

2008 Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi Sayı: 22, s.12-20

TÜRKİYE'DEKİ BÖLGESEL SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN GÜNEŞ PANELLERİNİN VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Selçuk KEÇEL¹
Hüseyin Güçlü YAVUZCAN²

ÖZET

Alternatif enerji kaynakları içinde yer alan güneş enerjisi uygulamalarına olan talep giderek artmaktadır. Türkiye güneş enerjisinden yararlanabilecek ülkeler içinde yer alıp yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 h olarak ölçülmüştür. Türkiye'de güneş enerjisinin kullanımını etkileyen etmenlerin başında kurulum maliyetinin yüksek olması, panel verimliliklerinin düşük olması, güneş ışınımının değişken oluşu, hatalı eşleştirme, sıcaklık ve gölgelenme kayıpları gelmektedir. Güneş panellerinin maliyetlerinin yüksek olması panellerin hammaddesini oluşturan silikon malzemelerin üretim yöntemlerinden kaynaklanmakta ve maliyeti düşürme çalışmaları hızla devam etmektedir. Sıcaklık faktörü güneş panellerine gelen ışınların emilmesi ile ortaya çıkmakta ve panellerin verimliliğini etkilemektedir. Bu çalışmada Türkiye'nin çeşitli bölgelerindeki sıcaklık farklarından doğacak kayıpların güneş panellerinin verimliliği üzerindeki etkileri incelenmiş, kurulacak elektrik sistemlerindeki kayıpların en aza indirilmesi için öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Panel Verimliliği, Sıcaklık Değişimleri

THE EFFECTS OF REGIONAL VARIABLE TEMPERATURE OF TURKEY ON THE EFFECTIVENESS OF SOLAR PANELS.

ABSTRACT

There has been an ongoing demand for the solar energy practice among the alternative energy sources. Turkey is one of the countries that can make use of solar energy. The period of approximate annual sun appearance has been calculated as 2640h. Among the factors that affected the use of solar energy in Turkey come the high cost of installation, the low level of panel productivity, the variability of solar rays, faulty matching and the loss of heat and shadowing. The rise in the cost of solar panels is due to the methods of production of silicon materials that are the raw material of panels. Studies with regard to the attempts to decrease the cost of production, have been going on. The heat factor appears with the observation of the rays that reach panels and it affects the effectiveness of panels. In this study, the effects of the lost of heat due to the differences in different regions of Turkey on the effectiveness of solar panels. Suggestions have been made to decrease the loss to a minimum in the electricity systems installed.

Key Words: Solar Energy, Effective of Panel, Variation of Temperatures.

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme, şehirleşme ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte küreselleşme sonucunda ticaret ve üretim miktarlarına bağlı olarak, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Artan enerji ihtiyacına cevap verebilmek amacıyla insanoğlu mevcut enerji kaynaklarının yanı sıra alternatif enerji kaynaklarına yönelmeye başlamıştır (Kılıç et. al., 2007: 1312-1320).

2003 yılı itibariyle, Türkiye nüfusunun yaklaşık olarak 70,8 milyon civarında olduğu belirlenmiştir (nvi.gov.tr, 2007). 1990-2003 yılları arasında nüfus genel olarak %26 oranında ve yıllık %1,8 oranında artmıştır. Bu oran uluslararası enerji ajansına bağlı ülkeler içerisindeki en yüksek değerdir. Nüfus artış oranının 2005 yılına kadar %1,6 2010 yılına kadar %1,4 ve 2020 yılına kadar %1,1 olarak gerçekleşmesi beklenmektedir (Hamzaçebi., 2007: 2009-2011).

Nüfus artış oranlarına bakıldığında Türkiye'nin enerji ihtiyacının hızlı bir şekilde artacağı öngörülmektedir. Bu

¹ Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü, Gölbaşı/Ankara, 06830, kecel@gazi.edu.tr

² Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü, Gölbaşı/Ankara, 06830, gyavuzcan@gazi.edu.tr

nüfus artışına rağmen enerji kaynakları alanının sınırlı olması, Türkiye'yi enerjiyi ithal eden ülke konumuna düşürmektedir. Ülke ihtiyacının %60'tan fazlasının ithal edildiği ve her yıl bu payın arttığı görülmektedir. Bu enerji ihtiyacının karşılanmasında, bölgesel olarak yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından yararlanılmalıdır (Kaya, 2006: 152-155).

Yenilenemeyen enerji kaynakları içinde yer alan kömür, petrol, doğalgaz gibi enerji kaynakları ülkelerin enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılamaktadır. Türkiye'de temel enerji ihtiyacına cevap verebilmek için kullanılan kömür, toplam enerji ihtiyacının yaklaşık % 24'lük kısmını oluşturmaktadır. Türkiye'nin temel enerji kaynakları taş kömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğalgaz, hidroelektrik enerjisi ve jeotermal enerjidir. Türkiye'nin doğal enerji kaynakları; taşkömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğalgaz, hidrolik, jeotermal, odun, hayvan ve bitki artıkları, güneş ve ikinci dereceden enerji kaynakları kok ve briket gibi pek çok farklı türe sahiptir. Türkiye büyük fosil yakıt rezervlerine sahip olmadığı için gelecekte petrol, doğalgaz ve kömür ihtiyacını karşılamada çok büyük zorluklarla karşılaşacağı beklenmektedir. Ancak Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük rezervlere sahiptir (Kılıç et. al., 2007: 1312-1320).

Çizelge 1.1. Türkiye'nin Yaklaşık Olarak Fosil Enerji Kaynaklarından Sağlayacağı Enerji Miktarı (Kılıç et. al., 2007: 1312-1320).

Kaynak	Görünen Miktar	Tahmini Miktar	İşlenebilen	Toplam
Taş Kömürü (10 ⁶ ton)	428	449	249	1 126
Linyit (10 ⁶ ton)	7 339	626	110	8 075
Asfaltit (10 ⁶ ton)	45	29	8	82
Bitümlü Şist (10 ⁶ ton)	555	1,086	269	1 641
Petrol (10 ⁶ ton)	36	-	-	36
Doğal Gaz (10 ⁹ m ³)	8,8	-	-	8,8

Türkiye, 7.339 milyon tonu görünür olmak üzere, toplam 8.075 milyon ton linyit rezervine sahiptir (Kılıç et. al., 2007: 1312-1320) (Çizelge 1.1). Mevcut kaynağın %68'i, 4,18-8,36 MJ/kg gibi düşük bir ısı değere sahip olduğundan, üretilen linyitler ağırlıklı olarak termik santrallerde tüketilmektedir. Bu kaynakların, yaygın olarak buldukları yörelerde temiz yakma teknolojilerine dayalı 100-150 MW'lık linyit santrallerinin kurulmasıyla güç üretiminde kullanılmalarına devam edilebilir (Tuncay, 2003: 9-12).

Uzun ömürlü ya da alternatif enerji kaynakları olarak bilinen; güneş, rüzgar, med-cezir, dalga, biyogaz gibi enerji kaynakları, enerji ihtiyacının tümünü karşılayabilecek düzeyde değildir. Bu enerjiler konvansiyonel enerji kaynaklarına ikame enerji olarak kullanılabilirler. Bu enerjilere yenilenebilir enerjiler adı da verilmektedir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından bol ve kapsamlı kaynağa sahiptir. Yenilenebilir enerji üretim miktarları toplam enerji ihtiyacının yaklaşık % 14,4'ü kadardır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli Çizelge 1.2'de verilmiştir (Kılıç et. al., 2007: 1312-1320).

Çizelge 1.2. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli (Kılıç et. al., 2007: 1312-1320).

Enerji Türü	Kullanım Amacı	Doğal Kapasite	Teknik Açıdan	Ekonomik Açıdan
Güneş Enerjisi	Elektrik (10 ⁹ kWh)	977 000	6 105	305
	Isınma (MTEP)	80 000	500	25
Hidroelektrik	Elektrik (10 ⁹ kWh)	430	215	124,5
Rüzgar				
Direk Enerji (Alan)	Elektrik	400	110	50
Direk Enerji (Açıkta)	Elektrik	-	180	-
Dalgalanma	(10 ⁹ kWh)	150	18	-
Jeotermal	Elektrik (10 ⁹ kWh)	-	-	1,4
	Isınma (MTEP)	31 500	7 500	2 843
Biyokütle	Toplam (MTEP)	120	50	32

Buna göre güneş enerjisinin kullanım kapasitesi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından daha yüksek düzeydedir. Güneş enerjisinden elektrik amaçlı kullanım için varolan kapasite 977.000×10^9 kWh olarak belirlenmiştir (Çizelge. 1.2).

2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi güvenilir bir kaynak olup yaygın kullanımı ile karmaşık teknoloji gerektirmemektedir. Güneş enerjisi donanımlarının imalatı ve enerji üretim aşamalarında önemli bir çevre kirliliği de yaratmamaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi konusunda çeşitli kurum ve kişilerce değerlendirme çalışmaları yapılmış olmasına rağmen, bu çalışmalarda kullanılan değerlendirme yöntemleri ve periyotların farklı olması nedeniyle aralarında bir benzerlik bulunmamaktadır. Enerji İşleri Etüd İdaresi (EİE) güneş enerjisi konusunda geliştirilen sistemlerin ülkemiz genelinde uygulanabileceği yerlerin ve elde edilebilecek enerjinin tespiti için başlattığı potansiyel belirleme çalışmalarını sürdürmektedir (cevre.gov.tr, 2007).

Ülkemizde güneş enerjisi ölçümleri Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. EİE Genel Müdürlüğü'nün 2003 yılında yapmış olduğu bir çalışmada, DMİ tarafından 65 istasyonda aktinograflar yardımıyla yapılan güneş ışınımı ölçümleri değerlendirilmiş ve bir rapor halinde yayınlanmıştır (Enerji İşleri Etüd İdaresi: 2003, 1-26). Uzun yıllara ait meteorolojik gözlemlerin (heliograf ölçümlerin) ortalaması alınarak bulunan Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2640 h (saat) olup en büyük değer 362 h ile Temmuz ayında ve en küçük değer 98 h ile Aralık ayında gerçekleşmektedir. Çizelge 2.1'de Türkiye'nin bölgelerine göre yıllık ışınım değerleri ve güneşlenme süreleri verilmiştir (cevre.gov.tr, 2007).

Çizelge 2.1. Türkiye'deki Bölgelerin Yıllık Ortalama Işınım Değerleri Ve Güneşlenme Süreleri (meteor.gov.tr, 2007), (Enerji İşleri Etüd İdaresi: 2003, 1-26).

Bölgeler	Toplam Güneş Enerjisi (Kwh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)	Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)
G.Doğu Anadolu	1460	2993	16,2
Akdeniz	1390	2956	16,4
Ege	1304	2738	14,5
İç Anadolu	1314	2628	10,7
Doğu Anadolu	1365	2664	9,5
Marmara	1168	2409	14,0
Karadeniz	1120	1971	12,1

Yine Meteorolojik gözlemlere (aktinograf ölçümlerine) göre Türkiye'de aylara göre günlük ortalama güneş radyasyon yoğunluğu en fazla 21,1 MJ/m²-gün ile Temmuz ayında ve en az 5,5 MJ/m²-gün değeri ile Aralık ayında görülmektedir. Türkiye'nin güneş radyasyonunun yıllık ortalaması 13,2 MJ/m²-gün'dür (cevre.gov.tr, 2007).

Türkiye'de güneş enerjisi kullanımında en büyük payı düz yüzeyli kollarkörler kullanılarak su ısıtma teknikleri almaktadır. Türkiye'de kurulu olan düz yüzeyli kolektör miktarı yapılan son tahminlere göre 2,5-3 milyon-m² civarındadır. Çoğu Akdeniz ve Ege bölgelerinde kullanılmakta olan sistemler ile yılda 120.000 TEP ısı enerjisi üretilmektedir. Sektörde 100'den fazla üreticinin bulunduğu ve 2000 kişinin istihdam edildiği tahmin edilmektedir. Yıllık üretim hacmi 400.000-500.000 m² olup bu üretimin bir miktarı ihraç edilmektedir.

2.1. Bölgesel Güneşlenme Süreleri, Sıcaklık Değerleri ve Işınım Miktarları

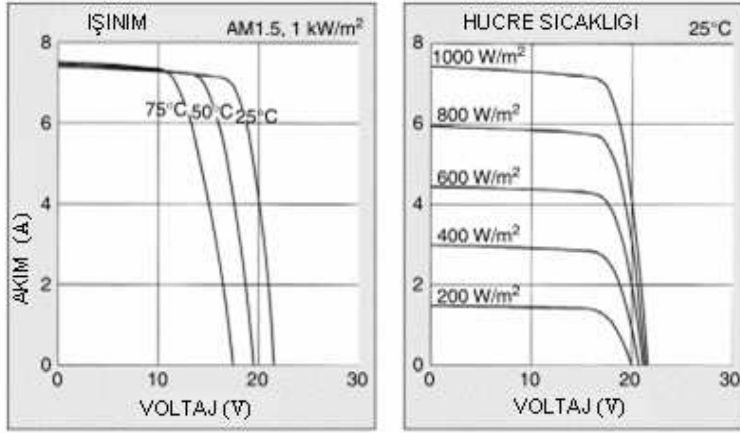
PV sistemin kurulmasında önemli rol oynayan değerlerden biri yatay düzleme gelen bölgesel güneş ışınımı değerleridir. Güneş ışınımı değerleri sistemin kurulmasında kullanılacak panel sayısını belirlemede kullanılmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin değişik bölgelerinde EİE tarafından ölçüm yapılan 54 ilin değerleri kullanılmaktadır (Çizelge 2.2). Hesaplama kullanılan ışınım değerleri birim yüzeye gelen enerji miktarı olarak kW/m² alınmıştır. Ayrıca sıcaklık değerleri yıllık ve mevsimlik olarak 1971-2004 yılları arasında Türkiye'de ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalaması olarak alınmıştır. Çalışma içinde hesaplanan panel verimlilikleri sıcaklık, birim yüzeye gelen ışınım miktarı ve güneşlenme süresiyle doğrudan ilişkilendirilerek kullanılmıştır.

Çizelge 2.2. Türkiye'nin Çeşitli Merkezlerindeki Enlem, Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süreleri (meteor.gov.tr, 2007), (Enerji İşleri Etüd İdaresi: 2003,1-26).

İL	Enlem Derecesi	Yıllık Ortalama Sıcaklık Değ. (°C)	Yıllık Ortalama Güneş En. Değ. (kWh/m ² -gün)	Yıllık Ort. Güneşlenme Süresi Değeri (saat/gün)	İL	Enlem Derecesi	Yıllık Ortalama Sıcaklık Değ. (°C)	Yıllık Ortalama Güneş En. Değ. (kWh/m ² -gün)	Yıllık Ort. Güneşlenme Süresi Değeri (saat/gün)
Adana	36,59	18,1	5,360	7,2	Kars	40,36	4,8	4,080	6,2
Amasya	40,39	13,5	3,970	5,7	Kastamonu	41,22	9,65	3,940	5,8
Ankara	39,57	11,8	4,300	6,7	Kayseri	38,43	10,3	4,610	6,8
Antalya	36,53	18,1	5,330	8,5	Kırşehir	39,10	11,2	4,440	7,2
Artvin	41,10	11,9	3,690	5,0	Kocaeli	40,46	14,4	3,750	5,3
Balıkesir	39,39	14,4	4,250	6,2	Konya	37,52	11,4	4,830	7,4
Bilecik	40,09	12,3	4,020	6,3	Kütahya	39,24	10,6	4,110	5,9
Bolu	40,40	10,4	3,630	5,2	Malatya	38,21	13,6	4,800	7,7
Burdur	37,40	13,0	5,220	7,3	Manisa	38,40	16,9	4,500	7,1
Bursa	40,11	14,5	4,110	6,2	Mardin	37,20	16,1	5,440	8,1
Çanakkale	40,08	14,9	4,440	7,2	Mersin	36,49	19,2	5,470	7,7
Çankırı	40,36	11,1	4,080	6,0	Muğla	37,12	14,9	5,000	7,3
Çorum	40,33	10,5	4,110	6,1	Muş	38,44	9,6	4,440	7,1
Denizli	37,47	14,3	5,270	7,5	Nevşehir	38,40	10,4	4,690	7,2
Diyarbakır	37,55	15,6	4,860	7,8	Niğde	37,59	11,0	4,800	7,6
Edirne	41,40	13,5	3,940	6,1	Ordu	40,59	14,1	3,300	4,2
Elazığ	38,40	12,9	4,800	7,5	Rize	41,02	14,1	3,250	4,1
Erzincan	39,44	10,8	4,000	5,5	Samsun	41,17	14,2	3,690	5,4
Erzurum	39,55	5,3	4,220	6,4	Siirt	37,56	16,0	4,830	7,6
Eskişehir	39,50	10,5	4,300	6,7	Sinop	42,02	13,9	3,720	5,4
Gaziantep	37,05	15	5,410	6,9	Sivas	39,49	9,0	4,330	6,8
Gümüşhane	40,27	9,4	3,940	5,6	Tekirdağ	40,59	13,8	3,910	5,8
Hakkari	37,34	10,3	5,270	7,8	Tokat	40,18	12,3	4,190	5,9
Isparta	37,45	12	5,300	7,6	Şanlıurfa	37,08	18,3	5,470	7,9
İstanbul	40,58	14,3	3,880	5,9	Uşak	38,40	12,4	4,580	7,5
İzmir	38,24	17,8	4,660	7,8	Van	38,28	9,2	4,720	8,2
Kahramanmaraş	37,36	16,7	5,380	7,2	Zonguldak	41,27	13,4	3,830	6,0

2.2. Fotovoltaik Yüzey Sıcaklıkları

Üreticiler hücre sıcaklıkları üzerindeki değişimlerin hücre çıkışlarında oluşturacağı etkileri Akım-Gerilim eğrileri üzerinde göstermektedirler. Örnek olarak Kyocera marka 120W'lık multi-kristal bir modülün davranışını ele alınırsa Şekil 2.1'de görüldüğü gibi çevre sıcaklıklarının artmasına bağlı olarak hücre sıcaklıkları da artmakta ve kısa devre akımı da (I_{sc}) azaltmaktadır.



Şekil 2.1. Hücre Sıcaklıklarından Kaynaklanan Kayıpların A-V Karakteristik Eğrisi

Fotovoltaik modüllerde, havanın açık olduğu soğuk bir günde, sıcak havaya göre performansın daha yüksek olduğu görülmektedir. Kristal yapıli modüller için her 1°C değişim için açık devre gerilimi (V_{oc}) %0,37V, kısa devre akımı (I_{sc}) %0,05 lik azalma göstermektedir. Normal hücre çalışma sıcaklığı (NOCT), çevre sıcaklığının 20°C olduğu, güneş ışınımının 0,8kW/m² ve rüzgar hızının 1m/s olarak belirlendiği durumlardaki sıcaklık değeri olarak verilmektedir. Bu verilere göre hücre sıcaklıkları iki duruma göre bulunmaktadır (Masters, 2004: 486).

$$T_{cell} = T_{amb} + \left(\frac{NOCT - 20^\circ}{0.8} \right) \cdot S \quad (1)$$

$$T_{cell} = T_{amb} + \gamma \left(\frac{Işınım}{1kW / m^2} \right) \quad (2)$$

Panellerde normal çalışma hücre sıcaklıkları (NOCT) verilmemişse Eşitlik 2 kullanılmaktadır. Burada γ değeri, çevre sıcaklıklarının üzerinde olarak 25°-35°C olarak alınmaktadır. Işınım değeri ise güneşe maruz kalan alandaki (1m²) güneş ışınımı olarak bölgeye göre alınabilir. Bu formüller göz önüne alınarak hücre sıcaklığına bağlı çıkış gerilimi;

$$V_{oc} = V_{oc} [1 - 0,0037(T_{cell} - 25^\circ)] \quad (3)$$

çıkış gücü ise;

$$P_{çıkış} = P_{max} [1 - 0,005(T_{cell} - 25^\circ)] \quad (4)$$

oluşturduğu değişimler formüller aracılığıyla hesaplanmaktadır. Akdeniz Bölgesi için yıllık ortalama panel verimliliği;

$$T_{cell} = T_{amb} + \left(\frac{NOCT - 20^\circ}{0.8} \right) \cdot S$$

$$T_{cell} = 16,4 + \left(\frac{47^\circ - 20^\circ}{0,8kW/m^2} \right) \cdot \left(\frac{3,80kWh/m^2}{8,1h} \right) = 16,4 + 15,8 = 32,2^\circ C$$

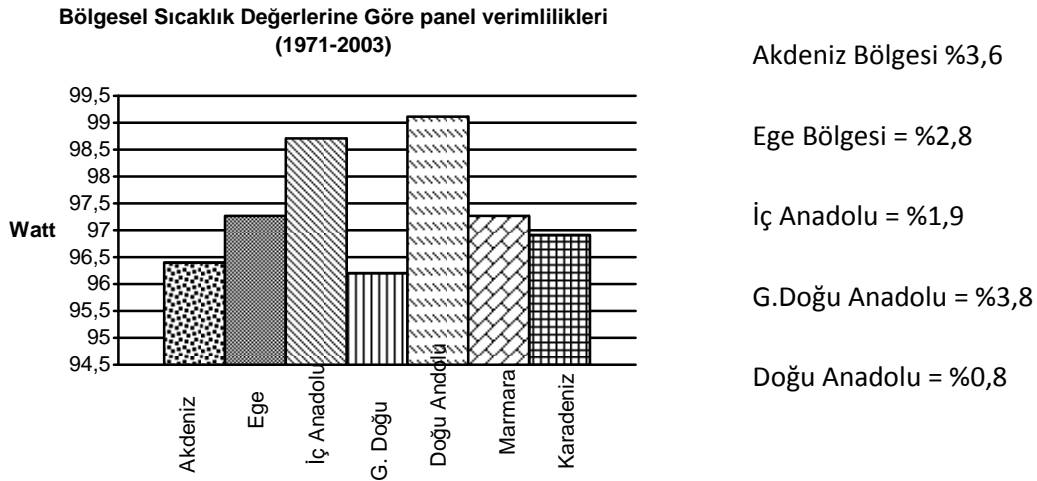
$$P_{\text{çıkış}} = 100 \left[1 - 0,005 (32,2^\circ - 25^\circ) \right] = 96,4W$$

olarak bulunmaktadır. Grafiklerde yer alan değerler her bir il için ayrı ayrı hesaplanmış ve kaydedilmiştir.

3. BULGULAR VE YORUMLAR

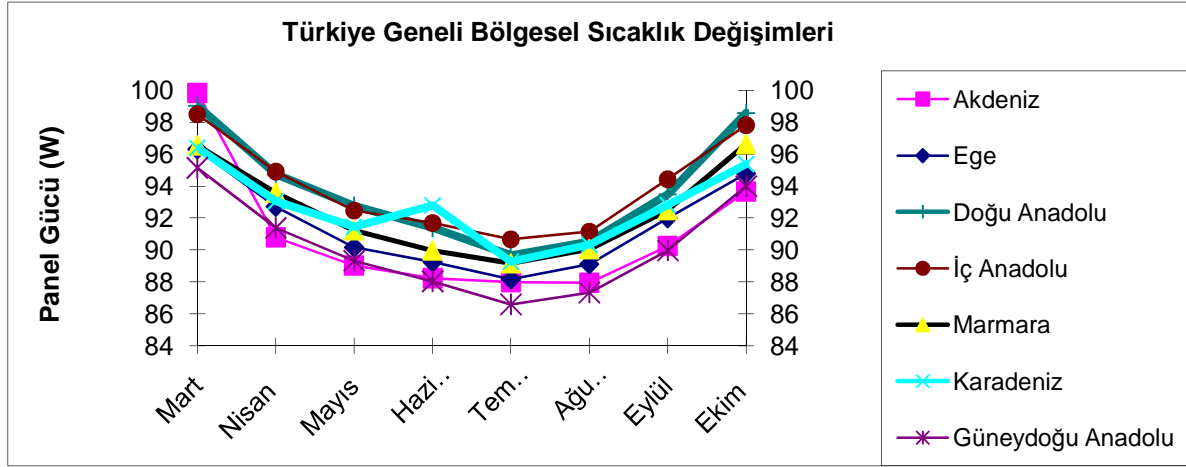
Türkiye’de güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini etkileyen faktörler içinde yer alan sıcaklık değişimleri yıllık ve mevsimlik olarak incelenmiştir. 1971-2004 yılları arasındaki sıcaklık değerlerine yıllık ortalama sıcaklık değerleri bulunmuş ve bölgesel olarak 100W’lık panel için oluşacak kayıplar şekil 3.1’de verilmiştir. Buna göre panel kayıplarında, iklim şartlarına bağlı olarak mevsimsel sıcaklık değerlerinin almış olduğu değerlere göre en iyi verimliliğin Doğu Anadolu bölgesinde olduğu en düşük verimliliğin ise Güneydoğu Anadolu bölgesinde olduğu görülmektedir.

Türkiye’de uzun yılların ortalamasıyla elde edilen sonuçlara göre panel verimliliklerinde ortalama %2,68’lik verim kaybı gerçekleşmektedir. Burada çevre sıcaklık ortalamalarının panel verimlilikleri için en uygun olduğu bölgenin Doğu Anadolu bölgesi olduğu açık olarak görülmektedir. Akdeniz Bölgesinde güneşlenme ve sıcaklık değerlerine bakılarak güneş panelleri için en uygun bölge olması düşünülürken sıcaklık kayıpları bakımından en yüksek ikinci bölge olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1. Bölgesel Sıcaklık ve Işımm Değerlerine Göre Panel Verimlilikleri (1971-2003)

Türkiye genelinde Mart ve Ekim ayları arasında kurulabilecek güneş panel sistemlerinde her ayın ortalama sıcaklık değerine göre belirli miktarlarda kayıplar oluşmaktadır. Meteoroloji genel müdürlüğü tarafından verilen illerin sıcaklık değerleri ve Elektrik İşleri Etüd İdaresinin yayınladığı ışım miktarları ve güneşlenme süreleri dikkate alınarak yapılan hesaplama sonucunda Mart ve Ekim aylarında sistemlerde sıcaklık ve panel kayıpları incelenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Bölgelerin Sıcaklık ve Işınım Değerlerine Göre Panel Verimliliklerinin Karşılaştırılması.

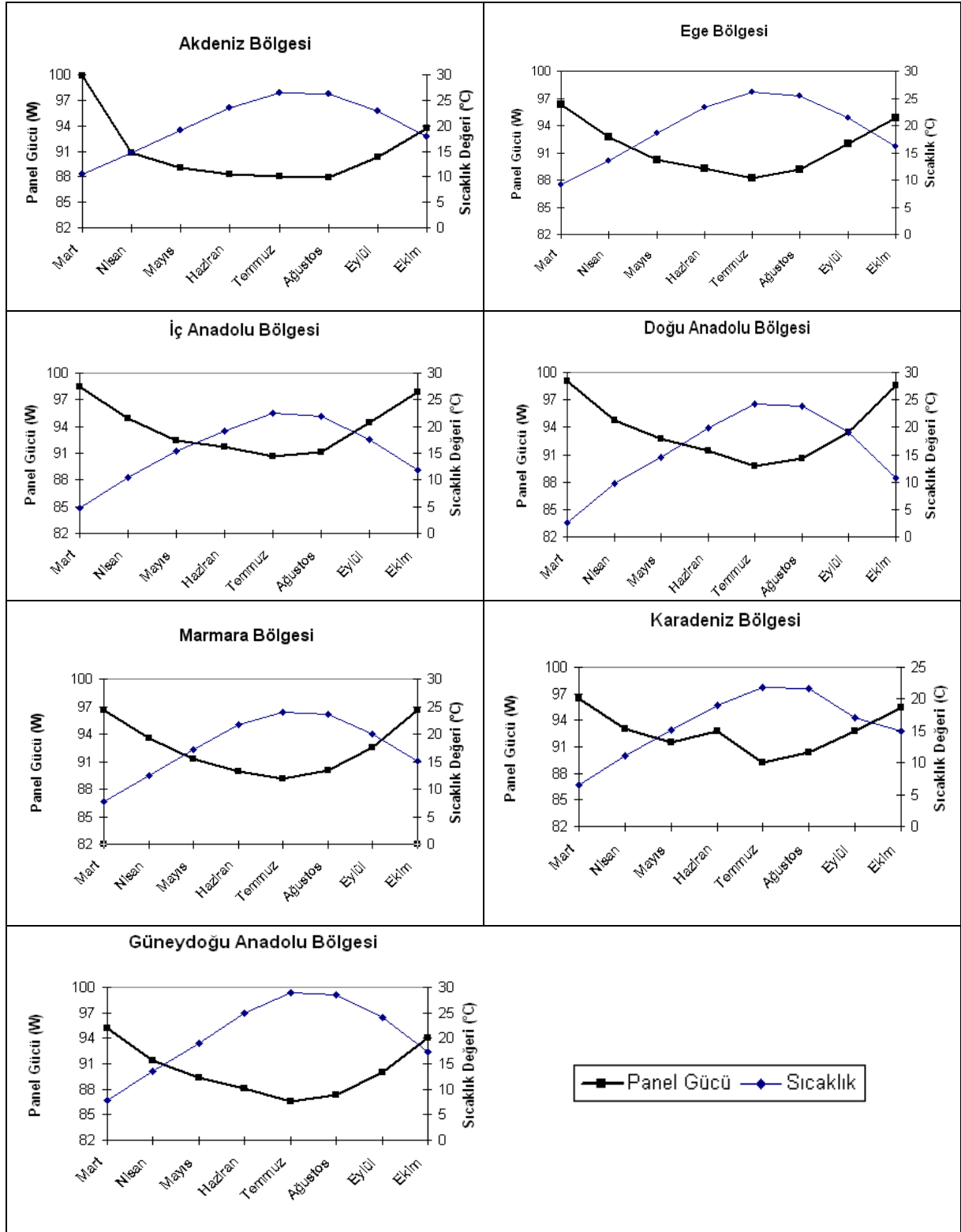
Türkiye’de İlkbahar-Yaz ve Sonbahar mevsimleri içinde kurulması planlanan güneş panelli sistemler için sıcaklıktan dolayı oluşabilecek panel kayıpları incelenmiş ve her bir bölge için aylık kayıp miktarları belirlenmiştir (Şekil 3.3). Buna göre panel gücü-sıcaklık eğrileri arasında ters bir ilişki olduğu saptanmıştır. Çevre sıcaklıklarının artmasına ve bununla birlikte ışınım miktarlarının değişmesine bağlı olarak hazırlanan eğrilerde sıcaklıkların en fazla görüldüğü Haziran-Temmuz dönemlerinde panel verimliliklerinde %11’e yakın kayıplar olduğu görülmektedir. Güneş Panelleri ile ilgili olarak tasarım yapılması sırasında ortalama alınacak verim kayıplarının %3 alınması, hatalı sistem tasarımına sebep olmaktadır. Güneydoğu Anadolu bölgesinde Temmuz ayında yaklaşık olarak %13’lük bir kayıp yaşanmaktadır.

Akdeniz Bölgesi için sıcaklık kayıpları ve iklim özellikleri göz önüne alındığında Panel kurulması için en uygun ayın Mart ayı olacağı görülmektedir. Bunun yanı sıra Temmuz ve Ağustos aylarında çevre sıcaklık ortalamalarının 28 °C civarında olduğu ve bu sıcaklıklarda panel enerji üretim miktarı 100 W seviyesinden 88,06 W civarına düştüğü görülmektedir.

Akdeniz ve Ege bölgeleri iklim özellikleri ve çevre sıcaklıkları bakımından birbirine yakın özellikler taşıdıkları için panel verimliliklerindeki düşüş miktarı da yaklaşık olarak eşit çıkmaktadır. Mart ayına bakıldığında Akdeniz bölgesinin almış olduğu değer panel verimliliğini az miktarda etkilemiş ve verimlilik değerleri % 99,08 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.3).

Anadolu bölgelerinde ortalama sıcaklık ve ışınım değerlerine bakılarak, bölgelerin ortak iklim özellikleri taşıdıkları ve verimlilik kayıpların yine yaz aylarında düştüğü görülmektedir. Bununla birlikte bölgelerin kış ayı sıcaklık ortalamaları güneş panellerinin çalışma sıcaklıkları aralığında olmadığından grafiklere yansıtılmamıştır. İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri içinde çevre sıcaklığı ve ışınım değerleri arasındaki ilişkiye bakılarak en verimli bölgenin İç Anadolu bölgesi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Karadeniz bölgesi özelliklerine bakıldığında genellikle yağış miktarlarının fazla olması ve mevsimsel sıcaklık ortalamaları arasındaki farkların büyük olmaması kayıpların az olacağını göstermesine rağmen ışınım miktarlarının düşük olması verimi düşürmektedir (Çizelge 3.3).



Şekil 3.3. Bölgesel Sıcaklık Değişimleri ve Panel Verimlilikleri Arasındaki İlişki

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Panel verimliliğini etkileyen etmenlere bakıldığında hatalı panel eşleştirmeleri, gölgelenme oranları, sıcaklık kayıpları, yatay düzleme yerleştirilme açıları olarak sıralanmaktadır. Bunlar içinde panelin bulunduğu il ve bölgeye göre değişen sıcaklık kayıpları incelenmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Buna göre Türkiye'nin farklı iklim özellikleri gösteren bölgeleri arasında sıcaklıklara bağlı olarak panel verimliliğinin düştüğü gözlenmiştir. Genel olarak mesafe ve iklim özellikleri bakımından birbirine benzeyen bölgelerde panel kayıpları birbirine yakın çıkmıştır. Ayrıca sıcaklık farklılıklarının fazla olduğu ve karasal iklim taşıyan bölgelerde kış mevsiminde güneş panel sistemlerinin kurulmasının panellerin çalışma sıcaklıkları içinde yer almamasından dolayı bir sınırlılık olarak belirlenmiş ve grafiklere yansıtılmamıştır.

Türkiye genelinde oluşturulması planlanacak sistem verimlilikleri için uzun yılların ortalaması olarak sıcaklık ve ışınım miktarlarından kaynaklanacak panel verimlilikleri %2,8 olarak çıkmasına karşılık mevsimsel olarak % 10'lar düzeyine çıkmaktadır. Günlük bir ev ihtiyacının tasarımın kullanılacak sistem bileşimlerinin tasarlanmasında sıcaklık ve ışınım değerlerinden kaynaklanan kayıp değerleri dikkate alınabilecek düzeyde çıkmıştır. Örnek olarak günlük bir ev ihtiyacının 5kW olduğu düşünülerek, tasarlanması planlanan sistemde panel kaybı yıllık olarak 140W olarak çıkmasına rağmen aynı bölge için haziran ayında 540W düzeyine çıkmaktadır. Bu değerlerde sistemde kullanılacak akü sayısı, çevirici kaybı gibi parametrelerin doğrudan etkilenmesine ve sistemde bazı hataların çıkmasına neden olabilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Kılıç Çanka, F., Kaya, D., (2007). "Energy production, consumption, policies, and recent developments in Turkey", *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 11: 1312–1320.
- "Nüfus İdaresi ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü", (2007).
http://www.nvi.gov.tr/content/attached/nvi/istatistik_2003/nufus/2003yascinsist.xls
- Hamzaçebi,C., (2007). "Forecasting of Turkey's net electricity energy consumption on sectoral bases", *Energy Policy* 35: 2009–2011.
- Kaya, D., (2006). "Renewable energy policies in Turkey" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10: 152–155.
- Tuncay, N., (2003). "Enerji ve doğal kaynaklar paneli raporu", *TÜBİTAK*, Ankara,9-12.
- Çevre Bakanlığı, (2004). "Çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynakları, Güneş Enerjisi", *Alt grup raporu, Ankara*, 27.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, (2001). "Türkiye'de Güneş ışınımı ve güneşlenme süresi değerleri", *EİE Genel Müdürlüğü, Ankara*, 7-64.
- İnternet: "Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü",
<http://www.meteoroloji.gov.tr/2006/arastirma/files/maxsic.pdf>
- Masters, Gilbert M., (2004). "Renewable and Efficient Electric Power Systems", *John Wiley & Sons Hoboken, USA*, 486.