

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE TEKNOLOJİLERİ Dersi 2

- 2. ENERJİ KAYNAKLARI
- 2.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları
- 2.1.1 Fosil enerji kaynakları
- 2.1.2 Nükleer enerji
- 2.2 Elektrik Enerjisi
- 2.3 Dünyada Enerji Üretim ve Tüketimi
- 2.4 Türkiye’de Enerji Üretim ve Tüketimi

Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU
E-mail: onurbas@agri.ankara.edu.tr
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü
2017

Yakıt, yakma işlemi sonucu ortaya çıkan ısı veya gücün kaynağı herhangi bir madde olarak tanımlanmaktadır.

Isı, maddenin içindeki karbon ve hidrojenin yakma işlemiyle oksijenle birleşmesiyle ortaya çıkmaktadır.

Yanma sonucunda ısı, güç veren yakıtlar **enerji kaynağı** olarak belirtilmektedir. Enerji iş yapabilme yeteneğidir ve farklı şekillerde olabilmektedir. Örneğin; hidrolik enerji, fosil enerji, ısı enerjisi gibi (Erdal, 2011).

Enerji kaynakları genel bir ifadeyle; değişik teknolojilerle **ekonomik** olarak üretilen kaynaklardır (Can, 2011). Enerji kaynakları değişik özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Bu özellikler içerisinde hammaddenin durumu, depo edilebilme özelliği, yenilenebilir olma durumu, kullanma özellikleri dikkate alınmaktadır.

Enerji kaynaklarının oluşum süreci ve özellikleri dikkate alınarak;

yenilenebilir ve yenilenebilir olmayan enerji kaynakları şeklinde yapılan sınıflama er kullanılan sınıflamadır.



Yenilenebilir Olmayan Enerji Kaynakları: Yenilenemeyen enerji kaynakları da temel olarak iki çeşittir.

İlki fosil enerji kaynakları (kömür, doğal gaz, petrol gibi) ve

ikincisi nükleer enerjidir.

Bunlar kaynağındaki miktarı sınırlı (hatta bir gün tükenecek) olduğu için yenilenemeyen kaynaklar olarak nitelendirilmektedir. Bu kaynaklar oluşumundan daha hızlı tükenen enerji kaynaklarıdır. Bu yakıtların oluşması için milyonlarca yıl gerekmesine karşın, tüketilmesi çok kısa sürmektedir.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Bu kaynaklar **doğal süreç içerisinde kendiliğinden oluşan** kaynaklardır. Bu enerji kaynakları; **güneş, rüzgar, hareket halindeki su, biyokütle, jeotermal ve okyanus enerjileridir**. Bu kaynaklar, tükendikçe hızlı bir şekilde doğal döngü içerisinde yeri doldurulabilen, yani tükenmeyen enerji kaynaklarıdır. Diğer fosil enerjiler yada nükleer enerji gibi tükenmediği ve çok daha kısa sürelerde yenilenebildiği için yenilenebilir enerji kaynakları olarak isimlendirilmektedir.

Enerji kaynakları; **kaynağın oluşum şekline göre de;**

-**birincil (primer)** ve

-**ikincil (sekonder)** enerji kaynakları olarak da sınıflandırılmaktadır (Adıyaman, 2012).

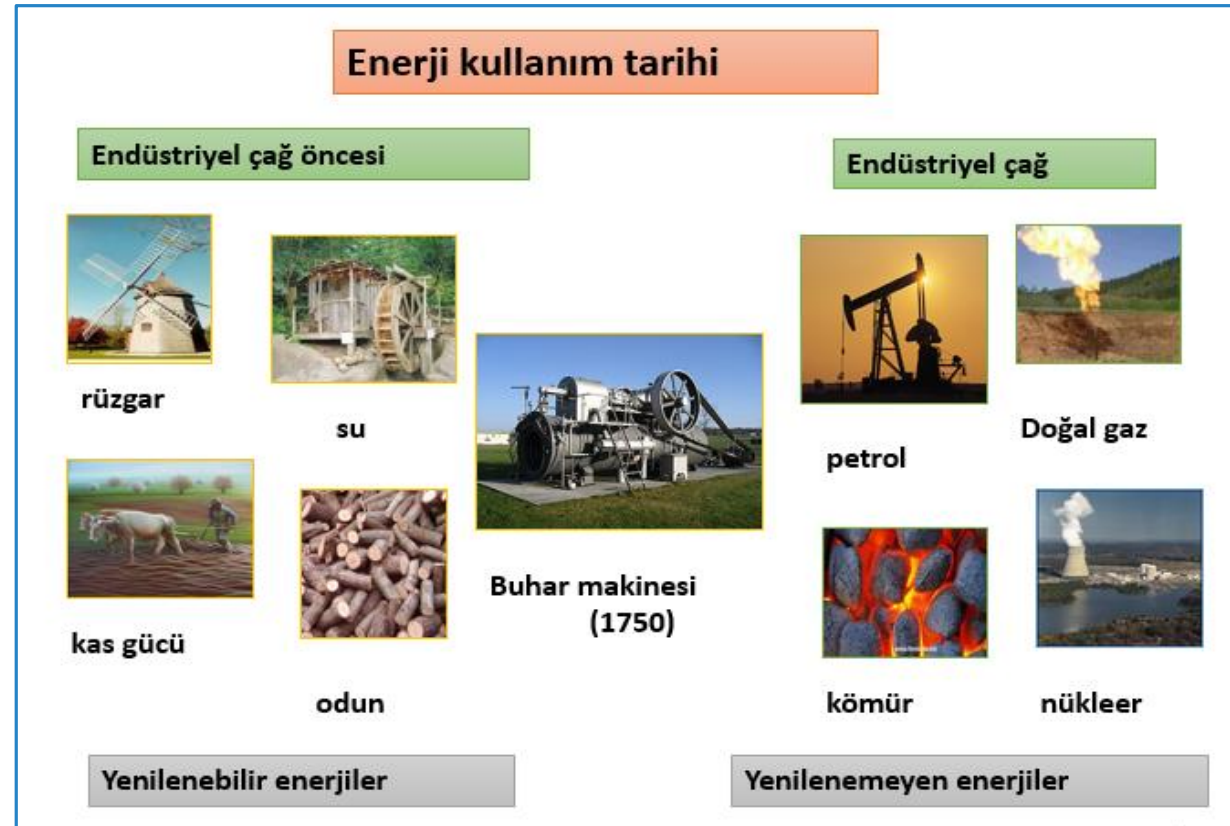
Birincil Enerji Kaynakları: Birincil enerji kaynakları **doğada var olan kaynaklardır**. Bu nedenle doğal enerji kaynakları olarak da adlandırılmaktadır. Bu enerjiler içerisinde yenilenebilir (güneş, rüzgar, biyokütle vb) ve yenilenebilir olmayan (fossil, nükleer vb) enerjiler yer almaktadır. Birincil enerjiler direk kullanılabilirlikleri gibi bir başka enerjiye de dönüştürülebilmektedir.

İkincil Enerji Kaynakları: **Doğal enerji kaynaklarının dönüştürülmesiyle elde edilmiş** olan kaynaklardır. Doğal enerji kaynaklarının ikincil enerji kaynaklarına **dönüştürülmesinde santrallerden yararlanılmaktadır**. Bu kaynakların (**elektrik, ısı, mekanik** gibi) Dünyada kullanım oranları daha yüksek olduğu için **kullanılabilir enerji kaynakları** olarak da adlandırılmaktadır.

Çizelge 2.1 Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Karaosmanoğlu 2004)

Yeraltı Kaynakları	Yerüstü Kaynakları
Kömür	Ormanlardan sağlanan yakacak odun
Petrol	Biyokütle kaynakları
Doğal gaz	Tezek
Uranyum ve toryum	Kültürel bitkilerin çeşitli artıkları
Jeotermal enerji	
Organik Kökenli	İnorganik Kökenli
Kömür	Uranyum
Petrol	Toryum
Odun	
Biyokütle	
Yenilenemez Kaynaklar	Yenilenebilir Kaynaklar
Kömür	Güneş enerjisi
Petrol	Rüzgar enerjisi
Doğal gaz	Hidrolik (su gücü) enerjisi
Nükleer enerji	Biyokütle enerjisi
	Jeotermal enerji
	Deniz enerjisi
	Hidrojen enerjisi

Dünyada **enerji kullanım tarihi**ne bakıldığında; buhar makinesi keşfinin milat olduğu görülmektedir. Buhar makinesinin keşfedilmesinden önce kullanılan enerji kaynakları; insan ve hayvan kas enerjisi, odun, güneş, rüzgar ve hidrolik enerji, yani yenilenebilir enerjilerdir. 1750’li yıllarda buhar makinesinin keşfedilmesi ve endüstriyel çağın başlamasıyla kullanılan enerji kaynakları da değişim göstermiş ve yenilenemeyen enerji kaynakları tüketimi başlamıştır. Buhar makinesi ile birlikte kömür kullanımı hızlı bir şekilde artmış, 1860’lı yıllarda termik motorların kullanılmaya başlanmasıyla da petrol ürünleri, özellikle de benzin ve motorin tüketimi artmıştır. Daha sonraki yıllarda da doğal gaz ve nükleer enerji arz ve talebi başlamıştır (Şekil 2.1)



Şekil 2.1 Endüstriyel çağ öncesi ve sonrası küresel enerji kullanımı (Onurbaş Avcıoğlu, 2015)

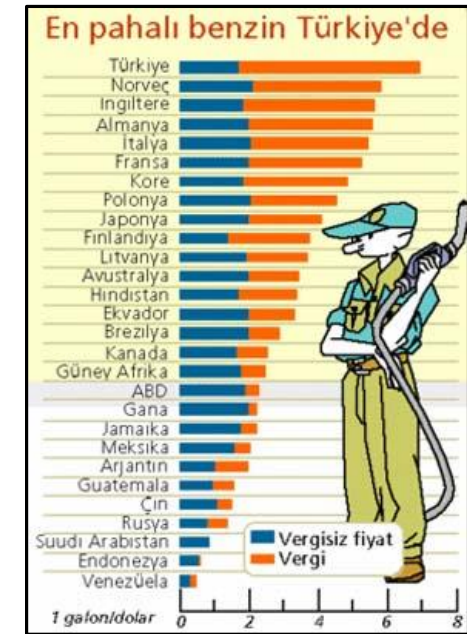
2.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

2.1.1 Fosil enerji kaynakları

Fosil enerjiler yenilenemeyen birincil enerjiler olup Dünya genelindeki **tüketimde ilk sıralarda** yer alan ve hemen hemen tüm sektörlerde kullanım alanı bulunan enerji kaynaklarıdır.

Fosil enerji kaynakları; **katı, sıvı yada gaz** şeklinde olabilen hidrokarbonlardır. En genel ifadeyle **kömür, ham petrol ve doğal gaz** olarak sıralanabilirler. Bunlar aynı zamanda mineral enerji kaynaklarıdır.

Üretim miktarı kontrolünün ve sürekli üretimin sağlanabildiği fosil yakıtlar, **konvansiyonel enerji kaynakları** olarak da adlandırılmaktadır. Bu enerji kaynaklarının en önemli özelliği üretiminin kontrol edilebilmesidir (Yapar, 2014).



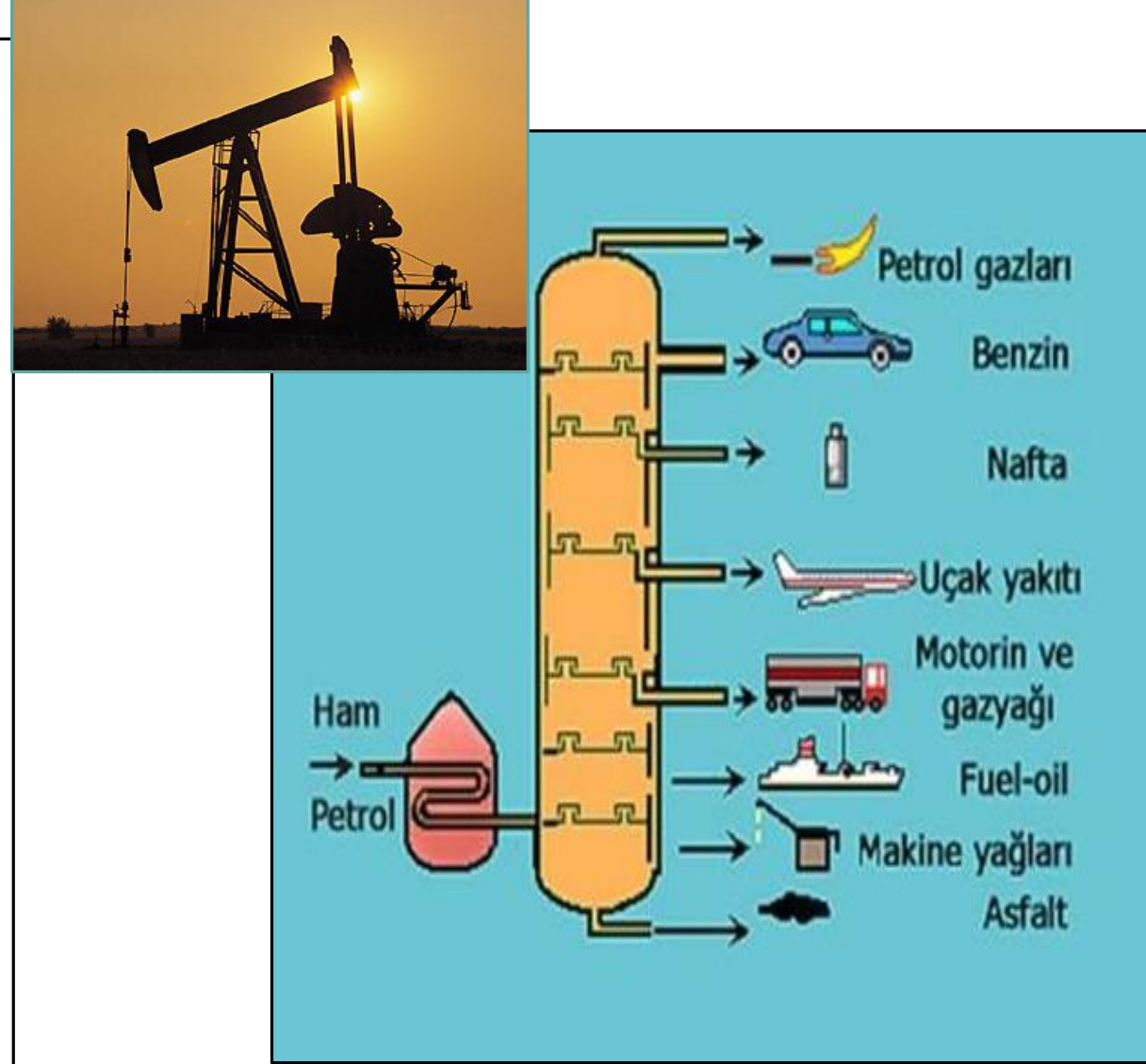
Petrol

Petrol tortul kayalardaki yer altı rezervuarlarında doğal olarak oluşan, hidrojen ve karbon içeren kimyasal bileşiklerden ve sıvı hidrokarbonlardan oluşan karmaşık bir karışımdır.

Latince petra (kaya) ve oleum (yağ) kelimelerinden oluşturulmuş (petroleum) genellikle **petrol (oil)** olarak kullanılmaktadır. Petrol hem birincil (ham) hem de ikincil (rafine edilmiş) ürünleri içermektedir (Anonim, 2010a).

Piyasada kullanılan yakıtların büyük bir çoğunluğu ham petrolün rafinerilerde damıtılması sonucu elde edilmektedir (Şekil 2.2). rafinerilerde ham petrolden elde edilen; benzin, motorin, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), fuel-oil, gaz yağı, asfalt, kayganlaştırıcı maddeler, parafin, katran ve petrokimyasal ürünler petrol ürünleri olarak adlandırılır (Çiçek, 2012). Bu ürünlerin miktarı petrolün kalitesi ve piyasanın talebine göre değişiklik göstermektedir.

Brent petrol, varil=159 litre



Sekil 2.2 Petrolün damıtılmasıyla elde edilen ürünler
(<http://www.erguven.net/anasayfa/yazigoster/Petrolden-Benzin-Elde-Edilmesi>)

Petrol ürünleri özellikle akaryakıtlar, **ulaşım sektöründe** kullanılmaktadır. Bu ürünler aynı zamanda **elektrik üretmek amacıyla** termik santrallerde de kullanılabilir.

Taşıma ve depolama işlemlerinin kolay olması bakımından petrol elektrik üretimi için elverişlidir. Petrol yakıtlı elektrik santralleri kömür yakıtlı santraller ile aynı şekilde çalışmaktadırlar. Petrol ısı üretmesi için yakılır, ısı buhar oluşturması için kullanılır ve oluşturulan buhar türbini döndürme işlevi görür. Bu tarz santrallerde ulaşılan verimlilik %35 dolaylarında gerçekleşmektedir. İşlem sırasında oluşturulan enerjinin %65 civarı kaybedilmektedir, israf olmaktadır (Balat, 2007; Tayş, 2012).

Dünya petrol rezervlerinin yarısından fazlası Orta Doğu coğrafyasında yer almasına rağmen, günümüze kadar yapılan petrol arama faaliyetleri, Türkiye'nin bu konuda pek şanslı olmadığını göstermiştir. Fakat Türkiye'nin Orta Doğu'yla birlikte Balkan ve Kafkas coğrafyalarında da yer alması ve bu coğrafyalarda son yıllarda oldukça etkin politikalar izlemesi, bazı avantajlar elde etmeye başlamasına sebep olmuştur. Türkiye, Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) ve Kerkük-Ceyhan ham petrol boru hatları sayesinde önemli bir enerji merkezi haline gelmeye başlamıştır. Orta Doğu ve Kafkas coğrafyasındaki petrolün Ceyhan Limanı vasıtasıyla pek çok ülkeye dağıtımını sağlanabilmiş ve giderek daha büyük miktarlarda petrol Türkiye üzerinden Dünya ülkelerine ulaştırılmıştır. Türkiye artık yalnız petrol tüketicisi ülke konumunda olmayıp aynı zamanda petrol ihracatçısı ülke konumuna da yükselmiştir. Enerji hatlarının genişletilmesi ve bu hatlara başka petrol üreticisi ülkelerin katılması, kendi ihtiyacının bile oldukça altında petrol üretmesine rağmen, Türkiye'nin bölgesinde bir enerji merkezi konumuna yükselmesine oldukça büyük katkı sağlayacaktır.

Petrol rafinerileri ham petrolden çeşitli ürünlerin elde edilmesi sırasında pek çok atık oluşturarak çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. Ayrıca kaynağından alınan ham petrolün rafinerilere taşınması için boru hatları oluşturulması gerekmektedir. Bu hatların döşenmesi sırasında tarım alanlarının tahrip edilmesi, ağaçların kesilmesi gibi çevresel açıdan olumsuz etkiler de olmaktadır.

Ayrıca petrolün taşınması sırasında meydana gelebilecek kazalar büyük can ve mal kaybının yanında büyük çevre felaketlerine de sebep olabilmektedir. Görüldüğü gibi petrolün yalnızca çıkarım, işleme ve tüketim aşamalarında değil iletim ve dağıtım süreçlerinde de büyük çevre kirlilikleri meydana gelebilmektedir (Çiçek, 2012).

Doğal gaz

Doğal gaz; renği ve kokusu olmayan, özgül kütlesi havadan düşük, yanma özelliği bulunan, ana bileşeni metan olan bir gaz karışımıdır. Diğer fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında temiz yanma özelliklerine sahiptir. Doğal gaz yer altı katmanları arasında petrolün olduğu yerlerde bulunmaktadır. Ayrıca ham petrolün rafinasyonu sırasında da elde edilebilmektedir. Doğal gaz, boru hatları yada tankerlerle taşınabilmektedir. Endüstriyel alanlarda, konutlarda ve termik santrallerde ısı, mekanik ve elektrik enerjilerinin üretiminde tüm Dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır.



Doğal gazın en önemli sakıncası düşük sıcaklık ve basınç şartlarında sıvılaştırılabilmesidir. Bu da yüksek teknoloji gerektirmektedir. Sıvı fazdaki doğal gaz LNG (Liquified Natural Gas) ve sıkıştırılmış doğal gaz da CNG (Compressed natural gas) olarak adlandırılmaktadır.

Doğal gaz kaynaklarının %41'i Orta Doğu'da, %33'ü Bağımsız Devletler Topluluğunda, %17'si de Pasifik'tedir (Çiçek, 2012).

Son yıllarda doğal gaza olan talep oldukça artmış, bu da boru hatlarıyla taşınan doğal gaz için yeni hatlara olan gereksinimi arttırmıştır. Dünyada çoğunlukla doğal gaz taşınması boru hatlarıyla gerçekleştirilmektedir. Özellikle Avrupa'da doğal gaz ithalatı %90 oranında boru hatlarıyla gerçekleştirilmektedir. Bu doğal gaz güzergahları içerisinde Türkiye'nin önemli bir yeri bulunmaktadır (Laçiner ve Kılıç, 2010).



Güney Avrupa Gaz Ringi (ITGI) (Türkiye-Yunanistan-İtalya Boru Hattı) ve Nabucco (Türkiye-Bulgaristan-Romanya-Macaristan-Avusturya Boru Hattı) Projeleri ile Türkiye, Avrupa'ya doğalgaz iletiminde kilit öneme sahip bir merkez konumuna yükselmektedir. Avrupa'nın artan enerji ihtiyacını kesintisiz ve sürekli olarak karşılayabilmek için alternatif enerji nakil yolları arama çalışmaları kapsamında Türkiye'ye büyük önem verdiği görülmektedir. Bu da Türkiye'nin stratejik önemini daha da arttırmaktadır (Anonim, 2011a, Çiçek, 2012).

Doğalgaz; kömür ve petrolle karşılaştırıldığında yarı yarıya daha az CO₂ üretse de, yanmamış doğalgaz direk havaya karıştığında petrol ve kömüre göre 25 kat daha fazla CO₂ emisyonu meydana gelmektedir. Böylece sadece küçük bir sızıntı bile doğalgazın bazı çevresel avantajlarının görmezden gelinmesine neden olabilmektedir (Lovelock, 2011; Çiçek, 2012).



Kömür

Kömür; **lignoselülozik bitki parçacıklarından oluşan, tabakalar halinde bulunan**, bünyesinde **yüksek miktarda karbon, düşük miktarlarda azot, kükürt, oksijen ve hidrojen içeren**, organik olmayan maddelerin de bulunduğu, heterojen yapıya sahip, **çoğunlukla siyah renklere, katı fosil yakıttır** (Anonim, 2010b). Isı ve basıncın etkisiyle önce **“Turba”** olan fakat kömür sayılmayan bu madde, sonrasında **“Linyit”, “Alt bitümlü kömür”, “Taşkömürü”, “Antrasit”** ve uygun şartlarda **“Grafit”**e dönüşür. Bu oluşum süreci **“Kömürleşme”** olarak adlandırılmaktadır (Anonim, 2009a; Çiçek, 2012).

Endüstriyel çağın başlamasından beri kömür özellikleri itibariyle **en yaygın kullanılan fosil kaynaklardandır**. Kömür dışındaki fosil enerji kaynaklarına göre; daha uzun ömürlü, taşıma-iletim- depolama-kullanım özellikleri daha kolay ve güvenilir olan bir yakıttır.

Ülkemizin sahip olduğu fosil enerji kaynakları içerisinde en büyük paya kömür sahiptir. Kömür çeşitlerinden ise **en fazla linyit** bulunmaktadır. Linyitin enerji içeriğinin düşük olması nedeniyle taşınması ekonomik olmamakta ve kaynağının bulunduğu yerlerde elektrik eldesi amacıyla santrallerde yakılmaktadır.

Kömürün yakıldığı termik santrallerde elektrik üretimine kadar her aşamada **önemli derecede çevre kirliliği** oluşmaktadır. Kömürün yakılmasıyla oluşan baca gazındaki zararlı bileşenler, baca küllerinin çevreye dağılması, santralin soğutulmasında kullanılan suyun tekrar ortama verilmesi, santralin bulunduğu çevrenin ısınması olumsuz çevresel etkiler içerisinde yer almaktadır.

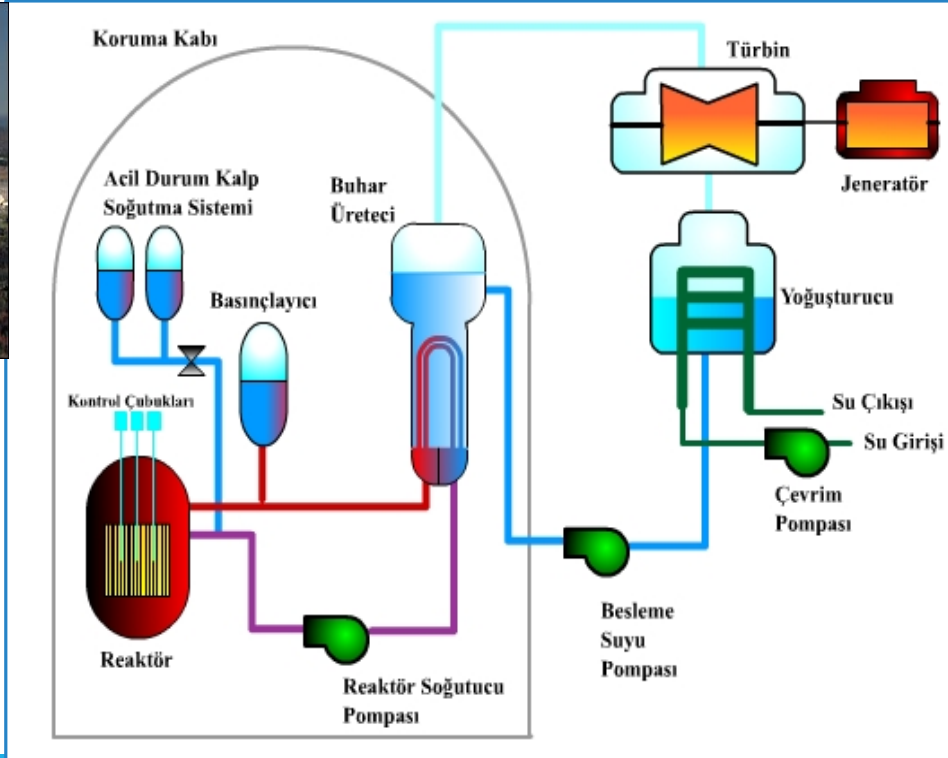
Çevre kirliliğine neden olan enerji kaynaklarının ilk sıralarında yer alan kömürün, Türkiye’de termik santrallerde elektrik üretimi amacıyla kullanılmasının en önemli nedeni; doğal gaz, mazot, fuel oil gibi diğer yakıtlara göre ucuz ve kolay elde edilebilir olmasıdır. Türkiye’de kurulu termik santrallerin çoğunluğunda, yakıt olarak linyit kullanılmaktadır. Bu durum çevre açısından büyük riskleri beraberinde getirmektedir. Çevre kirliliğinin oluşmadan önlenmesi ve mevcut çevre kirliliğiyle mücadele sırasında harçanan geniş zaman ve kaynaklar aslında kömür yakıtının da diğer fosil yakıtlara nazaran daha uygun değildir. Belki de kömür yakıtlı termik santraller ne kadar düşük maliyetli görünse de, çevre kirliliğini minimize etmek için kullanılan teknoloji ve kaynak da maliyete eklenince, kömürün diğer fosil yakıtlara göre maliyet avantajı ortadan kalkmaktadır. Kömürün diğer fosil yakıtlara göre maliyet avantajı rahatlıkla anlaşılabilecektir (Çiçek, 2012).



2.1.2 Nükleer enerji

Nükleer enerji **radyoaktif maddelerin sahip olduğu enerji çeşididir** ve **fisyon** olarak adlandırılan atomları parçalanması yada **füzyon** denilen atomların birleştirilmesi sırasında oluşmaktadır. Füzyon esnasında hafif elementler (hidrojen, deuteriyum, trityum gibi) birleşerek daha ağır elementlere dönüşürken çok büyük miktarlarda ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Bu olay, güneş üzerinde helyum atomlarının birleşerek hidrojen atomlarına dönüşmesi şeklinde doğal olarak gerçekleşmektedir.

Dünya elektrik enerjisinin yaklaşık %16-17'si nükleer enerjiden karşılanmaktadır. Uranyum, plutonyum gibi ağır radyoaktif maddelerin parçalanması sırasında elde edilen enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü santraller reaktör olarak adlandırılmaktadır. Reaktörlerde elde edilen ısı enerjisi buhar türbinlerinde mekanik enerjiye ve jeneratörlerde de elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bir reaktörün çalışması Şekil 2.3'de verilmiştir.



Ülkeler	Nükleer Reaktörler				Güç Elektrikteki Pay
	İşletmede	Ortalama Yaş	İnşa Halinde	Planlanan	
ABD	103	25	0	0	20%
Almanya	18	23	0	0	28%
Britanya	23	26	0	0	24%
Çin	10	4	1	4	2%
Finlandiya	4	25	1	0	27%
Fransa	59	20	0	0	78%
Hindistan	14	17	8	0	3%
İran	0	0	2	1	0%
İspanya	9	23	0	0	24%
Japonya	54	20	2	12	25%
Kuzey Kore	0	0	1	1	0%
Rusya	30	23	1	0	9%

Şekil 2.3 Nükleer enerji ile elektrik enerjisi üretimi (Çiçek, 2012)

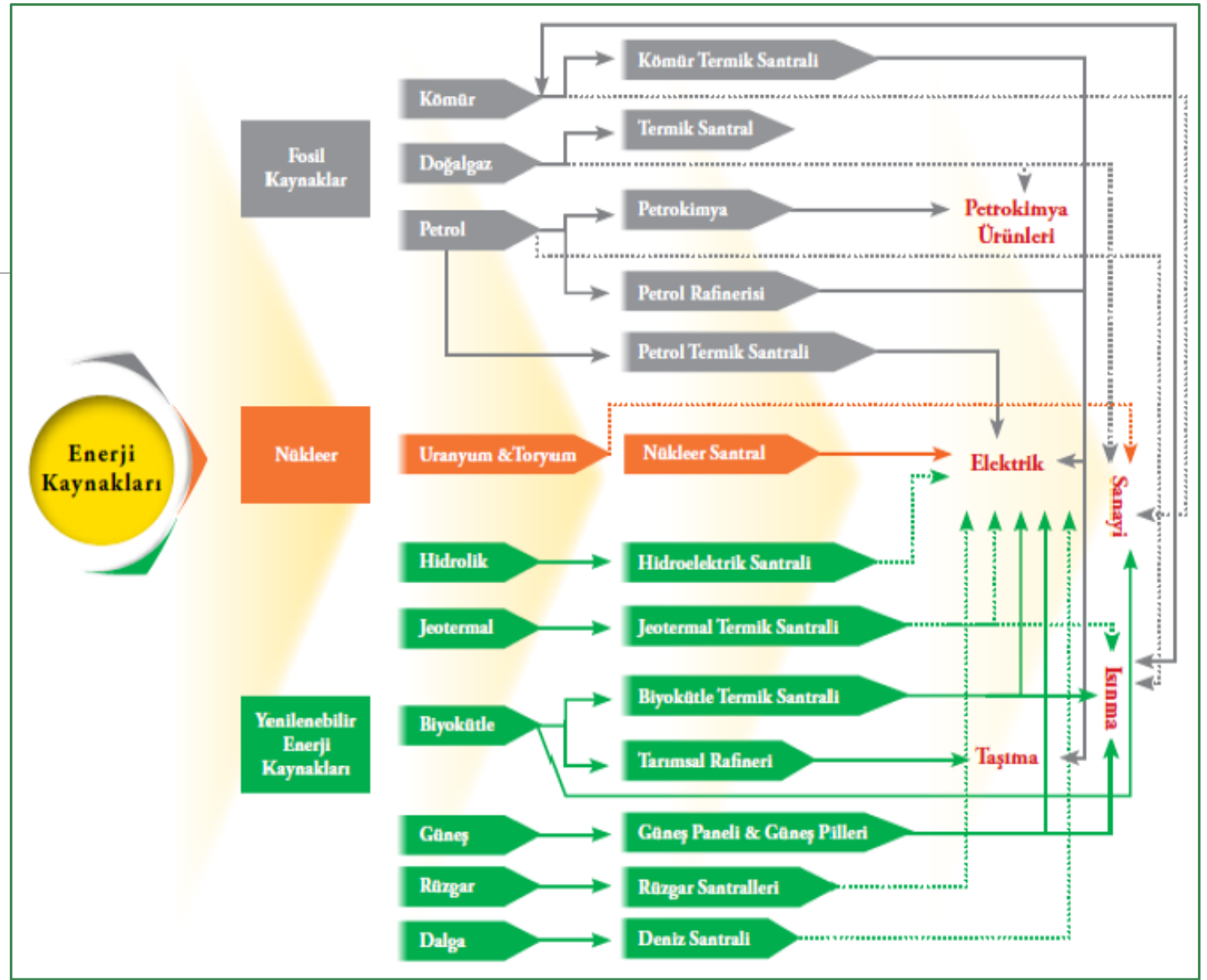
Nükleer santrallerin diğer enerji üretim yöntemlerine göre çok küçük bir alana inşa edilebilmeleri, yakıt kaynağından bağımsız olarak gerekli güvenlik önlemlerini almak kaydıyla **istenilen hemen her yere kurulabilmeleri** gibi özellikleri bu tür uygulamalar için cazip hale gelmelerini sağlamaktadır (Anonim, 2008; Çiçek, 2012).

Nükleer yakıt türü ucuz olmasının yanında taşınması da kolaydır. Küresel ısınmaya sebebiyet verecek olan sera gazı salınım riskinin bulunmaması ya da enerji üretimi sırasında asit yağmurlarının açığa çıkmamasına rağmen, **çevre ve insan sağlığı açısından ciddi risk taşımaktadır. Nükleer atıkların depolanması işlemi problem teşkil etmektedir** (Topçu ve Ulengin, 2004; Tayş, 2012).

Nükleer tesislerden çıkan kullanılmış yakıtların geri kazanılması sonucu ortaya çıkan yüksek düzeyli radyoaktif atıkların çevreye zarar verilmeden uzaklaştırılması, nükleer endüstrinin temel sorunlarından biridir (Hüseyinoğlu, 2006). Radyoaktif atıklar, belirli periyotlarla suya ve havaya verilmektedir. Bu olay Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütüne üye ülkelerde ciddi şekilde denetlenmesine karşın önemli riskler oluşturmaktadır (Çiçek, 2012).

2.2 Elektrik Enerjisi

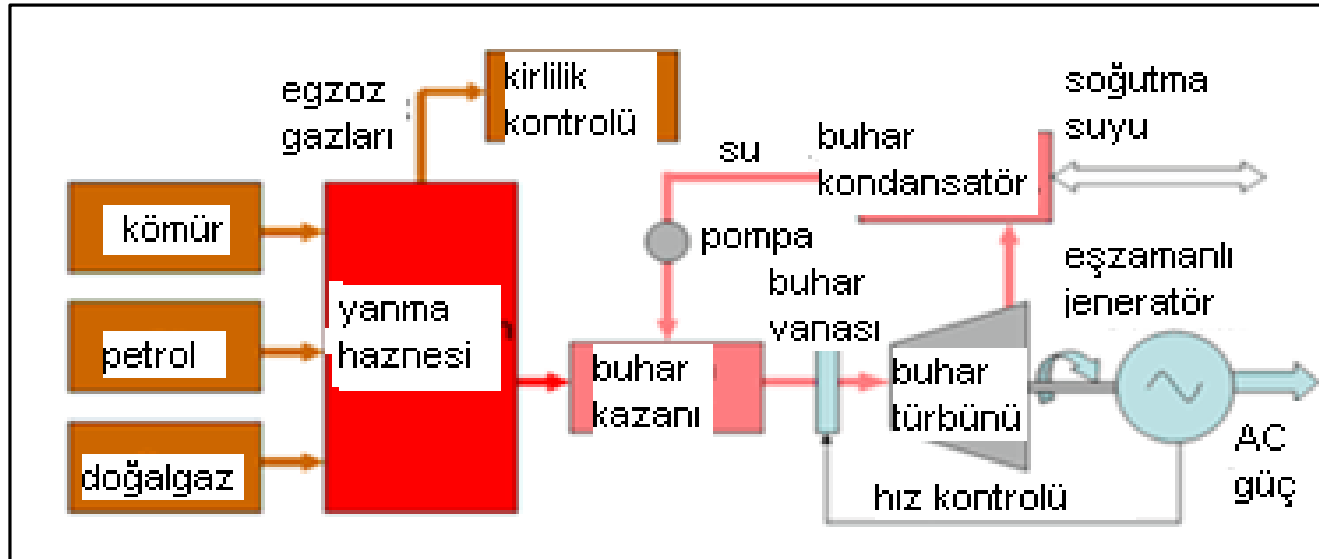
Elektrik üretiminde girdi olarak kullanılan çeşitli enerji türleri bulunmaktadır. Bu enerji türlerini yenilenebilir ve yenilenebilir olmayan enerji kaynakları olarak ikiye ayırmak mümkündür. Yenilenebilir olan kaynaklar; güneş, rüzgar, hidrolik, biyokütle ve jeotermal olarak sıralanabilir. Öte yandan yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarına ise fosil yakıt türleri (petrol, kömür, linyit, doğal gaz) ve nükleer enerji türleri örnek olarak gösterilebilir (Öztürk vd, 2007; Panwar vd, 2011). Enerji üretim kaynakları Şekil 2.4'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.4 Enerji üretim kaynakları (Anonim, 2011c; Tayş, 2012)

Elektrik üretiminde kullanılan tesisler **elektrik santrali** olarak adlandırılmaktadır. Enerji kaynağının çeşidine göre farklı elektrik santralleri bulunmaktadır. Suyun kinetik ve potansiyel enerjisinden yararlanan **hidrolik santraller**, katı, sıvı yada gaz halindeki fosil yakıtların kullanıldığı **termik santraller**, nükleer yakıtların ısı enerjisinin dönüştürüldüğü **nükleer santraller**, jeotermal akışkanın ısı enerjisinden yararlanan **jeotermal santraller**, rüzgarın hareket enerjisinin kullanıldığı **rüzgar santralleri**, güneş enerjisinin dönüştürüldüğü **güneş santralleri** gibi.

Elektrik santrallerinde **yaygın olarak fosil yakıtlar** kullanılmaktadır. Bu yakıtların yanması sonucunda açığa çıkan ısı enerjisi buhar türbinlerinde mekanik enerjiye ve jeneratörlerde de elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.



Şekil 2.5 Fosil yakıtlardan elektrik enerjisi üretimi (Tayş, 2012)

Elektrik enerjisi ile birlikte ısı enerjisi de üreten tesisler

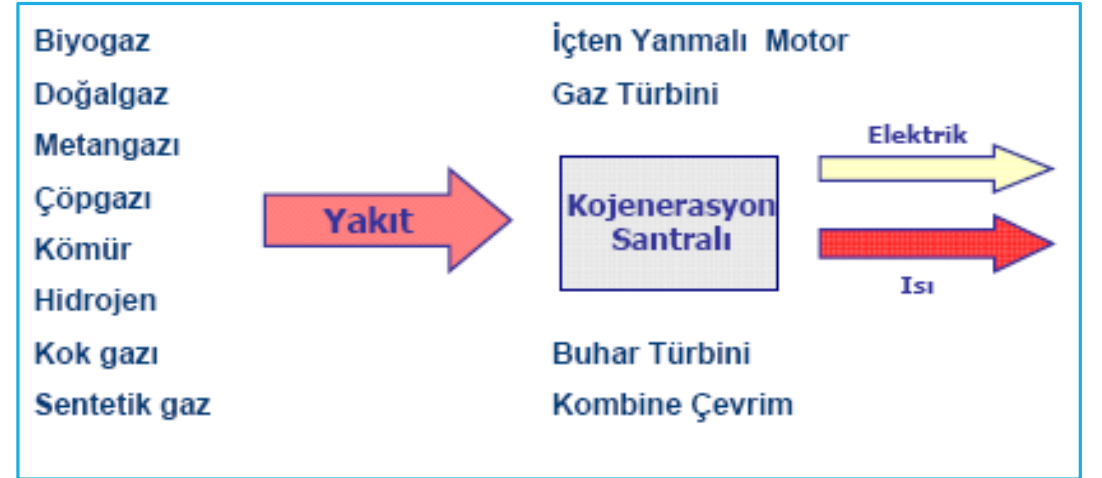
bulunmaktadır. Bunlar; BIG (Birleşik ısı ve güç) yada CHP (Combined Heat and Power) sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.6'da BIG teknolojisi ile elektrik üretim akışı gösterilmektedir.

Birleşik ısı ve güç enerjisi kullanımının çeşitli avantajları bulunmaktadır. Bunlar;

- Üretilen elektrik iletim ve dağıtım kayıplarına uğramadan ihtiyaç noktasında tüketilir.
- Kullanıcısına temiz ve kesintisiz elektrik sağlar.
- İletim ve dağıtım sisteminde ilave yatırım gerekmez.
- Çevresel faktörler açısından ele alındığında düşük karbon salımı özelliği ön plana çıkmaktadır.

Uygulama alanlarına bakılacak olursa; toplu konut, alışveriş merkezi, hastane, otel, üniversite kampüsü ve yüksek binalar örnek gösterilebilir.

Bununla beraber bazı dezavantajları mevcuttur. Örneğin birleşik ısı ve güç sistemleri tamamen yenilenebilir enerji kategorisine girmemektedirler. Hala doğalgaza bağlı olarak çalışan CHP sistemler mevcuttur. Fakat piyasada, biyokütle gibi yenilenebilir yakıtlardan yararlanan sistemler de bulunmaktadır (Tayşı, 2012).

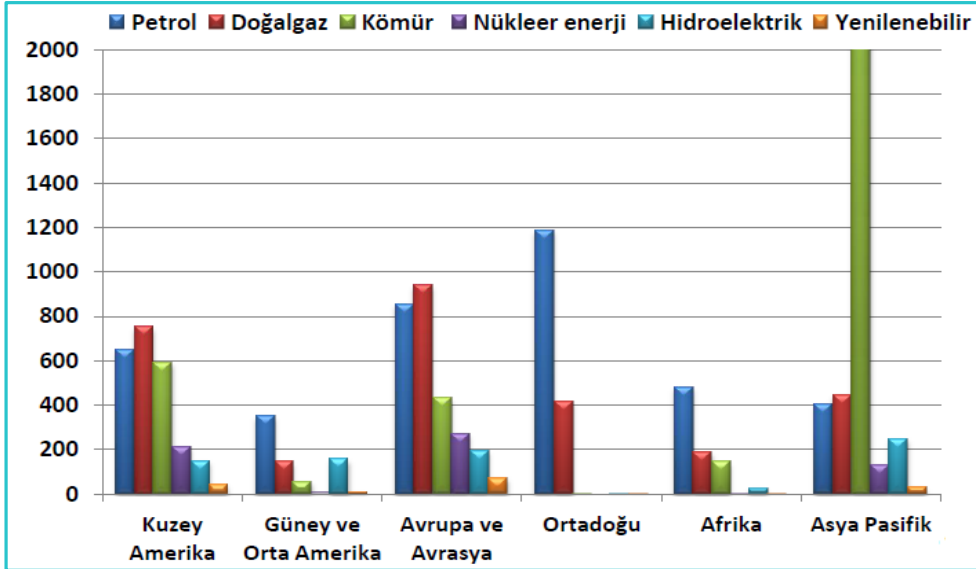


Şekil 2.6 Birleşik ısı ve güç enerjisi teknolojisi ile elektrik üretim akışı (Tayşı, 2012)

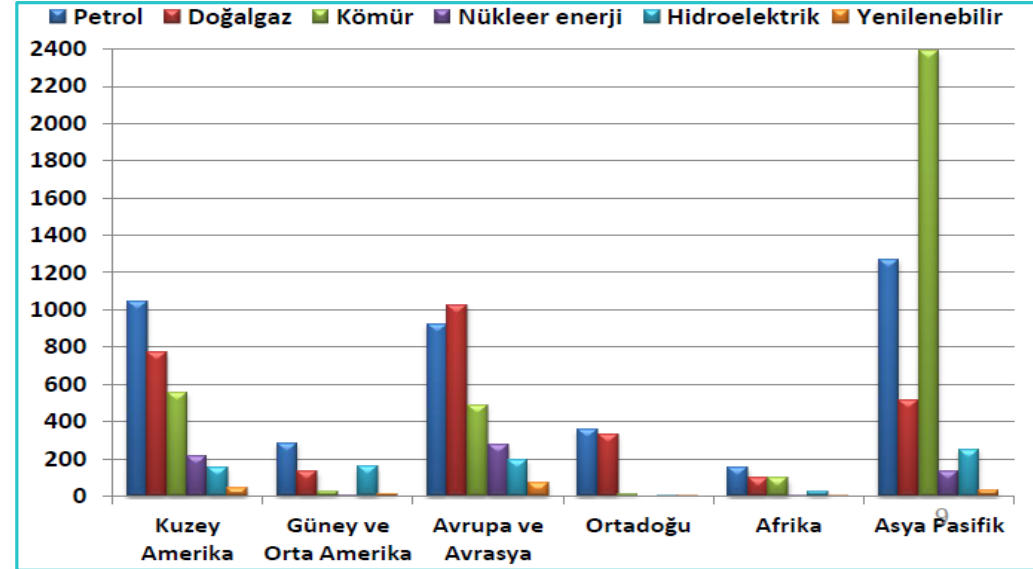
2.3 Dünyada Enerji Üretim ve Tüketimi

Dünyada enerji üretim ve tüketim özelliklerine bakıldığında; fosil enerji kaynaklarının yani petrol, doğal gaz ve kömürün ilk sıralarda yer aldığı bilinmektedir. Bu kaynaklardan sonra, nükleer enerji, hidrolik enerji ve gittikçe yükselen hızıyla yenilenebilir enerji kaynakları enerji üretim ve tüketim değerleri içerisinde yer almaktadır.

BP (The **British Petroleum** Company)'nin verilerine ek olarak T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayınlanan "Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Görünümü" raporunda enerji üretim ve tüketimi bölgelere göre değerlendirilmektedir. Şekil 2.7.a'da bölgelere göre enerji üretimi, Şekil 2.7.b'de ise bölgelere göre enerji tüketimi görülmektedir (Gökkuş, 2014).



a) Bölgelere göre enerji üretimi



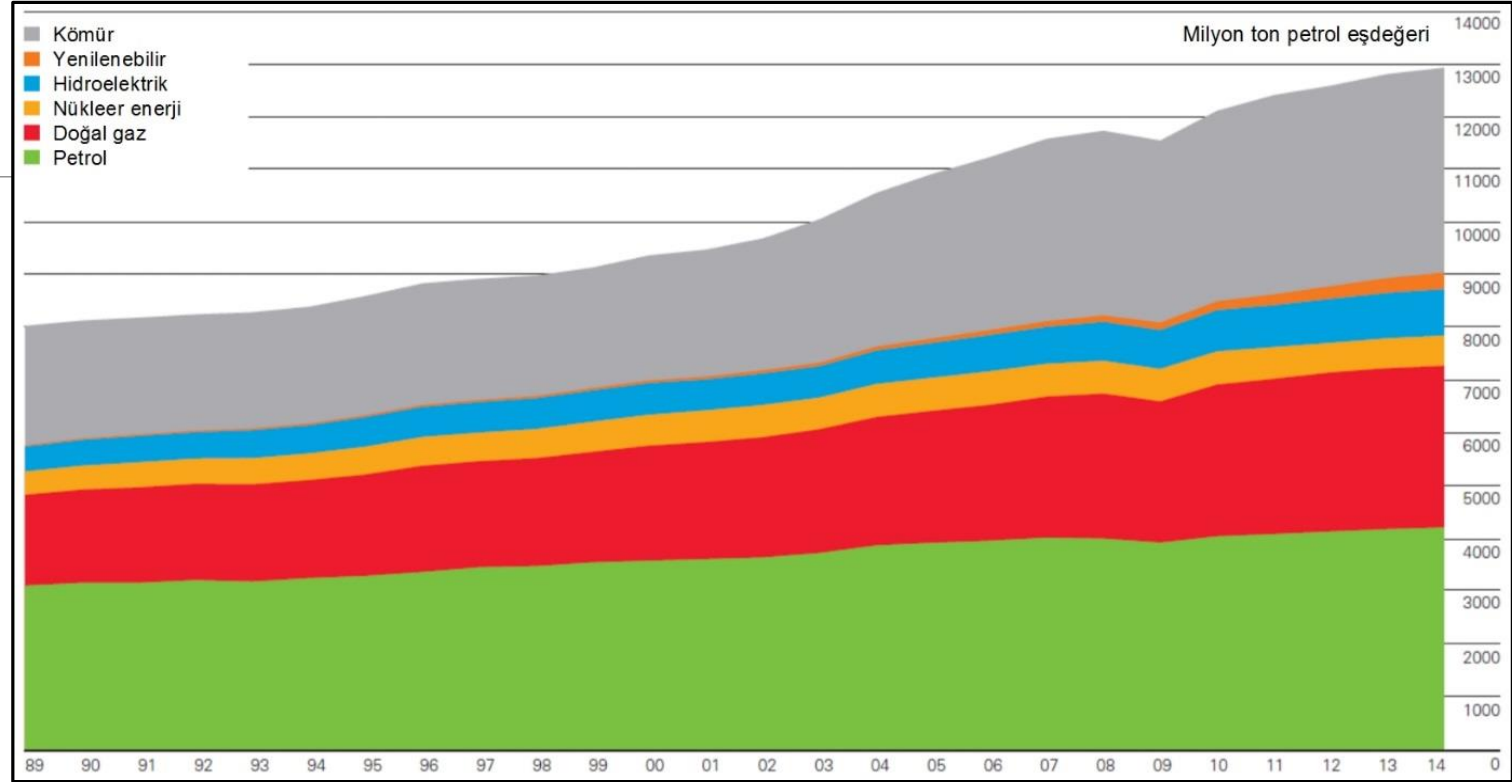
b) Bölgelere göre enerji tüketimi

Şekil 2.7 Bölgelere göre enerji üretimi ve tüketimi (Anonim, 2013b; Gökkuş, 2014)

Dünyada bölgelere göre enerji kaynaklarının üretim değerleri incelendiğinde; en yüksek oranda petrol Ortadoğu'da, doğal gaz Avrupa ve Asya'da, kömür Asya Pasifikte, nükleer enerji Avrupa ve Asya'da, hidrolik enerji Asya Pasifikte ve yenilenebilir enerji Avrasya'da bulunmaktadır.

Bölgelere göre enerji kaynaklarının tüketim oranları değerlendirildiğinde ise; en yüksek oranlarda petrol Asya Pasifikte, doğal gaz Avrupa ve Asya'da, kömür Asya Pasifikte, nükleer enerji Avrupa ve Asya'da, hidrolik enerji Asya Pasifikte ve yenilenebilir enerji Avrupa ve Avrasya'da tüketilmektedir.

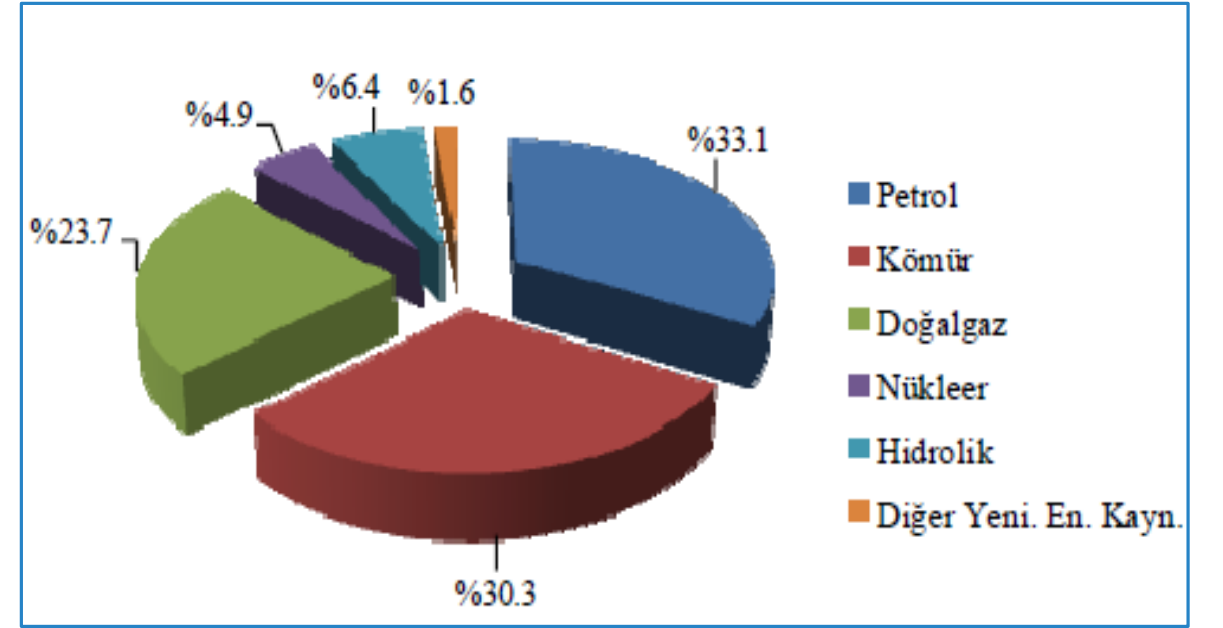
BP'nin hazırladığı bir başka raporda 2011 ile 2030 yılları arasında Dünya nüfusunda 1,3 milyarlık bir artış olacağı ve bu dönem içinde de enerji ihtiyacının %36 gibi büyük bir oranda artacağı tahmin edilmektedir. Şekil 2.8'de 1987 ile 2012 yılları arasında Dünya genelinde enerji tüketim oranlarının kullanılan kaynaklara göre değişimi ve tüketim değerleri verilmiştir (Anonymous, 2013; Gökkuş, 2014).



Şekil 2.8 1987 ile 2012 yılları arasındaki Dünya enerji tüketiminin kaynaklara göre değişimi (Anonymous, 2014; Gökkuş, 2014)

Dünya enerji talebi büyük oranda fosil yakıtlar olarak bilinen kömür, petrol ve doğalgazdan karşılanmaktadır. Fakat sanayileşme, nüfusun hızlı artışı ve kentleşme gibi etkenler yeraltı kaynaklarını tüketme eğilimine girmiştir. Mevcut yeraltı kaynaklarını kullanarak dünyanın ihtiyacı olan enerjiyi daha kaç yıl süreyle karşılayabileceğine dair araştırmalar yapılmış ve yaklaşık ömürleri belirlenmiştir. **Sürekli artan talebin göz ardı edilerek Dünyanın enerji tüketimi oranının sabit olduğu kabul edilen durumda; mevcut petrol rezervi 45 yıl, gaz rezervinin ile aynı koşullar altında 60 yıl, kömür rezervinin ise 120 yıllık bir ömre sahip olduğu tahmin edilmektedir (Gökkuş, 2014).**

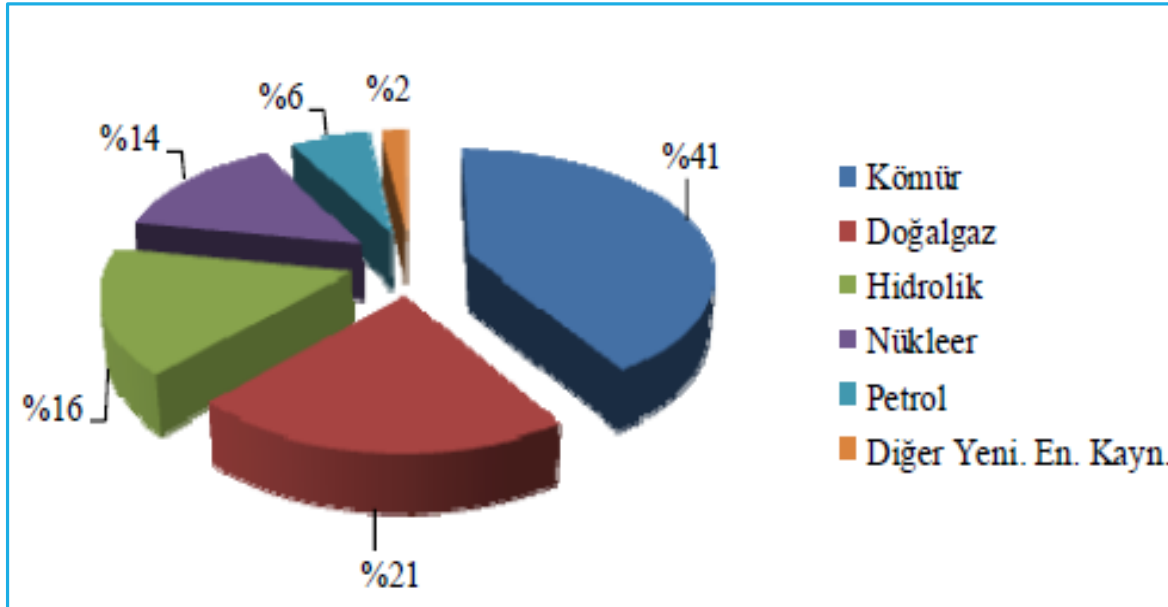
Dünya enerji tüketiminin büyük bir çoğunluğunu doğal enerji kaynakları yani birincil enerjiler oluşturmaktadır. Şekil 2.9'da 2011 yılı için kullanılan enerji kaynakları verilmiştir. Tüketilen enerji kaynakları içerisinde ilk sırayı %33.1 ile petrol almaktadır. Bunu sırasıyla %30.3 ile kömür, %23.7 ile doğal gaz, %6.4 ile hidrolik enerji ve %4.9 ile nükleer enerji takip etmektedir. Dünya enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir kaynakların payı %1.6'dır.



Şekil 2.9 Dünya birincil enerji kullanımı (2011) (Koç ve Şenel, 2013)

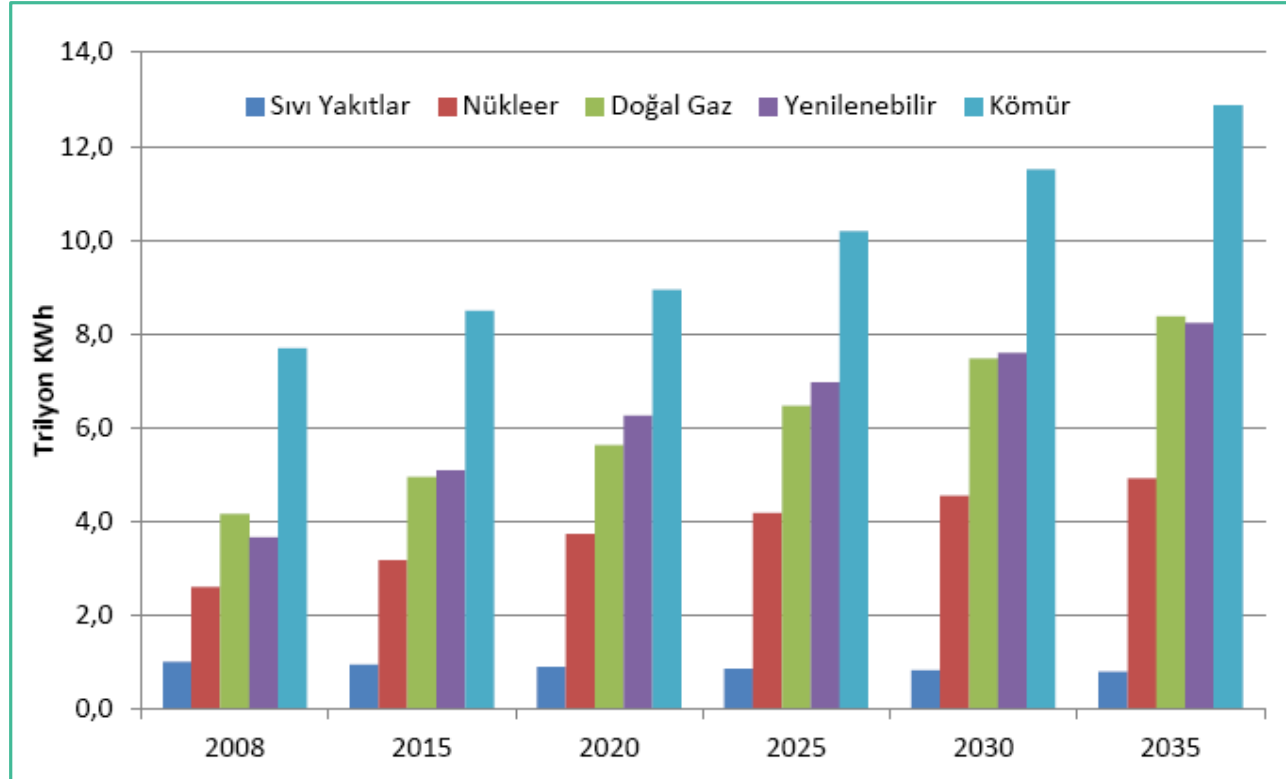
Elektrik enerjisi dünya enerji tüketiminin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır. Geri kalan tüketim taşımacılık, ısıtma ve endüstriyel süreç ısısı üretimi gibi alanlarda olmaktadır (Çiçek, 2012).

Elektrik üretiminin kaynaklara göre değişimi Şekil 2.10'da görülmektedir. 2011 yılı için elektrik üretiminde en yüksek oranda kullanılan enerji kaynağı %41 ile kömürdür. Bunu %21 ile doğal gaz, %16 ile hidrolik enerji, %14 ile nükleer enerji ve %6 ile petrol ürünleri takip etmektedir. Elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payı %2'dir.



Şekil 2.10 Dünya birincil enerjiden elektrik üretimi (2011) (Koç ve Şenel, 2013)

Dünyada elektrik üretiminde 2008 yılında kömür ilk sırayı alırken, doğalgaz ikinci sırayı almış, üçüncü sırada ise hidrolik enerji yer almıştır. Nükleer santrallerden sağlanan elektrik ise dünya genelinde dördüncü sıradadır. (Şekil 2.11) (Anonymous, 2012; Çiçek, 2012). 2015'e doğru doğal gazdan elektrik üretiminde oransal olarak artış görülmüştür.



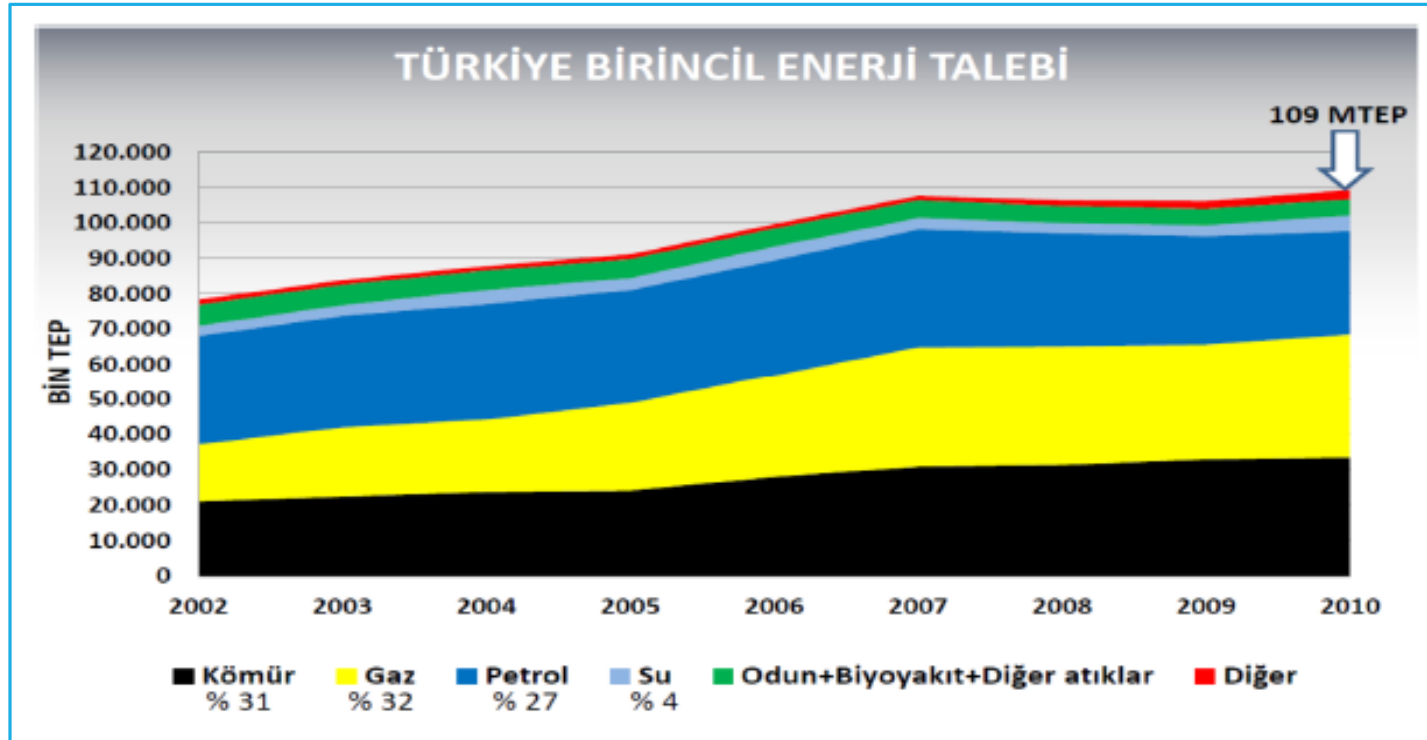
Şekil 2.11 Dünya yakıtlara göre net elektrik üretimi (2008-2035) (Trilyon kWh) (Anonymous, 2012; Çiçek, 2012)

Türkiye’de olduğu gibi dünya genelinde de elektrik üretiminde fosil yakıtların üstünlüğü görülmektedir. Dünya elektrik üretiminde gelecek yıllara ilişkin projeksiyona bakılınca da; fosil yakıtların elektrik üretiminde vazgeçilemez konumunun devam edeceği fakat sıvı yakıtların kullanımı azalırken, kömür kullanımının artacağı, bunun yanında yenilenebilir enerji ve nükleer enerji kullanımında da artış kaydedileceği anlaşılabilmektedir. Doğalgazın günümüzde oldukça pahalı ve oynak bir fiyata sahip olması sebebiyle büyük doğalgaz çevrim santrallerinin kurulması oldukça büyük risk teşkil etmekte, bu sebeple Türkiye’de olduğu gibi dünya ülkelerinde de doğalgaz kaynaklı elektrik üretiminin alternatifleri aranmakta fakat artan enerji ihtiyacı karşısında doğalgazdan faydalanılmaya devam edeceği düşünülmektedir (Çiçek, 2012).

2.4 Türkiye’de Enerji Üretim ve Tüketimi

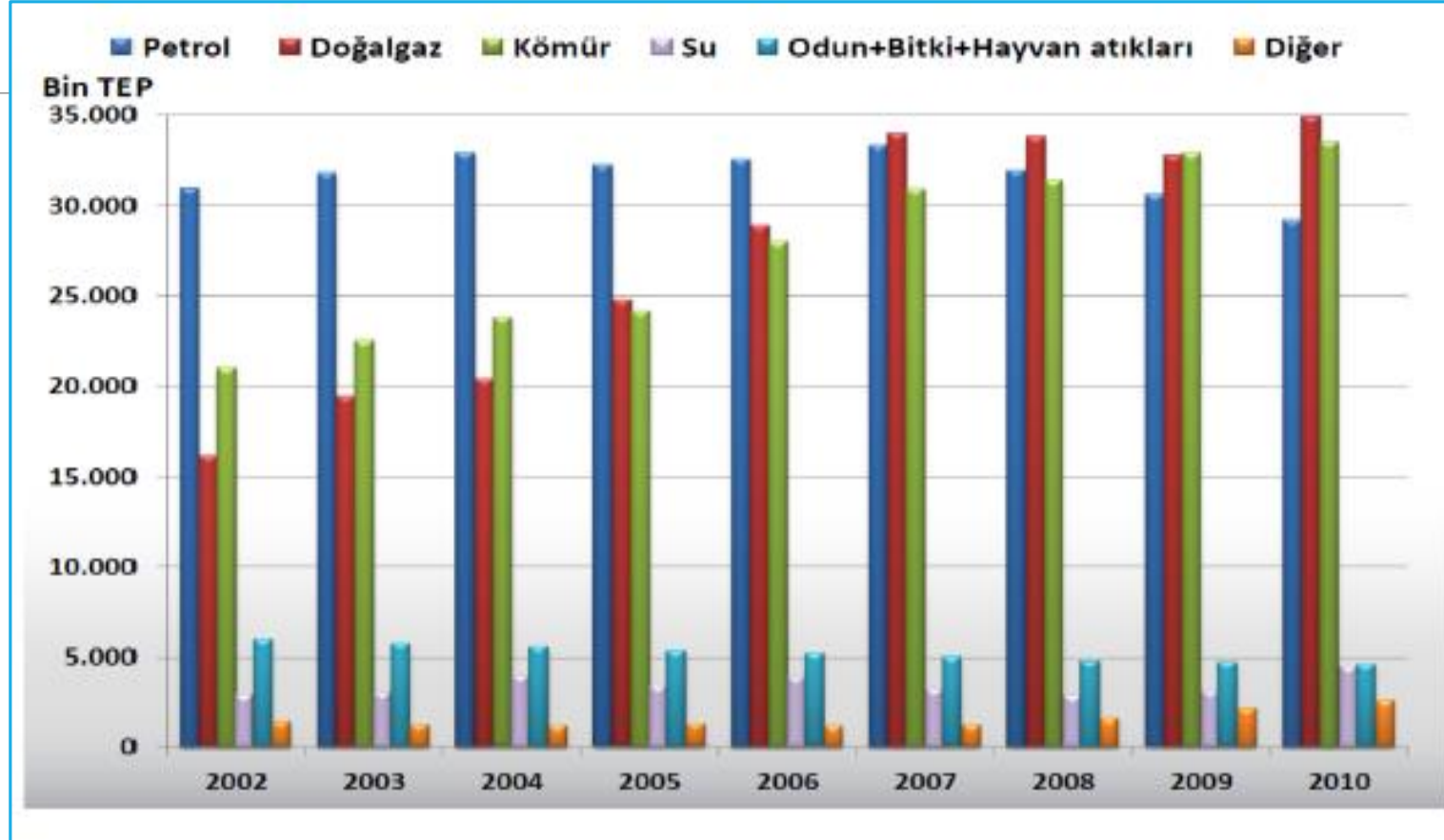
Türkiye bulunduğu coğrafya, genç nesil yapısı, teknolojik alt yapı çalışmaları ve diğer dünya ülkelerinin yapmış oldukları yatırımlar bakımından değerlendirildiğinde hızlı adımlarla büyüyen, sürekli gelişen ve üretim hacmi her geçen gün artan bir Dünya ülkesi olarak adından söz ettirmekte ve önem kazanmaktadır. Bu yapısından dolayı Türkiye’nin enerjiye olan ihtiyacı giderek artmakta ve enerji talebinin karşılanabilmesi için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Enerji bakanlığının açıklamış olduğu raporlar doğrultusunda Şekil 2.12’de 2002 ile 2010 yılları arasındaki enerji talebinin fosil yakıtlara göre değişimi verilmiştir (Gökkuş, 2014).

Türkiye petrol bakımından zengin bir coğrafyada bulunmasına rağmen fosil yakıtlar ve türevleri bakımından dışa bağımlı bir ülkedir. Bu durum enerjiye olan ihtiyacın sadece fosil yakıtlardan karşılanması yerine birkaç farklı kaynaktan aynı anda enerji üretimi yoluna gidilmiştir. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlara ek olarak su ve diğer alternatif enerji kaynaklarından enerji üretimi yapılmaktadır.



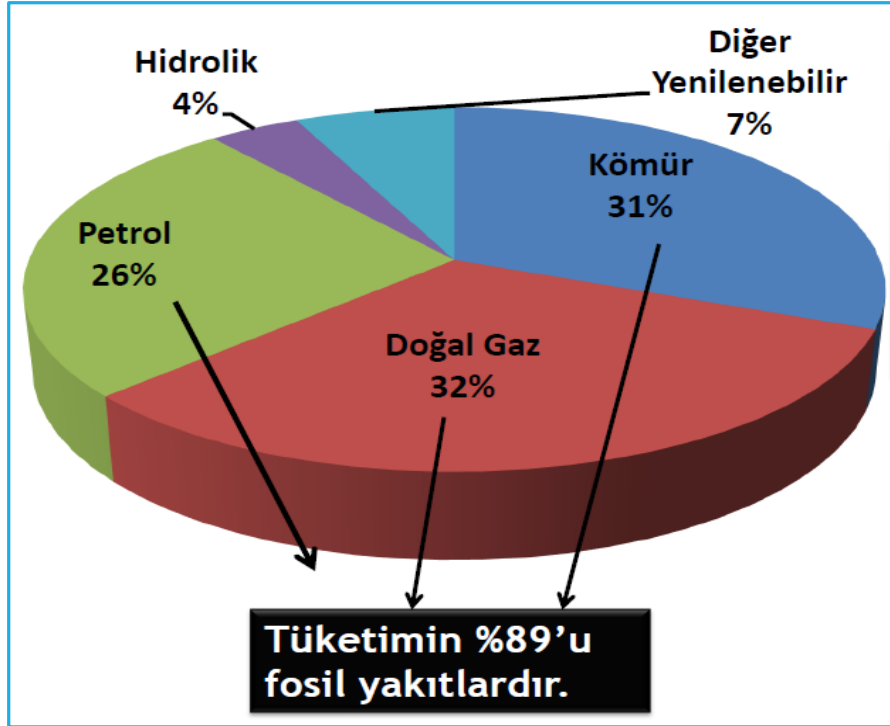
Şekil 2.12 2002 ile 2010 yılları arasında ki enerji talebinin fosil yakıtlara göre değişimi (Gökkuş, 2014)

Şekil 2.13’de Türkiye’nin enerji ihtiyacını karşılamada kullandığı enerji kaynakları ve kullanım miktarları verilmiştir.



Şekil 2.13 Türkiye’nin enerji ihtiyacını karşılamada kullandığı enerji kaynakları ve kullanım miktarları (Gökkuş, 2014)

Türkiye'nin 2012 yılı **birincil enerji tüketimi değerleri** Şekil 2.14'de görülmektedir. Bu yıla ait enerji tüketim değeri 119,5 MTEP'dür. Enerji tüketiminde ilk sırayı %32 ile doğal gaz almaktadır. Bunu sırasıyla %31 ile kömür, %26 ile petrol, %4 hidrolik ve %7 diğer yenilenebilir enerjiler takip etmektedir.

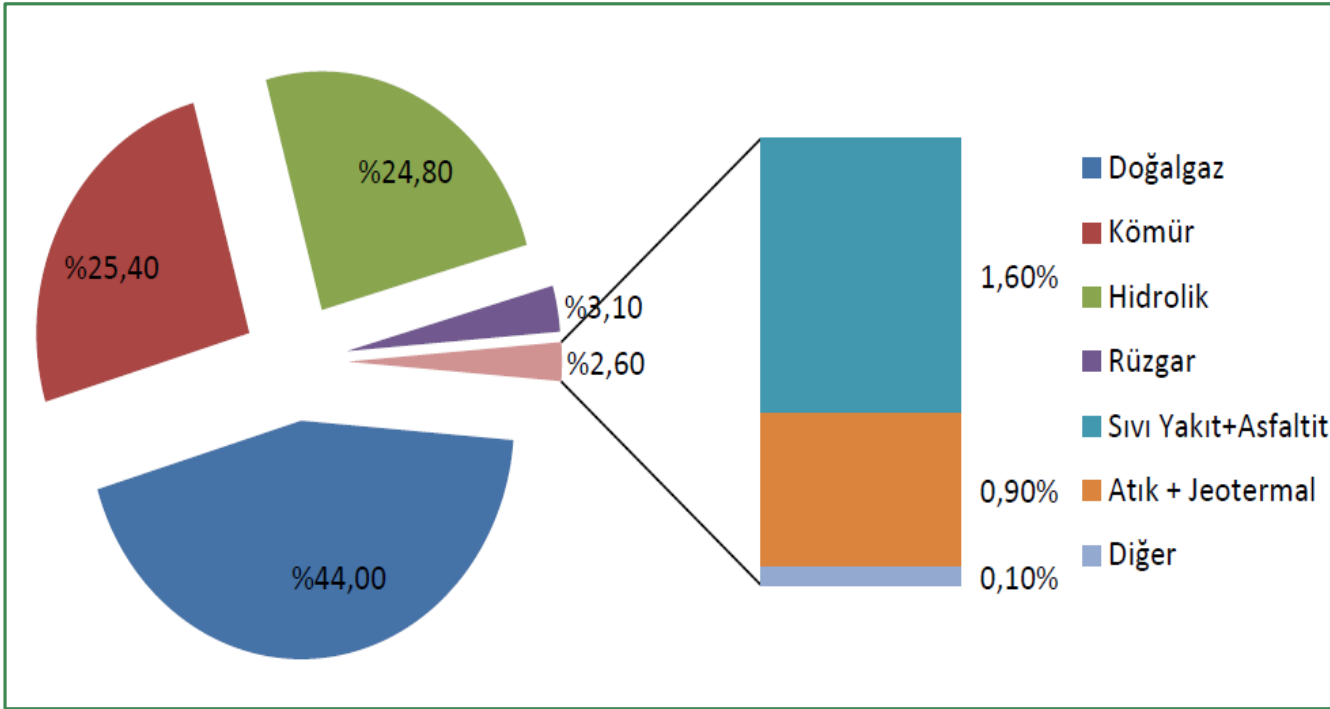


2030 yılına kadar küresel enerji talebinin %50 oranında artacağı ve bu enerjinin yaklaşık %83'ünün fosil kaynaklı yakıtlardan sağlanacağı öngörülmektedir. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı %74 oranındadır. Türkiye doğalgazının %98'i ithal edilmektedir ve ana sağlayıcı yürürlükteki sözleşmelere göre %52'lik bir oran ile Rusya'dır. İthal edilen gazın %51'i elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, ülkemizin petrol ve kömürdeki dışa bağımlılık oranları sırasıyla %90 ve %20 seviyelerindedir (Özcan, 2013).

Şekil 2.14 Türkiye birincil enerji tüketimi (2012) (Anonim, 2014a)

Enerji üretmede kaynakların büyük çoğunluğu elektrik enerjisi için kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi, ülkelerin gelişmesinde ve gelişmişlik düzeyinin göstergesinde önemli bir role sahiptir. Türkiye’de elektrik enerjisi termik, hidroelektrik, jeotermal ve rüzgâr başta olmak üzere birçok farklı kaynaktan üretilmekte ve kurulu güçleri sürekli değişmektedir (Gökkuş, 2014).

Şekil 2.15’de Türkiye elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı görülmektedir.



Kullanılan enerji kaynağı açısından bakıldığında; 2013 yılında Türkiye’de elektrik üretiminde en yüksek oranda kullanılan enerji kaynağı %44 ile doğal gazdır. Bunu %25 ile kömür ve %25 ile hidrolik enerji takip etmektedir. Elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payı %3.1 ile rüzgar ve %0.9 ile atık-jeotermal enerjilere aittir.

Şekil 2.15 Türkiye elektrik üretimin kaynaklara göre dağılımı (Anonim, 2014c)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) koordinasyonunda hazırlanan ve Yüksek Planlama Kurulu tarafından 18 Eylül 2009 tarih ve 2009/11 sayılı Karar'ı ile kabul edilen Elektrik Enerji Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi'nde **2023 yılına ilişkin tahminleri ve yapılması planlanan çalışmalar** aşağıda verilmiştir (Gökkuş, 2014).

2023 yılı elektrik enerjisi tüketim değerinin 500 milyar kWh'e yakın olacağı hesaplanmaktadır. Bu hedefe ulaşılabilmesi için elektriksel kapasitenin **%100 arttırılarak** 100000 MW'a yükseltilmesi gerekmektedir.

Bu hedefe yakın tarihte ulaşabilmek için enerji alanına her yıl 5 milyar dolar tutarında yatırım yapılmaktadır.

Enerjide üretim tesislerinin sayısının artmasında **sadece devlet olarak değil özel sektöre sağlanan teşviklerle** özel sektörün payının % 75'e çıkarmayı planlamaktadır.

Ülkemiz **mevcut kömür rezervinin sadece % 37'lik kısmı kullanabilmektedir. 2023 yılına kadar tüm kömür rezervlerinin tam anlamıyla ekonomik sisteme kazandırması** planlanmaktadır.

Türkiye'nin **hidrolik enerji potansiyeli** 140 milyar kWh civarındadır, bu potansiyel karşısında kurulu güç yaklaşık 36000 MW civarındadır. 2023 yılına kadar 20000 MW'lık hidrolik santrallerin özel sektöre kurulması planlanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki rüzgâr enerjisi kurulu gücü 20000 MW, güneş enerjisi kurulu gücü 3000 MW ve jeotermal enerji kurulu gücünün ise 600 MW'a çıkartılması hedeflenmektedir.

Nükleer santrallerle ilgili yapılan çalışmalar ile ilgili 10000 MW'lık nükleer santrallerin yapımı planlanmaktadır.

Yenilenebilir enerjinin **elektrik üretimindeki payının %30'a** çıkarılması planlanmaktadır. Buna karşılık doğalgaz kullanımının % 30'a düşürülmesi, kömürden %30 ve nükleer enerjiden %10'luk payla elektrik elde edilmesi düşünülmektedir.