



**T.C. ENERJİ VE TABİİ
KAYNAKLAR BAKANLIĞI**

NÜKLEER ENERJİ

SIKÇA SORULAN SORULAR



İçindekiler Tablosu

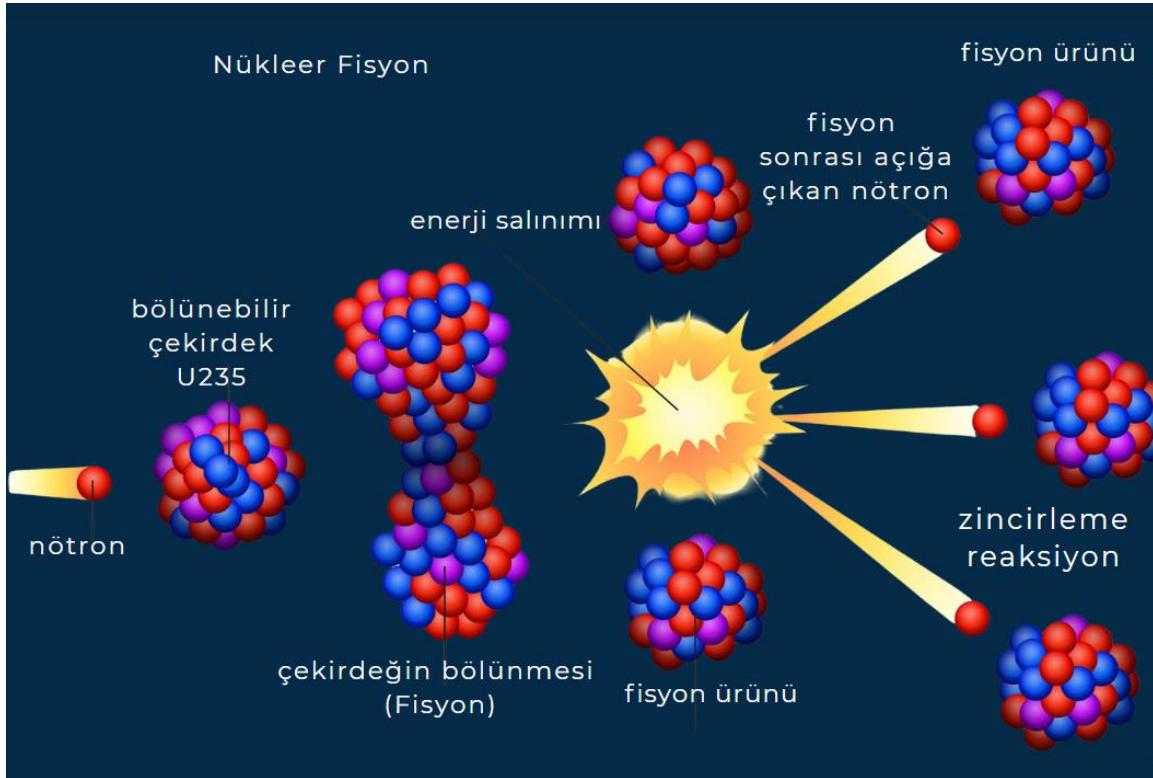
Bölüm 1 – Nükleer Enerji ile İlgili Genel Bilgiler	2
1. Nükleer enerji nedir?.....	2
2. Türkiye neden nükleer enerjiye ihtiyaç duyuyor?.....	3
3. Artan enerji ihtiyacımızı karşılamada nükleer enerjinin rolü nedir?.....	4
4. Dünya ve Türkiye’de elektrik üretiminde kaynak dağılımı nasıldır?	4
5. Enerji tasarrufu ve verimlilik, yeni santral ihtiyacını ortadan kaldırır mı?	5
6. Nükleer enerji yerine rüzgâr ve güneş enerjisi mi kullanmalıyız?	6
Bölüm 2 – Türkiye’nin Nükleer Programı	6
7. Türkiye’nin enerji politikalarında nükleer enerjinin yeri nedir?.....	6
8. Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS) Türkiye’ye ne kazandıracak?	7
9. Akkuyu NGS elektrik fiyatlarını nasıl etkileyecek?	7
10. Türkiye’de başka nükleer santral projeleri var mı?.....	8
11. Nükleer projeler, Türkiye’nin doğal gaz ithalatını azaltır mı?	8
12. Dünyada kaç reaktör var, yeni projeler hangi ülkelerde yapılıyor?	8
13. Küçük modüler reaktörler (SMR) nedir? Türkiye’de planlanıyor mu?	9
Bölüm 3 – Nükleer Enerji ve Ekonomi.....	10
14. Nükleer enerji ekonomiye nasıl katkı sağlar?	10
15. Yerli üretim ve istihdam açısından faydaları nelerdir?	10
16. Nükleer enerji Türkiye’nin sanayisini nasıl geliştirir?.....	11
Bölüm 4 – Güvenlik ve Çevre.....	11
17. Nükleer santraller ne kadar güvenlidir?	11
18. Deprem, tsunami veya aşırı hava koşullarında Akkuyu’nun durumu ne olacak?	12
19. Nükleer santraller çevreyi ve su kaynaklarını olumsuz etkiler mi?	13
20. Nükleer enerji turizm ve tarıma zarar verir mi?	13
21. Nükleer enerji sera gazı salımını azaltır mı?.....	14
Bölüm 5 – Radyasyon	14
22. Radyasyon nedir, günlük yaşamda nerelerde bulunur?.....	14
23. Nükleer santraller kaynaklı halkın maruz kaldığı radyasyon ne kadar?	15
24. Çernobil kazasının Türkiye’ye etkisi oldu mu?	15
25. Çernobil’de olanlar Akkuyu’da da olabilir mi?.....	15
26. Geçmişte yaşanan nükleer kazalardan (Çernobil, Fukushima) hangi dersler çıkarıldı?	16
Bölüm 6 – Atıklar ve Yakıt	16
27. Kullanılmış nükleer yakıtların ve radyoaktif atıkların yönetimi nasıldır?...	16

Nükleer Enerji Hakkında Sıkça Sorulan Sorular

Bölüm 1 – Nükleer Enerji ile İlgili Genel Bilgiler

1. Nükleer enerji nedir?

Nükleer enerji, atom çekirdeklerinde depolanan enerjinin kontrollü biçimde açığa çıkarılmasıyla elde edilir. Günümüzde elektrik üretiminde kullanılan yöntem nükleer fisyonudur; uranyum gibi ağır elementlerin bölünmesi sırasında ortaya çıkan ısı, suyu buhara dönüştürür ve bu buhar türbinleri çalıştırarak elektrik üretir.



Şekil 1 Nükleer fisyon

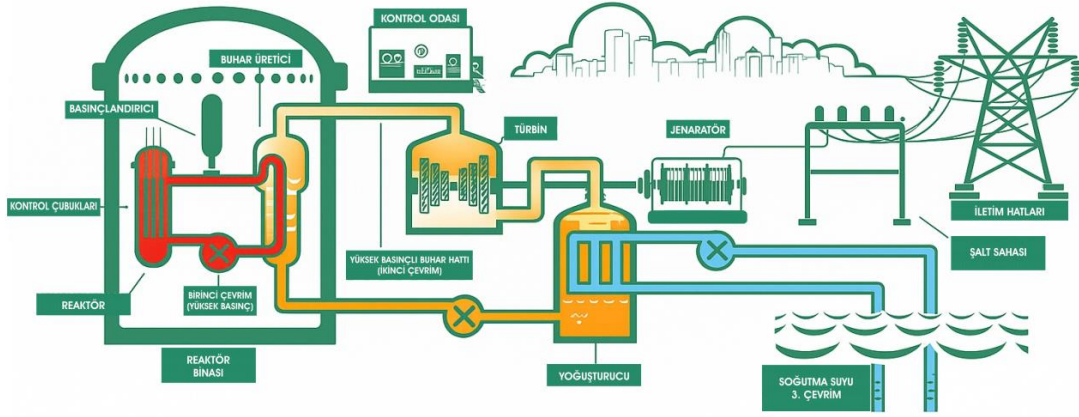
Fisyon reaksiyonu

1. Uranyum-235 atomuna bir nötron çarpar.
2. Atomun çekirdeği parçalanır (bu olaya fisyon denir).
3. Bu sırada:
 - Isı (termal enerji) açığa çıkar,

- Işık ve radyasyon yayılır,
 - Yeni nötronlar ortaya çıkar.
4. Bu nötronlar da başka uranyum atomlarına çarpar.
- Ve bu süreç zincirleme şekilde devam eder.
 - Buna zincirleme reaksiyon denir.

Nükleer santraller mevsimsel koşullardan bağımsız olarak 7 gün 24 saat çalışabildiği için güvenilir ve sürekli bir elektrik kaynağıdır. Ayrıca yaşam döngüsü boyunca çok düşük sera gazı salımına neden olduğu için iklim dostu bir seçenektir. Bugün dünyada nükleer enerji, hidroelektrikten sonra ikinci büyük düşük karbonlu elektrik kaynağıdır.

Nükleer Enerji Santrali Çalışma Prensibi



Şekil 2 Nükleer Enerji Santrali Çalışma Prensibi

2. Türkiye neden nükleer enerjiye ihtiyaç duyuyor?

Türkiye'nin elektrik talebi her yıl düzenli olarak artmaktadır. 2024 yılında elektrik tüketimi 347,9 TWh'ye ulaşmış, 2035'te bu rakamın 510,5 TWh'ye çıkması öngörülmektedir. Bu artışın karşılanabilmesi için yenilenebilir kaynakların yanı sıra sürekli ve kesintisiz çalışabilen nükleer enerjiye de ihtiyaç duyulmaktadır.

Nükleer enerji sayesinde ülkemizin elektrik arz güvenliği güçlenir, ithal doğal gazı bağımlılık azalır, enerji maliyetleri daha öngörülebilir hale gelir ve Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefine katkı sağlanır. Ayrıca nükleer santraller, yenilenebilir kaynaklarla birlikte kullanıldığında iletim şebekesinin güvenilirliğini artırarak sistemde denge sağlar.

3. Artan enerji ihtiyacımızı karşılamada nükleer enerjinin rolü nedir?

Elektrik tüketimi hem dünyada hem Türkiye’de düzenli olarak artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı’na göre küresel tüketim 2024 yılında %4,3 artmıştır. Önümüzdeki yıllarda veri merkezleri, elektrikli araçlar, sanayide elektrifikasyon ve iklimlendirme ihtiyacının artmasıyla bu büyümenin devam etmesi beklenmektedir.

Türkiye’de ise 2024’te tüketim %3,8 artarak 347,9 TWh’ye çıkmıştır. Ulusal Enerji Planı’na göre tüketimimiz:

- 2025’te 380,2 TWh,
- 2030’da 455,3 TWh,
- 2035’te 510,5 TWh’ye ulaşacaktır.

Bu artışı karşılamak için hem yenilenebilir hem de nükleer enerji kaynaklarının birlikte devreye alınması gerekmektedir. Akkuyu Nükleer Güç Santrali bugün devrede olsaydı yıllık yaklaşık 35 TWh elektrik üretecek ve ihtiyacımızın yaklaşık %10’unu karşılayarak önemli katkı sağlayacaktı.

4. Dünya ve Türkiye’de elektrik üretiminde kaynak dağılımı nasıldır?

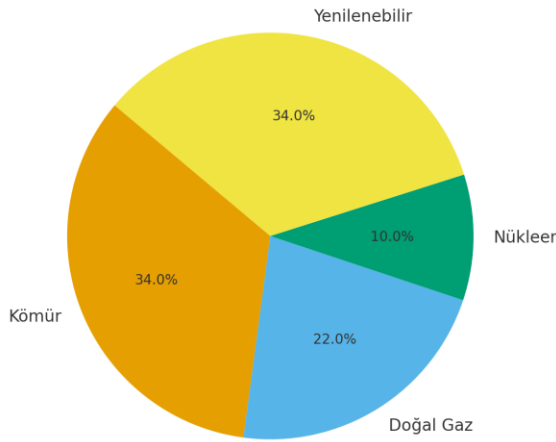
Dünya genelinde elektrik üretiminde farklı kaynaklardan yararlanılmaktadır. 2024 yılı itibarıyla küresel üretimin yaklaşık:

- %34’ü kömür,
- %22’si doğal gaz,
- %10’u nükleer enerji,
- %34’ü yenilenebilir enerji kaynaklarından (hidroelektrik, rüzgâr, güneş, biyokütle vb.) sağlanmaktadır.

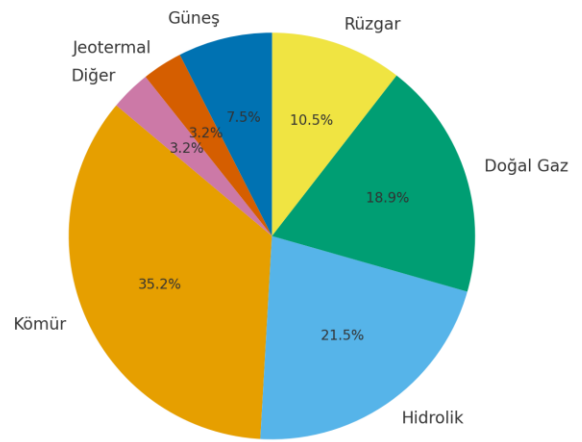
Türkiye’de de enerji arz güvenliğinin sağlanması amacıyla üretimde kaynak çeşitliliği gözetilmektedir. 2024 yılı itibarıyla elektrik üretimimizin:

- %35,2’si kömürden,
- %21,5’i hidrolikten,
- %18,9’u doğal gazdan,
- %10,5’i rüzgârdan,
- %7,5’i güneşten,
- %3,2’si jeotermalden,
- %3,2’si diğer kaynaklardan karşılanmıştır.

Dünya Elektrik Üretimi Kaynak Dağılımı (2024)



Türkiye Elektrik Üretimi Kaynak Dağılımı (2024)



Şekil 3 Dünya'da ve Türkiye'de Elektrik Üretimi Kaynak Dağılımı

Türkiye Ulusal Enerji Planı'na göre, önümüzdeki yıllarda elektrik talebi artmaya devam edecek ve 2035 yılında 510,5 TWh seviyesine ulaşacaktır. Bu artışın karşılanabilmesi için yenilenebilir enerji yatırımlarının yanında nükleer enerji de sisteme dâhil edilerek üretim portföyümüz çeşitlendirilecektir. Böylelikle hem arz güvenliği güçlenecek hem de emisyon azaltım hedeflerimize katkı sağlanacaktır.

5. Enerji tasarrufu ve verimlilik, yeni santral ihtiyacını ortadan kaldırır mı?

Enerji verimliliği ve tasarruf, aynı hizmetin daha az enerji tüketilerek sunulmasını sağlar. Bu sayede enerji yoğunluğu azalır, tüketici faturaları düşer, emisyonlar sınırlanır ve enerji arz güvenliğine doğrudan katkı sağlanır. Türkiye'de kayıp-kaçak oranlarının azaltılması, verimli cihazların kullanılması ve sanayide modern teknolojilere geçilmesi, bu alandaki kazanımları güçlendirmektedir.

Ancak, günümüzdeki eğilimler yalnızca verimlilik önlemlerinin artan elektrik talebini karşılamak için yeterli olmadığını göstermektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre, 2025–2026 döneminde küresel elektrik talebi her yıl %3'ün üzerinde artacaktır. Türkiye'de de ekonomik büyüme, sanayileşme, dijitalleşme ve elektrifikasyon nedeniyle talebin artmaya devam etmesi beklenmektedir.

Bu nedenle, verimlilik ve tasarruf politikaları son derece önemli olmakla birlikte, bu politikalar yeni üretim kapasitesi ihtiyacını ortadan kaldırmamaktadır. Önümüzdeki dönemde arz güvenliği ve fiyat istikrarının sağlanabilmesi için; yenilenebilir kaynaklara ek olarak nükleer enerji gibi düşük emisyonlu ve sürekli üretim yapabilen santrallerin sisteme dahil edilmesi, ayrıca güçlü iletim-dağıtım altyapı yatırımlarının hayata geçirilmesi planlanmaktadır.

6. Nükleer enerji yerine rüzgâr ve güneş enerjisi mi kullanmalıyız?

Rüzgâr ve güneş, temiz enerji dönüşümünün en önemli parçalarıdır. Ancak bu kaynaklar hava koşullarına bağlı olduğu için her zaman aynı seviyede elektrik üretemez.

Nükleer santraller ise yılın neredeyse tamamında çalışır, 60 yıl gibi uzun bir ömre sahiptir ve düşük karbon salımıyla üretim yapar. Böylece hem sürekli enerji sağlar hem de yenilenebilir kaynakların sisteme entegrasyonunu kolaylaştırır.

- **Nükleer santraller:** Yılda yaklaşık 8.000 saat çalışır, ömrü ortalama 60 yıldır. Nükleer santrallerin kapasite faktörü %90'ın üzerindedir.
- **Rüzgâr santralleri:** Yılda ortalama 3.000 saat çalışır, ömrü 20-25 yıldır.
- **Güneş santralleri:** Yılda 2.500-3.000 saat çalışır, ömrü 20-25 yıldır.

Bu fark, nükleer enerjinin yenilenebilir kaynaklarla birlikte kullanıldığında şebekeye güvenilirlik ve süreklilik sağladığını göstermektedir.

Bu kapsamda, nükleer santraller, rüzgâr ve güneş santrallerinin rakibi değil tamamlayıcısıdır.

Bölüm 2 – Türkiye'nin Nükleer Programı

7. Türkiye'nin enerji politikalarında nükleer enerjinin yeri nedir?

Türkiye'nin enerji politikası; enerji arz güvenliğinin artırılması, dışa bağımlılığın azaltılması, temiz enerji dönüşümü ile 2053 net sıfır hedefinin gerçekleştirilmesi ve rekabetçi bir piyasa yapısının sağlanması üzerine kuruludur. Bu çerçevede nükleer enerjinin politikadaki rolü:

- Kesintisiz ve düşük karbonlu elektrik üretimi sağlamak,
- İthal doğal gazın yerine geçerek dışa bağımlılığı azaltmak,
- 2053 net sıfır emisyon hedeflerini gerçekleştirmeye yardımcı olmak,
- Yerlileşme, teknoloji transferi ve insan kaynağı gelişimini desteklemektir.

Ulusal Enerji Planı'na göre 2035'te nükleer kurulu gücün 7,2 GW'a, 2053'te ise 20 GW'a ulaşması hedeflenmektedir. Böylece elektrik üretiminde nükleer enerjinin payının yaklaşık %30 seviyesine çıkması öngörülmektedir. Nükleer santraller karbon salmadığı için iklim hedeflerine katkı sunar; ayrıca diğer enerji kaynaklarına göre çok daha az araziye ihtiyaç duyar.

Türkiye, 2021'de Paris İklim Anlaşması'nı onaylamış ve 2053 için net sıfır emisyon hedefi koymuştur. Bu hedefe ulaşmak için Akkuyu NGS'nin yanında Sinop ve Trakya'da yeni santrallerin kurulması ve küçük modüler reaktörlerin devreye alınması planlanmaktadır.

8. Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS) Türkiye'ye ne kazandıracak?

Akkuyu NGS tam kapasite devreye girdiğinde 4 ünitesiyle yılda yaklaşık 35 milyar kWh (35 TWh) elektrik üretecektir. Bu miktar, Türkiye'nin 2024 yılı elektrik tüketiminin yaklaşık %10'una denk gelmektedir.

Akkuyu NGS'nin katkıları:

- **Arz güvenliği:** Hava koşullarından bağımsız 7/24 kesintisiz üretimle şebekeye istikrar kazandırır.
- **İthalatın azaltılması:** Doğal gaz ithalatını yıllık 7 milyar m³ azaltır.
- **İklim hedefleri:** Fosil yakıtların aksine düşük karbonlu üretim yaparak sera gazı salımlarını önemli ölçüde azaltır. 35 milyon ton CO₂ emisyonunu engeller.
- **Ekonomi ve yerleşme:** 2025 yılı itibarıyla projede %56 yerlilik oranına ulaşılmıştır. Ülke sanayisinin gelişmesine, AR-GE yatırımlarına ve yüksek nitelikli istihdama katkı sağlar.
- **İnsan kaynağı:** Yüzlerce Türk öğrenci nükleer mühendislik alanında yurtdışında eğitim görmekte ve Akkuyu NGS'de istihdam edilmektedir.

Sonuç olarak, Akkuyu NGS; Türkiye'nin enerji bağımsızlığına, sanayi kapasitesine ve iklim hedeflerine doğrudan katkı sağlayan stratejik bir projedir.

9. Akkuyu NGS elektrik fiyatlarını nasıl etkileyecek?

Akkuyu NGS için elektrik satış fiyatı, Türkiye ile Rusya Federasyonu arasında imzalanan anlaşma çerçevesinde belirlenmiştir. Anlaşmaya göre santralin işletmeye girmesinden sonraki ilk 15 yıl boyunca üretimin belirli bir kısmı sabit fiyatla satın alınacaktır (12,35 ABD cent/kWh, üst sınır 15,33 cent/kWh).

Fiyatlandırmanın temel özellikleri:

- Sabit alım fiyatı, santralin finansmanını güvence altına alır.
- Kalan üretim serbest piyasada satılır.
- 15 yıl sona erdiğinde santralin net kârının %20'si Hazine'ye aktarılacaktır.
- Türk Hazinesi'ne ek mali yük getirmemektedir.

Akkuyu projesi uzun vadede elektrik fiyatlarının öngörülebilirliğine katkı sağlarken, Elektrik Satın Alma Anlaşması dönemi sonrasında piyasa koşullarına bağlı olarak daha rekabetçi fiyatlarla üretim yapılabilecektir.

10. Türkiye’de başka nükleer santral projeleri var mı?

Türkiye’nin nükleer enerji programı Akkuyu Nükleer Güç Santrali ile sınırlı değildir. Sinop ve Trakya’da iki büyük ölçekli nükleer santral daha planlanmaktadır. Ayrıca küçük modüler reaktörler (SMR) de gündemdedir.

Planlanan projeler:

- Sinop NGS: Yüksek yerlilik ve teknoloji transferi hedeflenmektedir projeye yönelik olarak çalışmalar devam etmektedir.
- Trakya NGS (Kıyıköy): Projeye yönelik olarak çalışmalar sürmektedir.
- SMR projeleri: Bu alanda dünya genelinde devam eden çalışmalar yakında takip edilmekte ve uluslararası iş birlikleriyle teknoloji transferi amaçlanmaktadır.

Bu projelerin, Akkuyu NGS’den elde edilen tecrübelerin üzerine inşa edilerek daha yüksek yerlilik oranı, teknoloji kazanımı ve nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesi hedeflenmektedir.

11. Nükleer projeler, Türkiye’nin doğal gaz ithalatını azaltır mı?

Akkuyu NGS’nin dört ünitesi tam kapasite devreye girdiğinde yıllık 35 TWh elektrik üretecektir. Bu miktar, elektrik üretiminde kullanılan yaklaşık 7 milyar m³ doğal gazın ikame edecektir.

Doğal gaz ithalatına etkisi:

- Milyarlarca dolar tutarındaki doğal gaz ithalatı ikame edilecektir.
- Arz güvenliği güçlenecek, fiyat dalgalanmalarına bağımlılık azalacaktır.
- İleride Sinop ve Trakya santrallerinin devreye girmesiyle bu etki daha da artacaktır.

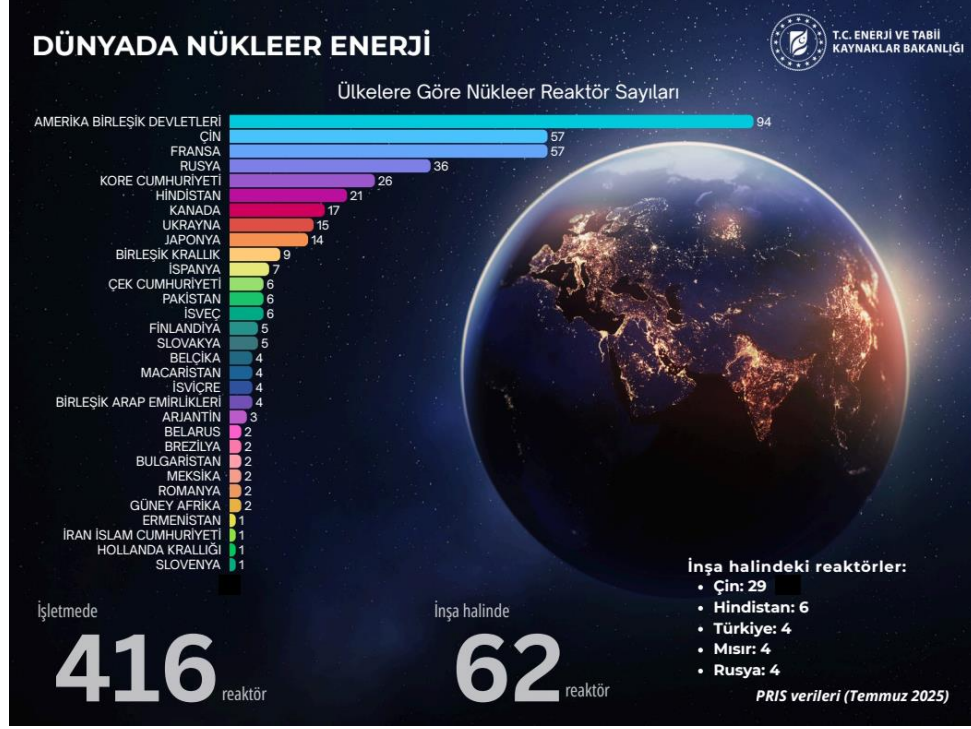
12. Dünyada kaç reaktör var, yeni projeler hangi ülkelerde yapılıyor?

2025 yılı itibarıyla dünyada 31 ülkede 416 reaktör işletmede, 62 reaktör ise inşa halindedir.

Öne çıkan gelişmeler:

- Fransa: Yeni nesil EPR2 reaktörleri için program başlatılmıştır.
- Çin: İşletmede ve inşa halindeki ünite sayısı ile küresel büyümenin lideridir.
- Polonya: İlk nükleer santral için AP1000 ve APR1400 reaktörleri planlanmaktadır.
- Birleşik Arap Emirlikleri: Barakah santralinin dört ünitesi devreye alınmıştır.

Ayrıca birçok ülkede mevcut santrallerin ömrü 60 yıl ve üzerine uzatılmaktadır. Küçük modüler reaktörler (SMR) konusunda da Kanada, ABD ve Polonya, Romanya gibi ülkelerde önemli adımlar atılmaktadır.



Şekil 4 Dünyada Nükleer Enerji

13. Küçük modüler reaktörler (SMR) nedir? Türkiye’de planlanıyor mu?

SMR’ler, geleneksel büyük ölçekli reaktörlere göre daha küçük kapasitede (≤ 300 MWe) tasarlanan, modüler şekilde inşa edilebilen yeni nesil reaktörlerdir. Daha kısa inşaat süresi, esnek kullanım alanları ve güvenlik tasarımlarıyla öne çıkmaktadır.

SMR avantajları:

- Daha küçük ölçekli ve modüler tasarım,
- Daha kısa inşaat süresi,
- Esnek kullanım (sanayi tesisleri, uzak bölgeler vb.).

Türkiye, SMR teknolojisini gelecekteki enerji stratejisinin bir parçası olarak değerlendirmektedir. Bu alandaki dünya genelinde devam eden çalışmalar yakında takip edilmekte ve uluslararası iş birlikleriyle teknoloji transferi amaçlanmakta ve yerleşme hedeflenmektedir.

Bölüm 3 – Nükleer Enerji ve Ekonomi

14. Nükleer enerji ekonomiye nasıl katkı sağlar?

Nükleer enerji, uzun vadeli ve istikrarlı üretim kapasitesiyle ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır. Sürekli çalışan baz yük santrali olarak sanayiye kesintisiz enerji sağlar, bu da üretimin sürekliliği ve rekabet gücü açısından önemlidir. Ayrıca doğal gaz ithalatının azalmasıyla dış ticaret açığının düşürülmesine katkı verir.

Başlıca ekonomik katkılar:

- Elektrik üretiminde istikrar ve arz güvenliği,
- İthal yakıt maliyetlerinin azalması,
- Yerli sanayiye yeni iş kolları ve istihdam imkânı,
- Yüksek teknoloji üreten teşviki.

Sonuç olarak nükleer enerji, sadece enerji sektörüne değil, ekonominin bütününe de güvenilirlik ve öngörülebilirlik kazandırmaktadır.

15. Yerli üretim ve istihdam açısından faydaları nelerdir?

Nükleer projeler, Türkiye’de sanayi ve hizmet sektöründe geniş bir istihdam alanı yaratmaktadır. Akkuyu NGS projesinde halihazırda binlerce kişi çalışmaktadır. Yerli sanayicilerin projeye katılımı %56 seviyesine ulaşmış ve birçok sektörde yerli üretim kapasitesi gelişmiştir.

İstihdam ve yerleşme katkıları:

- On binlerce kişiye doğrudan ve dolaylı istihdam,
- İnşaat, makine, elektrik-elektronik, hizmet ve lojistik sektörlerinde yeni iş imkanları,
- Yüzlerce Türk öğrencinin yurtdışında aldığı nükleer mühendislik eğitimiyle insan kaynağı gelişimi,
- Yerli sanayicilerin uluslararası nükleer tedarik zincirine girme imkânı.

Böylece nükleer projeler hem istihdam hem de teknoloji geliştirme boyutuyla ülke ekonomisine uzun vadeli katkı sunmaktadır.

16. Nükleer enerji Türkiye'nin sanayisini nasıl geliştirir?

Nükleer enerji projeleri, yüksek teknolojiye dayalı üretim kabiliyetini artırmakta ve sanayiye yeni ufuklar açmaktadır. Proje kapsamında geliştirilen altyapı ve standartlar, diğer sanayi alanlarına da yansımaktadır.

Sanayiye katkıları:

- Yüksek güvenlik ve kalite standartlarının benimsenmesi,
- İleri teknolojiye dayalı üretim ve sertifikasyon süreçlerinin yerleşmesi,
- Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarının teşviki,
- Uzun vadeli bakım-onarım faaliyetleriyle sanayiye sürekli iş hacmi sağlanması.

Sonuç olarak nükleer enerji, sadece enerji arzına değil; sanayi altyapısının güçlenmesine, teknoloji seviyesinin yükselmesine ve uluslararası rekabet gücünün artmasına da katkıda bulunmaktadır.

Bölüm 4 – Güvenlik ve Çevre

17. Nükleer santraller ne kadar güvenlidir?

Nükleer santraller, ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak en yüksek güvenlik önlemleriyle tasarlanmakta ve işletilmektedir. Akkuyu NGS'de kullanılan VVER-1200 tipi reaktörler, "3+ Nesil" güvenlik sınıfında olup en gelişmiş pasif ve aktif güvenlik sistemlerine sahiptir.

Güvenlik önlemleri:

- Çift katmanlı betonarme koruma yapısı,
- Pasif soğutma sistemleri sayesinde elektrik veya insan müdahalesi olmadan güvenlik,
- Olası dış etkiler (uçak çarpması, patlama vb.) karşısında koruma,
- Bağımsız denetim mekanizmaları ve uluslararası kuruluşlarla iş birliği.

Bu sistemler sayesinde nükleer santraller, günümüzde en güvenli enerji üretim tesisleri arasında yer almaktadır.



Şekil 5 Akkuyu NGS'de Güvenlik Sistemleri

18. Deprem, tsunami veya aşırı hava koşullarında Akkuyu'nun durumu ne olacak?

Akkuyu sahası için yer seçimi, ulusal/uluslararası standartlar doğrultusunda kapsamlı jeolojik, jeofiziksel, jeoteknik ve sismik tehlike çalışmalarına dayanmaktadır. Maden Tetkik ve Arama'nın ayrıntılı diri fay haritaları ve sahaya özel analizlere göre 100 km yarıçap içinde aktif/diri fay hattı bulunmamaktadır. Akkuyu NGS, Mersin'in jeolojik yapısı detaylı biçimde incelenerek tasarlanmıştır. Sahada yapılan uzun süreli ölçümler sonucunda tesisin depreme dayanıklılığı uluslararası standartlara uygun şekilde projelendirilmiştir. Santral, 9 büyüklüğünde depreme dayanacak şekilde inşa edilmektedir.

Doğal afetlere karşı önlemler:

- Depreme dayanıklı reaktör binaları,
- Deniz seviyesinin üzerinde konumlandırılmış güvenli altyapı,
- Aşırı sıcak, sel, fırtına gibi iklim koşullarına karşı dayanıklı sistemler,
- Düzenli afet tatbikatları ve sürekli güncellenen acil durum planları.

Bu nedenle Akkuyu NGS, bölgedeki doğal koşullara en üst düzey güvenlik standartlarıyla hazırlanmıştır.

19. Nükleer santraller çevreyi ve su kaynaklarını olumsuz etkiler mi?

Nükleer santraller, yaşam döngüsü boyunca en düşük sera gazı salımına sahip enerji kaynakları arasındadır. Akkuyu NGS'de kullanılan soğutma suyu sistemi deniz ekosistemine zarar vermeyecek şekilde tasarlanmıştır.

Çevre koruma önlemleri:

- Soğutma suyu sıcaklığı, deniz yaşamını etkilemeyecek düzeyde kontrol edilmektedir.
- Radyoaktif maddelerin sahada sürekli gözetim altında muhafaza edilmektedir.
- İnşaat ve işletme süreçlerinde ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) raporları titizlikle uygulanmaktadır.

Dolayısıyla nükleer santrallerin çevreye olumsuz etkisi minimum seviyede tutulmakta, uluslararası standartlar sürekli olarak denetlenmektedir.

20. Nükleer enerji turizm ve tarıma zarar verir mi?

Dünya genelinde turizm bölgelerinde çok sayıda nükleer santral faaliyet göstermektedir. Fransa, İspanya, Güney Kore gibi ülkelerde deniz kenarında bulunan santrallerle turizm faaliyetleri yan yana yürütülmektedir.

Türkiye özelinde:

- Akkuyu NGS, tarım ve turizm faaliyetlerine zarar vermeyecek şekilde tasarlanmıştır.
- Ulusal ve uluslararası denetimlerle çevre güvenliği sürekli kontrol edilmektedir.
- Santralin faaliyete geçmesi, bölgede istihdam ve ekonomik hareketliliği artıracaktır.

Her yıl milyonlarca turistin ziyaret ettiği ülkeler, temiz ve kesintisiz enerji için nükleer enerjiden faydalanmaktadır. Bu sayede ulaşım, konaklama, altyapı ve çevre koruma gibi alanlarda yüksek standartlar sağlanmaktadır.

Dünyada en çok turist çeken 5 ülke:

- Fransa – 90 milyon turist – 57 nükleer reaktör
- İspanya – 85 milyon turist – 7 reaktör
- ABD – 67 milyon turist – 94 reaktör
- İtalya – 57 milyon turist – (aktif reaktörü yok, ama geçmişte vardı)
- Türkiye – 50 milyon turist – 4 reaktör inşa halinde

Sonuç olarak nükleer santraller turizm ve tarıma engel olmak bir yana bölgesel kalkınmaya katkı sağlar.

21. Nükleer enerji sera gazı salımını azaltır mı?

Nükleer enerji, fosil yakıtlı santrallerin aksine karbon salımı yapmadan elektrik üretmektedir. Bu yönüyle rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklarla birlikte düşük karbonlu üretimin en önemli unsurlarından biridir.

Sera gazı azaltımına katkısı:

- Bir nükleer santral, her yıl milyonlarca ton karbon emisyonunu engeller.
- Akkuyu NGS, tam kapasite devreye girdiğinde yıllık yaklaşık 35 milyon ton CO₂ salımını önleyecektir.
- Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefine doğrudan katkı sağlayacaktır.

Nükleer enerji düşük karbonlu enerji üretimi sayesinde iklim değişikliğiyle mücadelede en önemli yardımcılarımızdan biridir. Ayrıca, Avrupa Birliği de 2022 yılında aldığı karar ile nükleer enerjiyi yeşil enerji türü olarak tanımlamıştır.

Bölüm 5 – Radyasyon

22. Radyasyon nedir, günlük yaşamda nerelerde bulunur?

Radyasyon, atom çekirdeklerinden yayılan enerji türüdür. Doğada doğal olarak bulunur ve yaşamın bir parçasıdır. İnsanlar her gün farkında olmadan belirli düzeyde radyasyona maruz kalır.

Günlük yaşamda radyasyon kaynakları:

- Kozmik ışınlar (güneş ve uzaydan gelen radyasyon),
- Toprak ve kayalardaki doğal radyoaktif maddeler,
- Yapı malzemeleri (beton, granit vb.),
- Tıbbi görüntüleme yöntemleri (röntgen, tomografi),
- Uçak yolculukları (atmosferde daha fazla kozmik ışın).

Bu kaynaklardan alınan doz, sağlığa zarar vermeyecek düşük seviyelerdedir.

23. Nükleer santraller kaynaklı halkın maruz kaldığı radyasyon ne kadar?

Nükleer santrallerde güvenlik önlemleri sayesinde halkın maruziyeti, doğada bulunan arka plan dozuna kıyasla ihmal edilebilir düzeylerde dir. Nükleer santral çevresinde yaşayan bir kişi için ortalama yıllık ilave doz, ABD NRC (Nükleer Düzenleme Komisyonu) verilerine göre yaklaşık 0,01 millirem/yıl (0,0001 mSv/yıl) düzeyindedir; bu, doğal arka plan radyasyonunun milyonda biri seviyesidir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) standartlarına göre yıllık sınır, halk için 1 milisievert (mSv) olarak belirlenmiştir.

Karşılaştırma için:

- Bir akciğer röntgeninde yaklaşık 0,1 mSv,
- İstanbul–New York uçuşunda yaklaşık 0,05 mSv,
- Türkiye’de yıllık doğal radyasyon ortalaması 2,8 mSv’dir.

24. Çernobil kazasının Türkiye’ye etkisi oldu mu?

1986 yılında yaşanan Çernobil kazasında, Karadeniz Bölgesi’nde sınırlı seviyede radyasyon etkisi görülmüştür. Ancak Türkiye’de halk sağlığını olumsuz etkileyecek boyutta bir radyasyon etkisi yaşanmamıştır. Bu kazadan çıkarılan dersler modern nükleer santrallerin daha güvenli olarak tasarlanmasına yardımcı olmuştur.

Yıllar içinde yapılan bilimsel çalışmalar, radyasyon seviyelerinin düşük olduğunu ve halk sağlığı üzerinde kalıcı bir etki bırakmadığını ortaya koymuştur. Bugün Karadeniz Bölgesi’nde tarım, turizm ve balıkçılık faaliyetleri normal şekilde devam etmektedir.

25. Çernobil’de olanlar Akkuyu’da da olabilir mi?

Akkuyu NGS’de kullanılan VVER-1200 tipi reaktörler, Çernobil’de kullanılan RBMK tipi reaktörlerden tamamen farklıdır. Çernobil’de reaktör tasarımı ve işletme hataları kazaya yol açmıştır. Akkuyu NGS ise uluslararası güvenlik standartlarına uygun olarak inşa edilmekte ve bağımsız kurumlarca denetlenmektedir.

Farklılıklar:

- Akkuyu NGS, basınçlı su reaktörü (PWR) tipindedir ve güvenli tasarıma sahiptir.
- Çift katmanlı koruma yapısı ile radyasyonun dışarı çıkması fiziksel olarak engellenmektedir.
- Pasif güvenlik sistemleri sayesinde insan müdahalesi olmasa bile reaktör güvenli bir şekilde soğutulabilmektedir.

Dolayısıyla Çernobil’de yaşananların Akkuyu’da tekrarlanması mümkün değildir.

26.Geçmişte yaşanan nükleer kazalardan (Çernobil, Fukushima) hangi dersler çıkarıldı?

Nükleer enerji tarihinde üç büyük kaza (Three Mile Island 1979, Çernobil 1986, Fukushima 2011) yaşanmıştır. Bu kazalardan önemli teknik ve kurumsal dersler çıkarılmıştır.

Başlıca dersler:

- **Reaktör tasarımı:** Çernobil’de kullanılan RBMK tipi reaktörlerin tasarım eksiklikleri nedeniyle bu tip reaktörler artık kullanılmamaktadır. Günümüzde 3+ Nesil reaktörler, çok daha gelişmiş güvenlik sistemlerine sahiptir.
- **Pasif güvenlik sistemleri:** Fukushima’da elektrik kaybı nedeniyle soğutma sistemleri devre dışı kalmıştır. Bunun üzerine yeni nesil reaktörlerde elektrik ve insan müdahalesi olmadan çalışan pasif soğutma sistemleri zorunlu hale getirilmiştir.
- **Acil durum yönetimi:** Uluslararası kurumlar (IAEA, WANO) kazalar sonrası denetim ve şeffaflık mekanizmalarını güçlendirmiştir.
- **Kamuoyunun bilgilendirilmesi:** Kazalardan sonra iletişim ve şeffaflık süreçlerinin güçlendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Sonuç olarak, geçmişte yaşanan kazalar, nükleer güvenlik standartlarının sürekli geliştirilmesine yol açmıştır. Bugün işletilen 3+ Nesil reaktörler, bu dersler ışığında tasarlanmıştır.

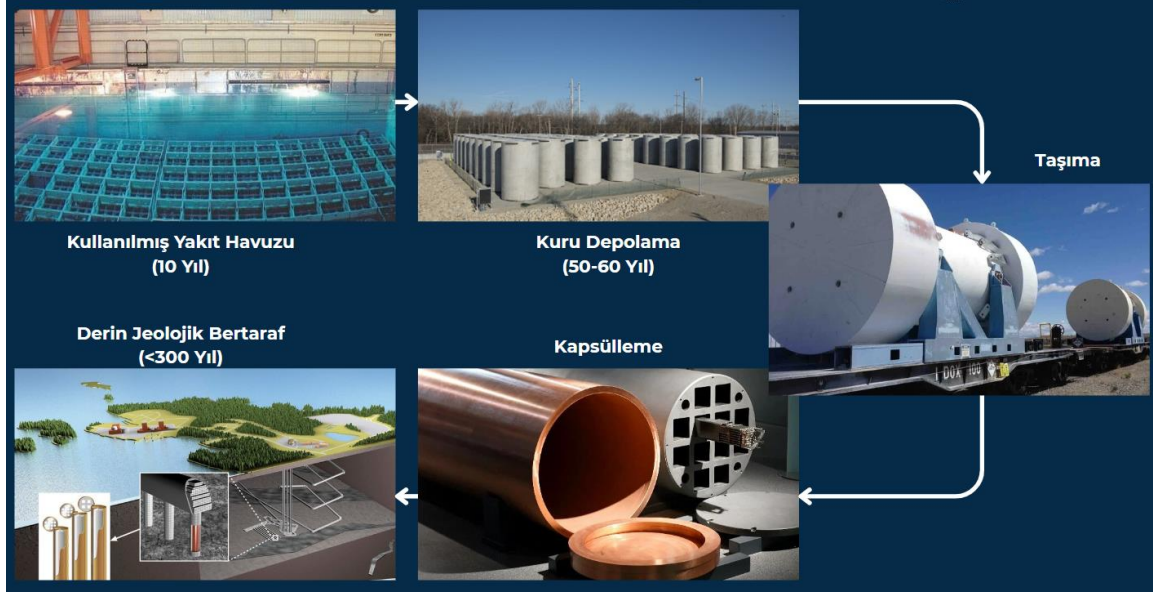
Bölüm 6 – Atıklar ve Yakıt

27. Kullanılmış nükleer yakıtların ve radyoaktif atıkların yönetimi nasıldır?

Kullanılmış yakıtlar, reaktörden çıkarıldıktan sonra ilk olarak su havuzlarında soğutulur. Daha sonra güvenlik standartlarına uygun olarak kuru depolama sistemlerinde saklanır. Kullanılmış yakıtların yönetimi bu konunun uzmanları tarafından gerçekleştirilir.

Yönetim basamakları:

- Soğutma havuzlarında geçici depolama,
- Kuru varillerde (çelik-beton kaplı) güvenli saklama,
- Nihai bertaraf için jeolojik depolar (örneğin Finlandiya’da Onkalo tesisi).



Şekil 6 Kullanılmış Yakıt Bertarafı

Radyoaktif atıklar yalnızca nükleer santrallerde değil; tıbbi uygulamalar, sanayi tesisleri ve araştırma merkezlerinde de ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde bu tür atıklar hâlihazırda oluşmakta ve uluslararası standartlara uygun şekilde güvenle yönetilmektedir.

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) atıkları üç sınıfta tanımlamaktadır:

- **Düşük seviyeli atıklar:** İş kıyafetleri, filtreler, bakım malzemeleri gibi.
- **Orta seviyeli atıklar:** Reaktör parçaları, bazı tesis ekipmanları.
- **Yüksek seviyeli atıklar:** Kullanılmış nükleer yakıt. Bu yakıt bazı ülkelerde “atık” sayılmakta, bazı ülkelerde ise yeniden işlenip tekrar yakıt olarak kullanılmaktadır.

Hacimsel dağılım:

- Düşük seviyeli atıklar → %90,
- Orta seviyeli atıklar → %7,
- Yüksek seviyeli atıklar → %3.

Dünya genelinde düşük ve orta seviyeli atıkların yönetimi güvenli biçimde sürdürülmektedir. Kullanılmış yakıt ve yüksek seviyeli atıkların nihai bertarafı için bazı ülkeler (Fransa, İsveç, Finlandiya) saha seçimini tamamlamış, Finlandiya 2015’te inşaatı başladığı nihai depolama tesisinde 2024 yılında test aşamasına geçmiştir. Türkiye’de de uluslararası uygulamalar esas alınarak kullanılacak yakıtın yönetimi planlanmaktadır.



Şekil 7 Kullanılmış Yakıt ve Radyoaktif Atık Miktarı

Radyoaktif atıkların güvenliği nasıl sağlanır?

Radyoaktif atıklar, insan sağlığına ve çevreye zarar vermemesi için uluslararası standartlara uygun kaplar ve tesislerde saklanır. Atıklar taşınırken, depolanırken ve nihai bertaraf edilirken çok katmanlı güvenlik sistemi uygulanır.

Güvenlik yöntemleri:

- Çelik ve beton kaplama variller,
- Yeraltında jeolojik olarak güvenli alanlar,
- Uluslararası denetimlere tabi nakliye ve depolama süreçleri.

Bugüne kadar dünya üzerinde radyoaktif atıkların çevreye zarar verdiği bir vaka ile karşılaşılmamıştır.