

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KONUTLARDA HİBRİT ENERJİ KULLANIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk. Müh. Nazan KOCA

Enstitü Anabilim Dalı : ELK-ELEKTRONİK MÜH.

Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet Ali YALÇIN

Ağustos 2006

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KONUTLARDA HİBRİT ENERJİ KULLANIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk.Müh. Nazan KOCA

Enstitü Anabilim Dalı : ELK.-ELEKTRONİK MÜH.

Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK

Bu tez 10 / 08 / 2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr. Mehmet Ali YALÇIN
Jüri Başkanı**

**Prof. Dr. Ertan YANIKOĞLU
Jüri Üyesi**

**Yrd. Doç. Dr. Kemal ÇAKIR
Jüri Üyesi**

TEŐEKKÖR

Tezin hazırlanması aŐamasında bana her tÖrlÖ desteği veren danıŐman hocam sayın Prof. Dr. Mehmet Ali YALÇIN`a ve yardımını esirgemeyen herkese teŐekkÖrÖ bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİ.....	5
2.1. Güneş-Rüzgar-Hidroelektrik Hibrit Enerji Sistemleri.....	6
2.2. Güneş-Hidrojen Hibrit Enerji Sistemi.....	7
2.3. Güneş-Rüzgar-Hidrojen Hibrit Enerji Sistemi.....	7
2.4. Güneş-Rüzgar Hibrit Enerji Sistemi.....	7
2.5. Hidrojen-Doğalgaz Hibrit Enerji Sistemi.....	8
BÖLÜM 3.	
GÜNEŞ ENERJİSİ.....	10
3.1. Güneş Enerji Teknolojileri.....	11
3.1.1. Isıl (termal) güneş teknolojileri.....	11
3.1.1.1. Düşük sıcaklık sistemleri.....	11
3.1.1.2. Yüksek sıcaklık sistemleri.....	12
3.1.1.3. Yoğunlaştırıcı sistemler.....	12

3.1.2. Güneş kollektörlü sıcak su sistemleri.....	13
3.1.2.1. Tabi dolaşımli sistemler.....	13
3.1.2.2. Pompalı sistemler.....	14
3.1.2.3. Açık sistemler.....	14
3.1.2.4. Kapalı sistemler.....	14
3.1.3. Güneş pili (fotovoltaik-PV) sistemi.....	14
3.1.3.1. Güneş pilinin yapısı ve çalışması.....	16
3.2. Güneş Enerji Sistemleri.....	18
3.2.1. Güneş enerjili ısıtma sistemleri.....	18
3.2.1.1. Sıvı bazlı ısıtma sistemleri.....	18
3.2.1.2. Hava bazlı ısıtma sistemleri.....	20
3.2.1.3. Isı pompalı ve yardımcı ısı kaynaklı sistemler.....	21
3.2.2. Güneş enerjili soğutma sistemleri.....	22
3.2.2.1. Kapalı çevrimli, sıvı soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma sistemleri.....	23
3.2.2.2. Kapalı çevrimli, katı soğurmalı (adsorpsiyonlu) soğutma sistemleri.....	23
3.2.2.3. Açık çevrimli, katı soğurmalı (desesif) soğutma sistemleri.....	24
3.2.2.4. Güneş enerjili buhar-jet soğutma sistemleri.....	25
3.2.1.3. Güneş enerjili diğ er soğutma sistemleri.....	25

BÖLÜM 4.

RÜZGAR ENERJİSİ.....	26
4.1. Rüzgar Enerji Sistemleri.....	26
4.1.1. Rüzgar jeneratörü.....	27
4.1.2. Şebeke bağlantılı rüzgar elektrik sistemleri.....	27

BÖLÜM 5.

HİDROJEN ENERJİSİ.....	29
5.1. Hidrojen Üretimi.....	30
5.1.1. Doğrudan ısı metodu.....	30
5.1.2. Termokimyasal metod.....	30

5.1.3. Elektrolitik metod.....	30
5.1.4. Fotolitik metod.....	31
5.1.5. Piroliz metod.....	31
5.2. Yakıt Pili ve Çalışma Prensibi.....	31
5.3. Yakıt Pili Çeşitleri.....	34
5.3.1. Düşük sıcaklık yakıt pilleri.....	36
5.3.1.1. Alkalın yakıt pilleri.....	36
5.3.1.2. Katı polimer yakıt pilleri.....	37
5.3.1.3. Mark 700-900 yakıt pili.....	38
5.3.2. Yüksek sıcaklık yakıt pilleri.....	38
5.3.2.1. Erimiş karbonat yakıt pilleri.....	38
5.3.2.2. Fosforik asit yakıt pilleri.....	39
5.3.2.3. Katı oksit yakıt pilleri.....	39
5.3. Yakıt Pili Sistemi.....	40
BÖLÜM 6.	
BİOMAS ENERJİ.....	41
6.1. Biomas Artık ve Atıklarının Değerlendirilmesi.....	43
6.1.1. Biogaz.....	43
6.1.2. Çöp termik santralleri.....	44
BÖLÜM 7.	
MODEL EV TASARIMI.....	45
7.1. PV Modül ve Rüzgar Jeneratörü Modelleme.....	46
7.1.1. Model evde güneş pili tasarımı.....	47
7.1.2. Model evde rüzgar jeneratörü tasarımı.....	50
BÖLÜM 8.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

E_{PV}	: PV modülünün ürettiği net enerji
η_p	: PV modül verimi
η_d	: Güç çevrim ve elektronik cihazların toplam verimi
A	: Modül alanı
G	: Birim alana düşen güneş ışınımı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Güneş-Rüzgar-Hidroelektrik hibrit enerji sistemi.....	6
Şekil 2.4.	Güneş-Rüzgar hibrit enerji sistemi.....	8
Şekil 2.5.1.	Konutlarda uygulanan hidrojen enerji sisteminin yapı şeması.....	9
Şekil 2.5.2.	Hidrojen enerjisinin konut içinde devir daim şeması.....	9
Şekil 3.	Güneşten gelen ışınımın dağılımı.....	10
Şekil 3.1.1.1.	Düzlemsel güneş kollektörü.....	12
Şekil 3.1.3.	Şebekeden bağımsız güneş pili enerji sistemi.....	16
Şekil 3.1.3.1.	Güneş pili yapısı.....	17
Şekil 3.2.1.1.	Sıvı bazlı sıcak su ve ısıtma devresi temel prensip şeması	19
Şekil 3.2.1.2.	Hava bazlı ısıtma sisteminin prensip şeması.....	21
Şekil 5.2.1.	Şematik yakıt pili.....	32
Şekil 5.2.2.	Yakıt pili birimleri.....	33
Şekil 5.4.	Yakıt pili sistemi.....	40

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 7.1.	Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.....	45
Tablo 7.2.	Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.....	46
Tablo 7.3.	Türkiye'nin bölgesel rüzgar hızı tablosu.....	46
Tablo 7.1.1.	Örnek evde karşılanması istenen aylık enerji (yük).....	47
Tablo 7.1.1.1.	Karadeniz bölgesine ait yaklaşık güneşlenme süresi.....	47
Tablo 7.1.1.2.	PV modül teknik özellikleri.....	48
Tablo 7.1.1.3.	Hesaplanan modül sayısı.....	48
Tablo 7.1.1.4.	PV modüllerinin aylık üretimi.....	49
Tablo 7.1.1.5.	Akü kapasitesinin hesabı.....	49
Tablo 7.1.1.6.	PV- model ev için maliyet analizi.....	50
Tablo 7.1.2.1.	Rüzgar jeneratörü maliyet analizi.....	50

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, Hibrit enerji sistemleri

Bu çalışmada, mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarındaki teknolojik gelişmeler ayrı ayrı incelenmiş, ayrıca sistem verimliliğini artırmak ve enerji sürekliliğini devam ettirmek amacıyla kullanılan hibrit enerji sistemleri açıklanmıştır.

Örnek PV modül ve rüzgar jeneratörü uygulaması ile müstakil bir evin yaklaşık sistem maliyet hesabı yapılmıştır.

USING HYBRID ENERGY AT HOME

SUMMARY

Key words: Re-newable energy sources, Hybrid energy systems.

In this study, Technologies of re-newable energy sources have been examined individually and besides hybrid energy systems which is used to increase to system of productivity and to continue to energy of continuity have been realized.

For a self-contained house, model PV module and wind generation has been projected and system cost approximately has been calculated.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun temel girdilerinin karşılanmasında, ülkelerin sosyal ve ekonomik olarak kalkınmasında en önemli gereksinimlerinden biridir. Dünya üzerinde mevcut enerji kaynakları fosil (kömür, petrol, doğalgaz), nükleer ve yenilenebilir tiptedir. Dünya nüfusu ve endüstriyel gelişmelere paralel olarak enerji gereksinimi giderek artarken fosil yakıtların yol açtığı çevre kirliliği ve rezervlerinin giderek azalması temiz, yenilenebilir, yaygın ve kullanımı pratik enerji kaynaklarını geliştirme yönündeki araştırmalara giderek daha fazla pay ayırmayı zorunlu kılmaktadır.

Fosil yakıtlar petrol, doğal gaz ve kömür, enerji tüketimi için alışılmış kaynaklardır ve yararlı olmuştur. Ancak bu yakıtların olumsuz yanları göz ardı edilmemelidir.

Kömür, toprak altında sıkışmış vaziyette bulunmaktadır. Kömür elde etmek için toprak tahrip edilerek kazılmalıdır. Dünyada önemli miktarda kömür kaynağı vardır, ancak kömürün elde edilmesi ve taşınması her gün daha masraflı olmaktadır. Bu maliyet artışının nedeni kolay kömür sağlanan yatakların büyük bölümünün kıymetli ziraat bölgelerindeki toprağın altında bulunmasıdır. Ziraat için yararlı olan topraklarda yapılan tahribatın telafi edilmesi zordur. Zarar gören topraklardaki değer kaybının kömürün maliyetine ilave edilmesi gerekir.

Kömür ve petrol yanınca muhtelif kimyasal maddeler meydana gelir. Bunlar arasında kükürt dioksit maddesinin asit yağmuru yapmasından başka karbon dioksit oluşması çok zararlı bir olgudur. Karbon dioksit yeşil bitkiler tarafından kullanılır ancak çok miktarda üretildiği takdirde atmosferin üst tabakalarına yerleşir ve güneş enerjisine bir kapan tesiri yapar. Sonuç olarak “Sera Etkisi” yaşanır. Küresel ısınmanın nedeni bu olaydır.

Fosil yakıt kullanımı sonuç olarak zararlı ve yıkıcı bir güç yaratmaktadır. Fosil yakıtların nihai amacı ısıtma, elektrik üretimi, hareket gücü olabilir. Bu amaçlardan hepsinin son durumunda yanma olayı meydana gelir. Fosil yakıtlar yanınca içinde karbon ve kükürt bulunan gazlar, kurum, kül, katran damlacıkları ve organik bileşikler oluşur. Bunlar atmosfere yayılarak hava kirliliği yaratırlar. Ayrıca bulutlarda ve yağmur damlacıklarında eriyik duruma gelen kükürt oksit ve azot oksit çökeltilerinin meydana getirdiği sülfürik asit ile nitrik asitten oluşan asit yağmuru dünyayı etkisi altına alarak insanları, hayvanları ve ziraat ürünlerini olumsuz etkiler.

Fosil yakıt kaynakları sonsuz değildir ve bu kaynaklar yenilenememektedir. Mevcut fosil yakıtlar bir gün bitecektir. Durum böyle olmasına rağmen dünya nüfusunun çoğalması, hayat standartlarını yükseltmek isteyen ülkelerin enerji talebinin artması nedenleriyle petrol ve doğal gaz kaynaklarının 25 yıl sonra tükeneceği düşünülmektedir. Petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki sürekli artışın temelinde bu olgu yer almaktadır. Petrol ve doğal gaza nazaran kömür kaynakları yaklaşık olarak 20 kat daha fazladır. Ancak tüketimi, çevrenin aşırı derecede bozulmasına neden olacaktır.

Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı; yakıt konusunda kısmen dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzluklar doğurmaktadır. Bu nedenle yerel doğal zenginlikler konumunda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem taşımaktadır.

Nükleer enerji, enerji sorunlarına çare olarak gözüke de bu enerjiyi meydana getiren kaynaklar arz kabuğunun içinde sıkışmış durumdadır, miktarı sabittir, yenilenmez ve tüketilince bitecektir. Buna ilave olarak nükleer enerji üretimi sonunda oluşan nükleer çöpten kurtulmak ayrı bir sorun yaratmaktadır. Nükleer enerji ile ilgili sıkıntılar bundan ibaret değildir. Güvenlik önlemlerinin ihmal edilmesinden kaynaklanan ve patlama sonucu oluşan radyoaktif serpinti, insanların hastalanmasına ve bitkilerin zarar görmesine neden olmaktadır.

Güneş enerjisi hem bol ve bedava hem de sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşunun yanında insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici atıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi, işletme kolaylığı, dışa bağımlı olmaması,

karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi ve işletme masraflarının az olması gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda fosil yakıtlardan meydana gelen çevresel etkilerin azaltılması için kullanılan yaygın yenilebilir enerji kaynaklarından biridir.

Türkiye'nin, yıllık güneşlenme süresi 2640 saattir. Buna göre, ülkemiz üzerine yılda 80 Mtep güneş enerjisi düşmektedir. Ağırlıklı olarak güneş enerjisinden sıcak su eldesinde yararlanılmakta ve bu, 287 Btep / yıl değerinde enerji güneş toplacıları (kollektörler) ile elde edilmektedir. Güneşten, 1 MW / yıl değerinde çok az bir miktarda elektrik üretilmektedir. Güneş enerjisinden, güneş termik santralleri ve güneş pilleri ile doğrudan elde edilmektedir. Şebekeden bağımsız güneş pili aydınlatma sistemleri, ısıtma-soğutma, elektrik eldesi için kullanılmaktadır.

Dünyaya gelen güneş enerjisinin yaklaşık % 2'si rüzgar enerjisine dönüşmektedir. Türkiye'nin rüzgar enerjisi toplam potansiyeli 88.000 MW'tır. Rüzgar enerjisinden, mekanik olarak su pompajında, elektrik eldesinde, jeneratörler ve santrallerde yararlanılmaktadır. Rüzgar enerjisi santralleri şebekeye bağlı olmayan ve şebekeye bağlı olarak iki şekilde uygulanmaktadır. Bireysel (şebekeye bağlı olmayan santral) türbinlerde elde edilen elektrik, akülerde depolanabilir veya diğer kaynaklarla kombine olarak (güneş, sıvı yakıtlar gibi) kullanılabilir.

Ülkemizin brüt jeotermal elektrik potansiyeli, dünyada yedinci sırada ve 4.500 MW değerindedir. Bu enerjiden konutlarda ısıtma, sera ısıtmacılığı, kaplıçalarda ve elektrik üretiminde yararlanılmaktadır. Türkiye'de jeotermal elektrik üretim miktarı çok düşüktür. Elektrik üretimi ve entegre ısıtma sistemleri için uygun sahalara: Denizli-Kızıldere, Aydın-Germencik, Aydın-Salavatlı, Çanakkale-Tuzla, Manisa-Salihli, Kütahya-Simav, İzmir-Seferihisar, Aydın-Yılmazköy'dedir. 150 °C sıcaklıktan düşük jeotermal kaynaklar, verim düşüklüğü nedeniyle doğrudan elektrik eldesinde kullanılamamaktadır.

Biyokütle enerji teknolojisi kapsamında; odun (enerji ormanları, ağaç artıkları), yağlı tohum bitkileri (ayçiçek, kolza, soya vb.), karbo – hidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, vb.), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, vb.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, vb.), hayvansal atıklar ile şehirselleştirilmiş ve

endüstriyel atıklar değerlendirilmektedir. Biyokütle yenilenebilir, her yerde yetiştirilebilen, sosyo-ekonomik gelişme sağlayan, çevre dostu, elektrik üretebilen enerji kaynağıdır. Biyokütle doğrudan yakılarak veya çeşitli süreçlerle yakıt kalitesi artırılıp mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde alternatif biyoyakıtlar (kolay taşınabilir, depolanabilir ve kullanılabilir yakıtlar) elde edilerek enerji teknolojisinde değerlendirilmektedir.

Geleceğin en önemli yakıtı olarak hidrojen, geleceğin yakıt teknolojisi olarak ise yakıt pilleri görülmektedir.Hidrokarbon kaynaklarından ve biyoteknolojik olarak hidrojen elde etmek mümkündür. Hidrojen alışlagelmiş birincil yakıtların tümüne alternatif olarak doğrudan yakılarak veya yakıt pillerinde elektriğe dönüştürülerek kullanılabilir [1,2,3].

Bu teknolojik gelişmelere ek olarak iki veya daha fazla enerji kaynağının hibrit kullanılması sistem verimliliğini ve enerji sürekliliğini artırarak dışa bağımlılığı azaltacaktır [4].

BÖLÜM 2. HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİ

Hibrit Enerji Sistemi, enerji depolamada daha iyi denge, kararlılık ve verimlilik sağlamak amacıyla iki ya da daha fazla enerji kaynağının kullanımından oluşur. Hibrit enerji sistemi mevcut farklı enerji (özellikle de yenilenebilir enerji) kaynaklarının kullanımını kolaylaştırarak bu tür kaynaklardan sabit gücü sağlar ve ayrıca mevsimlik değişimlerde dış enerji bağımlılığını azaltır.

Dünyada mevcut yenilenebilir enerjinin bir çoğu güneş enerjisinin farklı biçimlerinden oluştuğu halde yaygın olarak hibrit enerji sistemleri güneş ve rüzgar enerji kaynaklarını kullanır. Örneğin rüzgarlar genellikle kışın güçlü eser ve güneş yayılımı yazın daha yüksektir [5]. Ancak güneş ve rüzgar enerjisinin bulunmadığı zaman ve yerler olabilir. Bu nedenle bu enerjilerin mevcut oldukları zamanda depolanması zorunludur. Bu açıdan hidrojen enerjisi enerji deposu olarak iyi bir yakıttır [6].

Hibrit enerji sisteminin yapı ve modeli mevcut enerji kaynak çeşitliliğini dikkate alır ve tüketimde enerji sistemini destekler. Örneğin enerji tüketimi gece esnasında yoğun olur. Bu yüzden güneş – rüzgar enerji hibrit sistemde rüzgar unsuru güneş enerjisinden daha fazla yardım sağlayacaktır. Geceleyin rüzgar tarafından üretilen enerji doğrudan depolanmadan kullanılabilirdiği halde batarya gün boyu üretilen güneş ve rüzgar enerjisini depolamaya ihtiyaç duyacaktır.

Teknik faktörlerden başka maliyet de önemli bir faktördür. Genellikle yalnız rüzgar enerjisinin kullanımı yalnız güneş enerjisinin kullanımından daha ucuzdur. Ancak bölgede rüzgar kaynağı sınırlı olursa rüzgar sistemi, istenilen gücü üretebilmek için daha büyük boyutlu olmak zorundadır ve bunun sonucu olarak sistemin maliyeti de artacaktır.

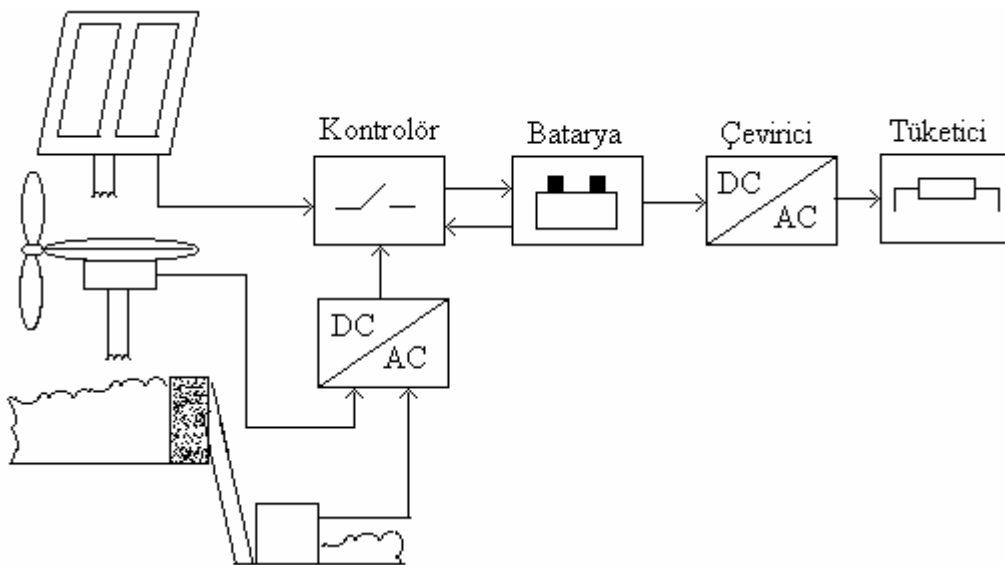
Hibrit enerji sistemlerinin karmaşıklığından dolayı son zamanlarda bilgisayar teknolojisinin avantajı ile bilgisayar simülasyonu popüler olmuştur.

Bilgisayar modelleme; hibrit enerji sistemini kurmak, modellemek, ve planlamak için kullanılan çeşitli mühendislik ve ekonomik parametrelerin optimizasyonuna izin verir. Özellikle bilgisayar simülasyonu herhangi bir yeni sistemde uygulama çalışmalarını yerine getirebilmekte ve sistem çalışmasında oluşabilecek problemleri tespit edebilmektedir.

2.1. Güneş-Rüzgar-Hidroelektrik Hibrit Enerji Sistemleri

Güneş – Rüzgar – Hidroelektrik enerji kaynaklarından oluşan tipik hibrit enerji sistem döngüsünün çalışma prensibi Şekil 2.1. 'de gösterilmiştir.

Rüzgar ve hidro jeneratörlerden üretilen güç, bataryayı şarj etmek için sonradan DC'ye dönüştürülen AC gerilimdir. Kontrolör bataryayı ani yük kayıplarından ya da aşırı yüklenmeden korur. Yüksek voltaj, sistem kayıplarını azaltmak amacıyla kullanılabilirdiği halde çevirici normal olarak bölgede kullanılan güç sistemine bağlı olarak düşük DC gerilimi 110 V veya 230 V AC gerilime dönüştürmek için geliştirilmiştir [5].



Şekil 2.1. Güneş - Rüzgar-Hidroelektrik hibrit enerji sistemi

2.2. Güneş-Hidrojen Hibrit Enerji Sistemi

Güneş – Hidrojen enerji sistemi, güneş enerjisinin doğrudan (ışık) ve dolaylı formlarının (rüzgar, ısı, hidrolik) ucuz elektrik üretiminde kullanılması, bu elektrikle başta su olmak üzere çeşitli kaynaklardan hidrojen elde edilmesi ve hidrojenin ulaşım, konut, sanayi ve elektrik üretimi gibi fosil yakıtların kullanıldığı bütün uygulamalarda kullanılmasına dayanır. Elektroliz olayında elde edilen oksijen ise atmosfere bırakılır veya yakıt hücrelerinde elektrik üretimi sırasında kullanılmak üzere depolanır [7].

Güneş enerjisi her ne kadar çevre açısından sağlıklı ise de, sürekli değil aralıklı olarak elde edilebilmektedir. Güneş enerjisi genelde ortalama olarak bir günün yaklaşık üçte biri süresince üretilebilir özellik göstermektedir. Güneş ışığının şiddeti sabahın erken saatlerinde ve akşam sularında çok az, öğle sonrasında ise çok fazla olmaktadır. Güneş enerjisi, ışık şiddetinin yüksek olduğu zamanda depolanmalı ve daha sonrasında mevcut olmadığında kullanılmalıdır. Bu nedenle hidrojen, güneş enerjisinin dezavantajlarını çok iyi telafi eder [6].

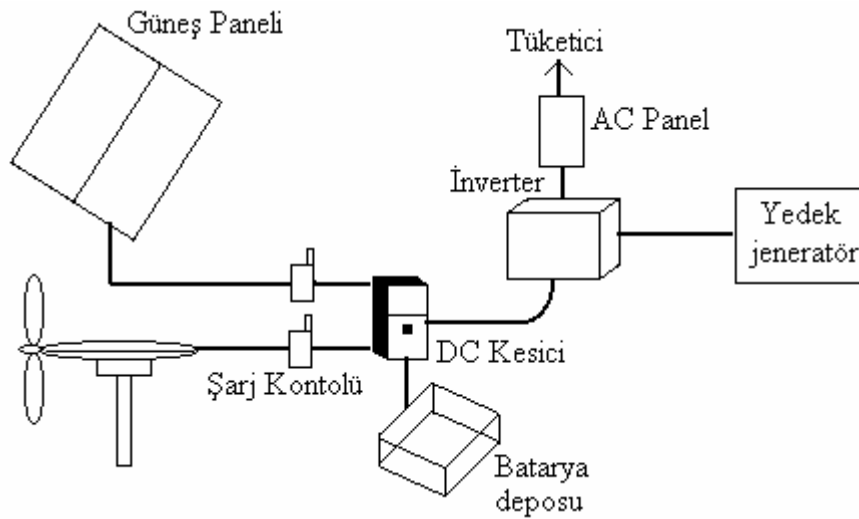
2.3. Güneş – Rüzgar – Hidrojen Hibrit Enerji Sistemi

Bu sistemde elektroliz için gerekli olan elektrik rüzgar türbini ve fotovoltaik oluşturulmaktadır. Elektrik üretebilecek seviyede rüzgar ve güneş olduğu zaman hidrojen üretilmekte ve depolanmaktadır. Yeteri kadar rüzgar veya güneşin olmaması durumunda yakıt hücresinde üretilen hidrojen kullanılarak elektrik elde edilir. Dolayısıyla sürekliliği olan temiz bir elektrik üretim sistemi kurulmuş olmaktadır [7].

2.4. Güneş – Rüzgar Hibrit Enerji Sistemi

Bu sistemde rüzgar türbini ve / veya fotovoltaik düzen gücü üretir. Rüzgar türbini ile üretilen güç düzeltme sistemi yoluyla 24 ya da 48 Volt DC'ye dönüştürülür. DC güç sonradan şarj kontrol mekanizmasından beslenir, DC kesici devre bataryaların şarj olmasına izin verir ve elektrik sisteminden DC kısmın ayrılması için bir metod sağlar. DC kısmın kesik olduğu sürede batarya güç çeviriciyi devreye alır. Güç

çevirici bataryadan DC sinyalleri alır ve bir çok evde kullanılmak üzere 110 V AC güç üretir. Çevirici aynı zamanda doğrudan doğruya diğer jeneratörlerle kararlılık sağlar. Bu çalışma göstermiştir ki çoğu jeneratör AC gerilim hattı üretir. Eğer bataryalar mevcut şarj seviyesinden aşağı düşerse ya da yenilenebilir enerji sisteminde bir hata olursa genellikle bağlantılı otomatik transfer anahtarı jeneratörü devreye alır. Gücü, doğru akıma çevirmeye ve şarj kontrol mekanizması boyunca beslenmeye ihtiyaç duyan bataryaları şarj etmek için yedek jeneratör kullanılır. Son adım çeviricinin ucunu gücü tüm evin her tarafına dağıtan ev elektrik paneline bağlamaktır [8].

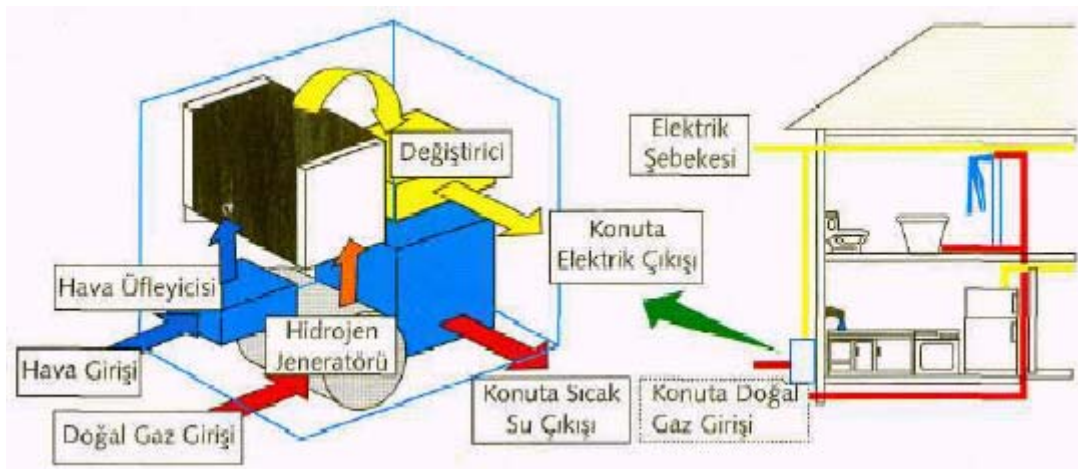


Şekil 2.4. Güneş – Rüzgar hibrit enerji sistemi

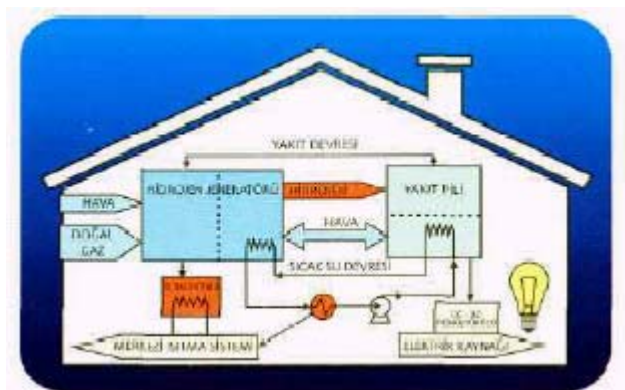
2.5. Hidrojen – Doğalgaz Hibrit Enerji Sistemi

Konutlarda uygulanan Hidrojen enerji sistemleri şekil 2.5.'de görüldüğü gibi yakıt pili, doğru akımı değişken akıma çeviren dönüştürücü, doğal gazdan hidrojen üreten hidrojen jeneratörü, yakıt pilini açık havadaki oksijen ile besleyen hava üfleyici, sıcak su üreten ısı radyatörü olmak üzere beş üniteden meydana gelmektedir. Doğal gaz şebekesinden alınan gazdan hidrojen üretilerek yakıt piline gönderilir. Hava üfleyicisi açık havadaki oksijeni yakıt piline göndererek hidrojen ile oksijenin yakıt pili içerisinde birleşmesi sağlanır. Bunun neticesinde elektrik enerjisi, saf su ve ısı açığa çıkar.

Elektrik enerjisi konutun ihtiyacını karşıladığı gibi yakıt pilindeki ısı, su ısıtmada ya da konutun ısıtmasında kullanılır. Bu sistemler ulusal sistemlere paralel çalışacak şekilde dizayn edilmişlerdir. Aşırı enerji talebinde yakıt pilinin gücünün üstüne çıkan elektrik enerjisi talebi şebekeden karşılanır. Sistemin en büyük avantajı ulusal şebekelerde meydana gelen elektrik kesintisinden ve dalgalanmalardan etkilenmemesidir. Konutlarda hidrojen enerji sistemleri uygulamada genellikle 1 kW, 2 kW, 5 kW, 10 kW'lık üniteler üretilmektedir [9].



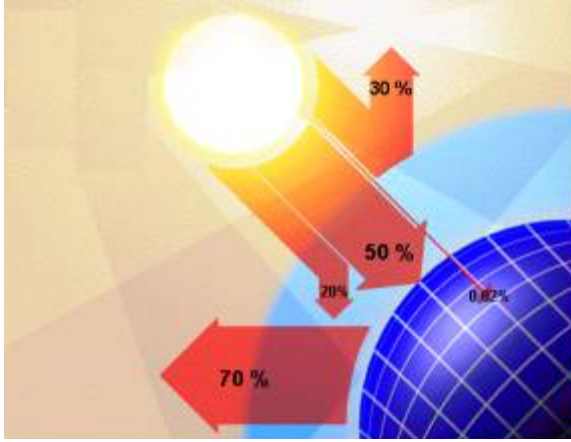
Şekil 2.5.1. Konutlarda uygulanan hidrojen enerji sisteminin yapı şeması



Şekil 2.5.2 Hidrojen enerjisinin konut içinde devir daim şeması

BÖLÜM 3. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışınım enerjisidir ve güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Şekil 3.'de Güneşten gelen ışınımın dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 3. Güneşten gelen ışınımın dağılımı

Güneş ışınımının tamamı yer yüzeyine ulaşmaz, %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır. Güneş ışınımının %50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgar hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur. Güneşten gelen ışınımının %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulur. Yer yüzeyine gelen güneş ışınımının %1'den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Dünyaya gelen bütün güneş ışınımı, sonunda ısıya dönüşür ve uzaya geri verilir.

3.1. Güneş Enerji Teknolojileri

3.1.1. Isıl (termal) güneş teknolojileri

Isıl Güneş teknolojilerini düşük sıcaklık sistemleri, yüksek sıcaklık sistemleri ve yoğunlaştırıcı sistemler olmak üzere üç gruba ayırabiliriz.

3.1.1.1. Düşük sıcaklık sistemleri

Düşük sıcaklık sistem uygulamalarında basitliği ve ucuzluğu nedeniyle en yaygın olarak kullanılan düzlemsel güneş kolektörleridir.

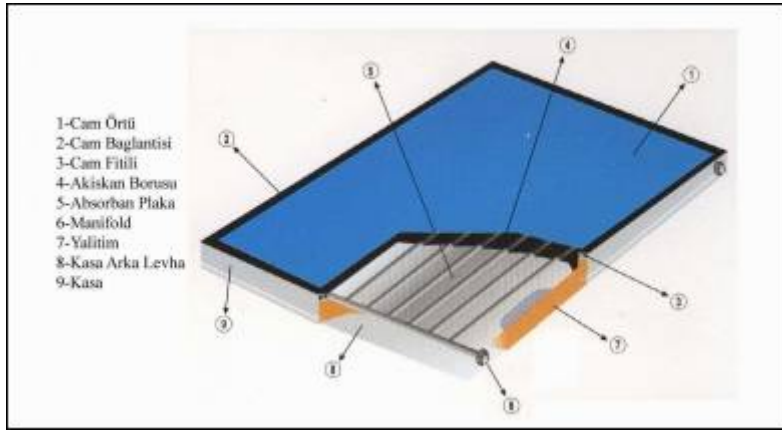
Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisini ısı enerjisi olarak bir akışkana aktaran aygıtlardır. En çok evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık 70 °C civarındadır. Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur (Şekil 3.1.1.1.). Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanır.

Üst örtü, kolektörün üstten olan ısı kayıplarını en aza indirgeyen ve güneş ışınlarının geçişini engellemeyen bir maddeden olmalıdır. Cam, güneş ışınlarını geçirmesi ve ayrıca absorban plakadan yayınlanan uzun dalga boylu ışınları geri yansıtması nedeni ile örtü maddesi olarak son derece uygun bir maddedir.

Absorban plaka kolektörün en önemli bölümüdür. Güneş ışınları, absorban plaka tarafından yutularak ısıya dönüştürülür ve sistemde dolaşan sıvıya aktarılır. Absorban plaka tabanda ve üstte birer manifold ile bunların arasına yerleştirilmiş akışkan boruları ve yutucu plakadan oluşur [10].

Kollektör kasası olarak alüminyum, paslanmaz çelik, galvanize çelik plastik ve tahta gibi değişik malzemeler kullanılmaktadır. Kullanılan malzemeye göre, gövde tasarımı değişiklik gösterir. Birçok modül kolektör ekstruze alüminyum profilden yapılmıştır. Ekstruze alüminyum profil hafiftir. Modül boyutlarında mümkün olan en

yüksek esnekliğe sahiptir. Daha karmaşık şekiller profile entegre edilebilir. Maliyetleri de oldukça düşüktür. Galvanize veya paslanmaz çelik uygulamalı gövdelerin kullanımı ile ağırlığı oldukça yüksek kasalar elde edilmektedir. Kasa yalıtkanın ıslanmasını önleyebilecek sızdırmazlıkta olmalıdır. Özellikle kollektör giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Yapımında kullanılan malzemelerin ısıl genleşmeleri dikkate alınarak boyutlanmalıdır [11].



Şekil 3.1.1.1. Düzlemsel güneş kollektörü

3.1.1.2. Yüksek sıcaklık sistemleri

Yüksek sıcaklıklar verebilen vakumlu kollektörlerde absorban yüzey cam boru içerisine alınmış ve cam boru ısı kayıplarını azaltmak için vakumlanmıştır. Çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için düzlemsel kollektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca güneşli soğutma sistemlerinde kullanılabilir.

3.1.1.3. Yoğunlaştırıcı sistemler

Yoğunlaştırıcı sistemler direkt güneş ışınımından yararlanarak yüksek sıcaklıkta buhar üretirler ve elektrik üretiminde kullanılırlar [12]. Bu sistemler parabolik oluk kollektörler ve parabolik çanak kollektörlerdir.

Parabolik oluk kolektörler, doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemlerin en yaygınıdır. Kollektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Kolektörün iç

kısımındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini, kollektörle odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya odaklarlar. kollektörler genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için absorban boruda bir sıvı dolaştırılır. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklığa ulaşabilirler (350-400 °C).

Parabolik çanak kollektörler, iki eksenle güneşi takip ederek, sürekli olarak güneşi odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak, termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir ya da odak bölgesine monte edilen bir Stirling makine yardımı ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Çanak-Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde % 30 civarında verim elde edilmiştir.

3.1.2. Güneş kollektörlü sıcak su sistemleri

Güneş kollektörlü sıcak su sistemleri, güneş enerjisini toplayan düzlemsel kollektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Güneş kollektörlü sistemler tabii dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Her iki sistem de ayrıca açık ve kapalı sistem olarak dizayn edilirler.

3.1.2.1. Tabii dolaşımli sistemler

Tabii dolaşımli sistemler ısı transfer akışkanının kendiliğinden dolaştığı sistemlerdir. kollektörlerde ısınan suyun yoğunluğunun azalması ve yükselmesi özelliğine dayanmaktadır. Bu tür sistemlerde depo kollektörle üst seviyesinden en az 30 cm yukarıda olması gerekmektedir. Deponun alt seviyesinden alınan soğuk (ağır) su kollektörlerde ısınarak hafifler ve deponun üst seviyesine yükselir. Gün boyu devam eden bu olay sonunda depodaki su ısınmış olur. Tabii dolaşımli sistemler daha çok küçük miktarda su ihtiyaçları için uygulanır. Deponun yukarıda bulunması

zorunluluđu nedeniyle büyük sistemlerde uygulanamazlar. Pompa ve otomatik kontrol devresi gerektirmediđi için pompalı sistemlere göre biraz daha ucuzdur.

3.1.2.2. Pompalı sistemler

Isı transfer akışkanının sistemde pompa ile dolaştırıldığı sistemlerdir. Deposunun yukarıda olma zorunluluğu yoktur. Büyük sistemlerde su hatlarındaki direncin artması sonucu tabii dolaşımın olmaması ve büyük bir deponun yukarıda tutulmasının zorluğu nedeniyle pompa kullanma zorunluluğu doğmuştur. Pompalı sistemler otomatik kontrol devresi yardımı ile çalışırlar. Depo tabanına ve kollektör çıkışına yerleştirilen diferansiyel termostatın sensörleri; kollektörlerdeki suyun depodaki sudan 10 °C daha sıcak olması durumunda pompayı çalıştırarak sıcak suyu depoya alır, bu fark 3 °C olduğunda ise pompayı durdurur. Pompa ve otomatik kontrol devresinin zaman zaman arızalanması nedeniyle işletilmesi tabii dolaşımli sistemlere göre daha zordur.

3.1.2.3. Açık sistemler

Açık sistemler kullanım suyu ile kollektörlerde dolaşan suyun aynı olduğu sistemlerdir. Kapalı sistemlere göre verimleri yüksek ve maliyeti ucuzdur. Suyu kireçsiz ve donma problemlerinin olmadığı bölgelerde kullanılırlar.

3.1.2.4. Kapalı sistemler

Kullanım suyu ile ısıtma suyunun farklı olduğu sistemlerdir. Kollektörlerde ısınan su bir eşanjör vasıtasıyla ısınıyı kullanım suyuna aktarır. Donma, kireçlenme ve korozyona karşı çözüm olarak kullanılırlar. Maliyeti açık sistemlere göre daha yüksek verimleri ise eşanjör nedeniyle daha düşüktür.

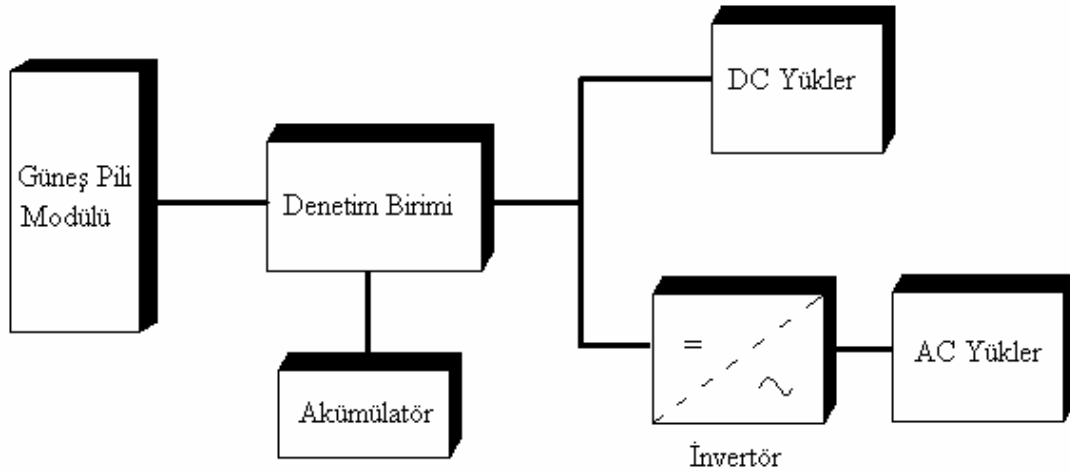
3.1.3. Güneş pili (fotovoltaik – PV) sistemi

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Güneş pilleri, güç çıkışını artırmak

amacıyla birbirlerine seri ya da paralel olarak bağlanmış ve bir yüzey üzerine monte edilmiş olarak kullanıma sunulurlar. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir [10]. Fotovoltaik pille sağlanan elektrik enerjisi, kesinlikle çevre kirliliği yaratmaz ancak fotovoltaik pilin kendi malzemesinin imalatı esnasında çok az miktarda çevre kirliliği olmaktadır. Elektrik cırcıyanı üretilirken kullanılmayan güneş ışınları yansıyarak çevreyi ısıtır.

Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Uzun ömürlüdür, hareketli parçaları yoktur, çevre dostudur ve istenilen büyüklükte imal edilebilir [3].

Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220 V, 50 Hz.'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir. Bazı sistemlerde, güneş pillerinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazı bulunur. Şebekeden bağımsız bir güneş pili enerji sisteminin şeması şekil 3.1.3.'de verilmektedir.



Şekil 3.1.3. Şebekeden bağımsız güneş pili enerji sistemi

Binalarda daha çok küçük güçlü kullanım şekli görülen şebeke bağlantılı güneş pili sisteminde, konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir.

3.1.3.1. Güneş pilinin yapısı ve çalışması

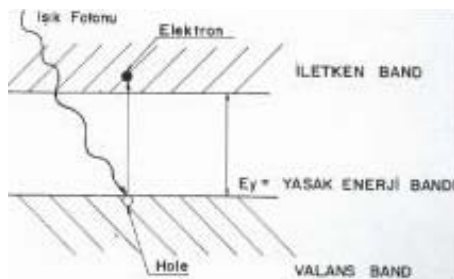
Günümüz elektronik ürünlerinde kullanılan transistörler, doğrultucu diyotlar gibi güneş pilleri de, yarı-iletken maddelerden yapılırlar. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir.

Yarı-iletken maddelerin güneş pili olarak kullanılabilmesi için n ya da p tipi katkılanmaları gereklidir. Katkılama, saf yarıiletken eriyik içerisine istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. Elde edilen yarı-iletkenin n ya da p tipi olması katkı maddesine bağlıdır. En yaygın güneş pili maddesi olarak kullanılan silisyumdan n tipi silisyum elde etmek için silisyum eriyiğine periyodik cetvelin 5. grubundan bir element, örneğin fosfor eklenir. Silisyum'un dış yörüngesinde 4, fosforun dış yörüngesinde 5 elektron olduğu için, fosforun fazla olan

tek elektronu kristal yapıya bir elektron verir. Bu nedenle V. grup elementlerine "verici" ya da "n tipi" katkı maddesi denir.

P tipi silisyum elde etmek için ise, eriyiğe 3. gruptan bir element (alüminyum, indiyum, bor gibi) eklenir. Bu elementlerin son yörüngesinde 3 elektron olduğu için kristalde bir elektron eksikliği oluşur, bu elektron yokluğuna hol ya da boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere de "p tipi" ya da "alıcı" katkı maddeleri denir.

P ya da n tipi ana malzemenin içerisine gerekli katkı maddelerinin katılması ile yarıiletken eklemeler oluşturulur. N tipi yarıiletkende elektronlar, p tipi yarıiletkende holler çoğunluk taşıyıcısıdır. P ve n tipi yarıiletkenler bir araya gelmeden önce, her iki madde de elektriksel bakımdan nötrdür. Yani p tipinde negatif enerji seviyeleri ile hol sayıları eşit, n tipinde pozitif enerji seviyeleri ile elektron sayıları eşittir. PN eklem oluştuğunda, n tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, p tipine doğru akım oluştururlar. Bu olay her iki tarafta da yük dengesi oluşana kadar devam eder. PN tipi maddenin ara yüzeyinde, yani eklem bölgesinde, P bölgesi tarafında negatif, N bölgesi tarafında pozitif yük birikir. Bu eklem bölgesine "geçiş bölgesi" ya da "yükten arındırılmış bölge" denir. Bu bölgede oluşan elektrik alan "yapısal elektrik alan" olarak adlandırılır. Yarıiletken eklemine güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaj dönüşümünün sağlanması gerekir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur, ikinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır.



Şekil 3.1.3.1. Güneş pili yapısı

Yarıiletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bandlar valans bandı ve iletkenlik bandı adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans banttaki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Böylece, elektron-hol çifti oluşur. Bu olay, pn eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise elektron-hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları n bölgesine, holleri de p bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder. Yarıiletkenin iç kısımlarında da, gelen fotonlar tarafından elektron-hol çiftleri oluşturulmaktadır. Fakat gerekli elektrik alan olmadığı için tekrar birleşerek kaybolmaktadırlar [10].

3.2. Güneş Enerji Sistemleri

3.2.1. Güneş enerjili ısıtma sistemleri

Güneş Enerjili ısıtma sistemlerini ısı transferinde kullanılan akışkanın çeşidine göre sıvı bazlı ve hava bazlı olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür.

3.2.1.1. Sıvı bazlı ısıtma sistemleri

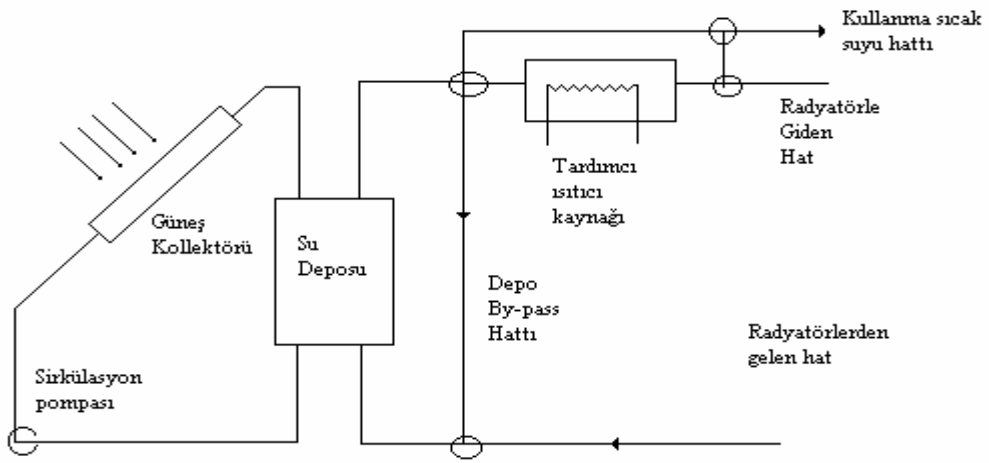
Güneşten elde edilen enerjiyi depoya ve eve aktarmak için kullanılan akışkanın sıvı olduğu sistemdir. Bu sıvı genel olarak “su”dur.

Bu sistemler bir güneş kolektörü, bir su deposu ve bir ısı değiştiriciden meydana gelirler. Sistemin yeterliliğine bağlı olarak harici bir yardımcı ısı kaynağı da devreye bağlanabilir.

Güneş kolektörlerinden transfer edilen ısı bir sirkülasyon pompası ile depoya aktarılır. Depodaki sıcak suyun çevrimi otomatik olarak kontrol edilebilir. Örneğin yaz aylarında depodaki sıcak suyun ısıtma devresine akışı kesilebilir ve sadece sıcak su gereksinimleri için devreye verilir. Kış aylarında ise ısıtma sisteminin vanaları

ısıya termostatların kontrolünde ısıtma devresine (kalorifer tesisatına) sıcak su verilebilir.

Bu sistemler ayrıca yardımcı ısıtıcılarla da donatılmıştır.İhtiyaç duyulduğu durumlarda yardımcı ısıtıcı devreye otomatik olarak girer. Devre konutun hem sıcak su ihtiyacını karşılamak hem de konutun ısıtılmasını sağlamak için şekil 3.2.1.1.'de basit bir devre şeması çizilmiştir.



Şekil 3.2.1.1. Sıvı bazlı sıcak su ve ısıtma devresi temel prensip şeması

Temelde aynı olan fakat biraz daha kompleks devre uygulamaları da mevcuttur. Bu sistemlerin işleyişleri daha farklı ve daha verimlidirler ancak ilk yatırım maliyetleri basit devrelere göre daha yüksektir.

Bu sistemde ilk etapta güneş kolektörü tarafından emilen ısıyı kolektör akışkanı (bu akışkan genel olarak glikol bazlı bir karışımdır) vasıtası ile ısı değiştirici tarafından suya aktarıldığı görülür. Isı değiştiricisinin çalışabilmesi için dış ortam sıcaklığının değiştiriciyi çalıştıracak sıcaklıkta olmalıdır. Birinci ısı değiştiricisi ile depo tarafından ısıtılan su, deponun sıcaklığının artmasına neden olur. Dış ortam sıcaklığının düşmesiyle birlikte evin ısı ihtiyacı ortaya çıkacağından depodan ısı çekilmeye başlanacaktır. Aynı zamanda depo suyu sıcaklığına bağlı olarak diğer bir hat vasıtası ile ev içi musluklarda kullanılacak su için ön ısıtma yapılabilir. Depodan alınacak suyu, ikinci ısı değiştiricisinden geçirerek musluklara gönderilecek suyun

biriktirildiği ön ısıtma sıcaklığını arttırmaya çalışabiliriz. Eğer depo suyu sıcaklığı ön ısıtma tankını yeteri kadar ısıtmaz ise yardımcı bir ısı kaynağı ile suyun sıcaklığı istenilen bir seviyeye çıkarılabilir.

Diğer taraftan, evin ısıtılması için ana deponun sıcak üst kısmından su çekilmeye başlanır. Depodan evin ısı ihtiyacına göre alınan su, üçüncü ısı değiştiricisine gider. Bu sirkülasyon sırasında evin ısıtma tesisatına (radyatör hattına) gönderilen su ısıtılmış olur. Eğer depodaki su sıcaklığı evin ısı yükünü karşılayacak seviyede değilse ek bir yardımcı ısıtıcı ile evin ihtiyacı karşılanır. Depo suyu sıcaklığı üçüncü ısı değiştiricisini çalıştıramayacak kadar düşük ise evin tüm ısı yükü bu yardımcı kaynağı tarafından sağlanır.

Bu sistemin çalışmasını küçük bir kontrol mekanizması ile sağlayabiliriz. Bu kontrol mekanizması kollektörden gelen akışkanın, ana deponun, ön ısıtma tankının ve evin sıcaklığı ile ısı ihtiyacını algılayarak pompaları açıp kapar ve vanaların konumunu değiştirerek akışkana yol verir. Böylece sistemin çalışması mantık elemanlarıyla kontrol edilmiş olur. Ayrıca bu kontrol sayesinde yardımcı ısı kaynaklarının ne kadar devrede kalacakları belirlenmiş olur.

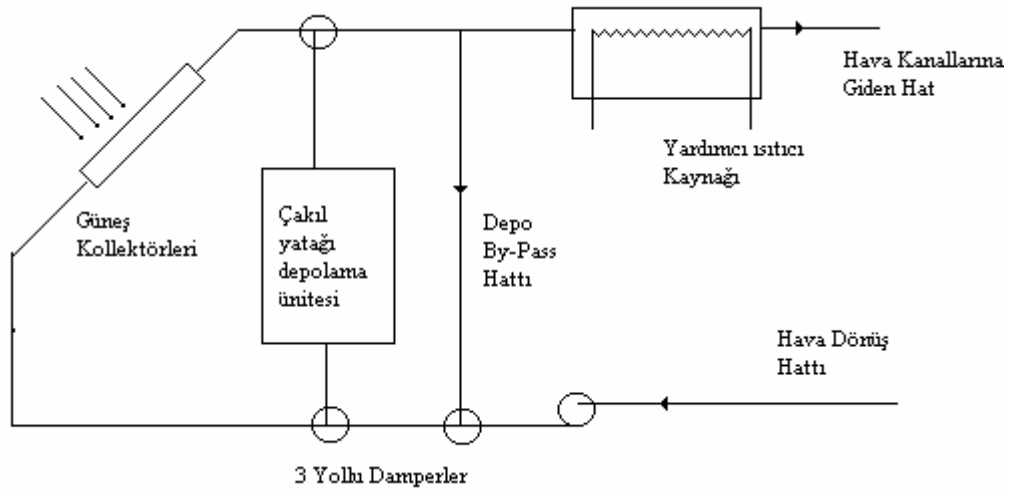
3.2.1.2. Hava bazlı ısıtma sistemleri

Bazı güneş enerjili ısıtma sistemlerinde ısı iletim akışkanı olarak hava kullanılır. Hava bazlı sistemlerin su bazlı sistemlere karşı birtakım üstünlükleri olmasına rağmen su bazlı sistemler daha fazla rağbet görürler.

Hava bazlı sistemlerin dinamik cevabı su bazlı sistemlere göre daha hızlıdır çünkü hava bazlı sistemlerin ısı kapasiteleri daha az ve dolayısıyla sıcaklıkları düşüktür. Bu da kolektör verimini artırır. Ancak hava bazlı ısıtma sistemlerinde en büyük sorun elde edilen enerjinin depolanmasıdır.

Sıcak hava, suya göre birkaç kat daha fazla yer işgal eder. Enerjinin depolanması büyük hacim gereksinimleri duyar. Depolama işlemleri de bu nedenle doğal yerlerde örneğin kaya yataklarında yapılır. Ayrıca depolanan enerji sıcak hava olduğundan

havayı sirküle etmek için daha büyük güçlere ihtiyaç vardır. Hava bazlı sistemler ihtiva ettikleri depo sayısına göre tek depolu, iki depolu ve deposuz olmak üzere üç kısma ayrılır.



Şekil 3.2.1.2. Hava bazlı ısıtma sisteminin prensip şeması

3.2.1.3. Isı pompalı ve yardımcı ısı kaynaklı sistemler

Deposuz sistemlerden olan bu sistemler pek çok projede uygulama alanı bulmuştur. Sistem genel olarak 4 temel modda çalışır. Evin ısı ihtiyacı yokken ısı üfleçleri kapalı durumdadır. Yani sistem kapalı moddadır. Dış ortam sıcaklığının $0^{\circ} C$ ' nin altında olmadığı ve kondensör çıkışındaki hava sıcaklığının ısı ihtiyacını karşılamaya yettiği durumlarda çalışan moddur. Ek ısıtma olmaz. Kondansör çıkış sıcaklığının yeterli olmadığı durumlarda çalışan moddur. İlave ısıtıcı devrededir. Dış ortam sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda ısı pompasının çalışması güçleşir. Bu modda evin ısı ihtiyacının tümü yardımcı ısıtıcıdan karşılanır.

Isı pompalı sistemler elektrikli ısıtmaya nazaran 3-6 misli daha iyidirler. Çevre kirliliğine neden olmamaları aynı tesisatla hem ısıtma hem soğutma yapabilmeleri gibi özellikleri nedeni ile son yıllarda uygulama alanı bulmuşlardır. Elektrik kaynaklı ısıtma sistemleri, elektrikli ısıtıcılar ve pahalı yakıtlara göre geniş bir yer tutar.

Soğuk kış aylarında buharlaşma sıcaklığının evaporatöre havalı olan sistemlerde şebeke suyu sıcaklığından düşük olması yoğuşma sıcaklığının da düşük olması, elden geldiğince yüksek tutulması gerekliliği nedeni ile yoğuşma ve buharlaşma sıcaklıkları arasındaki fark büyür, bu yüzden kompresör daha sık devreye girer ki bu da daha çok elektrik enerjisi demektir. Bu nedenle buharlaşma sıcaklığının başka bir kaynak yardımı ile yükseltilmesi gerekir ki, bu iş için en uygun kaynak güneş enerjisidir.

Güneş enerjisinin yetmediği anlarda devreye girecek yardımcı ısıtma sistemlerinden biride ısı pompasıdır. Yüksek buharlaşma sıcaklıklarında ısı pompasının performansı oldukça yüksektir [11].

3.2.2. Güneş enerjili soğutma sistemleri

Güneş enerjisi ile soğutma sistemleri üç farklı açıdan gruplandırılabilir. Bunlar; kullanılan soğutma tekniği, kullanılan güneş enerjisi toplama sistemi ve elde edilmek istenen soğutmanın sıcaklığıdır. Güneş enerjisi yardımıyla soğutma sistemlerini, soğutma prosesinin türüne, kullanılan aracı maddenin fazına, çevrimin açık – kapalı olmasına göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir.

Elektrik esaslı sistemlerde, fotovoltaik piller kullanılarak güneş enerjisi yardımıyla elektrik üretilmekte ve bu elektrik bir soğutma sistemini (klasik buhar sıkıştırmalı veya Peltier) çalıştırmak üzere kullanılmaktadır.

Isıl sistemler ise ısıl dönüşümlü ve ısıl – mekanik sistemler olarak iki grupta incelenir. Isıl – mekanik sistemlerde güneş enerjisi yardımıyla elde edilen ısıl enerji bir güç çevrimine (örneğin Rankine) aktarılmakta, güç çevriminin çıktısı ise klasik bir buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimini çalıştırmaktadır. Isıl dönüşümlü sistemlerde, ısı doğrudan bir soğutma çevrimini çalıştırmak üzere kullanılmaktadır. Isıl dönüşümlü sistemler genel olarak desisif, absorpsiyonlu ve adsorpsiyonlu olmak üzere üç grupta toplanabilir. Ancak kullanılan soğurucunun fazına (sıvı, katı) veya kullanılan çevrimin açık – kapalı olmasına göre değişik uygulamalar mevcuttur.

3.2.2.1. Kapalı çevrimli, sıvı soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma sistemleri

Sıvı absorpsiyonlu soğutma çevriminde buhar – sıkıştırılmalı soğutma sisteminde ki elektrik harcayan kompresörün yerini termik – kompresör adı verilen sistem yer almaktadır. Termik kompresörün çalışabilmesi için enerji girdisi ısı formundadır.

Bu sistemlerde soğutucu akışkan olarak doğal akışkan olan su veya amonyak kullanılmaktadır. Ancak soğutucu akışkana ilave olarak ikinci bir çalışma akışkanına da ihtiyaç vardır. Bu da genellikle soğutucu akışkan, su ise LiBr, amonyak ise amonyak – su karışımı olmaktadır.

LiBr/H₂O'lu soğutma sistemleri güneş enerjisi ile soğutma uygulamaları için en uygun absorpsiyonlu sistemdir. Soğurucusu ve yoğuşturucusu su ile soğutulan sistemlerin çalışabilmesi için gerekli ısı enerjisinin sıcaklığı 70-95 °C arasındadır. Bu sıcaklıklara yaygın olarak kullanılan ve fiyatı daha ucuz olan düzlem levhalı veya vakum tüplü güneş kolektörleri ile ulaşılabilir. Bu sistemlerde soğutucu akışkan su olduğundan donma tehlikesi yaşanmaması için 5 °C'nin altındaki sıcaklıklara inilmesi mümkün değildir.

NH₃/H₂O'lu absorpsiyonlu soğutma sistemi, LiBr/H₂O'lu soğutma sistemlerden daha karmaşık olup gerekli ısı enerjisinin sıcaklığı, su soğutmalı soğurucu ve yoğuşturuculu sistemlerde 95-120 °C, hava soğutmalı sistemlerde ise 125-170 °C mertebesindedir. Bu sıcaklıkları elde edebilmek için daha pahalı olan vakumlu tüplü veya parabolik güneş kolektörlerinin kullanılması gereklidir.

3.2.2.2. Kapalı çevrimli, katı soğurmalı (adsorpsiyonlu) soğutma sistemleri

Güneş enerjisi yardımıyla soğutmada adsorpsiyonlu sistemlerin kullanımı, Tchernev'in zeolitli sistemler üzerinde çalışmasıyla başlamıştır.

Bu tür sistemlerde soğutucu akışkan olarak su ve katı soğurucu olarak silika jel, zeolitler, aktifleştirilmiş karbon ve alumines kullanılmaktadır. Adsorbsiyonlu sistemlerin çalıştırılması için gerekli ısı enerjisinin sıcaklığı 60-90 °C arasında olmalıdır. Bu sıcaklıklar düzlem levhali veya vakum tüplü güneş kolektörlerle temin edilir. Suyun soğutucu akışkan olarak kullanıldığı adsorbsiyonlu soğutma sistemlerinde donma tehlikesinden dolayı üretilen soğutma 0 °C'nin üstünde olmalıdır. Su yerine metanol kullanılarak daha düşük sıcaklıklara inilebilir.

3.2.2.3. Açık çevrimli, katı soğurmalı (desesif) soğutma sistemleri

Açık çevrimler, buharlaşmalı soğutma prensibinden faydalanırlar ve soğuk su üretmek yerine iklimlendirme havasını şartlandırır. Dış hava nemini yüksek olduğu bölgelerde buharlaşmalı soğutmanın uygulanabilmesi için (buharlaşma yoluyla soğutma etkisinin artırılabilmesi) önce dış hava içindeki nemin azaltılması gerekmektedir. Nem alma işlemi için çeşitli sıvı veya katı nem alıcılar kullanılmaktadır. Havanın önce neminin alınıp, sonra da su ile nemlendirilerek soğutulması işlemlerine desesif-buharlaşmalı soğutma denilmektedir.

Güneş enerjisiyle soğutma proseslerinde genellikle katı soğurucular kullanılmaktadır. Katı nem alıcılar genellikle taşıyıcı bir madde ile bu madde üzerine tutturulan nem alıcıdan oluşur. Katı taşıyıcı madde alüminyum folyo, plastik folyo ve selüloz kağıttan yapılırken, nem alıcı olarak suda çözünen higroskopik tuzlar (LiBr, CaCl₂, MgCl₂ gibi), silika jel, moleküler elekler, higroskopik metal oksitler (Al₂O₃ gibi) ve higroskopik plastik folyolar kullanılmaktadır.

Bu tür sistemlerde ısı enerjisi katı soğurucunun (nem alıcı) nemini uzaklaştırmak (rejenerasyon) için gereklidir ve bu enerji güneş kolektörleri tarafından üretilebilir. Nemli hava içerisindeki su buharının kısmi basıncı soğurucunun içindekinden fazla olunca, havadan bu maddeye nem geçişi olur ve böylece havanın nemi azalır. Soğurucunun ısıtılmasıyla da soğurucudan nemi uzaklaştırarak soğurucuyu eski haline getirmek mümkündür. Rejenerasyon için gerekli ısı enerjisinin sıcaklığı

45-95 °C arasındadır ve bu enerji düzlem veya havalı güneş kolektörleri tarafından üretilir.

3.2.2.4. Güneş enerjili buhar – jet soğutma sistemleri

Bu tür sistemlerde klasik buhar – sıkıştırımlı soğutma çevriminde bulunan yoğuşturucu, kısılma vanası ve buharlaştırıcı mevcuttur. Mekanik kompresörün yerini ejektör kompresör almıştır. Kazanda soğutucu akışkana ısı enerji ilave edilmesinden dolayı yüksek basınç ve sıcaklıkta soğutucu akışkan buharlaşır. Buhar, ejektörün lülesinden geçerken hızı artar ve basıncı düşer. Böylece buharlaştırıcı için gerekli düşük basınç oluşturulur.

Buhar – jet soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan olarak su, R11, R113, R114, R141b, R142b, R134a ve HR123 denenmiştir. Bu soğutucu akışkanların kazanda buharlaştırılabilmesi için gerekli kazan sıcaklıkları kazan basıncına da bağlı olarak 60 ile 180 °C arasında değişmektedir.

3.2.2.5. Güneş enerjili diğer soğutma sistemleri

Güneş enerjisi kolektörlerinden sağlanan enerjinin bir Rankine çevrimini ve bu çevrimden elde edilen mil işinin de klasik bir buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin kompresörünü çalıştırması mümkündür. Ancak güneş enerjisi ile beslenmelerinden dolayı Rankine çevriminde çalışma akışkanı olarak yüksek sıcaklıklar için suyun yanında (> 400 °C), daha düşük sıcaklıklar için R113 ve toluene gibi akışkanlar da kullanılmaktadır.

Fotovoltaik piller yardımıyla üretilen doğru akımın bir invertör yardımıyla alternatif akıma çevrilmesi ve bunun da klasik buhar sıkıştırımlı bir soğutma çevrimini çalıştırması mümkündür. Ancak bu tür sistemlerde elektrik enerjisinin depolanması için ilave ünitelere ihtiyaç vardır. Teknik yönden çözülmesi gereken bazı problemleri olan bu sistemin yatırım maliyeti absorpsiyonlu soğutma sistemine göre daha düşüktür [13].

BÖLÜM 4. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar enerjisinin kaynağı güneştir. Rüzgar denilen hava akımları, güneşin yeryüzünü ve atmosferi homojen ısıtmamasından kaynaklanan basınç ve sıcaklık farklarından doğmaktadır.

Rüzgar; hızı, yönü ve esme-saat sayısı gibi özellikleri ile etkili olan bir iklim elemanıdır. Rüzgar enerjisini ortaya koyan en önemli faktör, yükseklikle orantılı olarak değişen hızıdır. Rüzgardan yararlanmayı sağlayan kinetik enerjisi ise; rüzgarın hızının, havanın özgül kütesinin, rüzgarın tutulacağı rotor alanının, rotorun bulunduğu yüksekliğin fonksiyonu olmakta ve hızının üçüncü dereceden kuvveti (küpü) ile orantılı olarak değişmektedir.

4.1. Rüzgar Enerji Sistemleri

Rüzgar enerjisi sistemleri, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltan, çevreyi kirliletmeyen bir enerji sistemidir.

Ayrıca, rüzgar enerjisi sistemleri ilk yatırım masrafları önemli miktarda olduğu halde ömür boyu kullanım ve enerji için para ödemeyi ortadan kaldırdığı için, konvansiyonel enerji sistemleriyle yarışabilir durumdadır [14].

Rüzgar enerjisi, mekanik güç (yel değirmeni, su pompaları vb) olarak kullanıldığı gibi, bir jeneratör aracılığı ile rüzgarın mekanik enerjisi elektrik enerjisine de dönüştürülebilir [15].

Günümüzde rüzgardan elektrik üretimi için büyük güçlü türbinlerle kurulan rüzgar santrallerinin (rüzgar çiftliklerinin) yanında, küçük güçlü türbinler olan rüzgar jeneratörleri de kullanılmaktadır. Bu sistemlere güneş panelleri de eklenerek tüm yıl

boyunca verimli çalışacak hibrit sistemler kurulur. Uygulamada bunlar şebekeden bağımsız çalıştırılan rüzgar jeneratörleri (bireysel 10-100 kW) ve şebeke bağlantılı rüzgar santralleri (rüzgar tarlaları 700-2000 kW) olarak ayrılmaktadır [16].

4.1.1. Rüzgar jeneratörleri

Elektrik üretmek istediğimiz her yerde, rüzgar jeneratörünü kullanmak olasıdır. Rüzgar jeneratörü elektrik üretim sistemini, akülerle dizayn edebilir ve üretilen elektriği depolayabilirsiniz. Böylece rüzgar hızının yeterli olmadığı anlarda, sistem akülerde depolanan enerjiyi kullanacaktır.

Rüzgar jeneratörünün üreteceği elektrik gücü rüzgarın hızıyla orantılıdır. Rüzgar hızı arttıkça üretilen elektrik miktarı da artar. Rüzgar jeneratörleri DC üretirler ve sistem çıkışında AC alınmak istenirse sisteme invertör eklemek gerekir [17].

Şebekeden bağımsız rüzgar elektrik sistemleri birkaç kW ile 100 kW arasında kullanılmakla birlikte, çoğunlukla 30 kW'ı aşmamaktadır. Bu tür rüzgar jeneratörleri üç palli bir çark, transmisyon sistemi, DC jeneratör, yöneltici kuyruk ve fren sisteminden oluşur. Makine daha çok direk tipi pilon üzerine yerleştirilir.

Şebekeden bağımsız büyük güçlü (10-100 kW) sistemler, yedek enerji kaynağı olarak diesel jeneratörlerle paralel çalıştırılmaktadır. Böyle bir sistemde diesel jeneratörün rüzgardan yararlanarak % 40-50 yakıt tasarrufu sağlaması amaçlanmaktadır. Rüzgar-Diesel sistemlerde DC/AC invertör kullanılarak tüketici AC ile beslenmektedir.

4.1.2. Şebeke bağlantılı rüzgar elektrik sistemleri

Rüzgar santralının ana yapı elemanı türbinidir. Günümüz rüzgar türbinleri geliştirilmiş rüzgar enerjisi çevrim sistemleri (WECS) olarak tanımlanır. Rüzgar santrallerinde kullanılan türbinlerin hemen tümü yatay eksenli propeller türbinlerdir. Rotor kanat sayıları bir ile üç arasında değişmektedir. Kanatlar kompozite

malzemeden yapılır. Çoğunlukla up-wind (üst rüzgarlı-rüzgarın kuleden önce rotora çarptığı) tip türbinler kullanılır.

Türbin rotor çapları 18-70 m, rotor süpürme alanları 255-3.850 m², rotor dönü hızları 28-60 rpm arasındadır. Kule yükseklikleri 75 m'ye dek uzanabilmektedir. Çalışmaya başlama için hub (rotor göbeği) yüksekliğinde gerekli rüzgar hızı 3-4 m/s olup, nominal güç üretim koşulu için 11-14 m/s rüzgar hızı gerekmektedir. Türbinler; mikroşlemcili logic kontrol-kumanda sistemli, stall güç ayarlı ve disk frenlidir. Senkron veya asenkron jeneratörlü olmaktadırlar. Transmisyon sistemi bulunmayan değişken hızlı senkron jeneratörlü tipleri de vardır.

Bugün rüzgar santralleri tek türbinli olarak değil, genellikle birden çok türbin içeren ve şebeke ile bağlantılı rüzgar çiftlikleri biçiminde kurulmaktadır. Büyük denilen türbinlerin güçleri 1990 yılında 100-250 kW iken, günümüzde 450 - 2.000 kW arasında bulunmaktadır. Bugünkü uygulamada daha çok 400-1 500 kW'lık türbinler kullanılmaktadır. Ancak, 2 MW'lık türbinler de vardır. Bununla beraber uzunca bir dönem 600 kW-1 MW'lık türbinlerin başat olmaları beklenmektedir. Rüzgar santralleri teknolojisinin geleceğine ilişkin tahminlerde, 3 MW'lık türbinlerin önümüzdeki 25 yıl içinde ticari olarak uygulamaya konulabileceği yönündedir. Şebeke bağlantılı rüzgar santralleri genellikle elektrik iletim hatlarına yakın yörelerde kurulmakta, ya da oraya iletim hattı ulaştırılmaktadır. Ayrıca, yöredeki trafo kapasitesinin santrale uygun olması gerekmektedir.

Teknolojik gelişimle rüzgar türbinlerinin ünite güçleri artırılırken, son beş yıl içerisinde fiyatları düşürülmüştür [16].

BÖLÜM 5. HİDROJEN ENERJİSİ

Dünyanın giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek en ileri teknoloji hidrojen enerji sistemidir.

Hidrojen enerjisinin insan ve çevre sağlığını tehdit edecek bir etkisi yoktur. Kömür, doğalgaz gibi fosil kaynakların yanı sıra sudan, güneşten ve biyokütleden de elde edilen hidrojen, enerji kaynağından çok bir enerji taşıyıcısı olarak düşünülmektedir. Hidrojen yerel olarak üretimi mümkün, kolayca ve güvenli olarak her yere taşınabilen, taşınması sırasında az enerji kaybı olan, ulaşım araçlarından ısınmaya , sanayiden mutfaklarımıza kadar her alanda yararlanılan, gerektiğinde depolanabilen, temiz, tükenmez bir enerji sistemidir.

Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır [18]. Her tip fosil yakıt rafinajdan sonra hidrojen ihtiva eder. Hidrojen ayrıca en büyük enerji kaynağı olan Güneş'te de bulunmaktadır. Güneş yüzde yüz saf hidrojendir ve enerjisi hidrojen atomlarının füzyonundan gelir [6].

Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. 1 kg hidrojen 2.1 kg doğalgaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Hidrojen doğada serbest halde bulunmuyor, bileşikler halinde bulunuyor. En çok bilinen bileşiği ise sudur.

Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı oluyor. Hidrojenin petrol yakıtlarına göre 1.33 kat daha verimli bir yakıt olduğu belirtiliyor.

Hidrojenle üretimin en belirgin ve en üstün özelliklerinden biri de elektriğin depolanabilir olmasıdır. Tabiat şartlarına bağlı olarak düzensiz elektrik üretimi yapan barajlardan, güneş enerjisinden ya da başka kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisi, elektroliz, termoliz, fotoliz, piroliz v.b. yöntemler ile hidrojene çevrilip istenildiğinde kullanılmak üzere depolanabilir, petrol gibi pazara sürülüp satılabilir.[18].

5.1. Hidrojen Üretimi

5.1.1. Doğrudan ısı metodu

Bu metot su, buhar oluşturacak şekilde ısıtılır. Buhar da yaklaşık 1400 °C (2500 °F) veya daha yüksek sıcaklığa kadar ısıtılır. Bu aşamada buhar molekülleri (çok sıcak H₂O) hidrojen ve oksijen gazlarını oluşturacak şekilde parçalanmaya başlar. Sıcaklık arttıkça buhar moleküllerinin parçalanma oranı da artar. Aynı durum buhar basıncı düşürülerek de elde edilir. Yüksek sıcaklıklar ve düşük basınçlar doğrudan ısı metoduyla hidrojen üretmek için en iyi yollardır.

5.1.2. Termokimyasal metod

Bu metotta su buharı moleküllerini parçalamak için 2500-3000 °C (5000-6000 °F) gibi yüksek sıcaklıklara sahip olmak zorunda değildir. 300-1000 °C (600-2000 °F) sıcaklıklarda çok daha soğuk bir su buharı demir tozlarının üzerinden geçirilirse, demir oksijeni tutarak demir oksit oluşturur ve hidrojeni bırakır. Daha sonra demir oksit oksijeni serbestleyecek ve yeniden oksitsiz toz halde demir bırakacak şekilde ısıtılabilir. Bu işlem çok büyük miktarlarda toz demir ile tekrarlanarak yeterince hidrojen gazı elde edilebilir.

5.1.3. Elektrolitik metod

Bu metod için kullanılan hücreler hidrojen ve oksijen üretir. Her hücre, su ve bazı kimyasal maddelerden yapılmış, elektriği iyi ileten bir elektrolit ile bunun içine

daldırılmış iki elektrottan oluşmaktadır ve bir doğru akım elektrik üreticisine bağlanmıştır.

5.1.4. Fotolitik metod

Suyu, hidrojen ve oksijene parçalamak için yüksek sıcaklık veya elektriğe ihtiyaç duymaksızın güneş enerjisini doğrudan kullanan bir metottur. Su, foton denilen güneş ışığındaki çok küçük ışık parçacıklarını emer. Böylece yeterli miktarda foton absorblendiğinde hidrojen ve oksijene parçalanır. Bu olay fotoliz olarak adlandırılır.

Güneş ışığının ultraviyole kısmındaki fotonlar suyun doğrudan fotolizi için gereken yüksek enerjiye sahiptirler. Yine de ultraviyole radyasyonun büyük kısmı yukarı atmosferde ozon tabakası tarafından tutulduğundan yeryüzüne büyük kısmı ulaşmaz. Böylece bu metotta kullanılacak hidrojeni fotoliz yöntemiyle üretilmek için hem güneş ışığına hem de suyun parçalanmasına ihtiyaç duyulur. Güneşi daha kuvvetli etkide bulunacak şekilde kullanmak sağlıklı olmayacağından suyun daha kolay parçalanması için güneş ışığından daha fazla foton yakalayacak belli metal ve mineraller suya ilave edilir [6].

5.1.5. Piroliz metodu

Bir piroliz/gazlaştırma işlemi ile biyokütleden hidrojen elde edilebilir. Biyokütle hazırlama adımı, biyokütle/su bulamacını bir reaktör içinde basınç altında yüksek sıcaklığa ısıtarak sağlanır. Bu işlem biyokütleyi ayrıştırır ve kısmen okside eder böylece hidrojen, metan, CO₂, CO ve nitrojenden oluşan bir gaz meydana gelir. Reaktörün alt bölümünden mineral malzeme boşaltılır. Yüksek sıcaklıkta ayrışma reaktörüne giden gaz akımı içindeki hidrojen miktarı artar. Bundan sonra basınç adsorpsiyon biriminde nispeten yüksek saflıkta hidrojen sağlanır [3].

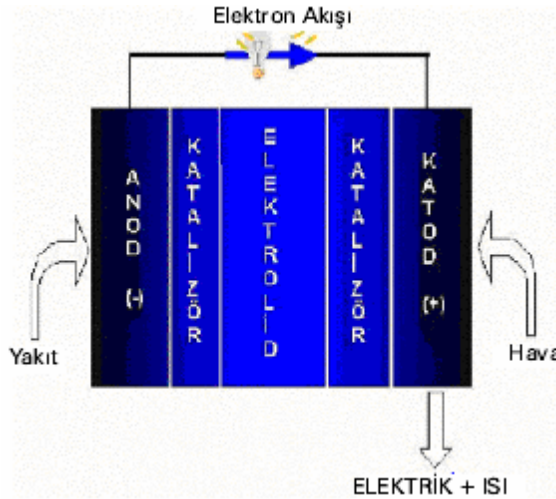
5.2. Yakıt Pili ve Çalışma Prensibi

Yakıt pilinde gaz yakıtlardaki kimyasal enerji, düşük enerjili minimum hareket içeren ve hava kirliliğine sebep olmayan elektrokimyasal bir prensiple temel olarak

elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülür. Yakıt pili, yakıt (direkt kullanımda; hidrojen, dolaylı kullanımda ise; doğal gaz, LPG, metanol vb.) ve oksitleyicinin (hava veya oksijen) kimyasal enerjisini doğrudan elektrik ve ısı formunda enerjiye çeviren güç üretim cihazıdır.

Yakıt pilleri düşük gürültü seviyesinde az kirletici açığa çıkararak yüksek verimle çalışabilmektedirler. Direkt hidrojen kullanımında tek yan ürünleri saf sudur.

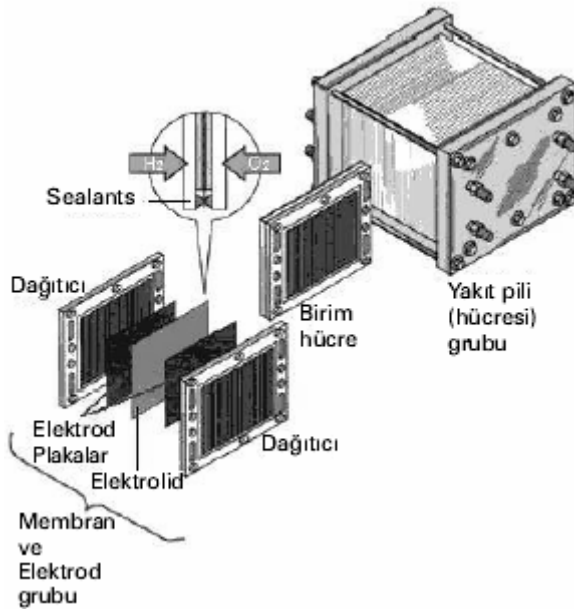
Temel olarak bir yakıt pili; anot, katot ve elektrolit kısımlarından oluşur. Ayrıca reaksiyonu hızlandırmak için yakıt pili tipine göre farklı katalizör kullanılır (Şekil 5.2.1. şematik yakıt pili).



Şekil 5.2.1. Şematik yakıt pili

Sistemde; anoda gönderilen yakıttan ayrılan elektronlar, bir dış devre üzerinden yoluna (katoda doğru) devam ederken, iyonlar (elektronları ayrılan yakıt) elektrolit üzerinden katoda doğru hareket eder ve burada anottan gelen elektronlar hava ile reaksiyona girer ve devre tamamlanır. Böylelikle dış devreden dolaştırılan elektronların bulunduğu akım kolunda elektrik akımı oluşur. Yakıt pilinin tipine göre sistemde, farklı katalizör malzemeler de kullanılır. Örneğin PEM yakıt pilinde elektrolitin her iki yüzeyinde de preslenmiş olarak Platinyum malzemedeki katalizör kullanılır.

Yakıt pilinde tek bir hücre gerilimi 1 Volttan daha az olduğundan, gerekli elektrik enerjisini üretmek için birden fazla yakıt hücresini seri bağlayarak kullanmak gereklidir. Bu hücrelerin arasına iki kutuplu levhalar yerleştirilmelidir. Bu levhaları elektrotlara gazın sağlanması ve hücrelerin elektriksel olarak bağlanmasını sağlarlar. Sandviç şeklindeki bu hücre ve levha grubuna “ yakıt hücresi grubu ” adı verilir (Yakıt pili birimleri – şekil 5.2.2.).



Şekil 5.2.2. Yakıt pili birimleri

Bu elektrokimyasal işlemde çıkan yan ürün sadece su ve ısıdır (Yakıt olarak hidrojen kullanılması halinde). Bu sistemi, pilden ayıran en önemli fark ise güç üretimi için şarja gereksinim olmaması ve yakıt sağlandıkça güç üretiminin devam ediyor olmasıdır.

Reaksiyon sıcaklığının sağlanması için bu kümenin içine birkaç tane soğutucu levha yerleştirilir. Hücrelere gaz temini ve su çıkışı her hücre için ayrı olabileceği gibi kümenin sonundaki levhalardan da sağlanabilir.

Teorik olarak yakıt hücreleri, okside olabilen tüm akışkanları dönüştürebilirler. Pratikte ise hidrojen ve hidrokarbon yakıtlar arasında farklar meydana gelmektedir. Bütün yakıt hücresi çeşitleri, anlatılan yöntemlerle hidrojeni dönüştürülebilirler.

Fakat hidrokarbonların kullanılmasında, dönüşüm için ya çok büyük katalizör yüzeyi ya da çok yüksek sıcaklık gerektiren oksidasyon problemleri vardır. Bu nedenle hidrokarbon yakıtlar, yakıt hücresinde önce su buharıyla reforme edilerek hidrojen üretiminde kullanılmasıyla, yani dolaylı yollardan kullanılabilir. Bu nedenle de hidrokarbon yakıt kullanılan yakıt pillerinin verimi direkt hidrojen kullanılan yakıt pillerinin verimi direkt hidrojen kullanılan yakıt pillerine göre daha düşüktür. Yakıt pillerinin avantajları yüksek verim, yüksek güç yoğunluğu, modülerlik, geniş yakıt yelpazesi, düşük emisyon, yüksek güvenilirlik, kolay kurulum ve hızlı enerji dönüşümü iken dezavantajları yüksek maliyet, özellikle taşıt uygulamaları için avantajlar taşıyan hidrojenin dağıtım ağının kurulu olmamasıdır [19].

5.3. Yakıt Pili Çeşitleri

Yakıt pillerinin dört esas tipi vardır: Hydrox (Hidrojen – Oksijen) pilleri, Redox pilleri (yükseltgenme- indirgenme), Hidrokarbon pilleri ve iyon alış verişli yakıt pilleri. Orta kuşak iklimlerdeki piller ya asit ya da alkalın elektroliti kullanırlar. Bu yakıt pillerinde kimyasal reaksiyonun hızını artırmak için gözenekli karbon elektrotların kullanılması gerekmektedir. Reaksiyon hızı bununla da sınırlı sıcaklık artırılarak reaksiyon hızı artırılmaya devam edilmektedir. Yakıt pili içerisinde bulunan yakıt ve yakıcı güvenli basınç ve sıcaklık sınırları arasında tutulmalıdır. Bu tip yakıt pillerinde sıcaklık sınırın üzerine çıktığında verim azalmaya başlamaktadır.

Hidrojen – Oksijen yakıt pili temel elektroliz işleminin tersi bir işlemi gerçekleştirir. Elektrolizde içerisinden elektrik akımı geçirilen su bileşenlerine ayrılır, ürün olarak hidrojen ve oksijen iyonları açığa çıkar. Hidrojen – Oksijen yakıt pilinde, pile H ve O₂ girer ve H ile O₂'nin reaksiyonu sonucunda katot (+) anot ise (-) yük ile yüklenerek gerilim meydana gelir. Ürün olarak da katotdaki H⁺ iyonu ile yük devresindeki O⁻ iyonu birleşerek su açığa çıkar. Elektrik enerjisinin ve suyun oluşum miktarı pile giren H⁺ ve O⁻ iyonlarının miktarına bağlıdır. Devrede iyon akışına ara verilirse güce de ara verilir.

Oksijen yoğunlaştırıcı yakıt pili, oksijen iyonları biçimindeki elektrik yükünü yönlendirerek akım iletimini sağlarlar, fakat burada oksijen elektrotlara yalıtkan gibi

davranır. İki elektrotta farklı konsantrasyonda olduğundan gerilim oluşur. Sistemin çalışması sırasında oksijen molekülü bir iletken telin eklenmesi ile gözenekli olan katot içerisinden hareket eder. Molekül elektron oluşturmasından farklı olarak oksijen iyonlarını da toplar. İyonlar oksijen moleküllerine şekil verir ve bunları tekrar birleştirmek için elektronların serbest bırakıldığı yer olan artı uçta akımın iletimini sağlarlar. Katotta serbest bırakılan elektronlar negatif yüklenirler. Oksijen yakıt ile anotta birleşir ve elektron açığa çıkar. Eğer iki elektrotta dıştan bir alıcı bağlanırsa akımın geçişine yol verirler.

Redox Yakıt Pili de hidrojen – oksijen yakıt pili olarak ifade edilebilir. Diğer yakıt pillerinde olduğu gibi, yakıtın yakıcı ile yanması sonucu tepkime oluşmamaktadır. Elektrotlar arasına yerleştirilen ayırıcı zar elektrotları birbirinden ayırmakta ve her bir yanda ara tepkimeler oluşmaktadır. Katot elektrotta yükseltgenme, anot elektrotta ise indirgenme oluşmakta ve gerilim farkından dolayı elektrotlar arasına bir alıcı bağlandığında akım geçişi olmaktadır. Bu akım geçişine zar arasından hidrojen iyonları koparılarak devam ettirilir.

Hidrokarbon yakıt pillerinde elektrolit olarak 500 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda eritilmiş karbonhidratlar kullanılmaktadır. Elektrot olarak ise magnezyum oksidin süngerimsi dokudaki matrisi kullanılmaktadır. Elektrolit ve elektrotlar sürekli temas halindedir. Hidrojen ve karbon monoksit üretmek için yakıt pili içerisine hidrokarbon türü olan benzin alınır. Bu hidrokarbon yakıt pili içerisinde kendisini oluşturan elementlere yani hidrojen ve karbona ayrıştırılır. Havanın oksijeni ile birleşen karbon, CO₂'ye dönüşür. Bu reaksiyonlar sırasında elektrotta değişiklikler gözlenmektedir. Katotta H⁺ iyonu elektron vererek yükseltgenir ve su oluşur, anotta ise oksijen elektron olarak indirgenir ve CO ürünü açığa çıkar. Böylelikle anotta elektron fazlalığı, katotta elektron eksikliği nedeniyle gerilim farkı oluşur. İki elektrot arasına dıştan bir alıcı bağlandığında bu gerilim farkı nedeniyle akım geçişi olur.

İyon alış verişli zar pilleri, tepkime katı elektrolit ve plastik zarın kullanımı tarafından sınırlandırılır. Plastik zar, bir elektrottan diğerine hareket etmek için hidrojen iyonlarına izin verir. Burada hidrojen ve hava, iyonun karşıt kenarlarındaki

geçirgen zar odalarına girer ve zarın yüzeylerine temas etmek için gözenekli elektrotların içerisine işlerler. Hidrojen iyonları havada oksijenin bulunması nedeniyle zarın diğer yüzeyine katı elektrolit boyunca temas ederler. Bunların sonucunda su ve elektrik oluşmaktadır.

Genel olarak yakıt pilleri çalışma sıcaklıkları bakımından iki kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar; düşük sıcaklıklı ve yüksek sıcaklıklı yakıt pilleridir. Düşük sıcaklıklı yakıt pilleri; Alkalin, Katı polimer ve Mark 700-900 yakıt pilleri gibi çeşitlere ayrılırken yüksek sıcaklıklı yakıt pilleri; Erimiş karbonatlı yakıt pilleri (MCFCs), Fosforik asit yakıt pilleri (PAFCs), Katı oksit yakıt pilleri (SOFCs) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

Bugünkü uygulamalarda Alkalin yakıt pilleri ve Fosforik asit yakıt pilleri kullanılmaktadır. Taşıtlara yönelik uygulamalar için Katı polimer yakıt pili (PEM) kullanılmaktadır. Sabit tesis enerji üretim santralleri için Katı oksit yakıt pili (SOFC) ve Erimiş karbonat yakıt pili (MCFC) kullanılmaktadır.

5.3.1. Düşük sıcaklık yakıt pilleri

Alkalin yakıt pilleri, Katı polimer yakıt pilleri ve Mark 700-900 yakıt pilleri olmak üzere üç grupta incelenir.

5.3.1.1. Alkalin yakıt pilleri

Alkalin yakıt pilleri, çok geliştirilmiş yakıt pil teknolojilerinden birisidir. Aynı zamanda bu yakıt hücrelerinde nikel gibi ucuz soy metali ve elektro katalizör kullanılması iyi performans sergilemesi bakımından avantajlı olmaktadır. Alkalin yakıt pillerinin diğer avantajları yüksek verimli çalışma, düşük ağırlık, alçak ses ve güvenilir performansı uygulama kolaylıklarının bulunmasıdır. Alkalin yakıt pillerinde elektrik üretiminde oksijen ihtiyacı için havanın kullanılması uygun değildir. Bunun nedeni havada bulunan CO elektrotların gözenekli yapısını tıkayarak bozacak ve yakıt pilinin çalışmasını olumsuz yönde etkileyecektir. Gerekli olan O'nun saf olarak temin edilmesi ya da havada CO'nun ayrıştırılması yöntemi

kullanılması uygundur. Ancak ilave bir maliyet ve yakıt pili düzeneğinin büyümesine neden olacaktır.

Alkalın yakıt pillerinde elektrotlar hareketli ve hareketsiz elektroliti geçiren matris asbesttir. Elektrolit, elektrotlar arasında sürekli dolaşır. Alkalın yakıt pilleri, hareketli elektroliti kullanırlar [18].

5.3.1.2. Katı polimer yakıt pilleri (proton değişim zarlı – PEM)

Polimer elektrolit membran ya da proton geçiren membran olarak adlandırılan PEM yakıt hücresinin elektrolit kısmının kalınlığı 50 µm seviyesinde katı polimer membran zardan meydana gelir. Bu zarın özelliği protonlara karşı geçiren olması, elektronlara ise geçiren olmamasıdır. Elektrotlar karbondan imal edilmektedir.

Çalışma sıcaklığı 80 °C civarındadır ve bu sıcaklık seviyesinde reaksiyon hızının yavaş oluşu katalizör kullanımını gerektirir. Bu amaçla da her iki elektroda da preslenmiş olarak Platinyum kullanılır. Elektrolit ve elektrotlardan oluşan kısma “Membran Grubu” denir ve bu anot, katot akış plakası arasında yer alır [18]. Anota gelen hidrojen molekülleri önce proton ve elektronlarına ayrılır. Proton ortada bulunan membran tarafından çekilir ve membrandan geçerek katotta bulunan havanın içindeki oksijen ile birleşir. Anotta biriken elektronlar anot ile katot arasında dışarıdan kurulan bir kapalı devre teşkil edildiğinde, bu devre üzerinden akarak ve katotta birleşip saf su ve meydana getirerek bu çevrimde ısı, saf su ve elektrik enerjisi elde edilerek çevrim tamamlanır [9].

PEM yakıt pilleri, düşük sıcaklık seviyesinde çalışma, çabuk cevap hızı, yüksek güç yoğunluğu ve kompakt yapı gibi avantajlara sahiptir. Verimleri % 40-50 aralığındadır.

Her bir hücrede oluşan gerilim 0,7 Volt seviyesinde olup yüksek gerilimlere ulaşabilmek için hücreler seri olarak bağlanarak yakıt hücresi (yakıt pili) grubu oluşturulur [19].

5.3.1.3. Mark 700 – 900 yakıt pili

Proton değişim zarlı (PEM) ve Katı oksit (SOFC) yakıt pillerine göre daha verimli olan Mark 700-900 yakıt pillerinde yakıt olarak saf hidrojen ve sentetik gaz kullanılmaktadır. Sentetik gaz olarak adlandırılan metanol hidrojen zengin bir bileşik olduğu için özel işlemlerle parçalanmakta ve yanıcı gaz olan H₂ ayrıştırılmaktadır. Bu yakıt pillerinde metanolün işlenmesi için ayrı bir düzeneğin bulunmasından dolayı, hacimleri diğer yakıt pillerine göre daha büyüktür

5.3.2. Yüksek sıcaklık yakıt pilleri

Yüksek sıcaklık yakıt pilleri, ticari uygulamalar kapsamında aktif olarak geliştirilmiş olup Fosforik asit yakıt pilleri (PAFCs), Erimiş karbonat yakıt pili (MCFCs) ve katı oksit yakıt pili (SOFCs). Bu yakıt pillerinde CO bir engel teşkil etmemektedir. Alkoller, doğalgaz ve kömürden elde edilen gazlardan oluşabilen yakıtlar kullanılabilir. Katı oksit yakıt pilleri (SOFC) ve Erimiş karbonat yakıt pilleri (MCFC) çoğunlukla sabit kullanım uygulamalarında elektrik enerjisi elde etmek için kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, ticari alan için gerçekleştirilip daha ucuza enerji üretimini çevreye daha az zarar vererek sağlarlar. PAFCs hem sabit tesis enerji üretim tesisleri için hem de taşıt uygulamalarında kaynak olarak kullanılabilir yapıdadır.

5.3.2.1. Erimiş karbonat yakıt pilleri (MCFCs)

Erimiş karbonat yakıt pilinin işletme sıcaklığı 650 °C'dir. Diğer hücre çeşitlerine göre üstün olmasını sağlayan özelliklerini sıralarsak:

Düşük sıcaklıkta çalışan fosforik asit yakıt hücrelerine nazaran daha ucuz reaksiyona geçirilebilecek maddeler kullanılabilir olması, sıcaklığı yeteri kadar yüksek, kaliteli artık buharın elde edilmesi ve bu buharın çeşitli yöntemlerle tekrar enerjiye dönüştürülebilir olması , yüksek dereceli artık buhar, yakıt ısıtmasında ya da ek ısıtmada, yer altı boruları vasıtasıyla şehre verilip sıcak su kullanılmasına imkan sağlar. Basıncın artırılması durumunda erimiş karbonat yakıt hücresinin verimi de o

oranda artar. Erimiş karbonat yakıt hücreleri pratik uygulamaya uygun görülmektedir. Böyle bir sistemin güç verimliliği % 45-55 civarındadır.

LiKCO_3 ve LiNaCO_3 gibi karbonatlar eridikleri zaman iyonik iletim gösterdiklerinden, bu tip yakıt hücresinde elektrolit olarak kullanılırlar. Dizayn edilmek istendiğinde göz önünde bulundurulması gerekenler, 40000 saat çalışma süresine sahip olmasıdır (bu da 4,5 seneye eşdeğerdir.). Hücre başına performans $0,85 \text{ V } 160 \text{ mA.cm}^{-2}$ her biri 1 m^2 / pil olmak üzere 100 hücreye çıkartılabilmesi gibi özellikler düşünölmeli ve dizaynına başlanmalıdır. Bu yakıt pillerinde günümüzde yapılan dahili düzeltme ve atık buhardan faydalanma metotları ile verim % 60'lara yükseltilmiştir.

5.3.2.2. Fosforik asit yakıt pilleri (PAFCs)

1960-1970 yıllarında geliştirilen Fosforik asit yakıt pilleri daha çok, klasik güç üretim sistemleri ile taşıt uygulamalarında kullanılmaktadır. Elektrolit olarak fosforik asit kullanılır. Düşük hacimli olup ve $150 \text{ }^\circ\text{C}$ ile $200 \text{ }^\circ\text{C}$ arasındaki sıcaklıklarda çalışmaktadır. Güç yoğunlukları oldukça fazladır ($120 - 180 \text{ W/kg}$). Bu sebeple taşıt uygulamalarında ve uzay çalışmalarında tercih edilmektedir. Verimleri % 40 – 47 civarındadır. Atık ısıdan yararlanma sınırlı olmaktadır.

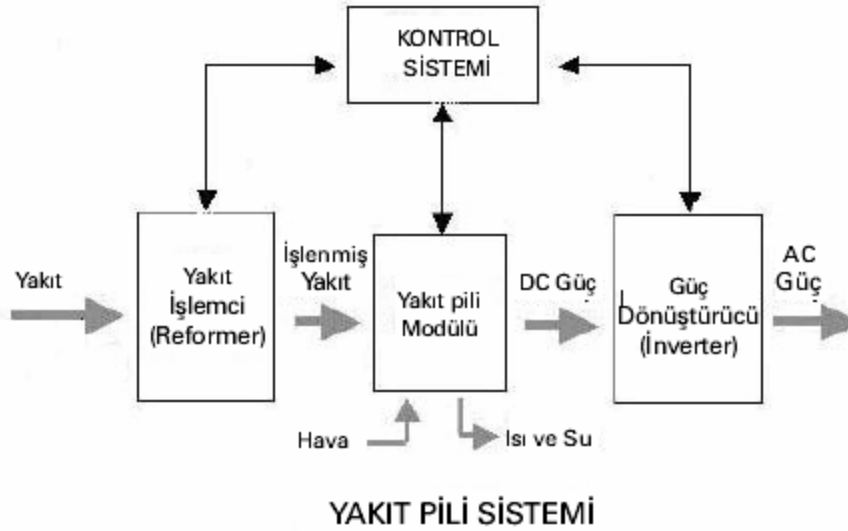
5.3.2.3. Katı oksit yakıt pilleri (SOFCs)

Katı oksit yakıt pilleri, yapıları ve kullanılma alanları açısından henüz gelişme aşamasındadır. Yüksek sıcaklık derecelerinde (yaklaşık $1.000 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de) kaliteli hidrojeni düşük hücre gerilimlerinde elde edilip reaksiyona sokabilirler.

Elektrolit olarak seramik kullanılmıştır. Ürettikleri güce göre hacimlerine bakıldığında oldukça büyüktür. Bu sebeple sabit tesis enerji üretiminde kullanılmaktadır. Verimleri oldukça yüksektir (% 40 – 45) [18].

5.4. Yakıt Pili Sistemi

Genel olarak bir yakıt pili sistemi; yakıt işleme ünitesi, güç üretim sistemi (yakıt pili grubu – modül), güç dönüştürücü (invertör), kontrol sistemi olmak üzere 4 üniteden oluşmaktadır. Şekil 5.4.'de yakıt pili sistemi gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Yakıt pili sistemi

Yakıt işleme ünitesi, yakıtın yakıt piline gönderilmesi öncesinde hazırlandığı ve eğer direkt hidrojen kullanılmıyorsa, kullanılan yakıttan hidrojenin ayrıştırıldığı ünite dir. Yani hidrojen dışında bir yakıt kullanıldığında bunun kullanıma hazırlanması da bu ünite de gerçekleştirilir.

Güç üretim sistemi olarak isimlendirilen bölüm bir veya birden fazla yakıt pili yığımından meydana gelmektedir. Güç dönüştürücü ünitesinde hücrede üretilen doğru akım kullanım için alternatif akıma çevrilir. Kontrol sistemi ünitesinde sistemin tüm işleyişi denetlenir ve kontrol edilir.

Ayrıca pek çok yakıt pili sisteminde yardımcı elemanlar olarak adlandırılan bazı komponentler de söz konusudur. Bunlar; fan, kompresör, nem ünitesi, ısı değiştiricisi, DC / AC dönüştürücü vb. şeklinde sayılabilir [19].

BÖLÜM 6. BIOMAS ENERJİ

Biyomas (ya da biyokütle) enerji; yetiştiriciliğe dayalı olduğu için yenilenebilir, çevre dostu, yerli ve yerel bir kaynak olarak önem kazanmaktadır. Biyomas enerji kullanımı klasik ve modern olmak üzere iki grupta ele alınır. Klasik biyomas enerji konvansiyonel ormanlardan elde olunan yakacak odun, yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan artıklarından oluşmaktadır. Klasik biyomas enerji kullanımının temel karakteri ilkelden gelişmişine dek çeşitli yakma araçları ile biyomas materyalden enerjinin direkt yanma tekniği ile elde edilmesidir. Sanayileşmemiş kırsal toplumlarda kullanımı yaygındır.

Modern biyomas kaynakları enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji tarımı ürünleri, tarım kesiminin bitkisel artıkları ve hayvansal atıkları, kentsel atıklar, tarımsal endüstri atıkları biçiminde sıralanır. Söz konusu biyomas materyaller alçak ve yüksek biyomas yakıt teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara çevrilir. Biyomas yakıtlar odun biriketi ve alkolden sentetik ham petrole kadar uzanmaktadır.

Biyomas yakıt üretmek için piroliz, hidrogazifikasyon, hidrojenasyon, parçalayıcı distilasyon asit hidroliz tekniklerinden yararlanılmaktadır. Biyomas yakıtlar ısı ve elektrik üretimi için kullanılabilir. Biyomas yakıtların fosil yakıtlarla karıştırılmış biçimde kullanılmaları da olanaklıdır. Modern biyomas yakıtların birim maliyetlerinin ve/veya fiyatlarının fosil yakıt fiyatlarının altında olması gerekir.

Birincil enerji kaynakları açısından Türkiye'nin enerji bütçesine bakıldığında, son on yıldır hemen hemen sabitleşmiş verilerle yılda 18 milyon ton odunun üretilip tüketildiği görülmektedir. Kesin istatistik veriler olmamakla birlikte hayvan ve bitki artığının üretim ve tüketimi son on yıldır 11 milyon tondan 6.6 milyon tona düşürülmüş bulunmaktadır. Söz konusu tüketim için ormanlar üretim kapasitesinin

iki katı zorlanarak, önemli bir tarımsal girdi olan hayvan gübresi de yakılarak yok edilmektedir.

Biyomas yetiştiricilik enerji ormanlarına ve enerji bitkilerine bağlı olarak yapılmaktadır. Bu yetiştiriciliğin amacı, modern biomas yakıt hammaddesini elde etmektir. Ormancılık ve tarıma dayalı bu yetiştiriciliğin temelinde enerji çevrimi olarak fotosentez yatmakta, hızlı fotosentezle çabuk büyüyen bitkiler üzerinde durulmaktadır.

Klasik doğal ormanlardaki ağaç türlerine dayalı verimli baltalıklardan yılda en çok 7 t/ha odun üretmek olanaklı olup, buna göre odun plantasyonunun gücü 2.8 kW/ha kadardır. Ancak, kullanım verimine bağlı olarak özgül güç değeri düştüğünden, buhar üreten odun boylerli tesislerde 1 kW kurulu güç için gereken plantasyon alanı 1.43 ha düzeyine yükselmektedir. Enerji ormanlarında ise doğal orman veriminden yüksek verim aranmaktadır. Enerji ormanlarının verimi 15-35 t/ha arasında olup, yetiştiricilik dönemi 4-8 yıl kadardır.

Enerji ormanları için uygun ağaç türleri, özellikle onların öze yakın yıllık halkalarını içeren hızla büyüyen genç odunları dikkate alınarak seçilir. Bu seçimde, yerli türlere öncelik vermek koşulu ile bölgeye en iyi uyabilecek türlerin seçiminde iyi sürgün verme özelliğine, ayrıca mantar ve böcek zararlılarına karşı dayanıklı olmalarına dikkat olunur. Yapraklı ağaçlar ibrelilerden daha iyi görülmektedir. Çünkü, yapraklıların genç odun büyümeleri daha hızlıdır. Bugün dünyada enerji ormancılığında, karakavak, balzam kavakları, titrek kavaklar, söğüt, okalıptus gibi ağaçlar kullanılmaktadır.

Odun yongalanmış biçimde veya brikete dönüştürülerek modern biomas yakıt olarak değerlendirilmekte, kömür termik santrallerinde yongası kömüre karıştırılarak kullanılmaktadır. Ayrıca, odundan modern biomas yakıtlar olarak metil alkol, etil alkol, jeneratör gazı ve piroliz katranı elde olunabilmektedir.

Enerji tarımı ise tek yıllık veya çok yıllık C4 bitkileri ile yapılmaktadır. C4 tipi bitkiler grubuna tatlı darı (sweet sorghum), miscanthus, şekerkamışı ve mısır gibi çok

çeşitli bitkiler girmekte olup, ürünlerinden etanol, sentetik petrol, gaz yakıt ve katı yakıt elde olunmakta, ısı ve elektrik üretiminde kullanılabilirler. Buğday, arpa, çavdar, şeker pancarı gibi C3 bitkilerinde yıllık üretim 10-30 t/ha.yıl ve birim yaprak yüzeyi başına günlük kuru madde üretimi 50-200 gr/m² yaprak.gün iken, C4 bitkilerinin verimi 60-80 t/ha.yıl ve kuru madde üretimleri 400-500 gr/m² yaprak.gün düzeyindedir.

Ayrıca, yine bir yıllık endüstri bitkilerinden yağ üretiminde kullanılan bitkiler de enerji tarımı türleri arasındadır. Enerji bitkileri yetiştirme sürecinde ikinci ürün olmalıdır. C4 tipi bitkiler diğer bitkilere göre CO₂ ve suyu daha iyi kullanmakta, kuraklığa dayanıklı olmakta, fotosentetik verimleri de yüksek bulunmaktadır. Alkol üretiminde en yüksek verim 3.500 lt/ha.yıl ile şeker kamışından sağlanmakta, bunu 3.200 lt/ha.yıl ile odun, 3.000 lt/ha.yıl ile sorghum izlemektedir. Mısırdaki bu değer 2.000 lt/ha.yıl düzeyindedir.

6.1. Biomas Artık ve Atıklarının Değerlendirilmesi

Biomas artıklar bitkilerden sağlanırken, tarım kesiminde biomas atıklar daha çok hayvansal yetiştiricilikten elde olmaktadır. Belediye çöpleri de biomas atıklar kapsamına girmektedir. Biomas atıkların değerlendirilmesi için biogaz tesisleri ile çöp termik santralleri gerekmektedir. Biogaz tesislerinin daha çok kırsal kesim için uygun olmasına karşın, çöp termik santralleri şebeke ile bağlantılı elektrik üretim üniteleridir.

6.1.1. Biogaz

Biomas materyalin yakma dışında en basit değerlendirmesi anaerobik fermantasyonla biogaz üretimidir. Biogaz, insan faaliyetleri sonucu üretilen organik içerikli çöpler, tarım faaliyetleri sonucu açığa çıkan hayvan dışkıları, pamuk, mısır, buğday gibi bitkilerin sap ve saman artıkları, şeker ve gıda faaliyetleri sonucu üretilen melas, meyve posaları gibi biomas materyalin anaerobik koşullarda, optimal olarak 35 °C mezofilik ve 60 °C termofilik sıcaklıkta, 6.7-7.6 pH ortamında enzimatik hidroliz, bakterilerle organik aside dönüşme ve metan jenerasyonu

işlevlerinden oluşan fermantasyon sonucunda elde olunmaktadır. 1 kg kuru organik maddeden elde olunabilecek biogaz miktarı 0.15-0.20 m³ kadardır.

Biogazı oluşturan bileşenler metan, karbondioksit, su buharı, hidrojen sülfür, amonyak, azot ve hidrojenidir. Bileşiminde kabaca % 55-70 CH₄ ve % 35-45 CO₂ ve az miktarda diğerleri bulunur. Biogazın ısı değeri karışımdaki CH₄ yüzdesine bağlı olarak 19 -27.5 MJ/m³ arasındadır. Biogaz üretimi sonucu kalan katı ve sıvı organik artık ise bitki besin değeri yüksek gübredir.

6.1.2. Çöp termik santralleri

Çöp yakıtlar kent atıklarından sağlanmaktadır. Çöp termik santralleri enerji üretiminin yanı sıra, çöp yok etme işlevi de görerek önem kazanmaktadır. Bu santrallerden yalnızca elektrik üretilebileceği gibi, ısı ve elektriğin birlikte üretildiği kombine çevrimli olanları vardır.

Çöp yakıtların ısı değerleri değişik olmaktadır. Isıl değer konutsal atıklarda 6.2-8.4 MJ/kg, büyük yığın atıklarda 8-16.7 MJ/kg, ticarethane, sanayi ve belediye atıklarında 7.5-12.5 MJ/kg, kağıtsal atıklarda 14.2-15 MJ/kg, mutfak atıklarında 5.8-6.7 MJ/kg, plastik atıklarda 18-27.2 M/kg, tekstil atıklarında 17.1-20.5 MkJ/kg, kanalizasyon atıklarında (kuru organik fraksiyon olarak) 14.6-20.9 MJ/kg'dır. Bu değerlerin ortalaması bazı linyit santrallerinde kullanılan kömürün ısıl değerinden yüksektir.

Bir çöp termik santraline gelen katı atıklar özel ızgaralı (bazen akışkan yataklı) ocakta yakılırken, sıvı atıklar aynı ocağa püskürtülmektedir. Baca gazları filtrasyondan geçirildiği için çevrede herhangi bir hava kirliliğine neden olmamaktadır. Çöp yanmadan önce çeşitli selektörlerden geçirilerek içerisindeki metalik malzeme ve cam gibi parçalar ayrılmaktadır. Dolayısıyla santralden enerjinin yanı sıra, hurda metal ve inşaat materyalleri alınmakta olup, kül de inşaat materyali olarak değerlendirilmektedir [16].

BÖLÜM 7. MODEL EV TASARIMI

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. E.İE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük 7,2 saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311 kWh/m² – yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Tablo 7.1.'de Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli verilmiştir.

Tablo 7.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli

Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi		Güneşlenme süresi (saat/ay)
	(kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
Ocak	4,45	51,75	103
Şubat	5,44	63,27	115
Mart	8,31	96,65	165
Nisan	10,51	122,23	197
Mayıs	13,23	153,86	273
Haziran	14,51	168,75	325
Temmuz	15,08	175,38	365
Ağustos	13,62	158,40	343
Eylül	10,60	123,28	280
Ekim	7,73	89,90	214
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
Toplam	112,74	1311	2640

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi tablo 7.2'de verilmiştir [10].

Tablo 7.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.

Bölge	Toplam güneş enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme süresi (saat/yıl)
Güney Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Rüzgar enerjisi yönünden ise genel olmasa da ülkemizin zengin sayılan yerleri mevcuttur. Türkiye'de rüzgar verimliliği olan alanlar kıyı bölgelerinde ve özellikle de Ege sahilleri ve Çanakkale civarında yoğunlaşmıştır.Tablo 7.3'de Türkiye'nin bölgelere göre ortalama rüzgar hızı verilmiştir [7].

Tablo 7.3. Türkiye'nin bölgesel rüzgar hızı tablosu.

Bölge	Rüzgar hızı (m/s)
Marmara	3,3
Güneydoğu Anadolu	2,7
Ege	2,6
Akdeniz	2,5
Karadeniz	2,4
İç Anadolu	2,5
Doğu Anadolu	2,1

7.1. PV Modül ve Rüzgar Jeneratörü Modelleme

Bu bölümde, tablo 2. ve tablo 3.'ten yararlanarak güneşlenme süresinin ve rüzgar hızının düşük olduğu Karadeniz Bölgesinde bulunan müstakil bir ev için tasarım yapılacaktır.

Modellenecek evde karşılanması istenen enerji, tablo 7.1.1.'teki öngörüler doğrultusunda aylık ortalama 150,35 kWh olarak tespit edilmiştir.

Tablo 7.1.1. Örnek evde karşılanması istenen aylık enerji (yük)

Evde kullanılan cihaz	Harcadığı güç (kW)	Aylık toplam çalışma süresi	Aylık sarfiyat (kWh)
Bulaşık makinası.	2,2	6 h	13,2
Çamaşır makinası	2,2	4 h	17,6
Süpürge	1,4	4 h	5,6
Fırın	2,5	4 h	10
Ütü	1,1	2 h	2,2
Televizyon	0,065	186 h	12,09
Bilgisayar	0,065	62 h	4,03
Buzdolabı	2,2	31 gün	68,2
Mikser	0,3	4 h	1,2
Aydınlatma	0,12	100 h	12
Saç kurutma makinası	1,5	2 h	3
Aspiratör	0,205	6 h	1,23
Toplam			150,35

7.1.1. Model evde güneş pili tasarımı

Tablo 7.1. ve tablo 7.2.'den yararlanarak elde edilmiş Karadeniz bölgesine ait yaklaşık aylık güneşlenme süresi tablo 7.1.1.1.'de verilmiştir.

Tablo 7.1.1.1. Karadeniz bölgesine ait yaklaşık güneşlenme süresi

Aylar	Gün sayısı	Güneş ışınlamı (kWh/m ²)
Ocak	31	44,21
Şubat	28	54,05
Mart	31	82,56
Nisan	30	104,42
Mayıs	31	131,44
Haziran	30	144,16
Temmuz	31	149,82
Ağustos	31	135,32
Eylül	30	105,32
Ekim	31	76,8
Kasım	30	51,96
Aralık	31	40,04

PV modülünün ürettiği net enerji yaklaşık bir hesapla; $E_{PV} = \eta_p \eta_d A G$ ile verilebilir. Bu formülde η_p PV modül verimi, η_d diğer güç çevrim ve elektronik cihazların

toplam verimi, A modül alanı ve G de birim alana düşen güneş ışınımıdır. Bu tasarımda kullanılacak PV modülün teknik özellikleri tablo 7.1.1.2.'de verilmiştir.

Tablo 7.1.1.2. PV modül teknik özellikleri

Alan	1,03 m ² (ölçüleri UxGxY 137x75x3 cm)
Verim (max. nokta, η_{mp})	0,1
Ağırlığı	9,17 kg
Çalışma sıcaklığı	-40 °C ile +90 °C
Voltaj (max. nokta, V_{mp})	16,5
Akım (max. nokta, I_{mp})	3,88
Fiyatı (\$)	445
Diğer güç çevirim ve elektronik cihazların toplam verimi (η_d)	0,8

Gerekli parametrelerin E_{PV} denkleminde kullanılması ile tespit edilen modül başına enerji üretimi ile toplam yük göz önüne alınarak bulunan modül sayıları tablo 7.1.1.3.'de verilmiştir.

Tablo 7.1.1.3. Hesaplanan modül sayısı

Aylar	Güneş ışınımı (kWh/m ²)	Modül başına enerji üretimi (kWh)	Toplam yük (kWh)	Gereken modül sayısı (adet)
Ocak	44,21	3,64	150,35	41,3
Şubat	54,05	4,45	150,35	33,79
Mart	82,56	6,8	150,35	22,11
Nisan	104,42	8,6	150,35	17,48
Mayıs	131,44	10,83	150,35	13,88
Haziran	144,16	11,88	150,35	12,66
Temmuz	149,82	12,35	150,35	12,17
Ağustos	135,32	11,15	150,35	13,48
Eylül	105,32	8,68	150,35	17,32
Ekim	76,8	6,33	150,35	23,75
Kasım	51,96	4,28	150,35	35,13
Aralık	40,04	3,29	150,35	46
Aylık ortalama	84,565	7,69	150,35	20

Tablo 7.1.1.3.'e göre en çok güneş enerjisinin kazanıldığı Temmuz ayında 12,17 adet, en az güneş enerjisinin olduğu Aralık ayında ise 46 adet PV modüle ihtiyaç olduğu görülmektedir. Aylık ortalama ve en kötü aydaki modül sayıları dikkate alınarak yapılan hesaplamalar neticesinde PV modüllerinin aylık üretimleri tablo 7.1.1.4.'de verilmiştir.

Tablo 7.1.1.4. PV modüllerinin aylık üretimi

Aylar	Aylık ortalamaya göre (kWh)	En kötü aya göre (kWh)
Ocak	72,8	167,44
Şubat	89	204,7
Mart	136	312,8
Nisan	172	395,6
Mayıs	216,6	498,18
Haziran	237,6	546,48
Temmuz	247	568,1
Ağustos	223	512,9
Eylül	173,6	399,28
Ekim	126,6	291,18
Kasım	85,6	196,88
Aralık	65,8	151,34
Aylık ortalama	153,8	353,74

Aylık ortalamaya göre PV modülden elde edilen enerji miktarı, aylık enerji sarfiyatını karşılamaktadır. Bu duruma göre 20 adet PV modül kullanılmıştır. Akü kapasitesi belirlenirken günlük enerji tüketiminin 2 katı olacak şekilde seçilmiştir. Akü kapasitesinin hesap tablosu tablo 7.1.1.5.'de verilmiştir.

Tablo 7.11.5. Akü kapasitesinin hesabı

	Aylık ortalamaya göre	En kötü aya göre
Ortalama günlük tüketim (kWh)	4,9	4,9
Akü kapasitesi (kWh)	9,8	9,8
100 Ah 12 V'luk tam bakımsız kuru tip akü adedi	8	8

PV model sistem için belirlenmiş maliyet analizi tablosu tablo 7.1.1.6.'da verilmiştir. Güneş pili tarafından üretilen elektrik akımı akü grubuna girmeden önce şarj regülatöründen geçirilmelidir. Şarj regülatörünün görevi akülerin şarjını ve deşarjını önleyerek akü grubunun ömrünü uzatmaktır. Şarj regülatörü sistemi aşırı akım, aşırı voltaj ve aşırı ısınma gibi istenmeyen durumlardan korur. Sistemde kısa devre olmasını engeller. Sistem için en uygun regülatör sistemin maksimum akımına göre seçilir. Ayrıca sistemde DC akım üretildiği için DC akımı AC'ye çevirecek inverter (çevirici)'e ihtiyaç vardır. İnverter, sistemdeki maksimum akıma göre seçilir.

Tablo 7.1.1.6. PV- model ev için maliyet analizi

	OST-64 PV modül	Kuru tip akü (1200 Wh)	Regüleli şarj cihazı (144 W)	DC/AC çevirici (550 W)
Kullanılan miktar	20	8	8	5
Fiyat	445 \$	100(x5) \$	124 €	635 €
Toplam fiyat	13.350 YTL	6.000 YTL	1.884,8 YTL	6.032,5 YTL
Toplam cihaz maliyeti	27.267,3 YTL			
Kurulum, bakım ve diğer masraflar (%30)	8.180,19			
Toplam sistem maliyeti	35.447,49 YTL			

7.1.2. Model evde rüzgar jeneratörü tasarımı

Aynı model ev için rüzgar jeneratörü tasarımında ulaşılmak istenen enerji sarfiyatı tablo 4.'de elde edilmiştir. Bu tasarımında yıllık üretimi 1420 kWh olan 800 W çıkış gücüne sahip rüzgar jeneratörü kullanılmıştır. Sistem için gerekli diğer ekipmanlar PV modül tasarımındaki yöntemler uygulanarak hesaplanmış ve maliyet analizi yapılarak tablo 7.1.2.1.'de verilmiştir.

Tablo 7.1.2.1.. Rüzgar jeneratörü maliyet analizi

	Rüzgar jeneratörü (800 W)	Kuru tip akü (1200 Wh)	Regüleli şarj cihazı (144 W)	DC/AC çevirici (550 W)
Kullanılan miktar	1	5	5	4
Fiyat	4190 €	100(x5) \$	124 €	635 €
Toplam fiyat	7.961 YTL	3.750 YTL	1.178 YTL	4826 YTL
Toplam cihaz maliyeti	17.715 YTL			
Kurulum, bakım ve diğer masraflar (%30)	5.314,5			
Toplam sistem maliyeti	23.029,5 YTL			

BÖLÜM 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Güneş, rüzgar, jeotermal, ... vb. gibi temiz enerji kaynakları günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerin dillerinden düşürmedikleri çevre kavramı ile iyi dost olmalarına karşın kendine özgü enerji dönüşüm sistemleri ile teknolojiler gerektirdiğinden gereken ilgiyi görememektedir. Bu yüzden çevresel etkileri bakımından bazı dezavantajları bulunmasına rağmen fosil yakıtlar ilgi odağı olmaya devam etmektedir.

Ancak teknolojinin gelişmesine paralel olarak güneş pili, rüzgar jeneratörü, yakıt pili...v.b. maliyeti fosil yakıt teknolojilerine göre yüksek olan sistemlerde, konvansiyonel enerji kaynaklarının tükenmesinden dolayı maliyetlerinin artması sonucu maliyet açısından düşüş gözlenecektir.

Model ev için yapılan tasarımda sisteme sadece PV modül yerleştirilmesiyle oluşturulan maliyet rüzgar jeneratörüyle dizayn edilmesiyle oluşan maliyetin 1,5 katı olup her iki sistemi konvansiyonel sistemle karşılaştırdığımızda maliyeti oldukça yüksektir. Güneşlenme süresi ile rüzgar hızından yararlanarak oluşturulmuş sistemde sürekli aynı hız ve güneşlenme süresi karşılanamayacağı için her iki sistemi ortak kullanmak daha ekonomik olacaktır. Hibrit sistem oluşturulması maliyeti azaltacak, sürekliliği sağlayacak, sistem verimliliğini artıracaktır. Ayrıca çok az bakım maliyetleriyle belirli bir verim düşmesi kabulüyle ortalama insan ömrü kadar kendi elektriğinizi kesintisiz üretmiş olacaksınız.

KAYNAKLAR

- [1] KARAOSMANOĞLU, F., Yeni(lenebilir) Enerji Kaynakları ve Türkiye, <http://www.tusiad.org/yayin/gorus/54/07.pdf>
- [2] NOYAN, Ö., F., Türkiye'nin Enerji politikasında Temiz Enerji ve Hidrojenin Geleceği, <http://www.hidrojenforumu.com/html/makale04.htm>
- [3] DERİŞ, N., Geleceğin Yakıtı Hidrojen, Birsen Yayınevi
- [4] Hybrid Energy Systems
http://www.cogeneration.net/hybrid_energy_systems.htm
- [5] DING, J., J., BUCKERIDGE, J., S., Design Considerations For A Sustainable Hybrid Energy System
- [6] BOCKIRS, J., O., VEZİROĞLU, T., N., SMITH, D., L., Geleceğin Enerjisi Güneş ve Hidrojen, Kaynak Yayınları
- [7] ŞAHİN, A., D., Güneş-Rüzgar-Hidrojen Hibrit Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü
- [8] BAGHDADCHI, J., VARMETTE, D., S., Wind-Based Hybrid Power Systems In RURAL Western New York
- [9] Hidrojentürk, Temmuz 2002 ,Sayı:1
- [10] <http://www.eie.gov.tr>

- [11] [http://www.kutuphane.biz/indir/makinemuh/a%20\(17\).doc](http://www.kutuphane.biz/indir/makinemuh/a%20(17).doc)
- [12] <http://www.gap.gov.tr/Turkish/Dergi /D581997a/gunes.html>
- [13] YILMAZ, T., BÜYÜKALACA, O., Çukurova Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, Makine Müh. Bölümü-ADANA
- [14] TEZCAN, E., Rüzgar Enerjisi
<http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2000/haziran/ruzgar.htm>
- [15] KAKAÇ, S., TÜBA Şeref Üyesi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları- Bugünü ve Yarını (16 OCAK 2006)
- [16] ÜLTANIR, M., Ö., Türkiye Açısından Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri, 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi
- [17] <http://www.aygem.com/pages/wind.htm>
- [18] Yıldız Teknik Üniversitesi Güneş Enerjili Sistemler Kulübü Hidrojen Enerjisi, <http://www.gesk.yildiz.edu.tr>
- [19] ÇELİK, V., ORAL, E., Hidrojen Yakıtlı Motor Teknolojisi,
www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2005/Ocak/07_hidrojen.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Nazan KOCA, 1980 Trabzon doğumludur. 1986-1994 yıllarında ilk ve orta öğrenimini 100. Yıl İlköğretim okulunda tamamladıktan sonra lise eğitimine 1994-1998 yıllarında Trabzon Lisesi'nde (yabancı dil ağırlıklı) devam etmiştir. 1999-2003 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2004 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elk. – Elektr. Müh. EABD Elektrik bölümü yüksek lisansa devam etmektedir.