

Nükleer reaktörlerde kaza riski nasıl sıfıra yaklaşıyor?

Teknolojideki gelişmeler sonucu nükleer reaktörlerde kaza olasılığı (riski) gitgide sıfıra yaklaşıyor. Son 50-60 yıldır Batı'da, büyük bir kaza olmadan 440 kadar nükleer reaktör, kaza riski sıfıra yaklaşarak, güvenli bir şekilde işletiliyor.

Yazar

Yüksel Atakan Dr. Radyasyon Fizikçisi, ybatakan4@gmail.com 1 Şubat 2024 Bilim ve Gelecek 238 Sayı



1986 Çernobil ve 2011 Fukushima büyük nükleer reaktör kazalarını hepimiz biliyoruz. Özellikle Çernobil kazası sonucu çevreye ve birçok ülkeye, Türkiye'ye, radyoaktif maddelerin yayıldığını da biliyoruz. Çoğumuzun bilmediği ise, bu kazaların, aradan geçen bunca yıla rağmen, Dünya'daki 440 kadar nükleer reaktörün hiçbirinde neden tekrarlanmadığı ya da benzer büyük kazaların olmadığı? Örneğin Fransa elektriğinin yaklaşık dörtte üçünü nükleer reaktörlerden elde ediyorken orada ya da 60 yıl kadar nükleer reaktörleri işleten Almanya'da böyle büyük reaktör kazaları neden olmadı?

Bu soruların yanıtlarını, akıl ve bilimle üretilen teknolojiyi geliştirmekte aramamız gerekiyor. Nükleer reaktörler, gitgide geliştirilen Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) ve ayrıca ulusal standartlara göre kalite kontrolleri yapılarak, kaliteleri en üst düzeyde alet, aygıt ve malzemeler kullanılarak çalıştırılıyorlar ve geliştirilen

otomasyon sistemleriyle, simülatörlerde personel eğitimleriyle kazalar belki daha oluşmadan önlenabiliyor. Eski işleyen nükleer reaktörler de gelişen teknolojiye göre sürekli gözden geçirilerek bunların alet ve sistemleri de yenileniyor.

Aşağıda yazılanlar, nükleer reaktörlerin gitgide daha güvenli olmalarını sağlayan 60-70 yıllık süreçteki kazanımlar, Dünya’da nükleer teknolojide, özellikle ABD şirketlerinde ve üniversitelerinde sürdürülen çok çeşitli araştırma geliştirme (ARGE) çalışmalarının ve uygulamaların özetlenen sonuçlarıdır.

Önce Çernobil ve Fukuşima kazaları nasıl oldu kısaca gözden geçirelim. Bu iki büyük reaktör kazasıyla ilgili olarak daha önceki yazılarımızda ayrıntılı açıklamalar yaptığımızdan¹ bu kazaların oluşumuna, burada kısaca değineceğiz.

Çernobil kazası

Çernobil tipi reaktörlerin büyük bir kazayı önleyecek güvenlik sistemlerindeki eksikliklerine rağmen, 1986’daki kaza, normal reaktör personelinin yapmayacağı çok büyük bir hata sonucu ortaya çıkmıştı. Reaktör personeli bir deney sırasında, kontrol çubuklarını yukarı çekerek reaktörün gücünü artırmış (nötronların bor’da soğurularak reaksiyonun frenlenmesini engellemiş) hem de reaktörün soğutma suyu pompalarını durdurarak, reaktörün aşırı ısınmasına ve sonunda da büyük felakete neden olmuştu. Böyle bir hatayı ise değil normal reaktör personeli, bu konuda temel bilgileri olan herhangi bir teknisyen dahi yapmazdı. Ayrıca Batı tipi reaktörlerde kontrol çubuklarının belirli bir kritik düzeyden daha yukarı çekilmesi, bunların içten kilitli olması nedeniyle olası değildir. Ayrıca personelin yapabileceği hataları, çok katlı güvenlik sistemleri ve otomatik sistemler anında önleyeceğinden Çernobil tipi kazalar Batı’da ortaya çıkmadı ve çıkmıyor. Öte yandan, Almanya’da bugün değil, 70’li yıllarda bile Çernobil tipi bir reaktör, henüz proje döneminde (lisanslamada) onay alamaz ve kurulamazdı.

Batı tipi bir reaktörde bir kaza olsa bile, açığa çıkan radyoaktif maddelerin güvenlik kılıfı içinde kaldığı, 1978’de ABD TMI Harisburg kazasında görüldü. Orada kısmen yakıt elemanları ergimişti ama reaktörü 1 m beton ve 1 cm çelik kalınlığında çevreleyen Containment güvenlik kılıfı, çevreyi, radyoaktif maddelerin yayılmasından korumuştur. Benzer Containment bugün yapılmakta olan Akkuyu reaktörlerinde de bulunuyor. Çernobil reaktöründe ise böyle bir Containment yoktu ve kaza sonucu santralin uçan çatısından radyoaktif maddeler havaya ve çevreye çabucak yayıldı, hava akımlarıyla Avrupa ve Türkiye’ye ulaştılar.

Bu nedenlerle Batı tipi reaktörlerde 1986’da Çernobil’deki gibi bir kaza olmuyor ve beklenmez de.

Fukuşima kazası

2011 yılındaki Fukuşima kazasında ise reaktörün uranyumlu kalbi içinde herhangi bir patlama olmadı. 9 büyüklükteki depremde reaktör binaları yıkılmadı. Ancak Japonya’daki elektrik direklerinin yıkılması, hatların kopmasıyla santralin elektriği kesildi. Zemin altında, konuşlandırılmaması gereken dizelli ivedi (acil) elektrik üreteçleri de tsunami suları altında kalınca, su pompalarının çalıştırılmaması nedeniyle, susuz kalan uranyumlu reaktör kalbi aşırı ısındı ve ergidi. Bu epey uzun bir sürede oldu. Reaktör binasında hidrojen gazı patlamalarıyla binada çatlaklar oluştu. Radyoaktif maddelerin bir bölümü güvenlik küresi içinde kalırken, bir bölümü de çatlaklardan atmosfere sızdı.

2011 yılında Fukuşıma'da büyük bir deprem ve tsunami sonucu nükleer reaktörde büyük bir kaza meydana gelmişti. Halbuki Fukuşıma reaktörleri daha 1970'lerde yapılırken ABD reaktör güvenlik kurulu, bu tip reaktör binalarının (Containment) basınca dayanamayacaklarını, reaktörlerin işletmeye açılmaması gerektiğini açıklamış olmasına rağmen, bu uyarı gözönüne alınmadı. Benzer uyarı ilgili bilirkişilerce acil elektrik üreteçlerinin de zemin altından, üst katlara çıkarılması gerektiği için defalarca yapılmıştı ama dinleyen olmadı (Bunlar ilgili yazılarımızda ayrıntılarıyla var). Acil durum elektrik üreteçleri üst katlarda olsalardı, su pompaları çalıştırılır, reaktör soğutulur ve kaza da olamazdı.

Nükleer reaktörlerin tarihsel gelişimi nasıl oldu?

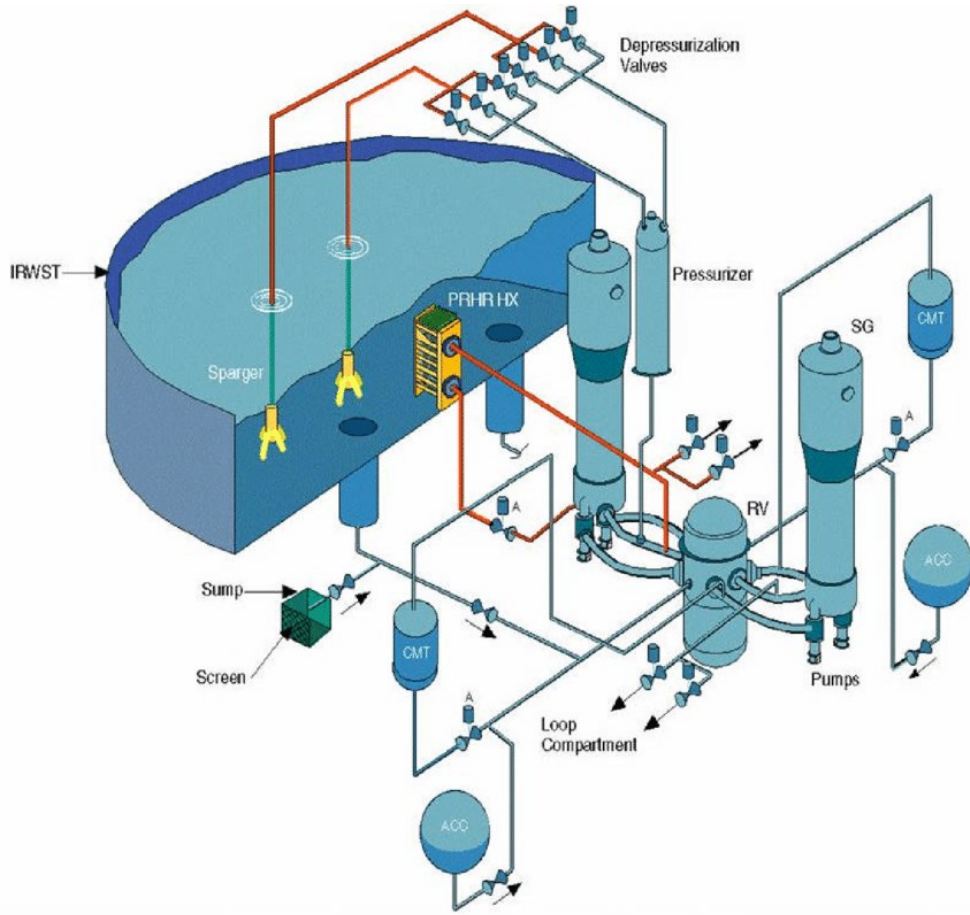
I. kuşak reaktörler: 1950-1960'lı yıllarda endüstri için geliştirilmiş ve 1970'lerde ilk prototip reaktörler olarak piyasaya sunulmuşlardır. Fransa bu süre içinde reaktör teknolojisiyle doğal uranyumun içinde çok az (% 0,7) oranda bulunan Uranyum 235 yakıtını zenginleştirmek için bir yol bulmuş oldu ve böylelikle U235'i daha da zenginleştirerek, nükleer silahlar da yapabildi.

II. kuşak reaktörler: 1973 petrol krizi sonucu fosil yakıtların fiyatlarının çok yükselmesiyle birlikte enerji piyasasında denge sağlamak düşüncesiyle geliştirildi. Fransa'da bu kuşak reaktörler, ABD teknolojisindeki basınçlı hafif sulu reaktörlerinin (PWR), EDF (Electricity de France) tarafından üstlenilmesiyle ortaya çıktılar.

III. kuşak reaktörler: "Güvenlik ve emniyeti temel alan özellikle dış etkenlere karşı korunmalı reaktörlerdir. Bu tip reaktörler, Three Mile Island, Çernobil kazalarıyla 11 Eylül İkiz Kuleler saldırısını örnek alarak, bu çeşit olayların reaktörlerde olmamasını sağlayacak önlemlerin, özellikle otomasyon sistemleriyle önlenmesini hesaba katan reaktörleridir. Bu tip reaktörlere bir örnek Avrupa basınçlı su reaktörüdür (EPR).

IV. kuşak reaktörler: IV. kuşak reaktörlerin, önemli sistemlerinin daha güvenli olmalarıyla ilgili olarak, teknolojiye bir dizi araştırma ve gelişmeler sürüyor. Bunları, GIF (Generation IV International Forum) organize ediyor. Bu tip reaktörler nükleer yakıtı daha verimli kullanacaklar, atıkları daha az olacak, ekonomik olarak da daha ucuz ve güvenlik standartları da en üst düzeyde tasarlanacaklar.

Şekillerde bu tipe uyan bir reaktörün reaktör binasının tavan altındaki havuz tipi su deposu ve Çin'de kurulacak bu tip bir reaktörün maket resmi bulunuyor.



IV. kuşak röaktörlerde reaktör binasının tavan altındaki havuz tipi su deposu.



Çin'de

kurulacak reaktörün maket resmi.

GIF kapsamında bu amaçla bugün 100 kadar uzman 130 farklı reaktör tasarımını inceleyip değerlendiriyorlar. Bu tip reaktörlerde % 5-7 gibi zenginleştirilmiş U 235'in kullanılmasına gerek kalmıyor, çünkü reaktör yakıtı olarak U 238 kullanılacak.

IV. kuşak reaktörlerin önemli özelliği, reaktörün yanına yakıt elemanları üretim bölümünden başka, üretilen atıkların geri dönüşümlerinin yapılacağı tesislerin kurulup

çalıştırılmaları. Ayrıca bu tip reaktörlerde kullanılacak yakıttan, plütonyumun ayrıştırılarak nükleer silah yapılması da teknik olarak olası değil. Otomasyon ve diğer pasif önlemlerle de deprem sonucu ve Fukushima kazası gibi bir kaza da olası değil.

Akıl ve bilimle geliştirilen teknolojiye bir örnek

Araştırmacı uzmanlar, mademki Fukushima'daki kaza, deprem sonucu elektrik direklerinin yıkılması ve hatların kopması sonucu reaktörlere gelen elektriğin kesilmesiyle ve acil elektrik üreteçlerinin de tsunami suları altında kalmasıyla, su pompaları çalıştıramadığından ve reaktörler soğutulamadığından ortaya çıktı, öyleyse reaktörleri elektrik gerekmeden de soğutmanın bir yolunu bulmalıyız diyerek, akıl yürütüp yeni bir reaktör tasarımı yapıyorlar. Reaktör binasının içinde tavan altında, havuz gibi büyük bir depo olmalı (Bkz. Şekil 1) ve buradan su, bir büyük kazada kendiliğinden (yerçekimiyle) aşağıya doğru akıp reaktörleri, tekrar elektrik gelene kadar, 2-3 gün sürekli soğutabilmeli fikri akıl yürütmekle ilgili. Sonrasında ise işe bilim ve teknoloji giriyor: Su deposu, binanın çatısı altına nasıl yerleştirilecek, suyla dolu durumdaki büyük kütle, hatta olası bir depremde nasıl yıkılmayacak ve tüm binayı sular basmayacak? Ayrıca depodaki su, büyük bir kazada, elektrik olmadan nasıl kendiliğinden akmaya başlayacak? Tüm bunların ve başka sorunların düşünülmesi, ilgili bilim ve teknolojiye göre çözümler üretilmesi gerekiyor. Bununla da bitmiyor: Çözümlerin uygunluğunun bilim ve teknoloji yönünden incelenmesi, ilgili uzmanların/bilirkişilerin görüşleri alınarak yetkili kurumlardan onaylanması da zorunlu. Sonuçta bu tip bir reaktörde, Fukushima kazası gibi bir kazanın ileride ortaya çıkma riski neredeyse sıfır olarak görülebilir. Bu tip reaktörlerden 4 adetinin, Çin'de Sanmen and Haiyang kentlerinde kurulacağı (Şekil 2) ve Çin yetkili kurumunun da bu reaktörlerin kurulmasına onay verdiği açıklanıyor.²

Öte yandan, nükleer reaktörlerde ortaya çıkan radyoaktif atıkların güvenli depolanmasıyla ilgili araştırmalarda da büyük gelişmeler var. Bu konuda Finlandiya örneğinde olduğu gibi radyoaktif atıklar, bir kaç kilometre derinlikteki kayalarda

açılan mağaralarda beton ile karıştırılarak, mağara ile birlikte kapsülleniyor ve dış dünya ile ilişkisi tümüyle kesiliyor.³

Sonuç

Akıl ve bilimle yapılan teknolojideki gelişmeler sonucu nükleer reaktörlerde kaza olasılığı (riski) gitgide sıfıra yaklaşıyor. Büyük 1000 MW'lık reaktörlerin yanı sıra, daha önceki yazılarımızda açıkladığımız gibi, küçük modüler reaktörler (SMR) ve bunların toryum kullanılanları da gitgide geliştirilerek, gemilerde ve hatta Bill Gates'in MS Ofislerinde kullanılmaları planlanıyor.⁴

Sonuç olarak akıl, bilim ve gelişen teknolojinin uygulanmasıyla son 50-60 yıldır Batı'da, büyük bir kaza olmadan 440 kadar nükleer reaktör, kaza riski sıfıra yaklaşarak, güvenli bir şekilde işletiliyor.

Yukarıda açıkladığımız gibi, çok zayıf yapılı Çernobil reaktöründeki büyük personel hatasıyla oluşan Çernobil kazasına ve uyarılara rağmen, zemin altından üst katlara yıllardır çıkarılmayan acil elektrik üreteçlerinin tsunami suları altında kalmasıyla oluşan Fukushima reaktörlerindeki büyük kazaya saplanıp kalmamak, nükleer reaktör teknolojisinde, yaklaşık olarak yarım yüzyıllık gelişmelerin ışığında, bugünkü reaktörleri objektif olarak değerlendirmek doğru olur düşüncesindeyiz.

Not: Bu yazımız Bilim ve Gelecek dergisinin Şubat 2024 sayısında yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

- 1) Çernobil ve Fukuşima kazaları nasıl oldu?, Fizik Müh. Odası Popüler bilim yazıları Y. Atakan
- 2) <https://info.westinghousenuclear.com/news/four-westinghouse-ap1000-reactors-in-china>
- 3) <https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/yuksek-radyoaktiviteli-nukleer-atiklarin-guvenli-depolama-arastirmalari-finlandiya-ornegi> / BilimveGelecek Nisan 2022
- 4) Küçük modüler reaktörler (SMR) Herkese Bilim Teknoloji dergisi, Y. Atakan HBT Sayı 403, 28.12.2023.