonomik olabilecek yatırımlar yapmak mümkündür.

2007 yılında gerçekleştirilmiş olan Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) ile ülkemizde yıllık rüzgâr hızı 8,5 m/s ve üzerinde olan bölgelerde en az 5.000 MW, 7,0 m/s'nin üzerindeki bölgelerde ise en az 48.000 MW büyüklüğünde rüzgâr enerjisi potansiyeli bulunduğu tespit edilmiştir.

2004 yılı itibariyle sadece 18 MW düzeyinde olan rüzgâr enerjisi kurulu gücünün artırılmasında aşama kaydedilmiştir. 2009 yılı sonu itibariyle rüzgâr kurulu gücümüz 802,8 MW düzeyine ulaşmıştır. Yenilenebilir Enerji Kanununun yürürlüğe girmesinden sonra 3.363 MW Kurulu gücünde 93 adet yeni rüzgar projesine lisans verilmiştir. Bu projelerden yaklaşık 1.100 MW Kurulu gücünde santrallerin yapımı devam etmektedir (Anonim, 2010).

3.3. Konya’nın Güneş ve Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

3.3.1. Güneş enerjisi potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden

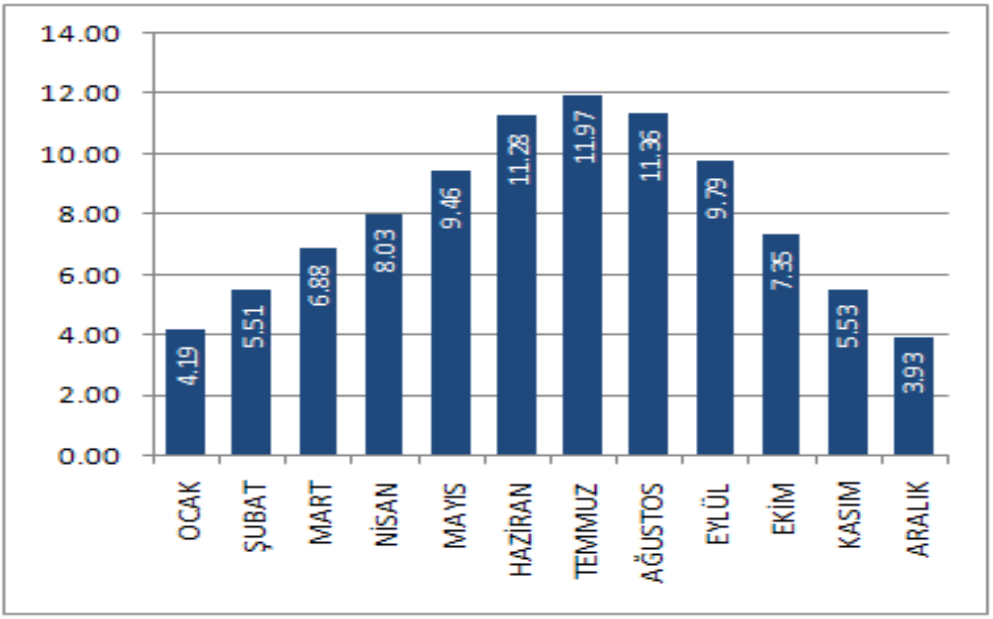
yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Çizelge 3.3. 'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli (Anonim 2011-2)

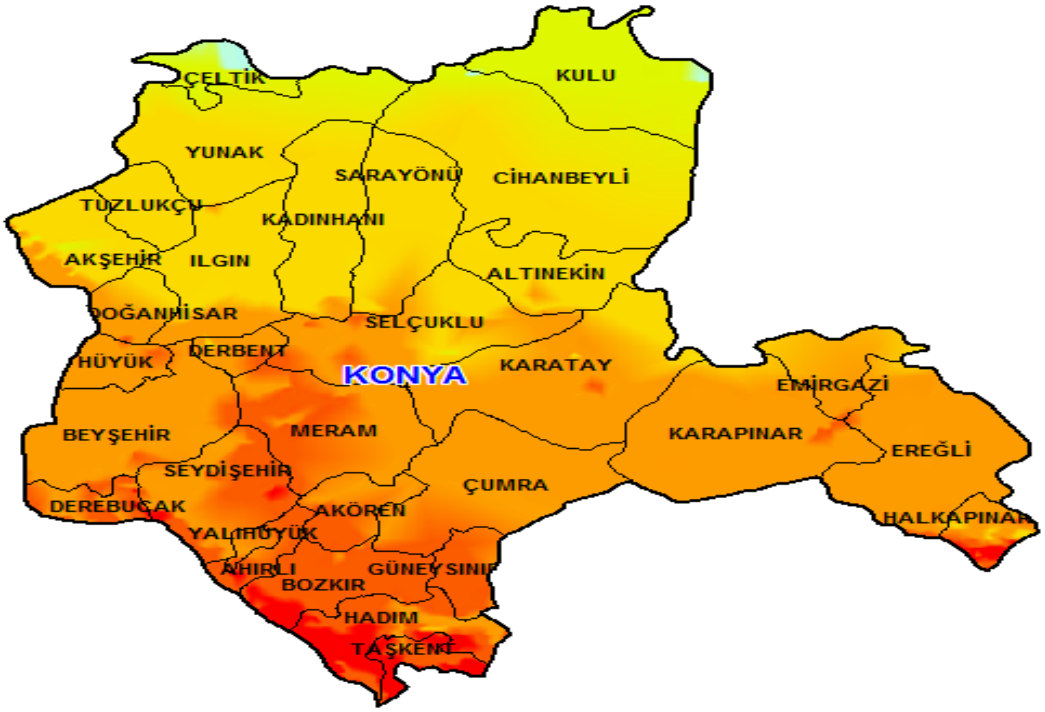
AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (Kcal/cm2-ay)	(kWh/m2-ay)	GÜNEŞLENME SÜRESİ(Saat/ay)
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm2-gün	3,6 kWh/m2-gün	7,2 saat/gün

Bu tez çalışmasında Konya için meteorolojiden alınan 12 aylık güneş ışınım ve rüzgar gücü değerleri ışığında, bir mikro sistem kurulacak ve bu sistemin bir dairenin tüm elektrik ihtiyacını karşılamadaki verimliliği Konya iklim şartlarında analiz edilecektir.

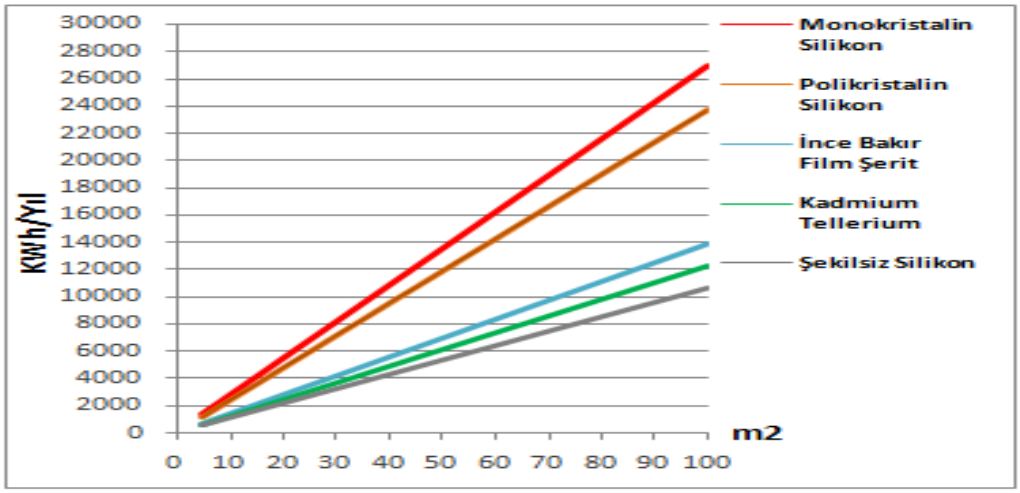
Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünden Konya için alınan güneşlenme süreleri grafiği aşağıdaki Şekil 3.7.'de gösterilmiştir. Bu grafikte 12 aylık güneşlenme süreleri saat bazında gösterilmiştir. Şekil 3.8. üzerinde ise Konya ilinin güneş enerji potansiyel atlası gösterilmiştir. Yine Konya için birim alandan Kwh olarak üretilebilecek enerji grafiği Şekil 3.9.' da gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Konya Güneşlenme Süreleri (Saat) (Anonim 2011-2)

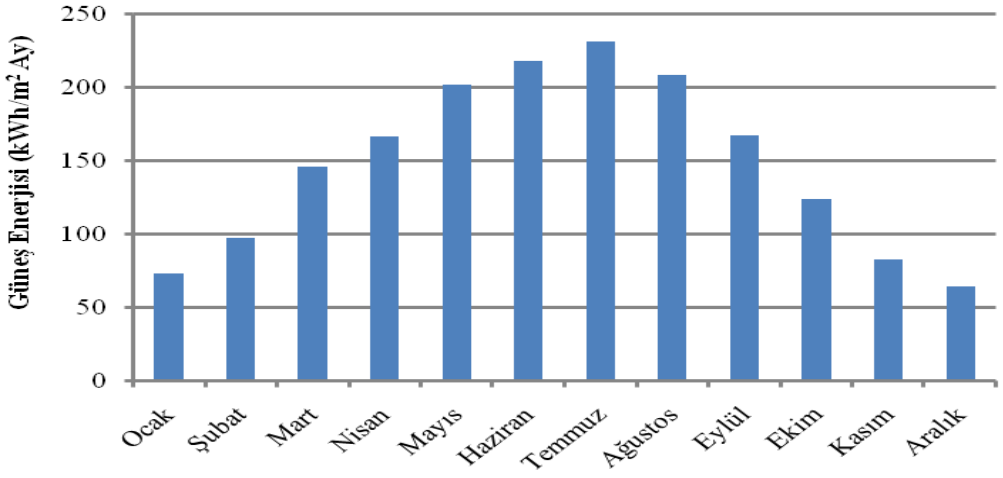


Şekil 3.8. Konya Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (Anonim 2011-2)



Şekil 3.9. Konya'da Kullanılan Güneş Paneli Çeşidine Göre Üretilebilecek Enerji (KWh/m^2)

Elektrik İşleri Etüt İdaresinden edilen verilere göre Konya'nın aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli aşağıda Şekil 3.10. üzerinde ifade edilmiştir. Bu grafik incelendiğinde, güneş enerjisi potansiyeli en yüksek olan ay 231 KWh/m^2 değeriyle temmuz ayı olduğu görülmektedir. Güneş enerjisi potansiyeli en düşük olan ay ise 62 KWh/m^2 değeriyle aralık ayıdır. Konya'nın yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin ise 1785 KWh/m^2 olduğu görülmektedir.

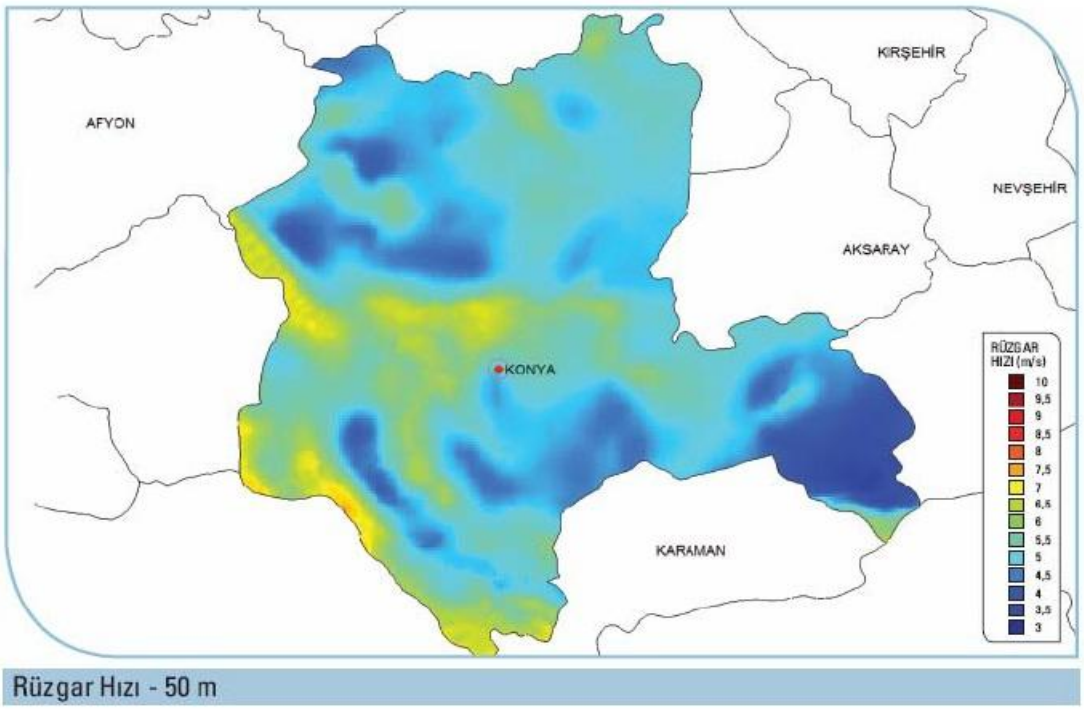


Şekil 3.10. Konya ili için güneş enerjisi ile üretilebilecek aylık ortalama enerji değerleri (KWh/m^2)

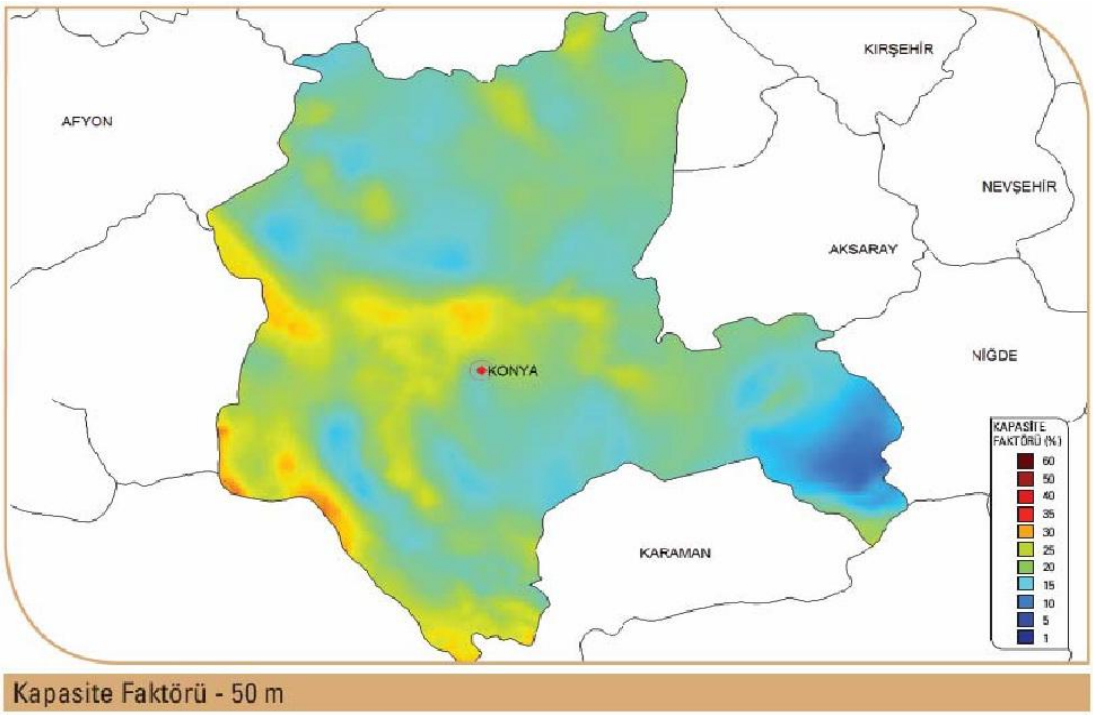
3.3.2. Rüzgar enerjisi potansiyeli

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (Elektrik İşleri Etütü İdaresi Genel Müdürlüğü) tarafından, tüm Türkiye için hazırlanan Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası

(REPA)' nın Konya ile ilgili değerleri aşağıdaki Şekil 3.10. üzerinde gösterilmiştir. Rüzgar hız ölçümleri 50 metre yükseklikten yapılmıştır. Şekil üzerinde Konya için rüzgar hızının birim alanda 3 m/s ile 10 m/s arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 3.10. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Konya Rüzgar Hızı Atlası (Anonim 2012-2)



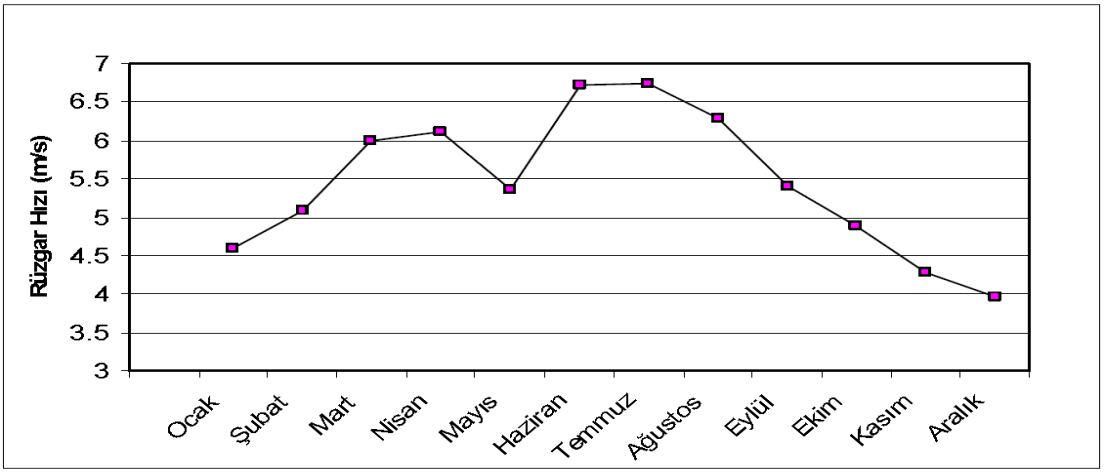
Şekil 3.11. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Konya Rüzgar Kapasitesi Atlası (Anonim 2012-2)

Yukarıdaki Şekil 3.11. üzerinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası (REPA)' nın Konya ile ilgili değerleri gösterilmiştir. 50 metre yükseklikteki değerlere göre hazırlanan atlasta, Konya'nın rüzgar kapasite faktörünün farklı alanlardaki ölçüm sonuçları yüzdesel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Konya Bölgesi Rüzgar Hızı, Birim Gücü ve Kurulabilecek Toplam Rüzgar Gücü Değerleri (Anonim 2012-2)

50 m'de Ruzgar Gücü (W/m2)	**50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)**	**Toplam Alan (km2)**	**Toplam Kurulu Güç (MW)**
300 –400	6.8 –7.5	320,98	1.604,88
400 –500	7.5 –8.1	46,72	233,60
500 –600	8.1 –8.6	4,32	21,60
600 –800	8.6 -9.5	0,0	0,0
> 800	> 9.5	0,0	0,0
	Toplam	372,02	**1.860,08**

Yukarıda Çizelge 3.4. üzerinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünün REPA raporuna göre Konya da kurulabilecek rüzgar santralleri için 50 metre yükseklikteki değerler verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi rüzgar hızı 8.6 m/s üzerinde olan alan bulunmamaktadır. Rüzgar hızı 6.8 m/s ile 8.6 m/s arasında olan alanların rüzgar gücü değerleri ve bu alanlara kurulabilecek güç değerleri hesaplanmıştır. Konya'nın rüzgar enerjisi potansiyeli 1.860,08 MV olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.12. Kampüs bölgesinde 40 metre yükseklikte ölçülen aylık ortalama rüzgar hızları (Köse 2011)

Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüsü içerisinde 40 metre yüksekliğindeki bir ölçme sistemi ile elde edilen aylık ortalama rüzgar hızları yukarıda Şekil 3.12. üzerinde gösterilmiştir. Grafik üzerindeki veriler incelendiğinde yaz aylarında rüzgar hızının daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Aylık ortalama rüzgar hızı 4 m/s ile 7 m/s arasında değişiklik göstermektedir.

3.4. Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacı

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünün yayınladığı enerji tüketim değerlerine göre ev içi elektrik tüketim paylarına bakıldığında, ilk sırayı %30 payla buzdolabı almaktadır. Buzdolabını %28 oranla aydınlatma takip ederken, %10 ile elektrikli fırınlar üçüncü sıraya yerleşiyor. Televizyon, ailenin elektrik tüketiminde %10, çamaşır makinesi %7, bulaşık makinesi %6, ütü %4, elektrikli süpürge %3 ve saç kurutma makinesi %2 paya sahiptir.

Aşağıdaki Çizelge 3.5. üzerinde bir evin günlük, haftalık ve aylık enerji tüketim miktarları gösterilmiştir. Buradaki değerler belirlenirken orta büyüklükte bir aile ve ev düşünülmüş, değerler bu şartlara göre hesaplanmıştır. Ayrıca düşünülen bu evde tüm elektrikli aletlerin olduğu ve aktif olarak kullanıldığı varsayılarak bir evde tüketilebilecek enerji miktarı belirlenmeye çalışılmıştır.

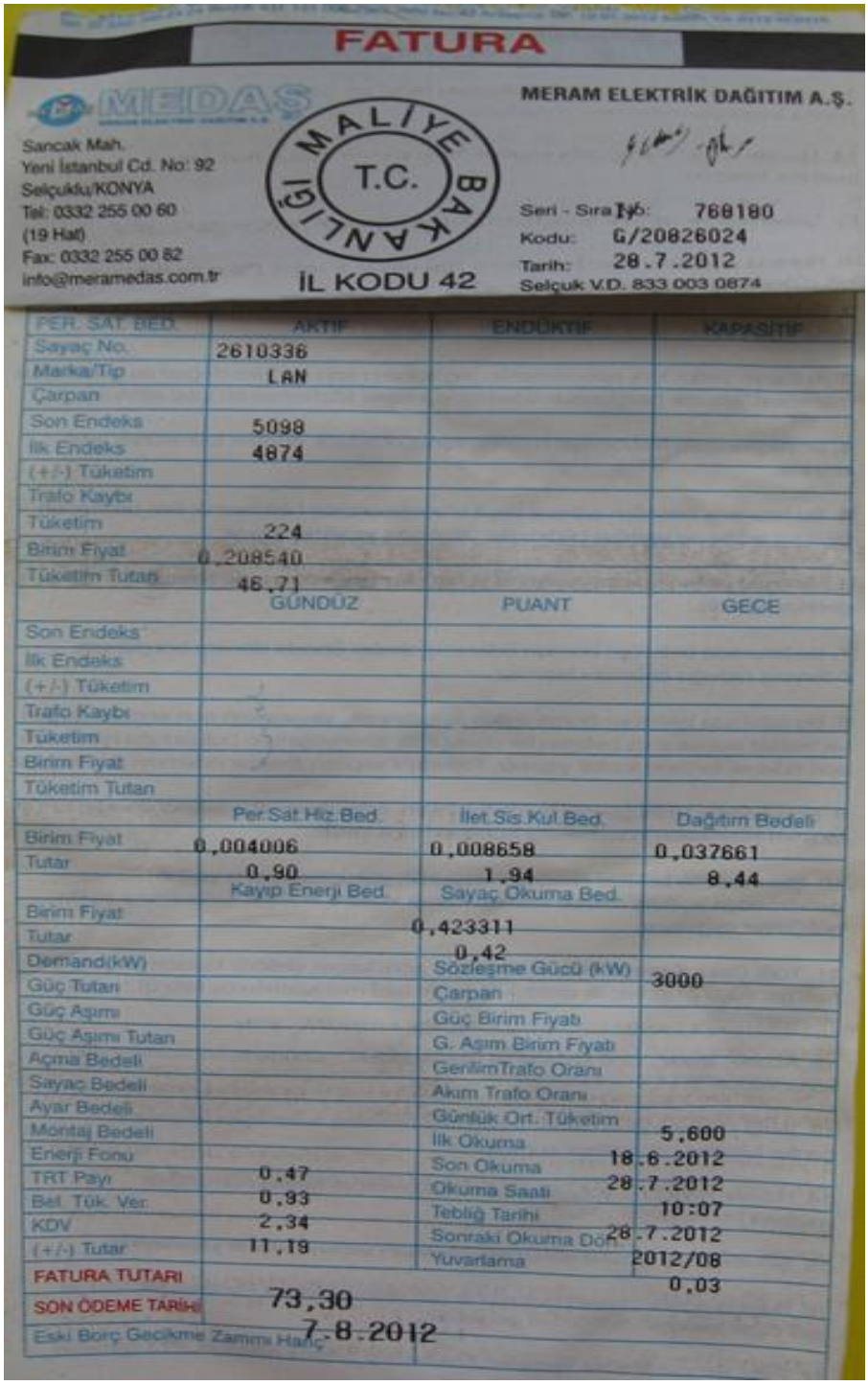
Çizelge 3.5. üzerindeki verileri incelediğimizde, bir daire için günlük ortalama 5 kWh enerjiye ihtiyacımız olduğu görülmektedir. Kuracağımız rüzgar ve güneş enerjisinden elektrik üretimi yapacak hibrit sistemle, rüzgar değerleri uygun olduğunda rüzgar jeneratörü çalışacaktır. Yeterli düzeyde rüzgar gücü olmadığı zamanlarda ise, elektrik üretimimizi güneş enerjisinden faydalanarak gerçekleştireceğiz. Hem yeterli düzeyde güneş ışınımı, hem de rüzgar gücü olmadığı durumlarda, akü üzerinde depolanan enerji ile elektrik ihtiyacı karşılanmaya devam edilecektir.

Çizelge 3.5. Bir dairenin günlük, haftalık ve aylık ortalama elektrik tüketim değerleri

Ürün Adı	**Günlük Ortalama Güç Tüketimi (kWh/24 saat)**	**Haftalık Ortalama Güç Tüketimi (kWh/7 gün)**	**Aylık Ortalama Güç Tüketimi (kWh/1 ay)**
Buzdolabı	0.90 kWh	6.3 kWh	27 kWh
Aydınlatma (3 ampül x 5 saat)	15x30w=0.45 kWh	3.15 kWh	12.6 kWh
Elektrikli Fırın (1 saat x 3 gün)/hafta	1x1100w=1.1 kWh	3.3 kWh(3 gün)	13.2 kWh(12 gün)
Televizyon (4 saat x hergün)	4x100w=0.4 kWh	2.8 kWh	12 kWh
Çamaşır Mak. (2 saat x 2 gün)/hafta	1x0.95 kWh=0.95 kWh	3.8 kWh	15.2 kWh
Bulaşık Mak .(1 saat x hergün)	1x0.85 kWh=0.85 kWh	5.95 kWh	25.5 kWh
Ütü(2 saat/hafta)	-	2x1800w=3.6 kWh	14.4 kWh
Elektrikli Süpürge (3 saat/hafta)	-	3x1200w=3.6 kWh	14.4 kWh
Saç Kurutma Mak. (2 saat/hafta)	-	2x1200w=2.4 kWh	9.6 kWh
Bilgisayar (2 saat/gün)	2x300w=0.6 kWh	4.2 kWh	16.8 kWh
Şofben(3 saat/hafta)	-	3x3000w=9	36 kWh
Elektrikli Mutfak Gereçleri	300w	2.1 kWh	8.4 kWh
Toplam	5 kWh	50.1 kWh	205.1 kWh

Çalışma kapsamında farklı sayıda aile bireylerine sahip olan ve enerji tüketim miktarları farklı olan hanelerin aylık elektrik faturaları incelenmiştir. Gündelik hayattaki gerçek veriler ile bizim varsaydığımız enerji tüketim verileri örtüşmektedir. Aşağıda Şekil 3.13. üzerinde 7 kişilik bir ailenin 40 günlük enerji tüketimi sonucunda ödemesi gereken fatura tutarı gösterilmiştir. Fatura üzerinde ilk endeks ve son endeks arasındaki fark 224 olarak görülmektedir. Dolayısıyla 40 günlük kullanım sonucu 224 kW elektrik tüketimi yapılmıştır. Günlük tüketim miktarı hesaplandığında bu evin günde 5.6 kW elektrik sarfiyatı olduğu görülmektedir. Aylık fatura tutarının vergiler dahil 73.3 TL olduğu görülmektedir.

Bu çalışma sonucunda elde edilecek verilere göre, bizim hesaplamalarda kullandığımız 5 kW günlük elektrik tüketimi olan bir hane için temiz enerji sisteminin kurulması ve bu sistemin maliyeti ile fatura maliyetlerinin karşılaştırılması yapılacaktır.



FATURA

MEDAŞ

MERAM ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.

Sancak Mah.
Yeni İstanbul Cd. No: 92
Selçuklu/KONYA
Tel: 0332 255 00 60
(19 Hat)
Fax: 0332 255 00 82
info@meramedas.com.tr

MALİYE BAKANLIĞI T.C.

İL KODU 42

Seri - Sıra No: 768180
Kodu: G/20826024
Tarih: 28.7.2012
Selçuk V.D. 833 003 0874

PER. SAT. BED.	AKTİF	ENDÜKTİF	KAPASİTİF
Sayaç No.	2610336		
Marka/Tip	LAN		
Çarpan			
Son Endeks	5098		
İlk Endeks	4874		
(+/-) Tüketim			
Trafo Kaybı			
Tüketim	224		
Birim Fiyat	0,208540		
Tüketim Tutarı	46,71		
	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
Son Endeks			
İlk Endeks			
(+/-) Tüketim			
Trafo Kaybı			
Tüketim			
Birim Fiyat			
Tüketim Tutarı			
	Per.Sat.Hiz.Bed.	İlet.Sis.Kul.Bed.	Dağıtım Bedeli
Birim Fiyat	0,004006	0,008658	0,037661
Tutar	0,90	1,94	8,44
	Kayıp Enerji Bed.	Sayaç Okuma Bed.	
Birim Fiyat		0,423311	
Tutar		0,42	
Demand(kW)		Sözleşme Gücü (kW)	3000
Güç Tutarı		Çarpan	
Güç Aşımı		Güç Birim Fiyatı	
Güç Aşımı Tutarı		G. Aşım Birim Fiyatı	
Açma Bedeli		GerilimTrafo Oranı	
Sayaç Bedeli		Akım Trafo Oranı	
Ayar Bedeli		Günlük Ort. Tüketim	
Montaj Bedeli		İlk Okuma	5,600
Enerji Fonu		Son Okuma	18.6.2012
TRT Payı	0,47	Okuma Saati	28.7.2012
Bel. Tük. Ver.	0,93	Tebliğ Tarihi	10:07
KDV	2,34	Sonraki Okuma Dön.	28.7.2012
(+/-) Tutar	11,19	Yuvarlama	2012/08
FATURA TUTARI			0,03
SON ÖDEME TARİHİ	73,30		
Eski Borç Gecikme Zammı Hariç	7.8.2012		

Şekil 3.13. 7 kişilik bir ailenin aylık elektrik tüketimini gösteren fatura

3.4.1. Kurulacak 5kw'lık hibrit bir temiz enerji sistemi için maliyet analizi

Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için kurulacak bir temiz enerjisi sisteminin kurulum maliyeti hesabı bu kısımda incelenecektir. Farklı farklı firmalar tarafından üretilen fotovoltaik malzeme fiyatları değişkenlik gösterdiği için maliyet konusunda çok net ifadeler kullanmak güçtür. Örneğin güneş paneli üreten bir A firması belli özelliklerdeki ürünü x tl ye tüketiciye sunarken, yine A firması ile benzer özelliklere sahip hemen hemen aynı şartlarda diyebileceğimiz bir ürünü B firması 2x tl karşılığında tüketiciye sunabilmektedir. Bu durum göz önüne alındığında kurulacak sistem için kesin sonuç gösteren bir maliyet analizi yapmak zor olmaktadır.

Bu bölümde günlük ortalama elektrik ihtiyacı 5 kW/h olan bir ev için örnek bir hibrit (güneş ve rüzgar) sistem tasarımı yapılarak maliyet hesabı yapılmıştır. Zira kullanılan aylık elektrik tüketim miktarları incelendiğinde orta ölçekli bir ailenin ayda ortalama 5 kW/h civarı elektrik kullanımı olduğu görülmüştür.

3.4.1.1. Sistemin tasarımı

Güneş enerjisinden elektrik üretmek için kurulacak bir sistemde akü grubu, akü şarj regülatörü, evirici ve yardımcı elektronik devreler bulunur. Tabi ki uygulamaya göre bu bileşenler değişiklik gösterebilir. İstenen enerji miktarına göre güneş paneli ve sayısı belirlenir. Güneş olmadığı zamanlarda enerjisiz kalmamak için akü grubu sisteme dahil edilir. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için akü şarj regülatörü kullanılır. Şarj regülatörü akünün durumuna göre, güneş pillerinden gelen akımı keser ya da yükün çektiği akımı keser. Evirici, alternatif akım istenen uygulamalarda panelde elde edilen doğru akım elektriğini alternatif akım elektriğine dönüştürmek için kullanılır (Anonim, 2012-3).

3.4.1.2. Fotovoltaik paneller

Güneş ışınlarını elektrik enerjisine çeviren cihazdır. Verimleri panel tipine göre değişmekle birlikte % 15-20 arasındadır. Laboratuar çalışmaları devam etmekte olup verim değerlerinin yükseltilmesi hedeflenmektedir. Türkiye şartlarında güneşlenme süresi; kışın 5 saat, sonbaharda 7 saat ve yazın 11 saattir. Günlük ortalama yük ihtiyacı 5 kW-saat olan bir ev için ortalama güneşlenme süresinin 6 saat olduğu

kabul edilirse saatlik 1 kW'lık üretim yapan bir güneş paneli sistemi tasarlanması evin enerji ihtiyacını karşılamak için yeterli olacaktır. Paneller, ortam koşullarının elverişli olması durumunda nominal güçlerini üretebilirler. Panel camının kirli olması, güneş ışınlarının geliş açısının dik olmaması, havanın çok sıcak veya çok soğuk olması panel verimini düşürecektir. Bu yüzden hesaplanan güç değerinin biraz yukarısında bir değerde panel kullanmak uygun olacaktır. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda 1 kW değerindeki sistemin bizim için yeterli olacağı görülmektedir. Gerekli güneş paneli gücünün hesaplamasında kullanılabilecek programlar ve web adresleri yaygındır. İhtiyacımız olan enerjiyi karşılamak için 300 W gücünde bir rüzgar türbini ve 6 tane 130 W değerinde panel kullanacağız. İsteğe göre panel gücü daha değişik değerlerde seçilebilir. Tabiî ki bu seçime göre panel sayısı değişecektir. Bu noktada optimum panel gücü ve sayısı hesaplanmalıdır. Bu uygulama için poli kristal silikon hücre tipli Centro Solar firmasının SM520S modeli güneş paneli seçilmiştir. Üretilecek enerji miktarı mevsimlere göre değişecektir. Örneğin yazın güneşlenme süresinin 11 saat olduğu bir yerde bir günde üretilen enerji 11kW-saat olacaktır. İhtiyaçtan fazla enerjinin elde edilmesinde bir sıkıntı yoktur. Bu fazla enerji sulama, çevre aydınlatması gibi alanlarda kullanılabilir. Hatta yasal çerçeveler içersinde elektrik kuruluşuna satılabilir.

3.4.1.3. Rüzgar türbini

Kuracağımız örnek hibrit sistemde güneş panellerinin yanında bir rüzgar türbini de kullanılacaktır. Bu sayede havanın bulutlu olduğu ve güneş enerjisinden faydalanılamadığı zamanlarda rüzgar türbini devreye girerek enerji devamlılığı sağlanmış olacaktır. Kullandığımız 130 W 6 adet güneş panelinden toplamda 780 W enerji alınabildiği göz önüne alınarak, sistemimiz için 300 W gücünde bir rüzgar türbini seçmek uygun olacaktır. Böylece toplamda 1080 W gücünde bir sisteme sahip olmuş olacağız. Böylece rüzgar ve güneş enerjisinden günlük toplamda 5 saatlik bir süre faydalanmamız durumunda 5.4 kW'lık bir enerji ihtiyacını temiz enerji ile karşılamış olacağız.

3.4.1.4. Akü sistemi

Aküler elektrik enerjisinin depolanmasında kullanılır. Güneş olmadığı zamanlarda enerjisiz kalmamak için elektrik enerjisinin depolanması mantıklıdır. Ayrıca güneşsiz günler de olabilmektedir. Bu yüzden enerjinin depolanması oldukça önemlidir. Akü kapasitesinin belirlenmesinde en önemli faktör sistemin güneş göremeyeceği gün sayısını ya da saatini hesaplamaktır. Biz bunu 2 gün olarak kabul edersek; günlük tüketimi 5 kW-saat olan bir ev için 10 kW-saatlik enerjiyi depolayabilecek bir akü grubu gereklidir. Sistem gerilimini 12 V seçersek, 12 V 1120 Ah' lik akü grubu sistemimiz için yeterli olacaktır. Bu akü grubu 12V x 1120Ah =13,44 kW lık enerjiyi depolayabilme özelliğine sahiptir. Akünün çeşidine göre değişmekle birlikte genel olarak akülerin tamamen boşaltılmaması sağlıklıdır. Uygulamada %75 e kadar boşaltıma izin verilmesi uygun olabilir. Küçük kapasiteli akü hücreleri birbirine bağlanarak daha yüksek kapasiteli akü grupları meydana getirilebilir. 8 adet 12 V 140 Ah lık akü hücreleri paralel bağlanarak 12 V 1120 Ah lık akü kapasitesine ulaşılması mümkündür.

3.4.1.5. Akü şarj regülatörü

Güneş panelinden gelen akımı ayarlayarak akünün tam dolmasını veya tamamen boşalmasını engeller. Tüketici için gerekli akım değerine göre sistemde uyumlu çalışabilecek tipte seçilmesi gereklidir. Ayrıca akü şarj regülatörünün, akü gerilimine uyumlu olması gerekmektedir. Şarj regülatöründen direkt doğru akım çıkışı alınabilir. Çoğu regülatörde şarj durumuna ait sayısal bilgileri gösteren ekran bulunmaktadır. Bir çok regülatör üreticisi firma panel gücüne göre seçilmesi gereken regülatörü saptamış ve tablolar halinde kataloglarına koymuşlardır. Bu kataloglar incelendiğinde bizim sistemimiz için gerekli regülatörün, 12 Volt 40 Amperlik regülatör olduğu görülmektedir.

3.4.1.6. Evirici

Evirici, doğru akım enerjisinin alternatif enerjisine çevrilmesine yarayan cihazlardır. Genel olarak tam sinüs çıkışı veren ve vermeyen olmak üzere iki çeşit evirici bulunmaktadır. Hassas yüklerin bulunduğu sistemlerde tam sinüs çıkışı verebilen

eviricilerin kullanılması gereklidir. Evirici gücü, sistemde aynı anda çalışabilecek yüklerin güç değerleri toplanarak elde edilir. 1500 W lık çamaşır makinesi, 100 W lık lamba ve 300 W lık ses sisteminin aynı anda çalışacağını düşünürsek 2000 W lık evirici bizim için yeterlidir. Eviricinin güç değeri yüksek seçilebilir ama maliyeti arttıracağı unutulmamalıdır.

3.4.1.7. Diğer ekipmanlar ve toplam maliyet

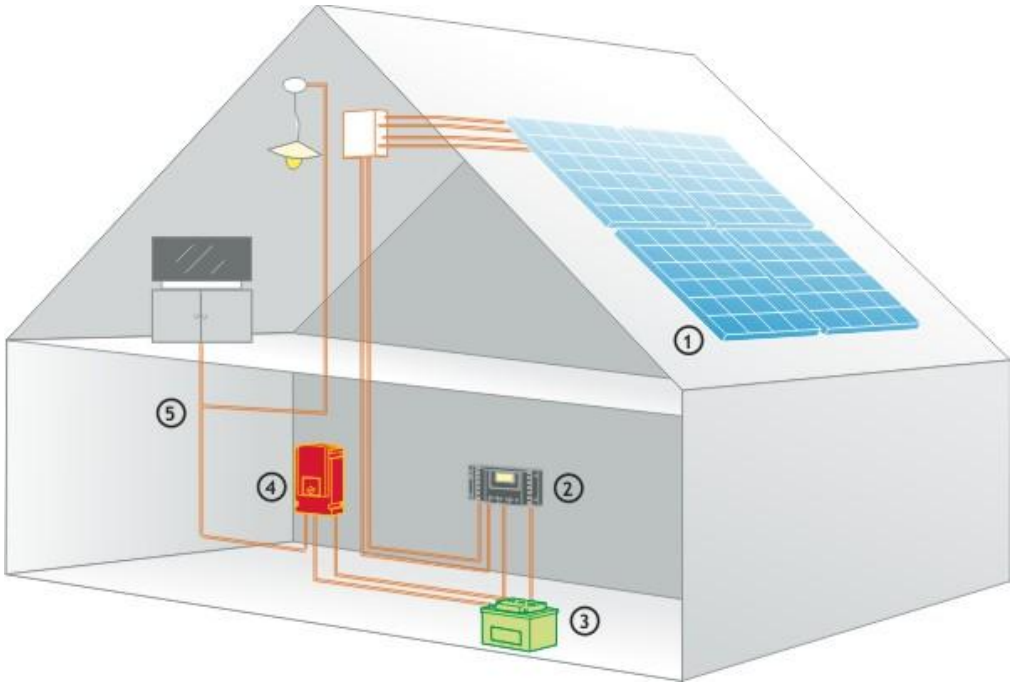
Sistemde kullanılması gereken diğer elemanlar kablolar ve sigortalardır. Ayrıca sistemi izleyebilmek için çeşitli elektronik devreler de kullanılabilir. Sigorta ve kablo seçimi sistemin düzgün çalışabilmesi için son derece önemlidir. Kablo seçiminde gerilim düşümü de dikkate alınmalıdır. Kurulum maliyeti günlük ortalama 5 kW saatlik enerji üretebilen sistem için maliyet hesabı yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.6. üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Kurulacak hibrit sistemde kullanılan ekipmanların maliyetleri

Ürün	Modeli	Adet	Birim Fiyatı	Toplam Fiyat
Güneş Paneli	CentroSolar 130W	6	1650TL	9900 TL
Rüzgar Türbini	Prevent 300W	1	2400TL	2400 TL
Akü	Güneş Pili 12V,140Ah	8	1100TL	8800 TL
Şarj Regülatörü	Phocos CXN 40A	1	320TL	320 TL
İnvertör	Artronic Sinus 2000W	1	4200TL	4200 TL
	Toplam Maliyet			25.420 TL

Bu maliyet hesabına kablo, sigorta ve diğer elektronik devreler dahil edilmemiştir. Ayrıca işçilik masrafları da incelenmemiştir. Genel olarak piyasada güneş enerjisi ekipmanları Dolar ya da Euro para birimiyle satışa sunulmaktadır. Yukarıdaki hesabı, para birimi TL ye çevrilerek yapılmıştır. Görüldüğü gibi 25.420 TL lik bir maliyet ortaya çıkmıştır.

3.5. Hibrit Temiz Enerji Sisteminde Kullanılan Malzemeler



Şekil 3.13. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Yapan Sistem Elemanları

1.Solar Modül: Güneş ışınları, solar modüller tarafından elektrik enerjisine dönüştürülür.

2.Solar Regülatör: Solar modüllerden alınan elektrik enerjisi, sağlıklı stabil şarj sağlayabilmek için solar regülatörler tarafından kontrollü olarak akülere gönderilir.

3. Akü: Solar regülatörlerden gelen şarj akımı akü grubunda depo edilir. Stok enerji sağlanır. Depo edilen stok enerji akülerden direk 12, 24 veya 48 Volt DC olarak direk kullanılabilir.

4.Solar İnvertör: Akülerden alınan DC elektrik enerjisi solar invertörler ile 230 Volt, tam sinüs AC elektrik enerjisine çevrilir. (Anonim,2012)

5. Çıkış: İnvertörlerden çıkan AC 230 Volt enerji elektrik ihtiyacı olan her alanda kullanılır.

Şekil 3.13. üzerinde gösterilen sistemin çalışma yapısı özetle şu şekilde olmaktadır. Atmosferden gelen güneş ışınlarının solar modüller üzerine temas etmesi ile DC elektrik enerjisi üretilir. Üretilen enerji stabil şarj sağlayabilmek için otomatik şarj kontrollü solar regülatörler ile regüle edilir. Solar regülatörlerin regüle ettiği enerji, akü sistemi üzerinde depo edilir. Depo edilen DC elektrik enerjisi otomatik kontrollü,

yüksek demeraj güçlerine dayanıklı, tam sinüs sabit çıkış verebilen solar invertörler ile çevrilerek 230 Volt AC çıkış elde edilir. İnvertör çıkışından alınan enerji, kullanılmak istenen sistemin girişine bağlanır. Kullanılması istenen alanın enerji ihtiyacı belirlenerek, kurulması gereken sistem ekipmanları tespit edilir. Depo edilecek enerji miktarı, günlük enerji ihtiyacının en az 3 katı olarak belirlenir. Güneş ışığının az olduğu, az enerji üretilen, çok yoğun bulutlu, yağışlı, karlı havalarda bile enerji kesintisi yaşamadan, stok enerjinizi sorunsuzca kullanabilirsiniz. Elektrik üretimini gerçekleştiren solar modüllerin ön yüzleri güney yönüne bakacak şekilde yaz veya kış açı ayarına göre monte edilir. Sabah güneşin doğuşu ile başlayan enerji üretimi, akşam güneş tam batana kadar sürekli devam eder. Kullanılan solar regülatörler ile üretilen elektrik enerjisi, kontrollü olarak akü sistemine gönderilir. Solar regülatörler, akü sisteminiz tam dolu ise, üretilen enerjiyi akü sistemine göndermez. Tampon şarj kontrolü ile akü sisteminizin sağlıklı çalışmasını sağlar. Depolanan enerji solar invertörler (çevirici) ile istenen güçte çevrilerek kullanılır. Yüksek demeraj gücüne sahip ve tam sinüs çıkış verebilen solar invertörler ile elektrik enerjisini kullandığınız elektronik cihazlarınız, ani güç tüketimi ile çalışmaya başlayan motorlu ekipmanlarınız, buzdolabınız ve televizyonunuz gibi elektronik tüm eşyalarınız zarar görmeden sorunsuzca çalışır (Anonim 2012).

3.5.1. Güneş paneli

Güneş panelleri güneş ışığını direkt olarak elektriğe çevirirler. PV (Fotovoltaik) hücreler yarı iletken malzemeden üretilmektedirler. Güneş panellerinin yapısında bir yarı iletken olan "silisyum" elementi bulunur. Güneş ışığı bu maddeler tarafından absorbe edildiği zaman, elektronlar bulundukları atomlardan ayrılarak madde içinde serbest kalırlar ve böylece bir elektrik akımı oluşur. Işığın (fotonların) elektriğe (voltaj) dönüşümüne fotovoltaik efekt adı verilmiştir. Paneller, gölgeli havalarda bile önemli miktarda elektrik enerjisi üretebilmektedir. Güneş panelleri çok sayıda güneş hücresinin birbirine paralel veya seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilmesiyle oluşturulur. Kullanılan hücre tipinin yapısına göre polikristal, monokristal ve ince film olmak üzere çeşitli güneş panelleri mevcuttur.

Güneş hücreleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş panellerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise

0,2–0,4 mm arasındadır. Güneş panelleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş panelinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güneş hücreleri belirli voltaj aralıklarında bir araya getirilerek istenilen güçte güneş panelleri oluşturulur (Anonim 2011).

A. Kristaline Paneller

Endüstriyel olarak kullanılan en yaygın panellerdir. Yaklaşık 90 yıl ömürleri vardır. Monokristal ve polikristal olarak vardır.

Mono Kristalin: Kalite ve verimlilik açısından mono kristalin güneş pilleri yüksek verimli mono kristalin hücrelerden oluşmuşlardır. Bu paneller aynı gücü üreten Polikristalin Panellere göre %1-2 daha küçük alana sahiptir. Buna karşın üretiminde kullanılan teknoloji sebebiyle üretim süreci uzun sürmektedir. Yinede mono kristalin güneş pilleri uzun vadeli yatırım için en iyi seçenektir. Güneş pilinin mono kristalin olması demek tüm hücrenin sadece kristalinden oluşması ve materyalin atomal yapısının homojen olması demektir. Doğada bulunan tüm kristalin bileşimler aslında poli kristalindir, sadece elmas neredeyse mükemmel mono kristalin özelliğe sahiptir.

Poli Kristalin: Kalite ve verimlilik açısından poli kristalin güneş pilleri mono kristalin olanlardan biraz daha düşük verimli hücreler ile üretilmiştir. Ancak buna rağmen kullanım alanı daha yaygındır. Bunun en büyük nedeni ise daha kolay ulaşılabilir ve buna bağlı olarak daha uygun fiyatla bulunabilmesidir. Bu nedenle verimlilik/maliyet oranını hayli yüksektir. Poli kristalin demek materyalin mono kristaline göre tek kristalinden oluşmaması, yani materyalin tam olarak homojen olmaması demektir (Anonim 2011).

B. İnce Film Paneller

Işık yutma oranı yüksek olan bu hücreler, düşük verimlilikleri nedeni ile pazar payının küçük bir bölümünü oluştururlar. İnce film fotovoltaik malzeme genellikle çok kristalli malzemelerdir. Başka bir değişle ince film yarı-iletken malzeme, büyüklükleri bir milimetrenin binde birinden milyonda birine değin değişen damarlardan oluşmaktadır. Bu panellerin verimlilik oranları % 7-14 arasında değişmektedir (Anonim 2011).

C. Esnek Panel

Geleneksel güneş panellerine alternatif olarak, özellikle çatı uygulamaları için geliştirilmiş bir teknolojidir. PV kurulumlarının çatıya entegresinin zor olduğu uygulamalarda çatı izolasyonuna zarar vermeden monte edilebilir. Birçok uygulamada enerji üretiminin yanında çatı membranı olarak da kullanılabilir. Kristal ve ince film hücrelerden oluşan güneş paneli çeşitleri mevcuttur. İnce film hücrelerden oluşan panellerin en önemli özelliği esnek olması ve serme tipte uygulanabilmesidir. Herhangi bir kurulum ihtiyacı yoktur. Ayrıca kristal yapılı güneş panellerine göre ağırlık dağılımında avantaj sağlar. Cam içermediği için kırılma tehlikesi yoktur. En büyük özelliği ise taşınabilir olmasıdır (Anonim 2011).

3.5.2. Rüzgar türbini

Rüzgar türbinleri, rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bir rüzgar türbini genel olarak kanatlar, kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri(dişli kutusu) ve elektrik-elektronik elemanlardan oluşur. Rüzgarın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi, aküler vasıtasıyla depolanır veya şebekeye aktarılarak doğrudan alıcılara ulaştırılır.

Kullanımdaki rüzgar türbinleri boyut ve tip olarak çeşitlilik gösterse de, genelde dönme eksenine göre sınıflandırılır.Rüzgar türbinleri dönme eksenine göre "Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri(YERT)" ve "Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri(DERT)" olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Bu tip türbinlerde dönme ekseni, rüzgarın estiği düzleme paralel, kanatlar ise diktir. Ticari türbinler genellikle yatay eksenlidir. Rotor, rüzgarı en iyi alacak şekilde, döner bir tabla üzerine yerleştirilmiştir. Yatay eksenli türbinlerin çoğu, rüzgarı önden alacak şekilde tasarlanır. Rüzgarı arkadan alan türbinlerin kullanımı yaygın değildir. Rüzgarı önden alan türbinlerin olumlu tarafı, kulenin oluşturduğu gölgelemeden etkilenmemeleridir. Olumsuz tarafı ise, türbinin sürekli rüzgara bakması için dümen sisteminin yapılması gerekliliğidir. Yatay eksenli rüzgar türbinleri, tek kanattan

oluşabileceği gibi iki ve daha fazla kanattan da oluşabilir. Günümüzde en çok kullanılan tip üç kanatlı rüzgar türbinleridir. Bu türbinler elektrik üretmek, çok kanatlı türbinler ise daha çok tahıl öğütmek ve su pompalamak amaçlı kullanılırlar.

Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Düşey eksenli rüzgar türbinlerinde türbin mili düşeydir ve rüzgarın geliş yönüne diktir. Savonius tipi, Darrieus tipi gibi çeşitleri vardır. Daha çok deney amaçlı üretilmiş olan bu türbinlerin ticari kullanımı çok azdır. Düşey eksenli türbinlerde jeneratör ve dişli kutusu yere yerleştirildiği için kule masrafı olmaz. Ayrıca bu rüzgar türbinlerinde, türbini rüzgar yönüne çevirmeye ve dolayısıyla dümen sistemine ihtiyaç duyulmaz.

3.5.3. Bataryalar

Bataryalar, güneş ve rüzgar enerjisi kullanılarak üretilen elektriğin depolanmasını sağlar. Güneş veya rüzgar enerjisi ile üretilen elektrik daha sonra kullanılmak üzere bataryalarda depolanır. Bataryalar seri veya paralel bağlanarak istenilen kapasiteye ulaşılabilir ve bu kapasite de istenilen otonomi süresine göre ayarlanır. Farklı kullanım ihtiyaçlarına göre bir çok batarya çeşidi vardır. Güneş ve rüzgar enerji sistemlerinde en avantaj sağlayan bataryalar özel elektrolitler kullanılan tam bakımsız kuru tip bataryalardır. Bu bataryalar uzun deşarjlarda mükemmel performans verir. Yüksek sıcaklık uygulamalarına toleranslıdır. Pozitif plakaları koruyan, dolayısıyla çevrimsel ömrü uzatan bir dizaynı vardır. Paslanmayı önleyen daha kalın plakalara sahip olması da uzun ömür sağlayan bir özelliktir. Düşük iç dirençten dolayı yüksek performans sağlar. Batarya tamamen şarj edilmemiş olsa bile bataryayı tamamen deşarj edebilir.

3.5.4. Şarj regülatörü

Şarj regülatörü, güneş paneli ve rüzgar tribünü ile üretilen gerilim değerini dengelemek ve batarya şarj işlemlerini kontrol etmek için kullanılan ekipmandır. Bir regülatör seçerken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, regülatörün gerekli olan

maksimum akıma dayanıklı olmasıdır. Seçilen regülatörün, kullanılan batarya voltajı ile uyumlu olmasına da dikkat edilmelidir. Dijital şarj kontrol üniteleri bir çok avantajlı özelliğe sahiptir. Isı kontrollü mükemmel bir PWM regülasyon sisteminin yanı sıra, güvenli ve programlanabilir özellikler de kullanıcıya rahatlık sağlamaktadır. Bataryanın şarj durumu, bir gösterge sayesinde net olarak algılanmaktadır. Aynı şekilde batarya ve bataryadan olan enerji akışı da gözlenebilmektedir. Derin deşarj koruması farklı şekillerde programlanabilmektedir.

3.5.5. İnvertör

Günlük hayatımızda pillerde kullandığımız ve depolanabilir akıma doğru akım (DC) denir. Voltaj olarak en yaygın 12 veya 24 Volt'luk sistemler kullanılır. Çamaşır makinesi, buzdolabı, televizyon gibi elektrikli ev aletleri ise depolanması mümkün olmayan alternatif akım (AC) ile çalışır. İnvertörler doğru akımı 220V alternatif akıma çevirmek için kullanılan elektronik cihazlardır. Harici invertörler 12V veya 24V'luk bir batarya deposundan aldıkları doğru akımı 220V alternatif akıma çevirerek her türlü elektrikli cihazı sorunsuz çalıştırırlar. İnvertörlerin çıkış gücüne ve çıkış dalga özelliklerine göre kare dalga, düzeltilmiş sinüs dalga ve tam sinüs dalga olmak üzere çeşitleri mevcuttur. Alternatif enerji sistemleri için en uygun özelliklere sahip ‘tam sinüs invörter' şebeke elektriği ile aynı kalitede hatta çoğu zaman daha yüksek kalitede çıkış verip hiçbir elektrikli aletin çalışmasında sorun çıkarmamaktadır. Bir çok motorlu alet ilk çalışma anında normal güç tüketiminin birkaç katı güç çektiği için kullanılan invertör kısa süreler için bu güçte (Surge Kapasitesi/Anlık Çekim Gücü) çalışma özelliğine sahip olmalıdır. Bu tip invertörler özellikle çok hassas elektronik cihazları (örneğin lazer yazıcı, bilgisayar vb.) çalıştırmak için kullanılabilir

3.6. Yaptığımız Çalışmada Kullandığımız Malzemeler

3.6.1. Güneş paneli

Güneş pilleri (fotovoltaik), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Güneş pillerinin %98'i silisyumdur ve silisyum dünyada bol miktarda bulunmaktadır. Fakat saf halde olmayan Si, genel olarak silisyum dioksit (SiO2, kuvars) halde bulunur ve saflaştırma işlemi oldukça maliyetlidir.

Kurduğumuz sistemde 6 adet Centro Solar marka, SM520S model, 130 w güneş paneli kullandık. Kurduğumuz sistemdeki panellerin görüntüsü Şekil 3.14. , panellerin teknik özellikleri ise Çizelge 3.6. üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Sistemde Kullanılan Güneş Panelleri

Çizelge 3.6 Sistemde kullanılan güneş panelinin teknik özellikleri

Güneş Paneli Teknik Bilgileri	
Maksimum Güç:	130 WP
Günlük Çıkış Değeri:	220 W
Sistem Voltajı:	12 V
Maksimum Güç Voltajı:	17.8 V
Açık Devre Akımı:	21.7 V
Maksimum Güç Akımı:	7.3 A
Kısa Devre Akımı:	8.18 A
Hücre Sayısı:	36
Hücre Boyutu:	156 x 156 mm
Ağırlık:	12.1 kg

3.6.2. Akü

Gelen elektrik enerjisini depolamaya yararlar, otomobillerde kullanılan akülerden farklı oldukları için dikkatli olmakta yarar vardır. En sık kullanılanları üç

tiptir; Kuru (Flooded Lead Acid) , AGM (Absorbed Glass Mat Sealed Lead Acid) ve GEL (Gelled Electrolyte Sealed Lead Acid). Kapasiteleri Watt = Amp saat * Volt olarak ifade edilir. Ömürlerini uzun tutmak için kapasitesi %50'nin altında iken şarj edilmelidir. Verimleri %90 civarındadır. Kurduğumuz sistemde 12 V, 140 Amper saatlik 4 adet jel akü kullandık. Kullandığımız akülere ait görsel Şekil 3.15, akülerin teknik özellikleri ise aşağıdaki Çizelge 3.7. da verilmiştir.



Şekil 3.15. Sistemde kullanılan jel aküler

Çizelge 3.7. Sistemde kullanılan akünün teknik bilgileri

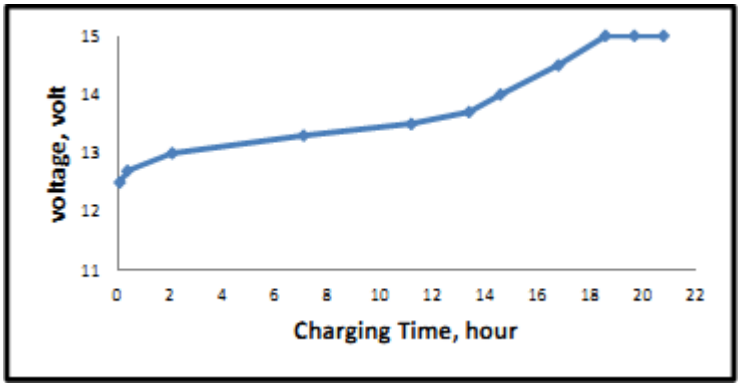
Akü Teknik Bilgileri	
Voltaj:	12 V
Hücre Sayısı:	6
Çalışma Sıcaklığı:	(-15) °C – (+50) °C
Maksimum Şarj Akımı:	35 A
Boyut:	230 x 240 x 500 mm
Ağırlık:	63.2 kg

Sistemde kullanılan 140 Ampersaatlik jel aküleri, 25 °C sıcaklık ve 7.5 Amper akım değerindeki şarj ve deşarj değerleri aşağıda Çizelge 3.8. ve Çizelge 3.9. de, akünün şarj ve deşarj grafikleri de Şekil 3.16. ve Şekil 3.17. üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Akünün şarj değerleri

150 Ampersaatlik Jel Akünün 25 °C Sıcaklık ve 7.5 Amper Akım Altında Şarj Sonuçları						
Voltaj(Volt)	12.5	12.7	13	13.5	14	15
Zaman(Dakika)	0.1	0.2	0.9	11.2	14.6	18.6

Akünün aşağıdaki şarj grafiğinde görüldüğü gibi akü voltaj değeri 18 saatlik bir sürenin sonunda 15 volt maksimum değerine ulaşmaktadır.

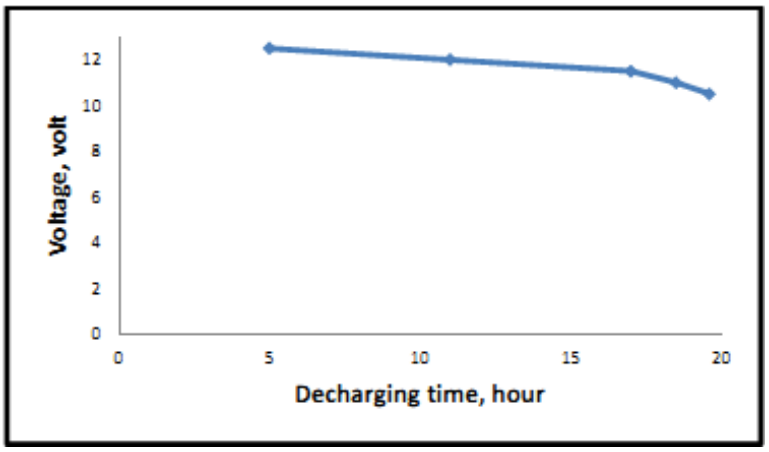


Şekil 3.16. Akünün şarj grafiği

Çizelge 3.9. Akünün deşarj değerleri

150 Ampersaatlik Jel Akünün 25 °C Sıcaklık ve 7.5 Amper Akım Altında Deşarj Sonuçları						
Voltaj(Volt)	12.5	12	11.5	11.3	11	10.5
Zaman(Dakika)	0.2	5	17	17.7	18.5	19.5

Akünün aşağıdaki deşarj grafiğinde görüldüğü gibi akü voltaj değeri 5 saatlik sürenin sonunda değer kaybetmeye başlamaktadır. Akü gerilimi 20 saatlik bir sürenin sonunda 10 volt seviyelerine gerilemektedir.



Şekil 3.17. Akünün deşarj grafiği

3.6.3. İnvertör

Güneş panelleri doğru akım üretirler (DC) oysa evlerde kullandığımız cihazlar alternatif akım (AC) ile çalışırlar, inverterde tam bu işe yarar, doğru akımı alternatif akıma dönüştürür. 12-24 volt olan doğru akımı 220 volt 60 Hz şebeke elektriğine çevirir. Verimleri %93 civarındadır. Kurduğumuz sistemde kullanmış olduğumuz sinus invertör'e ait görsel Şekil 3.18.'te ve invertörün teknik bilgileri aşağıda Çizelge 3.10. da verilmiştir.



Şekil 3.18. Sistemde kullandığımız sinus invertör

Çizelge 3.10. Sistemde kullanılan invertör teknik bilgileri

İnvertör Teknik Bilgileri	
Kapasite:	2000W
Giriş Gerilimi AC:	220V
Giriş Gerilimi DC:	24V
Voltaj Toleransı AC:	160 – 264 V
Voltaj Toleransı DC:	20 – 30 V
Çıkış Gerilimi:	220V
Çıkış Frekansı:	50 Hz
Çıkış Gerilim Toleransı:	(+/-) %10

3.6.4. Şarj kontrol cihazı

Şarj kontrol cihazı akülerin en uygun şartlarda şarj ve deşarj edilmesini sağlayan, akülerin üzerindeki enerji akışını düzenleyen, akü voltajının belli bir değerin altına düşmesi durumunda akü ve yük sistemine zarar gelmemesi için yük bağlantısının otomatik olarak kesilmesini, voltajın yükselmesi durumunda otomatik olarak güç vermeye başlaması gibi özellikleri kullanıcı tarafından tanımlanabilen, kısacası adeta sistemin beyni gibi çalışan cihazdır. Bizim sistemimizde kullanmış olduğumuz Phocos markasının CXN 40 modeli şarj regülatörü ile ilgili görsel aşağıda Şekil 3.19. da gösterilmiş ve şarj kontrol cihazının teknik özellikleri aşağıda Çizelge 3.11. üzerinde verilmiştir.



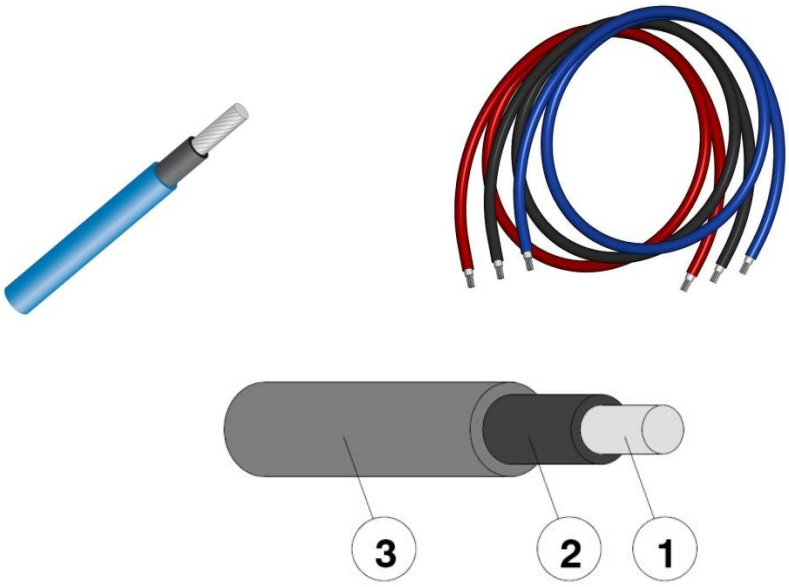
Şekil 3.19. Sistemimizde kullandığımız şarj regülatörü

Çizelge 3.11. Şarj kontrol cihazı teknik özellikleri

Teknik Özellikler	
Sistem Gerilimi:	12 / 24V Otomatik Tanıma
Maksimum Şarj Akımı:	40A
Ana Şarj:	14.4/28.8 V (25 °C)
Çalışma Sıcaklığı:	(-20) – (+50) °C
Boyut:	92 x 93 x 38mm
Ağırlık:	179g
Güvenlik Sınıfı:	IP22

3.6.5. Solar kablolar

Solar kablolardaki özel elektron şua dokulu izolasyon ve kılıf; aşırı sıcağa ve soğuğa, yağa, sürtünmeye, ozona, UV ışığına ve kötü hava şartlarına karşı dayanıklıdır. Yangına karşı daha iyi korumalıdır. Halojen içermez, yanmaz; çok esnek, izolasyonu kolay açılır, az yer kaplar, mekanik dayanıklı ve uzun ömürlüdür. Solar kabloların yapısı Şekil 3.20. de görülmektedir.



Şekil 3.20. Solar kablo yapısı (1. Tel Doku Hat: Kalaylanmış Bakır 2. İzolasyon 3. Kılıf)

Fotovoltaik sistemlerde kullanılan solar kablolar bina içinde veya dışında yüksek mekanik yıpranmalara karşı ve ağır hava şartları olan bölgeler için özel tasarlanmıştır. Proje kapsamında kullanmış olduğumuz solar kablonun teknik özellikleri Çizelge 3.12. üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. Proje kapsamında kullandığımız solar kablonun teknik özellikleri

Kablo Verileri	
Nominal Voltaj:	1000V DC veya 600/1000V AC
Kontrol AC Voltaj:	3500V AC (50Hz 1 dk..)
İşlem Çevre Isısı:	- 40° C ... + 125° C
Min. İşlem Isısı:	- 25° C
Min. Bükme Yarıçapı:	3 x Kablo Çapı (Sabit) 5 x Kablo Çapı (Esnek)
Kısa Devrede Maks. Tel Hat Isısı:	+ 280° C

3.6.6. Rüzgar türbini

Sistemde kullandığımız rüzgar türbini Almanya merkezli üretim yapan Prevent firmasına ait Black 300 cihazıdır. 24 V, 300 W güç çıkışı veren türbin, 1,22m rotor çapı ve yeni nesil karbon-fiber optik yapı kanatları sayesinde 0,8 m/sn rüzgar hızında çalışmaya ve 1,8 m/sn rüzgar hızında aküleri şarj etmeye başlar. Türbin çıkışı 3 faz olduğu için kablo kayıplarını en aza indirger.

Akülerin full şarj olmasında jeneratör otomatik frenlenir ve yıpranması önlenir ve uzun ömürlü olması sağlanır. Harici şarj regülatöre ihtiyaç duymadan hibrit sistem olarak maks. 100 Wp panel bağlanılabilir. Rüzgar kanatları özel tasarım sayesinde gürültü kirliliği en az seviyededir. Elektrik üretim sisteminde kullanmış olduğumuz rüzgar türbinine ait görüntü Şekil 3.21. üzerinde gösterilmiştir.



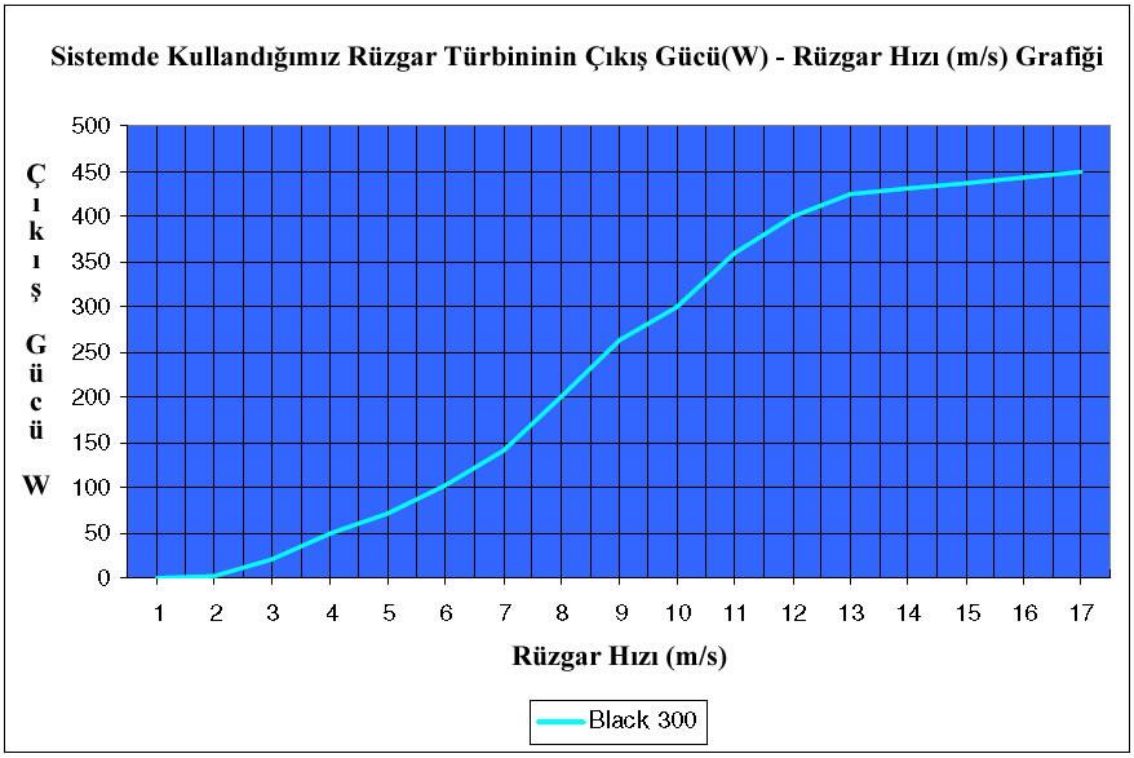
Şekil 3.21. Temiz enerji sisteminde kullandığımız rüzgar türbini

Sistemde kullanmış olduğumuz rüzgar türbini 16 kg ağırlıkta 1.22 metre rotor çaplı 3 kanatlı bir yapıya sahiptir. Türbinin çalışmaya başlaması için 0.8 m/s hız yeterli olurken, bataryaları 1.8 m/s hızda şarj etmeye başlamaktadır. Türbine ait diğer teknik detaylar aşağıda Çizelge 3.13. üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. Sistemde kullandığımız rüzgar türbini teknik özellikleri

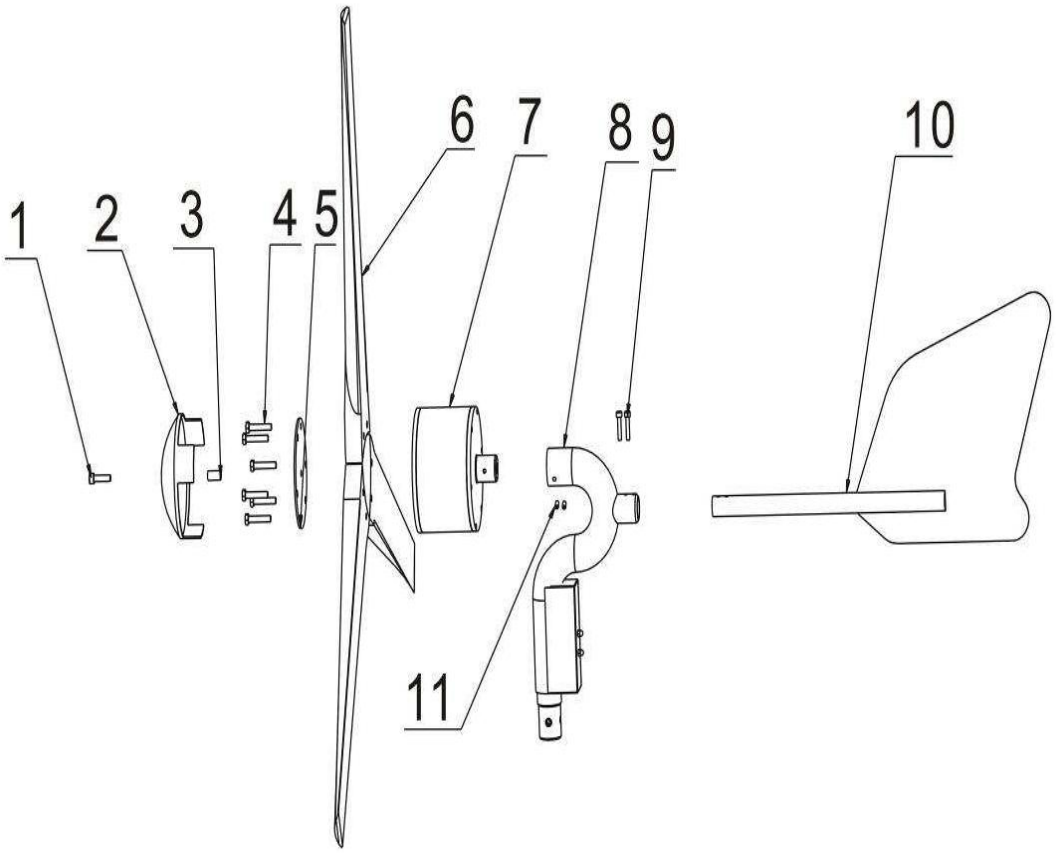
Rüzgar Türbini Teknik Özellikleri	
Kanat Sayısı	3
Rotor Çapı	1,22 m
Net Ağırlık	16.00 kg
Hız Kontrolü	Akü şarj bazlı hız kontölü
Fazla Hız Koruma	Maksimum rotasyon erşiminde jeneratör elektronik frenlenir ve yıpranması önlenir
Sistem Voltajı	DC 24V
Nominal Güç	343 W 9.36m/sn
Maks. Güç	300 W 24 V
Start Rüzgar Hızı	0.8 m/s
Şarj Rüzgar Hızı	1.8 m/s
Nominal Rüzgar Hızı	9.36 m/s
Rüzgara Dayanma Hızı	60 m/s

Tez çalışmamızda kullanmış olduğumuz rüzgar türbininin farklı rüzgar hızları altındaki güç çıkışları aşağıdaki Şekil 3.22. üzerinde gösterilmiştir. Rüzgar türbini 4 m/s rüzgar hızında 50 watt güç çıkışı verirken, bu değer 12-17 m/s rüzgar hızı altında 400-450 watt değerine kadar ulaşabilmektedir.



Şekil 3.22. Rüzgar türbini hız(m/s) – güç(w) grafiği

Sistemde kullanmış olduğumuz rüzgar türbinini oluşturan teknik parçalar ve isimleri aşağıda Şekil 3.23. ve Çizelge 3.14. üzerinde gösterilmiştir. Rüzgar türbini temel olarak pervane, rotor ve jeneratör olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 3.23. Rüzgar türbinini oluşturan teknik parçalar

Çizelge 3.14. Sistemde kullandığımız rüzgar türbini teknik özellikleri

Numara	Parçanın İsmi	Adet	Bağlı Olduğu Bölüm
1	Pervane Vidaları	1	Pervane
2	Pervane Kapağı	1	
3	Kanca	1	
4	Vidalar	6	Rotor(Şaft)
5	Arka Plaka	1	
6	Kanatlar	3	
7	Jeneratör	1	Jeneratör(Üreteç)
8	Jeneratör Tutucu	1	
9	Vida	2	
10	Kuyruk	1	
11	Ayar Vidaları	2	

3.6.7. Rüzgar türbini şarj kontrol cihazı

Sistemimizde kullanmış olduğumuz VWG2008 modeli hibrit şarj denetleyicisi 24V, 600w gücünde akıllı bir denetleyicidir. Hassas bir bilgisayar kontrolü sağlamak için gerekli tüm giriş ve çıkışlara portlarına sahiptir. Rüzgar türbininden gelebilecek 500w ve güneş panelinden gelebilecek 100w'lık enerji değerini birlikte destekleyebilmektedir.

Ölçüm sisteminde kullanmış olduğumuz hibrit şarj kontrol cihazına ait görüntü aşağıdaki Şekil 3.24. üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Rüzgar türbini verilerini kontrol eden şarj kontrol cihazı

Kullandığımız bu 24 volt şarj kontrol cihazı üzerinden doğrudan alternatif akım(AC) çıkışı olduğu gibi, alternatif akım doğru akıma dönüştürülerek aküler üzerinde de depolanabilmektedir. Rüzgar türbininden gelecek olası bir aşırı yüklenme durumunda, kontrolör otomatik durdurma özelliğini devreye sokmaktadır. Cihaz üzerinde bulunan LCD ekran sayesinde anlık olarak veriler izlenebilmekte ve gerekli ayarlar yine bu ekrandan yapılabilmektedir. Rüzgar türbininden gelen verileri kontrol etmek için kullandığımız şarj kontrol cihazına teknik detaylar aşağıda Çizelge 3.15. üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. Rüzgar türbini şarj regülatörü teknik özellikleri

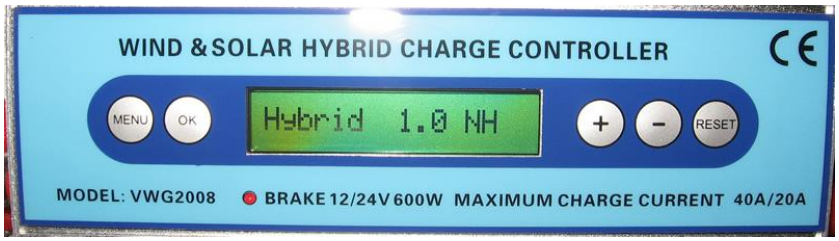
Özellikler	**Model: VWG2008, 24V**
Sistem Gücü	600 W
Maksimum Rüzgar Giriş Gücü	500 W
Maksimum PV Giriş Gücü	100 W
Akü Voltajı	24 V
Aşırı Gerilim Koruması	35 V
Batarya Aşırı Şarj Koruması	38.64 V
Çıkış Akımı	20 A
Koruma Tipleri	1.Şarj korumasu
	2.Deşarj koruması
	3.Polarite ters bağlantı koruması
	4.Kısa devre koruması
	5.Şimşek ve aydınlatma koruması
Çalışma Sıcaklığı	-10 C / 50 C
Ağırlık	1.2 kg

Kullanmış olduğumuz şarj kontrol cihazı üzerinden rüzgar enerjisine ait anlık verileri takip edebilmekte ve rüzgar türbini ile ilgili ayarlamaları yapabilmekteyiz. Aşağıda Şekil 3.25. üzerinde cihazın ekranı ve ayar düğmeleri gözükmektedir. Bunlardan "MENU" düğmesi çeşitli ayarlamaları yapmak için farklı arabirimleri açmakta, "OK" tuşu ile yapılan ayarlamalar kaydedilmekte, "+,-" tuşlarıyla ekrandaki sayısal ifadeler değiştirilmekte ve "RESET" düğmesiyle sonradan yapılan ayarlar sıfırlanabilmektedir.



Şekil 3.25. Rüzgar türbini verilerini kontrol eden şarj kontrol cihazı arayüzü

Bu kısımda ekran görüntüleriyle şarj kontrol cihazı ara yüzünün tanıtımını yapacağız. Aşağıda Şekil 3.26. üzerinde şarj kontrol cihazının modeli gösterilmiştir. VWG2008 modeli cihaz hibrit desteği olan 1.0 sürümüdür.



Şekil 3.26. Şarj kontrol cihazı modeli

Rüzgar türbininden gelen enerjinin anlık gerilim ve akım değerleri Şekil 3.27. deki cihaz ara yüzünden görülebilmektedir.



Şekil 3.27. Şarj kontrol cihazı anlık gerilim ve akım değerleri

Bataryaların hangi voltaj değerine ulaştığı anda şarj etme işleminin durdurulacağının ayarlaması Şekil 3.28. üzerinde gösterilmiştir. Bataryaların gerilim değeri belli bir limite ulaştığında şarj işleminin kesilmesi ve ilgili voltaj değeri bu kısımdan ayarlanabilmektedir.



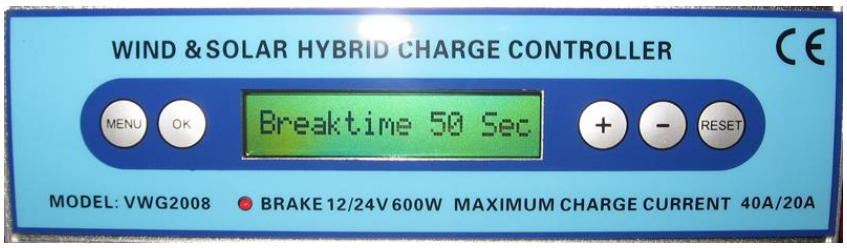
Şekil 3.28. Şarj kontrol cihazı anlık gerilim ve akım değerleri

Yine şarj kontrol cihazı ara yüzünden rüzgar türbininden gelen anlık enerji üretim değeri görülebilmektedir. Şekil 3.29. üzerinde o anda 53.92 Watt değerinde üretim yapıldığı görülmektedir.



Şekil 3.28. Şarj kontrol cihazı üretilen anlık güç değeri

Akülerin dolu olması ya da aşırı rüzgarın çok yüksek şiddette olması gibi durumlarda rüzgar türbini şarj kontrol cihazı tarafından iletilen talimatla frenlenebilmektedir. Şekil 3.29. üzerinde rüzgar türbininin frenleme süresi 50 saniye olarak görülmektedir. Frenlenen rüzgar türbini bu sürenin sonunda yeniden çalışmaya başlayacaktır.



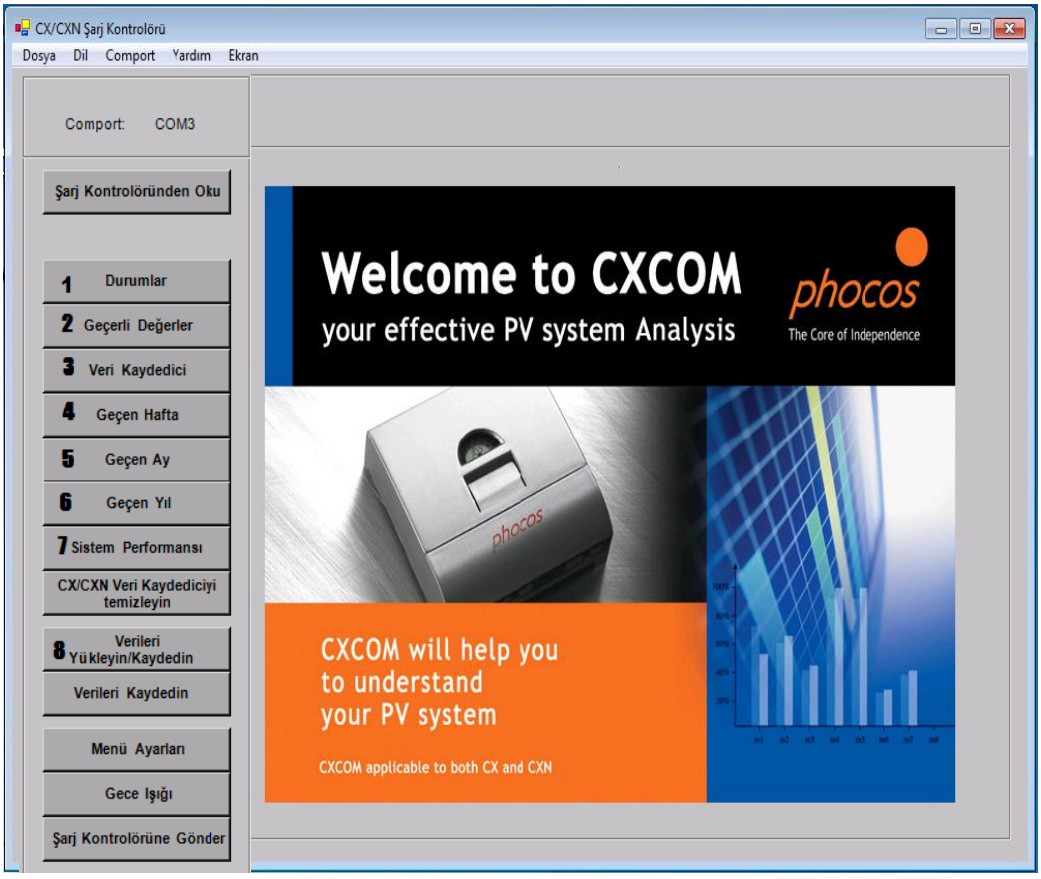
Şekil 3.29. Rüzgar türbini frenleme süresi

3.7. Çalışmada Kullandığımız Yazılım

Kurduğumuz sistemde Phocos firmasına ait programlanabilir şarj regülatörü yazılımını kullandık. Sisteme entegre ettiğimiz ve 24 saat çalışan bir server bilgisayar üzerine kurduğumuz bu program sayesinde, güneş paneli üzerinden gelen veriler sisteme düzenli olarak kaydedildi. 24 saat kesintisiz çalışan bu bilgisayar üzerinde günlük, haftalık ve aylık veriler depolandı. Kurduğumuz veri kayıt merkezinin resmi aşağıda Şekil 3.30. de görülmektedir.

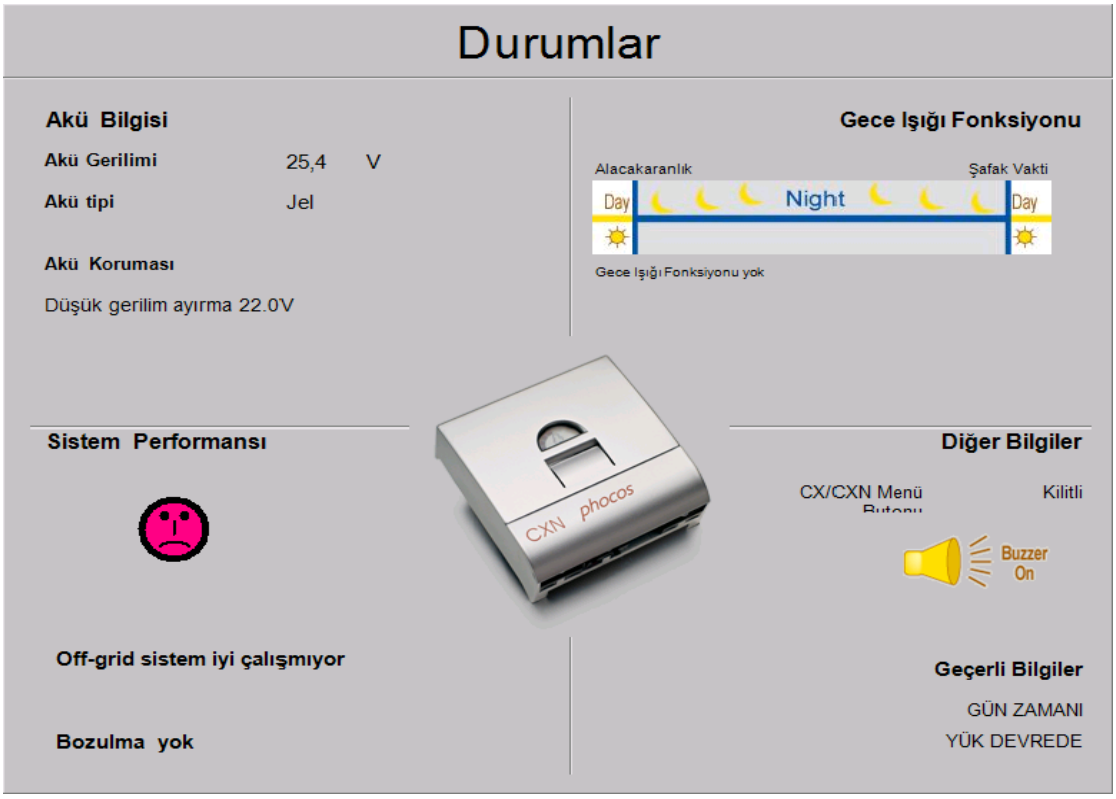


Şekil 3.30. Güneş paneli veri kayıt merkezi



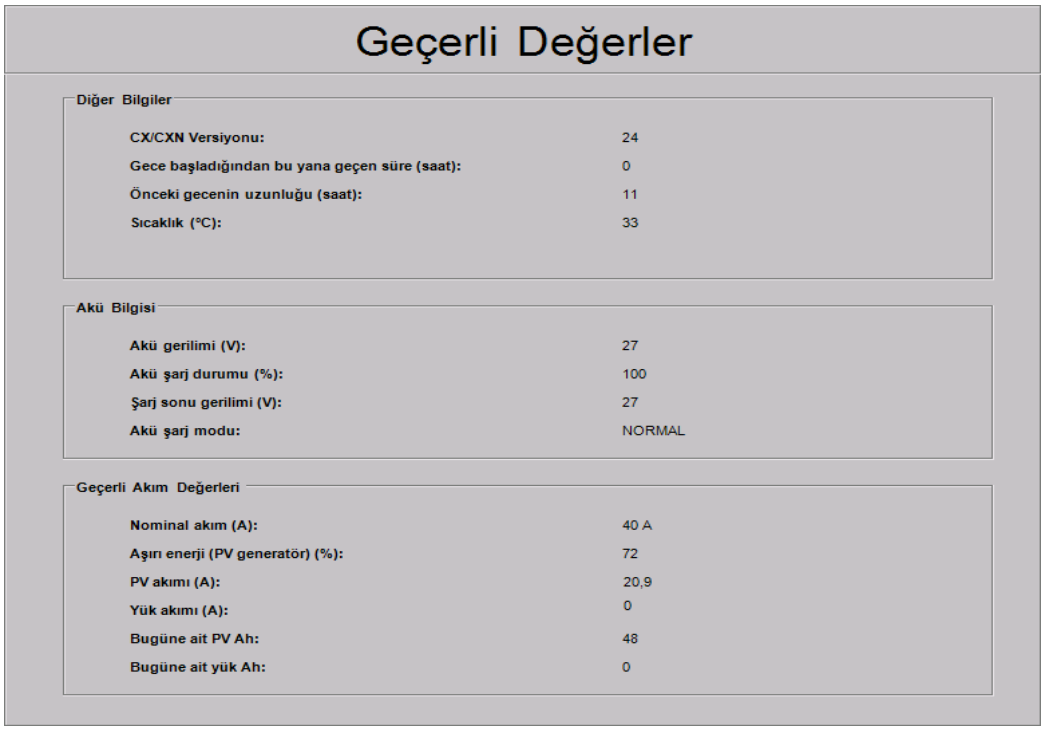
Şekil 3.31. Güneş panelinden gelen verilerin kontrol edildiği program ara yüzü

Veri kaydı takibi için kullandığımız program ara yüzü yukarıda Şekil 3.31. da gösterilmiştir. Program ara yüzünde 1 numara ile gösterilen “Durumlar” bölümünden sistemde kullanılan akünün tipi, akünün gerilim değeri, sistemin anlık performans durumu, sistemin gece ay ışığını kullanarak veri kaydı yapabilmesini sağlayan “gece ışığı fonksiyonu” hakkında bilgi gibi bilgilere ulaşabiliyoruz. Durumlar menüsünün ekran görüntüsü aşağıda Şekil 3.32. de gösterilmiştir.



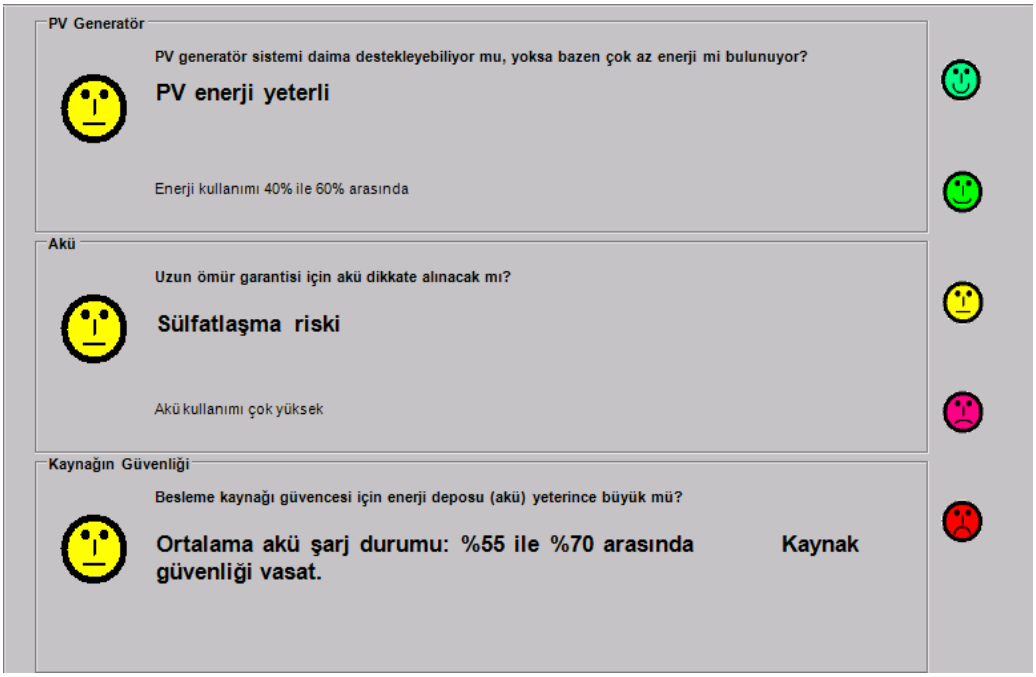
Şekil 3.32. Durumlar menüsü ekran görünümü

Program ara yüzünde 2 numara ile gösterilen “Geçerli Değerler” menüsünden bir önceki gecenin uzunluğu yani sistemin pasif kaldığı süre saat türünden görülebilmekte, geçerli akım değerleri kısmından nominal akım, PV akımı, günlük PV ampersaat değerleri takip edilebilmektedir. Geçerli Değerler menüsünün ekran görüntüsü Şekil 3.33. de gösterilmiştir.



Şekil 3.33. Geçerli değerler menüsü ekran görüntüsü

Program ara yüzünde 7 numara ile gösterilen "Sistem Performansı" menüsünden PV generatörün sistemi daima sistemi daima destekleyip destekleyemediği, akünün kullanım durumuna göre sülfatlaşma riskinin bulunup bulunmadığı, besleme kaynağı güvencesi için akünün ortalama şarj durumu bilgilerini görebiliyoruz. Sistem performansı menüsünün ekran görüntüsü Şekil 3.34. üzerinde gösterilmiştir.

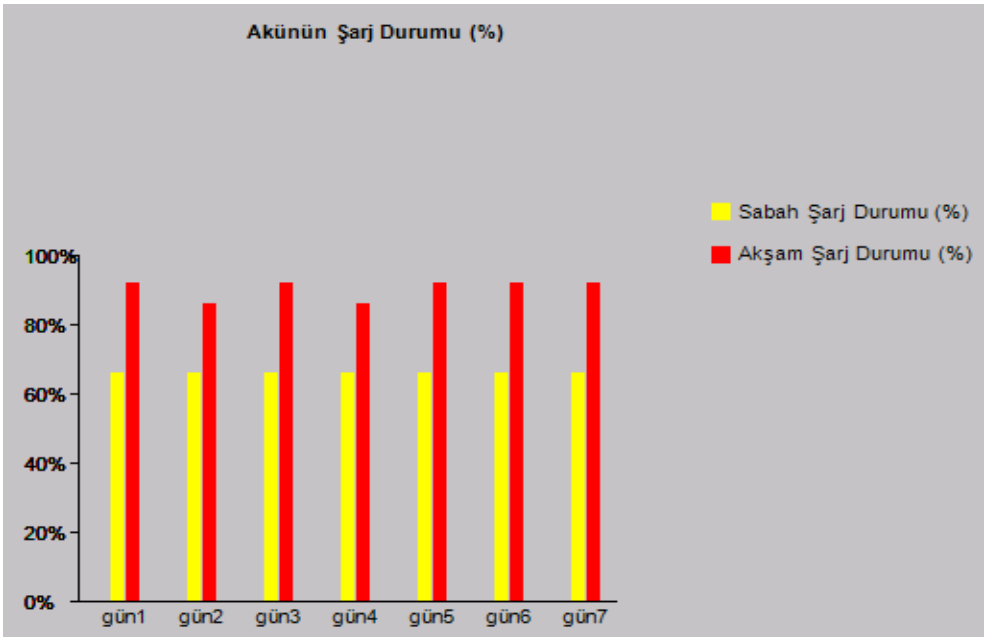


Şekil 3.34. Sistem performansı menüsü ekran görüntüsü

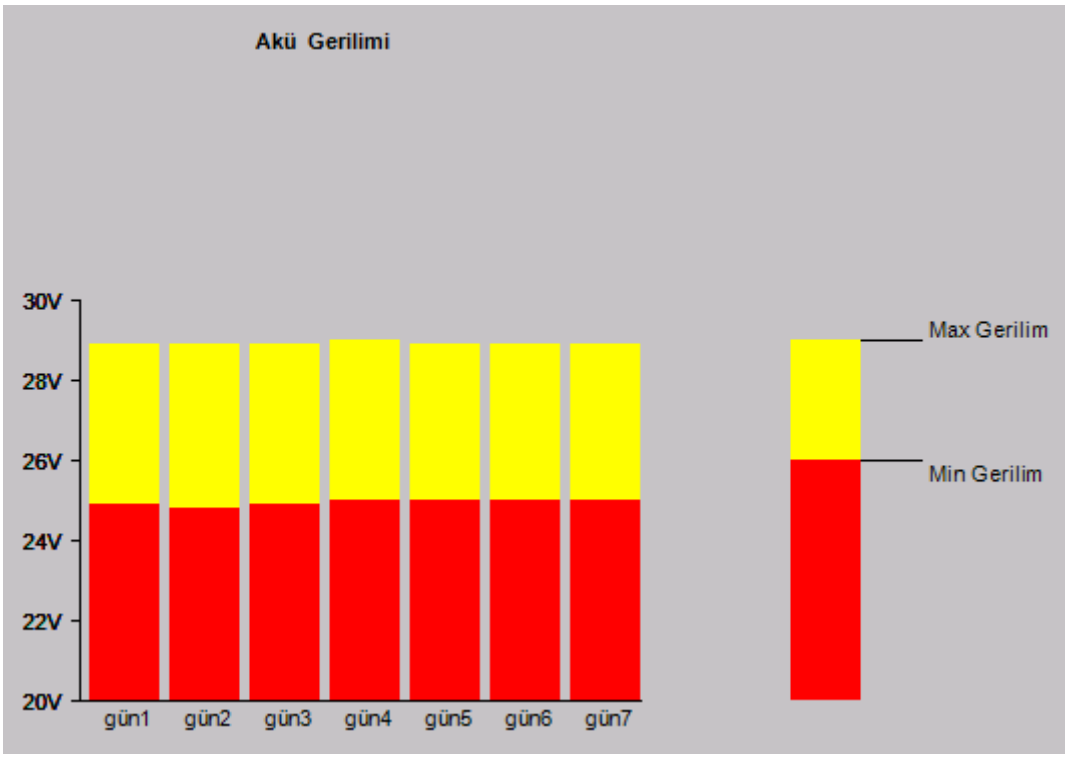
Program ara yüzünde 4 numara ile gösterilen “Geçen Hafta” menüsü üzerinde haftanın 7 gününe ait maksimum ve minimum akü gerilimleri, sabah ve akşam saatlerindeki akü şarj yüzdeleri, kullanılan PV ampersaat, maksimum PV akımı gibi bilgiler görülebilmektedir. Ayrıca haftalık kayıt datalarına; akü şarj durumu, gerilim ve ampersaat diyagramı halinde de ulaşılabilmektedir. Geçen hafta menüsü ekran görüntüsü Şekil 3.35., sabah ve akşam saatlerinde akü şarj yüzdeleri Şekil 3.36., günlere göre maksimum ve minimum akü gerilimleri Şekil 3.37., günlere göre akım değerleri Şekil 3.38. da gösterilmiştir.

Gün 1 en sonuncudur	Gün 1	Gün 2	Gün 3	Gün 4	Gün 5	Gün 6	Gün 7
Max Akü Gerilimi	28,9	28,9	28,9	29	28,9	28,9	28,9
Min Akü Gerilimi	24,9	24,8	24,9	25	25	25	25
Sabah Akü Şarj Durumu (%)	66	66	66	66	66	66	66
Akşam Akü Şarj Durumu (%)	92	86	92	86	92	92	92
Kullanılan PV Ampersaat	72	75	64	67	75	67	64
Yük Ampersaat	0	0	0	0	0	0	0
PV Aşırı Ampersaat	83	45	96	99	85	99	104
Max PV akımı (A)	21,9	25	22,5	23,8	22,5	22,5	23,8
Max yük akımı (A)	0	0	0	0	0	0	0
Tamamen Şarj Olmuş Akü							

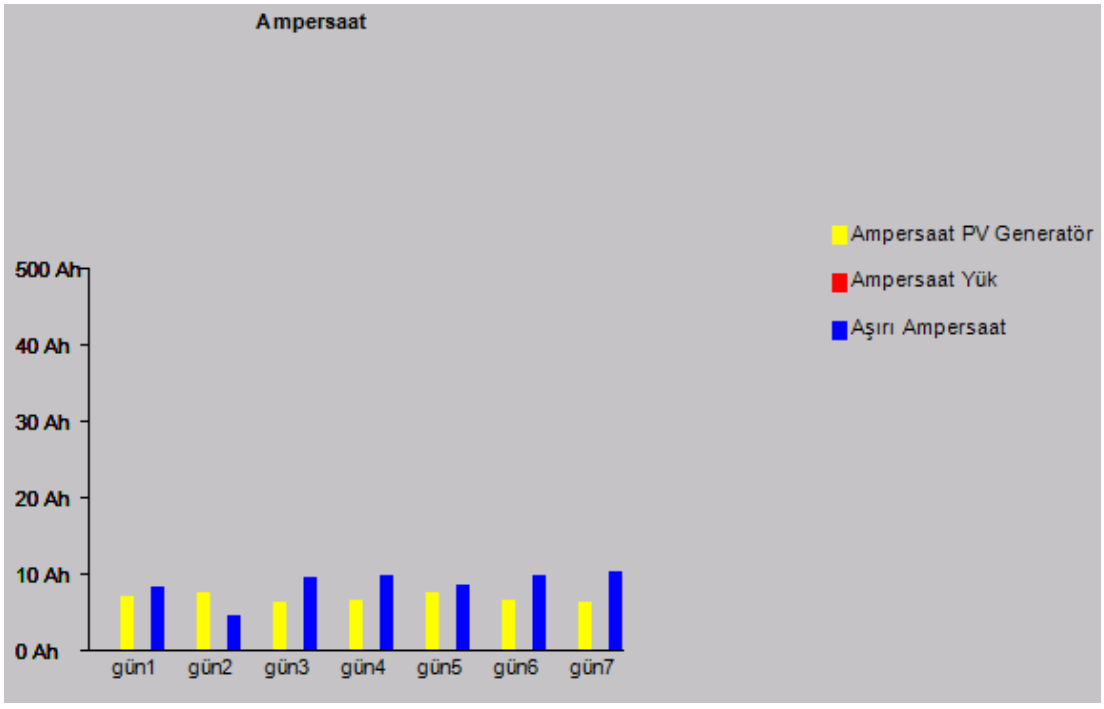
Şekil 3.35. Geçen hafta menüsü ekran görüntüsü



Şekil 3.36. Sabah ve akşam saatlerinde akü şarj yüzdeleri



Şekil 3.37. Günlere göre maksimum ve minimum akü gerilimleri



Şekil 3.38. Günlere göre akım değerleri

Yine aynı şekilde akülerde biriken ve sistem tarafından kullanılan enerji verileri “Geçen Ay” ve “Geçen Yıl” menüleri altında geçen hafta menüsünde 4 haftalık ve geçen yıl menüsünde 6 aylık zaman dilimleri halinde kaydedilmektedir. Geçen ay menüsüne ait ekran kaydı aşağıda Şekil 3.39. de gösterilmiştir.

Hafta 1 en sonuncudur	Hafta 1	Hafta 2	Hafta 3	Hafta 4
Max Akü Gerilimi	29,1	28,9	28,6	28,9
Min Akü Gerilimi	25,4	24,8	24,9	25
Sabah Akü Şarj Durumu (%)	79	59	66	66
Akşam Akü Şarj Durumu (%)	92	86	86	86
Kullanılan PV Ampersaat	24	72	67	61
Yük Ampersaat	0	0	0	0
PV Aşırı Ampersaat	115	77	69	96
Max PV akımı (A)	23,8	23,8	23,1	23,1
Max yük akımı (A)	0	0	0	0
Tamamen Şarj Olmuş Akü				

Şekil 3.39. Bir aylık verilerin haftalık dilimler halinde gösterildiği ekran kaydı

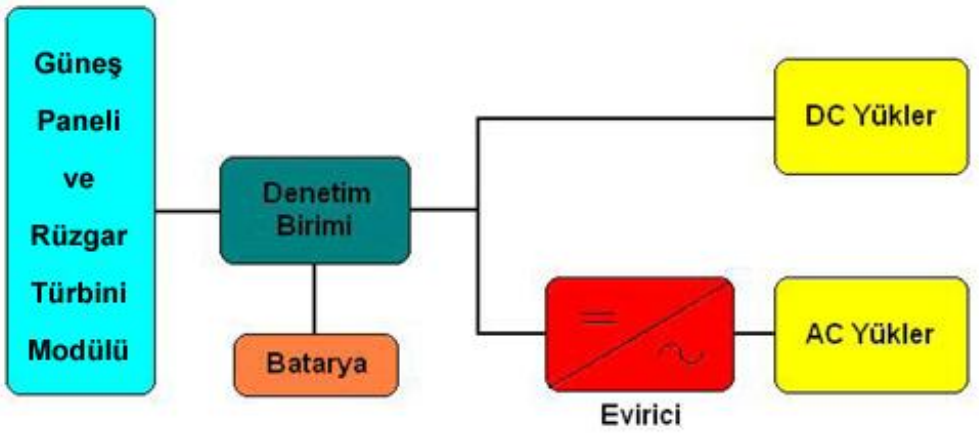
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde öncelikle güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik üretiminin nasıl yapıldığına konusuna temel anlamda değinelim.

Güneş ışığı foton adı verilen küçük enerji paketlerinden oluşur. Her dakika güneşten gelen fotonlar dünyanın bir yıllık enerji tüketimine yetecek kadar enerjiyi dünyaya ulaştırırlar. Güneşten gelen bu enerjiyi kullanarak elektrik üretme amacı ile güneş panelleri, başka bir deyişle fotovoltaik paneller kullanılır. Fotovoltaik paneller , birçok solar hücreden oluşur. Bu hücreler silikon adı verilen elementlerden yapılmaktadır. Her bir hücre, aynen pillerde de olduğu gibi, elektrik akımı üretmek için bir pozitif ve bir negatif katmandan oluşur. Güneşten gelen fotonlar güneş panelinin üzerinde bulunan bahsettiğimiz bu hücreler tarafından emildiklerinde, açığa çıkan enerji elektronların özgürce hareket etmelerine yol açar. Elektronlar panelin alt kısmına doğru yol alır ve bağlantı kablosundan dışarı çıkarlar. Böylece elektronların bu akışı ile elektrik üretilmiş olur.

Rüzgar enerjisi ise havanın içinde bulunan parçacıkların hızla yer değiştirmesiyle oluşan hava hareketiyle ortaya çıkmaktadır. Rüzgar türbinleri havanın bu hareketinden faydalanarak enerji elde etmeye yarayan araçlardır. Rüzgar türbinleri, rüzgarda yer alan kinetik enerjinin önce mekanik enerjiye dönüştürülmesini ve bunun ardından ise elektrik enerjisine çevrilerek elektrik üretimi elde edilmesini sağlayan sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir rüzgar türbini pervane kanatları, şaft ve jeneratör olmak üzere 3 temel kısımdan oluşur. Elektrik enerjisini elde etme aşaması ilk olarak pervanelerden başlar. Rüzgarın pervaneleri döndürmesi ile rüzgar enerjisinden kinetik enerji üretilir. Pervaneler dönmeye başladığı andan itibaren pervanalere sahip olan şaft da dönmektedir. Şaftın dönmeye başlaması ile motor içerisinde hareketlenme meydana gelir ve motor çıkışında elektrik enerjisi elde edilmiş olur. Elektrik üretimi, elektromanyetik indüksiyon işlemi ile sağlanmaktadır. Jeneratörler içerisinde yer alan mıknatısların orta kısımlarında ince tel ile sarılmış bölümler bulunmaktadır. Pervanelerin şaftı döndürdüğü anda motor içerisinde bulunan ince telli sarım bölgesi, çevresinde yer alan mıknatısların ortasında dönmeye başlamaktadır. Böylece alternatif akım ortaya çıkmaktadır ve elektrik üretimi gerçekleşmektedir.

Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi çatısına kurduğumuz sistem, güneş ışığını fotovoltaik paneller üzerinden alarak, aldığı enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmekte ve elektrik üretimi yapmaktadır. Sistemimiz test aşamasından sonra tam verimli olarak çalışmaya 1 Eylül 2011 tarihi itibariyle başlamıştır. Kurmuş olduğumuz bu düzeneğin çalışma prensibi görsel olarak aşağıdaki Şekil 4.1. üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Kurulan Sistemin Çalışma Prensibi

Şekil 4.1.'de Güneş Paneli ve Rüzgar Türbini Modülü olarak isimlendirilen kısımda her biri 130 W gücünde toplamda 780 W değerinde 6 adet güneş paneli ve 300w gücünde bir rüzgar türbini bulunmaktadır. Güneş panelleri ve rüzgar türbini üzerinden gelen enerji şekilde Denetim Birimi olarak isimlendirilen şarj kontrol ünitesi üzerinden Bataryalara aktarılmakta ve burada depolanmaktadır. Batarya üzerinde doğru akım halinde depoladığımız enerji, şekil üzerindeki Eviriciden geçerek alternatif akıma dönüştürülmekte ve elde edilen bu elektrik enerjisi fakültedeki bir akademisyen odasında kullanılmaktadır. Yine Şekil 4.1. üzerinde DC Yükler ve AC Yükler ifadeleri kullanılmıştır. Bu ifadelerden DC Yükler; doğru akım, AC Yükler; alternatif akım kullanan elektronik cihazları temsil etmektedir. Bataryalar üzerinde depolanan enerji doğru akımdır(DC). Doğru akım ile çalışan elektronik cihazlar, batarya üzerindeki elektrik akımını denetim birimi kontrolünde doğrudan kullanırken, alternatif akım ile çalışan cihazlar için batarya üzerindeki elektrik akımı evirici aracılığıyla doğru akımdan alternatif akıma çevrilmektedir.

Kurmuş olduğumuz sistem üzerinde bulunan şarj kontrol cihazı üzerinde günlük olarak 3 çeşit veri kaydı yapılmaktadır. Bunlar; sistemde bulunan akülerin yüzde olarak doluluk oranı, akülerin üzerindeki gerilim ve akım değerleridir. Sistem üzerinde ölçülen ve depolanan enerji miktarları günlük, haftalık ve aylık zaman dilimleri halinde bu kısımda gösterilecek ve analiz edilecektir.

4.1. Güneş Paneli Verilerinin İncelenmesi

4.1.1. Günlük veriler

Kurmuş olduğumuz sistem üzerinde kullandığımız Phocos CX/CXN şarj kontrol yazılımı sayesinde, üretilen ve kullanılan enerji miktarları günlük olarak kayıt olmaktadır. Burada güneşlenme süresinin ve şiddetinin daha fazla olduğu eylül ayının ilk haftasına ait 7 günlük kayıtlar Şekil 4.2. üzerinde, güneşlenme süresinin ve şiddetinin daha az olduğu ocak ayının son haftasına ait kayıtlar ise şekil 4.3. üzerinde gösterilmiştir.

Day1 is the latest:	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Max Battery Voltage	28,9	28,9	28,9	29	28,9	28,9	28,9
Min Battery Voltage	25	25	25	25	25	25	25
State Of Battery Charge in % morning	66	73	66	66	66	73	66
State Of Battery Charge in % evening	100	100	100	92	92	92	92
Used PV Amperehours	61	61	64	64	61	64	67
Load Amperehours	0	0	0	0	0	0	0
PV Excess Amperehours	107	107	107	75	107	109	101
max PV current in A	23,1	23,8	23,8	25,6	23,8	24,4	24,4
max Load current in A	0	0	0	0	0	0	0
Fully Charged Battery							

Şekil 4.2. Eylül Ayının İlk Haftasına Ait Veriler

Şekil 4.2. üzerindeki Day1,2,3,4,5,6,7 değerleri sırası ile 1-7 Eylül 2011 tarihleri arasındaki günleri göstermektedir. Day 7, 1 Eylül Perşembe; Day 1 ise 7 Eylül Çarşamba gününe ait kaydı göstermektedir. Max Battery Voltage değeri o gün akünün

ulaştığı en yüksek gerilim değerini, Min Battery Voltage değeri akünün o tarihteki en düşük gerilim değerini, State of Battery Charge in morning değeri akünün gündüz saatlerindeki yüzdelik olarak şarj oranını, State of Battery Charge in evening değeri akünün akşam saatlerindeki yüzdelik olarak şarj oranını göstermektedir. Used PV Amperhours değeri güneş panelleri üzerinden gelen ve akü üzerinden kullanılan ampersaat cinsinden akım değerini, Load Amperhours akü üzerindeki akımın yetersiz olması durumunda şebeke üzerinden çekilerek aküye doldurulan ampersaat cinsinden elektrik akım değerini, PV Excess Amperhours fotovoltaik paneller üzerinden gelen fazla yük değerini, max PV current in A değeri panellerden gelen en yüksek akım değerini, max Load current in A değeri ise şebekeden yüklenen en yüksek akım değerini amper cinsinden göstermektedir. Yine şekil üzerinde en alt sırada yer alan Fully Charged Battery değeri ise o günün sonunda akünün tamamen dolup dolmadığını göstermektedir.

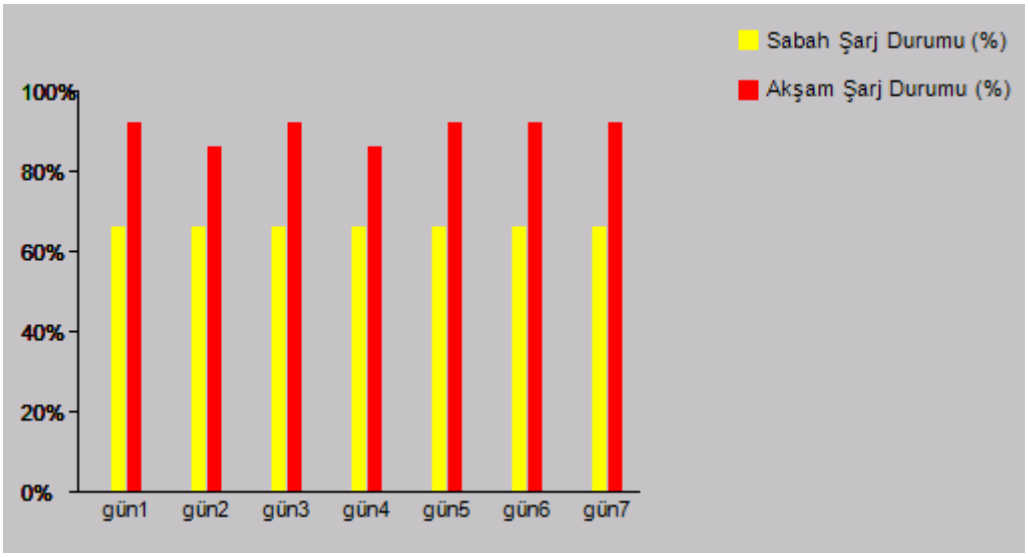
Day1 is the latest:	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Max Battery Voltage	29,1	29,3	29,3	29,3	29,3	29	29,3
Min Battery Voltage	19,9	25	26,9	20	20,8	20,8	25,1
State Of Battery Charge in % morning	0	99	100	0	0	0	100
State Of Battery Charge in % evening	79	73	100	100	86	86	79
Used PV Amperehours	91	8	3	48	93	93	24
Load Amperehours	0	0	0	0	0	0	0
PV Excess Amperehours	3	0	40	21	5	19	11
max PV current in A	22,5	5,6	10,6	20,6	25	20,6	18,8
max Load current in A	0	0	0	0	0	0	0
Fully Charged Battery							
Low Battery Load Disconnects							

Şekil 4.3. Ocak Ayının Son Haftasına Ait Veriler

Şekil 4.2. üzerindeki açıklamalar Şekil 4.3. içinde aynen geçerlidir. Şekil 4.2. den farklı olarak Şekil 4.3. üzerinde Low Battery Load Disconnects bölümü bulunmaktadır. Bu bölüm üzerinden ise akünün doluluk oranının yetersiz olması nedeniyle akü ile bağlantının kesilip kesilmediği bilgisi görülebilmektedir. Şekil 4.2. ve Şekil 4.3. ün her ikisi üzerinde değerleri sıfır olarak gözüken Load Amperhours (Şebeke elektriğiyle akünün şarj edilmesi) ve max Load current in A (amper cinsinden

şebekeden yüklenen maksimum akım değeri) bulunmaktadır. Bunun nedeni şarj kontrolörü ayarları üzerinden, akünün doluluk oranının yeterli olmadığı durumlarda dahi, akünün mevcut şebeke üzerinden elektrik çekerek dolmasının engellenmiş olmasıdır. Böylece akünün sadece panellerden gelen elektrik ile şarj olması sağlanmış ve sistemdeki verilerin kontrolü daha sağlıklı yapılabilmiştir.

Şekil üzerinde görülen veriler; gerilim, akım ve akü şarj oranlarını gösteren diyagramlarla ayrı ayrı analiz edilecektir. Eylül ayının üçüncü haftasına ait, sabah ve akşam saatlerine ait akü şarj oranları Şekil 4.4. ve Çizelge 4.1. üzerinde gösterilmiştir.



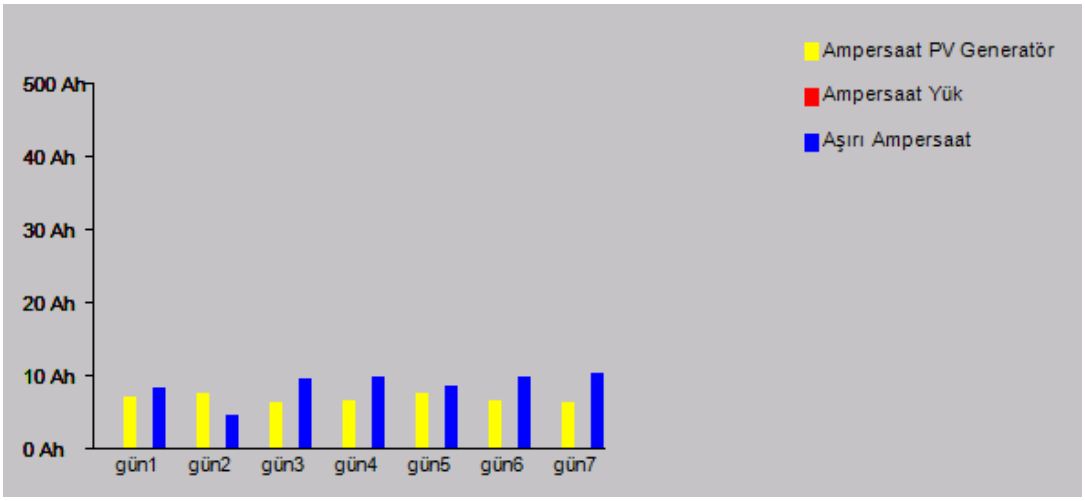
Şekil 4.4. 15-21 Eylül Tarihlerinde Gündüz ve Gece Saatlerinde Akü Şarj Durumu

Çizelge 4.1. 15-21 Eylül Tarihlerindeki Akü Şarj Yüzdeleri

Günler	**21 Eylül Çarşamba**	**20 Eylül Salı**	**19 Eylül Pazartesi**	**18 Eylül Pazar**	**17 Eylül Cumartesi**	**16 Eylül Cuma**	**15 Eylül Perşembe**
Sabah Şarj Durumu	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%
Akşam Şarj Durumu	92%	86%	92%	86%	92%	92%	92%

Şekil 4.4. üzerindeki gün 7 değeri o haftanın ilk günü olan 15 Eylül Perşembe gününü göstermektedir. Grafikten anlaşılacağı üzere haftanın ilk günü (gün7) gündüz

saatlerinde akünün doluluk oranı %66 seviyesindeyken, aynı gün akşam saatlerinde akünün doluluk oranı %92 ye çıkmıştır. Dolayısıyla gündüz süresi boyunca, güneş panelleri üzerinden gelen enerji ile akünün %26 lık kısmı doldurulmuştur. Gündüz saatlerinde üretilen bu %26 lık enerji, güneşin batımından sonra kullanılmış ve ertesi gün (gün6) gündüz saatlerinde akü yine %66 lık bir dolulukla yeni güne girmiş ve aynı gün gece saatine kadar doluluk oranını yine %92 değerine çıkarmıştır. 15-21 Eylül tarihleri arasında akü üzerinden alınarak kullanılan ve tekrar akü üzerine dolan elektrik miktarları benzerlik göstermektedir. Sadece Salı (gün2) ve Pazar (gün4) günleri akünün doluluk oranı diğer günlerden farklı olarak %86 oranına ulaşabilmiştir.



Şekil 4.5. 15-21 Eylül Tarihlerindeki Akım Değerleri

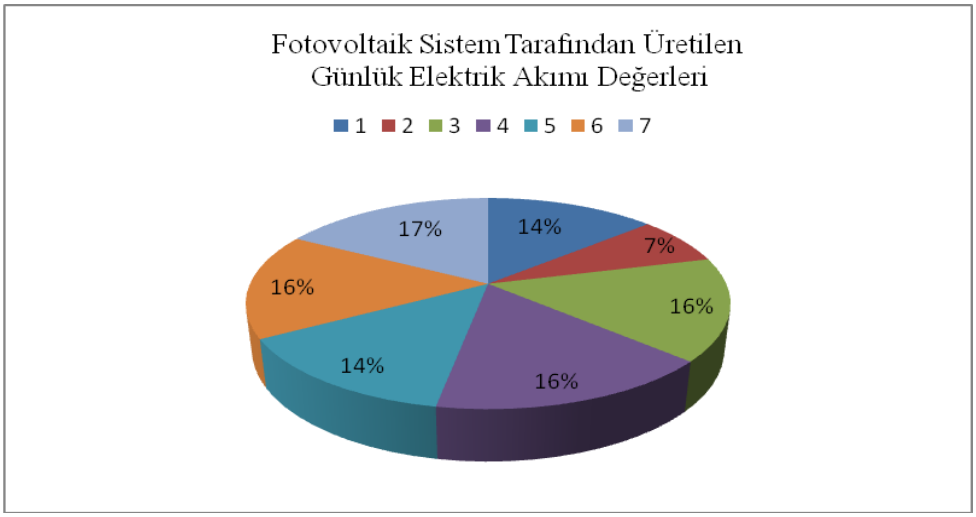
Çizelge 4.2. 15 Eylül – 21 Eylül Tarihleri Arası Akım Değerleri

	21 Eylül Çarşamba	**20 Eylül Salı**	**19 Eylül Pazartesi**	**18 Eylül Pazar**	**17 Eylül Cumartesi**	**16 Eylül Cuma**	**15 Eylül Perşembe**
Panellerden Gelen Akım	72 Ah	75 Ah	64 Ah	67 Ah	75 Ah	67 Ah	64 Ah
Şebekeden Çekilen Akım	0 Ah	0 Ah	0 Ah	0 Ah	0 Ah	0 Ah	0 Ah
Aşırı Yük Akımı	83 Ah	45 Ah	96 Ah	99 Ah	85 Ah	99 Ah	104 Ah

Şekil 4.5. ve Çizelge 4.2. üzerinde 15-21 Eylül tarihleri arasındaki akım değerleri verilmiştir. Güneşin olmadığı, fotovoltaik panellerin pasif olduğu durumlarda akülerin şebekeden beslenmesine izin verilmediği için Şebekeden çekilen akım değeri 0 Ampersaat olarak gözükmektedir. Tabloda panellerden gelen akım değeri olarak

gösterilen değerler, o gün içerisinde fakültedeki odada kullanılan elektrik akımının ampersaat cinsinden değerini göstermektedir. 15 Eylül Perşembe günü kullanılan elektrik enerjisinin akım değeri 64 Ampersaat olarak ölçülmüştür. Kullanılan en yüksek akım değerleri 17 Eylül ve 20 Eylül tarihlerinde 75 Ampersaat olarak kaydedilmiştir. Yine Çizelge 4.2. üzerinde Aşırı Yük Akımı olarak gösterilen değerler ise, o gün içinde fotovoltaik sistem tarafından üretilen ve akü üzerinde depolanan akım değerlerini göstermektedir. Depolanan en fazla enerji 104 Ampersaat olarak 15 Eylül Perşembe günü ölçülmüştür. Depolanan en az akım değeri ise 45 Ampersaat olarak 20 Eylül Salı günü ölçülmüştür.

15 Eylül – 21 Eylül tarihleri arasında üretilen günlük elektrik akım miktarları Şekil 4.6 üzerinde gösterilmiştir. 7 günlük zaman diliminde üretilen toplam enerji %100 kabul edilmiştir. Pasta grafiği üzerinde gösterilen 1 numaralı dilim 21 Eylül Çarşamba, 2 numaralı dilim Salı, 3 numaralı dilim Pazartesi, 4 numaralı dilim Pazar, 5 numaralı dilim Cumartesi, 6 numaralı dilim Cuma ve 7 numaralı dilimde Perşembe günü üretilen akım değerlerini göstermektedir.

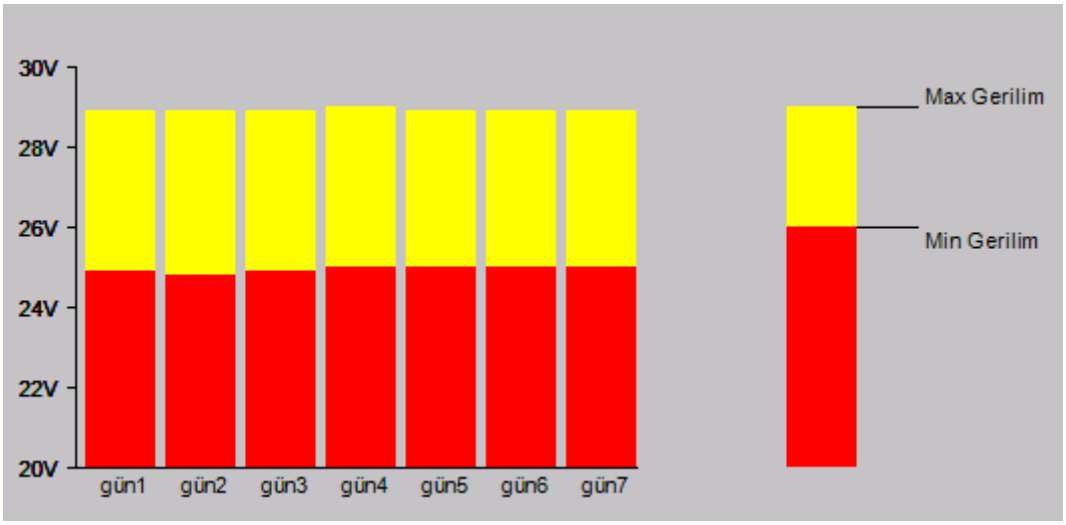


Şekil 4.6. 15 Eylül – 21 Eylül Tarihleri Arasında Üretilen Günlük Elektrik Yüzdeleri

Şekil 4.7. ve Çizelge 4.3. üzerinde ise 15-21 Eylül tarihleri arasında bataryanın en düşük ve en yüksek doluluk oranları görülmektedir. Batarya en yüksek doluluk oranına 18 Eylül tarihinde 29 V değeri ile ulaşmıştır. En düşük gerilim değeri ise 24.8 V değeri ile 20 Eylül tarihinde görülmüştür.

Çizelge 4.3. 15 – 21 Eylül Tarihleri Arasında Akü Üzerindeki Gerilim Değerleri

	21 Eylül Çarşamba	20 Eylül Salı	19 Eylül Pazartesi	18 Eylül Pazar	17 Eylül Cumartesi	16 Eylül Cuma	15 Eylül Perşembe
Max Gerilim	28,9 V	28,9 V	28,9 V	29 V	28,9 V	28,9 V	28,9 V
Min Gerilim	24,9 V	24,8 V	24,9 V	25 V	25 V	25 V	25 V



Şekil 4.7. 15 Eylül – 21 Eylül Tarihleri Arasında Akü Üzerindeki Gerilim Değerleri

4.1.2. Eylül ve ocak ayı verilerinin günlük bazda karşılaştırılması

Bu kısımda Eylül ve Ocak aylarına ait 7 günlük kayıtlar incelenecektir. Şekil 4.8 üzerinde Eylül ayına Şekil 4.9 üzerinde ise Ocak ayına ait 7 günlük kayıt örneği gösterilmiştir. Bataryanın gündüz ve gece saatlerindeki doluluk oranları(state of battery charge in morning&evening), güneş panellerinde üretilen enerjinin gün içerisindeki aktif kullanım(used PV amperhours) ve batarya üzerindeki depolama(PV excess amperhours) değerleri ve son olarak ta panellerin amper cinsinden ürettiği en yüksek akım(max PV current) değerleri ayrı ayrı incelenecektir.

Day1 is the latest:	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Max Battery Voltage	28,9	28,9	28,9	29	28,9	28,9	28,9
Min Battery Voltage	25	25	25	25	25	25	25
State Of Battery Charge in % morning	66	73	66	66	66	73	66
State Of Battery Charge in % evening	100	100	100	92	92	92	92
Used PV Amperehours	61	61	64	64	61	64	67
Load Amperehours	0	0	0	0	0	0	0
PV Excess Amperehours	107	107	107	75	107	109	101
max PV current in A	23,1	23,8	23,8	25,6	23,8	24,4	24,4
max Load current in A	0	0	0	0	0	0	0
Fully Charged Battery							

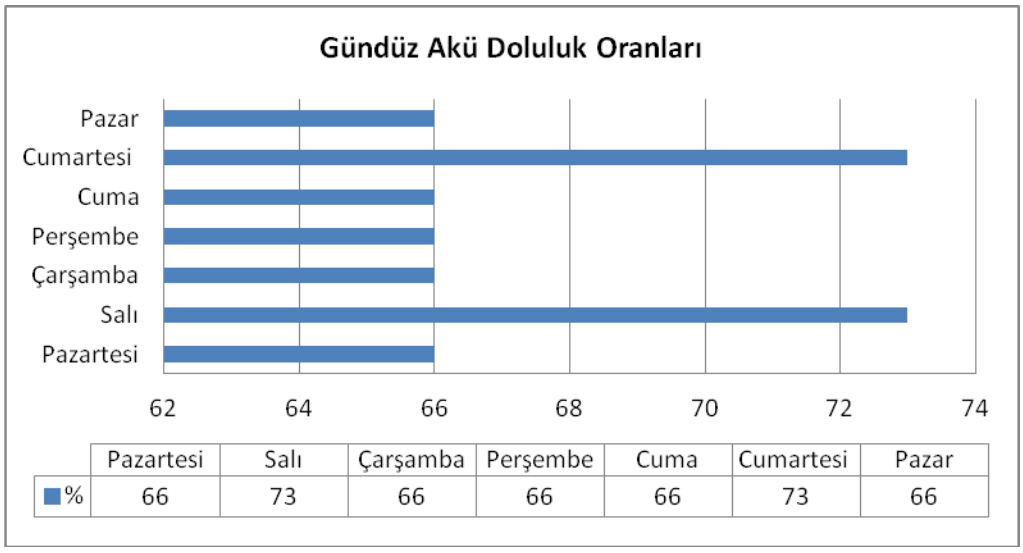
Şekil 4.8. Eylül Ayından 7 Günlük Kayıt Örneği

Day1 is the latest:	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Max Battery Voltage	29,1	29,3	29,3	29,3	29,3	29	29,3
Min Battery Voltage	19,9	25	26,9	20	20,8	20,8	25,1
State Of Battery Charge in % morning	0	99	100	0	0	0	100
State Of Battery Charge in % evening	79	73	100	100	86	86	79
Used PV Amperehours	91	8	3	48	93	93	24
Load Amperehours	0	0	0	0	0	0	0
PV Excess Amperehours	3	0	40	21	5	19	11
max PV current in A	22,5	5,6	10,6	20,6	25	20,6	18,8
max Load current in A	0	0	0	0	0	0	0
Fully Charged Battery							
Low Battery Load Disconnects							

Şekil 4.9. Ocak Ayından 7 Günlük Kayıt Örneği

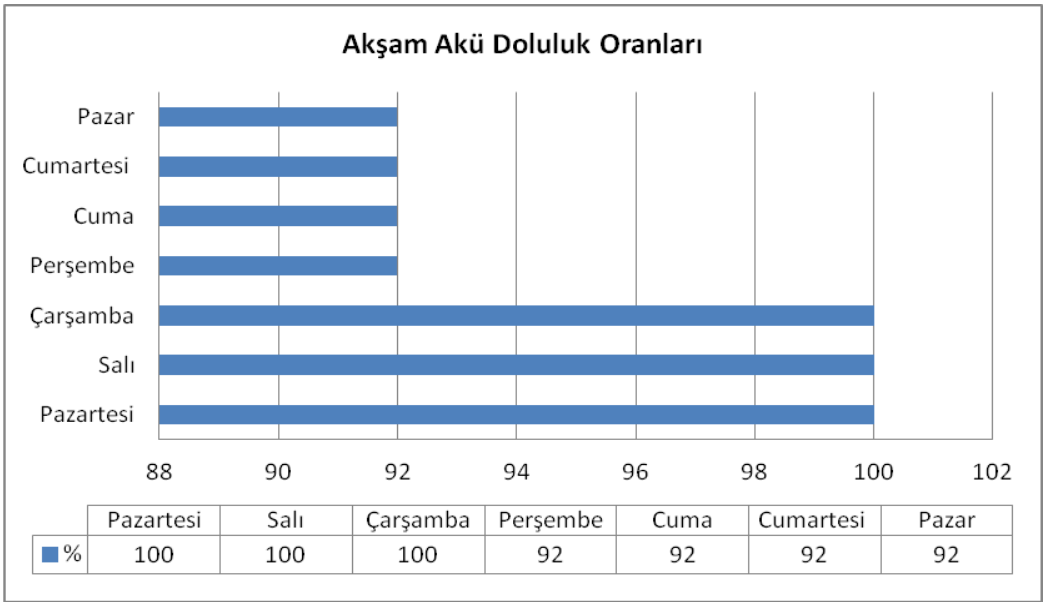
4.1.2.1. Eylül ayı günlük verilerinin incelenmesi

Şekil 4.8. üzerinde bataryanın gündüz saatlerindeki yüzdesel olarak doluluk oranını gösteren state of battery charge in morning değeri aşağıdaki Şekil 4.10. üzerinde gösterilmiştir. Grafik üzerinde görüldüğü gibi, 7 günlük zaman diliminde bataryalar gündüz saatlerinde hemen hemen aynı doluluk oranına sahiptir. Sadece salı ve cumartesi günü diğer günlerden farklı olarak % 73 doluluk oranına ulaşılmıştır.



Şekil 4.10. Eylül Ayında Gündüz Akü Doluluk Oranları

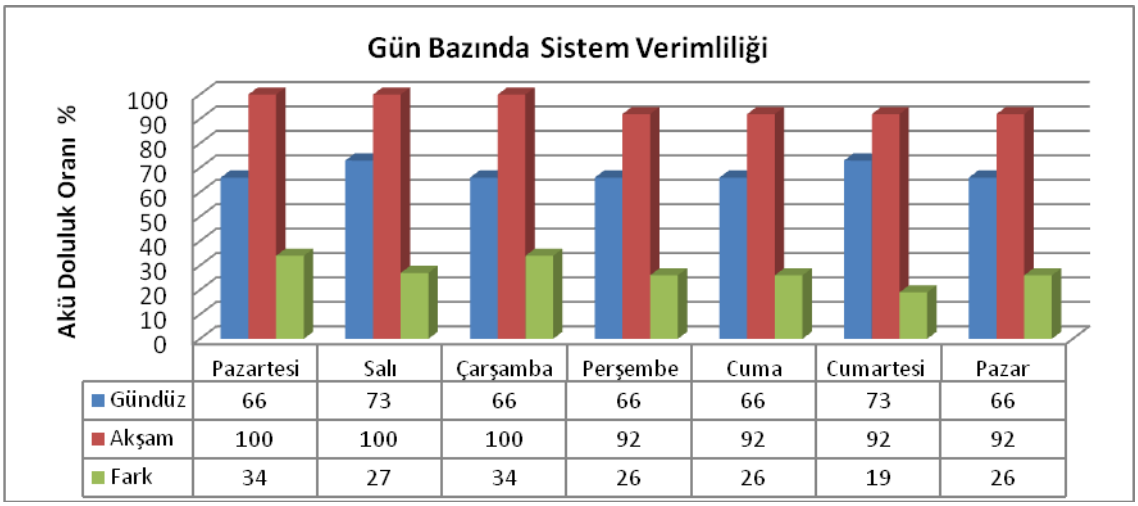
Şekil 4.8. üzerinde bataryanın akşam saatlerindeki yüzdesel olarak doluluk oranını gösteren state of battery charge in evening değeri aşağıdaki Şekil 4.11. üzerinde gösterilmiştir. Şekil 4.11. üzerinde haftanın ilk 3 günü bataryalarının % 100 oranında dolduğu görülürken, haftanın diğer günleri bataryalar % 92 doluluk oranına ulaşabilmiştir.



Şekil 4.11. Eylül Ayında Akşam Akü Doluluk Oranları

Aşağıda Şekil 4.12. üzerinde akşam ve gündüz saatleri arasındaki bataryanın doluluk oranları arasındaki fark gösterilmiştir. Akşam saatleri güneş battıktan sonraki

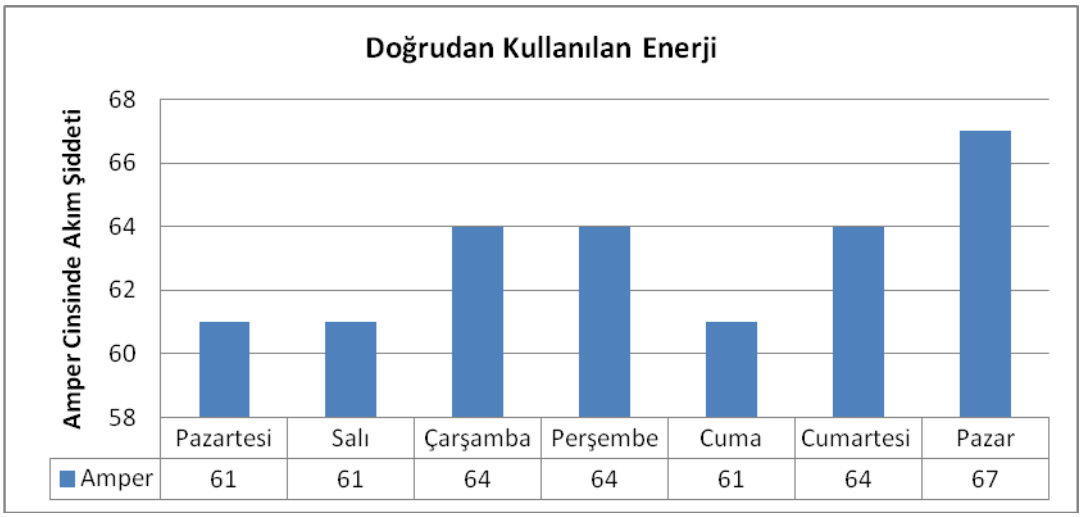
saatleri ifade etmektedir. Dolayısıyla bu saatlerde sistem tarafından enerji üretimi yapılmamaktadır. Akşam ve gündüz saatleri arasındaki fark o gün üretilen enerji değerini göstermektedir. Örneğin pazartesi günü gündüz saatlerinde akünün doluluk oranı % 66 iken, akşam bu oran % 100 e çıkmaktadır. Buna göre aradaki % 34 lük fark sistem tarafından güneş varken üretilen enerji değeridir. Aradaki farkın % 34 ile en fazla olduğu günler olan pazartesi ve çarşamba günleri için, gündüz saatlerinde güneşin gökyüzünde olduğu zaman diliminin uzun olduğu ve güneş ışınım şiddetinin yüksek olduğu yorumlarını yapabiliriz. Yine aynı şekilde gündüz ve gece arasındaki akü doluluk oranının en düşük olduğu cumartesi günü için, o hafta içerisindeki güneşlenme süresinin en az olduğu gün ve güneş ışınım şiddetinin en az olduğu gün yorumunu yapabiliriz.



	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar
Gündüz	66	73	66	66	66	73	66
Akşam	100	100	100	92	92	92	92
Fark	34	27	34	26	26	19	26

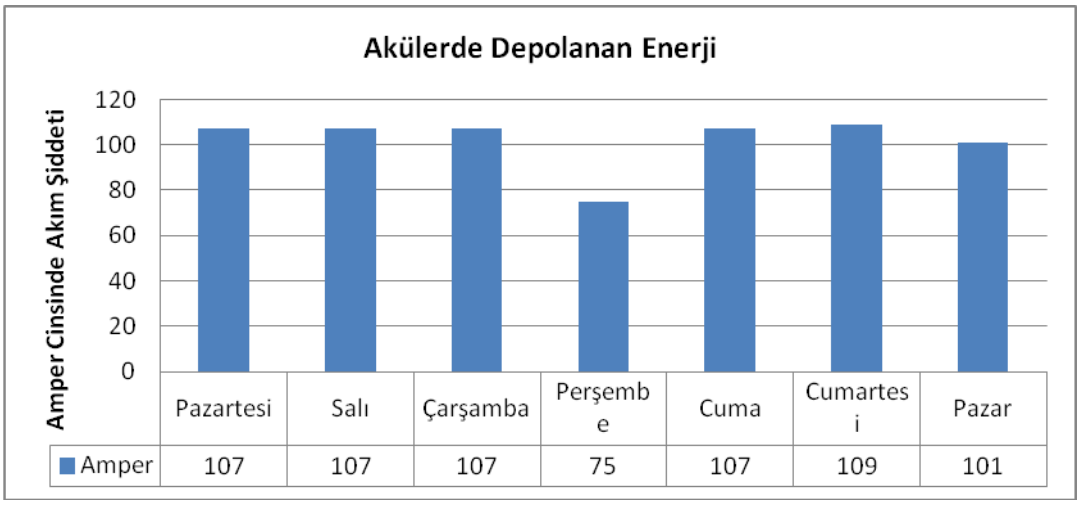
Şekil 4.12. Eylül Ayında Gün Bazında Sistem Verimliliği

Şekil 4.8. üzerinde Used PV Amperhours olarak ifade edilen, fotovoltaik paneller tarafından üretilen ve akü üzerinde depolanmayarak doğrudan kullanılan enerji değerleri aşağıda Şekil 4.13. üzerinde gösterilmiştir. Haftanın 7 günüde birbirine yakın değerler ölçülmüştür. Ampersaat cinsinden ölçülen en yüksek değer Pazar günü 67 Ah olarak görülmüştür.



Şekil 4.13. Panellerde Üretilen ve Doğrudan Kullanılan Enerji

Şekil 4.8. üzerinde PV Excess Amperhours olarak ifade edilen, fotovoltaik paneller tarafından üretilen ve akü üzerinde depolanan enerji değerleri aşağıda Şekil 4.14. üzerinde gösterilmiştir. Akü üzerindeki en az depolama miktarı 75 Ampersaat olarak Perşembe günü ölçülmüştür. Diğer günlerde depolanan enerji değerleri birbirine yakınlık göstermektedir. Yine Şekil 4.8. üzerinde Fully Charged Battery olarak ifade edilen, akünün gün sonunda tam olarak dolup dolmadığını gösteren kısımdan görüldüğü gibi, haftanın tüm günlerinde akü tam doluma ulaşmıştır.



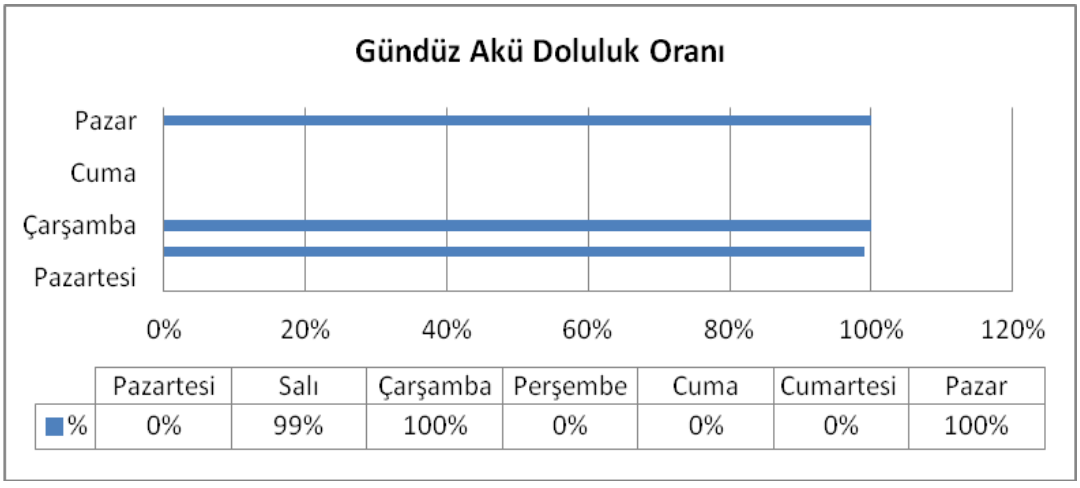
Şekil 4.14. Panellerde Üretilen ve Akülerde Depolanan Enerji

4.1.2.2. Ocak ayı günlük verilerinin incelenmesi

Day1 is the latest:	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Max Battery Voltage	29,1	29,3	29,3	29,3	29,3	29	29,3
Min Battery Voltage	19,9	25	26,9	20	20,8	20,8	25,1
State Of Battery Charge in % morning	0	99	100	0	0	0	100
State Of Battery Charge in % evening	79	73	100	100	86	86	79
Used PV Amperehours	91	8	3	48	93	93	24
Load Amperehours	0	0	0	0	0	0	0
PV Excess Amperehours	3	0	40	21	5	19	11
max PV current in A	22,5	5,6	10,6	20,6	25	20,6	18,8
max Load current in A	0	0	0	0	0	0	0
Fully Charged Battery	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Low Battery Load Disconnects	✗			✗	✗	✗	

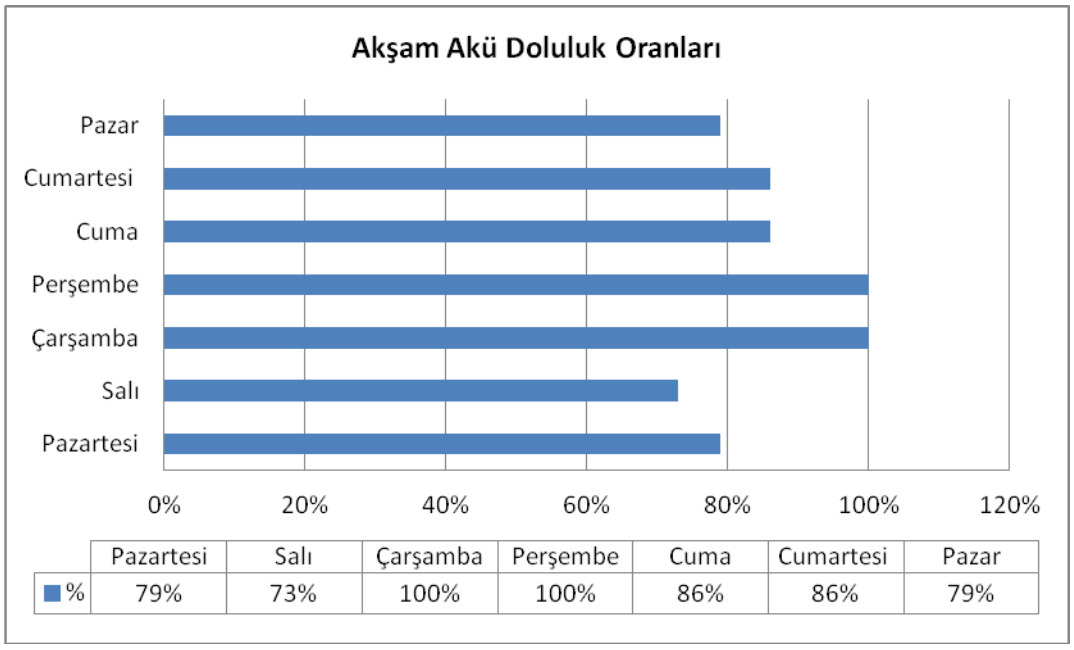
Şekil 4.15. Ocak Ayından 7 Günlük Kayıt Örneği

Şekil 4.15. üzerinde bataryanın gündüz saatlerindeki yüzdesel olarak doluluk oranını gösteren, state of battery charge in morning değerleri aşağıdaki Şekil 4.16. üzerinde gösterilmiştir. Ocak ayı, Konya ili iklim şartlarında genelde bulutlu ve kar yağışlı geçtiği için, bazı günlerde sistem tarafından akü yeterince beslenip şarj edilememiştir. Salı, Çarşamba ve Pazar günleri akü üzerinde enerji depolaması yapılabilirken diğer günlerde gündüz saatlerinde akülerin boşalmış olduğu görülmektedir.



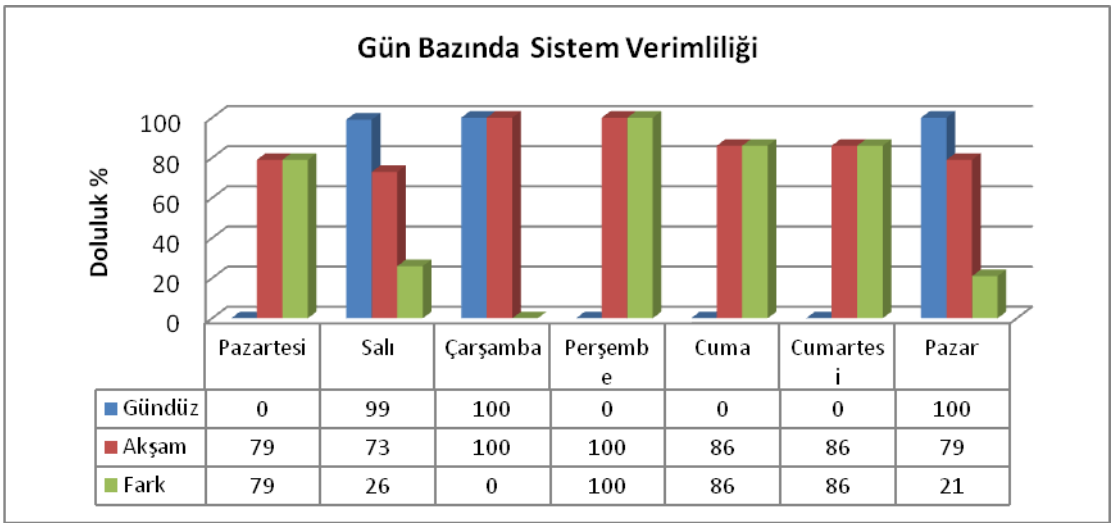
Şekil 4.16. Ocak Ayında Gündüz Akü Doluluk Oranları

Şekil 4.15. üzerinde bataryanın akşam saatlerindeki yüzdesel olarak doluluk oranını gösteren state of battery charge in evening değeri aşağıdaki Şekil 4.17. üzerinde gösterilmiştir. Çarşamba ve Perşembe günleri güneş battıktan sonraki akşam saatlerinde akülerin % 100 doluluk oranına ulaştığı görülmektedir. Diğer günlerin akşam saatlerinde de akülerin % 73 ile %86 arasında doluluk oranlarına sahip olduğu görülmektedir.



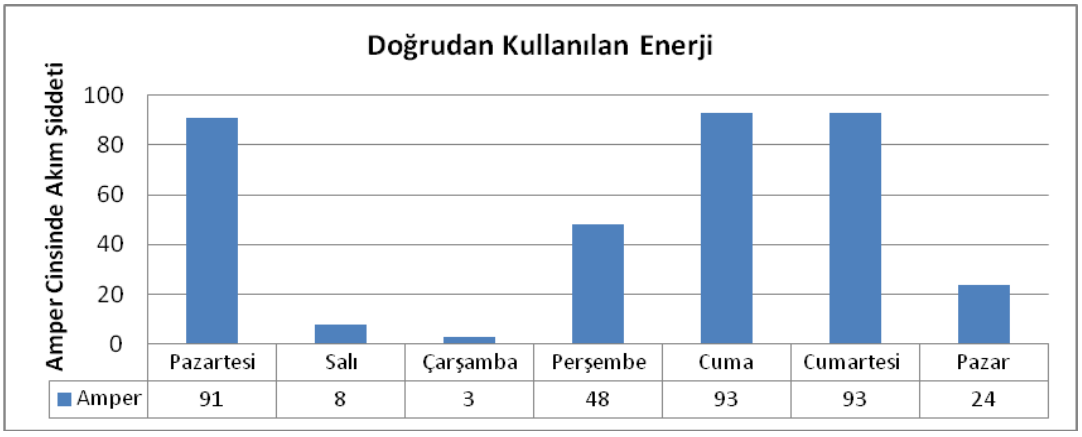
Şekil 4.17. Ocak Ayında Akşam Akü Doluluk Oranları

Aşağıda Şekil 4.18. üzerinde akşam ve gündüz saatleri arasındaki bataryanın doluluk oranları arasındaki fark gösterilmiştir. Bu grafiği yorumlamak için bataryanın gündüz saatlerindeki doluluk oranının artma ve azalma yönünden nasıl değiştiğine bakıyoruz. Örneğin pazartesi günü gündüz saatlerinde akülerin doluluk oranı % 0 iken, akşam saatlerine gelindiğinde bu oranın %79 a ulaştığı görülmektedir. Buradan pazartesi gününün güneş ışınımı yönünden zengin bir gün olduğu yorumunu yapabiliriz. Yine Çarşamba, Perşembe, Cuma ve cumartesi günleri gündüz saatlerinde güneş panellerinden elektrik üretimi yapılarak akülerin doluluk oranları yükselirken, Salı ve Pazar günü gündüz saatlerinden geceye gelindiğinde akülerin doluluk oranlarının düştüğü görülmektedir. Buradan bu günlerdeki güneşlenme sürelerinin ve/veya güneş ışınım şiddeti değerlerinin diğer günlere göre düşük olduğu yorumunu yapabiliriz.



Şekil 4.18. Ocak Ayında Gün Bazında Sistem Verimliliği

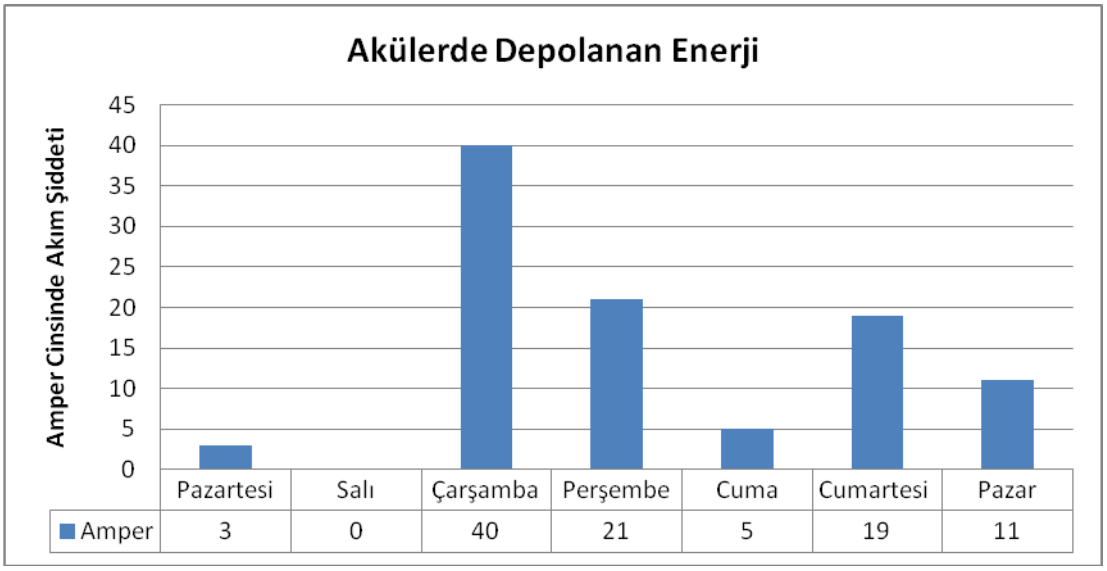
Şekil 4.15. üzerinde Used PV Amperhours olarak ifade edilen, fotovoltaik paneller tarafından üretilen ve akü üzerinde depolanmayarak doğrudan kullanılan enerji değerleri aşağıda Şekil 4.19. üzerinde gösterilmiştir. Fakültedeki odada paneller tarafından kullanılan ampersaat cinsinden enerji değerleri grafik üzerinde mevcuttur. Buradan 93 Ampersaat olarak en fazla yükün cuma ve cumartesi günleri çekildiği, en az yükün ise 3 ve 8 Ampersaat olarak çarşamba ve salı günleri çekildiği görülmektedir.



Şekil 4.19. Panellerde Üretilen ve Doğrudan Kullanılan Enerji

Şekil 4.15. üzerinde PV Excess Amperhours olarak ifade edilen, fotovoltaik paneller tarafından üretilen ve akü üzerinde depolanan enerji değerleri aşağıda Şekil 4.20. üzerinde gösterilmiştir. Akü üzerindeki en az depolama miktarı 40 Ampersaat olarak çarşamba günü ölçülmüştür. Salı günü akü üzerinde depolanan hiç enerji olmadığı

görülmektedir. Depolanan ampersaat cinsinden en az akım değerleri ise 3 Ah olarak pazartesi günü ve 5 Ah olarak Cuma günü kaydedilmiştir.



Şekil 4.20. Panellerde Üretilen ve Akülerde Depolanan Enerji

Şekil 4.15. üzerinde Fully Charged Battery olarak ifade edilen, akünün gün sonunda tam olarak dolup dolmadığını gösteren kısımdan görüldüğü gibi, Salı günü hariç haftanın tüm günlerinde akü tam doluma ulaşmıştır.

Yine Şekil 4.15. üzerinde Low Battery Load Disconnects olarak ifade edilen kısımda, akülerde yeterli enerji kalmaması durumunda sistemin akülerle olan bağlantıyı kesme durumu görülmektedir. Pazartesi, Perşembe, Cuma ve cumartesi günleri akü üzerinde yeterli enerji bulunmadığı için, sistemin aküler üzerinden beslemesi durdurulmuştur.

4.1.3. Eylül ve ocak ayı verilerinin haftalık bazda karşılaştırılması

Bu kısımda Eylül ve Ocak aylarına ait haftalık kayıtlar incelenecektir ve verilerin karşılaştırmaları yapılacaktır. Eylül ayına ait kayıt Şekil 4.21. de, Ocak ayına ait kayıt ise Şekil 4.22. de gösterilmiştir. Veri kayıt programının güncellenmesinden sonraki sürümde Türkçe dil desteği olmadığı için, Ocak ayı kayıtlarında program arayüzü ingilizce olarak gözükmektedir.

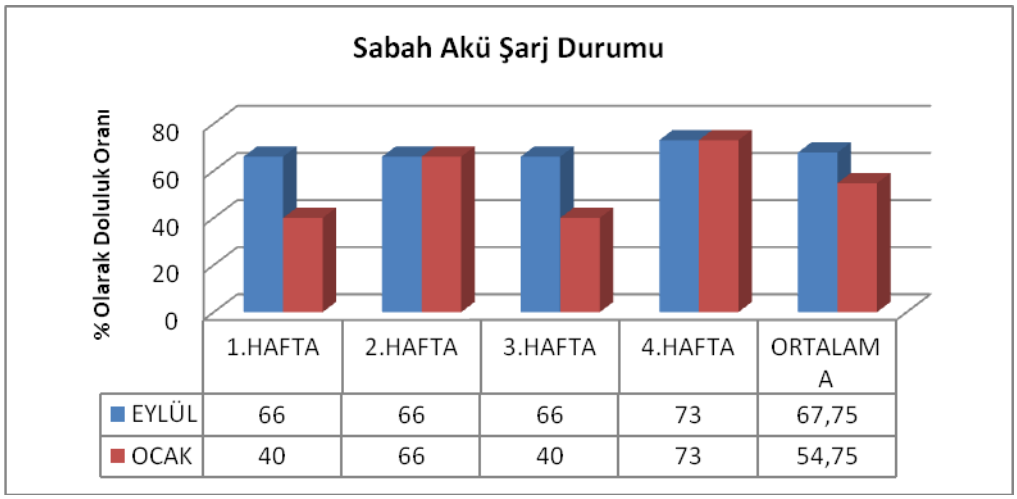
Hafta 1 en sonuncudur	Hafta 1	Hafta 2	Hafta 3	Hafta 4
Max Akü Gerilimi	28,6	28,9	28,9	28,6
Min Akü Gerilimi	24,9	25	25	25,1
Sabah Akü Şarj Durumu (%)	66	66	66	73
Akşam Akü Şarj Durumu (%)	86	86	92	86
Kullanılan PV Ampersaat	67	61	61	53
Yük Ampersaat	0	0	0	0
PV Aşırı Ampersaat	69	96	99	88
Max PV akımı (A)	23,1	23,1	23,1	21,2
Max yük akımı (A)	0	0	0	0
Tamamen Şarj Olmuş Akü				
Düşük Akü Yük Kesintileri				

Şekil 4.21. Eylül Ayı Verilerinin Haftalık Olarak Gösterimi

Week1 is the latest:	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
Max Battery Voltage	28,7	28	28,2	28,2
Min Battery Voltage	22,9	24,2	23,5	25
State Of Battery Charge in % morning	40	66	40	73
State Of Battery Charge in % evening	92	73	59	86
Used PV Amperehours	37	21	67	16
Load Amperehours	0	0	0	0
PV Excess Amperehours	13	27	3	16
max PV current in A	13,8	16,9	21,2	15
max Load current in A	0	0	0	0
Fully Charged Battery				
Low Battery Load Disconnects				

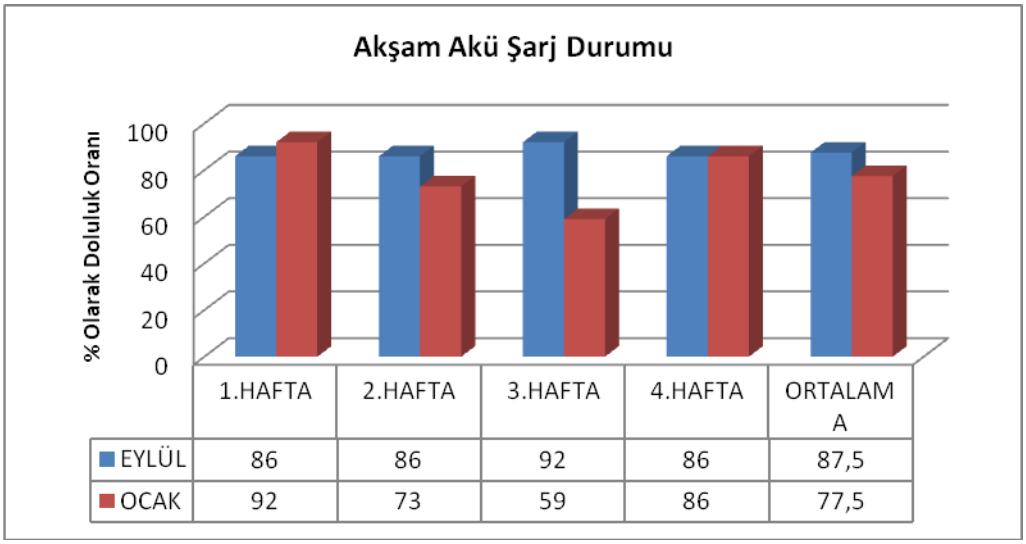
Şekil 4.22. Ocak Ayı Verilerinin Haftalık Olarak Gösterimi

Aşağıda Şekil 4.23. üzerinde eylül ve ocak ayında gündüz saatlerindeki batarya doluluk oranları kıyaslanmıştır. Genel ortalama olarak eylül ayındaki akü şarj yüzdelerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.



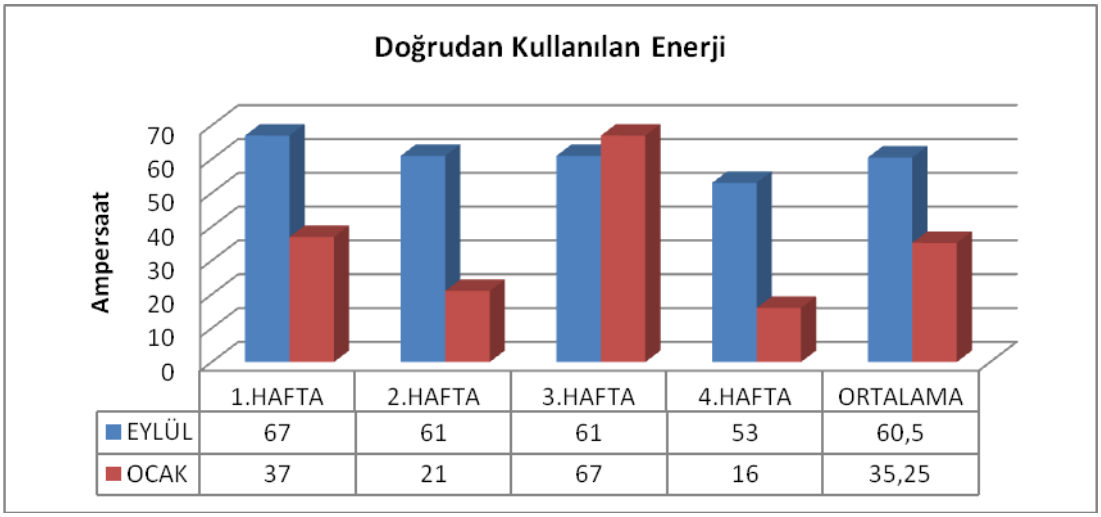
Şekil 4.23. Eylül-Ocak Ayı Sabah Akü Şarj Durumu

Aşağıda Şekil 4.24. üzerinde eylül ve ocak ayında akşam saatlerindeki batarya doluluk oranları kıyaslanmıştır. Aylık ortalama değer eylül ayında % 87.5 olurken, ocak ayında bu değer %77.5 olarak ölçülmüştür.



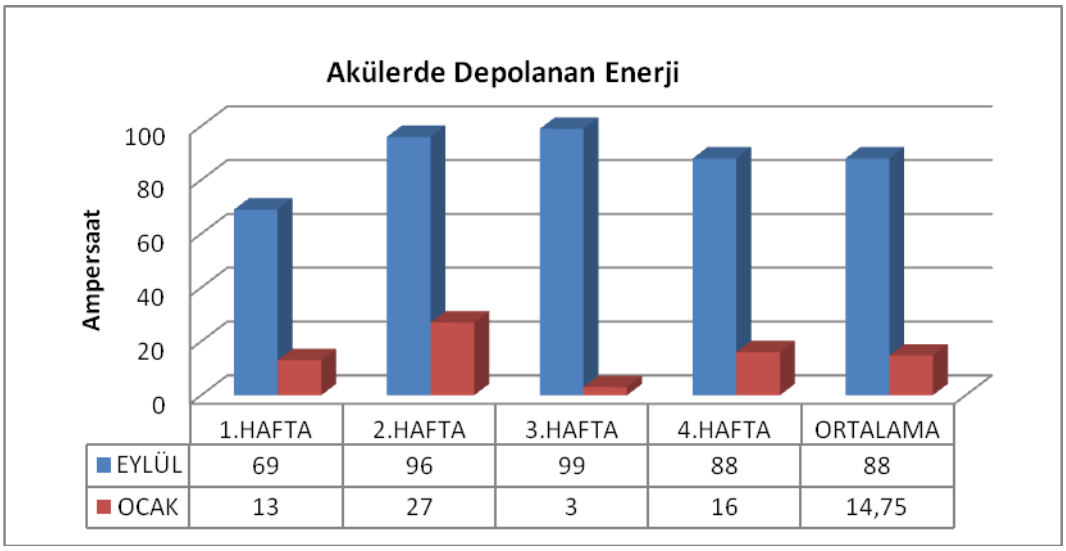
Şekil 4.24. Eylül-Ocak Ayı Akşam Akü Şarj Durumu

Eylül ve Ocak aylarında güneş panelleri tarafından üretilen ve depolanmayarak doğrudan kullanılan enerji değerleri ampersaat cinsinden aşağıda Şekil 4.25. üzerinde gösterilmiştir. Eylül ayında üretilen ve doğrudan kullanılan enerji ortalaması 60.5 ampersaat olarak ölçülürken, ocak ayında bu değer 35.25 ampersaat olarak görülmüştür. Bu değerlerden eylül ayında, ocak ayının yaklaşık 2 katı akım şiddetine ulaşıldığı görülmektedir.



Şekil 4.25. Eylül-Ocak Ayında Doğrudan Kullanılan Enerji Değerleri

Eylül ve Ocak aylarında güneş panelleri tarafından üretilen ve akülerde depolanan enerji değerleri ampersaat cinsinden aşağıda Şekil 4.26. üzerinde gösterilmiştir. Eylül ayında üretilen ve depolanan enerji ortalaması 88 ampersaat olarak ölçülürken, ocak ayında bu değer 14.75 ampersaat olarak görülmüştür. Aküler Üzerinde depolanan akım şiddetlerini kıyaslandığında, eylül ayındaki değerler ocak ayının 6 katından daha fazlaya tekabül etmektedir. Bu grafik güneş enerjisinden faydalanmada, eylül ve ocak aylarının farkını bariz şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 4.26. Eylül-Ocak Ayında Akülerde Depolanan Enerji

Ayrıca aküler üzerinde depolanmış olan enerjinin belli bir limitin altına düşmesi halinde, akülerden gelen enerjisinin kesilme durumu Şekil 4.21. ve Şekil 4.22.'nin en alt kısmında yer alan "Low Battery Load Disconnects" "Düşük Akü Yük Kesintileri" bölümünden izlenebilmektedir. Şekil üzerinde görüldüğü gibi Eylül ayı içerisinde akü üzerindeki yük sistemin beslenmesi için hep yeterli olmuş ve akü beslemesi hiç kesilmemiştir. Fakat Ocak ayının 1. ve 2. haftalarında akü üzerindeki potansiyel enerjinin yetersiz olması nedeniyle, aküden enerji akışı, şarj kontrolör cihazı tarafından otomatik olarak kesilmiştir.

4.1.4. 2011 eylül ve 2012 ocak ayı arasındaki 5 aylık kayıtların incelenmesi

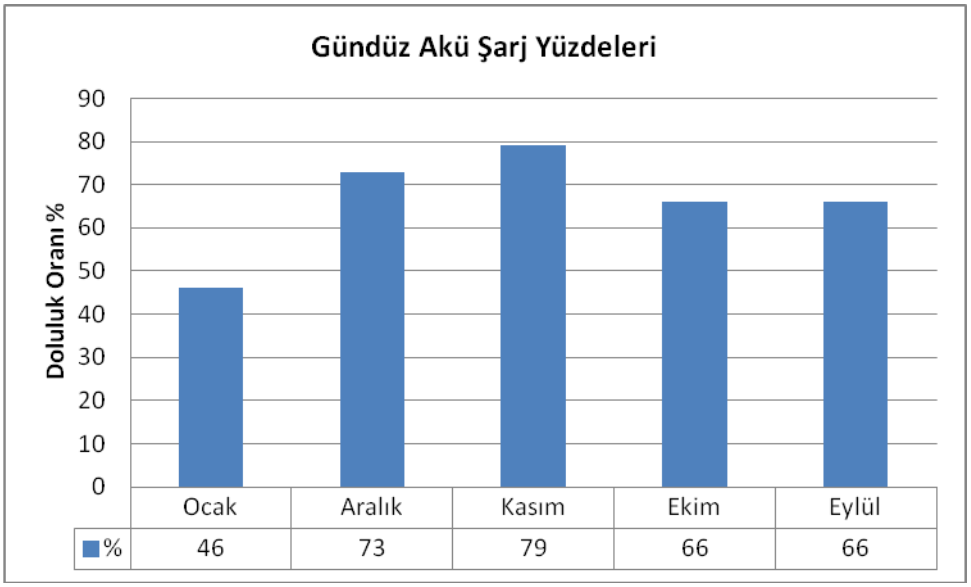
Güneş enerjisinden elektrik üretimi yapan sistemimiz 2011 yılının Eylül ayında aktif olarak çalışmaya başlamıştı. 2011 yılının Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ayları ve 2012 yılının Ocak ayı kayıtları bu kısımda incelenecektir. Şekil 4.27. üzerindeki Month 5 Eylül ayı, Month 1 ise Ocak ayı verilerini göstermektedir.

Şekil üzerinde "Load Amperhours" ve "max load current in A" olarak ifade edilen, aküler üzerindeki enerjinin yeterli olmadığı durumlarda, akülerin şebeke elektriği kullanarak şarj edilme durumları sıfır olarak görülmektedir. Bunun nedeni, güneş panellerinden gelen verileri daha sağlıklı olarak izleyebilmemiz için, şarj kontrolör yazılımından bu ayarı kapatmış olmamızdır.

Month1 is the latest:	Month 1	Month 2	Month 3	Month 4	Month 5
Max Battery Voltage	27,8	28,8	28,8	28,3	28,8
Min Battery Voltage	23,7	24,8	25,3	24,7	25
State Of Battery Charge in % morning	46	73	79	66	66
State Of Battery Charge in % evening	66	86	92	79	86
Used PV Amperehours	48	27	16	45	59
Load Amperehours	0	0	0	0	0
PV Excess Amperehours	5	48	69	61	88
max PV current in A	17,5	16,9	20	22,5	22,5
max Load current in A	0	0	0	0	0
Fully Charged Battery					
Low Battery Load Disconnects					

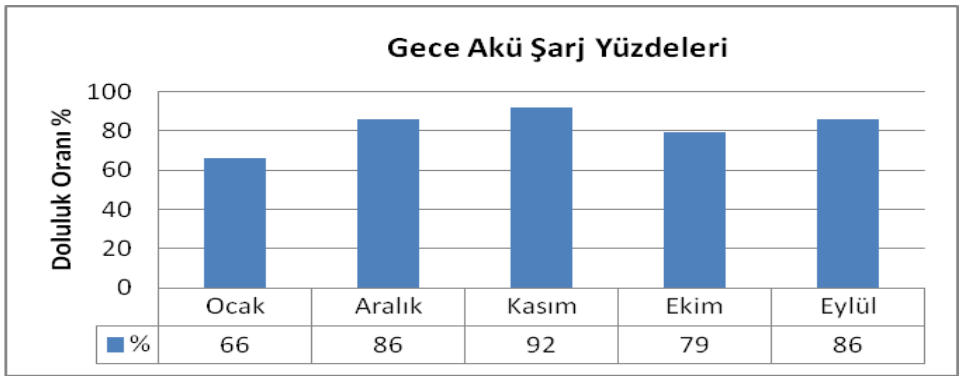
Şekil 4.27. Son 5 Ayın Enerji Kayıt Verileri

Gündüz aküler üzerinde bulunan enerjinin, aylık olarak ortalamaları Şekil 4.28 üzerinde gösterilmiştir. Akülerin gündüz saatlerinde yüzdesel olarak doluluk oranı, en yüksek %79 değeri ile kasım ayında ölçülmüştür. En düşük akü doluluk oranı ise % 46 ile Ocak ayında ölçülmüştür.



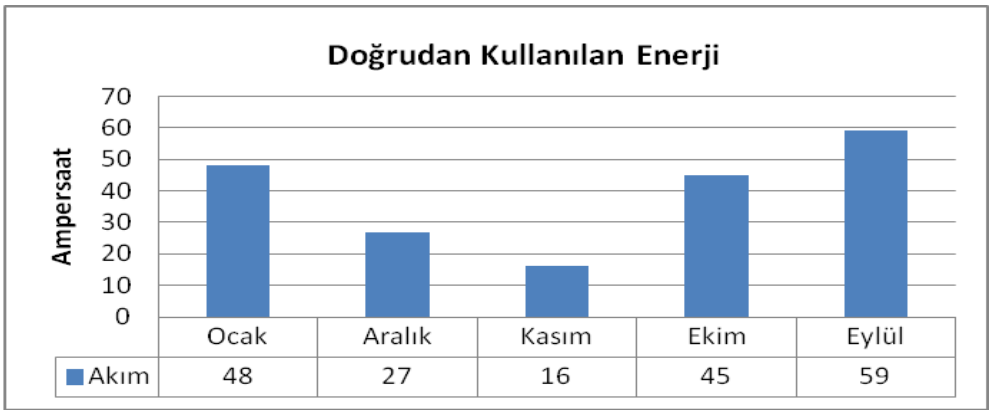
Şekil 4.28. Gündüz Saatlerindeki Aylık Akü Şarj Ortalamaları

Gece aküler üzerinde bulunan enerjinin, aylık olarak ortalamaları Şekil 4.29 üzerinde gösterilmiştir. Akülerin gece saatlerinde yüzdesel olarak doluluk oranı genelde birbirine yakın değerler olarak ölçülmüştür. En yüksek akü doluluk oranı %92 değeri ile kasım ayında ölçülmüştür. En düşük akü doluluk oranı ise % 66 ile ocak ayında ölçülmüştür.



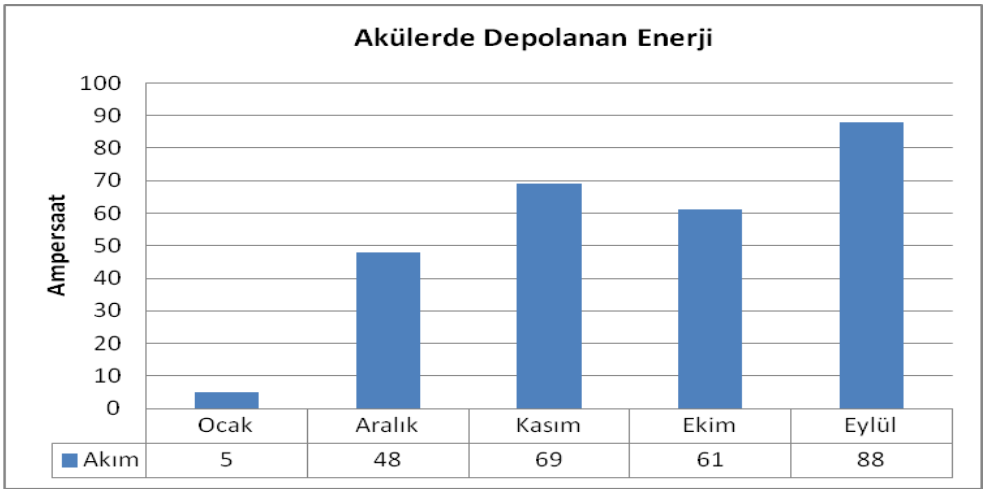
Şekil 4.29. Gece Saatlerindeki Aylık Akü Şarj Ortalamaları

Eylül ve Ocak ayları arasında güneş panelleri tarafından üretilen ve depolanmayarak doğrudan kullanılan enerji değerlerinin aylık ortalamaları ampersaat cinsinden aşağıda Şekil 4.30 üzerinde gösterilmiştir. Aylık olarak en fazla eylül ayı içerisinde ortalama 59 Ampersaatlik bir enerji tüketilmiş. En az ise 16 Ampersaatlik aylık ortalama değeri ile kasım ayı içerisinde enerji tüketimi gerçekleşmiştir.



Şekil 4.30. Doğrudan Kullanılan Enerji Aylık Ortalama Değerleri

Eylül ve Ocak ayları arasında güneş panelleri tarafından üretilen ve aküler üzerinde depolanan enerji değerlerinin aylık ortalamaları ampersaat cinsinden aşağıda Şekil 4.31 üzerinde gösterilmiştir. Aküler üzerine en fazla enerji depolama, 88 Ampersaat değeri ile Eylül ayında olmuştur. Aküler üzerinde en az enerjinin depolandığı ay ise 5 Ampersaat değeri ile Ocak ayı olmuştur.



Şekil 4.31. Akülerde Depolanan Enerji Aylık Ortalama Değerleri

Aküler üzerinde depolanmış olan enerjinin belli bir limitin altına düşmesi halinde, akülerden gelen enerjisinin kesilme durumunu ifade eden "Low Battery Load Disconnects" Şekil 4.27 üzerinde görülmektedir. Buna göre Eylül ayı içerisinde akülerdeki enerji ihtiyacı karşılamak için hep yeterli olmuşken, diğer aylar içerisinde akülerde depolanan enerjinin sistemi beslemek için yetersiz kaldığı zamanlar olmuştur.

4.2. Rüzgar Türbini Verilerinin İncelenmesi

Rüzgâr türbini, rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bir rüzgâr türbini genel olarak kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Rüzgârın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanarak veya doğrudan alıcılara ulaştırılır.

Rüzgar enerjisi Betz teoremine göre max. %59,3 etkinlikle mekanik enerjiye çevrilebilir. Bu çevirim, rüzgar türbini tarafından yapılır. Böyle bir türbin; çevredeki engellerin rüzgarı kesemeyecek kadar yükseklikte bir kule üzerinde bulunması gerekir. ayrıca yüksek verim için geniş düzlükler bu enerji kaynakları için daha elverişlidir. Türbinin rüzgara göre yönlendirilmesi, rotor ekseni ile rüzgar doğrultusu arasındaki yav açısını kontrol eden mekanizmayla sağlanır. Elektrik üretimini sağlayan bu makineye rüzgar jeneratörü (türbini) adı verilir.

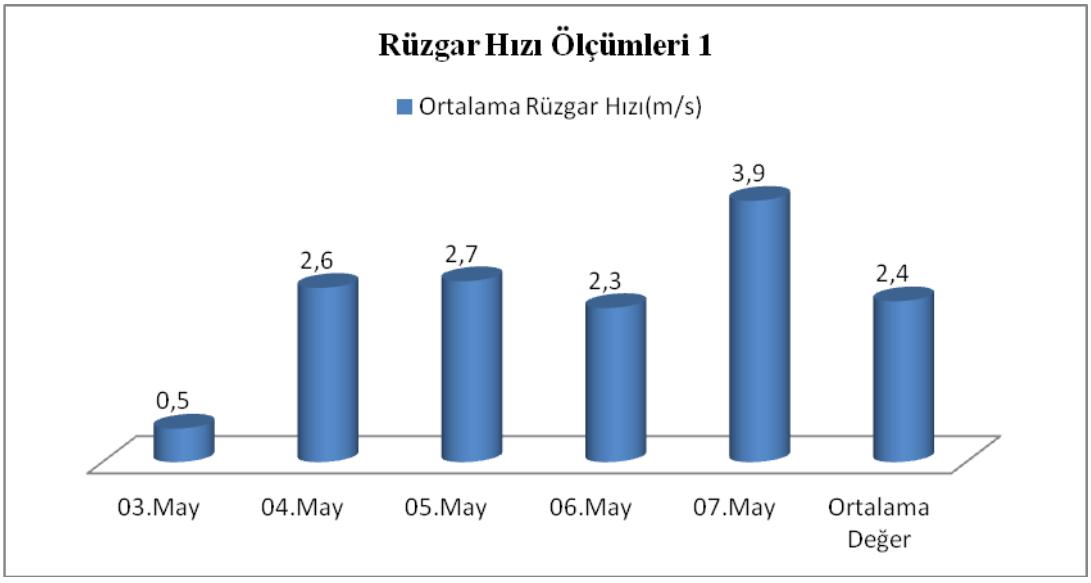
4.2.1. Mayıs ayına ait rüzgar türbini günlük verilerinin incelenmesi

Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi çatısına BAP desteği ile kurmuş olduğumuz rüzgar türbini 2012 yılı mayıs ayı itibariyle çalışmaya ve elektrik üretimine başlamıştır. Mayıs ayının başında yapmış olduğumuz 10 günlük ölçümler aşağıda Çizelge 4.4. üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Mayıs ayı itibariyle yapılan ölçüm değerleri

Sıra No	Tarih	Maximum Rüzgar Hızı (m/s)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Üretilen Enerji (W)
1	03.05.2012	5.7	0.5	21
2	04.05.2012	18.2	2.6	262
3	05.05.2012	20	2.7	257
4	06.05.2012	15.1	2.3	224
5	07.05.2012	16.9	3.9	396
6	08.05.2012	16.3	2.4	209
7	09.05.2012	8.1	2.1	54
8	10.05.2012	16.1	1.9	129
9	11.05.2012	19.9	1.6	162
10	12.05.2012	16.7	1.9	143

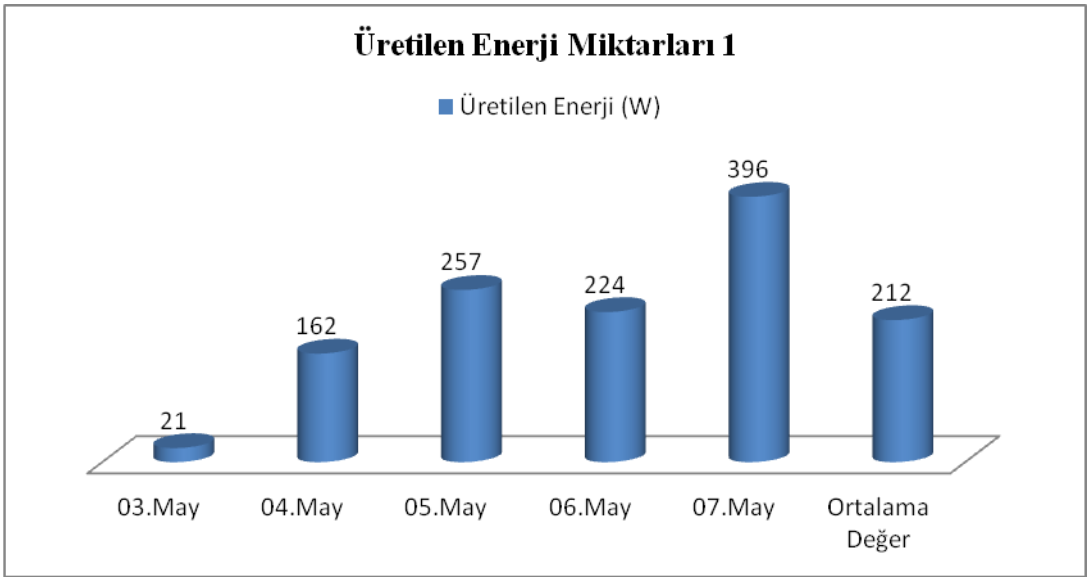
Ortalama rüzgar hızı verileri incelendiğinde rüzgar hızının istikrar halinde olmadığı, günlere göre dalgalanma gösterdiği görülmektedir. Mayıs ayı başında yapılan bu ölçümleri 2 bölüm halinde inceleyeceğiz. 3 Mayıs ve 7 Mayıs arasında elde edilen verilere ait ortalama rüzgar hızı grafiği aşağıda Şekil 4.32. üzerinde gösterilmiştir. Bu bölümde yapılan 5 günlük ölçümlerin ortalama rüzgar hızı 2.4 m/s olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4.32. Mayıs ayı başında ölçülen ortalama rüzgar hızları

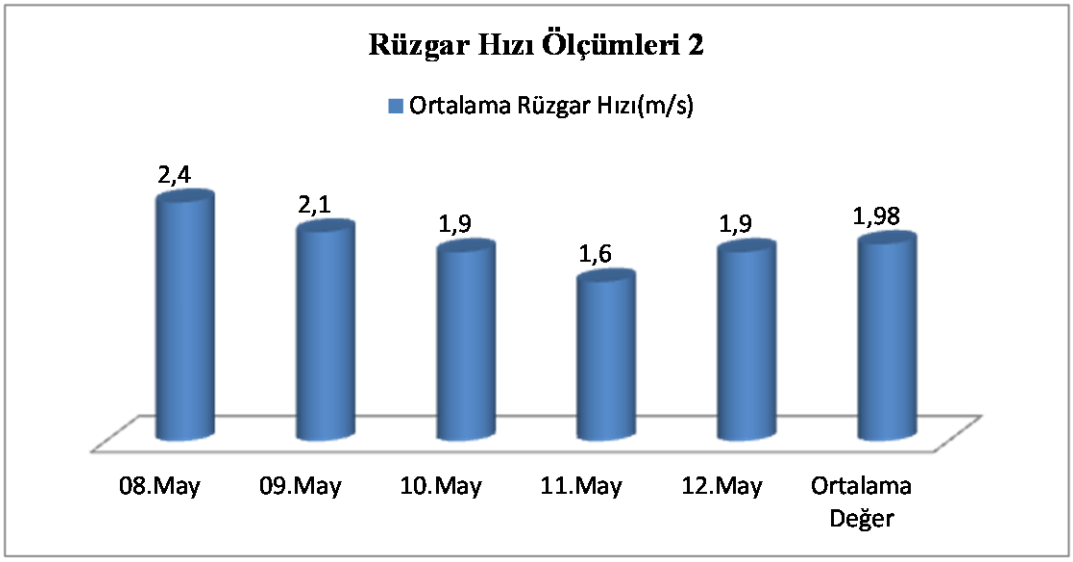
Yine 3 Mayıs - 7 Mayıs tarihleri arasında rüzgar türbini tarafından üretilen enerji değerleri aşağıdaki Şekil 4.33. üzerinde ifade edilmiştir. Üretilen enerji miktarı temelde ortalama rüzgar hızına bağlı olmakla birlikte, maksimum rüzgar hızı da bu değer üzerinde etki göstermektedir. Farklı tarihlerdeki ortalama rüzgar hızları aynı olsa bile

maksimum rüzgar hızlarındaki farklılık üretilen enerji miktarında değişime yol açmaktadır.



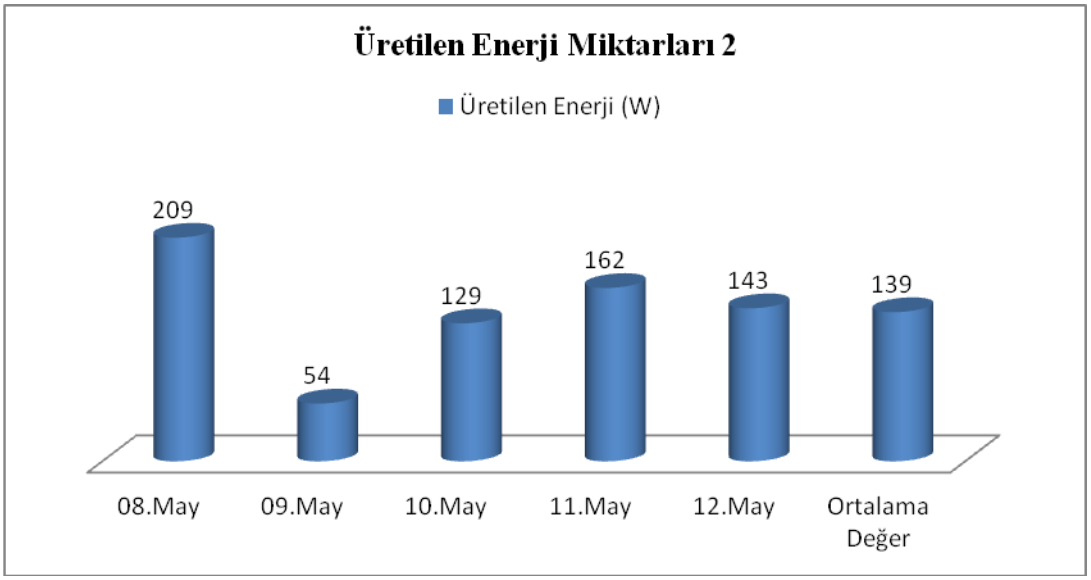
Şekil 4.33. Mayıs ayı başında rüzgar türbini tarafından üretilen elektrik enerjisi

8 Mayıs – 12 Mayıs tarihleri arasında kaydedilen ortalama rüzgar hızları aşağıdaki Şekil 4.34. üzerinde gösterilmiştir. Yapılan bu 5 günlük ölçüm sonuçlarına göre ortalama rüzgar hızı 1.98 m/s olarak bulunmuştur.



Şekil 4.34. Mayıs ayı başında kaydedilen ortalama rüzgar hızları

8 Mayıs – 12 Mayıs tarihleri arasında rüzgar türbini tarafından üretilen enerji değerleri Şekil 4.35. üzerinde gösterilmiştir. Mayıs ayı itibariyle yapılan bu ikinci ölçümde rüzgar türbini tarafından günlük ortalama 139 w enerji üretilmiştir.

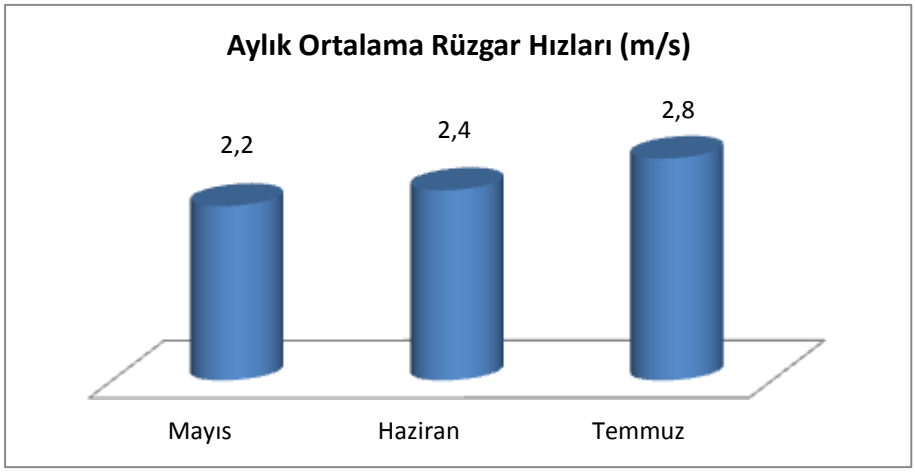


Şekil 4.35. Mayıs ayı başında rüzgar türbini tarafından üretilen elektrik enerjisi

3 – 7 Mayıs tarihleri arasında yapılan birinci ölçümde toplam 1060 watt enerji üretilirken, 8 – 12 Mayıs tarihleri arasında yapılan ölçümde üretilen toplam enerji değeri 695 watt olarak bulunmuştur.

4.2.2. Mayıs haziran ve temmuz ayı aylık verilerinin incelenmesi

Rüzgar türbininin bulunduğu yer itibariyle yerden yüksekliği 20 metre civarıdır. Konya Selçuklu ilçesinin rakımının 1016 metre olduğu düşünülürse rüzgar türbini denizden 1036 metre yükseklikte kurulu bulunmaktadır. Yapılan ölçümlere göre mayıs ayında ortalama rüzgar hızı 2.2 m/s, haziran ayında 2,4 m/s, temmuz ayında ise 2,8 m/s olarak kaydedilmiştir. Mayıs, haziran ve temmuz ayına ait bu ölçüm değerleri aşağıda şekil 4.36. üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.36. Mayıs haziran ve temmuz aylarına ait ortalama rüzgar hızları

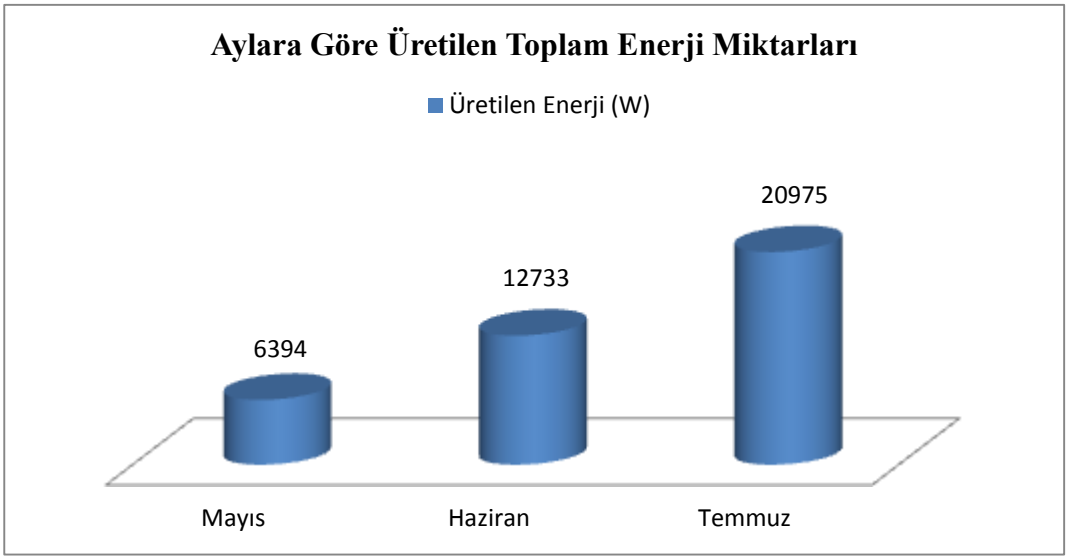
Ölçülen rüzgar hızı, ölçümün yapıldığı yüksekliğe göre değişmektedir. Rüzgar hızının yüksekliğe bağlı değişimi aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir.

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^k \tag{4.1}$$

H1: rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik (m)
H2: rüzgar hızının hesaplanacağı yükseklik (m)
V1: H1 yüksekliğinde ölçülen rüzgar hızı (m/s)
V2: H2 yüksekliği için hesaplanacak rüzgar hızı (m/s)
k: pürüzlülük katsayısı

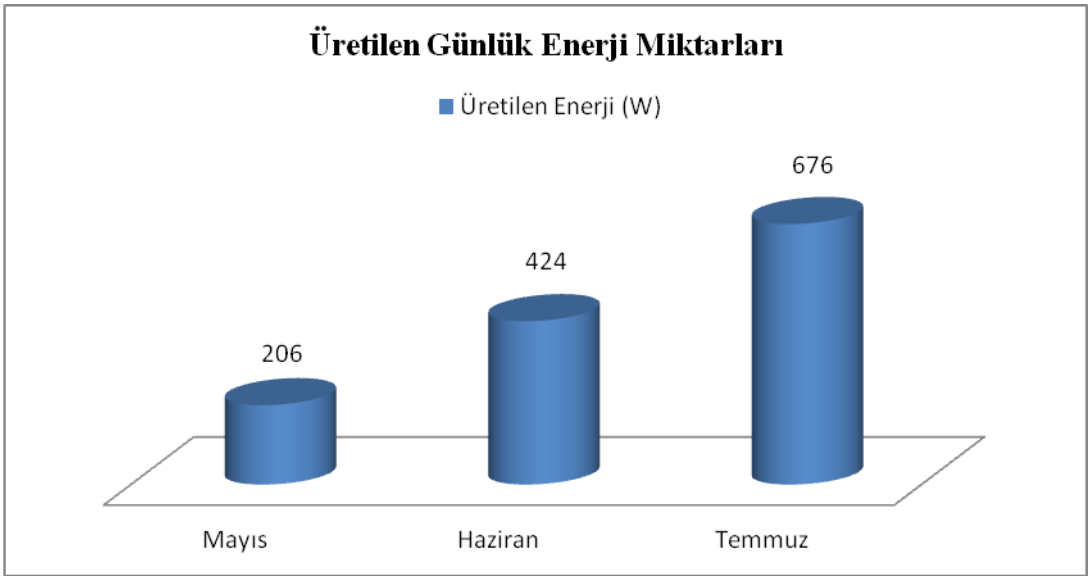
Bu formülden de anlaşılacağı gibi rüzgar türbininin konumlandırıldığı zeminin yerden yüksekliği, rüzgarın hızını etkilemekte; rüzgar hızının değişmesi de rüzgar türbini aracılığıyla üretilecek rüzgar gücünü değiştirmektedir.

Mayıs haziran ve temmuz ayı boyunca rüzgar ve güneş enerjisinden elektrik üreten sistemin rüzgar kısmında kullanmış olduğumuz rüzgar türbini ile üretilen enerji miktarları tespit edilmiştir. Mayıs ayında rüzgar türbini tarafından toplam 6394 watt enerji üretilmiştir. Bu değer haziran ayında 12733 watt olurken, temmuz ayında 20975 watt olarak ölçülmüştür. Üretilen bu toplam enerji değerlerini gösteren grafik aşağıda Şekil 4.37. üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.37. Mayıs, haziran ve temmuz aylarında üretilen toplam enerji miktarları

Yine mayıs, haziran ve temmuz aylarında üretilen günlük enerji değerlerini hesaplayacak olursak: mayıs ayında günlük ortalama enerji üretimi 206 watt, haziran ayında günlük ortalama enerji üretimi 424 watt, temmuz ayında günlük ortalama enerji üretimi ise 676 watt olmaktadır. Bu değerlerde aşağıda Şekil 4.38. üzerinde görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4.37. Mayıs, haziran ve temmuz aylarında üretilen günlük enerji miktarları

Rüzgar türbinine ait mayıs, haziran ve temmuz ayına ait ortalama rüzgar hızı, üretilen günlük ve aylık enerji miktarları aşağıdaki Çizelge 4.5. üzerinde toplu halde gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Mayıs ayı itibariyle yapılan ölçüm değerleri

AYLAR	**Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)**	**Üretilen Günlük Enerji (w)**	**Üretilen Toplam Enerji (w)**
Mayıs	2.2	206	6394
Haziran	2.4	424	12733
Temmuz	2.8	676	20975

Tabloyu daha iyi analiz edebilmemiz için rüzgar gücü hesaplama formülünü göz önüne almamız faydalı olacaktır. Bu formül:

$$P = \frac{1}{2}\rho V^3 \qquad (4.2)$$

P = Rüzgar Gücü (W/m^2)
V = Rüzgar Hızı (m/s)
P = Hava yoğunluğu (kg/m^3) değerlerine karşılık gelmektedir.

Dolayısıyla formül incelendiğinde üretilen rüzgar gücü ile rüzgar hızı arasında üçüncü dereceden bir orantı olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Yaptığımız bu çalışmada, Konya iklim şartlarında bir evin elektrik ihtiyacının güneş ve rüzgar enerjisi kullanılarak karşılanması incelenmiştir. Kurulan sistem üzerinde, güneş enerjisinden elektrik üreten 130 Watt değerinde 6 adet güneş paneli kullanılmıştır. Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi çatısına kurduğumuz bu sistem üzerinden, Eylül 2011 ve Şubat 2012 tarihleri arasındaki 5 aylık güneş enerjisi verisinin ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu tarihler arasında üretilen kullanım fazlası elektrik enerjisi, 12 Volt 140 Ampersaatlik 4 adet jel akü üzerinde depolanmıştır. Şarj kotrol cihazı ile günlük, haftalık ve aylık bazda veri ölçümleri yapılmıştır.

Sisteme 2012 Mayıs ayı itibariyle 300 W gücünde bir rüzgar türbini, 12 Volt 140 Ampersaatlik 4 adet jel akü daha ilave edilmiştir. Mayıs ve temmuz ayları arasındaki 3 aylık zaman diliminde rüzgar türbininden gelen veriler kayıt altına alınmış ve ölçümler yapılmıştır.

Sistemden elde ettiğimiz veriler şu şartlar altında analiz edilecektir:

- Güneş Enerjisi ölçümleri sonbahar ve kış aylarına denk geldiği için, Konya iklim şartlarına göre güneş ışınım şiddetinin ve güneşlenme süresinin yüksek olduğu tarihlerin verileri ölçülememiştir. Fakat Elektrik İşleri Etüt İdaresinden temin edilen Konya'nın geçmişteki 10 yıla ait güneş enerjisi kayıtları baz alınarak mevcut kayıtlar yılın tüm aylarına göre değerlendirilmiştir.
- Kurduğumuz sistem toplamda 780 watt güç değerindeki güneş panellerden oluşmakta olup, güneşlenme süresinin düşük olduğu günlerde bir evin tüm elektrik ihtiyacını karşılayabilecek yeterlilikte değildir. Bu sistemde üretilen elektrik, Teknik Eğitim Fakültesinde bulunan yalnız bir odada kullanılmıştır. Bu mikro sistem üzerinden elde edilen veriler, bir evin ihtiyacına göre yorumlanmıştır.
- Sisteme 2012 mayıs ayı başında 300 W gücünde bir rüzgar türbini eklenmiş ve bu tarihten sonraki 3 aylık zaman diliminde rüzgar enerjisinden elektrik üretimi yapılmıştır.

Konya, güneşlenme süresi ve güneş ışınım şiddeti değerlerine bakıldığında Türkiye ortalamasının üstünde değerlere sahiptir. Kaydettiğimiz 5 aylık verileri analiz ettiğimizde, bir konutun tüm enerji ihtiyacını karşılayabilecek büyüklükte bir temiz enerji sistemi oluşturulduğunda, Konya güneş enerjisinden elektrik üretim uygulamalarının yapılması konusunda, Türkiye'de iyi verim alınabilinecek bir şehir olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle ölçümleri gerçekleştirdiğimiz kampüs alanında rüzgar enerjisinden 4 mevsim faydalanmak mümkündür. Dolayısıyla özellikle kış aylarında güneş panellerinden gelen enerjinin yetersiz olduğu durumlardaki enerji açığını kapatmak ve sadece güneş panelleriyle kurulacak bir sistem yerine, sisteme dahil edilen bir rüzgar türbini ile birlikte oluşan hibrit sistem üzerinden daha iyi sonuçlar alınmaktadır. Örneğin günlük 5 saatlik bir çalışma sonucunda 300 Watt değerindeki rüzgar türbini 1.5 kW, 780 Watt değerindeki güneş panelleri ise 3.9 kW enerji üretmektedir. Böylece toplamda günlük 5.4 kW'lık bir enerji üretilmektedir. Bu da ortalama düzeyde enerji tüketimi olan bir evin günlük enerji ihtiyacını karşılamaktadır.

Fakat temiz enerji sistemlerinde kullanılan güneş panellerinden, evirici, şarj regülatörü gibi cihazların pek çoğunun ithal ve hala pahalı teknolojiler olması sebebiyle, sistemin ilk kurulum maliyetleri yüksek olmaktadır. Bir evin elektrik ihtiyacı, başlığı altında hesapladığımız, günlük 5kW elektrik tüketimi olan bir konutun tüm elektrik ihtiyacını karşılayacak hibrit bir temiz enerji sisteminin maliyeti genel bir hesapla, 25.420 TL olarak bulunmuştur. Bu kurulum maliyetinin geri finanse edilmesi uzun yıllar almaktadır. Yine günlük 5 kW elektrik tüketimi olan bir evin, aylık 150 kW tüketimi olmaktadır. Bu da vergiler dahil aylık 55 TL'lik bir tutara denk gelmektedir. Bu hanenin yıllık toplamda 660 TL'lik elektrik harcaması olmaktadır. Bu değerler düşünüldüğünde ilk kurulum maliyetinin ne kadar yüksek olduğu görülmektedir.

Fotovoltaik panellerden elektrik eldesi günümüzde pahalı bir yöntem olmakla birlikte, çevreci bir elektrik elde yöntemi olması, en bol bulunan enerji kaynağına doğrudan bağlı olması ve evsel kullanımının mümkün olması sebebiyle birçok Avrupa ülkesi tarafından desteklenmekte ve özel teşvikler uygulanmaktadır. Türkiye'deki temiz enerji yatırımlarının evsel bazda uygulanabilir olmaması kurulum maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

5.2. Öneriler

Temiz enerji teknolojilerinden güneş ve rüzgar enerjisi kullanımının yaygınlaşması için, ilk kurulum maliyetinin düşmesi en önemli etken olacaktır. Bunun içinde güneş paneli üretim teknolojilerinin gelişmesi ve daha ekonomik yollardan üretilmesi gerekmektedir. Bu noktada, büyük çoğunluğu ithal olan bu teknolojilerin üzerindeki gümrük vergileri yükünün kaldırılabilmesi için, yerli üretimin devlet tarafından teşvik edilmesi ve var olan yerli üretimin yeni teknolojilerle geliştirilmesi önem arz etmektedir. Temiz enerji endüstrisindeki ar-ge çalışmalarına verilen destek artarak devam etmelidir. Yenilenebilir enerji endüstrisinde ülkemizin belli bir gelişme düzeyine ulaşacağı zamana kadar, yenilenebilir enerji yatırımlarının devam etmesi ve yatırım yapılabilir olması için temiz enerji sistemlerinin kurulumu için gerekli malzeme ithalatında vergi muafiyetleri sağlanmalıdır.

Ülkemizde her yıl tüketilen enerji miktarında %6'lık bir artış olmaktadır. Bu konuda nüfus artışı ve sanayileşme önemli rol oynamaktadır. Artan bu enerji talebine rağmen fosil kökenli yakıt rezervleri her geçen gün daha da azalmaktadır. Ayrıca Türkiye Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında Kyto Protokolüne imza atmıştır ve sera gazı salınımlarını 1990'daki seviyenin %5 daha altına indireceğini taahhüt etmiştir. Gerek hava kirliliği ve iklim değişikliği problemlerine çözüm olması yönüyle, gerekse giderek azalan fosil kökenli yakıtlara alternatif oluşturması bakımından, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Fosil kökenli enerji kaynaklarının hızla tükendiği ve bir gün tamamen biteceği düşünüldüğünde, enerji kaynakları konusunda dışa bağımlı ülkeler kategorisine giren Türkiye'nin yenilenebilir enerji konusuna maddi ve bilimsel tüm imkanları ile destek vermesi gerekmektedir. Ülkemizin kendi öz kaynaklarının daha etkin bir biçimde kullanımını sağlayacak politika ve projelere ihtiyaç vardır. Bu konuda yapılan arge çalışmaları desteklenmeli ve teşvik edilmelidir. Bu süreçte kamu desteğinde veya bağımsız olarak özel sektör girişimlerinin de olması gerekmektedir.

İnsan sağlığına ve çevreye verdiği zararlı etkileri ile ülkemizin sürdürülebilir ve insani kalkınma hedefi açısından büyük tehdit oluşturan fosil kaynaklı yakıtların kullanımına sınırlama getirilmesi ülkemiz açısından çok önemlidir. Ayrıca elde edilecek olan yeni ve kullanışlı enerji kaynakları sayesinde sanayiye büyük ölçüde artı değer sağlanacak ve Türk firmalarının yabancı firmalar karşısındaki rekabet edilebilirliği de bu yolla artmış olacaktır.

Gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye'nin enerji ihtiyacı günden güne artmaktadır. 2002 yılında 129 milyar kW saat olan enerji tüketimimiz, 2010 yılına gelindiğinde 211 milyar kW saat düzeyine ulaşmıştır. 2023 yılına gelindiğinde bu ihtiyacın 450 milyar kW saat olacağı öngörülmektedir. Petrol ve doğal gaz kaynakları bakımından zengin olmayan ülkemizin ileriki yıllardaki enerji ihtiyacını öz kaynaklarıyla karşılayabilmesi ve dışa olan bağımlılığının azalması için alternatif enerji kaynakları büyük önem arz etmektedir. Enerji bakanlığı verilerine göre ülkemiz enerjide % 71 oranında ithalatçı durumundadır. Bugün ülkemizdeki toplam elektrik üretiminin % 43.8 i doğalgaz ile yapılmaktadır. İthal ettiğimiz doğalgaz ile yapılan elektrik üretimi de elektrik maliyetlerini artırmaktadır ve enerjide dışa bağımlılığımızı devam ettirmektedir.

Ülkemiz için enerji konusuna bir bütün olarak bakıldığında, üretim faaliyetlerinin yanında mevcut enerjinin verimli kullanılarak israfın önüne geçilmesi ve enerjideki kayıp kaçakların azaltılması da üretim kalemi kadar önem arz etmektedir. Gerek sanayide gerekse hanelerde kullanılan elektrikli makine, alet ve teçhizatlarda enerji verimliliğinin ön planda tutulması zaten sınırlı olan ülkemiz enerji kaynaklarının özenli kullanılması adına dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur.

Beraberinde bazı önemli riskleri de getirmekle birlikte halen dünya genelinde 30 ülkede 442 nükleer enerji santrali aktif faaliyet göstermektedir ve dünya üzerindeki elektrik üretiminin %13.5' i nükleer santrallerden karşılanmaktadır. Dolayısıyla ilgili araştırma, inceleme çalışmaları iyi yapılarak ve gerekli bütün tedbirler alınarak nükleer santrallerden elektrik üretimi yapılması ülkemizin menfaatine olacaktır.

KAYNAKLAR

Anonim, 1998, TÜBİTAK, Çevre Dostu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile İlgili Teknolojiler.

Anonim, 2010, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı http://www.enerji.gov.tr , [Ziyaret Tarihi: 25 Kasım 2011].

Anonim, 2011, http://www.sunpowerltd.com, [Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2011].

Anonim, 2011-2, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, http://www.eie.gov.tr , [Ziyaret Tarihi: 24 Ekim 2011].

Anonim, 2012, http://www.aysolar.com , [Ziyaret Tarihi: 9 Ocak 2012].

Anonim, 2012-2, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, http://www.yegm.gov.tr , [Ziyaret Tarihi: 30 Haziran 2012].

Anonim, 2012-3, Bozkurt, E., Güneş Paneli Sisteminin Kurulması ve Maliyet Hesabı , http://elektrikport.com, [Ziyaret Tarihi: 20 Haziran 2012].

Anonymous, 2010, http://www.windpower.org , [Ziyaret Tarihi: 25 Kasım 2011].

Anderson, D., 1996, Energy and the Environment: Technical and Economic Possibilities, Finance & Development, s.10.

Bachtırı, R.E., "Modeling of A Pumping Photovoltaic Station – Tracking of Optimal Operating Point", International Forum on Renewable Energies FIER'2002 Proceedings, Volume 1.

Bahtiyar, B., 2006, Fotovoltaik Sistemleri İçin Gerçek Zamanlı Bir İzleme Merkezi Tasarım Ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

Bilgili, M., Şahin, B., Akıllı, H., 22-24 Mayıs 2003, Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesine Etki Eden Parametrelerin Analizi, I. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Denzili, 76-82, 7 s.

Birlikbaş, Mu.Bnb. A. İ., 2001, Enerji Darboğazı ve Türkiye'nin Alternatifleri, Tez, Harp Akademileri Komutanlığı, 31-32s.

Bozkurt, A. U., 2008, Yenilenebilir Enerji kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Bull, S.R., 2001, Renewable energy today and tomorrow, Proceedings of IEEE, 89, 8, 1216-1226.

Camerlynck, J., 2004, Modelling of Renewable Energy Systems in the Maldives, Utrecht University, Netherlands.

Çelebi, G. 2002. Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 17, No:3, Ankara.

Çelik, B.G. 2002. Fotovoltaik Modüllerin Mimaride Uygulama Olanakları-Eskişehir İçin Bir Örnek Çalışma, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Çıtıroğlu, A., 2000, Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi, Mühendis ve Makina, 485, 32-37s.

Elhadidy, M., A., Shaahid, S., M., 1999, Feasibility of hybrid (wind + solar) power systems for Dhahran, Saudi Arabia Renewable Energy, 16, 970-976 p.

Engin M. ve Çolak, M, 2005, Güneş-rüzgar hibrit enerji üretim sisteminin incelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 11. sayı 2. p.225-230.

Evrendilek, F. and Ertekin, C. , 2003, Assessing The Potential Of Renewable Energy Sources In Turkey, Renewable Energy, Volume 28, Issue 15, s.2304.

Fanney, A.H., Dougherty, B.P., "Building Integrated Photovoltaic Test Facility", Journal of Solar Energy Engineering, August 2001, Vol. 123 / 199.

Gasch, R., Twele, J., 2002, Wind power plants: fundamentals, design, construction and operation, Solarpraxis AG, Berlin.

Gökçöl C., Dursun B., Sunan E., Rüzgar Enerjisi İle Gebze'de Bir Evin Elektrik İhtiyacının Karşılanması, ELECO 2008, Bursa.

Göksal, T., 1998, Mimaride Güneş Enerjisi, Anadolu Üniversitesi Yayınları,Eskişehir.

Güneş,İ., 2006, Bir Rüzgar Türbininin Modellenmesi, Simulasyonu Ve Kontrolu, Yüksek Lisans Tezi, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Hepbaşlı, A., Özdamar, A., Özalp, N., 2001, Present status and potential of renewable energy sources in Turkey, Energy Sources, 23, 631-648 p

Haskök, A. Ş., 2005, Türkiye'nin Mevcut Enerji Kaynaklarının Durum Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Hongxing Y., Wei Z., Chengzhi L., 2008, Optimal design and techno-economic analysis of a hybrid solar-wind power generation system, Applied Energy, 86., 163-169.

Jardan, R., Nagy, I. and Schendl, N., 2004, enhanced utilisation of solar radiation for the generation of electric energy, IEEE Africon, 1, 619-624.

Karadağ, H. İ., 2009, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Rüzgar Türbini Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kaynak, S., 2005**,** Enerjinin Verimli Kullanımına Yaklaşımlar, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.533.

Koussa A.S., Haddadi M., Belhamel M., 2009, Economic and technical study of a hybrid system (wind–photovoltaic–diesel) for rural electrification in Algeria, Applied Energy, 86, 1024-1030.

Köse, R., Işık, A., Buran, D., Özgür, M.A., Erbaş, O., Urtekin, L., 2002, Kütahya'da Seçilen Bir Konumda Rüzgar Verileriyle Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin Bulunması, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, Proje No:17, Kütahya, 75 s.

Köse, F., 2003, "Rüzgar Ölçüm İstasyonu Elektrik İhtiyacının Mini Darrieus-Savonius Türbinleriyle Karşılanması", Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyum ve Sergisi, Kayseri, 217-224.

Köse, F., 2011, "Konya Bölgesi Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Bunun Kullanılmasında Lisanslı ve Lisanssız Üretimlerin Değerlendirilmesi", 1. Konya Kent Sempozyumu, Konya, 471-486.

Kutlu, S., "Güneş Tarlası ile Elektrik Enerjisi Üretimi Ve SDÜ Kampüs Alanında Bir Uygulama Analizi", Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta, 2002.

Lagorse J., Paire D., and Miraoui, A., 2009, Sizing optimization of a stand-alone street lighting system powered by a hybrid system using fuel cell, PV and battery, Renewable Energy, 34, 683-691 p.

Liu L., ve Wang Z., 2009, The development and application practice of wind–solar energy hybrid generation systems in China, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 1504–1512.

Oğulata, T., Oğulata, N., 2002, Solar energy potantial in Turkey, Energy Sources, 24,1055-1064p.

Oktik, Ş. 2001. Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara.

Oluklulu, Ç. 2001. Güneş Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırılmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Öner, U., 2007, Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları ve Bor Madeninin Endüstride Kullanım Alanlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özerdem, B., 2003, Türkiye'de rüzgar enerjisi uygulamalarının gelisimi ve geleceği, Mühendis ve Makina,509, 25-30s.

Patel, M., R., 1999, Wind and solar power systems, CRC Press, 472p, New York,USA.

Peker, Z., 2002, Rüzgar enerjisinin çevresel etkileri ve bu etkilerin azaltılmasında planlamanın rolü, Mühendis ve Makina, 509, 36-40 s.

Rehman, S., 2003, Wind Energy Resources Assessment for Yanbo, Saudi Arabia, Energy Conversion and Management, vol.45, p:2019-2032.

Carlson, R., Felnhofer, D., Rondeau, P., "Design And Construction Of A Maximum Power Tracking System For A Solar Panel", Course Number:24.400, Group Number:6

Roth, K., 2005, "Fueling The Future", Popular Mechanics, 18: 9-16 .

Sayın, S., 2006, Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Setiawan A.A., Zhao Y., Nayar C.V., 2009, Design, economic analysis and environmental considerations of mini-grid hybrid power system with reverse osmosis desalination plant for remote areas, Renewable Energy, 34, 374-383.

Şahin, B., Bilgili, M., Akıllı, H., 2004, The Wind Power Potential of the Eastern Mediterranean Region of Turkey, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.93, p:171-183.

Şen, Z., 1999, Terrain Topography Classification For Wind Energy Generation, Renewable Energy, vol.16, p.904-907.

Taşdemiroğlu, E., 1987, Wind Energy Assessment in Turkey, Energy, vol.12, p.1-9.

Tokgozlü, A., Aslan, Z., 2002, Isparta'da Otomatik Rüzgar Hızı Ölçümlerinin Analizi, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, s.537-544.

Yerebakan, M., 2001, Rüzgar Enerjisi, Su Matbacılık Ltd Şti., İstanbul.

Yeşilkaya, M.A.,1998, "Güneş Pillerinin Mikroişlemci ile Konum Kontrolünün Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldız, A. 2003. Fotovoltaik Modüllerin Binalarda Kullanımı ve PVSYST 3.21 Yazılımı ile Bir Binanın Simülasyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Yılmaz, U., 2008, Gökçeada'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Elektrik Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Zhou, W., Lou, C., Li, Z., Lu, L., and Yang, H., 2010, Current status of research on optimum sizing of stand-alone hybrid solar–wind power generation systems, Applied Energy, 87, 380-389 p.

Wu, W., Pongratananukul, N., Qiu, W., Rustom, K., Kasparis, T., Batarseh. I., "Dsp-Based Multiple Peak Power Tracking For Expandable Power System", Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2003. APEC'03. 18th Annual IEEE, Volume: 1, 2003 Page(s): 525-530.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Celal Karaca
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : Ereğli-Konya 14.08.1986
Telefon : 05443420626
Web : http://celalkaraca.com
e-mail : Karaca42@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Atatürk Lisesi,Ereğli,Konya	2003
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi,Konya	2009
Yüksek Lisans	:	-	
Doktora	:	-	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2006	TRT	Stajyer
2009	Gentaur Biotechnology(Brüksel)	Stajyer
2010 - 2012	MEB	Öğretmen
2012 - …	Aksaray Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

YABANCI DİLLER

İngilizce
Konuşma :Upper Intermediate
Anlama :Upper Intermediate
Yazma :Intermediate
Okuma :Intermediate
Lehçe
Okuma :Elementary
Yazma :Elementary
Anlama :Elementary
Konuşma :Elementary

KURSLAR VE ETKİNLİKLER

(2010) Leading and Managing Education in Europe Intensive Programme (Dublin/İrlanda)
University Collage Dublin Merkezli Eğitim Programı & Sertifika
(2008)KOMEK Dış Ticaret Eğitimi (Konya)
4 ay süreli Dış Ticaret Eğitimi & Sertifika
(2007-2008) Erasmus Exchange Student Programı
PWSZ(Legnica/Polonya) Üniversitesi 1 eğitim dönemi değişim öğrencisi
(2007) Famelab Bilim Güzeldir Yarışması (British Council,Kanal D,ODTU)
Kanal D Genç Bakış Programı,Bilim Güzeldir Yarışması Finalisti ve Bilim Elçisi Ödülü
(2007) KOSGEB-Selçuk Üniversitesi (Konya)
Girişimcilik ve Kariyer Eğitim Programı & Sertifika
(2007) TOFSED & Konya Gözetmen Kurulu
Türkiye Otomobil Sporları Yarış Gözetmenliği Eğitimi & Sertifika
(2005-2006) Gençnet Gelişim Projesi Uygulaması (Ereğli&Akşehir İlçeleri)
Üniversite Adayı Öğrencilere ÖSS döneminde Bölümlerin ve Üniversitelerin Tanıtılması Projesi Selçuk Üniversitesi Temsilcisi
(2005) Konevi Kültür Merkezi (Konya)
5 ay süreli Diksiyon ve Güzel Konuşma Eğitimi & Sertifika
(2004) Ünal Eğitim Merkezi (Ereğli/Konya)
160 günlük Bilgisayar Oparatörlüğü Kursu & Sertifika
(2004) Ünal Eğitim Merkezi (Ereğli/Konya)
120 günlük,Temel İngilizce Kursu & Sertifika

İLGİ ALANLARI

Bilgisayar ve Bilişim Teknolojileri
İnternet ve İnternet tabanlı teknolojiler
Bilimsel Çalışmalar
Kültürler, Diller ve Yaşam Tarzları
Her konu hakkında araştırma yapmak ve fikir sahibi olmak
Sağlıklı Yaşam
Fotoğrafçılık
Kişisel Gelişim