



İÇİNDEKİLER

[İçeriklere geri dön](#)

ROSATOM HABERLERİ

[Akkuyu'nun İlk Nefesi](#)

[Reaktörler İkiye Çıkıyor](#)

REAKTÖR TEKNOLOJİLERİ

[Kurşun Soğutmalı Reaktör Hayata Geçirildi](#)

TRENDLER

[Önümüzdeki 100 Yıla Yetecek Kadar Uranyum](#)

TÜRKİYE

[İlerliyor ve Hızlanıyor](#)



Akkuyu'nun İlk Nefesi

Akkuyu Nükleer Güç Santralini (NGS) 1'inci Güç Ünitesi için ilk nükleer yakıt inşaat sahasına geldi. Nükleer yakıtın teslimatı ile resmen nükleer tesis statüsüne kavuşan santral sayesinde Türkiye de nükleer güç sahibi ülkeler arasına katıldı. Nükleer yakıtın teslim töreninde Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) Başkanı Rafael Mariano Grossi, Rusya Devlet Nükleer Enerji Kuruluşu Rosatom'un Genel Müdürü Aleksey Likhachev ve T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Fatih Dönmez

hazır bulundu. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan ve Rusya Federasyonu Devlet Başkanı Vladimir Putin törene video konferans yoluyla katıldı.

Rosatom Genel Müdürü Aleksey Likhachev törende yaptığı konuşmada şunları söyledi: **"Bu herkes için çok heyecan verici bir an. İnsan hayatından örnek verirse, ilk yakıt, bir çocuğun aldığı ilk nefes gibidir. Devam eden süreçte elbette yapılacak çok şey var. Çocuğa bir isim verilecek, çocuk yürümeyi ve konuşmayı öğrenecek. Ama ilk nefes artık alınmıştır ve dünyaya da ilan edilmiştir. Dünyada artık bir nükleer santral daha var."**

Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı



ROSATOM HABERLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

Fatih Dönmez'e yakıtın tüm güvenlik standartları ve gerekliliklerine uygun olarak teslim edildiğini teyit eden bir sertifika takdim edildi. Nükleer yakıt teslimat töreni, bir dede ve torununun, genç bir mühendisle Türkiye'nin kendi topraklarında nükleer enerji teknolojisi geliştiren ülkeler topluluğuna katılmasının bir göstergesi olarak Akkuyu NGS sahasında barış için atom bayrağının göndere çekilmesiyle sona erdi.

Rusya Devlet Başkanı Vladimir Putin, **"Türkiye Cumhuriyeti'nin 100'üncü kuruluş yılını kutladığı 2023 yılında, Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip sanayi ve teknoloji alanında gelişmiş ülkeler kulübüne katılması son derece semboliktir"** dedi.

UAEA Başkanı Rafael Grossi de törende yaptığı konuşmada şunları söyledi: **"Nükleer enerji getirdiği faydaların yanı sıra sorumluluk da gerektirir. İşte bu nedenle UAEA, gerekli güvenlik standartlarına uyulması için destek vererek başından beri projeye ilgi göstermiştir. Bugün bunu bir umut, bir başarı ruhuyla yapıyoruz. Akkuyu NGS on yıllar sonra da temiz enerji üretmeye devam edecek. Bugünden itibaren bu yolda atılacak her adımda UAEA'ya güvenebilirsiniz."**

Nükleer yakıtın teslimatı, reaktörün son inşaat aşamasında olduğunun bir göstergesi. Rosatom Genel Müdürü Aleksey Likhachev'e göre, 1'inci Güç Ünitesi'ndeki genel inşaat çalışmaları bu yıl içinde tamamlanacak. Bu çalışmaları, Kasım ayında başlaması planlanan devreye alma operasyonları takip edecek. Reaktör sistemleri önce ayrı ayrı, sonra bir bütün olarak test edilecek. Sonraki adımlarda ise reaktörün kritik duruma getirilmesi ve yakıtın yüklenmesi için hazırlıklar yapılacak. Konuyla ilgili olarak Aleksey Likhachev, **"Sürecin tamamı aylar alsada Rusya Federasyonu ile Türkiye Cumhuriyeti arasında imzalanan hükümetler arası anlaşmada da öngörüldüğü üzere reaktörün 2025 yılından itibaren sürdürülebilir bir şekilde elektrik üretebilmesi için önümüzdeki yıl reaktörü kritik duruma getirmeyi ve kademeli güç artışıyla devam etmeyi planlıyoruz"** dedi.

Proje, son yıllarda meydana gelen pandemi, uluslararası yaptırımlar ve Türkiye'de yaşanan yıkıcı deprem gibi pek çok "badire" atlatmasına rağmen takvime göre ve hatta planlanan takvimin de ilerisinde gelişme kaydediyor. Aleksey Likhachev, Rus ve Türk ekibin koordineli çabaları ve iki ülke liderinin bireysel katkılarının projenin devam etmesini sağlayan etkenler olduğunu kaydetti.

Dünya Nükleer Birliği (WNA) Genel Müdürü Dr. Sama Bilbao-y-Leon, törene yönelik kutlama mesajında, **"Bu tarihi anın önemi Türkiye sınırlarını da aşıyor. Küresel nükleer topluluk, yeni nükleer güç santrallerini istenen hız ve ölçekte teslim etmeyi taahhüt ederken, Akkuyu NGS, bu ortak taahhüdün güçlü bir sembolü niteliğindeki dev bir santral olma özelliği taşıyor. Şüphesiz Akkuyu'nun 1'inci Ünitesi'nin yaklaşık beş yılda tamamlanması, uluslararası iş birliğinin ve**



ROSATOM HABERLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

endüstri olarak nükleer reaktörleri verimli şekilde inşa edebileceğimizin adeta bir göstergesi niteliğinde” ifadelerini kullandı.

Dört reaktörü yılda yaklaşık 35 milyar kWh karbonsuz enerji üretecek olan Akkuyu NGS'nin, işleme alınmasıyla tek başına Türkiye'nin elektrik ihtiyacının yüzde 10'unu karşılaması bekleniyor. Türkiye, Akkuyu NGS ile net sıfır hedefine ulaşılması ve enerji güvenliğinin pekiştirilmesi yolunda bir adım daha atmış olacak.

Biri Sinop'ta olmak üzere daha büyük nükleer santraller inşa etmeyi planlayan Türkiye açısından Akkuyu NGS'nin, Moskova ve Ankara'nın ilk nükleer projesi olsa da sonucusu olmayacağı aşikâr. Aleksey Likhachev, bu konuda şunları belirtti: **“Türk Hükümeti'nin planlarından haberdarız. Bu planları onaylıyoruz ve resmi müzakerelere başlamaya da hazırız. Teknik konsept, yerel içerik derecesi, proje ekonomisi ve yönetim yaklaşımları hakkında kesin tekliflerimiz var.”** Likhachev, Rus nükleer şirketinin küçük nükleer santral projelerini görüşmeye hazır olduğunu da sözlerine ekledi.

3+ Nesil VVER tipi dört reaktöre sahip Akkuyu NGS, Türkiye'nin ilk nükleer santrali olma özelliği taşıyor. Hükümetlerarası anlaşma uyarınca, projede yüzde 100 hisseye sahip olan Rosatom, proje hisselerinin en fazla yüzde 49'unu diğer yatırımcılara satma hakkına sahip. Akkuyu NGS projesi, “Yap-Sahip Ol-İşlet” modeline göre hayata geçirilen ilk nükleer güç santrali projesi olma özelliği taşıyor



Reaktörler İkiye Çıkıyor

Rosatom'un elektrik mühendisliği birimi AtomEnergomash'in bir parçası olan Atommash, geçtiğimiz Nisan ayı sonunda nükleer enerji santralleri için iki reaktör ve sekiz buhar jeneratöründen oluşan iki set temel ekipmanı sevk etti. Üretim tesisinden bu çapta bir sevkiyat, küresel nükleer endüstri tarihinde bir ilk olma özelliği taşıyor.

Ön hazırlıklar

Atommash, bu tür zorlu işler öncesinde ön hazırlık yapar. Söz konusu sevkiyat öncesinde de kapsamlı ve çok boyutlu bir hazırlık çalışmasına imza atıldı. Üretim tesisleri iyileştirilip yeniden donatıldı, üretim süreçleri bilgisayar ortamına aktarıldı, iş süreçleri modernize edildi, üretim ekiplerine ise yeni beceriler kazandırıldı.

Atommash, 2018'den bu yana envanterine onlarca yeni kaynak ve metal kesme makinesi, test ve kalite kontrol cihazı eklerken, bir



ROSATOM HABERLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

yandan da bu makineleri sürekli iyileştirdi. Örnek vermek gerekirse, 2020 yılında 600 tonluk 40 metrelik çalışma tablalı CNC yatay freze ve delme makinesi devreye alındı. Atommash, yenilenen makine takımları sayesinde buhar jeneratörleri ve reaktörlerin demir levhalarının ve kazanlarının işleme sürecini de hızlandırmış oldu.

2016-2022 yılları arasında çalışan sayısı bir buçuk kattan fazla artış gösterdi. İşe yeni çalışanlar alındı ve personel, mesleki gelişim programları kapsamında bir dizi eğitimden geçti. Üretimin iyileştirilmesi kapsamında rehberlik ve proaktif eğitim teknikleri de kullanıldı.

Atommash ayrıca, ürünlerin yüzey şeklini kontrol etmek için üç boyutlu tarama, tesis içi lojistiği optimize etmek için de bir bilgi sistemi kullanmaya başladı. Buhar jeneratörü üretim akışı, üretim planları ve çizelgelerinin yapılması ve bunlara göre gerçek performansın takip edilmesi için simülasyon modellemesini kullanıyor. Dijital sistemler ve sunulan çözümler sayesinde çalışanların hareketleri, temel sağlık göstergeleri, kişisel koruyucu ekipman kullanımı gibi birtakım veriler takip ediliyor.

Atommash ayrıca dijital modelleme araçlarını da kullanıyor. Ürünlerinin yüzde

90'ından fazlası üç boyutlu modellere sahipken, bu ürünler montajlanabilme açısından da kontrolden geçiriliyor. Üretim süreçleri, Direktör Paneli web uygulaması üzerinden yönetiliyor. Bu bilgi sistemi, temel ekipman kullanımına ilişkin verileri toplarken, sözleşme performansını ve aylık üretim planlarının bölüm bazında yerine getirilmesini takip ediyor ve diğer performans göstergelerini de analiz ediyor.

Verimli kapasite yönetimi

Sadece bir reaktöre yönelik ekipman üretilmesi için iki yıldan fazla zamana ihtiyaç duyuluyor. Bu karmaşık üretim süreci, çok sayıda kritik kontrol noktası sayesinde yönetiliyor. Örneğin, bir reaktör basınç kabı için buna benzer yaklaşık 300 kritik kontrol noktası bulunuyor. Süreçler arası geçiş, bir noktadan diğerine geçilmesiyle mümkün olur. Bu kritik kontrol noktaları, ekipman kullanımının değerlendirilmesine ve etkili sıralama ilkesine dayalı olarak en uygun planın oluşturulmasına yardımcı oluyor. Bir ürün bir üretim aşamasından geçtikten sonra bir başka ürün devreye alınabiliyor. Şirketin üretim yetenekleri, bir dizi işlemin paralel olarak yürütülmesine ve birkaç ekipmanın tek seferde son aşamaya ulaşmasına olanak tanıyor.

Ekipman nerelere sevk edildi?

Ekipman setlerinden biri, inşası devam eden Kudankulam Nükleer Güç Santrali'nin (NGS) 5'inci Güç Ünitesi'ne kurulmak üzere Hindistan'a gönderildi. Çin'e gönderilen bir diğer ekipmanın ise Tianwan NGS'nin 7'nci Güç Ünitesi'ne kurulması planlanıyor. Teslimatı yapılan ekipmanların toplam ağırlığı 3400 ton.

Kudankulam NGS, Hindistan'ın güney bölgesinde yer alan Tamil Nadu eyaletinde



ROSATOM HABERLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

AtomEnergomash (AEM), Rosatom'un enerji mühendisliği birimidir. AEM, nükleer, termal, petrol, gemi yapımı ve çelik yapımı endüstrileri için makine ve ekipman tasarımı, üretimi ve tedarikinde kapsamlı çözümler sunan Rusya'nın en büyük güç makineleri üreticilerinden biri olma özelliği taşıyor.

inşa ediliyor. VVER-1000 tipi reaktörleri ile donatılmış olan dört güç ünitesinin inşası devam ediyor. Tianwan NGS ise Çin'in Jiangsu Eyaletinde bulunuyor. Rosatom, Tianwan'da 3+ Nesil VVER-1200 tipi reaktöre sahip iki güç ünitesi inşa ediyor.

Reaktörler nasıl taşındı?

Reaktörler ilk olarak Volgodonsk'ta bulunan fabrikadan Tsimlyansk Rezervuarı (Don Nehri) kıyısındaki özel bir limana karayolu ile sevk edildi. Trafik sıkışıklığına neden olmamak için TIR'lar sadece geceleri hareket etti. Taşınan yükün oldukça büyük boyutlarda olması, belediyenin güzergâhtaki yolları kapatmasını ve hatta elektrik hatlarını kesmesini kaçınılmaz kıldı. TIR'lar saatte 2-7 km hızla ilerledi.

Bu devasa kargo, 27 ve 29 Nisan'da, nehir

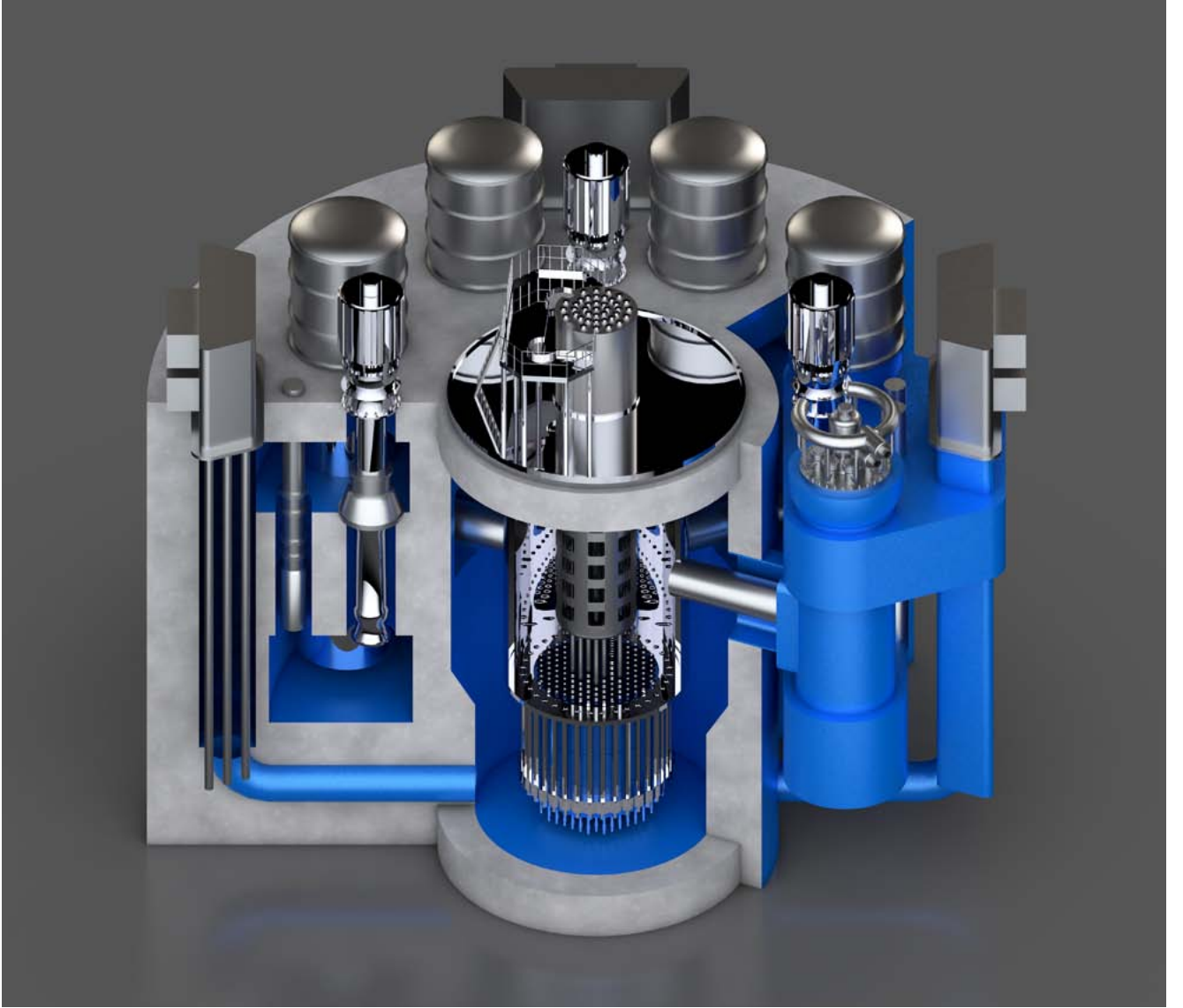
yoluyla Saint Petersburg'a ulaştırılmak üzere mavnalara yüklendi. Mavnaların 3500 km yol kat ederek Saratov, Samara, Kazan, Nizhny Novgorod, Shlisselburg ve diğer şehir kıyılarından geçmesi planlandı.

Mavnaların, Saint Petersburg'da yükseltilmiş köprülerin altından geçerek Neva Nehri boyunca ilerlemesi, Baltık Denizi ve Kuzey Denizi, Cebelitarık, Akdeniz, Süveyş Kanalı, Kızıldeniz ve Umman Denizi'nden varış limanlarına doğru yol alması öngörüldü.

Yeni rekorlara

AtomEnergomash A.Ş., 2023 yılında da rekor kırmaya devam edecek. Rosatom'un enerji mühendisliği bölümü şirketleri, üç nükleer reaktör (yine Atommash fabrikasından) ve nükleer güç santralleri ve buzkıran reaktörleri için diğer önemli ve yardımcı ekipmanların yanı sıra düzinelerce farklı ekipman parçası göndermeyi de planlıyor. Sonuç olarak, AtomEnergomash A.Ş.'nin planladığı listede LNG projeleri, gemi yapımı, petrokimya, petrol arıtma, çelik üretimi ve diğer endüstriler için ekipmanların yanı sıra farklı ülkelerdeki 23 reaktör için nükleer ada ekipmanı sözleşmeleri de yer alıyor. [NL](#)

[Bölümün başına](#)



Kurşun Soğutmalı Reaktör Hayata Geçirildi

BREST-OD-300, teoriyi gerçeğe dönüştüren ilk kurşun soğutmalı nitrit yakıtlı hızlı nötron reaktörü olma özelliği taşıyor. BREST-OD-300'ün temel amacını, en son reaktör teknolojilerinin fizibilitesini ve nükleer yakıt döngüsünü

kapatmanın somutluğunu göstermek oluşturuyor.

Reaktör tasarımı ve çalışma prensipleri

BREST-OD-300, “300 MW kurulu güce sahip pasif güvenli pilot gösteri hızlı nötron reaktörü” ifadesinin Rusça kısaltmasıdır. Bu reaktörde soğutucu olarak erimiş kurşun, yakıt olarak ise uranyum ve plütonyum nitürlerin (MUPN) karışımı kullanılır. Reaktörün inşaatına 2021 yılının haziran ayında başlandı.



REAKTÖR TEKNOLOJİLERİ

[İçeriklere geri dön](#)

Yeni tip soğutma sıvısı özel bir tasarım gerektiriyor. BREST-OD-300 reaktörünün çekirdeği, erimiş kurşunla dolu bir betonarme havuzun orta bölümünde yer alırken, çevresinde ise buhar jeneratörleri ve devir pompaları bulunuyor.

Soğutucunun erime ve kaynama sıcaklıkları ve diğer fiziksel özellikleri ile reaktör tasarımı, kor tutucu ve yardımcı sistemlerin çoğunun ihmal edilmesini mümkün kılar ve reaktör dışındaki ekipman için güvenlik gereksinimlerini azaltır. BREST reaktörünün entegre tasarımı ve fiziksel özellikleri sayesinde insanların tahliyesini gerektirecek kaza olasılığı da ortadan kaldırılmış olur.

İki devreli bir tasarıma sahip olan reaktörde nükleer yakıt, birincil devredeki erimiş kurşunu ısıtırken, erimiş kurşun daha sonra bir buhar kazanından geçer ve ikincil devrede ısıyı suya aktarır, burada su, buhara dönüşür ve elektrik üretimi için türbin jeneratörünün dönüşünü sağlar.

BREST-OD-300 kurşun soğutmalı reaktörü, uranyum-plütonyum yakıt üretim ve kullanılmış yakıtı yeniden işleme ünitesini de barındıran “pilot gösterim elektrik

üretim santralini” (Rusça’da ODEK olarak kısaltılır) bir parçasıdır. Burada reaktör sınıfı plütonyumdan ve karbotermal sentezle seyreltilmiş uranyumdan yeni taze yakıt üretilmesi planlanıyor.

Üç ODEK birimi, kullanılmış yakıtın taze yakıtı geri dönüştürülmesinin sürdürülebilirliğini, yani “kapalı” santral içi nükleer yakıt çevriminin fizibilitesini göstermeyi amaçlıyor.

Çok boyutlu mühendislik

Geçtiğimiz nisan ayının sonunda, ODEK’in ana tesisi olan Rosatom’a bağlı TVEL yakıt şirketinin bünyesinde yer alan Sibiry Kimyasal Fabrikası (SCP), erimiş kurşun için bir prototip pompanın montajına başladı. 30 tonun üzerinde ağırlığa sahip söz konusu pompa, yüksek alaşımlı çelik sınıflarından ve seramik malzemelerden imal edildi. Pompanın parçaları fabrikaya 2023 yılının mart ayının sonlarında teslim edildi. Montaj işlemleri tamamlandığında, pompa, erimiş kurşunla dolu bir kolonda, özel bir test tezgahında test edilecek. Pompa, reaktörün ana devresinden saniyede 11 ton, bir başka ifadeyle orta büyüklükteki bir kamyonun yüküne denk miktarda erimiş kurşun pompalama kabiliyetine sahip.

Pompanın 2023 yılında basınç ve akış performansı açısından test edilmesi planlanıyor. Test sonuçlarına göre prototip tasarımı, reaktör için dört pompa üretecek şekilde değiştirilebilir.

Rusya Devlet Nükleer Enerji Kuruluşu Rosatom’a bağlı TVEL Yakıt Şirketi’nin iştiraki Novosibirsk Kimyasal Konsantre Tesisi, maket reaktör çekirdeği için yakıt simülatörleri geliştirirken, bu simülatörlerin 2024 yılı sonunda hazır olması ve ODEK’e sevk edilmesi planlanıyor.





REAKTÖR TEKNOLOJİLERİ

[İçeriklere geri dön](#)



BREST-OD-300 için yakıt çubuk modelleri ve yakıt düzenekleri baştan sona incelenmiş ve önceden test edilmiştir. Yakıt simülatörleri, Kazakistan'da bulunan IGR atımlı reaktörde test edildi. Eylül 2022'de tamamlanan testler ve müteakip ışınlama sonrası çalışmalar, pozitif reaktivite ilavesi gibi tasarım dışı koşullarda yakıt çubuklarının performans tahminleri doğrulanmış oldu.

Araştırmacılar, yakıt performansını artıracak yeni malzemeler üzerinde çalışmaya devam ediyorlar. Geçtiğimiz şubat ayında, VNIINM (Rosatom'un bir parçası), 0,3 mm kalınlığında ferritik paslanmaz çelik tabakaya sahip bir bimetalik boru pilot partisi üretti. Bu tür borular, kurşun soğutmalı

reaktörlerde yakıt çubuğu kaplaması olarak ve reaktör çekirdeğindeki ayırıcı ızgara hücreleri için bir temel malzeme olarak kullanılabilir. Yeni yapısal malzemeler, kurşun soğutmalı hızlı reaktörlerde MUPN yakıtının yanmasını potansiyel olarak yüzde 20-25 oranında artıracak ve sonuç olarak reaktör işletimini daha uygun maliyetli hale getirecek.

Çalışan niteliklerinin geliştirilmesi için de birçok çalışma yürütülüyor. Geçtiğimiz mart ayında, ODEK fabrikasyon/yeniden imalat biriminin otuzdan fazla çalışanı analitik simülasyon kursunda eğitim aldılar. Kursu katılan çalışanlar burada operasyonel beceriler uygularken, üretim süreçlerini inceleyip acil durum prosedürlerini öğrendiler.

Bu yılın ilerleyen bölümlerinde SCP çalışanlarının Beloyarsk NGS'de iki haftalık bir staj yapması da planlanıyor.

Reaktör inşaatı, ekipman kurulumu, SNF yeniden işleme modülünün geliştirilmesi ve diğer işler tamamen programa göre ilerlerken, ODEK'in tamamının 2030 yılında devreye alınması bekleniyor. [NL](#)

[Bölümün başına](#)



Uranyum 2022 Kaynaklar, Üretim ve Talep



Önümüzdeki 100 Yıla Yetecek Kadar Uranyum

Geçtiğimiz Nisan ayı başlarında, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Nükleer Enerji Ajansı (NEA), “Uranyum 2022: Kaynaklar, Üretim ve Talep” konulu ortak raporlarını yayınladılar. Kırmızı Kitap olarak da bilinen raporda, 2020’nin sonuçları

ve bir önceki rapordan bu yana geçen iki yıldaki değişiklikler ele alınırken, uranyum sektörünü etkileyen yakın tarihli olaylar da analiz edildi. Bu olaylar arasında Avrupa’daki enerji krizi, tedarik zincirinde yaşanan aksamalar ve U3O8’in yaklaşık 50-51 USD/lb’ye çıkan fiyat artışı yer alıyor. Tüm bu faktörler daha yüksek maliyetli rezervlerin çıkarılmasını ekonomik olarak mümkün kılarken, 100 yıla kadar olan süreçteki nükleer yakıt tedarikini de güvence altına alıyor.



TRENDLER

[İçeriklere geri dön](#)

2022 yılının sonlarında yayınlanması gereken OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) Nükleer Enerji Ajansı (NEA) küresel uranyum endüstrisi raporu gecikmeli yayınlansa da raporlama yılı değişmedi.

Kaynaklar

Küresel çapta uranyum kaynakları, 2019-2020 yıllarını kapsayan dönemde önceki iki yılda görülen yüzde 1'lik artışın aksine yüzde 2 oranında geriledi. Aynı zamanda daha düşük üretim maliyetli kaynakları da içeren 260 ABD doları/kg uranyuma (100 ABD doları/lb U3O8) kadar maliyet kategorisinde tanımlanmış kaynaklar, 152.900 ton (yüzde 1,9) azalarak 8 milyon tonun biraz üzerinde uranyumdan 7,92 milyon tonun biraz altına düştü. <ABD doları 40/kg U (15 ABD doları /lb U3O8) maliyet kategorisindeki kaynaklar

yüzde 28,2'lik düşüşle yaklaşık 1,1 milyon tondan 776 bin tonun biraz altına indi. <ABD doları 80/kg U (ABD doları 30/lb U3O8) kategorisinde yüzde 0,8'lik düşüş görülürken, <ABD doları 130/kg U (ABD doları 50/lb U3O8) kategorisindeki kaynaklar yüzde 1,1 oranında azaldı.

En keskin düşüşler, makul şekilde güvence altına alınan kaynaklarda (belirlenen kaynakların bir kısmı) meydana geldi ve <40 ABD doları /kg U kategorisi kaynaklar yüzde 38,6 oranında düşerek 744.500 ton seviyelerinden 457.200 ton seviyesine geriledi. Diğer kategori kaynakları, <80 ABD doları/kg U kategorisinde yüzde 2,6 (1,21 milyon tona düştü), <130 ABD doları/kg U kategorisinde yüzde 0,6 (3,81 milyon tona düştü) ve <260 ABD doları/kg U kategorisinde yüzde 0,7'lik (4,69 milyon tona

Şekil 1.1. Tanımlanmış geri dönüştürülebilir geleneksel uranyum kaynaklarının küresel dağılımı
(1 Ocak 2021 itibariyle <130 ABD doları/kg U)



*Sekretarya tahmini veya kısmi tahmini

<130 ABD doları /kgU maliyet kategorisindeki belirlenmiş geri kazanılabilir konvansiyonel uranyum kaynaklarının ya büyük uranyum üreticisi olan ya da nükleer üretim kapasitesini artırmak için önemli planları bulunan 15 ülke arasındaki küresel dağılımı, bu kaynakların yaygın dağılımını göstermektedir. Bu 15 ülke birlikte, yukarıda belirtildiği gibi küresel kaynak tabanının %95'ine sahiptir (kalan %5'lik kısım diğer 24 ülke arasında dağılmıştır). Uranyum kaynaklarının yaygın dağılımı, enerji arz güvenliği açısından nükleer enerjinin önemli bir coğrafi özelliğidir.



TRENDLER

İçeriklere geri dön

düştü) bir gerileme görüldü.

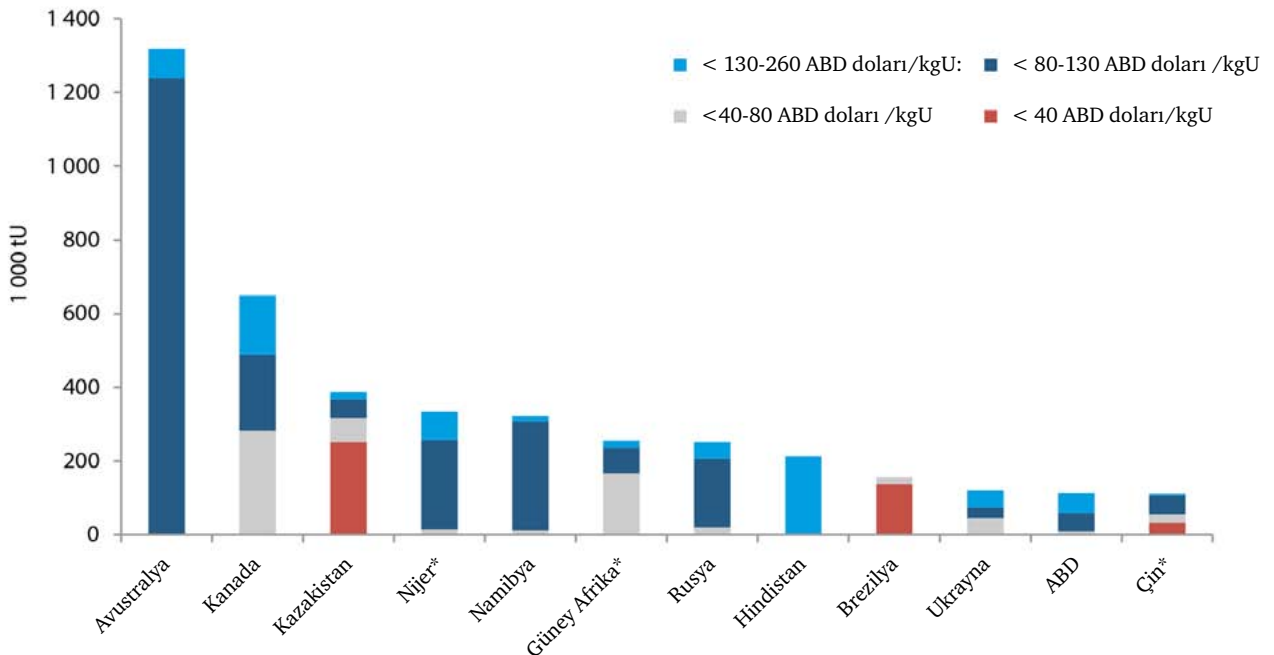
Raporda şu ifadelere yer verildi: **“Düşüşler, öncelikle madencilik tüketiminin ve Kazakistan ve Kanada’daki kaynakların maliyet kategorisinin yeniden tahsis edilmesinin bir sonucuydu. Bu ve diğer uranyum üreten ülkelerdeki düşüşlere ayrıca, eşik derecelerdeki değişiklikler, güncellenmiş geri kazanılabilir bilgileri, para birimi enflasyon etkileri ve önceden tanımlanmış uranyum kaynaklarının yeniden değerlendirilmesi de etki etmiştir.”** Yeniden değerlendirme Kanada’nın <40 ABD doları/kg U maliyet kategorisinde kaynaqsız kalmasına neden oldu. Bu kaynakların sadece Arjantin (2400 ton), Brezilya (138100 ton), Çin (73200 ton), Kazakistan (502000 ton), İspanya (8100 ton) ve Özbekistan’da (52100 ton) olduğu iddia ediliyor. Ancak raporda, **“bazı ülkelerin, esas olarak gizlilik endişeleri nedeniyle düşük maliyetli kaynak tahminleri**

bildirmezken, uranyum madenciliğine hiç ev sahipliği yapmamış veya yakın zamanda ev sahipliği yapmamış diğer ülkelerin madencilik maliyetlerini hafife alıyor olmasından” ötürü, en düşük iki maliyet kategorisindeki verilerin dikkatli bir şekilde ele alınmasına vurgu yapılıyor.

Üç yüksek maliyetli kategorideki kaynaklara gelince (40 ABD doları ila 260 ABD doları/kg U), bunlar Rusya, Ukrayna, Kazakistan ve Orta Afrika Cumhuriyeti’nde azaldı. Moğolistan, Çin ve Türkiye’de kaynak tahminleri yenilendi. Guyana, Macaristan, Hindistan, Malavi, Moritanya, Moğolistan, Namibya, Nijer ve Paraguay, devam eden keşifler ve yeni keşifler nedeniyle aynı kaynak kategorilerinde artışlar bildirdi.

Makul bir şekilde güvence altına alınan geri kazanılabilir kaynakların en düşük maliyetli kategorisinde ISL’ye uygun kaynakların (457.300 tondan 291.560 ton) hakimiyeti

Şekil 1.2. Kaynakların önemli bir payına sahip belirli ülkeler arasında makul olarak güvence altına alınmış geri kazanılabilir konvansiyonel uranyum kaynaklarının dağılımı.



*Sekretarya tahmini veya kısmi tahmini



TRENDLER

İçeriklere geri dön

bulunuyor. Yeraltı madenciliğinin rolü, daha yüksek maliyetli üç kategoride büyüyor: 1,21 milyon tonun 549.600 tonu <80 USD/kg U kategorisinde; 3,81 milyon tonun 2,14 milyon tonu <130 ABD doları/kg U kategorisinde ve 2,62 milyon tonu <260 ABD doları/kg U kategorisinde 4,69 milyon tondur. Yığın liçingin payı, bu teknolojiye uygun kaynakların sırasıyla 268.220 ton ve 323.570 ton olarak tahmin edildiği iki üst kategoride de artıyor.

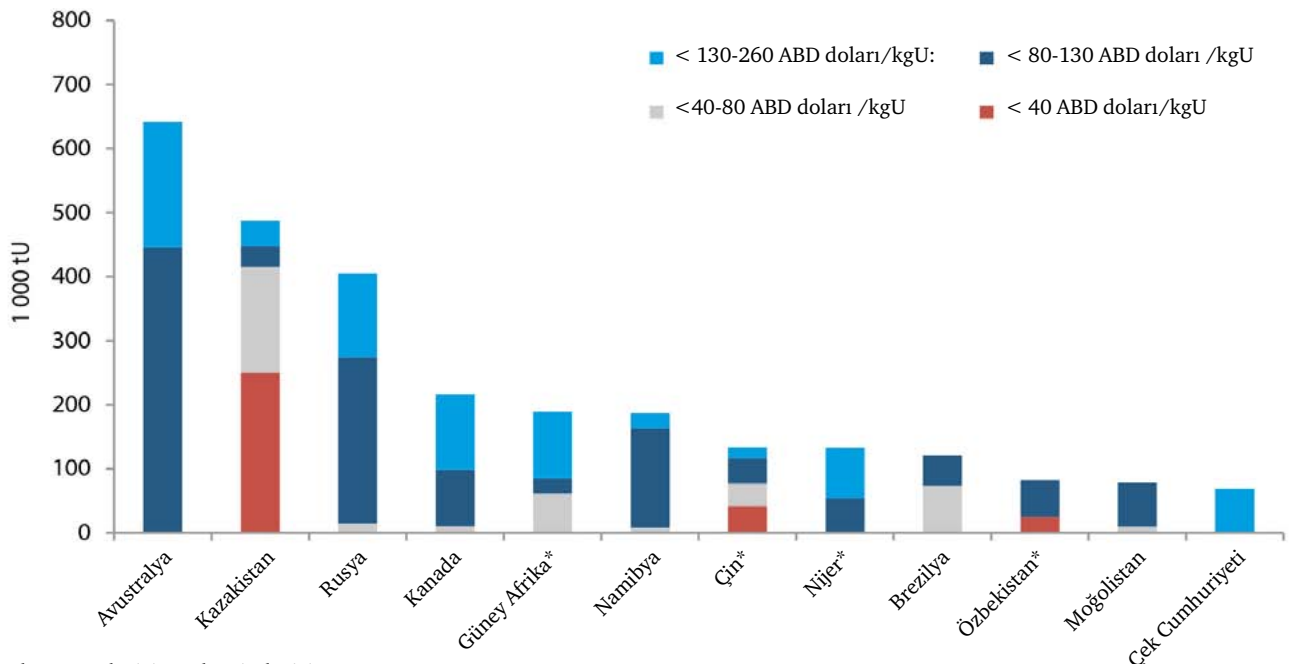
Keşif

Her ülke gerekli verileri paylaşmadığından, arama maliyetlerinin güvenilir tahminlerini yapmak kolay olmuyor. Raporda şöyle deniyor: **“Bazı ülkeler yurtiçi harcamaları rapor etmediği veya bu harcamaları yakın zamanda rapor etmediği için veriler eksiktir. Kanada ve Avustralya’daki özel şirketlerin yerli olmayan yatırımlar yaptıkları ve muhtemelen**

yabancı uranyum arama ve geliştirme faaliyetlerinde önde gelen yatırımcılar oldukları biliniyor, ancak bu hükümetler tarafından son birkaç yıldır herhangi bir bilgi rapor edilmedi.” 2008’den bu yana sadece dört ülke (Çin, Fransa, Japonya ve Rusya) yerli olmayan uranyum arama harcamalarını açıkladı ancak Çin bu veriyi mevcut baskı için bildirmedir. 2019’da ve görünüme göre 2020’de, yabancı uranyum arama faaliyetlerine yapılan yatırımlar en az 2014’ten bu yana en düşük seviyesindeydi. O yıl, yabancı arama harcamaları yaklaşık 801 milyon ABD dolarıydı ve 2019’da 14 kat düşerek 56,82 milyon ABD doları oldu.

2019 ve 2020 yıllarında yurt içi arama harcamalarına ilişkin bilgiler 19 ülke tarafından güncellendi. 2015 yılına kıyasla yüzde 71 düşüşle 2015 yılında 876,5 milyon ABD doları olan yatırım, 2020 yılında 251,3 milyon ABD dolarına geriledi. Ancak, ülke 2020 için bu verileri raporlamadığı için

Şekil 1.3. Çıkarılan geri kazanılabilir konvansiyonel uranyum kaynaklarının, kaynakların önemli bir payına sahip belirli ülkeler arasında dağılımı



*Sekretarya tahmini veya kısmi tahmini



TRENDLER

[İçeriklere geri dön](#)

ikinci rakam Çin'in harcamalarını içermiyor. 2019'da Çin, yerli uranyum arama yatırımı (154 milyon ABD doları) açısından ikinci sırada yer aldı.

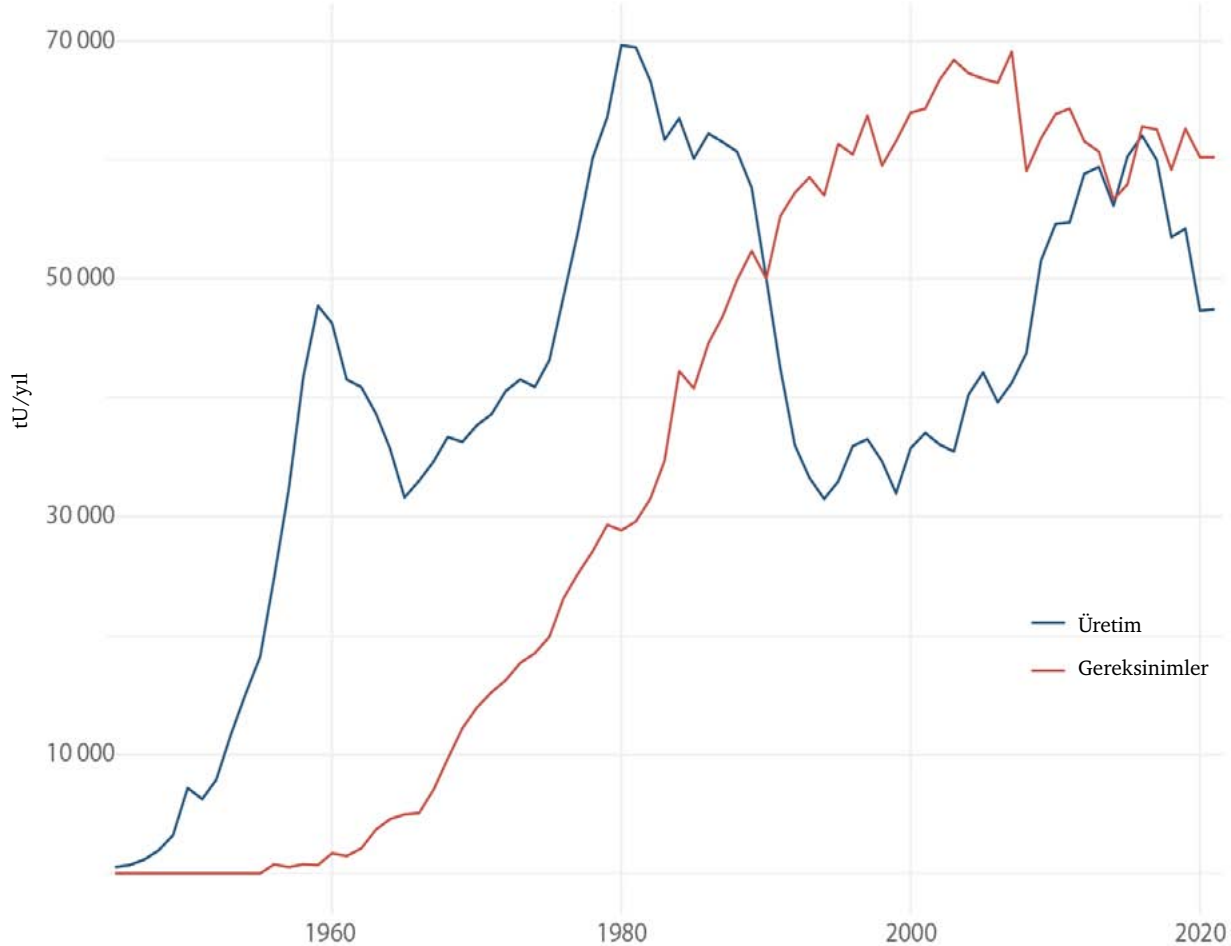
19 ülke arasında uranyum arama harcamalarında 2019'da 210,7 milyon ABD doları ve 2020'de 140,88 milyon ABD doları yatırımla Kanada başı çekiyor. Hindistan 2019'da 66,17 milyon ABD doları ve 47,81 milyon ABD doları yatırımla 2020'de ikinci sırada yer alıyor. Dünya çapında bilinen toplam harcamalar 2019'da 508,47 milyon ABD doları ve 2020'de 251,31 milyon ABD doları olarak gerçekleşti.

Yayınlanan yeni Kırmızı Kitap, ülkeye göre

sondaj verilerini sunan bir tabloya da yer veriyor. Bu veriler, dokuzu kısmen de olsa 15 ülke tarafından rapor edildi. Tablo, 2018-2021'de yalnızca Namibya ve Mısır'ın sondaj faaliyetlerini artırdığını, geri kalan ülkelerin ise ya sürekli olarak azalttığını ya da çok az değişiklik gösterdiğini işaret ediyor. Veriler parça parça olsa da söz konusu dönemde sondajda "küresel ortalamada" bir düşüş olduğu görülüyor.

Ayrıca raporda 2021 yılı uranyum arama ve sondaj harcamalarına ilişkin bilgiler de yer alıyor. Öncü ve eksik veriler bile bir yıl öncesine göre hem uranyum aramalarına daha fazla para yatırıldığını hem de daha fazla sayaç açıldığını gösteriyor.

Şekil 2.6. Dünya yıllık uranyum üretimi ve gereksinimleri (1949-2021)





TRENDLER

[İçeriklere geri dön](#)**Talep**

Toplam kurulu gücü 393 G olan mevcut 442 nükleer güç reaktörü için yılda yaklaşık 60,1 bin ton uranyuma ihtiyacımız var (çalışan her 1 GW kapasite için yaklaşık 150 ton). Küresel nükleer enerji endüstrisi için düşük durum senaryosu, 2040 yılına kadar 394 GW kurulu kapasitenin faaliyete geçeceğini varsayıyor. Yüksek durum senaryosu, bu rakamı 2020'ye göre yüzde 70 artışla 677 GWe'ye koyuyor. Buna göre, uranyum talebi de artarak düşük durumda yılda 63 bin tona, yüksek durumda ise 108,2 bin tona ulaşacak. Kurulu kapasitedeki en büyük büyümenin Doğu, Orta ve Güney Asya ile Orta Doğu'da olması bekleniyor. Avrupa'da nükleer kapasite, düşük senaryoda dörtte bir oranında düşerek en iyi ihtimalle mevcut seviyelerinde kalacak. Afrika, Orta ve Güney Amerika'nın ılımlı bir büyüme göstermesi bekleniyor. Kuzey Amerika'da beklentiler, 2020 seviyelerine göre yüzde 42'lik bir kapasite düşüşünden yüzde 3'lük bir büyüme arasında değişiyor.

Arz/Talep İlişkisi

Kırmızı Kitap'ın bu bölümünde, nükleer santrallerin ihtiyaçlarının karşılanması için yeterli uranyum olup olmadığı ve bunun ne kadar süreyle bulunduğu sorusuna cevap veriliyor.

Uzmanlar, doğal uranyumun toplam reaktör ihtiyacı içindeki payının azaldığına da dikkat çekiyor. Örneğin bu pay 2019'da yüzde 86 iken 2020'de yüzde 79'a geriledi. Ancak düşen üretim nükleer santraller için yakıt arzını etkilemedi. Bu sıkıntı, sözde ikincil arz tarafından karşılandı. Bu tür ikincil tedarik, fazla devlet ve ticari envanterleri, kullanılmış yakıtın yeniden işlenmesini, yetersiz beslemeyi ve tükenmiş uranyum kuyruklarının yeniden zenginleştirilmesiyle üretilen uranyumun yanı sıra yüksek düzeyde zenginleştirilmiş uranyumun harmanlanmasıyla üretilen düşük düzeyde zenginleştirilmiş uranyum içerir. Bu bilgi ifşa edilmediği için bu tür ikincil arzı tahmin etmek zordur.

Arzdaki artışın arkasındaki diğer bir etken de fiyatların yaklaşık 50 ABD doları/lb U3O8'e yükselmesi idi. Etkisi ilk olarak söz konusu iki yıldan sonra hissedildiyse de 2040'a kadar olan dönem için bir tahmin oluşturulurken dikkate alındı. Ayrıca 2020'de pandeminin, 2021'de Avrupa'da yaşanan enerji krizinin ve yaptırımların neden olduğu tedarik zinciri kesintileri de göz önünde bulunduruldu. 2022'de Rusya üzerindeki baskı, alıcıları uranyum arzını güvence altına almak için uzun vadeli sözleşmeleri tercih etmeye yöneltti. Tüm bu faktörlerin bir araya gelmesi, uranyumun daha yüksek bir maliyetle üretilmesini ekonomik olarak uygun hale getirdi. Eskiden nükleer yakıt üretimi için uranyum madenciliği sadece 40 ABD doları/kg ila maksimum 80 ABD doları/kg maliyetle mantıklıyken, şimdi 130 ABD doları/kg'a kadar bir maliyetle uranyum üretmek ekonomik olarak mantıklı. Yazarın tahminlerine göre, uranyum fiyatı 2019-2020 seviyesinde (78 ABD doları/kg'ın altında) kalsaydı, <80 ABD doları/kg U kategorisinde belirlenen geri kazanılabilir kaynakların yüzde 80'i 2040 yılına kadar çıkarılmış olacaktı. Mevcut fiyat, daha



TRENDLER

[İçeriklere geri dön](#)

yüksek bir maliyetle uranyum madenciliği yapılmasını mümkün kıldığından, <130 ABD doları/kg U kategorisinde belirlenen geri kazanılabilir kaynaklar yüzde 26 gibi düşük bir oranda azalacaktır. Raporda şu sonuca varılıyor: **“Dolayısıyla, bu piyasa ve ekonomik koşullar göz önüne alındığında, <ABD doları 80/kg U maliyet kategorisinde geri kazanılabilir kaynakları tanımladı (30 USD/lb U3O8’e eşdeğer, 2021’in başlarında uranyumun ortalama fiyatı), 2020 uranyum gereksinimi rakamları ışığında, tanımlanmış geri kazanılabilir kaynaklar, yalnızca yaklaşık 30 yıllık küresel reaktörle ilgili uranyum gereksinimleri için yeterli olacaktır. 2021’in ortalarında başlayan ve 2023’ün başına kadar devam eden yaklaşık 50 ABD doları/lb U3O8 (130 ABD doları/kg U) ortalama piyasa fiyatlarında, geri kazanılabilir kaynak tabanının yaklaşık yüzde 75’i, yaklaşık 100 yıllık uranyum gereksinimini temsil edecek şekilde, ekonomik olarak üretime alınabilir.”**

Ancak raporu kaleme alanlara göre, sadece uranyum fiyatının arttırılması yeterli değil. Yeterli uranyum arzını güvence altına almak için keşif, geliştirme ve üretimde zamanında yatırıma ve yüksek düzeyde uzmanlığa ihtiyacımız var.

Hızla değişen siyasi ve ekonomik ortam, dünyanın dört bir yanındaki ulusların nükleer enerjiye karşı tutumlarını yeniden



gözden geçirmelerine neden oldu. Raporda, **“bunun aynı zamanda değişen jeopolitik durumun getirdiği 2022’deki Avrupa’daki dramatik enerji krizinden kaynaklandığına dikkat çekilerek, Kırmızı Kitap’ın 2024 baskısı, bu gelişmelerin uranyum talebi ve arzı üzerindeki etkilerinin daha eksiksiz bir resmini sunmayı amaçlayacaktır”** ifadelerine yer veriliyor.

Bu arada, devam eden değişiklikler nükleer enerji endüstrisine fayda sağlıyor. **“Uranyum üretimindeki azalma, yavaşlayan yatırım ve nispeten düşük fiyatlar döneminden sonra, hızla gelişen pazar ve politika ortamının uranyum pazarının önümüzdeki on yıllarda önemli ölçüde genişlemesi için teşvik sağlayıp sağlamayacağını göreceğiz.”** ^{NL}

[Bölümün başına](#)



İlerliyor ve Hızlanıyor

Akkuyu Nükleer Güç Santralinin (NGS) 1'inci Güç Ünitesi'ne yönelik ilk parti nükleer yakıt teslimatı bahar aylarının en öne çıkan haberi oldu. Konuyla ilgili detaylı bilgilere bu sayının Haberler bölümünde ulaşabilirsiniz. Akkuyu projesi kapsamında diğer gelişmelere yönelik uzman yorumları ve raporlara aşağıda yer veriliyor.

Akkuyu NGS, ilk parti nükleer yakıtın teslimatı ile resmen bir nükleer tesis statüsüne kavuşmuş oldu. Santrale ilk yakıtın teslimatının Türkiye'nin nükleer enerji tarihinde bir milat olacağını belirten Siyaset Bilimi ve Uluslararası İlişkiler Uzmanı İsmail Cingöz, **“Saha lisansı 1976 yılında verilen ve kavuşmak için yarım asırdan fazla beklediğimiz çok büyük bir hayalimiz gerçeğe dönüşüyor. Türkiye Akkuyu NGS sayesinde dünyada çok önemli bir yere sahip olan nükleer kulübün yeni üyesi olacaktır”** dedi.

Akkuyu NGS'deki dört güç ünitesinin her biri



TÜRKİYE

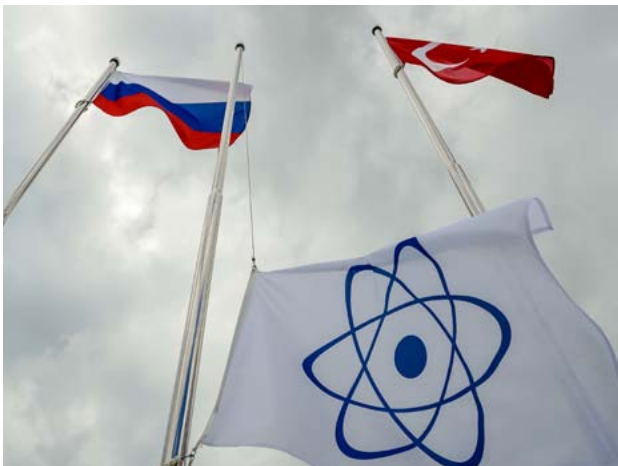
İçeriklere geri dön

dünyanın en güvenli reaktörleri arasında yer alan 3+ Nesil VVER-1200 adı verilen Rus reaktör teknolojisine dayanıyor.

Aktif ve pasif güvenlik sistemleri sayesinde VVER-1200 tipi reaktörün dahili ve harici darbelere karşı son derece dayanıklı hale geldiğini ifade eden Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Müdürü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Haluk Yücel, **“Bu reaktörler aktif güvenlik sistemlerinin yanı sıra doğa kanunlarına göre çalışan ve elektrik kaynağı, operatör müdahalesi veya otomatik sistem gerektirmeyen ‘pasif sistemlerle’ de donatılmıştır”** ifadelerini kullandı.

Akkuyu NGS'nin olası bir deprem ve buna bağlı gelişebilecek bir tsunami sonrasında reaktör ve yan sistemlerinin dış etkenlerden koruyabilecek şekilde tasarlandığını vurgulayan Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Sema Bilge Ocak, **“Akkuyu NGS, afet ve kaza yönetiminde yeni nesil teknolojiye sahip ve güvenilir olmasının yanı sıra, yıllar içerisinde kendini ispatlamış, sürekli iyileştirmeler ve tecrübelerle geliştirilmiş 3. Nesil bir santral örneğidir”** dedi.

İlk parti nükleer yakıtın teslimatı Akkuyu



AtomEnergMash (AEM), Rosatom'un enerji mühendisliği birimidir. AEM, nükleer, termal, petrol, gemi yapımı ve çelik yapımı endüstrileri için makine ve ekipman tasarımı, üretimi ve tedarikinde kapsamlı çözümler sunan Rusya'nın en büyük güç makineleri üreticilerinden biri olma özelliği taşıyor.

projesine ilişkin en önemli haber olarak öne çıksa da göz çarpan gelişmeler bundan ibaret değil. Nisan ayının sonlarında, Rusya Devlet Nükleer Enerji Kuruluşu Rosatom'un mühendislik bölümünün bir parçası olan AtomEnergMash'in iştiraklerinden Atommash, Akkuyu NGS'nin 2'nci Güç Ünitesi için basınç kompansatörü üretimini tamamladı ve bu ekipmanı sahaya sevk etti.

180 tondan fazla ağırlığa sahip kalın duvarlı paslanmaz çelik bir kap olan ve reaktör adasının ana ekipmanları arasında yer alan basınç kompansatörü, reaktörün birincil devresinde çeşitli çalışma koşulları altında basınç oluşturmak ve basıncı korumak için tasarlandı.

Basınç kompansatörü, fabrikadan kamyonla Tsimlyansk Rezervuarı (Don Nehri) kıyısındaki kargo limanına taşınacak, sonrasında mavnaya yüklenecek ve yaklaşık 3.000 km yol katederek deniz yoluyla Türkiye'ye ulaştırılacak.

AKKUYU NÜKLEER A.Ş., Akkuyu NGS'ye ev sahipliği yapan bölgede düzenlenen sosyal girişimlere aktif olarak katkıda bulunurken, öğrencilere yönelik kariyer rehberliği etkinlikleri ve nükleer santrale geziler, ulusal düzeyde yaratıcı yarışmalar, okullarda çeşitli derslerin yanı sıra eğitim kampları, bayram etkinlikleri ve daha




TÜRKİYE

[İçeriklere geri dön](#)

pek çok etkinlik düzenliyor ve çocukların gelişimine destek vermeye devam ediyor. Nisan ayı sonunda AKKUYU NÜKLEER A.Ş Genel Müdürü Anastasia Zoteeva, 23 Nisan Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramı dolayısıyla Akkuyu NGS'ye en yakın ilçe olan Büyükeceli'den ortaokul öğrencisi Bahar Bolaç ile bir araya geldi. Yüksek Onur öğrencisi olan ve birçok alanda başarılarla imza atan Bahar, Rusça da öğreniyor.

Bahar, Akkuyu inşaat sahasını gezerek nükleer enerji ve Türkiye'nin ilk nükleer santralinin altyapısı hakkında bilgi aldı. İnşaat sahası gezisinin ardından AKKUYU NÜKLEER A.Ş. Genel Müdürü Anastasia

Zoteeva, Bahar'ın 23 Nisan Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramı'nı kutladı. Zoteeva, Bahar'a ve tüm çocuklara eğitimlerine devam etmeleri ve hayallerine inanmaları yönünde mesaj verirken, öğrencinin ailesine de hediye takdim etti.

AKKUYU NÜKLEER A.Ş Genel Müdürü Anastasia Zoteeva, **“Biz, çocukların çocukluğunu parlak, ilginç, macera dolu ve unutulmaz kılmak için çalışıyoruz. Onların önemli bir rol oynadığı Türkiye için iyi bir gelecek oluşturduğumuzu biliyoruz”** ifadelerini kullandı. 

[Bölümün başına](#)