

KONYA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI MALZEME ÜRETİLEBİLİRLİK ARAŞTIRMASI

5. JEOTERMAL ENERJİ

**Bu fizibilite çalışması,
KSO/MEVKA/DFD2011/Hizmet 1 projesi çerçevesinde
Yeryüzü Enerji Sistemleri Ltd. Şti. tarafından hazırlanmıştır.**

ŞUBAT 2012

Katkıda Bulunanlar

**Doç. Dr. Muammer Özgören, Yrd. Doç Dr. Faruk Köse,
Arş. Gör. Muharrem H. Aksoy, Arş. Gör. Eyüp Canlı,
Arş. Gör. Özgür Solmaz, Arş. Gör. Sercan Doğan, Sercan Yağmur.**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	3
ÖNSÖZ	4
5.1.Giriş	4
5.2. Jeotermal Enerjinin Tarihçesi	7
5.3. Dünyada Jeotermal Enerji.....	7
5.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji	13
5.5. Konya’da Jeotermal Enerji	18
5.6. Türkiye’de Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Yapan Tesisler.....	20
5.6.1. Aydın Germencik Jeotermal Sahası.....	20
5.6.3. Aydın Hıdırbeyli Jeotermal Sahası	21
5.6.5. Aydın Sultanhisar Jeotermal Sahası	22
5.6.6. Aydın Salavatlı Sultanhisar	22
5.6.7. Denizli Sarayköy Jeotermal Sahası.....	23
5.7. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları.....	25
5.7.1. Jeotermal Enerjinin Isıtmada Kullanılması.....	25
5.7.2. Jeotermal Enerjinin Tarımda Kullanımı	28
5.7.3. Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretiminde Kullanılması	32
5.8. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üreten Sistemler	38
5.8.1. Buhar Toplama ve Re-enjeksiyon Sistemi.....	39
5.8.2. Türbin ve Jeneratörler	40
5.8.3. Soğutma Kulesi.....	42
5.8.4. Kondenser	44
5.8.5. Devir Daim Pompaları	47
5.9. Çevrimlerin Verimi ve Geliştirilme Potansiyelleri	49
5.10. Patent Örnekleri	50
5.10.1. Patent 1	50
5.11. Jeotermal Enerjinin Avantajları	53
5.12. Jeotermal Enerjinin Yasal Mevzuatı.....	54
5.13. Jeotermal Enerji İçin Mevcut Standartlar	56
5.14. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Yapan Tesis Makine Teçhizat Elemanlarının Üretilebilirlik Araştırması	57
5.14.1. Buhar Türbini.....	57
5.14.2. Soğutma Kuleleri	57
5.14.3. Devir Daim Pompaları	58
5.14.4. Kondenserler	58
5.14.6. Filtreler.....	58
5.14.7. Jeotermal Güç Santrallerinde Kullanılan Parçaların NACE Kodları.....	59
5.14.8. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Yapan Tesis Elemanlarının Konya’da Üretebilecek Firma Bilgileri ve İlgili Alanları.....	60
5.14.9. Tasarım	62
5.15. Jeotermal Enerji Sistemlerinde Sonuç, Öneriler ve Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar	62
5.15.1. Sonuçlar	62
5.15.2. Öneriler	64

5.15.3. Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar	64
5.16. Kaynaklar.....	66

KISALTMALAR

A.Ş.	Anonim Şirketi
da	Dakar
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
GW	Gigawatt
GWe	Gigawatt Elektrik
JES	Jeotermal Elektrik Santrali
JMIS	Jeotermal Merkezi Isıtma
kW	Kilowatt
kWe	Kilowatt Elektrik
kWh	Kilowatt Saat
L/s	Litre/Saniye
LTD	Limitet Şirketi
m	Metre
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal
MTA	Maden Tetkik Ve Arama
MW	Megawatt
MWe	Megawatt Elektrik
MWh	Megawatt Saat
MWt	Megawatt Isı
ORKÖY	Orman - Köy İlişkileri Genel Müdürlüğü
RPM	Revolutions Per Minute - Devir/Dakika
T	Sıcaklık
TJ	Terajoule

ÖNSÖZ

Sürdürülebilirlik, doğal kaynak olarak toprak, su, yer altı ve yer üstü zenginlikleri, bitki örtüsü ve benzeri potansiyellerin kullanımında sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak açısından temel kabul olarak ele alınması gereken bir kavramdır (Tozar, 2006). Jeotermal kaynaklar için sürdürülebilir kalkınma modeli jeotermal kaynakların uzun dönem kullanımlarını (100-300 yıl) ve jeotermal akışkanların yüzeyde oluşturdukları doğal güzelliklerin (traverten, gayzer, çamur havuzu gibi) korunmasını içermektedir. Jeotermal kaynakların gelişiminde; yasal düzenlemelerin ve politikaların oluşturulması, uzun dönemli gözlemlerle oluşturulan saha modellemeleri, akışkanın kullanım sonrası tekrar rezervuara basılması (re-enjeksiyon), çok amaçlı kullanımları ve sığ derinlikli ve düşük entalpiye sahip sahalar da ısı pompalarının kullanılması jeotermal kaynakların sürdürülebilir gelişmesini artırmıştır (Toka ve Arı, 2006).

Türkiye yenilenebilir enerji potansiyelinin belirlenmesi ve sistem parçalarının üretilebilirlik araştırmasının yapıldığı bu çalışmada jeotermal enerjinin Türkiye ve Dünyadaki kullanım alanları, potansiyeli, kullanım şekilleri ve mevcut uygulama alanlarından bahsedilmiştir. Daha sonra elektrik üretim amaçlı kullanılan jeotermal enerjinin kullanım alanlarındaki sistem elemanları belirlenmiş ve üretilebilirlik araştırması, Konya sanayisi için detaylı bir şekilde incelenmiş, ilgili olan firmalar listelenmiştir.

5.1.Giriş

Jeotermal (jeo-yer, termal-ısı anlamına gelir) yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır (Şekil 1). Jeotermal enerji de bu jeotermal kaynaklardan ve bunların oluşturduğu enerjiden doğrudan veya dolaylı yollardan faydalanmayı kapsamaktadır.

Jeotermal enerji yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür. Jeotermal enerji yılın her anında ulaşılabilir bir enerji kaynağıdır. Atmosfere CO₂ ve diğer emisyonların verilmediği bu enerji türünde, flora ve faunaya olumsuz etkiler minimum düzeyde olmaktadır. Yakıt bedeli olmadığı için işletme masrafları düşük olan bu enerji türünde, birkaç kilovattan megavata kadar ısı enerjisinden yararlanmak da mümkündür (Gülöksüz ,2000).



- Isı kaynağı
- Isıyı taşıyan akışkan (çalışan akışkan, meteorik su)
- Rezervuar bölgesi (poroziteli, permeabiliteli)
- Örtü kaya (Şekil 2)



Jeotermal kaynaklar ile ;

1. Elektrik enerjisi üretimi,
2. Merkezi ısıtma, merkezi soğutma, sera ısıtması vb. ısıtma/soğutma uygulamaları,
3. Proses ısısı temini, kurutma işlemleri gibi endüstriyel amaçlı kullanımlar,
4. Karbondioksit, gübre, lityum, ağır su, hidrojen gibi kimyasal maddelerin ve minerallerin üretimi,
5. Termal turizmde kaplıca amaçlı kullanım,
6. Düşük sıcaklıklarda (30 °C' ye kadar) kültür balıkçılığı,
7. Mineraller içeren içme suyu üretimi

gibi uygulama ve değerlendirme alanlarında kullanımlar gerçekleştirilmektedir (Köse, 2002). Çizelge 1’ de değişik sıcaklıklardaki jeotermal kaynakların kullanım alanları görülmektedir. Burada 100° C sıcaklığın üzerindeki termal kaynakların elektrik üretimine elverişli olduğu fakat bu sıcaklığın altındaki kaynaklarda ise doğrudan elektrik enerjisi üretimine uygun olmadığı görülmektedir.

Çizelge 1. Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Yerleri (MTA, 2009)



5.2. Jeotermal Enerjinin Tarihçesi

Jeotermal kaynakları tarihte ilk defa M.Ö. 1500'lü yıllarda Romalılar ve Çinliler tarafından banyo, ısınma ve pişirme amaçlı olarak kullanılmıştır. Jeotermal enerjinin Avrupa'da kullanılmaya başlanması 1200'lü yılların başında gerçekleşmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi Jeotermal kaynaktan elde edilen buhardan ilk elektrik üretimi 1904'de İtalya'nın Larderello' da şehrinde açılmıştır (John, 2004). Türkiye' de ise Jeotermal sondaj kuyusu 1963'de Balçova'da açılmıştır.



Şekil 3. Larderello Buharlı Elektrik Üretimi (John, 2004)

2010 yılı verileri dahilinde dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 9.700 MW, yıllık üretim 80 milyar kWh olup, jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke; ABD, Filipinler, Meksika, Endonezya ve İtalya şeklindedir. Elektrik dışı kullanım ise 33.000 MW' tır. Dünya'da jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke ise Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye'dir (DPT, 2006).

5.3. Dünyada Jeotermal Enerji

İnsan yaşamında enerji kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Bu bakımdan insanlar yaratılışından bu yana enerjiye her zaman ihtiyaç duymuştur. Sahip olduğu enerji kaynaklarından olanakları ölçüsünde yararlanmış ve bu kaynakları geliştirmek için sürekli arayış içerisinde olmuşlardır. Bir enerji kaynağı olan jeotermal enerji başlangıçta sadece kaplıca amaçlı kullanılırken, günümüzde geniş kullanım olanakları sunan bir enerji türüne dönüşmüştür.

İlk çağlardan beri ilkel yollarla sağlık amaçlı olarak yararlanılan doğal sıcak su kaynakları ilk defa 1827 yılında İtalya’ da asit borik elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra 1904 yılında Larderello (İtalya) yöresinde yine ilk defa jeotermal buhardan elektrik üretimine başlanmış ve 1912 yılında ilk turbo jeneratör kurulmuştur (Şekil 4). Şekil 5’te görüldüğü gibi bu enerji İzlanda’nın Reykjavik kentinde ısıtma amacıyla 1930’da kullanılmaya başlanmıştır. 1949 yılında Yeni Zelanda Wairakei sahasında turistik bir otele sıcak su temini amacıyla başlanan sığ sondajlara daha sonra, elektrik elde edebilmek amacıyla devam edilmiş ve 1954 yılında 200 MWe kapasiteli bir santral kurulmuştur. Mevcut kapasite ile 120 MW elektrik ve ısıtma amaçlı 1.800 L/s sıcak su basılmaktadır. 1960’da Amerika’ da, 1961’ de Meksika’ da ve 1966’ da Japonya’ da santraller kurularak jeotermal enerjinin kullanımı dünya çapında yayılmıştır (Bertani, 2005).



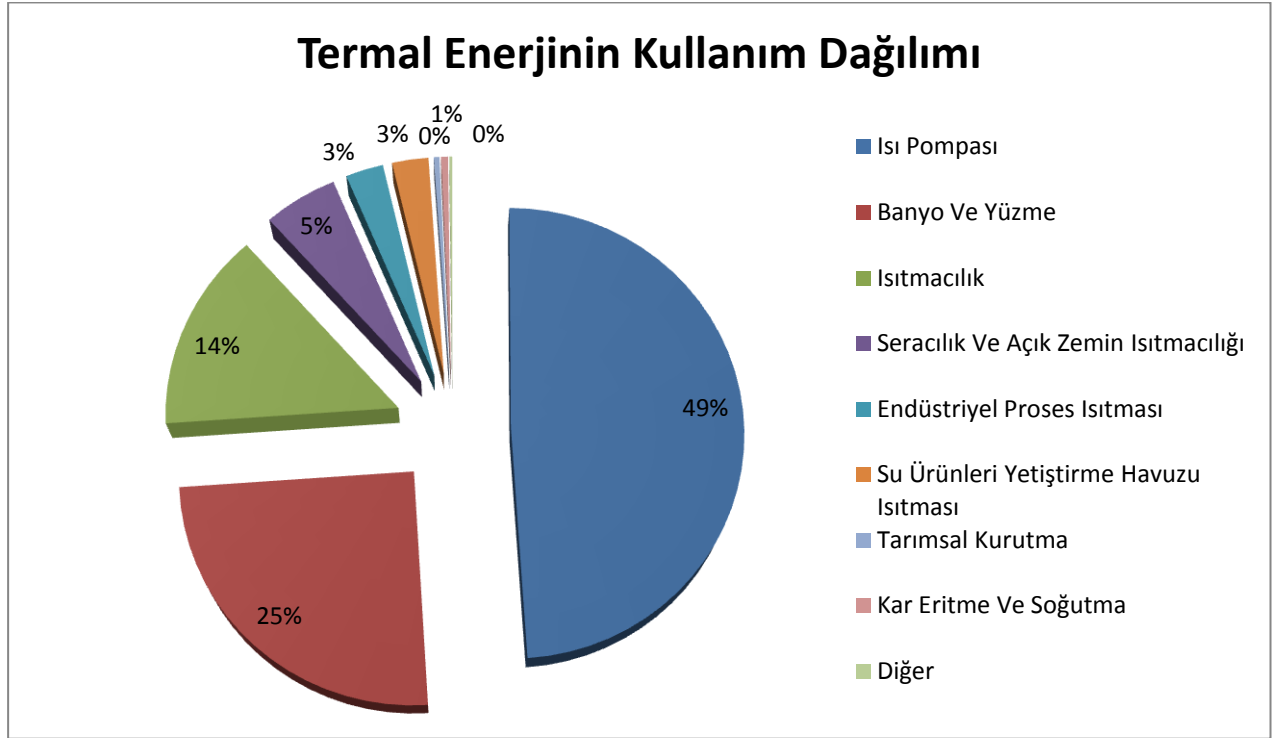
Şekil 4. Larderello (İtalya) ve Cerro Prieto (Meksika) Jeotermal Sahaları (Anonim, 2011b)



Şekil 5. Reykjavik (İzlanda) ve Malitbog (Filipinler) Jeotermal Sahaları (Anonim, 2011b)

Dünya'da 1955’den 2000 yılına kadar, jeotermal elektrik üretiminde %17, jeotermal elektrik dışı uygulamalarda ise %87 artış olmuştur. Jeotermalin doğrudan kullanımı ise 17174 MW termal olup, 3 milyon konut ısıtma eşdeğeridir. Dünyada 10 bin dönüm, Türkiye’de ise 500 dönüm jeotermal sera vardır.

2010 yılında bildiriler ve ulaşılabilen kaynakların verileri temel alınarak hazırlanan rapora göre; Jeotermal enerji kullanımı 438,071 TJ/yıl (121,696 GWh/yıl) olup, 2005 yılından itibaren %60 artış ve yaklaşık %9,9 oranında yıllık büyüme göstermektedir (Çizelge 3). Termal enerjinin kullanım dağılımının pasta grafiği Şekil 6’da verilmiştir. Enerji tasarrufu yılda 307,8 milyon varil (46,2 milyon ton) petrol eşdeğeridir. Ayrıca, 46,6 milyon ton karbon ve 148,2 milyon ton CO₂ gazının atmosfere karışmasını engellemiş olmaktadır (Anonim, 2011c).



Şekil 6. Termal Enerjinin Kullanım Dağılımı

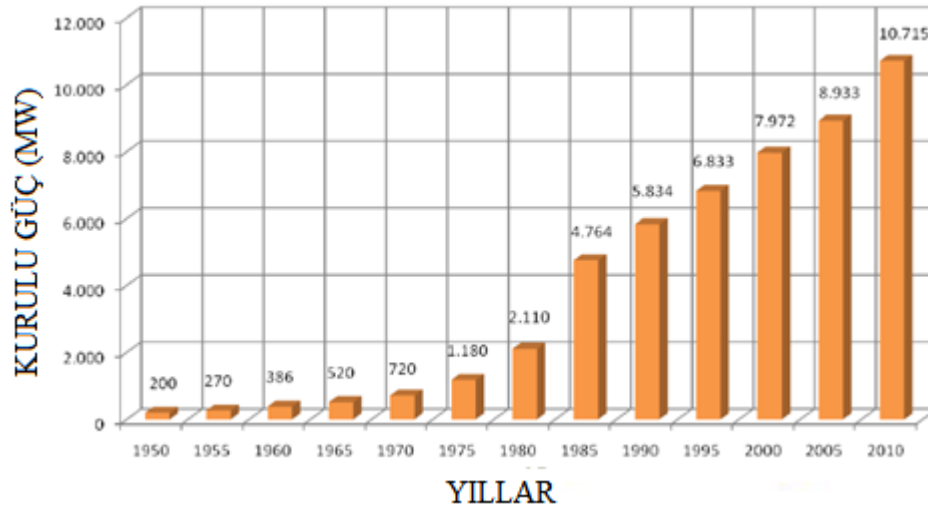
Dünyada, jeotermal elektrik santrali bulunan 27 ülke mevcuttur. Bu ülkelerden Yunanistan, Tayvan ve Arjantin' in ekonomik ve çevresel etkenler nedeniyle santrallerini kapatmaları sonucu, santral bulunan ülke sayısı bugün itibariyle 24 olmuştur (Çizelge 2). Dünya çapında jeotermal elektrik santrallerinin toplam kurulu kapasitesi Çizelge 2, Çizelge 3 ve Şekil 7' de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 2010 Yılı İtibariyle Toplam Jeotermal Kapasite ve Kullanımı (Anonim, 2011c)

Kullanım	Kurulu Güç (MW)	Yıllık enerji kullanımı (GWh/yıl)	Kapasite Faktörü	Kullanımın olduğu ülke sayısı
<i>Elektrik üretimi</i>	10,715	67,246	0,72	24
<i>Doğrudan Kullanım</i>	50,583	121,696	0,27	78

Çizelge 3. 2010 Yılı İtibariyle Jeotermal Kullanımın Kıtalar Göre Dağılımı (Anonim, 2011c)

	<i>ELEKTRİK ÜRETİMİ</i>			<i>DOĞRUDAN KULLANIM</i>		
<i>Bölge</i>	<i>%MWe</i>	<i>%GWh/yıl</i>	<i>Ülkeler</i>	<i>%MWe</i>	<i>%GWh/yıl</i>	<i>Ülkeler</i>
<i>Afrika</i>	1.6	2.1	2	0.1	0.6	7
<i>Amerika</i>	42.6	39.9	6	28.9	18.4	15
<i>Asya</i>	34.9	35.1	6	27.5	33.8	16
<i>Avrupa</i>	14.5	16.2	7	42.5	45.0	37
<i>Okyanusya</i>	6.4	6.7	3	1.0	2.2	3

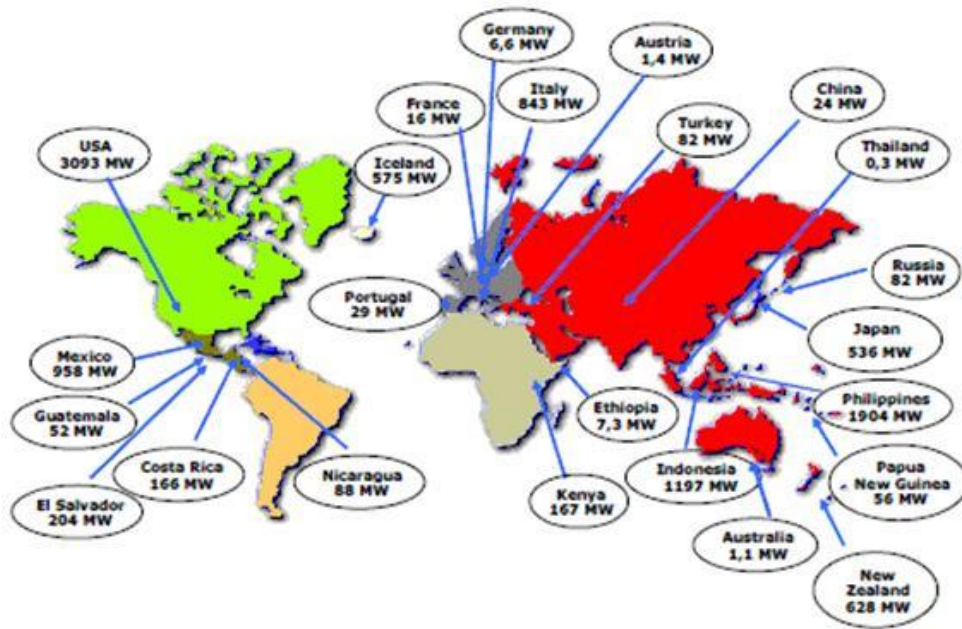


Şekil 7. Dünyadan Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Kurulu Gücü (Anonim, 2011c)

En önemli gelişmelerden birisi ise, jeotermal kullanımının ülkelere katkısı ve ülkelerin bölgesel kapasite ve üretimlerinin boyutudur. Jeotermal elektrik santrali bulunan ülkeler ve üretim kapasiteleri Şekil 8’de gösterilmiştir. Lihir Adası (Papua Yeni Gine), Tibet, San Miguel Adası (Azores), Tuscany (İtalya), İZLANDA, El Salvador, Kenya, Filipinler, Nikaragua, Guadeloupe (Caribbean), Costa Rica ve Yeni Zelanda’ da elektrik üretiminin %5’ den fazlası jeotermal enerji tarafından karşılanmaktadır.

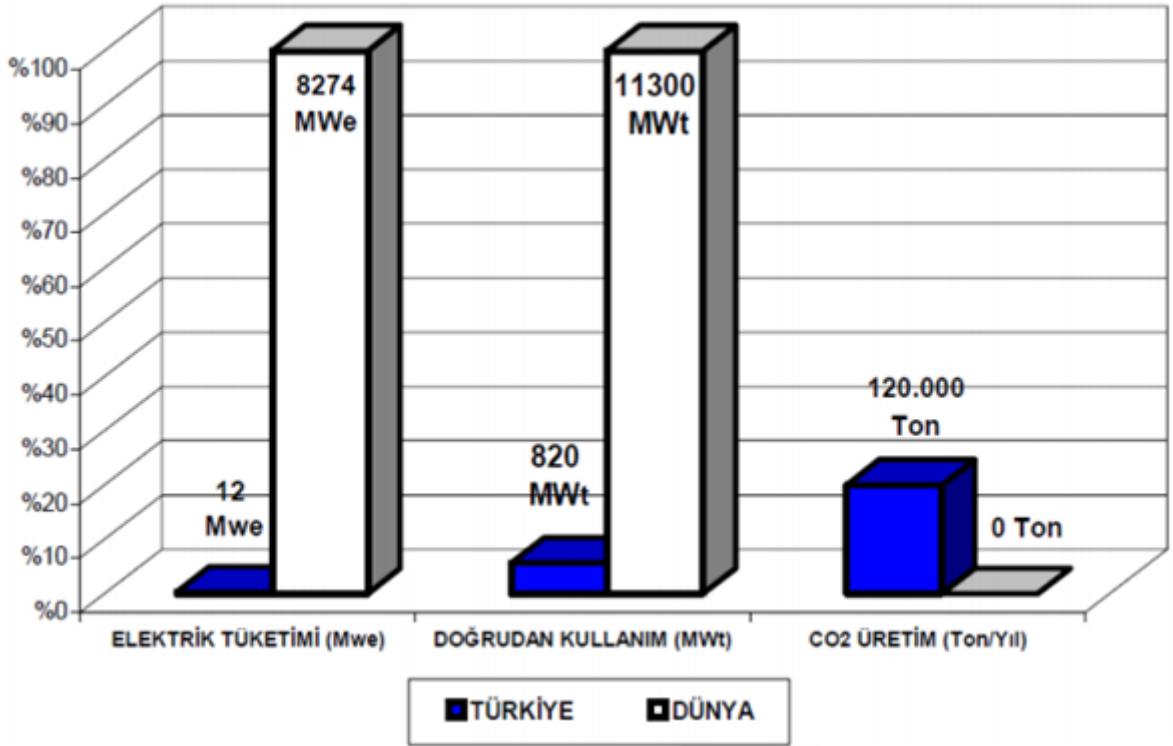
Dünya çapında 78 ülkede jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı yapılmaktadır. Bu sayı, 1995 yılında 28, 2000 yılında 58, 2005 yılında 72 olarak kaydedilmiş olup son 15 yılda önemli bir artış görülmüştür. Güncel raporlar değerlendirilerek, 2009 yılı sonunda doğrudan kullanım için kurulu termal güç 50,583 MW olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, 2005’ ten günümüze yaklaşık %79’ luk bir artışı, yıllık %12,3 büyümeyi ve yıllık

0,27 kapasite faktörünü göstermektedir (Şekil 9). Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımının ulusal enerji bütçesine katkısı özellikle İzlanda ve Türkiye' de göze çarpmaktadır. İzlanda' da ülkenin ısıtma ihtiyacının %89'u (neredeyse tüm yıl boyunca olan ihtiyaç) jeotermal enerji ile karşılanmaktadır. Bu durum ayrıca ülkeye petrol ithalatında 100 milyon ABD\$' ı tasarruf sağlamaktadır. Türkiye kurulu kapasitesini (çoğu merkezi ısıtma sistemi olmak üzere) son beş yıl içinde 1,495 MW' tan 2,084 MW değerine çıkarmıştır (DPT, 2006).



Şekil 8. Dünya'da, 2010 Yılı İtibariyle Jeotermal Elektrik Santrali Kurulu Kapasitesi 10,7GW (Bertani, 2010)

Jeotermal elektrik üretimindeki büyüme ve gelişme son 40 yıl içinde önemli derecede (yıllık %3-11 arasında) artış göstermiştir. Aynı dönem içinde doğrudan kullanım ise değişme olmaksızın yıllık %10 büyümeye devam etmiştir. 2015 yılı için öngörülen elektrik üretimi gelecekte, bileşik ısı ve elektrik santrallerinin gelişmesi büyük önem arz edecektir. En büyük büyüme ise dünyanın her yerinde uygulanabileceği için jeotermal ısı pompalarının kullanımı ve kurulumu üzerine olacaktır.



Şekil 9. Jeotermal enerjinin Dünyada ve Türkiye’de değerlendirilmesi ve karşılaştırılması (Yörükoğlu, 2007)

5.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemiz jeotermal potansiyel açısından Avrupa’da birinci, Dünyada ise yedinci sırada yer almaktadır (Serpen, U.). Türkiye’de toplam 1000 dolayında sıcak ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Bilinen jeotermal alanların % 95’i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına uygundur. Türkiye’de az sayıda da olsa yüksek entalpiye sahip jeotermal alanlar da keşfedilmiştir, bu alanda yapılan araştırmalar devam etmektedir.

Ülkemizde, jeotermal enerji kullanılarak 1200 dönüm sera ısıtması yapılmakta ve 15 yerleşim biriminde 100.000 konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır (Şekil 10) Şanlıurfa’ da ki yaklaşık 250 dönümlük jeotermal seradan Avrupa’ ya ihracat yapılmaktadır.



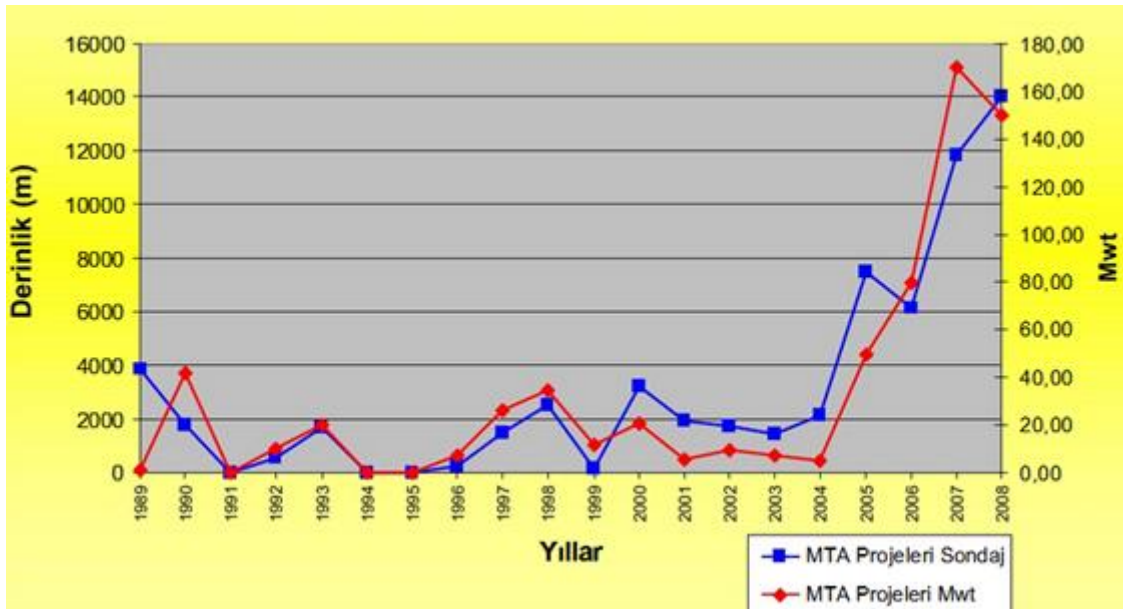
Şekil 10. Türkiye’nin Neotektoniği, Volkanik Etkinliği ve Jeotermal Alanlar (MTA, 2009)

Türkiye’de ilk jeotermal enerji ile ısıtma uygulaması 1964 yılında Balıkesir-Gönen Park Otelinin ısıtılması ile başlatılmıştır. Daha sonra, 1987 yılından itibaren Balıkesir-Gönen’de 1400 konut eşdeğerli ısıtma, 650 yataklı otelin ısıtılması, 54 adet tabakhane’nin proses sıcak su ihtiyacı ve 2000 m²’lik seranın ısıtılması başarı ile uygulanmıştır.

Türkiye’de jeotermal enerji tespitine ve bu enerjinin kullanımına dönük çalışmalar özellikle İzmir ve Ege Bölgesi’nin bazı diğer noktalarında ilerlemiştir. İzmir’de Balçova ve Narlıdere ilçelerinde halen yaklaşık 15 bin konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Seferihisar, Dikili, Bergama, Çeşme, Aliaga, Urla, Güzelbahçe, Bayındır, Menderes, Kemalpaşa ve Kozaklı ilçelerinde de varlığı bilinen jeotermal kaynaklarının kullanılması halinde, sadece İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde 220 bin konutu ısıtabilecek kapasiteye ulaşılabileceği hesaplanmaktadır. Ancak atılan adımlar, jeotermal enerji altyapı çalışmalarını caydırıcı konuma getirmiştir. Dış etkenlere bağımlılıkla eşdeğer doğalgaz kullanımını asgariye indirerek, teknolojisi ve insan kaynakları halihazırda mevcut yerli jeotermal enerjinin ön plana çıkarılmasına yönelik çabalar pek çok ilgili çevre tarafından ısrarla sürdürülmektedir. Bu bağlamda, yıllardır [Jeotermal Yasası \(Teklif\)](#) çıkarılması beklenmiş ve bu yasa yönetmeliği ile

birlikte 13.06.2008 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Diğer ülkelere oranla daha şanslı bir konumda olan Türkiye'nin jeotermal potansiyeli gelişen jeofizik yöntemlerle ortaya çıkarılmış olacaktır.

Maden tetkik ve Arama Enstitüsünün kuruluşundan bu yana yaptığı jeotermal aramalar neticesinde keşfettiği sahaların dışında elektrik üretimine yönelik sahalar yok gibidir. Bazı özel şahıs ve şirketlerce de arama yapılmakla birlikte şimdiye kadar kendi aramaları sonucu bulduğu kaynaktan elektrik üretimi sağlamış bir özel sektör kuruluşu yoktur (Şekil 11).



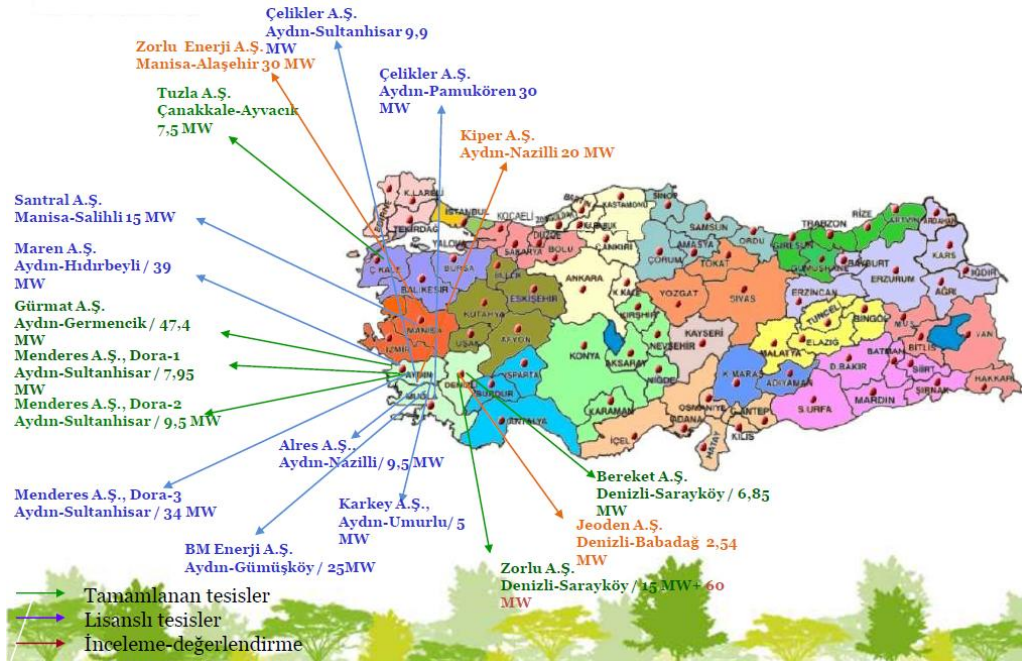
Şekil 11. MTA Genel Müdürlüğü Yıllar İtibariyle Jeotermal Sondajları ve Elde Edilen Isı Enerjileri
(MTA, 2009)

Şekil 12` de görüldüğü gibi Türkiye'de 40°C'nin üzerinde jeotermal akışkan içeren 140 adet jeotermal saha bulunmaktadır. Klasik yöntemlere göre bunlardan Aydın-Germencik (200-232°C), Denizli-Kızıldere (200-212°C), Çanakkale-Tuzla (173°C), Aydın-Salavatlı (171°C) elektrik üretimine uygun, diğerleri ise merkezi ısıtmaya uygun olduğu kayıt edilmiştir (MTA, 2009).

TÜRKİYE JEOTERMAL KAYNAKLAR DAĞILIMI VE UYGULAMA HARİTASI



Şekil 12. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Dağılım ve Uygulama Haritası (MTA, 2009)



Şekil 13. Türkiye'nin Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Kurulu Gücü (Durak, 2011)

Çizelge 4. Türkiye’nin Jeotermal Elektrik Üretimi ve Üretici Firmalar (Durak, 2011)

Tesis adı	Yeri	Şirket	Kurulu güç (MW)	Açıklama
Maren JES	Aydın-Hıdırbeyli	Maren Jeo. A.Ş.	39	Lisanslı (2013) 20 MW (2011)
Umurlu JES	Aydın-Umurlu	Karkey Enr. A.Ş.	5	Lisanslı (2014)
Sanko JES	Manisa- Salihli	Santral Jeo. A.Ş.	15	Lisanslı (2014)
Dora 3 JES	Aydın-Salavath	Menderes Jeo.A.Ş.	34	Lisanslı (2014)
Alres JES	Aydın-Atça	Alres Enerji A.Ş.	9,5	Lisanslı (2014)
Gümüşköy JES	Aydın-Gümüşköy	Gümüşköy Jeo. A.Ş.	25	Lisanslı (2015)
Pamukören JES	Aydın-Pamukören	Çelikler Jeo. A.Ş.	30	Lisanslı (2015)
Sultanhisar JES	Aydın-Sultanhisar	Çelikler Jeo. A.Ş.	9,9	Lisanslı (2015)
Alaşehir JES	Manisa-Alaşehir	Zorlu Jeotermal A.Ş.	30	Uygun Bulma
Kiper JES	Aydın-Nazilli	Kiper Elektrik Ürt A.Ş.	20	Başvuru
Jeoden JES	Denizli-Sarayköy	Jeoden Elektrik Ürt A.Ş.	2,52	Başvuru
	TOPLAM		219,92	



Şekil 14. Türkiye’de Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Kurulu Gücü Muhtemel Gelişimi (Durak, 2011)

Türkiye’de jeotermal enerji kullanımının bölgelerde uygulama alanları ve kapasiteleri Çizelge 5’te gösterilmiştir. Bölgelerdeki jeotermal enerji kullanımı I, B, E ve S simgeleriyle gösterilmiştir:

- I; jeotermal ısıtma sistemlerini,
- B; Balneoloji sağlık amaçlı kaplıca ve termal tesisleri,
- E; Endüstriyel kullanım alanlarını ve elektrik üretimini,
- S; Seracılık ve tarım sektörünü nitelendirmektedir.

Çizelge 5. Türkiye’deki Önemli Bazı Jeotermal Alanlar ve Kullanım Şekilleri (MTA, 2009)

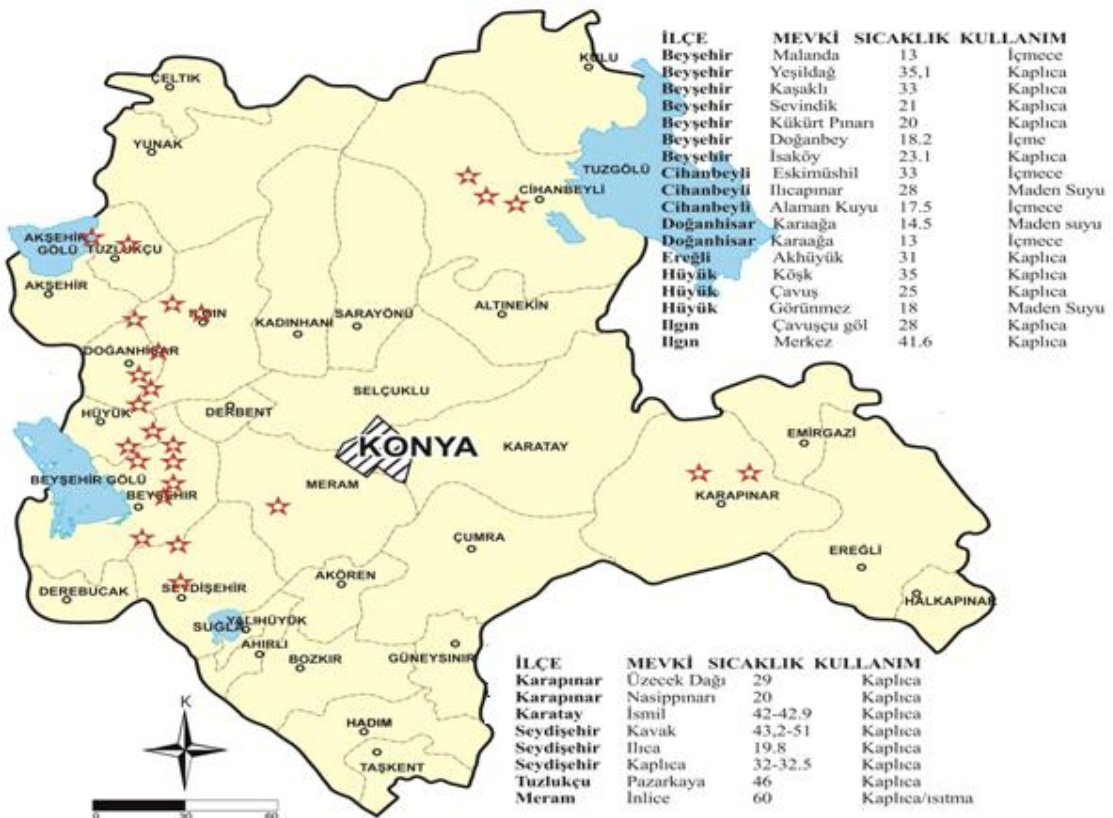
YER	KULLANIM ŞEKLİ	KAPASİTE (MW)	ENERJİ (TJ/yıl)
Gönen	I, B, E	32	353.3
Simav	I, B, S	61.6	940.2
Kırşehir	I	18	198.7
İzmir	I	90.4	998
Sandıklı	I, B	47.4	523.3
Afyon	I, S	41.5	470
Dişadin	I	6.3	695.5
İzmir Tıp Fakóltesi Hastanesi, Kampüs	I	21.7	239.6
Bolu	I	8	88.32
Balçova Termal Tesisleri &Termal Princess Hotel	I, B	13.6	150.1
Afyon-Oruçođlu	I, B	5.7	62.9
Gediz	I, B, S	2.74	46.81
Afyon-Gazlıgöl	I, B	5	55.2
Kuzuluk	I, B	20	220.8
Afyon-Omer	I, B	2.5	27.6
Kızılcahamam	I, B, S	30.7	322.88
Afyon-Bolvadin	I, B	1.5	16.6
Kozaklı	I, S	14.9	173.94
Amasya	I, B	2	22.1
Ayaş	I, B	2	22.1
Pamukçu	I, B	2	22.1
Urfa	S	15	283.9
Kızıldere	S	2.4	45.4
Balçova	S	17.6	333
Tekkehamam	S	1.8	34
Dikili	S	2	35.2
Seferihisar	S	1.06	18.7
Germencik	S	0.1	1.9
Edremit	S	9.9	187.36
Gediz	S	2.1	39.74
Çanakkale-Tuzla	S	9	170.33
TOPLAM		490.5	6799.58

Jeotermal ısıtma potansiyeli ile ölkemizde 5 milyon konut ısıtılabilir. Yerleşim bölgelerinin yaklaşık %30- 35' ine karşılık gelecek bu rakam, şu andaki ısıtma amacıyla kullanılan ve çevre kirliliğine neden olan kaynaklara ikame olabilir. Jeotermal ısıtmanın maliyeti kömürle ısıtmanın ancak 1/5' ine denk gelmektedir. Ayrıca jeotermal ısıtma-değerlendirme sistemleri kendisini en geç 4-5 yılda geri ödeyen yatırımlar olarak görölmektedir. Enerjisi ısıtmada kullanıldıktan sonra jeotermal akışkanlar, rezervuar kayalara tekrar geri gönderilirler. Dolayısıyla herhangi bir çevre kirliliği yaratmadığı gibi kendilerini de tekrar geri beslemiş olurlar.

5.5. Konya'da Jeotermal Enerji

Konya jeotermal enerji kaynakları açısından da önemli bir potansiyele sahip olup, bilinen jeotermal sahaların hemen-hemen tamamı içme ve kaplıca suyu olarak kullanılabilir niteliktedir. Bu bölgede ki kaynakların sıcaklıkları 25⁰C - 45⁰C, debileri 0,1-8 l/s arasında değişmektedir. Sıcak ve mineralli sular 500-1000 m arasındaki derinliklerden gelmekte olup sular yüzeye yakın kesimlerde soğuk sularla

karışmaktadır. Jeotermal sahaların dağılımına bakıldığında genellikle Konya'da kırık zonlarının yoğun olduğu batı kesimlerinde Tuzlukçu, Ilgın, Doğanhisar, Hüyük, Beyşehir ve Seydişehir İlçeleri ile Cihanbeyli, Karapınar ve Ereğli civarında yoğunlaşmaktadır (Şekil 16). Ayrıca İnlice (Meram) civarında yapılan aramalarda 60°C sıcaklıkta bir kaynak bulunmuştur. Konya'daki jeotermal kaynaklardan Yeşildağ ve Kaşaklı (Beyşehir), Köşk (Hüyük), Ilgın, İsmil (Karatay), Kavak (Seydişehir), Pazarkaya (Tuzlukçu) ve İnlice (Meram) kaynaklarında sıcaklık 30°C'nin üzerindedir. Son yıllarda MTA ve özel sektör tarafından Konya kent merkezi dahil olmak üzere, Cihanbeyli, Tuzlukçu ve Ereğli yörelerinde bir çok potansiyel jeotermal saha keşfedilmiştir (Arık, 2011). Sıcak ve mineralli su kaynaklarından İsmil, Ilgın, Beyşehir-Köşk ve Seydişehir-Ilıca kaynakları kaplıca olarak kullanılmakta olup diğer kaynak çıkışları üzerinde tesis bulunmamakta ve kaynaklar boşa akmaktadır. Konya çevresindeki sıcak ve mineralli su kaynakları sera ve toprak ısıtması içinde uygundur.



Şekil 15. Konya'daki Jeotermal Alanların Dağılımı (Arık, 2011)

5.6. Türkiye’de Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Yapan Tesisler

Türkiye’de elektrik üretimi yapılan sahaların özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

5.6.1. Aydın Germencik Jeotermal Sahası

Kaynak Sıcaklığı; Maksimum sıcaklık 200~232°C

Kurulu Kapasite; 47,4 MWe

Lisans Tarihi; 23.03.2004

Lisans Süresi; 45 yıl

Üretici Firma; Gürmat Elektrik Üretim A.Ş.



Şekil 16. Aydın Germencik Jeotermal Sahası (Gürmat Elektrik Üretim A.Ş. 2011)

5.6.2. Denizli Kızıldere Jeotermal Sahası

Kaynak Sıcaklığı; Maksimum sıcaklık 200~242°C

Kurulu Kapasite; 6,85 MWe

Lisans Tarihi; 17.07.2007

Lisans Süresi; 20 yıl

Üretici Firma; Bereket Jeotermal Enerji Üretim A.Ş.



Şekil 17. Denizli Kızıldere Jeotermal Sahası (Bereket Jeotermal Enerji Üretim A.Ş. 2011)

5.6.3. Aydın Hıdırbeyli Jeotermal Sahası

Kaynak Sıcaklığı; Maksimum sıcaklık 200~242°C

Kurulu Kapasite; 20 MWe İnşa halindeki Kapasite; 24 MWe

Lisans Tarihi; 21.08.2008

Lisans Süresi; 29 yıl

Üretici Firma; Maren Maraş Elektrik Üretim Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi



Şekil 18. Aydın Hıdırbeyli Jeotermal Sahası (Maren Maraş Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş. 2011)

5.6.4. Çanakkale Tuzla Jeotermal Sahası

Kaynak Sıcaklığı; Maksimum sıcaklık 174°C

Kurulu Kapasite; 7,5 MWe

Lisans Tarihi; 11.05.2004

Lisans Süresi; 40 yıl

Üretici Firma; Tuzla Jeotermal Enerji Anonim Şirketi



Şekil 19. Çanakkale Tuzla Jeotermal Sahası (Tuzla Jeotermal Enerji A.Ş. 2011)

5.6.5. Aydın Sultanhisar Jeotermal Sahası

Kaynak Sıcaklığı; Maksimum sıcaklık 145°C

Kurulu Kapasite; 9,5 MWe

Lisans Tarihi; 27.12.2007

Lisans Süresi; 40 yıl

Üretici Firma; Menderes Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş.



Şekil 20. Aydın Sultan Hisar Jeotermal Sahası (Menderes Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş. 2011)

5.6.6. Aydın Salavathı Sultanhisar

Kaynak Sıcaklığı; Maksimum sıcaklık 171°C

Kurulu Kapasite; 7,95 MWe

Lisans Tarihi; 04.04.2003

Lisans Süresi; 45 yıl

Üretici Firma; Menderes Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş.



Şekil 21. Aydın Salavatlı Jeotermal Sahası (Menderes Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş. 2011)

5.6.7. Denizli Sarayköy Jeotermal Sahası

Kaynak Sıcaklığı; Maksimum sıcaklık 200~242°C

Kurulu Kapasite; 15 MWe İnşa Halindeki; 60 MWe

Lisans Tarihi; 21.08.2008

Lisans Süresi; 29 yıl

Üretici Firma; Zorlu Doğal Elektrik Üretimi A.Ş.



Şekil 22. Denizli Sarayköy Jeotermal Sahası (Zorlu Doğal Elektrik Üretimi A.Ş. 2011)

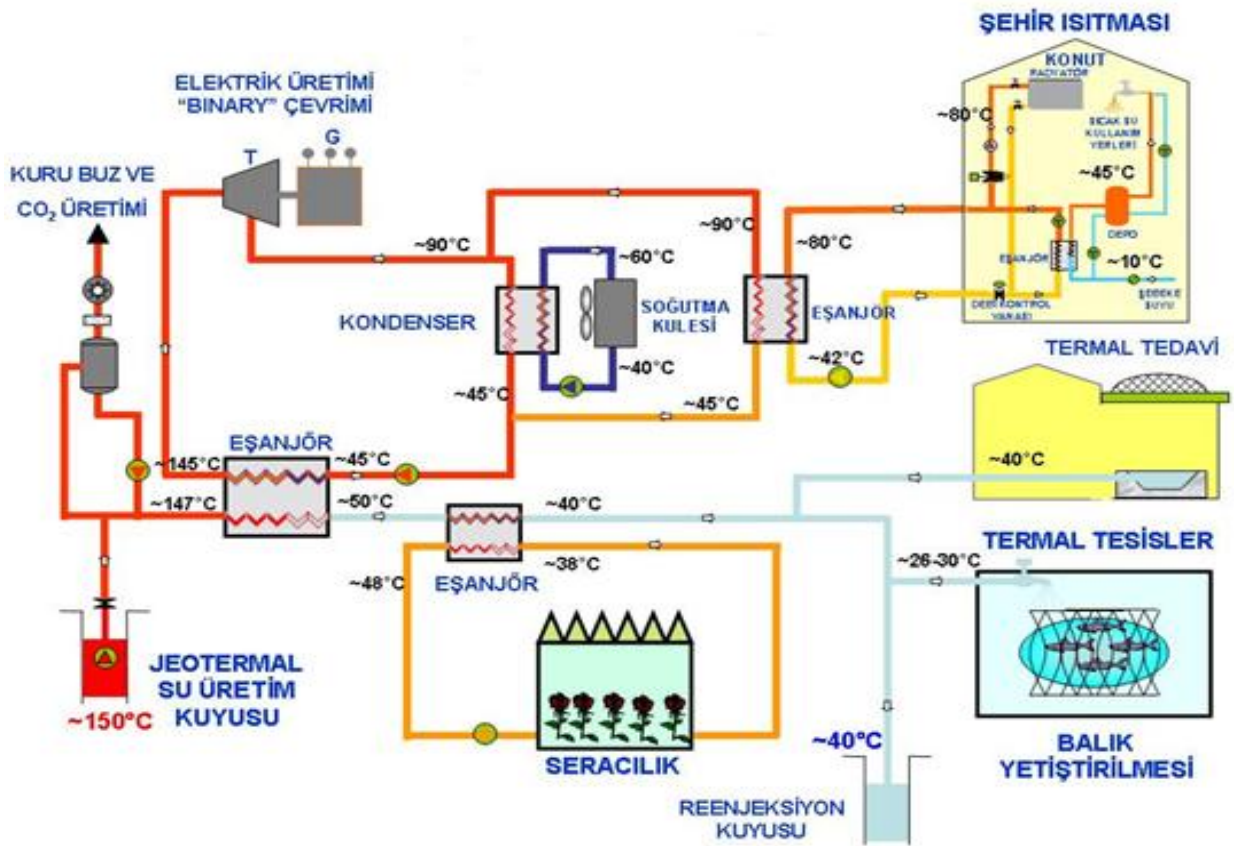
Çizelge 6.Jeotermal Enerjiden Elektrik Üreten Proje Aşamasındaki Tesisler (EPDK, 2011)

Şirket Adı	Tesis Yeri	Kurulu Güç(MWm)	İnşa Halindeki Kapasite(MWe)
Maren Maraş Elektrik Üretim Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi	Aydın İli, Germencik İlçesi, Hıdırbeyli Mevkii	44	24
Karkey Karadeniz Elektrik Üretim A.Ş.	Aydın ili, Merkez-Köşk ilçeleri Umurlu mevkii	5	4,85
Santral Enerji Üretimi Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Manisa ili, Salihli ilçesi, Caferbeyli mevkii	15	15
Zorlu Doğal Elektrik Üretimi A.Ş.	Sarayköy JES	75	60
Alres Enerji Üretim A.Ş.	Aydın ili, Sultanhisar-Nazilli ilçeleri, Atça mevkii	9,5	9,5
Menderes Geothermal Elektrik Üretim A.Ş.	Aydın ili, Sultanhisar ve Köşk ilçeleri, Salavatlı mevkii/ DORA 3 JES	34	34
Gümüşköy Jeotermal Enerji Üretim Anonim Şirketi	Aydın ili, Germencik ilçesi, Gümüşköy mevkii/GÜMÜŞKÖY JES	15	15
Zorlu Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş.	Manisa ili, Alaşehir ilçesi, Erenköy-Osmaniye-Çeşneli mevkii/Alaşehir JES	30	30
Çelikler Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş.	Aydın İli, Kuyucak İlçesi, Pamukören Mevki/Pamukören JES	61,72	61,72
Çelikler Jeotermal Elektrik Üretim A.Ş.	Aydın İli, Sultanhisar Mevki/Sultanhisar JES	9,9	9,9
Kiper Elektrik Üretim A.Ş.	Aydın ili, Nazilli ilçesi, Gedik mevkii /Kiper JES	20	20
Jeoden Elektrik	Denizli ili, Sarayköy ilçesi,	2,52	2,52

Şirket Adı	Tesis Yeri	Kurulu Güç(MWm)	İnşa Halindeki Kapasite(MWe)
Üretim İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Seyitler mevki		

5.7. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları

Jeotermal enerji, sıcaklığına bağlı olarak, başta elektrik üretimi, ısıtma ve tedavi amaçlı olmak üzere endüstride çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıkta bir jeotermal akışkandan entegre olarak birçok alanda faydalanmak mümkündür (Şekil 23).



Şekil 23. Jeotermal Enerjinin Uygulama Alanları (Anonim, 2011d)

5.7.1. Jeotermal Enerjinin Isıtmada Kullanılması

Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi(JMIS); bir ya da daha fazla jeotermal akışkan üretim sahasının, bir grup binaya ısı enerjisi sağlamak amacıyla ısı kaynağı olarak kullanılması olarak tanımlanabilir. Bir JMIS’ de entegre kullanım ile binaların ısıtılması, ev içi kullanım suyunun ısıtılması, binaların soğutulması, endüstriyel

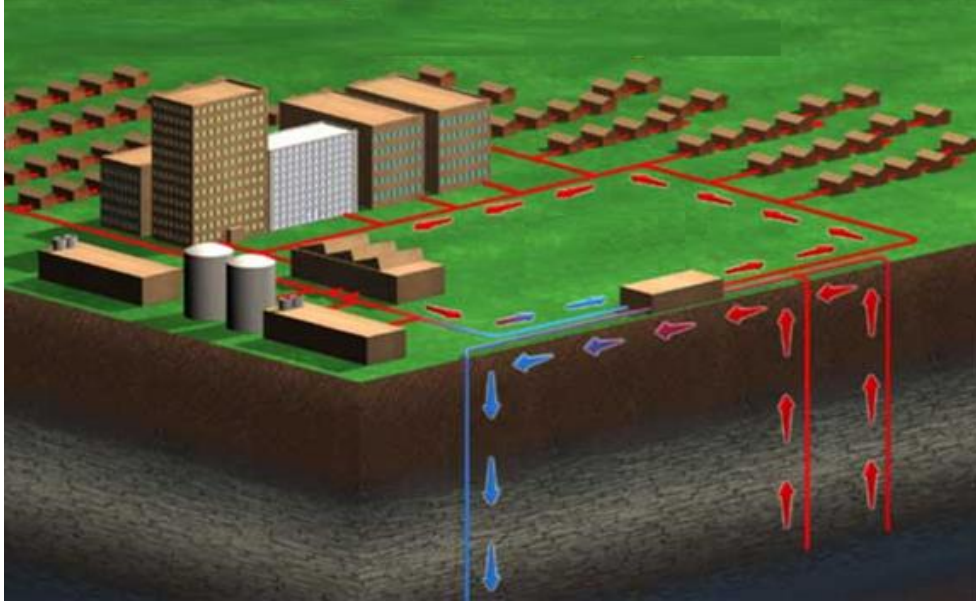
uygulamalar ve termal turizm (kaplıca) uygulaması bulunabilir (Erden, 2002). Jeotermal enerji ile bölgesel ısıtma yapıldığında, enerji olarak sadece üretilen sıcak su kullanılmaktadır. Dolayısıyla binalarda kazan, yakıt deposu ve benzeri ekipmanlar kullanılmamaktadır. Sadece bina altında ısı eşanjörleri bulunmaktadır. Tabiatıyla jeotermal üretim alanından sıcak suyu taşıyan boru sistemi de burada ilk yatırımda göz önünde bulundurulacak ana elemanlardan biridir. Ülkemizde halen birçok yörede bölgesel ısıtma sistemi uygulanmış ve gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bunlardan en önemlileri: Balçova, Narlıdere, Afyon, Gönen, Simav, Kızılcabamam, Kırşehir, Sandıklı, Kozaklı ve Diyardin’dir. Bu sistemlerin çoğunda bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bunların en önemlisi re-enjeksiyon sorunudur. Re-enjeksiyon yani kullanılan termal akışkanın tekrar kuyuya geri basılmasıdır. Bugün 247°C civarında maksimum sıcaklıkta olan Kızıldere’ de ki jeotermal kaynaktan ısıtmada kullanılmamasının sebebi budur. Bunun dışında bu kaynaktan tüm sene boyunca 10MWe’lik bir güçle devamlı elektrik enerjisi üretilirken, eğer ısıtma için kullanılmış olsaydı sadece yılın belirli aylarında kullanılmış olacaktı. Elektrik enerjisi üretildikten sonra atılan jeotermal su, günümüzde Sarayköy’ ün ısıtılma ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır (Arslan, 2006).

Jeotermal enerjinin bölge ısıtma sistemlerinde kullanılmasında en önemli üstünlükleri sırasıyla şunlardır (Gürses, 2011)

- Yerli ve temiz enerji
- Esnek sistem büyüklüğü
- Kullanım çeşitliliği
- Modülerlik
- Yüksek verim
- Birleşik kullanım kolaylığı
- Düşük işletme ve bakım maliyeti

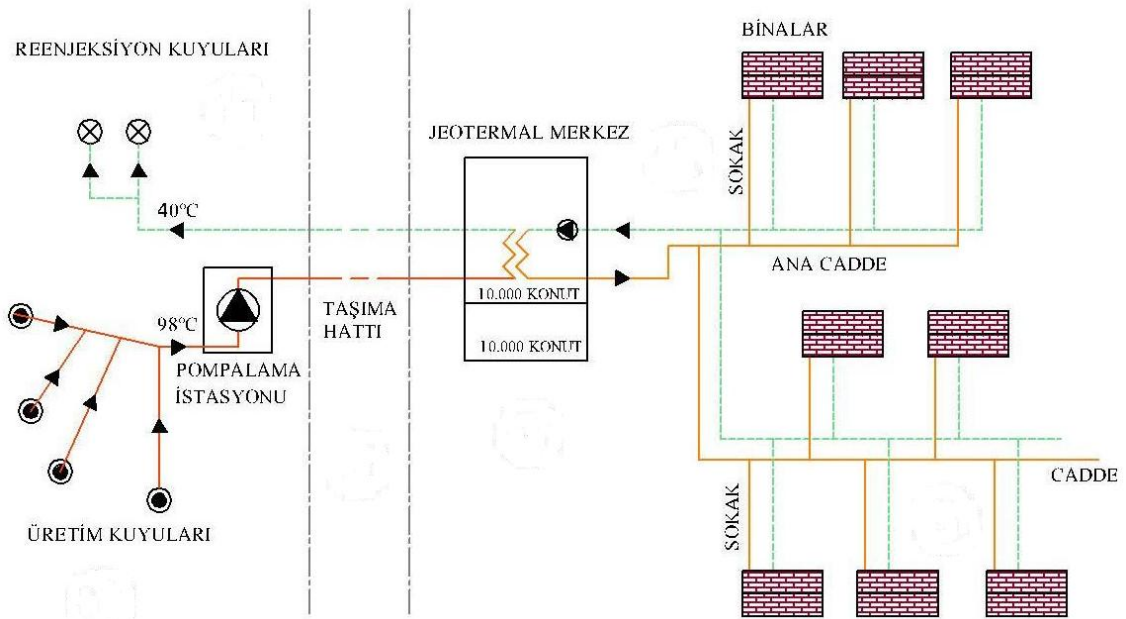
Şekil 24’de merkezi ısıtma sistemi için kullanılacak jeotermal akışkan kuyu başından isale hattı aracılığıyla jeotermal ısı merkezine gönderilir. Burada plakalı ısı eşanjörlerinden geçirilen jeotermal akışkan ısısı dolaşım suyuna aktarıldıktan sonra re-enjeksiyon yoluyla tekrar rezervuara geri gönderilir veya diğer uygulamalarda (kaplıca amaçlı, vs.) değerlendirilir (Okul, 2001). Jeotermal ısı merkezinde eşanjörler yardımıyla ısıyan dolaşım suyu, şehir içi şebekesi aracılığıyla merkezi ısıtma yapılacak konutlara

gönderilir. Bina girişlerinde bulunan pompa yardımıyla da bu su bina içerisinde dolaştırılır veya bina girişlerine eşanjör konularak bu dolaşım sisteminin ısısı bina içerisinde dolaşan çevrim suyuna aktarılabilir. Bu sistem jeotermal kaynağın konutların ısıtılması için değerlendirilmesini sağlar (Okul, 2001).



Şekil 24. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi (Özgören, 2011)

Jeotermal Merkezi Isıtma Sisteminde (JMIS) bulunduğu bölgenin üretim kuyularından uzak olması durumunda jeotermal akışkanın tanınması gerekir. Jeotermal akışkanın taşınma hatlarına isale hattı denilmektedir. Şekil 25’de gösterilen üretim kuyusundan alınan jeotermal akışkanın ilk önce pislik tutucular ve separatörler yardımıyla içerisindeki katı madde ve gazlardan ayrılır. Daha sonra jeotermal akışkan kuyu başından alınarak minimum ısı kaybı sağlanarak ısı merkezine kadar taşınır orada ısısını temiz bir akışkana aktardıktan sonra ayrı bir hat ile tekrar yeraltına re-enjeksiyon kuyusu vasıtasıyla uygun sıcaklık ve yerden yere basılır (Erden, 2002).



Şekil 25. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi Genel Akış Diyagramı (Altaş, 2010)

Binaya giren sıcak akışkan direk olarak radyatörlere verilerek binanın ısıtılmasında kullanılabilir veya binalar ısı ihtiyaçlarına göre gruplandırılarak her bina grubuna bir eşanjör takılır. Bu durumda suyun fiziksel durumu incelenmeli ve tesisata zarar vermeyeceğinden emin olunmalıdır. JMIS’deki binalar çok katlı ve fazla daire içeriyorsa her binanın altına bir eşanjör takılması gerekir. Bina sistemlerine eşanjör konularak jeotermal merkezde bulunan akışkan pompalarının basıncından bina ısıtma ve sıcak su hazırlama sisteminin etkilenmesi engellenmektedir (Erden, 2002). Bina ısıtıcı akışkanı bina içi eşanjöründen aldığı ısıyı sirkülasyon pompası yardımıyla radyatörlerde dolaştırmaktadır. Böylece binada istenilen mekânlar ısıtılmaktadır. Bu sistem kaloriferli ısıtma sistemine benzerlik göstermektedir. Ancak, aralarında önemli farklar mevcuttur. Kalorifer sistemi kesintili olarak çalışırken bir jeotermal bina ısıtma sistemi sürekli bir ısıtma sağlamaktadır (Mertoğlu, 2000).

5.7.2. Jeotermal Enerjinin Tarımda Kullanımı

Ülkelerin geleceğe yönelik gereksinimlerinin, nüfus artışı da dikkate alınarak karşılanabilmesi için, mevcut tarımsal üretimin daha verimli ve nitelikli duruma getirilmesi gereklidir. Ülkemizde tarım alanlarının son sınırına ulaşmış olması, nüfusun hızla artması ve birim alandan alınan ürün artış miktarının yeterli olmaması nedeniyle,

verimi artırıcı özel önlemlerin alınması gereklidir. Bu özel önlemler içerisinde, meyve ve sebzelerin kontrollü ortamlarda yetiştirilmesi de yer almaktadır.

Tarım sektöründe enerji korunumuna ilişkin son gelişmeler, yoğun enerji tüketilen sera sektörünün enerji korunumun da önemli bir yeri olduğunu göstermiştir. Şekil 26’da esas olarak sezon dışı üretim amacıyla kullanılan seralarda yetiştirilen ürünlerin kalite, miktar ve gelişme süresi bakımından en uygun ortam koşullarının sağlanması için, kışın soğuk dönemlerde ısıtma ve yazın sıcak dönemlerde havalandırma gereklidir.



Şekil 26. Jeotermal Enerjinin Seracılıkta Uygulanışı (Özgören, 2011)

Bulunulan yöre, yetiştirilen ürün çeşidi ve yapılan üretim şekline göre, klasik fosil yakıtlarla yapılan ısıtma uygulamalarında, ısıtma giderleri toplam üretim giderlerinin %60-70’ ine ulaşmaktadır (Popovski, 1987). Jeotermal ısıtma, jeotermal kaynakların en yaygın olarak kullanım alanlarından birisi olup, jeotermal sera ısıtması Türkiye’ de gittikçe önem kazanmaktadır. Türkiye’ deki jeotermal enerji ile sera ısıtma uygulaması ilk kez Denizli-Kızıldere’ de 0.45 hektarlık alanda uygulanmıştır. Bugün ise, bu seranın büyüklüğü 1.395 hektara ulaşmıştır. Son yıllarda, jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanı büyük bir artış göstermiş ve 35,7 hektarı bulmuştur (Özgener ve Koçer, 2004). Türkiye’ deki jeotermal enerjinin tarımsal amaçlı diğer bir doğrudan kullanım alanı seracılıktır. Çizelge 7’ de jeotermal enerji ile ısıtılan önemli sera alanları ve bu alanları ısıtmak için sağlandığı tahmin edilen güç değerleri verilmiştir.

Ülkemizde, son zamanlarda jeotermal enerji ile sera ısıtmacılığı önem kazanmıştır. Bu nedenle, 809 dekarlık mevcut jeotermal ısıtılabilir sera alanına ek olarak, 800 dekarlık jeotermal ısıtılabilir yeni sera alanı projelendirilmektedir.

Çizelge 7. Türkiye’de Jeotermal Isıtılabilir Büyük Sera Alanları (Serpen, 2006)

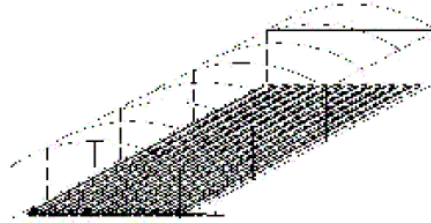
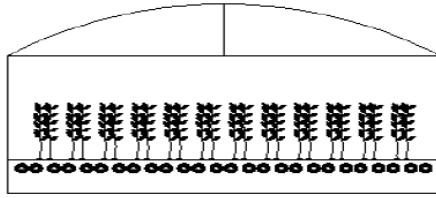
Yer	Alan(da)	Tahmini Güç (MWt)
Dikili	240	42
Urganlı	20	3,5
Simav	180	31,5
Gümüşlük-Kuşadası	80	14
Edremit	50	9
Tuzla	50	9
Gediz	9	1,5
Afyon	20	3,5
Alaşehir	20	3,5
Şanlıurfa	60	10,5
Balçova	80	14
TOPLAM	809	142

Sera ısıtma amacıyla, düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanlarından etkin ve ekonomik olarak yararlanılabilir. Bu nedenle, son yıllarda seralarda sıcak sulu ısıtma sistemlerinin tasarımına ilişkin araştırma ve geliştirme çalışmaları önem kazanmıştır. Bu durum, sera ve ısıtma sistemlerinin tasarımı konusundaki teknik yaklaşımın sürekli olarak değişmesine neden olmaktadır. Düşük sıcaklıktaki ısıtma akışkanlarının bazı üstünlükleri nedeniyle, sera ısıtma için birçok yeni ısı değiştirici geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır.

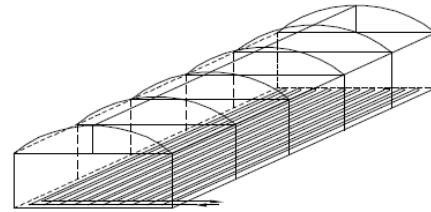
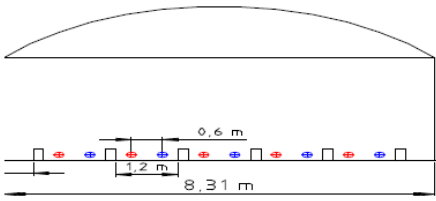
Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemleri Şekil 27’de; ısı transferi, kullanılan malzemeler ve ısı değiştiricilerin yerleşimine bağlı olarak incelenebilir. Jeotermal enerjiyle ısıtma sistemleri teknik özelliklerine bağlı olarak gruplandırılabilir:

- 1) Toprak ısıtma sistemleri
- 2) Toprak yüzeyine veya yetiştirme masalarına yerleştirilen sistemler
- 3) Hava ısıtma sistemleri

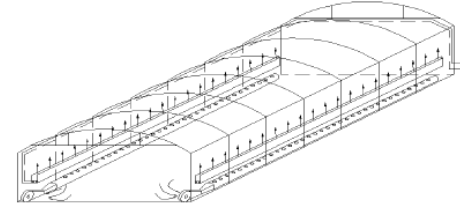
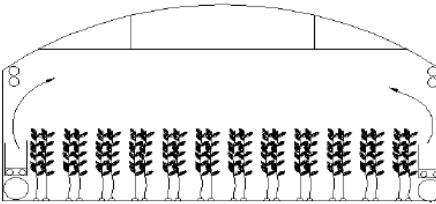
- 4) Fan kullanılan hava ısıtma sistemleri
- 5) Asıl veya aşırı ısı yükünü karşılayan kombine ısıtma sistemleri



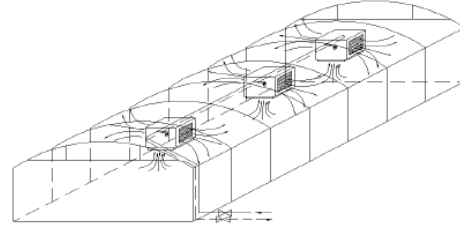
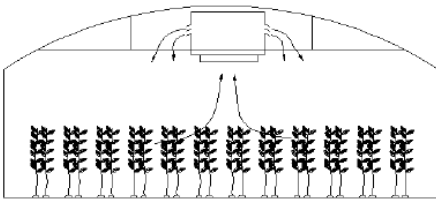
a) Toprak ısıtma sistemi



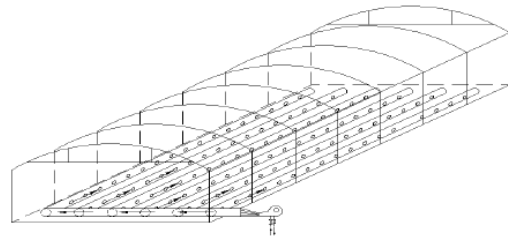
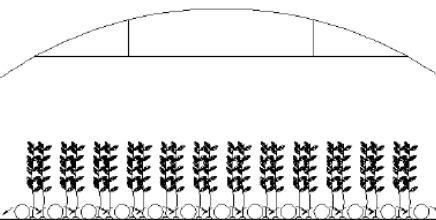
b) Sera zeminine yerleştirilen ısıtma sistemi



c) Zorlanmış hava akımı ve konvektörle ısıtma sistemi



d) Fan ve konvektör üniteleriyle hava ısıtma sistemi



e) Dağıtma kanallarıyla hava ısıtma sistemi

Şekil 27. Jeotermal Enerjiyle Sera Isıtma Sistemleri (Öztürk ve Ark., 2004)

Jeotermal enerji ile sera ısıtma uygulamalarında, işletme ve bakım açısından en uygun kaynaklar, derinliği az olan yüzeysel ve düşük sıcaklıktaki (25-60 °C) kaynaklardır. Bu özellikteki kaynaklar için kazı ve akışkan pompalama giderleri düşüktür. Bununla birlikte, jeotermal enerji kullanımında; jeotermal akışkanın kimyasal bileşimi, akış oranı ve kuyu derinliği gibi verilen tasarım değişkenlerinin doğru bir şekilde analiz edilmesi gerekir. Bazı uygulamalarda, jeotermal akışkanda bulunan ve korozyona neden olan kimyasal bileşenler nedeniyle, jeotermal akışkandan, sera içerisinde dolaşan normal akışkana (su) ısı transferi sağlamak için ısı değiştiriciler kullanılır.

5.7.3. Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretiminde Kullanılması

İlk çağlardan yakın geçmişe kadar sadece sağlık amacıyla kullanılan jeotermal kaynaklardan günümüzde; doğrudan ısıtmada ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılmaktadır. 20. yüzyıl başına kadar sağlık ve yiyecekleri pişirme amacı ile yararlanılan jeotermal kaynakların kullanım alanları gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde çok yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Bunların başında elektrik üretimi, ısıtmacılık ve endüstrideki çeşitli kullanımlar gelmektedir.

Konvansiyonel jeotermal elektrik santrallerinde, tüm ekipmanlar jeotermal akışkan ile dolayısıyla da akışkanın içerdiği çeşitli koroziv ve kabuklaşma potansiyeline sahip kimyasallar ile temas ederler. Bu kimyasallardan gaz fazında bulunan yoğunlaşmayan gazlar ayrıca santral performansını da olumsuz yönde etkilerler. Dolayısıyla santralin termodinamik verimini optimize edebilmek için yoğunlaşmayan gazlar sistemden uzaklaştırılmalıdır.

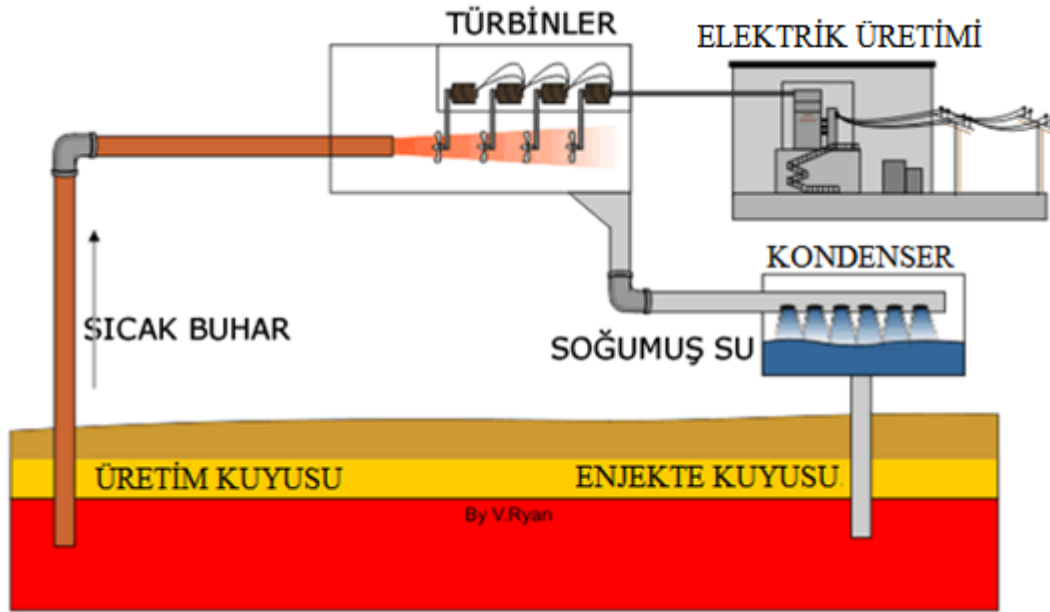
Hazne sıcaklığı 200°C ve daha fazla olan jeotermal akışkandan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak günden güne gelişmekte olan yeni teknolojilere göre 150°C’ye kadar düşük hazne çıkışlı akışkandan da elektrik üretilebilmektedir. Son yıllarda geliştirilen ve ikili (binary) çevrim olarak adlandırılan bir sistemle, buharlaşma noktaları düşük gazlar (freon, izobütan, CO₂ vb.) kullanılarak 70°C<T<80°C’ ye kadar sıcaklıktaki suların elektrik üretilebilmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ilk olarak 1904 yılında İtalya’ da olmuştur. Jeotermal akışkandan elektrik üretimi başta ABD ve İtalya’ da olmak üzere Japonya Yeni Zelanda, El Salvador, Meksika, İrlanda, Filipinler, Endonezya, Türkiye vb. ülkelerde yapılmaktadır. Buhar ve sıvı baskın

sistemlerin elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi için çeşitli sistemler mevcuttur (Özgören, 2011).

5.7.3.1. Tek Fazlı Buhar için Elektrik Üretim Sistemleri

En basit ve en ekonomik jeotermal sistemdir. Bu sistemlerde, jeotermal kuyudan çıkarılan akışkanın tamamı sadece buhar fazındadır. Kaynaktan çıkarılan buhar türbinden geçtikten sonra ya atmosfere atılır, ya da yoğusturucudan geçirilerek re-enjeksiyon kuyusuna geri basılır. Kondenser sayesinde türbin çıkışında atmosfer basıncının altında bir basınç, yani vakum oluşturulur. Türbini terk eden buhar daha düşük sıcaklıkta, dolayısıyla daha düşük entalpidedir (Atalay, 2004). Böylece, türbinin giriş ve çıkışı arasındaki entalpi farkı artacağından elde edilecek güç de en fazla değere ulaşmış olacaktır.

Şekil 28’ de bir kuru buhar sahası için örnek bir jeotermal elektrik santralinin şematik çalışma mekanizması görülmektedir. Bu tür çevrimler dünyada kuru veya doymuş buhar üretilen İtalya- Larderello başta olmak üzere, ABD- Geysers, Endonezya ve Japonya’ da kullanılmaktadır (Dipippo, 2005).



Şekil 28. Buhar Baskın Sahadan Elektrik Üretimi (Özdemir,2000)

Sıvı baskın olarak jeotermal sahaları şu şekilde bulunabilir (Özdemir,2000).

- Atmosferik Egzozlu Konvansiyonel Buhar Türbinleri
- Yoğunlaştırılmalı Konvansiyonel Buhar Türbinleri

- Çift Kademeli Buharlaştırma
- Çoklu Buharlaştırma
- İkili Çevrim Santralleri
- Hibrit Fosil Jeotermal Sistemler
- Toplu Akış

5.7.3.1.1. Atmosferik Egzozlu (back pressure)Konvansiyonel Buhar Türbinleri

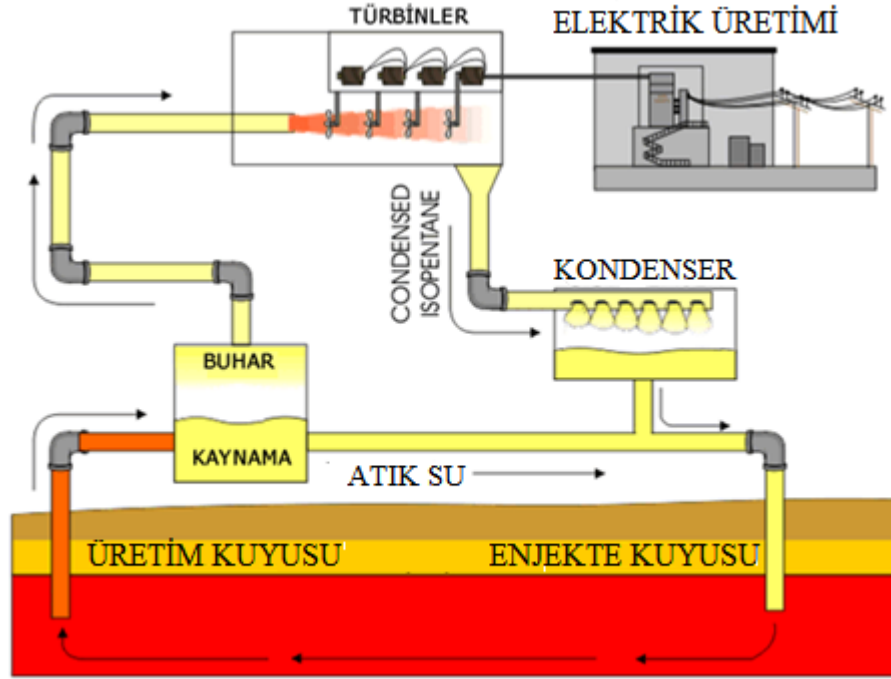
En basit ve ilk yatırım masrafları açısından en ucuz türbinlerdir. Bu tip bir santralde, jeotermal akışkan önce separatöre gelir. Burada sıvı ve buhar fazları ayrılır. Buhar fazı bir buhar türbinini besler ve çürük buhar direkt olarak atmosfere atılır. Atmosferik egzozlu santrallerin basitleştirilmiş şematik gösterimi aşağıda verilmiştir (EİE, 2011).

5.7.3.1.2. Yoğuşturmalı Konvansiyonel Buhar Türbinleri

Atmosferik egzoz tasarımının termodinamik olarak gelişmiş olan türbin tipidir. İki fazlı akışkan önce separatörde sıvı ve buhar fazlarına ayrılır. Buhar, türbinden direkt atmosfere atılmak yerine çok düşük bir basınçta tutulan (yaklaşık 0.12 bar) bir kondensere atılır (EİE, 2011)

5.7.3.1.3. Çift Kademeli Buharlaştırma

Yer altından çıkarılan jeotermal akışkanın tamamen buhar fazında olması yaygın değildir. Şekil 29’ da çıkarılan jeotermal akışkan genellikle doymuş sıvı–buhar karışımıdır. Bu durumlarda buhar yüzdesi yeterince yüksek ise buhar sıvıdan ayrıştırılır ve buhar türbine gönderilirken sıvı yer altına enjekte edilir. Buhar yüzdesinin düşük olduğu veya jeotermal akışkanın tamamen sıvı fazında olduğu durumlarda püskürtmeli buhar çevrimleri kullanılmaktadır. Püskürtme işlemi kısılma vanalarının çalışma prensibine göre püskürtme havuzu adı verilen bir yerde gerçekleştirilir. Jeotermal akışkanın püskürtme odasının çıkışında basıncın daha düşük fakat entalpinin girişteki akışkanla aynı olması dolayısıyla sıvının belli bir yüzdesi buharlaşır. Püskürtme işleminden sonra jeotermal akışkanın sıcaklığı düşer. Yeni sıcaklık, yeni basınçtaki doyma sıcaklığıdır (Kanoğlu, 2005).



Şekil 29. Çift Kademeli Buharlaştırma (Özdemir, 2000)

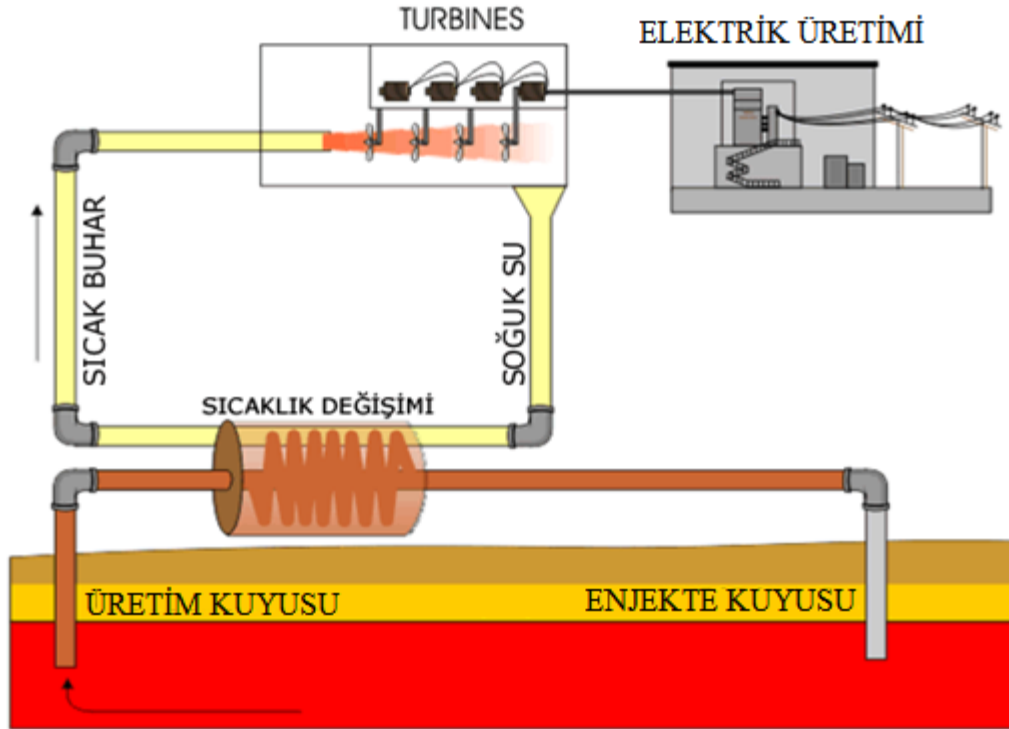
5.7.3.1.4. Çoklu Buharlaştırma (multi-flash)

Separatörden ayrılan sıvı ikinci bir separatöre gönderilir, separatör sayısı ekonomik kısıtlar çerçevesinde artırılabilir. Bu tip bir uygulama Wairakei Jeotermal Santrali, Yeni Zelanda' da gerçekleştirilmiştir (EİE, 2011).

5.7.3.1.5. İkili Çevrim Santralleri

Düşük sıcaklık ($< 180\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve sıvı ağırlıklı jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi için, Şekil 7' de jeotermal akışkandan ikinci bir çalışma sıvısına ısı geçişinin bir ısı değiştiricide sağlanması ve ikinci sıvının da türbinde genişleşip yoğunlaştırıcuda faz değiştirmesiyle ortaya çıkan atık ısının soğutma kulesinden atılması sonucu tamamlanan kapalı devre, bir Rankine çevrimidir (Serpen, 2010). İkili (binary) çevrimlerde ikincil akışkan olarak genellikle, n-pentan, izo-pentan, izo-bütan, R-114 gibi hidrokarbonlar kullanılmaktadır. Kullanılan ikincil akışkanlar suya göre daha düşük kaynama sıcaklıklarına sahip oldukları için, rezervuar sıcaklığı düşük olan jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi bu şekilde sağlanmaktadır. Binary çevrimlerin yoğunlaşmayan gazlara karşı herhangi bir duyarlılığı olmayıp, performansları onlara bağlı

değildir. Şekil 30’ da basit bir ikili çevrim jeotermal elektrik santrali şeması bulunmaktadır.



Şekil 30. İkili Çevrim Santralleri (Özdemir, 2000)

5.7.3.1.6. Hibrit Fosil-Jeotermal Sistemler:

Bu sistemlerde jeotermal enerji, ya ön ısıtıcı olarak, ya da kızgın buhar eldesin de kullanılır (EİE, 2011).

5.7.3.1.7. Toplu Akış

İki fazlı buhar/su karışımlarından doğrudan enerji elde etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu tip santrallerin ekonomisi henüz tam olarak belirlenememiştir. Çünkü işletme tecrübesi 5 yıldan fazla değildir. Tek örnek Desert Peak, Nevada, ABD' deki 9 MW 'lık iki fazlı rotary separatörlü turbo-alternatörlü santraldir (EİE, 2011).

Buhar çevrimlerinin ısı verimleri %10 ile %17 arasında değişir. Bu yüzdelerin düşük olmasının nedeni jeotermal kaynakların düşük sıcaklıkta olmasıdır. Aynı şekilde tanımlanan ikincil santrallerin ısı verimleri %2,8 ile %5,5 arasında değişir. Bunlardaki verimlerin daha da düşük olması daha düşük sıcaklıkta ki akışkan kullanmalarıdır. Alternatif olarak ikincil santraller için üretilen net gücün ikincil akışkana transfer edilen

ısıya oranı olarak bir dönüşüm verimi tanımlanabilir. Aslında burada tanımlanan Rankine çevriminin ısı verimidir (Köse, 2002).

5.7.3.2. Düşük ve Orta Sıcaklıklı Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretimi

Bugüne kadar jeotermal kaynakları, yüksek sıcaklıklı, düşük ve orta sıcaklıklı (25°C - 180°C) olmak üzere araştırılmış; bunlardan yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklar, elektrik enerjisi eldesi dışında kalan alanlarda kullanılmıştır. Ancak özellikle ileri ülkelerde yapılan yeni araştırmalar, düşük ve orta sıcaklıklı kaynaklardan da elektrik enerjisi üretilebileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, jeotermal enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretilmesi konusunda sınırlamalar ortadan kalkmış, elektrik enerjisi üretim sıcaklığı 80°C ’ ye kadar inmiştir. Konvansiyonel buhar türbinlerinde olduğu gibi düşük ve orta sıcaklıkta jeotermal kaynaklardan elektrik enerjisi üretebilen yeni sistem, Rankine güç devresi prensibine dayanmaktadır. Fakat konvansiyonel buhar türbinlerinden farklı olarak, sistemde, su yerine kaynama noktası düşük karbonflorür veya hidrokarbon ailesinden organik hareketli bir sıvı kullanılmaktadır. Bu organik sıvının seçiminde, molekül ağırlığı, kimyasal kararlılığı, sistemde kullanılan malzeme ile olan uygunluğu, en uygun hacim/basınç karakteristikleri için kaynama noktası gibi özellikler göz önüne alınmaktadır. Bu organik sıvı ile çalışan enerji dönüştürücüleri standart, taşınabilir, komple üretim santralleridir. Bu tür santrallerde, bütün güç üniteleri fabrikasyon olarak imal edildiğinden, güç santralının kurulması için gerekli olan proje uygulaması uzun zaman almamaktadır. Jeotermal kaynağın sıcaklık ve debisine bağlı olarak, 300kW kadar değişen elektrik üretebilen uygun paket santraller imal edilmiştir (Kaymakçıoğlu ve Çirkin, 2011).

Elektrik üretilen bu paket güç santralleri, kendi içerisinde tam otomatik olup ısı kaynağının parametrelerine bağlı olarak uygun bir güç üretmektedir. Sistemde kullanılan organik sıvı, düşük ve orta sıcaklıklı jeotermal akışkanlarla çalıştığı zaman buhardan çok daha fazla avantaja ve verime sahiptir. Bu çalışma sıvısı, güç çıkışını optimize edecek şekilde, jeotermal kuyudan elde edilen suyun sıcaklık ve debisine göre seçilmektedir. Üretim sırasında kullanılan çalışma sıvısı, buharlaşma aygıtı içerisinde yer alan eşanjörden geçen jeotermal akışkanının sıcaklığı ile ısıyarak buharlaşmakta, elde edilen buhar ise türbine gönderilerek jeneratörleri çalıştırmaktadır. Türbinden çıkan

kullanılmış buhar, su ve hava soğutmalı yoğunlaştırma sistemlerinde yoğunlaştırıldıktan sonra pompa yardımıyla buharlaştırma aygıtına tekrar gönderilmektedir.

Bu santraller, buhar santrallerine göre çok daha pratik olup, ekonomik ve teknik avantajlara sahiptir. Her şeyden önemlisi, büyük alanlar kaplamamakta, daha basit bir teknoloji gerektirmekte, bir yerden bir yere taşınabilmekte, her türlü jeotermal kaynaktan elektrik üretilebilecek şekilde imal edilmektedir. Bu tür santraller için 80°C-180°C arasında değişen sıcaklığa sahip jeotermal kaynaklar ile 1-10 bar arasındaki düşük basınçlı doğal buhar yeterli olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde elde edilen enerjinin düşüklüğüne bakılmaksızın, bu tür enerji kaynaklarını değerlendirmeye yönelik yatırımlar yapılmaktadır.

Jeotermal kaynakların karakteristik özelliklerine göre bazı örnekler vermek gerekirse, bunlar kısaca şöyle özetlenebilir: 160°C giriş, 85°C çıkış sıcaklığına sahip, 2210 ton/saat debisi olan sıcak su kütlesinden 8,4MW; giriş sıcaklığı 130°C, çıkış sıcaklığı 100°C, debisi 1415 ton/saat olan sıcak su kütlesinden 6MW, 120°C giriş, 80°C çıkış sıcaklığı olan 850 ton/saat debideki jeotermal kaynaktan da 3,6MW elektrik üretilmektedir (Kaymakçıoğlu ve Çirkin, 2011).

5.8. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üreten Sistemler

"Buhar Toplama ve Re-enjeksiyon Sistemi" İle "Enerji Üretim Sistemi" Olmak Üzere İki Ana Sistemden Oluşmaktadır.

1) Buhar Toplama ve Re-enjeksiyon Sistemi

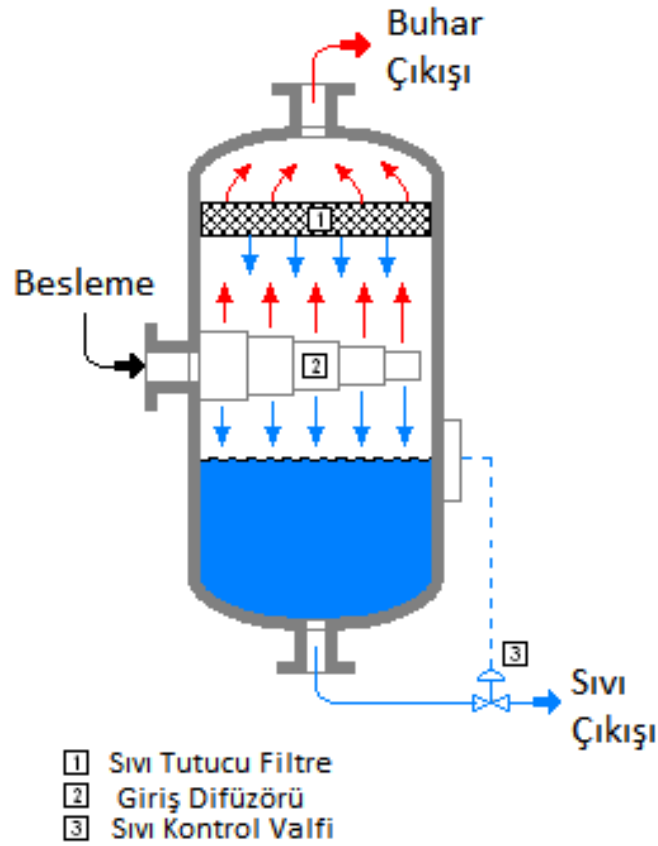
- a) Üretim kuyuları
- b) Separatörler
- c) Enjeksiyon kuyuları

2) Enerji Üretim Sistemi (Santral)

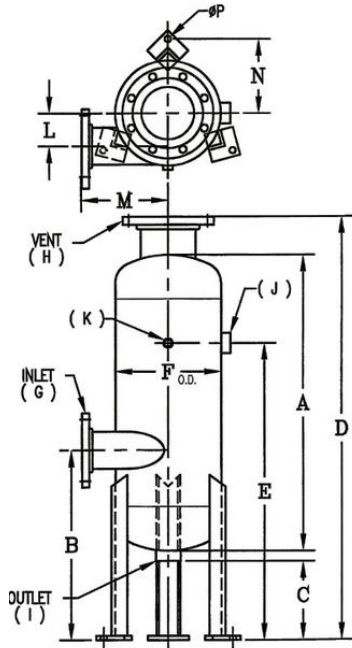
- a) Türbin ve jeneratör
- b) Kondenser
- c) Gaz uzaklaştırma sistemi
- d) Soğutma kulesi
- e) Devir daim pompaları

5.8.1. Buhar Toplama ve Re-enjeksiyon Sistemi

Bu sistemde üretim kuyularından elde edilen çift faz (buhar-kızgın su) ve/veya buhar ve kızgın su halindeki jeotermal akışkan, boru hatları üzerinden separatöre gönderilir. Separatörlere gelen akışkan, buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra elde edilen buhar, elektrik üretimini sağlamak için türbine gönderilir(Şekil 31) . Elde edilen su da re-enjeksiyon pompaları vasıtasıyla enjeksiyon kuyuları kullanılarak rezervuara aktarılır (Şekil 32).



Şekil 31. Separatörün şematik Gösterimi



Şekil 32. DIDION SEPARATOR COMPANY Firmasına Ait Jeotermal Sistemlerde Kullanılan Separatör Çalışmaları (Anonim, 2012a)

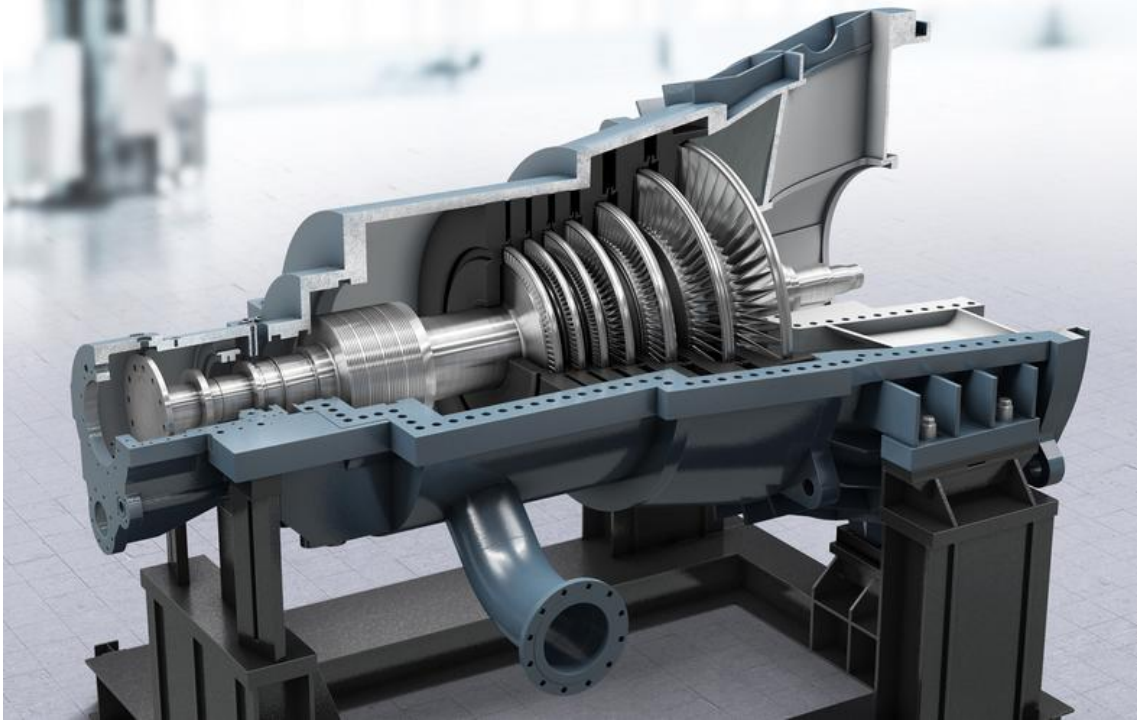
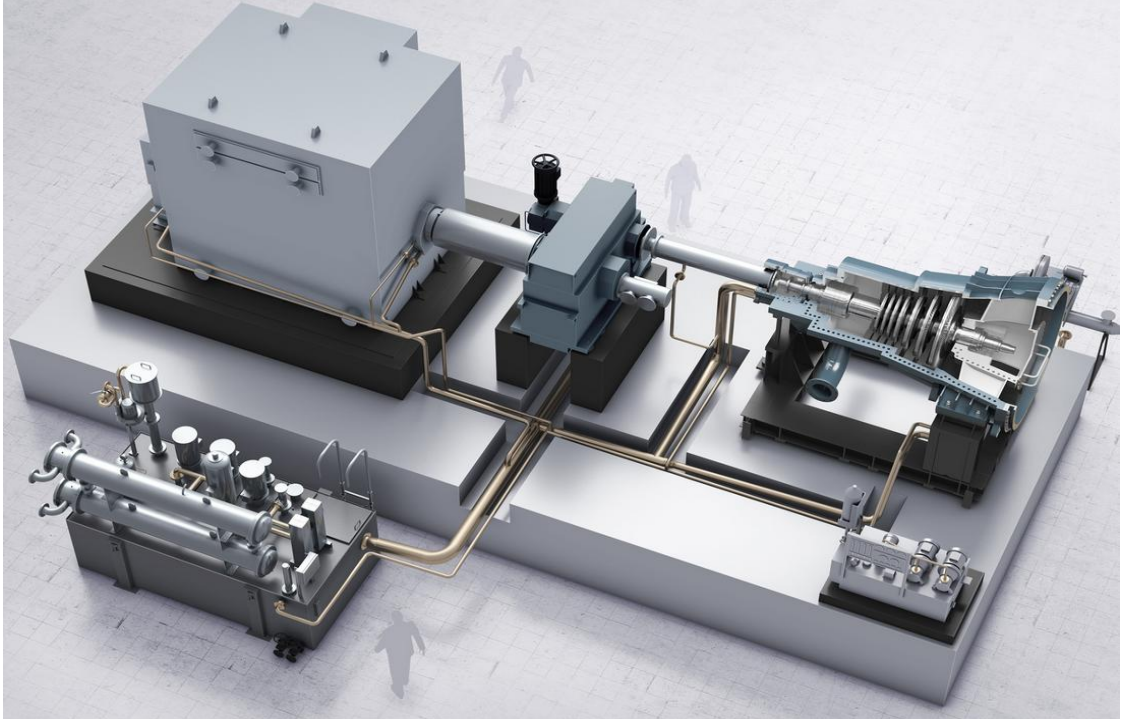
5.8.2. Türbin ve Jeneratörler

Elektrik enerjisi üretimi bu sistemde gerçekleştirilmektedir. Gelen yüksek ve düşük basınçlı buhar, buhar türbinine farklı kademelerden girerek türbin kanatlarının dönmesini sağlar. Bu şekilde üretilen kinetik enerji de jeneratörde elektrik enerjisine dönüştürülür. Türbin sisteminde dünya genelinde büyük bir potansiyele sahip olan Mitsubishi Heavy Industries firmasının türbini ve jeneratörü tercih edilmektedir.

- Örnek Çalışma 1: Şekil 33’de Simens Enerji firmasının SST-400 GEO model buhar türbini bulunmaktadır.

Teknik özellikler;

- Üretim kapasitesi 5-60 MW elektrik,
- Hız aralığı 3000-6000 RPM
- 12 Bar / 250° C’ye kadar çalışma imkanı
- Çıkış basıncı 0,4-1,4 Bar
- Uzunluk (L): 18 m Genişlik (W): 8,5 m Boy (H): 5,5 m



Şekil 33. Siemens SST-400 GEO Buhar türbini (Siemens, 2011)

- Örnek Çalışma 2: İzlanda'nın en büyük jeotermal tesisi olan Hellisheidi Jeotermal Santralinde toplam üretim kapasitesi 303MWe ve 1. Bölgede 2adet 45 MWe kapasiteli Mitsubishi Heavy Firmasına ait kompakt türbin- jeneratör bulunmaktadır(Şekil 34).

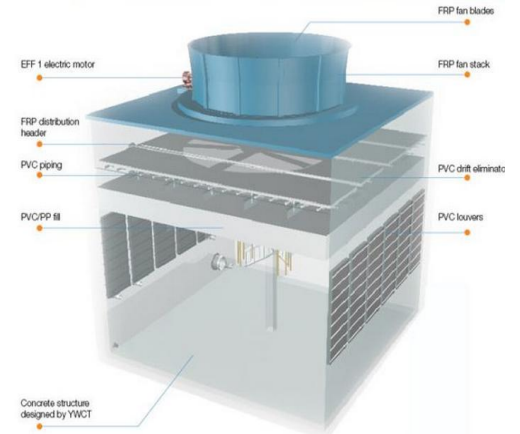
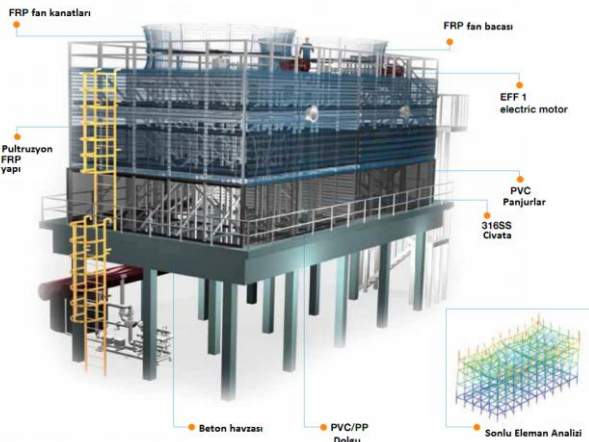


Şekil 34. Mitsubishi Jeotermal Enerji Türbin-Jeneratör Kombinasyonu (Anonim, 2012b)

Jeotermal santrallerde ve biokütle santrallerinde kullanılan jeneratörler benzer olduğu için, jeneratörler ile ilgili detaylı bilgiler biokütle kısmında değinilmiştir.

5.8.3. Soğutma Kulesi

Kondenserde yoğuşma sağlamak amacıyla kullanılacak devir daim suyunun soğutulması için kullanılıyor. Soğutma kulesi doğrudan yoğuşmalı kondenser seçimi yapılmaksızın ısı eşanjörü kullanılarak ısı aktarımı düşünüldüğünde, hava soğutmalı veya su soğutmalı olması şartı gündeme geliyor. Bu da akabinde, örneğin hava soğutmalı bir soğutma kulesi seçildiğinde, hava sıcaklığı yüksek olduğunda verimde azalmaya neden oluyor. Su soğutmalı sistemde de kurak geçen bir dönemde problemler yaşanabiliyor. Dual-Flash sistemdeyse atık buhar doğrudan kondense edildiğinden ilave bir suya gerek duyulmuyor. Onun yanında 100 ton su elde kalıyor. Verim diğer sistemlere göre % 15 daha fazla olduğu literatürde belirtilmektedir.



Basic FRPP models								
Model	Birim Hücre Boyutları [cm]			Kapasite [Kcal/hr]*	Hidrolik Su Akış Kapasitesi [m³/hr]		Motor [HP]	
	L	W	H		Maximum	Minimum		
FRPP-1000-1	600	600	600	3,500,000	1,000	350	50	
FRPP-1800-1	800	800	850	6,500,000	1,800	650	100	
FRPP-2800-1	1,000	1,000	1,100	10,000,000	2,800	1,000	125	
FRPP-4000-1	1,200	1,200	1,300	14,500,000	4,000	1,450	200	
FRPP-5500-1	1,400	1,400	1,550	20,000,000	5,600	2,000	250	

Basic CING models								
Model	Single cell dimensions [cm]			Cooling capacity [Kcal/hr]*	Hydraulic water flow capacity per single cell [m³/hr]		Motor [HP]	
	L	W	H		Maximum	Minimum		
CING-1000-1	600	600	600	3,500,000	1,000	350	50	
CING-1800-1	800	800	850	6,500,000	1,800	650	100	
CING-2800-1	1,000	1,000	1,100	10,000,000	2,800	1,000	125	
CING-4000-1	1,200	1,200	1,300	14,500,000	4,000	1,450	200	
CING-5500-1	1,400	1,400	1,550	20,000,000	5,600	2,000	250	

Tip: Çapraz akışlı ısı değiştiricisi

Şekil 35. YWCT Custom Cooling Towers Firmasına Ait Çapraz Akışlı Soğutma Kuleleri ve Teknik Özellikleri (Anonim, 2012c)



Counterflow Cooling Tower
Australia



Counterflow Cooling Tower
Philippines



Counterflow Cooling Tower
USA



Counterflow Cooling Tower
Spain



Forced Draft Cooling Tower
Dubai



Counterflow Cooling Tower
USA

Şekil 36. SPX firmasına Ait Soğutma Kulesi Çalışmaları (Anonim, 2012d)

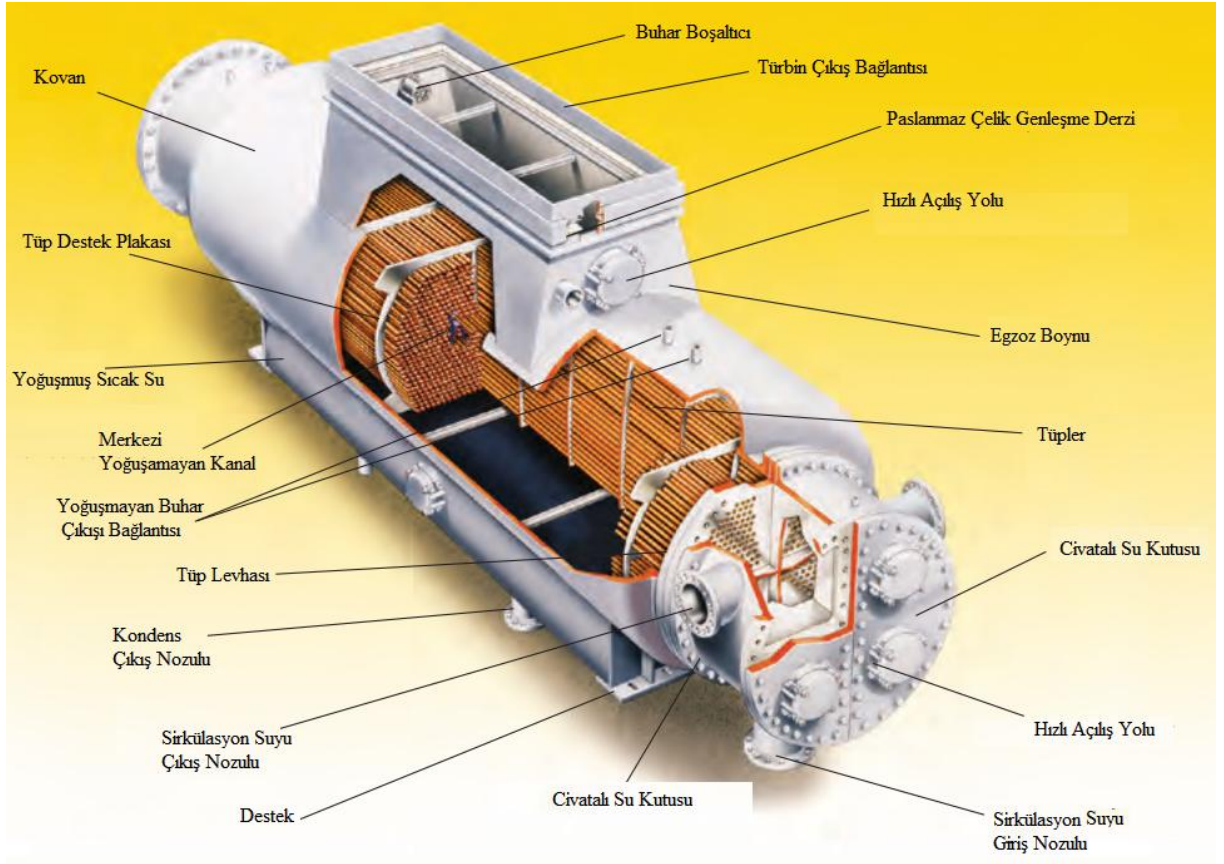
5.8.4. Kondenser

Türbinden çıkan buhar, yoğunlaştırılmak üzere doğrudan temaslı ısı değiştiricilere gönderilir. Isı değiştiriciler genelde akış şekillerine ve konstrüksiyon tiplerine göre sınıflandırılırlar. Borulu tip ısı değiştiricileri uygulamada çok yaygın olarak kullanılan ısı değiştiricisi tipidir. Bunların boyutları çok büyüktür ve tasarımın maliyetinde önemli bir yer tutmaktadır. Levhalı tip ısı değiştiriciler; kolaylıkla sökülüp temizlenebilir olması, ısı değiştiricisi içerisinde sıcak ve soğuk bölgelerin oluşmaması, yüksek ısı transfer alanlarının olması ve yüksek verimle kullanılmaları sebebiyle tercih edilen bir başka ısı değiştiricisi tipidir. Birçok üretici firma standart ürünleri için tercih ettiği üst çalışma limitleri, 200°C sıcaklık ve 2 MPa çalışma basıncıdır.

5.8.4.1. Gövde Borulu Isı Değiştiricileri

Proses endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan ısı değiştirici tipidir; yaklaşık olarak kullanılan tüm ısı değiştiricilerinin % 60’ı gövde borulu ısı değiştiricidir. Gövde borulu ısı değiştirici, boru eksenini gövdenin eksenine paralel olacak şekilde büyük silindirik gövde içine yerleştirilen birbirine paralel yuvarlak borulardan yapılır. Akışkanlardan birisi boruların içinden, diğer akışkan ise gövde tarafında borulara paralel veya çapraz olarak akar. Temel elemanları; borular (veya boru demeti), gövde, iki baştaki kafalar, boruların tespit edildiği ön ve arka ayna ile gövde içindeki akışı yönlendiren ve borulara destek olabilen şaşırtma levhaları ve destek çubuklarıdır. Isıl görev, basınç düşümü, basınç seviyesi, kirlenme, imalat yöntemi ve maliyeti, korozyon ve temizleme problemlerine bağlı olarak çeşitli gövde tarafı ve boru tarafı akış düzenlemeleri kullanılır.

- Maksimum basınç: Gövde tarafında 350 bar (mutlak), boru tarafında 1400 bar (mutlak).
- Sıcaklık aralığı: (-200 °C) ile (600 °C) arasında değişir. Özel malzemeler ile bu sıcaklık aralığı genişleyebilir.
- Tek bir ünite için tipik yüzey alanı 10 – 1000 m² arasında değişir.



Şekil 37. Gövde Borulu Isı Değiştiricilerinin İç Yapısı (Anonim, 2012e)



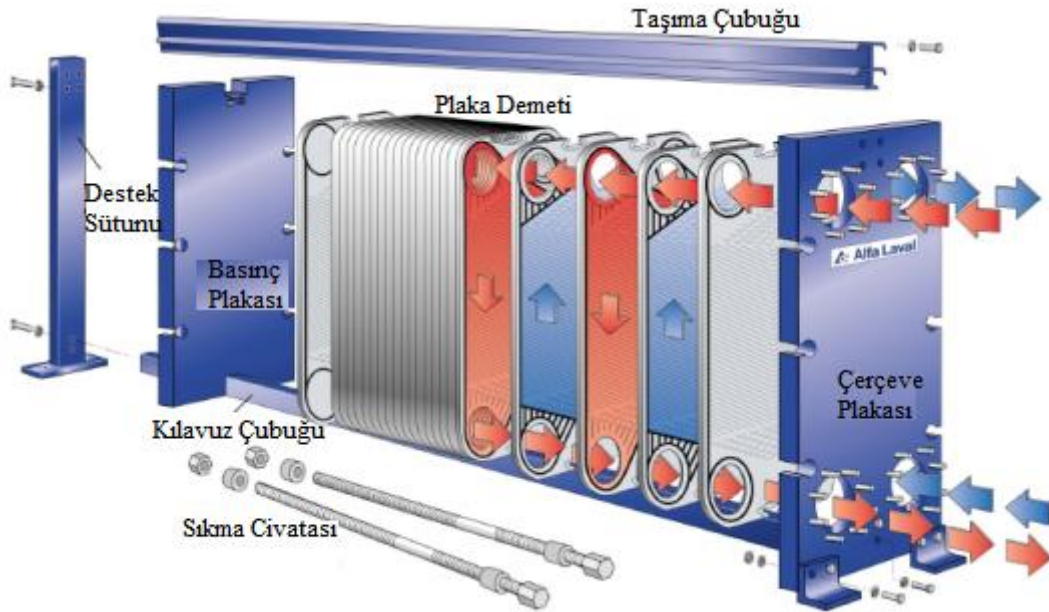
Şekil 38. Yuba Sehll and Tube Isı Değiştiricileri (Anonim, 2012e)

5.8.4.2. Contalı plakalı ısı değiştiricileri

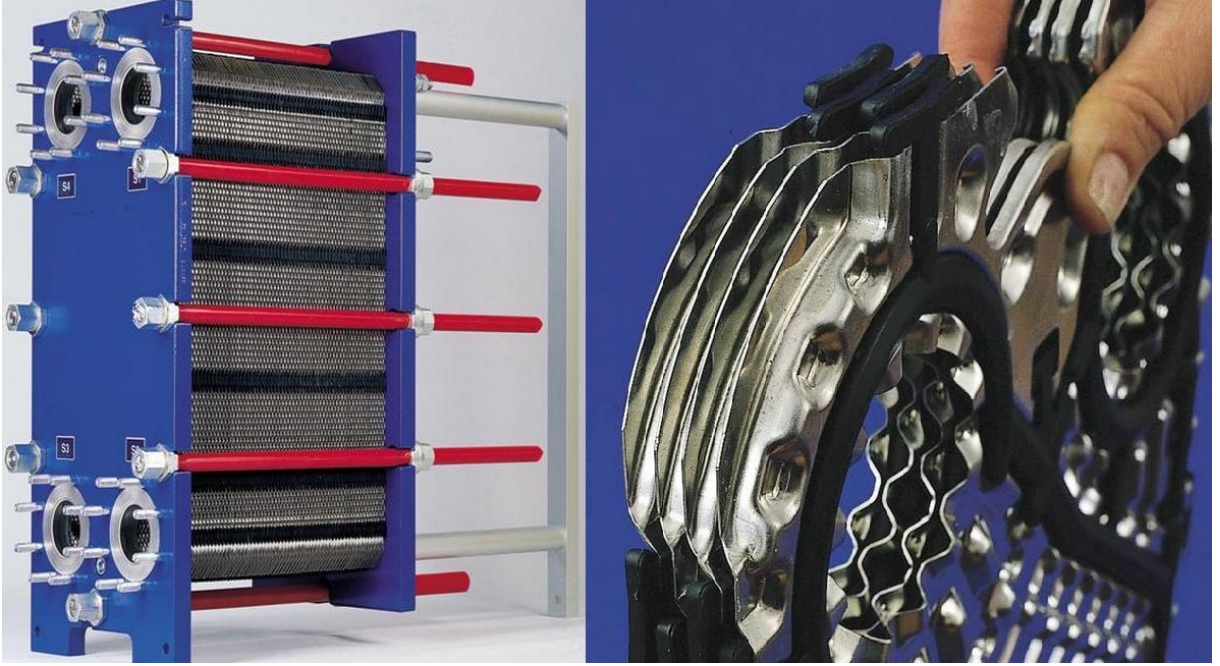
Contalı plakalı ısı değiştiricileri, ince metal plakaların bir çerçeve içerisine sıkıştırılarak paket haline getirilmesi suretiyle yapılırlar. Her bir metal plakanın dört tarafında akışkanların geçebilmesi için delikler vardır. Plakalar birleştirilip paket yapılırken uygun contalar kullanılarak akışkanların birbirine karışması ve dışarıya

sızıntı yapması önlenir (Şekil 39). Plakalar arasındaki boşluklardan, sıcak ve soğuk akışkanlar birbirlerine karışmadan akarlar. Rijitlik sağlamak, plakalar arasındaki mesafeyi sabitleştirmek ve ısı transferini iyileştirmek için plakalar dalgalı şekilde yapılırlar (Şekil 40).

- Maksimum basınç: Normal olarak 25 bar (mutlak)’dır. Özel dizaynlarla 40 bar (mutlak)’a çıkabilir.
- Sıcaklık aralığı: Normal olarak (-25 ° C) ile (+175 ° C) arasında değişir. Özel malzemeler ile bu sıcaklık aralığı genişleyerek (-40 ° C) ile (+200 ° C) olmaktadır.
- Tek bir ünite için tipik yüzey alanı 1 – 1200 m² arasında değişir.



Şekil 39. Contalı Plakalı Isı Değiştiricilerinin İç Yapısı (Anonim, 2012f)

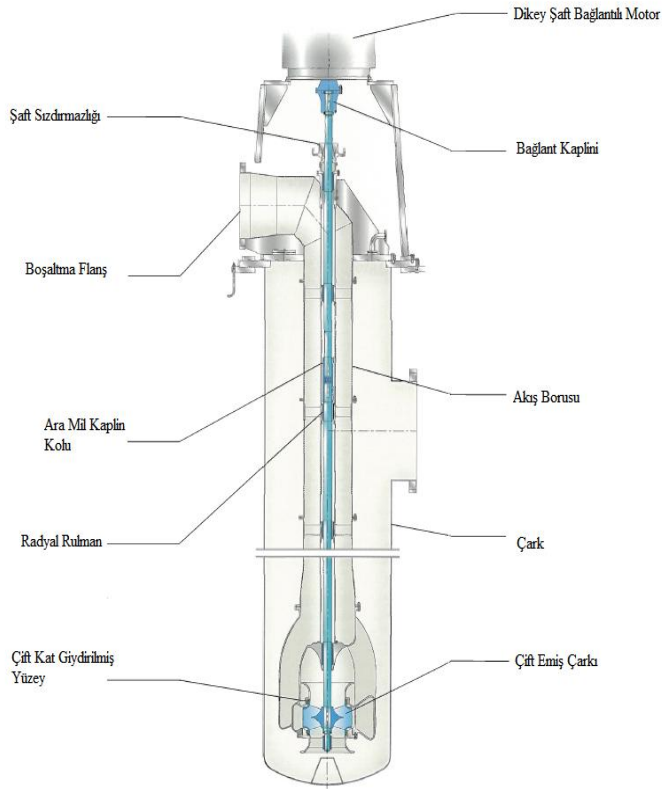


Şekil 40. Contalı Plakalı Isı Değiştiricilerinin İç Yapısı (Anonim, 2012f)

5.8.5. Devir Daim Pompaları

Emme hattındaki sıcak su-buhar karışımını kaynaktan üretim tesisine basan elemandır. Şekil 41’de Torishima Firmasına ait CDKTV tip jeoermal kuyu pompası bulunmaktadır. Pompanın karakteristik özellikler;

- 20000 m³/h kapasite
- 100 °C sıcaklık
- Nozul giriş-çıkış genişliği 500-1500 mm
- 1800 dev/dk hız
- Paslanmaz dökme çelik



Şekil 41. Torishima Pump CDKTV Tip Injection Pompası (Anonim, 2012g)



Şekil 42. Torishima Pump CDKTV Tip Injection Pompasının İmalat Fotoğrafları (Anonim, 2012g)

5.9. Çevrimlerin Verimi ve Geliştirilme Potansiyelleri

Üretilen net gücün kaynaktaki veya kuyu basındaki jeotermal akışkanın enerjisine oranı olarak tanımlanan buhar çevrimlerinin ısı verimleri %10 ile %17 arasında değişir. Bu yüzdelerin düşük olmasının nedeni jeotermal kaynakların düşük sıcaklıkta olmasıdır. Aynı şekilde tanımlanan ikincil santrallerin ısı verimleri % 2,8 ile % 5,5 arasında değişir [34,38]. Bu yüzdelerin daha da düşük olmalarının nedeni ikincil santrallerin daha düşük sıcaklıkta jeotermal kaynakları kullanmalarıdır. Ayrıca ikincil santrallerin çoğu için soğutma ortamı olarak sadece hava mevcuttur ve bu nedenle kondenser sıcaklığı özellikle yaz aylarında yüksektir. Bu durum ısı veriminin düşük olmasına neden olur. Alternatif olarak ikincil santraller için üretilen net gücün ikincil akışkana transfer edilen ısıya oranı olarak bir dönüşüm verimi tanımlanabilir. Aslında tanımlanan Rankine çevriminin ısı verimidir. Dönüşüm verimi %6 ile %12 arasında değişir. Yani bir ikincil santral kullanılan jeotermal enerjinin sadece %6 ile % 12’ sini elektriğe dönüştürürken geriye kalan %88 ile %94’ ünü atmosfere atık ısı olarak atar. Dünyada olan jeotermal elektrik santrallerinin çoğu 1970 ve 1980’ler de özellikle 1973 petrol krizinden sonra yapılmıştır. Bu tarihten sonra yaşanan petrol krizinin de etkisiyle alternatif enerji kaynaklarından olan jeotermal enerjiden elektrik üretimi yaygınlaşmaya başladı. Birleşik püskürtmeli-ikincil çevrimler ancak son on yılda pratiğe sunulabilmiştir. Yeni jeotermal elektrik santrallerinin tasarımı yeni ve ileri teknolojiler kullanılarak yapılmaktadır. Bununla beraber, eskiden yapılmış jeotermal elektrik santrallerinde bugünkü teknolojilerin kullanılmasıyla yapılacak değişiklikler, bu santrallerin performanslarını %50’ ye varan oranlarda arttırabilir. Bu değişiklikler arasında santral için farklı bir çevrimin seçilmesi, çevrimin çalışma şartlarının optimizasyonu, ikincil çevrimlerde ikincil akışkanın değiştirilmesi ve kojenerasyon (birleşik ısı-elektrik üretimi) uygulanması sayılabilir.

5.10. Patent Örnekleri

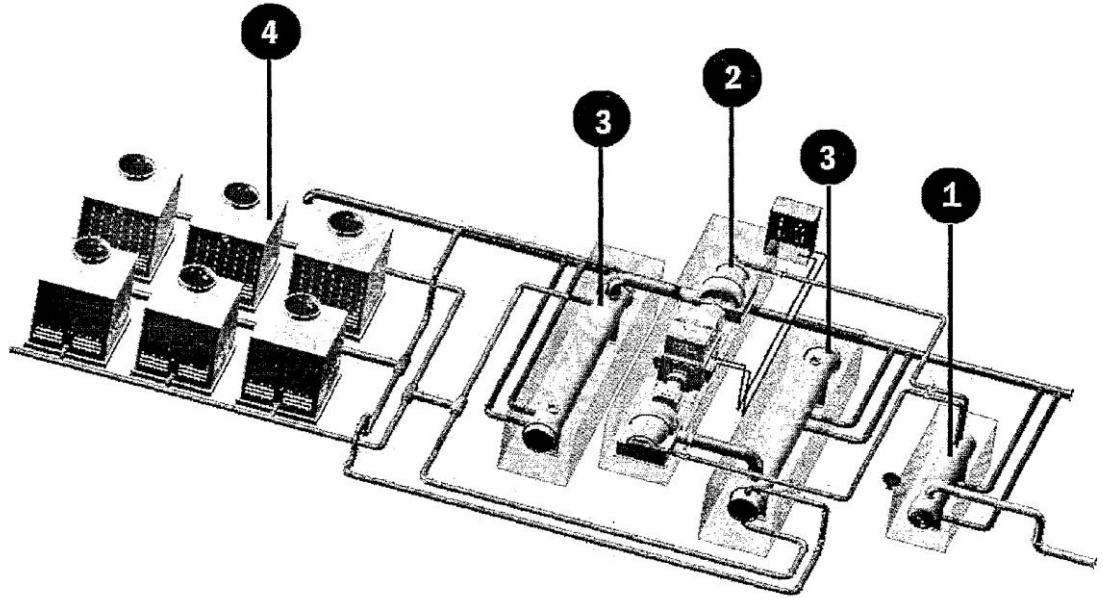
5.10.1. Patent 1

Patent İsmi: Jeotermal Güç Santrali

Patent Numarası: US 2011/0109087 A1

Yayınlanma tarihi: 12 Mayıs 2011

Patent içeriği: Jeotermal enerji santrali, bir veya birden fazla modüler konteynır içine sığdırılmıştır. Bir sondajdan çıkan akışkanın bulunduğu konteynırlar birbirine elektrik bağlantısı ile bağlanmıştır. Yani elektrik ağı ile yük dengesi kurularak artık olmayan bir jeotermal saha kurulmuştur (Şekil 43).



Şekil 43. US 2011/0109087 A1 Numaralı Patent'in Şematik Gösterimi

5.10.2. Patent 2

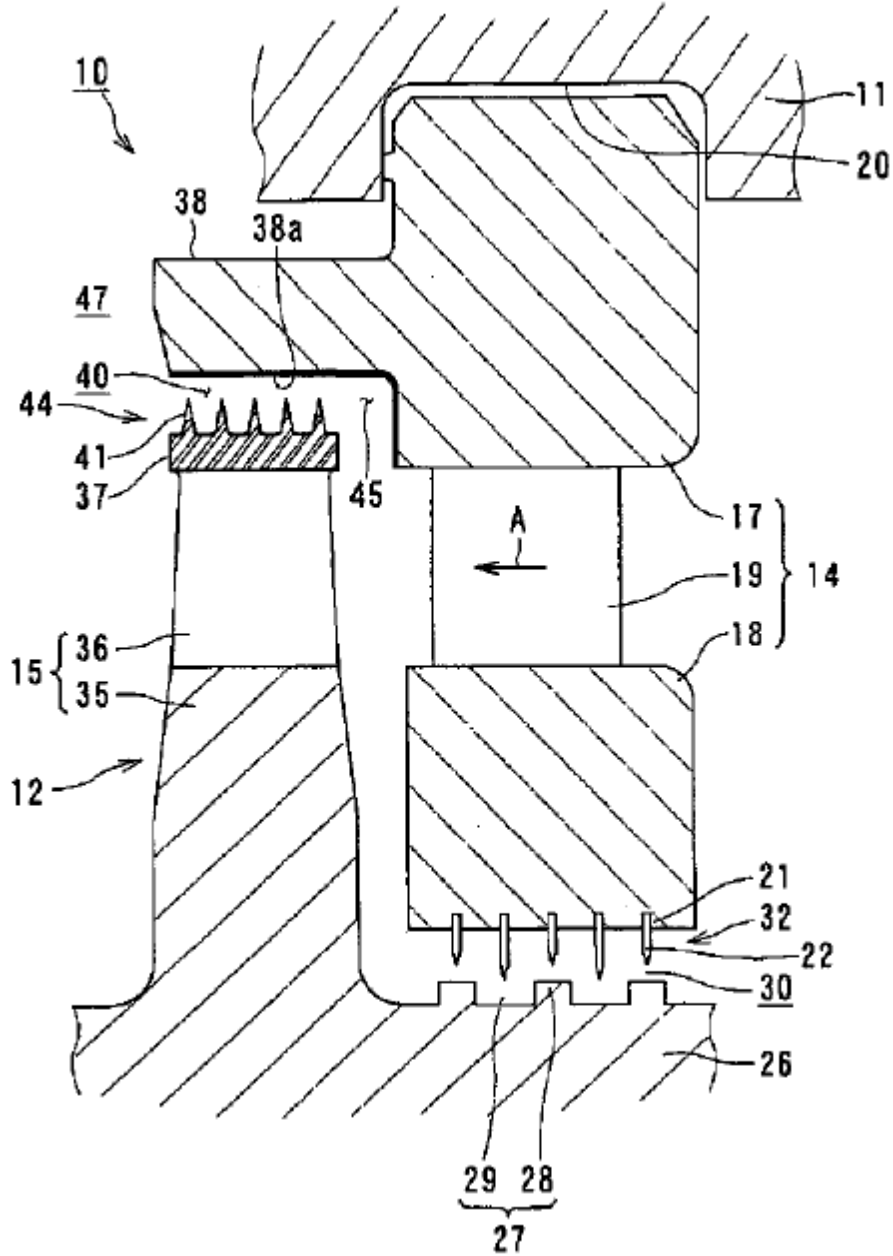
Patent İsmi: Jeotermal Türbin

Patent Numarası: US 6,860,718 B2

Yayınlanma tarihi: 1 Mart 2005

Patent içeriği: bir türbin gövdesinden, bir türbin rotor şaftından, türbin gövdesine tutturulmuş türbin nozulu diyaframının dış halkalarından, nozul diyaframının dış halkalarına radyal olarak bağlı nozul diyaframının iç halkalarından, nozul diyaframlarının arasına buhar geçişi için yerleştirilmiş nozullardan, türbin rotor şaftına yerleştirilmiş, yüzleri nozullara bakan ve dairesel şekilde dizilen rotor bıçaklarından,

rotor bıçaklarının uçlarına yerleştirilmiş kanat uçlarından, nozul diyaframı dış halkalarına takılı çıkıntılardan ve bir miktar sızdırmaz kanattan oluşan jeotermal türbindir (Şekil 44).



Şekil 44. US 6,860,718 B2 Numaralı Patent'in Şematik Gösterimi

5.10.3. Patent 3

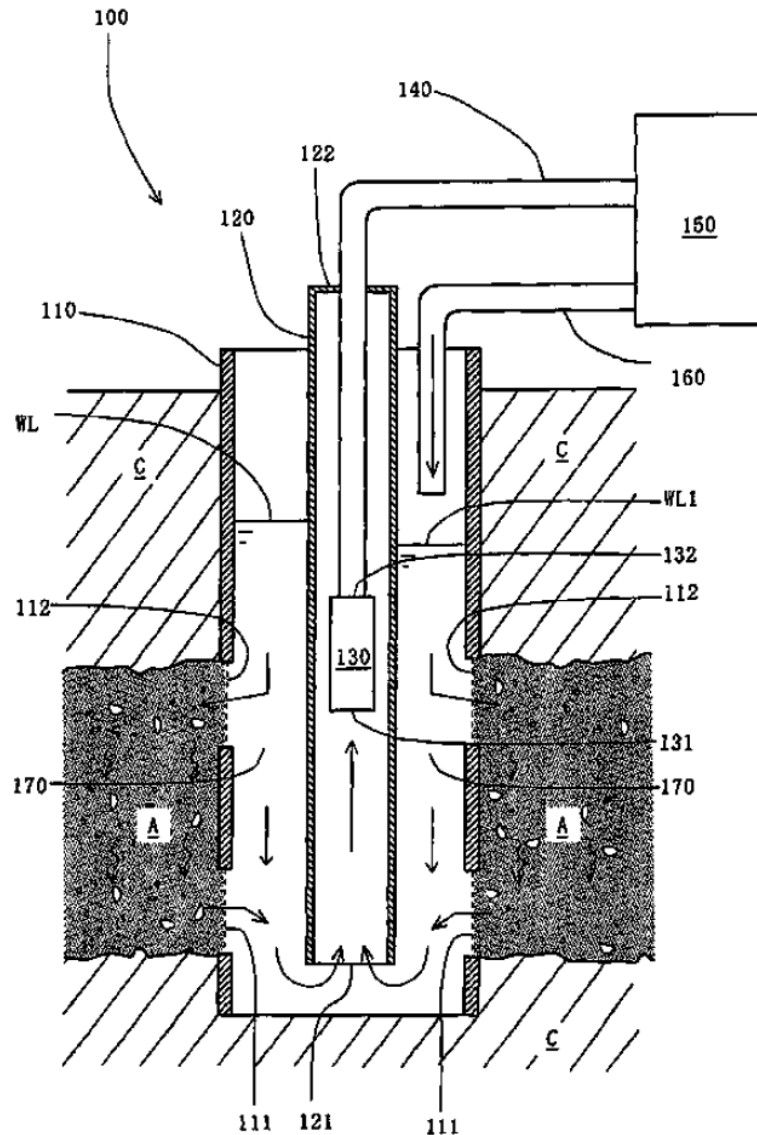
Patent İsmi: Jeotermal Güç Santralleri İçin Soğutucu Akışkan Valfi

Patent Numarası: US 2011/0162398 A1

Yayınlanma tarihi: 7 Temmuz 2011

Patent içeriği:

Bir akuferden gelen jeotermal suyu filtrelemek için jeotermal su sağlayan bir filtreyi, akufere dönen kullanılmış jeotermal suyun dönüşü için kullanılan bir filtreyi, dış boru ile beraber bir akış hattı oluşturan termal yalıtım iç borusunu, jeotermal suyu pompalayan bir pompayı, bir ısı değiştiriciye zorlanmış beslemenin yapıldığı ısı kaynağını ve akufere kullanılmış suyu geri döndüren boruyu içeren çift borulu jeotermal su devir daim pompasıdır. Ayrıca, çift borulu jeotermal su sirkülasyon aparatında, iki filtre arasında jeotermal suyun aktığı, bir filtreden diğer filtreye ayrılmadan bağlanmış bir akış kanalı bulunmaktadır (Şekil 45).



Şekil 45. US 2011/0162398 A1 Numaralı Patentin Numarası

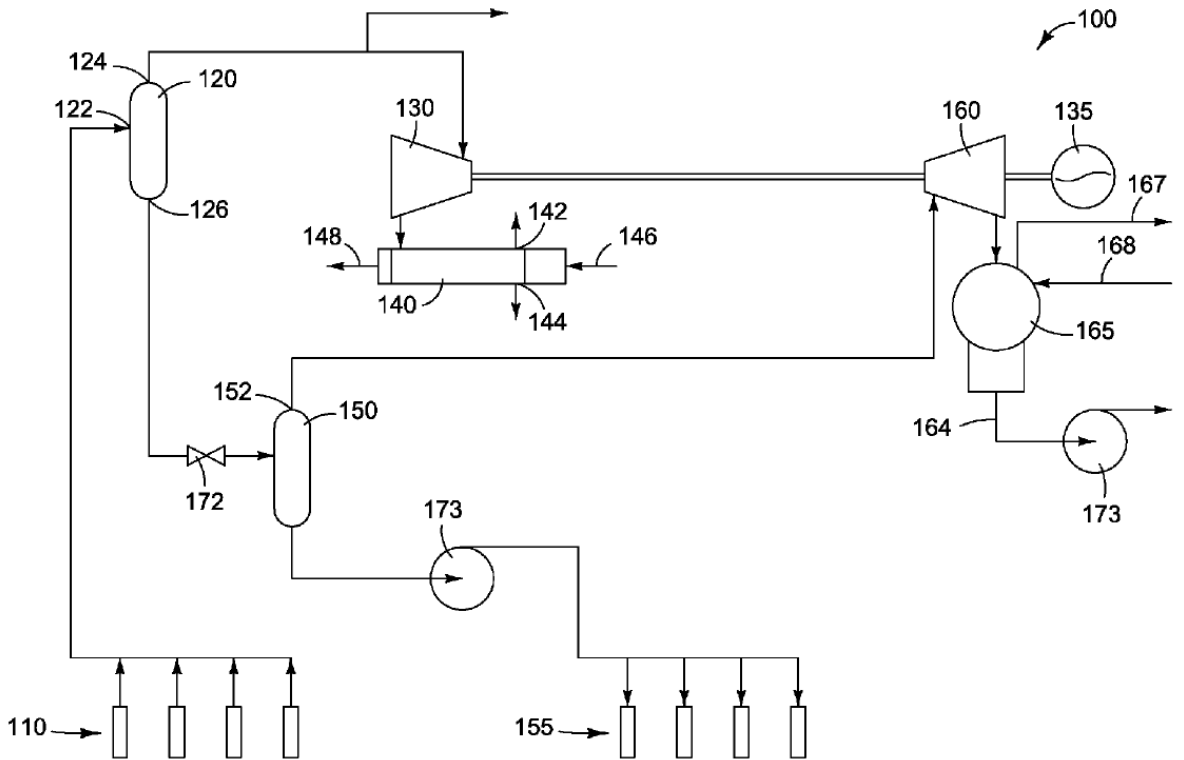
5.10.4. Patent 4

Patent İsmi: Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretim Sistemi ve Enerjiyi Kullanma Metodu

Patent Numarası: US 2010/0300091 A1

Yayınlanma tarihi: 2 Ekim 2010

Patent içeriği: Bu ekteki buluş jeotermal güç üretim sistemi için sunulmuştur. Sistem sıvı ile ilk temasta bir ilk separatörden, separatörün yüksek basınçlı buhar çıkışından ve sıvı bölümünden, bir ilk güç jeneratöründen, yüksek basınç türbini ile temas halindeki yüksek basınç yoğunlaştırıcısından, ilk separatörün sıvı kısmının çıkışı ile birlikte sıvı temasında yer alan ve sıvı çıkışından düşük basınçlı buharı ayırma yeteneğine sahip düşük basınç ayırıştırıcısından, ikinci bir güç jeneratörüne bağlı düşük basınç yolundaki bir düşük basınç türbininden, düşük basınç türbini ile beraber sıvıyla temas halindeki ana kondenserden ve jeotermal güç üretimi yöntemlerinden oluşmaktadır (Şekil46).



Şekil 46. US 2010/0300091 A1 Numaralı Patent'in Şematik Gösterimi

5.11. Jeotermal Enerjinin Avantajları

Yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez bir enerji kaynağı olması; Türkiye gibi jeotermal enerji kaynakları açısından zengin ülkeler için bir öz kaynak teşkil etmesi;

temiz ve çevre dostu olması; yanma teknolojisi kullanılmadığı için sıfıra yakın emisyonu sebebiyet vermesi; konutlarda, tarımda, endüstride, sera ısıtmasında ve benzeri alanlarda çok amaçlı ısıtma uygulamaları için ideal şartlar sunması; rüzgar, yağmur, güneş gibi meteoroloji şartlarından bağımsız olması; kullanıma hazır niteliği; fosil enerji veya diğer enerji kaynaklarına göre çok daha ucuz olması; arama kuyularının doğrudan üretim tesislerine ve bazen de re-enjeksiyon uygulamasıdır. Yangın, patlama, zehirlenme gibi risk faktörleri taşımadığından güvenilir olması; %95’ in üzerinde verimlilik sağlaması; diğer enerji türleri üretiminin (hidroelektrik, güneş, rüzgâr, fosil enerji) aksine tesis alanı ihtiyacının asgari düzeylerde kalması; yerel niteliği nedeniyle ithalinin ve ihracının uluslararası konjonktür, krizler, savaşlar gibi faktörlerden etkilenmemesi; konutlara fuel-oil, mazot, kömür, odun taşınması gibi problematikler içermediği için yerleşim alanlarında kullanımının rahatlığı; gibi nedenlerle büyük avantajlar sağlamaktadır (Yıldırım, 2005).

Eski santrallerde verimin düşük olması jeotermal enerji kaynağının bedava olmasından dolayı gerekli özenin gösterilmemesindendir. Eski santrallerde yeni teknolojileri kullanılarak ve değişiklikler yapılarak performansları artırılabilir (Köse, 2002).

5.12. Jeotermal Enerjinin Yasal Mevzuatı

Kanunun ve uygulama yönetmeliğinin esasları, jeotermal kaynaklar, devletin hüküm ve tasarrufu altında olup bulundukları arzun mülkiyetine tâbi değildir. Ruhsatsız hiçbir faaliyet yapılamaz. Arama ruhsatı başvurusu, 5000 hektarı geçmeyecek şekilde İl Özel İdarelerine yapılır. Başvurularda öncelik hakkı esastır (Durak, 2011).

Bir jeotermal kaynağın bulunması halinde işletme projesi ile birlikte “İşletme Ruhsatı” başvurusu yapılır. Bloke alan talebi varsa MTA tarafından gerekli inceleme yapılarak bloke alan belirlenir ve bu alan aramalara kapatılır. İşletme ruhsatı sahipleri, işletme için gerekli tüm izinleri almaktan sorumludurlar. Arama ve işletme ruhsatları devredilebilir. Herhangi bir sebeple hükümden düşmüş, terk edilmiş veya taksir edilmiş ruhsatlar, İdarece ihale yoluyla aramalara ve işletmeye açılır. İşletme ruhsat sahibi, akışkanı üretime almadan önce kaynak koruma alanı etüdü yaptırmak zorundadır. Kullanılan jeotermal akışkanın re-enjeksiyonu esastır (Durak, 2011).

Jeotermal kaynağa dayalı elektrik üretimi, Jeotermal Kanunu ve Uygulama Yönetmeliğine ek olarak; 03/03/2001 / 4628 “Elektrik Piyasası Kanunu” “Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği” “Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Jeotermal Kaynak Alanlarının Kullanımına Dair Yönetmelik” ile düzenlenmiştir (Durak, 2011).

Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretimine yönelik kullanılmasına ilişkin yönetmelik elektrik enerjisi üretmek üzere işletme ruhsatı alan ruhsat sahiplerinin Enerji Piyasası Düzenleme Kurumuna (EPDK) yapacakları lisans başvurularına ilişkin uygulama düzenlenmiştir. Söz konusu Yönetmelik uyarınca; işletme ruhsatı sahibi 3 ay içerisinde EPDK’ya lisans başvurusunda bulunmak zorundadır. Lisans başvurusunun yapılmaması, başvurunun reddedilmesi, lisansın sona erdirilmesi veya iptal edilmesi durumunda durum EPDK’ na bildirecek, lisansın iptal edilmesi halinde işletme ruhsatı da iptal edilecektir (Durak, 2011).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi; 10/05/2005/5346 “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile desteklenmektedir (Durak, 2011).

Çizelge 8. Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi ve Uygulanacak Fiyatlar (Durak, 2011)

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD DOLARI Cent/kwh)
Hidro Elektrik Üretim Tesisi	7,3
Rüzgar Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	7,3
Jeotermal Enerjiye Dayalı Üretim Tesisi	10,5
Biyokütleyle Dayalı Üretim Tesisi	13,3
Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	13,3

Çizelge 9. Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi (Durak, 2011)

Tesis tipi	Yurt içinde gerçekleşen imalat	Yerli katkı ilavesi (ABD Doları cent/kWh)
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	Buhar veya gaz türbini	1,3
	Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

Bu Kanunun yürürlük tarihinden sonra kamu veya Hazine arazilerinde yenilenebilir enerji kaynak alanlarının kullanımını ve verimliliğini etkileyici imar planları düzenlenemez. Belirlenen yenilenebilir kaynak alanları imar planlarına resen işlenmek üzere Bakanlık tarafından ilgili mercilere bildirilir (Durak, 2011).

Yeterli jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerdeki valilik ve belediyelerin sınırları içinde kalan yerleşim birimlerinin ısı enerjisi ihtiyaçlarını öncelikle jeotermal ve güneş termal kaynaklarından karşılamaları esastır (Durak, 2011).

Jeotermal kaynağa dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulacağı arazilerin, ulaşım yollarının ve şebekeye bağlantısı için kullanılacak arazilerin kullanımı için izin verilmesi ve izin bedellerinden %85 indirim uygulanması, Orman arazilerinde ise ORKÖY ve Ağaçlandırma Özel Ödenek Gelirleri alınmaması hüküm altına alınmıştır. Meralarda tahsis değişikliği yapılarak yenilenebilir enerji yatırımlarına izin verilmesi sağlanmıştır (Durak, 2011).

5.13. Jeotermal Enerji İçin Mevcut Standartlar

Çizelge 11. Mevcut Satandartlar

Standart No	Başlık	İçerik
TS 11927	Jeotermal enerji - Jeotermal enerji sistemlerinin termal performansının belirlenmesi	Bu standart, jeotermal enerji dönüşüm ve güç üretme sistemlerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasında kullanılan kriterleri ve enerji santrali performans terimlerini kapsar.
IEV 602-01-28	Jeotermal Güç Santrali	Jeotermal enerji santrali, yer kabuğundan uygun parçalar ile çıkarılan termal enerji

5.14. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Yapan Tesis Makine Teçhizat Elemanlarının Üretilebilirlik Araştırması

Yapılan anketlerin değerlendirilmesi sonucunda sistem parçalarını Konya Sanayi Bölgesi'nde üretecek kapasiteye ve gerekli altyapıya sahip firma ve şirketler (Buhar türbini ve jeneratör hariç) mevcut olduğu görülmüştür. Fakat firmalar asıl maliyeti oluşturan buhar türbini ve jeneratörü üretebilecek kapasiteye ve teknik altyapıya sahip değildir. Diğer bir eksik ise bu konuda pazarın küçük olmasından dolayı tecrübe sahibi firma oldukça azdır. Bunun yanında jeotermal sistemlerin hem üretimi hem de kurulumu için yatırım maliyetlerinin, dolayısıyla da sistem elemanlarının maliyetlerinin çok yüksek olmasından dolayı, firmalar makine sahalarını genişletip bu iş sahasına yönelmek istememektedirler. Jeotermal enerji sistemleri için ülkemizde mevcut olan teşviklerin genişletilmesi ve yeni teşviklerin verilmesi ile bu sektörün bir miktar ivme kazanacağı tahmin edilmektedir. Ancak jeotermal sistem parçalarını üreten dünyada sayılı büyük şirketler olmasından dolayı bu alana yapılacak yatırım uygun görülmemektedir. Bunun için alternatif sistemler düşünülerek düşük sıcaklıkta ki sistemlerden de elektrik üretiminin sağlanması ve geniş bir pazarın oluşturulması sektör için önemli olan konulardır.

5.14.1. Buhar Türbini

Buhar türbinlerinin üretiminde büyük çapta ve uzunlukta işleme tezgâhlarına ihtiyaç vardır ve bu parçaların üretimindeki hassasiyet verimlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda Türkiye’de buhar türbini üretimi yapan bir firmaya rastlanmamıştır, sadece bakım ve onarımı ile ilgilenen firmalar vardır. Konya Sanayisinin’de ki anket sonucunda da buhar türbinlerini üretebilecek firma bulunamamıştır. Türkiye’de ve Dünya’da ki jeotermal elektrik santrallerinde, Siemens, Mitsubishi ve Toshiba gibi firmaların türbin jeneratör sistemleri kullanılmaktadır. Jeneratör kısmına biokütle kısmında detaylıca değinilmiştir.

5.14.2. Soğutma Kuleleri

Soğutma kuleleri imalatı genel olarak ısı değiştiricileri yapan firmalar tarafından üretilmektedir. Ancak jeotermal santrallerde kullanılan ısı değiştiricilerinin boyutları büyük olduğu için imalat aşamasında büyük tezgahlara ihtiyaç vardır. Anket

sonuçlarında soğutma kulelerini yapabilecek 6 firma tespit edilmiştir. Ancak Konya Sanayi alt yapısına göre daha fazla sayıda firma soğutma kulesi üretimi yapabilecek kapasitededir.

5.14.3. Devir Daim Pompaları

Jeotermal enerjiden kaynağın çıkarılmasında kullanılan devir daim pompaları çok büyük ölçülere sahiptir. Bu parçaların üretilmesinde büyük döküm atölyelerine ihtiyaç vardır. Ayrıca jeotermal akışkanın sıcaklığı ve içerisindeki mineralli maddelerden dolayı kavitasyon ve sıcaklığa dayanıklı malzemelerin kullanılıp işlenmesi gerekmektedir. Anket sonuçlarında jeotermal elektrik santrallerinde kullanılabilecek devir daim pompalarını verilecek teşvikler doğrultusunda genişletilebilecek makine sahasıyla 5 firmanın imalat işlerine girişim yapabileceği tespit edilmiştir. Ancak Konya Sanayi alt yapısına göre daha fazla sayıda firma sirkülasyon pompası üretimi yapabilecek kapasitededir.

5.14.4. Kondenserler

Kondenserler türbinden çıkan buharın yoğuşmasını sağlayan ısı değiştiricilerdir. Sistemde gövde borulu veya contalı tip ısı değiştiriciler kullanılabilmektedir. Bu tip ısı değiştiricilerinin üretimin yapabilen firmalar bulunmaktadır. Anket sonucunda 4 firmanın üretebileceği tespit edilmiştir. Ancak Konya Sanayi alt yapısına göre daha fazla sayıda firma ısı değiştirici üretimi yapabilecek kapasitededir.

5.14.5. Buhar – Su Ayırıcı Separatörler

Separatörler kaynaktan çıkan su-buhar karışımını ayırıp, sabit buhar basıncına ayarlayan sistemlerdir. Sabit basınç dengesini sağlayarak buhar türbinlerinde süreklilik sağlarlar. Anket sonuçlarında, çok kompleks bir yapısı olmayan bu parçaların 6 firma tarafından yapılabileceği tespit edilmiştir. Ancak Konya Sanayi alt yapısına göre daha fazla sayıda firma ayırıştırıcı üretimi yapabilecek kapasitededir.

5.14.6. Filtreler

Jeotermal kaynakların bilindiği üzere yer altından çıkmasından dolayı kaynaktan üretimi sırasında buhar su karışımının içerisinde birçok yabancı partikül bulunmaktadır

(toprak, kum..vb). bu partiküllerin türbin kanatlarına ve sistem hattı üzerinde tıkanıklıklara sebep vermemesi için kullanılırlar. Anket sonuçlarında 2 firmanın bu filtreleri yapabileceği tespit edilmiştir. Ancak Konya Sanayi alt yapısına göre daha fazla sayıda firma filtre üretimi yapabilecek kapasitededir.

5.14.7. Jeotermal Güç Santrallerinde Kullanılan Parçaların NACE Kodları

Çizelge 12. Sistem Elemanlarının NACE Kodları

PARÇA	ALT PARÇALAR (VARSA)	NACE KODU	KOD AÇIKLAMASI
Türbin	Buhar Türbinleri	48.C.28.1.1.08	Türbin ve türbin parçalarının imalatı (rüzgâr, gaz, su ve buhar türbinleri ile su çarkları ve bunların parçaları) (hava taşıtları için turbo jetler veya turbo pervaneler hariç)
Fabrikasyon metal ürünlerin kurulum hizmetleri	Buhar Boru ve elemanları	48.C.33.2.0.58	Fabrikasyon metal ürünlerin kurulum hizmetleri (buhar jeneratörlerinin kurulum hizmetleri ve sanayi tesislerindeki metal boru sistemlerinin kurulumu dahil, merkezi ısıtma sıcak su kazanları (boylerleri) ile makine ve ekipmanlar hariç)
Isı Değiştirici	Eşanjörler, Soğutma Kulesi, Kondenser	48.C.28.2.5.04	Isı değiştirici birimlerin (eşanjörler), hava veya diğer gazların sıvılaştırılmasında kullanılan makinelerin ve hava/gazların filtrelenmesi ve artırılması için kullanılan makine ve cihazların imalatı
Jeneratör		46.C.25.3.0.01	Buhar üretim kazanları (buhar jeneratörü), kızgın su kazanları (boyler) ve bunların parçaları ile kazanlar (boylerler) için yardımcı üniteler ve buhar veya diğer buhar güç üniteleri için kondansatör imalatı
Pompalar	Devir Daim Pompaları	48.C.28.2.5.01	Sanayi tipi soğutucu ve dondurucu donanımları ile ısı pompalarının imalatı (camekanlı, tezgahlı veya mobilya tipi soğutucular, kondenserleri ısı değiştiricisi

PARÇA	ALT PARÇALAR (VARSA)	NACE KODU	KOD AÇIKLAMASI
			fonksiyonu gören kompresörlü üniteler vb.)
Kimyasallar		51.C.20.1.1.01	Sanayi gazları imalatı (hidrojen, asal gazlar, azot, oksijen, karbondioksit ve ametallerin diğer inorganik oksijen bileşikleri, soğutucu-dondurucu gazlar ile hava gibi sıvı veya sıkıştırılmış inorganik sanayi ve tıbbi gazlar)
Filtreleme sistemleri		49.C.28.2.9.04	Sıvılar için filtreleme veya arıtma makine ve cihazları imalatı (suyun filtre edilmesi/arıtılmasına mahsus cihazlar dahil)
Trafo elk. İşleri		52.C.27.1.2.03	Elektrik motorları, jeneratörler ve transformatörlerin aksam ve parçalarının imalatı

5.14.8. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Yapan Tesis Elemanlarının

Konya’da Üretebilecek Firma Bilgileri ve İlgili Alanları

Çizelge 13. Jeotermal Elektrik Santrallerindeki Sistem Elemanlarının Üretebilecek Firma Rehberi ve İlgili Alanları

	FİRMA BİLGİLERİ	İLGİLİ ALANLARI
1.	ÜÇ-EL PASLANMAZ	Soğutma Kulesi, Separatör
2.	ÖRS MAKİNA VE TESİSAT SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	Soğutma Kulesi, Separatör, Filtreleme Sistemleri
3.	AZAK SOĞUTMA SAN. LTD. ŞTİ.	Soğutma Kulesi, Kondenser
4.	HAS POMPA MAK.SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ	Soğutma Kulesi, Devir Daim Pompaları, Kondenser, Filtreleme sistemleri
5.	MPG MAKİNA İMALAT SAN. VE TİC. A.Ş.	Soğutma Kulesi
	MERİDYEN ALTERNATİF YAKİT	Separatör

	FİRMA BİLGİLERİ	İLGİ ALANLARI
6.	SİSTEMLERİ LTD. ŞTİ.	
7.	AKKAYA ISI MAK. SAN. TİC. A.Ş.	Separatör, Kondenser
8.	KONDÖKSAN DÖKÜM SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Separatör, Devir Daim Pompaları
9.	TAVSAN SAC BOMBE ÜNİTELERİ VE AYDINLATMA SAN. TİC. LTD. ŞTİ	Separatör, Bağlantı Elemanları
10.	SEMPA LTD. ŞTİ.	Devir Daim Pompaları
11.	NEMUTLU POMPA DÖKÜM MÜH. SAN. VE TİC. A.Ş.	Devir Daim Pompaları
12.	KONYA BOBİNAJ	Trafo elk.ışleri
13.	ÇAVUŞOĞLU KARDEŞLER POMPA	Devir Daim Pompaları
14.	NURTOPRAK SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	Kondenser
15.	EDELMAK PASLANMAZ MAK. SANAYİ	Separatör
16.	MUZAFFER KAVUTOĞLU POMPA MAKİNA SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	Devir Daim Pompaları
17.	NETİŞ METAL ENERJİ NAKLİYE İNŞAAT SAN.VE TİC.A.Ş.	Gaz Jeneratörleri
18.	TEKELİOĞLU CİVATA	Bağlantı Elemanları
19.	ARKOÇ METAL VANA	Bağlantı Elemanları
20.	ARDEMİR ÇELİK DÖKÜM	Devir Daim Pompaları, Bağlantı Elemanları
21.	ÖZKARSU POMPA SONDAJ	Devir Daim Pompaları
22.	METROPOL SONDAJ	Devir Daim Pompaları
23.	BİRLEŞİM SONDAJ	Devir Daim Pompaları
24.	POLMOT MOTOR MAKİNE SANAYİ VE TİCARET LTD. ŞTİ.	Devir Daim Pompaları
25.	KONYA MOTOR	Jeneratör
26.	PAMİR ELEKTRİK SANAYİİ VE TİCARET LTD. ŞTİ.	Trafo Elk. İşleri
27.	ALTUN DÖKÜM SANAYİ A.Ş.	Devir Daim Pompaları
28.	AZİM GÖDENELİ DÖKÜM SAN. VE TİC. A.Ş.	Devir Daim Pompaları
29.	ÖZASLAN TANK SANAYİ	Separatör
30.	LUKAS DIŞ TİCARET LTD. ŞTİ. SÜT SAĞIM MAKİNELERİ	Separatör
31.	KYS KÜRKÇÜOĞLU DÖKÜM RULMAN YATAKLARI VE OTO. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	Devir Daim Pompaları, Bağlantı Elemanları
32.	KERİMOĞLU OTOMOTİV SANAYİ TİCARET LTD. ŞTİ.	Jeneratör, Bağlantı Elemanları
33.	DEMİRCİ TRAF0&ELEKTRONİK	Jeneratör, Trafo Elk. İşleri
34.	MESA MAKİNE DÖKÜM A.Ş.	Devir Daim Pompaları, Bağlantı Elemanları

Bu firmalar yapılan anket ve araştırmalar neticesinde Konya Sanayisinde tespit edilen firmaların bazılarıdır. Üretim yapabilecek firmalar bununla sınırlı değildir.

5.14.9. Tasarım

Jeotermal sistemler pazarı diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran daha düşük, ilerde de öyle olacağı beklenmektedir. Bu sistem parçalarının tasarımını yapmak için önce jeotermal kaynakların özelliklerinin değerlendirilmesi, elektrik üretim sistem ünitelerinin belirlenmesi, üretilen elektriğin şebeke bağlantısının yapılması gibi çalışmaların yapılması gerekir. Konya sanayisinde büyük bir elektrik üretim amaçlı jeotermal tesisin tasarımını yapabilecek veya tasarım sorumluluğunu üzerine alarak sistem elemanlarını diğer firmalara ürettirebilecek bir firmaya rastlanmamıştır. Bunun en önemli nedenleri yüksek teknoloji ürünü sistemler olması ve talebin yetersiz olmasıdır.

5.15. Jeotermal Enerji Sistemlerinde Sonuç, Öneriler ve Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar

5.15.1. Sonuçlar

Yenilenebilir enerji kaynağı olan jeotermal enerji başlangıçta sadece kaplıca amaçlı kullanılırken, günümüzde geniş kullanım olanakları sunan bir enerji türüne dönüşmüştür. Jeotermal enerji yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil bir enerji türüdür. Atmosfere CO₂ ve diğer emisyonların verilmediği bu enerji türünde, flora ve faunaya olumsuz etkiler minimum düzeyde olmaktadır. Jeotermal enerji başta elektrik enerjisi üretimi, merkezi ısıtma ve sera ısıtmacılığında kullanılmaktadır. 2010 Yılı Dünyada Jeotermal Enerji Kullanımı, bildiriler ve ulaşılabilen kaynakların verileri temel alınarak hazırlanan rapora göre; Jeotermal enerji kullanımı 438,071 TJ/yıl (121,696 GWh/yıl) olup 2005 yılından itibaren %60 artış ve yaklaşık %9.9 oranında yıllık büyüme göstermektedir. Dünyada, jeotermal elektrik santrali bulunan 27 ülke mevcuttur. Toplam kurulu güç 2010 yılı itibarıyla 10,715GW iken yıllık üretim 67.263 GWh’dur. Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki zengin ülkeler arasındadır. Ülkemiz jeotermal potansiyel açısından Avrupa’da birinci, Dünyada ise yedinci sırada yer almaktadır.

Türkiye'de 40°C' nin üzerinde jeotermal akışkan içeren 140 adet jeotermal saha bulunmaktadır. Bunlardan 7 tanesi elektrik enerjisi üretim amaçlı kullanılmakta ve 12 tanesinde lisansı alınmış olup inşa halindeki tesisler bulunmamaktadır. 2011 yılı itibariyle Türkiye'de Jeotermal elektrik santrallerinden 94,7 MWe elektrik üretilmektedir. Konya Bölgesinde ise jeotermal enerji açısından düşük potansiyele sahip olup 9 adet jeotermal saha bulunmaktadır. Sıcak ve mineralli su kaynaklarının sıcaklıkları 25°C ile 45°C arasında değişmektedir. Sıcak ve mineralli sular 500-1000 m arasındaki derinliklerden gelmekte olup sular yüzeye yakın kesimlerde soğuk sularla karışmaktadır. Sıcak ve mineralli su kaynaklarından İsmil, Ilgın, Beyşehir-Köşk ve Seydişehir-Ilıca kaynakları kaplıca olarak kullanılmakta olup diğer kaynak çıkışları üzerinde tesis bulunmakta ve kaynaklar boşa akmaktadır. Konya çevresindeki sıcak ve mineralli su kaynakları sera ve toprak ısıtması içinde uygundur.

Konya Bölgesi Sanayisinde Üretilebilirlik Araştırmasın da 71 firmayla anket yapılmıştır. Anketlerin genel değerlendirilmesi sonucunda, Konya Sanayi Bölgesindeki firmaların jeotermal enerjiden elektrik üretimi konusunda yeterli bilgi birikimlerinin bulunmadığı tespit edilmiştir. JES'de kullanılan buhar türbini, separatörler, soğutma kuleleri, kondenserler, devir daim pompaları ve filtreler değerlendirilmiştir. JES'de kullanılan buhar türbinlerinin üretimini yapabilecek firma tespit edilememiştir. Diğer ana elemanlardan olan separatörler, soğutma kuleleri, kondenserler, devir daim pompaları ve filtreler bu tarz imalat yapan firmalar tarafında değerlendirilmiş, olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu firmalardan 32 tanesi yeterli teşvik verilmesi ve pazarın oluşturulması durumunda bu alana yönelebilecekleri sonucuna varılmıştır. Yeterli pazarın oluşabilmesi içinde alternatif sistemlerin üniversite ile işbirliği yapılarak değerlendirilmesi planlanmaktadır.

Her ne kadar birçok sistem parçasının Konya'da üretimi mümkün görölse de toplam maliyet açısından değerlendirildiğinde üretilebilecek parçaların maliyete etkisi %10-15' i geçmemektedir.

Jeotermal enerji sistem parçalarının üretimine yatırım yapmayı düşünen bir firma sadece Türkiye'yi pazar olarak belirleyerek bu sektöre girmesi mantıklı görülmemektedir. Bu alanda daha yüksek jeotermal kaynaklara sahip ülkelerin ve bu alanda faaliyet gösteren dünya çapındaki firmaları göz önünde bulundurmalıdır.

5.15.2. Öneriler

Jeotermal santrallerinin hibrit sistemle veya düşük kaynama sıcaklığına sahip kimyasal akışkanlar kullanılarak düşük sıcaklıktaki kaynaklardan da elektrik üretimi yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak bu sistemlerin verimleri düşük sıcaklıkta ve basınçta çalışmalarından dolayı düşüktür.

Jeotermal enerji kaynakları yalnız başına elektrik üretmek için yeterli termofiziksel özelliği olmayan bölgelerde, biyogaz üretiminde fermantasyon sıcaklığının sağlanmasında, CSP yoğunlaştırılmış güneş kolektöründeki devir daim eden suyun ön ısıtmasında kullanılarak yenilenebilir enerji kaynağından elektrik üretiminde destekleyici bir ünite olarak değerlendirilebilir. Bu şekilde yapılacak bir projede, sirkülasyon pompaları, filtreler, kondenser ısı değiştiricileri, soğutma kulesi, jeneratör, su-buhar separatörleri, trafo elektrik işleri, CSP aynaları ve bağlantı elemanları, biyogaz ekipmanlarının bir çoğu ve buhar türbini hariç ekipmanlar 10kW’ tan birkaç megavata kadar kapasiteleri Konya sanayisinin mevcut potansiyeli ile üretilebilir. Bu üretim esnasında gerekli malzemenin %70’ den fazlası Türkiye’deki kaynaklardan karşılanabilir. Mevcut sahaların özellikleri ve güncel kapasiteleri tam olarak belirlenmelidir. Jeotermal enerji alanındaki yenilikler takip edilmeli ve bu yenilikler jeotermal sahalardan en yüksek faydayı sağlamak amacıyla kullanılmalıdır. Elektrik üretimine yönelik yatırımlar teşvik edilmelidir. Doğrudan kullanımda ise belediyeler özendirilmeli ve desteklenmelidir. Jeotermal enerjinin sürdürülebilirliğini sağlamak için akışkanın kullanım sonrası tekrar rezervuara basılması (re-enjeksiyon), uzun dönemli gözlemlerle oluşturulan saha modellemeleri, kullanımları ve sığ derinlikli ve düşük entalpili sahalarda ısı pompalarının kullanılması ve Jeotermal Enerji kullanımı teşvik edilmeli Jeotermal Enerji Politikası oluşturulmalıdır.

5.15.3. Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar

Her geçen gün biraz daha tükenen fosil enerji kaynaklarına alternatif olan yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi giderek artmaktadır. Enerji politikalarının, artan nüfusun ve gelişen ekonominin enerji gereksinimlerini sürekli ve kesintisiz bir şekilde ve olabilen en az maliyetle karşılanması üzerine belirlendiği dünyamızda yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde etme çalışmaları hız kazanmış yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi artmıştır. Jeotermal enerji özellikle kWh

başına düşük maliyetiyle tüm dünyada benimsenen bir alternatif enerji kaynağı haline gelmiştir. Dünyada jeotermal enerjinin kullanımı aşağıda belirtilen sebeplerden dolayı daha fazla ön plana çıkmaktadır.

- Jeotermal enerji maliyetlerinin diğer enerjilerin maliyetlerine oranla daha az olması
- Genellikle daha az ve kabul edilebilir sınırlarda çevre sorunlarına neden olması
- Yerli teknolojinin yeterliliği ve kısa bir sürede jeotermal santralin kurulabilmesi
- Jeotermal enerjinin dünya genelinde teknik ve ekonomik açıdan geçerli bir enerji kaynağı olduğunun benimsenmesi.
- Jeotermal projelerin finansmanını sağlayan örgütlenmelerin artması

Türkiye, jeotermal kaynak zenginliği bakımından dünyada ön sıralarda yer almaktadır. Bu durum Türkiye’nin mevcut ve gelecek enerji politikalarında jeotermal enerjinin önemini artırmaktadır. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık verilecektir. Türkiye’nin 2013 yılı planında JES’den 600 MWe üretilmesi, 2023 yılı içinde 1000 MWe hedeflenmektedir. Bu kapasiteler ile pazarın genişleyebileceği hedeflenmektedir. Firmaların Türkiye pazarında yurt dışında ki JES parçalarına parça tedariği yapılabileceği düşünülmektedir. 50 MW kurulu güç ile 100 milyon kilowatt saat elektrik üretimi yapılabilmektedir, bu kapasiteyle yıllık 40 milyon dolar değerinde 50 bin ton petrol ithalatının önlenmesi planlanmaktadır

5.16. Kaynaklar

- Adil Özdemir, 2000, Jeotermal Enerji Ve Elektrik Üretimi, Jeofizik Bülteni
- Altaş S., 2010, Kızılcahamam Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi ile Klasik Merkezi Isıtma Sisteminin Karşılaştırılması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, YL tezi.
- Anonim 2011 İzobor Boru İmalat Jeotermal, <http://www.izobor.com/tr/referanslar.html>, ziyaret tarihi 14.11.2011
- Anonim, 2010, Balıkesir Üniversitesi Gönen Jeotermal Enstitüsü, 2010, <http://jeotermal.balikesir.edu.tr/> Ziyaret Tarihi 13.11.2011
- Anonim, 2011, <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/47/1155/13594.pdf> , ziyaret tarihi 12.11.2011
- Anonim, 2011, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/jeotermal/12dunyada_jeotermal.html, ziyaret tarihi 10.11.2011
- Anonim, 2011, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/jeotermal/14jeotermal_enerjinin_kullanim_alanlari.html, ziyaret tarihi 11.11.2011
- Anonim, 2011, <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/diger>, ziyaret tarihi 13.11.2011
- Anonim, 2011, <http://www.yerbilimleri.com/germencik-jeotermal-enerji-santrali/>, ziyaret tarihi 10.11.2011
- Anonim, 2011, <http://www.yerbilimleri.com/jeotermal-kaynaklardan-elektrik-uretimi/>, ziyaret tarihi 12.11.2011
- Anonim, 2011a, <http://Jeotermal.Balikesir.Edu.Tr/Jeotermalnedir.Php> Ziyaret Tarihi 12.11.2011.
- Anonim, 2011b, <http://www.rediff.com/business/slide-show/slide-show-1-worlds-biggest-renewable-power-stations/20111116.htm> Ziyaret Tarihi 12.11.2011.
- Anonim, 2011c, <http://jeotermal.balikesir.edu.tr/jeotermal4.php> Ziyaret Tarihi 12.11.2011.
- Anonim, 2011d, <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/nedir%20i.htm> Ziyaret Tarihi 12.11.2011.
- Anonim, 2012a, <http://www.didionseparator.com/FLASHRECOVERY.HTML> Ziyaret Tarihi 06.01.2012.
- Anonim, 2012b, <http://www.mannvit.com/GeothermalEnergy/GeothermalPowerPlants/> Ziyaret Tarihi 08.01.2012.
- Anonim, 2012c, <http://www.customcoolingtowers.com/cing.asp> Ziyaret Tarihi 08.01.2012.
- Anonim, 2012d, <http://spxcooling.com/en/products/list/cooling/cooling-towers/> Ziyaret Tarihi 09.01.2012.
- Anonim, 2012e, <http://spxheattransfer.com/pdf/Condenser-10.pdf> Ziyaret Tarihi 09.01.2012.
- Anonim, 2012f, <http://oilgaspot.blogspot.com/> Ziyaret Tarihi 26.01.2012.
- Anonim, 2012g, <http://www.torishima.co.jp/en/pdf/products/cdktv.pdf> Ziyaret Tarihi 06.01.2012.
- Arık F., 2011, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Konya’nın Enerji Potansiyeli, Jeoloji Mühendisleri Odası Konya Şubesi

- Arslan, E., 2006, Jeotermal Enerjiden Yararlanılarak Kuyu İçi Eşanjörü Yardımıyla Konut Isıtılması ve Sıcak Su İhtiyacının Karşıllanması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 30-35.
- Atalay, Ö., 2004. , Jeotermal Sistemlerin Ekserji Analizi- Kızıldere Örneği:
- Barbier, E., 1997, Nature And Technology Of Geothermal Energy: A Review, Renewable And Sustainable Energy Reviews, V.1, No.1/2, Pp.1-69, Pergamon Press.
- Bertani, R., 2005, World Geothermal Generation 2001-2005: State Of Art, Proceedings World Geothermal Congress, Antalya, Turkey, 24-29.
- Çetin K.E., Rıza A., Alpan E., Arıcı E., Uçman C., Karaman T., 2009, Denizli İli Enerji Üretim İncelenmesi, Ege Bölgesi Enerji Forumu.
- Dickson, M.F., Fanelli, M., 1995, Geothermal Energy, John Wiley&Sons.
- DiPippo, R., 2005. , Geothermal Power Plants Principles, Applications and Case Studies, Elsevier, Dordmouth, Massachusetts.
- DPT, 2006, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu, Jeotermal Enerji Çalışma Grubu.
- Durak S., 2011, Jeotermal Enerjiye İlişkin Yasal Düzenleme Ve Destekler, EPDK. Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı Faliyet Raporu, MTA, http://www.mta.gov.tr/v1.0/tek_dosyalar/enerji.pdf Ziyaret Tarihi 14.11.2011
- Erden, O., 2002, “Türkiye’de Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi İle Klasik Merkezi Isıtma Sistemi Teknolojilerinin Teknik Ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması ”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 25-35, 64-72.
- Genesis Enerji ve Mekanik Sistemler A. Ş., <http://www.genesis.com.tr/faaliyet.asp?K1=163>, ziyaret tarihi 13.11.2011
- Gülöksüz M., (2000,). 'Isı Pompası Raporu', Makine Mühendisi. Gürses, A.Ç., “Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Tasarım Kriterleri”, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri Ve Tasarımı Seminer Kitabı (Toksoy, M., Ed.), Mmo/2001/270, İzmir , 119-127, (2001).
- John W. Lund L. , 2004, 100 Years of Geothermal Power Production, Geo-Heat Center.
- Kanoglu, M., 2005, Jeotermal elektrik üretim sistemleri ve kojenerasyon, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, TESKOM 2005 VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, MMO Yayın No: E/2005/393-2, 23-26 Kasım 2005, s: 289-299.
- Kaymakçioğlu F., Çirkin T., 2011, Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi Ve Elektrik Üretimi, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü.
- Köse F., 2002, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Sistemleri, Konya.
- Lund, Bertani Dünyada jeotermal enerji kullanım raporu, Dünya jeotermal kongresi 2010 (wgc2010)-endonezya-bali,, 2010 www.jkbb.org.tr/WGC.doc
- Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü, <http://www.mta.gov.tr/v2.0/index.php> 14.11.2011
- Mertoğlu, O., 2000, Türkiye’de jeotermal enerji uygulamaları ve gelişimi, Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji Ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu, Ankara,71-71.
- Okul, A., 2001, “Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemleri”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 34-35, 57-58.
- Özgören M., 2011, Energy Management Ders Notları, Selçuk Üniversitesi Konya.

- PopovskiPopovski, K. 1990. Low Temperature Installations For Greenhouse Heating. Direct Application Of Geothermal Energy: 18.1_18-28.
- Serpen, Ü., 2005, “Jeotermal Enerjinin Türkiye Ve Dünyadaki Kullanımı”, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı (Aksoy, N., Ed.) Mmo/ E/2005/393-2, _Zmir, 435-444.
- Serpen, Ü., 2010. , Jeotermal Güç Santralleri Ders Notları, İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Müh. Bölümü, İstanbul.
- Simens 2011, Energy Sector, Oil and Gas Division, San Diego (U.S.A.), October 26, 2011
- Tamyerli U., 2007, Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretiminin İrdelenmesi Örnek Çalışma: Kütahya-Simav Jeotermal Sahası Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi, (2007).
- Toka, B., Arı, N., 2006. , Jeotermal Kaynakların Sürdürülebilir Gelişimi Ve Çevresel Etkileri, Dikili-İzmir.
- Tozar, T., 2006. , Doğal Kaynakların Sürdürülebilirliği İçin Geliştirilen Ekolojik Planlama Yöntemleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Uluşahin A., 2009, Enerji Gereksiniminde Bazı Gerçekler, Jeotermal Enerji Ve Yasal Durum, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu – Diyarbakır
- Yıldırım, Ö. 2005. Termal Turizm İşletmelerinde Müşteri Sadakati Ve Bir Araştırma, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir
- Yörükoğlu A., 2007, Türkiye Jeotermal Enerji Pi Ve Çevre potansiyeli Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.