



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

TÜRKİYE'DE ENERJİ VE JEOTERMALİN YERİ

ABDURRAHMAN SATMAN
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ



TÜRKİYE’DE ENERJİ VE JEOTERMALİN YERİ

Abdurrahman SATMAN

ÖZET

Gelişmesini sürdürmek isteyen Türkiye için enerji gerekmektedir. Tükettiği enerjisinin %73’ünü ithal eden, yıllık enerji talebi %4-5 ve yıllık elektrik talebi %6-8 oranında artarken, Türkiye’de enerjinin arz-talep dengesinin kurulması en önemli konulardan ve dolayısıyla sorunlardan birisi olarak hükümetin ve doğal olarak hükümetin enerji politikalarından etkilenen vatandaşın gündemini işgal etmektedir.

Enerji arz-talep dengesinin kurulmasında geçerli politikanın temeli ise basit olarak; Türkiye’de enerji arz güvenliğini sağlamak ve bir başka deyişle enerji arzını artırırken talebi azaltmak olarak tanımlanabilir. Talebi azaltmanın yolu enerjinin verimli kullanılmasından ve tasarrufundan geçmektedir. Arzda dışa bağımlılığı bir gerçek olan ve bununla yaşamayı öğrenmesi gereken Türkiye için, arzın sağlanması yönünde yapabileceği yurtiçine yönelik en akılcı yaklaşım ise ülke enerji kaynaklarının mümkün olduğunca değerlendirilmesi olmalıdır.

Son yıllarda sektörün özel girişimcilere açılması sonrasında özellikle güneş, rüzgar ve jeotermal gibi yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin kapasite olarak devreye alınmasında oldukça önemli atılımlar ve gelişmeler gerçekleştirilmiştir.

Türkiye’nin jeotermal enerji kaynaklarının varlığı hakkında şüphe yoktur ve son yıllarda özellikle elektrik üretimde kullanılan jeotermal santrallerin kapasite artışları da bunun en önemli kanıtıdır. Dünyada son 10 yıl içinde özellikle jeotermal elektrik kurulu güç kapasitesinin yıllık artışı ve yıllık sektör büyümesi söz konusu olduğunda, tüm dünya ülkeleri sıralamasında Türkiye başlarda gelmektedir. Mevcut kullanılan kapasitenin, Türkiye’de tahmini jeotermal potansiyelin küçük bir oranı olduğu ve sektörün büyümeye açık olduğu görülmektedir. Her ne kadar jeotermal enerjinin Türkiye’nin enerji arzında küçük bir orana sahip olacağı bilinmekle beraber, jeotermal sektörün büyümesi enerji kaynağının yerli katma değerle geliştirilmesinden ve enerjide dışa bağımlılığı azaltacağından dolayı önem taşımaktadır.

Bu bildiri Türkiye’nin mevcut enerji durumu ve enerjide jeotermalin yeri değerlendirilmekte, dünya ve Türkiye’de kullanıma yönelik veriler ve bilgiler sunulmakta ve geleceğe yönelik öngörüler irdelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye’de enerji, jeotermal enerji, jeotermalin geleceği.

ABSTRACT

As a developing country, Turkey needs energy. Energy and electricity demands in Turkey grow at rates of about 4-5% and 6-8% per year, respectively, while nearly 73% of energy demand is met by the imported fuels. The supply and demand balance has been an important issue and of concern for the government and thus for the citizen affected by the energy policy.

Basic principle for maintaining the balance between supply and demand simply is; to set the energy security as a first priority and then try to decrease the demand and increase the supply as possible. Energy efficiency and conservation are the main approaches to reduce the demand. In order to reduce



dependence on imported energy the country needs energy diversification. This diversification could be obtained by adding renewable resources to energy supply portfolio. Moreover, in order to reduce the dependence the contribution of the domestic sources should be increased in the energy portfolio.

Due to the privatization moves in recent years, the growth of the installed capacities of the renewable domestic resources such as solar, wind and geothermal have been impressive.

Turkey is known to be rich in geothermal energy resource potential and this fact has been verified by the recent growth of installed capacities of geothermal power plants in Turkey. Turkey is one of the leading countries in the world as far as the growth of installed geothermal energy capacity in the last decade is concerned. The available capacity is still a small portion of the potential and the sector is open to further developments. Although geothermal energy remains as a small contributor to the power generation capacity of Turkey, Turkey needs to include geothermal resources in its energy supply portfolio.

In this study, the current state of energy and geothermal energy in particular in Turkey is discussed, and the relevant statistical data and developments are presented. The current issues of concern are outlined and finally future projections are given.

Key Words: Energy in Turkey, geothermal energy, future projections.

1. GİRİŞ

Hızla gelişmekte olan Türkiye için enerji gerekmektedir. Enerjisinin %73'ünü ithal etmekte olan ve enerjiye ödediği ve yaklaşık Türkiye dış ticaret açığının yarısına karşın gelen enerji ithalat faturasıyla Türkiye bir yığın enerji sorunlarıyla boğuşmaktadır ve haklı olarak enerji gündemdeki en önemli konulardan birisidir. Yıllık enerji talebi %4-5, yıllık elektrik talebi ise % 7-8 oranında artmaktadır [1]- [4].

Dünyadaki endüstrileşmiş tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye de enerji ile yaşamakta ve gelişmektedir. Bizim için sorun çok basittir: Türkiye'yi dış kaynaklardan bağımsız kılabilecek yeterli yerli enerjimiz yoktur.

Enerji politikasının temeli, Türkiye'yi enerji güvenliği konusunda yeterli hale getirmek ve bu amaçla enerji arzını arttırırken talebi azaltmak olarak basitçe tanımlanabilir. Talebi azaltmanın yolu enerjinin verimli kullanılmasından ve tasarrufundan geçmektedir.

Türkiye tükettiği petrolün %93'ünü, doğalgazın %99'unu ve taşkömürünün %94'ünü ithal etmektedir. Son yıllarda en çok tüketilen enerji kaynakları arasında doğalgaz başı çekmektedir. Özellikle doğalgazın ikamesinde, Ukrayna'dan ve İran'dan gelen doğalgazın iletilmesinden kaynaklanan yaşadığımız geçtiğimiz yıllardaki sorunlar, Rusya'ya olan bağımlılık ve yeraltı doğal gaz depolama kapasitesindeki kısıtlar nedeniyle, sorun yaşanmaktadır. Elektrik açığını kapatmak, enerjide çeşitlilik yaratmak ve teknolojiye sahip olmak gibi nedenlerle ülkemizde nükleer santraller yapılmaktadır.

Enerji politikasının birincil amacı enerji arzını arttırmak ve enerji tasarrufunu teşvik etmek (ve dolayısıyla talebi kısmak) olmalıdır. Arzda sorun yaratan enerji kaynaklarına ve bu kaynakları sağlayan ülkelere daha az bağımlı olmak hedeflenmelidir.

Türkiye'nin enerji kaynaklarının arzını arttırma iki ana grupta değerlendirilebilir: 1) birincil enerji tüketiminde %85-90 paya sahip ve fakat ithalata bağımlı petrol, doğalgaz ve kömür arzının arttırılması ve 2) arz edilebilecek yeni kaynakların geliştirilmesi.

Arz kapsamında değerlendirilen ikinci grupta, arz artışı hedeflenen yeni enerji kaynakları bulunmaktadır. Hidroelektrik enerji, rüzgar-jeotermal-güneş-biyokütle gibi yenilenebilir enerji ve nükleer enerji kaynaklarının arzını arttırmak enerji politikasının hedefi olmak durumundadır.

Gelecekte enerji arzının güvenle sağlanabilmesinin en önemli gerekli koşullarından birisi de yatırımlardır. Yenilenebilir enerji projelerinin devreye alınması için yatırım gereklidir. Söz konusu yatırımın kamudan karşılanması yerine, hükümetin söylemlerinden ve uygulamalarından anlaşıldığı gibi, özel sektörün devreye girmesi beklenmektedir. Özel sektör yatırımı için, şeffaf, rekabetçi ve liberal bir piyasa düzenine geçiş, özel sektörün önünü görebileceği bir karlı ve garantili ortamın oluşturulması gerekmektedir. Türkiye'nin yerli yatırımcıyı olduğu kadar yabancı yatırımcıyı da gözetken bir enerji ekonomisi sürdürmesi yadsınamaz bir gereksinimdir. Enerji sektörü riskli olduğu kadar büyük bütçeli olmak zorundadır. Finans sıkıntıları olan Türkiye için yabancı yatırımcılar ve finans kaynakları enerji ekonomisinin ihmal edilmemesi gereken bileşenleridir.

2. TÜRKİYE'DE ENERJİ VE JEOTERMAL ENERJİ

Türkiye'de enerji durumunu değerlendirirken dünyadaki enerji durumundan bağımsız olarak düşünmek olası değildir. Bu bölümde önce dünyadaki durum ve daha sonra Türkiye'deki durum değerlendirilecektir.

2.1. Dünyada Enerji, Gerçekler ve Beklentiler

Dünya'da tüketilen enerji kaynakların dağılımı incelendiğinde Türkiye'dekine benzer bir görüntü vardır. 2012 yılında birincil enerji tüketimi, enerji tüketiminde yıllık artış ve fosil kaynaklara (petrol, doğalgaz ve kömür) bağımlılık dünyada 12.5 milyar ton toe (ton petrol enerjisi eşdeğeri), %2 ve %87 iken Türkiye'de 121 milyon ton toe, %5 ve %86 olarak gerçekleşmiştir.

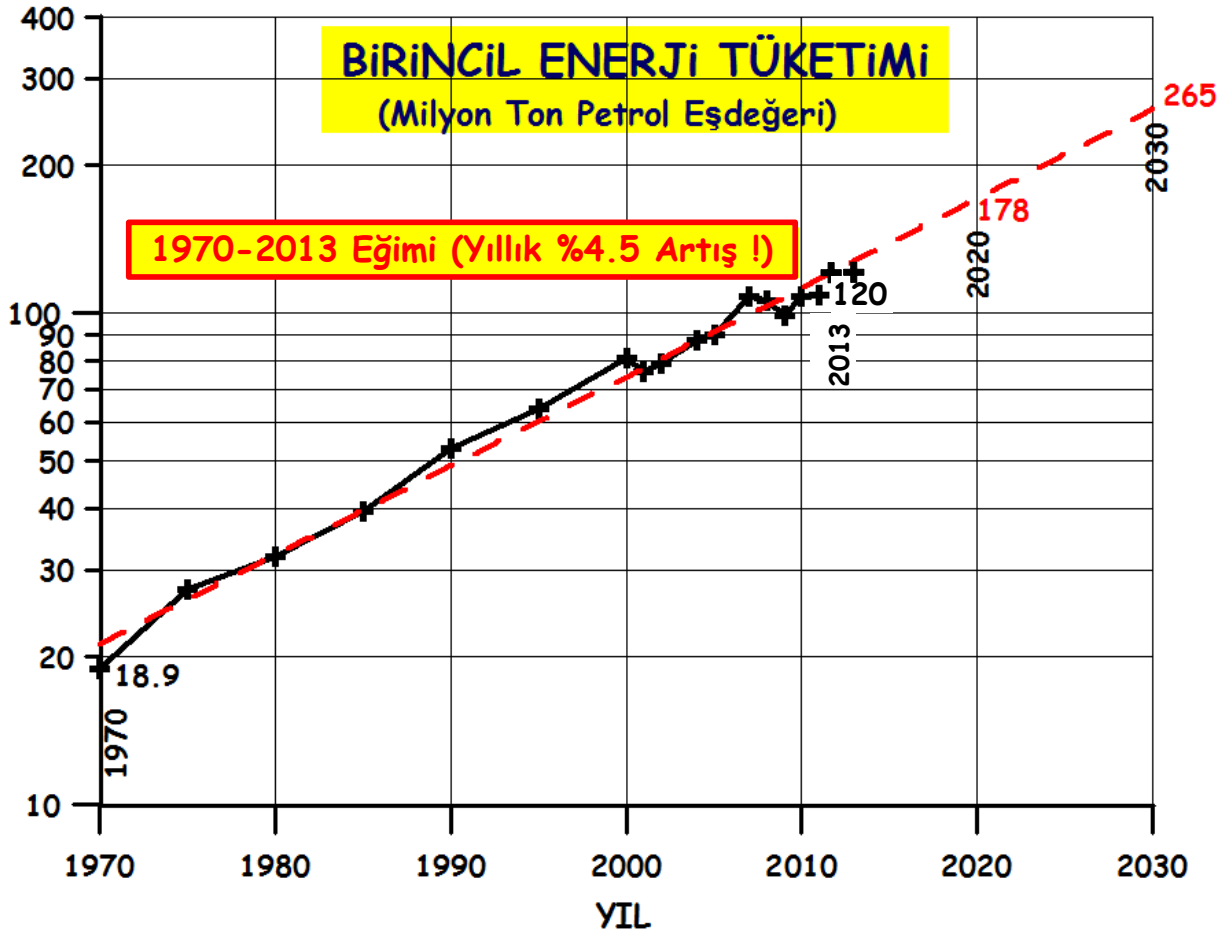
Dünya enerji sektöründeki görünüm incelendiğinde aşağıda sıralanan gerçekler gündeme gelmektedir [5]- [7]:

- Sürdürülebilir enerji; güvenilir, yeterli, ucuz ve çevre dostu özellikleri taşıyan enerji olarak tanımlanır.
- Özelliklerin tümü fosil yakıtlara bağlı mevcut enerji sistemimiz tarafından sağlanamamaktadır.
- Gelişmekte olan ülkelerin daha fazla enerji gereksinimini ve gelişmiş ülkelerin sürdürülebilirlik hedeflerini sağlayan bir enerji sisteminin yaratılması gerekmektedir.
- Ülkeler için enerji artık "kendi kendine yeterli" tanımının dışındadır. Ülkelerarası ticaret esastır ve bu ticaretin güvenle yapılması gerekmektedir.

Dünya enerji politikası ve geleceğe yönelik beklentiler incelendiğinde 21. Yüzyılın ortalarına kadar petrol ve doğal gazın temel birincil enerji kaynakları olarak kalacakları belirgindir. Fosil enerji kaynaklarından yenilenebilir (karbonsuz) enerji kaynaklarına geçiş süreci yaşanmaktadır. Sektöre büyük yatırımlar gerekmektedir. 2012-2035 döneminde birincil enerji talebi yıllık %1.5 artışla toplam %41 artacaktır. En hızlı büyüme tüm kaynaklar arasında yenilenebilirde, fosil yakıtlar arasında gazda (yıllık %1.9) görülecektir. Tüm gaz türleri arasında en hızlı yıllık büyüme, %6.5, şeyl gazda öngörülmektedir [5-7].

2.2. Türkiye'de Enerji

Türkiye'de birincil enerji tüketimi 2013 yılı içinde 120 milyon ton toe olarak gerçekleşmiştir. Şekil 1'de verilen yıllar içinde değişime bakıldığında 1970-2013 döneminde yıllık artışın %4.5 olduğu görülmektedir. Aynı eğilimin gelecekte de gerçekleşmesi durumunda 2030 yılında birincil enerji tüketiminin 2013'e göre 1.2 kat artışla 265 milyon ton toe'ye ulaşması beklenmektedir.



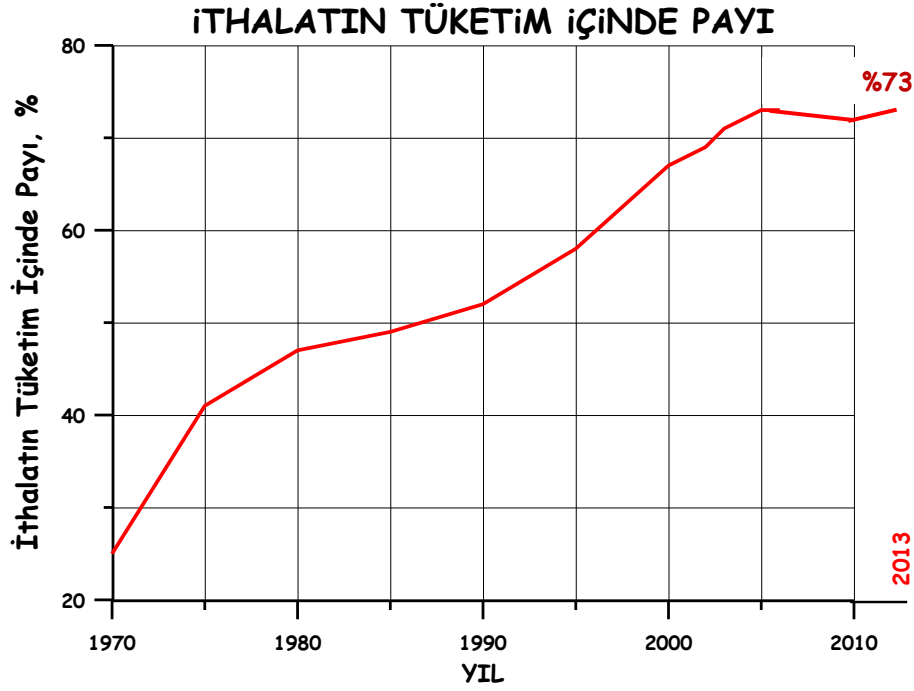
Şekil 1. Türkiye’de birincil enerji tüketiminin yıllar içinde değişimi.

Türkiye’de enerji talebinin artmasının nedenleri:

- Nüfus artışı
 - Hayatı kolaylaştıran fakat ek enerji talep eden yeni teknolojiler ve tüketici ürünlerinin artması (hayat standartını yükseltme çabaları)
 - Şehirleşme
 - Sanayileşme
- olarak sıralanabilir.

Birincil enerji tüketiminde en yüksek payı olan fosil enerji kaynakları söz konusu olduğunda Türkiye rezerv itibarıyla fakir, kişi başına üretim ve tüketim itibarıyla dünya ortalamasına yakın değerlere sahiptir. Son yıllarda enerji tüketiminin yaklaşık %73 oranında ithalata bağımlı olduğu bir gerçektir (Şekil 2). 2013 yılında tüketilen petrolün %93’ü, doğalgazın %99’u ve taşkömürünün %94’ü ithal edilmiştir.

Yerli enerji üretimi 2013 yılında 31.9 milyon ton toe olarak gerçekleşmiştir. Yerli üretimin kaynaklara göre dağılımı Çizelge 1’de gösterilmektedir. Yerli enerji üretiminde jeotermal (elektrik ve ısı olarak) payı son yıllarda artmaktadır ve 2013 yılında yerli kaynaklar arasında sıralamada dördüncüdür. Jeotermal, rüzgar, güneş ve biyoyakıt olarak yenilenebilir enerjinin yerli üretimde payı %13 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Türkiye’de birincil enerji tüketiminde ithalatın payının yıllar içinde değişimi.

Çizelge 1. Türkiye’de kaynaklara göre yerli enerji üretimi.

	Kömür	Hidrolik	Odun, Hayvan & Bitki Atık	Jeotermal (Elek. + Isı)	Petrol	Güneş, Biyo-yakıt, ...	Rüzgar	Asfaltit	Doğal Gaz	Toplam
Orijinal Birim	60 M ton	59x10 ⁹ kWh	12.3 M ton	1.36x10 ⁹ kWh+2705 MW _t	2.4 M ton		7.6x10 ⁹ kWh	0.9 M ton	537 M Sm ³	
M Toe*	15.0	5.1	4.3	2.64	2.5	0.85	0.65	0.49	0.44	31.9
%	47.0	16.0	13.5	8.3	7.8	2.7	2.0	1.5	1.4	100.0

* M Toe : Milyon Ton Enerji Eşdeğeri Petrol

2.3. Türkiye’de Jeotermal Enerji

Dünya ve Türkiye için yenilenebilir enerjide ve jeotermalde kurulu güçlerin karşılaştırılması Çizelge 2’de gösterilmektedir. Çizelge 3’te ise Türkiye’nin dünya jeotermal kurulu gücündeki payı yıllar itibarıyla verilmektedir. Tüm yenilenebilir enerji kaynakları içinde jeotermalin yeri yadsınmaz şekilde büyük olduğu kadar son yıllarda gittikçe artmaktadır. Her iki çizelgedeki rakamlar ve karşılaştırma Türkiye’de jeotermal sektöründe gelişmeleri istatistiksel olarak kanıtlamaktadır.

Çizelge 2. Yenilenebilir enerjide Türkiye-dünya kurulu güçlerinin karşılaştırılması.

Teknoloji	Dünya Kurulu Kapasite 2014 (GW_e)	Türkiye Kurulu Kapasite 2014 (MW_e)	Türkiye/Dünya Oranı, %
Rüzgar	318	3424	1.1
Güneş PV	139	120	0.9
Jeotermal	12.0	410	3.4

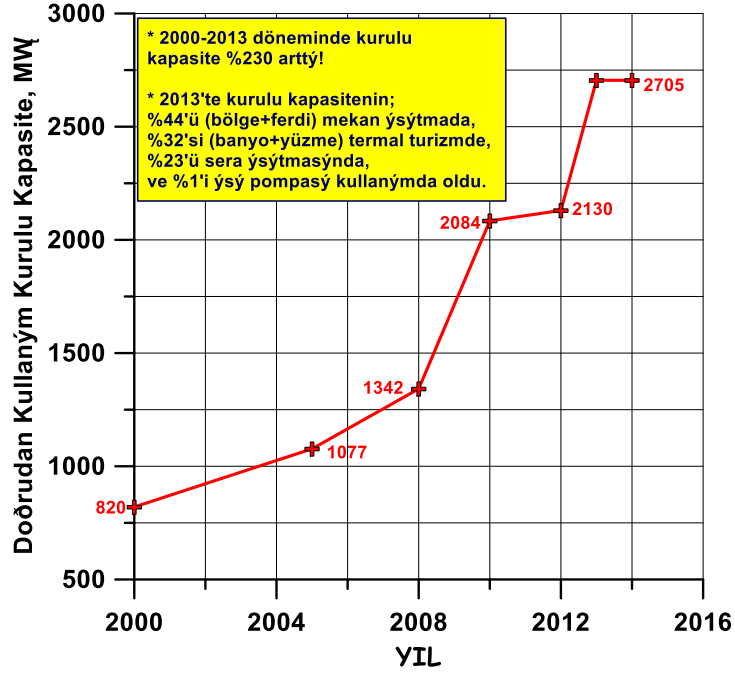
Çizelge 3. Türkiye'nin dünya jeotermal kurulu gücündeki payı.

	Yıllar	Türkiye	Dünya	Türkiye/Dünya, %
Kurulu Jeotermal Elektrik Gücü, MW_e	2000	17.8	7972	0.2
	2005	17.8	8933	0.2
	2006	25	9 000	0.3
	2010	99	10 715	0.9
	2014	410	12 bin	3.4

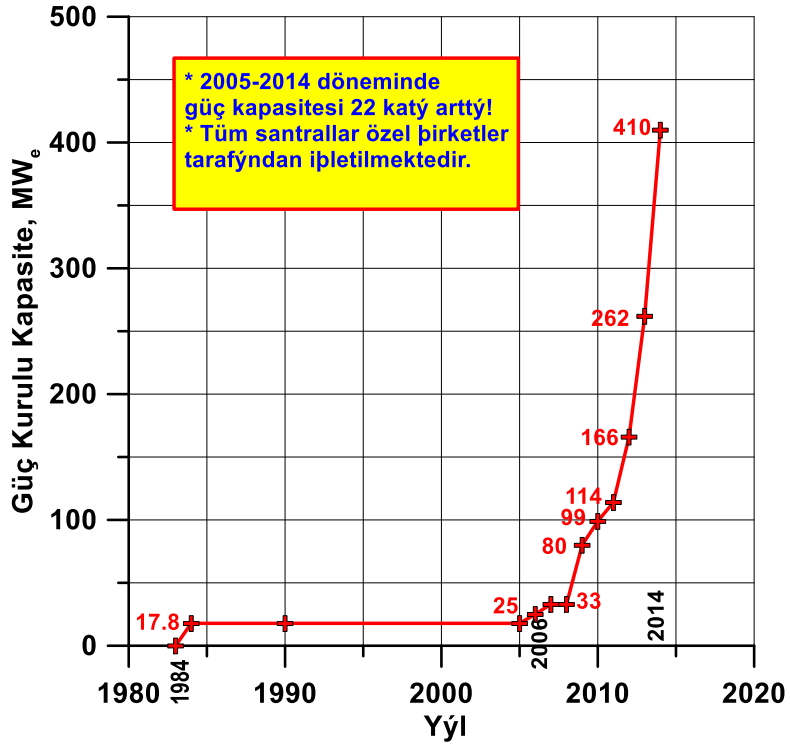
Jeotermal enerji doğrudan ısı olarak mekan ısıtmada, termal turizmde, sera ısıtmada ve ısı pompası sektöründe kullanılırken, dolaylı olarak elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Şekil 3'te Türkiye'de jeotermal doğrudan kullanım kurulu kapasitesinin yıllar içinde değişimi gösterilmektedir. 2000-2013 döneminde kurulu kapasite %230 artmıştır. Mevcut kurulu kapasitenin (2705 MW_e) %44'ü mekan ısıtmada, %32'si termal turizmde, %23'ü sera ısıtmasında ve %1'i ise ısı pompası kullanımındadır [8].

Şekil 4'te Türkiye'de jeotermal elektrik üretim (güç) kurulu kapasitesinin yıllar içinde değişimi gösterilmektedir. 2005-2014 döneminde güç kapasitesi 22 kat artmış ve 2014 içinde 410 MW_e kurulu kapasiteye ulaşmıştır. Tüm jeotermal santraller özel şirketler tarafından işletilmektedir.

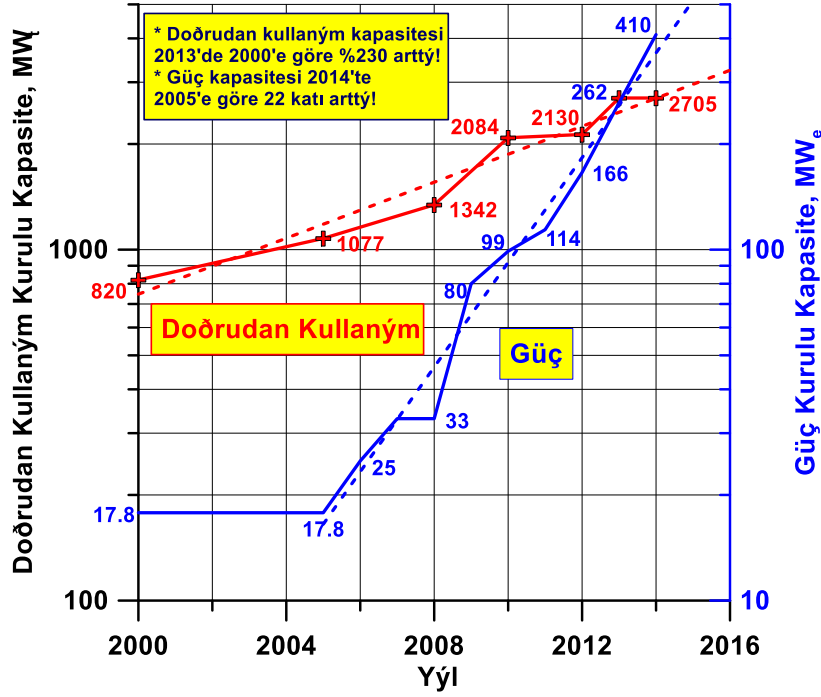
Şekil 5'te ise doğrudan kullanım ve güç kapasitelerinin yıllar içinde değişimi karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir. Dikkat edilirse, güç kurulu kapasitesindeki gelişme doğrudan kullanım kapasitesindeki gelişmeye göre özellikle 2005-2014 döneminde çok daha hızlı ve daha yüksek oranda gerçekleşmiştir.



Şekil 3. Türkiye’de jeotermal doğrudan kullanım kurulu kapasitesinin yıllar içinde değişimi.



Şekil 4. Türkiye’de jeotermal elektrik üretim (güç) kurulu kapasitesinin yıllar içinde değişimi.

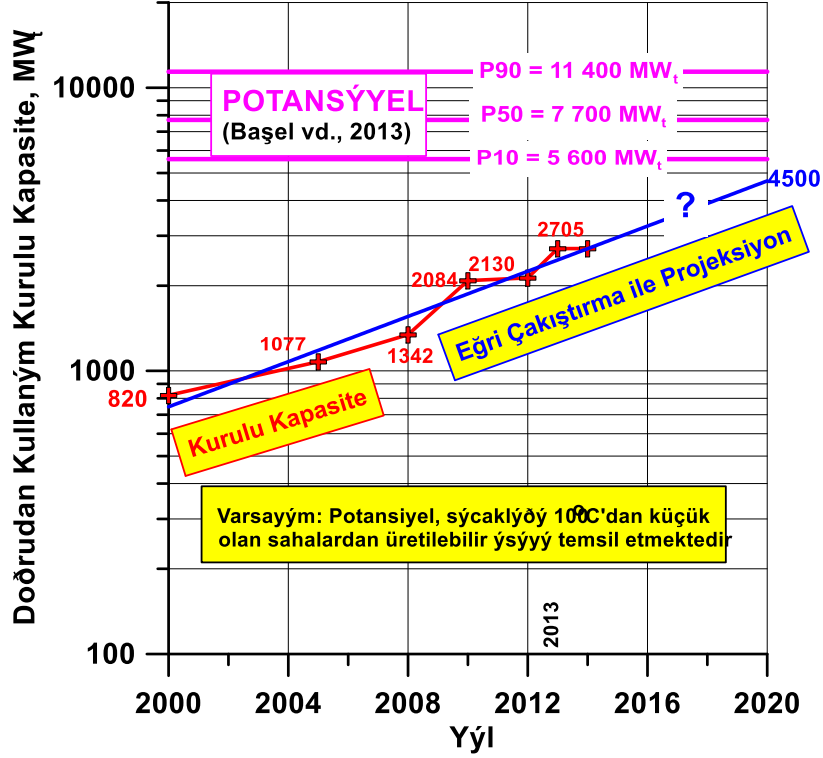


Şekil 5. Türkiye’de jeotermal doğrudan kullanım ve güç kurulu kapasitesinin yıllar içinde değişimi.

Türkiye’de jeotermal enerji potansiyeli konusunda bilimsel çalışmalardan en önemlisi Başel vd. [9] tarafından gerçekleştirilmiştir. 2013 yılında yapılan bu çalışmada Türkiye’de bilinen 135 hidrotermal saha Monte Carlo simülasyon yöntemi kullanılarak incelenmiş, olasılıklı yöntemle potansiyel belirlenmiştir. Sıcaklığı 100 °C’den yüksek 38 saha için güç üretim potansiyeli olarak minimum (P10) 1673 ve maksimum (P90) 3140 MW_e değerleri bulunmuştur. Diğer taraftan sıcaklığı 100 °C’den küçük 97 saha için doğrudan kullanım potansiyeli olarak minimum 5 600 ve maksimum 11 400 MW_t değerleri elde edilmiştir. Son olarak 135 saha için toplam ısıl potansiyel çalışması yapılmış, minimum 38.2 ve maksimum 68.4 GW_t değerlerine ulaşılmıştır. Türkiye’nin değişik coğrafik yerlerinde (çoğunluğu Batı Anadolu’da) olan 290 jeotermal alan için tanımlanmış ısıl kapasite 10 576 MW_t olarak hesaplanmıştır. Türkiye’nin jeotermal potansiyeli olarak, ETKB dahil birçok resmi kurumlarca verilen 31 500 MW değeri yerine burada verilen potansiyel değerlerin kullanılması kanımızca daha doğru olacaktır.

Kaynak [9]’da verilen potansiyel değerleri 2013 yılı içinde bilinen sahalar ve veriler için elde edilmiştir. Doğal olarak 2013 yılı sonrası keşfedilen ve henüz keşfedilmemiş sahalardan gelecek katkılar, yeraltı ısı pompalarının yaygınlaşması ve EGS (Geliştirilmiş Jeotermal Sistemler) uygulamaları yukarıda verilen potansiyel değerlerini artıracaktır.

Şekil 6’da Türkiye’de doğrudan kullanım kurulu kapasitesinde gelişme beklentisi gösterilmektedir. Halen 2705 MW_t olan kurulu güç kapasitesinin 2000-2013 dönemindeki gelişmesi yarım log grafiğinde incelendiğinde yıllar içinde gelişmenin, eğri çakıştırma yöntemiyle bulunan doğrusal eğilime uygun olarak, hemen hemen mükemmel sayılabilecek bir eğilim gösterdiği anlaşılmaktadır. Aynı gelişme eğilimin sürmesi durumunda tahmini kapasitenin 2020 yılında 4500 MW_t’e ulaşması öngörülmektedir. Kaynak 9’da verilen 5 600 MW_t’lik minimum potansiyelle, önemli gelişmeler olmazsa, 2020 yılı sonrasında ulaşılacaktır.



Şekil 6. Türkiye’de doğrudan kullanım kurulu kapasitesinde gelişme beklentisi.

Şekil 7’de ise jeotermal güç kurulu kapasitesinde gelişme beklentisi gösterilmektedir. 2014 yılı içinde 410 MW_e olan kurulu güç kapasitesinin 2005-2014 dönemindeki gelişmesi yarıllog grafiğinde incelendiğinde yıllar içinde gelişmenin doğrusal olduğu ve mükemmel bir eğilim gösterdiği anlaşılmaktadır. Aynı gelişme eğilimin sürmesi durumunda tahmini kapasitenin 2019 yılı içerisinde Kaynak 9’da belirtilen minimum potansiyel olan 1 673 MW_e’a ulaşması öngörülmektedir. Ancak kanımızca bu oldukça iyimser bir tahmin olacaktır. 2006-2014 dönemindeki güç kurulu kapasitesindeki artış hızı gerçektende çok yüksek olmuştur. Türkiye’de bilinen büyük ölçekli sahalarda işletmelerin yavaş yavaş olgunluk düzeyine eriştiği tahmin edilmektedir. Yüksek sıcaklıklı yeni ve Germencik, Kızıldere, Salavatlı gibi büyük ölçekte jeotermal sahalara keşfedilmedikçe aynı gelişme hızını gelecekte beklemek iyimserlik olur diye düşünmekteyiz.

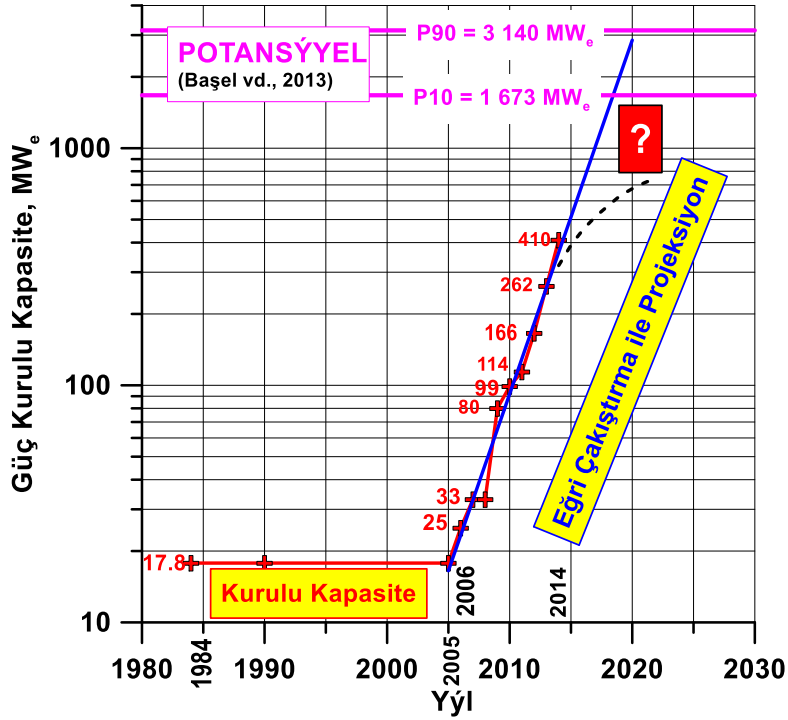
Çizelge 4’te Türkiye’de jeotermal enerji kapasite ve potansiyel değerleri karşılaştırmalı olarak birlikte gösterilmektedir. Halen 2 705 MW_t doğrudan kullanım ve 410 MW_e güç kurulu kapasitesi vardır. Potansiyellerin minimum ve maksimum değerleri kullanıldığında, kurulu kapasite-potansiyel oranları doğrudan kullanımda % 25-50, ve elektrik üretiminde %13-25 oranındadır. Dolayısıyla Türkiye’de jeotermal sektöründe önümüzdeki yıllarda büyüme hızının sürmesi beklenmelidir.

3. TARTIŞMA

Jeotermal projelerin özellikleri ve başarı için gerekenler, jeotermal santral projelerinin tasarlanmasında gerekli çalışmalar, sahada işletim sırasında izlenmesi ve kaydedilmesi gerekli parametreler, arama, geliştirme ve işletme için uygun stratejiler, genel başlıklar altında, Kaynak [3]’te ayrıntılı olarak değerlendirilmektedir.

Jeotermal sektöründe Türkiye’de hızlı bir büyüme görülmektedir. Saha ruhsat ihaleleriyle sektörde özelleştirmenin başlamasıyla birlikte, başlangıçtaki arama ağırlıklı çalışmaların sonrasında

günümüzde gelişmelerle jeotermal sektörü saha geliştirme, yeni santrallerin işletmeye alınması faaliyetleriyle, saha işletme kapsamında bir öğrenme ve olgunlaşma süreci içine girme eğilimindedir.



Şekil 7. Türkiye'de jeotermal güç kurulu kapasitesinde gelişme beklentisi.

Çizelge 4. Türkiye'de jeotermal enerji için kapasite ve potansiyel büyüklükleri.

Doğrudan Kullanım Kurulu Kapasitesi	2 705 MW _t
Elektrik Kurulu Kapasite	410 MW _e (~8200MW _t)
Kullanılan Toplam Jeotermal Kapasite	~ 10 900 MW _t
Tanımlanmış Kapasite (290 alan)	10 576 MW _t
Elektrik Potansiyeli (38 saha, T>100 °C, T _{ref} :100 °C) (Başel vd., 2013)	min: 1 673 MW _e max: 3 140 MW _e
Isıl Potansiyel (97 saha, T<100 °C, T _{ref} :15 °C) (Başel vd., 2013)	min: 5 600 MW _t max: 11 400 MW _t

	Kurulu Kapasite-Potansiyel Oranı, %
Doğrudan Kullanım	25-50 (97 Saha, T<100 °C)
Elektrik	13-25 (38 Saha, T>100 °C)

Geçen süreç içinde saha geliştirme, üretim ve rezervuar mühendisliği faaliyetleri değerlendirildiğinde, aşağıdaki gözlemler ve gerçekler dikkat çekmektedir. Bunlar:

- 1) Jeotermal projelerin yürütülmesi için yeterince deneyimli uzman/personel bulmakta güçlük çekilmektedir.



- 2) Türkiye’de jeotermal sahalardan üretilen akışkanda karbondioksit (CO₂) varlığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle kabuklaşma-korozyon-rezervuar performans modelleme konularında CO₂ etkisi önemle değerlendirilmelidir.
- 3) Üretim-enjeksiyon ve gözlem kuyularında yapılan debi, basınç ve sıcaklık testlerinde ve ölçümlerinde yeteri kadar süreli, dengelenmiş ve uzun dönemli kayıtların tutulması dikkate alınmalıdır.
- 4) Her saha için en azından bir gözlem kuyusu olmalı ve özellikle zamana bağlı basınç (veya kuyucu seviye) ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.
- 5) Her proje kendi özelliklerine sahiptir. Dolayısıyla sahaları ayrı ayrı özellikleriyle tekil olarak değerlendirmek gerekmektedir.
- 6) Yeni kuyular delindiğinde ve yeni üretim/enjeksiyon verileri alındığında kavramsal modelin ve modelleme çalışmalarının güncellenmesi gerekmektedir.

Enerji kaynaklarının kullanıldığı projelerde belirli riskler vardır. Genel olarak değerlendirildiğinde jeotermal geliştirmede riskler aşağıda sıralanmaktadır:

- 1) Jeotermal geliştirme maliyetinde oynamalar: Sondaj derinliği (derin kuyuların maliyeti artar), ve santral türü (iki-devirli santraller buhar ayrıştırılmalı santrallerden kurulu kW gücü bazında daha pahalıdır).
- 2) Toplam geliştirme maliyetinin yaklaşık yarısı olan kuyu delme ve saha geliştirme maliyetlerinin güç üretiminden sağlanan gelirlerden çok daha önce gerçekleştiriliyor olması.
- 3) Projenin ilk aşamalarında kaynakla ilgili belirsizlikleri oluşturan riskler: Kaynak büyüklüğü ve sıcaklığı, ortalama kuyu verimliliği, sondaj maliyeti, sondaj başarı oranı, uzun-dönemli rezervuar davranışı, proje ömrü boyunca kaynak tükenirken gerekli ek yeni kuyu maliyetleri ve sayısı, en iyi üretim/enjeksiyon programı (kuyuların derinlik ve yerleşimlerinin optimizasyonu), komşu işleticilerin üretiminden kaynaklanan basınç azalımı ve soğuma, akışkan kimyası sorunları (korozyon, kabuklaşma, yüksek yoğunlaşma-gaz (CO₂) oranları).

Her ne kadar ülkemizde bazı jeotermal saha projelerinin başarıyla sürdürüldüğü gözlenmekte ise de, hızla büyüyen sektöre genelde bakıldığında, işletimle ilgili bazı sorunlar vardır. Türkiye’de jeotermal rezervuarların işletilmesinde karşılaşılan sorunlar arasında, üretim ve rezervuar mühendisliği açısından başlıcaları aşağıda sıralanmaktadır:

- Projelerde üretim ve rezervuar mühendisliği konuları, rezervuar modelleme çalışmaları, tekrar-basma (reenjeksiyon) uygulamaları, sahaların izlenmesi programları ihmal edilmektedir,
- Tasarım, yeraltındaki jeotermal rezervuarın üretilebilirliğine ve sürdürülebilirliğine bağlı olarak yapılmalıdır,
- Rezervuarın ne kadar ısı içerdiği bilinmeden, bu ısının ne kadar üretileceği ve ne kadar bir süre işletilebileceği belirlenmeden sahanın işletilmesi doğru bir yaklaşım değildir.

Arama ve sondaj aşamalarından üretim ve saha geliştirmeye yönelik geçişin önümüzdeki yakın gelecekte gerçekleştirileceği gözönüne alındığında, beklenen sorunları:

- Aynı sahada birden fazla işletmenin yaratacağı sorunlar
- Enerji yetersizliği (basınç azalması /soğuma)
- İzleme ve gözlem eksiklikleri
- Denetim eksikliği
- Deneyimli personel eksikliği

olarak sıralamak olasıdır.

Doğal olarak sıralanan sorunların çözümünde sahaları işleten kurumlara, yerel yönetimlere, denetleyici olması gereken kurumlara sorumluluklar yüklenmektedir. Uygun yasal altyapı düzeninin de oluşturulmasıyla birlikte, gittikçe bilinçlenen ve deneyim kazanan sektörün bir öğrenme süreci yaşamakta olduğu belirgindir. Yukarıda sıralanan sorunlara çözümler üretilmesi kolay olmayacak gibi görünmektedir.

Sektörün bir başka bileşeni olan üniversiteler sektördeki gelişmeleri izleyici değil katkı sağlayıcı olmak durumundadırlar. Doğal olarak üniversitelerin en önemli katkıları endüstrinin gelecekteki liderlerini çekmek ve eğitmek olacaktır. Ancak eğitimin yanısıra jeotermal enerji endüstrisinin sorunlarına çözüm üretmek ve endüstriye yardımcı olmak için yapılandırılmalıdırlar.

Bu kapsamda İstanbul Teknik Üniversitesi, Kaynak 9'daki gibi Türkiye'nin jeotermal potansiyeli ve tanımlanmış kapasite çalışmaları, TESKON kapsamında gerçekleştirilen jeotermal seminerlerine olan katkıları, sahaların üretim ve rezervuar performanslarının değerlendirilmesine yönelik proje çalışmaları, ilgili yerbilimleri uzmanlarıyla birlikte oluşturduğu İTÜ Jeotermal Araştırma Çalışma Grubu ve sektöre açık eğitim kursları ile bilimsel yönde jeotermal sektörünün sağlıklı gelişmesine ve büyümesine yardımcı olmaktadır

SONUÇ

Modern yaşamın merkezinde enerji yer almaktadır. Enerjinin jeopolitik, ekonomik ve teknolojik konuları hepimizi ilgilendirmekte ve günlük yaşamımızı meşgul etmektedir. 21. yüzyıl, geleneksel (alışılabilir) petrol, doğalgaz ve kömür enerji kaynaklarından alışılagelmemiş kaynaklara (bugünlerde güncel olan şeyli gazı ve petrol şeyli gibi), yenilenebilir enerji kaynaklarına ve belki de hidrojen yakıt pillerine geçişin yüzyılı olacak şekilde görünmektedir.

Bu bağlamda, Türkiye'de enerjide sürdürülebilirlik sağlanırken ve dışa bağımlılığının azaltılması için, öncelikle doğru politikaların ve uzun vadeli stratejilerin saptanması, bu stratejilerde bilimsel yaklaşımlara dayanan bilinçli, kararlı; ekonomi, çevre ve dış politika gibi konuların çıkarlarını gözetilen bir yöntemin izlenmesi gerekmektedir.

Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerjide, potansiyeli itibarıyla, şanslı ve zengin sayılabilecek bir ülkedir. Jeotermal enerji sektöründe özelleştirme ve özel kuruluşların sektöre girişiyle son yıllarda hızlı gelişmeler yaşanmaktadır. Özellikle jeotermalden elektrik üretimi kurulu kapasitesi dünyada önder olabilecek bir hızda gelişmekte ve büyümektedir.

Türkiye'de jeotermal enerji sektöründe, ağırlıklı olarak hidrotermal sahalarından enerji üretimi yöntemi kullanılmaktadır. Jeotermal enerjinin geleceğe yönelik politika ve stratejilerinde daha teknoloji yoğun kullanım yöntemleri olan, jeotermal ısı pompası, yeraltında ısı depolaması ve EGS uygulamalarının Türkiye'de kullanımının teşviki gerekmektedir. Türkiye koşullarına uygun projelerin ve gerekli altyapı sağlayacak bilimsel ve teknolojik çalışmaların desteklenmesi ve uzun dönemli enerji politika ve stratejilerinde sözkonusu projelerin ve çalışmaların yer almaları planlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] ETKB, "2013 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu", Ankara, 2014.
- [2] ETKB Strateji Geliştirme Başkanlığı, "Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü", Ankara, 2014.
- [3] SATMAN, A., "Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal Enerji", TESKON2013, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2013, İzmir.
- [4] MMO, "Türkiye'nin Enerji Görünümü", MMO/616, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Haziran 2014.
- [5] IEA, "World Energy Outlook 2014", International Energy Agency, London, 2014.
- [6] BP, "BP Energy Outlook 2035", London, 2014.
- [7] IEA, "Energy Policy Highlights", OECD/IEA, Paris, 2013.
- [8] PARLAKTUNA, M., MERTOĞLU, O., ŞİMŞEK, Ş., PAKSOY, H., BASARIR, N., "Geothermal Country Update of Turkey (2010-2013)", European Geothermal Congress 2013, Pisa, Italy, 3-7 June 2013.
- [9] KORKMAZ, E.D., SERPEN, U., SATMAN, A., "Geothermal Boom in Turkey: Growth in Identified Capacities and Potentials", Renewable Energy, 68, 314-325, 2014.



ÖZGEÇMİŞ

Abdurrahman SATMAN

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Petrol Mühendisliği Bölümü'nden Mart 1973'te Y. Mühendis olarak mezun oldu. Milli Eğitim Bakanlığı bursunu kazanarak gittiği Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Stanford Üniversitesi Petrol Mühendisliği Bölümü'nden Master ve Doktora derecelerini aldı. Aynı üniversitede Yardımcı Profesör ve Doktora Sonrası Araştırmacı olarak çalıştıktan sonra Türkiye'ye döndü. Temmuz 1980'den itibaren de İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü'nde çalışmaktadır. Eylül 1985 ve Eylül 1987 tarihleri arasında Suudi Arabistan'daki King Fahd University of Petroleum and Minerals'a bağlı Research Institute'te araştırmalar yaptı. Şubat 1989'da Profesör oldu. Mayıs 2005-Ocak 2009 arasında İTÜ Enerji Enstitüsü Müdürü olarak görev yaptı. İlgili alanları arasında; petrol, doğalgaz, jeotermal ve enerji mühendisliğinin değişik konuları yer almaktadır. Yurtiçi ve yurtdışında bilimsel dergilerde yayınlanmış veya bilimsel toplantılarda sunulmuş 200'e yakın çalışması ve ikisini kendisinin tek yazar olarak yazdığı 3 kitabı vardır. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology'de editör olarak görev yapmaktadır.

