

# NÜKLEER ENERJİ-2.Bölüm

- Doç.Dr.M.Azmi AKTACİR  
Harran Üniversitesi  
Makine Mühendisliği Bölümü  
2018-ŞANLIURFA



Bu sunu ders notu olarak hazırlanmıştır.

# Nükleer reaktörler

- Nükleer reaktör, zincirleme çekirdek tepkimesinin başlatılıp sürekli ve denetimli bir biçimde sürdürüldüğü aygıtlardır.
- Nükleer reaktörler bazen nükleer enerjiyi başka bir tür enerjiye (genelde elektrik enerjisine) çevrilen santraller olarak kullanılırlar. Diğer bir ifade ile reaktörler, yeterli miktarda fizyon reaksiyonu verebilen maddenin, uygun biçimde yerleştirildiği ve bununla da denetim altında zincirleme bir Fizyon reaksiyonunun başlatılıp sürdürülebildiği aygıttır.

# Nükleer reaktörler

- Ağır çekirdeklerin bölünme ürünleri büyük miktarlarda enerji içerirler. Bu enerji ısıya dönüşerek birçok yüksek-ısıcılıkta gerçekleştirilebilen işlemler için yararlı olur. Ayrıca, daha önemlisi bu ısıdan aşırı ısınmış ve yüksek basınçlı su buharı elde etmede yararlanılır. Bununla buhar türbini döndürülerek elektrik üretilir. Bu tür tesisler Nükleer Enerji Santralleri adını alırlar. Reaktörlerin çoğu elektrik üretimi için çalışırlar. Bazı küçük boyutlu reaktörler nükleer denizaltı gemileri ile su-üstü gemilerinde kullanılır. Reaktör son derece kusursuz biçimde yalıtılmış ve dışarıya radyasyon sızması önlenmiş olmalıdır.
- Nükleer santrallerde üretilen elektrik enerjisi; kömür, petrol veya nükleer gibi "birincil" enerji kaynaklarının kullanımı sonucu elde edildiğinden, "ikincil" enerji olarak nitelendirilir.

# Nükleer reaktörler

- 2005 itibarıyla dünyada 1100 civarında nükleer reaktör çalışır durumdadır.
- Bunların yaklaşık 310 tanesi araştırma reaktörüdür. Sanayi ve ilaç için [izotop](#) üretiminde bulunmaktadır.
- 400ü aşkın reaktör [denizaltılarla](#) ilgilidir.
- 440 dolayında reaktör ise uranyum yakıtı kullanarak fisyonu dayalı olarak [elektrik enerjisi](#) üretimi faaliyetinde bulunmaktadırlar.

# Nükleer santraller

- Bir nükleer santraldeki sistemler konvansiyonel güç santralleri ile aynı mantıkla çalışırlar.
- Isı enerjisinin üretildiği kısımda elde edilen buharın **türbin-jeneratörü** döndürerek elektrik üretilmesi felsefesi, temel olarak nükleer santrallarda da aynıdır.
- Nükleer santraller **ısı üretmek** için **nükleer reaksiyonu** kullandıkları ve bunun sonucunda çevreye salınmaması gereken radyoaktif maddeler ürettikleri için, bazı ek sistemler kullanırlar.
- Örneğin, bir çok nükleer santralde nükleer yakıtı barındıran yakıt tüpleri arasından ısınarak geçen su, doğrudan türbine gönderilmeyip, türbin için buhar üretilen ikinci bir çevrimi ısıtmak için kullanılır.
- Bununla ilgili sistemlere Birincil (Soğutma) Sistem(i) adı verilir.
- İkincil sistem ise birincil soğutma sistemindeki ısıyı alarak türbin-jeneratörü döndürmek için gerekli olan buharın üretilmesi için kullanılan sistemdir. Her iki sistem de kapalı birer döngü oluşturmuşlardır.

## Yakıt Tüketimi ve Atıklar

### Yıllık yakıt tüketimi

yılda  
3 milyon ton  
kömür



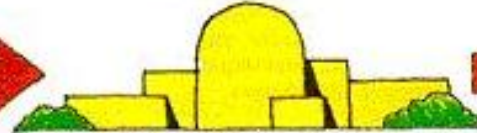
1000 MWe gücünde kömür santrali

### Atık üretimi



Atmosfere salınan 7 milyon ton karbon ve kükürt dioksit gaz atık ve 150-200 bin ton külden oluşan katı atık. (yıllık)

yılda sadece  
25 ton  
Uranyum



1000 MWe gücünde nükleer santral



Yeniden işleme ile birlikte camlaştırılmış sadece 1 ton yüksek seviyeli ışınetkin atık. (yıllık)

Nükleer Teknolojinin belki de en iyi bilinen kullanım alanı elektrik enerjisinin üretildiği nükleer santrallerdir. Bu santrallerde uranyum yakıt kullanılarak elektrik enerjisi elde edilmektedir. Günümüzde nükleer santraller dünyada birçok ülkede kullanılmakta, dünya elektrik üretiminin yaklaşık %17'sini karşılamaktadır.

**Bugün dünyadaki birçok değişik ülkede 440 adet nükleer santral elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılmaktadır.**

Nükleer santrallerden sera etkisi yaratabilen ve doğaya zarar veren karbon, kükürt ve azot oksitler gibi bazı gazların çıkmaması avantajlı yanları olarak görülmektedir. Önemli bir kaygı kaynağı olan nükleer atıkların güvenli bir şekilde yok edilmesi ile ilgili araştırma ve geliştirme çalışmaları da hali hazırda devam etmektedir.

# Dünyadaki Nükleer Santraller

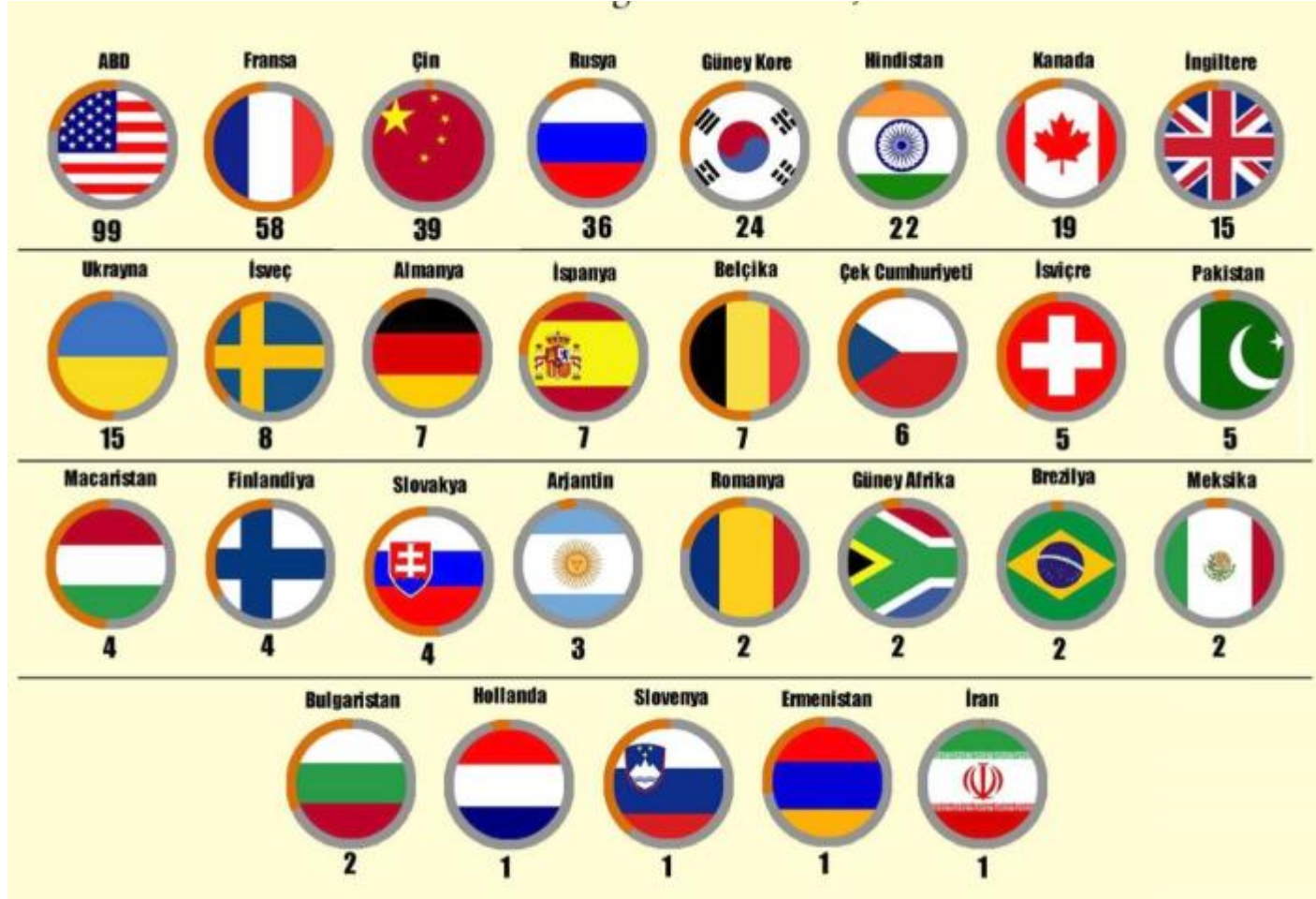
- Dünyada ilk kamu elektrik şebekesine elektrik veren santral 26 Haziran 1954'de Rusya'da Obninsk santrali olmuştur.
- 27 Ağustos 1956'da ilk ticari maksatlı olarak İngiltere de Calder Hall 1 (50 MW) olmuştur.
- Birleşik Krallık da, Oldbury santrali, 7 Kasım 1967 de hizmete girip ve halen kullanılan en eski santraldir.
- Kashiwazaki Kariwa Japonya da bulunan 7 reaktör üniteli santral, şu an dünyanın en güçlü santralidir. (8212 MW kapasite)
- Fransa da bulunan 2 Civaux reaktör ünitesi, şu an dünyanın en güçlüleridir. (1561 MW brüt kapasite)

# Dünyadaki Nükleer Santraller

- Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın "Güç Reaktörü Bilgi Sistemi – Power Reactor Information System (PRIS)" verilerine göre dünyada nükleer enerjinin durumu; 31 ülkede 449 nükleer reaktör işletme halindedir (22 Şubat 2018).
- 2017 yılı itibariyle dünya genelinde elektrik üretiminin yaklaşık %11'i 2477 TWh ile nükleer santrallerden sağlanmıştır.
- 16 ülkede 56 nükleer reaktör inşası da devam etmektedir.
- Türkiye'de etkin durumda olan tek nükleer reaktör; Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezinde bulunan TR-2 Araştırma Reaktörüdür.



# Dünyadaki Nükleer Santraller



# Dünyadaki Nükleer Santraller

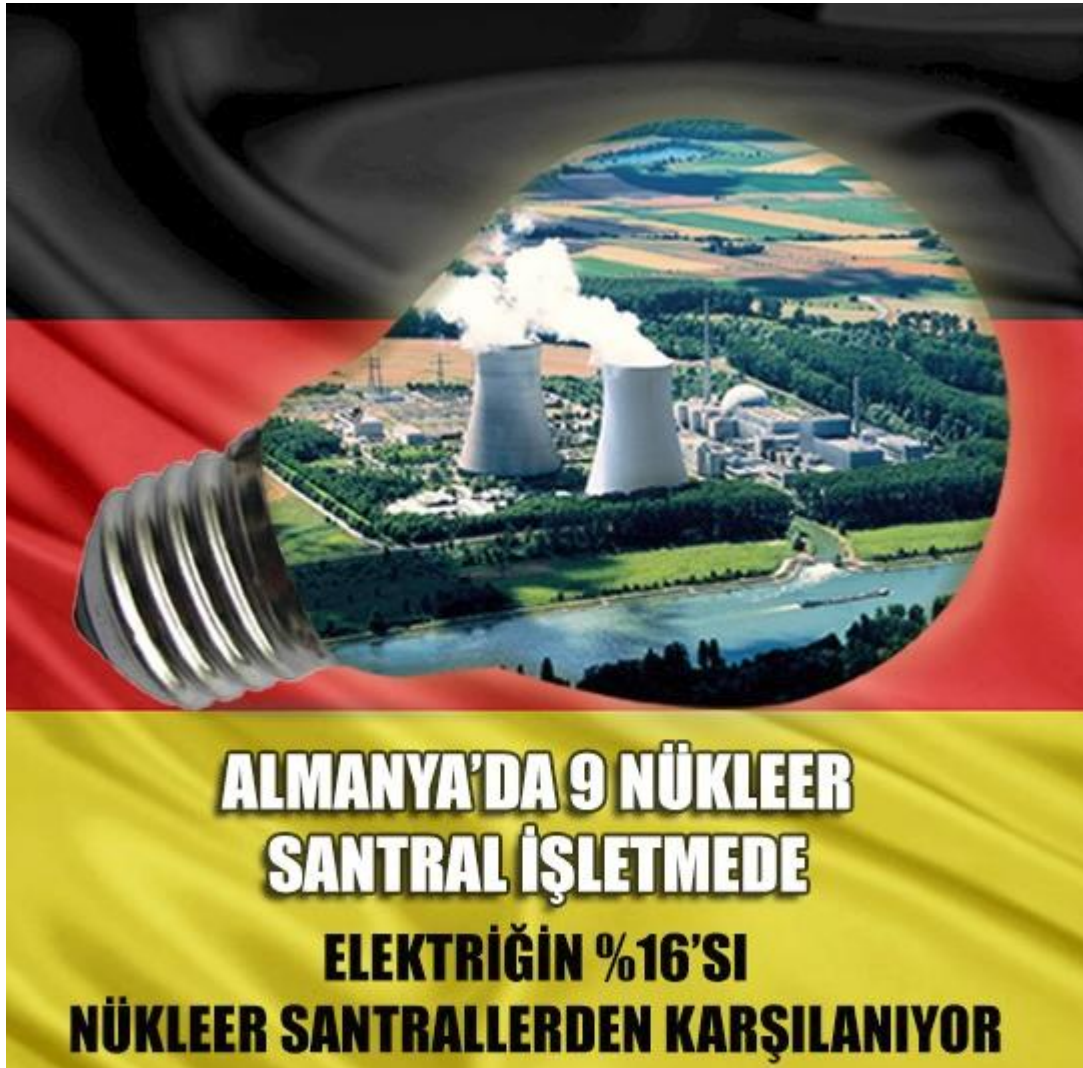
- ABD'de 99 nükleer reaktör işletmede bulunmaktadır. 2017 yılında elektrik üretiminin %20'si nükleer santrallerden karşılamıştır. 2 Nükleer reaktör inşa halindedir.
- Rusya'da 36 nükleer reaktör işletme halindedir. Rusya elektrik üretiminin yaklaşık %17'sini nükleer santrallerden karşılamakta olup 6 nükleer reaktör inşa halindedir. Rusya, ilk yüzen nükleer santral, ticari işletmesi olan yeni nesil ilk hızlı nötron reaktörü (BN-800 ve BN-1200) gibi öncü çalışmalar yapmaktadır.

- Çin Halk Cumhuriyeti'nde 39 nükleer reaktör işletme ; 18 nükleer reaktör de inşaat halindedir. Çin elektrik üretiminin %3.5'ini nükleer enerjiden karşılamaktadır. Çin nükleer santralleri yerileştirme noktasında önemli adımlar atmış olup, şuanda kendi nükleer santral tasarımına sahip olmakla kalmayıp uluslararası piyasaya kendi tasarımı reaktörleri pazarlamaktadır.
- Birleşik Krallıkta 15 nükleer reaktör işletme halindedir ve üretilen elektriğin %20'si nükleer santrallerden karşılanmaktadır. Birleşik Krallık 2006'da yayımladığı politika belgesiyle toplam 16 GW'lık yeni nükleer santral yapmayı planlamaktadır.
- Fransa'da 58 nükleer reaktör işletme halindedir. Elektrik üretiminin %72'si nükleer santrallerden karşılanmaktadır. 1 nükleer reaktör de inşaat halindedir.



# Dünyadaki Nükleer Santraller

- Almanya'da 7 nükleer reaktör işletme halindedir ve elektriğinin %13'ü bu santrallerden karşılamaktadır. Fukuşima sonrası 8 nükleer reaktörünü kapatmıştır. Kapatılan Nükleer reaktörler 1980'den önce yapılmıştır. İşletmecilerle yapılan anlaşmaya göre, bu santraller 2010 yılında işletmeden çıkarılacaktı. Ancak 2010 yılında enerji arz güvenliği sebebiyle bu santrallerin işletme sürelerinde uzatma yapıldı. 2011 yılında yaşanan Fukuşima kazası sonrası 250 bin kişilik antinükleer gösteri sonunda işletme süresi uzatılan bu santraller kapatıldı. İşletme sahiplerinin açtığı dava süreçleri devam etmektedir.



# Dünyadaki Nükleer Santraller

- Japonya'da Fukuşima öncesi 48 nükleer reaktör işletmede iken 2 nükleer reaktör inşa halinde idi. Fukuşima sonrası işletmede olan tüm nükleer santraller yeniden risk değerlendirmesi yapılması amacıyla kapatılmıştır. Aralık 2013 yılında Japon hükümetinin yayınladığı 20 yıllık enerji planında nükleer enerji santrallerinin baz yük olarak kullanılacağı öngörülmektedir. Bu sebeple Nükleer Santrallerin detaylı güvenlik analizlerinin yapıp yeniden işletmeye alma süreçleri başlatılmıştır.
- Japonya'daki 43 reaktörün 26 sı yeniden işletmeye alınmak için Nükleer Düzenleyici Kuruluşuna (NRA) başvuruda bulunmuştur. Şubat 2018 itibarı ile Japonya'da 5 reaktör NRA'da izin alıp sisteme elektrik üretmeye başlamış olup, 21 reaktör elektrik üretimi için NRA iznini beklemektedir.

# Dünyadaki Nükleer Santraller

Nükleer Santrallerin Ağustos 2017 itibariyle mevcut kapasitesi 391 GW'dır. Uluslar arası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA-IAEA), Uluslar arası Enerji Ajansı (UEA- IEA) ve Dünya Nükleer Birliğinin (DNB- WNO) yayımladığı öngörülere göre:

- 2020 yılında nükleer santrallerin toplam kapasitesinin 400-500 GW;
- 2030 yılında ise 700 GW dolaylarında olacağı beklenmektedir.
- Ülkelerin nükleer santrallere yönelmesinde:
- Elektrik üretim maliyetlerinin düşük olması
- Enerji arz güvenliğinin sağlanması
- Yakıt fiyatlarının, elektrik maliyeti üzerindeki küçük etkisi,
- Sera gazı salımının olmaması ile İklim Değişikliğiyle mücadeleye etkisi.

en önemli parametrelerdir.



Ülkeler	İşletmedeki Nükleer Santral Sayısı	İnşaat Aşamasındaki Santral Sayısı	Elektrik Üretiminde Nükleer Enerjinin Payı (%)
ABD	99	2	19,74
Fransa	58	1	72,28
Japonya	48 (5)	2	2,15
Rusya	36	7	17,14
Güney Kore	24	4	30,3
Çin	39	18	3,56
Hindistan	22	6	3,38
Kanada	19	–	15,63
İngiltere	15	–	20,4
Ukrayna	15	2	50,29
İsveç	8	–	42,7
Almanya	7	–	15,5
İspanya	7	–	19,7
Belçika	7	–	52,1
Çek Cumhuriyet	6	–	36,4
Tayvan	6	2	18,4
İsviçre	5	–	40
Finlandiya	4	1	33,71
Macaristan	4	–	51,27
Slovakya	4	2	54,14
Pakistan	5	2	4,4
Arjantin	3	1	5,62
Brezilya	2	1	2,93
Bulgaristan	2	–	35,03
Meksika	2	–	6,19
Romanya	2	–	17,09
Güney Afrika	2	–	6,61
Ermenistan	1	–	31,41
İran	1	–	2,11
Hollanda	1	0	3,39
Slovenya	1	–	35,19
Birleşik Arap Emirliği	–	4	–
Beyaz Rusya	–	2	–
TOPLAM	447	58	–