

ESM-103

**ENERJİ MÜHENDİSLİĞİNE
GİRİŞ DERS NOTLARI**

PROF. DR. MUSTAFA İLBAŞ

ANKARA-2022



DERS İÇERİĞİ

1. GİRİŞ
2. ENERJİ KAYNAKLARI
3. FOSİL YAKITLAR
4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI
5. NÜKLEER ENERJİ
6. ENERJİ VERİMLİLİĞİ



DERS İÇERİĞİ

7. TERMAL ENERJİ DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ

8. FOSİL YAKITLAR VE ÇEVRE

9. NÜKLEER ENERJİ VE ÇEVRE

10. ENERJİ DEPOLAMA

11. HİDROJEN VE HİDROJEN EKONOMİSİ



DERS İÇERİĞİ

12. ENERJİ GÜVENLİĞİ (ARZ GÜVENLİĞİ)

13. İLERİ TEKNOLOJİLER

14. ENERJİ EKONOMİSİ VE YÖNETİMİ



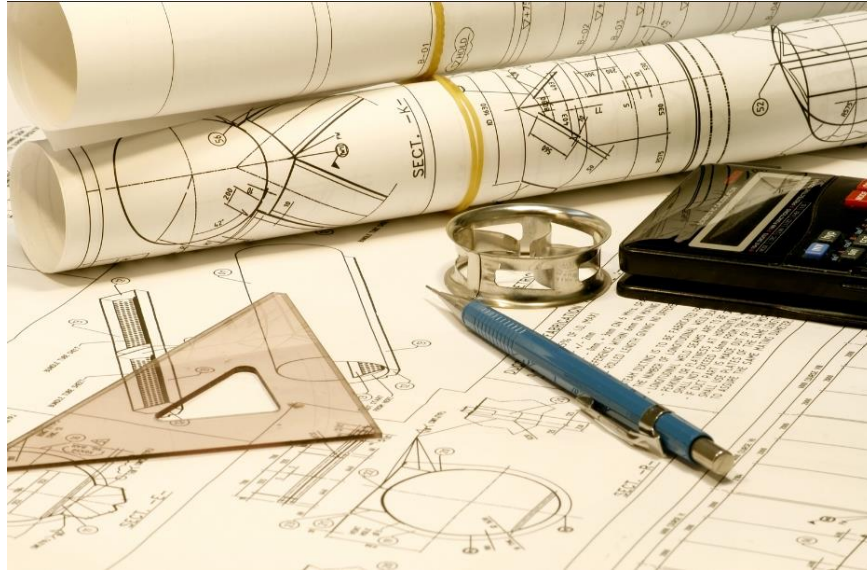
BÖLÜM 1 – GİRİŞ

- Mühendislik Nedir?
- Enerji Sistemleri Mühendisliği Nedir?
- Çalışma Alanı, İş İmkanları Nelerdir?
- Enerji Mühendisleri Kimlerdir?
- Enerji Nedir?
- Birimler, Boyutlar



MÜHENDİSLİK NEDİR

- Mühendislik; bilimi ve matematiksel prensipleri, tecrübe ile, karar alma becerisiyle ve grup çalışmaları sonucu ortaya konulan ortak fikirleri kullanarak insanoğlunun gelişen ve bitmeyen ihtiyaçlarına faydalı ürünler ortaya koyma sanatıdır.



MÜHENDİS KİMDİR VE NASIL OLMALIDIR

- Mühendis içinde bulunduğu kuruma pozitif ivme kazandıran insandır.
- Mühendisin kendine güveni tam olmalı ve cesur kararlar verebilmelidir.
- Mühendisler sürekli büyük yatırım projelerinin içinde karar mercii olarak bulunduklarından ulusal çıkarları daima her türlü çıkarın üstünde tutmalıdırlar.
- Mühendisler riski sevmişler ve risk ile birlikte yaşamayı bir yaşam biçimi olarak kabul etmişlerdir.
- Mühendisler makinelerden başka insanların sevk idaresinden de sorumlu oldukları için insanlar ile iyi iletişim içinde olmalıdırlar.



ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ

- Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, enerji konusunun her alanında araştırma, geliştirme, planlama, üretim, dağıtım, kullanım, iç ve dış politika geliştirme ve uygulama konularında bilgi ve donanıma sahip mühendisler yetiştirmeyi amaçlayan bir programdır.



ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSİ

- Her türlü enerjinin yeterli, kaliteli, sürdürülebilir, düşük maliyetli ve çevreyle uyum içerisinde üretilmesi, tüketiciye sunulması ve ekonomik olarak kullanılması süreçlerini planlayan, projelendiren, uygulayan, bu konuda yeni stratejiler geliştiren ve enerji verimliliği bilinci oturmuş kişidir.



ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLERİNİN GÖREVLERİ

- Enerji kaynaklarının tüm çeşitlerinin tanımlanması, üretimi, işletilmesi, iletimi, dağıtımı, tüketimi aşamalarında görev alır.
- Temiz ve tükenmez enerji kaynaklarının ekolojik ve mali açıdan önemi üzerine çalışmalar yürütür.
- Üreticinin yükünü azaltmak amacıyla enerji tasarrufu, enerji üretiminde verimliliğin artırılması, enerji imkanlarının iyileştirilmesi amacıyla enerji analizi alanında danışmanlık yapar.
- Ülkemizin enerji stratejisi ve politikalarının belirlenmesine katkıda bulunur.



ENERJİ NEDİR?

- **Enerji**; değişikliklere neden olma yeteneği olarak ifade edilebilir (Çengel, 2008).
- Böyle düşünüldüğünde evimizin sıcaklığını değiştiren sistemler, canlı ve cansız varlıkların konumlarını değiştiren yapılanmalar, potansiyel enerjiyi ısıya veya ışık gibi faydalanılabilir duruma getiren tesisler tümü enerji mühendisliği kavramının konularına örnek olarak gösterilebilir.



- Enerji tüketimi diye bir kavram yoktur. Enerjinin dönüşümü veya kullanımı kavramı vardır.
- Herkesin bildiği temel bir yasa; “*Enerji yoktan var edilemez ve var olan enerji yok edilmez*” olduğunu belirtir.
- Bu durumda “enerji tüketimi arttı veya azaldı” şeklinde alışlagelmiş ifadelerden kaçınılmalıdır.
- *Enerjinin yalnızca kalitesi tüketilebilir.*



BİRİMLER VE BOYUTLAR

- Herhangi bir fiziksel büyüklük **boyutları** ile tanımlanır.
- Boyutlara verilen büyüklükler ise **birimler** olarak ifade edilir.
- Kütle, uzunluk, zaman ve sıcaklık gibi bazı temel boyutlar ***birincil boyutlar*** olarak bilinir.
- Temel boyutları kullanarak hız (U), enerji (E) ve alan (A) gibi bazı türetilmiş boyutlarda vardır. Bunlara da ***ikincil*** veya ***türetilmiş boyutlar*** denir.



TEMEL (ANA) BOYUTLAR

Yedi Ana Boyut ve SI Birimleri

Boyut	Birim
Uzunluk	Metre (m)
Kütle	Kilogram (kg)
Zaman	Saniye (s)
Sıcaklık	Kelvin (K)
Elektrik Akımı	Amper (A)
Işık Şiddeti	Candela (cd)
Madde Miktarı	Mol (mol)



DİĞER BAZI BOYUTLAR

Büyükölük	Tanımı	Sembölü	Birimi (SI)
Kütle		m	kg
Uzunluk		l	m
Zaman		t	s
Sıcaklık		T	K
Alan	Uzunluk x uzunluk	A	m ²
Hacim	Alan x uzunluk	V	m ³
Hız	Uzunluk/zaman	U veya V	m/s
İvme	Hız/zaman	a, g (yerçekimi ivmesi)	m/s ²
Açısal hız	Açı/zaman	w	rad/s
Açısal ivme	Açısal hız/zaman	α	rad/s ²
Kuvvet	Kütle x ivme	F	N
Birim ağırlık	Ağırlık/hacim	γ	N/m ³
Yoğunluk	Kütle/hacim	ρ	kg/m ³
Basınç	Kuvvet/yüzey	P	Pa = (N/m ²)



DİĞER BAZI BOYUTLAR

Mutlak viskozite	Kayma geril./hız gradyanı	μ	Pa.s
Kinematik viskozite	Mutlak vis./yoğunluk	ν	m^2/s
Birim deformasyon	Uzama/uzunluk	ϵ	---
Elastisite modülü	Gerilme/birim defor.	E	N/m^2
Güç	İş/zaman	$\dot{W}$ veya P	Watt = (N.m/s)
Moment	Kuvvet x uzunluk	M	N.m
Hacimsel debi	Hacim/zaman	$\dot{V}$	m^3/s
Kütlesel debi	Kütle/zaman	$\dot{m}$	kg/s
Kayma gerilmesi	Kuvvet/alan	τ	N/m^2
Yüzey gerilmesi	Kuvvet/uzunluk	σ	N/m
Ağırlık	Kütle x ivme	W	N
Lineer momentum	Kütle x doğrusal hız	mV	N.s
Açısal momentum	Moment x zaman	H	N.m.s
Frekans	Devir/zaman	f	1/s



BİRİMLER VE BOYUTLAR

- Boyutu belirlenen büyüklüklere birim verilmesi ve verilen birimlerin de birbirileri uyumlu olması gereklidir.
- SI birim sistemi (Le Systeme International d'Unites) adı verilen birim sistemi, ülkemizde ve Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaktadır.
- İngiltere ve Amerika'da İngiliz sistemi (United States Customary System) yaygın olarak kullanılmaktadır.



BİRİMLER VE BOYUTLAR

- SI sistemi, değişik birimlerin kendi aralarında onlu sisteme göre düzenlendiği, basit ve mantıklı bir sistem olup, İngiltere dahil bir çok sanayileşmiş ülkede bilim ve mühendislik çalışmalarında kullanılmaktadır (Çengel, 2008).
- Uluslararası sistem olarak tanımlanan SI sisteminde değişkenlere birim verilirken, aynı ast ve üst değerleri kullanmaya özen gösterilmelidir. Elde edilen sonuçların doğruluğu açısından bu hususa dikkat edilmelidir.



BAZI BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ

- İş, bir cismin hareket ettirildiği mesafe ile bu cismi hareket ettiren kuvvetin çarpımı olarak ölçülür.
- $W = F \times s$ $1 \text{ J} = 1 \text{ N.m}$
- Newton'un II. Hareket kanunu (kuvvet = kütle x ivme)
- $F = m \times a$ $1 \text{ N} = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- Birimlerden farklı olarak elektrik enerjisi kilowattsaat (kWh) olarak ölçülür.
- $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$
- Mekanik enerjinin iki önemli biçimi kinetik ve potansiyel enerjidir. Kinetik enerji, bir cismin belirli bir hızda hareketiyle ortaya çıkar. Potansiyel enerji ise, bir cismin yer çekiminden kaynaklı, belirli bir yükseklikteki enerjisidir.
- $KE = \frac{1}{2}mU^2$ (J)
- $PE = mgh$ (J) (g: yerçekimi ivmesi, h: yükseklik)



BAZI BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ

- Isıl enerji genellikle kalori (cal) olarak ölçülür. Bu tanımdan hareketle, bir kalori, 15 °C'deki suyun 1 gr'ının sıcaklığını 1 °C artırmak için gerekli olan ısı enerjisinin miktarıdır. Isıl enerji literatürde genellikle kilokalori (kcal) olarak kullanılmaktadır.
- 1 cal = 4.186 J
- Isıl enerjinin İngiliz Birim Sistemindeki (British thermal unit) karşılığı Btu'dur.
- 1 Btu = 1.055 x 10³ J = 0.252 x 10³ cal
- Güç, birim zamanda yapılan işin bir ölçüsüdür. Alternatif bir tanımla güç, enerjinin zamanla değişim oranıdır.
- $P = \frac{dW}{dt} = \frac{dw}{dt}$ $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$ (W:İş, w:Enerji)
- Gücün, özellikle elektrik motorlarında, başka bir ifade şekli daha vardır. Bu da beygirgücü (horsepower)'dır.
- 1 hp = 745.7 W
- 1 lbm = 0.45359 kg (İngiliz ve SI birim sisteminde kütle)
- 1 ft = 0.3048 m (İngiliz ve SI birim sisteminde uzunluk)
- 1 m = 39.37 inch (İngiliz ve SI birim sisteminde kütle)
- 1 lbf = 32.174 lbm (İngiliz ve SI birim sisteminde kuvvet)



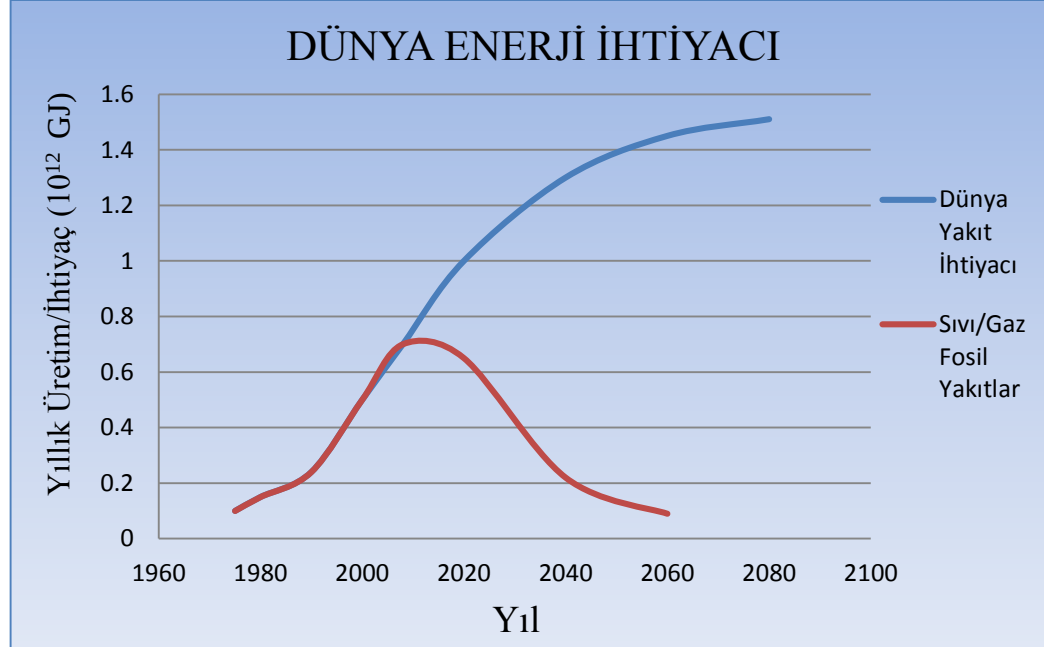
TON EŞDEĞER PETROL (TEP)

- Bir ton petrolün yakılmasıyla elde edilen enerjinin birimidir. Kısaca “TEP” ile gösterilir.
- Endüstri’de üretim veya ısıtmada bir veya birden çok çeşitli yakıt kullanılabilir. Her yakıtın kendine has ısı değeri, ısı değeri birimi vardır. Ortak noktada buluşabilmeleri amacıyla yakıtların ısı değerleri, bir çevrim katsayısı ile belirlenerek ortak bir enerji birimi elde edilmiş olur. Buna da **TEP** denir.
- $1 \text{ kWh} = 0.00086 \text{ TEP}$



BÖLÜM 2 – ENERJİ KAYNAKLARI

- Teknolojinin gelişimi ve dünya nüfusunun artması ile enerji gereksinimi gittikçe artmakta, fosil enerji kaynakların rezervleri azalmakta ve kısa bir zaman içerisinde insanlığın ihtiyaçlarını karşılayamaz hale geleceği öngörülmektedir.

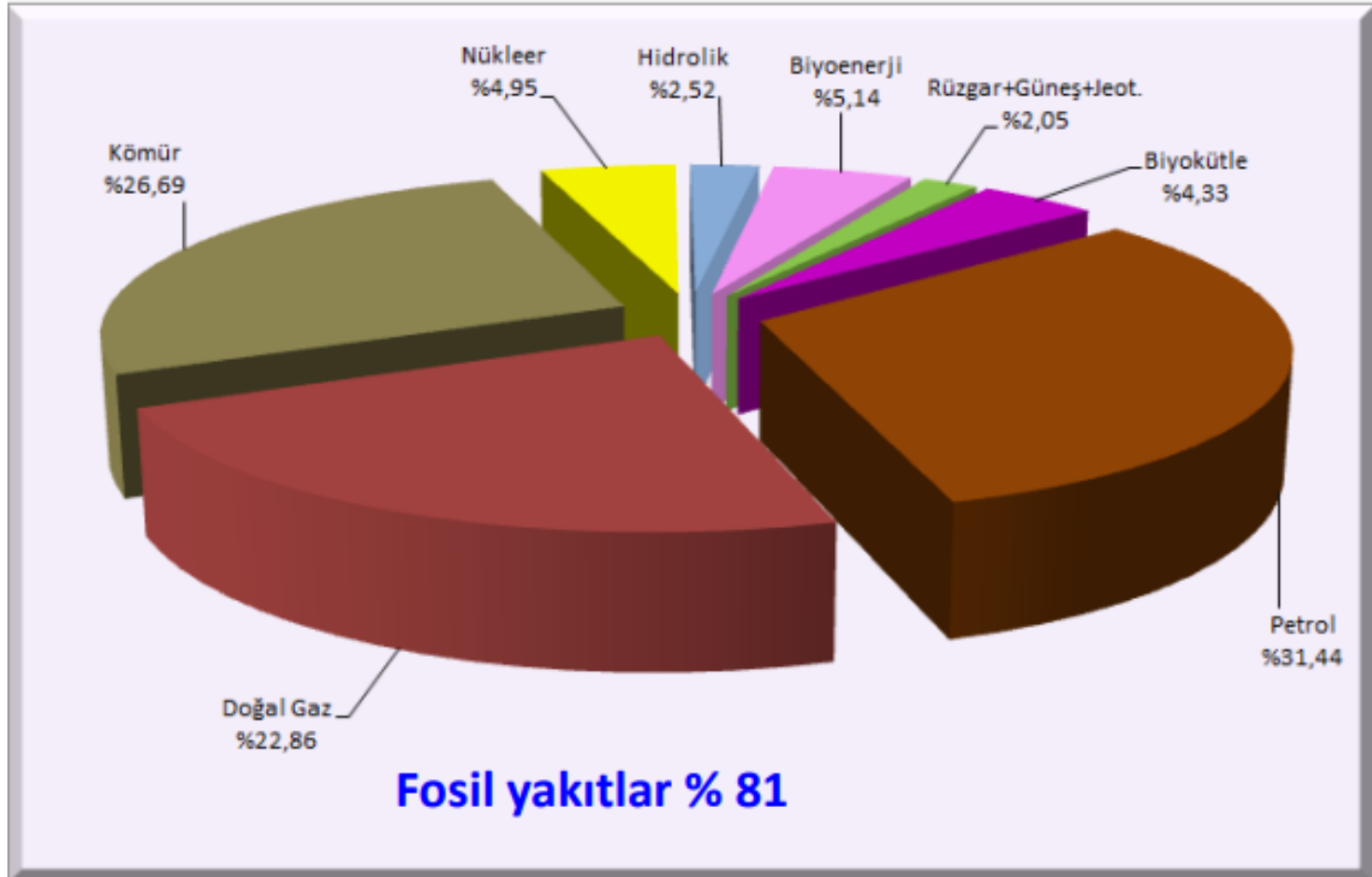


BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

- Taş kömürü, ham petrol, doğalgaz, jeotermal, güneş, linyit ve uranyum gibi direkt olarak enerjiye dönüşebilme özelliği olan ve ticari özellik taşıyan enerji kaynaklarıdır.

BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

Dünya Birincil Enerji Tüketimi (Kaynaklar Bazında) (2018)



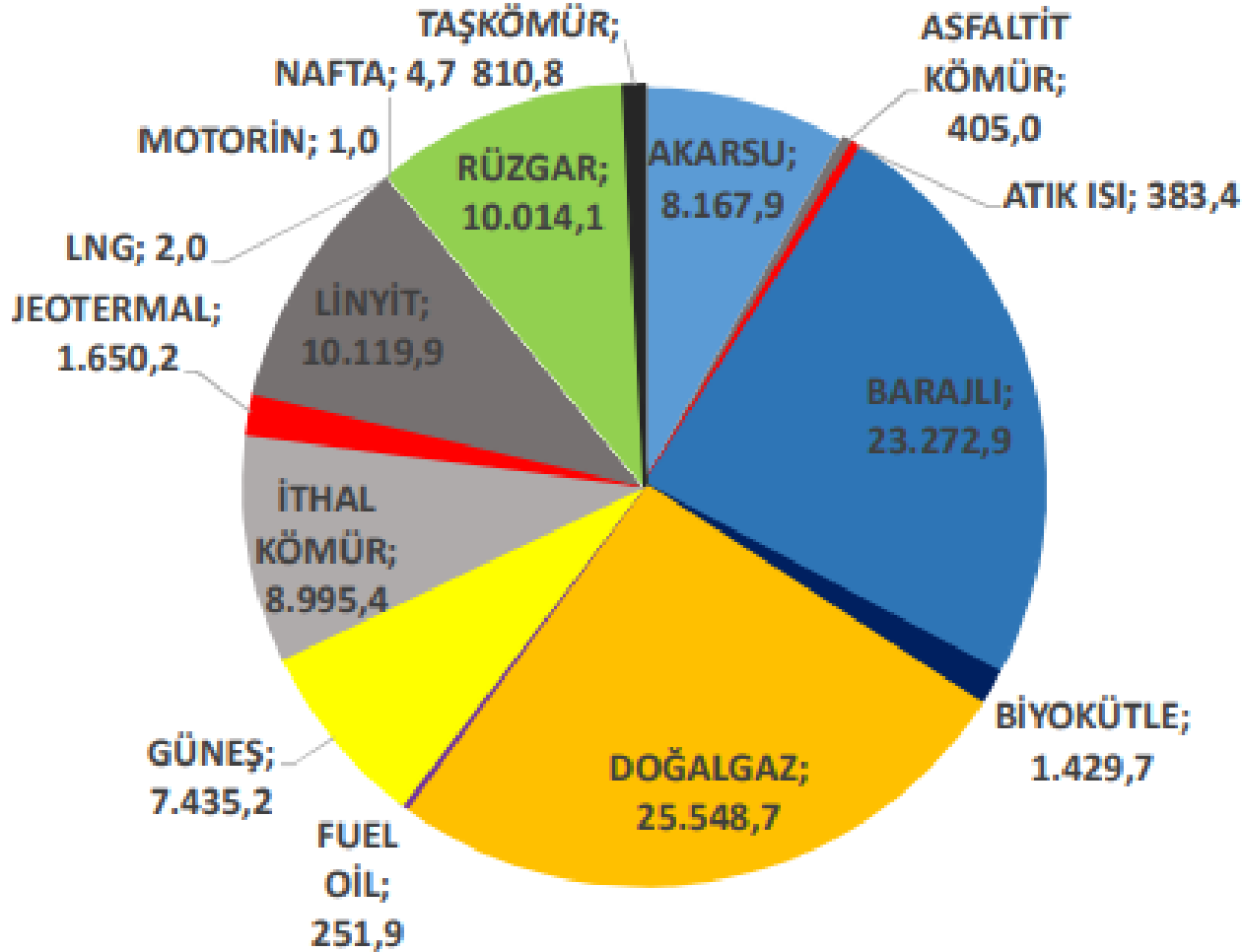
BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

BİRİNCİL KAYNAKLARA GÖRE SANTRAL ADETLERİ VE KURULU GÜÇ

BİRİNCİL KAYNAK	SANTRAL ADEDİ	KURULU GÜÇ (MW)
AKARSU	598	8.167,9
ASFALTİT KÖMÜR	1	405,0
ATIK ISI	89	383,4
BARAJLI	138	23.272,9
BİYOKÜTLE	369	1.429,7
DOĞALGAZ	348	25.548,7
FUEL ÖİL	9	251,9
GÜNEŞ	8.064	7.435,2
İTHAL KÖMÜR	16	8.995,4
JEOTERMAL	63	1.650,2
LİNYİT	47	10.119,9
LNG	1	2,0
MOTORİN	1	1,0
NAFTA	1	4,7
RÜZGAR	352	10.014,1
TAŞKÖMÜR	4	810,8
TOPLAM	10.101	98.492,7

TÜRKİYE KURULU GÜÇ RAPORU
(TEİAŞ/AĞUSTOS 2021)

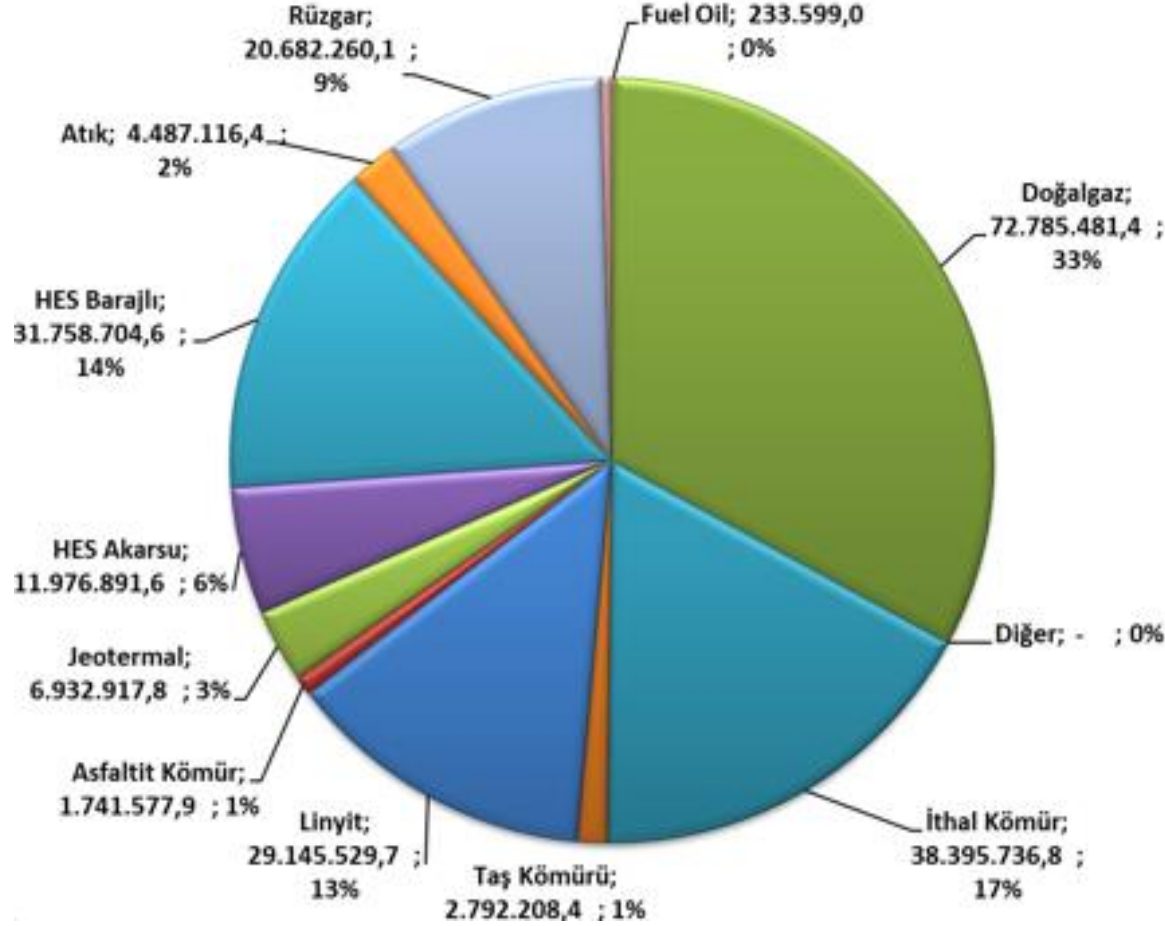
BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI



Türkiye Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı (TEİAŞ, 2021)

BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

2021 Yılı Kaynak Bazında Kümülatif Elektrik Üretimi



Türkiye Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı
(ETKB, Enerji İstatistik Bülteni, 2021;37.Hafta)

İKİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

- İkincil enerji kaynakları elektrik, hidrojen vb. gibi direkt olarak enerjiye dönüşebilme özelliği olmayan, enerjinin depolandığı veya taşınabildiği enerji kaynaklarıdır.



BÖLÜM 3 – FOSİL YAKITLAR

- Fosil yakıtlar; kimyasal reaksiyonlar yoluyla ısı enerjisi üreten ve tüketiminden sonra geri döndürülemeyen yakıtlardır.

- Kömür
- Petrol
- Doğalgaz



DÜNYA'DA İSPATLANMIŞ FOSİL YAKIT REZERVLERİ

- Petrol için

At end 2014			
Thousand million tonnes	Thousand million barrels	Share of total	R/P ratio
239.8	1700.1	100.0%	52.5

- Kömür için

Anthracite and bituminous	Sub-bituminous and lignite	Million tonnes Total	Share of total	R/P ratio
403199	488332	891531	100.0%	110

- Doğalgaz için

At end 2014			
Trillion cubic feet	Trillion cubic metres	Share of total	R/P ratio
6606.4	187.1	100.0%	54.1

R/P oranı: Bir yıllık ispatlanmış rezervlerin, aynı yıldaki çıkarılma ve kullanıma açılmasına olan oranı

(Kaynak: BP Statistical Review of World Energy June 2015)

KÖMÜR

- 18. yüzyılda Sanayi devrimi ile birlikte kömür enerjinin tahtına oturmuştur.
- Kömür, diğer birincil enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında tartışmasız çok fazla olan rezerv ömrü ve yeryüzündeki geniş dağılımı nedeniyle özellikle 2030 yılından sonra çok daha büyük önem kazanacaktır.

KÖMÜR

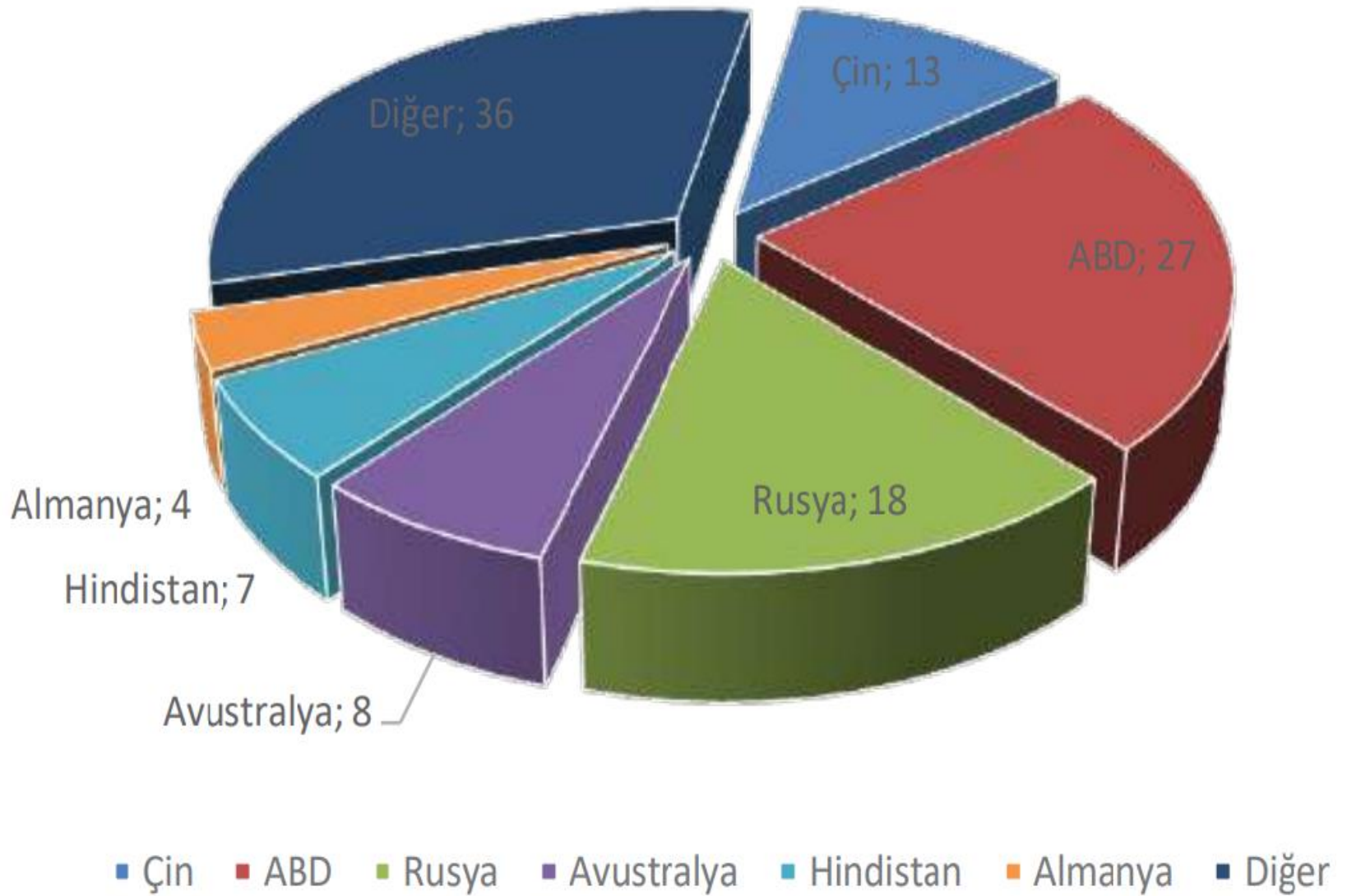
- Bünyesinde çoğunlukla Karbon (C), az miktarda Hidrojen (H), Oksijen (O), Kükürt (S) ve Azot (N) elementlerinin bulundurlar.
- Kömürler yakıt hammaddesi oldukları gibi (termik santrallerde), kok yapımı, kimyasal madde üretimi gibi değişik alanlarda da kullanılırlar.

KÖMÜRLERİN OLUŞUMU

- Kömürler, eski jeolojik devirlerdeki (100-300 milyon yıl önceki) bitkilerin ve kısmen de hayvan artıklarının yüksek basınç altında, sıcaklığın etkisiyle bozunmaları sonucu oluşmuşlardır.
- Bu bozunmada, mikroorganizmaların da önemli rolü olduğu ileri sürülmektedir (Telli, 1984).

DÜNYA'DA KÖMÜR REZERVLERİ

- Dünya Enerji Konseyi tarafından 80 ülkede bulunduğu raporlanan dünya kömür rezervlerinin en büyük kısmı (237,3 milyar ton) ABD'de yer almaktadır. ABD'yi 157 milyar ton ile Rusya Federasyonu ve 114,5 milyar ton ile Çin izlemektedir.
- Diğer kömür zengini ülkeler arasında; Avustralya (76,4 milyar ton), Hindistan (60,6 milyar ton), Almanya (40,5 milyar ton), Ukrayna (33,9 milyar ton), Kazakistan (33,6 milyar ton) ve Güney Afrika Cumhuriyeti (30,2 milyar ton) bulunmaktadır. (WEC, 2018)



Dünya Kömür Rezervinin Ülkelere Göre Dağılımı
(WEC, 2018)

DÜNYA'DA KÖMÜR REZERVLERİ

Total proved reserves at end 2020

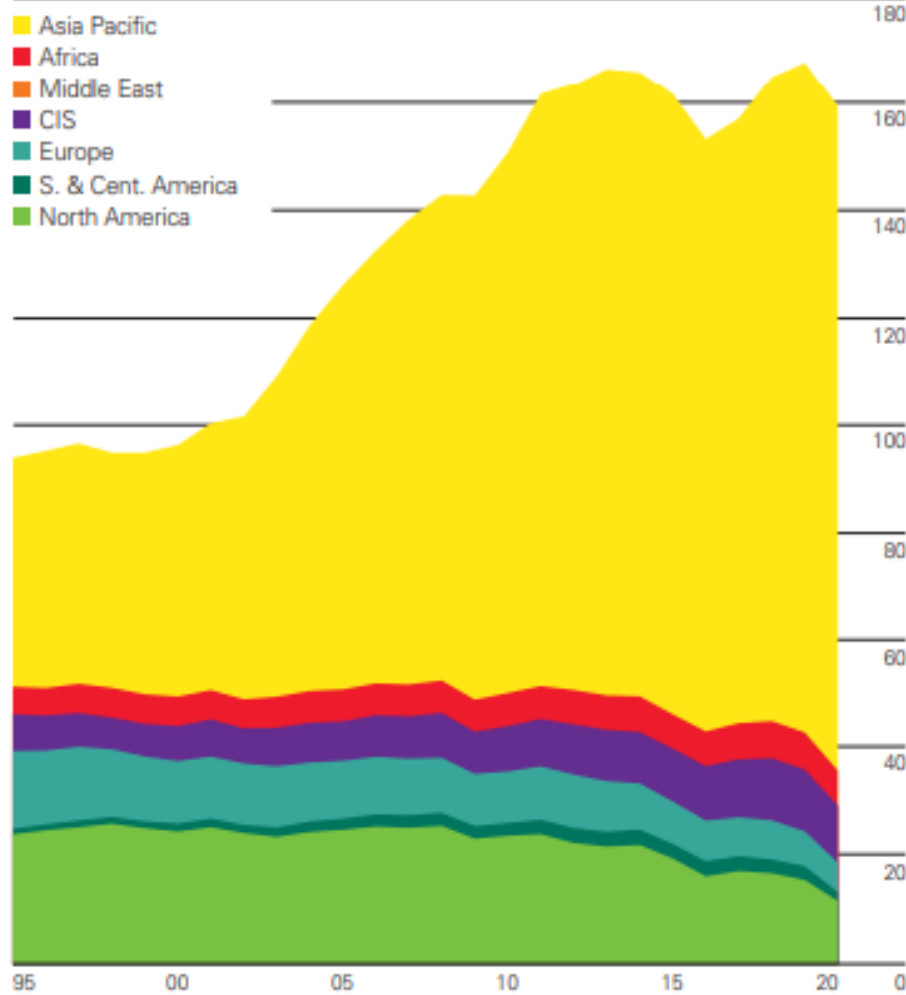
Million tonnes	Anthracite and bituminous	Sub-bituminous and lignite	Total	Share of Total	R/P ratio
Canada	4346	2236	6582	0.6%	166
Mexico	1160	51	1211	0.1%	185
US	218938	30003	248941	23.2%	*
Total North America	224444	32290	256734	23.9%	484
Brazil	1547	5049	6596	0.6%	*
Colombia	4554	–	4554	0.4%	90
Venezuela	731	–	731	0.1%	*
Other S. & Cent. America	1784	24	1808	0.2%	*
Total S. & Cent. America	8616	5073	13689	1.3%	240
Bulgaria	192	2174	2366	0.2%	192
Czech Republic	1081	2514	3595	0.3%	113
Germany	–	35900	35900	3.3%	334
Greece	–	2876	2876	0.3%	205
Hungary	276	2633	2909	0.3%	475
Poland	22530	5865	28395	2.6%	282
Romania	11	280	291	*	19
Serbia	402	7112	7514	0.7%	189
Spain	988	319	1187	0.1%	282
Turkey	550	10875	11525	1.1%	168
Ukraine	32039	2336	34375	3.2%	*
United Kingdom	26	–	26	*	16
Other Europe	1109	5172	6281	0.6%	189
Total Europe	59084	78156	137240	12.8%	299
Kazakhstan	25605	–	25605	2.4%	226
Russian Federation	71719	90447	162166	15.1%	407
Uzbekistan	1375	–	1375	0.1%	333
Other CIS	1509	–	1509	0.1%	336
Total CIS	100208	90447	190655	17.8%	367
South Africa	9893	–	9893	0.9%	40
Zimbabwe	502	–	502	*	153
Other Africa	4376	66	4442	0.4%	280
Middle East	1203	–	1203	0.1%	*
Total Middle East & Africa	15974	66	16040	1.5%	60
Australia	73719	76508	150227	14.0%	315
China	135089	8128	143197	13.3%	37
India	105979	5073	111052	10.3%	147
Indonesia	23141	11728	34869	3.2%	62
Japan	340	10	350	*	453
Mongolia	1170	1350	2520	0.2%	58
New Zealand	825	6750	7575	0.7%	*
Pakistan	207	2857	3064	0.3%	396
South Korea	326	–	326	*	320
Thailand	–	1063	1063	0.1%	80
Vietnam	3116	244	3360	0.3%	69
Other Asia Pacific	1421	726	2147	0.2%	33
Total Asia Pacific	345313	114437	459750	42.8%	78
Total World	753639	320469	1074108	100.0%	139
of which: OECD	231303	177130	508433	47.3%	363
Non-OECD	422336	143339	565675	52.7%	90
European Union	25539	53051	78590	7.3%	266

(BP Statistical Review of World Energy 2021)

DÜNYA'DA KÖMÜR TÜKETİMİ (10^{18} Joule)

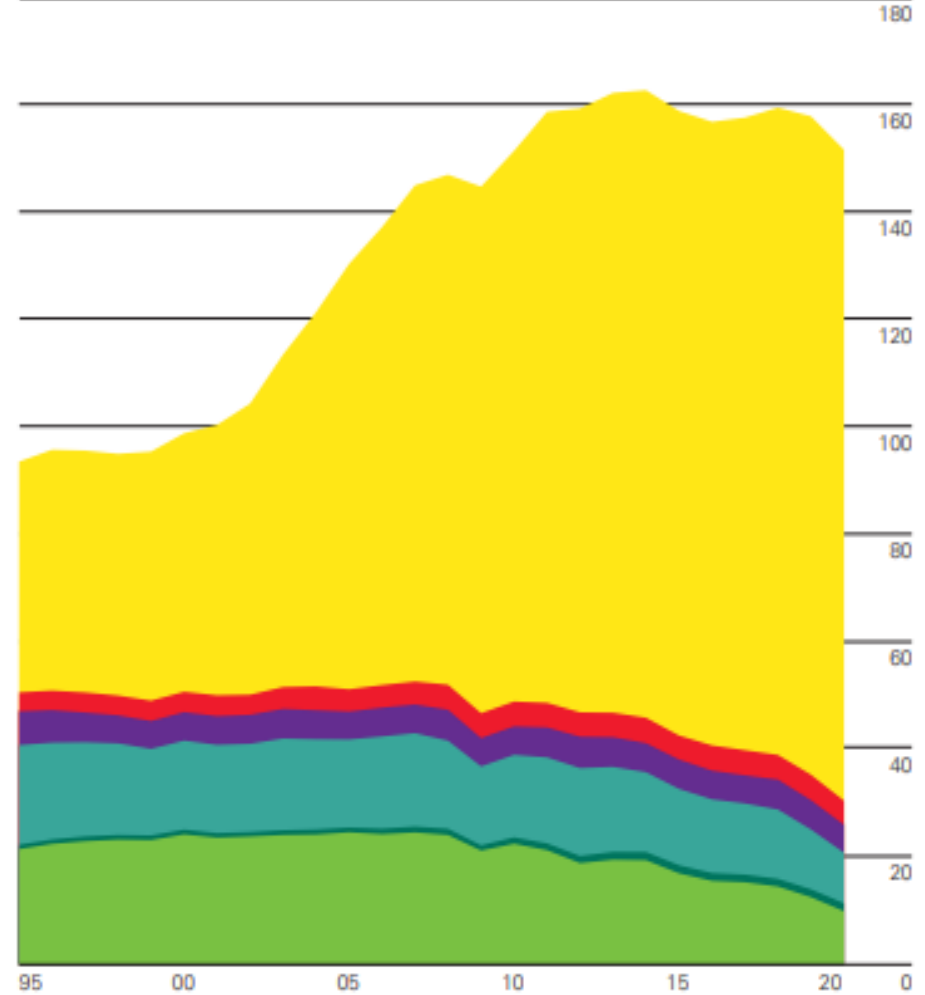
Coal: Production by region

Exajoules



Coal: Consumption by region

Exajoules



(BP Statistical Review of World Energy 2021)

ÜLKEMİZDE KÖMÜRÜN DURUMU

- Ülkemiz rezerv ve üretim miktarları açısından linyitte dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömüründe ise alt düzeyde değerlendirilebilir.
- Ülkemiz toplam dünya kömür rezervinin yaklaşık % 2.1' ini içermektedir ve linyit açısından önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte linyitlerimizin %79 unun, 2500 kcal/kg ısı değeri altında olması daha çok termik santrallerde kullanımını ön plana çıkartmıştır.

ÜLKEMİZDE KÖMÜRÜN DURUMU

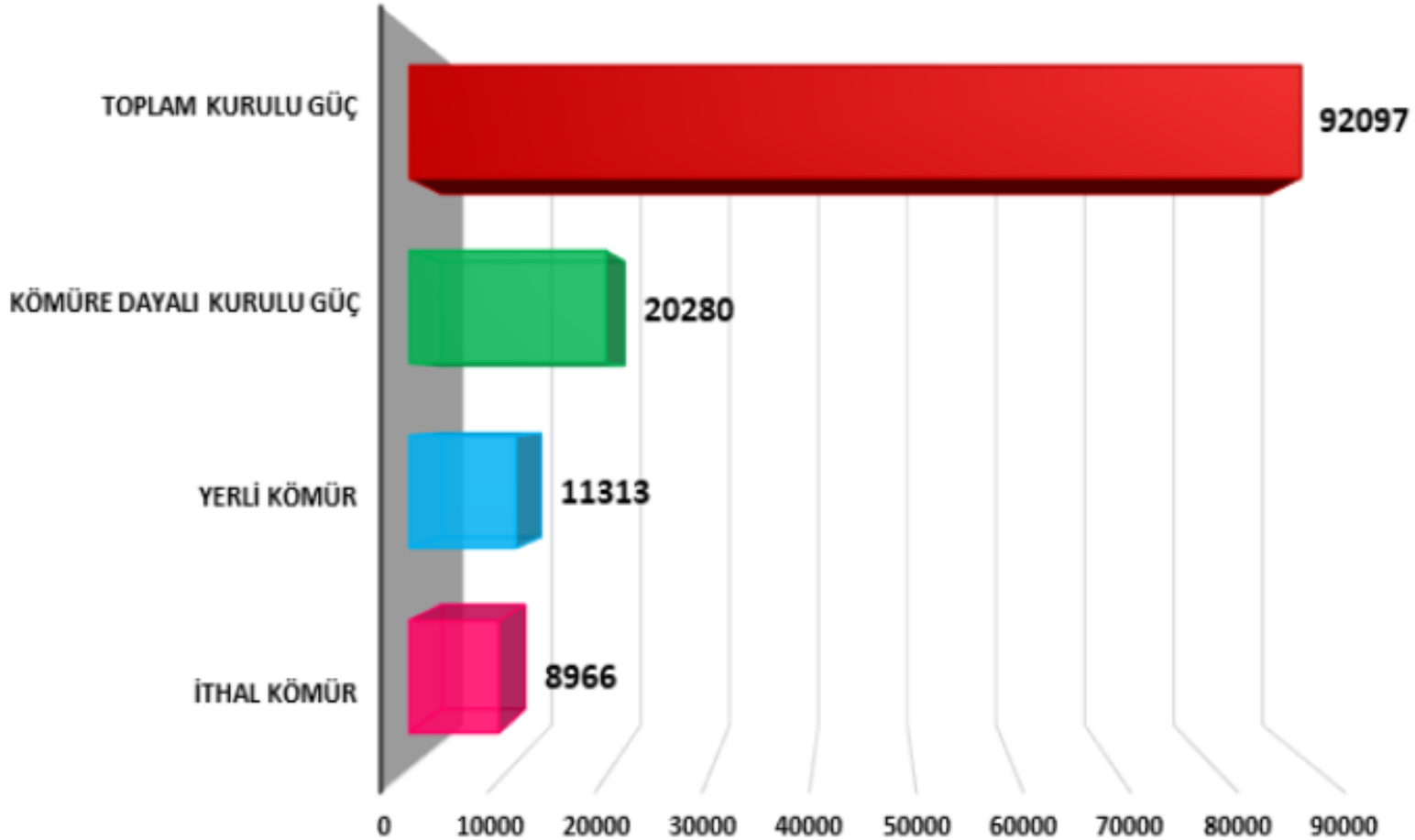
- Linyit, asfaltit ve taşkömürü ile birlikte ülkemizin toplam kömür kaynağı 20,66 milyar ton 'dur.
- Ülkemiz linyit rezervinin yaklaşık %46'sı Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır. Ülkemizin en önemli taşkömürü rezervleri ise Zonguldak ve civarındadır.

ÜLKEMİZDE KÖMÜRÜN DURUMU

- Linyit sahaları ülkemizde bütün bölgelere yayılmış olup bu sahalardaki linyit kömürünün ısı değerleri 1000-5000 kcal/kg arasında değişmektedir. Ülkemizdeki toplam linyit rezervinin yaklaşık %68'i düşük kalorili olup %23,5'i 2000-3000 kcal/kg arasında, %5,1'i 3000-4000 kcal/kg arasında, %3,4'ü 4000 kcal/kg üzerinde ısı değerindedir.
- 2018 yılında kömüre dayalı santrallerden üretilen elektriğin, toplam elektrik üretimi içindeki payı %37,16 olurken yerli kömürün (linyit+ taşkömürü asfaltit) payı ise %16,49 olmuştur.

ÜLKEMİZDE KÖMÜRÜN KULLANIMI

2020 Haziran Sonu İtibarıyla Kömüre Dayalı Kurulu Güç ve Toplam Kurulu Güç (MW)



(Kaynak: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı)

PETROL

- 19. yüzyılın sonlarına doğru dünyada yeni bir enerji kaynağı olarak petrol keşfedilmiş ve kömüre olan ilgi kaybolmaya başlamıştır.
- 20. yüzyılın başlarında ticari üretime geçişle önemli bir enerji kaynağı haline gelen ve tüm dünyada birincil enerji kaynakları arasında ilk sırada yer alan ham petrolün stratejik konumunu uzun yıllar sürdürmesi beklenmektedir.

PETROLÜN OLUŞUMU

- Yüz milyonlarca yıl önce, denizlerde yaşayan ya da suların denizlere sürüklediği hayvan ve bitki kalıntıları anaerobik bir ortamda, gerekli şartlar altında (sıcaklık, basınç ve mikroorganizmaların etkisiyle), ham petrole benzer kerojeni meydana getirmiştir.
- Kerojen sonradan, yukarı tabakalara doğru göç etmesi esnasında gittikçe değişmiş ve ham petrolü meydana getirmiştir.

PETROLÜN OLUŞUMU

- Petrol, denizlerdeki bitki ve hayvanların çürüdükten sonraki kalıntılarından oluşur. Bu kalıntılar deniz yatağında milyonlarca yıl boyunca çürüdükten sonra, geriye yalnızca yağlı maddeler kalır. Çamur ve büyük kaya katmanları altında kalan yağlı maddeler de petrol ve gaza dönüşür.

PETROLÜN İÇERİĞİ

- Petrol, çeşitli hidrokarbonların karışımıdır. Bütün petrolerin esas bileşenleri parafinler, naftenler ve aromatik hidrokarbonlardır. Ortalama bir petrolü, % 30 parafinler, % 40 naftenler, % 25 aromatik hidrokarbonlar oluşturur. Geriye kalan % 5' lik kısmı ise oksijen, azot ve kükürt bileşikleridir (Telli, 1984).
- En çok bilinin petrol ürünü benzindir. Benzin parafinlerin (doymuş hidrokarbonlar), naftenlerin (doymamış hidrokarbonlar), ve C_6H_6 , C_7H_8 , C_8H_{10} , C_9H_{12} , $C_{10}H_{14}$, $C_{11}H_{16}$, $C_{12}H_{18}$ formülleriyle belirli aromatik hidrokarbonların karışımıdır (Telli, 1984).

DÜNYA'DA PETROL REZERVLERİ

- Küresel kanıtlanmış petrol rezervleri, 2020'nin sonunda 2019'a göre 2 milyar varil düşüşle 1732 milyar varil olarak belirlenmiştir.
- OPEC üyesi ülkeler, küresel rezervlerin %70.2'sine sahiptir. Rezervler açısından en zengin ülkeler şu şekildedir; Venezuela (küresel rezervlerin %17,5'i), Suudi Arabistan (%17,2) ve Kanada (%9,7).
- Küresel R/P oranı, 2020'deki petrol rezervlerinin ömrünün mevcut üretimle birlikte yaklaşık 60 yıl olduğunu göstermektedir.

DÜNYA'DA PETROL REZERVLERİ

Total proved reserves

	At end 2000	At end 2010	At end 2019	At end 2020			
	Thousand million barrels	Thousand million barrels	Thousand million barrels	Thousand million barrels	Thousand million tonnes	Share of total	R/P ratio
Canada	181.5	174.8	169.1	168.1	27.1	9.7%	89.4
Mexico	24.6	10.4	6.1	6.1	0.9	0.4%	8.7
US	30.4	35.0	68.8	68.8	8.2	4.0%	11.4
Total North America	236.5	220.3	243.9	242.9	36.1	14.0%	28.2
Argentina	3.0	2.5	2.5	2.5	0.3	0.1%	11.3
Brazil	8.5	14.2	12.7	11.9	1.7	0.7%	10.8
Colombia	2.0	1.9	2.0	2.0	0.3	0.1%	7.1
Ecuador	2.7	2.1	1.3	1.3	0.2	0.1%	7.4
Peru	0.9	1.2	0.8	0.7	0.1	*	15.5
Trinidad & Tobago	0.9	0.8	0.2	0.2	†	*	8.7
Venezuela	76.8	296.5	303.8	303.8	48.0	17.5%	*
Other S. & Cent. America	1.3	0.8	0.7	0.8	0.1	*	10.9
Total S. & Cent. America	96.0	320.1	324.0	323.4	50.8	18.7%	151.3
Denmark	1.1	0.9	0.4	0.4	0.1	*	16.2
Italy	0.6	0.6	0.6	0.6	0.1	*	14.7
Norway	11.4	6.8	8.5	7.9	1.0	0.5%	10.8
Romania	1.2	0.6	0.6	0.6	0.1	*	22.7
United Kingdom	4.7	2.8	2.5	2.5	0.3	0.1%	6.6
Other Europe	2.1	1.9	1.6	1.6	0.2	0.1%	14.9
Total Europe	21.0	13.6	14.2	13.6	1.8	0.8%	10.4
Azerbaijan	1.2	7.0	7.0	7.0	1.0	0.4%	26.7
Kazakhstan	5.4	30.0	30.0	30.0	3.9	1.7%	45.3
Russian Federation	112.1	105.8	107.8	107.8	14.8	6.2%	27.6
Turkmenistan	0.5	0.6	0.6	0.6	0.1	*	7.6
Uzbekistan	0.6	0.6	0.6	0.6	0.1	*	34.7
Other CIS	0.3	0.3	0.3	0.3	†	*	17.3
Total CIS	120.1	144.2	146.2	146.2	19.9	8.4%	29.6
Iran	99.5	151.2	157.8	157.8	21.7	9.1%	139.8
Iraq	112.5	115.0	145.0	145.0	19.6	8.4%	96.3
Kuwait	96.5	101.5	101.5	101.5	14.0	5.9%	103.2
Oman	5.8	5.5	5.4	5.4	0.7	0.3%	15.4
Qatar	16.9	24.7	25.2	25.2	2.6	1.5%	38.1
Saudi Arabia	262.8	264.5	297.6	297.5	40.9	17.2%	73.6
Syria	2.3	2.5	2.5	2.5	0.3	0.1%	158.8
United Arab Emirates	97.8	97.8	97.8	97.8	13.0	5.6%	73.1
Yemen	2.4	3.0	3.0	3.0	0.4	0.2%	86.7
Other Middle East	0.2	0.3	0.2	0.2	†	*	2.6

(BP Statistical Review of World Energy 2021)

DÜNYA'DA PETROL REZERVLERİ

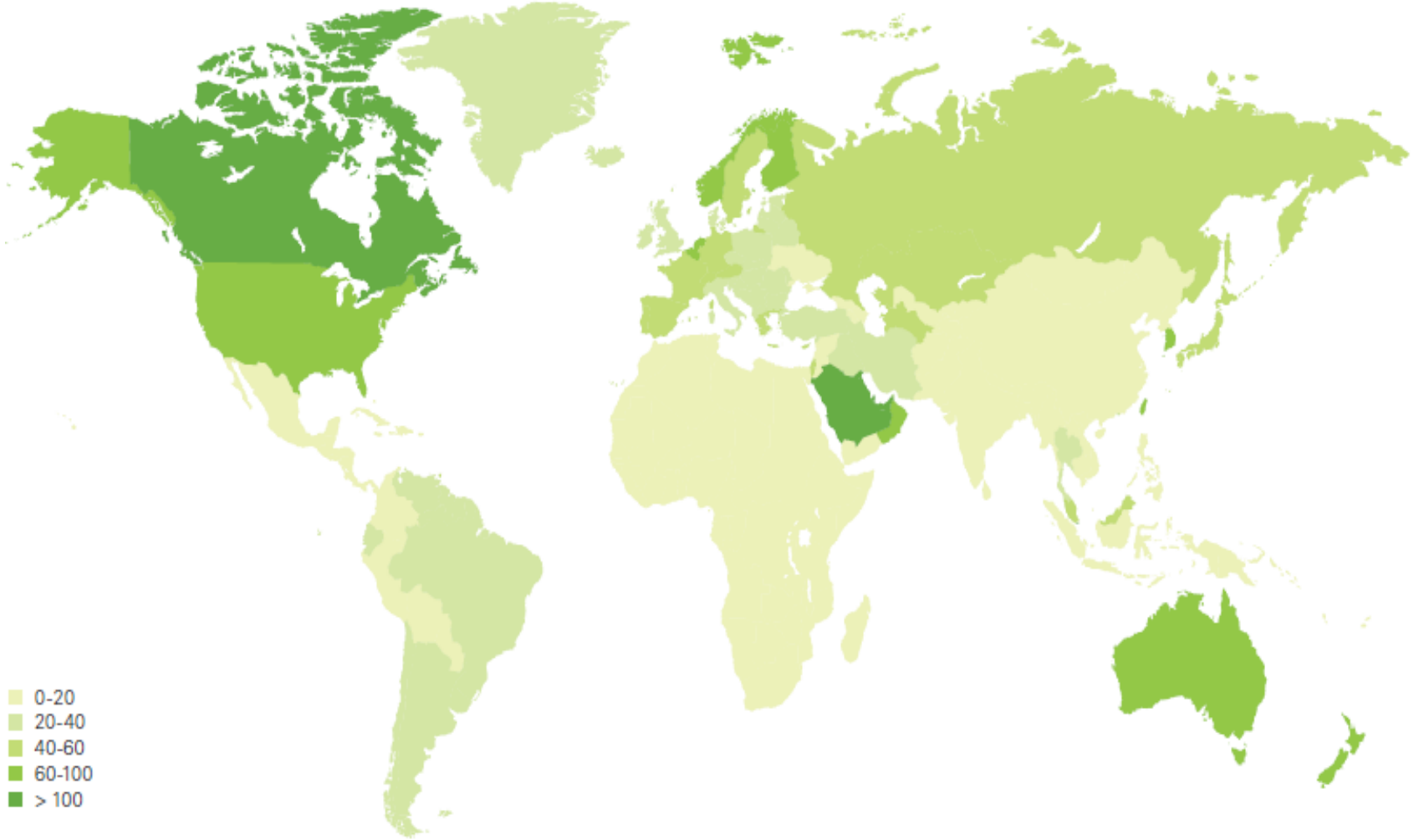
Total proved reserves

	At end 2000 Thousand million barrels	At end 2010 Thousand million barrels	At end 2019 Thousand million barrels	At end 2020			
				Thousand million barrels	Thousand million tonnes	Share of total	R/P ratio
Total Middle East	696.7	765.9	836.0	835.9	113.2	48.3%	82.6
Algeria	11.3	12.2	12.2	12.2	1.5	0.7%	25.0
Angola	6.0	9.1	7.8	7.8	1.1	0.4%	16.1
Chad	0.9	1.5	1.5	1.5	0.2	0.1%	32.5
Republic of Congo	1.5	2.0	2.9	2.9	0.4	0.2%	25.7
Egypt	3.6	4.5	3.1	3.1	0.4	0.2%	14.0
Equatorial Guinea	0.8	1.7	1.1	1.1	0.1	0.1%	18.7
Gabon	2.4	2.0	2.0	2.0	0.3	0.1%	26.4
Libya	36.0	47.1	48.4	48.4	6.3	2.8%	339.2
Nigeria	29.0	37.2	36.9	36.9	5.0	2.1%	56.1
South Sudan	n/a	n/a	3.5	3.5	0.5	0.2%	56.4
Sudan	0.3	5.0	1.5	1.5	0.2	0.1%	47.9
Tunisia	0.4	0.4	0.4	0.4	0.1	*	32.7
Other Africa	0.7	2.3	3.7	3.8	0.5	0.2%	33.2
Total Africa	92.9	124.9	125.0	125.1	16.6	7.2%	49.8
Australia	4.9	3.8	2.4	2.4	0.3	0.1%	13.9
Brunei	1.2	1.1	1.1	1.1	0.1	0.1%	27.3
China	15.2	23.3	26.0	26.0	3.5	1.5%	18.2
India	5.3	5.8	4.7	4.5	0.6	0.3%	16.1
Indonesia	5.1	4.2	2.5	2.4	0.3	0.1%	9.0
Malaysia	2.1	3.6	2.7	2.7	0.4	0.2%	12.5
Thailand	0.5	0.4	0.3	0.3	†	*	1.7
Vietnam	2.0	4.4	4.4	4.4	0.6	0.3%	58.1
Other Asia Pacific	1.3	1.1	1.4	1.3	0.2	0.1%	17.4
Total Asia Pacific	37.7	47.8	45.3	45.2	6.1	2.6%	16.6
Total World	1300.9	1636.9	1734.8	1732.4	244.4	100.0%	53.5
of which: OECD	262.7	238.5	261.5	260.0	38.3	15.0%	25.2
Non-OECD	1038.2	1398.3	1473.3	1472.4	206.1	85.0%	66.9
OPEC	833.0	1137.7	1214.7	1214.7	171.8	70.1%	108.3
Non-OPEC	468.0	499.1	520.1	517.7	72.6	29.9%	24.5
European Union	3.9	3.2	2.4	2.4	0.3	0.1%	16.8
Canadian oil sands: Total	174.9	169.2	162.4	161.4	26.2	9.3%	
of which: Under active development	11.7	25.9	19.9	18.9	3.1	1.1%	
Venezuela: Orinoco Belt	–	220.0	261.8	261.8	42.0	15.1%	

(BP Statistical Review of World Energy 2021)

DÜNYA'DA PETROL TÜKETİMİ

Oil: Consumption per capita 2020
GJ per capita



(BP Statistical Review of World Energy 2021)

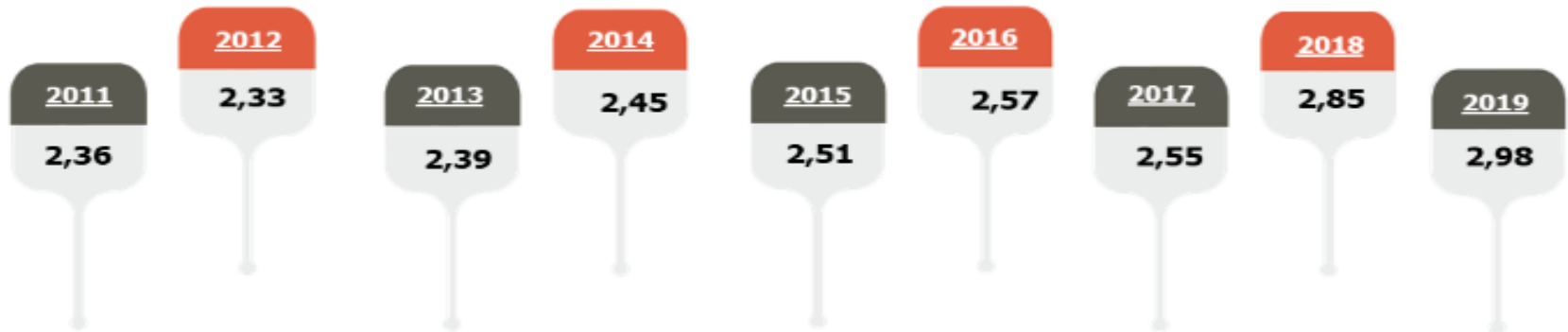
ÜLKEMİZDE PETROLÜN DURUMU

- Dünya üretilebilir petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %72'lik bölümü, ülkemizin yakın coğrafyasında yer almaktadır.
- Türkiye, jeopolitik konumu itibariyle Dünya'da ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin dörtte üçüne sahip bölge ülkeleriyle komşu olup, enerji zengini Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa'daki tüketici pazarları arasında doğal bir "Enerji Koridoru" olmak üzere pek çok önemli projede yer almakta ve söz konusu projelere destek vermektedir.
- 2030 yılına kadar %40 oranında artması beklenen dünya birincil enerji talebinin önemli bir bölümünün içinde bulunduğumuz bölgenin kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir.

ÜLKEMİZDE PETROLÜN DURUMU

- Türkiye'nin sahip olduğu en eski boru hattı Kuzey Irak'ta yer alan Kerkük petrollerini batıya ulaştıran, Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı'dır.
- 2019 yılında ülkemizde 340.863 metre sondaj yapılarak 153 kuyu açılmıştır. Ham petrol üretimi 2.984.800 ton olarak gerçekleşmiş olup kalan üretilebilir petrol rezervi 51.076.078 tondur.

Türkiye Petrol Üretimi (milyon ton)



DOĞALGAZ

- Doğal gaz; havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yer altında, petrolün yakınında bulunur. Yeryüzüne çıkarılışı petrolle aynıdır, daha sonra büyük boru hatları ile taşınır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı).
- Doğalgazın bileşiminin çoğunluğunu metan (CH_4) teşkil eder ve bunun yanı sıra doğalgazın bünyesinde homolog parafinler, karbondioksit (CO_2), hidrojen sülfür (H_2S) ve azot (N_2) gibi anorganik bileşikler de bulunur. Doğalgazın bileşimi, çıkarıldığı yere göre değişir. Genellikle doğalgazdaki CH_4 oranı % 56 ile % 99 arasında, C_2H_6 oranı % 0.7 ile % 20 arasında, CO_2 oranı ise % 0 ile % 10 arasında değişim göstermektedir (Telli, 1984).

DÜNYA'DA DOĞALGAZ REZERVLERİ

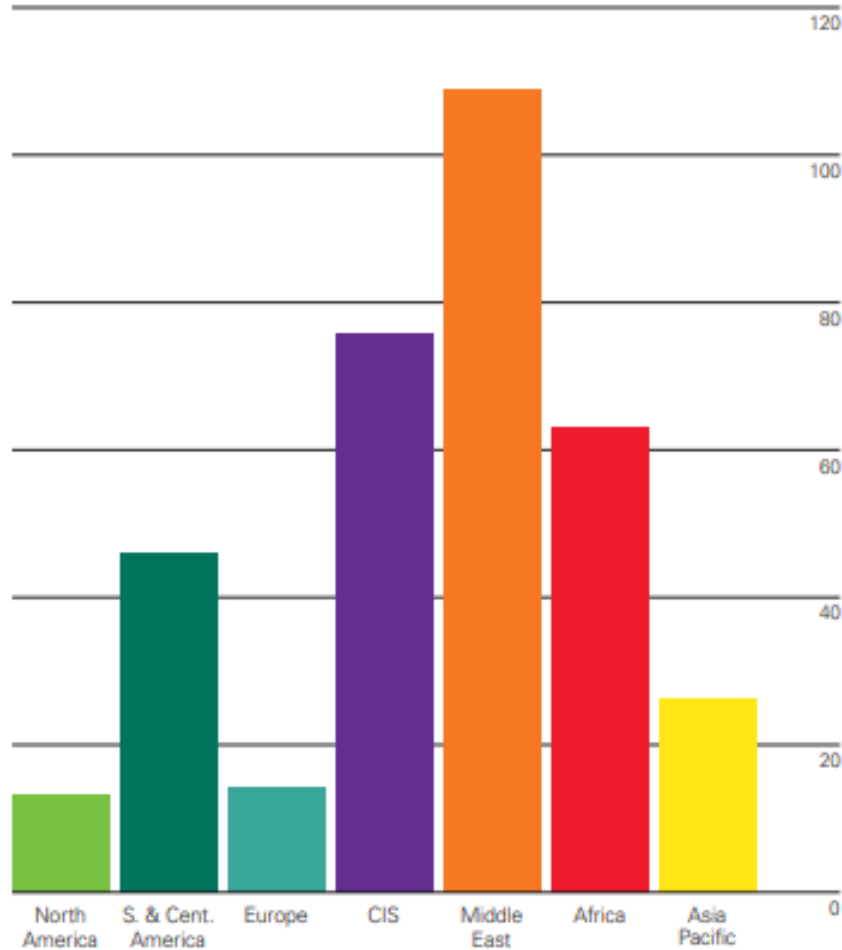
- Dünyada, Rusya, İran, Katar, Türkmenistan ve ABD zengin doğal gaz rezervlerine sahiptir. 2019 yılında en yüksek üretime sahip ABD'yi Rusya, İran, Katar, Çin ve Kanada izlemiştir. 2019 yılı sonu itibariyle dünya doğal gaz rezervi 198,8 trilyon m³ olarak gerçekleşmiş ve aynı yıl içerisinde bu rezervlerden 4 trilyon m³ doğal gaz üretimi yapılmıştır.

DÜNYA'DA DOĞALGAZ REZERVLERİ

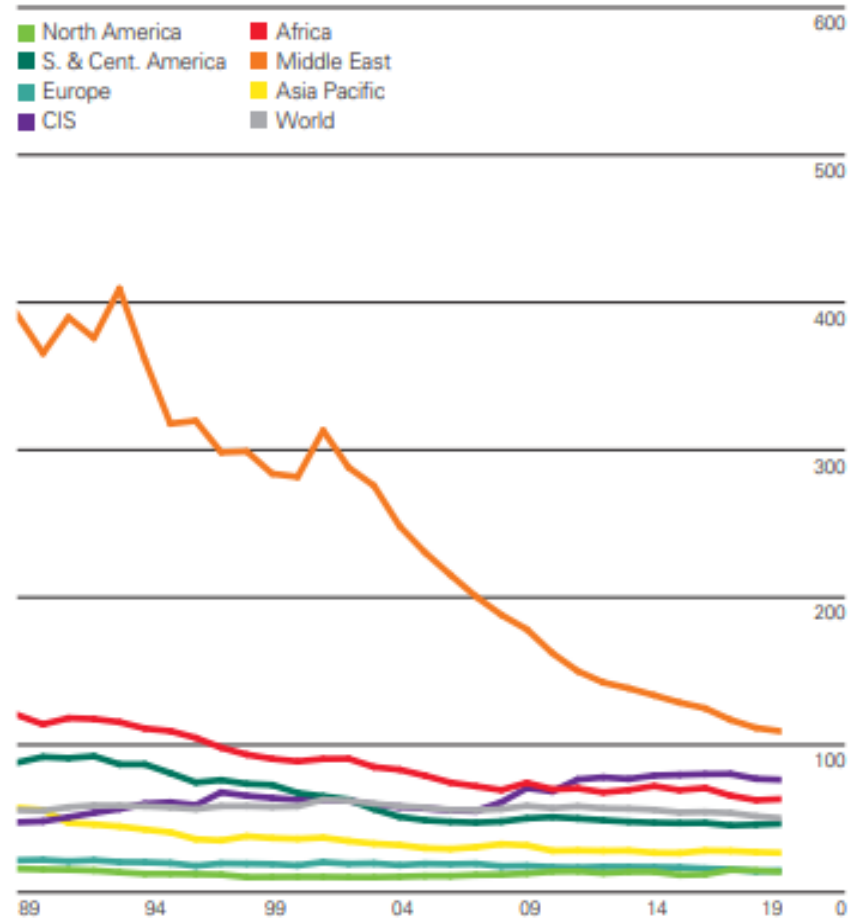
Reserves-to-production (R/P) ratios

Years

2019 by region



History

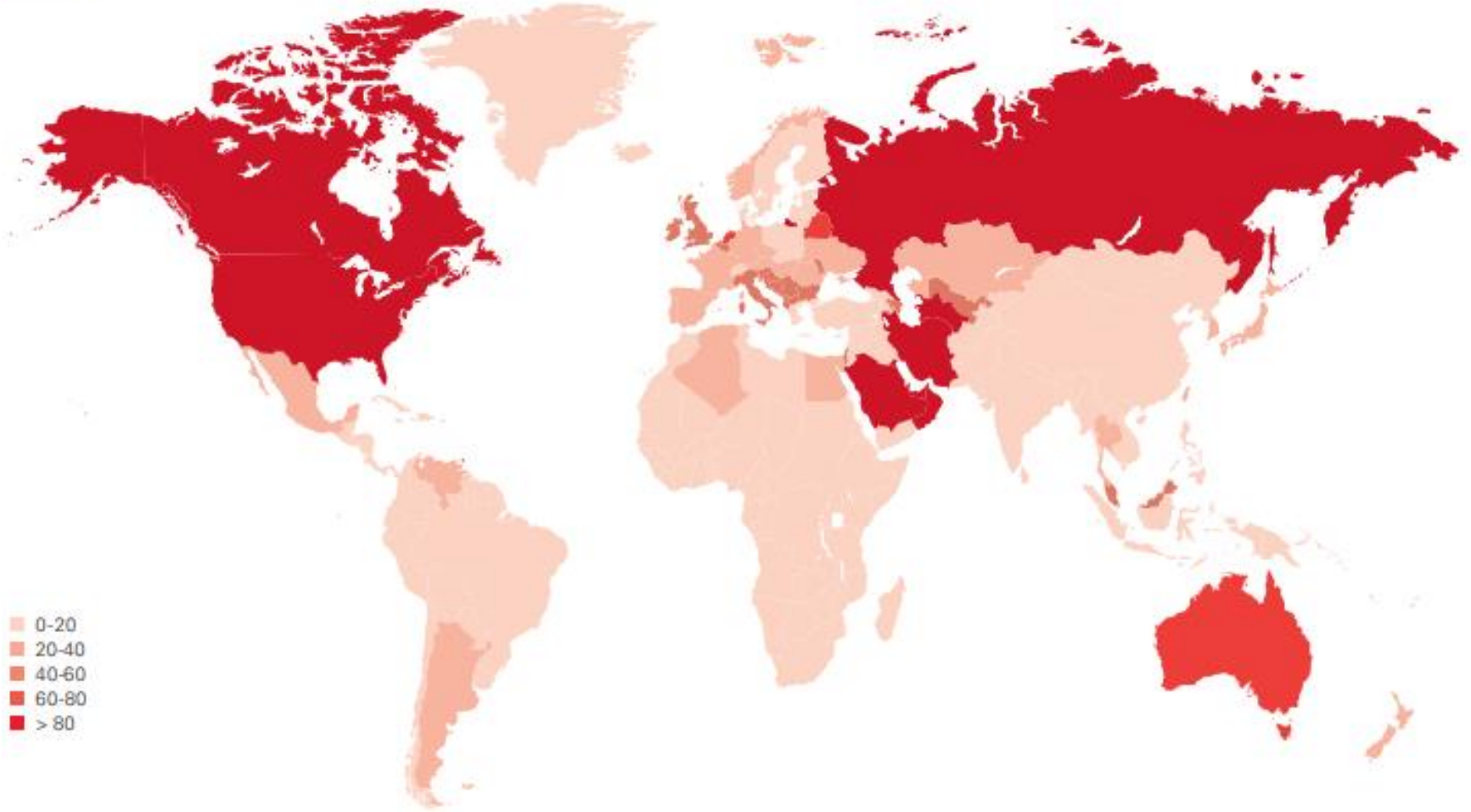


(BP Statistical Review of World Energy 2020)

DÜNYA'DA DOĞALGAZ TÜKETİMİ (TEP)

Natural gas: Consumption per capita 2019

GJ per capita



(BP Statistical Review of World Energy 2020)

ÜLKEMİZDE DOĞALGAZIN DURUMU

- Türkiye'de 2019 yılında yaklaşık 45,3 milyar m³ doğal gaz tüketilmiş ve toplam 483 milyon m³ üretim yapılmıştır. Kalan üretilebilir rezerv yaklaşık 3,36 milyar m³'tür. Ülkemizde 2018 ve 2019 yıllarında doğal gaz amaçlı gerçekleştirilen sondajlar neticesinde keşfedilen yeni sahalarla birlikte son iki yılda doğal gaz üretimi yükselişe geçmiş ve üretimde önceki yıllara göre 2018 yılında %20, 2019 yılında ise yaklaşık %11 artış sağlanmıştır.

ÜLKEMİZDE DOĞALGAZIN DURUMU

Doğal Gaz Boru Hatları ve Projeleri

- Rusya – Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Batı Hattı)
- Mavi Akım Gaz Boru Hattı
- Doğu Anadolu Doğal Gaz Ana İletim Hattı (İran – Türkiye)
- Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı
- Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Enterkonneksiyonu
- Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
- TürkAkım Gaz Boru Hattı Projesi

(Kaynak: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı)

ÜLKEMİZDE DOĞALGAZIN DURUMU

- Hazar bölgesi gaz kaynaklarının Ülkemize ve Avrupa pazarlarına taşınmasını amaçlayan Bakü-Tiflis-Erzurum (BTE) Doğal Gaz Boru Hattı (Şah Deniz Projesi) faaliyete geçmiş ve 2007 yılı Temmuz ayından itibaren doğalgaz sevk edebilmeye başlanmıştır.
- 2007 yılı Kasım ayında işletmeye alınan Türkiye-Yunanistan Doğal gaz Boru Hattı ile ülkemiz doğal gaz iletim şebekesinin komşu ülkelerin altyapısıyla enterkoneksiyonu gerçekleştirilmiş ve ülkemiz doğal gazda köprü tedarikçi konumuna gelmiştir. Diğer taraftan, Hazar doğal gazını Avrupa pazarına taşıyacak olan TANAP projesine katılım konusunda ortaklık anlaşması imzalanarak, çalışmalara başlanmıştır.

BÖLÜM 4/1 – YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

- Klasik enerji kaynaklarına alternatif olarak sunulan enerji kaynaklardır. **Güneş, Rüzgar, Hidroelektrik, Jeotermal, Dalga ve Gel-Git** vb. enerji kaynakları buna örnektir.



- Aslında temel olarak 3 çeşit yenilenebilir enerji kaynağı vardır.
- Bunlar; **Güneş, jeotermal (toprak) ve Ay (Dünya ile arasındaki etkileşim gel-gitlere neden olur)**' dır.
- Diğer yenilenebilir enerji türleri bu kaynaklar vasıtası ile olur.

1-RÜZGAR ENERJİSİ

- Rüzgâr, güneş radyasyonunun yer yüzeyini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeyinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da havanın hareketine neden olur. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si kadarı rüzgar enerjisine çevrilir.
- Güneş ışınları olduğu sürece rüzgar olacaktır. Rüzgar, Güneş enerjisinin dolaylı bir ürünüdür. Dünya yüzeyi düzensiz bir şekilde ısınır ve soğur, bunun sonucunda atmosferik basınç alanları oluşur, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına hava akışı yapar.

Rüzgar Kullanım Alanları

- Elektrik üretme
- Pilleri şarj etme
- Su depolama
- Taşımacılık
- Su pompalama
- Tahılların öğütülmesi
- Soğutma

Enerji Üretiminde Rüzgar Kaynağının Üstünlükleri

- Temiz
- Bedava
- İklim değişikliği sorununa çözüm
- Hava kirliliğini azaltır
- Enerji güvenliği sağlar
- Enerji arzını çeşitlendirir
- Yakıt ithalini önler
- Yakıt maliyetleri yoktur
- Ulusal kaynaklar için devletler arası anlaşmazlıkları önler
- Kırsalda elektrik ağını geliştirir

Enerji Üretiminde Rüzgar Kaynağının Üstünlükleri

- İstihdam ve bölgesel kalkınma sağlar
- Fosil yakıtların fiyat değişkenliğinden kaynaklanan karmaşıklığı önler
- Modülerdir ve çabuk kurulur
- İthalat bağımlılığı yoktur
- Yakıt fiyatı riski yoktur
- Karbon emisyonu yoktur
- Kaynak tükenmesi yoktur (küresel rüzgar kaynağı küresel enerji talebinden daha büyük)
- Arazi dostudur (rüzgar santrali içinde veya etrafında tarım/sanayi faaliyetleri yapılabilir)
- Uygulama esnekliği(büyük ölçekli ticari santraller veya ev tipi uygulamalar mümkün)
- Ulusal yarar (geleneksel yakıtların aksine enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerine ve uzun dönemli fiyatı risklerini eleyen ve ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlılığı ortadan kaldıran yerli ve her zaman kullanılabilir bir kaynaktır.)

Dünya'da Rüzgar Potansiyeli

- Dünyada rüzgar gücünde liderlik yapabilir piyasalar şunlardır:
- Avustralya, Fransa, Hindistan, İtalya, ABD, Filipinler, Polonya, Türkiye ve İngiltere. Bu piyasalar başlangıç safhasında fakat gelişme aşamasındadır. *(Teknik olarak kullanılabilir toplam hazır küresel kaynağı tahmin edilen toplam dünya elektrik talebinin iki mislinden daha büyüktür.)*

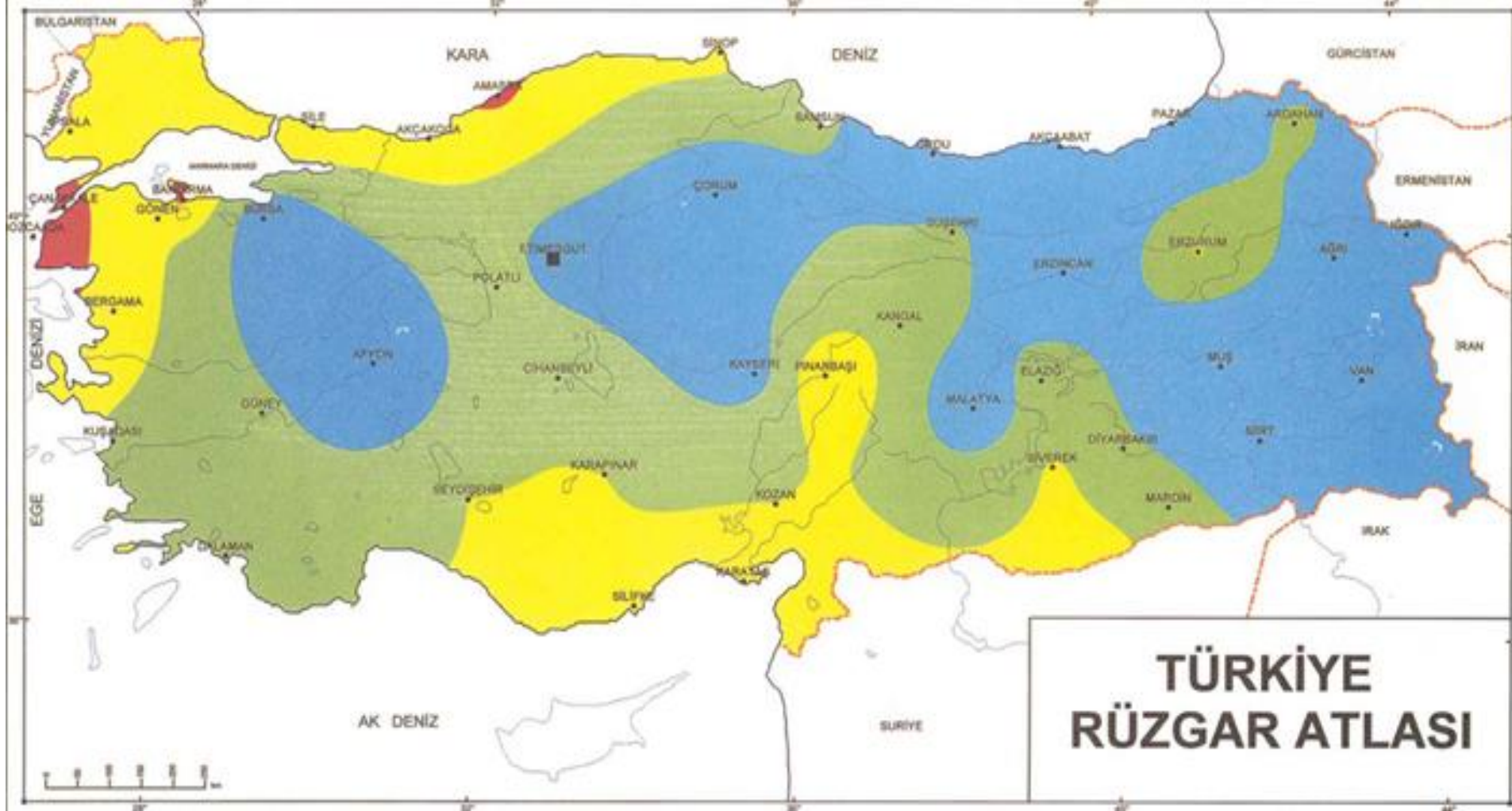
Türkiye’de Rüzgar Potansiyeli

50 m’de Rüzgar Hızı (m/s)	50 m’de Rüzgar Gücü (W/m ²)	Toplam Alan (km ²)	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç (MW)
7,5 – 8,0	400 – 500	5 851,87	0,80	29 259,36
8,0 – 8,5	500 – 600	2 598,86	0,40	12 994,32
8,5 – 9,0	600 – 800	1 079,98	0,10	5 399,92
> 9,0	> 800	39,17	0	195,84
TOPLAM		9 569,89	1,30	47.849,44

Türkiye’ nin Toplam Rüzgar Enerjisi Potansiyeli (EİEİ, 2010)

Türkiye'de Rüzgar Potansiyeli

- Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7.5 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgar santrali kurulabileceği kabul edilmiştir.
- Bu kabuller ışığında, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgar akış modeli kullanılarak üretilen rüzgar kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1.30'una denk gelmektedir.



Beş farklı topoğrafik durum için yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri¹

	Kapalı Araziler ²		Açık Araziler ³		Kıyılar ⁴		Açık Deniz ⁵		Tepe ve Bayır ⁶	
	ms ⁻¹	Wm ²	ms ⁻¹	Wm ²	ms ⁻¹	Wm ²	ms ⁻¹	Wm ²	ms ⁻¹	Wm ²
	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

Rüzgar Özellikleri

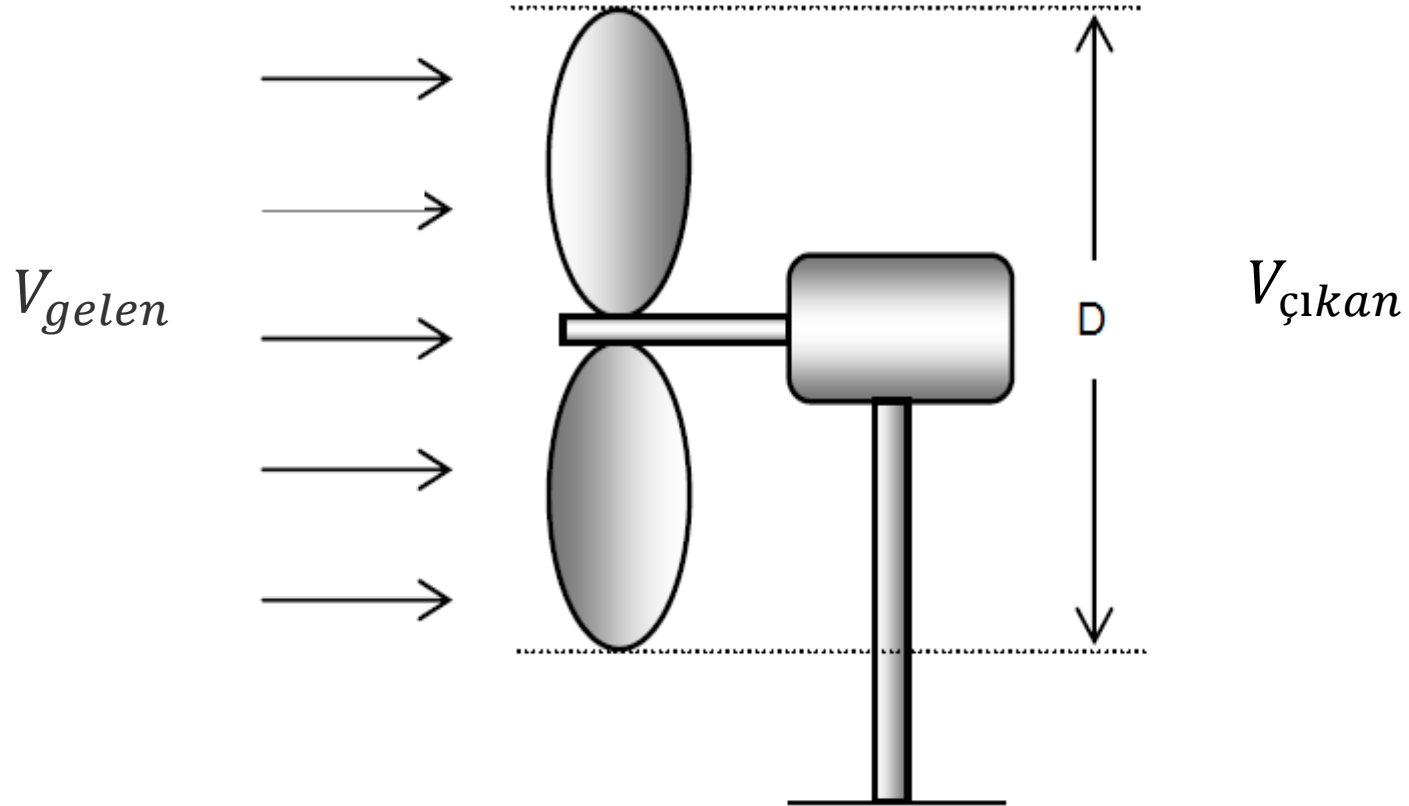
Rüzgar, tesirleri bakımından üç özelliği olan bir iklim elemanıdır;

- Rüzgarın Hızı
- Rüzgarın Yönü
- Rüzgarın Esme Sıklığı (Frekansı)

Rüzgar hızını etkileyen faktörler şunlardır;

- Coğrafi durum,
- Yerel Yüzey Yapısı,
- Yeryüzünden Olan Yükseklik

Rüzgar Enerjisi ve Gücü



Betz Yasası

$$P_{gelen} = \frac{1}{2} \dot{m} V_{gelen}^2 = \frac{1}{2} \rho A V_{gelen}^3$$

$$\dot{m}_{ort} = \rho A V_{ort}$$

$$V_{ort} = \frac{V_{gelen} + V_{çıkan}}{2}$$

$$P_{elde edilen} = \frac{1}{2} \dot{m}_{ort} (V_{gelen}^2 - V_{çıkan}^2)$$

$$P_{elde edilen} = \frac{1}{2} \rho A V_{ort} (V_{gelen}^2 - V_{çıkan}^2) = \frac{1}{2} \rho A \frac{(V_{gelen} + V_{çıkan})}{2} (V_{gelen}^2 - V_{çıkan}^2)$$

$$P_{elde edilen} = \frac{1}{4} \rho A (V_{gelen} + V_{çıkan}) (V_{gelen}^2 - V_{çıkan}^2)$$

$$P_{elde edilen} = \frac{1}{4} \rho A (V_{gelen}^3 - V_{gelen} V_{çıkan}^2 + V_{çıkan} V_{gelen}^2 - V_{çıkan}^3)$$

$$P_{elde edilen} = \frac{1}{4} \rho A V_{gelen}^3 \left(1 - \frac{V_{çıkan}^2}{V_{gelen}^2} + \frac{V_{çıkan}}{V_{gelen}} - \frac{V_{çıkan}^3}{V_{gelen}^3} \right)$$

Betz Yasası (devamı)

$$x = \frac{V_{çıkan}}{V_{gelen}} \quad \text{olsun.}$$

$$P_{elde\ edilen} = \frac{1}{4} \rho A V_{gelen}^3 (1 + x - x^2 - x^3) = \frac{P_{gelen}}{2} (1 + x - x^2 - x^3)$$

$(1 + x - x^2 - x^3)$ şeklinde x 'e bağlı bir fonksiyon olarak yazılır. Bu fonksiyonun maksimum ve minimum değerlerini bulmak için

$$\frac{d(P_{elde\ edilen})}{dx} = 0 \text{ eşitliği yazılır.}$$

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{P_{elde\ edilen}}{2} (1 + x - x^2 - x^3) \right) = \frac{P_{elde\ edilen}}{2} (1 - 2x - 3x^2) = 0$$

$(1 - 2x - 3x^2) = 0$ olur. Bu denklemin kökleri bulunur. Denklemin küçük kökü, en az gücü, büyük kökü ise en fazla gücü bulmak için kullanılır. Bu denklemin kökleri $1/3$ ve -1 'dir. Maksimum güç için $x=1/3$ değeri alınır ve

$$\frac{P_{gelen}}{2} (1 + x - x^2 - x^3) \text{ denkleminde } x \text{ yerine yazılırsa;}$$

Betz Yasası (devamı)

$$P_{elde\ edilen,maksimum} = \frac{P_{gelen}}{2} \left(1 + \frac{1}{3} - \left(\frac{1}{3} \right)^2 - \left(\frac{1}{3} \right)^3 \right)$$

$$P_{elde\ edilen,maksimum} = P_{gelen} \left(\frac{16}{27} \right)$$

$P_{elde\ edilen,maksimum} = 0.593P_{gelen}$ ifadesi elde edilir. Bu eşitlik **Betz yasası** olarak bilinir. Bu eşitliğe göre, rüzgar türbinine gelen havanın kinetik enerjisinin (P_{gelen}) maksimum 0.593 katı kullanılabilir enerjiye dönüştürülebilir.

Burada,

P_{gelen} : Türbine gelen havanın kinetik enerjisi, (W)

$P_{elde\ edilen}$: Türbinin üreteceği güç, (W)

$P_{elde\ edilen,maksimum}$: Türbinin üretebileceği maksimum güç, (W)

$\dot{m}$: Havanın kütleli debisi, (kg/s)

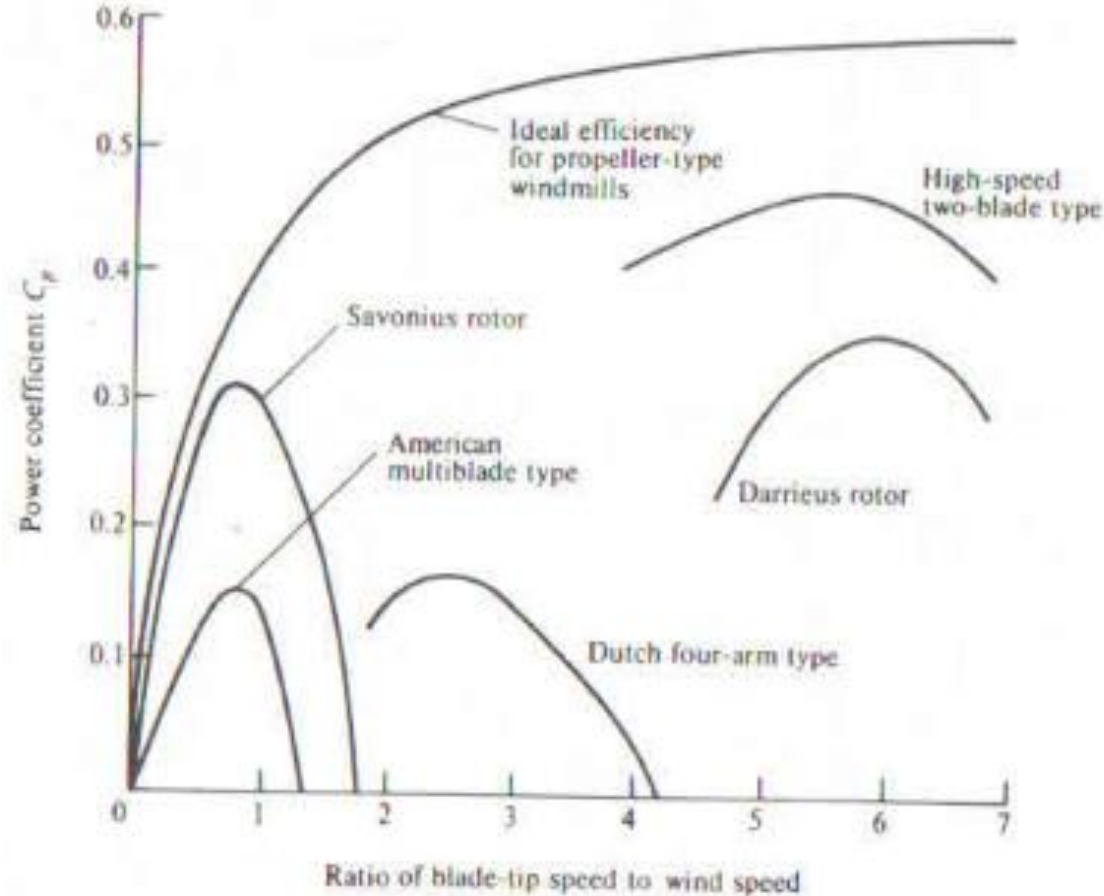
V : Havanın hızı, (m/s)

A : Türbin kanadının taradığı ve hava akışına dik olan kesit alanı, (m²) ($A=\pi D^2/4$)

ρ : Havanın yoğunluğu, (kg/m³)

D : Kanat çapı, (m)

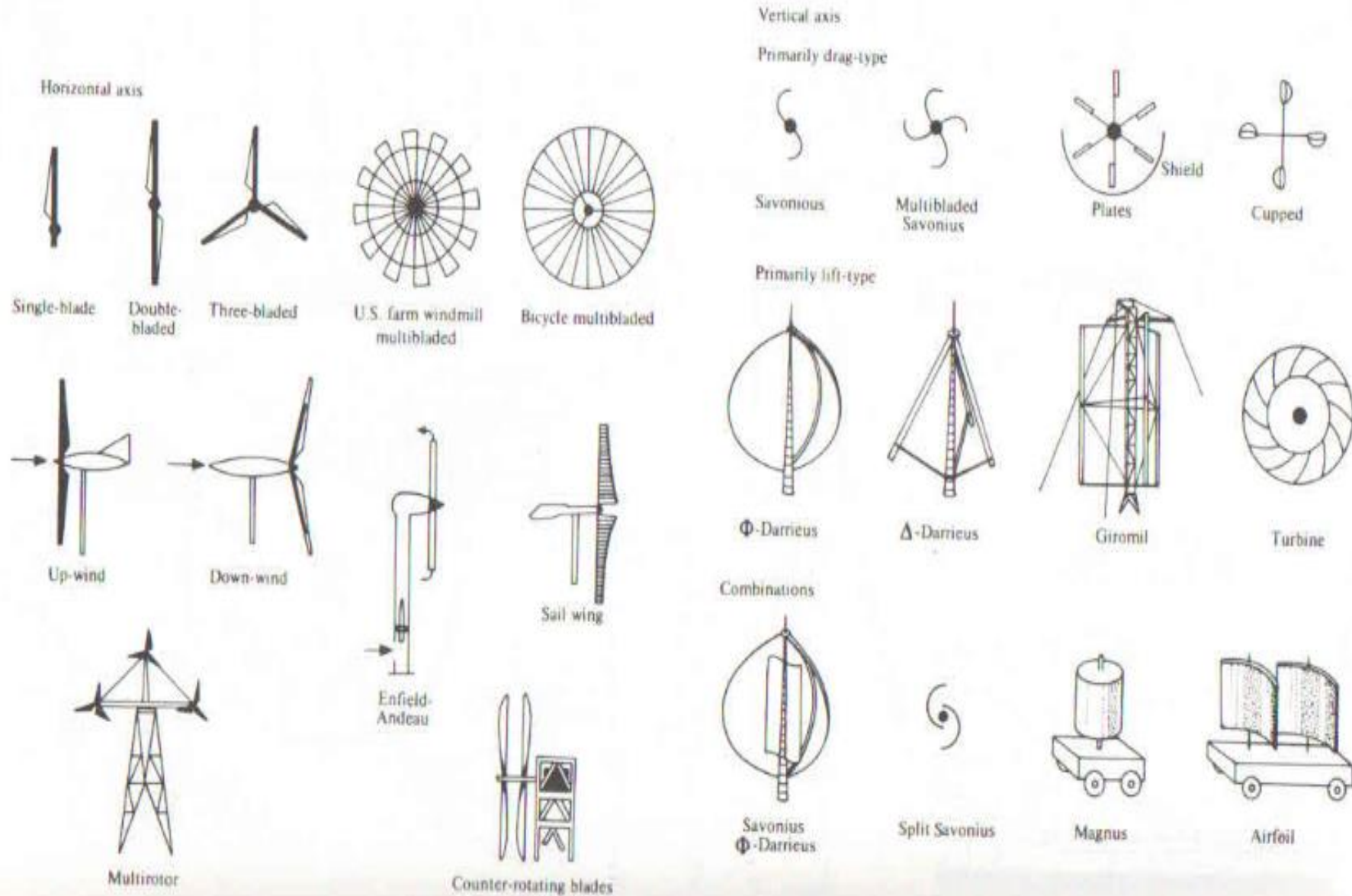
Rüzgar Hızı ve Tipine Göre Verim



Şekil'de görüldüğü gibi, maksimum güç ancak, gelen enerjinin 0.59'una karşılık gelmektedir. Bu ideal durum için rüzgar hızı ne kadar arttırılırsa arttırılsın güç katsayısı Betz kriterini geçememektedir. Grafikte ayrıca farklı tipteki türbinlerin, farklı rüzgar hızları için güç katsayıları da bulunmaktadır.

Rüzgar Hızı ve Türbin Tipine Göre Verim Grafiği (Archie W. Culp, Jr., 1991)

Rüzgar Türbini Tipleri

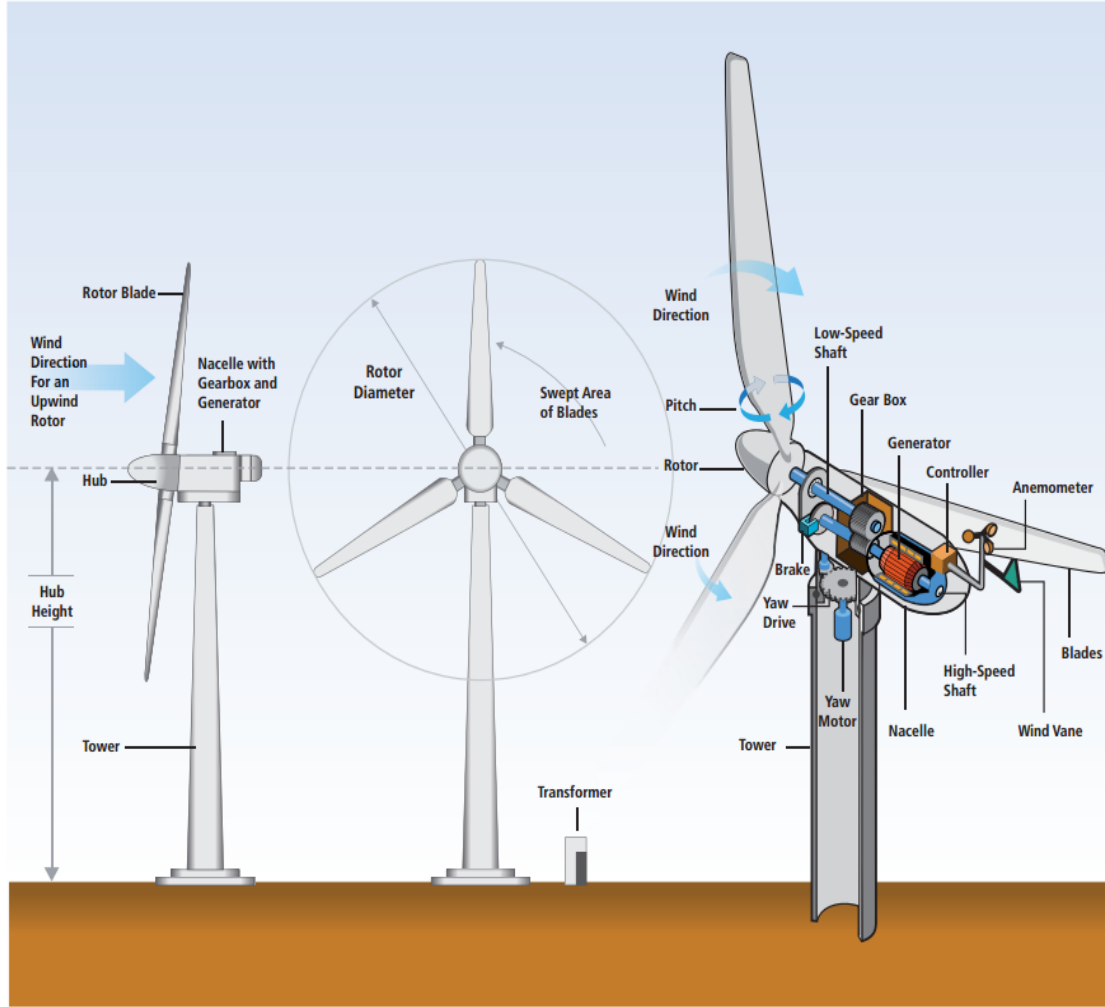


Rüzgar Türbin Tipleri (Archie W. Culp, Jr., 1991)

Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması

- Rüzgar türbinleri çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilirler. En önemli sınıflandırma biçimi, rotor ekseninin yeryüzüne göre konumunu dikkate alan sınıflandırmadır:
- Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri
- Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri

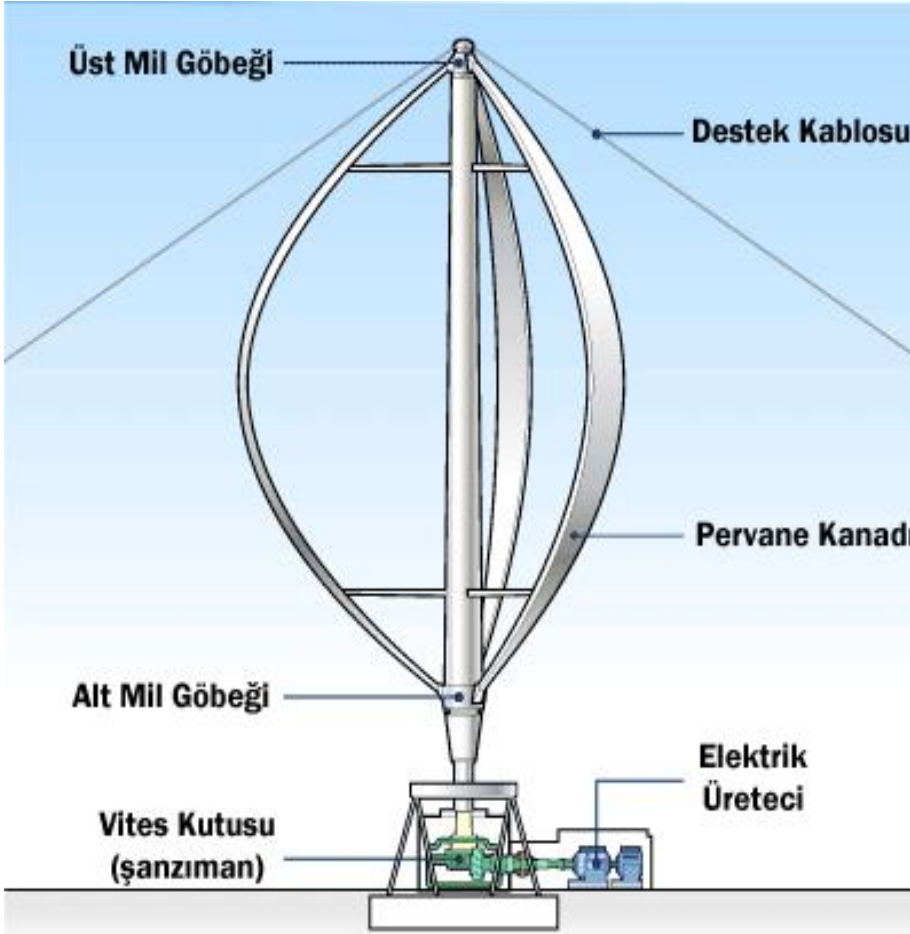
Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri



Yatay Eksenli Rüzgar Türbini (Wiser, Y. ve Yang, Z.,
Wind Energy)

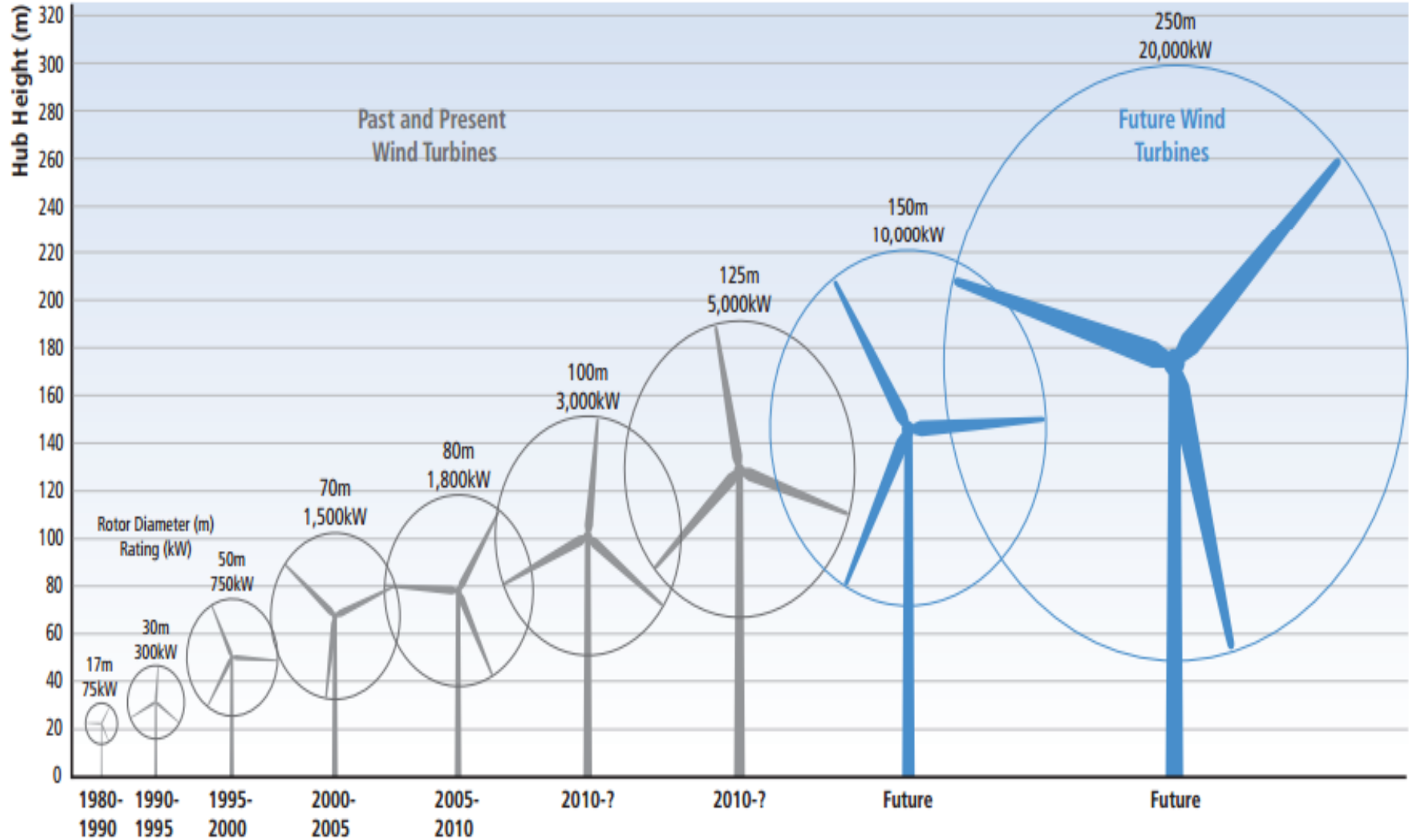
Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin rotorları, maksimum enerjiyi tutabilmek için rüzgar akışına dik olarak durur. Rüzgarı önden alan sistemlerde kılavuz kuyruk vasıtası ile rotor rüzgara karşı yönlendirilir. Kanatlardaki kaldırma kuvvetleri rotorun dönmesini sağlar.

Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri



Düşey eksenli rüzgar türbinlerinin rüzgarı her yönden kabul edebilme üstünlükleri vardır. İlk hareket geçişleri güvenilirdir. Bu makinelerin diğer bir üstünlüğü ise, makine aksamının (hız yükseltici, jeneratör vb.) toprak seviyesine kurulabilmesidir.

Rüzgar Türbinlerinin Gelişim Süreci



Rüzgar Türbinlerinin Gelişim Süreci (Wiser, Y. ve Yang, Z., Wind Energy)

2-GÜNEŞ ENERJİSİ

- Güneş enerjisi güneş ışığından enerji elde edilmesine dayalı teknolojidir. Güneşin yaydığı ve dünyamıza da ulaşan enerji, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ısıma enerjisidir.
- Güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında güneş ışınımının şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzünde $0\text{-}1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir.

GÜNEŞ ENERJİSİ

- Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.
- Dünyada yararlanılan en eski enerji kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin depolanması ya da diğer enerjilere dönüşebilmesi, ısı, mekanik, kimyasal ve elektrik yöntemlerle olur.

GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş ışıını yeryüzüne iki şekilde gelir.

- Direkt ışıını; hiçbir dağılım ve emilmeye uğramadan atmosferi geçebilen ışıındır.
- Difüz (yaygın) ışıını; güneş ışıını hava molekülleri aeroseller gibi parçacıklar ve su damlacıkları nedeniyle atmosferde dağılır. Dağılarak yere ulaşabilen ışıına difüz ışıını denir.
- Yüzeye gelen toplam ışıını miktarına global ışıını denir.
- Bir Güneş enerjisi tasarımında sistemin kurulacak bölgenin güneş ışıını bilgileri yapılan ölçümler ile elde edilir. Güneş ışıını ölçümleri yer ölçümleri ve uzaydan yapılan ölçümler diye ikiye ayrılır.

Yer ölçümlerinde;

- toplam ışıını ölçmek için pironometre,
- doğrudan ışıını ölçmek için pirheliometre kullanılır.

GÜNEŞ ENERJİSİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Avantajları;

- Güneş bol ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- Temiz enerji türüdür.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan hemen her yerde yararlanmak mümkündür.
- Dışa bağımlı olmadığından doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye ihtiyaç yoktur.
- İşletme masrafları çok azdır.

Dezavantajları;

- Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç olmaktadır.
- Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekir. Depolama imkanları ise sınırlıdır.
- Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması, gölgelenmemesi gerekir.
- Güneş ışınımından yararlanan birçok tesisatın ilk yatırım masrafları fazla ve henüz ekonomik değildir.

TÜRKİYE'NİN GÜNEŞ POTANSİYELİ



AYLARA GÖRE GÜNEŞLENME SÜRELERİ

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	(Saat/ay)
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

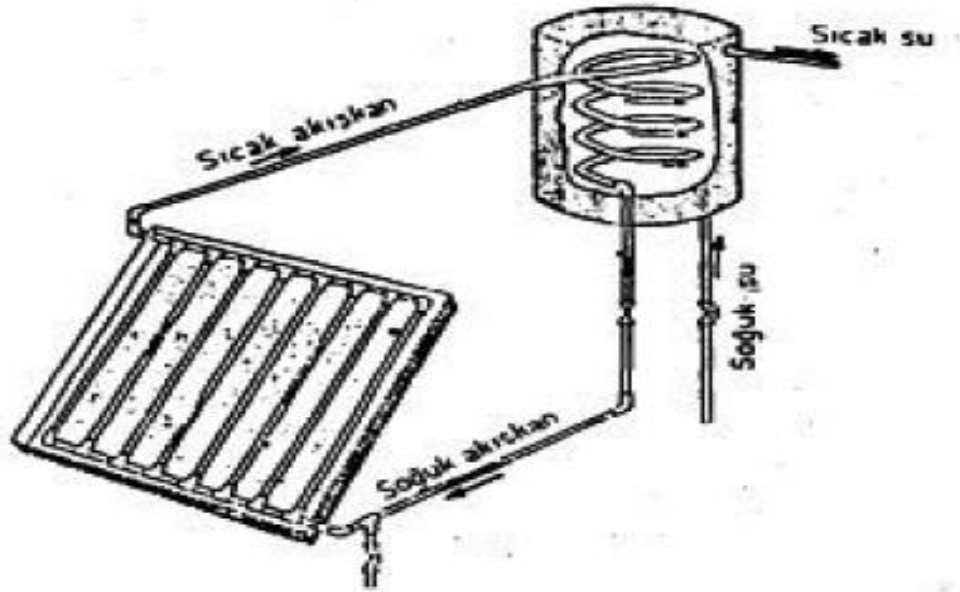
Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü

GÜNEŞ AÇILARI

- Güneş ışınları ile dünya üzerindeki yüzeyler arasında belirli açılar vardır. Bu açılar hakkında doğru bilgiler elde edilerek güneş enerjisinden en verimli şekilde yararlanılabilir.
- **Yükseklik açısı:** Güneş ışınımı ile yatay yüzey arasındaki açıdır.
- **Güneş azimut açısı:** Güneş ışınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde sapmasını gösteren açıdır. Örneğin saat 12.00 de 180° dir.
- **Yüzey azimut açısı:** Yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. -180° ile 180° arasında değişebilir. Güneye bakan yüzey için sıfır olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı, batıya yönelen yüzeyde ise eksi değer alır.
- **Deklinasyon açısı:** Dünya-Güneş doğrultusunun yerin ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Kuzey yarım küre için artı değerlidir. Deklinasyon açısı $-23,45^\circ$ (21 Aralık kış gündönümünde) ile $+23,45^\circ$ (21 Haziran yaz gündönümünde) arasında değişir. İlkbahar ekinoksunda (21 Mart) ve sonbahar ekinoksunda (21 Eylül) deklinasyon açısı sıfır olur.

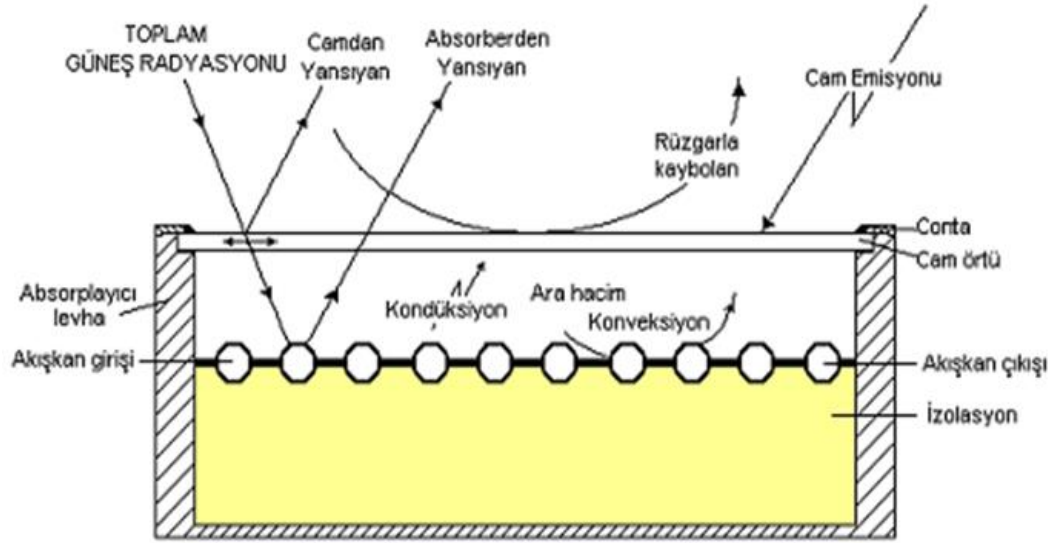
GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ

- Sıcak su eldesinde kullanılan Güneş kolektörlü sistemler, dolaşım tipine göre Tabii Dolaşımlı ve Zorlanmış Dolaşım, devre şekline göre de Açık Devreli ve Kapalı Devreli olarak sınıflandırılabilir.



Kapalı Devreli Tabii (Doğal) Dolaşım Sistem

GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ



Güneş Kolektörü (Toplayıcı)

GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜ

a) Üst Örtü (Şeffaf Örtü = Saydam Örtü) : Isıl kayıpları önlemek ve toplayıcıyı yağmur, kar ve tozdan korumak için kullanılır. Üst örtü, malzeme olarak cam ya da plastik olabilir. Cam örtüler tek veya çift camlı olabilir. Genellikle 3 ve 4 mm kalınlığındaki pencere camları kullanılır. Cam düşük dalga boyundaki ışınları geçirebilmesi için düşük demirli olmalıdır.

b) Toplayıcı Plaka ve Borular: Toplayıcı plaka demir, bakır, alüminyum veya plastik saç ve borulardan oluşur. Isıya dayanıklı mat siyah boya ile boyanır. Yutucu plakada enerji toplamayı en üst düzeye çıkarmak için yükseltici tüpün yüzeyi düşük dalga boylu güneş ışınlarını yutmak için yutuculuk özelliği yüksek materyalle kaplanmalıdır. Bu yüzeye aynı zamanda seçici yüzey denir. Günümüzde ticari olarak seçici yüzeyler siyah kromdan yapılmaktadır. Yutucu kanatlar tüpler arasında ısı transferini sağlarlar.

c) Yalıtım (İzolasyon) : Toplayıcının arkadan ve yandan ısı kayıplarını önlemek için cam yünü ya da benzeri yalıtım malzemesi kullanılır. Toplayıcı plaka altına konulan cam yününün 7 cm den; yanlara konulan cam yünlerinin de 2 cm den az olmaması gerekir.

Muhafaza (Şasi = Kasa) : Yukarıda ifade edilen parçalar dış etkenlere dayanıklı bir saç ya da plastik bir kasa içerisinde toplanarak güneşli su ısıtıcısını oluşturur. Muhafaza yanlardan profilden, altta da genellikle 1 mm kalınlığındaki galvanizli saçtan oluşur.

ISIL GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ

Isıl güneş kolektörleri

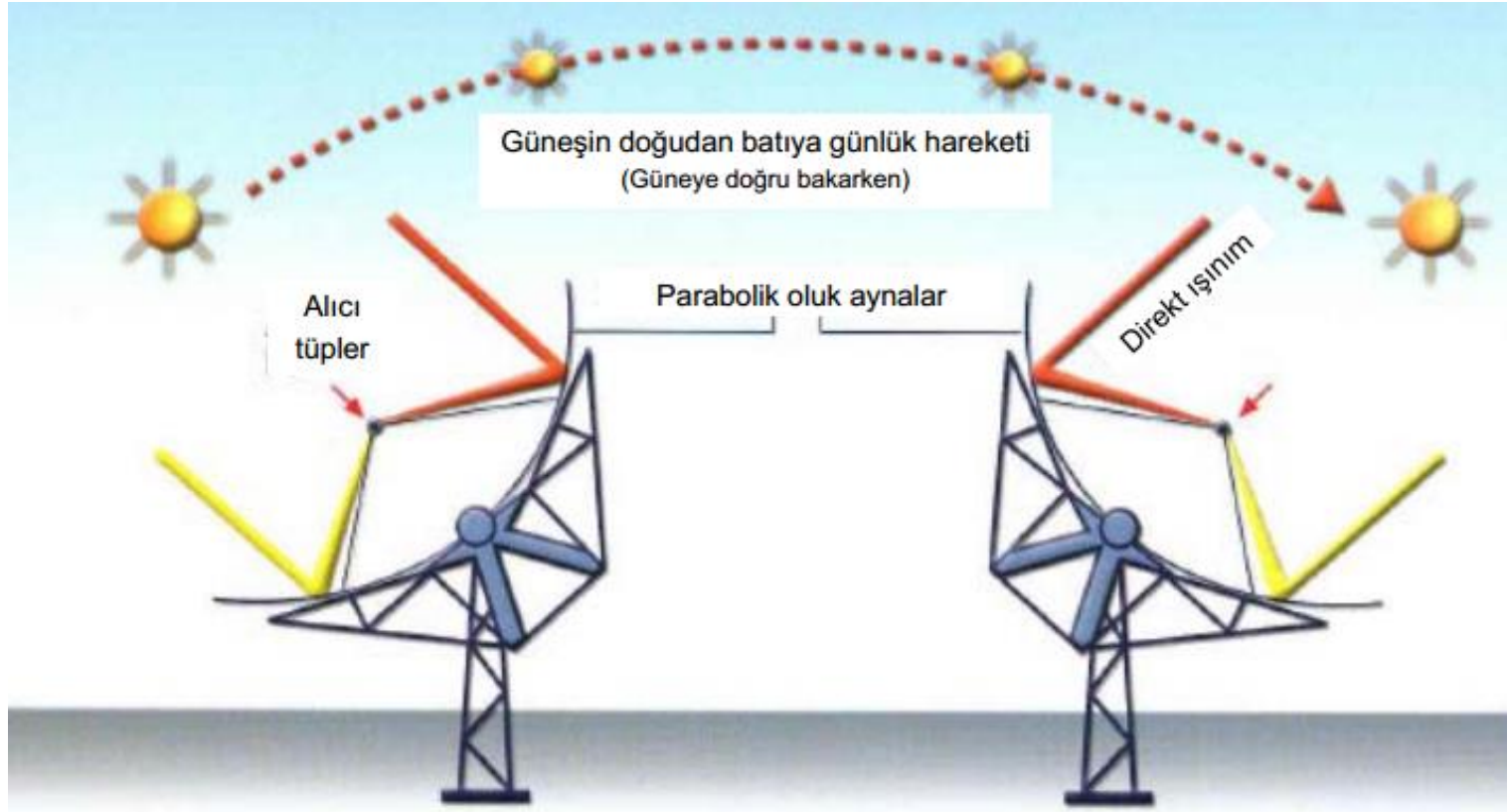
Hareket Sistemi	Kolektör Tipi	Alıcı Tipi	Yoğunlaştırma Oranı	Sıcaklık Aralığı (°C)
Durgun	Düzlemsel	Düz	1	30-80
	Vakum tüplü	Düz	1	50-200
	Birleşik parabolik	Tüp	1-5	60-240
5-15			60-300	
Tek Yönlü Takip	Lineer fresnel yansıtıcı	Tüp	10-40	60-250
	Silindirik oluk	Tüp	15-50	60-300
	Parabolik oluk	Tüp	10-85	60-400
	İki Yönlü Takip	Parabolik çanak	Noktasal	600-2000
Heliostat		Noktasal	300-1500	150-2000

YOĞUNLAŞTIRILMIŞ GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ

- Yoğunlaştırma oranı; kolektör açıklık alanının, alıcının alanına oranı olarak tanımlanmaktadır. Yoğunlaştırma miktarı normal şartlarda belli bir teorik maksimum değere kadar ulaşabilmektedir. Düz güneş kolektörlerinin yoğunlaştırma oranları genellikle 1 kabul edilebilir. Ancak bazı kaynaklarda 0.5 olarak verilmektedir. Çünkü sadece alıcının üst yüzeyi ışıını alır, alt yüzey gölgede kaldığından ısı kaybına neden olur.

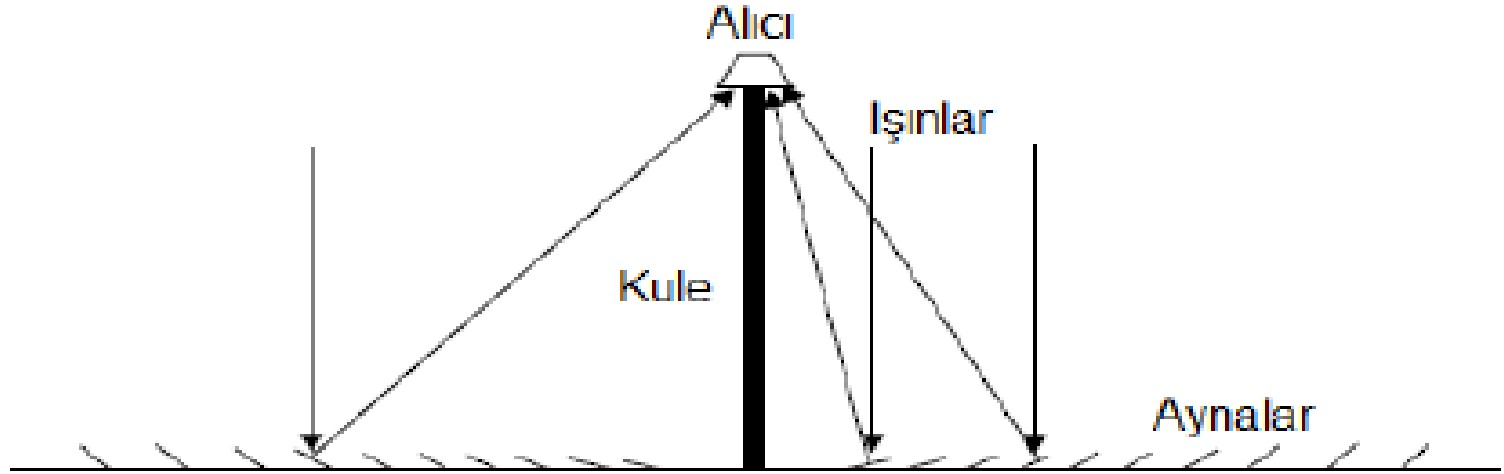
Yoğunlaştırma oranı

$$C = \frac{\text{Kollektör Açıklık Aralığının Alanı}}{\text{Alıcının alanına oranıdır.}}$$

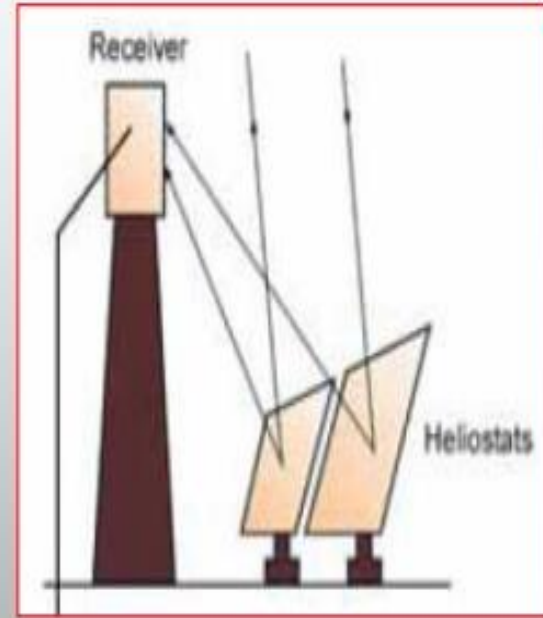


Parabolik Güneş Kolektörü (Livatyalı, 2011)

Lineer Fresnel güneş kolektörleri; yüzeyde sabit aynalar ve bunların odak noktasında bulunan ince uzun alıcı kuleden oluşmaktadır. Bütün aynalar belli bir eğimle alıcıya odaklanmaktadır. Böylece yüksek yoğunlaştırma oranı elde edilir. Sistemin en büyük sorunu aynaların birbirini gölgelendirmesidir. Gölgelelendirmenin önlenmesi için aynaların arası açılmalıdır. Bunun sonucunda alıcı kulenin boyu artmaktadır ve maliyetler artmaktadır. Aynı zamanda geniş alanlar gerekmektedir.



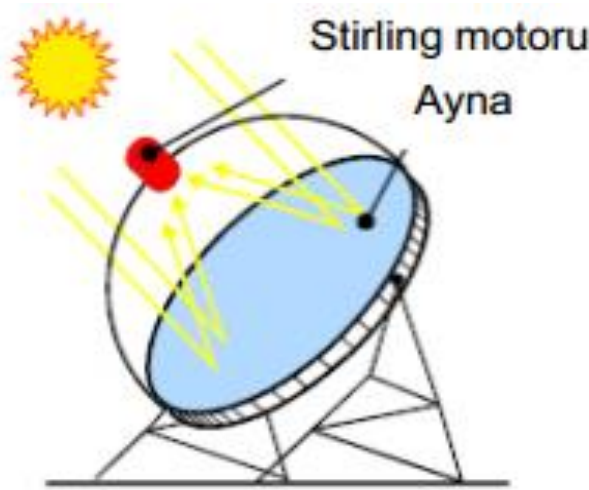
Lineer Fresnel Kolektörler



Merkezi Alıcılar (Güneş Kulesi) (Livatyalı, 2011)

Bu tip kolektörler dairesel eğimli yerleştirilmiş düz aynaların ortasında ki bir hedeften oluşur. Aynalara gelen ışınlar ortadaki silindirik alıcı kule hedefe ulaşır. Aynalar bilgisayar sistemi ile iki eksende hareket ederek ortadaki hedefe ışınları odaklarlar. Heliostatlar genellikle elektrik üretimi amacıyla kullanılırlar ancak bazı ülkelerde güneş fırını olarak da kullanılmaktadır. Bu sistemin bir örneği İspanya'da bulunmaktadır.

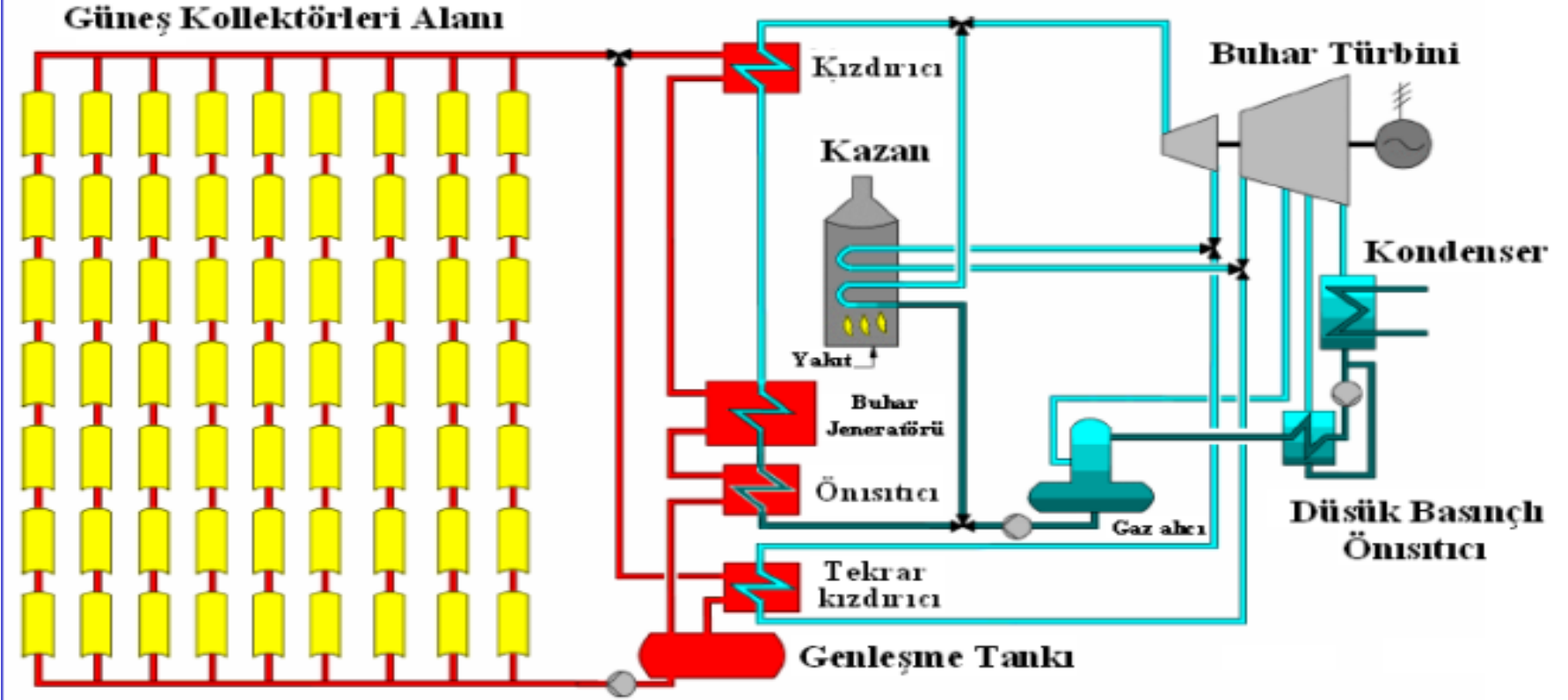
Bu sistemde de güneş ışınları parabolik bir çanak vasıtası ile merkeze toplanmakta ve elde edilen enerji ile bir stirling motoru çalıştırılmaktadır. Parabolik çanak kolektörler, parabolik bir kürenin içine gelen ışınları odak noktasına toplamasıyla enerji elde eder. Bu tip kolektörler güneşi takip edebilmek için iki yönlü hareket ederler. İki yönlü hareket çanakta meydana gelen yansıma kayıplarını azaltmayı da sağlar. Parabolik çanak tipi toplaçlar çok yüksek yoğunlaştırma oranına sahip olduğundan yüksek sıcaklıklara ulaşırlar. Bundan dolayı elektrik üretiminde kullanılırlar.



Parabolik Çanak Sistemi

SİSTEMLERİN ÇEVİRİMİ

• Sistem Çevrimi



➤ Güneş Kolektörleri

➤ Buhar Üretimi

➤ Elektrik Üretimi

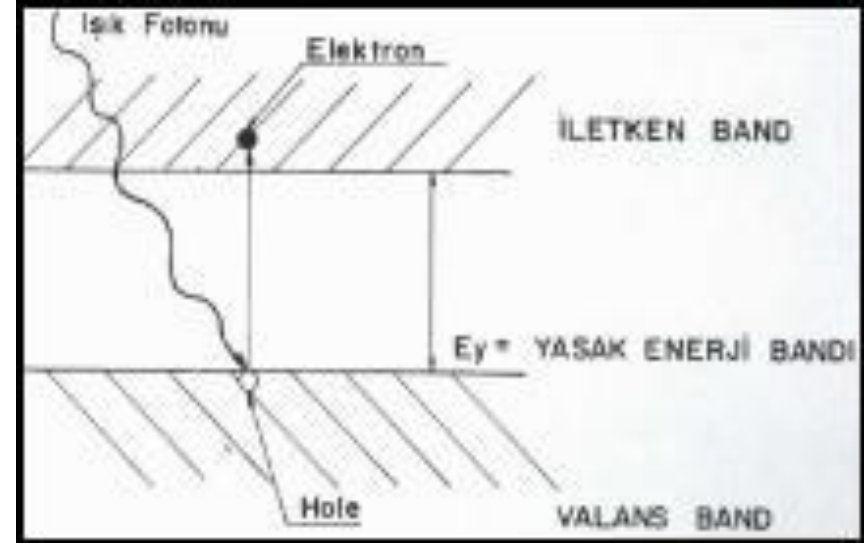
Sistem Çevrimi (Livatyalı, 2011)

FOTOVOLTAİK PANELLER

- Fotovoltaik toplayıcı, güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine ve ısıya dönüştürür. Işın toplayan selüller için üç ayrı kimyasal madde kullanılır. Bunlar; Kadmiyum Sülfür, Silikon, Alüminyum Galium Arsenit' tir.
- Fotovoltaik toplayıcılar için 'Güneş Pili veya Güneş Gözesi' deyimi de kullanılır.
- Selüller üzerine cam örtü konularak fotovoltaik toplayıcı dış etkilerden korunur. Selül üzerine gelen ışınların taşıdığı enerjinin küçük bir kısmı anında doğru akım elektrik enerjisine dönüşür ve büyük bir bölümü ısı olur. Selüllerin arka kısmında bulunan kanaldan geçen hava ısınarak yararlı enerji olarak kullanılır. Bu sayede selül soğutulur ve ömrü uzar. Isı kayıplarını önlemek için toplayıcının arkası yalıtılır (Köse, 2002). Fotovoltaik toplayıcıların en büyük sorunu sıcaklık arttıkça verimi düşer.

FOTOVOLTAİK PANELLERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Yarı iletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bandlar valans bandı (p bölgesi) ve iletkenlik bandı (n bölgesi) adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans banddaki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar.

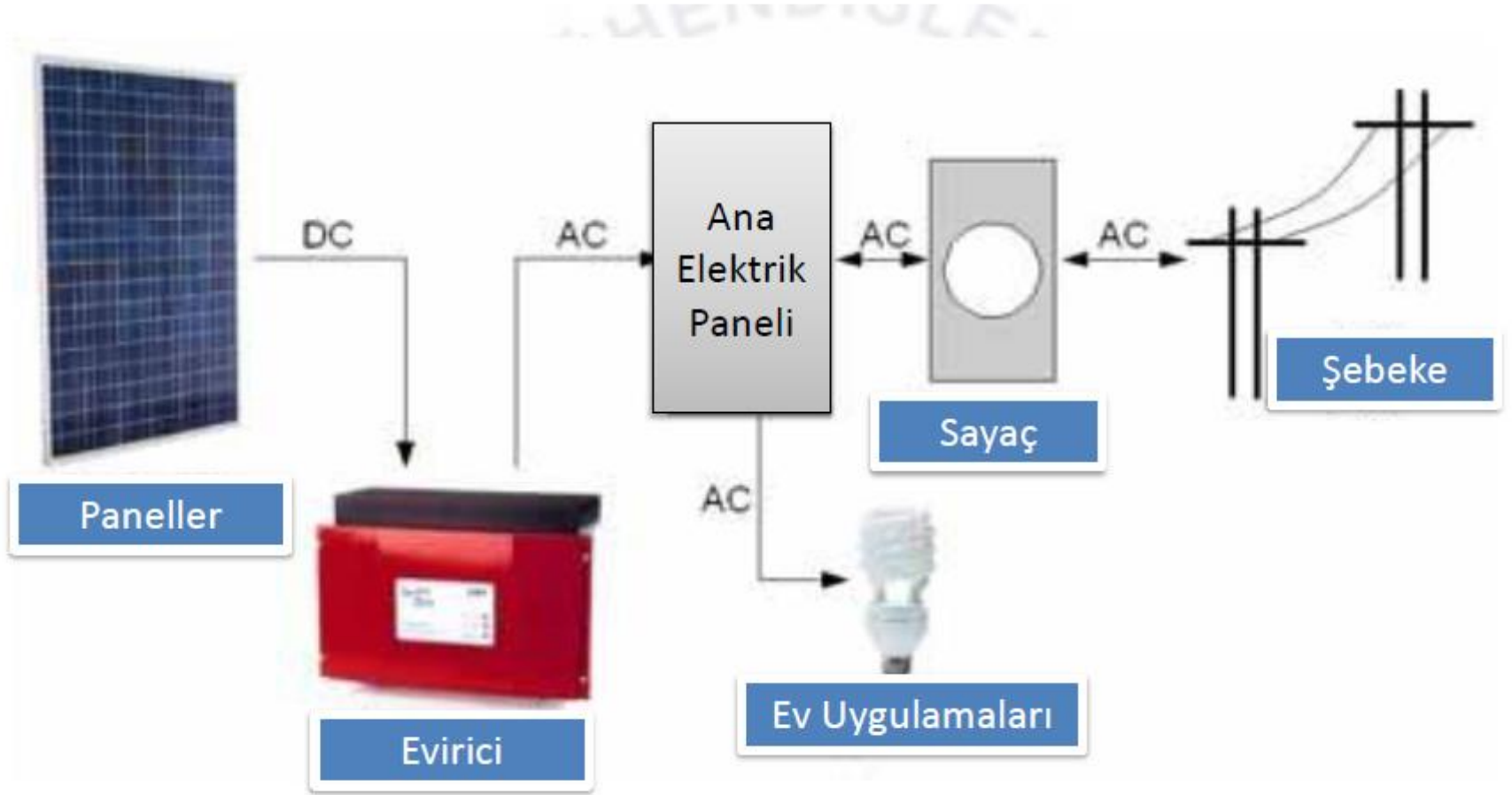


Böylece, elektron-hol çifti oluşur. Bu olay, pn eklem güneş pilinin arayüzeyinde meydana gelmiş ise elektron-hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları n bölgesine, holleri de p bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder.

FOTOVOLTAİK PANELLER

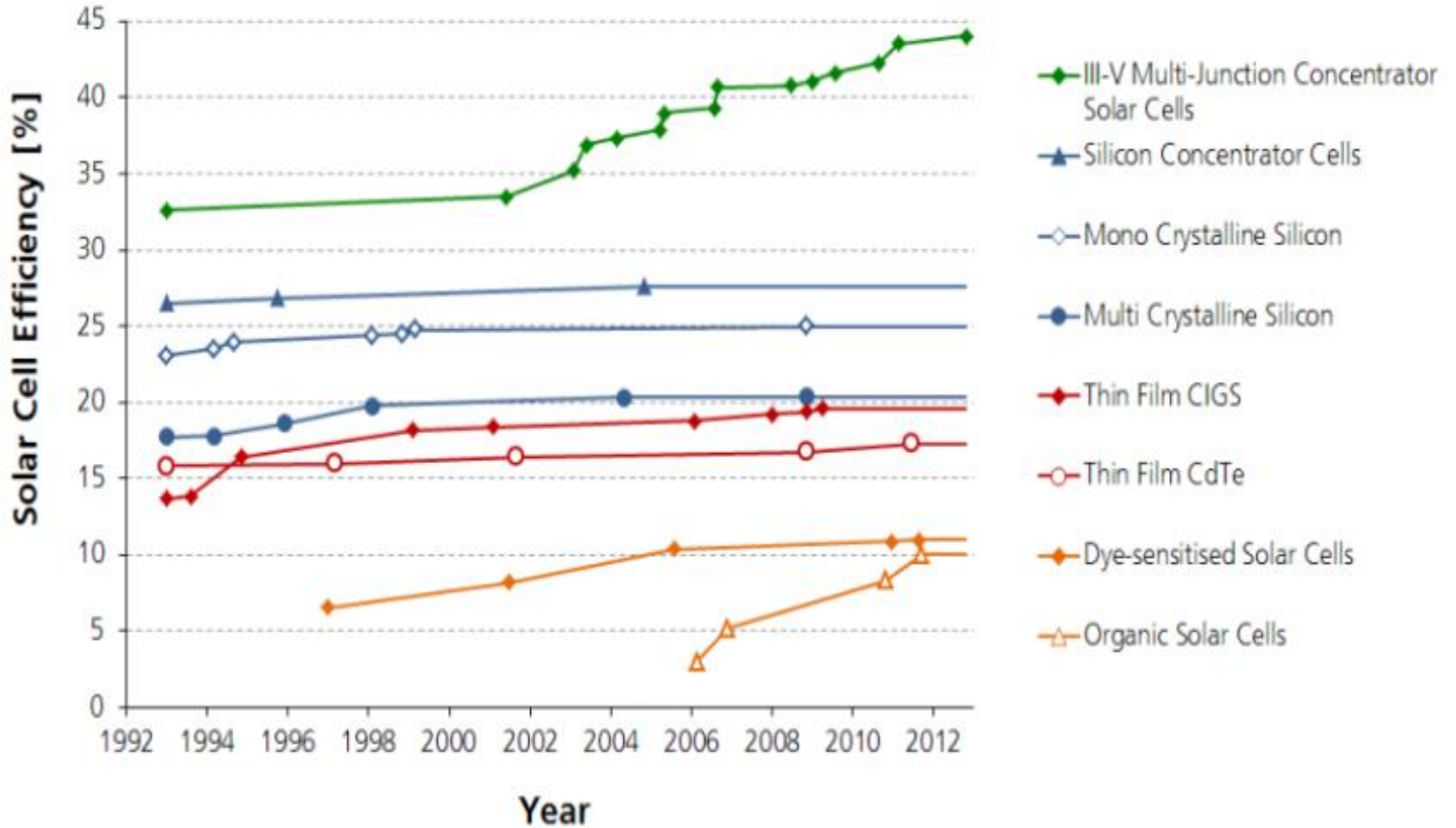
- Fotovoltaik sistemler; şebeke bağlantılı (on-grid) sistemler ve şebekeden bağımsız (off-grid) sistemler olarak ikiye ayrılır.
- Şebekeden Bağımsız Sistemler (OFF-GRID): Bu sistemlerde fotovoltaik paneller ile üretilen elektrik enerjisi akülerde depolanır ve kullanıcı enerji ihtiyacını (gece-gündüz) bu akülerden sağlar.
- Şebeke Bağlantılı Sistemler (ON-GRID): Şebeke Bağlantılı Sistemlerde, kullanıcının enerji tüketimi, fotovoltaik sistemin ürettiği enerjiden karşılanır. Tüketimin üretimden fazla olduğu durumlarda kullanıcı tüketim fazlası enerjiyi şebekeden alır; buna karşılık, kullanıcının tüketimi üretiminden az olduğu durumlarda ise üretim fazlası enerji ile şebeke beslenir.

FOTOVOLTAİK SİSTEM



Fotovoltaik Panel ve Elektrik Enerjisi Üretimi

FOTOVOLTAİK PANELLERİN VERİMİ



Laboratuvar ölçekli güneş gözelerinde yıllara göre verimin değişimi

BÖLÜM 4/2 – YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI



JEOTERMAL ENERJİ

JEOTERMAL ENERJİ

- Jeotermal enerji; yerin derinliklerindeki kayalar içinde birikmiş olan ısınn akışkanlarca taşınarak rezervuarlarda depolanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir.
- Jeotermal kaynaklar yoğun olarak aktif kırık sistemleri ile volkanik ve magmatik birimlerin etrafında oluşmaktadır.

JEOTERMAL ENERJİ

- Jeotermal biriktirici, yer kabuğunda bulunan ve içerisinde yüksek sıcaklıkta sıkıştırılmış su veya doymuş su-buhar karışımı ya da kızgın buhar depolanmış olabilen geçirgen oluşumlara denir (Köse, 2002).

JEOTERMAL ALANLAR

a) Kuru Buhar Alanları

Bunlar kuyu başı basıncı atmosfer basıncından büyük olan ve aşırı ısınma derecesi 0-50 °C arasında değişen buharın elde edildiği alanlardır.

b) Islak Buhar Alanları

Biriktirici içerisinde sıcaklığı 100 °C' yi geçen sıkıştırılmış su bulunan alanlara denir. Basınç fazlalığından buharlaşamayan su kuyu açıldığında basıncın düşmesiyle su-buhar karışımı akışkan elde edilir.

DÜNYA'DA JEOTERMAL ENERJİ

- Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2018 yılı sonu verilerine göre 14.9 GWe düzeyindedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir. Elektrik dışı kullanım ise 70.000 MWt i aşmış olup, Dünya'da doğrudan kullanım uygulamalarındaki ilk 5 ülke ise ABD, Çin, İsveç, Belarus ve Norveç'tir.

(MTA, TÜRKİYE JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ VE ARAMA ÇALIŞMALARI)

TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ

- Ülkemizin jeotermal potansiyeli oldukça yüksek olup, potansiyel oluşturan alanların % 78'i Batı Anadolu'da, % 9'u İç Anadolu'da, % 7 si Marmara Bölgesinde, % 5'i Doğu Anadolu'da ve % 1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın % 90'ı düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar v.s.) için uygun olup, % 10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur.

TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ

- Jeotermal kaynaklar yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Bugün için ülkemizde elde edilen jeotermal enerjiden elektrik üretimi, ısıtma (sera ve konut), termal ve sağlık turizmi, endüstriyel mineral eldesi, balıkçılık, kurutmacılık vb. gibi alanlarda yararlanılmaktadır. Jeotermal Enerji uygulamalarında ilk elektrik üretimi 1975 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından kurulan ve 0,5 Mwe güce sahip Kızıldere Santrali ile başlatılmıştır.

(Kaynak: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı)

TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ

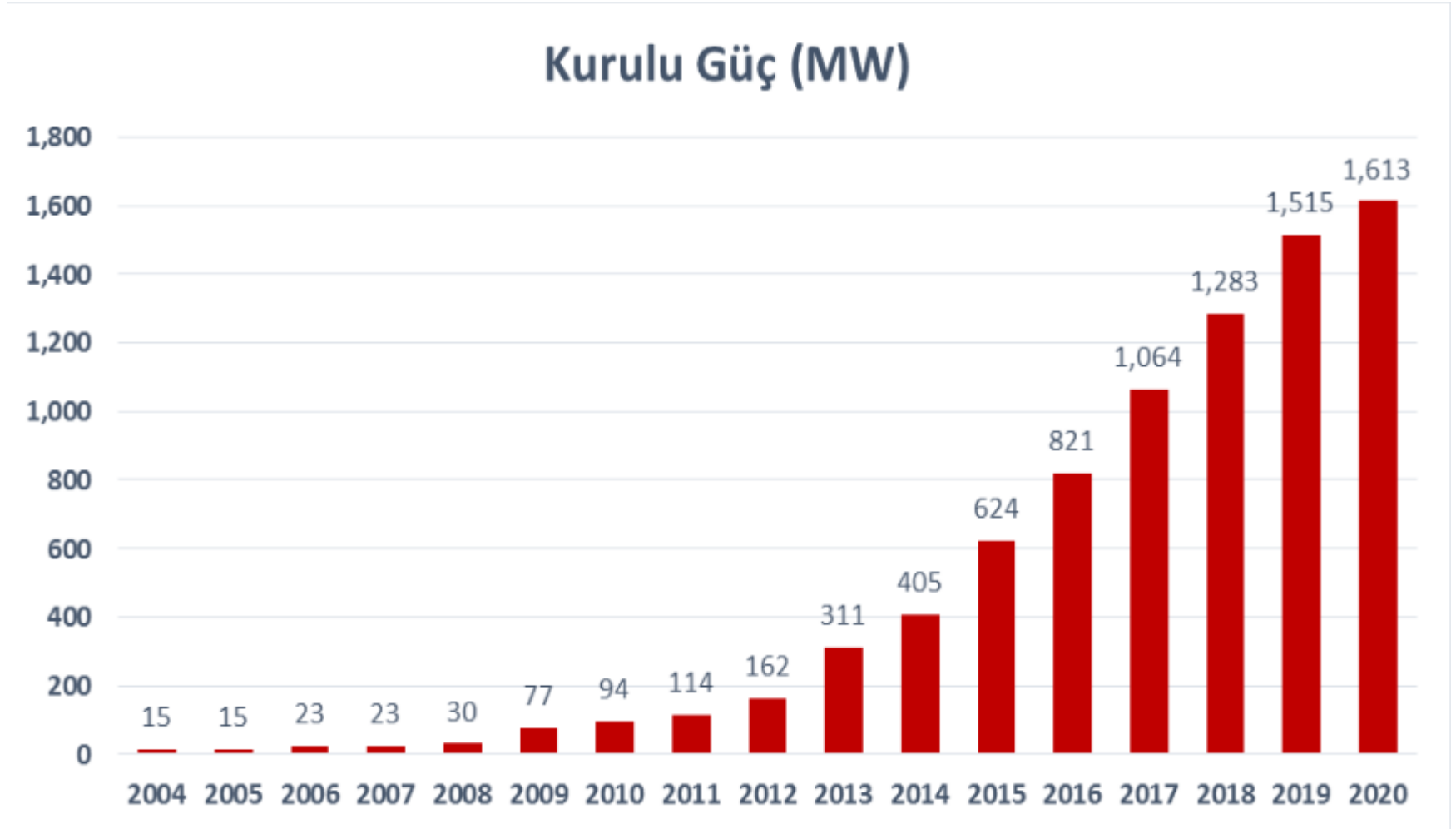


Türkiye' nin Jeotermal Enerji Kaynakları (mta.gov.tr)

TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ

- 2005 yılından itibaren Bakanlık desteğiyle, mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak alanlarının aranması çalışmalarına ağırlık verilmesi nedeniyle, 2004 sonu itibari ile 3100 MWt olan kullanılabilir ısı kapasitesi, 2018 yılı Aralık sonu itibari ile ilave 1900 MWt ısı enerjisi artışı ile 5000 Mwt e yükselmiştir.
- MTA tarafından 173 adet olan keşfedilmiş jeotermal saha sayısı da sondajlı aramalarla 10 adedi elektrik üretimine uygun olan yeni sahaların keşfiyle 239 sahaya çıkarılmış olup, bugüne kadar toplam 634 adet, 412.250 metre sondajlı arama çalışması yapılarak doğal çıkışlar dahil açılan kuyularla yaklaşık 5000 MWt ısı enerjisi elde edilmiştir.

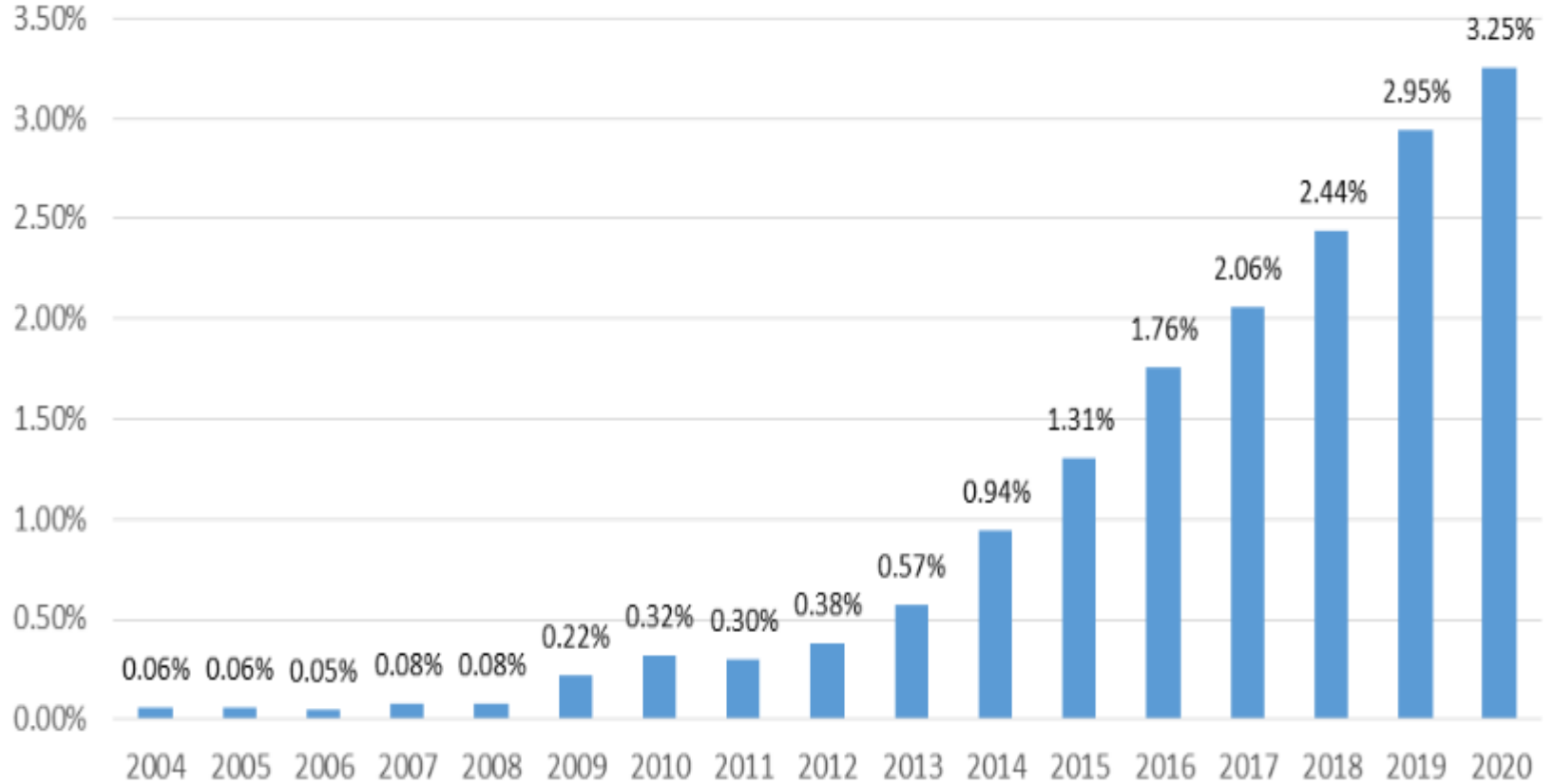
JEOTERMAL ENERJİNİN MEVCUT DURUMU



(Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

JEOTERMAL ENERJİNİN MEVCUT DURUMU

Toplam Elektrik Üretimi İçerisindeki
Yüzdelik Pay (%)



(Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)

JEOTERMAL ENERJİNİN AVANTAJLARI

- Yenilenebilir ve çevre kirliliği oluşturmaması,
- Diğer enerji kaynaklarına kıyasla ucuz oluşu,
- Gerekli teknoloji düzeyinin çok yüksek olmayışı,
- Aynı anda yararlanma imkanının oluşu

JEOTERMAL ISITMA SİSTEMLERİ

- *Jeotermal ısıtma sistemleri aşağıdaki dört ana bölümden oluşur (Köse, 2002)*
- Kuyu Başı (Jeotermal Su Üretimi) : Dozajlama, üretim, pompalama (kuyu içi ve kuyu başı) ve gaz seperasyonu kısımlarını kapsamaktadır. Pompalama kuyunun artezyenik olup olmamasına ve kuyu başı basıncına bağlıdır.
- Jeotermal Su Nakil (İletim) Hatları: Toprağa gömülü özel borularla 0.1-0.5 °C/km sıcaklık kaybı ile, teknik ve ekonomik şartlar uygun olduğu durumda, jeotermal su 150-200 km mesafeye taşınabilmektedir.
- Jeotermal Merkez ve Dağıtım Şebekesi: Merkezde jeotermal suyun enerjisi özel olarak dizayn edilmiş 1-1.5 °C yaklaşım sıcaklığına sahip yüksek verimli eşanjörlerle kapalı çevrimde sirküle eden temiz suya aktarılmaktadır. Şartlara göre kuyu içi eşanjörü de uygulanmaktadır.
- Jeotermal Suyun Reenjeksiyonu: Böylece rezervuar ömrü artmakta ve bor ve/veya tuzluluktan oluşabilecek muhtemel çevre kirliliğine engel olunmaktadır.

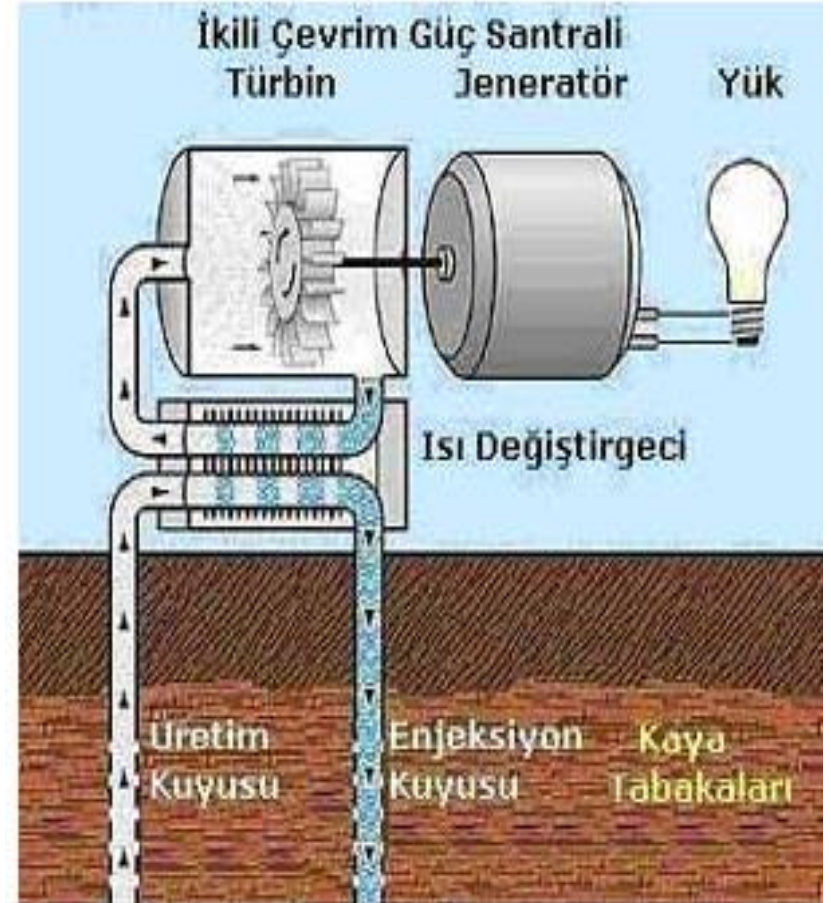
JEOTERMAL ELEKTRİK ÜRETİM SİSTEMLERİ

- Jeotermal elektrik santrallerinde kullanılan akışkanın yüksek veya orta entalpili olması gerekmektedir.
- Yüksek entalpili jeotermal akışkandan seperatörde elde edilen yüksek basınçlı buhar yanında dışarı atılan sıcak suyun daha düşük basınçta tekrar buharlaştırılmasıyla ek termal güç sağlanabilmektedir (Köse, 2002).

JEOTERMAL ELEKTRİK ÜRETİM SİSTEMLERİ

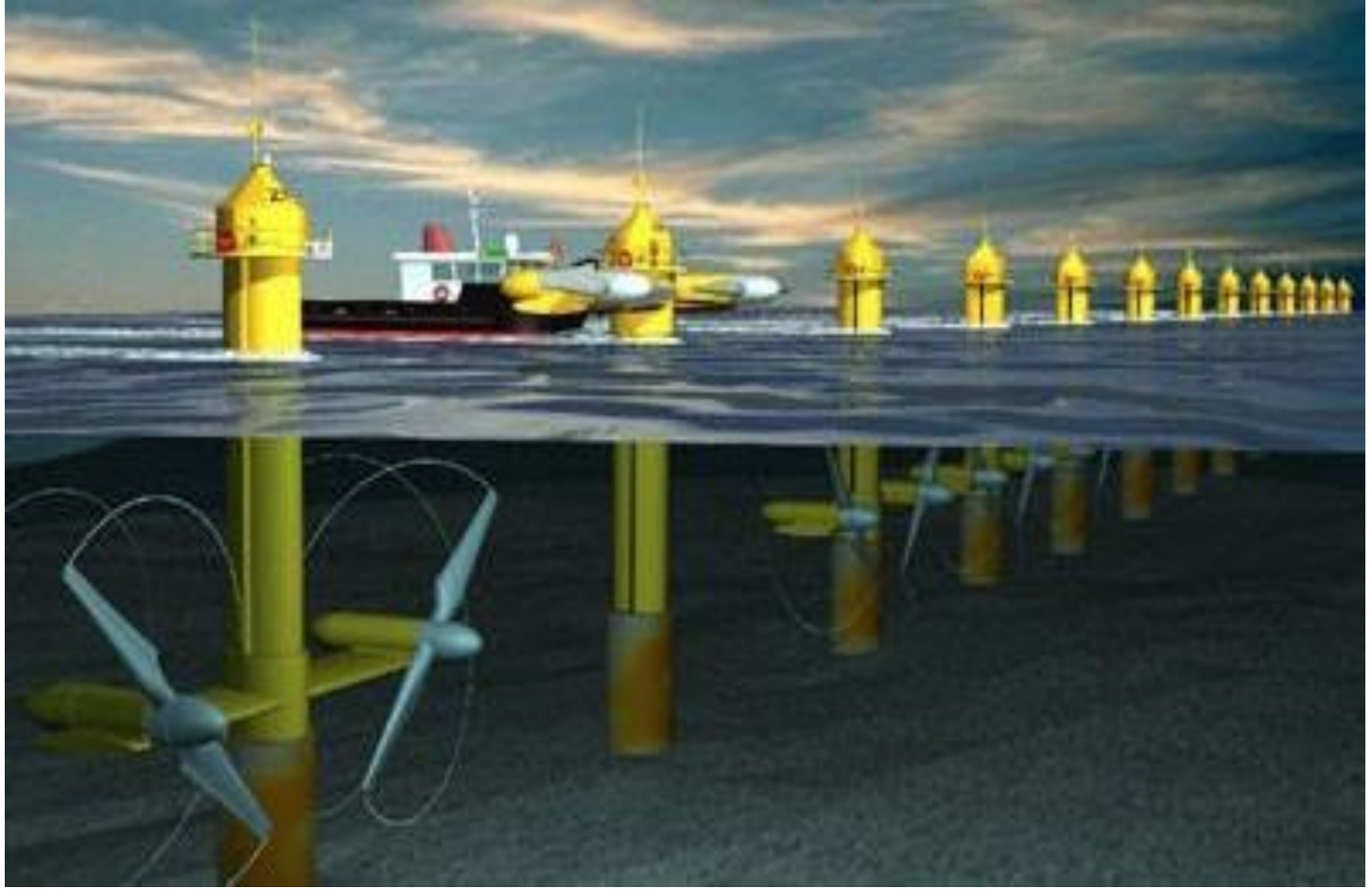
Jeotermal enerjiden ekonomik olarak elektrik üretimi aşağıdaki şartların sağlanması ile mümkündür (Köse, 2002);

- Jeotermal akışkanın yüksek sıcaklık ve entalpiye sahip olması (150°C ve 150 cal/gr dan büyük),
- Jeotermal rezervuarın ekonomik derinlikte olması (3000 m'den az derinlik),
- Rezervuar hacminin yeterli olması ($5 \times 10^9\text{ m}^3 = 5\text{ km}^3$ ' ten büyük olmalı),
- Kuyulardan yeterli akışkan üretimi için kuyularda yeterli permeabilitenin (jeotermal sızıntı, akış) olması,
- Yeter kalınlıkta örtü tabakanın bulunması ve rezervuarın meteorik sularla beslenmesi.



JEOTERMAL ENERJİDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KULLANILAN ÇEVİRİMLER

- Kondensersiz ve Kondenserli Kuru Buhar Çevrimleri
- Tek ve Çift Püskürtmeli Çevrimler
- İkincil Çevrim
- Birleşik Püskürtmeli İkincil Çevrim



GEL-GİT (MED-CEZİR) ENERJİSİ

GEL-GİT ENERJİSİ

- Dünyamızın uydusu olan Ay dünyamız etrafında dönmektedir. Ay'ın, Dünya'mızın ve Güneş'in kendilerine özgü özel çekimleri vardır. Bu çekimler sonucu Dünya'daki deniz suları Ay'ın, Dünya'nın ve Güneş'in konumuna göre yörünge dengesini sağlamak için bu çekime uyarak yükselmekte ve alçalmaktadır.
- Bu yükseliş ve alçalış tonlarca suyu kapsamına almaktadır. Bu açıklamadan yola çıkarak gel-git ve akıntı enerjisi 'gel-git veya okyanus akıntısı nedeniyle yer değiştiren su kütlelerinin sahip olduğu kinetik veya potansiyel enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesidir' diyebiliriz.

GEL-GİT ENERJİSİ

- Bilinen en büyük gel-git Kanada'daki Fundy Körfezi'nde oluşur; burada 21 metre yüksekliğe kadar kabarmalar gözlenmiştir. Dünyanın belirli kesimlerinde bu yükseliş 15 metreyi bulmaktadır.
- İngiltere'deki Thames nehrindeki bu olay 4 metreye erişmektedir. Yeryüzünde bu büyüklükte gel-gitlerin bulunduğu yaklaşık kırk bölge vardır. Bilim adamları bu güçten yararlanarak suyun yükselmesinden dolayı meydana gelen akıntıdan ve yine alçalmasından meydana gelen ters yöndeki akıntıdan yararlanmışlar ve çok büyük kapasiteli elektrik jeneratörleri kurmuşlardır.

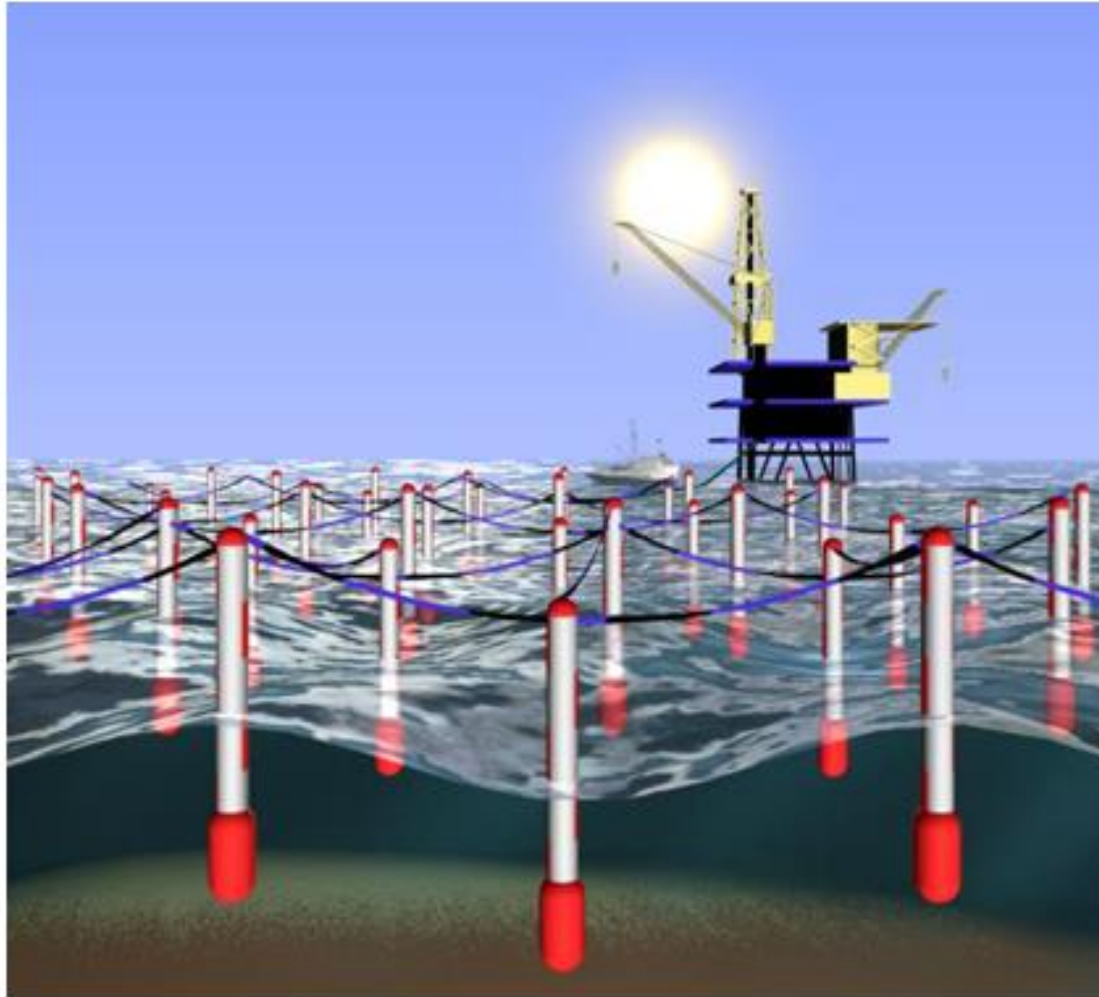
GEL-GİT ENERJİSİ

- Gel-git (Med-Cezir) enerjisinin %8–25'i faydalı hale dönüştürülebilir. Med-cezir enerjisinden yararlanmak için sahillerin okyanusa açık olması gerekmektedir. Dolayısıyla Türkiye'de bu enerjiden faydalanma imkanı yok denecek kadar azdır. Çanakkale ve İstanbul boğazlarında deniz akıntıları mevcutsa da, boğazlardaki yoğun deniz trafiği bu enerjinin kullanılma imkanını ortadan kaldırmaktadır.

GEL-GİT ENERJİSİ

Gel-gitlerden enerji elde etmek için birkaç farklı yöntem vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz.

- Körfeze boydan boya baraj veya barikat kurarak gel-gitler sıkıştırılır. Gel-git, barajın diğer tarafında yeterli su seviye farkını ürettiğinde geçitler açılır ve su türbinlere doğru akarak türbinlerin elektrik jeneratörleri vasıtasıyla elektrik üretmesi sağlanır.
- Bir diğer gel-git teknolojisi olarak da gelgit çitleri tasarlanmaktadır. Gel-git çitleri, dev turnikeleri andırır. Bu turnikeler gel-gitler meydana geldiğinde dönerek enerji üreteceklerdir. Henüz dünyanın hiçbir yerinde gelişmiş gel-git çitleri yoktur, ancak Filipinler’de bu teknoloji için planlar yapılmaktadır.
- Gel-git enerjisinden yararlanmak için tasarlanan bir diğer yöntem ise suyun altına yerleştirilecek sualtı türbinleridir. Avrupa Birliği yetkilileri Avrupa’da bu iş için uygun 106bölge tespit etmişlerdir. Ayrıca Filipinler, Endonezya, Çin ve Japonya’da gelecekte geliştirilebilecek sualtı türbini alanlarına sahiptirler.

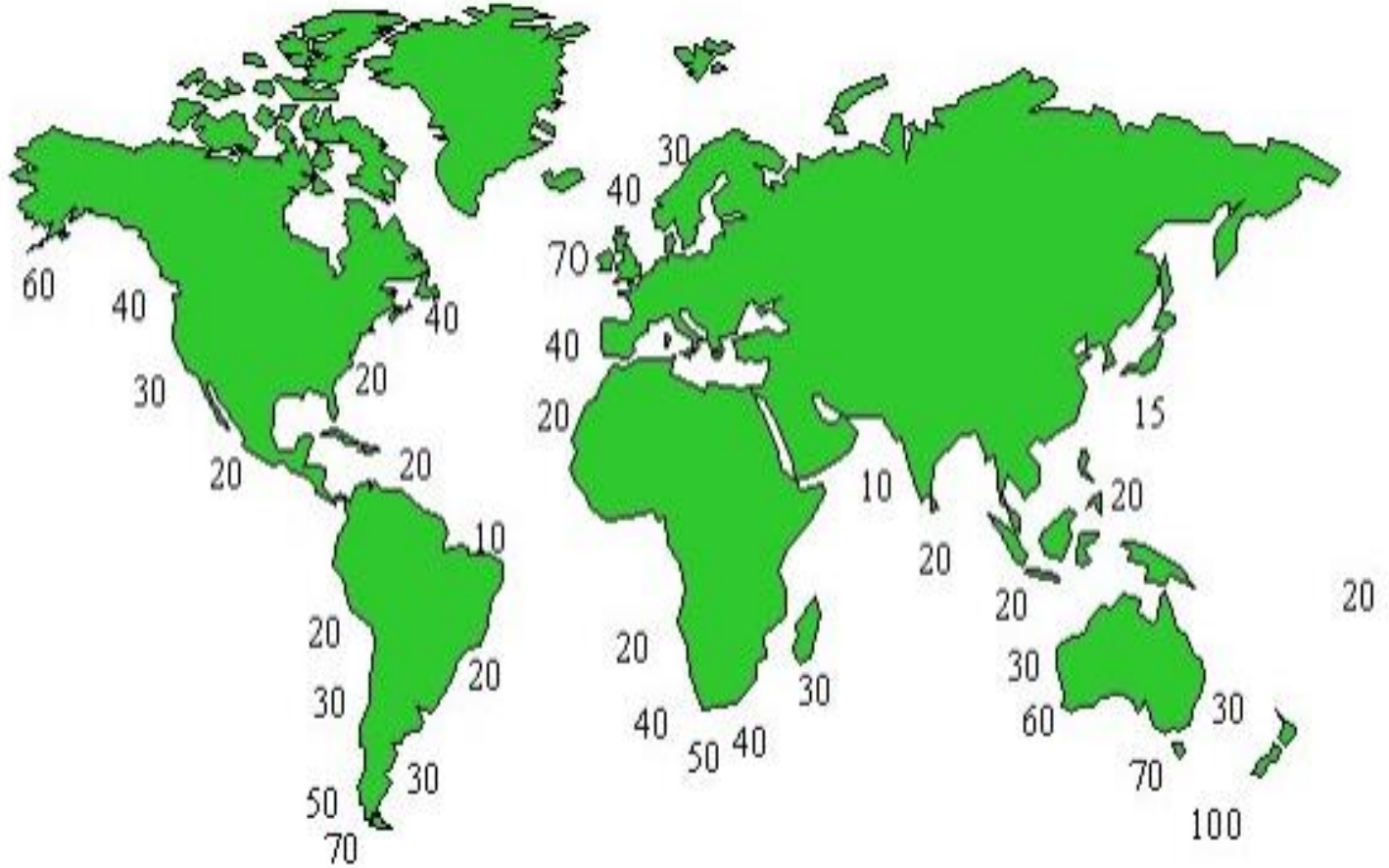


DALGA ENERJİSİ

DALGA ENERJİSİ

- Archimedes prensibi ve yerçekimi arasında ortaya çıkan büyük güç dalga enerjisidir. Dalga enerjisi en çok önerilen yenilenebilir teknolojilerden biridir. Sadece büyük bir enerji kaynağı değildir, aynı zamanda birçok yenilenebilir enerji kaynağından daha güvenilirdir. Güneş ve rüzgar zamanın %20-30'unda temin edilebilirken dalga gücü zamanın %90'ında elde edilebilir durumdadır.
- Temiz, ucuz ve doğal enerji kaynağı olan, doğal dengeyi koruyan, solunabilir temiz havayı sağlayan, ülke ekonomisine destek olan dalga enerjisi üç yanı denizlerle çevrili ülkemizde yararlanılması gereken yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir.

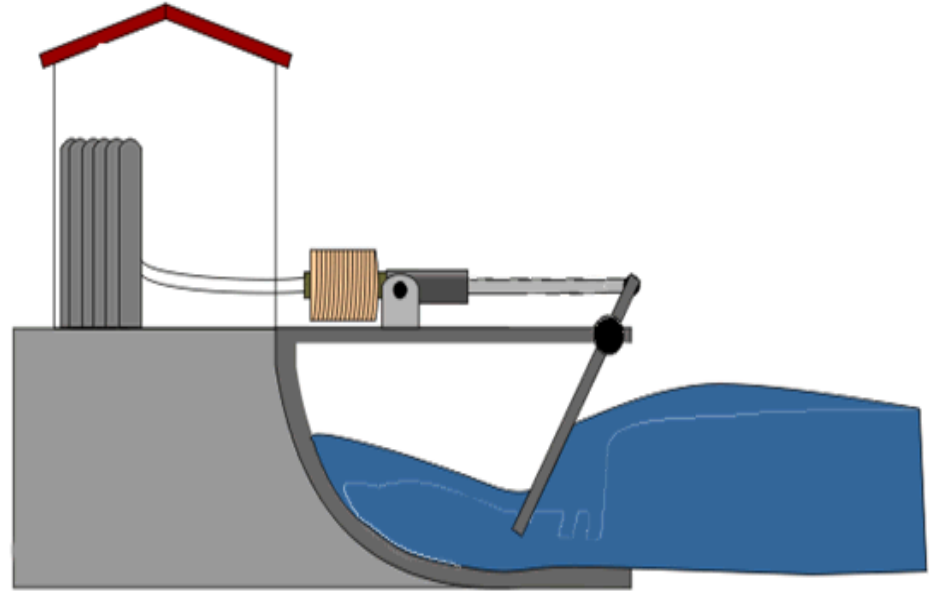
DALGA ENERJİSİ



Dalga Gücü Seviyesinin Dünyada Dağılımı (kW/m Tepe Yüksekliği) (Thorpe, 2001)

DALGA ENERJİSİ

- Dalga enerjisi dönüştürme teknolojileri kıyı boyunca, kıyıya yakın ve kıyıdan uzak bölgelerde uygulananlar olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Oluşan dalga yüksekliği ve periyodu o bölgede elde edilecek dalga enerjisinin ana unsurlarıdır. Her dalga yüksekliğinden istenilen enerjinin alınabilmesi, dalga enerjisinin önemli avantajlarından biridir. Bu nedenle dünyada dalga enerjisi elde etmek için çalışmalar hızla artmıştır (Tezcan, DALGA ENERJİSİ).



DALGA ENERJİSİNİN DÜNYA'DAKİ DURUMU

- Dünya genelinde, elektrik üretiminde dalga enerjisi potansiyeli 2000 TWh/yıl olarak tahmin edilmektedir. Dünya elektrik tüketiminin %10'nuna karşılık gelen bu değerin yatırım maliyeti 820 milyar EURO'dur (Wave Energy Utilization in Europa, 2003).
- Dünya'da ilk ticari dalga enerji tesisi Limpet 500, 2000 yılında İskoçya'nın İsla adasında kurulmuştur ve Kasım 2000'in sonlarından beri de İngiltere'nin şebekesine güç sağlamaktadır.
- Limpet 500 0,5 MW kapasiteli ve Wavegen tarafından tasarlanmış bir tesistir. Ayrıca İskoçya'nın Edinburgh Okyanus Güç Dağıtım Şirketi İslay'da küçük (200 evin gücünü karşılayacak), kıyıdan uzak uygulanan dalga enerji sistemi inşa etmiştir. Tesisin yılda 2,5 milyon kWh elektrik üretmesi hedeflenmiştir. Bu şirket ayrıca İskoçya'nın desteği ile toplam kapasitesi 700 MW olan 900 cihazı kurarak 2,5 milyon kWh/yıl'dan fazla üretim yapmayı planlamaktadır (Pelc et al., 2002).

DALGA ENERJİSİNİN TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

- Türkiye'de Marmara denizi dışında açık deniz kıyıları 8210 km'yi bulmasına rağmen dalga rasatları ve bunlara ilişkin ölçüm verileri yoktur. Dalga cephesinin gücü, Akdeniz kıyıları için ortalama 13 kW/m olarak verilmektedir.
- Türkiye dışında Akdeniz'de yapılmış ölçümler, bu gücün yıl boyu 8,4-15,5 kW/m arasında değiştiğini göstermiştir. İç denizlerde daha da düşebilmektedir. Türkiye kıyılarının beşte birinden yararlanılarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli 18,5 milyar kWh olarak kestirilmektedir. Ancak dalga enerjisinin kullanılması, Türkiye'nin gündemine henüz girmemiştir (Tezcan, DALGA ENERJİSİ).

DALGA ENERJİSİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

- Bu sistemler hidrodinamik çevre üzerinde etkili olabilmektedir. Özellikle sedimentlerin akış yollarının değişmesine neden olabilirler. Dalga ve akımlardaki değişim yüzeye yakın yaşayan türleri doğrudan etkiler. Bu durum dikkatli yer seçimi gerektirmektedir (Wave Energy).
- Özellikle kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalarda Wells türbinlerinden kaynaklanan gürültü kirliliği söz konusu olabilir. Bu yüzden yapılar ses geçirmez özellikte olmalıdır.
- Kıyıdan uzak uygulamalar denizcilik için tehlike oluşturabilirler. Ancak, uygun görsel ve radar uyarı sistemlerinin enerji sistemine yerleştirilmesi ile tehlike azaltılabilir.
- Kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalar estetiksel açıdan olumsuz etki yaratabilir. Ayrıca kıyıya ve şebekeye elektrik iletim hatları da birtakım çevresel ve estetiksel etkiler yaratabilir.
- Su yüzeyinin büyük bir kısmının dalga enerji sistemleri ile kaplanması deniz yaşamına zarar verirken, aynı zamanda atmosferle teması engellediği için daha büyük etkiler de yaratabilir (Pelc, 2002).
- Dalga enerji tesisleri, dalgakıran gibi davrandığı için denizi durgunlaştırır. Bu birçok limanda istenen etki olmasına rağmen denizin üst tabakasının karışımını yavaşlatması deniz yaşamını ve balıkçılığı ters yönde etkiler. Bu olay yüzeyin çok altında yaşayan balıkları doğrudan etkilemese de azalan karışımdan dolayı yüzeydeki üretim değişir ve otçul popülasyonun yiyecek temini azalır (Pelc, 2002).

DALGA ENERJİSİNİN OLUMLU ETKİLERİ

- Temiz ve sonsuz bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Denize bıraktığı hiçbir fiziksel, kimyasal ve organik kirleticisi yoktur. Ancak sistemlerin inşası sırasında bir miktar emisyon açığa çıkmaktadır.
- Dalga enerji sistemleri durgun su oluştururlar ve böylece kano ve dalma gibi su sporları yapılabilir.
- Birçok ülkede denizlerdeki canlıların saklanabileceği ve üreyebileceği yerler oluşturmak için ekonomik ömrü dolmuş gemiler batırılarak, barınaklar oluşturmaktadır. Dalga enerji sistemleri çeşitli deniz canlıları için yapay bir habitat oluşturur ve deniz içinde değişik türdeki canlı popülasyonlarının gelişmesini destekleyebilir.
- Ayrıca, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltacak yüksek bir potansiyele sahiptir ve aynı zamanda çevresel olarak daha zararsızdır.
- Deniz üzerinde kurulduğu için tarım alanlarının korunmasını sağlar, ormanların kesilmesini önleyerek ekolojik dengeye olumlu yönde katkı sağlar.



BİYOKÜTLE ENERJİSİ

BİYOKÜTLE VE TEKNOLOJİLERİ

- **Biyokütle**, yaşayan ya da yakın zamanda yaşamış canlılardan elde edilen fosilleşmemiş tüm biyolojik malzemenin genel adıdır. Biyokütle, bir enerji kaynağıdır ve endüstriyel anlamda biyokütle, bu biyolojik maddelerden yakıt elde edilmesi ya da diğer endüstriyel amaçlarla kullanılması ile ilgilidir. Yaygın olarak, biyoyakıt elde etmek amacı ile yetiştirilen bitkiler ile lif, ısı ve kimyasal elde etmek üzere kullanılan hayvansal ve bitkisel ürünleri ifade eder.
- Biyokütleler, bir yakıt olarak yakılabilen organik atıkları da içerir. Buna karşın, fosilleşmiş ve coğrafi etkilerle değişikliğe uğramış, kömür, petrol gibi organik maddeleri içermez. Genellikle kuru ağırlıkları ile ölçülürler.

BİYOKÜTLE VE TEKNOLOJİLERİ

- Dünya üzerinde yer alan biyokütlenin yaklaşık %90'ının ormanlardaki gövdeler, dallar, yapraklar ve döküntü maddeleri ile yaşayan hayvanlar ve mikroorganizmalardan oluştuğu ve dünya ormanlarının yıllık net biyolojik üretiminin yaklaşık 50×10^{19} ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu üretim miktarı; ziraat alanları, çayırliklar, otlaklar, stepler, tundralar ve geri kalan vejetasyon formlarında fotosentez ile oluşan bütün birincil biyokütle miktarlarından daha fazladır (Saraçoğlu, 2006).

BIYOKÜTLE ENERJİSİ

- Biyokütleden elde edilen enerjiye ise biyokütle enerjisi denilmektedir. Biyokütle enerjisini klasik ve modern anlamda olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür.
- Birincisi; konvansiyonel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıklarından (tezek gibi) oluşur.
- İkincisi yani modern biyokütle enerjisi ise; enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır. Günümüzde enerji tarımı adını verdiğimiz bir tarım türü oluşmuştur. Bu tarım türünde C4 adı verilen bitkiler (Şeker kamışı, mısır, tatlı darı, vb.) yetiştirilmektedir. Bu bitkiler suyu ve karbondioksiti verimli kullanan, kuraklığa dayanıklı verimi yüksek bitkilerdir.

BİYOKÜTLE ENERJİSİ

- Biyokütleden, enerjinin yanı sıra, mobilya, kağıt, yalıtım maddesi yapımı gibi daha bir çok alanda yararlanılmaktadır. Enerji olarak kullanılmasında ise, katı, sıvı ve gaz yakıtlar elde etmek için çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır.
- Biyo-etanol, biyo-gaz, biyo-dizel gibi yakıtların yanı sıra, yine biyokütleden elde edilen, gübre, hidrojen, metan ve odun briketi gibi daha birçok yakıt türü saymak mümkündür. Bu yakıtların elde edilmesinde termokimyasal ve biyokimyasal olarak sınıflanabilen yeni teknikler geliştirilmiş ve yıllar içinde verimlilikleri artırılmıştır.
- Önümüzdeki yıllarda bu teknolojilerde yeni gelişmelerin yanında, yalnız biyokütle kaynağıyla çalışan büyük termik santrallerin yapımı planlanmaktadır. İsveç ve Finlandiya gibi ülkelerde bölgesel biyokütle santralleri ile elektrik üretimi yapılmakta olup yeni santrallerin yapımı sürmektedir.

BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Halen elde edilmekte olan biyokütle enerjisinin;

- % 64'ü orman bakım ve üretim çalışmalarında ortaya çıkan ince çaplı materyaller, orman endüstrisinde oluşan talaş ve yongalar, kullanılmayan (hurda) odunlar olmak üzere, orman ve odun atıklarından,
- % 24'ü belediye katı atıklarından (çöplerden),
- % 5'i tarımsal bitki ve artıkları, sert meyve kabukları (zeytin çekirdeği ve posası, fındık v.b. kabukları) gibi tarımsal atıklardan,
- % 5'i ise deponi gazlardan (çöp gazı) üretilmektedir (OGM, 2009).

BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Biyokütle	Çevrim Yön.	Yakıtlar	Uygulama alanları
• Orman artıkları	Havasız Çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi, ısınma
• Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma, ulaşım araçları
• Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Isınma
• Hayvansal atıklar	Fermantasyon, havasız çürütme	Metan	Ulaşım araçları, ısınma
• Çöpler (organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
• Algler	Hidroliz		Sentetik yağ Roketler
• Enerji ormanları	Biyofotoliz	Motorin	Ürün kurutma
• Bitkisel ve Hayvansal yağlar	Esterleşme reaksiyonu	Motorin	Ulaşım araçları, ısınma, seracılık

Biyokütle kaynakları kullanılan çevrim teknikleri, bu teknikler kullanılarak elde edilen yakıtlar ve uygulama alanları

TÜRKİYE'NİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

- Türkiye'nin orman alanı %27 oranı ile 20,7 milyon hektar alan kapsamaktadır. Orman alanlarının tamamı verimli orman niteliğinde olmayıp, ürün verebilen orman alanı 9,9 milyon hektar (%48) dır.
- Geriye kalan 10,8 milyon hektar (%52) orman alanı ise verim gücü düşük ormanlardan ya da tamamen verimsiz bozuk, makilik ve çalılıklardan oluşmaktadır. Ülkemizde orman varlığının %31'ine karşılık gelen 6,4 milyon hektarlık alan baltalık (normal, bozuk, çok bozuk) ormandır. Bunun 4 milyon hektarlık çok bozuk baltalık orman alanının enerji ormancılığına konu olabileceği söylenebilir (Saraçoğlu, 2001).

TÜRKİYE'DE ODUN ÜRETİM MİKTARI



Orman Bölge Müdürlükleri Bazında Biyokütleyle Konu Edilebilecek Odun Üretim Miktarı (m³) (Orman Genel Müdürlüğü)

TÜRKİYE'NİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ

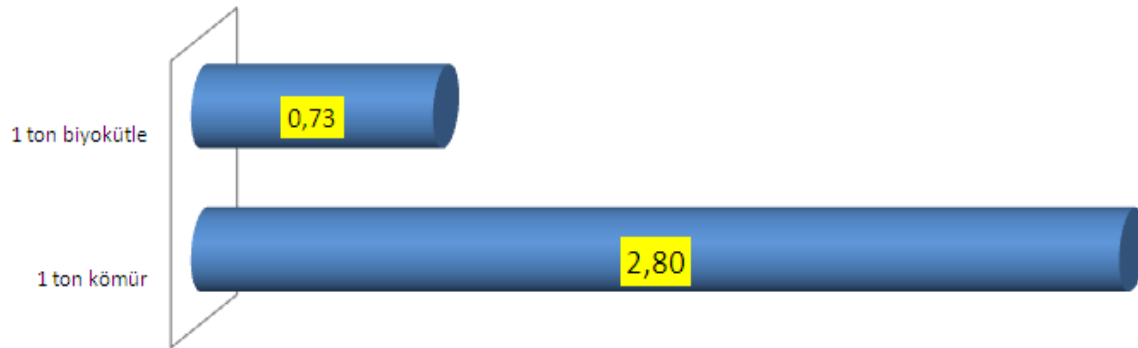
- Türkiye'de yılda 50-65 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) tarımsal atık ve 11,05 MTEP hayvansal atık üretilmesine rağmen, üretilen bu atıkların sadece %60'ı enerji üretimi için kullanılabilir niteliktedir.
- Bu tarımsal ve hayvansal atıklardan elde edilecek enerjinin, Türkiye'nin yıllık enerji tüketiminin %22-27'sine eşit olduğu bilinmektedir (Doğan, 2000). Buna rağmen ülkemizde enerji politikalarında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ve bu konularda teknolojiler geliştirmek yerine, enerji ihtiyacını ithalatla karşılama yoluna gidilmektedir (Karayılmazlar ve ark., 2011).

TÜRKİYE'DEKİ BAZI BİYOKÜTLE SANTRALLERİ

Tesis Adı	Yeri	Yakıt Cinsi	Isıl Kapasite (MW)	Üretilen Elektrik Miktarı (MW)	Yakıtın ort.alt ısı değeri (Kcal/kg)	Yakıt Tüketimi (kg/h)	Yapım Yılı
Paymar Yağ Sanayi A.Ş.	Hatay	Pamuk şifti, Asitli yağ, Kömür	8,3	-	2.500	3.800	2006
Trakya Birlik A.Ş.	Bursa	Ayçiçeği kabuğu, Kömür	5,5	-	2.800	2.140	2004
Çaykur-Pazar Çay Fabrikası	Rize	Çay çöpü, Kömür	10,4	-	2.000	5.650	2006
Akfa Çay Fabrikası	Giresun	Çay çöpü, Kömür	10,4	-	2.000	5.650	2007
Meray Yağ Fabrikası	Merzifon	Ayçiçeği kabuğu, Kömür	6,9	-	2.800	2.650	2008
Vezirköprü Orman Ürünleri	Samsun	Ağaç kabuğu, Talaş, Zımpara tozu, Kömür	2 x 12,5	-	3.200	2 x 4.100	2008
Oyka Kağıt Ambalaj A.Ş.	Çaycuma	Ağaç kabuğu, Talaş, kek, Kömür, Doğalgaz	28	6	3.200	8.850	2008
Gitaş Yağ Fabrikası	Konya	Ayçiçeği kabuğu, Kömür	6,6	-	2.800	2.250	2009
Marmara Tarımsal Yağ Fabrikası	Bandırma	Ayçiçeği kabuğu, Kömür	8,4	-	2.800	3.210	2007
Bat Oil Factory	Gürcistan	Ayçiçeği kabuğu	8,4	-	2.800	3.210	2008

BİYOKÜTLENİN AVANTAJLARI

- Hemen her yerde yetiştirilebilmesi
- Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi
- Her ölçekte enerji verimi için uygun olması
- Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması
- Depolanabilir olması
- 5-35 °C arasında sıcaklık gerektirmesi
- Sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması
- Çevre kirliliği oluşturmaması



1 Ton Biyokütle ile 1 ton Kömürün CO₂ Salınımları (ton) (Orman Genel Müdürlüğü)

ŞEHİR ÇÖPLERİNDEN BİYOGAZ ÜRETİMİ VE ÇÖPLÜK TESİSLERİ

- Ülkemizde yıllık kişi başına çöp miktarı 250-400 kg'dır. Bu değere göre yılda ortalama 28 milyon ton çöpün % 95'i çöplüklerde birikmektedir. Çöplüklerin biyogaz üretilebilir şekilde düzenlenmesiyle 1 ton çöpten 15-20 yıllık bir süreçte 150-200 m³ gaz üretilebilecektir. Buna göre 1 ton çöpten yılda yaklaşık 10 m³ biyogaz ve ülkemizdeki toplam çöplerden 266 milyon m³ biyogaz üretilebilecektir (Köse,2002).
- Çöplük tesislerinden üretilen biyogazın birleşimi % 40-50 metan (CH₄) % 35-40 CO₂ ve % 5-10 N₂ ve gazın alt ısı değeri ise 3450 kcal/Nm³ olmaktadır (Köse, 2002).

TÜRKİYE'DE BULUNAN BAZI TESİSLER

- Bursa Demirtaş çöp sahasından biyogaz üretimi
- Mamak çöp sahasından elektrik üretimi
- Konya çöp sahasından elektrik üretimi
- Afyon çöp sahasından elektrik üretimi
- Bolu çöp sahasından elektrik üretimi
- Kemerburgaz çöp sahasından elektrik üretimi vb.



HİDROELEKTRİK ENERJİ

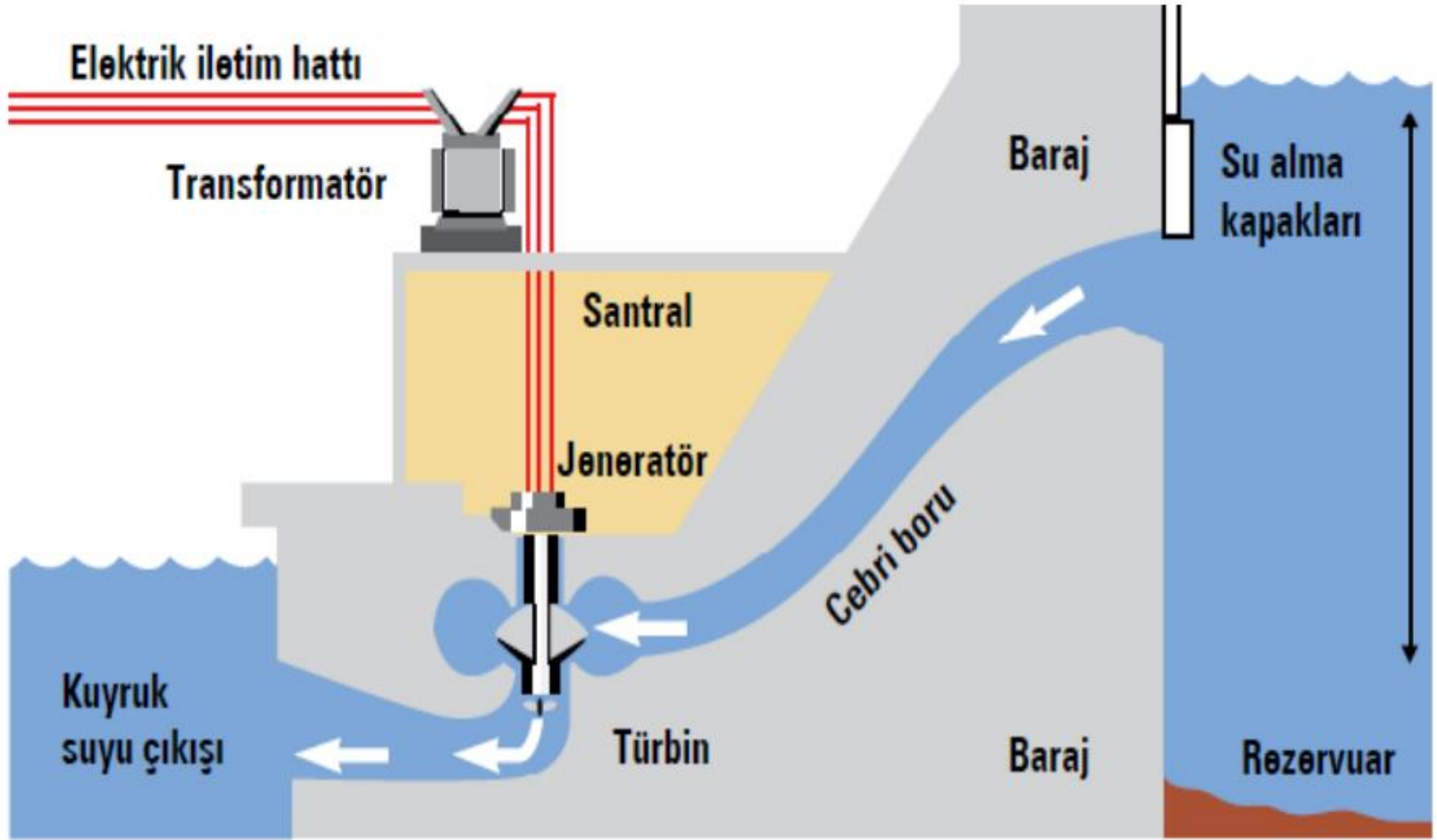
HİDROELEKTRİK ENERJİ

- Hidroelektrik enerji; suyun basınç ve hız etkisinden faydalanarak su türbinleri vasıtası ile mekanik enerji elde edilmesidir.
- Hidrolik su enerjisi tarih öncesi devirlerden bu yana insanlar tarafından su çarkları ve su değirmenlerinde kullanılmıştır. 19. y.y.'dan itibaren su türbinleri geliştirilerek, günümüzde modern su türbinleri ile suyun hidrolik gücü daha yüksek verimle mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Köse, 2002).

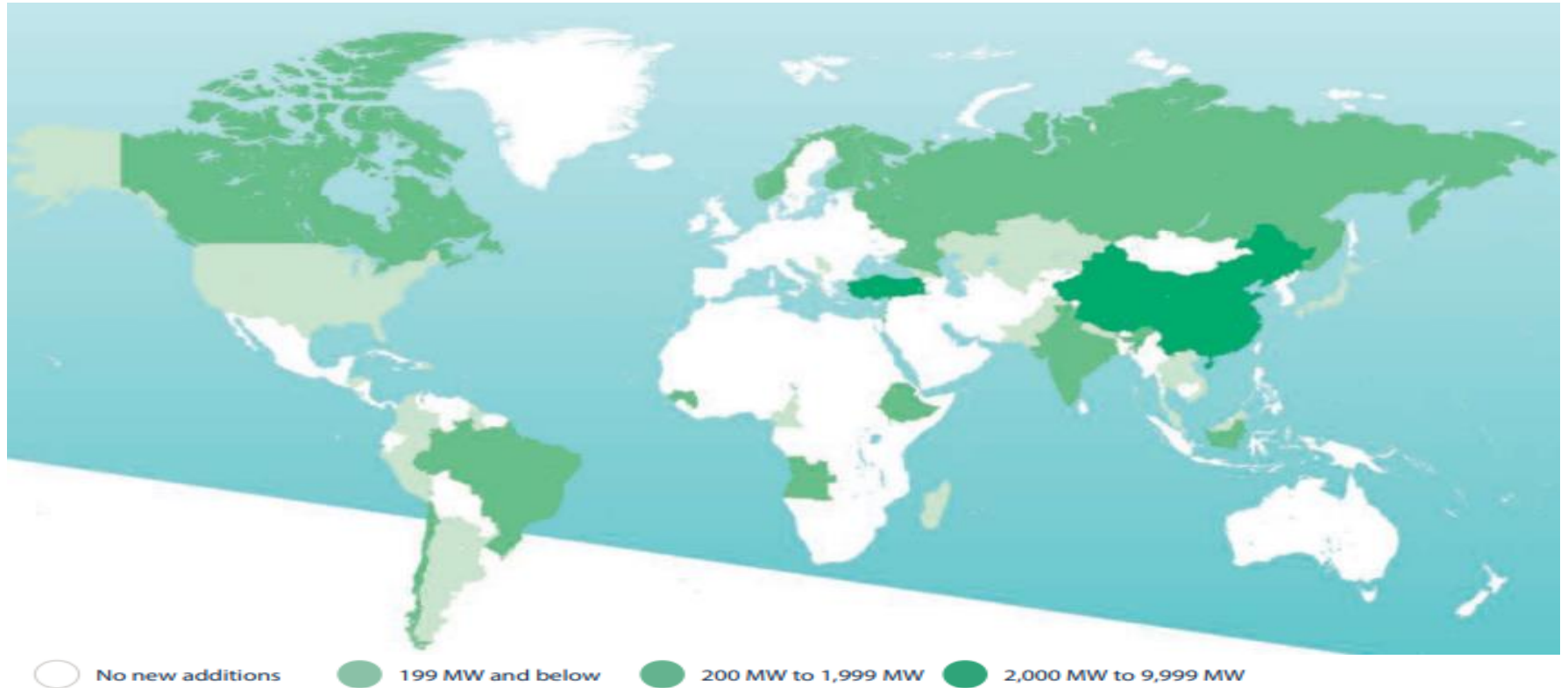
HİDROELEKTRİK ENERJİ

- Deniz, göl veya nehirlerdeki sular, güneş enerjisi ile buharlaşmakta, oluşan su buharı rüzgârın etkisiyle de sürüklenerek atmosferik şartlarda yoğunlaşarak yağmur veya kar halinde yeryüzüne yağış olarak düşmekte ve nehirleri beslemektedir.
- Böylelikle hidroelektrik enerji, kendini sürekli yenileyen bir enerji kaynağı olmaktadır. Hidroelektrik enerji üretimi ise suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanmaktadır.

HİDROELEKTRİK ENERJİ



2020 Yılında Hidroelektrik Kapasitesini Artıran Ülkeler



Ranking	Country	Capacity added (MW)
1	China	13,760
2	Turkey	2,480
3	India	478
4	Angola	401
5	Russia	380
6	Norway	324
7	Israel	300
8	Canada	275
9	Ethiopia	254
10	Indonesia	236
11	Guinea	225
12	Brazil	213

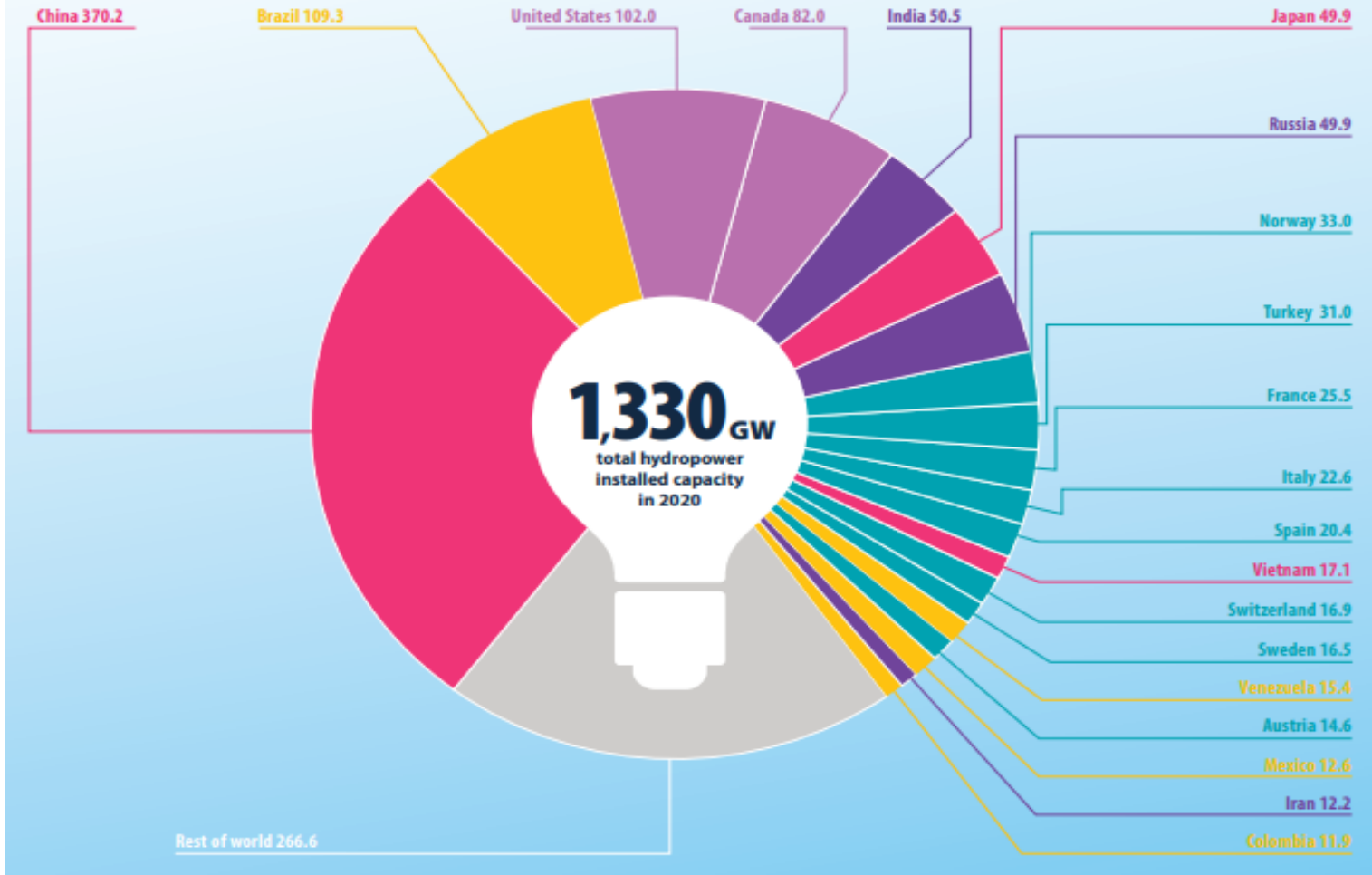
Ranking	Country	Capacity added (MW)
13	Chile	205
14	Albania	197
15	Georgia	178
16	Laos	176
17	Dominican Republic	123
18	Japan	111
19	Honduras	108
20	Pakistan	102
21	Malaysia	101
22	Viet Nam	80
23	Nepal	74
24	Uzbekistan	71

Ranking	Country	Capacity added (MW)
25	Cameroon	30
26	Argentina	30
27	Madagascar	28
28	Kazakhstan	26
29	Serbia	25
30	United States	24
31	Colombia	24
32	Finland	6
33	Thailand	3
34	Peru	2
35	Guyana	2

- 2020'de otuz beş ülkede hidroelektrik kapasitesinde artış olmuştur, toplam kapasite 21 GW artmıştır.
- Kurulu kapasitede bireysel artışın en yüksek olduğu ülkeler Çin (13,8 GW artış) ve Türkiye (2,5 GW artış) oldu.

DÜNYA'DA HİDROELEKTRİK ENERJİ

Hydropower installed capacity in 2020



TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİ

- Ülkemiz teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sıdır.
- Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidrolik kaynaklarımızın teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel ise 160 milyar kWh/yıl'dır.

TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİ

- 2018 yılında hidroelektrik kaynaklı 59,9 milyar kWh elektrik üretilmiştir. 2019 Ağustos sonu itibariyle hidrolik kaynaklı elektrik üretimi 68.452 GWh değerine ulaşmıştır.
- 2018 yıl sonu itibarıyla, işletmede bulunan 28.291 MW'lık kurulu güce sahip 653 adet HES Türkiye toplam kurulu gücünün %31,9'una karşılık gelmektedir. 2019 Ağustos sonu itibariyle hidroelektrik kurulu gücü 28.437 MW değerine ulaşmıştır.

(Kaynak: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı)

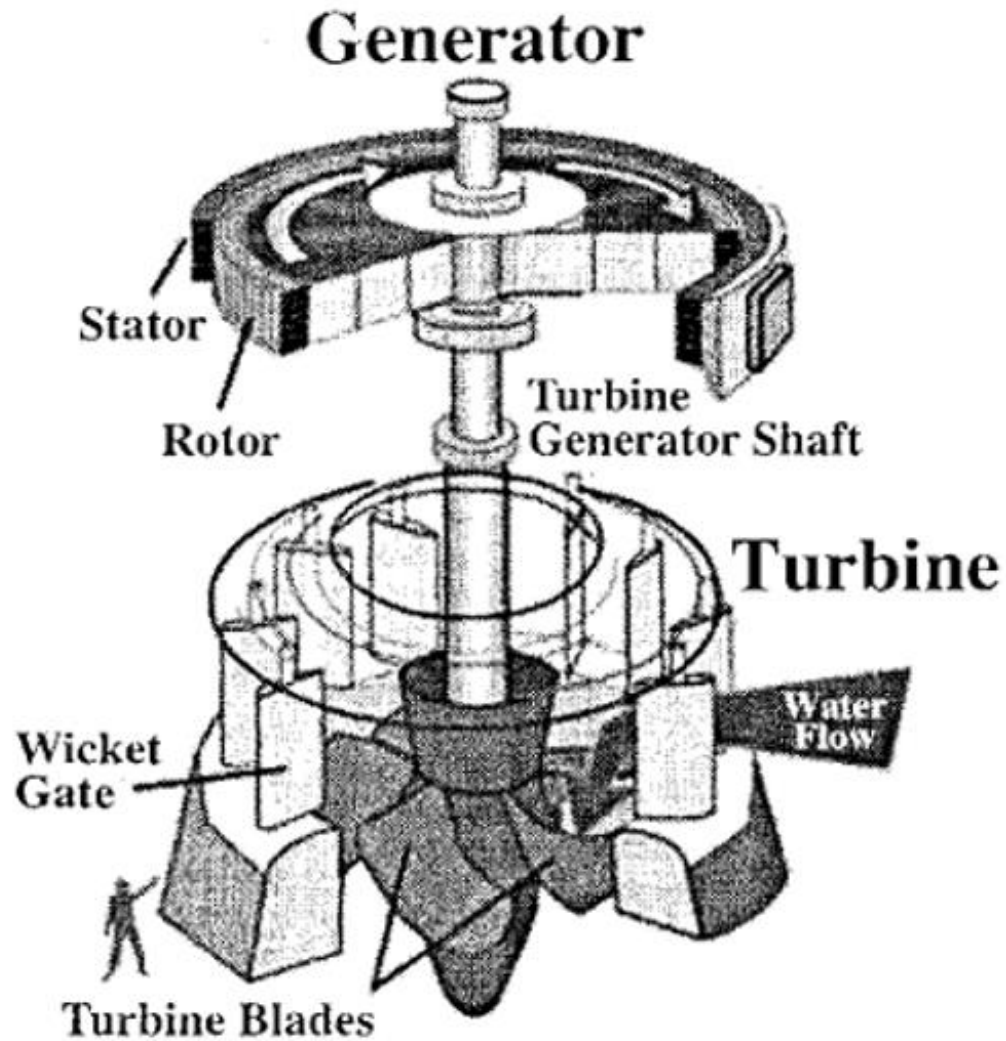
HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE KULLANILAN TÜRBİNLER

- Hidroelektrik santrallerde kullanılan türbinlerin bir çok çeşidi vardır. Türbinler; **impuls** ve **reaksiyon** türbinler olarak iki kategoride toplanmaktadır. İmpuls türbinler de kendi aralarında; Pelton, Turgo, Çaprazakış, ve multi-jet Pelton olmak üzere dört kategoride incelenmektedir. Reaksiyon türbinleri de kendi aralarında; Francis, Pervaneli ve Kaplan türbinleri olmak üzere üç ayrı grupta incelenmektedir.

HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE KULLANILAN TÜRBİNLER

- Türbinler su yüksekliğine ve debisine göre tasarlanmaktadır.
- Yüksek su düşülü projelerde Turo veya Pelton türbinleri seçilirken, orta yükseklikteki kaynaklar için; çapraz akış, multi-jet veya Francis türbinleri tercih edilmektedir. Düşük su düşüsüne sahip kaynaklar için çapraz-akış, pervaneli veya Kaplan su türbinleri tercih edilmektedir. Çapraz akışlı türbinler de Pelton ve Turgo'dan farklı olarak yatay şaftlı türbinlerdir. Çok yüksek düşük debili düşülerde çapraz-akışlı türbinlerin özel uygulaması olan Ossberger türbinleri tercih edilmektedir.

SU TÜRÜNİ BİLEŞENLERİ



HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN SINIFLANDIRILMASI

Hidroelektrik Santral		Gücü (kW)
Büyük H.E.S.	>	10.000
Küçük H.E.S.		1001-10.000
Mini H.E.S.		101-1000
Mikro H.E.S.	≤	100

HİDROELEKTRİK SANTRAL TESİSLERİ

1. Depolamalı, yani yapay göllü (barajlı) veya tabii göllü santraller,
2. Depolamasız kanal veya nehir üzerine inşa edilmiş santraller şeklindedir.

Bu santraller aşağıdaki kısımlardan oluşurlar

- Baraj gövdesi ve su alma tesisleri
- Su iletim tesisleri (kanal, tünel, cebri boru gibi)
- Santral binası ve tesisleri (türbin, jeneratör, kontrol ünitesi)
- Santral akış suyu tesisleri ile boşaltma su tesisleri

BÖLÜM 5 – NÜKLEER ENERJİ



NÜKLEER ENERJİ

- Nükleer enerji, atomun çekirdeğinden elde edilen bir enerji türüdür. Kütlenin enerjiye dönüşümünü ifade eden, Albert Einstein'a ait olan $E=mc^2$ formülü ile ilişkilidir.
- Bununla beraber, kütle-enerji denklemi, tepkimenin nasıl oluştuğunu açıklamaz, bunu daha doğru olarak nükleer kuvvetler yapar. Nükleer enerjiyi zorlanmış olarak ortaya çıkarmak ve diğer enerji tiplerine dönüştürmek için nükleer reaktörler kullanılır.

NÜKLEER ENERJİ

Nükleer enerji, üç nükleer reaksiyondan biri ile oluşur:

Füzyon: Atomik parçacıkların birleşme reaksiyonu.

Fizyon: Atom çekirdeğinin zorlanmış olarak parçalanması.

Yarılanma: Çekirdeğin parçalanarak daha kararlı hale geçmesi. Doğal (yavaş) fisyon (çekirdek parçalanması) olarak da tanımlanabilir.

- Nükleer enerji, 1896 yılında Fransız fizikçi Henri Becquerel tarafından kazara, uranyum maddesinin fotoğraf plakaları ile yan yana durması ve karanlıkta yayılan X-Ray ışınlarının farkedilmesi ile keşfedilmiştir (wikipedia.org).

NÜKLEER ENERJİ

- Nükleer enerjinin elde edilmesi sırasında çeşitli maddeler açığa çıkmaktadır.
- Bunları; sıcaklık (termonükleer üniteyi çalıştırır), uranyum olmayan reaktör maddeleri, uranyum bileşikleri (bunlar sonradan işlenebilir), atıklar, parçalanma ürünleri ve radyasyon olarak sıralamak mümkündür (Temurçin ve Aliagaoglu, 2003).

NÜKLEER ENERJİ NEDEN ÖNEMLİDİR?

Nükleer enerjiyi önemli kılan parametreleri kısaca özetlemek gerekirse;

- 1 kg Nükleer Yakıt aynı miktardaki kimyasal yakıttan 100 milyon kat daha fazla enerji içerir
- Çevre dostu ve çevreye zararlı emisyonlar içermez (CO₂)
- Binlerce yıl tükenmeyecek yakıt mevcut

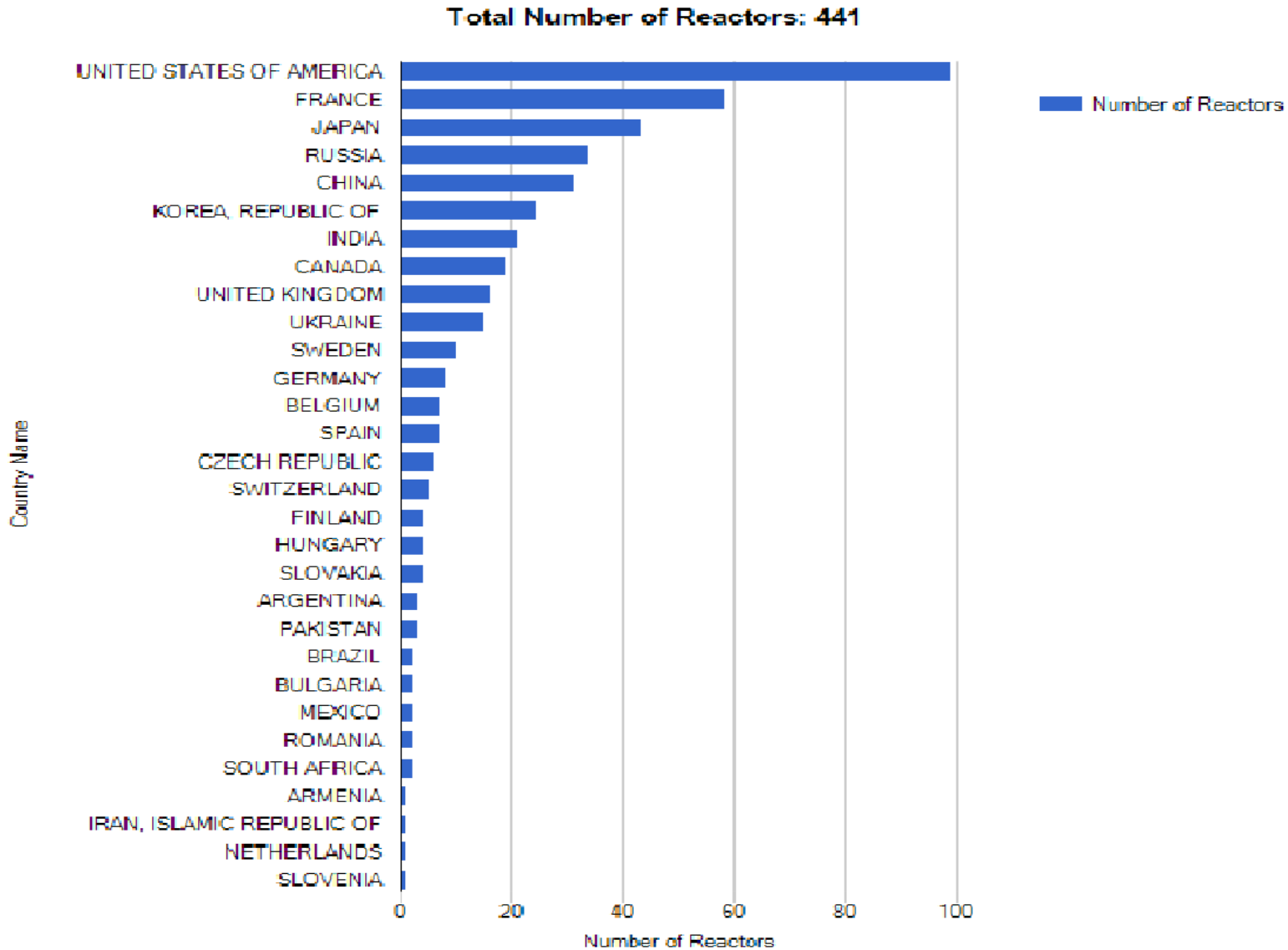
NÜKLEER ENERJİ

- Nükleer Enerji; Dünya'nın gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerinde, planlamacıların ısrarla üzerinde durdukları ciddi bir seçenek olmayı sürdürmektedir.
- Bütün karşıt görüşlere rağmen Dünya'da nükleer santrallere olan eğilim artmaktadır. 1998 yılı sonunda dünya çapında 434 adet olan nükleer santrallerin sayısı 2003 yılı sonunda 440 olmuştur. Bunun en güzel örneğini Fransa, İsveç ve Belçika'da görmekteyiz. Fransa elektrik enerjisinin %76'sını nükleer santrallerden sağlamaktadır.

NÜKLEER ENERJİ

- Bugün Avrupa'da nükleer santraller her ne kadar durmuş veya kapatılıyor gibi gözükse de nükleer santrallerden elde edilen enerji göz ardı edilemeyecek kadar fazladır.
- Bugün Avrupa'da elektriğin %35'i nükleer santrallerden sağlanmaktadır. Dünya'da üretilen elektrik enerjisi miktarının %17'si nükleer santrallerden üretilmektedir. Bir başka deyişle yanan her 5 lambadan birinin enerjisi nükleer güç reaktörlerinden sağlanmaktadır.
- Mevcut işletmede bulunan nükleer santrallerin sayısı da hiç azımsanacak kadar değildir. 440 adet nükleer santral 31 ülkede faaliyet göstermektedir. Bu ülkelerin basını 1. sıra ile Amerika çekmektedir. Amerika'da nükleer enerjinin toplam üretilen enerjiye katkısı % 20'dir. Gerek duyulduğu takdirde nükleer santral inşa etmeğe de yasaları müsaittir (Serteller, 10. Enerji Kongresi).

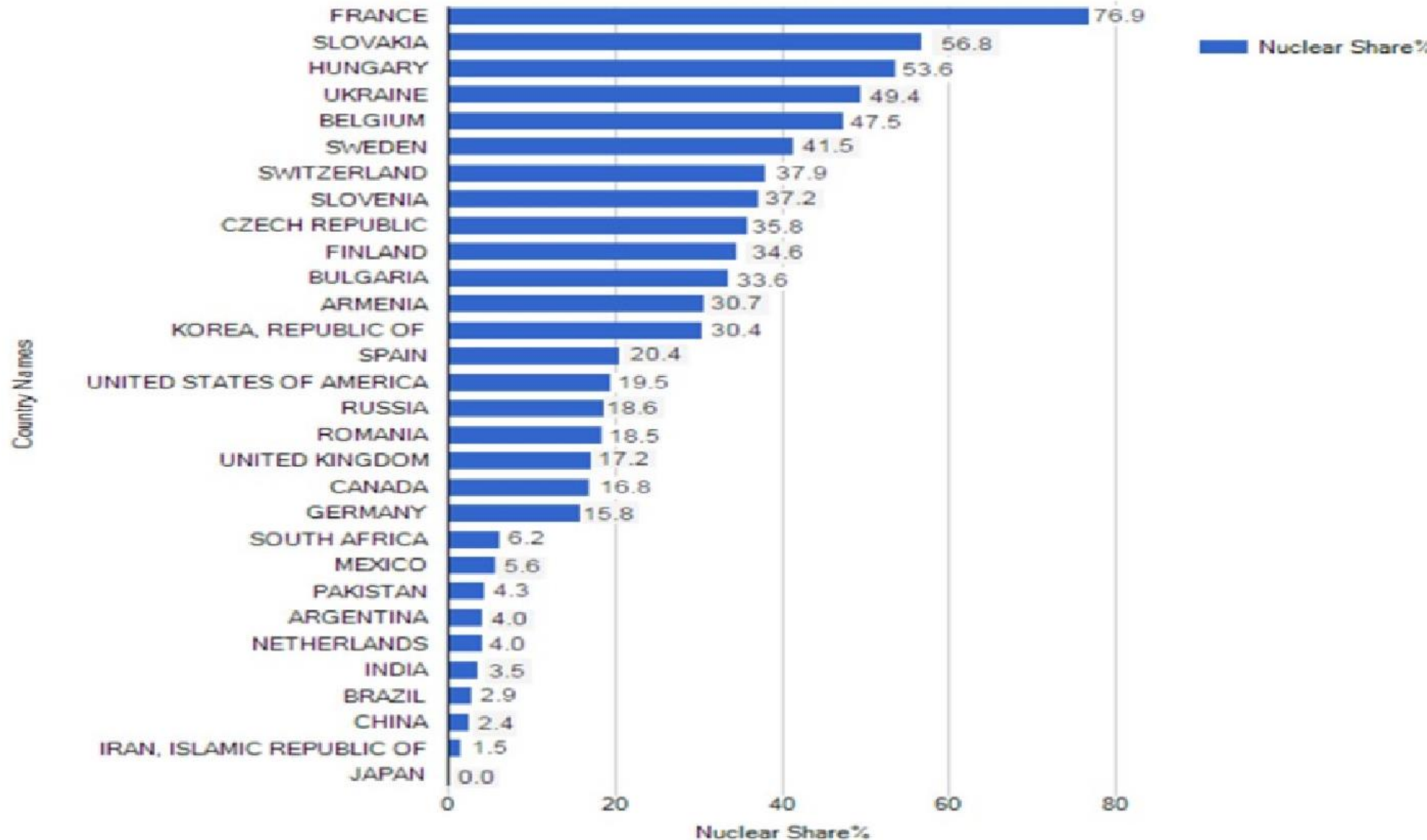
DÜNYA'DA İŞLETMEDE OLAN NÜKLEER SANTRALLER



(Kaynak: International Atomic Energy Agency)

ÜLKELERİN ELEKTRİK İHTİYAÇLARINDA NÜKLEERİN PAYI

Nuclear Share of Electricity Generation in 2014



IAEA

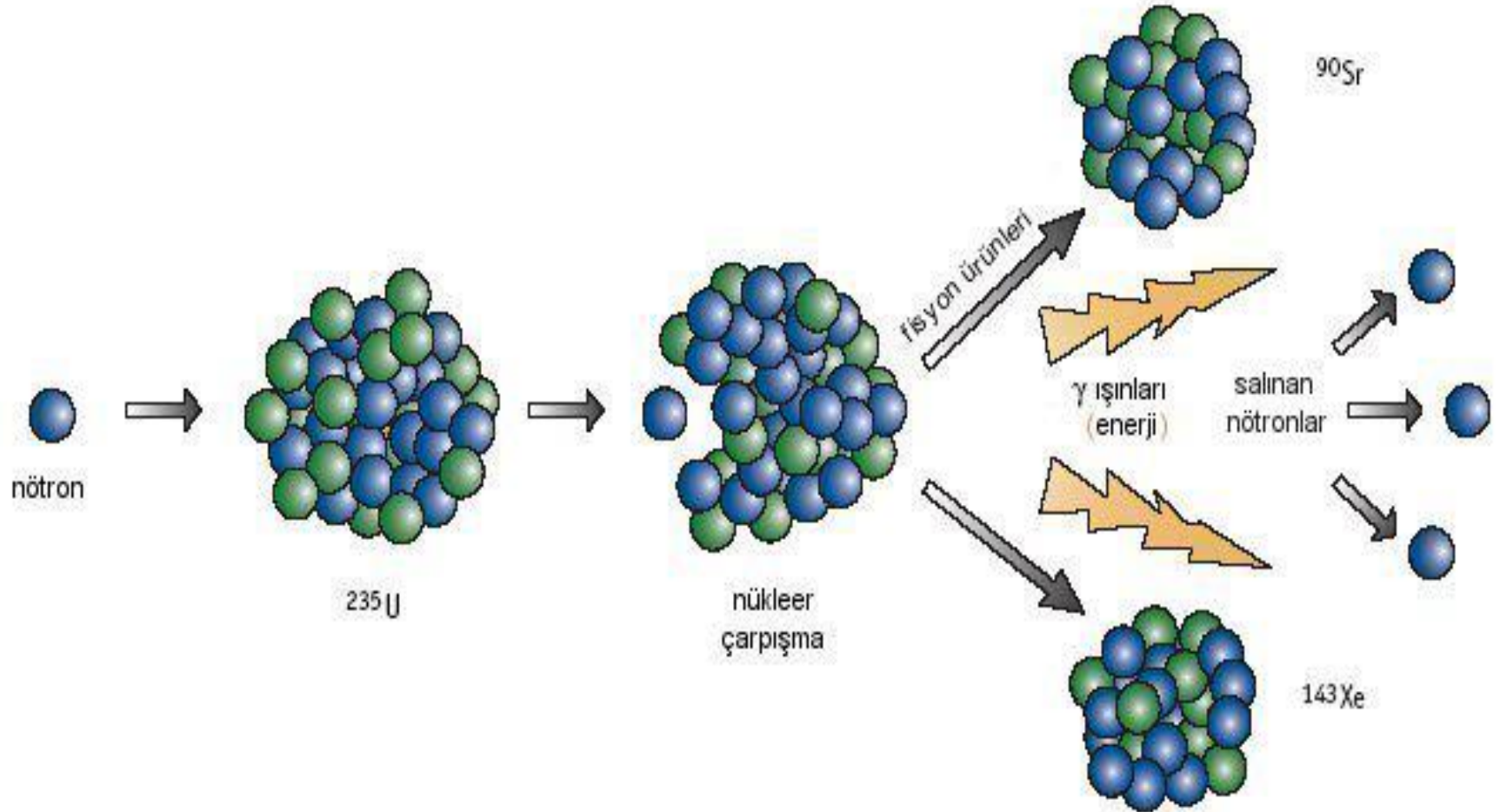
PRIS

Power Reactor
Information System

FİZYON (FISSION)

- Fisyon adı verilen tepkime, evrendeki en kuvvetli güç olan 'Güçlü Nükleer Kuvvet' ile bir arada tutulan atom çekirdeğinin parçalanmasıdır. Fisyon tepkimesi deneylerinde kullanılan ana madde uranyumdur. Çünkü uranyum atomu en ağır atomlardan biridir. Diğer bir deyişle çekirdeğinde yüksek miktarda proton ve nötron bulunur.

BİR FİZYON (FISSION) TEPKİMESİ



FİZYON (FISSION)

- Fisyon deneylerinde bilim adamları uranyum çekirdeğine, büyük bir hızla nötron göndermişler ve bunun sonunda çok ilginç bir durumla karşılaşmışlardır. Nötron, uranyum çekirdeği tarafından soğurulduktan sonra, uranyum çekirdeği çok kararsız duruma gelmiştir.
- Burada çekirdeğin kararsız olması demek, çekirdek içindeki proton ve nötron sayıları arasında fark oluşması ve bu nedenle çekirdekte bir dengesizliğin meydana gelmesi demektir. Bu durumda çekirdek, meydana gelen dengesizliği gidermek için belirli bir miktarda enerji yayarak parçalara bölünmeye başlar. Ortaya çıkan enerjinin etkisiyle de çekirdek, büyük bir hızla içinde barındırdığı parçaları fırlatmaya başlar. Deneylerden elde edilen bu sonuçlardan sonra 'reaktör' adı verilen özel ortamlarda nötronlar hızlandırılarak uranyum üzerine gönderilir.

FİZYON (FISSION)

- Tüm hesaplar yapıldıktan ve uygun ortam hazırlandıktan sonra hareket eden nötron, uranyum kütlesindeki atomların çekirdeklerine isabet edecek şekilde bombardıman edilir ve bu kütledeki atomlardan en azından birinin çekirdeğinin iki parçaya bölünmesi yeterlidir.
- Bu bölünmede çekirdeğin kütlesinden ortalama iki ya da üç nötron açığa çıkar. Açığa çıkan bu nötronlar kütlenin içindeki diğer uranyum çekirdeklerine çarparak zincirleme reaksiyon başlatırlar. Her yeni bölünen çekirdek de ilk baştaki uranyum çekirdeği gibi davranır. Böylece zincirleme çekirdek bölünmeleri gerçekleşir. Bu zincirleme hareketler sonucu çok sayıda uranyum çekirdeği parçalandığı için olağanüstü bir enerji açığa çıkar.

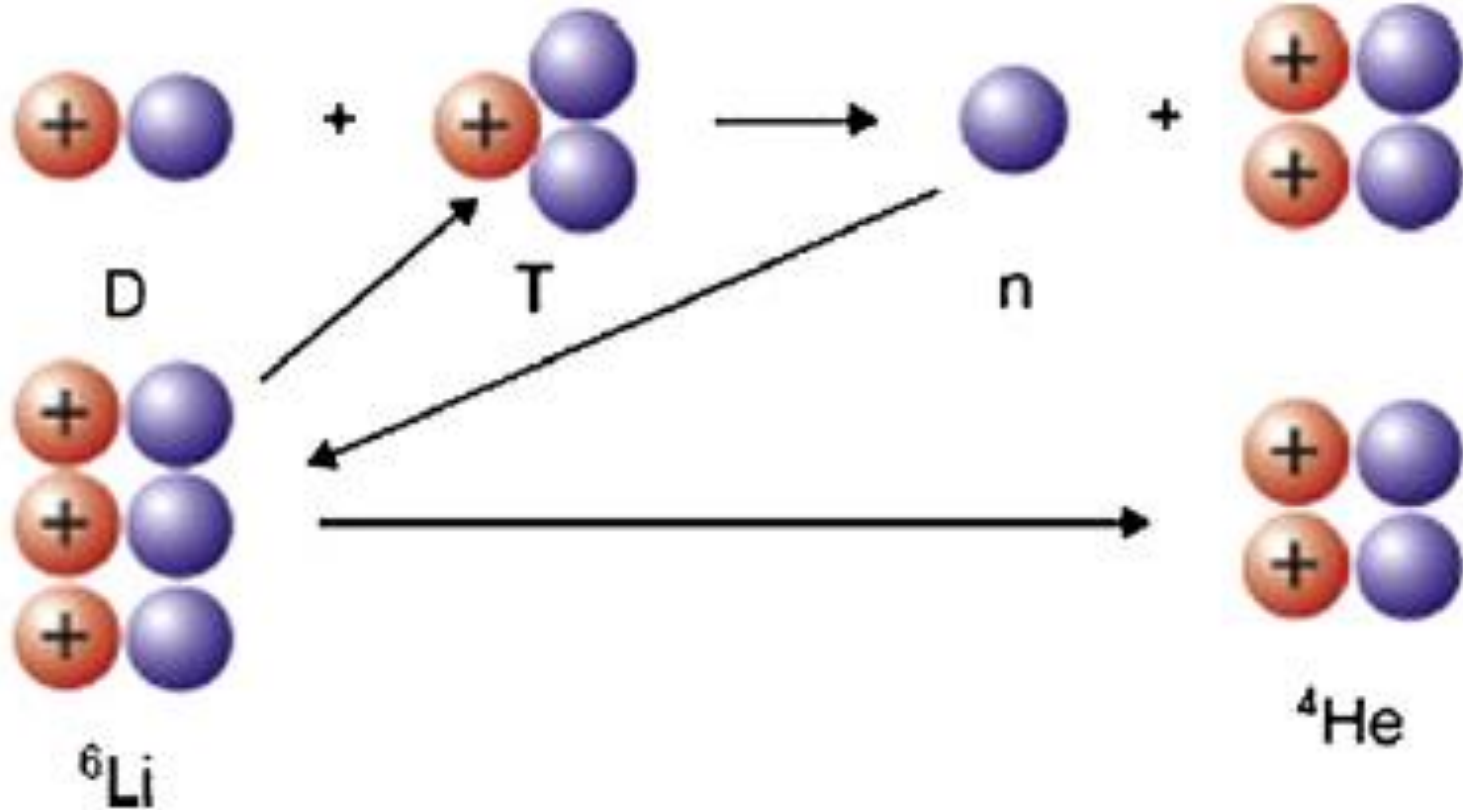
FÜZYON (FUSION)

- Füzyonun temel aldığı nokta iki atom çekirdeğinin birleşerek çok çok büyük miktarda enerji çıkarmasıdır.
- Her atom çekirdeğinin öyle rastgele füzyon yapmamasının nedeni ise bu çekirdek birleşmesi için çok yüksek sıcaklıkların gerekmesidir. Zaten o sıcaklıklarda maddeler **plazma** halinde bulunmaktadırlar. Normal şartlarda plazma halinde bulunan atomlar bulunmadığına göre hayli zor bir enerji kaynağı olduğu anlaşılmaktadır. Reaksiyonun çok yüksek sıcaklık gerektirmesi ve sonucunda da çok büyük enerji üretmesi normal koşullarda füzyon'u gerçekleştirebilmek için **soğuk füzyon** kavramının ortaya atılmasına neden olmuştur. Fakat şu ana kadar reaktör kurulacak düzeyde hiçbir "soğuk füzyon" çeşidi geliştirilememiştir. O yüzden de mevcut tüm reaktörler fizyon ile çalışmaktadır.

BİR FÜZYON TEPKİMESİ

Temel Yakıtlar

Atık ürünler



REAKTÖRLER

Kullanım amacına göre reaktörler

- Güç reaktörleri: Isı ve/veya elektrik elde etmek için
- Araştırma reaktörleri: Araştırma amacıyla ısı veya nötron akısı elde etmek için
- Üretim reaktörleri: Üretilen akı ile izotop üretimi yapmak için

Nötron enerjisine göre reaktörler

- Hızlı Reaktörler
- Termal Reaktörler

REAKTÖRLER

Soğutucusuna göre reaktörler

- Su soğutmalı reaktörler
 - - Hafif sulu
 - - Ağır sulu
- Gaz soğutmalı reaktörler
- Sıvı metal soğutmalı reaktörler

Yavaşlatıcısına (moderatör) göre reaktörler

- Su
- Ağır su
- Grafit
- Yavaşlatıcı gerektirmeyenler

REAKTÖRLER

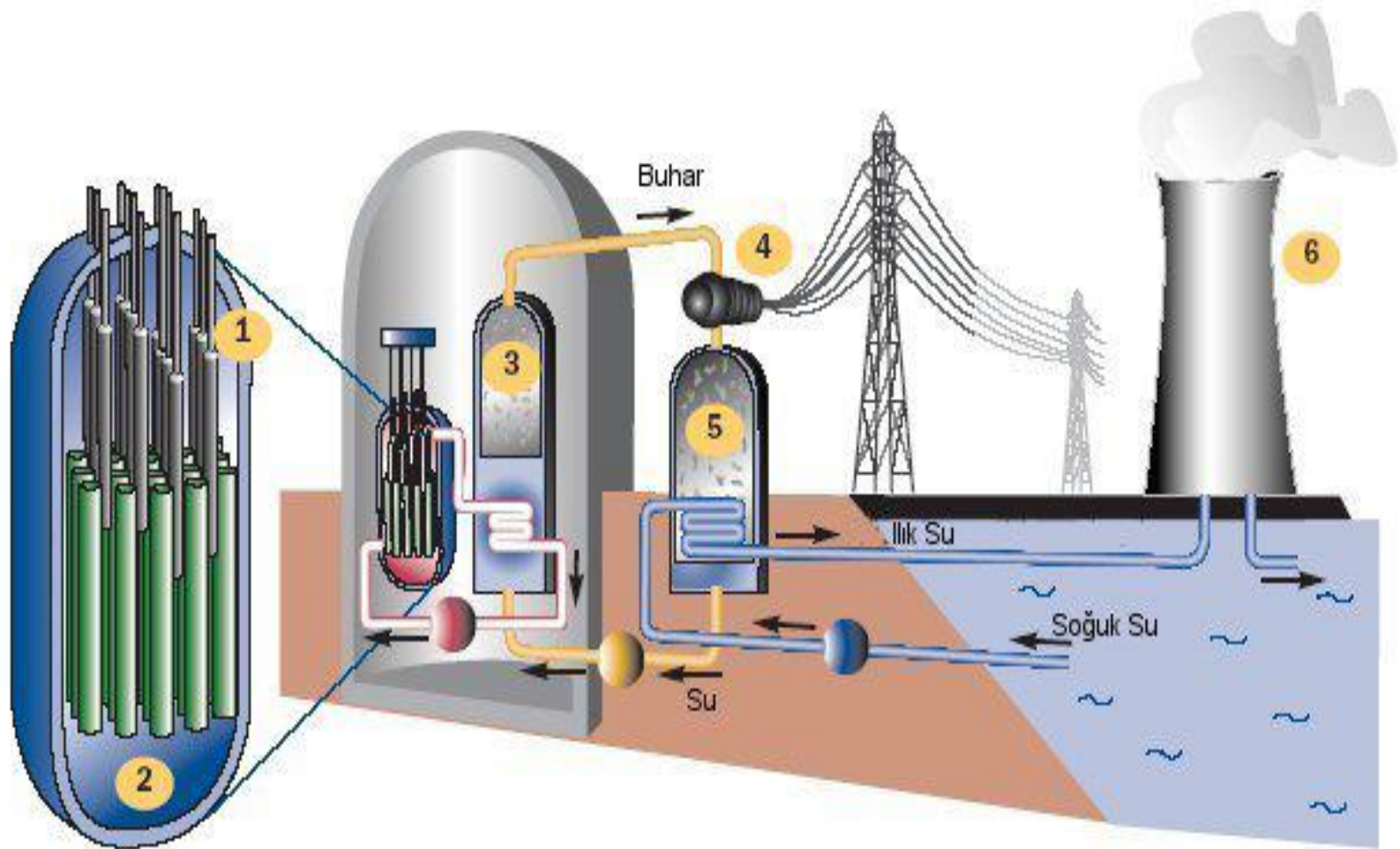
Kullanılan yakıtla göre reaktörler

- Doğal yakıt kullanan
- Zenginleştirilmiş yakıt kullanan

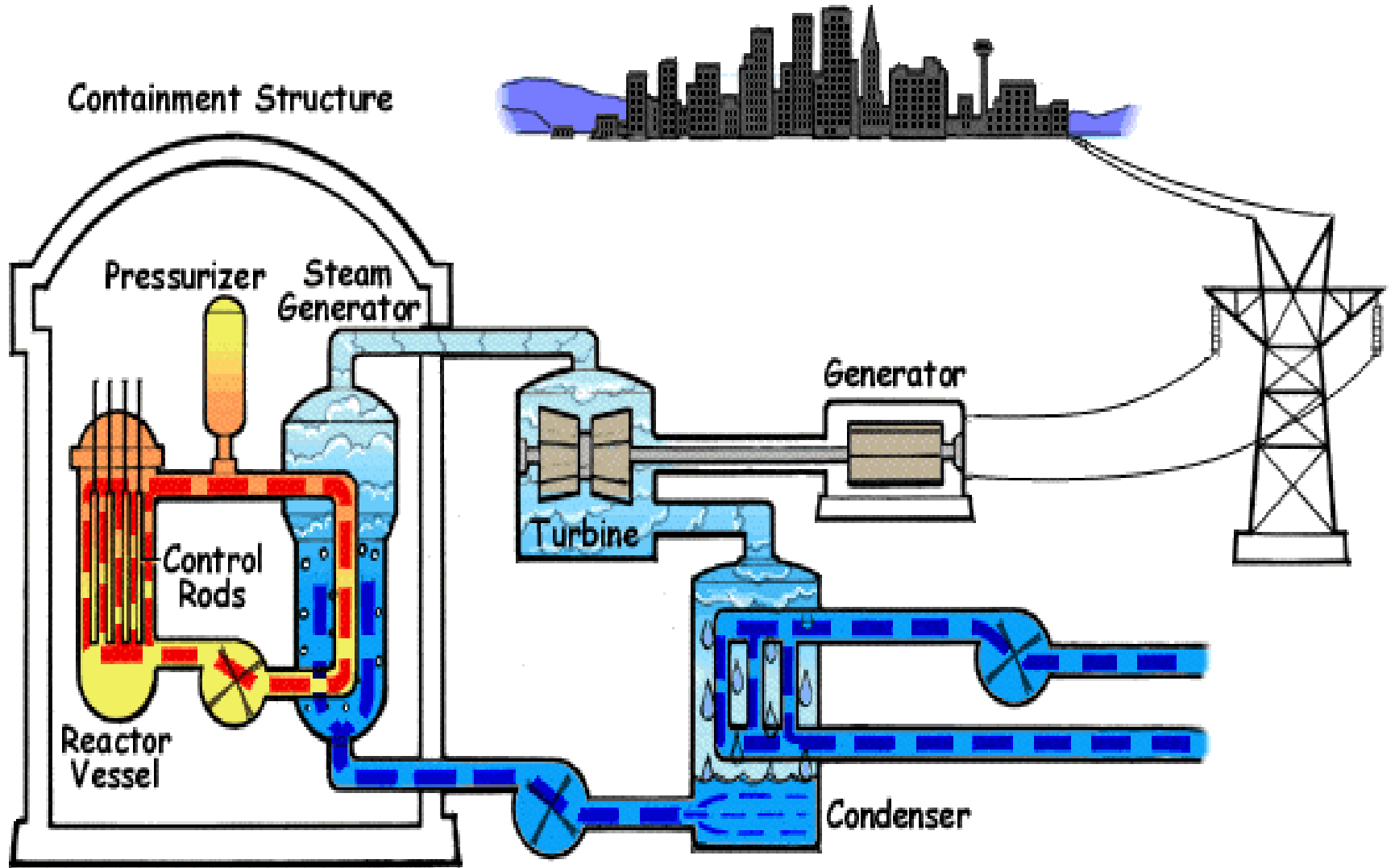
Yaygın Güç Reaktörü Tipleri

- Basınçlı su reaktörü
- Pressurized water reactor (PWR)
- Kaynar sulu reaktör
- Boiling water reactor (BWR)
- CANDU basınçlı ağır su reaktörü
- CANDU Pressurized heavy water reactor (PHWR)
- Gaz soğutmalı reaktör
- Gas cooled reactor (GCR)
- Hafif su soğutmalı grafit yavaşlatıcılı reaktör
- Light water cooled graphite moderated reactor (LWGR)
- Hızlı üretken reaktör
- Fast breeder reactor (FBR)

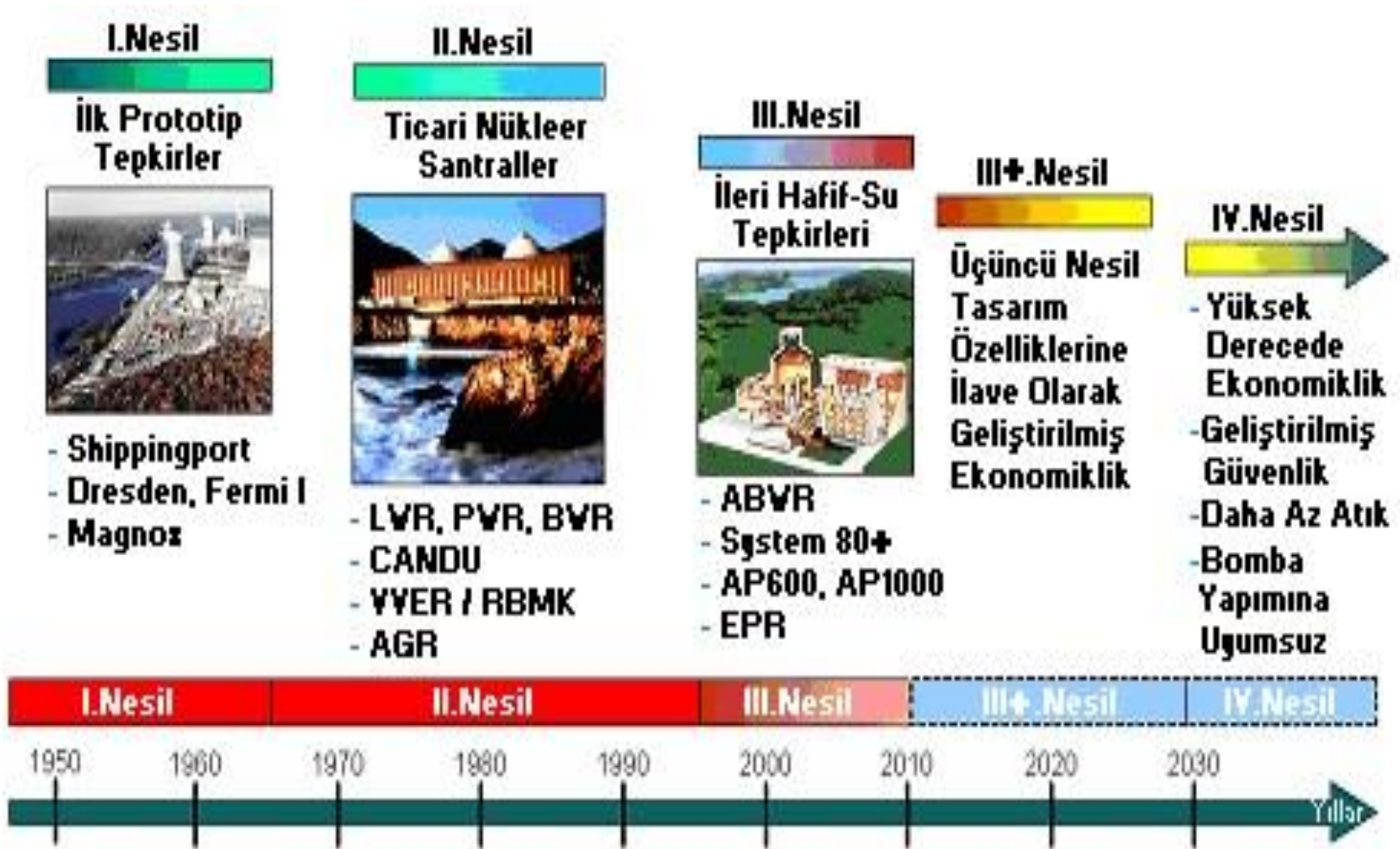
BİR NÜKLEER SANTRALİN ŞEMATİK GÖRÜNÜMÜ



BİR NÜKLEER SANTRALİN ŞEMATİK GÖRÜNÜMÜ



NÜKLEER REAKTÖRLERİN GELİŞİMİ



BÖLÜM 6 – ENERJİ VERİMLİLİĞİ



ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Enerji verimliliği; binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır.
- Başka bir tanımla verimlilik, doğru işi, doğru kişilerle, doğru zamanda yapmaktır. Enerjiyi üretmek ne kadar önemli ise verimli tüketmek de o kadar önemlidir.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji kaynakları arasında 6. Yakıt olarak değerlendirilebilir.

1. Petrol (ulaşım için)
2. Kömür
3. Doğalgaz
4. Nükleer
5. Yenilenebilir enerji (Hidro, rüzgar, güneş, jeotermal, ...)
- 6. Enerji verimliliği**

ENERJİ YOĞUNLUĞU

- Enerji yoğunluğu, birim hacim başına belirli bir sistemde saklanan enerji miktarıdır. Genelde, yalnızca kullanılabilir ya da elde edilebilir enerji miktarı olarak göz önüne alınır.
- Yakıtlar için, birim hacim başına enerji kullanışlı bir parametredir. Örneğin, hidrojen yakıtı ile benzin kıyaslanırsa, hidrojen daha yüksek özgül enerjiye sahip iken, daha düşük enerji yoğunluğuna sahiptir.
- Birim hacim başına enerji birimi, basınç ile aynı fiziksel birime sahiptir ve çoğu durumda bununla eş anlamlı olarak da kullanılabilir.

ÜLKELERİN ENERJİ YOĞUNLUĞU

- Bir ekonominin enerji verimliliğinin yaygın bir ölçüsü '**Enerji Yoğunluğu**'dur.
- Enerji yoğunluğu, GSYİH (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla) başına tüketilen birincil enerji miktarını temsil eden ve tüm dünyada kullanılan bir göstergedir.
- Genellikle 1000 \$'lık hasıla için tüketilen TEP (ton petrol eşdeğeri) miktarı, uluslararası yayınlarda enerji yoğunluğu göstergesi olarak tercih edilmektedir.

ÜLKELERİN ENERJİ YOĞUNLUĞU

- Bu durumda, bir ülkenin enerji yoğunluğu ne kadar düşükse, o ülkede birim hasıla üretmek için harcanan enerji de o kadar düşük demektir ki, bu da enerjinin verimli kullanıldığına işaret etmektedir.
- Genellikle enerji yoğunluğu yaklaşımlarında, bir ülkenin artı ya da eksi parasal değiş tokuşunu gösteren GSYİH esas alınmaktadır.

ÜLKELERİN ENERJİ YOĞUNLUĞU

- Gerekli enerji miktarı, ülkede toplam arz edilen, dönüşüme uğramamış enerji cinsinden ise birincil enerji yoğunluğundan; sanayi, konut, ulaştırma gibi sektörlerin nihai olarak tükettiği enerji cinsinden ise nihai enerji yoğunluğundan söz edilir.
- Enerji yoğunluğundaki eğilim; ekonomi ve sanayideki yapısal değişiklikler, enerji tüketim yapısındaki değişimler, sektörlerin verimlilik gelişimi ve nihai kullanıcıların tercih ettiği cihaz ve ekipman gibi unsurlardan etkilenmektedir.

ÜLKELERİN ENERJİ YOĞUNLUĞU

- Türkiye'nin 2020 yılı birincil enerji yoğunluğu 0,145 tep/bin 2015\$, nihai enerji yoğunluğu ise 0,112 tep/bin 2015\$ olarak hesaplanmıştır. Tablo 1'de yıllara göre birincil ve nihai enerji yoğunluğu verileri gösterilmektedir.

Tablo 1. Türkiye'nin Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu

Göstergeler (tep/bin 2015\$)	2000	2005	2010	2015	2019	2020
Birincil Enerji Yoğunluğu	0,192	0,169	0,172	0,149	0,145	0,145
Nihai Enerji Yoğunluğu	0,149	0,134	0,130	0,115	0,111	0,112

Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, Enerji Verimliliği Veri Analizi Serisi-1, Kasım 2021

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Enerji verimliliği politikaları, bir taraftan ekonomik büyüme ve sosyal kalkınma hedeflerinin sürdürülebilirliği ile doğrudan ilişkili olması diğer taraftan ise toplam sera gazı salımlarının azaltılmasında oynadığı kilit rol nedeniyle, hassasiyetle ele alınması gereken alanların başında gelmektedir.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Enerji tasarrufu ve verimliliği, enerji arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılık risklerinin azaltılması, çevrenin korunması ve iklim değişikliğine karşı mücadelenin etkinliğinin arttırılmasının sağlanması gibi 2023 yılı ulusal strateji hedeflerimiz ve enerji politikalarımızın en önemli bileşenlerinden biridir.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji verimliliği çalışmaları ile Türkiye'nin Enerji Yoğunluğunun (milli gelir başına tüketilen enerji) 2023 yılına kadar, 2011 yılına göre en az %20 azaltılması hedeflenmiştir.

Çevrenin korunmasına katkısı da hedefleyerek enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amacını taşıyan Enerji Verimliliği Kanunu ve ilgili Yönetmelikleri kapsamında yürütülen;

- Eğitimler (enerji yöneticisi eğitimleri, etüt proje eğitimleri ve uluslar arası eğitimler)
- Etütler (sanayi tesisleri, ticari ve hizmet binaları, kamu binaları, meskenler)
- Yetkilendirmeler (Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri, Üniversiteler ve Meslek Odaları)
- Ölçme, İzleme ve Değerlendirme, Denetim
- Enerji Verimliliği Destekleri (Verimlilik Arttırıcı Proje (VAP) ve Gönüllü Anlaşmalar)
- Tanıtım ve Bilinçlendirme
- Enerji Verimliliği Forum ve Fuarı
- Ulusal ve Uluslararası Projeler Geliştirme
- Verimlilikle ilgili Faaliyetlerin Planlaması ve Koordinasyonu
- Verimlilik, Sera Gazı Salınımı ve İzleme ile ilgili Etkinlik ve Eğitim Çalışmaları

faaliyetleri Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün asli görev ve sorumlulukları arasında yer almaktadır.

(Kaynak: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı)

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Dünya genelinde tüketilen enerjinin %88'inin fosil kaynaklardan (Bunlar; % 37 Petrol, % 27 Kömür, % 24 Doğalgaz'dır),diğer bölümünün ise % 6 nükleer enerji ve % 6 hidroelektrikten karşılanmakta olduğunu (% 3 hidrolik ve % 3 yenilebilir kaynaklar dediğimiz rüzgar, güneş, jeotermal, bio-kütle, vb.)daha önce söylemiştik.
- Bu verilerden hareket edildiği zaman fosil kökenli yakıtların hızla tükeniyor olması, ülkemiz açısından düşündüğümüzde ise bu yakıtların rezervi olarak düşük kaliteli kömürler dışında öz varlığımızın bulunmuyor oluşu (yani enerjide dışa bağımlılığımız), Dünya'da ve ülkemizde enerji verimliliğini vazgeçilmez kılmaktadır.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Enerji verimliliği gerekliliğinin bir diğer nedeni ise başlıca enerji kaynağı olan fosil yakıtların bünyesinde karbon (C) ve bileşiklerini ihtiva etmesi ve enerji üretmek için yakılmaları gereken bu yakıtların yanma sonu ürünlerinin (emisyonlarının) çevreye zararlı olmasıdır.
- Fosil kökenli yakıtlar yakıldıklarında 1 kg C başına 3.66 kg karbondioksit (CO_2) üretilir ve diğer zehirli gazlarla atmosfere salınırlar. Bu gazlar başta sera etkisine ve küresel ısınmaya neden olurlar.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Fosil yakıtların kullanımı önemli ölçüde azaltılıp durdurulmadığı sürece, küresel ısınma Dünya için pek yakın bir gelecekte başa çıkılması çok güç sonuçlar doğuracaktır. Bunlar; sıcaklığın artması, buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi ve pek çok yerleşim yerinin sular altında kalması, tarım alanlarının ve yağmur ormanlarının ortadan kalkması, çölleşmeye ve pek çok canlı türünün yok olması olarak sayılabilir.
- Ayrıca, fosil kaynakların yeryüzünde homojen dağılmamış olması, her geçen gün bu kaynaklara olan talebin artması ve rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle devletlerarasında uyuşmazlıklar ve savaşlar baş göstermesi de enerji verimliliğinin başka bir boyutudur.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- ABD’de 1974’te tipik bir buzdolabı yılda 1800 kWh elektrik tüketmekteydi. Bu gün ki uygulamalarda bu rakam motor ve kompresör sistemlerinde verimlilik artışlarıyla, ayrıca daha etkili izolasyonlarla ve de iyileştirilmiş kontrol sistemleri sayesinde %75 azaltılarak 450 kWh’e indirilmiştir. Yani ABD’de ortalama bir evin buzdolabı şimdi 1974 yılında tükettiği elektriğin sadece 4’te 1’ini tüketmektedir. Bu da yılda ortalama 1350 kWh elektrik tasarrufu demektir.
- ABD’deki toplam buzdolabı sayısı 140 milyon ve konutlardaki elektriğin ortalama birim fiyatı 9 cent/kWh olduğuna göre; buzdolaplarındaki verimlilik çalışmaları ABD’ye yılda 189 milyar kWh tasarruf sağlamaktadır. Bu tasarruf yaklaşık olarak Türkiye’nin yıllık toplam elektrik tüketimine eşittir. Buna göre de her yıl 17 milyar dolar, elektrik faturaları yerine halkın cebinde kalmaktadır.

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- EİE tarafından yapılan eğitim, etüt ve bilinçlendirme çalışmaları sonucunda ülke olarak bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20 ve ulaşım sektöründe %15 olmak üzere dört Keban Barajı inşaa edebilecek yaklaşık 7,5 milyar TL değerinde enerji tasarruf potansiyelimiz olduğu tespit edilmiştir.
- Isıtma, aydınlatma ve ulaşım gibi temel ihtiyaçlarımızı karşılarken, elektrikli ev eşyalarımızı kullanırken, kısacası günlük yaşantımızın her safhasında enerjiyi verimli kullanmak suretiyle, ihtiyaçlarımızdan kısıtlama yapmadan aile bütçesine, ülke ekonomisine ve çevremizin korunmasına katkı sağlamamız mümkündür (EİE).
- Enerji verimliliğini mühendis olarak düşündüğümüzde, elektrik üretim santrallerindeki üretim proseslerinde (kojenerasyon vb.) sağlanabilecek iyileştirmeler, fabrikalarda alınabilecek tedbirler (bakım yönetim sistemleri, hava perdesi uygulamaları, verimli elektrik motorları kullanımı vb.) olarak sıralanabilir.

ENERJİYİ NEDEN VERİMLİ KULLANMALIYIZ?

- En önemli enerji kaynağı olan kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar hızla tükeniyor.
- Enerji üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan sera gazı emisyonları küresel ısınma ve iklim değişikliğinin en önemli nedenleri arasındadır.
- Kullandığımız enerjinin %75'ini yurtdışından döviz ödeyerek satın alıyoruz.
- Enerji tasarrufu aile bütçesine katkıyla başlar devlet bütçesine katkıya kadar gider.

BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Türkiye'nin binalarda yalıtımla enerji tasarrufu potansiyeli 10 milyar TL/Yıl olarak hesap edilmektedir. Bu gün yapı stokunun % 80'ni yalıtımsız. Yapılacak yalıtımla en az % 50 tasarruf sağlanırken, yapılan harcamanın geri ödemesi 3-5 yılda arasındadır.
- Ülkemizde binalarda ısı yalıtımı kuralları, uzun yıllardır TS 825 standardı ile belirlenmektedir. 2008 yılında TS 825 standardının revize edilmesi ile birçok yenilikler getirilmiştir. Özellikle yalıtım malzemelerinin tanımlanması, ısı kaybı hesabında uyulması gereken kurallar başlıca dikkat çeken yönleridir.

BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Bu konuda devletimiz; Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğini çıkararak bir nevi zorunlu hale getirmiştir. Resmi Gazetede 05.12.2008 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmeliğin amacı, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Bu Yönetmelik, mevcut ve yeni yapılacak binalarda;

- mimari tasarım, mekanik tesisat, aydınlatma, elektrik tesisatı gibi binanın enerji kullanımını ilgilendiren konularda bina projelerinin ve enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına ve uygulanmasına ilişkin hesaplama metotlarına, standartlara, yöntemlere ve asgari performans kriterlerine, enerji kimlik belgesi düzenlenmesi, bina kontrolleri ve denetim faaliyetleri için yetkilendirmelere,
- enerji ihtiyacının, kojenerasyon sistemi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasına, ülke genelindeki bina envanterinin oluşturulmasına ve güncel tutulmasına, toplumdaki enerji kültürü ve verimlilik bilincinin geliştirilmesine yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerine, korunması gerekli kültür varlığı olarak tescil edilen binalarda, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemler ve uygulamalar ile ilgili, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunun görüşünün alınarak bu görüş doğrultusunda yapının özelliğini ve dış görüntüsünü etkilemeyecek biçimde enerji verimliliğini arttırıcı uygulamaların yapılmasına ilişkin iş ve işlemleri kapsamaktadır.

BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Sanayi alanlarında üretim faaliyetleri yürütülen binalar, planlanan kullanım süresi iki yıldan az olan binalar, toplam kullanım alanı 50 m²'nin altında olan binalar, seralar, atölyeler ve münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına ve soğutulmasına gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl gibi binalar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.
- Binalarda yapılacak mantolama (yalıtım) sayesinde % 50 'ye varan enerji tasarrufu sağlanabilecektir. Özellikle ülkemizde kullanılan toplam enerjinin yaklaşık % 30 'u binalarda harcanmaktadır. Bu istatistikten yola çıkıldığında yapılacak mantolama işlemlerinin ülkemiz açısından ne denli önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

BİNALARDA ENERJİ KİMLİK BELGESİ

- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine göre; Enerji Kimlik Belgesi bir zorunluluk haline gelmektedir. Enerji Kimlik Belgesinde, binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma verimi veya soğutma sistemlerinin etkenliği ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgilerle birlikte;
- Bina ile ilgili genel bilgiler, düzenleme ve düzenleyen bilgileri, binanın kullanım alanı (m^2), binanın kullanım amacı, binanın ısıtılması, soğutulması, iklimlendirmesi, havalandırması ve sıhhi sıcak su temini için kullanılan enerjinin miktarı (kWh/yıl), tüketilen her bir enerji türüne göre yıllık birincil enerji miktarı (kWh/yıl), binaların kullanım alanı başına düşen yıllık birincil enerji tüketiminin, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması, nihai enerji tüketiminin oluşturduğu sera gazlarının kullanım alanı başına yıllık miktarı ($kg\ CO_2/m^2\text{-yıl}$), binaların kullanım alanı başına düşen yıllık sera gazı salınımının, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması ($kg\ CO_2/m^2\text{-yıl}$), binanın aydınlatma enerjisi tüketim değeri, birincil enerji tüketimine göre, enerji sınıfı, nihai enerji tüketimine göre, CO_2 salımı sınıfı, binanın yenilenebilir enerji kullanım oranı gösterilmelidir.

ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Belge No :
Bina tipi :
İnşaat yılı :
Kapalı Kullanma alanı :
Ada, Parsel :
Adres :

Tarih :
Belgeyi Düzenleyen :
Oda Sicil No :
Belgenin Son Geçerlilik Tarihi :
İmza :

Mülk sahibi:

İsim:
Adres:

Müşterek tesisatların sahibi (gerekliyse):

İsim:
Adres:

Enerji tipine göre yıllık tüketimler

	Nihai Enerji tüketimleri	Birincil Enerji tüketimleri
Enerji Kullanım Alanı	kWsaat	kWsaat
Isıtma :		
Sihhi sıcak su :		
Soğutma :		
Aydınlatma :		
TOPLAM :		

Isıtma, sihhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için enerji tüketimleri (birincil enerji olarak)

Isıtma, sihhi sıcak su üretimi, soğutma ve aydınlatma için sera etkisi gazı (SEG) emisyonları

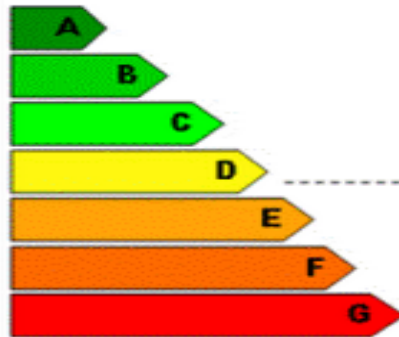
Nihai tüketim:

.....kWsaat/ m².yıl

Emisyon salımı:

.....kg esd. CO₂ / m².yıl

Tasarruflu Bina

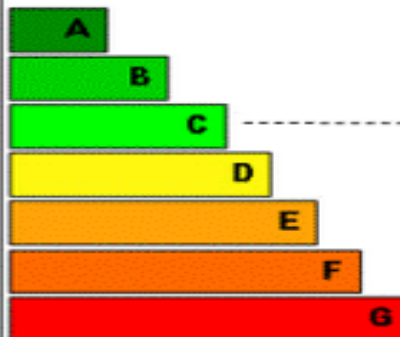


Enerji Tüketimi Yüksek Bina

Bina

kWhe/m².yıl

SEG Emisyonu Düşük Bina



SEG Emisyonu Yüksek Bina

Bina

kg_{esd} CO₂/m².yıl

SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Sanayide verimlilik adına birçok çalışmaya rastlamaktayız. Bunlardan bazıları kojenerasyon, trijenerasyon ve bileşik-ısı güç sistemleri, endüstriyel yalıtım, kazanlarda, türbinlerde, pompalarda ve kompresörlerde verimlilik uygulamaları, bakım yönetim sistemlerinin devreye alınması vb. birçok alanda verimlilik çalışmaları yapılmaktadır.

SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

- Kojenerasyon sistemleri, sanayide kullanılan en önemli ve yüksek verimlilik sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler ısı ve elektriğin birlikte üretildiği sistemler olduğu için bileşik üretim anlamına gelen kojenerasyon adını almıştır. Aynı yakıt kaynağından daha fazla enerji üretebildiği için tek amaçlı üretim sistemlerinden daha avantajlıdırlar. Bir diğer avantajı ise çevreye daha duyarlı olmasıdır. Çünkü sistemde atık ısı kullanılmakta ve böylece doğaya daha az CO₂ salınımı yapılmaktadır.

SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

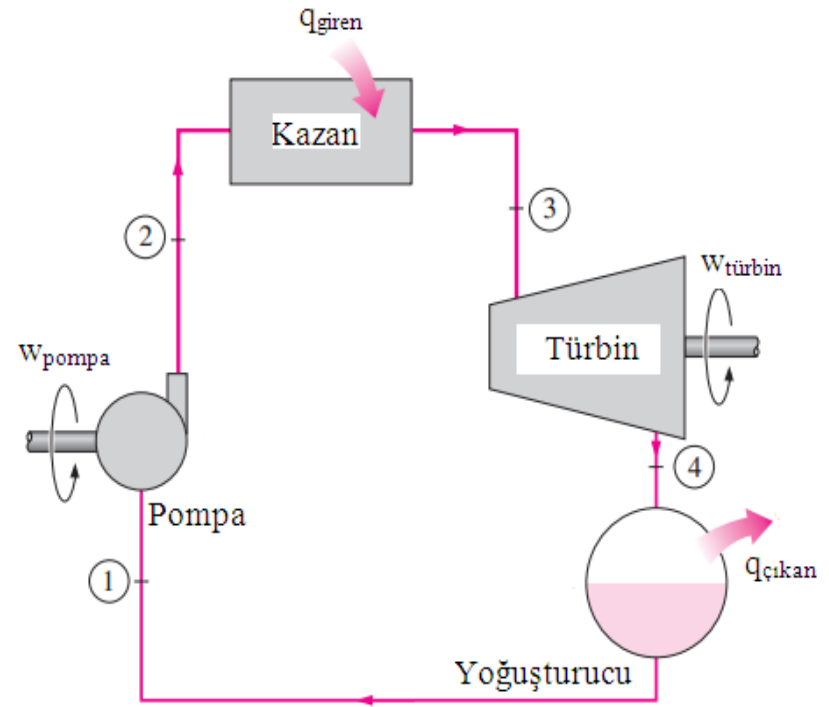
- Sanayide kullanılan elektrik motorlarında da ciddi verimlilik çalışmaları yapılmaktadır. Örneğin 20 BG gücündeki standart bir motorun verimi % 88 civarındadır. Fakat aynı güçteki yüksek verimli motorun verimi ise % 91'e ulaşmaktadır. En yüksek verimli motorlarda da % 93'e çıkmaktadır. Ortalama yük faktörü % 75 olan ve yılda 6000 saat çalışan 20 BG'lik bir motorun % 88 verimli standart motor yerine % 93 verimli bir motorun seçilmesiyle yılda 4102 kWh elektrik enerjisi tasarrufu verebilmektedir. Türkiye'de her kWh elektrik üretiminde ortalama 0.65 kg CO₂ salındığı dikkate alınırsa bu yüksek verimli motor ile yılda yaklaşık 3 ton sera gazı atmosfere atılmamış olacaktır.

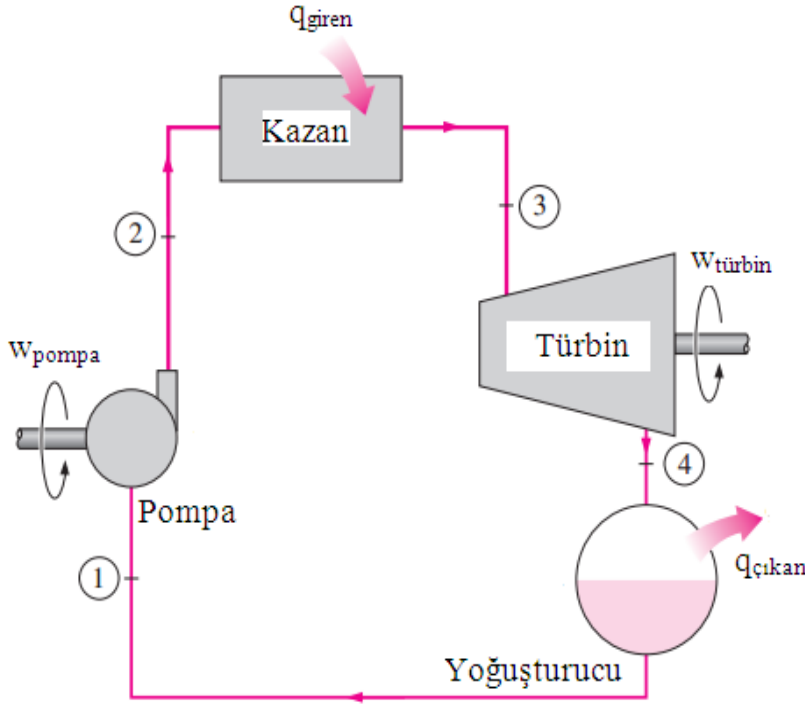
BÖLÜM 7 – TERMAL ENERJİ DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ

- Enerji dönüşüm sistemi denince akla gelen ilk tanım, enerji potansiyeli olan bir enerji kaynağından (kömür, petrol, doğalgaz, güneş, rüzgar vb.) farklı enerji türlerin dönüşümü gerçekleştiren sistemler akla gelmektedir.
- Bu sistemler, genellikle elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Çünkü elektrik enerjisi kaliteli bir enerji türüdür. Yenilenebilir enerji dönüşüm sistemlerinden daha önce bahsetmiştik. Bu bölümde bazı enerji dönüşüm sistemlerinden olan termal enerji dönüşüm sistemlerinden (thermal energy conversion systems) bahsedeceğiz.

RANKİNE ÇEVİRİMİ

- Günümüzde birçok termik santral elektrik üretimi için faaliyetini sürdürmektedir. Bu santraller belirli bir termodinamik çevrimine göre çalışmaktadır. Bu çevrim Rankine çevrimidir.

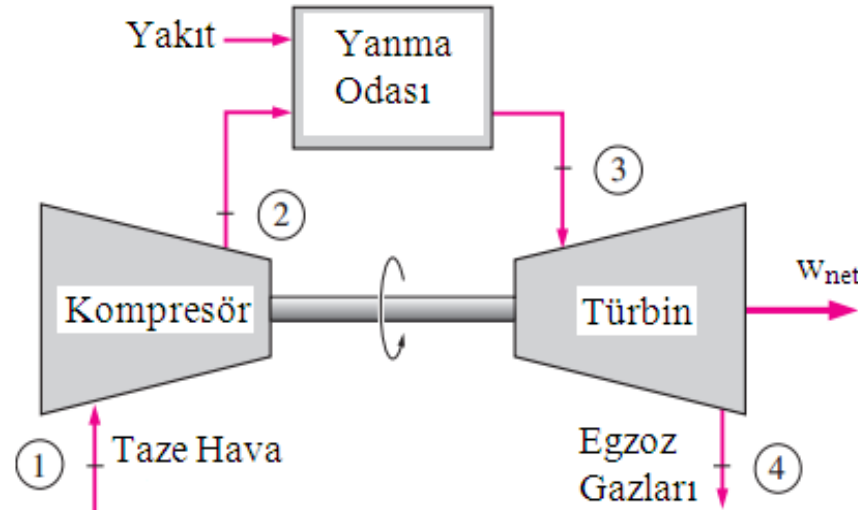


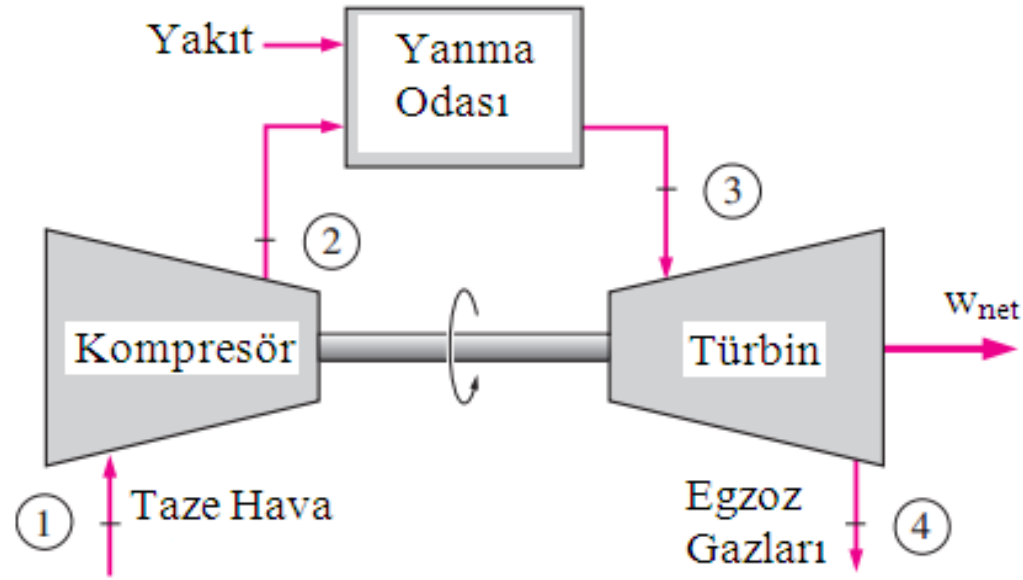


- Su pompaya 1 halinde girer ve burada sıkıştırılarak kazana gönderilir. Kazan gelen su, kazandaki kömür yanması sonucunda açığa çıkan ısıyı kullanarak kızgın buhar haline gelir ve buradan türbine gönderilir. Türbine gelen kızgın buhar genişlerken türbin milini döndürerek iş üretir ve 4 haline gelir. Yoğuşturucuya gelen doymuş sıvı-buhar karışımı ısısını atarak 1 haline gelir ve çevrim tamamlanmış olur (Çengel, 2011).

BRAYTON ÇEVİRİMİ

- Bugün Brayton çevrimi kullanımı, sıkıştırma ve genişleme işlemlerinin aksenel kompresörler ve türbinlerde gerçekleştirildiği gaz türbinlerinde kullanılmaktadır. Günümüzde kullanılan gaz türbinleri bir çok sanayi kuruluşunda enerji dönüşüm sistemi olarak elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Gaz türbinlerinde yakıt olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Ayrıca uçaklarda kullanılan jet motorları da bazı farklılıkları ile beraber temel olarak Brayton çevrimine göre çalışmaktadır.





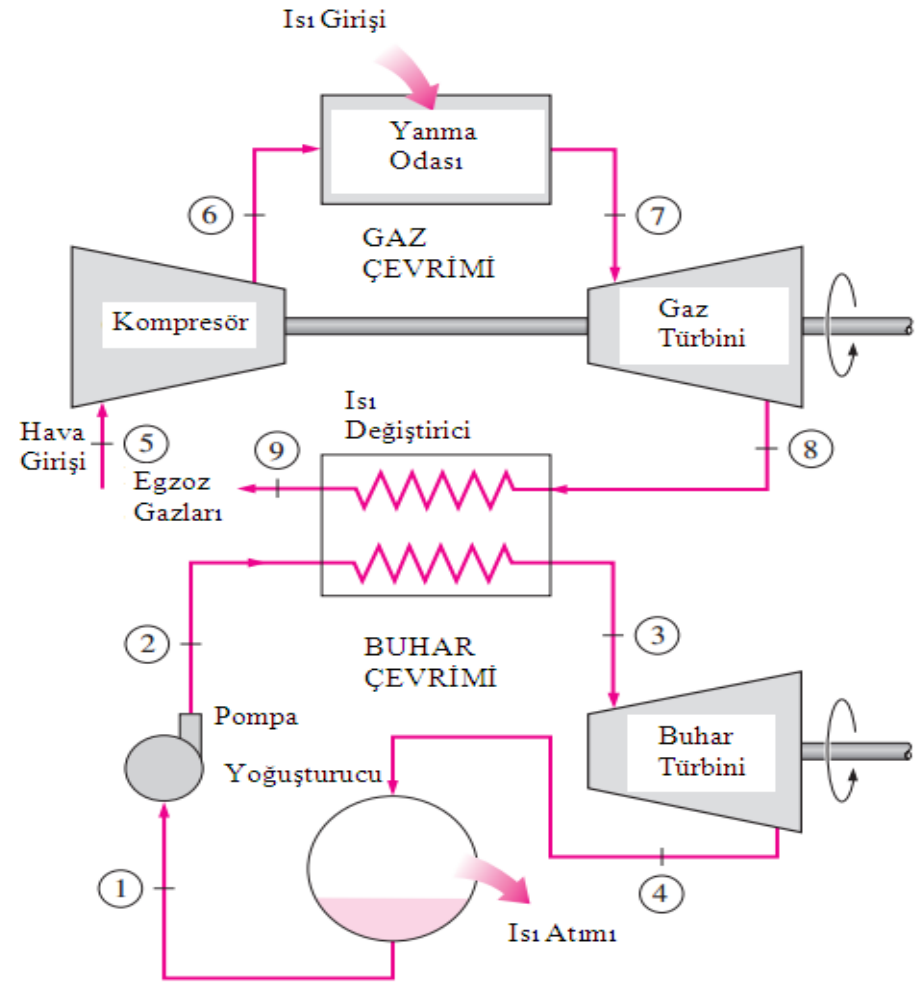
- Brayton çevriminde taze hava 1 durumunda kompresöre gelir ve 2 durumuna sıkıştırılır. Sıkıştırılmış hava ile yakıt yanma odasında yanarak yanma ürünleri olarak türbine geçerler ve türbinde enerji üretirler. Daha sonra da atık gazlar 4 durumunda dışarı atılarak açık bir çevrim tamamlanmış olur.

BİLEŞİK GAZ-BUHAR GÜÇ ÇEVİRİM SİSTEMLERİ

- Daha yüksek ısı verim sağlayabilmek için süregelen çalışmalar, alışılmış güç santrallerinde yeni düzenlemelerin yapılmasına yol açmıştır. Bu düzenleme birleşik gaz-buhar çevrimi veya kısaca birleşik çevrim olarak adlandırılır.
- En çok ilgi duyulan birleşik çevrim, gaz türbini (Brayton) çevrimiyle buhar türbini (Rankine) çevriminin oluşturduğu birleşik çevrimdir. Bu birleşik çevrimin ısı verimi, birleşik çevrimi oluşturan çevrimlerin ısı verimlerinden daha yüksek olmaktadır (Çengel, 2011).

BİLEŞİK GAZ-BUHAR GÜÇ ÇEVİRİM SİSTEMLERİ

- Gaz türbini çevrimlerinin yüksek sıcaklıklarda çalışmasının sağladığı kazançlardan yararlanmak ve sıcak egzoz gazlarını, buharlı güç çevrimi gibi bir alt çevrimde ısı kaynağı olarak değerlendirmek, mühendislik yaklaşımının gereğidir (Çengel, 2011).



BİLEŞİK GAZ-BUHAR GÜÇ ÇEVİRİM SİSTEMLERİ

- Alman Siemens firması tarafından 1988 yılında Türkiye Ambarlı'da kurulan ve 1350 MW güç üreten birleşik çevrimli güç santrali, tasarlanan çalışma koşullarında % 52.5 gibi yüksek bir verime sahip dünyadaki ilk termik santral olmuştur. Bu santralde her biri 150 MW güç üreten altı adet gaz türbini ve her biri 173 MW güç üreten üç adet buhar türbini bulunmaktadır (Çengel, 2011).

KOJENERASYON SİSTEMLERİ

- Enerji dönüşüm sistemlerindeki tek amaç, iş akışkanına (Rankine’de su) verilen ısıнын bir bölümünün, enerjinin en değerli biçimi olan işe dönüştürülmesiydi. Isının geri kalan bölümü, uygulamada herhangi bir amaç için kullanılmayacak kadar düşük nitelikte olduğundan akarsulara, göllere, okyanuslara veya atmosfere, atık ısı olarak verilmekteydi (Çengel, 2011)

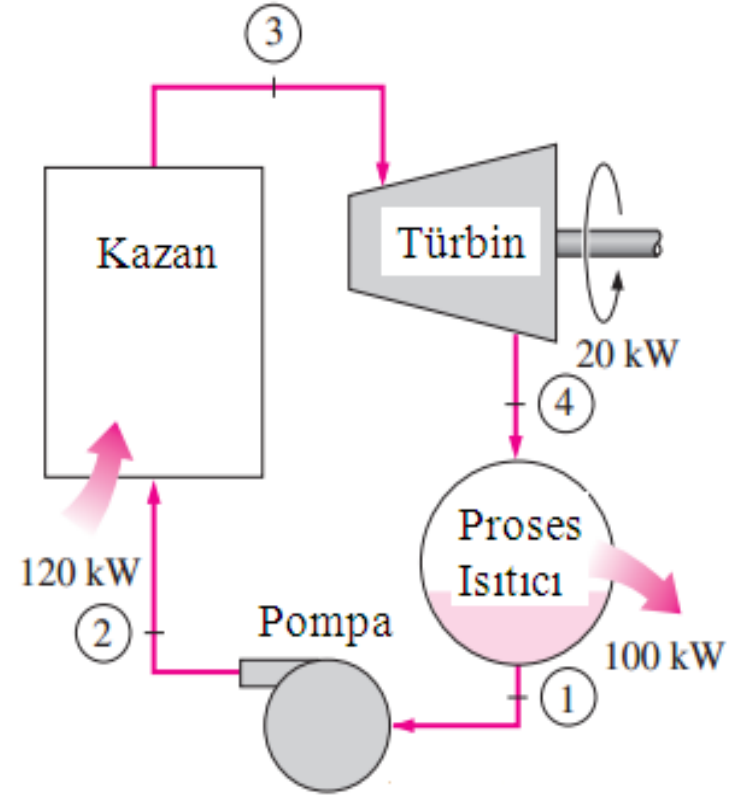


KOJENERASYON SİSTEMLERİ

- Fakat mühendislik sistemlerinin büyük bir bölümü, enerji girdisi olarak, enerjinin ısı enerji biçimine gereksinim duyar. Bu ısıya proses ısısı denir. Kimya, kağıt, petrol, çelik, gıda ve tekstil endüstrisi gibi bazı endüstri dalları ağırlıklı olarak ısı işleme dayanır.
- Fakat ısı işlemlerin yoğun olduğu bu endüstriler aynı zamanda büyük miktarlarda elektrik gücü de tüketirler. Bu bakımdan mühendisliğin olduğu kadar ekonominin de gereği olarak, varolan iş potansiyelini atık ısı olarak atmak yerine, güç üretimi için kullanmak yerinde olur.

KOJENERASYON SİSTEMLERİ

- Bu düşüncenin sonucu olarak, belirli endüstriyel işlemler için proses-ısı gereksinimlerini karşılarken, aynı zamanda elektrik de üreten santraller geliştirilmiştir. Bu santrallere bileşik ısı-güç (kojenerasyon) santralleri denir. Genel olarak kojenerasyon, enerjinin birden fazla yararlı biçiminin (proses ısı ve elektrik gücü gibi) aynı enerji kaynağından üretilmesidir (Çengel, 2011).



BÖLÜM 8 – FOSİL YAKITLAR VE ÇEVRE



Bilindiği gibi en temel ve en büyük enerji kaynağı fosil yakıtlardır. Bu yakıtlar sayesinde ısınma, elektrik vb. enerji ihtiyaçlarımızı karşılamaktayız. Fakat bu fosil yakıtların yanmasıyla istenmeyen bazı yan ürünler (emisyonlar) de meydana gelmektedir. Bu bölümde bu istenmeyen yan ürünleri ve çevreye olan etkilerini ele alacağız.

UÇUCU KÜLLER (FLY ASH)

- Uçucu kül, termik santrallerde pulverize kömürün yanması sonucu meydana gelen baca gazları ile taşınarak siklon veya elektro filtrelerde toplanan önemli bir yan üründür.
- Kömürün yüksek sıcaklıklarda yanması sonucu meydana gelen ergimiş malzeme soğuyarak, gaz akışı ile kısmen veya tamamen küresel şekilli kül taneciklerine dönüşmektedir. Bu kül tanecikleri çok ince (0.5-150 mikron) olup, baca gazları ile sürüklenmeleri nedeniyle, uçucu kül olarak adlandırılmaktadır.

UÇUCU KÜLLER (FLY ASH)

- Uçucu külde bulunan başlıca bileşenler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve CaO olup, bunların miktarları uçucu külün tipine göre değişmektedir. Ayrıca MgO , SO_3 , alkali oksitler de minör bileşen olarak bulunmaktadır. Uçucu küldeki temel oksitlerden SiO_2 %25- 60, Al_2O_3 %10-30, Fe_2O_3 %1-15 ve CaO %1-40 oranında bulunmaktadır (Türker, 2004).

Termik santrallerde yakıt olarak, ülke kaynaklarına göre taş kömürü veya linyit kömürü kullanılmaktadır. Bu yüzden uçucu küller orijinlerine göre iki ana gruba ayrılırlar;

- 1) Taş kömürü uçucu külleri,
- 2) Linyit kömürü uçucu külleri,

UÇUCU KÜLLER (FLY ASH)

Kimyasal yapıları bakımından ise uçucu küller 4 ana sınıfa ayırmak mümkündür.

1) Süikat-Alümina esaslı uçucu küller: Bunlar taş kömürü uçucu külleridir. Yapılarının büyük kısmını kuvars (SiO_2) ve bir miktar alümina (Al_2O_3) meydana getirmektedir. Bu uçucu küller normal sıcaklıkta ve hidrolik bağlayıcı gibi priz yaparlar.

2) Silikat-Kalsit esaslı uçucu küller: Yapılarındaki ana oksitler kuvars (SiO_2) ve kalsit'tir (CaCO_3). Fakat kalsit miktarı oldukça yüksektir.

3) Sülfür-Kalsit esaslı uçucu küller: Yapılarının büyük bir bölümünü kükürt trioksit (SO_3) ve kalsit'ten (CaCO_3) meydana gelmiştir. Bu sınıfa genellikle linyit kömürü uçucu külleri girmektedir.

4) Sınıflandırılmayan uçucu küller: Termik santrallerde ki yanma sisteminin homojen olmamasından dolayı belirli bir kimyasal yapıya sahip olmayan küllerdir. Kimyasal yapıları sürekli değişebilmektedir.

UÇUCU KÜLLER (FLY ASH)

- TSE ve ASTM göre uçucu küllerin kimyasal özellikleri şunlardır:

Kimyasal Bileşik	% Ağırlıkça
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	70 (Min)
MgO	5 (Max)
SO_3	5 (Max)
Nem	3 (Max)
Kızdırma Kaybı	10 (Max)
TSE	

Kimyasal Bileşik	F % Ağırlıkça	C % Ağırlıkça
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	70 (Min)	50 (Min)
MgO	0	0
SO_3	5 (Max)	5 (Max)
Nem	3 (Max)	3 (Max)
Kızdırma Kaybı	12 (Max)	6 (Max)
ASTM		

ASİT YAĞMURLARI

- **Asit Yağmurları**; kükürt ve azot dioksitlerin atmosferdeki nemle birleşerek sülfürik ve nitrik asitli yağmur, kar ya da dolu oluşturmaları biçiminde kirliliğe yol açmasıdır.
- Bu tür yağmurda tanecikler, sisten asılı olarak süspansiyon oluşturabilir ya da en kuru halde birikebilirler. Kirliliğe yol açan tanecikler, kaynaklarından binlerce kilometre uzağa rüzgarla taşınabilir.



ASİT YAĞMURLARI

- Bilim adamlarının tümü, asit yağmurlarının denetlenmesi için bir an önce yasalar çıkarılmasını istemektedirler. Ne var ki söz konusu yasaların yol açacağı harcamalar çok yüksektir, bu yüzden de sorunun çözülmesi sürekli ertelenmektedir.



ASİT YAĞMURLARI



- Ekonomik faaliyet, kıtlığa karşı yapılan bir savaştır. İnsan bu savaşta bir takım değerleri üretip tüketirken başka bir değer olan kaliteyi ÇEVRE 'yi de tüketmektedir. Hava, su, yeşil ve toprak gibi. Biri kirlendiği zaman beraberinde, zincirleme olarak, diğerleri ve bunlardan yararlanan insanlar da kirlenmekte ve yok olmaktadır.

ASİT YAĞMURLARINA KARŞI ALINABİLECEK ÖNLEMLER

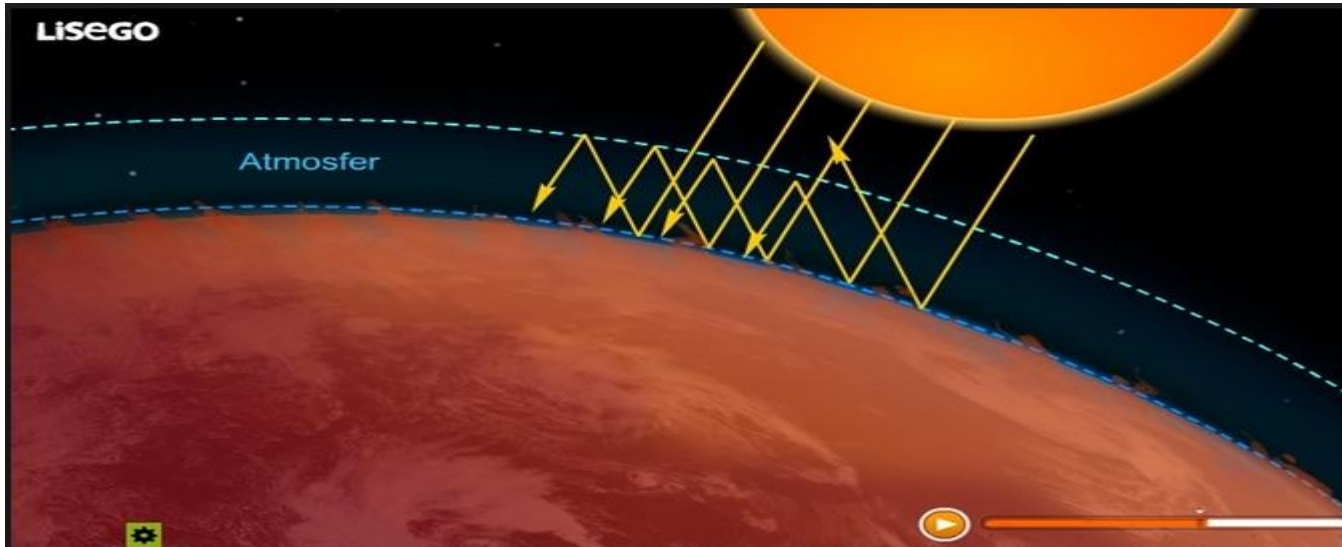
- Hava kirliliği ve asit yağışlarının çevreye, özellikle bitkilere olan etkisinin kesin sonucu ve buna karşı isabetli önlemler alınmak isteniyorsa, çok sayıda bilimsel denemenin yapılması gerekir.
- Yakıtların (araç ve meskenlerde) kalitesi kontrol edilmelidir.
- Hava kirliliğine dayanıklı bitkiler (böğütlen, ıspanak, kıızılcık,...) ekilmeli,
- Kışın yaprak döken bitkiler ekilmeli,
- Kentlerin kurulma yerleri topografik açıdan iyi saptanmalıdır. Başka bir anlatımla yerleşmeleri (kent, köy,...) çanak şeklindeki alanlardan uzaklarda kurulmalıdır.
- Bacalara filtre takılmalı,

ASİT YAĞMURLARINA KARŞI ALINABİLECEK ÖNLEMLER

- Araçların bakımı zamanında yapılmalı,
- Alternatif enerji kaynakları kullanılmalı (Güneş, rüzgâr, gelgit, akıntılar, biyokütle, end. ve evsel atıklar gibi.)
- Tüketim toplumu olduğumuz sürece yeni üretimlere yeni kirlenmelere neden olmamız kaçınılmazdır. Onun için tüketim çılgınlığı yerine mevcutlardan haz almayı öğrenmeliyiz.
- Yakıtlardaki kükürt oranı azaltılmalı,
- Çevre insanlara öğretilmemeli; insanoğlu çevreyi içselleştirecek şekilde bizzat kendisi öğrenmelidir.

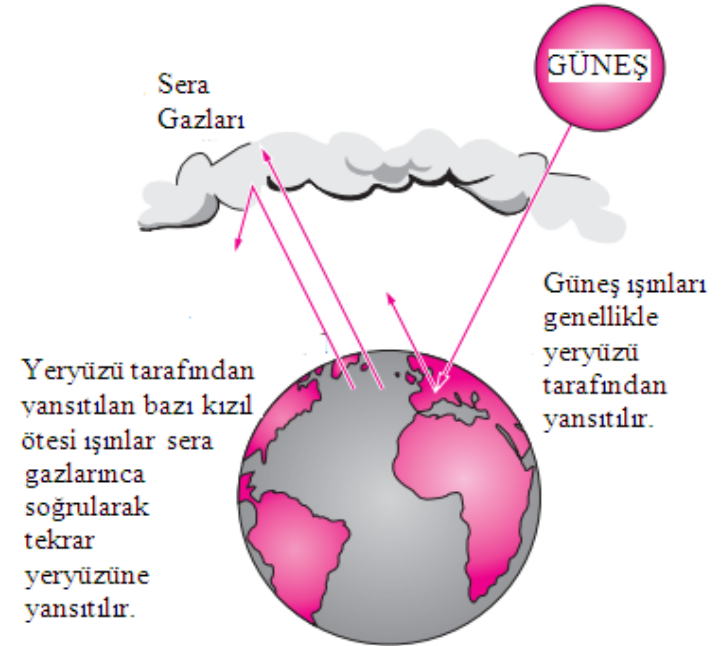
SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

Sera etkisini tanımlayacak olursak örneğin; arabanızı güneş altında bıraktığınızda, arabanın iç sıcaklığının dışarıdaki havadan çok daha sıcak olduğunu mutlaka fark etmişsinizdir. Bunun nedeni belli bir kalınlıktaki camın ışınının % 90'ını görülebilir aralıkta geçirmesi ve pratik olarak uzun dalga boyundaki kızılötesi ışınları geçirmez olmasıdır.



SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

- Bu nedenle cam, güneş ışıını geçişini sağlamakta ancak iç yüzeylerin kızıl ötesi ışıını yansımasını engellemektedir. Bunun sonucu olarak araba içindeki enerjinin artması ile iç sıcaklık artmaktadır. Bu ısı etkisi genellikle seralarda kullanıldığı için sera etkisi olarak bilinmektedir.



SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

- Sera etkisi dünyanın büyük bir kısmında görülmektedir. Güneş enerjisinin soğrulması ile gün boyunca yeryüzü ısınmakta ve gece boyunca soğrulan enerjinin, kızılötesi ışınım şeklinde derin boşluklara gönderilmesinden dolayı soğuma meydana gelmektedir.
- Karbondioksit, su buharı, metan ve azot oksit gibi diğer gazların bir kısmı battaniye gibi davranırlar. Böylece yeryüzünden ısı ışınımını engelleyerek gece dünyanın ılık kalmasını sağlarlar. Bunun için temel bileşeni CO₂ olan bu gazlar sera gazları olarak adlandırılırlar.

SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

- Su buharı genellikle, yağmur ve kar olarak su çevriminin bir parçası olarak tekrar yeryüzüne gelir. Ayrıca insanların yaptıklarından dolayı (fosil yakıtların yanması gibi) su açığa çıkar ve atmosferdeki su konsantrasyonunda bir değişme olmaz (nehirlerin, göllerin ve okyanusların buharlaşması ile). Ancak CO₂ farklıdır. İnsanların gerçekleştirdiği faaliyetlerden dolayı atmosfer miktarındaki CO₂ konsantrasyonu değişiklik gösterir

SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

- Sera etkisi yeryüzünü ılık (yaklaşık 30 °C) tutarak yeryüzü üzerindeki yaşamı mümkün kılmaktadır. Ancak sera gazlarındaki aşırı artış, çok fazla enerji birikmesine ve böylece hassas dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Yeryüzü ortalama sıcaklığı artmakta ve bazı bölgelerde iklim değişikliğine neden olmaktadır. Sera etkisinin arzu edilmeyen bu sonuçları küresel ısınma veya küresel iklim değişikliği olarak bilinmektedir.



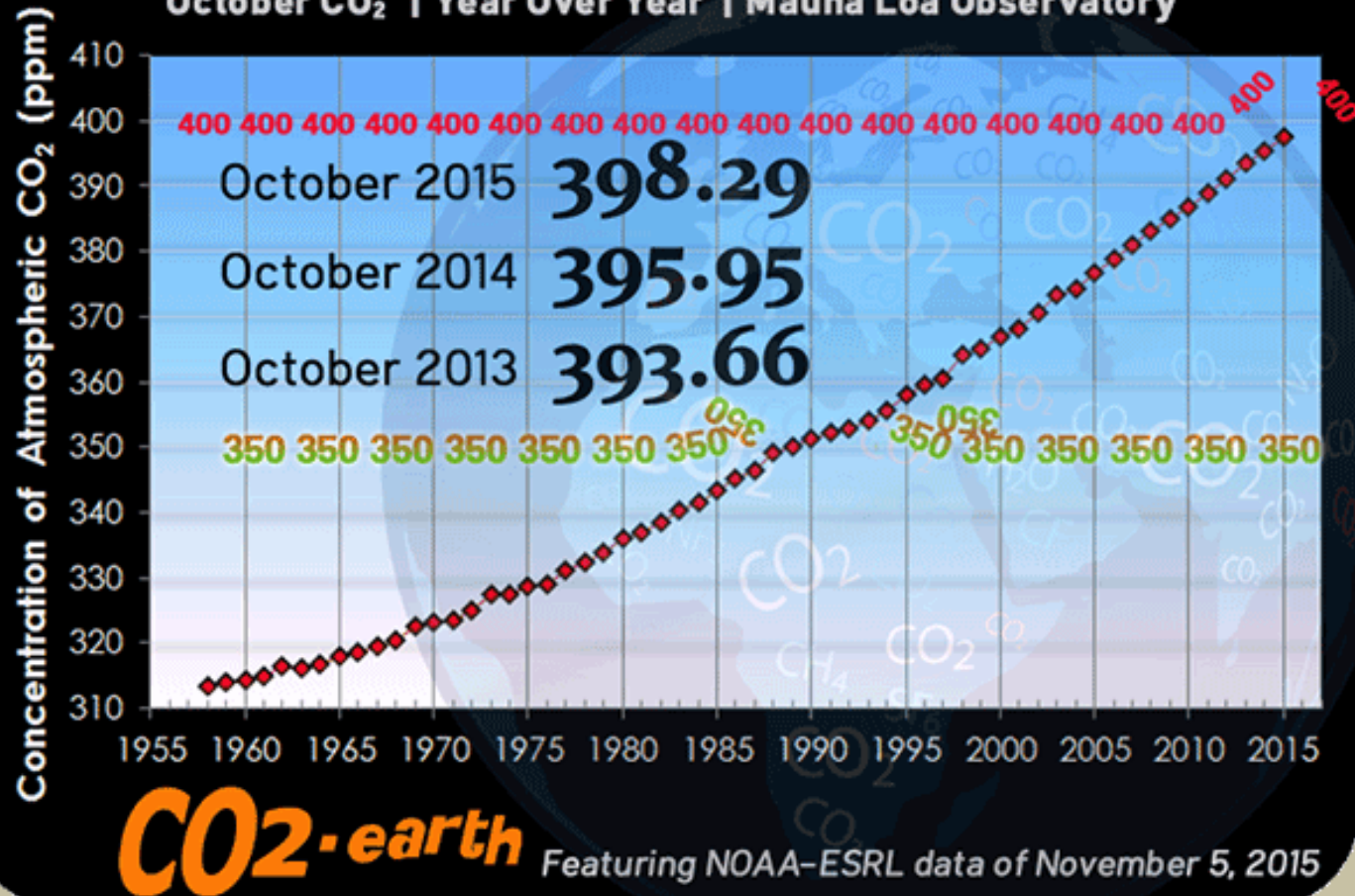
SERA ETKİSİ VE KÜRESEL ISINMA

- Elektrik güç santrallerinde, kömür gibi fosil yakıtların, petrol ürünlerinin ve doğalgazın aşırı kullanımı, taşımacılık, yapılaşma ve sanayileşme son yıllarda küresel iklim değişikliğini büyük bir sorun haline getirmiştir. 1995 yılında yaklaşık 6.5 milyar ton karbon, CO₂ olarak atmosfere bırakılmıştır. Atmosferde şu anki CO₂ konsantrasyonu yaklaşık 398 ppm'dir. Bu rakam 20 yıl önce 360 ppm değerlerindedir. Bu rakamın 2100 yılında 700 ppm olacağı düşünülmektedir (Çengel, 2011).

October 1958 – October 2015

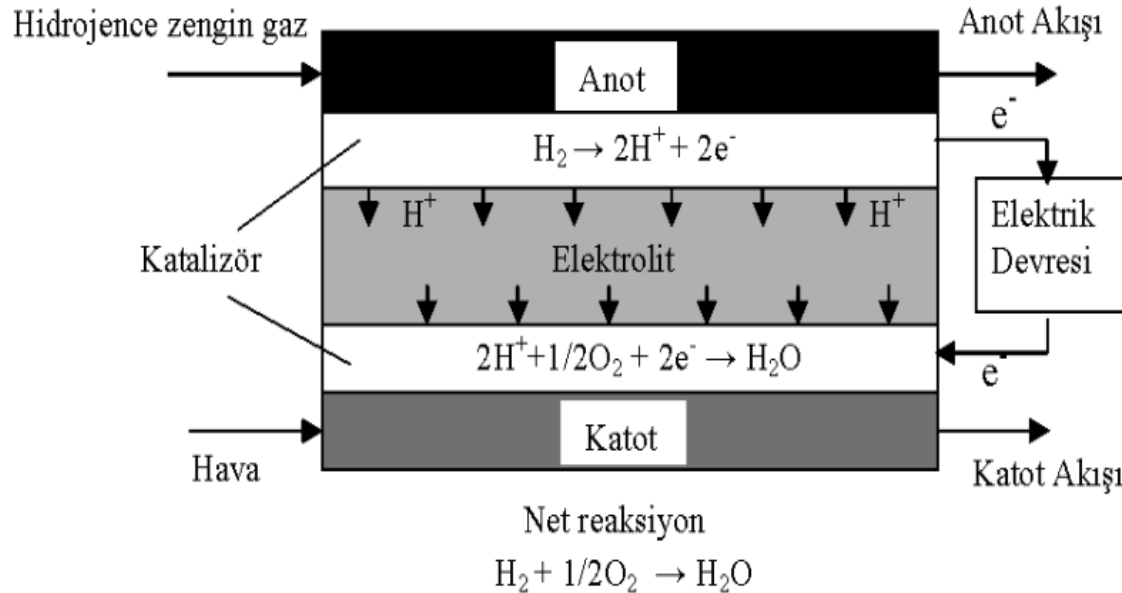
Atmospheric CO₂

October CO₂ | Year Over Year | Mauna Loa Observatory



YAKIT HÜCRELERİ

İleri teknoloji görünümünün yanı sıra yakıt hücreleri, aslında bilim tarafından 150 seneden beridir bilinmektedir. 1800'lerde gelip geçici bir heves olarak düşünülmesine karşın, yakıt hücreleri, özellikle II. Dünya Savaşı'ndan bu yana yoğun bir araştırma ve geliştirme çalışmasının konusu olmuştur.



YAKIT HÜCRELERİ

- Yakıt hücresi denilince akümülatör veya pil akla gelmektedir. Her ikisi de kimyasal enerjiyi doğrudan elektriğe çevirmektedir. Aralarındaki en önemli fark ise; akümülatörde, kimyasal enerji, kullanımdan önce depolanmış durumda iken yakıt hücresinde ise dış kaynaklardan enerji sağlandığı sürece elektrik üretilebilmektedir. Yakıt hücresinin temel çalışma prensibi su-hidroliz reaksiyonunun ters çevrilmesiyle meydana gelmektedir

YAKIT HÜCRELERİ

- Anottaki hidrojenin katalitik oksitlenmesi ve katottaki oksijenin indirgenmesi, elektrotlar arasında potansiyel farkı meydana getirir. Eğer elektrotlar arasında yalıtımı sağlayan elektrolit, iyonik kütle ve şarj aktarımına izin verirse, bu potansiyel farkı dış bir devrede de kullanılabilir. Eğer kullanılırsa, ürün olarak su elde edilecek ve bu reaksiyonun kimyasal enerjisi, kutuplaşma ve direnç kayıpları nedeniyle, elektrik ve ısı olarak serbest bırakılacaktır.

YAKIT HÜCRELERİ

- Yakıt hücrelerinde yakıt olarak hidrojen gazı, doğalgaz, metanol veya etanol, oksidan olarak oksijen gazı veya hava kullanılabilir. Eğer, hidrojen ve oksijen gazları yakıt-oksitleyici çifti olarak kullanılırsa ürün olarak saf su elde edilmektedir.
- Yakıtın işleyiciye ve hücreye girmeden önce gaz temizleme işlemine ihtiyacı duyması ve hücredeki elektro-kimyasal reaksiyonların çok temiz olması, yakıt hücre santrallerinin oldukça düşük emisyon değerlerine sahip olması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Yakıt hücrelerinde hareketli kısımların olmayışı, gürültü ve titreşim seviyelerinin minimuma çekilmesini kolaylaştırılmasının yanı sıra güvenilirliğini artırmış ve ürün maliyetini azaltmıştır

HİDROJEN VE HİDROJEN EKONOMİSİ



Hidrojeni ilk kez, 1783'te suyun bileşimini bulan LAVOISIER ortaya çıkarmıştır ve söz konusu maddeye “Hidrojenyum” adını vermiştir. Kokusuz, renksiz, tatsız ve saydam bir yapıya sahip olan hidrojen, doğadaki en hafif element olma özelliğine sahiptir. Bir litresi 0 °C’de ve 1 atm basınç altında 0,0898 gramdır. H_2 biçiminde 2 atomlu moleküller halinde bulunur. Bu renksiz ve kokusuz gaz, hava veya oksijenle kolayca tepkimeye girer ve su oluşturur.

HİDROJEN VE HİDROJEN EKONOMİSİ

- Hidrojen, bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (Üst Isıl Değeri:140.9 MJ/kg ve Alt Isıl Değeri 120.7 MJ/kg). Yani başka bir deyişle 1kg hidrojen, 2.1 kg doğalgaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir.
- Hidrojen, petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisinde artışa yol açan hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir.

HİDROJENİN ÖZELLİKLERİ

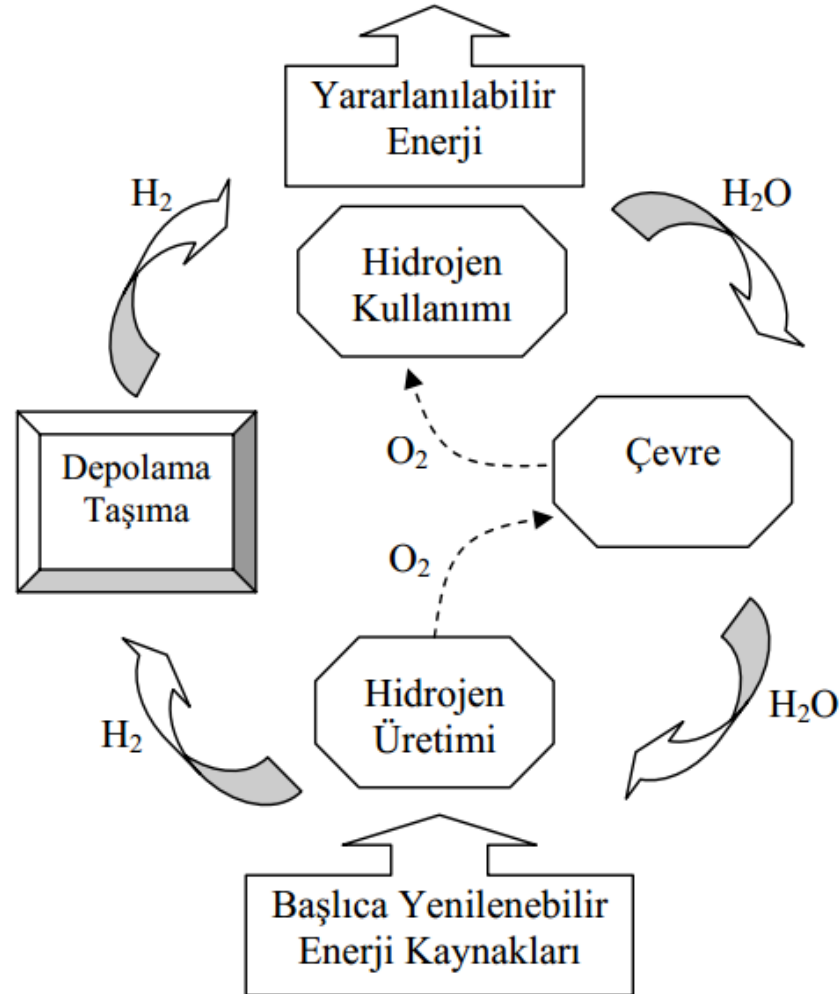
- Hidrojen atomik ve fiziko-kimyasal özellikleri bakımından diğer bütün elementlerden farklıdır. Bunlar şöyle sıralanabilir:

<u>Atomik Sembolü</u>	: H
<u>Atom Numarası</u>	: 1
<u>Atom Ağırlığı</u>	: 1.00794akb
<u>Elektron Konfigürasyonu</u>	: 1s ¹
<u>Ergime Noktası</u>	: -259.14°C
<u>Kaynama Noktası</u>	: -252.87°C
<u>Sınıflandırma</u>	: Ametal
<u>Kristal Yapısı</u>	: Hekzagonal
<u>Yoğunluk (293 K)</u>	: 0.08988 g/cm ³
<u>Buharlaştırma Isısı</u>	: 0.44936kJ/mol
<u>Füzyon Isısı</u>	: 0.05868kJ/mol
<u>Özgül Isı</u>	: 14. 304 J/gK
<u>Atom yarıçapı</u>	: 0.79 Å
<u>Bağ Yarıçapı</u>	: 0.32 Å
<u>İzotopları</u>	: H-1 (Kararlı) H-2 (Döteryum) H-3 (Tritiyum)

HİDROJENİN AVANTAJLARI

- Küresel ısınmaya çözüm oluşturacak,
- Kirlilik ve asit yağmurları problemini ortadan kaldıracak,
- Temiz ve sürekli bir enerji sistemini yerleştirecek,
- İstihdam sağlayacak,
- Yeni bir enerji teknolojisi için ihracat potansiyeli meydana getirecek,
- Petrol ithalatını azaltacak,
- Ticaret açığını azaltacak,
- Çevreyi koruyarak ekonomiye destek olacaktır.

HİDROJEN YAŞAM ÇEVİRİMİ



HİDROJEN ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

- Hidrojen, doğada tek olarak bulunmamaktadır. Su, petrol, doğalgaz, hidrokarbonlar, kömür, biokütle, metanol, amonyak vs.'nin bileşiminde bulunmaktadır. Bu nedenle hidrojenin bu bileşiklerden ayrıştırılması gerekir ve ayrıştırma işlemi için de enerji gerekmektedir.

METANDAN HİDROJEN ELDESİ

- Metandan kimyasal prosesler yardımı ile hidrojen üretimi bilinen bir yöntemdir. Metan, 800-900 °C sıcaklık aralığında buhar ve bir katalizörle genel olarak kararlı, yüksek aktivitede bir element olan nikel ile reaksiyona girer. Bu reaksiyon sırasındaki hidrojen oluşumu metan (CH_4) ve sudan (H_2O) gelmektedir. Reaksiyon endotermik yani ısı gerektiren bir reaksiyon olup gerekli olan enerjinin bir kısmı metan gazının yanmasıyla elde edilmektedir. Bu reaksiyon sonucunda CO ve H_2 'den oluşan bir sentez gazı elde edilir. Hidrojen konsantrasyonunun artması adına meydana gelen sentez gazı su buharı ile tekrar yer değiştirme reaksiyonuna girer, yani bir önceki aşamada meydana gelen CO, su buharı ile reaksiyona girerek CO_2 oluşturur.

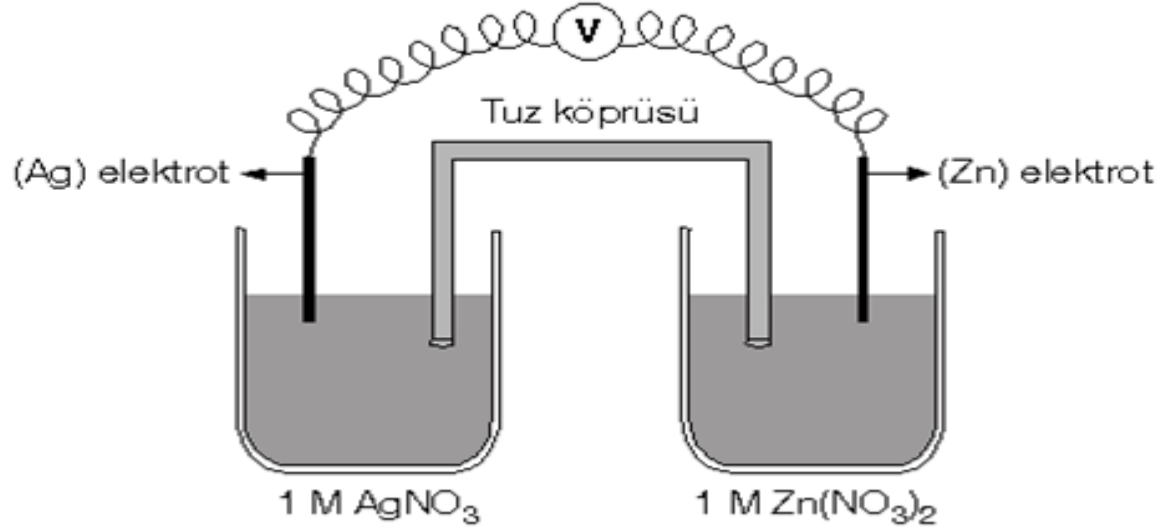
KÖMÜRDEN HİDROJEN ELDESİ

- Kömürün gazlaştırılması yöntemi de hidrojen üretiminde kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Bu yöntemde kömürün, yaklaşık 900°C sıcaklıkta ve yine yüksek basınç altında, sınırları dikkatlice kontrol edilmiş miktarda oksijenle ya da havayla ve buharla teması sağlanır. Bu koşullarda reaksiyon sırasında kömürden karbon molekülleri ayrışmaya başladığı sırada, CO, H₂ ve diğer gaz bileşenlerin oluşmasını sağlayan bir dizi reaksiyon da ardı ardına devam eder.
- Hidrojen içeriğinin zenginleştirilmesi için su, CO₂ yer değiştirme reaksiyonları gelişmiş reaktörlerde gerçekleştirilir. Prosesteki CO₂, NO_x, SO₂ emisyonları metandan hidrojen üretimine göre daha fazla olmaktadır. Meydana gelen CO emisyonlarının tamamına yakını CO₂'e dönüştürüldüğünden CO₂ emisyonu çok daha fazla olmaktadır. Ardından oluşan sentez gazı arındırılarak saf hidrojen elde edilmiş olur.

BIYOKÜTLEDEN HİDROJEN ELDESİ

- Biyokütlenin (odun, ot, tarımsal ve hayvansal atıklar vb.) gazlaştırılma işleminde de aynı kömür teknolojilerinde olduğu gibi belli bir miktarda oksijenle yüksek basınçta ve sıcaklıkta karıştırılarak CO_2 , CO ve CH_4 'den oluşan bir sentez gazı elde edilir. Arındırma işlemlerinin ardından reformasyon ile hidrojen elde edilir. Bu yöntem çok düşük maliyetli bir üretim metodu olup hammaddesi ucuz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

ELEKTROLİZ İLE HİDROJEN ELDESİ



- Elektrokimyasal hidrojen üretim yöntemlerinden en bilineni **suyun elektrolizi** ile hidrojen üretimi yöntemidir. Bu yöntem şu an için en pahalı yöntemdir ancak ileride bu üretim metodunda ilerleyen teknoloji ile maliyetler düşeceği düşünülmektedir. Yöntemin en temiz hidrojen üretim yolu olabilmesi adına elektrolizde kullanılan elektrik enerjisinin güneş, rüzgar, dalga, jeotermal, hidrolik vb. alternatif enerji kaynaklarından üretilmesi sağlanmalıdır.

HİDROJENİN DEPOLANMASI

- Hidrojen en hafif yakıt olmasından ötürü depolanması özellikle araçlarda ciddi sorun oluşturmaktadır. Mobil uygulamalarda, hidrojen genellikle kriyojenik sıvı, düşük sıcaklıklarda veya ortam sıcaklıklarında da sıkıştırılmış gaz olarak değerlendirilmektedir.
- Son yıllarda, hidrojenin bazı metal alaşımlar ile reaksiyona girip bileşik meydana getirmesi ilkesine dayanan metal hidrürde ve hidrojenin nano yapılardaki karbon tüp veya fiber ortamlarda depolanması yöntemleri geliştirilmekte olan yeni teknolojiler arasında yer almaktadır. Fakat metal hidrürlerin çok ağır olması ve depolama özelliği için birçok alaşımın az bulunan elementlerden meydana gelmesi nedeniyle çok pahalı olması kimyasal hidrürlere yönelik çalışmaları ön plana çıkarmıştır.

SIKIŞTIRILMIŞ GAZ OLARAK DEPOLAMA

- Hidrojenin sıkıştırılmış gaz olarak depolanması, yüksek basınçlı tanklarda yapılmaktadır. Çoğunlukla 50 litrelik silindirik depolarda 200–250 bar'lık basınçta depolama işlemi gerçekleştirilmektedir. 50 litrelik tanklarda depolanmasına rağmen hidrojenin çok hafif olmasından dolayı hacimsel enerji yoğunluğu çok düşüktür. Ayrıca yüksek basınçtan ötürü kullanılan tanklar çok ağır olmaktadır.



KRİYOJENİK SIVI OLARAK DEPOLAMA



- Bu depolama yöntemi sıvı hidrojen uzay teknolojilerinde ve yüksek enerjili nükleer fizik uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Bu depolama tekniğinde hidrojen atmosfer basıncında, 20K'de yalıtımı iyi gerçekleştirilmiş tankta depolanmaktadır. Sıvılaştırma işleminin 20.25K'de meydana gelmesinden dolayı sıvı depolarının ısı yalıtımının ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.
- Ayrıca hidrojenin bu sıcaklığa kadar soğutulması için ciddi zaman ve enerji gerektirmektedir. Tank ve izolasyonda dahil toplam ağırlığın en fazla % 16'sı kadar hidrojen depolanabilmektedir. Sıvılaştırma için yakıt enerji miktarının % 40'ı kadarı harcanmaktadır.

KARBON ABSORBSİYONU İLE DEPOLAMA

- Bu depolama yönteminde hidrojen, geniş yüzey alanına sahip aktif karbonun makroskopik gözenekleri arasında depolanmaktadır. Fakat bu gözeneklerin sadece belli bir kısmında hidrojen atomu absorbe edilemeyecek kadar küçük olmasından ötürü genellikle depolama için dış basınç şarttır. Düşük sıcaklıklarda ve 45–60 bar basınç aralığında grafit yapıya % 5.2 kadar hidrojen depolanabilmektedir.

CAM KÜRELERDE DEPOLAMA

- Bu depolama tekniğinde ise küçük, içi boş, çapları 25 ile 500 μm arasında değişen ve kalınlıkları 1 μm olan cam küreler kullanılmaktadır. Bu küçük (mikro) küreler 200-400°C'de hidrojen gazı ile doldurulmakta ve yüksek sıcaklıkta cam duvarlar geçirgenleştikçe de gaz kürelerin içine dolmaktadır. Hidrojen, cam oda sıcaklığına soğuduğunda kürelerin içine hapsolmaktadır. Kullanılacağı zaman kürelerin ısıtılması ile hidrojen tekrar açığa çıkarılmaktadır.

HİDROJENİN TAŞINMASI

- Hidrojen gazı, doğal gaz veya hava gazına benzer olarak borular aracılığıyla her yere kolaylıkla ve güvenli olarak taşınabilmektedir. Doğal gaz için kurulan yer altı boru dağıtım ağının ileride çok az bir değişikliklerle hidrojen içinde kullanılması olanaklıdır.
- Boru hatları dışında, hidrojen, basınçlı gaz olarak veya sıvılaştırarak tüplere konup tankerlerle taşınabilir. Çift çeperli yalıtılmış 25 m³ hacmindeki tanklara konulan sıvılaştırmış hidrojen, karayolu ile yine benzer şekilde 130 m³ hacminde tanklara konulan sıvı hidrojen ise demiryolu ile taşınabilmektedir.

HİDROJENİN TAŞINMASI

- Hidrojenin boru ile taşınmasına, Texas da petrol endüstrisi tarafından kullanılmakta olan ve 80 km uzunluğuna sahip boru şebekesi ile Almanya da Ruhr havzasında 1938 yılında işletmeye açılan ve bu gün 15 atmosfer basınç altında hidrojen taşımaya devam eden 204 km lik boru hattı örnek olarak gösterilebilir.