SETSCI Conference Indexing System,
Volume 2 (2018), 266-270

ISAS 2018
I[st] International Symposium on Recent Advances in Vocational Sciences
April 11-13, 2018, Kemer-Antalya, Turkey

# Jeotermal Enerji Kullanılarak Termoelektrik Jeneratör İle Elektrik Enerjisi Üretimi

Ramazan Kayabaşı[1], Kemal Atik[2]
[1] *Tomarza Mustafa Akıncıoğlu MYO, Erciyes Üniversitesi, Kayseri*
[2] *Mustafa Çıkrıkçıoğlu MYO/Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri*
[*]*Corresponding author: rkayabasi@erciyes.edu.tr*
[+]*Speaker: rkayabasi@erciyes.edu.tr*
*Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper*

***Özet*** - Jeotermal enerji varlığını dünyanın kuruluşundan bu yana sürdürmüş temiz bir enerji türüdür. Her geçen yıl yeni jeotermal alanlar bulunmakta ve kullanım alanları hızla artmaktadır. Enerji maliyetlerinin yükselme eğiliminde olduğu günümüzde jeotermal enerji alternatif kaynak olarak önemi artmaktadır.

Bu çalışmada jeotermal enerji ile çalışan termoelektrik jeneratör imalatı yapılmıştır. 8 adet TEC1-12706T125 termoelektrik modülün kullanıldığı sistem laboratuar şartlarında denenmiştir. Termoelektrik modüllerin bir yüzeyi sıcak su ile ısıtılmış diğer yüzeyi şebeke suyu ile soğutulurken elde edilen sıcaklık farkı ile elektrik enerjisi üretilmiştir. Üretilen elektrik enerjisi bir direnç üzerinde harcanarak gerilim, akım ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ayrıca üretilen elektrik enerjisi ile LED'li aydınlatma sistemi de çalıştırılmıştır.

Çalışmanın sonucunda jeotermal kaynakların sıcaklık değerleri termoelektrik jeneratörün çalışması için elverişli olduğu anlaşılmıştır. Sıcak su girişi 70 ºC için gerilim 6 V, üretilen elektriksel güç 2.5 W olarak bulunmuştur. Bu sistem ayrıca LED'li aydınlatma sistemini çalıştırabilmiştir. Su sıcaklığı ile üretilen gerilim doğrusal olarak; güç ise parabolik olarak artmaktadır. Jeotermal enerjinin sabit sıcaklığı sayesinde istenilen güçte TE jeneratör tasarımı yapmak mümkündür. Modül sayısı artırılarak; farklı ebatlarda tasarlanarak farklı ihtiyaçlara cevap vermesi mümkündür. Termoelektrik jeneratörlerin benzer şekilde motorlardaki atık ısı, soba ve kazan yüzeylerinin ısısı, güneş enerjisi vb. ile çalışması mümkündür.

*Anahtar Kelimeler - Termoelektrik Modül, Termoelektrik Jeneratör, Verim.*

***Abstract*** – Geothermal energy is the kind of clean energy that has existed since the foundation of the earth. Every year new geothermal fields are found and usage areas are increasing rapidly. As energy costs tend to increase, the importance of geothermal energy as an alternative source is increasing.

In a circuit formed by connecting two different semiconductor materials together in series, the electrical voltage is measured if different temperatures are applied to their surfaces. This voltage is also referred to as the "seebeck voltage". The measured voltage is proportional to the temperature difference between the surfaces of the materials.
A thermoelectric generator running on geothermal energy is produced in this study. 8 TEC1-12706T125 thermoelectric modules were used in the system to conduct the tests in laboratory conditions by heating one side with hot water, and the other side with the tap water. Electricity was generated by the temperature difference obtained. The electricity produced was wasted on a resistor and the voltage, current, and the temperature of the system were measured. Besides, a battery was charged with the generated electricity and a LED was fed for illumination.

As a result of the study, it has been understood that the temperature values of the geothermal resources are suitable for the operation of the thermoelectric generator. The voltage for hot water inlet 70 ºC was found to be 6 V, and the electrical power generated was 2.5 W. This system could also operate the LED lighting system. The tension produced by the water temperature is linear; power is increasing parabolically. Due to the constant temperature of the geothermal energy it is possible to design the TE generator with the desired power. By increasing the number of modules; it is possible to design different sizes to meet different needs. Similar to thermoelectric generators, waste heat in motors, heat of stoves and boiler surfaces, solar energy, etc. It is possible to work with.

*Keywords - Thermoelectric Module, Thermoelectric Generator, Thermal Efficiency*

## I. GİRİŞ

Günümüzde her ülkede enerji, gelişmişliğin ölçütü olarak kabul edilmektedir. Hızla gelişen ülkemizde enerji ihtiyacı her geçen gün artış göstermektedir. Bu bağlamda ülkemiz, enerji kaynaklarını en ekonomik ve maksimum yararlanmayı sağlayacak biçimde değerlendirmek ve altarnatif enerji kaynaklarını kullanmak zorundadır. Ancak çok çeşitli enerji kaynağına sahip olmakla birlikte mevcut enerji kaynakları tüketimi karşılayamamaktadır. Enerji üretiminde tamamen yerli kaynakların kullanılamaması enerjide dışa bağımlılığı ortaya çıkarmaktadır. Enerjide dışa bağımlılık oranı % 75 ulaşmış bulunmaktadır.

Jeotermal enerji varlığını dünyanın kuruluşundan bu yana sürdürmüş temiz bir enerji türüdür. Dünyanın kuruluşu sırsında ortaya çıkan yüksek enerji kendini yer kürede göstermeye devam etmektedir. Yer kürenin merkezinde bulunan magmanın yüksek sıcaklığı jeotermal enerjinin kaynağıdır. Her geçen yıl yeni jeotermal alanlar bulunmakta ve kullanım alanları hızla artmaktadır. Enerji maliyetlerinin yükselme eğiliminde olduğu günümüzde jeotermal enerji alternatif kaynak olarak önemi artmaktadır. Temiz bir kaynak olan jeotermal enerji çeşitli sahalarda kullanılabilmektedir.

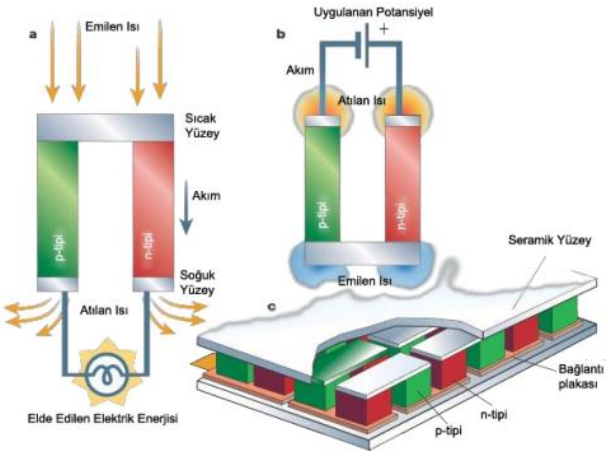
Jeotermal kaynaklar akışkanların sıcaklıklarına ve taşıdıkları ısı enerjisine bağlı olarak düşük entalpili (akışkan sıcaklıkları 160°C'den küçük), orta entalpili (akışkan sıcaklıkları 160°C-190°C arasında), yüksek entalpili (akışkan sıcaklıkları 190°C'den büyük) olarak ayrılmaktadırlar. Düşük ve orta entalpili kaynaklar özellikle ısıtma amaçlı kullanılırlar. Orta entalpili jeotermal akışkanın elektrik enerjisi üretiminde kullanımı için yeni teknolojilerin kullanımı şarttır. Düşük entalpili akışkanların kaplıca termal uygulamaları için önemlidir. Yüksek entalpili akışkanlar ise; elektrik üretimi ve buna bağlı entegre diğer işlerde kullanılırlar.

Türkiye jeotermal enerji yönünden şanslı ülkeler arasında yer almaktadır. Aktif faylarla sınırlı grabenler ve yaygın genç volkanizmaya bağlı olarak doğal buharın, hidrotermal alterasyonların ve sıcaklığı yer yer 100 °C'ye ulaşan 600'den fazla sıcak su kaynağının bulunuşu Türkiye'nin önemli jeotermal potansiyele sahip olduğunun bir kanıtıdır [1].

Türkiye'nin önemli jeotermal alanları bulunmaktadır; Denizli Kızıldere, Aydın Germencik Söke, Çanakkale Tuzla, İzmir Seferihisar, İzmir Ağa memnun, Afyon Geçek, Nevşehir Acıgöl jeotermal alanlarıdır. 1962 yılından bu yana M.T.A. Enstitüsünce yapılan Jeoloji, Jeofizik, Jeokimya, Jeomorfoloji, sondaj ve test çalışmaları sonunda Türkiye'nin jeotermal enerji olanakları açısından çok zengin ülkeler arasında olduğu belirlenmiştir.

Jeotermal enerji elektrik enerjisi üretmede (yeni yeni yaygınlaşmaktadır) kullanılmaktadır. Jeotermal enerji ile santrallerde elektrik enerjisi üretilmektedir. Santrallerin yanı sıra jeotermal enerjiden sıcaklık farkı oluşturularak termoelektrik jeneratörler ile elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Ayrıca jeotermal enerji kullanılarak konutların ısıtılması, sera ısıtması, ürün kurutması gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ülkemizde termal turizm amaçlı kullanımı da yaygın hale gelmiştir.

Termoelektrik (TE) jeneratörler iki yüzeyleri arasında sıcaklık farkı olduğunda doğru akım üreten elemanlardır. Yapılan bir çalışmada ısı enerjisini direkt elektrik enerjisine dönüştüren ve bataryayı şarj eden bir sistem yapılmıştır. Bir mikro kontrolörle maksimum güç noktasını takip etmekte ve 7.99 W güç elde edilmiştir. Kullanılan TE eleman TEP1-1264-1.5' dir. Bu modülü farklı sıcaklık ve dirençler için denenmiştir [2].




Şekil 1. Seebeck, Peltier, TE Bileşenleri ( Doğdu, 2013)

Birbirinden farklı iki yarı iletken malzemenin, birbirine seri olarak birleştirilmesi ile oluşturulan devrede; bileşenlerin farklı sıcaklıklarda tutulmasıyla elektrik gerilimi oluştuğu görülür. Bu gerilime "seebeck voltajı" denir (Sekil 1). Devreden ölçülen gerilim, malzemelerin yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır.

$$V = \alpha \Delta T \quad (1)$$

$$\Delta T = T2 - T1 \quad (2)$$

$$\alpha = \alpha 2 - \alpha 1 \quad (3)$$

α' nın değeri; devreyi oluşturan malzemelerin özelliklerine bağlıdır. Örneğin bakır konstantan 'dan yapılan bir termokupl için α = 40 μV/°C 'dir. Yani her 1°C sıcaklık farkı için 40 μV 'luk voltaj üretir. α 'nın değeri 100 μV/°C 'dan büyük olan yarı iletkenlere, termoelektrik yarıiletkenler denir. N tipi yarıiletken için α değeri negatif, P tipi yarıiletken için α değeri ise pozitiftir. Meydana gelen seebeck etki yarı iletkenlerde jeneratör gibi, metallerde ise termokupl veya ısı sensörü gibi kullanılır [3].

Bu çalışmada termoelektrik (TE) modül yardımıyla ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren termoelektrik jeneratör uygulaması yapılmıştır. Verimleri çok düşük olarak bilinen modüller üzerinde çalışılarak seri olarak bağlanıp ısı değiştirici arasına yerleştirilmesi ile kullanım için gerekli olan voltajlara ulaşılmıştır. Kullanılan modül sayısı artırılmak suretiyle temiz ve kolay elde edilebilen jeotermal enerji bulunduğu her yerde elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

TE modüller hareketli parçaları olmayışı, uzun ömürlü olmaları, sıcaklık farkı dolayısıyla elektrik enerjisi üretebilmeleri nedeniyle bu çalışmada tercih edilmiştir. Ülkemizin doğal zenginliği olan jeotermal enerjinin ülke ekonomisine daha fazla katkısını sağlamak için jeotermal enerjiden elektrik üretimi yapan termoelektrik jeneratörün geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Güneş enerjisinden günün belirli saatlerinde güç üretimi yapılabilmekte ve sistemler meteorolojik şartlara bağlı çalışmak zorundadır. Rüzgâr enerjisi de meteorolojik şartlara bağlı güç üretimini yapabilmekte ve belirli rüzgâr hız aralığında güç üretmektedir. Jeotermal enerji ise meteorolojik şartlardan bağımsızdır. Günün her saatinde aynı gücü sunma potansiyeline sahip olduğu için araştırılmaya değer olduğuna inanmaktayız.

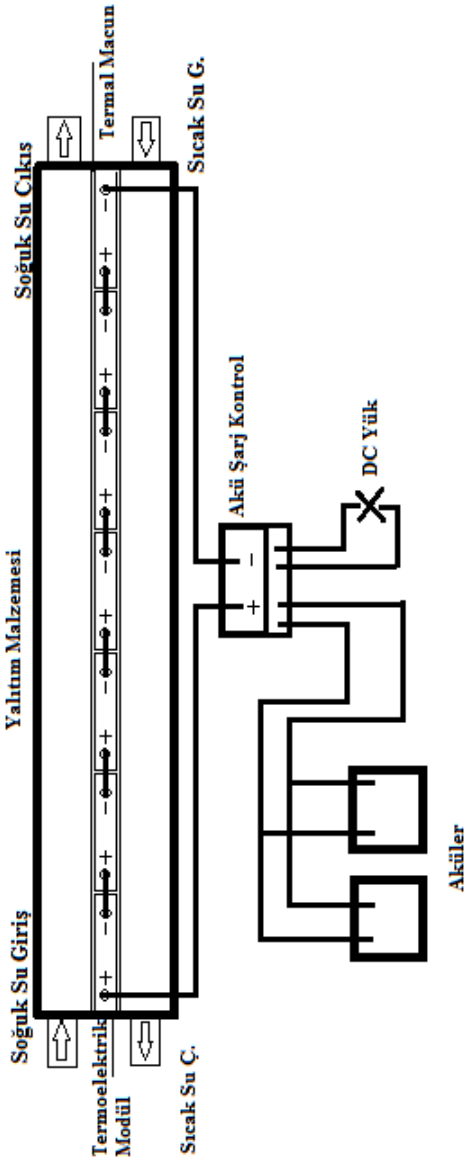
## II. METERYAL VE METOD

TE jeneratör içinde; jeotermal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren TEC1-12706T125 kodlu 8 adet TE modül kullanılmıştır. Isı değiştiricinin birinden jeotermal su diğerinden musluk suyu geçirilerek TE modülün elektrik üretmesi için gerekli olan sıcaklık farkı oluşturulmuştur. Sistemin sıcaklık ölçümleri için 7 adet termokupl, gerilim ölçümleri için 125 Ω'luk direnç ve akım ölçümü için 16 Ω'luk direnç kullanıldı. Bütün ölçümler bilgisayar ile kayda alındı. Deneyde üretilen elektriğin depolandığı iki adet birbirine seri bağlı batarya ve 24 ledli aydınlatma kullanılmış olup anahtar kontrollü şarj veya aydınlatma yapılabilmektedir. Deneyde ısı değiştiriciler, termoelektrik modül, termokupl, batarya, ledler, kabin ve diğer malzemeler kullanılmıştır.

Isı değiştirici 4x4x35 cm ölçülerinde yapılmıştır. Is değiştirici profilden imal edilmiş olup kenarları kapatılmış ve kaynakla boru delikleri açılmıştır. Açılan boru deliklerine her iki tarafına olmak üzere 1'er adet 30 cm ½" boru ilave edilmiştir. Boruların ağzına bağlantı için dişler açılıp hazır hale getirilmiştir. Isı değiştiricilerinin birer yüzeyi frezeden geçirildi. Aynı yüzeyler 100'lük zımpara ile zımparalandı. Bu sayede yüzeyler daha pürüzsüz ve ısı geçişine elverişli hale geldi.

TE modüller ısı değiştirici yüzeyine yerleştirilmeden önce zımparalanmış ısı değiştirici yüzeyi tekrar hassas temizlenmiştir. Temizlenmiş yüzey boşluk kalmaması ve ısı geçişinin sağlıklı olması için termal macun ile macunlanmıştır. TE modüllerin aynı yüzeyi üstte kalacak şekilde ısı değiştiricinin yüzeyine yerleştirildi. Isı değiştiricinin üst kısmı TE modüllerin üzerine yerleştirildi. TE modüller kırmızı ve siyah kablolar birbirini takip ederek seri olarak bağlantısı yapıldı. Dışarıda kalan gerilimin alınacağı iki uç klemenslere sabitlenerek direk bağlantıya hazır hale getirildi. TE modüller kaymaması içim izole bantla ısı değiştiricilere geçici olarak sabitlendi. Isı değiştiricinin yüzeyleri ve ısı değiştiriciye bağlı boruların yüzeyleri ısı yalıtım malzemeleriyle kaplanmıştır.

Portatif olarak yapılmış olan cihazda üretilen elektrik enerjisi kullanıma hazır mı, direk olarak kullanabiliyor muyuz? Üretilen enerji 4'er volt 2 adet bataryayı şarj eder mi? Üretilen enerji ile, 24 adet led'li aydınlatma yapabilir miyiz gibi sorulara yanıt aranmıştır. Elektronik kullanım devresi hazırlayıp anahtarla kontrolü seçilmiştir. Aydınlatma devresinde 24 adet led bulunmakta ve 7V gerilin ile çalışmaktadır. Bataryalar 9V ile şarj olmakta ve elektrik kesildiği an devreye girmekte ve 8V çıkış ile devreyi beslemektedir.




Şekil 3. Termoelektrik Jeneratör Devre Şeması

Termokupllar deney aşamasında sıcaklıkların ölçülmesi ve kaydedilmesi için kullanılmıştır. Bir adet ortam sıcaklığı, bir adet sıcak su giriş sıcaklığı, bir adet sıcak su çıkış sıcaklığı, bir adet soğuk su giriş sıcaklığı, bir adet soğuk su çıkış sıcaklığı, bir adet ısı değiştirici sıcak yüzey ve bir adet ısı değiştirici soğuk yüzey sıcaklıkları kaydedilmiştir. Sıcaklıklarla değişmesiyle beraber gerilim ve akım değişim değerleri gözlemlenmiştir.

Isı değiştirici, direnç devresi, aydınlatma ve şarj devresi bir kabin içerisine yerleştirilmiş olup dışarıdaki sıvılara ve darbelere karşı korunmuştur. Isı değiştiriciler iki adet çekme yayı ile sabitlenerek iki yüzey arasındaki boşluklar ortadan kaldırılmıştır. Kabin içerisinde aydınlatma ve şarj devresi yalıtkan malzeme üzerine sabitlenmiştir.

TE jeneratör den maksimum gücü alabilmek için iç dirence eşit 16Ω'luk dış direnç bağlanmıştır. Devreye sistem üzerinden geçen akımı ölçmek için 125 Ω'luk paralel direnç bağlanmıştır. Sisteme sıcak su bağlantısı ve soğuk su bağlantısı yapılarak kullanıma hazır hale gelmiştir. Sistemin sıcaklı ölçümleri için termokupllar ADAM 4019+ modülüne

bağlanarak bilgisayar sıcaklık kaydı yapılmıştır. Aynı zamanda bilgisayardan gerilim ve akım değerleri de okunmuştur. Programlama kısmı görsel programlama dili olan Visual Basic 6.0 da hazırlanmıştır. Aynı zamanda programın çalışması esnasında 1 saniyede bir data kaydı yapılmıştır.

## III. BULGULAR

Jeotermal bölgede yer alan bir sıcak su kaynağında deneyler yapılmıştır. Yapılan bazı deneyler laboratuvar şartlarında jeotermal kaynağı referans alarak yapılmıştır. Deneylerin yapıldığı jeotermal alanda kuyu başı sıcaklığı 80 ºC iken ölçüm noktası sıcaklığı 69 ºC'dir. Sıcak ve soğuk suyun birlikte açılması ile beraber deney programı çalıştırılmış olup kayda alınmaya başlanmıştır. Ekranda gözüken verilere göre sıcaklık farkı 10ºC ye ulaştığında gerilim değeri 5V ta yaklaşmakta ve lambalar aydınlatmaya başlamaktadır. Gerilim değeri sıcaklık farkı arttıkça orantılı bir şekilde artış göstermektedir. Bataryanın şarj olması için gerekli olan 8V gerilimi sıcaklık farkı 15 ºC ye ulaştığında sağlamaktadır.



Şekil 4 Termoelektrik Jeneratör Sistem ve Donanımları

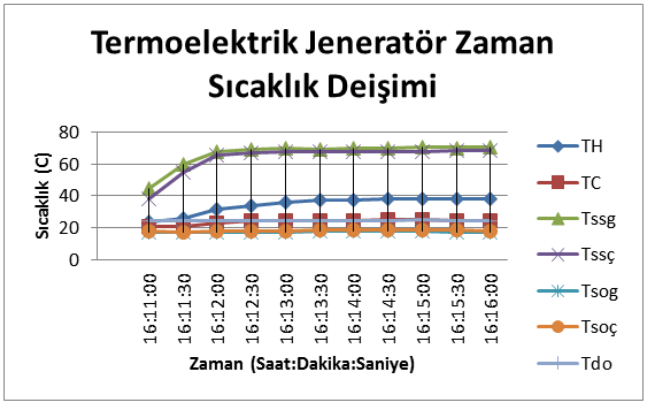
Sıcak ve soğuk suyun birlikte açılması ile beraber deney programı çalıştırılmış olup kayda alınmaya başlanmıştır. Ekranda gözüken verilere göre sıcaklık farkı 10ºC ye ulaştığında gerilim değeri 5V'ta yaklaşmakta ve lambalar aydınlatmaya başlamaktadır. Gerilim değeri sıcaklık farkı arttıkça orantılı bir şekilde artış göstermektedir. Bataryanın şarj olması için gerekli olan 8V gerilimi sıcaklık farkı 15 ºC'ye ulaştığında sağlamaktadır.

| Başlama Saati | ($T_H$) (ºC) | ($T_C$) (ºC) | ($T_{ssg}$) (ºC) | (Tssc) (ºC) | (Tsog) (ºC) | (Tsoc) (ºC) | (Tdo) (ºC) | Akım (A) | Gerilim (V) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16:11:00 | 23,7 | 21,1 | 44,7 | 38,3 | 17,2 | 17,9 | 24,6 | 0,135 | 2,2 |
| 16:11:30 | 25,9 | 21,1 | 59,5 | 54.8 | 17,3 | 17,6 | 24,4 | 0,181 | 2,9 |
| 16:12:00 | 32,0 | 23,4 | 67,8 | 65,3 | 17,5 | 17,8 | 24,5 | 0,243 | 3,9 |
| 16:12:30 | 34,2 | 24,6 | 69,0 | 67,0 | 17,6 | 18,2 | 24,3 | 0.275 | 4,4 |
| 16:13:00 | 36,1 | 24,7 | 69,5 | 67,7 | 17,7 | 18,3 | 24,3 | 0,300 | 4,8 |
| 16:13:30 | 37,2 | 24,8 | 69,3 | 67,6 | 17,8 | 18,5 | 24,3 | 0.325 | 5,2 |
| 16:14:00 | 37,8 | 24,9 | 69,8 | 67,7 | 17,9 | 18,6 | 24,5 | 0.350 | 5,6 |
| 16:14:30 | 38.4 | 25,3 | 69,8 | 67,9 | 18 | 18,8 | 24,8 | 0,362 | 5,8 |
| 16:15:00 | 38,3 | 25,5 | 70,2 | 67,8 | 17,8 | 18,6 | 25 | 0,375 | 6,0 |
| 16:15:30 | 38,2 | 24,9 | 70,1 | 68,1 | 17,7 | 18,6 | 24,7 | 0,381 | 6,1 |
| 16:16:00 | 38.4 | 24.8 | 70,6 | 68,3 | 17,7 | 18,4 | 24,7 | 0.400 | 6,4 |

Çizelge 1. Deney Ölçüm Değerleri

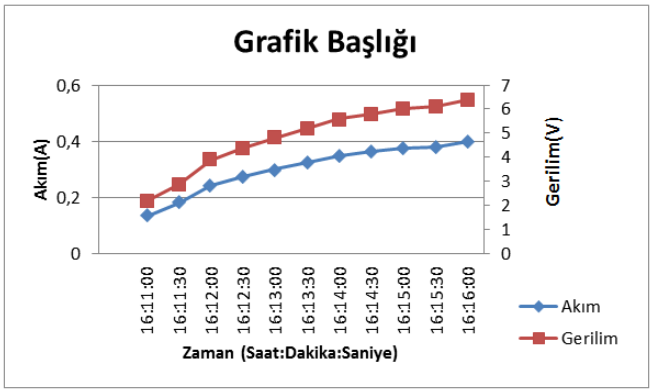
İlk deneyimiz de lamba yanmış bulunuyor. Elde edilen gerilim değerleri iç dirence eşit 16Ω'luk dış direnç devreye bağlanarak elde edilmiştir. TE jeneratör'ün boşta çalışma gerilimi 8-15V arası değerler alabilmektedir. Çizelge 1'de yer alan değerler 30 sn zaman aralıklı değerlerdir. Her saniye değerler kaydedilmiş olup daha hassas incelenmiştir.

Deneyde ölçülen sıcaklıklar (TH) modül sıcak yüzey, (TC)modül soğuk yüzey, (Tssg) Sıcak su giriş sıcaklığı, (Tssç) Sıcak su çıkış sıcaklığı, (Tsog) Soğuk su giriş sıcaklığı, (Tsoç) Soğuk su çıkış sıcaklığı, (Tdo) dış ortam sıcaklığı, ve jeotermal enerjiden elde edilen gerilim (V), ve akım (A) değerleri ölçülmüştür.




Grafik 1. Termoelektrik Jeneratör İçin Ölçülen Sıcaklık Değerleri

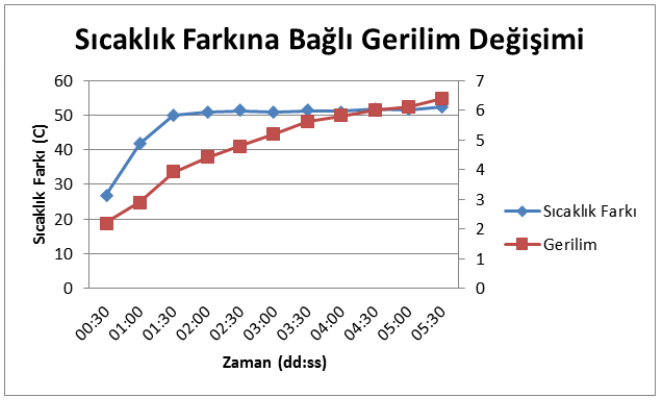
Grafikten anlaşıldığı üzere gerilim ve akım değerleri sıcak su giriş ve soğuk su giriş sıcaklıklarına bağlı. Isı değiştiricinin yüzey sıcaklıkları jeotermal su ve kullanım suyuna bağlıdır. Jeotermal su ile kullanım suyu arasındaki sıcaklık farkı değişimi oranında yüzeyler arası sıcaklık farkı oluşmaktadır. Yüzeyler arası sıcaklık farkı ile gerilim değerleri orantılı olarak artmaktadır. Havanın sıcaklığı değişimi mevsimlere göre değişim gösterebilmektedir. Havanın sıcaklığının değişimi kullanım suyu sıcaklığını değiştirebilmektedir. Bunun kayda alınabilmesi için farklı zamanlar ve mevsimlerde deneyler yapılabilir. Kullanım suyu direk olarak kuyudan alınıyorsa kaynağın çıkış sıcaklıkları da deneyde verileri etkileyecektir.




Grafik 2. Akım ve Gerilim Değerleri

Gerilimi ölçmek için TE jeneratör ucuna seri olara 16 Ω'luk direnç bağlanmıştır. Akımı ölçmek için 12 Ω'luk direnç bağlanmış ve dirençlere paralel 5*16 Ω'luk direnç bağlanmıştır. Ölçülen akım değeri 5 ile çarpılarak bulunur. Deney 1 den elde edilen gerilim ve akım değerleri grafiğine göre gerilim ile akım doğru orantılı olarak artış

göstermektedir. Gerilim değeri sabitlenmeye başladığında akım değeri de sabitlenmektedir. Grafikteki değerler sisteme direnç bağlıyken ölçülen değerlerdir. Sistemden dirençler kaldırılırsa gerilim değerleri yükselmekte akım değerleri düşmektedir.




Grafik 3. Sıcaklık Farkı ve Gerilim Değerleri

Isı değiştirici yüzeyleri arasındaki sıcaklıklar termokupllar ile ölçülmüştür. Ölçülen sıcaklıklardan sıcaklık farkı bulunmuştur. Sıcaklık ve gerilim değerleri grafiğinde görülmektedir ki sıcaklık farkı arttıkça üretilen gerilim değerleri artmaktadır. Sıcaklık farlı azaldıkça gerilim değerleri düşmektedir. Sıcaklık farkı 10ºC nin altına indiğinde gerilim okunabilmesine karşılık ledler aydınlatması azalmakta ve sönebilmektedir. Jeotermal enerjinin sabit sıcaklığı (çok az değişebilir) sayesinde istenilen güçte tasarım yapmamız kolaylaşır.

## IV. TARTIŞMA

Yapılan bir çalışmada bir sobanın yüzeyine yerleştirdikleri TE jeneratörden elektrik enerjisi elde edilmiştir. Sıcak kaynak olarak soba, soğuk kaynak olarak ise oda havası sıcaklığının kullanıldığı çalışmada elde edilen güç yaklaşık 4 W' tır [4]. Termoelektrik jeneratörler kaynak yeterli enerjiye sahipse kaynaktan veya atık ısıdan enerji üretebilen yapılardır.

Güneş enerjisinden yararlanarak TE jeneratörden elektrik elde edilmek ve bu elektrikle TE soğutma yapılmak için teorik olarak hesaplanmalar yapılmıştır[5]. Güneş enerjisi TE jeneratör için kaynak olarak kullanılabilir. Güneş enerjisinin termal uygulamaları TE jeneratör için kaynak niteliği taşımaktadır.

Jeotermal enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren mikro denetleyici kontrollü termoelektrik jeneratör üzerie çelışmışlar ve sistem test edilmiştir [6]. Sonraki yıllarında çalışmalarını proje boyutuna taşımışlardır.

Güneş enerjisini yoğunlaştırarak elede ettikleri yüksek sıcaklık ile termoelektrik jeneratörlerle elektrik üretimi yapılmıştır [7]. Yenilenebilir kaynaklardan istifade ederek veya atık ısı ile TE jeneratör kullanılabilir. Isı üreterek TE jeneratörleri kullanmak ekonomik olmamaktadır.

Yapılan çalışmalara bakıldığında düşük verime sahip TE jeneratörlerin atık ısıdan veya doğal kaynaklardan faydalanmak suretiyle ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak gelecekte kullanımının daha yaygın hale gelmesi beklenilmektedir.

## V. SONUÇ

Bu çalışmamızda yaptığımız portatif TE jeneratörle elektrik üretimi sağlanmış, ledli aydınlatma sistemi çalıştırılmış, dirençler üzerinden ürettiği elektrik harcanmıştır. Modül yüzeyleri sıcaklık farkı 10ºC ye ulaştığında gerilim değeri 5V'a çıkmakta ve aydınlatma gerçekleşmektedir. Modül yüzeyleri sıcaklık farkı arttıkça gerilim ve buna bağlı akım değerleri yükselmektedir. Gerilim değerleri sıcaklık farkına bağlı olarak 9V'a kadar çıkmaktadır. Sıcaklık farkı değerlerine orantılı olarak gerilim ve akım değerleri de yukarı ve aşağı yönlü değişim göstermektedir.

Çalışmamızın yapıldığı yerdeki jeotermal sıcaklık değerleri TE jeneratörün çalışmasına elverişli olduğu gözlemlenmiştir. Ülkemizde jeotermal kaynaklar açısından dünyanın beşinci sırasında olması bilinen bir gerçekti ve bu kaynaklar uygulama için ideal şartlar taşıdığı deney sonuçlarına göre kıyaslanarak görülmüştür.

TE jeneratörler jeotermal enerji ile çalışabildikleri gibi motor bloklarındaki atık ısı, egzoz gazı atık ısısı, soba ve kazan yüzeyleri ısısı, merkezi ve bireysel ısıtma sistemleri suyu ısısı ile çalışabilmektedir. Güneş enerjisinin odaklaması ile elde edilen enerji modüllerin sıcak yüzeyi için kullanılabilir. Soğuk yüzeyler için şebeke suyu ile soğutma, hava ile soğutma ve cebri soğutmalar kullanılabilir. Jeotermal enerji doğal kaynak olduğu ve kullanım sonrası hala yüksek sıcaklığa sahip ise TE jeneratör ile bu kaynağı değerlendirmek en avantajlı yollardan birisi olur.

Kaynak özelliklerine ve kullanım yerlerine göre tasarımlar gerçekleştirerek sistemleri optimum güçte çalıştırma için iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir. Bu iyileştirmelere sonucunda modül sayısı artırılarak elde edilecek enerji bireysel kullanımda isteklere cevap verebilecek verimdedir. Fotovaltaik piller gibi fabrikasyon aşamasına gelinirse piyasada yer alması mümkündür. Farklı ebat ve boylarda tasarlanarak farklı ihtiyaçlara cevap vermesi mümkündür.

## KAYNAKLAR

[1] Ültanır, M. Ö. "Türkiye Açısından Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri 21. Yüzyıla girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi", Tüsiad Raporu Yayın No:T/98-12/239, İstanbul 1998.

[2] Nuwayhid, R.Y., Hamade, R. "Desing and Testing of a Locally Made Loop-Type Thermosyponic Heat Sink for Stove-top Thermoelectric Generators", Renewable Energy, 30, 1101-1116, 2005.

[3] Şimşek ve diğ."Geothermal model of Denizli, Sarayköy-Buldan area" Geothermics Volume 14, Issues 2–3, 1985, Pages 393-417, 1985.

[4] Esarte, J., Min, G., Rowe, D.M., "Modelling Heat Excangers For Thermoelectric Generators", ***J. of Power Sources***, 93, 72-76. (2001).

[5] Khattab, N.M., El Shenawy, E.T. "Optimal operation of thermoelectric cooler driven by solar thermoelectric generator", Energy Conversion and Management, 47, 407-426, 2006.

[6] Dişlitaş, S., Ahiska, R. "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Jeotermal Enerjisini Doğrudan Elektrik Enerjisine Dönüştüren Mikro Denetleyici Kontrollü Termoelektrik Jeneratör", International Advented Tecnologies Semposyum, Ankara, 2003.

[7] Gür, S., Atik, K. "Yogunlastırıcılı Güneş Kollektörleri Ve Termoelektrik Jeneratörler Kullanarak Elektrik Üretimi", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Türkiye, 2009.

[8] Doğdu ve diğ." Termoelektrik Soğutucuların Performansına Doğrudan Temaslı Isı Değiştiricilerin Etkilerinin Deneysel İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, Haziran, 2013.