



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ DÜŞÜK  
SICAKLIKLI JEOTERMAL ENERJİ  
KAYNAKLI ORGANİK RANKİNE  
ÇEVİRİMİNİN TEORİK ANALİZİ**

**Emre KAÇANOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ekim-2018  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Emre Kaçanoğlu tarafından hazırlanan “GÜNEŞE ENERJİSİ DESTEKLİ DÜŞÜK SICAKLIKLI JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLI ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİNİN TEORİK ANALİZİ” adlı tez çalışması 22/10/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

**Başkan:** Prof. Dr. Ali KAHRAMAN

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Fatih AKKURT

**Üye:** Dr. Öğr. Selçuk DARICI

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Prof. Dr. Ahmet AVCI  
FBE Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

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

## DECLARATION PAGE

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



Emre Kaçanoğlu

Tarih: 22.11.2018

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# GÜNEŞE ENERJİSİ DESTEKLİ DÜŞÜK SICAKLIKLI JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLI ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİNİN TEORİK ANALİZİ

Emre KAÇANOĞLU

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Fatih AKKURT

2018, 76 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Fatih AKKURT

Prof. Dr. Ali KAHRAMAN

Dr. Öğr. Selçuk DARICI

Bu tez çalışmasında ülkemizde yer alan düşük sıcaklıklı jeotermal kaynakların güneş enerjisi sistemi ile desteklenerek elektrik üretimine uygunluğu araştırılmıştır. Gündüz ve gece şartlarında farklı prosesler ile çalışan hibrit bir sistem tasarlanmış olup soğutucu akışkan olarak R141b seçilmiştir. Sisteme gündüz şartlarında klasik ORC çevrimine ek olarak vakum tipi kolektörler eklenerek sistem türbin giriş şartları yükseltilmiştir. Konya şartları için farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynak ve ışıma değerleri alınarak anlık, günlük, aylık ve yıllık olarak sistemin termodinamik analizi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akışkan Seçimi, Organik Rankine Çevrimi, ORC, ORC Sistem Tasarımı, ORC Sistem Maliyetleri, ORC Termodinamik Analiz, ORC Hibrit Sistem, R141b.

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**THEORETICAL ANALYSIS OF ORGANIC RANKINE CYCLE WITH SOLAR-  
ASSISTED LOW TEMPERATURE GEOTHERMAL ENERGY SOURCE**

**Emre KACANOGLU**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ENERGY SYSTEMS ENGINEERING**

**Advisor: Dr. Fatih AKKURT**

**2018, 76 Pages**

**Jury**

**Asts. Prof. Fatih AKKURT**

**Prof. Dr. Ali KAHRAMAN**

**Asts. Prof. Selçuk DARICI**

In this thesis, low-temperature geothermal resources in our country are supported by solar energy system and their suitability for electricity production is investigated. In the day and night conditions, a hybrid system with different processes was designed and R141b was selected as refrigerant. In addition to the classical ORC cycle in the daytime conditions, the vacuum turbines are added to the system and the turbine inlet conditions have been increased. Geothermal sources and irradiation values at different temperatures for Konya conditions were taken and thermodynamic analysis of the system was carried out as instant, daily, monthly and yearly.

**Keywords:** Organic Rankine Cycle, ORC, Fluid Selection, R141b, ORC System Design, ORC Thermodynamic Analysis, ORC System Costs, ORC Hybrid System.

## ÖNSÖZ

Tezimi hazırlarken bana yol gösteren, olumlu tavırlarıyla beni sürekli teşvik eden, mesai kavramı gözetmeden bana yardım eden değerli danışmanım Sayın Dr. Fatih AKKURT'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Emre KAÇANOĞLU  
KONYA-2018

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	ix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tezin Amacı.....	3
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
2.1. Literatür Araştırması.....	4
<b>3. JEOTERMAL ENERJİ .....</b>	<b>7</b>
3.1. Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal Enerji.....	7
3.2. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi .....	13
3.2.1. Kuru Buhar Santralleri.....	13
3.2.2. Flaş Buhar Santralleri .....	14
3.2.3. İkili Akışkan Santralleri.....	15
3.3 Jeotermal Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları .....	15
<b>4. ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ.....</b>	<b>17</b>
4.1. Organik Rankine Çevrimi .....	17
4.1.1. İdeal Rankine Çevrimi .....	17
4.1.2. Basit ORÇ Sistemleri.....	18
4.1.3. Süperkritik ORÇ Sistemi .....	18
4.1.5. Reküperatif ORÇ Sistemi .....	19
4.1.6. Rejeneratif ORÇ Sistemi .....	20
4.1.7. ORÇ Sistemlerinde Akışkan Seçimi.....	20
4.1.8. ORC Sisteminin Buhar Sistemine Göre Avantajları.....	22
4.1.9. ORC Sisteminin Buhar Sistemine Göre Dezavantajları .....	22
<b>5. MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>23</b>
5.1 Gece Çalışma Şartları .....	27
5.2 Gündüz Çalışma Şartları .....	29
5.3 Ağustos Ayı ve 80°C Jeotermal Kaynak Akışkanı İçin Örnek Hesap .....	30
5.3.1 Gece Şartları Sistem Hesabı .....	31
5.3.2 Gündüz Şartlarının Sistem Hesabı.....	33
5.3.3 Günlük ve Aylık Enerji Üretimi .....	35
<b>6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>40</b>
6.1 Gece Şartlarının Sonuçları .....	40
6.2 Gündüz Şartlarının Sonuçları.....	45

6.3 Aylık Üretim Sonuçları.....	49
6.4 Yıllık Üretim Sonuçları .....	51
6.5 75 kW Santral İçin Maliyet Hesabı.....	53
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>56</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>58</b>
<b>EK-1</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Ocak ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri.....	58
<b>EK-2</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Şubat ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri .....	59
<b>EK-3</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Mart ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri .....	60
<b>EK-4</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Nisan ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri.....	61
<b>EK-5</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Mayıs ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri .....	62
<b>EK-6</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Haziran ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri .....	63
<b>EK-7</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Temmuz ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri.....	64
<b>EK-8</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Ağustos ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri .....	65
<b>EK-9</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Eylül ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri .....	66
<b>EK-10</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Ekim ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri .....	67
<b>EK-11</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Kasım ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri .....	68
<b>EK-12</b> Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi Aralık ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri .....	69
<b>EK-13</b> Sistemin Ocak ve Şubat ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı.....	70
<b>EK-14</b> Sistemin Mart ve Nisan ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı.....	71
<b>EK-15</b> Sistemin Mayıs ve Haziran ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı.....	72
<b>EK-16</b> Sistemin Temmuz ve Ağustos ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı.....	73
<b>EK-17</b> Sistemin Eylül ve Ekim ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı.....	74
<b>EK-18</b> Sistemin Kasım ve Aralık ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı.....	75
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>76</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$T$	Sıcaklık
$P$	Basınç
$s$	Entropi
$h$	Entalpi
$\eta_{s-ge}$	Gece sistem verimi
$\eta_{s-gü}$	Gündüz sistem verimi
$\eta_t$	Türbin Verimi
$\eta_p$	Pompa Verimi
$\eta_j$	Jeneratör Verimi
$\eta_{kol}$	Kolektör Verimi
$\dot{Q}$	Isıl debi
$Q_{eva}$	Evaporatör Kapasitesi
$Q_{kol}$	Kolektör Kapasitesi
$\dot{m}_g$	Jeotermal kütleli debisi
$\dot{m}_r$	Soğutucu akışkan kütleli debi
$\dot{m}_{ss}$	Soğutma suyu debisi
$\dot{W}_{t-ge}$	Türbin gücü - gece
$\dot{W}_p$	Pompa gücü
$\dot{W}_{t-gü}$	Türbin gücü - gündüz
$G$	Işınım
$G_d$	Dağılmış ışınım
$G_c$	Açık-Hava ışınımı
$A$	2 eksende Işınım
$A_d$	2 eksende dağılmış ışınım
$A_c$	2 eksende açık-hava ışınımı
$MWe$	Megavat-elektrik
$MWh$	Megavat-saat
$kWe$	Kilovat-elektrik
$kWh$	Kilovat-saat

### Kısaltmalar

ORÇ	Organik Rankine Çevrimi
EMO	Elektrik Mühendisleri Odası
ODP	Ozon Tahrip Potansiyeli
GWP	Küresel Isınma Potansiyeli

## 1. GİRİŞ

Enerjiye talep, teknolojideki gelişmeler ve nüfus artışıyla birlikte büyüyerek artmaktadır. Ekonomik durumun ve refahın dolaylı olarak göstergesi olan enerji tüketimi genellikle ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin bir ölçütü olarak görülür. Dünya’da 2017 yılında yaklaşık 14 milyar ton petrol eşdeğeri enerji tüketmiştir.

Türkiye’deki kaynaklara göre kurulu güç EMO 2018 Haziran sonu verilerine göre toplam 87.138,7 MW ve kurulu gücün 46.685,3 MW’lık kısmını termik, 27.912,1 MW’lık kısmını hidrolik ve geriye kalan 12.541,3 MW’lık bir kısmını ise jeotermal, güneş, rüzgâr ve lisanssız santraller enerjileri oluşturmaktadır.

Türkiye’deki kurulu güç Haziran-2018 sonunda yaklaşık 87.139 MW değerlerine ulaşmıştır. Bunun 1144 MW ile %1,3’ünü jeotermal kaynaklar oluşturmaktadır. 2014 yılında Türkiye’de kişi başına enerji net tüketimi 2.854 kWh iken bu değer Avrupa ortalamasının yarısı kadardır. Bu sebeple ülkemizde kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketiminin düşük seviyelerde olduğu söylenebilir [5].

Enerji kaynakları, kendi içinde yenilenebilir, yenilenemez veya bir enerji formundan başka bir enerji formuna dönüşme özellikleri dikkate alınarak birincil ve ikincil kaynak olarak değişik şekillerde sınıflandırılırlar.

Geçmişten günümüze kadar kaynak talep ve arzları dikkate alındığında yenilenemez enerji kaynaklarının kısa bir süre sonra son bulacağı öngörülmektedir. Bu sebeple dünyada yenilenebilir enerji kaynağı olarak adlandırılan doğru kullanımı şartıyla uzun bir süre tükenmeden kalabilecek veya kendini yenileyebilecek kaynakların bulunması ve üzerinde çalışmalar yapılması hızlandırılmıştır.

Bununla birlikte kullanılan enerji kaynaklarından maksimum güç dönüşünü sağlamak amaçlı kullanılan teknolojilerin geliştirilmesi ve çevrimlerin verim artışlarının sağlanması için ciddi şekilde çalışmalar devam etmekte, malzeme üzerindeki ve akışkan çeşitleriyle ilgili çalışmalar araştırma konularını oluşturmaktadır.

Odaklanmış olduğumuz jeotermal enerji, yerin derinliklerindeki birikmiş ısı enerjisinin, sıcaklıkları bölgesel olarak farklılık gösteren içerisinde kimyasallar bulunduran sıcak su, kayaç ve gaz formunun tamamıdır. Bu form çeşitli yollar ile yeryüzüne çıkmaktadır. Aslında jeotermal enerjinin tanımını da bu kaynakları doğrudan ya da dolaylı olarak kullanımıdır.

Bu jeotermal sahalardan elektrik üretimini ORC ile sağlayacak olup, termodinamik açıdan Rankine çevrimleri ile aynı prensipte çalışmaktadır. Rankine

çevrimleri ısıdan elektrik üretiminin yapıldığı geleneksel tip buhar türbinleri olup, çalışma koşulları gereği yüksek sıcaklık ve basınç kaynağına ihtiyaç duyarlar. ORÇ ise, düşük sıcaklıklı akışkan olarak, Rankine çevriminden farklı bir şekilde su yerine organik akışkanların kullanıldığı güç sistemleridir. Organik akışkanın daha düşük sıcaklıklarda buharlaşmasından dolayı, daha düşük sıcaklıklardaki ısı kaynaklarından elektrik eldesi mümkündür. Bu özellikleri sayesinde enerji üretimi ekonomik olmayan endüstriyel atık ısı, jeotermal ısı, güneş enerjisi, petrol ve gaz alanları daha verimli şekilde kullanılabilir. Bu sistemlerle genellikle %10-15 verimle elektrik üretimi gerçekleştirilmekte ve elektrik ihtiyacı bu şekilde sağlanarak enerji giderleri düşürülmektedir.

Çevrim pompa, evaporatör, türbin ve kondenserden oluşmaktadır. ORÇ'lerinde kullanılan türbinler sadece bir basamaklı genişmeye ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden konvansiyonel buhar türbinlere göre çok daha basit ve ekonomik olan ve genişletici ismi ile de anılan türbinler kullanılır.

Ayrıca sistemi desteklemek için kullanacağımız bir diğer veri ise Güneş enerjisidir. Güneş ışınlarının dünyamız üzerindeki etkisi yerleşim birimlerinin enlem ve boylamları ile güneş zamanına ve mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Güneş ışınları atmosferden geçtikten sonra yeryüzüne birkaç bileşen olarak düşmektedir. Güneşten dünyamıza gelen bu ışınların bir kısmı atmosferden geçerken atmosfer tarafından yansıtılmakta, bir kısmı ise atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferden geçen güneş ışınımının bir kısmı direk yeryüzüne ulaşırken bir kısmı yön değiştirerek farklı doğrultuda yeryüzüne düşmektedir. Yeryüzüne ulaşan ışıklardan ise yine bir kısmı tekrar uzaya doğru yansımakta kalanı ise üzerine düştüğü cisim tarafından soğurulmaktadır.

Güneş ışınımı kolektörler yardımıyla faydalı hale dönüştürülebilmektedir. Dolayısıyla kolektörlerin yerleşimi ve eğimi sistem performansını da önemli derecede etkilemektedir. Güneş ışınımından en iyi şekilde yararlanmak için; kolektörler, güneş ışınlarını en iyi alacak şekilde yerleştirilmelidir. Kolektörlerin optimum eğim açısı, ülkelerin coğrafi konumuna bağlı olarak belirlenmektedir. Bu açı yaz, kış, bahar ve tüm yıl boyunca kullanım için değişmektedir. Bu nedenle sistemin kullanılacağı zaman diliminin tespit edilerek kolektör eğim açısının buna göre belirlenmesi gerekir.

## 1.1. Tezin Amacı

Jeotermal enerji kaynaklarının ülkemizde oldukça bol olması ve kısmı bazı bölgelerdeki yüksek sıcaklıklardaki termal kaynakların doğru kullanımı enerji üretimi açısından önem arz etmektedir. Bu kaynakların bir kısmı ısı enerjisi olarak kullanılabilceği gibi özellikle düşük kuyu sıcaklıklarından ve atık ısı kaynaklarından Rankine çevrimi ilkesi ile elektrik enerjisi üretilebilir. Yazmış olduğumuz tez Dünya'da birçok enerji kaynağı için uygulaması olan ORC'nin düşük kuyu sıcaklıklarında elektrik üretimi için kullanılmayan jeotermal kaynakların, güneş enerjisi desteği ile elektrik üretimi yapılmasının uygunluğunu araştırmak üzeredir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İlk kez 1904 yılında İtalya'da jeotermal enerjiden elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. İtalya, Japonya, Yeni Zelanda, Filipinler ve Amerika gibi ülkelerin yanı sıra toplamda 22 ülkenin jeotermal enerjiden elektrik üretimi 8274 MW'ı bulmuştur. Jeotermal kaynakların doğrudan kullanımı Dünyada 14100 MW seviyelerindedir. Dünya'da yapılan eşdeğer konut ısıtması 2 milyon konut üzerinde yapılmaktadır.

Jeotermal akışkandan elde edilen elektriğin maliyeti, diğer kaynaklara oranla düşüktür. 110 MWe potansiyeline sahip bir santralde elektriğin sisteme satışı 10 cent/kWh civarındadır [7].

Bu çalışmamızda tasarlamış olduğumuz hibrit sistem gereği, Jeotermal, ORC, Oluklu Güneş kolektör sistemleri ile ilgili bütün sistemler ayrı ayrı ve kombine olarak araştırılmış olup, özellikle ORC kısmında farklı akışkanlar kullanılarak yapılan teorik ve deneysel çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Bu tez çalışmasına uygun olarak yapılan literatür araştırması aşağıda sunulmuştur.

## 2.1. Literatür Araştırması

Kıvanç A.H. ve arkadaşları yapmış olduğu çalışmalarda jeotermal santralleri kendi içerisinde karşılaştırmış olup, yaptıkları çalışmada flaş tipi santraller ile bu alt yapıya sahip yeni çıkan kombine santrallerin döngüsü karşılaştırılmıştı. Türkiye'deki jeotermal kaynaklar ile uyumlu olup olmadığı konusunda avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır [13].

Özden H. ve arkadaşları ORÇ sistemiyle çalışan düşük sıcaklıktaki kaynaklar değerlendirerek elektrik üretimi yapan Sarayköy jeotermal santraline uygun örnek teşkil edebilecek bir çalışma üzerinde durmuşlardır [16].

Yılmaz F. Güneş Panelleri kullanılarak ORÇ'nin Isparta şartlarında incelenmesi adlı çalışmasında Isparta ili şartlarında güneş çanaklı organik Rankine çevriminin R-410a soğutucu gazları ile ayrı ayrı olarak termik analizleri yapılmış ve bu sistemin birinci ve ikinci kanun analizleri incelenmiş, deneysel olarak sistemin incelenmesi yapılmıştır [22].

Özdemir A., parabolik kolektörle organik Rankine çevrimini Isparta şartlarında incelemiştir. Isıdan elektrik üretiminde kullanılan geleneksel teknoloji buhar türbinidir ancak uygun işletim için yüksek sıcaklık ve basınç gerektirmektedir. Düşük sıcaklıklarda (<150°) tercih edilen teknoloji Organik Rankine Çevrimidir (ORÇ). Su ve yüksek basınçlı buhar yerine, organik akışkan kullanıldığı için böyle adlandırılmaktadır. ORC teknolojisinde sudan daha düşük sıcaklıkta kaynayan, yüksek moleküler ağırlıklı sıvılar kullanılmaktadır. Bu özellik, ekonomik enerji üretimi için geleneksel olarak çok düşük kabul edilen ısı kaynaklarından ısı elde eden Rankine Çevrimine imkân tanımaktadır. ORC 'de sıcak kaynaklar genellikle sıcak sıvı veya gaz halindedir. Bu tip kaynaklardan gelen ısı, atık ısı kaynağı veya diğer sınırlandırmaların özelliklerine bağlı olarak, bir aracı araç vasıtasıyla doğrudan veya dolaylı olarak ORC çalışma sıvısına aktarılır. Sıvı haldeki atık ısı kaynakları genellikle ORC ünitesiyle doğrudan birleştirilir. Gaz haldeki ısı kaynakları ise dolaylı yoldan birleştirilir. Bu çalışmanın amacı düşük ısı kaynakları kullanılarak enerji üretilmesidir. Aynı zamanda da bu ısı kaynağı olarak güneş enerjisinin kullanılması sebebi ise sürdürülebilir bir enerji kaynağı olmasıdır [17].

Acar E., bir yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrali için organik Rankine çevrimi dizaynı ve modellemesi adlı tez çalışmasında; birçok sanayi tesisinde mevcut olan düşük sıcaklıktaki atık ısıların geri kazanımında ve yenilenebilir enerji kaynaklı güç santrallerinde kullanıldığında, çevre kirliliği yaratmadan ekonomik bir şekilde elektrik üretilmesini sağlayan ve enerji dönüştürme teknolojileri arasında gelişiminde önemli bir

potansiyel olan ORÇ'nin, bir yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrali için dizaynı ve modellemesi yapılmıştır [1].

Wei D., Lu X., Lu Z., Gu J., HFC-245fa akışkanı (1,1,1,3,3-penta-fluoropropane) ile çalışan bir organik Rankine çevrim sistemin performans analizi ve optimizasyonu incelenmiştir. bu çalışmanın sonucunda ortam sıcaklığı çok yüksek olduğunda verimin değerinin normal değerinden %30 düştüğü görülmüştür. Sistemin net işi ve verimini belirlemek amacıyla çalışma koşullarının çevre şartlarına uyarlanması gerekir [18].

Vélez F., Rankin çevriminin termodinamik çalışması için düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarının ve organik akışkanların üzerinde çalışılmıştır. Şimdiye kadar tüm çevresel ve teknik açıdan uygun organik akışkanların tespit edilmesi ve akışkanlar üzerinde kapsamlı bir araştırma yapmıştır [19].

Vélez F., Chejne F., Quijano A., Organik Rankine çevriminde R134a'nın soğutucu akışkan olarak incelenmesi ve termodinamik analizi yapmıştır. Bu yazıda düşük sıcaklıktaki (max 150°C) bir ısı kaynağını kullanarak R134a akışkanını üzerine yapılan bir çalışmadır [20].

2014 yılında, Al- Weshahi ve arkadaşları da jeotermal kaynak tarafından enerji aktarımının yapıldığı ORÇ için 25 farklı çevrim akışkanı denemişlerdir. Bunların seçiminde ise net üretilen güç, termal verimlilik, soğutma pompası güç tüketimi, evaporatör ve kondenser basınçları, güvenlik ve çevresel etmenler göz önünde tutularak optimumu yakalamak amaçlanmıştır. Analizler sonunda R236ea, R236fa, R227ea tercih edilebilir bulunmuştur. R141b, R123, R245ca, R717, R600 ve R245fa yüksek ısı performans gösterse de belirlenen seçim kriterleri gereği uygun bulunmamıştır [2].

Lee ve diğerleri (1988), organik Rankine çevriminin enerji geri kazanım sistemi üzerindeki parametrelerin analizi için sistematik bir algoritma önermişlerdir. Yaptıkları termodinamik analiz, ekonomik değerlendirme ve duyarlılık analizi, ekonomik ve tasarım parametrelerinin araştırılmasını içermektedir. Çalıştıkları durumlarda, sistemin ekonomik fizibilite ve tasarım parametrelerinin etkilerinin çok önemli olduğunu belirterek, bu parametrelerin ekonomik bir kombinasyonu olduğuna değinmişlerdir. ORÇ sistemi ile düşük sıcaklık, gaz fazı atık ısı geri kazanımının ekonomik olduğunu, ancak ORÇ sistemi ile düşük basınçlı atık buhar geri kazanım orta kapasiteli tesisler için yüksek bir maliyette olduğunu belirtmişlerdir [12].

Maizza ve diğ. (2001), çalışmalarında atık enerji geri kazanımı ORÇ sistemlerinde kullanılmak üzere alışılmamış bir dizi akışkanın termodinamik ve fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Gerçekçi tasarım koşulları altında enerji gereksinimi ve geri kazanım

sistemi performanslarını analiz etmişlerdir. İnceledikleri iş akışkanları R-600, R-123, R-142b, R-401A, R-401B, R-290, R-124a, R-401C olup sistem verimlerini 35°C asgari yoğuşma sıcaklığında hesaplamışlardır. Belirledikleri çalışma koşulları altında ORÇ sistemleri için en elverişli akışkanın R-401C olabileceğini tespit etmişlerdir [15].

Liu ve diğ. (2004), çalışma sıvılarının ORÇ termik verimi ve toplam ısı geri kazanım verimi üzerinde etkilerini incelenmişlerdir. Çalışmada su, amonyak ve etanol gibi hidrojen bağı olan akışkanların büyük buharlaşma entalpisi nedeniyle ORÇ sistemlerine uygun olmadıkları belirlemişlerdir [14].

Wei ve ark. (2006), egzoz ısısı tarafından yönlendirilen HFC-245fa iş akışkanı kullanan bir ORÇ sisteminde sistemin performans analizleri ve optimizasyonu üzerinde çalışmışlardır. Sonuçlar, egzoz ısı kullanımını maksimize etmenin sistemin net gücü ve verimini artırmada olumlu rol oynadığını göstermiştir [21].

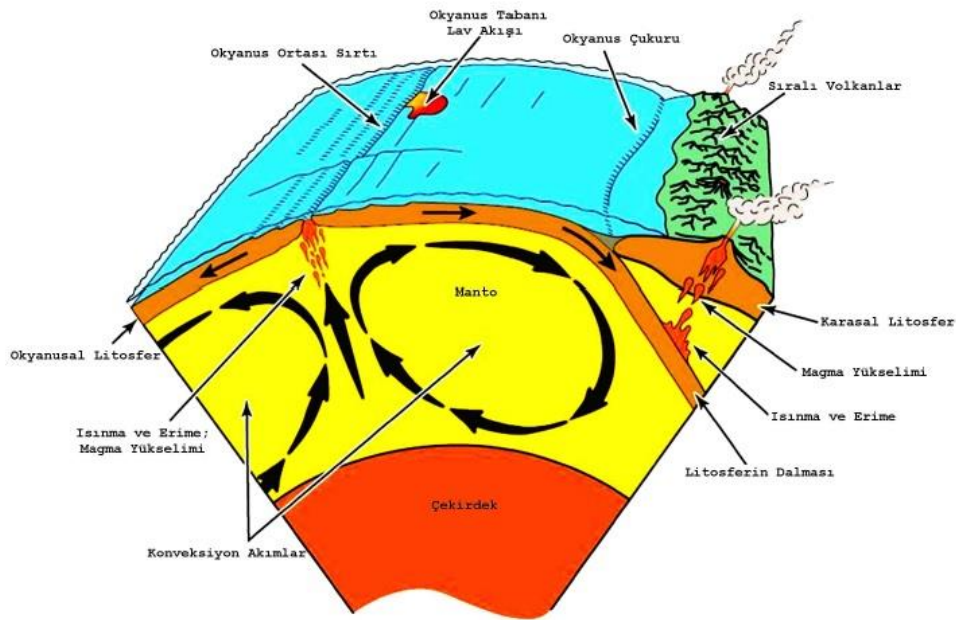
Hettiarachchi ve diğ. (2007) düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardan yararlanan ORÇ sistemleri için amaç fonksiyonu olarak toplam ısı değiştiricisi alanının net güç çıkışına oranını kullanan bir optimizasyon çalışması sunmuşlardır. Organik akışkan seçiminin amaç fonksiyonuna çok büyük etkisi olduğunu, bu etkinin güç santrali maliyetlerini neredeyse iki kat artırabileceğini belirtmişlerdir [9].

Dai ve diğ. (2009), ekserji verimliliğini amaç fonksiyonu olarak belirledikleri bir Optimizasyon çalışmasını, düşük sıcaklıklı atık ısı kaynaklarını kullanan bir ORÇ için gerçekleştirmişlerdir. Aynı atık ısı koşulları altında R-236EA akışkanının en fazla ekserji verimine sahip olduğunu ve sisteme bir iç ısı değiştiricisi eklenerek sistem veriminin arttırılamayacağını belirtmişlerdir [11].

Heberle ve Brüggemann (2010) 450K'in altındaki sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklarla birleşik ısı güç üretimi sağlamak amacıyla, ısı üretimini ORÇ ile seri ve paralel düşünerek ikinci kanun analizleri gerçekleştirmişlerdir. Yüksek kritik sıcaklığa sahip izopentan gibi organik akışkanları seri devreler için, R-227EA gibi düşük kritik sıcaklığa sahip organik akışkanları ise paralel devreler için önermişlerdir [10].

### 3. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji yerin derinliklerindeki ısı enerjisi olarak kısaca tanımlanabilir, yeraltında farklı derinliklerinde sıkışmış basınçlı sıcak su, gaz ya da sıcak kuru kayalık parçalarını da içerdiği termal enerji olarak denilebilir. Yapılan çalışmalar sonuçlarında dünyanın başlangıçta eriyik halde olduğu saptanmış ve binlerce yıl önce katı hale geldiğini göstermektedir. Yerkabuğunun derinliklerinde bulunan uranyum ( $U^{238}$ ,  $U^{235}$ ), toryum ( $Th^{232}$ ) ve potasyum ( $K^{40}$ ) gibi radyoaktif maddelerin bozunması sonucu sürekli ısı üretmesi işleminin jeotermal enerjinin kaynağı olduğuna inanılmaktadır [8].



Şekil 3.1: Jeotermal sistem kaynağı [11]

#### 3.1. Dünya'da ve Türkiye'de Jeotermal Enerji

İnsanlığın ilk uygarlıklarından beri jeotermal akışkandan yararlanılmaktadır. Milattan binlerce yıl öncesinde Akdeniz Bölgesinde tekstil, cam, çanak-çömlek yapımında jeotermal akışkandan yararlanıldığı bildirilmektedir. Ayrıca Çinlilerin ve Romalıların da sıcak sulardan sıhhi ve ısıtma amaçlı yararlandıkları belirtilmektedir.

Jeolojik incelemelerde Dünya’da pek çok jeotermal alan yer almaktadır. Bu alanlar jeotermal kuşak olarak adlandırılmaktadır. Jeotermal kuşakların en önemlileri;

- Arjantin, Şili, Bolivya, Peru, Ekvator, Kolombiya ve Venezuela’nın yer aldığı “And Volkanik Kuşağı”;
- Tayland, Burma, Çin, Tibet, Hindistan, Pakistan, İran, Türkiye, Yunanistan, Yugoslavya ve İtalya’nın bulunduğu “Alp-Himalaya Kuşağı”;
- Djibuti, Etiyopya, Kenya, Uganda, Tanzanya, Malavi ve Zambiya’nın bulunduğu ve aktif olan “Doğu Afrika Rift Sistemi”;
- Panama, Kosta Rika, Nikaragua, El Salvador ve Guatamela’yı içine alan “Orta Amerika Volkanik Kuşağı”dır.

Bu kuşaklar içerisinde yer alan ülkeler dışında; Doğu ve Kuzey Avrupa, Meksika, İzlanda, Yeni Zelanda, Endonezya, Filipinler, Doğu Çin, Japonya, ABD ve Kanada’da da yüksek verime sahip jeotermal kaynaklar bulunmaktadır [7].

14.yüzyılda Fransa’da köylüler doğal sıcak suyla evlerini ısıtmışlardır. Konutların ısıtılmasında 1890-1900 yıllarında Amerika’da da yararlanılmıştır. Jeotermal enerjiden yararlanılarak ilk elektrik üretimi İtalya’da 1904 yılında yapılmıştır.

Dünyada ilk ticari santral de 1911’de yine aynı bölgede kurulmuştur. İkinci endüstriyel santral ise uzun bir süre geçtikten sonra, Yeni Zelanda’da 1958’de faaliyete geçmiştir. Bu santralin önemli bir özelliği de çürük buharın ilk kez kullanılmasıdır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte 1960’da Kaliforniya’da jeotermal santral, 1967’de Rusya’da ilk ikili çevrim santrali çalıştırılmıştır. Düşük sıcaklığa sahip akışkandan ilk elektrik üretimi de Alaska’da 2006’da gerçekleştirilmiştir.

50’li yıllardan 2000’e kadar; jeotermal enerjiden elektrik eldesinde %17, termal kullanımda ise %87 artış görülmüştür [6].

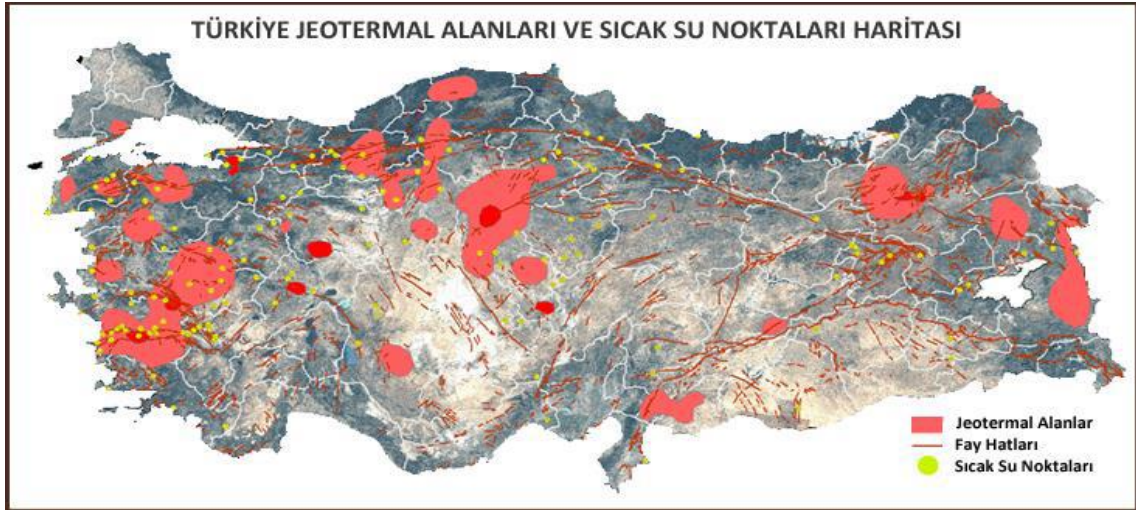
**Çizelge 3.1:** Ülkelere göre dünyada Jeotermal enerji kurulu gücü listesi-Haziran 2017 [6]

<b>S.</b>	<b>Ülke</b>	<b>Güncelleme</b>	<b>Kurulu Güç (MW)</b>
1	Amerika Birleşik Devletleri	Haziran 2017	3.567
2	Filipinler	Haziran 2017	1.868
3	Endonezya	Haziran 2017	1.699
<b>4</b>	<b>Türkiye</b>	<b>Kasım 2017</b>	<b>1.028</b>
5	Yeni Zelanda	Haziran 2017	980
6	İtalya	Haziran 2017	944
7	Meksika	Haziran 2017	926
8	Kenya	Haziran 2017	676
9	İzlanda	Haziran 2017	665
10	Japonya	Haziran 2017	542
11	El Salvador	Mart 2016	205
12	Kosta Rika	Mart 2016	204
13	Nikaragua	Mart 2016	109
14	Rusya	Mart 2016	97
15	Papua Yeni Gine	Mart 2016	56
16	Guatemala	Mart 2016	42
17	Almanya	Aralık 2016	38
18	Portekiz	Mart 2016	29
19	Çin	Mart 2016	27

**Çizelge 3.2:** Ülkelere göre kişi başına düşen Jeotermal enerji kurulu gücü Haziran-2017 [6]

S.	Ülke	Kurulu Güç (MW)	Kişi Başına Kurulu Güç (Watt)
1	İzlanda	665	1.933
2	Yeni Zelanda	980	204
3	Kosta Rika	204	41
4	El Salvador	205	31
5	Filipinler	1.868	18
6	Nikaragua	109	17
7	İtalya	944	16
8	Kenya	676	14
<b>9</b>	<b>Türkiye</b>	<b>1.028</b>	<b>13</b>
10	Amerika Birleşik Devletleri	3.567	11
11	Meksika	926	8
12	Papua Yeni Gine	56	7
13	Endonezya	1.699	6
14	Japonya	542	4
15	Portekiz	29	3
16	Guatemala	42	3
17	Şili	24	1
18	Rusya	97	1
19	Almanya	38	0
20	Avusturya	1	0

Dünyanın önemli jeotermal kuşaklarından olan Alp-Himalaya kuşağında bulunan Türkiye jeotermal kaynak açısından zengin bir ülkedir. Ülkemiz yaklaşık 31500 MW'lık jeotermal potansiyele sahiptir. Şekil 3,2 de Türkiye'de bulunan jeotermal alanlar görülmektedir. Ülkemizde jeotermal potansiyelin en yüksek olduğu bölgeler; Marmara, Ege ve Anadolu'nun iç batı kısımlarıdır.



Şekil 3.2: Türkiye'deki Jeotermal alanlar

Ülkemizde jeotermal kaynaktan yararlanılarak gerçekleştirilen ilk ısı enerjisi kullanımı 1964'de Balıkesir-Gönen Park Otelinin ısıtılması ile başlatılmıştır. Sonraları aynı bölgede pek çok konut, sera ve otelin ısıtılması, tabakhanelerdeki sıcak su gereksiniminin karşılanması sağlanmıştır.

Jeotermal alanların belirlenmesi ve kaynaklardan yararlanma ile ilgili çalışmaların en yoğun olduğu bölge Ege Bölgesi ve İzmir ilidir. İzmir'de 15 bine yakın konutun ısı enerjisi jeotermal kaynaklardan sağlanmaktadır [Anonim].

2000 sonrasında Türkiye'de jeotermal enerji üzerine yapılan çalışmalar hızlı bir şekilde artmıştır. Jeotermal enerji ile ilgili çalışmalar 1962'den bu yana MTA (Maden Tetkik ve Arama) tarafında yürütülmektedir. Ülkemizde jeotermal uygulamaların büyük çoğunluğu doğrudan kullanımdır. Bu kapsamda termal turizm, seraların ısıtılması ve konutların merkezi ısıtılması uygulamaları yer almaktadır.

Çizelge 3.3: Türkiye Jeotermal enerji santralleri kurulu güç ve proje kapasiteleri-2016 [6]

Durum	Güç (MWe)	Oran
Devrede	1.028	%53,6
Kurulumu devam eden	125	%6,5
Üretim lisansı alınan	54	%2,8
Önlisans alınan	530	%27,6
Proje aşamasında	82	%4,2
<b>TOPLAM</b>	<b>1.919</b>	<b>%100</b>

Çizelge 3.4: Türkiye'de kurulu en büyük on santrali-2016 [6]

S.	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1)	<b>Kızıldere 3 JES</b>	Denizli	Zorlu Enerji	165 MW
2)	<b>Efeler Jeotermal Enerji Santrali</b>	Aydın	Güris Holding	115 MW (162,3 MW)
3)	<b>Kızıldere 2 Jeotermal Enerji Santrali</b>	Denizli	Zorlu Enerji	80 MW
4)	<b>Pamukören Jeotermal Santrali</b>	Aydın	Çelikler Enerji	68 MW
5)	<b>Galip Hoca Germencik JES</b>	Aydın	Güris Holding	47 MW
6)	<b>Alaşehir Jeotermal Enerji Santrali</b>	Manisa	Zorlu Enerji	45 MW
7)	<b>Maren Jeotermal Enerji Santrali</b>	Aydın	Kipas Holding Enerji Grubu	44 MW
8)	<b>Dora 3 Jeotermal Enerji Santrali</b>	Aydın	MB Holding	34 MW
9)	<b>Melih Jeotermal Enerji Santrali</b>	Aydın	Kipas Holding Enerji Grubu	26 MW (33 MW)
10)	<b>Greeneco Jeotermal Enerji Santrali</b>	Denizli	Greeneco Enerji	26 MW

### 3.2. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi

1904'ten buyana İtalya 'da Lardello santralinde elektrik üretimi yapılmasına rağmen, dünyada, jeotermal enerjiden elektrik üretilmesine yönelik çabalar sonucunda ilk adımların atılması 1950'li yılları bulmuştur. Buhar-baskın bir sahadan ilk elektrik üretimi İtalya'da, su-baskın bir sahadan ilk elektrik üretimi de Yeni Zelanda da 1950'ler de olmuştur.

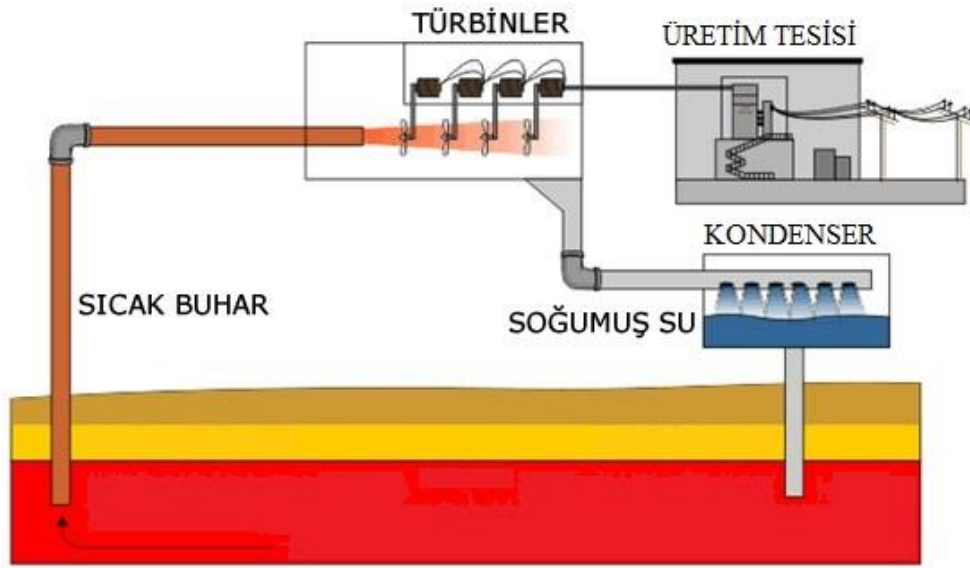
Hazne sıcaklığı 200°C ve daha fazla olan jeotermal akışkanlardan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak günden güne gelişmekte olan yeni teknolojilere göre 150°C'ye kadar düşük hazne sıcaklıklı jeotermal sulardan da elektrik üretilmektedir. Ayrıca, son zamanlarda buharlaşma noktaları düşük gazlar (Freon, İzobütan vb.) kullanılarak 60-900°C sıcaklıktaki sulardan da elektrik üretiminde yararlanma çalışmaları sürdürülmektedir [4].

Jeotermal akışkandan elektrik üretimi, başta A.B.D. olmak üzere İtalya, Japonya, Yeni Zelanda, El Salvador, Meksika, İzlanda, Filipinler, Endonezya ve Türkiye vb. ülkelerde yapılmaktadır.

Genelde elektrik üretimi, jeotermal kaynağın karakteristiğine bağlı olarak üç tip santralde yapılmaktadır.

#### 3.2.1. Kuru Buhar Santralleri

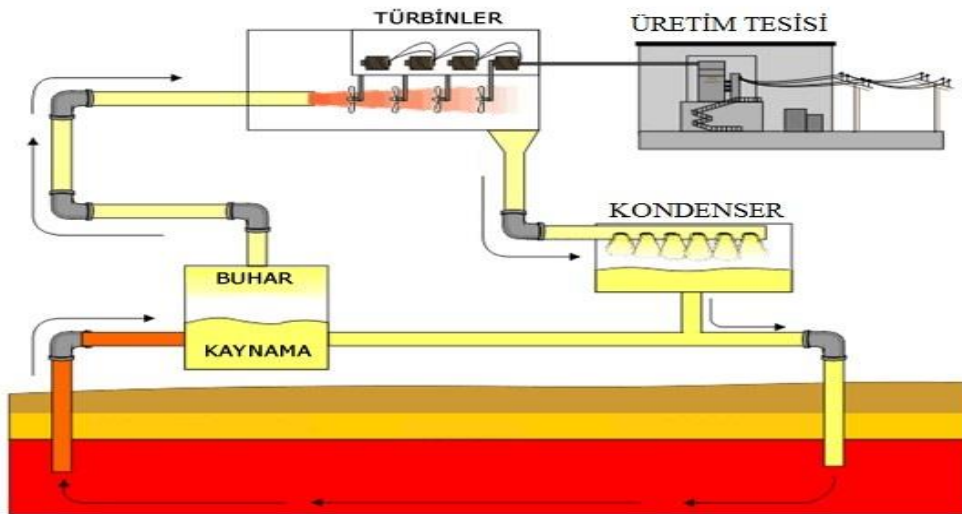
Buharın baskın olduğu jeotermal kaynaklarda; kuru, doymuş ya da kızgın buharın direk olarak türbinde kullanılabilirdiği çevrimlerdir. En basit ve en ekonomik jeotermal çevrim yoğuşmasız kuru buhar çevrimidir. Bu sistemde buhar doğrudan atmosfere atılır. Atmosfere bırakılan buhar içerisinde, jeotermal kaynaktan bulunan bazı ağır metallerde hava ile temas etmiş olur. Jeotermal enerji santralleri içerisinde çevreye en fazla zarar veren santral türü olduğu söylenebilir. Şekil 3,3'de santralin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.3: Kuru buhar santrali akış diyagramı

### 3.2.2. Flaş Buhar Santralleri

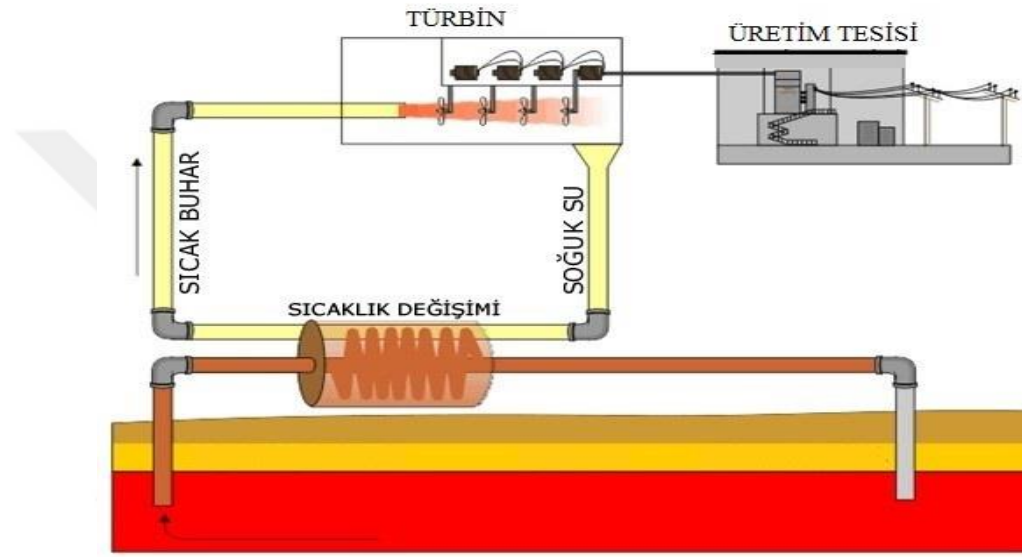
Dünya'da en sık karşılaşılan jeotermal kaynak tipi, iki fazında(buhar-su) beraber bulunduğu rezervuardır. Çıkarılan jeotermal akışkan genel olarak doymuş sıvı-buhar karışımı halindedir. Eğer çıkarılan kaynaktaki buhar yüzdesi yeterli miktarda ise; seperatörler vasıtasıyla buhar ve sıvı ayrıştırılarak, elektrik üretimi için buhar türbine gönderilir ve kalan sıvı yer altına enjekte edilir. Şekil 3,4'te santralin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.4: Flaş buhar santrali akış diyagramı

### 3.2.3. İkili Akışkan Santralleri

Düşük sıcaklıkta ve sıvı ağırlıklı jeotermal kaynaklardan elektrik üretiminde ikili çevrim olarak adlandırılan bir çevrim kullanılır. Bu çevrimde türbinde geçen aracı akışkan jeotermal buhar olmayıp aracı akışkan adı verilen ve kaynama sıcaklığı çok düşük olan bir akışkandır. Jeotermal akışkanın sıcaklığı eşanjör vasıtasıyla, sıcaklığını aracı akışkana aktarır ve buharlaşan aracı akışkan türbin jeneratör sistemini döndürerek elektrik üretimi gerçekleşir. Şekil 3,5’de şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.5: İkili akışkan santral akış diyagramı

### 3.3 Jeotermal Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları

Jeotermal enerji; reenjeksiyon koşuluyla sürdürülebilir ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Potansiyel açısından dünyanın şanslı ülkelerinden biri olan Türkiye için jeotermal enerji pek çok üstünlük sağlamaktadır. Bu özellikler şöyle sıralanabilir:

- Jeotermal enerji pek çok sektördeki ısıl uygulamalar için olumlu şartlar sağlamaktadır.
- Temiz enerji kaynağıdır. Herhangi bir çevreye zararlı emisyonu yoktur.
- Enerjide dışa bağımlı ülkemiz için önemli bir enerji kaynağıdır.
- Konvansiyonel enerji kaynaklarına göre daha ucuz ve kullanıma hazırdır.
- Kaynağın bulunduğu yerde üretim tesislerinin kurulabilme kolaylığı vardır ve tesis alanı gereksinimi azdır.
- Hava şartlarından bağımsızdır.

- Herhangi bir risk faktörü olmadığından güvenilir bir enerji kaynağıdır.
- Jeotermal elektrik santrallerinin sera gazı salınımı çok düşüktür. Jeotermal santrallere göre kömürle çalıştırılan termik santrallerde karbondioksit salınımı 1600 kat daha yüksektir. Doğal gaz santralleri ise, jeotermalin en az 2000 katı daha fazla karbondioksit emisyonuna sahiptir.
- Jeotermal enerjiden elde edilen elektriğin birim maliyeti, diğer enerji kaynaklarına göre daha ucuzdur. Jeotermal enerji ile çalışacak elektrik santrallerinin ilk kurulum maliyeti yüksek olsa da işletme maliyetinin düşük olması ve kullanılan kaynağın herhangi bir maliyetinin olmaması ekonomik getirisinin diğer santrallere göre yüksek olmasını sağlamaktadır.

Jeotermal akışkanın sahip olduğu mineraller su ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Jeotermal akışkanın yerin alt tabakalarında çevrimiyle, tabakalarda bulunan minerallerin çözülmesi ve suyun kirlenmesi, suyun kullanıldığı yerlerde de toprak kirliliği ve tuzlanma oluşabilmektedir. Tüketilen jeotermal suyla birlikte yeraltında su çekilmesi ve üst yüzeylerde de su tutma kapasitesinin azalarak suyun daha derin yüzeylere inmesi söz konusu olabilmektedir.

Jeotermal enerji kaynaklarının kullanım sürecinde alınması gereken tedbirlerin gerçekleştirilmediği durumlarda birtakım çevre sorunları yaşanabilmektedir. Örneğin sıcaklık ve gürültü gibi çevre sorunlarının yanı sıra jeotermal sıvının içerisinde bulunan, cıva, arsenik, kurşun, lityum, amonyak gibi kimyasal atık maddeler ciddi çevre sorunlarına neden olabilmektedir. Jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili diğer bir olumsuzluk ise, bu enerji kaynağının yerinde kullanılması gerekli olup, uzak mesafelere taşınmasının sınırlı oluşudur. Günümüzde jeotermal enerji, yaklaşık 100 km'lik mesafeye kadar taşınabilmektedir.

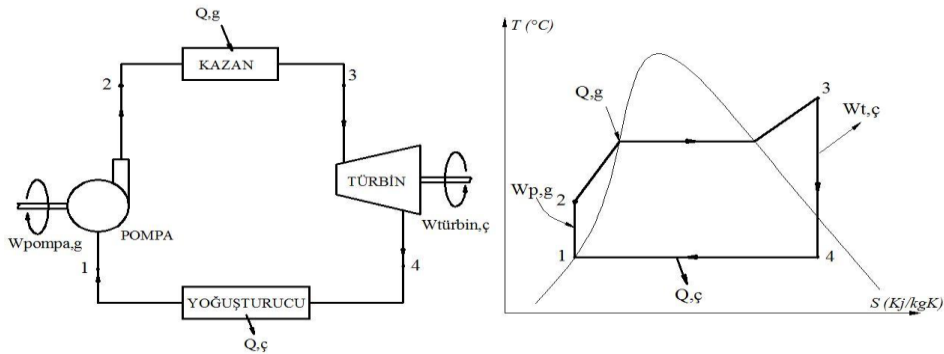
## 4. ORGANİK RANKİNE ÇEVİRİMİ

### 4.1. Organik Rankine Çevrimi

ORÇ sistemi ülkemizde yeni bir teknoloji olmasına rağmen dünya genelinde birçok bölgede uzun yıllardır kullanılmaktadır. ORÇ çalışma prensibi bilinen rankine çevrime çok benzerdir. Rankine çevrimindeki iş yapan akışkan olan su yerine, daha düşük sıcaklıkta buhar fazına gelen ve yüksek basınçlara ulaşabilen organik akışkanlar kullanılır.

#### 4.1.1. İdeal Rankine Çevrimi

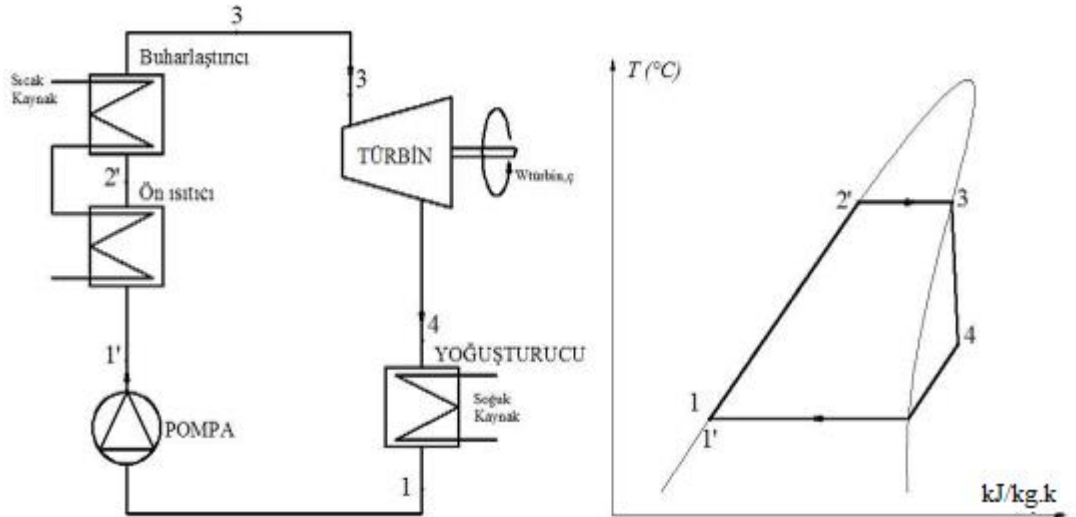
Şekil 5’de görülen İdeal Rankine çevrimine bakıldığında; Rankine çevrimi 4 ana elemandan oluşur. Bunlar, pompa, kazan, türbin ve yoğuşturucudur. Burada su, pompaya 1 noktasında doymuş sıvı olarak girer ve izentropik bir hal değişimiyle kazan basıncına sıkıştırılır ve ardından kazana 2 noktasında sıkıştırılmış sıvı olarak girer ve 3 halinde kızgın buhar olarak çıkar. Kazan temelde büyük bir ısı değiştiricisidir. Yanma sonucunda oluşan gazlardan, nükleer reaktörden veya diğer kaynaklardan sağlanan ısı burada sabit basınçta, suya geçer. 3 noktasındaki kızgın buhar, türbinde izentropik olarak genişler ve bir mili döndürerek iş yapar. Bu mil elektrik üretimi için bir jeneratöre bağlanmıştır. Bu genişleme sırasında buharın sıcaklığı ve basıncı düşer. Buhar, türbinden çıktıktan sonra 4 noktasında kondensere girer. Bu esnada buhar, doymuş sıvı-buhar karışımı halindedir. Su, 1 noktasından doymuş sıvı halinde çıkar ve tekrar pompaya girerek döngüsünü tamamlar.



Şekil 4.1: İdeal Rankine Çevrimi ve T-s diyagramı

#### 4.1.2. Basit ORÇ Sistemleri

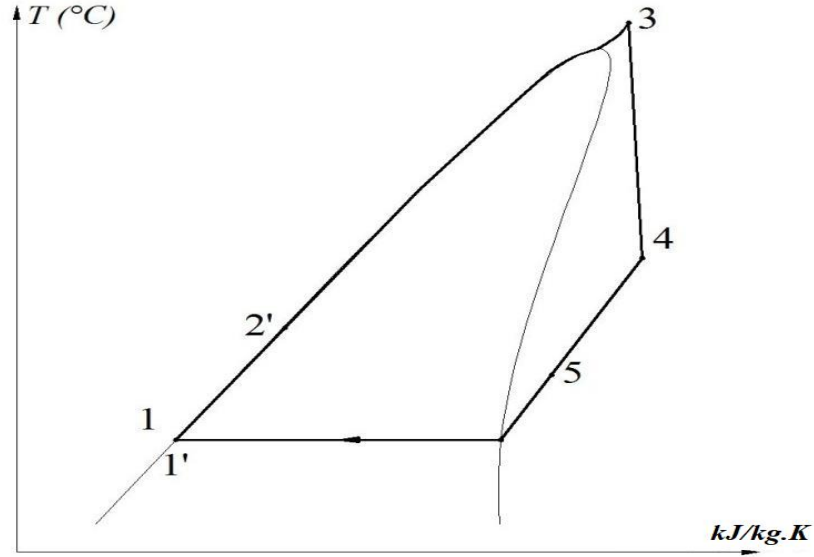
Şekil 4,2'de görüldüğü üzere basit ORÇ dört ana bileşenden oluşur, bu bileşenler; buharlaştırıcı, pompa, organik türbin ve yoğuşturucu şeklindedir. Çevrimde kullanılan organik iş akışkanı pompa aracılığıyla basınçlandırılarak buharlaştırıcıya gönderilir, buharlaştırıcı olarak kullanılan eleman bir ısı değiştiricidir, yenilenebilir bir kaynaktan alınan ısıyı, organik akışkana aktarır. Bu işlemler sonrasında organik akışkan yüksek sıcaklık ve basınca geçmiş olur. Ardından organik türbine gönderilerek mekanik işe dönüştürülür. Daha sonra yoğuşturucuya dönerek tekrar sıvı hale gelir. Çevrim bu döngüde devam eder. Basit ORÇ sisteminde genellikle kaynaktan elde edilen ısının kullanım verimini arttırmak için buharlaştırıcıdan sonra bir ön ısıtıcı kullanılır.



Şekil 4.2: Basit ORÇ sistemi ve T-s diyagramı

#### 4.1.3. Süperkritik ORÇ Sistemi

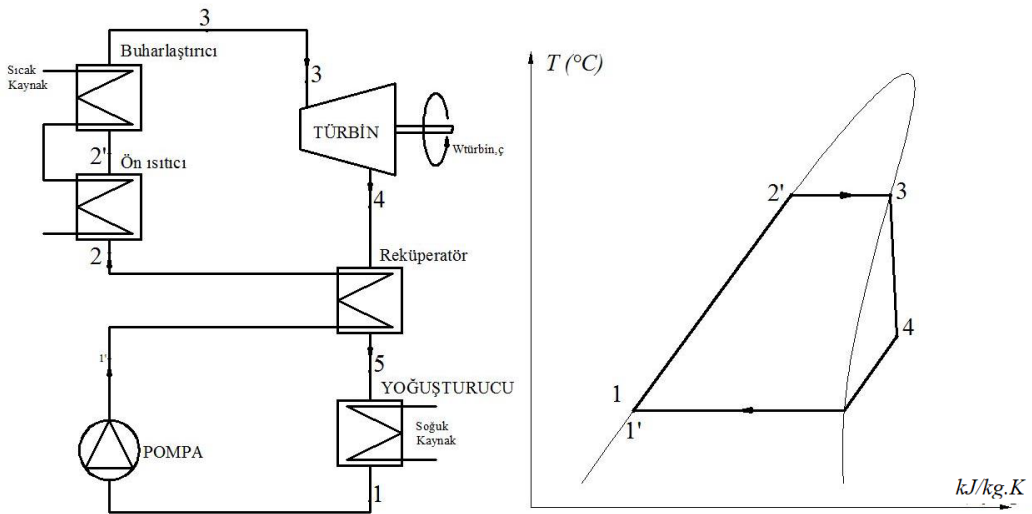
Süperkritik ORÇ sistemlerinde, organik akışkan kendi kritik sıcaklık noktasının üzerinde bir sıcaklık değerinde çalışır. Çevrim sırasında organik akışkan tekrar basınçlandırılmadan önce türbinde genişler, ısısını atarak yoğuşur ve alt basınç bölgesine ulaşır. Ardından akışkanın basıncı birden artar ve süperkritik noktaya ulaşır. Şekil 4.3'de süperkritik ORÇ sisteminin T-S diyagramı görülmektedir.



Şekil 4.3: Süperkritik ORÇ sistemi T-s diyagramı

#### 4.1.5. Reküperatif ORÇ Sistemi

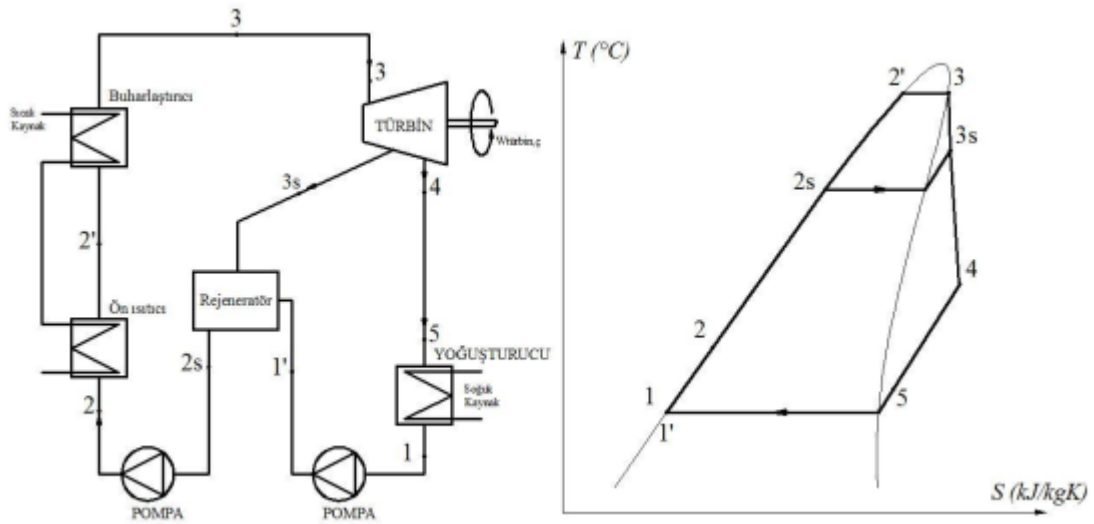
Şekil 4.4'de görülen reküperatörlü ORÇ sisteminde, basit ORÇ sisteminden farklı olarak türbin çıkışındaki ısı kullanıp, bu ıslıyı ön ısıtıcıya girecek olan organik akışkana aktarmak için kullanılan bir reküperatör mevcuttur. Reküperatör sistemdeki organik akışkanın kondensere girmeden önce ıslısını atmasını aynı zamanda da ön ısıtıcıya girmeden ek bir ön ısıtma işlemine tabi tutulmasını sağlar ve sistem performansını artırır.



Şekil 4.4: Reküperatif ORÇ sistemi ve T-s diyagramı

#### 4.1.6. Rejeneratif ORÇ Sistemi

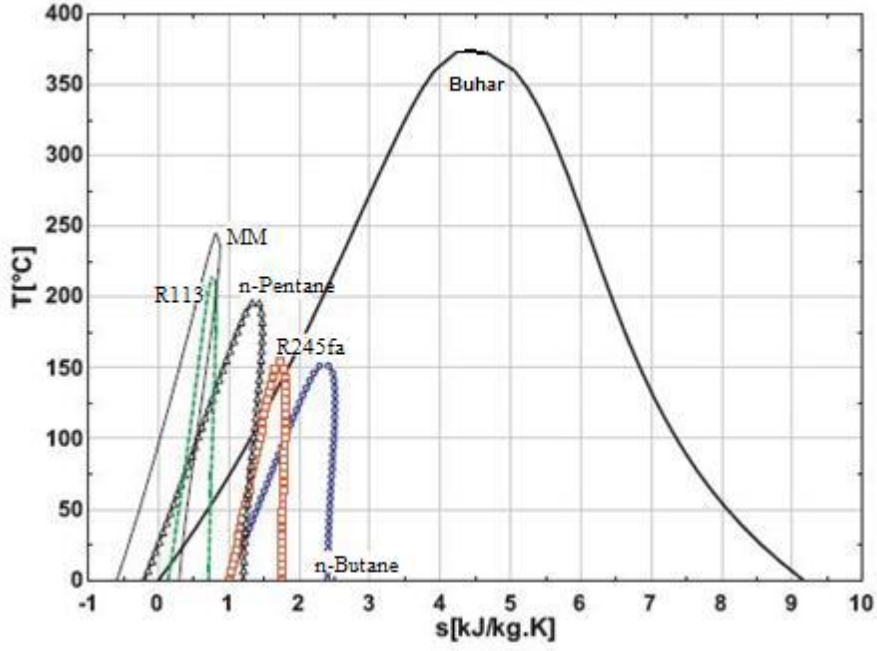
Şekil 4.5'de görülen rejeneratörlü ORÇ sistemlerinde ise basit ORÇ sistemlerinden farklı olarak bir rejeneratör ve ikinci bir pompa kullanılır. 1. pompa ORÇ sisteminin döngüsünü tamamlar bu esnada türbindeki genişleme sırasında, türbinden bir miktar kızgın buhar çekilir ve rejeneratöre gönderilir, çevrim tamamlanırken kondenserde yoğuşan organik akışkan 2. pompa aracılığıyla rejeneratöre gönderilir. Bu sırada türbinden genişleme sırasında çekilen buhar ve yoğuşmuş akışkan arasında ısı geçişi olur ve rejenerasyon gerçekleşir. Bu sistemde de reküperatif sistemdeki gibi ön ısıtıcıdan önce bir ısıtma işlemi gerçekleştirilmiş olur.



Şekil 4.5: Rejeneratif ORÇ sistemi ve T-s diyagramı

#### 4.1.7. ORÇ Sistemlerinde Akışkan Seçimi

ORÇ sistemlerinin performansını belirleyen en önemli parametrelerden biri de çalışma akışkanıdır. ORÇ sistemleri rankine çevrimi prensibine göre çalışan sistemlere göre daha düşük verim ve sıcaklıkla çalışır. Bu nedenle ORÇ sistemlerinde sudan daha düşük sıcaklıklarda buharlaşan organik akışkanlar kullanılır. Aşağıdaki şekilde bazı organik akışkanlar ile su buharına ait T-S diyagramları verilmiştir.



Şekil 4.6: Bazı akışkanlara ait T-S diyagramı

Bu şekilde görüldüğü üzere ORÇ sistemleri, su buharı kullanan sistemlere göre daha düşük sıcaklıkta çalışmaktadır. ORÇ sistemlerinde iyi bir akışkana sahip olmak için literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara göre iyi bir çalışma akışkanının aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir.

- Sıfır veya pozitif eğimli doyma eğrisi ( $ds/dt$ )
- Buharlaşma gizli ısısı
- Yüksek yoğunluk (sıvı/buhar fazı)
- Yüksek özgül ısı
- Uygun kritik parametreler (sıcaklık, basınç)
- Kabul edilebilir yoğuşma ve buharlaşma basıncı ( $>1$  bar ve  $<25$  bar)
- İyi ısı transfer özellikleri (düşük viskozite, yüksek termal iletkenlik)
- İyi termal ve kimyasal kararlılık (yüksek sıcaklıklarda stabil olması)
- Malzemeler ile uyumlu olması (çürütücü değildir).
- Yüksek termodinamik performans (yüksek enerji/ ekserjik verim)
- Güvenlik karakteristiğinin iyi olması (zehirsiz ve yanıcı olmaması)
- Düşük çevre etkisi (düşük ODP, GWP)
- Düşük maliyet ve iyi derecede uygulanabilirlik.

#### 4.1.8. ORC Sisteminin Buhar Sistemine Göre Avantajları

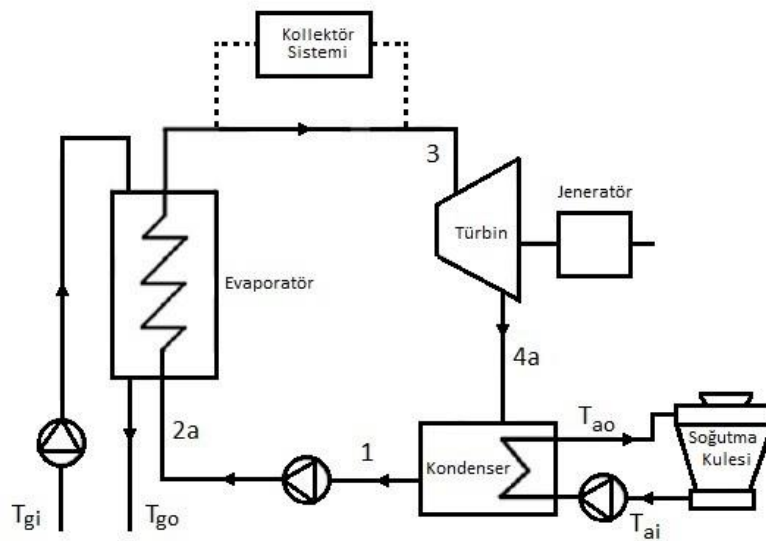
- Buhar sistemine göre daha düşük sıcaklıktaki ısı kaynakları, değerlendirilebilir.
- Soğutma ünitesinde geri kazanılabilecek tüm ısı enerjisinin değerlendirilmesini sağlar.
- Kondenser sistemi buhar çevriminde vakum altında çalışırken, ORC de atmosfer basıncının üstündeki değerde çalışır. Dolayısı ile sisteme hava kaçağı riski azalır ve de-aerator ihtiyacı olmaz
- Donmaya karşı su gibi hassas durumda değildir.
- Operatör gereksinimi olmadan çalışabilir.
- Hava soğutmalı kondenser ile çalışabilir.
- Daha düşük devirli türbin, jeneratöre direk bağlamaya imkân sağlar. Redüktör gerektirmez.
- Türbin, boru tesisatı, kondenser ünitesi, eşanjörler aynı güçteki buhar sistemine göre daha küçük ölçülerde olup daha az yer kaplar.
- Türbin kademe sayısı genellikle daha azdır.

#### 4.1.9. ORC Sisteminin Buhar Sistemine Göre Dezavantajları

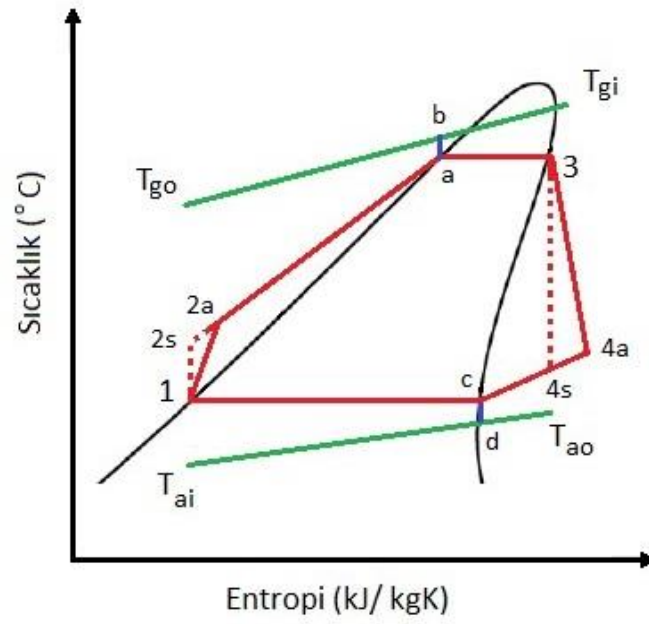
- Genel olarak düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarında ve daha düşük güç değerlerinde elverişlidir.
- İki aşamalı ısı transfer sistemi bir miktar ilave verim kaybına yol açar.
- Uygulamaya bağlı olmakla birlikte, sıklıkla yatırım maliyeti (USD/kW) daha yüksektir.
- Organik akışkanı ve ısı transfer yağı yanıcıdır. Yangın güvenlik önlemleri gerekir.
- Çevresel etki açısından da yönetmeliklere uygun tedbirler alınmalıdır.
- Akışkan ile transfer yağı belli periyodlarla yenilenir [Anonim].

## 5. MATERYAL VE METOD

Yapılan bu çalışmada elektrik üretimine doğrudan elverişli olamayan, düşük sıcaklıklı jeotermal kaynak suları ile, güneş enerjisi beraber kullanılarak daha verimli hibrit bir sistem kurmak hedeflenmiştir. Güneş enerjisi destekli jeotermal kaynaklı ORC sisteminin gündüz ve gece çalışma durumlarına ait şeması ve çevrimin Sıcaklık-Entropi diyagramları sırası ile Şekil 5.1, 5.2, 5.3 ve 5.4 de gösterilmiştir. Sistem evaporatör, güneş kolektörleri, türbin, jeneratör, kondenser ve pompadan oluşmaktadır. Sistemin gece şartlarında çalışması durumunda jeotermal kaynak sıcaklığında ( $T_{gi}$ ) ısı değiştiricisine pompalanan jeotermal su, ısısını evaporatörde ORC akışkanına aktararak ( $T_{go}$ ) sıcaklığında kaynak evsel kullanım sistemine enjekte edilmektedir. Sistemde dolaşan soğutucu akışkan (2a) noktasında ısı değiştiricisine girmekte ve (3) noktasında türbine girmek üzere doymuş buhar olarak çıkmaktadır. Türbine giren doymuş buhar ile türbinde iş üretildikten sonra, akışkan (4a) noktasında türbinden çıkmaktadır. Kondenserde soğutma suyu ile yoğuşturulan akışkan (1) noktasından doymuş sıvı olarak çıkmakta ve pompa ile türbin giriş basıncına yükseltilmektedir. Soğutma suyu kondensere ( $T_{ai}$ ) sıcaklığında girmekte ve ( $T_{ao}$ ) sıcaklığında çıkmaktadır. Gündüz şartlarında ise gece şartlarından farklı olarak güneş enerjisi sistemine giren soğutucu akışkan (5) noktasında türbine kızgın buhar olarak girmekte türbin çıkışında (6a) noktasında kondensere girmektedir.



Şekil 5.1: Gece şartlarında sistem akış şeması

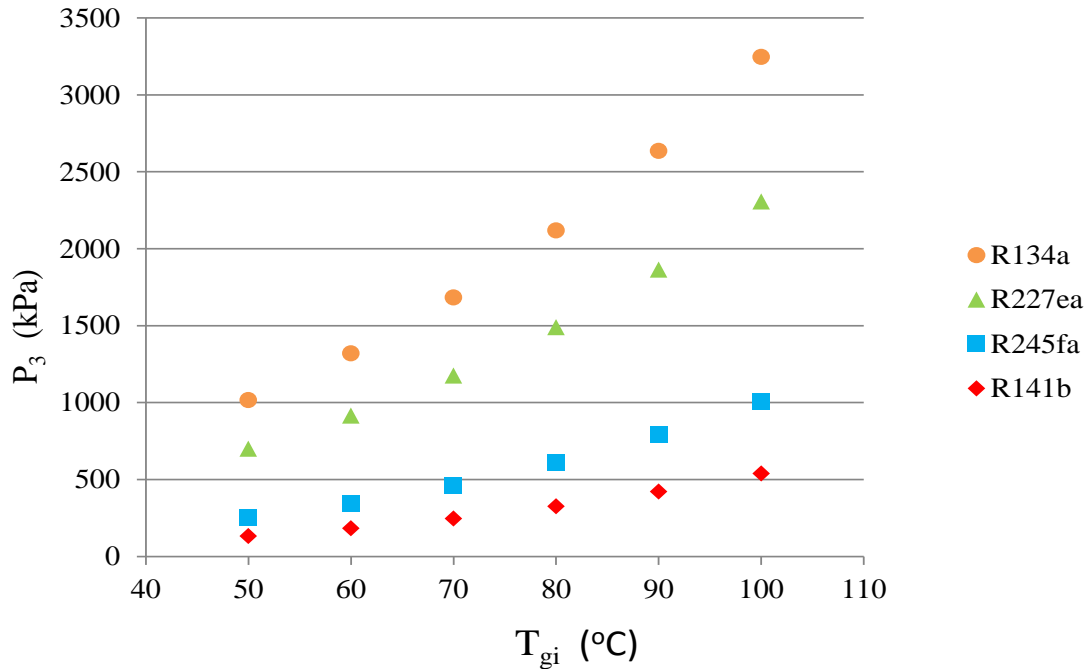


Şekil 5.2: Gece şartlarında sistem T-s diyagramı

Sistemin modellenmesinde ve yapılan hesaplamalarda jeotermal kaynak sıcaklığı ( $T_{gi}$ ) 50-100 °C arasında değişirken, soğutma suyu sıcaklığı ( $T_{ai}$ ) 20 °C olarak sabit, basınç değerleri ise her jeotermal kaynak ve soğutma suyu basıncı için 300kPa kabul edilmiştir. Soğutucu akışkanın türbin giriş şartları (3) kaynak sıcaklığından 10 °C düşük ve doymuş buhar olarak, kondenser çıkış sıcaklığı (1) soğutma suyu sıcaklığından 10 °C yüksek ve doymuş sıvı olarak kabul edilmiştir. Isı değiştiricisinde jeotermal su ile soğutucu akışkan arasında (a ve b noktaları arasında) ve kondenserde soğutma suyu ve soğutucu akışkan arasında (c ve d noktaları arasında) ‘‘pinch point’’ yaklaşımı ile sıcaklık farkları literatürden [3] faydalanılarak 5 °C olarak kabul edilmiştir. Isı değiştiricisinin ve kondenserin %100 verimle çalıştığı kabul edilmiş, jeneratör, türbin ve pompa verimleri sırasıyla %90, %80 ve %90 olarak alınmıştır.



Buna bağılı olarak sistemin düşük basınç aralıklarında çalışmasını sağılayan akışkanın R141b olduğı anlaşılmıştır.



Şekil 5.5: Farklı soğutucu akışkanların P- T diyagramı

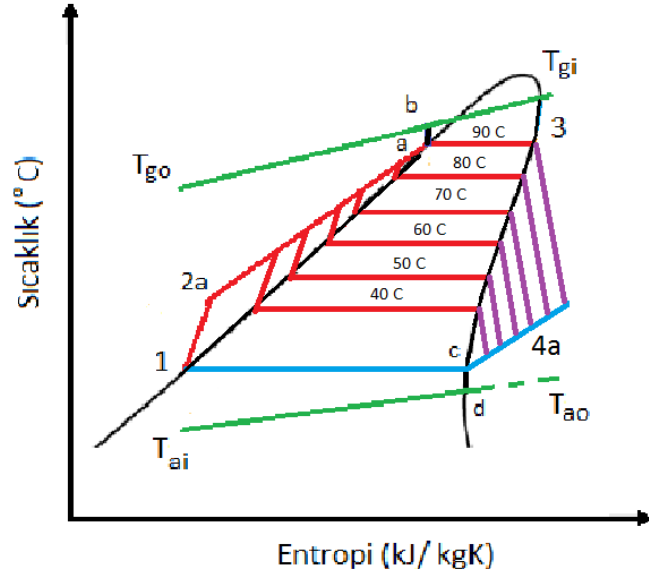
Sistemde kullanılması planlanan R141b soğutucu akışkanın termodinamik özellikleri Çizelge: 5.1 de verilmiştir. Maksimum çalışma sıcaklığı ve basıncı sırası ile 500K ve 400 MPa olan akışkanın tasarlanan hibrit sistemde en fazla 150 °C ye (423.15 K) kadar çıkması ve basıncın farklı sıcaklıklarda maksimum 6 bara ulaşması sonucunda, tasarlanan sistem ile uyumluluğı tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1: R141b soğutucu akışkanının termodinamik özellikleri

Parametre değeri	
Genel	
Molar kütle [kg / mol]	0.11694962
CAS numarası	1717-00-6
ASHRAE sınıfı	BİLİNMEYEN
Formül	C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>3</sub> H <sub>3</sub> C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>3</sub> H <sub>3</sub>
Akentrlik faktör	0,2195
InChI	InChI = 1 / C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>2</sub> F / C1-2 (3,4) 5
InChIKey	FRCHKSNZZFGCA-UHFFFAOYAI
Smiles	CC (F), (Cl) Cl
ChemSpider Kimliği	14829
Sınırları	
Maksimum sıcaklık [C]	226,85
Maksimum basınç [MPa]	400
Üç nokta	
Üçlü nokta sıcaklığı [K]	-130,47
Üçlü nokta basıncı [Pa]	6,492735334
Kritik nokta	
Kritik nokta sıcaklığı [K]	204,35
Kritik nokta yoğunluğu [kg / m <sup>3</sup> ]	45855946002
Kritik nokta yoğunluğu [mol / m <sup>3</sup> ]	3921
Kritik nokta basıncı [MPa]	4,212

### 5.1 Gece Çalışma Şartları

Modellenen hibrit sistem, gece şartlarında doğrudan jeotermal kaynaktan faydalanarak ORC prosesi gerçekleştirilmektedir. Farklı kaynak sıcaklıklarındaki 1 kg/s jeotermal kaynak evaporatörde ısısını R141b 'e aktararak, konvansiyonel bir organik Rankine çevrimi gerçekleştirilmektedir. Organik akışkan evaporatörden doymuş buhar halinde çıkarak türbine girmektedir. Türbinde üretilen iş sonrasında basıncı düşen, soğutucu akışkan kondensere girerek doymuş sıvı olarak çıkmaktadır. Kondenserden çıkan soğutucu akışkan pompaya girer ve basınçlandırılarak evaporatörün içine tekrar basılarak çevrim tamamlanmaktadır. Gerçekleşen proses de kullanılan valf vasıtası ile evaporatörden çıkan soğutucu akışkanın güneş kolektörlerine girmeden doğrudan türbine gitmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.6: Gece şartlarından farklı sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar için T-s diyagramı

Gece şartları için termodinamiğin birinci kanunu kullanılarak enerji denklemleri oluşturulmuştur.

#### Evaporatör

$$\dot{m}_g \cdot (h_{gi} - h_b) = \dot{m}_r \cdot (h_3 - h_a) \quad (1)$$

$$\dot{m}_g \cdot (h_{gi} - h_{go}) = \dot{m}_r \cdot (h_3 - h_{2a}) \quad (2)$$

#### Türbin

$$\dot{W}_{t-ge} = \dot{m}_r \cdot (h_3 - h_{4a}) \quad (3)$$

#### Kondenser

$$\dot{m}_r \cdot (h_c - h_1) = \dot{m}_{ss} \cdot (h_d - h_{ai}) \quad (4)$$

#### Pompa

$$\dot{W}_p = \dot{m}_r \cdot (h_{2a} - h_1) \quad (5)$$

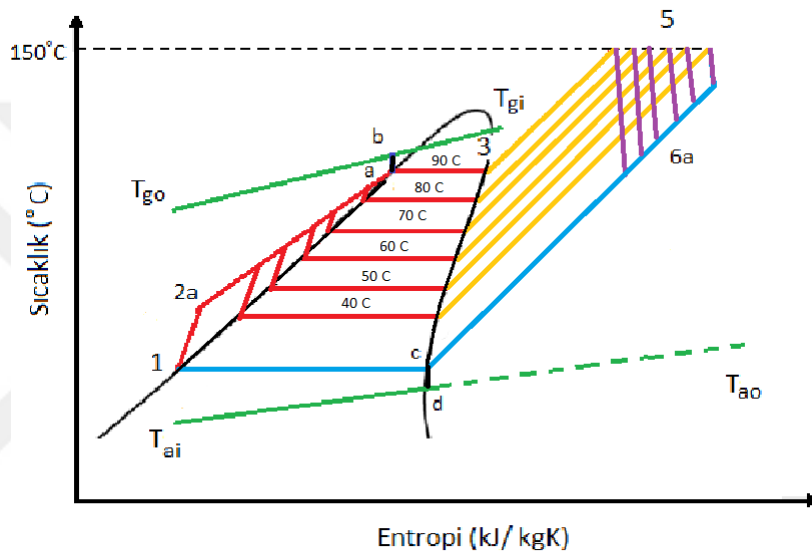
#### Verim

$$\eta_{s-ge} = (\dot{W}_{t-ge} - \dot{W}_p) / Q_{eva} \quad (6)$$

50-100 °C aralığında ve 1 kg/s debideki jeotermal kaynak akışkanı için sistemde kullanılması gereken soğutucu akışkan debi değerleri ( $\dot{m}_r$ ) denklem (1) kullanarak hesaplanmıştır. Denklem (4) ile de kondenserde gerekli olan soğutma suyu debileri hesaplanmıştır. Hesaplanan soğutucu akışkan debilerine bağlı olarak 1 kg/s debi için türbinde üretilen ve pompada harcanan enerji miktarları belirlenmiştir. Ayrıca denklem (2) ile evaporatör kapasiteleri ve denklem (6) kullanılarak sistemin toplam verimi izentropik olarak hesaplanmıştır.

## 5.2 Gündüz Çalışma Şartları

Güneşin doğuşundan itibaren kolektör sistemine yönlendirilen soğutucu akışkanın vakum tipi kolektörün maksimum çalışma sıcaklığı dikkate alınarak türbine en fazla 150 °C sıcaklığında girmesi öngörülmüştür. Buna bağlı olarak 50-100 °C aralığında ve 1 kg/s debideki jeotermal kaynak akışkanı için soğutucu akışkanın sıcaklığını öğlen  $G=1000 \text{ W/m}^2$  güneş ışınımında 150 °C sıcaklığa ulaşması için gerekli kolektör alanı denklem (7 ve 8) ile hesaplanmıştır.



Şekil 5.7: Gündüz şartlarından farklı sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar için T-s diyagramı

Vakum tüp kolektör verimi  $\eta_{kol}$  ortalama %15 olarak kabul edilmiştir. Ayrıca Konya için kolektör eğim açısı  $37^\circ$  olacak şekilde planlanmıştır

$$\dot{Q}_{3-5} = \dot{m}_r \cdot (h_5 - h_3) \quad (7)$$

$$A_{kol} = \dot{Q}_{3-5} / (\eta_{kol} \times G) \quad (8)$$

50-100 °C aralığında ve 1 kg/s debideki jeotermal kaynak akışkanı için gündüz şartlarında türbinde üretilen enerji miktarı denklem (9) ile hesaplanmıştır.

$$\dot{W}_{t-gü} = \dot{m}_r \cdot (h_5 - h_{6a}) \quad (9)$$

Gündüz şartlarında sistemden kondenserle atılması gereken ısı miktarı daha fazla olacaktır. Sistem için 50-100°C aralığında kondenser kapasitesi gündüz şartlarına göre atması gereken maksimum ısı miktarına göre her bir jeotermal sıcaklık değeri için denklem (10)'a göre hesaplanmıştır. Ayrıca sistemin genel izentropik verimi denklem (11) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlara dahil edilmiştir.

$$\dot{Q}_{6a-1} = \dot{m}_{ss}*(h_{6a} - h_1) \quad (10)$$

$$\eta_{s-gü} = (\dot{W}_{t-gü} - \dot{W}_p) / Q_{eva} + Q_{kol} \quad (11)$$

Gündüz ve gece şartlarında yapılan bu hesaplamalar sonucunda, her yarım saatlik periyotlarda bilinen güneş ışıınım değerleri ile beraber sistemin bir gün boyunca ürettiği ortalama enerji miktarı hesaplanmıştır. Sonrasında her ay için bilinen ortalama yarım saatlik periyotlardaki ışıınım değerleri sisteme dahil edilerek aylık ve yıllık üretim miktarları hesaplanmıştır.

### 5.3 Ağustos Ayı ve 80°C Jeotermal Kaynak Akışkanı İçin Örnek Hesap

Ağustos ayı günlük ortalama ışıınım değerleri baz alınarak, 80 °C ve 1kg/s debideki jeotermal kaynak şartlarına sahip hibrit sistem, Termodinamiğin birinci kanunu ve güneş enerjisi denklemleri kullanılarak aylık ortalama elektrik üretim kapasitesi hesaplanmıştır.

Hesaplamalar esnasında;

$$T_{g-in} - T_3 = 10 \text{ °C}$$

$$T_b - T_a = 5 \text{ °C}$$

$$T_1 - T_{ai} = 10 \text{ °C}$$

$$T_c - T_d = 5 \text{ °C}$$

$$\eta_t = 0,80$$

$$\eta_p = 0,90$$

$$\eta_j = 0,90$$

$$\eta_{kol} = 0,15$$

$$T_{s-max} = 150 \text{ °C}$$

$$G = 1000 \text{ W/m}^2 = 1 \text{ kJ/s.m}^2 \text{ kabulleri yapılmıştır.}$$

### 5.3.1 Gece Şartları Sistem Hesabı

Tasarlanan hibrit ORC sistemi gece şartlarında kaynak olarak yalnızca jeotermal enerji kullanmakta olup sistem ile ilgili hesaplamalar aşağıda yer almaktadır.

#### - Soğutucu Akışkan Debisinin Hesaplanması

$T_{gi}$  Noktası Şartları (Jeo)

a Noktası Şartları (R141b)

$$\dot{m}_g = 1 \text{ kg/s}$$

$$T_a = T_3$$

$$T_{g-in} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$x_a = 0$$

$$P_{g-in} = 300 \text{ kPa}$$

$$h_{g-in} = 335,1 \text{ kJ/kg}$$

$$h_a = 122,2 \text{ kJ/kg}$$

3 Noktası Şartları (R141b)

b Noktası Şartları (Jeo)

$$T_3 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{g-b} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$x_3 = 1$$

$$P_{g-b} = 300 \text{ kPa}$$

$$P_3 = 325,4 \text{ kPa}$$

$$h_b = 314,2 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = 325 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_g (h_{gi} - h_b) = \dot{m}_r (h_3 - h_a)$$

$$\dot{m}_r = 0,103 \text{ kJ/kg}$$

- Soğutma Suyu Debisinin Hesaplanması

$T_{ai}$  Noktası Şartları (SS)

c Noktası Şartları (R141b)

$$T_{ai} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_c = T_1$$

$$P_{ai} = 300 \text{ kPa}$$

$$x_c = 1$$

$$h_{ai} = 84,12 \text{ kJ/kg}$$

$$h_c = 297,8 \text{ kJ/kg}$$

1 Noktası Şartları (R141b)

d Noktası Şartları (SS)

$$T_1 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_d = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$x_1 = 0$$

$$P_d = 300 \text{ kPa}$$

$$s_1 = 0,273 \text{ kJ/kg-K}$$

$$h_1 = 73,28 \text{ kJ/kg}$$

$$h_d = 105 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_r \cdot (h_c - h_1) = \dot{m}_{cw} \cdot (h_d - h_{ai})$$

$$\dot{m}_{ss} = 1,109 \text{ kJ/kg}$$

- Pompa Gücü Hesabı

1 Noktası Şartları (R141b)

2s Noktası Şartları (R141b)

$$T_1 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_{2s} = P_3$$

$$x_1 = 0$$

$$s_{2s} = s_1$$

$$h_1 = 73,28 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{2s} = 73,48 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{2a} = h_1 + [(h_{2s} - h_1) / \eta_{pompa}]$$

$$h_{2a} = 73,51 \text{ kJ/kg}$$

$$W_p = \dot{m}_r \cdot (h_{2a} - h_1)$$

$$W_p = 0,0239 \text{ kJ/sn}$$

### - Evaporatör Kapasitesinin Hesaplanması

$$P_{g-in} = P_{g-out}$$

$$h_{go} = h_{gi} - [\dot{m}_r * (h_3 - h_{2a})] / \dot{m}_g$$

$$h_{go} = 309,1 \text{ kJ/kg}$$

$$T_{g-out} = 73,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{Eva-in} = \dot{m}_g * (h_{gi} - h_{go})$$

$$Q_{Eva-in} = 26 \text{ kJ/sn}$$

### - Türbinde Üretilen İş miktarının hesaplanması

3 Noktası Şartları (R141b)

4s Noktası Şartları (R141b)

$$T_3 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_{4s} = P_1$$

$$x_3 = 1$$

$$s_{4s} = s_3$$

$$h_3 = 325 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{4s} = 298,2 \text{ kJ/k}$$

$$h_{4a} = h_3 - [(h_3 - h_{4s}) * \eta_t]$$

$$h_{4a} = 303,6 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{t-ge} = \dot{m}_r * (h_3 - h_{4a})$$

$$W_{t-ge} = 2,204 \text{ kJ/sn}$$

### 5.3.2 Gündüz Şartlarının Sistem Hesabı

Tasarlanan hibrit ORC sistemi gündüz şartlarında kaynak olarak hem jeotermal enerji hem de güneş enerjisi kullanmakta olup sistem ile ilgili hesaplamalar aşağıda yer almaktadır.

### - Maksimum Güneş ışınımı için gerekli kolektör alanı hesabı

5 Noktası Şartları (R141b)

$$T_{5-max} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_5 = P_3$$

$$h_5 = 398,1 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{\text{in-kol}} = \dot{m} \cdot (h_5 - h_3)$$

$$Q_{\text{in-kol}} = 7,547 \text{ kJ}$$

$$A_{\text{kol}} = Q_{\text{in-kol}} / (\eta_{\text{kol}} \times G_{\text{coll}})$$

$$A_{\text{kol-min}} = 50,31 \text{ m}^2$$

#### - Türbinde üretilen iş miktarının hesaplanması

5 Noktası Şartları (R141b)

$$T_{5\text{-max}} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_5 = P_3$$

$$h_5 = 398,1 \text{ kJ/kg}$$

6s Noktası Şartları (R141b)

$$P_{6s} = P_c$$

$$S_{6s} = S_5$$

$$h_{6s} = 363,5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{6a} = h_5 - [(h_5 - h_{6s}) \cdot \eta_{\text{pompa}}]$$

$$h_{6a} = 370,5 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{\text{t-max}} = \dot{m}_r \cdot (h_5 - h_{6a})$$

$$W_{\text{t-max}} = 2,853 \text{ kJ/sn}$$

#### - Net İş Üretiminin Hesaplanması

$$W_{\text{net}} = (W_{\text{t-max}} \cdot \eta_j) - W_p$$

$$W_{\text{net}} = 2,544 \text{ kJ/sn}$$

### 5.3.3 Günlük ve Aylık Enerji Üretimi

Günlük enerji üretimi hesaplanması aşamasında “Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi” nin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Konya şartlarında 37° eğim açısı için alınan her yarım saatlik periyotlardaki ışınlam değerleri ile hesap yapılmıştır.

$$Q_{in-kol} = A_{koll} * (\eta_{coll} * G_{coll}) \quad (12)$$

$$h_5 = (Q_{in-kol} / \dot{m}_r) + h_3 \quad (13)$$

Yapılan hesaplamalarda denklem (12) ve (13) kullanılarak minimum kolektör alanı için günün değişen ışınlam değerleri için sisteme giren ısı enerjisi miktarı bulunmuş ve türbin giriş entalpi değerleri hesaplanmıştır.

$$W_t = \dot{m}_r * (h_5 - h_{6a}) \quad (14)$$

Sistem için hesaplanan giriş entalpi değerleri ile türbinden çıkan soğutucu akışkanın entalpi değerlerinden faydalanılarak türbinden çıkan iş miktarı hesaplanmıştır.

Çıkan sonuçlar yarım saatlik periyotlar için alınan ışınlam değerlerinden ötürü otuz dakika ile çarpılarak sistemin her yarım saatte ürettiği enerji hesaplanmıştır. Çıkan bu sonuçlar toplanarak günlük üretim verilerini, aydaki gün sayısı ile çarpıldığında ise aylık üretilen enerji hesaplanmıştır. Çizelge 5.2 de Konya şartları için güneş radyasyon değerleri verilmiştir.

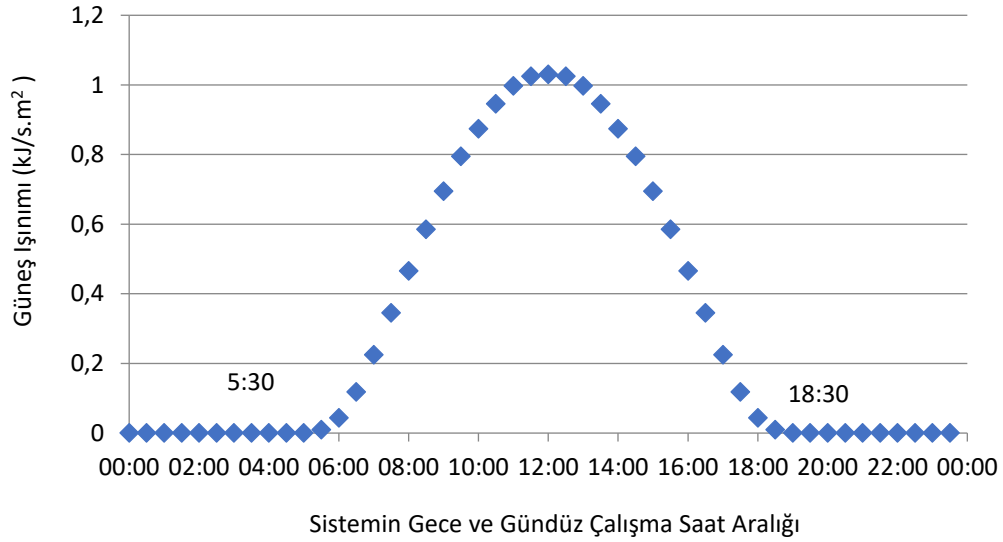
**Çizelge 5.2:** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi 37° eğim açısı Ağustos ayı için Konya ışınım değerleri (W/m<sup>2</sup>)

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
05:37	24	23	26	206	47	207
05:52	34	34	38	342	84	343
06:07	53	39	57	453	105	453
06:22	94	51	98	547	122	547
06:37	142	62	147	627	136	627
06:52	196	72	201	695	147	694
07:07	254	83	258	753	156	752
07:22	314	92	318	803	162	801
07:37	375	101	378	845	167	843
07:52	436	109	439	881	170	879
08:07	497	116	499	911	172	909
08:22	557	123	558	937	173	934
08:37	614	128	615	959	173	956
08:52	670	133	670	977	172	974
09:07	723	137	722	993	171	989
09:22	772	141	771	1010	169	1000
09:37	818	144	816	1020	167	1010
09:52	860	146	857	1020	165	1020
10:07	898	148	894	1030	163	1030
10:22	932	150	927	1040	161	1030
10:37	961	151	956	1040	160	1040
10:52	985	152	980	1040	158	1040
11:07	1010	153	999	1050	157	1040
11:22	1020	153	1010	1050	156	1040
11:37	1030	153	1020	1050	155	1040
11:52	1030	154	1030	1050	155	1040
12:07	1030	154	1030	1050	155	1040
12:22	1030	153	1020	1050	155	1040
12:37	1020	153	1010	1050	156	1040
12:52	1010	153	999	1050	157	1040
13:07	985	152	980	1040	158	1040
13:22	961	151	956	1040	160	1040
13:37	932	150	927	1040	161	1030
13:52	898	148	894	1030	163	1030
14:07	860	146	857	1020	165	1020
14:22	818	144	816	1020	167	1010
14:37	772	141	771	1010	169	1000
14:52	723	137	722	993	171	989
15:07	670	133	670	977	172	974
15:22	614	128	615	959	173	956
15:37	557	123	558	937	173	934
15:52	497	116	499	911	172	909
16:07	436	109	439	881	170	879
16:22	375	101	378	845	167	843
16:37	314	92	318	803	162	801
16:52	254	83	258	753	156	752
17:07	196	72	201	695	147	694
17:22	142	62	147	627	136	627
17:37	94	51	98	547	122	547
17:52	53	39	57	453	105	453
18:07	34	34	38	342	84	343
18:22	24	23	26	206	47	207

**Çizelge 5.3:** Sistemin Konya şartlarında Jeotermal ve Güneş enerjisinden faydalanarak günlük ortalama enerji ve güç üretimi-Ağustos

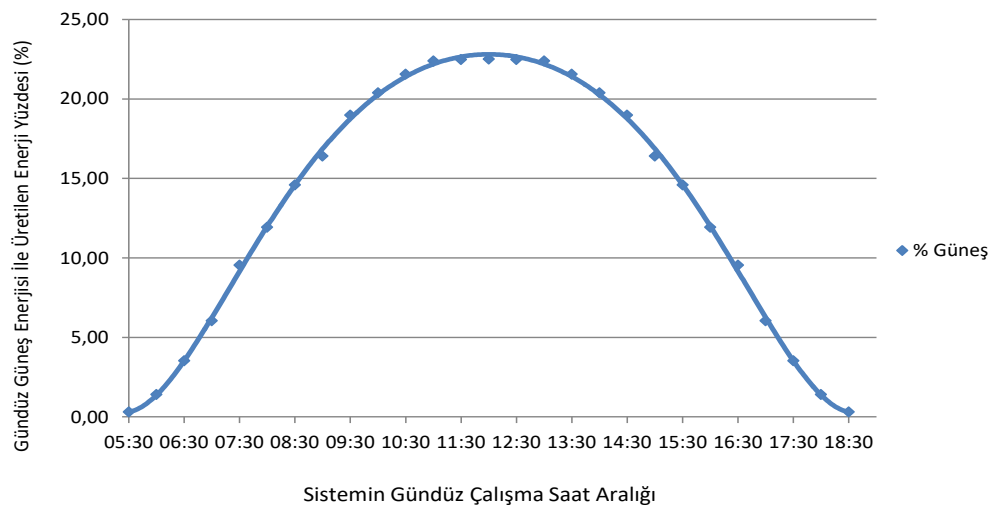
Ağustos Kolektör Açısı 37- 80°C Jeo, 1kg/s						
T <sub>gen</sub> =80C	G	W	G+Gn kWh	W(Gn)	Güneş kWh	Verim
00:00	0	1,973	0,987			7,591
00:30	0	1,973	0,987			7,591
01:00	0	1,973	0,987			7,591
01:30	0	1,973	0,987			7,591
02:00	0	1,973	0,987			7,591
02:30	0	1,973	0,987			7,591
03:00	0	1,973	0,987			7,591
03:30	0	1,973	0,987			7,591
04:00	0	1,973	0,987			7,591
04:30	0	1,973	0,987			7,591
05:00	0	1,973	0,987			7,591
05:30	0,01	1,979	0,990	0,006	0,003	7,593
06:00	0,044	2,001	1,001	0,028	0,014	7,599
06:30	0,118	2,045	1,023	0,072	0,036	7,611
07:00	0,225	2,1	1,050	0,127	0,0635	7,622
07:30	0,345	2,181	1,091	0,208	0,104	7,628
08:00	0,466	2,24	1,120	0,267	0,1335	7,629
08:30	0,585	2,31	1,155	0,337	0,1685	7,625
09:00	0,695	2,319	1,160	0,346	0,173	7,618
09:30	0,795	2,435	1,218	0,462	0,231	7,609
10:00	0,874	2,478	1,239	0,505	0,2525	7,601
10:30	0,946	2,515	1,258	0,542	0,271	7,591
11:00	0,997	2,542	1,271	0,569	0,2845	7,585
11:30	1,025	2,545	1,273	0,572	0,286	7,585
12:00	1,03	2,546	1,273	0,573	0,2865	7,585
12:30	1,025	2,545	1,273	0,572	0,286	7,585
13:00	0,997	2,542	1,271	0,569	0,2845	7,585
13:30	0,946	2,515	1,258	0,542	0,271	7,591
14:00	0,874	2,478	1,239	0,505	0,2525	7,601
14:30	0,795	2,435	1,218	0,462	0,231	7,609
15:00	0,695	2,319	1,160	0,346	0,173	7,618
15:30	0,585	2,31	1,155	0,337	0,1685	7,625
16:00	0,466	2,24	1,120	0,267	0,1335	7,629
16:30	0,345	2,181	1,091	0,208	0,104	7,628
17:00	0,225	2,1	1,050	0,127	0,0635	7,622
17:30	0,118	2,045	1,023	0,072	0,036	7,611
18:00	0,044	2,001	1,001	0,028	0,014	7,599
18:30	0,01	1,979	0,990	0,006	0,003	7,593
19:00	0	1,973	0,987			7,591
19:30	0	1,973	0,987			7,591
20:00	0	1,973	0,987			7,591
20:30	0	1,973	0,987			7,591
21:00	0	1,973	0,987			7,591
21:30	0	1,973	0,987			7,591
22:00	0	1,973	0,987			7,591
22:30	0	1,973	0,987			7,591
23:00	0	1,973	0,987			7,591
23:30	0	1,973	0,987			7,591
		Günlük(kWh)	51,720	Günlük Güneş (kWh)	4,37	
		Aylık (kWh)	1603,32	Aylık Güneş (kWh)	135,47	

Alınan ışınım değerleri her yarım saatlik periyodlar için tekrardan hesaplanmıştır. Çizelge 5.3 de hesaplanan bu değerler için gece ve gündüz şartlarında üretilen anlık, yarım saatlik günlük enerji miktarları hesaplanarak işlenmiştir. Ayrıca gün içerisinde üretilen enerjinin jeotermal ve güneş gelen katkıları gösterilmiştir.



**Şekil 5.8:** Konya şartlarında ağustos ayı için saatlik ışınım değişimi

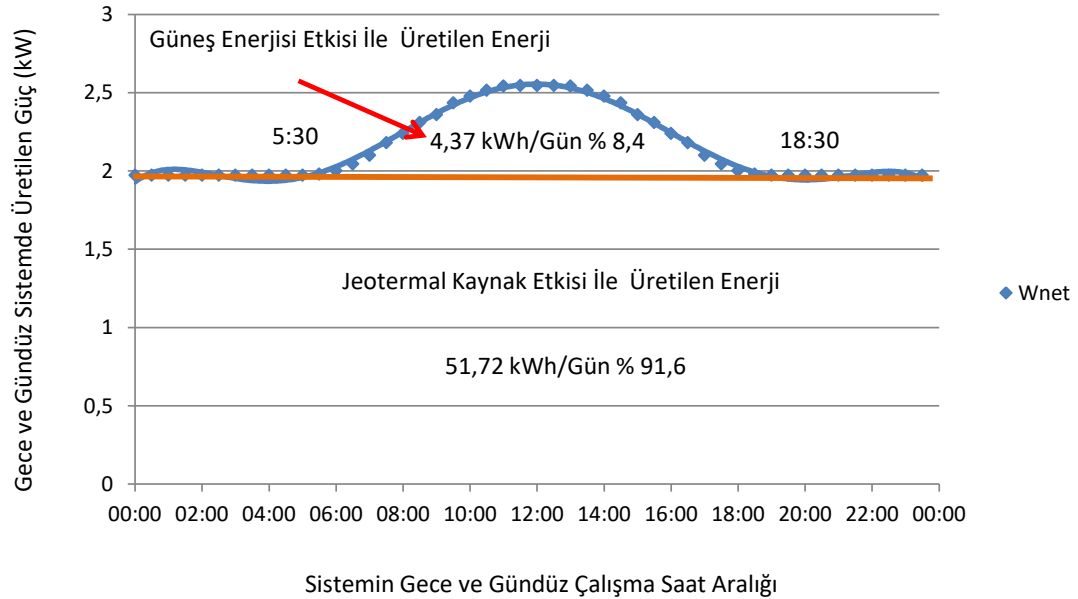
Tasarlanan sistemde gün içinde değişen ışınım değerleri ile beraber üretilen enerjide farklılık gösterecektir. Şekil 5.8 de Konya şartlarında ağustos ayı için ortalama günlük ışınım değişim değerleri gösterilmiştir. Saat 5:30 itibari ile 0.01 kJ/s.m<sup>2</sup> olan radyasyon değeri, saat 12:00 itibari ile 1.03 kJ/s.m<sup>2</sup> değerlerine çıkmaktadır.



**Şekil 5.9:** Kolektör sisteminin gün içerisinde sisteme yaptığı katkının yüzdesel değişimi

Hibrit sistem gece şartlarında sadece jeotermal kaynaktan faydalanırken, gündüz

şartlarında jeotermal ile birlikte güneş enerjisinden de faydalanmaktadır. Şekil 5.9 da gündüz çalışma şartları için, sistemde güneş enerjisinden üretilen enerjinin saat aralıklarına bağlı olarak toplam üretime yüzdesel katkısı gösterilmiştir. Hibrit sistemin gündüz çalışması durumunda öğle saatlerinde artan güneş radyasyonuna bağlı olarak güneş enerjisi ile üretilen enerji miktarının toplam üretilen enerji miktarının %23'üne ulaştığı görülmüştür.



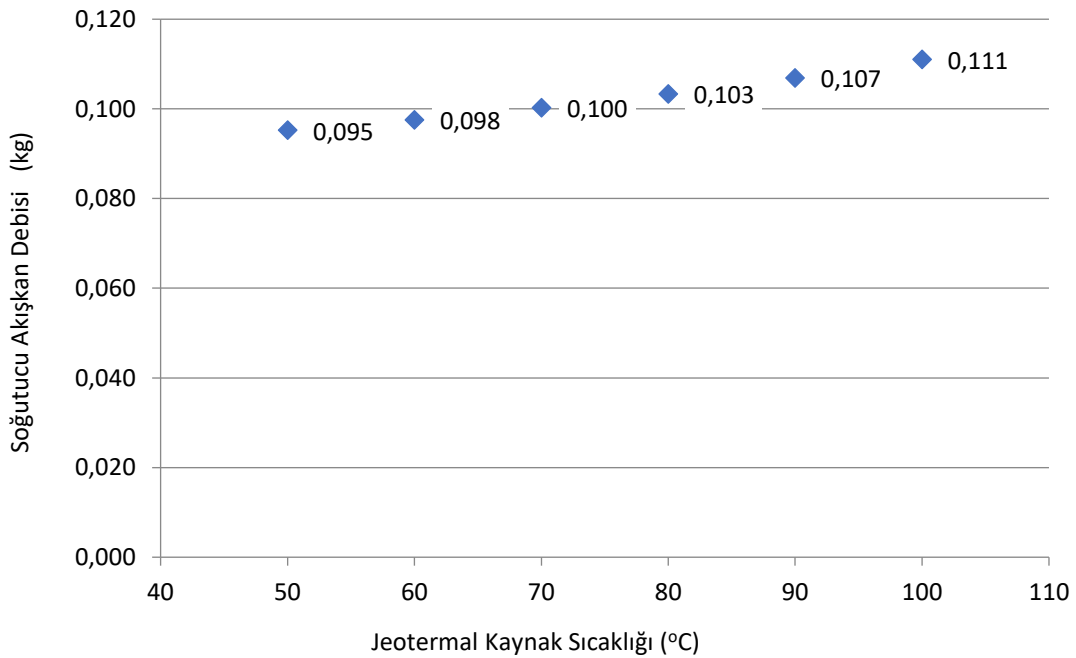
**Şekil 5.10:** Kolektör sisteminin gün içerisinde sisteme yaptığı katkının yüzdesel değişimi

Modellenen sistemde ağustos ayı ortalama ışıınım değerleri için gün boyu üretilen enerji miktarı, güneş ve jeotermal kaynaklar için ayrı ayrı Şekil 5.10 da gösterilmiştir. Sistem gece şartlarında anlık 1.973 kW'la güç üretirken, günün ağarmasıyla birlikte güneş sistemde devreye girmektedir. Saat 12:00 itibari ile 1.03 kJ/s.m<sup>2</sup> değerine çıkan radyasyon değeri ile sistem anlık 2,546 kW'la güç üretmektedir. Sistem gün boyu üretmiş olduğu enerji miktarı 51.72 kWh olup bunun %8,4'ünü güneş enerjisinden, %91,6'lık kısmını ise jeotermal kaynaktan faydalanarak üretmiştir.

## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 6.1 Gece Şartlarının Sonuçları

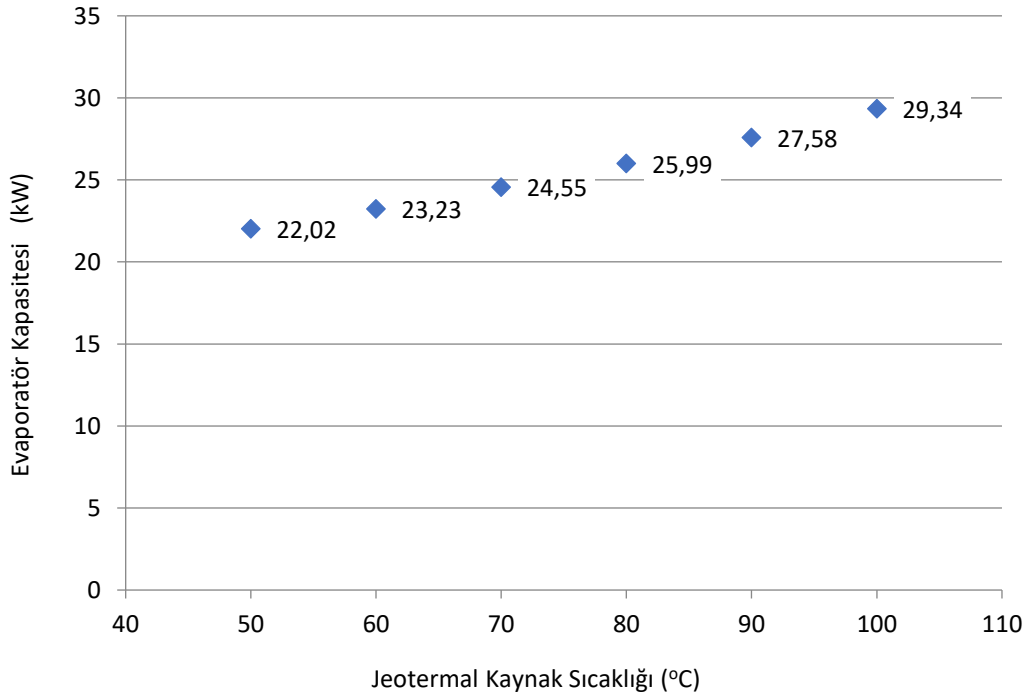
Yapılan bu çalışmada modellenen hibrit ORC sistemi gece şartlarında sadece jeotermal enerji kaynağını kullanmaktadır. Yapılan termodinamik analizlerde farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynağın, 1kg/s debi için sistemde ürettiği enerji miktarı hesaplanmıştır. Bu aşamada sistem elemanlarının her biri için ayrı analizler yapılmıştır. Sistem tasarımı için gerekli olan soğutucu akışkan debisi, soğutma suyu debisi, evaporatör kapasitesi, kondenser kapasitesi, üretilen enerji ve verim üzerine hesaplamalar yapılmış ve sonuçları paylaşılmıştır. Özellikle düşük sıcaklıklarda(50°C) sistem performansı yeterli seviyelere ulaşmadığı sonucu çıkarılmıştır. Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için 1kg/s debide sistem elemanlarının analiz aşağıda sunulmuştur.



**Şekil 6.1:** Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için gece şartlarında gerekli soğutucu akışkan debisi

Tasarlanan hibrit sistem gece şartlarında doğrudan jeotermal kaynağı kullanmakta olup, 1 kg/s debideki kaynak akışkanını için kullanılması gereken soğutucu akışkan debi değerleri hesaplanmış ve kaynak suyu sıcaklığının değişimine bağlı olarak Şekil 6.1 de gösterilmiştir. R141b için soğutucu akışkan debisi kaynak sıcaklığının değişimine bağlı olarak 0.09 kg/s ile 0.11 kg/s değerleri arasında yaklaşık lineer arttığı gözlemlenmiştir.

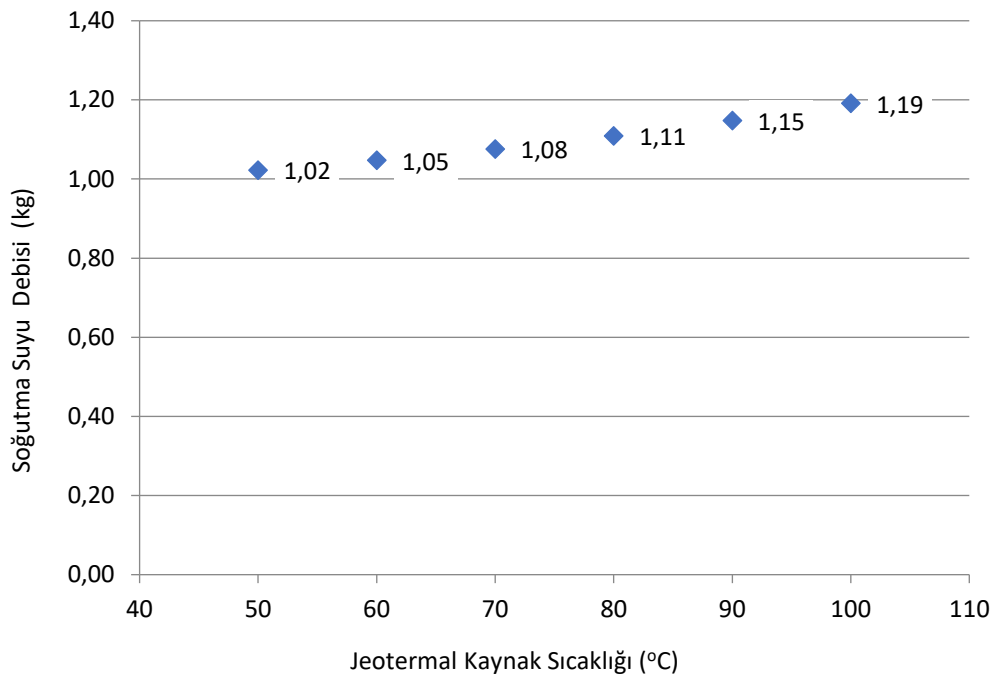
Kaynak sıcaklığına bağlı olarak debideki değişim 50°C'ile 100 °C jeotermal sıcaklıklar arasında sırasıyla 0.095 kg/s, 0.098 kg/s, 0.1 kg/s, 0.103 kg/s, 0.107 kg/s ve 0.111 kg/s şeklinde gerçekleşmiştir. Düşük kaynak sıcaklıklarında, ORC sisteminin düşük basınçta daha az debi ile çevrimi tamamladığı gözlemlenmiştir. 70°C sıcaklıkta sistemdeki debi artışının yüzdesel olarak artan eğilimi göz ardı edilecek seviyede azaldığı tespit edilmiştir.



**Şekil 6.2:** Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için gece şartlarında gerekli evaporatör kapasitesi

Yapılan bu çalışmada sisteme giren farklı sıcaklıklardaki 1 kg/s debiye sahip jeotermal kaynağın, soğutucu alışkan(R141b) ile evaporatörde gerçekleştirmiş olduğu ısı transferi Şekil 6.2'deki gibi hesaplanmıştır. 22 kW/kg ile 30 kW/kg arasında farklı kaynak sıcaklıklarına sahip jeotermal kaynak ile lineer bir enerji transferi gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

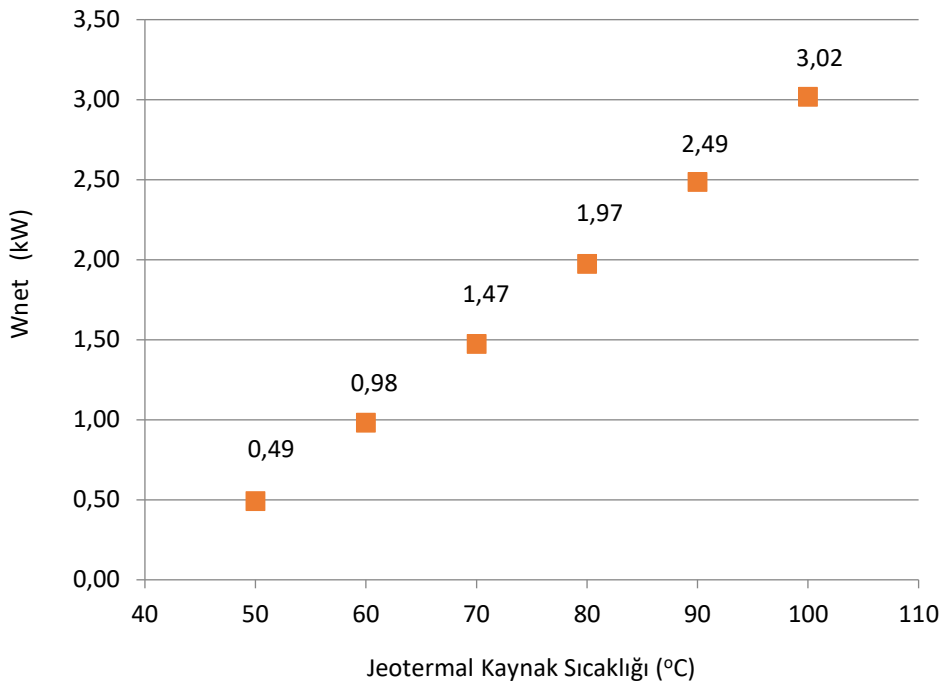
Kaynak sıcaklığına bağlı olarak evaporatör kapasitesindeki değişim 50 °C'de 22.02 kJ/s, 60 °C'de 23.23 kJ/s, 70 °C'de 24.55 kJ/s, 80 °C'de 25.99 kJ/s, 90 °C'de 27.58 kJ/s ve 100 °C'de 29.34 kJ/s şeklinde gerçekleşmiştir. 70 °C sıcaklıkta sistemdeki kapasite artışının yüzdesel olarak artan eğilimi göz ardı edilecek seviyede azaldığı tespit edilmiştir.



**Şekil 6.3:** Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için gece şartlarında gerekli soğutma suyu debisi

Sistemin modellenmesinde ve uygulanmasında göz ardı edilmeyecek en önemli parametrelerden birisi de sistemin ihtiyacı olacak olan soğutma suyu debisidir. Jeotermal akışkanın 1 kg/s debideki için sistemin ihtiyacı olan soğutucu akışkan debi değerleri artan kaynak sıcaklığına bağlı olarak Şekil 6.3 de gösterilmiştir. Sisteme giren 1kg/s debide farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynak suyunun organik akışkana kazandırmış olduğu enerji sonrasında, türbinden çıkan organik akışkan kondensere girerek doymuş sıvı olarak çıkmaktadır. Bu aşamada tübinden çıkan soğutucu akışkan kondensere girerek doymuş buhar fazında çıkması için gerek soğutucu akışkan debisinin 1 kg/s ile 1.2 kg/s arasında gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

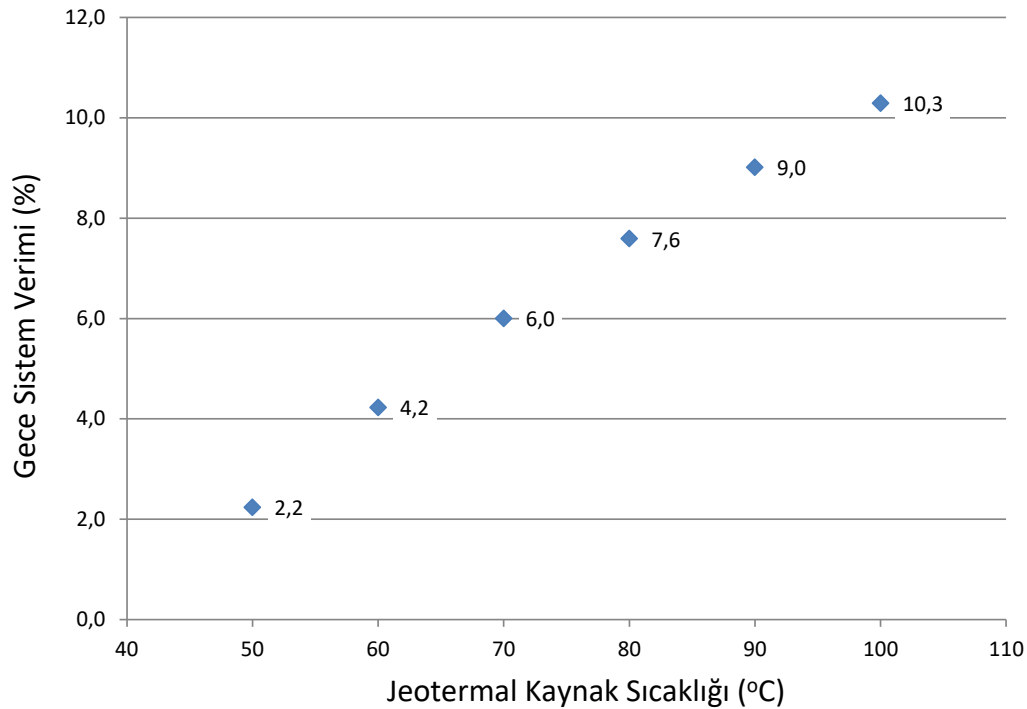
Kaynak sıcaklığına bağlı olarak soğutma suyunun debisindeki değişim 50 °C’de 1.02 kg/s, 60 °C’de 1.05 kg/s, 70 °C’de 1.08 kg/s, 80 °C’de 1.11 kg/s, 90 °C’de 1.15 kg/s ve 100 °C’de 1.19 kg/s şeklinde gerçekleşmiştir. Düşük kaynak sıcaklıklarında, ORC sisteminin düşük basınçta daha az soğutma suyu debisi ile çevrimi tamamladığı gözlemlenmiştir.



**Şekil 6.4:** Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için gece şartlarında üretilen güç

Sistemde 1kg/s jeotermal kaynak akışkan debisi için kaynak sıcaklığının değişimine bağlı olarak farklı akışkanlar için sistemden elde edilen net iş değerleri hesaplanmış ve Şekil 6,4 de sunulmuştur. Tasarlanan sistemde farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynak ile sistemden 0.49 kW/kg ile 3.02 kW/kg arasında enerji üretildiği hesaplanmıştır. Kaynak sıcaklığı ile üretilen enerji arasında lineer bir artış olduğu gözlenmektedir. Kaynak sıcaklığındaki artış üretilen enerji yüzdesi ile doğrusal artmadığı tespit edilmiştir. Sistemde üretilen enerji düşük sıcaklıklı kaynaklar arasında yüzdesel olarak daha fazla arttığı tespit edilmiştir.

Kaynak sıcaklığına bağlı olarak üretilen anlık iş miktarındaki değişim 50 °C'de 0.49 kJ/s, 60 °C'de 0.98 kJ/s, 70 °C'de 1.47 kJ/s, 80 °C'de 1.97 kJ/s, 90 °C'de 2.49 kJ/s ve 100 °C'de 3.02 kJ/s şeklinde gerçekleşmiştir.



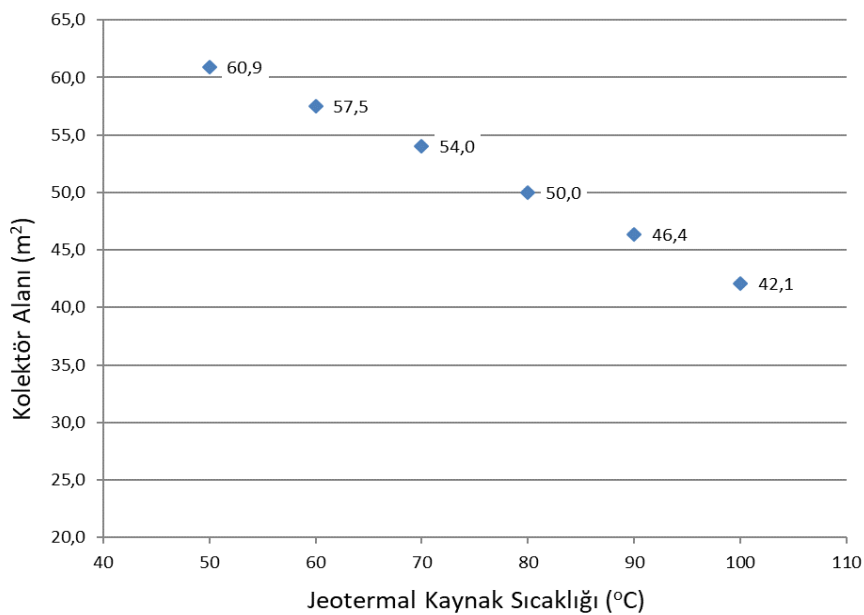
**Şekil 6.5:** Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için gece şartlarında sistem verimi

Organik rankine çevriminin birinci yasa verimi değerlerinin jeotermal kaynak sıcaklığına göre değişimi Şekil 6.5 de sunulmuştur. Birinci yasa verimi jeotermal kaynak sıcaklığının artışıyla artmıştır. Ayrıca, sistem içinde dolaşan soğutucu akışkan debisinden bağımsız olarak, jeotermal akışkanın farklı sıcaklıklardaki entalpi değerlerine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Yapılan hesaplamalarda sistem veriminin, farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için lineer bir artış gösterdiği ve 2.2 ile 10 arasında yüzdesel olarak hesaplanmıştır. Kaynak suyu sıcaklığının verimi doğrudan etkilediği gözlemlenmiş olup, kaynak sıcaklığı ile beraber sistem veriminin arttığı tespit edilmiştir. Gece şartları için düşük kaynak sıcaklıklarında verim alışılagelmiş sistemlerin çok altında kaldığı tespit edilmiştir.

Kaynak sıcaklığına bağlı olarak sistemdeki verim değişim 50 °C’de 2.2, 60 °C’de 4.2, 70 °C’de 6.0, 80 °C’de 7.6, 90 °C’de 9.0 ve 100 °C’de 10.3 şeklinde gerçekleşmiştir.

## 6.2 Gündüz Şartlarının Sonuçları

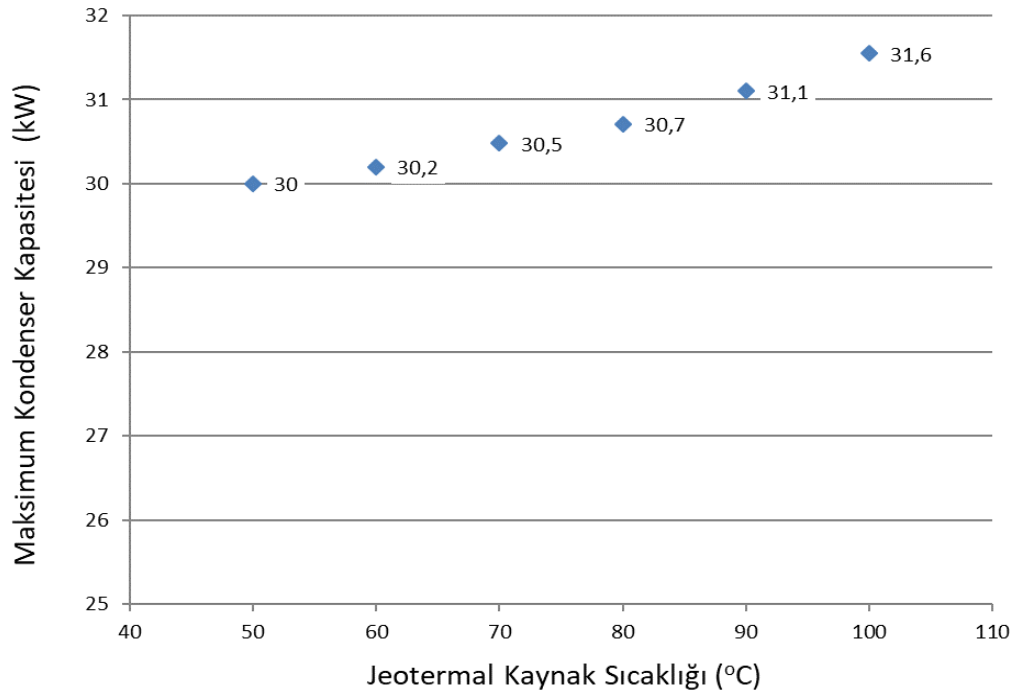
Hibrit sistem, havanın aydınlanması ile beraber gelen ilk ışınlama ile, evaporatörden geçen soğutucu akışkan güneş kolektörlerine girmeye başlamaktadır. Burada maksimum 150 °C ye kadar sıcaklığı yükselen kızgın buhar türbine girer. Çalışan bu hibrit sistemde 1kg/s debideki farklı sıcaklıklara sahip jeotermal kaynak ile ürettiği enerji miktarı hesaplanmış ve aşağıda paylaşılmıştır. Sistem elemanlarının her biri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Düşük sıcaklıklarda kolektör sisteminin prosese yaptığı katkı ön plana çıkmaktadır.



Şekil 6.6: Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için gündüz şartlarında minimum kolektör alanı

Tasarlanan hibrit sistemdeki en önemli parametrelerden biri gündüz şartlarında sistemin ihtiyaç duyduğu kolektör alanının belirlenmesidir. Bu aşamada maksimum kolektör kapasitesi için gereken minimum kolektör alanı önemlidir. Farklı sıcaklıklarda giren 1 kg/s debideki jeotermal kaynağın, evaporatörde organik akışkan ile yaptığı ısı transferi sonrasında soğutucu akışkan güneş kolektör alanına girer. Bu aşamada maksimum 6 bar ve 150°C deki çıkış şartlarında 1000 W/m<sup>2</sup> maksimum ışınlama için minimum kolektör alanı Şekil 6.6 da gösterilmiştir. Artan kaynak sıcaklığına bağlı olarak kolektör alanındaki lineer azalış hesaplanmıştır.

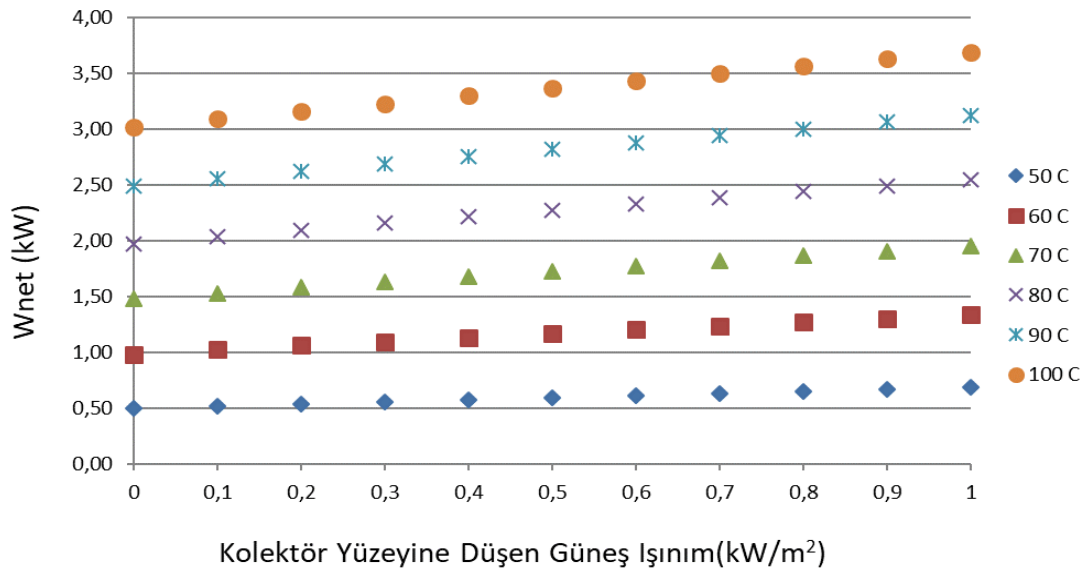
Kaynak sıcaklığına bağlı olarak kolektör alanındaki değişim 50 °C’de 60.9 m<sup>2</sup>, 60 °C’de 57.5 m<sup>2</sup>, 70 °C’de 54 m<sup>2</sup>, 80 °C’de 50. m<sup>2</sup>, 90 °C’de 46.4 m<sup>2</sup> ve 100 °C’de 42.1m<sup>2</sup> şeklinde gerçekleşmiştir.



**Şekil 6.7:** Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için gündüz şartlarında maksimum kondenser kapasitesi

Hibrit ORC çevriminin gündüz şartlarında maksimum kapasite ile çalışma durumunda türbinden dönen karışımın sisteme yeniden dahil olabilmesi için doymuş sıvı fazına gelmesi önemli parametrelerden biridir. 1kg/s debide farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynağın gündüz şartlarında sisteme girmesi ile beraber gerçekleşen ORC için 30 kW ile 32 kW arasında gerekli bir kondenser kapasitesi hesaplanmıştır. Sistemin ihtiyaç duyduğu kondenser kapasitesinin jeotermal kaynak sıcaklıklar ile lineer olarak arttığı tespit edilmiştir.

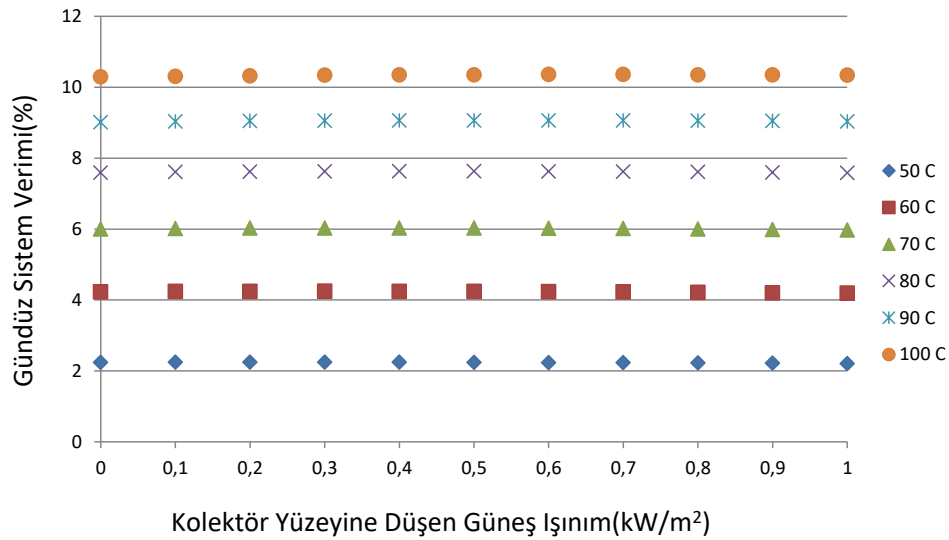
Kaynak sıcaklığına bağlı olarak maksimum kolektör kapasitesindeki değişim 50 °C’de 30 kW, 60 °C’de 30.2 kW, 70 °C’de 30.5 kW, 80 °C’de 30.7 kW, 90 °C’de 31.1 kW ve 100 °C’de 31.6 kW şeklinde gerçekleşmiştir.



**Şekil 6.8:** Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için gündüz şartlarında ışıınım değerlerine bağılı üretilen anlık güç

Birim kaynak akışkan debisi, kaynak sıcaklığının değışimine bağılı olarak farklı ışıınım değeri için sistemden elde edilen net iş değeri hesaplanmış ve Şekil 6.8 de sunulmuştur. Sistemden üretilen net iş miktarının, güneş ışıınım değeri ile lineer olarak arttığı gözlemlenmiş olup, düşük sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklara yüzdesel etkinin daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Değişen kaynak sıcaklıkları ve ışıınım değeri için sistemin ürettiği net iş miktarı 0,6 kW/kg ile 3,75 kW/kg arasında gerçekleştiği hesaplanmıştır. Bu sonuçların aylık ve yıllık olarak toplamda ürettiği iş miktarları EK-1 de paylaşılmıştır.

Sistemde soğutucu akışkan ile 1 kg/s debide farklı kaynak sıcaklıklarında giren jeotermal kaynak arasında gerçekleşen ısı transferi sonrasında, soğutucu akışkan kolektör sistemine girer. Farklı sıcaklıklarda sisteme giren jeotermal kaynaklar için ışıınım değeriyle bağılı olarak sistemin ürettiği anlık iş miktarındaki değışim 50 °C'de 0,687 kJ/s , 60 °C'de 1,334 kJ/s, 70 °C'de 1,95 kJ/s, 80 °C'de 2,544 kJ/s, 90 °C'de 3,121 kJ/s ve 100 °C'de 3,688 kJ/s şeklinde gerçekleşmiştir.



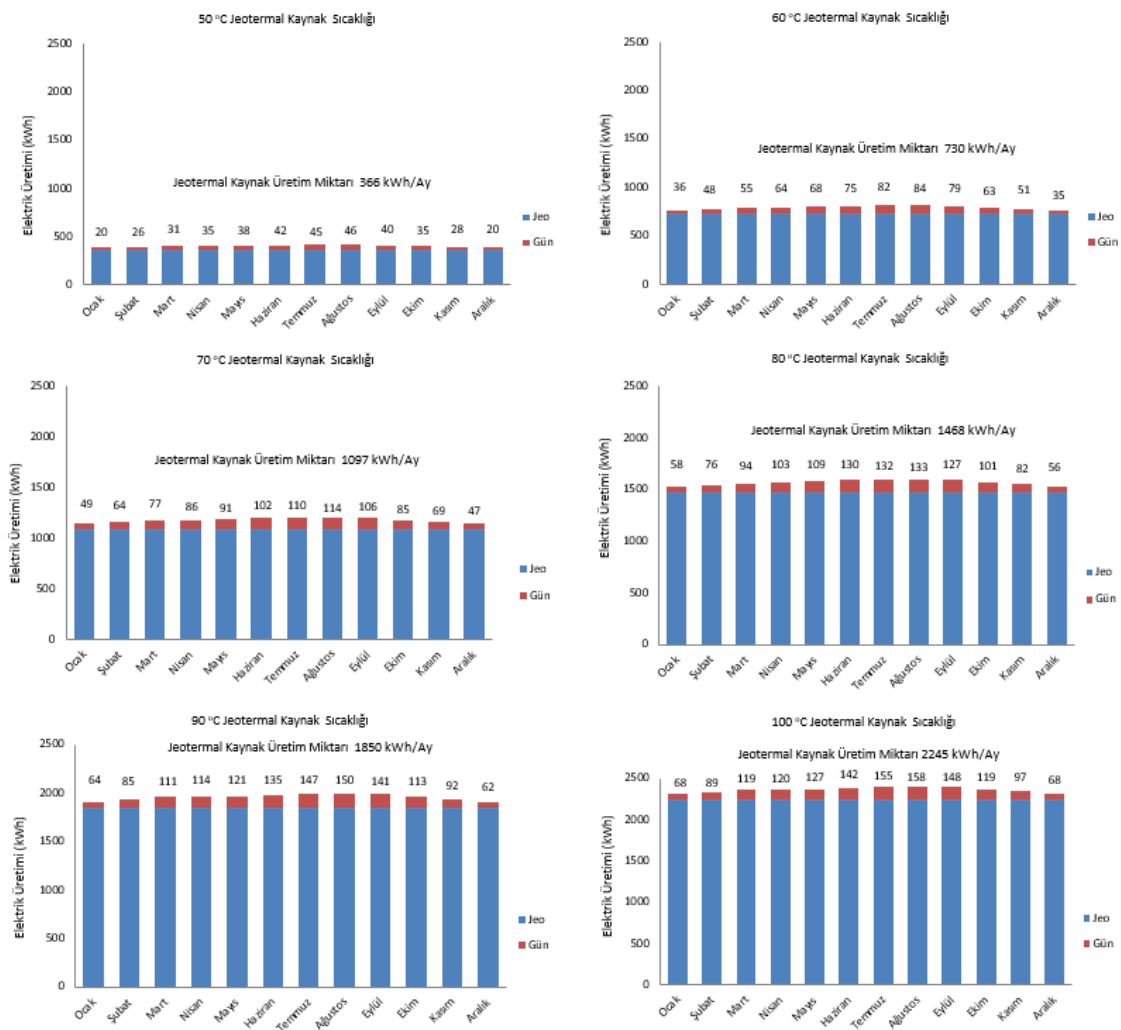
**Şekil 6.9:** Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklar için gündüz şartlarında ışınım değerlerine bağlı sistem verimi

Bir sistemin en önemli parametrelerinden biride üretilen iş sonunda çıkan verimdir. Tasarlamış olduğumuz hibrit ORC sisteminde verim 2.2 ile 10.2 arasında gerçekleştiği Şekil 6.9'da sunulmuştur. Yapılan hesaplamalarda gündüz şartlarında kolektör sistemin toplam verime etkisinin oldukça düşük olduğunu, verimde ana parametrenin kaynak sıcaklığı ile ilgili olduğunu gözlemlenmiştir. Işınım değerlerine bağlı olarak sistem veriminin çizmiş olduğu parabolik eğrideki değişim miktarları göz ardı edilecek seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir.

Sistemde 80 °C'ye kadar giren jeotermal kaynakların verimi alışılagelmiş değerlerin çok altında kaldığı düşünülmüştür. Güneş kolektör sistemi düşük 0.5 kJ/s.m<sup>2</sup> ışınım değerlerine ulaşıncaya kadar sistem verimi bir miktar artmakta olup, bu değer üzerine çıktıktan sonra toplam sistem veriminin tekrardan düştüğü tespit edilmiştir. Fakat bu oranların göz ardı edilebilecek seviyelerde olduğu düşünülmüştür.

### 6.3 Aylık Üretim Sonuçları

Farklı sıcaklıklardaki jeotermal kaynağın 1 kg/s debi ve değişken ışınlım değerleri için aylık sistemin ürettiği net elektrik enerjisi miktarları hesaplanmıştır. Şekil 6.10'da farklı kaynak sıcaklıkları için sistemin jeotermal ve güneşten ürettiği net enerji miktarları verilmiştir.



Şekil 6.10: Hibrit sistemin aylık elektrik üretim değerleri

Sisteme giren 50°C sıcaklığa sahip 1 kg/s debideki jeotermal kaynağın aylık ortalama elektrik üretim kapasitesi 366kWh olduğu hesaplanmıştır. Gündüz şartlarında güneş kolektör sisteminin de devreye girmesi ile beraber Ocak- Aralık ayları arasında sırasıyla 20 kWh, 26 kWh, 31 kWh, 35 kWh, 38 kWh, 42 kWh, 45 kWh, 46 kWh, 40 kWh, 35 kWh, 28 kWh ve 20 kWh'lik ek enerji üretimi olmuştur. Sisteme güneş enerjisinin yapmış olduğu katkı özellikle yaz aylarında, kış aylarına göre iki katından biraz fazladır. Güneş enerjisinin toplam sistem üretimine olan katkısı bu sıcaklık için yüzdesel olarak

azımsanmayacak bir orandadır.

Sisteme giren 60°C sıcaklığa sahip 1 kg/s debideki jeotermal kaynağın aylık ortalama elektrik üretim kapasitesi 730 kWh olduğu hesaplanmıştır. Gündüz şartlarında güneş kolektör sisteminin de devreye girmesi ile beraber Ocak- Aralık ayları arasında sırasıyla 36 kWh, 48 kWh, 55 kWh, 64 kWh, 68 kWh, 75 kWh, 82 kWh, 84 kWh, 79 kWh, 63 kWh, 51 kWh ve 35 kWh'lik ek enerji üretimi olmuştur. Jeotermal kaynak sıcaklığındaki 10°C'lik artış sistemin toplam jeotermalden ürettiği enerjiyi yaklaşık iki katına çıkarmıştır. Yine güneş enerjisinin yaz aylarında sisteme yapmış olduğu katkı, kış aylarına göre iki katından fazla gerçekleşmiştir.

Sisteme giren 70°C sıcaklığa sahip 1 kg/s debideki jeotermal kaynağın aylık ortalama elektrik üretim kapasitesi 1097kWh olduğu hesaplanmıştır. Gündüz şartlarında güneş kolektör sisteminin de devreye girmesi ile beraber Ocak- Aralık ayları arasında sırasıyla 49 kWh, 64 kWh, 77 kWh, 86 kWh, 91 kWh, 102 kWh, 110 kWh, 114 kWh, 106 kWh, 85 kWh, 69 kWh ve 47 kWh'lik ek enerji üretimi olmuştur. Jeotermal kaynak sıcaklığındaki 10°C'lik artış sistemin toplam jeotermalden ürettiği enerjiyi yaklaşık %50 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Güneş enerjisinin yaz aylarında sisteme yapmış olduğu katkı, kış aylarına göre yaklaşık 2,5 katı olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Sisteme giren 80°C sıcaklığa sahip 1 kg/s debideki jeotermal kaynağın aylık ortalama elektrik üretim kapasitesi 1468 kWh olduğu hesaplanmıştır. Gündüz şartlarında güneş kolektör sisteminin de devreye girmesi ile beraber Ocak- Aralık ayları arasında sırasıyla 58 kWh, 76 kWh, 94 kWh, 103 kWh, 109 kWh, 130 kWh, 132 kWh, 133 kWh, 127 kWh, 101 kWh, 82 kWh ve 56 kWh'lik ek enerji üretimi olmuştur. Jeotermal kaynak sıcaklığındaki 10°C'lik artış sistemin toplam jeotermalden ürettiği enerjiyi yaklaşık %35 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Güneş enerjisinin yaz aylarında sisteme yapmış olduğu katkı, kış aylarına göre yaklaşık 2,5 katı olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Sisteme giren 90°C sıcaklığa sahip 1 kg/s debideki jeotermal kaynağın aylık ortalama elektrik üretim kapasitesi 1850 kWh olduğu hesaplanmıştır. Gündüz şartlarında güneş kolektör sisteminin de devreye girmesi ile beraber Ocak- Aralık ayları arasında sırasıyla 64 kWh, 85 kWh, 111 kWh, 114 kWh, 121 kWh, 135 kWh, 147 kWh, 150 kWh, 141 kWh, 113 kWh, 92 kWh ve 62 kWh'lik ek enerji üretimi olmuştur. Jeotermal kaynak sıcaklığındaki 10°C'lik artış sistemin toplam jeotermalden ürettiği enerjiyi yaklaşık %25 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Güneş enerjisinin yaz aylarında sisteme yapmış olduğu katkı, kış aylarına göre yaklaşık 2,5 katı olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Sisteme giren 100°C sıcaklığa sahip 1 kg/s debideki jeotermal kaynağın aylık

ortalama elektrik üretim kapasitesi 2245 kWh olduğu hesaplanmıştır. Gündüz şartlarında güneş kolektör sisteminin de devreye girmesi ile beraber Ocak- Aralık ayları arasında sırasıyla 68 kWh, 89 kWh, 119 kWh, 120 kWh, 127 kWh, 142 kWh, 155 kWh, 158 kWh, 148 kWh, 119 kWh, 97 kWh ve 68 kWh'lik ek enerji üretimi olmuştur. Jeotermal kaynak sıcaklığındaki 10°C'lik artış sistemin toplam jeotermalden ürettiği enerjiyi yaklaşık %22 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Güneş enerjisinin yaz aylarında sisteme yapmış olduğu katkı, kış aylarına göre yaklaşık 2 katından biraz fazla olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

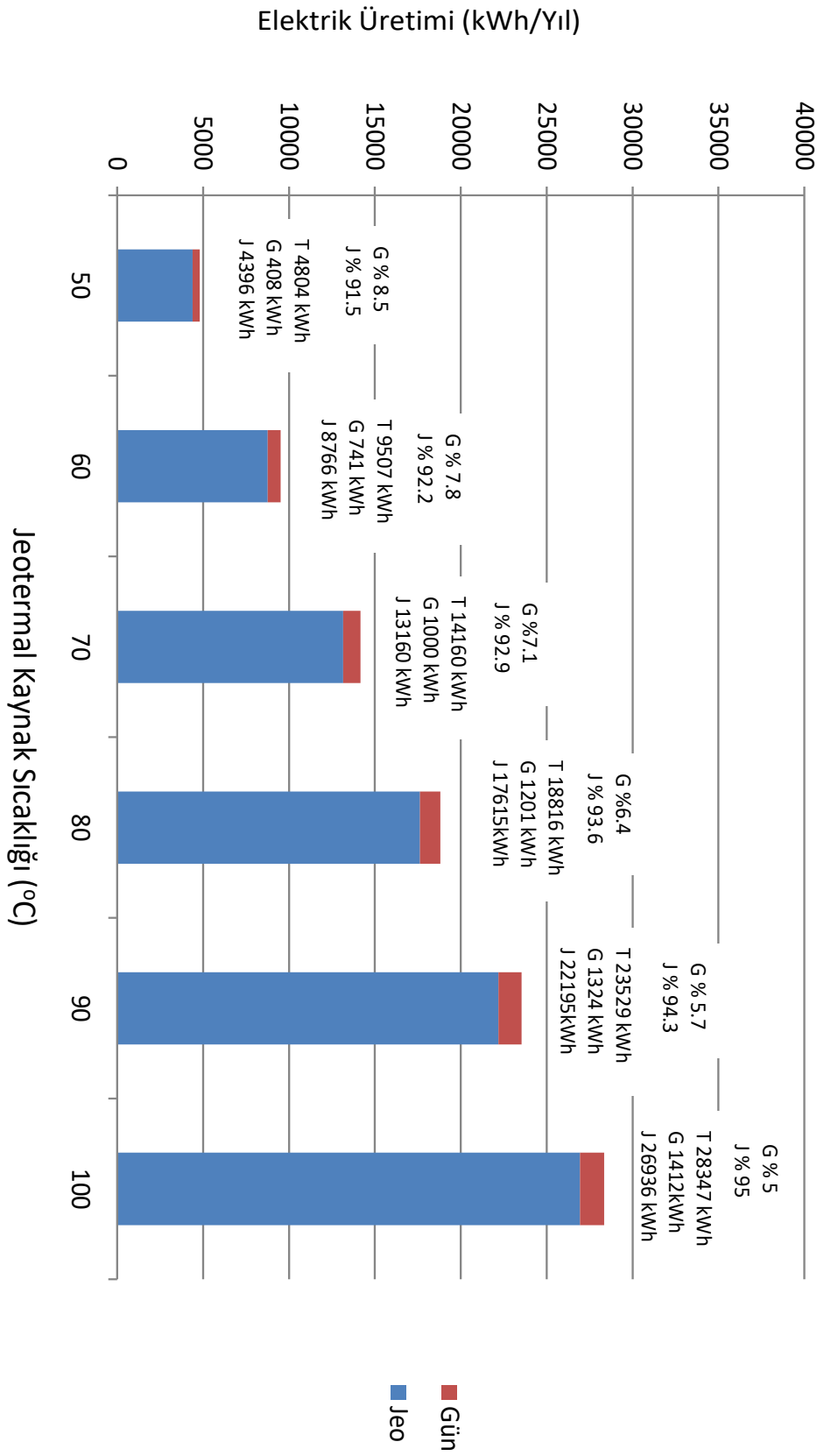
#### 6.4 Yıllık Üretim Sonuçları

Modellenen hibrit sistemin farklı jeotermal kaynak sıcaklıkları için 1 kg/s debide üretmiş olduğu yıllık elektrik enerjisi Şekil 6.11'de sunulmuştur.

Sistem 50 °C'de yıllık 4804 kWh'lik elektrik enerjisi üretmiş olup, 408 kWh'lik kısmı güneş enerjisinden, 4396 kWh'lik kısmı ise jeotermal kaynaktan üretilmiştir. Sistemde üretilen enerjinin %8.5'i güneş enerjisi ve %91.5'lik kısmı Jeotermal enerjiden üretilmektedir.

Sistem 60 °C'de yıllık 9507 kWh'lik elektrik enerjisi üretmiş olup, 741 kWh'lik kısmı güneş enerjisinden, 8766 kWh'lik kısmı ise jeotermal kaynaktan üretilmiştir. Sistemde üretilen enerjinin %7.8'i güneş enerjisi ve %92.2'lik kısmı Jeotermal enerjiden üretilmektedir.

Sistem 70 °C'de yıllık 14160 kWh'lik elektrik enerjisi üretmiş olup, 1000 kWh'lik kısmı güneş enerjisinden, 13160 kWh'lik kısmı ise jeotermal kaynaktan üretilmiştir. Sistemde üretilen enerjinin %7.1'i güneş enerjisi ve %92.9'luk kısmı Jeotermal enerjiden üretilmektedir.



**Şekil 6.11:** Hibrit sistemin yıllık elektrik üretim değerleri

Sistem 80 °C’de yıllık 18816 kWh’lik elektrik enerjisi üretmiş olup, 1201 kWh’lik kısmı güneş enerjisinden, 17615 kWh’lik kısmı ise jeotermal kaynaktan üretilmiştir. Sistemde üretilen enerjinin %6.4’ü güneş enerjisi ve %93.6’lık kısmı Jeotermal enerjiden üretilmektedir.

Sistem 90 °C’de yıllık 23529 kWh’lik elektrik enerjisi üretmiş olup, 1324 kWh’lik kısmı güneş enerjisinden, 22195 kWh’lik kısmı ise jeotermal kaynaktan üretilmiştir. Sistemde üretilen enerjinin %5.7’si güneş enerjisi ve %94.3’lük kısmı Jeotermal enerjiden üretilmektedir.

Sistem 100 °C’de yıllık 28347 kWh’lik elektrik enerjisi üretmiş olup, 1412 kWh’lik kısmı güneş enerjisinden, 26936 kWh’lik kısmı ise jeotermal kaynaktan üretilmiştir. Sistemde üretilen enerjinin %5’i güneş enerjisi ve %95’lik kısmı Jeotermal enerjiden üretilmektedir.

Yıllık üretim miktarları dikkate alındığında farklı kaynak sıcaklıkları için düşükten yükseğe geçildikçe, güneş enerjisinin sistem üzerindeki yüzdesel etkisi azalmakta olduğu görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda sistemin toplam üretim oranına kıyasen yüzdesel olarak güneş enerjisinin etkisi fazla görünmek ile beraber toplamda yapmış olduğu katkı sınırlıdır. Fakat yüksek kaynak sıcaklıklı sistemlerde toplam üretilen güç miktarı fazladır. Bu nedenle yüksek kaynak sıcaklığına sahip kaynakların kullanıldığı sistemde güneş enerjisi desteğinden faydalanmak daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

## 6.5 75 kW Santral İçin Maliyet Hesabı

Tasarlanan sistem için maksimum 75 kW elektrik üretim kapasitesine sahip santralin 50°C’ile 100 °C jeotermal kaynak suyu sıcaklık aralığında çalışma şartları ve üretim değerleri Çizelge 6.1 de sunulmuştur.

**Çizelge 6.1:** 75 kWh santral için çalışma şartları ve üretim değerleri

Kaynak Sıcaklığı (°C)	Türbin Kapasitesi (kW)	Jeotermal Kaynak Debisi (kg/sn)	Soğutucu Akışkan Debisi (kg/sn)	Gerekli Kolektör Alanı (m <sup>2</sup> )	Evaporatör Kapasitesi (kW)	Kondenser Kapasitesi (kW)	Yıllık Jeotermal Kaynaklı Üretim kWh	Yıllık Güneş Kaynaklı Üretim kWh	Yıl Toplam Üretim kWh
50	75	109,2	10,39	6650	2404	3275	479929	44487	524416
60	75	56,2	5,48	3234	1306	1698	492814	41681	534494
70	75	38,5	3,85	2077	944	1172	506149	38476	544625
80	75	29,5	3,05	1483	766	905	519310	35407	554717
90	75	24,0	2,57	1114	663	747	533363	32057	565420
100	75	20,3	2,26	856	597	642	547777	28715	576491

Hibrit sistemin tasarım parametreleri ve üretim değerleri daha önce 1kg/s jeotermal kaynak debisi için yapılmıştı. Şimdi ise sistemin çalışacağı aralıkların termodinamik özellikleri değişmeksizin  $G=1\text{kW}$  güneş radyasyon değerinde ve jeneratör giriş sıcaklığının  $150\text{ }^\circ\text{C}$  durumunda her bir jeneratör kaynak sıcaklığında maksimum 75 kW elektrik üretimi düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır.

$50\text{ }^\circ\text{C}$  ile  $100\text{ }^\circ\text{C}$  jeotermal kaynak sıcaklığı aralığında ihtiyaç duyulan jeotermal kaynak debisi miktarı, soğutucu akışkan debisi, gerekli kolektör alanı, evaporatör ve kondenser kapasiteleri kaynak sıcaklığının artmasıyla birlikte azalmıştır. Düşük kaynak sıcaklıklarında jeotermal kaynak debisinin, buna bağlı olarak soğutucu akışkan debisinin artışı,  $50\text{ }^\circ\text{C}$  ile  $100\text{ }^\circ\text{C}$  jeotermal kaynak sıcaklığında yıllık üretilen elektrik enerjisi miktarının arasındaki farkın azalmasına sebep olmuştur. Lakin düşük jeotermal kaynak sıcaklıklarının kurulum maliyeti nispeten daha yüksek çıkmıştır. Kurulum maliyetleri ile ilgili değerler Çizelge 6.2 de sunulmuştur.

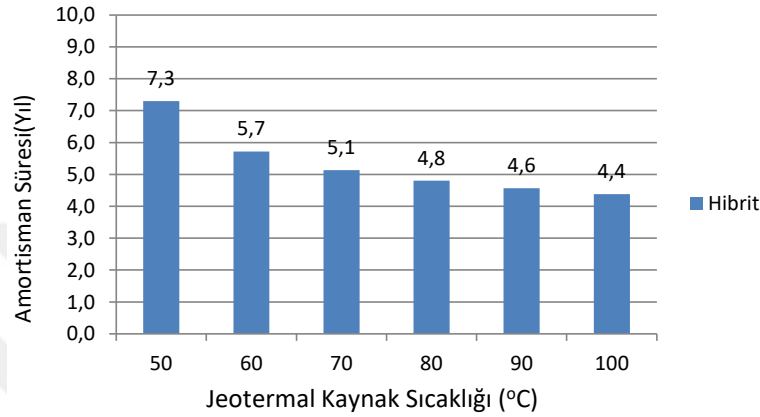
**Çizelge 6.2:** 75 kWh santral için kurulum maliyet değerleri

Kaynak Sıcaklığı (°C)	Kolektör Adedi	Kolektör Maliyeti (\$)	Türbin Jeneratör Kolektör Maliyeti (\$)	Evaporatör Maliyeti (\$)	Kondenser Soğutma Kulesi Maliyeti (\$)	Pompa Maliyeti (\$)	Kurulum ve Ekipman Toplam Maliyeti (\$)	Sadece Jeotermal Yıllık Elektrik Üretim Değeri (\$)	Hibrit Yıllık Elektrik Üretim Değeri (\$)
50	21452	85806	150000	10781	4275	300	401860	50393	55064
60	10432	41729	150000	5941	2698	300	321069	51745	56122
70	6700	26800	150000	4346	2172	300	293790	53146	57186
80	4784	19135	150000	3562	1905	300	279844	54528	58245
90	3594	14374	150000	3106	1747	300	271243	56003	59369
100	2761	11045	150000	2814	1642	300	265381	57517	60532

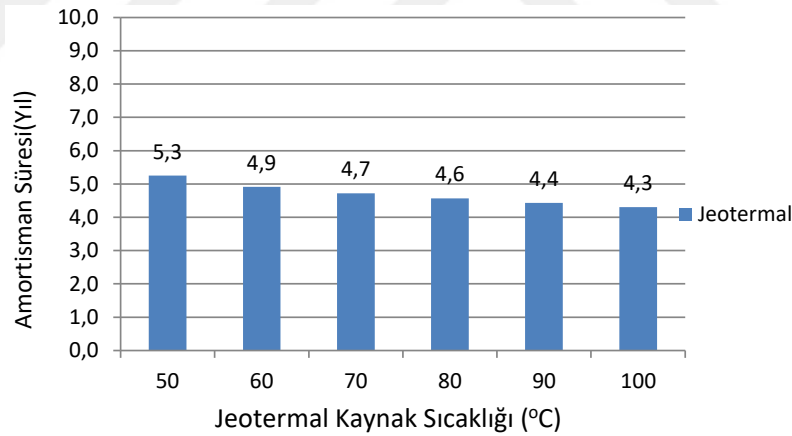
$50\text{ }^\circ\text{C}$  ile  $100\text{ }^\circ\text{C}$  jeotermal kaynak sıcaklığında yapılan maliyet hesaplamaları ve üretilen elektrik değerleri dolar üzerinden sistemin sadece jeotermal kaynak kullanılması ve hibrit olması durumu için yapılmıştır. Vakum tüp ölçüleri  $47*2100$  olarak belirlendiğinde bir kolektörün alanı  $0,31\text{ m}^2$  olarak hesaplanmış kolektör birim fiyatı olarak 4 dolar alınarak her bir kaynak sıcaklığı için kolektör maliyeti hesaplanmıştır. Kapasite değerlerine göre evaporatörün ve kondenserin kolektör firma kataloglarından belirlenmiştir. Soğutucu akışkan pompa fiyatının yaklaşık her bir kaynak sıcaklık değeri için aynı olduğu kabul edilmiştir. Temel ekipman maliyetlerinin üzerine %60 kurulum ve işletme maliyeti ilave edilerek her bir kaynak sıcaklığı için sistemim maliyeti hesaplanmıştır. Elektrik üretim değeri ise elektrik dağıtım şirketinin kWh satın alma

fiyatının 0,105 dolar olarak kabulü ile yıllık hesaplanmıştır.

Hibrit sistemin amortisman süresi toplam maliyetinin sistemin hibrit olması durumunda yıllık üretilen elektrik değerine bölünerek, sistemin sadece jeotermal kaynakla çalıştığı durumda amortisman süresi kolektör maliyeti haricindeki değerler toplanılarak sistemin sadece jeotermal kaynakla yıllık üretilen elektrik değerine bölünerek hesaplanmış ve Şekil 6.12 ve Şekil 6.13 de gösterilmiştir.



Şekil 6.12: Hibrit sistemin amortisman süresi



Şekil 6.13: Sadece Jeotermal kaynak kullanıldığında sistemin amortisman süresi

Hibrit sistemin amortisman süresini 50°C, 60 °C ve 70 °C kaynak sıcaklıkları için kolektör sayısının fazla olması nedeni ile sadece jeotermal kaynakla üretime göre daha fazla bulunmuştur. 80°C, 90 °C ve 100 °C kaynak sıcaklıkları için ise bu süreler birbirine yakındır. Bu duruma göre 50°C, 60 °C ve 70 °C gibi düşük sıcaklıklarda sistemin sadece jeotermal kaynakla çalıştırılmasının, 80°C, 90 °C ve 100 °C gibi yüksek sıcaklıklarda ise sistemin hibrit olarak çalıştırılmasının daha avantajlı olacağı tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Acar E., Bir Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Santrali İçin Organik Rankine Çevrimi Dizaynı ve Modellenmesi, Mayıs 2014
- [2] Al-Weshahi, M.A., Latrash, F., Anderson, A. & Agnew, B. (2014). Working Fluid Selection of Low Grade Heat Geothermal Organic Rankine Cycle (ORC). *International Journal of Thermal Technologies*, 4, 6-12.
- [3] Ben-Ran Fu \*, Sung-Wei Hsu, Yuh-Ren Lee, Jui-Ching Hsieh, Chia-Ming Chang and Chih-Hsi Liu / Performance of a 250 kW Organic Rankine Cycle System for Off-Design Heat Source Conditions
- [4] Dai, Y.P., Wang, J.F., Gao, L. (2009). Parametric optimization and comparative study of organic Rankine cycle (ORC) for low grade waste heat recovery, *Energy Conversion and Management*, 50(3):576-582. doi: 10.1016/j.enconman.2008.10.018
- [5] Elektrik Mühendisleri Odası,  
[http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369) [Ziyaret tarihi: 18.10.2018]
- [6] Enerji Atlası, <http://www.enerjiatlası.com/jeotermal/> [Ziyaret tarihi: 15.10.2018]
- [7] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,  
<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> [Ziyaret tarihi: 18.10.2018]
- [8] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,  
[http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/jeo\\_dogasi\\_ve\\_kullanimi.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/jeo_dogasi_ve_kullanimi.aspx)  
[Ziyaret tarihi: 7.10.2018]
- [9] Hettiarachchi, H.D. M., Golubovic, M., Worek, W.M., Ikegami, Y. (2007) Optimum design criteria for an Organic Rankine cycle using low-temperature geothermal heat sources. *Energy*, 32(9): 1698-1706. doi:10.1016/j.energy.2007.01.005
- [10] Heberle, F. ve Brüggemann, D. (2010) Exergy based fluid selection for a geothermal Organic Rankine Cycle for combined heat and power generation, *Applied Thermal Engineering*, 30(11-12):1326-1332. doi:10.1016/j.applthermaleng.2010.02.012
- [11] Jeotermal enerji ve elektrik üretimi- Makale/2011 Adil ÖZDEMİR
- [12] Lee, K. M., Kuo, S. F., Chien, M. L., Shih, Y. S. (1988) Parameters analysis on organic Rankine cycle energy recovery system, *Energy*
- [13] Kıvanç A.H., Serpen U., Jeotermal Santrallerin Karşılaştırılması, 10. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi 2011/İzmir

- [14] Liu, B.T., Chien, K.H., Wang , C.C. (2004) Effect of working fluids on organic Rankine cycle for waste heat recovery, *Energy*, 29(8): 1207-1217.doi:10.1016/j.energy.2004.01.004
- [15] Maizza, V. ve Maizza, A. (2001) Unconventional working fluids in organic Rankine-cycles for waste energy recovery systems, *Applied Thermal Engineering*, 21(3): 381-390.doi:10.1016/S1359-4311(00)00044-2
- [16] Özden H.Paul D., Organik Rankine Çevrimi Teknolojisiyle Düşük Sıcaklıktaki Kaynaktan Faydalanılarak Elektrik Üretimi. Örnek Çalışma: Sarayköy Jeotermal Santrali,10. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi 2011/İzmir
- [17] Özdemir A.,Parabolik Kolektörlü Organik Rankine Çevrimin Isparta Şartlarında İncelenmesi,2012
- [18] Wei D., Lu X., Lu Z,Gu J.,Performance analysis and optimization of organic Rankine cycle (ORC) for waste heat recovery ,December 2006.
- [19] Vélez F., Selecting working fluids in an organic Rankine cycle for power generation from low temperature heat sources(Dicteory of open Access journals01/2014)
- [20] Vélez F.,Chejne F.,Quijano A., Thermodynamic analysis of R134a in an Organic RankineCycle for power generation from low temperature sources(Dicteory of open Access journals01/2014
- Conversion and Management, 28 (2):129-136. doi:10.1016/0196-8904(88)90038-6
- [21] Wei, D., Lu, X., Lu, Z., Gu, J. (2007) Performance analysis and optimization of organic Rankine cycle (ORC) for waste heat recovery, *Energy Conversion and Management*, 48(4):1113-1119. doi: 10.1016/j.enconman.2006.10.020
- [22] Yılmaz F.,Güneş Çanaklı Organik Rankine Çevrimini Isparta Şartlarında İncelenmesi,2013

**EKLER****EK-1** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Ocak ayı 37° eğim açısı için Konya ışınlım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
07:37	125	57	251	267	84	654
07:52	168	75	343	315	98	770
08:07	202	86	422	346	104	850
08:22	234	95	496	372	110	911
08:37	264	104	567	393	115	960
08:52	292	111	634	410	119	998
09:07	318	118	697	424	124	1030
09:22	341	124	755	436	127	1060
09:37	363	129	809	447	130	1080
09:52	382	133	858	455	133	1090
10:07	400	137	902	462	135	1110
10:22	415	140	941	468	137	1120
10:37	428	142	974	473	139	1130
10:52	438	144	1000	477	140	1140
11:07	447	146	1020	480	141	1140
11:22	454	147	1040	482	142	1150
11:37	458	148	1050	483	142	1150
11:52	460	148	1060	484	143	1150
12:07	460	148	1060	484	143	1150
12:22	458	148	1050	483	142	1150
12:37	454	147	1040	482	142	1150
12:52	447	146	1020	480	141	1140
13:07	438	144	1000	477	140	1140
13:22	428	142	974	473	139	1130
13:37	415	140	941	468	137	1120
13:52	400	137	902	462	135	1110
14:07	382	133	858	455	133	1090
14:22	363	129	809	447	130	1080
14:37	341	124	755	436	127	1060
14:52	318	118	697	424	124	1030
15:07	292	111	634	410	119	998
15:22	264	104	567	393	115	960
15:37	234	95	496	372	110	911
15:52	202	86	422	346	104	850
16:07	168	75	343	315	98	770
16:22	125	57	251	267	84	654
16:37	84	39	163	191	52	484

**EK-2** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Şubat ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
07:07	105	52	163	281	89	556
07:22	154	73	247	347	108	688
07:37	195	86	324	392	118	780
07:52	235	99	400	429	126	852
08:07	274	109	474	458	133	908
08:22	310	119	546	483	139	954
08:37	345	128	614	503	144	991
08:52	378	135	680	520	149	1020
09:07	408	142	742	534	153	1050
09:22	436	148	800	546	156	1070
09:37	461	152	853	556	159	1080
09:52	484	157	902	564	161	1100
10:07	505	160	946	571	162	1110
10:22	523	163	985	577	164	1120
10:37	539	165	1020	581	165	1130
10:52	551	167	1050	585	166	1130
11:07	562	168	1070	587	166	1140
11:22	570	169	1090	589	167	1140
11:37	575	170	1100	591	167	1140
11:52	577	170	1100	591	167	1140
12:07	577	170	1100	591	167	1140
12:22	575	170	1100	591	167	1140
12:37	570	169	1090	589	167	1140
12:52	562	168	1070	587	166	1140
13:07	551	167	1050	585	166	1130
13:22	539	165	1020	581	165	1130
13:37	523	163	985	577	164	1120
13:52	505	160	946	571	162	1110
14:07	484	157	902	564	161	1100
14:22	461	152	853	556	159	1080
14:37	436	148	800	546	156	1070
14:52	408	142	742	534	153	1050
15:07	378	135	680	520	149	1020
15:22	345	128	614	503	144	991
15:37	310	119	546	483	139	954
15:52	274	109	474	458	133	908
16:07	235	99	400	429	126	852
16:22	195	86	324	392	118	780
16:37	154	73	247	347	108	688
16:52	105	52	163	281	89	556
17:07	63	34	91	183	49	373

**EK-3** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Mart ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
06:22	63	44	57	291	96	482
06:37	114	71	121	412	152	660
06:52	160	90	188	472	163	769
07:07	207	107	260	520	173	851
07:22	254	122	333	557	182	914
07:37	299	137	408	588	189	964
07:52	344	149	481	613	196	1000
08:07	386	161	553	634	201	1040
08:22	427	170	624	652	206	1060
08:37	465	179	691	666	209	1090
08:52	501	186	755	678	212	1110
09:07	534	193	816	687	214	1120
09:22	564	198	873	695	215	1130
09:37	592	202	926	701	216	1140
09:52	617	206	974	706	217	1150
10:07	639	208	1020	710	217	1160
10:22	659	211	1060	713	217	1160
10:37	676	212	1090	715	216	1170
10:52	690	213	1120	716	216	1170
11:07	701	214	1140	717	216	1170
11:22	709	215	1160	718	215	1170
11:37	715	215	1170	719	215	1180
11:52	717	216	1170	719	215	1180
12:07	717	216	1170	719	215	1180
12:22	715	215	1170	719	215	1180
12:37	709	215	1160	718	215	1170
12:52	701	214	1140	717	216	1170
13:07	690	213	1120	716	216	1170
13:22	676	212	1090	715	216	1170
13:37	659	211	1060	713	217	1160
13:52	639	208	1020	710	217	1160
14:07	617	206	974	706	217	1150
14:22	592	202	926	701	216	1140
14:37	564	198	873	695	215	1130
14:52	534	193	816	687	214	1120
15:07	501	186	755	678	212	1110
15:22	465	179	691	666	209	1090
15:37	427	170	624	652	206	1060
15:52	386	161	553	634	201	1040
16:07	344	149	481	613	196	1000
16:22	299	137	408	588	189	964
16:37	254	122	333	557	182	914
16:52	207	107	260	520	173	851
17:07	160	90	188	472	163	769
17:22	114	71	121	412	152	660
17:37	63	44	57	291	96	482
17:52	26	26	10	13	11	5

**EK-4** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Nisan ayı 37° eğim açısı için Konya ışınlım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
05:52	37	37	29	157	55	227
06:07	59	53	49	249	89	361
06:22	92	70	88	324	112	471
06:37	129	86	136	389	132	565
06:52	169	102	191	444	149	644
07:07	212	117	249	492	163	711
07:22	255	131	310	533	176	768
07:37	299	144	373	568	186	817
07:52	342	155	436	599	195	859
08:07	385	166	498	625	203	894
08:22	426	175	559	647	209	924
08:37	465	183	619	666	214	949
08:52	503	190	675	682	217	970
09:07	538	196	729	695	220	987
09:22	571	202	780	706	222	1000
09:37	601	206	827	716	223	1010
09:52	628	209	870	723	224	1020
10:07	653	212	909	729	225	1030
10:22	674	215	943	734	225	1040
10:37	693	217	973	737	224	1040
10:52	709	218	998	740	224	1050
11:07	721	219	1020	742	224	1050
11:22	731	220	1030	744	223	1050
11:37	737	220	1040	745	223	1050
11:52	740	220	1050	745	223	1050
12:07	740	220	1050	745	223	1050
12:22	737	220	1040	745	223	1050
12:37	731	220	1030	744	223	1050
12:52	721	219	1020	742	224	1050
13:07	709	218	998	740	224	1050
13:22	693	217	973	737	224	1040
13:37	674	215	943	734	225	1040
13:52	653	212	909	729	225	1030
14:07	628	209	870	723	224	1020
14:22	601	206	827	716	223	1010
14:37	571	202	780	706	222	1000
14:52	538	196	729	695	220	987
15:07	503	190	675	682	217	970
15:22	465	183	619	666	214	949
15:37	426	175	559	647	209	924
15:52	385	166	498	625	203	894
16:07	342	155	436	599	195	859
16:22	299	144	373	568	186	817
16:37	255	131	310	533	176	768
16:52	212	117	249	492	163	711
17:07	169	102	191	444	149	644
17:22	129	86	136	389	132	565
17:37	92	70	88	324	112	471
17:52	59	53	49	249	89	361
18:07	37	37	29	157	55	227
18:22	20	20	16	10	9	8

**EK-5** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Mayıs ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
05:22	39	38	25	231	76	319
05:37	53	52	34	334	114	461
05:52	67	66	42	409	133	567
06:07	84	71	60	472	149	655
06:22	122	85	108	525	163	728
06:37	163	98	162	569	174	789
06:52	206	111	220	607	184	840
07:07	249	123	280	639	192	883
07:22	293	134	341	666	198	919
07:37	336	144	403	689	203	950
07:52	379	153	464	709	207	976
08:07	421	161	525	725	210	997
08:22	460	167	584	739	212	1020
08:37	498	173	641	750	213	1030
08:52	534	178	695	759	213	1040
09:07	568	182	747	766	213	1050
09:22	599	186	795	772	212	1060
09:37	628	188	840	776	211	1070
09:52	654	190	881	779	209	1070
10:07	678	192	917	782	208	1080
10:22	698	193	950	783	206	1080
10:37	716	194	978	784	205	1080
10:52	731	194	1000	785	203	1090
11:07	742	195	1020	786	202	1090
11:22	751	195	1040	786	201	1090
11:37	757	195	1050	786	201	1090
11:52	760	195	1050	786	200	1090
12:07	760	195	1050	786	200	1090
12:22	757	195	1050	786	201	1090
12:37	751	195	1040	786	201	1090
12:52	742	195	1020	786	202	1090
13:07	731	194	1000	785	203	1090
13:22	716	194	978	784	205	1080
13:37	698	193	950	783	206	1080
13:52	678	192	917	782	208	1080
14:07	654	190	881	779	209	1070
14:22	628	188	840	776	211	1070
14:37	599	186	795	772	212	1060
14:52	568	182	747	766	213	1050
15:07	534	178	695	759	213	1040
15:22	498	173	641	750	213	1030
15:37	460	167	584	739	212	1020
15:52	421	161	525	725	210	997
16:07	379	153	464	709	207	976
16:22	336	144	403	689	203	950
16:37	293	134	341	666	198	919
16:52	249	123	280	639	192	883
17:07	206	111	220	607	184	840
17:22	163	98	162	569	174	789
17:37	122	85	108	525	163	728
17:52	84	71	60	472	149	655
18:07	67	66	42	409	133	567
18:22	53	52	34	334	114	461
18:37	39	38	25	231	76	319
18:52	24	24	16	123	33	174

**EK-6** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Haziran ayı 37° eğim açısı için Konya ışınlam değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
05:07	31	31	26	225	63	258
05:22	43	42	36	340	100	388
05:37	54	54	46	430	120	492
05:52	65	64	55	507	137	580
06:07	80	62	70	572	151	655
06:22	121	74	115	628	162	719
06:37	165	85	166	676	172	774
06:52	213	95	220	717	179	821
07:07	262	105	276	753	185	861
07:22	311	115	333	783	189	895
07:37	361	123	391	809	192	924
07:52	411	130	448	830	194	949
08:07	459	137	505	849	195	970
08:22	506	143	561	864	195	988
08:37	551	148	614	877	195	1000
08:52	594	152	665	887	194	1010
09:07	635	156	713	896	192	1020
09:22	673	159	759	903	190	1030
09:37	708	162	801	908	188	1040
09:52	740	164	839	912	186	1040
10:07	769	165	874	915	184	1050
10:22	795	166	905	918	182	1050
10:37	817	167	931	919	180	1050
10:52	835	168	954	921	178	1060
11:07	850	168	972	921	177	1060
11:22	861	169	985	922	175	1060
11:37	869	169	995	922	175	1060
11:52	872	169	999	922	174	1060
12:07	872	169	999	922	174	1060
12:22	869	169	995	922	175	1060
12:37	861	169	985	922	175	1060
12:52	850	168	972	921	177	1060
13:07	835	168	954	921	178	1060
13:22	817	167	931	919	180	1050
13:37	795	166	905	918	182	1050
13:52	769	165	874	915	184	1050
14:07	740	164	839	912	186	1040
14:22	708	162	801	908	188	1040
14:37	673	159	759	903	190	1030
14:52	635	156	713	896	192	1020
15:07	594	152	665	887	194	1010
15:22	551	148	614	877	195	1000
15:37	506	143	561	864	195	988
15:52	459	137	505	849	195	970
16:07	411	130	448	830	194	949
16:22	361	123	391	809	192	924
16:37	311	115	333	783	189	895
16:52	262	105	276	753	185	861
17:07	213	95	220	717	179	821
17:22	165	85	166	676	172	774
17:37	121	74	115	628	162	719
17:52	80	62	70	572	151	655
18:07	65	64	55	507	137	580
18:22	54	54	46	430	120	492
18:37	43	42	36	340	100	388
18:52	31	31	26	225	63	258
19:07	19	19	16	116	26	134

**EK-7** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Temmuz ayı 37° eğim açısı için Konya ışınlım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
05:07	20	19	22	151	32	152
05:22	30	30	34	277	72	281
05:37	40	39	45	385	93	389
05:52	50	49	56	480	111	485
06:07	66	48	72	562	126	568
06:22	108	58	114	634	139	639
06:37	156	68	162	695	149	701
06:52	207	77	214	748	157	754
07:07	262	86	269	794	163	800
07:22	318	95	325	834	167	840
07:37	375	102	382	868	170	873
07:52	432	109	439	897	172	902
08:07	488	116	495	922	173	927
08:22	544	121	550	943	173	948
08:37	597	126	603	961	172	965
08:52	649	130	654	975	171	980
09:07	697	134	703	988	169	992
09:22	743	137	748	998	167	1000
09:37	786	140	790	1010	165	1010
09:52	825	142	829	1010	163	1020
10:07	860	143	863	1020	161	1020
10:22	891	145	894	1020	159	1030
10:37	918	146	921	1030	157	1030
10:52	941	147	943	1030	155	1030
11:07	959	147	961	1030	154	1030
11:22	973	148	975	1030	153	1030
11:37	982	148	984	1030	152	1030
11:52	987	148	989	1030	152	1040
12:07	987	148	989	1030	152	1040
12:22	982	148	984	1030	152	1030
12:37	973	148	975	1030	153	1030
12:52	959	147	961	1030	154	1030
13:07	941	147	943	1030	155	1030
13:22	918	146	921	1030	157	1030
13:37	891	145	894	1020	159	1030
13:52	860	143	863	1020	161	1020
14:07	825	142	829	1010	163	1020
14:22	786	140	790	1010	165	1010
14:37	743	137	748	998	167	1000
14:52	697	134	703	988	169	992
15:07	649	130	654	975	171	980
15:22	597	126	603	961	172	965
15:37	544	121	550	943	173	948
15:52	488	116	495	922	173	927
16:07	432	109	439	897	172	902
16:22	375	102	382	868	170	873
16:37	318	95	325	834	167	840
16:52	262	86	269	794	163	800
17:07	207	77	214	748	157	754
17:22	156	68	162	695	149	701
17:37	108	58	114	634	139	639
17:52	66	48	72	562	126	568
18:07	50	49	56	480	111	485
18:22	40	39	45	385	93	389
18:37	30	30	34	277	72	281
18:52	20	19	22	151	32	152
19:07	9	9	10	4	4	5

**EK-8** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Ağustos ayı 37° eğim açısı için Konya ışınım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
05:37	24	23	26	206	47	207
05:52	34	34	38	342	84	343
06:07	53	39	57	453	105	453
06:22	94	51	98	547	122	547
06:37	142	62	147	627	136	627
06:52	196	72	201	695	147	694
07:07	254	83	258	753	156	752
07:22	314	92	318	803	162	801
07:37	375	101	378	845	167	843
07:52	436	109	439	881	170	879
08:07	497	116	499	911	172	909
08:22	557	123	558	937	173	934
08:37	614	128	615	959	173	956
08:52	670	133	670	977	172	974
09:07	723	137	722	993	171	989
09:22	772	141	771	1010	169	1000
09:37	818	144	816	1020	167	1010
09:52	860	146	857	1020	165	1020
10:07	898	148	894	1030	163	1030
10:22	932	150	927	1040	161	1030
10:37	961	151	956	1040	160	1040
10:52	985	152	980	1040	158	1040
11:07	1010	153	999	1050	157	1040
11:22	1020	153	1010	1050	156	1040
11:37	1030	153	1020	1050	155	1040
11:52	1030	154	1030	1050	155	1040
12:07	1030	154	1030	1050	155	1040
12:22	1030	153	1020	1050	155	1040
12:37	1020	153	1010	1050	156	1040
12:52	1010	153	999	1050	157	1040
13:07	985	152	980	1040	158	1040
13:22	961	151	956	1040	160	1040
13:37	932	150	927	1040	161	1030
13:52	898	148	894	1030	163	1030
14:07	860	146	857	1020	165	1020
14:22	818	144	816	1020	167	1010
14:37	772	141	771	1010	169	1000
14:52	723	137	722	993	171	989
15:07	670	133	670	977	172	974
15:22	614	128	615	959	173	956
15:37	557	123	558	937	173	934
15:52	497	116	499	911	172	909
16:07	436	109	439	881	170	879
16:22	375	101	378	845	167	843
16:37	314	92	318	803	162	801
16:52	254	83	258	753	156	752
17:07	196	72	201	695	147	694
17:22	142	62	147	627	136	627
17:37	94	51	98	547	122	547
17:52	53	39	57	453	105	453
18:07	34	34	38	342	84	343
18:22	24	23	26	206	47	207
18:37	12	12	13	6	5	7

**EK-9** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Eylül ayı 37° eğim açısı için Konya ışınlam değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
06:07	30	23	26	256	57	294
06:22	70	40	69	410	109	467
06:37	117	54	121	513	126	587
06:52	171	67	181	595	139	682
07:07	228	79	245	662	149	759
07:22	286	90	312	715	157	820
07:37	346	101	381	760	162	871
07:52	405	110	449	796	167	913
08:07	463	118	516	827	169	948
08:22	519	126	582	852	171	977
08:37	573	132	645	873	172	1000
08:52	625	138	706	890	172	1020
09:07	674	143	764	905	172	1040
09:22	719	147	817	916	171	1050
09:37	761	150	867	926	170	1060
09:52	799	153	913	934	169	1070
10:07	834	155	954	940	167	1080
10:22	864	156	990	945	166	1090
10:37	890	158	1020	948	165	1090
10:52	912	159	1050	951	163	1090
11:07	930	160	1070	953	162	1100
11:22	943	160	1090	955	161	1100
11:37	952	160	1100	956	161	1100
11:52	957	160	1100	956	160	1100
12:07	957	160	1100	956	160	1100
12:22	952	160	1100	956	161	1100
12:37	943	160	1090	955	161	1100
12:52	930	160	1070	953	162	1100
13:07	912	159	1050	951	163	1090
13:22	890	158	1020	948	165	1090
13:37	864	156	990	945	166	1090
13:52	834	155	954	940	167	1080
14:07	799	153	913	934	169	1070
14:22	761	150	867	926	170	1060
14:37	719	147	817	916	171	1050
14:52	674	143	764	905	172	1040
15:07	625	138	706	890	172	1020
15:22	573	132	645	873	172	1000
15:37	519	126	582	852	171	977
15:52	463	118	516	827	169	948
16:07	405	110	449	796	167	913
16:22	346	101	381	760	162	871
16:37	286	90	312	715	157	820
16:52	228	79	245	662	149	759
17:07	171	67	181	595	139	682
17:22	117	54	121	513	126	587
17:37	70	40	69	410	109	467
17:52	30	23	26	256	57	294
18:07	13	13	10	7	6	5

**EK-10** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Ekim ayı 37° eğim açısı için Konya ışınlım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
06:52	106	48	125	368	108	524
07:07	166	72	203	464	135	662
07:22	219	87	276	528	145	758
07:37	271	100	350	578	153	832
07:52	322	112	424	619	160	890
08:07	372	122	496	651	165	937
08:22	420	132	566	678	170	975
08:37	465	140	633	700	173	1010
08:52	508	147	697	718	176	1030
09:07	548	154	758	733	178	1050
09:22	585	159	815	745	179	1070
09:37	619	164	867	755	180	1090
09:52	650	167	915	764	180	1100
10:07	678	170	958	770	181	1110
10:22	702	173	997	776	181	1120
10:37	723	175	1030	780	180	1120
10:52	741	177	1060	783	180	1130
11:07	755	178	1080	786	180	1130
11:22	765	179	1100	787	180	1130
11:37	772	179	1110	789	180	1140
11:52	776	179	1110	789	179	1140
12:07	776	179	1110	789	179	1140
12:22	772	179	1110	789	180	1140
12:37	765	179	1100	787	180	1130
12:52	755	178	1080	786	180	1130
13:07	741	177	1060	783	180	1130
13:22	723	175	1030	780	180	1120
13:37	702	173	997	776	181	1120
13:52	678	170	958	770	181	1110
14:07	650	167	915	764	180	1100
14:22	619	164	867	755	180	1090
14:37	585	159	815	745	179	1070
14:52	548	154	758	733	178	1050
15:07	508	147	697	718	176	1030
15:22	465	140	633	700	173	1010
15:37	420	132	566	678	170	975
15:52	372	122	496	651	165	937
16:07	322	112	424	619	160	890
16:22	271	100	350	578	153	832
16:37	219	87	276	528	145	758
16:52	166	72	203	464	135	662
17:07	106	48	125	368	108	524
17:22	58	30	64	231	55	339

**EK-11** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Kasım ayı 37° eğim açısı için Konya ışınlım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
07:22	131	50	190	339	90	560
07:37	194	74	283	432	122	706
07:52	242	86	362	485	128	798
08:07	289	96	438	526	133	868
08:22	333	106	511	558	138	923
08:37	375	114	581	585	142	967
08:52	414	122	647	606	145	1000
09:07	451	128	709	624	148	1030
09:22	485	134	767	639	150	1050
09:37	516	139	820	651	152	1070
09:52	544	143	868	661	153	1090
10:07	569	146	912	670	155	1100
10:22	591	149	951	676	155	1110
10:37	609	151	984	682	156	1120
10:52	625	153	1010	686	157	1130
11:07	638	155	1030	689	157	1140
11:22	647	156	1050	692	157	1140
11:37	654	157	1060	693	157	1140
11:52	657	157	1070	694	157	1140
12:07	657	157	1070	694	157	1140
12:22	654	157	1060	693	157	1140
12:37	647	156	1050	692	157	1140
12:52	638	155	1030	689	157	1140
13:07	625	153	1010	686	157	1130
13:22	609	151	984	682	156	1120
13:37	591	149	951	676	155	1110
13:52	569	146	912	670	155	1100
14:07	544	143	868	661	153	1090
14:22	516	139	820	651	152	1070
14:37	485	134	767	639	150	1050
14:52	451	128	709	624	148	1030
15:07	414	122	647	606	145	1000
15:22	375	114	581	585	142	967
15:37	333	106	511	558	138	923
15:52	289	96	438	526	133	868
16:07	242	86	362	485	128	798
16:22	194	74	283	432	122	706
16:37	131	50	190	339	90	560
16:52	23	23	12	12	10	6

**EK-12** Avrupa komisyonu ortak araştırma merkezinin fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi

Aralık ayı 37° eğim açısı için Konya ışınlım değerleri

Time	G	G <sub>d</sub>	G <sub>c</sub>	A	A <sub>d</sub>	A <sub>c</sub>
07:37	109	45	225	235	64	590
07:52	156	68	324	302	93	741
08:07	190	77	404	336	98	830
08:22	222	86	480	362	102	898
08:37	252	94	552	384	107	950
08:52	279	101	619	402	111	991
09:07	305	107	682	416	114	1020
09:22	329	113	740	428	118	1050
09:37	350	118	793	439	120	1070
09:52	369	122	842	447	123	1090
10:07	386	126	886	454	125	1110
10:22	401	129	924	460	127	1120
10:37	414	131	958	465	128	1130
10:52	425	133	986	469	130	1140
11:07	433	135	1010	472	130	1140
11:22	440	136	1030	474	131	1150
11:37	444	136	1040	476	132	1150
11:52	446	137	1040	476	132	1150
12:07	446	137	1040	476	132	1150
12:22	444	136	1040	476	132	1150
12:37	440	136	1030	474	131	1150
12:52	433	135	1010	472	130	1140
13:07	425	133	986	469	130	1140
13:22	414	131	958	465	128	1130
13:37	401	129	924	460	127	1120
13:52	386	126	886	454	125	1110
14:07	369	122	842	447	123	1090
14:22	350	118	793	439	120	1070
14:37	329	113	740	428	118	1050
14:52	305	107	682	416	114	1020
15:07	279	101	619	402	111	991
15:22	252	94	552	384	107	950
15:37	222	86	480	362	102	898
15:52	190	77	404	336	98	830
16:07	156	68	324	302	93	741
16:22	109	45	225	235	64	590
16:37	23	22	10	12	10	5



### EK-14 Sistemin Mart ve Nisan ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı

	Sıcaklık (°C)	Yer	Zaman (Saat)																													
			05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30
Mart	50 °C	I	0	0	0	0,088	0,183	0,277	0,365	0,446	0,517	0,578	0,628	0,668	0,696	0,712	0,717	0,712	0,696	0,668	0,628	0,578	0,517	0,446	0,365	0,277	0,183	0,088	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,4924	0,4924	0,4924	0,505	0,525	0,545	0,561	0,58	0,59	0,602	0,615	0,62	0,632	0,634	0,635	0,634	0,632	0,62	0,615	0,602	0,59	0,58	0,561	0,545	0,525	0,505	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924
		Jeo+Güneş (kWh)	0,246	0,246	0,246	0,253	0,263	0,273	0,281	0,290	0,295	0,301	0,308	0,310	0,316	0,317	0,318	0,317	0,316	0,310	0,308	0,301	0,295	0,290	0,281	0,273	0,263	0,253	0,246	0,246	0,246	0,246
	60 °C	I	0	0	0	0,088	0,183	0,277	0,365	0,446	0,517	0,578	0,628	0,668	0,696	0,712	0,717	0,712	0,696	0,668	0,628	0,578	0,517	0,446	0,365	0,277	0,183	0,088	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,9818	0,9818	0,9818	1,016	1,052	1,087	1,119	1,147	1,173	1,194	1,212	1,225	1,234	1,24	1,241	1,24	1,234	1,225	1,212	1,194	1,173	1,147	1,119	1,087	1,052	1,016	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818
		Jeo+Güneş (kWh)	0,491	0,491	0,491	0,508	0,526	0,544	0,560	0,574	0,587	0,597	0,606	0,613	0,617	0,620	0,621	0,620	0,617	0,613	0,606	0,597	0,587	0,574	0,560	0,544	0,526	0,508	0,491	0,491	0,491	0,491
	70 °C	I	0	0	0	0,088	0,183	0,277	0,365	0,446	0,517	0,578	0,628	0,668	0,696	0,712	0,717	0,712	0,696	0,668	0,628	0,578	0,517	0,446	0,365	0,277	0,183	0,088	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,474	1,474	1,474	1,52	1,567	1,616	1,658	1,699	1,732	1,76	1,783	1,802	1,814	1,822	1,824	1,822	1,814	1,802	1,783	1,76	1,732	1,699	1,658	1,616	1,567	1,52	1,474	1,474	1,474	1,474
		Jeo+Güneş (kWh)	0,737	0,737	0,737	0,760	0,784	0,808	0,829	0,850	0,866	0,880	0,892	0,901	0,907	0,911	0,912	0,911	0,907	0,901	0,892	0,880	0,866	0,850	0,829	0,808	0,784	0,760	0,737	0,737	0,737	0,737
	80 °C	I	0	0	0	0,088	0,183	0,277	0,365	0,446	0,517	0,578	0,628	0,668	0,696	0,712	0,717	0,712	0,696	0,668	0,628	0,578	0,517	0,446	0,365	0,277	0,183	0,088	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,973	1,973	1,973	2,029	2,084	2,14	2,193	2,239	2,28	2,315	2,343	2,365	2,378	2,389	2,391	2,389	2,378	2,365	2,343	2,315	2,28	2,239	2,193	2,14	2,084	2,029	1,973	1,973	1,973	1,973
		Jeo+Güneş (kWh)	0,987	0,987	0,987	1,015	1,042	1,070	1,097	1,120	1,140	1,158	1,172	1,183	1,189	1,195	1,196	1,195	1,189	1,183	1,172	1,158	1,140	1,120	1,097	1,070	1,042	1,015	0,987	0,987	0,987	0,987
	90 °C	I	0	0	0	0,088	0,183	0,277	0,365	0,446	0,517	0,578	0,628	0,668	0,696	0,712	0,717	0,712	0,696	0,668	0,628	0,578	0,517	0,446	0,365	0,277	0,183	0,088	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	2,486	2,486	2,486	2,546	2,609	2,673	2,729	2,781	2,825	2,865	2,896	2,921	2,937	2,947	2,952	2,947	2,937	2,921	2,896	2,865	2,825	2,781	2,729	2,673	2,609	2,546	2,486	2,486	2,486	2,486
		Jeo+Güneş (kWh)	1,243	1,243	1,243	1,273	1,305	1,337	1,365	1,391	1,413	1,433	1,448	1,461	1,469	1,474	1,476	1,474	1,469	1,461	1,448	1,433	1,413	1,391	1,365	1,337	1,305	1,273	1,243	1,243	1,243	1,243
	100 °C	I	0	0	0	0,088	0,183	0,277	0,365	0,446	0,517	0,578	0,628	0,668	0,696	0,712	0,717	0,712	0,696	0,668	0,628	0,578	0,517	0,446	0,365	0,277	0,183	0,088	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	3,017	3,017	3,017	3,081	3,146	3,212	3,272	3,327	3,375	3,415	3,447	3,473	3,493	3,503	3,506	3,503	3,493	3,473	3,447	3,415	3,375	3,327	3,272	3,212	3,146	3,081	3,017	3,017	3,017	3,017
		Jeo+Güneş (kWh)	1,509	1,509	1,509	1,541	1,573	1,606	1,636	1,664	1,688	1,708	1,724	1,737	1,747	1,752	1,753	1,753	1,747	1,737	1,724	1,708	1,688	1,664	1,636	1,606	1,573	1,541	1,509	1,509	1,509	1,509
SAAT		05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	
Nisan	50 °C	I	0	0	0,048	0,11	0,19	0,277	0,364	0,445	0,52	0,586	0,64	0,683	0,715	0,734	0,74	0,734	0,715	0,683	0,64	0,586	0,52	0,445	0,364	0,277	0,19	0,11	0,048	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,4924	0,4924	0,503	0,516	0,533	0,55	0,568	0,584	0,599	0,611	0,621	0,63	0,635	0,639	0,64	0,639	0,635	0,63	0,621	0,611	0,599	0,584	0,568	0,55	0,533	0,516	0,503	0,4924	0,4924	0,4924
		Jeo+Güneş (kWh)	0,246	0,246	0,252	0,258	0,267	0,275	0,284	0,292	0,300	0,306	0,311	0,315	0,318	0,320	0,320	0,320	0,318	0,315	0,311	0,306	0,300	0,292	0,284	0,275	0,267	0,258	0,252	0,246	0,246	0,246
	60 °C	I	0	0	0,048	0,11	0,19	0,277	0,364	0,445	0,52	0,586	0,64	0,683	0,715	0,734	0,74	0,734	0,715	0,683	0,64	0,586	0,52	0,445	0,364	0,277	0,19	0,11	0,048	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,9818	0,9818	0,999	1,024	1,055	1,087	1,119	1,147	1,174	1,197	1,215	1,23	1,241	1,247	1,249	1,247	1,241	1,23	1,215	1,197	1,174	1,147	1,119	1,087	1,055	1,024	0,999	0,9818	0,9818	0,9818
		Jeo+Güneş (kWh)	0,491	0,491	0,500	0,512	0,528	0,544	0,560	0,574	0,587	0,599	0,608	0,615	0,621	0,624	0,625	0,624	0,621	0,615	0,608	0,599	0,587	0,574	0,560	0,544	0,528	0,512	0,500	0,491	0,491	0,491
	70 °C	I	0	0	0,048	0,11	0,19	0,277	0,364	0,445	0,52	0,586	0,64	0,683	0,715	0,734	0,74	0,734	0,715	0,683	0,64	0,586	0,52	0,445	0,364	0,277	0,19	0,11	0,048	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,474	1,474	1,498	1,531	1,572	1,61	1,659	1,697	1,733	1,763	1,789	1,808	1,823	1,832	1,835	1,832	1,823	1,808	1,789	1,763	1,733	1,697	1,659	1,61	1,572	1,531	1,498	1,474	1,474	1,474
		Jeo+Güneş (kWh)	0,737	0,737	0,749	0,766	0,786	0,805	0,830	0,849	0,867	0,882	0,895	0,904	0,912	0,916	0,918	0,916	0,912	0,904	0,895	0,882	0,867	0,849	0,830	0,805	0,786	0,766	0,749	0,737	0,737	0,737
	80 °C	I	0	0	0,048	0,11	0,19	0,277	0,364	0,445	0,52	0,586	0,64	0,683	0,715	0,734	0,74	0,734	0,715	0,683	0,64	0,586	0,52	0,445	0,364	0,277	0,19	0,11	0,048	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,973	1,973	2,002	2,041	2,089	2,141	2,193	2,239	2,282	2,319	2,349	2,373	2,391	2,401	2,404	2,401	2,391	2,373	2,349	2,319	2,282	2,239	2,193	2,141	2,089	2,041	2,002	1,973	1,973	1,973
		Jeo+Güneş (kWh)	0,987	0,987	1,001	1,021	1,045	1,071	1,097	1,120	1,141	1,160	1,175	1,187	1,196	1,201	1,202	1,201	1,196	1,187	1,175	1,160	1,141	1,120	1,097	1,071	1,045	1,021	1,001	0,987	0,987	0,987
	90 °C	I	0	0	0,048	0,11	0,19	0,277	0,364	0,445	0,52	0,586	0,64	0,683	0,715	0,734	0,74	0,734	0,715	0,683	0,64	0,586	0,52	0,445	0,364	0,277	0,19	0,11	0,048	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	2,486	2,486	2,518	2,561	2,614	2,672	2,729	2,78	2,828	2,869	2,903	2,93	2,949	2,962	2,965	2,962	2,949	2,93	2,903	2,869	2,828	2,78	2,729	2,672	2,614	2,561	2,518	2,486	2,486	2,486
		Jeo+Güneş (kWh)	1,243	1,243	1,259	1,281	1,307	1,336	1,365	1,390	1,414	1,435	1,452	1,465	1,475	1,481	1,483	1,481	1,475	1,465	1,452	1,435	1,414	1,390	1,365	1,336	1,307	1,281	1,259	1,243	1,243	1,243
	100 °C	I	0	0	0,048	0,11	0,19	0,277	0,364	0,445	0,52	0,586	0,64	0,683	0,715	0,734	0,74	0,734	0,715	0,683	0,64	0,586	0,52	0,445	0,364	0,277	0,19	0,11	0,048	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	3,017	3,017	3,051	3,096	3,152	3,213	3,272	3,327	3,377	3,42	3,457	3,485	3,505	3,518	3,522	3,518	3,505	3,485	3,457	3,42	3,377	3,327	3,272	3,213	3,152	3,096	3,051	3,017	3,017	3,017
		Jeo+Güneş (kWh)	1,509	1,509	1,526	1,548	1,576	1,607	1,636	1,664	1,689	1,710	1,729	1,743	1,753	1,759	1,761	1,759	1,753	1,743	1,729	1,710	1,689	1,664	1,636	1,607	1,576	1,548	1,526	1,509	1,509	1,509
SAAT		05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30</											

### EK-15 Sistemin Mayıs ve Haziran ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı

Mayıs	50 °C	I	0	0,046	0,075	0,142	0,227	0,314	0,4	0,479	0,551	0,613	0,668	0,707	0,736	0,754	0,76	0,754	0,736	0,707	0,668	0,613	0,551	0,479	0,4	0,314	0,227	0,142	0,075	0,046	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,4924	0,5025	0,5086	0,523	0,5409	0,5585	0,5755	0,591	0,6048	0,6165	0,627	0,6344	0,6395	0,6431	0,644	0,6431	0,6395	0,6344	0,627	0,6165	0,6048	0,591	0,5755	0,5585	0,5409	0,523	0,5086	0,5025	0,4924	0,4924
		Jeo+Güneş (kWh)	0,246	0,251	0,254	0,262	0,270	0,279	0,288	0,296	0,302	0,308	0,314	0,317	0,320	0,322	0,322	0,322	0,320	0,317	0,314	0,308	0,302	0,296	0,288	0,279	0,270	0,262	0,254	0,251	0,246	0,246
	60 °C	I	0	0,046	0,075	0,142	0,227	0,314	0,4	0,479	0,551	0,613	0,668	0,707	0,736	0,754	0,76	0,754	0,736	0,707	0,668	0,613	0,551	0,479	0,4	0,314	0,227	0,142	0,075	0,046	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,9818	0,9988	1,011	1,038	1,069	1,101	1,132	1,159	1,185	1,206	1,225	1,238	1,248	1,255	1,261	1,255	1,248	1,238	1,225	1,206	1,185	1,159	1,132	1,101	1,069	1,038	1,011	0,9988	0,9818	0,9818
		Jeo+Güneş (kWh)	0,491	0,499	0,506	0,519	0,535	0,551	0,566	0,580	0,593	0,603	0,613	0,619	0,624	0,628	0,631	0,628	0,624	0,619	0,613	0,603	0,593	0,580	0,566	0,551	0,535	0,519	0,506	0,499	0,491	0,491
	70 °C	I	0	0,046	0,075	0,142	0,227	0,314	0,4	0,479	0,551	0,613	0,668	0,707	0,736	0,754	0,76	0,754	0,736	0,707	0,668	0,613	0,551	0,479	0,4	0,314	0,227	0,142	0,075	0,046	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,474	1,498	1,512	1,548	1,59	1,633	1,675	1,713	1,748	1,776	1,8	1,819	1,832	1,841	1,844	1,841	1,832	1,819	1,8	1,776	1,748	1,713	1,675	1,633	1,59	1,548	1,512	1,498	1,474	1,474
		Jeo+Güneş (kWh)	0,737	0,749	0,756	0,774	0,795	0,817	0,838	0,857	0,874	0,888	0,900	0,910	0,916	0,921	0,922	0,921	0,916	0,910	0,900	0,888	0,874	0,857	0,838	0,817	0,795	0,774	0,756	0,749	0,737	0,737
	80 °C	I	0	0,046	0,075	0,142	0,227	0,314	0,4	0,479	0,551	0,613	0,668	0,707	0,736	0,754	0,76	0,754	0,736	0,707	0,668	0,613	0,551	0,479	0,4	0,314	0,227	0,142	0,075	0,046	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,973	2,001	2,019	2,06	2,111	2,164	2,213	2,258	2,299	2,334	2,36	2,386	2,402	2,413	2,415	2,413	2,402	2,386	2,36	2,334	2,299	2,258	2,213	2,164	2,111	2,06	2,019	2,001	1,973	1,973
		Jeo+Güneş (kWh)	0,987	1,001	1,010	1,030	1,056	1,082	1,107	1,129	1,150	1,167	1,180	1,193	1,201	1,207	1,208	1,207	1,201	1,193	1,180	1,167	1,150	1,129	1,107	1,082	1,056	1,030	1,010	1,001	0,987	0,987
	90 °C	I	0	0,046	0,075	0,142	0,227	0,314	0,4	0,479	0,551	0,613	0,668	0,707	0,736	0,754	0,76	0,754	0,736	0,707	0,668	0,613	0,551	0,479	0,4	0,314	0,227	0,142	0,075	0,046	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	2,486	2,516	2,537	2,582	2,639	2,696	2,752	2,801	2,848	2,887	2,92	2,944	2,963	2,974	2,977	2,974	2,963	2,944	2,92	2,887	2,848	2,801	2,752	2,696	2,639	2,582	2,537	2,516	2,486	2,486
		Jeo+Güneş (kWh)	1,243	1,258	1,269	1,291	1,320	1,348	1,376	1,401	1,424	1,444	1,460	1,472	1,482	1,487	1,489	1,487	1,482	1,472	1,460	1,444	1,424	1,401	1,376	1,348	1,320	1,291	1,269	1,258	1,243	1,243
	100 °C	I	0	0,046	0,075	0,142	0,227	0,314	0,4	0,479	0,551	0,613	0,668	0,707	0,736	0,754	0,76	0,754	0,736	0,707	0,668	0,613	0,551	0,479	0,4	0,314	0,227	0,142	0,075	0,046	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	3,017	3,05	3,071	3,119	3,178	3,238	3,297	3,35	3,398	3,44	3,462	3,501	3,518	3,531	3,535	3,531	3,518	3,501	3,462	3,44	3,398	3,35	3,297	3,238	3,178	3,119	3,071	3,05	3,017	3,017
		Jeo+Güneş (kWh)	1,509	1,525	1,536	1,560	1,589	1,619	1,649	1,675	1,699	1,720	1,731	1,751	1,759	1,766	1,768	1,766	1,759	1,751	1,731	1,720	1,699	1,675	1,649	1,619	1,589	1,560	1,536	1,525	1,509	1,509
SAAT		05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	
Haziran	50 °C	I	0,025	0,048	0,077	0,143	0,238	0,336	0,435	0,529	0,615	0,69	0,755	0,826	0,843	0,865	0,872	0,865	0,843	0,826	0,755	0,69	0,615	0,529	0,435	0,336	0,238	0,143	0,077	0,048	0,025	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,497	0,503	0,509	0,523	0,543	0,562	0,582	0,601	0,617	0,631	0,643	0,655	0,659	0,663	0,664	0,663	0,659	0,655	0,643	0,631	0,617	0,601	0,582	0,562	0,543	0,523	0,509	0,503	0,497	0,4924
		Jeo+Güneş (kWh)	0,249	0,252	0,255	0,262	0,272	0,281	0,291	0,301	0,309	0,316	0,322	0,328	0,330	0,332	0,332	0,332	0,330	0,328	0,322	0,316	0,309	0,301	0,291	0,281	0,272	0,262	0,255	0,252	0,249	0,246
	60 °C	I	0,025	0,048	0,077	0,143	0,238	0,336	0,435	0,529	0,615	0,69	0,755	0,826	0,843	0,865	0,872	0,865	0,843	0,826	0,755	0,69	0,615	0,529	0,435	0,336	0,238	0,143	0,077	0,048	0,025	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,991	0,999	1,012	1,037	1,067	1,108	1,144	1,177	1,207	1,232	1,254	1,278	1,283	1,291	1,293	1,291	1,283	1,278	1,254	1,232	1,207	1,177	1,144	1,108	1,067	1,037	1,012	0,999	0,991	0,9818
		Jeo+Güneş (kWh)	0,496	0,500	0,506	0,519	0,534	0,554	0,572	0,589	0,604	0,616	0,627	0,639	0,642	0,646	0,647	0,646	0,642	0,639	0,627	0,616	0,604	0,589	0,572	0,554	0,534	0,519	0,506	0,500	0,496	0,491
	70 °C	I	0,025	0,048	0,077	0,143	0,238	0,336	0,435	0,529	0,615	0,69	0,755	0,826	0,843	0,865	0,872	0,865	0,843	0,826	0,755	0,69	0,615	0,529	0,435	0,336	0,238	0,143	0,077	0,048	0,025	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,486	1,499	1,513	1,548	1,595	1,645	1,693	1,737	1,777	1,812	1,842	1,873	1,881	1,891	1,894	1,891	1,881	1,873	1,842	1,812	1,777	1,737	1,693	1,645	1,595	1,548	1,513	1,499	1,486	1,474
		Jeo+Güneş (kWh)	0,743	0,750	0,757	0,774	0,798	0,823	0,847	0,869	0,889	0,906	0,921	0,937	0,941	0,946	0,947	0,946	0,941	0,937	0,921	0,906	0,889	0,869	0,847	0,823	0,798	0,774	0,757	0,750	0,743	0,737
	80 °C	I	0,025	0,048	0,077	0,143	0,238	0,336	0,435	0,529	0,615	0,69	0,755	0,826	0,843	0,865	0,872	0,865	0,843	0,826	0,755	0,69	0,615	0,529	0,435	0,336	0,238	0,143	0,077	0,048	0,025	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,989	2,003	2,021	2,061	2,118	2,176	2,234	2,287	2,336	2,377	2,413	2,451	2,461	2,472	2,476	2,472	2,461	2,451	2,413	2,377	2,336	2,287	2,234	2,176	2,118	2,061	2,021	2,003	1,989	1,973
		Jeo+Güneş (kWh)	0,995	1,002	1,011	1,031	1,059	1,088	1,117	1,144	1,168	1,189	1,207	1,226	1,231	1,231	1,238	1,231	1,231	1,226	1,207	1,189	1,168	1,144	1,117	1,088	1,059	1,031	1,011	1,002	0,995	0,987
	90 °C	I	0,025	0,048	0,077	0,143	0,238	0,336	0,435	0,529	0,615	0,69	0,755	0,826	0,843	0,865	0,872	0,865	0,843	0,826	0,755	0,69	0,615	0,529	0,435	0,336	0,238	0,143	0,077	0,048	0,025	0
		Jeo+Güneş (kW)	2,503	2,519	2,539	2,583	2,647	2,71	2,774	2,834	2,888	2,934	2,974	3,017	3,028	3,041	3,045	3,041	3,028	3,017	2,974	2,934	2,888	2,834	2,774	2,71	2,647	2,583	2,539	2,519	2,503	2,486
		Jeo+Güneş (kWh)	1,252	1,260	1,270	1,292	1,324	1,355	1,387	1,417	1,444	1,467	1,487	1,509	1,518	1,521	1,523	1,521	1,514	1,509	1,487	1,467	1,444	1,417	1,387	1,355	1,324	1,292	1,270	1,260	1,252	1,243
	100 °C	I	0,025	0,048	0,077	0,143	0,238	0,336	0,435	0,529	0,615	0,69	0,755	0,826	0,843	0,865	0,872	0,865	0,843	0,826	0,755	0,69	0,615	0,529	0,435	0,336	0,238	0,143	0,077	0,048	0,025	0

### EK-16 Sistemin Temmuz ve Ağustos ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı

	Sıcaklık (°C)	İçerik	Temmuz																													
			05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30
Temmuz	50 °C	I	0,02	0,035	0,058	0,133	0,235	0,348	0,46	0,57	0,672	0,763	0,841	0,903	0,946	0,975	0,985	0,975	0,946	0,903	0,841	0,763	0,672	0,57	0,46	0,348	0,235	0,133	0,058	0,025	0,01	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,496	0,499	0,505	0,521	0,542	0,565	0,587	0,608	0,628	0,644	0,658	0,669	0,676	0,683	0,684	0,683	0,676	0,669	0,658	0,644	0,628	0,608	0,587	0,565	0,542	0,521	0,505	0,499	0,494	0,4924
		Jeo+Güneş (kWh)	0,248	0,250	0,253	0,261	0,271	0,283	0,294	0,304	0,314	0,322	0,329	0,335	0,338	0,342	0,342	0,342	0,338	0,335	0,329	0,322	0,314	0,304	0,294	0,283	0,271	0,261	0,253	0,250	0,247	0,246
	60 °C	I	0,02	0,035	0,058	0,133	0,235	0,348	0,46	0,57	0,672	0,763	0,841	0,903	0,946	0,975	0,985	0,975	0,946	0,903	0,841	0,763	0,672	0,57	0,46	0,348	0,235	0,133	0,058	0,025	0,01	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,99	0,996	1,005	1,033	1,071	1,114	1,153	1,191	1,227	1,257	1,282	1,302	1,316	1,326	1,33	1,326	1,316	1,302	1,282	1,257	1,227	1,191	1,153	1,114	1,071	1,033	1,005	0,996	0,99	0,9818
		Jeo+Güneş (kWh)	0,495	0,498	0,503	0,517	0,536	0,557	0,577	0,596	0,614	0,629	0,641	0,651	0,658	0,663	0,665	0,663	0,658	0,651	0,641	0,629	0,614	0,596	0,577	0,557	0,536	0,517	0,503	0,498	0,495	0,491
	70 °C	I	0,02	0,035	0,058	0,133	0,235	0,348	0,46	0,57	0,672	0,763	0,841	0,903	0,946	0,975	0,985	0,975	0,946	0,903	0,841	0,763	0,672	0,57	0,46	0,348	0,235	0,133	0,058	0,025	0,01	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,484	1,492	1,503	1,542	1,59	1,65	1,704	1,756	1,804	1,845	1,881	1,906	1,926	1,94	1,944	1,94	1,926	1,906	1,881	1,845	1,804	1,756	1,704	1,65	1,59	1,542	1,503	1,492	1,484	1,474
		Jeo+Güneş (kWh)	0,742	0,746	0,752	0,771	0,795	0,825	0,852	0,878	0,902	0,923	0,941	0,953	0,963	0,970	0,972	0,970	0,963	0,953	0,941	0,923	0,902	0,878	0,852	0,825	0,795	0,771	0,752	0,746	0,742	0,737
	80 °C	I	0,02	0,035	0,058	0,133	0,235	0,348	0,46	0,57	0,672	0,763	0,841	0,903	0,946	0,975	0,985	0,975	0,946	0,903	0,841	0,763	0,672	0,57	0,46	0,348	0,235	0,133	0,058	0,025	0,01	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,986	1,995	2,008	2,055	2,117	2,182	2,248	2,31	2,367	2,417	2,46	2,492	2,514	2,531	2,535	2,531	2,514	2,492	2,46	2,417	2,367	2,31	2,248	2,182	2,117	2,055	2,008	1,995	1,986	1,973
		Jeo+Güneş (kWh)	0,993	0,998	1,004	1,028	1,059	1,091	1,124	1,155	1,184	1,209	1,230	1,246	1,257	1,266	1,268	1,266	1,257	1,246	1,230	1,209	1,184	1,155	1,124	1,091	1,059	1,028	1,004	0,998	0,993	0,987
90 °C	I	0,02	0,035	0,058	0,133	0,235	0,348	0,46	0,57	0,672	0,763	0,841	0,903	0,946	0,975	0,985	0,975	0,946	0,903	0,841	0,763	0,672	0,57	0,46	0,348	0,235	0,133	0,058	0,025	0,01	0	
	Jeo+Güneş (kW)	2,5	2,51	2,526	2,576	2,645	2,718	2,79	2,86	2,923	2,979	3,027	3,063	3,088	3,106	3,112	3,106	3,088	3,063	3,027	2,979	2,923	2,86	2,79	2,718	2,645	2,576	2,526	2,51	2,494	2,486	
	Jeo+Güneş (kWh)	1,250	1,255	1,263	1,288	1,323	1,359	1,395	1,430	1,462	1,490	1,514	1,532	1,544	1,553	1,556	1,553	1,544	1,532	1,514	1,490	1,462	1,430	1,395	1,359	1,323	1,288	1,263	1,255	1,247	1,243	
100 °C	I	0,02	0,035	0,058	0,133	0,235	0,348	0,46	0,57	0,672	0,763	0,841	0,903	0,946	0,975	0,985	0,975	0,946	0,903	0,841	0,763	0,672	0,57	0,46	0,348	0,235	0,133	0,058	0,025	0,01	0	
	Jeo+Güneş (kW)	3,032	3,043	3,058	3,112	3,183	3,261	3,337	3,411	3,477	3,537	3,587	3,627	3,652	3,672	3,678	3,672	3,652	3,627	3,587	3,537	3,477	3,411	3,337	3,261	3,183	3,112	3,058	3,043	3,032	3,017	
	Jeo+Güneş (kWh)	1,516	1,522	1,529	1,556	1,592	1,631	1,669	1,706	1,739	1,769	1,794	1,814	1,826	1,836	1,839	1,836	1,826	1,814	1,794	1,769	1,739	1,706	1,669	1,631	1,592	1,556	1,529	1,522	1,516	1,509	
SAAT			05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30
Ağustos	50 °C	I	0	0,01	0,044	0,118	0,225	0,345	0,466	0,585	0,695	0,795	0,874	0,946	0,997	1,025	1,03	1,025	0,997	0,946	0,874	0,795	0,695	0,585	0,466	0,345	0,225	0,118	0,044	0,01	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,4924	0,494	0,502	0,517	0,54	0,564	0,588	0,611	0,632	0,65	0,664	0,677	0,686	0,687	0,688	0,687	0,686	0,677	0,664	0,65	0,632	0,611	0,588	0,564	0,54	0,517	0,502	0,494	0,4924	0,4924
		Jeo+Güneş (kWh)	0,246	0,247	0,251	0,259	0,270	0,282	0,294	0,306	0,316	0,325	0,332	0,339	0,343	0,344	0,344	0,344	0,343	0,339	0,332	0,325	0,316	0,306	0,294	0,282	0,270	0,259	0,251	0,247	0,246	0,246
	60 °C	I	0	0,01	0,044	0,118	0,225	0,345	0,466	0,585	0,695	0,795	0,874	0,946	0,997	1,025	1,03	1,025	0,997	0,946	0,874	0,795	0,695	0,585	0,466	0,345	0,225	0,118	0,044	0,01	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,9818	0,985	0,999	1,027	1,087	1,115	1,155	1,196	1,234	1,268	1,293	1,317	1,333	1,335	1,336	1,335	1,333	1,317	1,293	1,268	1,234	1,196	1,155	1,115	1,087	1,027	0,999	0,985	0,9818	0,4924
		Jeo+Güneş (kWh)	0,491	0,493	0,500	0,514	0,544	0,558	0,578	0,598	0,617	0,634	0,647	0,659	0,667	0,668	0,668	0,668	0,667	0,659	0,647	0,634	0,617	0,598	0,578	0,558	0,544	0,514	0,500	0,493	0,491	0,491
	70 °C	I	0	0,01	0,044	0,118	0,225	0,345	0,466	0,585	0,695	0,795	0,874	0,946	0,997	1,025	1,03	1,025	0,997	0,946	0,874	0,795	0,695	0,585	0,466	0,345	0,225	0,118	0,044	0,01	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,474	1,479	1,497	1,535	1,605	1,649	1,707	1,763	1,814	1,86	1,895	1,927	1,949	1,95	1,951	1,95	1,949	1,927	1,895	1,86	1,814	1,763	1,707	1,649	1,605	1,535	1,497	1,479	1,474	0,4924
		Jeo+Güneş (kWh)	0,737	0,740	0,749	0,768	0,803	0,825	0,854	0,882	0,907	0,930	0,948	0,964	0,975	0,975	0,976	0,975	0,975	0,964	0,948	0,930	0,907	0,882	0,854	0,825	0,803	0,768	0,749	0,740	0,737	0,246
	80 °C	I	0	0,01	0,044	0,118	0,225	0,345	0,466	0,585	0,695	0,795	0,874	0,946	0,997	1,025	1,03	1,025	0,997	0,946	0,874	0,795	0,695	0,585	0,466	0,345	0,225	0,118	0,044	0,01	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,973	1,979	2,001	2,045	2,1	2,181	2,24	2,31	2,319	2,435	2,478	2,515	2,542	2,545	2,546	2,545	2,542	2,515	2,478	2,435	2,319	2,31	2,24	2,181	2,1	2,045	2,001	1,979	1,973	0,4924
		Jeo+Güneş (kWh)	0,987	0,990	1,001	1,023	1,050	1,091	1,120	1,155	1,160	1,218	1,239	1,258	1,271	1,273	1,273	1,273	1,271	1,258	1,239	1,218	1,160	1,155	1,120	1,091	1,050	1,023	1,001	0,990	0,987	0,246
90 °C	I	0	0,01	0,044	0,118	0,225	0,345	0,466	0,585	0,695	0,795	0,874	0,946	0,997	1,025	1,03	1,025	0,997	0,946	0,874	0,795	0,695	0,585	0,466	0,345	0,225	0,118	0,044	0,01	0	0	
	Jeo+Güneş (kW)	2,486	2,493	2,516	2,566	2,638	2,717	2,794	2,869	2,937	2,998	3,047	3,088	3,119	3,121	3,122	3,121	3,119	3,088	3,047	2,998	2,937	2,869	2,794	2,717	2,638	2,566	2,516	2,493	2,486	0,4924	
	Jeo+Güneş (kWh)	1,243	1,247	1,258	1,283	1,319	1,359	1,397	1,435	1,469	1,499	1,524	1,544	1,560	1,561	1,561	1,561	1,560	1,544	1,524	1,499	1,469	1,435	1,397	1,359	1,319	1,283	1,258	1,247	1,243	0,246	
100 °C	I	0	0,01	0,044	0,118	0,225	0,345	0,466	0,585	0,695	0,795	0,874	0,946	0,997	1,025	1,03	1,025	0,997	0,946	0,874	0,795	0,695	0,585	0,466	0,345	0,225	0,118	0,044	0,01	0	0	
	Jeo+Güneş (kW)	3,017	3,025	3,049	3,101	3,176	3,26	3,341	3,421	3,493	3,557	3,608	3,653	3,686	3,688	3,688	3,686	3,653	3,608	3,557	3,493	3,421	3,341	3,26	3,176	3,101	3,049	3,025	3,017	0,4924		
	Jeo+Güneş (kWh)	1,509	1,513	1,525	1,551	1,588	1,630	1,671	1,711	1,747	1,779	1,804	1,827	1,843	1,844	1,845	1,844	1,843	1,827	1,804	1,779	1,747	1,711	1,671	1,630	1,588	1,551	1,525	1,513	1,509	0,246	
SAAT			05:00	05:30																												

## EK-17 Sistemin Eylül ve Ekim ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı

Eylül	50 °C	I	0	0	0,02	0,094	0,2	0,316	0,434	0,546	0,65	0,74	0,85	0,877	0,921	0,948	0,957	0,948	0,921	0,877	0,85	0,74	0,65	0,546	0,434	0,316	0,2	0,094	0,058	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,4924	0,4924	0,3	0,513	0,535	0,559	0,5824	0,604	0,624	0,6403	0,6603	0,6654	0,6731	0,678	0,68	0,678	0,6731	0,6654	0,6603	0,6403	0,624	0,604	0,5824	0,559	0,535	0,513	0,3	0,4924	0,4924	0,4924
		Jeo+Güneş (KWh)	0,246	0,246	0,150	0,257	0,268	0,280	0,291	0,302	0,312	0,320	0,330	0,333	0,337	0,339	0,340	0,339	0,337	0,333	0,330	0,320	0,312	0,302	0,291	0,280	0,268	0,257	0,150	0,246	0,246	0,246
	60 °C	I	0	0	0,02	0,094	0,2	0,316	0,434	0,546	0,65	0,74	0,85	0,877	0,921	0,948	0,957	0,948	0,921	0,877	0,85	0,74	0,65	0,546	0,434	0,316	0,2	0,094	0,058	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,9818	0,9818	0,9896	1,019	1,058	1,101	1,144	1,182	1,219	1,249	1,286	1,294	1,309	1,317	1,32	1,317	1,309	1,294	1,286	1,249	1,219	1,182	1,144	1,101	1,058	1,019	0,9896	0,9818	0,9818	0,9818
		Jeo+Güneş (KWh)	0,491	0,491	0,495	0,510	0,529	0,550	0,572	0,591	0,610	0,625	0,643	0,647	0,655	0,659	0,660	0,659	0,655	0,647	0,643	0,625	0,610	0,591	0,572	0,551	0,529	0,510	0,495	0,491	0,491	0,491
	70 °C	I	0	0	0,02	0,094	0,2	0,316	0,434	0,546	0,65	0,74	0,85	0,877	0,921	0,948	0,957	0,948	0,921	0,877	0,85	0,74	0,65	0,546	0,434	0,316	0,2	0,094	0,058	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,474	1,474	1,484	1,523	1,577	1,633	1,693	1,745	1,793	1,835	1,884	1,896	1,916	1,928	1,932	1,928	1,916	1,896	1,884	1,835	1,793	1,745	1,693	1,633	1,577	1,523	1,484	1,474	1,474	1,474
		Jeo+Güneş (KWh)	0,737	0,737	0,742	0,762	0,789	0,817	0,847	0,873	0,897	0,918	0,942	0,948	0,958	0,964	0,966	0,964	0,958	0,948	0,942	0,918	0,897	0,873	0,847	0,817	0,789	0,762	0,742	0,737	0,737	0,737
	80 °C	I	0	0	0,02	0,094	0,2	0,316	0,434	0,546	0,65	0,74	0,85	0,877	0,921	0,948	0,957	0,948	0,921	0,877	0,85	0,74	0,65	0,546	0,434	0,316	0,2	0,094	0,058	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,973	1,973	1,986	2,032	2,095	2,164	2,233	2,296	2,355	2,404	2,464	2,479	2,502	2,516	2,522	2,516	2,502	2,479	2,464	2,404	2,355	2,296	2,233	2,164	2,095	2,032	1,986	1,973	1,973	1,973
		Jeo+Güneş (KWh)	0,987	0,987	0,993	1,016	1,048	1,082	1,117	1,148	1,178	1,202	1,232	1,240	1,251	1,258	1,261	1,258	1,251	1,240	1,232	1,202	1,178	1,148	1,117	1,082	1,048	1,016	0,993	0,987	0,987	0,987
	90 °C	I	0	0	0,02	0,094	0,2	0,316	0,434	0,546	0,65	0,74	0,85	0,877	0,921	0,948	0,957	0,948	0,921	0,877	0,85	0,74	0,65	0,546	0,434	0,316	0,2	0,094	0,058	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	2,486	2,486	2,5	2,55	2,621	2,697	2,774	2,844	2,909	2,965	3,032	3,047	3,075	3,089	3,096	3,089	3,075	3,047	3,032	2,965	2,909	2,844	2,774	2,697	2,621	2,55	2,5	2,486	2,486	2,486
		Jeo+Güneş (KWh)	1,243	1,243	1,250	1,275	1,311	1,349	1,387	1,422	1,455	1,483	1,516	1,524	1,538	1,545	1,548	1,545	1,538	1,524	1,516	1,483	1,455	1,422	1,387	1,349	1,311	1,275	1,250	1,243	1,243	1,243
	100 °C	I	0	0	0,02	0,094	0,2	0,316	0,434	0,546	0,65	0,74	0,85	0,877	0,921	0,948	0,957	0,948	0,921	0,877	0,85	0,74	0,65	0,546	0,434	0,316	0,2	0,094	0,058	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	3,017	3,017	3,032	3,085	3,159	3,238	3,32	3,394	3,463	3,522	3,593	3,609	3,639	3,655	3,661	3,655	3,639	3,609	3,593	3,522	3,463	3,394	3,32	3,238	3,159	3,085	3,032	3,017	3,017	3,017
		Jeo+Güneş (KWh)	1,509	1,509	1,516	1,543	1,580	1,619	1,660	1,697	1,732	1,761	1,797	1,805	1,820	1,828	1,831	1,828	1,820	1,805	1,797	1,761	1,732	1,697	1,660	1,619	1,580	1,543	1,516	1,509	1,509	1,509
SAAT		05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	
Ekim	50 °C	I	0	0	0	0	0,14	0,245	0,347	0,445	0,528	0,602	0,664	0,712	0,748	0,769	0,776	0,769	0,748	0,712	0,664	0,602	0,528	0,445	0,347	0,245	0,14	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,5225	0,5444	0,5653	0,5844	0,6006	0,6143	0,6265	0,6352	0,6418	0,6451	0,6468	0,6451	0,6418	0,6352	0,6265	0,6143	0,6006	0,5844	0,5653	0,5444	0,5225	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924
		Jeo+Güneş (KWh)	0,246	0,246	0,246	0,246	0,261	0,272	0,283	0,292	0,300	0,307	0,313	0,318	0,321	0,323	0,323	0,323	0,321	0,318	0,313	0,307	0,300	0,292	0,283	0,272	0,261	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246
	60 °C	I	0	0	0	0	0,14	0,245	0,347	0,445	0,528	0,602	0,664	0,712	0,748	0,769	0,776	0,769	0,748	0,712	0,664	0,602	0,528	0,445	0,347	0,245	0,14	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	1,036	1,075	1,113	1,1475	1,176	1,203	1,224	1,24	1,251	1,258	1,261	1,258	1,251	1,24	1,224	1,203	1,176	1,1475	1,113	1,075	1,036	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	
		Jeo+Güneş (KWh)	0,491	0,491	0,491	0,491	0,518	0,538	0,557	0,574	0,588	0,602	0,612	0,620	0,626	0,629	0,631	0,629	0,626	0,620	0,612	0,602	0,588	0,574	0,557	0,538	0,518	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491
	70 °C	I	0	0	0	0	0,14	0,245	0,347	0,445	0,528	0,602	0,664	0,712	0,748	0,769	0,776	0,769	0,748	0,712	0,664	0,602	0,528	0,445	0,347	0,245	0,14	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,474	1,474	1,474	1,474	1,546	1,6	1,649	1,697	1,736	1,771	1,8	1,822	1,838	1,847	1,85	1,847	1,838	1,822	1,8	1,771	1,736	1,697	1,649	1,6	1,546	1,474	1,474	1,474	1,474	
		Jeo+Güneş (KWh)	0,737	0,737	0,737	0,737	0,773	0,800	0,825	0,849	0,868	0,886	0,900	0,911	0,919	0,924	0,925	0,924	0,919	0,911	0,900	0,886	0,868	0,849	0,825	0,800	0,773	0,737	0,737	0,737	0,737	
	80 °C	I	0	0	0	0	0,14	0,245	0,347	0,445	0,528	0,602	0,664	0,712	0,748	0,769	0,776	0,769	0,748	0,712	0,664	0,602	0,528	0,445	0,347	0,245	0,14	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,973	1,973	1,973	1,973	2,059	2,122	2,182	2,239	2,286	2,329	2,35	2,389	2,409	2,42	2,425	2,42	2,409	2,389	2,35	2,329	2,286	2,239	2,182	2,122	2,059	1,973	1,973	1,973	1,973	
		Jeo+Güneş (KWh)	0,987	0,987	0,987	0,987	1,030	1,061	1,091	1,120	1,143	1,165	1,175	1,195	1,205	1,210	1,213	1,210	1,205	1,195	1,175	1,165	1,143	1,120	1,091	1,061	1,030	0,987	0,987	0,987	0,987	
	90 °C	I	0	0	0	0	0,14	0,245	0,347	0,445	0,528	0,602	0,664	0,712	0,748	0,769	0,776	0,769	0,748	0,712	0,664	0,602	0,528	0,445	0,347	0,245	0,14	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	2,486	2,486	2,486	2,486	2,581	2,651	2,718	2,78	2,833	2,88	2,919	2,948	2,968	2,982	2,987	2,982	2,968	2,948	2,919	2,88	2,833	2,78	2,718	2,651	2,581	2,486	2,486	2,486	2,486	
		Jeo+Güneş (KWh)	1,243	1,243	1,243	1,243	1,291	1,326	1,359	1,390	1,417	1,440	1,460	1,474	1,484	1,491	1,494	1,491	1,484	1,474	1,460	1,440	1,417	1,390	1,359	1,326	1,291	1,243	1,243	1,243	1,243	
	100 °C	I	0	0	0	0	0,14	0,245	0,347	0,445	0,528	0,602	0,664	0,712	0,748	0,769	0,776	0,769	0,748	0,712	0,664	0,602	0,528	0,445	0,347	0,245	0,14	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	3,017	3,017	3,017	3,017	3,117	3,19	3,262	3,327	3,382	3,431	3,473	3,503	3,527	3,54	3,544	3,54	3,527	3,503	3,473	3,431	3,382	3,327	3,262	3,19	3,117	3,017	3,017	3,017	3,017	

## EK-18 Sistemin Kasım ve Aralık ayı için yarım saatlik periyotlarda ürettiği enerji miktarı

Kasım	50 °C	I	0	0	0	0	0	0,163	0,264	0,354	0,433	0,5	0,556	0,6	0,632	0,65	0,657	0,65	0,632	0,6	0,556	0,5	0,433	0,354	0,264	0,163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Jeo+Güneş (kW)	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,5271	0,5484	0,5666	0,582	0,5951	0,6058	0,6142	0,6211	0,6236	0,625	0,6236	0,6211	0,6142	0,6058	0,5951	0,582	0,5666	0,5484	0,5271	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	
		Jeo+Güneş (kWh)	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,264	0,274	0,283	0,291	0,298	0,303	0,307	0,311	0,312	0,313	0,312	0,311	0,307	0,303	0,298	0,291	0,283	0,274	0,264	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	
	60 °C	I	0	0	0	0	0	0,163	0,264	0,354	0,433	0,5	0,556	0,6	0,632	0,65	0,657	0,65	0,632	0,6	0,556	0,5	0,433	0,354	0,264	0,163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Jeo+Güneş (kW)	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	1,044	1,082	1,115	1,143	1,167	1,186	1,202	1,213	1,219	1,221	1,219	1,213	1,202	1,186	1,167	1,143	1,115	1,082	1,044	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	
		Jeo+Güneş (kWh)	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,522	0,541	0,558	0,572	0,584	0,593	0,601	0,607	0,610	0,611	0,610	0,607	0,601	0,593	0,584	0,572	0,558	0,541	0,522	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	
	70 °C	I	0	0	0	0	0	0,163	0,264	0,354	0,433	0,5	0,556	0,6	0,632	0,65	0,657	0,65	0,632	0,6	0,556	0,5	0,433	0,354	0,264	0,163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,558	1,61	1,653	1,683	1,723	1,749	1,77	1,785	1,793	1,795	1,793	1,785	1,77	1,749	1,723	1,683	1,653	1,61	1,558	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	
		Jeo+Güneş (kWh)	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,779	0,805	0,827	0,842	0,862	0,875	0,885	0,893	0,897	0,898	0,897	0,893	0,885	0,875	0,862	0,842	0,827	0,805	0,779	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	
	80 °C	I	0	0	0	0	0	0,163	0,264	0,354	0,433	0,5	0,556	0,6	0,632	0,65	0,657	0,65	0,632	0,6	0,556	0,5	0,433	0,354	0,264	0,163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	2,072	2,132	2,187	2,233	2,271	2,301	2,327	2,346	2,355	2,358	2,355	2,346	2,327	2,301	2,271	2,233	2,187	2,132	2,072	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	
		Jeo+Güneş (kWh)	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	1,036	1,066	1,094	1,117	1,136	1,151	1,164	1,173	1,178	1,179	1,178	1,173	1,164	1,151	1,136	1,117	1,094	1,066	1,036	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	
	90 °C	I	0	0	0	0	0	0,163	0,264	0,354	0,433	0,5	0,556	0,6	0,632	0,65	0,657	0,65	0,632	0,6	0,556	0,5	0,433	0,354	0,264	0,163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,597	2,668	2,723	2,773	2,816	2,85	2,878	2,899	2,909	2,914	2,909	2,899	2,878	2,85	2,816	2,773	2,723	2,668	2,597	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	
		Jeo+Güneş (kWh)	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,299	1,334	1,362	1,387	1,408	1,425	1,439	1,450	1,455	1,457	1,455	1,450	1,439	1,425	1,408	1,387	1,362	1,334	1,299	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	
	100 °C	I	0	0	0	0	0	0,163	0,264	0,354	0,433	0,5	0,556	0,6	0,632	0,65	0,657	0,65	0,632	0,6	0,556	0,5	0,433	0,354	0,264	0,163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,133	3,203	3,266	3,32	3,364	3,4	3,43	3,48	3,463	3,467	3,463	3,48	3,43	3,4	3,364	3,32	3,266	3,203	3,133	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	
		Jeo+Güneş (kWh)	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,567	1,602	1,633	1,660	1,682	1,700	1,715	1,740	1,732	1,734	1,732	1,740	1,715	1,700	1,682	1,660	1,633	1,602	1,567	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	
SAAT		05:00	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30					
Aralık	50 °C	I	0	0	0	0	0	0,1	0,173	0,237	0,292	0,34	0,377	0,408	0,43	0,442	0,446	0,442	0,43	0,408	0,377	0,34	0,292	0,237	0,173	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Jeo+Güneş (kW)	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,514	0,5291	0,5428	0,5539	0,5636	0,5713	0,5772	0,5815	0,5839	0,5845	0,5839	0,5815	0,5772	0,5713	0,5636	0,5539	0,5428	0,5291	0,514	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	0,4924	
		Jeo+Güneş (kWh)	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,257	0,265	0,271	0,277	0,282	0,286	0,289	0,291	0,292	0,292	0,292	0,291	0,289	0,286	0,282	0,277	0,271	0,265	0,257	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	0,246	
	60 °C	I	0	0	0	0	0	0,1	0,173	0,237	0,292	0,34	0,377	0,408	0,43	0,442	0,446	0,442	0,43	0,408	0,377	0,34	0,292	0,237	0,173	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	1,021	1,048	1,072	1,093	1,11	1,123	1,134	1,142	1,146	1,1475	1,146	1,142	1,134	1,123	1,11	1,093	1,072	1,048	1,021	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	0,9818	
		Jeo+Güneş (kWh)	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,511	0,524	0,536	0,547	0,555	0,562	0,567	0,571	0,573	0,574	0,573	0,571	0,567	0,562	0,555	0,547	0,536	0,524	0,511	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	0,491	
	70 °C	I	0	0	0	0	0	0,1	0,173	0,237	0,292	0,34	0,377	0,408	0,43	0,442	0,446	0,442	0,43	0,408	0,377	0,34	0,292	0,237	0,173	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,526	1,562	1,596	1,622	1,646	1,665	1,679	1,69	1,691	1,694	1,691	1,69	1,679	1,665	1,646	1,622	1,596	1,562	1,526	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	1,474	
		Jeo+Güneş (kWh)	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,763	0,781	0,798	0,811	0,823	0,833	0,840	0,845	0,846	0,847	0,846	0,845	0,840	0,833	0,823	0,811	0,798	0,781	0,763	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737	
	80 °C	I	0	0	0	0	0	0,1	0,173	0,237	0,292	0,34	0,377	0,408	0,43	0,442	0,446	0,442	0,43	0,408	0,377	0,34	0,292	0,237	0,173	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	2,035	2,079	2,117	2,15	2,178	2,2	2,218	2,231	2,232	2,2335	2,232	2,231	2,218	2,2	2,178	2,15	2,117	2,079	2,035	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	1,973	
		Jeo+Güneş (kWh)	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	1,018	1,040	1,059	1,075	1,089	1,100	1,109	1,116	1,116	1,117	1,116	1,116	1,109	1,100	1,089	1,075	1,059	1,040	1,018	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	
	90 °C	I	0	0	0	0	0	0,1	0,173	0,237	0,292	0,34	0,377	0,408	0,43	0,442	0,446	0,442	0,43	0,408	0,377	0,34	0,292	0,237	0,173	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,554	2,602	2,647	2,69	2,713	2,738	2,757	2,771	2,772	2,774	2,772	2,771	2,757	2,738	2,713	2,69	2,647	2,602	2,554	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	2,486	
		Jeo+Güneş (kWh)	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,277	1,301	1,324	1,345	1,357	1,369	1,379	1,386	1,386	1,387	1,386	1,386	1,379	1,369	1,357	1,345	1,324	1,301	1,277	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	1,243	
	100 °C	I	0	0	0	0	0	0,1	0,173	0,237	0,292	0,34	0,377	0,408	0,43	0,442	0,446	0,442	0,43	0,408	0,377	0,34	0,292	0,237	0,173	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Jeo+Güneş (kW)	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,089	3,139	3,186	3,223	3,256	3,281	3,301	3,317	3,318	3,322	3,318	3,317	3,301	3,281	3,256	3,223	3,186	3,139	3,089	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	3,017	
		Jeo+Güneş (kWh)	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,545	1,570	1,593	1,662	1,628	1,641	1,651	1,659	1,659	1,66																			

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Emre KAÇANOĞLU  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : İzmit/05.03.1988  
**Telefon** : 0530 910 80 44  
**Faks** :  
**e-mail** : ekacanoglu@msn.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Kocaeli Atılım Lisesi	2005
Üniversite	: Ömer Halis Demir Üniversitesi/Niğde	2013
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi/Konya	-
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-2014	TSK	Yedek Subay
2014-2015	Utaş Savunma A.Ş.	CAD/CAM Uzmanı
2015-2016	Utaş Savunma ABD	CAD/CAM Uzmanı
2016-	Akdaş Silah A.Ş.	CAD/CAM Uzmanı

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### ÜYE OLUNAN KURULUŞLAR

Makine Mühendisleri Odası