

YOĞUNLAŞTIRICILI GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ VE ILSU HES'E ALTERNATİF OLARAK GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNE UYGULANABİLİRLİĞİ

Hüseyin ERDOĞAN¹, Bilal GÜMÜŞ¹, Serhat Berat EFE¹, Cem KUTLU¹, Hasan BAYINDIR²,

Yurdagül BENTEŞEN YAKUT¹, Ferhat ÇIRA¹, Ramazan ASLAN³

erdogan@dicle.edu.tr, bilgumus@dicle.edu.tr, beratefe@dicle.edu.tr, cktulu@dicle.edu.tr,

hbayindir@dicle.edu.tr, bentesen@dicle.edu.tr, fcira@dicle.edu.tr, aslanrama@yahoo.com

¹ Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

² Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

³ İçtaş İnşaat

Yoğunlaştırıcı güneş enerji santralleri güneş enerjisinden elektrik elde etmede kullanılan sistemlerden biridir. Bu tip üretim tesislerinde güneş enerjisinin termal değeri 70 ile 3000 kata kadar çıkarılabilmektedir. Yakın gelecekte bu tip santrallerin enerji üretiminde önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada yoğunlaştırıcı güneş enerji santrallerinin yapısı incelenmiş ve çeşitli tipteki santrallerden örnekler verilmiştir. Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde güneş enerji potansiyeli göz önüne alınarak bu tip santrallerin alternatif bir üretim sistemi olarak Türkiye'de tesisi ele alınmıştır. Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde yapımı düşünülen Ilsu HES gibi riskli projeler yerine bu tür santrallerin yapımının maliyetleri etüt edilmiş ve alternatif bir çözüm olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yoğunlaştırıcı Güneş Enerji Santralleri, Güneş Enerjisi, Ilsu HES

1. YOĞUNLAŞTIRICILI GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ

Isıl güneş enerjisi sistemleri, çeşitli ayna veya lenskonfigürasyonu kullanarak güneş enerjisini yüksek ısıya dönüştürüp bu sayede elektrik enerjisi üreten yapılardır. Isıl güneş enerjisi sistemlerinde (parabolik oluk, parabolik çanak, güç kulesi) ısı, elektrik üretimi için bir türbine veya benzeri bir makineye gönderilir. Isıl tesisler, biri güneş enerjisini toplayıp ısı enerjisine

dönüştüren diğeri ise ısı enerjisini elektriğe dönüştüren iki temel alt sistemden oluşur. Yoğunlaştırıcı fotovoltaiik sistemler ise güneş ışığını bir fotovoltaiik sistem üzerine düşüren ve bu sayede doğrudan elektrik üreten sistemlerdir. Fotovoltaiik sistemlerde ayna, mercek veya ikisi birlikte kullanılabilir.

Tüm yoğunlaştırıcı güneş enerji sistemleri güneş ışıınının direk ve dik açılı bileşenini kullanırlar. Direk ve dik açılı ışıma sadece güneşli günlerde elde edilebilir. Direk ve dik açılı ışımayı yoğunlaştırmak yüksek ısı elde edilmesini veya fotovoltaiik sistemlerde ışığı yoğunlaştırarak fotovoltaiik hücrelerin veriminin artmasını sağlar. Direk ışımayı sağlayabilmek için güneşi takip eden yapıların kullanılması gerekir. Parabolik oluk sistemler ışımayı lineer alıcı üzerine düşürmek için

tek eksenli takipçiler kullanırlar. Çanak ve güç kulesi sistemlerinde ise iki eksenli takipçiler kullanılır. Benzer şekilde yoğunlaştırıcı fotovoltaiik sistemlerde de iki eksenli takipçi kullanılır. Güneş ışığını toplayarak elde edilen ısıyla, türbin ve generatörleri çalıştırdıkları için oluk ve kule sistemleri 50 MW veya daha yüksek güçteki büyük tesisler için en uygun sistemlerdir. Çanak ve fotovoltaiik sistemler ise 10 MW' tan 35 MW'a kadar güçleri tek ünite de üretebilen modüler yapılardır. Bu nedenle çanak ve fotovoltaiik sistemler yayık ve uzak üretim uygulamalarında kullanılabilir. Ayrıca bu sistemler birleştirilerek



büyük tesisler oluşturulabilir. Oluk ve kule sistemlerinde tesisin büyüklüğündeki artış beraberinde kW başına düşen giderlerde azalmaya sebep olur. Fotovoltaik ve çanak sistemleri ise potansiyel seri üretim avantajına sahiptirler. Oluk ve kule sistemlerinin, çanak ve fotovoltaik sistemlere göre en önemli avantajları, bulutlu havalarda veya akşam saatlerinde, belirli bir zaman aralığı için sahip oldukları ısı deposu veya fosil yakıt üniteleri sayesinde elektrik üretimine devam edebilir olmalarıdır. Bu da tesisin faydalı tepe yük profiline yakın bir çalışma potansiyeli ile çalışmasını sağlar. Günümüzde çanak sistemleri hibrit yakıtlı şekilde ayarlanamamıştır. Fotovoltaik sistemlerde batarya kullanımı mümkündür ama bataryaların tesis maliyetinin yüksekliği şu an için bu sistemin kullanımını pek cazip kılmamaktadır. [3]

2. PARABOLİK OLUK SİSTEMLERİ

Parabolik oluk sistemleri, güneş ışınımını, parabolik oluk şeklinde bükülmüş yansıtıcıları ile oluğun odak çizgisine yerleştirilmiş alıcı boruya iletirler. Yüksek ısıyı taşıyabilen akıcı bir madde ile bu borudaki ısı enerjisi alınır ve buhar generatöründe buhar üretmekte kullanılır. Şekil 1.1' de oluk yansıtıcı dizisi gösterilmiştir. Seriler tipik olarak kuzey – güney eksenine yerleştirilir. Tek eksenli takipçi sayesinde güneşi doğu batı doğrultusunda takip eder. [3]

Bu sistemin dünyadaki güzel bir örneği Andalusia'spanya'da geniş bir vadi olan Marquesado delZenete bölgesinde kurulu durumdaki AndaSol projesidir. [1]

AndaSol tesisinin kurulu olduğu 900m – 1.100m rakımlı vadinin ortasından 400 kV'luk enerji iletim hattı geçmektedir. Sierra Nevada Dağlarının kuzeyindeki su kaynakları tesis için gerekli suyu sağlamaktadır. Ayrıca A-92 otobanı ve Almeria granada tren hattı sayesinde kurulum ve işletme süresince tesise kolayca erişim sağlanabilmektedir. Isı depolama sistemi sayesinde AndaSol Tesisi güneşin batışından sonra da enerji talebini karşılayabilmektedir. Isı depolama sistemi olmadan

yıllık tam yükte 2000 olan çalışma saati ısı depolama sistemiyle 3589 saate çıkmaktadır. Bu artış tesis maliyetlerinin karşılanmasında önemli bir durumdur.

AndaSol 1 olarak isimlendirilen tesisin yapımına Haziran 2006'da başlanmış ve Haziran 2008'de bitirilmiştir. Andasol 1 projesinin maliyeti 14.3 milyon € olarak belirlenmiştir. Bu maliyetin 5 milyon €'luk kısmı Avrupa Birliği'nce destek olarak hibe edilmiştir.

AndaSol dışında dünyada birçok tamamlanmış veya yapım aşamasında olan Parabolik Oluk yoğunlaştırıcı güneş enerji sistemi mevcuttur. 1 MW kapasitede olan bir tesis Arizona'da kurul-



Şekil 1. Parabolik Oluk Yansıtıcı Dizisi [1]





Şekil 2. Andasol Güneş Enerjisi Elektrik Üretim Tesisi [1]

muş ve işletilmeye başlanmıştır. Ayrıca Nevada'da 64 MW'lık bir tesisin ve İspanyada birkaç tane 50MW'lık tesisin inşası devam etmektedir. Bu sistemlerin su tüketimi kuru soğutma durumunda 2.8 /MWh kadardır. Ek olarak 0.14 /MWh kadar su da temizlik için kullanılır. Kuru soğutma tekniği, kullanılan su miktarında kazanç sağlamasına rağmen işletme giderlerinde artışa neden olmaktadır.

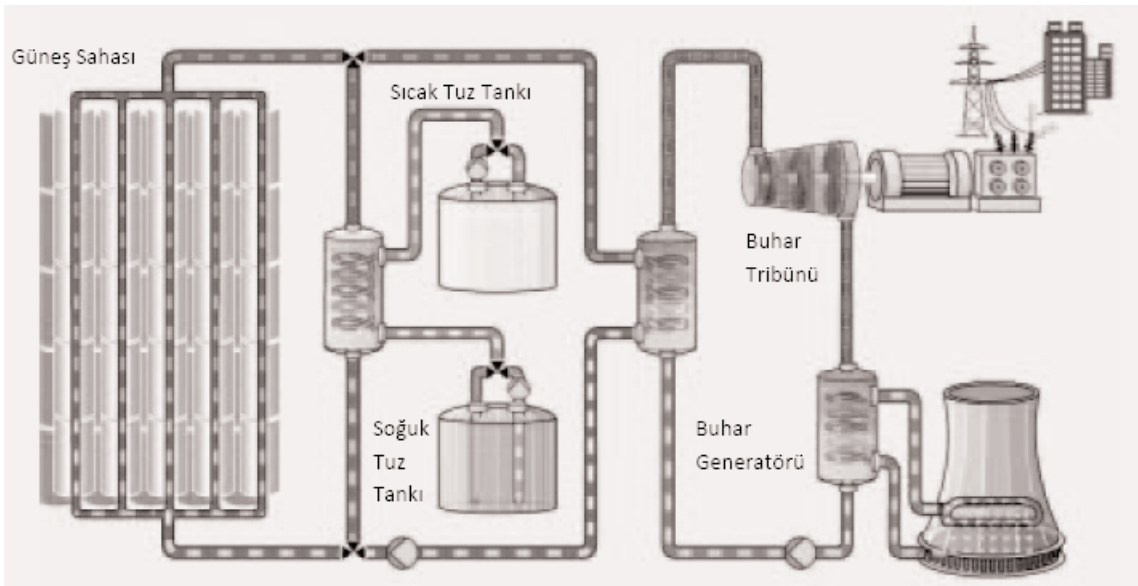
Tablo 1. Andasol Elektrik Üretim Santralinin Tasarım Özellikleri [1]

3. PARABOLİK ÇANAK SİSTEMLERİ

Parabolik çanak sistemler bir güneş yoğunlaştırıcı (parabolik çanak) ve bir adet güç dönüştürücü üniteden oluşur. Yoğunlaştırıcı ünite dik açılı güneş ışınlarını odak noktasına yerleştirilmiş güç dönüştürücü ünitesine yansı-

ANDASOL – TASARIM ÖZELLİKLERİ	
Yer	Andalucía, İspanya
Nominal elektrik gücü	49.9 MW
Yıllık tam-yük çalışma	3.589 saat
Alıcı teknolojisi	Parabolik oluk
Alıcı geometrisi	510.120 m ²
Isı depolama teknolojisi	Erimiş tuz
Isı depolama kapasitesi	7.5 saat
Tesis alanı	200 ha
Yıllık elektrik üretimi	179 GWh
Maliyet	14.3 milyon €

tan parabolik çanak şeklinde bir araya getirilmiş yansıtıcı aynalardan oluşur. Sistem iki eksenli takipçi sayesinde güneşi sürekli olarak izler. Güç dönüştürme ünitesi termal alıcı ve generatörden oluşur. Güneş alıcısında, güneş ışığı kapalı hidrojen çevrimi yardımıyla ısı enerjisine dönüştürülür. Isınmış hidrojen generatör tribünlerinin dönmesini sağlar. Hava soğut-



malı0 oldukları için parabolik oluk ve güç kulesi uygulamalarındaki gibi soğutma suyuna ihtiyaç duyulmaz. Günümüzde bu sistemlerde ısı depolama ünitesi kullanılmamaktadır. [3]

Bu sistemler, kurulum ve bakım-onarım kolaylığı açısından tercihen düzgün zemin üzerine inşa edilir. Parabolik çanak sistemler boyutlarına göre 10 MW ile 25 MW arasında değerlere sahiptir. Güç şebekesinden bağımsız çalışabilmeleri nedeniyle uzak uygulamalarda kullanılabilirler. Yüksek verimliliği ve modüler yapısıyla bu sistemlerin maliyetlerinde ileriki zamanlarda ciddi düşüşler beklenmektedir. [1]

Günümüzde yapımı henüz tamamlanmış olan ve altı çanaktan oluşan bir sistem Albuquerque'de Sandia Ulusal Laboratuvarında bulunmaktadır. 2 Ağustos 2005 tarihinde, Southern California Edison firması, 500 ile 850 MW'lık kapasitedeki (yıllık üretimi: 1,182 - 2010 GWh/yıl) parabolik çanak sistemi için

görüşmelerin tamamlandığını duyurdu. 7 Eylül 2005'te Stirling Engine Systems firması, Diego Gas & Electric şirketiyle 300-900 MW'lık parabolik çanak sistemi için anlaştı. Bunların dışında aynı teknolojiye sahip tesislerin kurulumu için yapılmış birkaç anlaşma daha mevcuttur. [3]

4. GÜÇ KULESİ SİSTEMLERİ

Güç kulesi sistemlerinde kulenin tepesinde bulunan alıcıya dik açılı güneş ışınlarını yansıtan güneşi takip eden, heliostat adı verilen, binlerce ayna kullanılır. Günümüzde mevcut alıcılar içerisinde erimiş nitrat tuzu bulundurulur. Bu tuz alıcıdaki ısıyı alarak generatör türbinini döndürerek elektrik üretimini sağlayacak olan buharı üretmekte kullanılır. Önceleri su buharı direk olarak alıcıda üretilirken günümüzde yüksek ısı iletim ve ısı depolama özellikleri nedeniyle erimiş nitrat tuzu kullanan sistemler kullanılmaktadır. 50 – 200 MW'lık elektrik üretimi için güç kuleleri istenilen ebatlarda inşa edilebilir. [3] Şekil 4. Parabolik çanak sistemi Güç kulelerinin önemli bir avantajı erimiş tuzun 565,55 °C'ye kadar ısıtılabilmesi ve 538 °C'de buhar üretebilmesidir. Bu

da yaklaşık 390 °C buhar üretebilen oluk sistemlerine nazaran daha yüksek verimde elektrik üretildiği anlamına gelir. Bunun yanında oluk sistemlerinde ısı transferi için yağ kullanıldığından ısının yağdan tuz ve tuzdan tekrar yağ transfer edilmesi sürecindeki enerji kayıpları güç



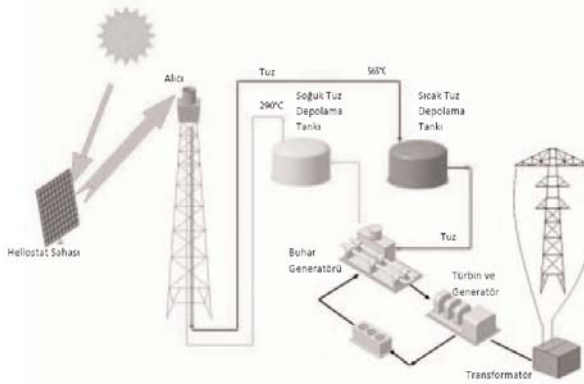
kulelerinde sadece tuz kullanıldığı için ortadan kalkmaktadır. [3] 15 MW kurulu güçteki, erimiş tuz depolama sistemine sahip İspanya'nın Ecija bölgesinde bulunan Solar Tres termal güç kulesi tesisi mevcut güç kulelerine güzel bir örnek olarak gösterilebilir.

Bu tesisin kurulumu 15.3 milyon €'a mal olmuş olup 5 milyon €'luk kısmı Avrupa Birliği tarafından hibe olarak verilmiştir. [1]

Bunun dışında Bristol, California'da bulunan 10 MW'lık Solar One, 11 MW'lık Sanlúcar la Mayor, İspanya'da bulunan PS10 ve 100 MW'lık Güney Afrika'da bulunan ESKOM güç kulesi önemli örneklerin başında gelir. [3]

Güneş enerjisinden elektrik üreten sistemler genel olarak incelendiğinde özellikle küçük güçlü uygulamalarda fotovoltaik sistemlerin ve





Şekil 5. Güç kulesi santralinin şematik diyagramı [1]



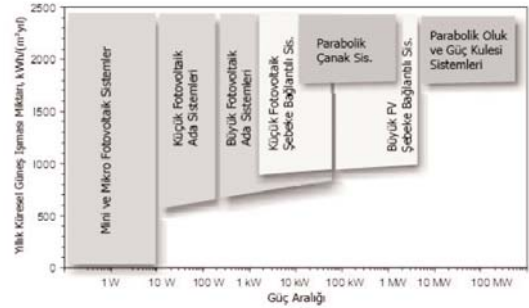
Şekil 6. İspanya'da kurulan PS10 güç kulesi

büyüyen güçlerle beraber yoğunlaştırıcı ısıll güneş enerji sistemlerinin kullanımının uygun olacağı görülmektedir. Şekil 7 'de üretim kapasitesi ve yıllık küresel güneş ışınlamına bağlı olarak kullanılması uygun olan sistemler gösterilmiştir. Tablo 3' de ise yoğunlaştırıcı ısıll güneş enerji sistemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu veriler ışığında uygun sistem seçiminin üretim gücüne ve ışıma miktarına göre seçilmesi gerektiği görülmektedir.

5. TÜRKİYE'NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde (DMI) mevcut bulunan, 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınlam şiddeti verilerinden yararlanarak, EİE

tarafından yapılan çalışmaya göre; Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınlam şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6



Şekil 7. Yükleme kapasitesi ve yıllık güneş ışınlamına bağlı olarak ısıll güneş enerji sistemleri ve fotovoltaik sistemlerin çalışma alanları [5]

kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. (Şekil 7)

Şekil 8. Türkiye üzerine gelen toplam güneş enerjisi radyasyonu [13] Şekil 9. Türkiye güneş enerjisi termik santral potansiyeli Türkiye'nin güneş enerjisi termik santral potansiyeli ışıma miktarı ve arazi durumları göz önüne alınarak Şekil 8' de gösterilmiştir. Bu alanlar ışıma miktarının 1650 kWh/(yıl)' dan büyük olduğu ve santral kurulumuna elverişli tarım dışı araziler öncelikle göz önüne alınarak belirlen-

SOLAR TRES – TASARIM ÖZELLİKLERİ	
Yer	Ecija, Spain
Alıcı termal gücü	120 MW
Tübin elektriksel gücü	17 MW
Kule yüksekliği	120 m
Heliostat sayısı	2.480
Heliostatların yüzey alanı	285.200 m ²
Heliostatların çevrelediği alan	142.31 ha
Depolama boyutu	15 saat
Doğal buharlaştırıcı termal kapasitesi	16 MW
Yıllık elektrik üretimi (min.)	96.400 MWh
Maliyet	15.3 milyon €



Tablo 3. Yoğunlaştırıcı ısı güneş enerji sistemlerinin karşılaştırılması [7-10]

	Parabolik Oluk Sistemleri	Güç Kulesi Sistemleri	Parabolik Çanak Sistemleri
Uygulamalar	Şebekeye paralel yapılar, orta ve yüksek sıcaklıktaki işlemler	Şebekeye paralel yapılar, yüksek sıcaklıktaki işlemler	Tekil sistemler, birlikte kullanılması ile küçük şebeke sistemleri
Güç aralığı	30 – 200 MW	30 – 100 MW	3 – 50 kW (ünite başına)
Modülerlik	+	+	+++
Teknoloji durumu	20 yıldır ticari olarak kullanımda	Ticari olarak kullanıma henüz geçildi, uzun süreli prototip deneyimi mevcut	Ticari olarak kullanıma henüz geçildi, kısa süreli prototip deneyimi mevcut
Teknoloji riski	Düşük	Düşük/orta	Orta-yüksek
Yatırım maliyeti (€/kW)	2300-4000	2000-5000	5000-8000
İşletme ve bakım giderleri (€/kW)	2,5-3,5	2-3,7	4,6
Kademeli elektrik giderleri (€/kW)	13-20	16-22	25-33
Yoğunlaştırma oranı	70-80	300-1000	1000-3000
İşletme sıcaklığı	250-500°C	250-1000°C	600-1200°C
Yıllık solar kapasite faktörü (depoya bağlı olarak)	%23-50	%25-70	%25
Tepe verimliliği	%21	%23	%30'un üzerinde
Yıllık solar-elektrik verimliliği	%14-16	%15-20	%12-25
Depolama imkanı	Depolama yapılabilir	Depolama yapılabilir	Henüz depolama yapılamaz
Hibrit kullanılabilirliği	Hibrit özneği mevcut	Hibrit kullanıma uygun	Hibrit kullanıma uygun (tekil kullanımdan daha pahalı)
İnşa alanı gereksinimleri	6-8 m ² /MW/yr	8-12 m ² /MW/yr	8-12 m ² /MW/yr (düz arazi için uygundur)
Su gereksinimi	3-5 m ³ /MW/yr	3-5 m ³ /MW/yr	Yıkama dışında su gereksinimi yoktur
Diğer avantajları	400°C sıcaklığında yağ ile ısıtılma orta düzeyde buhar elde edilmektedir	Yıllık performans değerleri ve bakım onarım masrafları düşük	Hızlı tesis edilebilir
Dezavantajları		Dayanıklılığı geliştirilmeli ve hedeflenen maliyet değerlerine ulaşılmalı	

miştir. Ancak yapılan bu etütlerin yeterli olduğunu söylemek de güçtür.

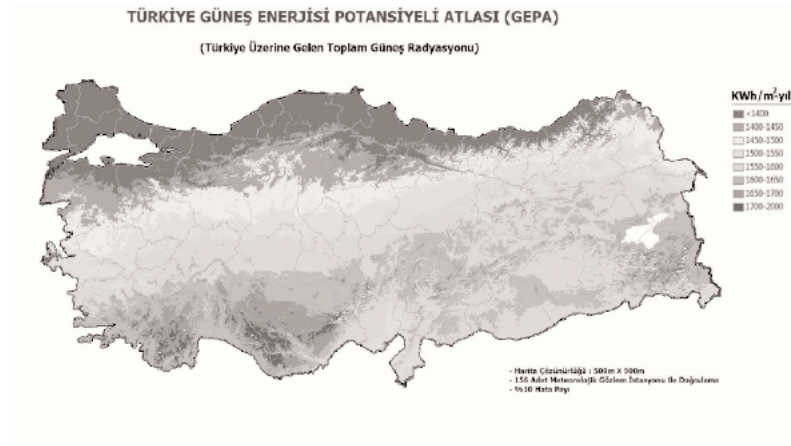
6. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, güneş enerjisi potansiyeli açısından Türkiye'nin en şanslı bölgesidir. Bölgeye ışık tutması açısından bu çalışmada Diyarbakır ilinin güneş verileri kullanılmıştır. Tablo 4' de Diyarbakır için son 10

yılın güneş radyasyonu verilmiştir. Bu verilere göre Diyarbakır ilinin güneş radyasyon miktarı 1821 kWh/(yıl) olmaktadır. Tablo 5' de ise Diyarbakır ilinin son 10 yılına ait aylık güneşlenme süreleri görülmektedir. Şekil 10' da ise yatay ışımanın fonksiyonu olarak çeşitli sistemlerdeki ışımlar görülmektedir. Bu şekilde Diyarbakır ili de ortalama yatay ışıma miktarına bağlı olarak işaretlenmiştir. Buna bağlı olarak sistem seçiminde tercihler yapabilmek mümkündür.

7. ILISU HES'E ALTERNATİF OLARAK GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE YOĞUNLAŞTIRICILI GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ KURULMASI

Ilisu HES GAP'ın enerji yapılarından biri olup, baraj gölü altında bırakacağı tarihi kültürel miras ve yol açacağı problemler nedeniyle üzerinde çokça tartışmalar yürütülen bir projedir. Bu proje on iki bin yıllık bir tarihi kültürel mirasın Hasankeyf ilçesi ile birlikte suların altında kalması tehlikesinin yanı sıra, göç etmek zorunda bırakacağı insanlar, tahrip olacak olan ekolojik çevre ve suların altında kalacak olan verimli tarım toprakları nedeniyle



Şekil 8. Türkiye üzerine gelen toplam güneş enerjisi radyasyonu [13]





büyük tepkiler çekmektedir. Enerji açısından incelendiğinde çok verimli olmayan bir hes olan Ilisu'ya alternatif çözümler üretmek yaratacağı yıkımın etkilerinin engellenmesi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada Ilisu HES'e alternatif olacak yoğunlaştırıcı güneş enerji santrallerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Ilisu HES'in öngörülen maksimum yıllık enerji üretimi 3833 GWh'tir. Aslında bu santralin güvenilir enerji üretimi 2500 GWh'ler

mertebesindedir. Çalışmada, İspanya'da tesis edilen ve işletilen parabolik oluk sistemine örnek olarak AndaSol ve güç kulesi sistemine örnek olarak Solar Tres santralleri ele alınmıştır. Bu santrallerin ele alınmasındaki temel amaç iki ayrı sisteme sahip olmaları ve ısıma özellikleri olarak kuruldukları yerler ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin benzerlikler göstermesidir. Şekil 11. 2002 yılında Ortadoğu bölgesi için dikey doğrudan ısıma potansiyeli [4] Ilisu HES'in ürettiği enerjiye eşdeğer enerji üretmek için 1070 MW'lık parabolik oluk veya 675

MW'lık güç kulesi sistemlerinden oluşan güç santralleri gerekmektedir. Bu santrallere ait karşılaştırma Tablo 6'da gösterilmiştir. İspanya'da kurulu olan bu sistemlerin tesis maliyetleri göz önüne alınarak öngörülen güç için, tesis maliyetleri hesaplandığında, her iki güneş enerjisi sistem-

inin de Ilisu HES'in yapım maliyetinden düşük olduğu görülmektedir. Güneş enerjisi santralleri Ilisu HES'in sular altında bırakacağı alandan çok daha küçük bir alanda tesis edilebilecektir. Üstelik bu alanların herhangi bir tarihi eseri sular altında bırakma riski yoktur. Ilisu HES'in maliyetine kamulaştırma maliyetleri dahil değildir. Oldukça büyük bir alanın kamulaştırılacağı düşünüldüğünde bu maliyetin de 1 Milyar € dolaylarında olması tahmin edilmektedir.

Günümüz koşullarında yatay ısımanın değerlerine bağlı olarak yoğunlaştırmalı güneş santrallerindeki elektrik enerjisinin üretim maliyetleri Şekil 11'de verilmiştir. Buna göre Diyarbakir ilinin güneş ısıma verilerine dayanarak üretim maliyetlerinin 0,2 € mertebesinde olduğu görülmektedir. Bu değerler gün geçtikçe azalmaktadır ve gelecekte çok daha rekabetçi değerlere geleceği öngörülmektedir. Bu da gelecek için bu tip santrallerin kurulumunun önemli olduğunu göstermektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yoğunlaştırıcı güneş enerji santralleri küresel iklim değişikliği sorunuyla uğraşan dünyamız için önemli bir enerji üretim aracıdır. Yakın zamanda tükenen fosil yakıtlar ve bu yakıtların

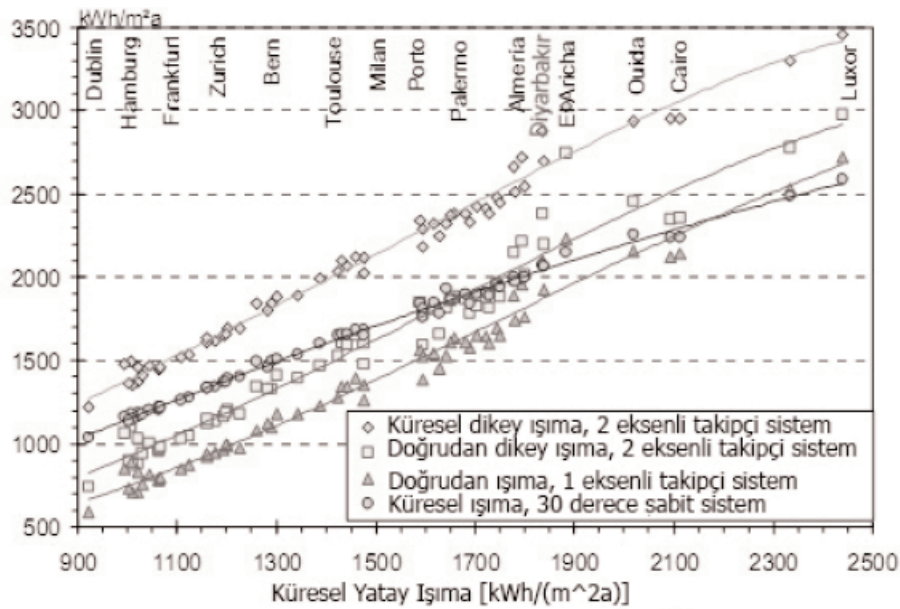


Tablo 4. Aylara Göre Ortalama Güneş Radyasyonu Miktarı($kWh/(m^2 \cdot yıl)$) [12]

YIL	OCAK	SUBA	MART	NİSA	MAYI	HAZİR	TEMM	AGUS	EYLU	EKİM	KASİ	ARAL	ORT.
1998	704,45	1335,90	1514,75	2062,25	2292,20	2795,90	2686,40	2525,80	2186,35	1700,90	974,55	715,40	1791,24
1999	879,65	1153,40	1522,05	2157,15	2657,20	2774,00	2693,70	2580,55	2204,60	1518,40	1127,85	784,75	1837,78
2000	806,65	1251,95	1773,90	1927,20	2613,40	2985,70	2857,95	2507,55	2127,95	1438,10	1084,05	693,50	1838,99
2001	905,20	1149,75	1635,20	2157,15	2409,00	2974,75	2686,40	2478,35	2087,80	1533,00	1065,80	547,50	1802,49
2002	1040,25	1387,00	1518,40	1857,85	2686,40	2890,80	2737,50	2452,80	2058,60	1478,25	1069,45	803,00	1831,69
2003	697,15	1098,65	1518,40	1832,30	2635,30	2832,40	2890,80	2584,20	2241,10	1511,10	1022,00	664,30	1793,98
2004	646,05	992,80	1777,55	2102,40	2398,05	2960,15	2792,25	2328,70	2051,30	1485,55	934,40	927,10	1783,03
2005	865,05	1153,40	1576,80	2080,50	2507,55	2803,20	2806,85	2438,20	2044,00	1591,40	1003,75	740,95	1800,97
2006	795,70	1095,00	1631,55	1905,30	2558,65	2825,10	2759,40	2328,70	2051,30	1357,80	1087,70	967,25	1780,29
2007	934,40	1193,55	1547,60	1854,20	2171,75	2857,95	2660,85	2310,45	2171,75	1463,65	1076,75	886,95	1760,82
2008	978,20	1233,70	1671,70	2146,20	2463,75	3003,95	2898,10	2277,60	1901,65	1522,05			2009,69

Tablo 5. Aylara Göre Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat) [12]

YIL	OCAK	SUBA	MART	NİSA	MAYI	HAZİR	TEMM	AGUS	EYLU	EKİM	KASİ	ARAL
1998	5,0	7,1	5,4	8,1	8,5	12,6	12,4	11,9	10,3	9,4	5,9	4,0
1999	4,9	6,6	5,8	8,6	11,3	12,4	12,1	12,1	10,2	7,9	6,2	5,1
2000	3,4	5,6	6,7	6,5	11,1	13,0	12,6	11,7	9,8	6,9	7,1	3,9
2001	4,6	5,0	5,6	8,2	9,2	13,1	12,1	11,6	9,2	7,4	6,0	2,0
2002	5,7	6,7	5,1	5,7	11,3	12,5	12,5	11,9	9,7	6,9	6,9	4,0
2003	2,8	3,9	4,7	5,3	10,4	11,9	12,5	11,8	10,0	7,6	5,6	3,6
2004	2,4	3,0	6,1	6,3	8,1	12,1	12,4	12,0	9,6	6,8	4,8	5,6
2005	4,0	4,5	5,2	6,7	10,0	11,4	12,1	10,8	8,7	7,9	4,3	3,8
2006	3,3	4,1	5,5	5,4	10,5	12,0	12,1	10,5	9,1	6,0	6,3	5,4
2007	3,5	3,8	5,1	5,2	6,6	11,6	11,8	10,3	10,1	7,0	5,9	4,5
2008	5,3	6,0	5,4	6,4	9,8	12,4	12,3	9,6	7,8	7,0		





Şekil 11. 2002 yılında Ortadoğu bölgesi için dikey doğrudan ışıma potansiyeli [4]

çevresel etkileri yenilenebilir enerji kaynaklarının-

Tablo 6. Ilisu HES ve en uygun alternatif çözüm karşılaştırması

	ILISU HES	PARABOLİK OLUK SİSTEMİ	GÜÇ KULESİ SİSTEMİ
YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ(max)	3833 GWh	3833 GWh	3833 GWh
KURULU GÜÇ	1200 MW	1070 MW	675,94 MW
KAPLADIĞI ALAN	331 km ² (Baraj Gölü)	36,82 km ²	56,58 km ²
MALİYET	1,2 Milyar €	306,2 Milyon €	610,14 Milyon €

dan olan güneş enerjisinin kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada yoğunlaştırıcı güneş santralleri ile ilgili temel bilgiler ve örnekler verilmiştir. Bu santrallerin ülkemizde özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kurulması oldukça önemlidir.

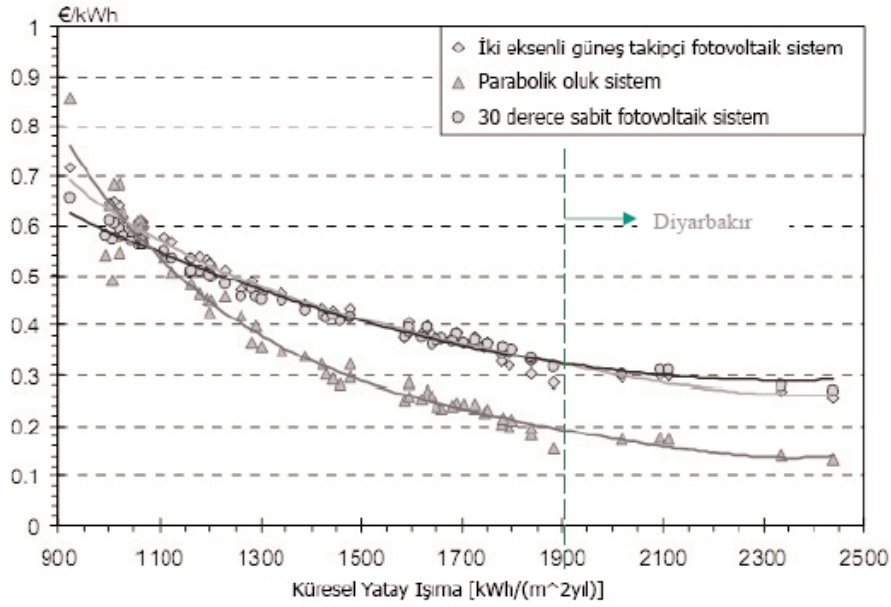
Zira Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yapılması düşünülen Ilisu HES projesi içerisinde birçok riskleri barındırmaktadır. Bu riskleri barındıran bir enerji yapısı yerine yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak alternatiflerinin yapılması son derece önemlidir. Yapılan yaklaşımla parabolik oluk veya güç kulesi sistemleri ile Ilisu HES'in üretebileceği enerjiye eşit miktarda enerjinin daha az kurulum maliyeti ile yapılabileceği görülmektedir. Böylelikle baraj yapımı ile göçe maruz kalan insanların evlerini terk etmek zorunda kalmaması, binlerce yıllık tarihi ve kültürel mirasın korunması, verimli

tarım arazilerinin sular altında kalmaması ve ekolojik dengenin bozulmaması sağlanacaktır. Aynı zamanda bu yöreler turizm gelirlerine de sahip olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Concentrating Solar Power From Research To Implementation, European Communities, 2007
- [2] Robert Pitz-Paal, Jürgen Dersch, Barbara Milow, European Concentrated Solar Thermal Road – Mapping, DLR, 2004
- [3] L. Stoddard, J. Abiecunas, R. O'Connel, Economic, Energy, and Environmental Benefits of Concentrating Solar Power in California, April 2006, NREL
- [4] Concentrating Solar Power For The Mediterranean Region, German Aerospace Center (DLR), April 2005
- [5] Solar Power-Photovoltaics or Solar Thermal Power Plants? Volker Quasching, Manuel Blanco Muriel, 2001
- [6] Dr. Volker Quasching, Winfried Ortmanns,





Şekil 12. Günümüz koşullarında yatay ışımanın fonksiyonu olarak elektrik üretim maliyeti [6]

Specific Cost Development Of Photovoltaic And Concentrated Solar Thermal Systems Depending On The Global Irradiation, 2003

[7] Antonio Lopez, Solar Thermal Concentrating Systems, May 2008

[8] Franz Trieb, German Aerospace Center, Concentrating Solar Power For Seawater Desalination, November 2007

[9] Rainer Aringhoff, Concentrating Solar Power

– Now, September 2005

[10] Andreas Haberle, The Solar Mundo Line Focussing Frensel Collector, Optical And Thermal Performance And Cost Calculations, 2003

[11] M. Suri, T. Cebecauer, T. Huld, E. D. Dunlop, PVGIS, European Communities, 2003

[12] T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Elektronik Bilgi İşlem Müdürlüğü.

