

ORGANİK RANKİN ÇEVİRİM TEKNOLOJİSİYLE DÜŞÜK SICAKLIKTAKİ KAYNAKTAN FAYDALANILARAK ELEKTRİK ÜRETİMİ. ÖRNEK ÇALIŞMA: SARAYKÖY JEOTERMAL SANTRALİ

Hasan ÖZDEN
David PAUL

ÖZET

Ülkemizde 90 ile 125 derece arasında olup ta büyük kapasitede elektrik üretimine uygun olmayan bir çok kuyu veya saha olduğu bilinmektedir. Bu şekilde atıl durumda kalan veya sadece ısıtma amaçlı olarak kullanılabilen bu kaynakların Organik Rankin Çevrimi kullanılarak elektrik üretim sistemine dolayısıyla ekonomiye kazandırılması gerekmektedir. Bu bildiri de Organik Rankin Çevrimi kullanılarak yapılmakta olan örnek çalışmadan bahsedilmektedir.

ABSTRACT

It is known that there are between 90 to 125 celcius wells and fields in our country, and they are not suitable for massive electric generation. These unactive sources/fields should be brought into the economy, by using Organik Rankine Cycle. This paper is prepared to fulfill you about the work, thats been done by using Organik Rankine Cycle.

1. GİRİŞ

Teknik anlamda zor ve ekonomik olmadığından dolayı, geleneksel olarak düşük sıcaklıktaki ısıdan faydalanmak çeşitli zorluklar içermektedir. Isıdan elektrik üretiminde kullanılan geleneksel teknoloji buhar türbinidir ancak uygun işletim için yüksek sıcaklık ve basınç gerektirmektedir. Düşük sıcaklıklarda (<150°C) tercih edilen teknoloji Organik Rankin Çevrimidir (ORÇ). Su ve yüksek basınçlı buhar yerine, organik akışkan kullanıldığı için böyle adlandırılmaktadır. ORÇ teknolojisinde sudan daha düşük sıcaklıkta kaynayan, yüksek moleküler ağırlıklı bir sıvılar kullanılmaktadır. Bu özellik, ekonomik enerji üretimi için geleneksel olarak çok düşük kabul edilen ısı kaynaklarından ısı elde eden Rankin Çevrimine imkan tanımaktadır. Endüstriyel atık ısı, pistonlu motor ceketinin su ısı, jeotermal ısı, güneş havuzu, petrol ve gaz alanları vs. bu ısı kaynakları arasındadır.

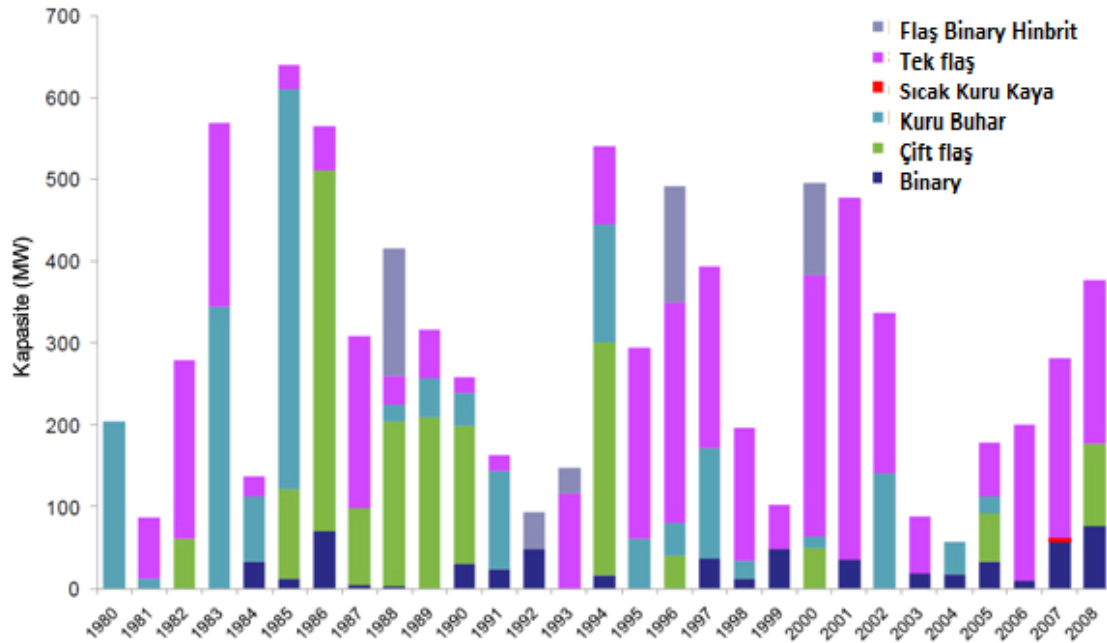
2. JEOTERMAL PAZARDA ORGANİK RANKİN ÇEVİRİMİ

ORÇ teknolojisi ilk olarak yaklaşık 50 yıl önce 1961'de İsrail'de geliştirilmiş ve özellikle ikili jeotermal enerji santralleri olmak üzere birçok alanda hızlı gelişen bir teknoloji haline gelmiştir. Geleneksel olarak, kuru ve flaş buhar teknolojileri, jeotermal kuyularda elektrik üretimi için kullanılan ana

teknolojilerdi. Ama ikili teknoloji giderek büyümektedir ve 2020'ye geldiğimizde bütün jeotermal enerji üretim pazarına %50 ile hakim olarak öncü teknoloji olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Pazar Çekişi Kazanan Düşük Sıcaklıktaki İkili Teknoloji[1].

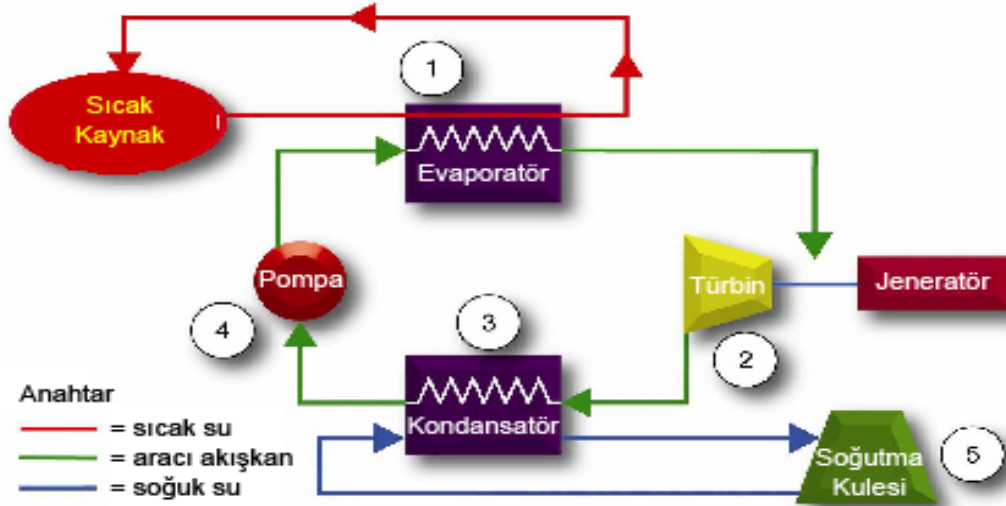


Şekil 2. Pazar Çekişi Kazanan Düşük Sıcaklıktaki İkili Teknoloji

3. ORGANİK RANKİN ÇEVİRİM TEKNOLOJİSİ

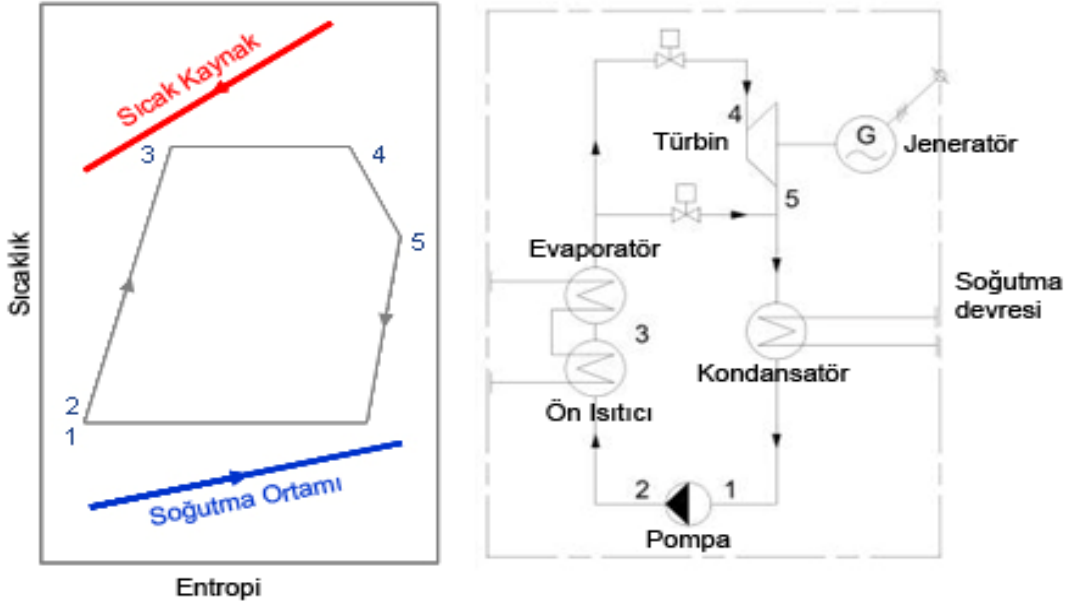
Isıdan elektrik üreten sistemi esas alan bir ORÇ teknolojisi (Şekil 3), buharlaştırıcı (1 nolu) içerisindeki organik çalışma sıvısını (yeşil çizgi) buharlaştırmak için sıcak kaynaktaki ısıyı kullanır (Şekil 2'deki kırmızı çizgi). Seçilen çalışma sıvısı silikon bazlı sıvılar olabilir veya düşük sıcaklıklar için hidrokarbon veya soğutucu bazlı sıvılar kullanılabilir. Basıncılı buhar daha sonra türbinlere (2 nolu) yollanır ve jeneratörle birleştiğinde elektrik üretir. Buhar, yoğunlaştırıcı içinde tekrar sıvı hale yoğunlaştırılır (3 nolu). Burada ya soğutma kulesi (5 nolu), ya yeraltı suyu ya da ırmak suyu (mavi çizgi) soğutma aracı olarak kullanılır. Hava soğutma sistemi de alternatif olarak kullanılabilir. Sonra soğutucu pompa (4 nolu) çalışma sıvısını tekrar buharlaştırıcıya pompalar ve bu kapalı çevrim süreci tekrar eder. Sıcak sıvı yakıt kaynağı olarak kullanıldığından yakıt maliyeti sıfırdır. Ayrıca hiçbir yanma gerçekleşmediğinden, ORÇ enerji sisteminde atmosfere hiçbir salınım oluşmaz.

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 ORÇ çalışma sıvısına aktarılır. Sıvı haldeki atık ısı kaynakları genellikle ORÇ ünitesiyle doğrudan birleştirilir. Gaz haldeki ısı kaynakları ise dolaylı yoldan birleştirilir.



Şekil 3. ORÇ Sistem Şeması.

ORÇ'nin termodinamik çevrimi, Şekil 4'te şematik olarak gösterilmiştir. Soldaki halkaya aynı zamanda Sıcaklık-Entropi veya T-S diyagramı da denmektedir. Turbojeneratör sıcak kaynaktan ön ısıtmaya doğru ortaya çıkan ısıyı kullanır ve buharlaştırıcı içerisindeki uygun organik çalışma sıvısını buharlaştırır (2→3→4). Organik sıvı buhar, doğrudan veya devir düşürme dişlisi vasıtasıyla elektrik jeneratörüyle birleştirilebilen elektrik türbinine enerji verir (4→5). Buhar daha sonra su veya hava ile soğutulmuş olarak yoğunlaştırıcı içerisinde yoğunlaştırılır (5→1). Organik sıvı son olarak ön ısıtıcı ve buharlaştırıcıya pompalanır (1→2); böylelikle kapalı çember devresindeki işlemler dizisi sona erer.



Şekil 4. ORÇ Kapalı Çevrim Termodinamik Çevrimi (T-S Diyagramı).

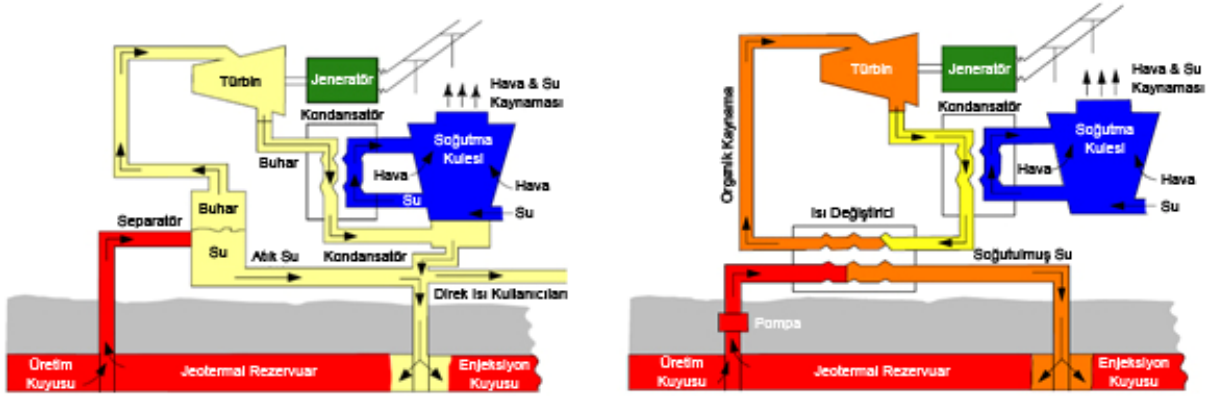
3.1 Çalışma Sıvısının Seçilmesi

Düşük sıcaklıklarda ısı transfer verimsizliği önemli olduğundan, bu sıcaklıklardaki uygulamalarda kullanılacak çalışma sıvısının seçimi kritiktir. Bu tür verimsizlikler, büyük ölçüde sıvının termodinamik özellikleri ve çalışma koşullarına bağlıdır. Düşük kalitede ısı elde etmek için, sıvı genellikle sudan daha düşük kaynama seviyesine sahip olur. Sıvının bazı önemli özellikleri aşağıdaki gibidir:

- 1) İzoentropik doymuş buhar enerjisi: Geleneksel Buhar Rankin Çevrimindeki gibi bir kızdırma yaklaşımı, sıcaklık alt seviyesi nedeniyle uygun değildir. Bu yüzden, buharlaştırıcı egzozunda gerçekleşen küçük bir kızdırma işlemi her zaman tercih edilecektir. Bu "ıslak" sıvılar için bir dezavantajdır (genişlemenin sonunda iki kademeli durumdaki gibi). Kuru sıvıların kullanılması halinde, rejeneratör kullanılmalıdır.
- 2) Donma alt noktası, yüksek kararlılıktaki sıcaklık: Suyun aksine, organik sıvılar yüksek sıcaklıklarda genellikle kimyasal bozulmalara ve ayrışmaya maruz kalır. Azami ısı kaynağı sıcaklığı, bu yüzden, çalışma sıvısının kimyasal kararlılığıyla sınırlıdır. Donma noktası, çevrimdeki en düşük sıcaklık olmalıdır.
- 3) Yüksek buharlaşma ısısı ve yoğunluk: Gizli sıcaklığı ve yoğunluğu yüksek olan bir sıvı buharlaştırıcı içerisindeki kaynaktan daha fazla enerji emecektir. Dolayısıyla gereken akış hızı, tesis boyutu ve pompa tüketimi düşecektir.
- 4) Düşük çevre tesiri: Hesaba katılacak ana parametreler Ozon tükenme potansiyeli (ODP) ve küresel ısınma potansiyelidir (GWP).
- 5) Güvenlik: Sıvı, tahriş edici, yanıcı veya zehirli olmamalıdır. Sıvı tehlikelilik seviyesini belirlemek için ASHRAE soğutkanlar güvenlik sınıflandırması kullanılabilir.
- 6) Kolay bulunabilirlik ve düşük maliyet.
- 7) Uygun basınçlar.

3.2. ORÇ'nin Bazı Önemli Avantajları

Buhar türbin sistemlerine kıyasla, ORÇ bazı özel avantajlara sahiptir. Buhar türbini yüksek sıcaklık ve basınçta kullanıldığı için genellikle daha verimli olsa da ORÇ aşağıda belirtilen kendine has bazı özellikler nedeniyle birçok uygulamada tercih edilmektedir. Şekil 5, jeotermal uygulama esnasında iki sistemi şematik olarak göstermektedir.



Şekil 5. Buhar ve ORÇ Sistemleri.

- 1) ORÇ'de sıcak kaynak türbinle temas halinde olmadığından, jeotermal sularda bulunabilecek kirlenici maddelerin türbine zarar verme tehlikesi yoktur. Flaş buharının jeotermal kaynaktan doğrudan buhar türbinine geçmesi sebebiyle, bu tehlike buhar türbininde mevcuttur. Jeotermal sular temiz değilse bu durum tahribata yol açabilir. Türbin bıçaklarındaki hasar elbette daha yüksek bakım maliyetine sebep olur. Zira bu durumda bıçakların sık sık yenilenmesi gerekmektedir. ORÇ'de, türbin bıçaklarına temas eden buharın temiz çalışma sıvısının buharı olmasından ötürü, türbinin 20 yıldan fazla sorunsuz çalışması nadir değildir.
- 2) Ayrıca organik çalışma sıvısı buhar türbinindeyken yüksek moleküler ağırlığı olan bir maddedir. Daha küçük olan yüksek hızlı buhar molekülleri türbine yüksek hızla çarpar, dolayısıyla bıçakların tahribatına neden olur. Bu da türbinin bakım ve yenileme sıklığını ve toplam maliyeti artırır.
- 3) ORÇ daha düşük sıcaklık ve basınçlarda çalıştığı için bileşenlerdeki mekanik ve termal gerilim, buhar türbinine kıyasla daha düşüktür. Bu da bileşenlerin ömrünü artırır.
- 4) ORÇ daha düşük sıcaklık ve basınçlarda çalıştığı için çalışma alanında bir operatöre ihtiyaç yoktur. ORÇ personeli gerek duymadan uzaktan kontrol edilip çalıştırılabilir. Bu da çalışma maliyetini ciddi şekilde azaltır.
- 5) ORÇ'nin önemli bir avantajı da nominal enerjinin %10'u gibi kısmi yüklemelerde bile nispeten daha yüksek verimlilikle çalışabilmesidir. Bu, girdi ısısının sık devrim yaptığı bazı endüstriyel uygulamalarda ve ORÇ'nin buhar türbinlerine kıyasla daha uzun süre çalışabildiği Güneş-Termal uygulamalarda özellikle avantajlıdır. Zira bu tür uygulamalarda güneşin doğduğu sabahın erken saatlerinde çalışmaya başlayıp güneşin battığı akşamın geç saatlerine kadar işleyebilir.
- 6) Çalışma sıvısı su/buhar yerine kullanıldığından su kullanımı gerekli değildir. Ayrıca buhar sistemlerinde genellikle gerekli olan mineralsız su veya diğer yardımcı sistemlere ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla sistemin tamamının işletilmesi ve kontrolü daha kolaydır.
- 7) ORÇ'de türbin, buhar türbinine kıyasla daha düşük bir hızla döner, bu da mekanik zorlanmayı azaltır. Ayrıca, aracı olarak devir düşürücü dişli sistemi ve bağlı parçaları yoluyla doğrudan türbinle jeneratör arasında bir bağ kurulmasına imkan tanır.
- 8) ORÇ ile yüksek türbin verimliliği (%85'e varıncaya kadar) elde edilebilir.
- 9) Ek olarak, çalıştırma-durdurma işlemlerinin kolaylığı, otomatik/devamlı çalıştırılabilme, güvenli ve sessiz çalıştırma, sahaya yüksek uyumluluk (%98 ve fazlası nadir değildir) ve ciddi bakımlar olmaksızın geçen uzun ömür (20+ yıl) diğer avantajları arasındadır.
- 10) Üretilen enerjinin düşük MW aralığında olduğu özel durumlarda ORÇ'nin buhar türbinine karşısında özel ekonomik avantajı bulunmaktadır. Zira buhar türbinine ek olarak çevresel bir sistem gerektirmekte; bu sistem maliyete eklenmekte ve bu da ekonomik anlamda küçük boyutlarda olmamaktadır.

4. TÜRKİYE'DE BİR DURUM ÇALIŞMASI: JEODEN ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş. SARAYKÖY JEOTERMAL SANTRALİ

Önümüzdeki günlerde Denizli Sarayköy'de mevcut olan jeotermal bir alanda, 750 kW net kurulu gücünde ORÇ enerji sistemi çalışmaya başlayacaktır.

- Proje; Denizli ili, Sarayköy ilçesi, Gerali köyü 15 nolu işletme ruhsatı ile belirlenen alandadır.
- Bu projeye konu olan işletmenin hedefi, ruhsat alanının kuzey kenarında, 2.5 MW kapasitede yılda 18.792.000 kWh brüt elektrik enerjisi üreten bir elektrik santrali kurup çalıştırmaktır.

4.1. Projenin Ortaya Çıkış Nedenleri

- Bilindiği gibi ülkemiz, dünyanın önde gelen jeotermal enerji kaynaklarına sahiptir ve jeotermal enerji açısından çok avantajlı bir konumdadır; zira yeryüzünün sadece %5'lik kısmına tekabül eden jeotermal bölgeler arasında yer almakta ve bu konumu ile jeotermal potansiyel açısından Avrupa'da birinci, Dünya'da ise yedinci sırada yer almaktadır.
- Türkiye'de MTA kayıtlarına göre ülke genelinde 277 alanda jeotermal oluşum olduğu bilinmektedir.
- Ülkemizde jeotermal kaynakların kullanımına bakıldığında %60'a yakın kısmının ısıtma uygulamasına uygun alanlar, %30 civarındaki alanların diğer kullanım alanlarına uygun ve yaklaşık %10'lık kısmının ise ekonomik olarak elektrik üretimine uygun olduğu görülmektedir.
- 21 Mayıs 2009 tarihinde kabul edilen "Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi"nde, yenilenebilir enerji kaynaklarına özel bir önem atfedilmiş ve 2023 yılına kadar hidroelektrik potansiyelinin tamamının kullanılması, rüzgar enerjisi kurulu kapasitesinin 20.000MW'a, jeotermal kaynaklardan elektrik üretim kapasitesinin 600MW'a çıkarılması ve güneş enerjisinin kullanımının artması için gerekli düzenlemelerin yapılması için çeşitli hedefler konmuştur.
- Bilinen jeotermal alanlara bakıldığında, Batı Anadolu'da bulunan jeotermal alanların yüksek orta, Orta ve Doğu Anadolu bölgesinde bulunan alanların düşük ve orta ısıya sahip oldukları görülmektedir.
- Görüldüğü gibi ülkemizde jeotermal kaynaklara yönelik yatırım yapılacak önemli bir potansiyel bulunmaktadır.

4.2 Neden ORÇ Teknolojisi

- Projeye yatırım yapma kararı alınırken, saha ile ilgili olarak verilerin çok yeterli olmadığı ve sahanın henüz tam olarak incelenmemiş olduğu belirlendi.
- Genel olarak jeotermal yatırımlar üretim aşamasına gelene kadar doğaları gereği "belirsizlikleri yüksek" sistemler olarak nitelenmektedir.
- Bu tip belirsizliklerin olduğu durumlar da ise en sağlıklı yatırım modelinin "Modüler Büyüme" olduğuna karar verildi.
- Modüler büyüme modelin de yatırım, küçük modüller halinde kısa sürede hayata geçirilebilmektedir. Bu modelin en büyük üstünlüğü saha kapasitesinin üzerinde yatırım yapılmasının önlenmesidir.
- Yeterli debide ve sıcaklıkta kuyu olması durumunda bu tip bir sistem yaklaşık 3-4 aylık bir süre içinde enerji üretebilir hale getirilebilmektedir.
- Daha küçük yatırım ve daha az kuyu ile nakit üretmeye başlayan sistem sonraki modülleri de finanse ederek bir destek mekanizması oluşturabilmektedir.
- Bir modül kurulup işletilirken, sahanın olası sorunları belirlenip çözümlenebilir. İşletme sırasında yürütülecek gözlem ve test çalışmaları, yeni yatırım yapılmasına olanak sağlayacak bir performans gösterirse diğer modüllerin kurulması kararı alınabilir. Modüler büyüme, saha potansiyelinin izin verdiği ölçüde devam edebilir.

- Büyük ölçekli projelerin birim kapasite maliyetinin daha düşük olması yatırımcıları bu yönde teşvik etse de, modüler gelişim modelinin daha güvenilir olduğu düşünülmektedir.

Yukarıdaki noktalardan yola çıkarak yapmış olduğumuz çalışmalar sonucunda, Şirketin iş modeline en uygun çözümün Pratt&Whitney Power Systems, PureCycle 280 model turbo jeneratörünün uygun bir çözüm olduğuna karar verdik.

Sistemin özellikleri aşağıdaki gibidir.

PWPS imalatı olan PureCycle ürünü 280kW üretim kapasitesine sahiptir. 91°C ile 146°C arası akışkan sıcaklıklarında çalışabilmektedir. Pratt&Whitney Power Systems tarafından daimi olarak stokta tutulan bu ürün 3-4 ay gibi bir sürede kurularak enerji üretebilir hale gelmektedir.

4.3 JEODEN Elektrik Üretim A.Ş. Sarayköy Projesi Zaman Çizelgesi

Jeoden Elektrik Üretim İnşaat San. Tic. A.Ş. 2. Kasım 2010 tarihinde Termikel Grup ve Değirmenci Grup ortaklığı ile kurulmuştur.

Değirmenci Grup, Sarayköy Gerali sahasında 2003 yılından itibaren muhtelif sondaj çalışmalarında bulunmuştur. 2003 yılında MDO-1 Kuyusunda 2120 metre derinlikte 120⁰ sıcaklıkta ve 50Lt/sn debide sıcak su bulmuş. Ancak o yıllarda bu değerler elektrik üretimi için ekonomik bulunmadığı için kuyu kapatılıp kendi haline bırakılmıştır.

2010 yılı başlarında şirketlerimiz arasında söz konusu kuyunun hayata geçirilip yapılmış olan görüşmeler teknik safhaya çekilmiş ve kuyu ile araştırmalar yapılmaya başlanmıştır.

Yapılan görüşmeler anlaşma ile sonuçlanmış ve EKİM 2010'da bir üretim şirketi kuruluşu için taraflar aralarında anlaşmışlar ve 2 Kasım 2010 tarihinde JEODEN A.Ş. kurulmuştur.

Şirket kuruluş prosedürleri ile geçen Kasım 2010'dan sonra gerekli olan idari başvurular yapılmış olup Aralık 2010'da santral projelendirme çalışmaları ve tedarikçiler ile görüşmeler başlatılmıştır.

Aralık 2010 sonunda kuyu pompası, su soğutma kulesi ve santral ekipmanları siparişleri verilmiş ve reenjeksiyon kuyusu için jeofizik çalışmalarına başlanmıştır.

3 adet Pratt&Whitney Power Systems, PureCycle 280 türbo jeneratörleri Şubat ayı ortasında Amerika'dan yüklenecek olup Mart ortasında İzmir Limanına giriş yapmış olacaktır. İzmir Limanından low-bed kamyonlara yüklenecek olan ekipmanların 24 saat içinde Denizli Sarayköy'de santral sahasına varması planlanmaktadır.

Santral alanında inşaat çalışmaları Ocak 3. Haftasında başlamış, kaba inşaat çalışmaları bittikten sonra mekanik montaj hazırlıkları başlayacaktır.

Şalt sahası ve enerji nakil hattı ile ilgili çalışmalar Şubat ayının ilk haftasında başlayacaktır.

SONUÇ

Pratt&Whitney Power Systems PureCycle 280 sistemi, kullandığı ORÇ teknolojisi ile orta sıcaklıktaki sahalar için hızlı devreye alınabilen bir elektrik üretim sistemidir. Özellikle sistematik belirsizliklerin yüksek olduğu benzer ortamlar da hızla devreye alınarak özellikle kuyu başı sistemlerinde verimli sonuçlar ortaya çıkaracaktır.

KAYNAKLAR

[1] Emerging Energy Research, Mayıs 2009

ÖZGEÇMİŞ

Hasan ÖZDEN

IT sektöründe yaklaşık 20 yıl çeşitli pozisyonlarda çalıştıktan sonra son 12 yıldır enerji ve ölçüm sektöründe görev yapmaktadır. Şu anda JEODEN Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğünü yürütmektedir.

David PAUL

ORÇ sistemleri ile ilgili ürün geliştirme, satış ve pazarlama faaliyetlerinde yaklaşık 20 yıllık tecrübeye sahiptir. Şu anda Pratt&Whitney Power Systems'de Uluslar arası Satış ve İş Geliştirme Müdürü olarak görev yapmaktadır.