

ÜLKEMİZDE ELEKTRİK ENERJİSİNİN BUGÜNÜ VE YARINI

Hacer Şekerci Öztura

Dokuz Eylül Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
hacer.oztura@deu.edu.tr

ÖZET

1880'lerde insanlığın yaşamına giren elektrik, giderek modern yaşamın ve endüstrinin vazgeçilemez bir parçası olmuştur. Elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin üzerine birde limitli rezervler eklenince, özellikle son yıllarda bilimsel araştırmalar çevre dostu alternatif yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yoğunlaşmıştır. Hatta yurtdışında bu konu üzerine lisans programları açan üniversiteler olmuştur. Önce Avustralya'daki Universty of New South Wales and Murdoch'da sonra da 2005 baharında Oregon Institute of Techology'de Yenilenebilir Enerji Sistemleri (Renewable Energy Systems) adlı birer lisans programı açılmıştır. Bu çalışmada dünyada ve ülkemizde elektrik enerjisinin durumu irdelenmiş ve ülkemizin gelecek projeksiyonları üzerine istatistiki bilgiler verilmiştir.

1. GİRİŞ

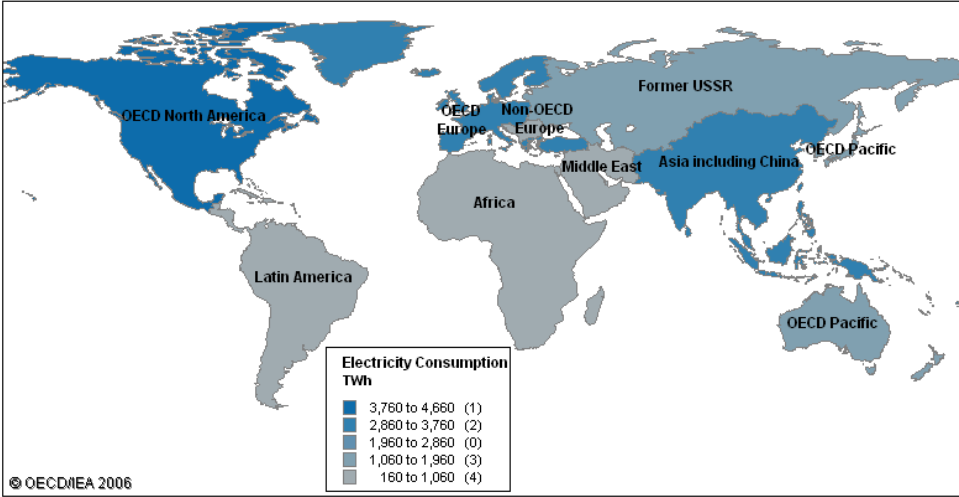
20. yüzyılın sonunda tüm dünyadaki kurulu elektrik gücü kapasitesinin sadece beşte biri hidroelektrik santrallerinden elde edilmektedir. Geriye kalan büyük oran ise buhar türbinleri şeklindedir. Termodinamik verimlilikde eklendiğinde fosil yakıtlardan elektrik elde edilirken verim %32 civarındadır. İletim ve dağıtımdaki verim kayıp ve kaçaklar nedeniyle %90 ve son kullanıcıların elektriği tükettikleri cihazlardaki ortalama verim ise %35'dir. Fosil yakıtlardan elektriğe net sistem verimi $(0,32 \times 0,90 \times 0,35 = 0,1008)$ %10,08 olacaktır [1]. Bu kabul edilebilir bir verim olamaz, üstelik CO₂ emisyonu nedeniyle dünya atmosferinin kalınlaşması sonucu yaşanan bir çok sorun da mevcuttur. Bu sorunlar dünya ortalama sıcaklığının artması, kutuplardaki buzulların erimesi, deniz suyu seviyelerinin yükselmesi okyanusların ısıl içeriğinin artması ve küresel iklim değişikliğidir.

Modern toplumların ekonomik, teknolojik ve sosyal olarak gelişiminde elektrik bu kadar önemli iken, bu kilit unsur aynı zamanda insanlığın zararına olan etkileride bereberinde getirmesi kabul edilemez. Bu nedenle toplumsal (insan hakları, insan özgürlükleri, gelir eşitliği, şeffaflık gibi),

teknolojik (enerji verimi, güç kalitesi, afetlere dayanırılık gibi) ve çevresel (temiz hava, kullanılabilir su, karaların korunması, ekolojik koruma gibi) parametreler göz önünde bulundurularak yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde araştırma ve geliştirme çalışmaları başlamıştır.

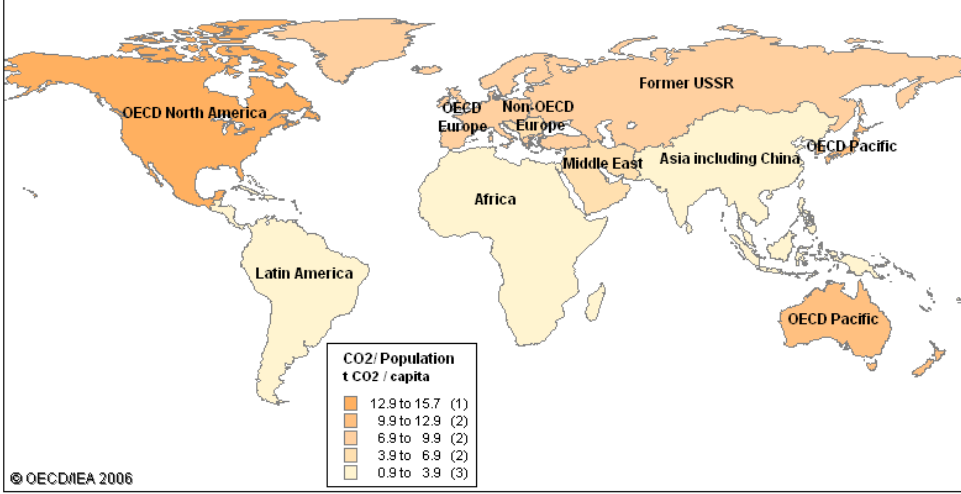
2. GELENEKSEL ENERJİ KAYNAKLARI

Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2006 yılı verilerine göre dünya üzerinde elektrik tüketimi ve kişi başına düşen CO₂ emisyonunu gösteren haritalar şekil 1'de görülmektedir. Tüketim ve buna bağlı olarak CO₂ emisyonu Kuzey Amerika'da en fazla olarak görülmektedir. Sadece tüketime bakıldığında ilk sıralarda yer alan Asya yani Çin, ortaya çıkan CO₂ emisyonu kişi başına verilince son sıralarda yer almaktadır.



Electricity Consumption: Gross production + imports - exports - transmission/distribution losses of electricity.

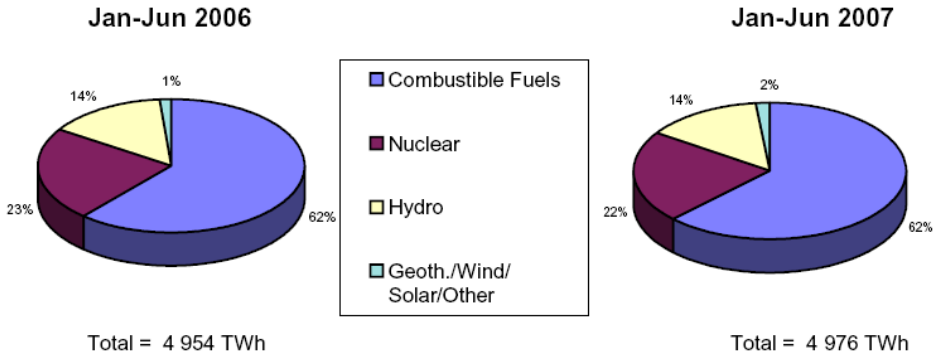
Şekil 1-a) 2006 yılında dünya üzerinde elektrik tüketimi oranları



CO₂ Emissions: CO₂ emissions calculated using the IEA energy data and the default methods and emission factors from the Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC/OECD/IEA Paris, 1997.

Şekil 1-b) 2006 yılında dünya üzerinde CO₂ emisyon oranları

Şekil 1'den de görüldüğü üzere OECD ülkeleri Kuzey Amerika, Avrupa ve Pasifik olarak üç grupta verilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın verilerine göre Ocak-Haziran ayları arası 2006 ve 2007 yılı OECD ülkelerinde elektrik üretiminin hangi kaynaklardan elde edildiği şekil 2'de görülmektedir. Karşılaştırmanın yapıldığı dönemler olarak Ocak-haziran 2007'de artış aynı dönemi içeren 2006'ya göre %0,44 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2. OECD ülkelerinin Ocak-Haziran 2006 ve 2007 elektrik üretimi

Fosil yakıtlardaki verim bu kadar düşük iken, buhar türbini ile çalışan nükleer santrallerin kullanımı 2007'de azalma göstermiştir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın gene aynı dönem ait verileri kullanılarak Tablo-1'de ülkelere göre nükleer santrallerin elektrik üretimi verilmiştir. Çernobil kazasının arkasından tüm dünyada özellikle de Avrupa Birliği ülkelerinde nükleer enerji alanında bir bekleme süreci başlamıştır. Bu teknolojiye sahip ülkeler nükleer enerjiden vazgeçmemekle birlikte, yeni santraller kurmamayı, bunun yerine kamu oyunun tepkisinin temelini oluşturan işletme güvenliği ve radyoaktif atıkların saklanması konusunda bilimsel araştırmalara yönelmişlerdir. Avrupa Birliği 6. ve 7. çerçeve programında bu konularda desteklenen çalışmalar mevcuttur.

Tablo-1.

Ülke	1 aylık değişim (Haziran 2006 Haziran 2007)	6 aylık değişim (Ocak-Haziran 06 Ocak-Haziran 07)
Belçika	8,3%	3,1%
Kanada	3,4%	-3,8%
Çek Cumhuriyeti	-1,3%	-13,5%
Fillanda	2,9%	1,2%
Fransa (*)	-6,0%	-3,6%
Almanya (*)	-17,3%	-13,0%
Maceristan	14,3%	6,6%
Japonya	-12,9%	-4,9%
Kore	-13,1%	-2,3%
Meksika	-3,1%	-0,7%
Hollanda	64,7%	12,6%
Slovak Cumhuriyeti	-14,4%	-10,5%
İspanya	-19,3%	-4,6%
İsveç	-8,6%	-8,4%
İsviçre	15,4%	0,5%
İngiltere	-12,3%	-28,1%
Birleşik Devletler	2,3%	2,1%

(*) Ülke genelinde elektrik üretimi azalmıştır.

Bu durumda alternatif enerji araştırmaları zorunluluk kazanmıştır. Alternatif enerjide olgunlaşmış teknolojiler küçük hidroelektrik (5kW ile 1 MW arası) ve jeotermaldir. Üzerinde çalışmaların devam ettiği çok hızlı gelişen teknolojiler ise, rüzgar, güneş ve hidrojen-yakıt pilleri şeklindedir. Bu teknolojilerin 2002 yılına göre ve yapılan araştırmaların ışığında gelişen teknolojiler ile 2010 yılındaki tahmini kurulum ve üretim maliyetleri \$ / kW olarak tablo-2'de görülmektedir [2]. Bu maliyetlere göre yeterli potansiyel varsa rüzgardan elektrik elde edilmesi en uygun teknolojidir. Üzerinde daha

çok çalışılması gereken bir başka alternatif enerji kaynağı ise deniz ve okyanuslardan elektrik elde etme teknolojileridir.

Tablo-2.

TEKNOLOJİ	Yatırım 2002	Üretim 2002	Yatırım 2010	Üretim 2010
K. Hidroelektrik	1000-5000	2-15	950-4500	2-13
Jeotermal	1200-5000	2-12	1000-3500	2-10
Rüzgar	850-1700	3-12	700-1300	2-9
Güneş	4500-7000	18-80	3000-4500	10-40

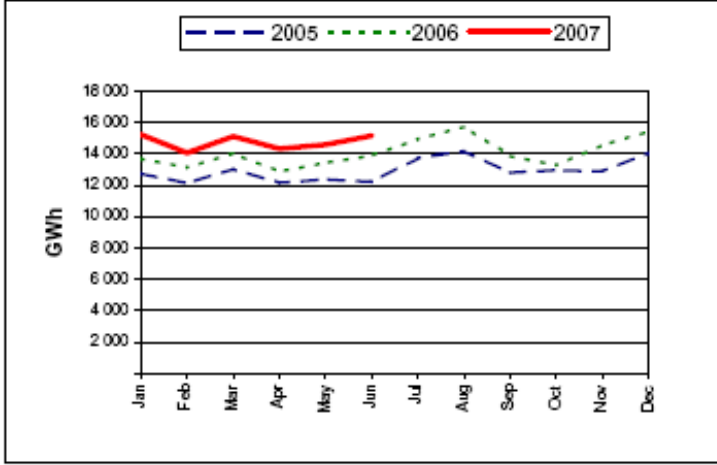
Ülke bazında inceleme yapıldığında, Uluslararası Enerji Ajansının verilerine göre Türkiye'nin Haziran 2007 elektrik üretimi 15 172 GWh olarak, bir sene önceki aynı döneme göre 1 267 GWh ile %9,1 artış göstermiştir. Jeotermal, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik elde edilmesi Haziran 2006 rakamlarına oranla Haziran 2007'de %47,1 oranında, Ocak'tan Haziran'a 6 aylık karşılaştırma da ise 2007'nin ilk yarısında %106,8 artış göstermiştir (Tablo-3).

Tablo-3.

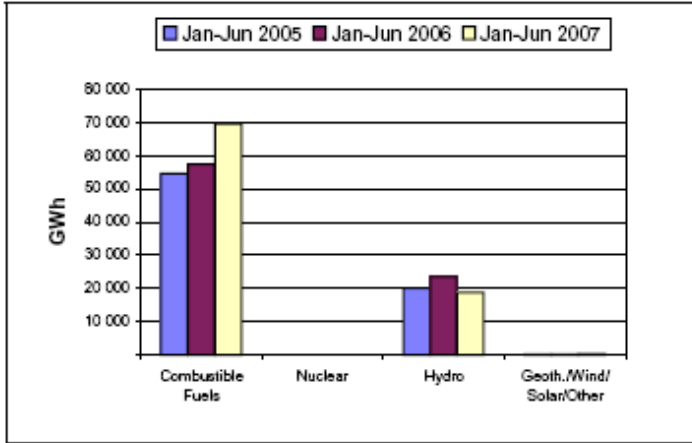
	GWh							
	Jun-07	Jun-06 % change	The last 3 months			Year-to-Date		Past Year
			Mar-07	Apr-07	May-07	Jan-Jun 2007	% change	2006
+ Combustible Fuels	12 179	16.7%	11 928	11 134	11 710	69 593	21.0%	125 007
+ Nuclear	0	0.0%	0	0	0	0	0.0%	0
+ Hydro	2 968	-14.1%	3 148	3 170	2 851	18 744	-20.5%	43 789
+ Geoth./Wind/Solar/Other	25	47.1%	40	31	27	182	106.8%	211
= Indigenous Production	15 172	9.1%	15 116	14 335	14 588	88 519	9.1%	169 007
+ Imports	70	112.1%	58	62	107	419	59.3%	575
- Exports	252	48.2%	239	237	241	1 401	28.8%	2 235
= Electricity Supplied	14 990	8.9%	14 935	14 160	14 454	87 537	9.0%	167 347

Bir başka karşılaştırma ise altı aylık dönem için 2005, 2006 ve 2007 yıllarına ait Türkiye enerji üretimi ve hangi kaynaklardan ne kadarının karşılandığını gösteren grafikler şekil 3'de görülmektedir. Jeotermal, rüzgar ve güneş enerjisindeki %106,8'lik artışa rağmen toplam enerjideki yeri malesef çok küçüktür. Türkiye'nin brüt elektrik enerjisi tüketimi (brüt üretim + dış alım - dış satım) 2005 yılında %7,2 artış ile 160,8 Milyar kWh, 2006 yılında ise %8,3 artış ile 174,2 Milyar kWh olmuştur[3]. Şekil 3-b'de dikkat edilecek en önemli unsur, 2007 yılında fosil yakıtlardan elde edilen elektrik 2006'ya göre %20 civarında artarken, hidroelektrik kullanımı 2007'de gene

%20 civarında azalmıştır. 2006 yılı için tüketim miktarı olan 174 230 GWh, 27 417,1 MW termik, 59,0 MW rüzgar ve 13 062,7 MW hidrolik olarak toplam 40 538,8 MW kurulu güç ile üretilmiştir.



Şekil 3-a) Yıllara göre aylık göre elektrik üretimi



Şekil 3-b) Yıllara göre elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynaklar

DPT Müşteşarlığı tarafından 2004 yılında belirlenen kalkınma hızı ve nüfus artışı tablo-4'de görülmektedir. 2020'de ülkenin nüfusunun 87,8 Milyon olması beklenmektedir.

Tablo-4.

Dönem	Kalkınma Hızı (%)	Nüfus artışı (%)	Nüfus (Milyon)
2000-2005	3,1	1,6	67,5 – 73
2005-2010	5,5	1,4	73 - 78,5
2010-2015	6,4	1,2	78,5 - 83,3
2015-2020	6,4	1,0	83,3 – 87,8

Kalkınma hızı kriz yılları dışında +%10 ile -%5 arasında sapmalar ile yakalanabilmektedir. Bu sapma oranları göz önüne alındığında 2016 yılında ihtiyaç duyulacak elektrik enerjisi 321 567 GWh veya 378 234 GWh civarında olacaktır (Tablo-5) [3]. 2006 yılında toplam üretim tablo-3'den 167 347 GWh olduğu gözlenirse, düşük olasılık olan için bile 154 220 GWh'lik (%92,1'lik artış) ihtiyacı üretecek olan teknolojinin mümkün olduğunca yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak yapılması bir zorunluluk olmalıdır.

Tablo-5.

Yıl	Düşük Olasılık		Yüksek Olasılık	
	GWh	% Artış	GWh	% Artış
2007	185 032	6,2	188 343	8,1
2008	196 689	6,3	203 787	8,2
2009	209 081	6,3	220 701	8,3
2010	222 253	6,3	239 019	8,3
2011	236 255	6,3	258 858	8,3
2012	251 139	6,3	280 084	8,2
2013	266 961	6,3	302 491	8,0
2014	283 779	6,3	326 388	7,9
2015	301 941	6,4	351 846	7,8
2016	321 567	6,5	378 234	7,5

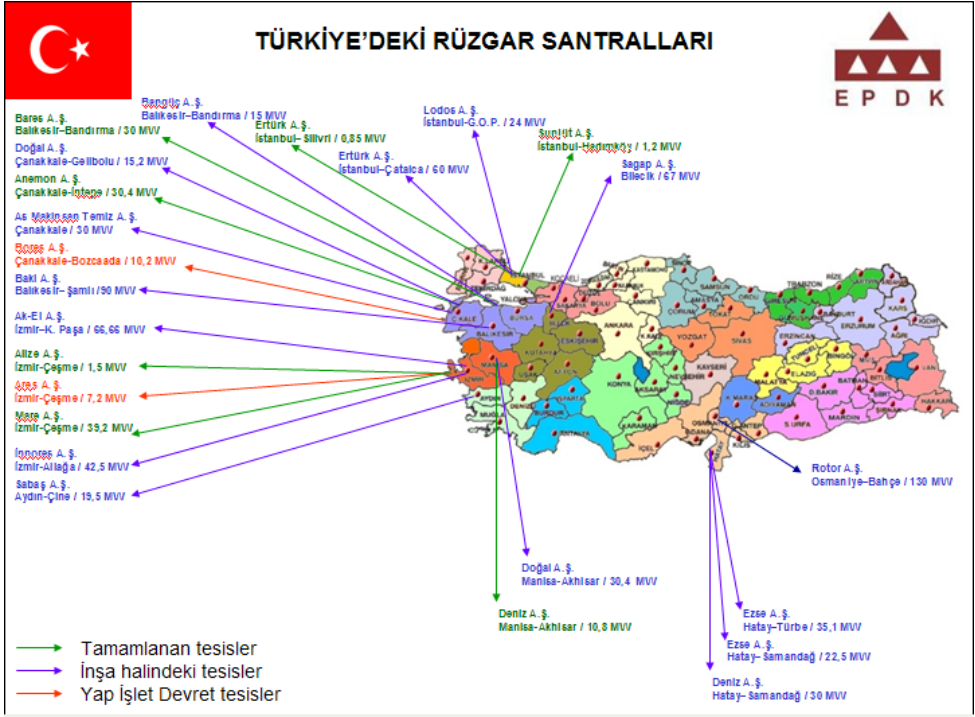
3. TÜRKİYE'NİN ENERJİ PROJEKSİYONU

Türkiye jeotermal enerjide dünyada yedinci sırada olup, mevcut jeotermal potansiyeli ile toplam elektrik enerjisi ihtiyacının %5'ini (2000 MW), ısınmada ise ihtiyacının %30'unu (31500 MW) karşılayabilecek durumdadır. Türkiye'nin jeotermal potansiyelini tam olarak değerlendirmesi ile sağlanacak olan yıllık net yurtiçi katma değer 20 milyar \$ olması beklenmektedir. Jeotermal enerjiyi kullanıma sunmada ülkemizdeki sorunlar teknoloji eksikliğinden değil, hukuki düzenleme eksiklerinden ve bütçe kısıtlamalarından kaynaklanmaktadır [4].

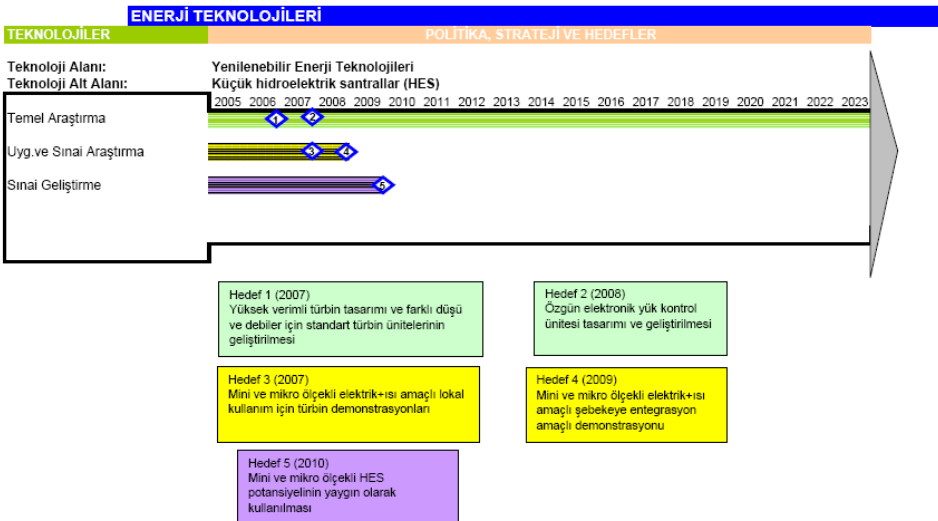
Hidrolik enerjide zengin bir potansiyel olmasına rağmen, yüksek verimli turbin tasarımı, elektronik yük kontrolü ve küçük hidroelektrik santrallerin mevcut şebekeye bağlanması, ülkemiz için en önemli araştırma alanları olmalıdır[4].

Rüzgar potansiyeli oldukça yüksek olan ülkemizde özellikle son yıllarda rüzgar santrallerinin kurulması ve işletmeye alınması önemli bir artış söz konusudur. Şekil 4'de yap işlet devret santralleri, inşası devam eden santrallerle, tamamlanan santraller ülke haritası üzerinde gösterilmiştir. İşletmedeki rüzgar santrallerinin toplam kurulu gücü şekildeki harita üzerinden 112.9 MW iken, inşası devam eden rüzgar santrallerinin kurulu gücü ise 677,4 MW'dır. Ancak zaman içerisinde bitirilen ve işletmeye alınan santrallerle birlikte Eylül 2007 itibarıyla bu rakam 146,25 MW'a yükselmiştir[4].

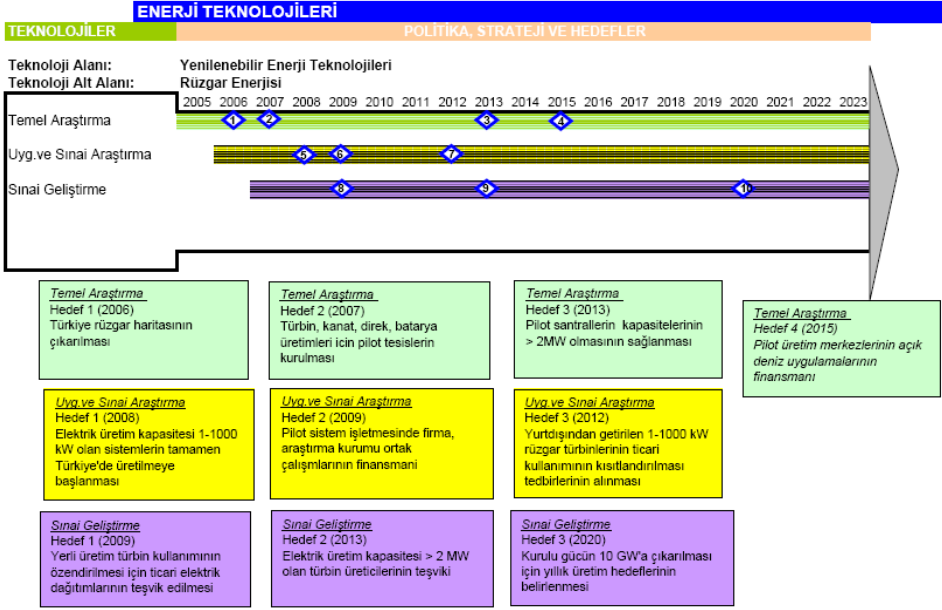
Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesinde, enerji ve çevre konularında önümüzdeki 16 yıl boyunca ülkemiz adına stratejik olan teknolojiler belirlenerek, bu konulardaki yol haritaları çıkarılmıştır. Bu yol haritalarında temel unsur, ulusal kaynaklardan en üst düzeyde yararlanılarak çevrenin ve ekolojik dengelerin korunması olmuştur. Her bir yenilenebilir enerji kaynağı için çıkarılan yol haritaları Şekil 5'den şekil 7'ye sırasıyla küçük hidroelektrik, rüzgar ve güneş için verilmiştir. Bu yol haritalarında her alanda yıllarla göre belirli hedefler konmuş ve bu hedefleri gerçekleştirmeye çalışacak şirketlerin TUBİTAK-TİDEP ve Sanayi Bakanlığı tarafından desteklenmeleri gerektiği öngörülmüştür.



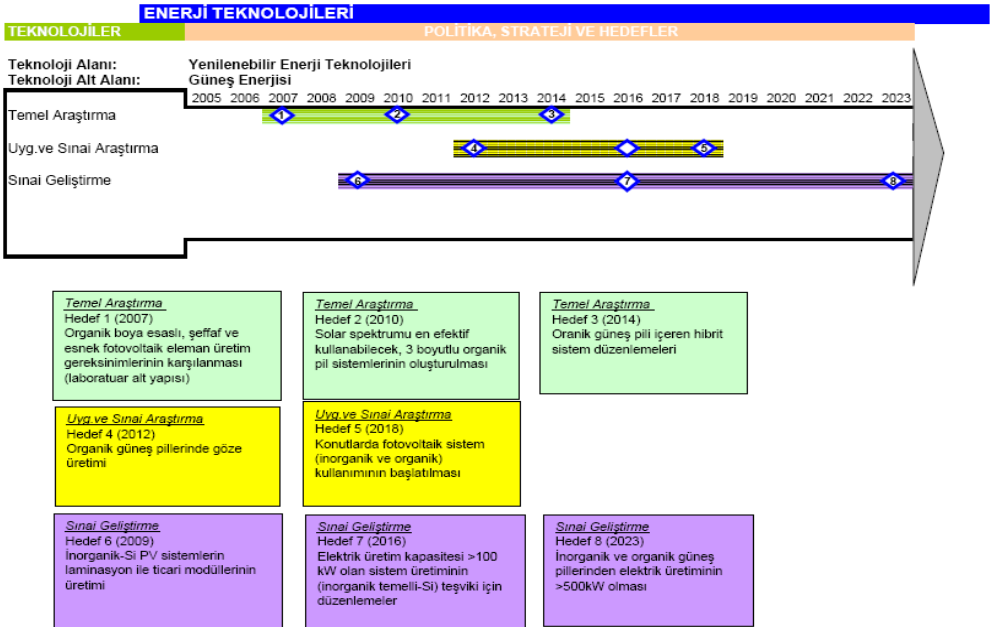
Şekil 4. Türkiye'deki inşa halindekiyle birlikte rüzgar elektrik santrallerini gösteren harita



Şekil 5. Küçük hidroelektrik santraller konusunda 2023 yılına kadar belirlenen yol haritası



Şekil 6. Rüzgar enerjisi konusunda 2023 yılına kadar belirlenen yol haritası



Şekil 7. Güneş enerjisi konusunda 2023 yılına kadar belirlenen yol haritası

Ülkenin gerçeği bu iken TEİAŞ-APK dairesi başkanlığı tarafından yapılan Türkiye'nin 10 yıllık üretim projeksiyonunda lisansı alınmış, öngörülen tarihlerde devreye girmesi beklenen inşa halindeki Ülke genelindeki elektrik santrallerinin yakıt cinslerine göre proje üretimleri tablo-6'da verilmiştir. Proje üretimleri hesaplanırken, kömüre dayalı termik santrallerin yılda 6500 saat, doğal gaz santrallerinin yılda 7000 saat ve rüzgar santrallerinin yılda 3000 saat çalışacağı varsayımına dayanarak hesaplamalar yapılmıştır[3].

Tablo-6.

YILLAR	(GWh)									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
LİNYİT	52533	52672	52566	52517	52559	52607	52655	52566	52517	52559
T.KÖMÜR+ASFALTİT	3022	3022	3508	3994	3994	3994	3994	3994	3994	3994
İTHAL KÖMÜR	11642	11862	11635	11642	11859	11615	11575	11076	11325	12016
DOĞAL GAZ	105013	106272	108205	108706	107671	108188	107768	106701	107361	107997
JEOTERMAL	333	506	537	568	568	568	568	568	568	568
FUEL OIL	12947	11559	11361	11361	11361	11361	11361	11361	11361	11361
MOTORİN	1457	1457	1457	1457	1457	1457	1457	1457	1457	1457
DİĞER	2949	2949	2949	2949	2949	2949	2949	2949	2949	2949
TERMİK TOP.	189897	190298	192218	193195	192418	192740	192327	190672	191532	192901
BİOGAZ+ATIK	178	240	240	240	240	240	240	240	240	240
HİDROLİK	46763	48663	52161	58520	63970	66590	67100	66622	66465	65657
RÜZGAR	1090	2295	2744	2891	2891	2891	2891	2891	2891	2891
TOPLAM	237928	241495	247362	254845	259518	262460	262557	260424	261128	261688

4. SONUÇ

2016 yılı için ihtiyaç duyulacak elektrik enerjisi için yapılan projeksiyonlardan düşük oranlı için 154 220 GWh, yüksek oranlı için ise 210 887 GWh'lik bir ek enerji söz konusudur. Yukarıda verilen tablodan da görüleceği üzere APK Daire Başkanlığının 2016 yılına bu oranların çok daha fazlasını üretebilecek bir vizyon içerindedir. İhtiyacın karşılanabilecek olması önemli ancak yeterli değildir, hangi kaynaklardan hangi oranlarda karşılandığı da bakılması gereken bir başka önemli unsurdur. Buhar ile elektrik üretiminin toplamı yıllarla göre çok önemli değişimler göstermese de, 2016 yılı beklentileri içinde gene de küçümsenemeyecek bir oran (%73,7) kaplamış olacaktır. Bir başka açıdan bu Şekil 1b'deki yerimiz koruyacağımız anlamına gelir. Asıl dikkat edilmesi gereken oran doğal gazdadır, 2016 için toplam ihtiyacımızın %41,2'lik kısmını ulusal olmayan kaynaklardan sağlanması hedeflenmektedir. 2010 yılından sonrası için, rüzgar enerjisinden elektrik elde etmek üzere yeni yatırımların planda olmaması gerçekten ilginçtir ve maalesef rüzgar genel toplam içerisinde çok düşük bir yer (% 1,1) kapsamaktadır.

Referanslar:

- [1] P. M. Jansson & V. E. Udo, "The Role of the Electric Power Industry in Global Sustainable Development" IEEE Con. on System Managment and Cybernetics, 5-8 Oct. 2003, Vol:2, pp: 1729-1736
- [2] Atilla Ersöz, "Alternatif Enerji Teknolojileri Araştırmaları ve Çevre İlişkisi", Panel: Enerji ve Çevre İlişkisinde Alternatif Enerjilerin Yeri ve Önemi 24-06-2006 İstanbul
- [3] TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı, "Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasitesi Projeksiyonu (2007-2016)" Temmuz 2007
- [4] Tubitak Vizyon 2023 Projesi Enerji ve Çevre Teknolojileri Strateji Grubu, "Enerji ve Çevre Teknolojileri Stratejisi" 2004 Ankara
- [5] International Energy Agency, Monthly Electricity Statistics, June 2007