

# NÜKLEER SANTRALLERDEN ÇEVREYE SALINAN RADYOAKTİVİTENİN SINIRLANMASI

## Almanya'daki Otomatik Ölçüm Sistemleri ve Çevredekilerde Oluşan Dozlar

### Nükleer Santraldeki Radyoaktivite Kaynakları ve Önlemleri

Bir nükleer santralde, “normal işletme” sırasında ortaya çıkan çok çeşitli radyoaktif maddelerin (radyoizotopların) neredeyse tümü, yakıt elemanlarında, reaktörde ve bunları içine alan kalın çelik duvarlı silindirde (reaktör kabında) kalıyor. Reaktörü soğutan suya sızıntıyla çok az miktarda geçen radyoizotoplar, bu suyla ana ve yardımcı sistemlerdeki pompa, boru, vana ve depolara dağılıyorlar ve bunların içinde buldukları yapıların iç yüzeylerine ve havasına sızabiliyorlar.

Bu radyoizotopların çoğu, reaktörde Uranyum 235 atom çekirdeklerinin bölünmesi sırasında iki farklı kütledeki (Kripton 85 ve Xsenon 133 gibi) 200 kadar radyoizotoptan (bölünme ürünlerinden) oluşuyor ve bunlardan %20'si asal gaz. Öte yandan reaktörde çekirdek bölünmesi sırasında yayınlanan nötronların, yakınlarındaki metal malzeme içinde çok az miktarda bulunan kobalt, nikel ve mangan gibi iz elementleri bombardıman etmesi sonucunda bunların atom çekirdeklerinde gerçekleşen tepkimelerle (aktivasyonla) başka radyoizotoplar ortaya çıkıyor. Ayrıca çelik boruların iç çeperlerinden zamanla aşınma sonucu soğutma suyuna karışan çok az miktardaki bu tür iz elementler, suyun reaktörde dolaşımı sırasında yine nötronların etkisiyle radyoizotoplara dönüşüyorlar. Aktivasyon ya da korozyon ürünleri denilen bu cins radyoizotoplara örnekler, Kobalt 60, Nikel 59 ve Mangan 54. Reaktörün yakınındaki havada bulu-

nan bazı elementlerden de yine nötron bombardımanı ile Azot 41 gibi radyoizotoplar da oluşmakta. Aktivasyon ürünleri de, bölünme ürünleri gibi, sızıntılarla çeşitli sistemlere ve santral içindeki havaya az da olsa bir miktar karışıyorlar.

Reaktör kabını, soğutma suyu ana pompalarını, buhar üreteçlerini güvenlik sistemleriyle birlikte içine alan beton ve çelikten kılıflı “güvenlik küresindeki” havanın basıncı, normal hava basıncının biraz altında tutularak, hava akımı dışarıdan içeriye doğru yönlendiriliyor ve böylelikle herhangi bir sızıntının dışarıya ulaşması önleniyor (Güvenlik küresi, tüm reaktörü soğutma sistemleri, ana pompaları, buhar üreticileriyle ve diğer güvenlik sistemleriyle birlikte içine alan, 1 m beton ve 2 cm kadar çelikten duvarlı, 50 m kadar çaplı, santraldeki ana yapı. “Güvenlik silindiri”, “güvenlik kalkanı” ya da “güvenlik binası” olarak da adlandırılıyor).

Santral içindeki çeşitli sistem devrelerinde ve binaların havasındaki radyoizotoplar, bir dizi aktif karbon filtreleriyle, arındırma ve yıkama teknikleriyle tutulup santralin yan binalarındaki ilgili yardımcı sistemlerin içinde depolanıyor. Ayrıca bir dizi ‘U-borulu geciktirme sistemiyle’, özellikle kısa yarılanma süreli asal gazların bu sistemde bir süre bekletildikten sonra kendiliğinden radyoaktivite özelliğini yitirmeleri sağlanıyor. Atık hava, santralin yüksek bacasından (100-150 m) havaya, atık sular da atık su deposu borusundan yakındaki ırmağa, ancak içindeki radyoaktif madde düzeyi arındırma sistemleriyle iyice düşürüldükten

sonra, radyoaktivite ölçüm sistemleriyle sürekli kontrol edilerek salınıyor.

Bu yazıda, Almanya'daki 1300 MWe'lık (basıncılı sulu) bir nükleer santral örneğiyle, santraldeki havalandırma ve gaz sistemlerinden bacaya bağlanan ana borulardaki ve santral bacasındaki radyoaktivite ölçüm sistemleriyle, ayrıca atık suyla ilgili ölçümler ve önlemler anahatlarıyla açıklanıyor. Öte yandan Almanya'da son 30-40 yıldır çalışan ve bu süre boyunca yeni tekniklerle sürekli geliştirilen yüksek düzeydeki güvenlik sistemleri, aygıtları ve önlemleri sonucunda hiçbir önemli kaza geçirmemiş 20 kadar nükleer santralin çevreye saldırdığı radyoaktivite miktarları, 2006 yılı örneğiyle veriliyor. Bunlardan, en kötümser varsayımlara göre seçilen yerlerde yaşadığı düşünülen kişilerin vücutlarında oluşabilecek ‘radyasyon dozları’, sınır değerlerle karşılaştırılarak her bir nükleer santral için yazının sonundaki grafiklerde ‘üst değerler’ gösteriliyor.

### Nükleer Santralden Çevreye Salınan Radyoizotoplar

Nükleer santralin normal işletilmesi sırasında santraldeki sistemlerde ortaya çıkan radyoaktif maddelerin son derece az bir bölümü bacadan havaya ve atık su borusundan da yakındaki ırmağa salınıyor.

Baca yoluyla:

- (1) Radyoaktif asal gazlar, özellikle Kr 85 ve Xe 133; Tritiyum (H 3), Karbon 14 (C 14)
- (2) Radyoaktif aerosollar (havadaki tanecikler) örneğin Co 60, Mn 54
- (3) Radyoaktif İyot (I 131)

Santralin yüksek bacasından kontrollü olarak salınan 'atık hava'daki bu tür radyoizotoplar çevredeki havaya karışıp, hava akımlarıyla seyreliyor. Bunların toprağa hangi miktarda dağılıp serpillecekleri, bacadan atılan miktara, bacanın yüksekliğine, santralden uzaklığa, hava koşullarına ve serpintinin kuru ya da yaş olma durumuna göre değişebiliyor. Toprakta en çok biriken miktar, etkin rüzgar yönünde santralden 1-2 km uzaklıkta olup radyoizotopların insanda oluşturabilecekleri radyasyon dozunun da buralarda en çok olacağı hesaplanıyor. Ancak en kötümser varsayımlarla seçilen ve kimse-nin yaşamadığı bu noktadaki radyasyon dozunun bile, ilgili yönetmeliğe göre izin verilen sınır değerinin altında kalması gerekiyor ve Almanya'daki son 40 yıllık deneyimlere göre de bu böyle (Şekil 5-6).

Atık su borusu (kanalı) yoluyla:

Sudaki Trityum (H 3) ile başka radyoizotoplar, örneğin Co 60, Mn 54, Zn 65, Cs 137 ve Sr 90 santral yakınındaki ırmağa salınıyor. Ancak buna, atık su depolama yerinde sudan örnek alınıp ölçüm yapıldıktan sonra radyoaktivitesi sınır değerlerin altındaysa izin veriliyor.

Irmağa sularla salınan radyoizotopların cins ve miktarları, reaktörün cinsine, gücüne ve yıl boyunca işletilme tarzı ve süresine bağlı olarak değişiyor.

## Sınır Değerler

Bir nükleer santralden çevreye bacası gazları ve sular yoluyla hangi radyoizotoptan (ya da radyoizotop grubundan) en çok ne miktarda salınabileceğini yetkili devlet kurumu belirliyor ve bunu santralin çalışması süresince denetliyor. Yeni bir nükleer santral işletmeye açılmadan önce yetkili kurum, sınır değerleri, benzer santrallerdeki uzun süreli deneyimleri gözönüne alarak hesaplayıp belirliyor. Bunlara "izin verilen sınır değerler" deniyor. Nükleer santralin normal işletilmesi sırasında, bir radyoizotop cinsi ya da izotop grubu için, çevreye saldırdığı radyoaktivite miktarı, deneyimlere göre genellikle bu sınır değerlerin yüzde birkaçı kadar az düzeyde kalmakta (Çizelge 1). Yetkili devlet kurumu, çevreye bir yıl boyunca salınan gerçek radyoaktif madde miktarlarını gözönüne alarak (bun-

RADYOİZOTOP GRUBU	SINIR DEĞER (Bq/Yıl)	ÇEVREYE SALINAN GERÇEK MİKTAR (Bq/Yıl)	SINIR DEĞERİN YÜZDESİ OLARAK SALINAN MİKTAR
<b>Bacadan atık havaya salınma:</b>			
Radyoaktif gazlar (I-131 dışında)	1.10 <sup>15</sup>	1,09.10 <sup>12</sup> Örneğin: Xe-133: 1,62.10 <sup>11</sup> Ar-41: 1,07.10 <sup>11</sup> Kr-85m: 4,5.10 <sup>9</sup> Xe-133m: 3,2.10 <sup>9</sup>	0,109
Radyoaktif Aerosollar (I-131 dışında)	1.10 <sup>10</sup>	4,75.10 <sup>4</sup> Örneğin: Co-58: 1,33.10 <sup>4</sup> Co-60: 3,42.10 <sup>4</sup>	0,0005
İyot-131	6.10 <sup>9</sup>	< ölçüm sınırı	< ölçüm sınırı
<b>Atık sularla salınma:</b>			
Trityum	3,5.10 <sup>13</sup>	1,34.10 <sup>13</sup>	38,286
Başka Radyoizotoplar	5,55.10 <sup>10</sup>	< ölçüm sınırı	< ölçüm sınırı

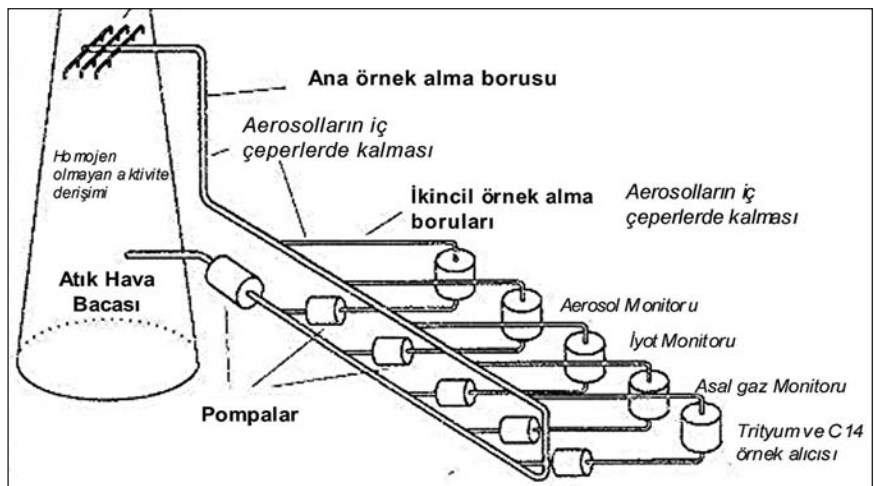
Çizelge 1 Basınçlı sulu 1360 MWe'lık bir santralden bir yıl boyunca çevreye salınan radyoizotopların izin verilen sınır değerleriyle, gerçekte salınan miktarları (örnek)

lar bacadan ve atık su deposundan alınan örneklerin laboratuvarında daha ayrıntılı ölçümleriyle belirleniyor), nükleer santral çevresinde yaşayanların o yıl içinde alabilecekleri radyasyon dozlarının 'üst değerini' hesaplıyor. Her bir nükleer santral için yılda Becquerel (Bq) olarak öngörülen 'izin verilen sınır değerler'den başka, bir de ilgili radyasyondan korunma yönetmeliğine göre çevredeki halktan herhangi bir kişinin yılda en çok alabileceği 'radyasyon dozu üst sınırı' bulunuyor (1 Bq: saniyede 1 adet atom çekirdeği bozunması).. Almanya'da ilgili yönetmeliğe göre bu sınır değer, hem atık hava hem de atık su için yılda 0,3 mSv (miliSievert); (Sievert: vücutta soğurulan 1 Joule/kg'lık radyasyon enerjisi olup hücrelere aktarıldığında bozulmalara neden olabiliyor. Bu nedenle üst sınırlar bunun binde biri, yani miliSievert düzeyinde.) Bunun anlamı, nükleer santralden çevreye ulaşan radyoizotopların etkin rüzgar yönünde 1-2 km uzaklığındaki "radyoaktivitenin göreceli olarak en yoğun olduğu hesaplanan

bölge"de sürekli olarak yaşadığı ve orada yetişen yiyeceklerle beslendiği varsayılan bir kişinin, atık hava veya atık su yoluyla yılda alabileceği radyasyon dozunun 0,3 mSv'in altında kalması gerektiği (Aslında orada kimse yaşamıyor, çünkü nükleer santralin yeri, zaten ona göre seçiliyor). Bu 0,3 mSv'lik sınır değer, Almanya'da doğadan alınan yıllık 2,1 mSv'lik ortalama radyasyon dozunun sadece normal değişim aralığı kadar az: 2,1 ± 0,3 mSv.

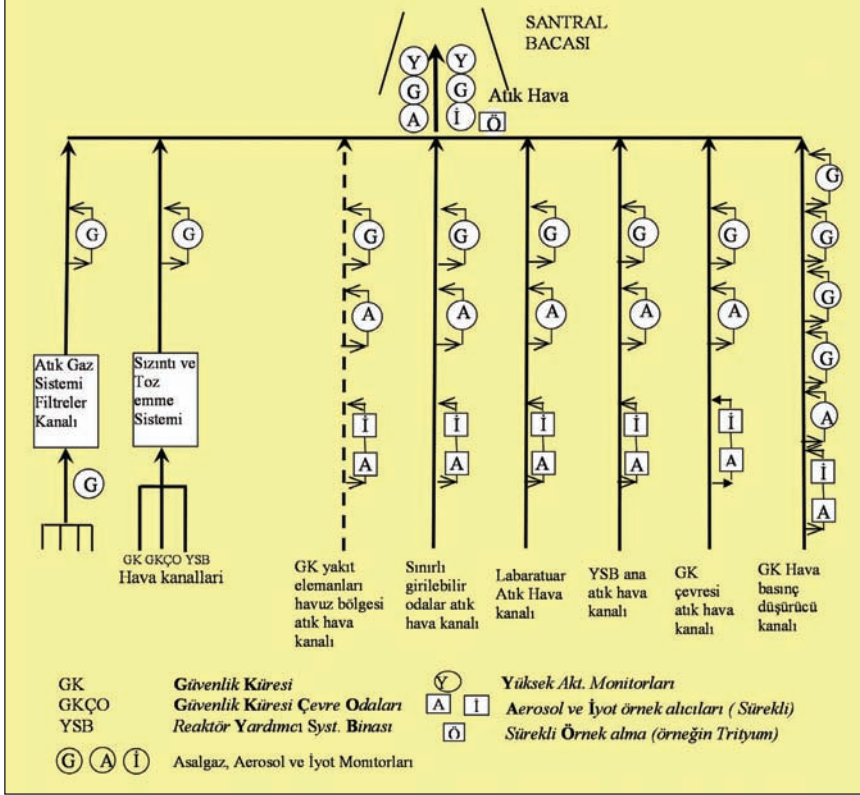
## Atık Gaz ve Atık Hava Kanallarındaki Radyoaktivite Ölçümleri

Şekil 1'de gösterilen bacaya giden atık gaz boru ve atık hava kanallarındaki ölçüm sistemleriyle bunlardaki radyoaktivite düzeyi sürekli kontrol edilerek, bacadan çevreye salınacak radyoaktif maddenin miktarı önceden kestiriliyor ve bacaya ulaşımı buna göre sınırlandırılıyor. Böylelikle, belirli bir sistemde zaman zaman olabilecek bir miktar yüksek radyoaktivitenin, ilgili sistem devrelerinde filtreleme ve başka tekniklerle soğurulması ya da bir süre depolarda bekletilmesi sağlanıyor. Radyoaktivite, ancak iyice azaldıktan sonra vanalar açılıp, atık gaz ve atık havanın bacaya akışına izin veriliyor. Şekil 1, reaktör binaları içindeki gaz devrelerinden ve havalandırma kanallarından bacaya ulaşan boru sistemlerinde yer alan ve her biri uygun (saatlik, günlük ve haftalık gibi) ön alarm değerine ayarlanmış radyasyon ölçüm aletlerini (monitörleri) gösteriyor. Her bir boru ya da kanaldaki radyoaktiviteyi sürekli ölçen, genellikle



Şekil 1A Bir nükleer santralin bacasındaki ölçüm ve örnek alma aygıtları.

**Şekil 1:** 1300 MWe'lık bir nükleer santralin atık hava ve gaz kanallarıyla bacasındaki radyoaktivite ölçüm ve alarm sistemleriyle çevrenin korunması (basitleştirilmiş) /1/



asal gaz, aerosol ve iyot monitörleri bulunuyor. Ayrıca bu kanallarda sürekli hava örneği toplayan "örnek alıcıları" da bulunmaktadır. Bunlardan sağlanan örnekler, laboratuvarında ölçülüp değerlendiriliyor (Bkz. Şekil 1A).

### Santral Bacasından Salınan Atık Havadaki Radyoaktivite Ölçümleri

Santralin bacasından salınan havadaki radyoaktivite, iki asal gaz, bir aerosol ve bir iyot monitörüyle sürekli kontrol ediliyor (Şekil 1). Bunlardan başka, kaza durumları için planlanmış ve çok yüksek radyoaktiviteyi ölçüp uyarıcı iki monitör de bacada bulunmaktadır. (Bu veriler, Almanya'daki 1300 MWe'lik bir nükleer santral için. Radyoaktivite bu monitörlerin önceden ayarlanmış uygun (saatlik, günlük ve haftalık gibi) "alarm değerlerine" ulaştığında çevreye salınma, otomatik olarak kesiliyor (Şekil 1A).

Bacadaki bu ölçüm sistemlerinin işlevleri, santral bacasından çevreye yıl boyunca salınan radyoizotop miktarlarının toplamını hesaplamak değil, atık havadaki radyoaktif maddelerin anlık de-

ğişimlerini ve artımlarını "ön alarm"larla izleyerek gerekli önlemleri zamanında almak ve böylece kısa süre için de olsa, çevreye fazla radyoaktivite salınmasını önlemek. Yıl boyunca radyoizotopların cinslerine göre bacadan çevreye salınan toplam radyoaktivite miktarıysa, Şekil 1 ve Şekil 1A'da gösterilen bacadaki "sürekli örnek alıcıdan" sağlanan örneklerin laboratuvarında analizleriyle, ilgili radyoizotopların ayrıntılı ölçümleriyle ve ayrıca bacadan her saatte

salınan hava hacmiyle ( $m^3/h$ ) birlikte değerlendirilip hesaplanmaktadır.

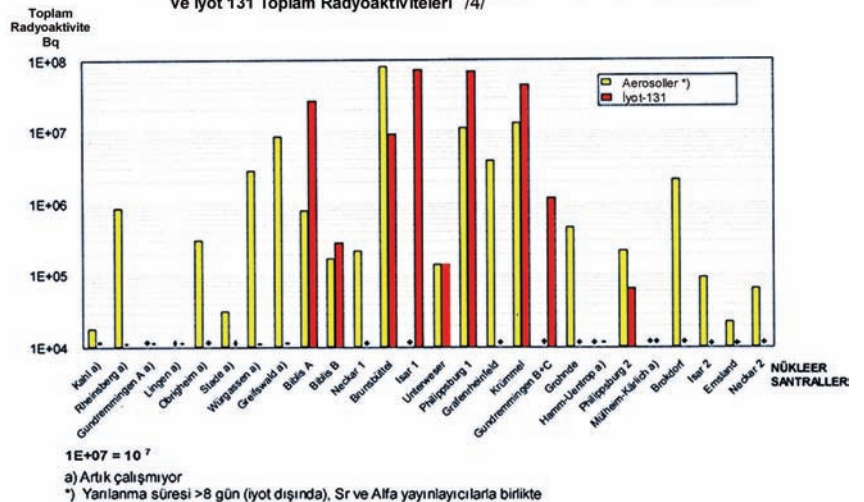
Bacaya yerleştirilen çatal şeklindeki emme borulu incelikli bir düzenekle ve boru devreleriyle ("by-pass" sistemiyle) atık hava, monitörlere ve örnek alma noktalarına pompayla sürekli iletiliyor (Şekil 1A). Radyoizotopların bir bölümü boruların ve ölçüm aletlerinin iç çeperlerinde kaldığından, ölçüm sonuçları "boru katsayısı" denilen bir sayıyla (en büyüğü 3 olmak üzere) çarpılıp borulardaki ve aletlerdeki kayıplar hesaba katılıyor.

### Santralden Yakınındaki Irmağa Salınan Atık Sulardaki Ölçümler

Radyoizotoplardan büyük ölçüde arındırılmış atık sular, büyük su depolarında toplanıyor; çevredeki sulara verilmenden önce toplam radyoaktivite miktarı ve her bir radyoizotopun radyoaktivitesi ölçümlerle belirleniyor. Buna "karar verme ölçümü" deniyor. Atık sular çevredeki sulara salınırken, radyoaktivite aletleriyle sürekli olarak ölçülüp kontrol edildikleri gibi, laboratuvarında radyoizotopları ölçmek için belirli zaman aralıklarıyla örnekler de alınıyor. Örneklerin laboratuvarında ölçülen radyoaktiviteleriyle, santral yakınındaki ırmağa salınan su miktarları yıl boyunca gözönüne alınarak, ırmağa hangi radyoizotoptan toplam hangi miktarda verildiği hesaplanıyor.

### Almanya'daki Nükleer Santrallerden Çevreye Salınan Yıllık Radyoaktivite Miktarları

**Şekil 2:** Almandaki Nükleer Santrallerde Baca Gazlarıyla 2006'da Salınan Aerosol ve İyot 131 Toplam Radyoaktiviteleri /4/



Şekil 2'de 2006'da Almanya'daki bütün nükleer santrallerin bacalarından atık hava yoluyla çevreye salınan radyoaktivite miktarları (Bq/yıl) radyoizotopların cinslerine göre gösteriliyor. Santrallerin tümünde, havadaki taneciklere tutunan radyoizotoplardan kaynaklanan aerosol radyoaktivitesi ve iyot 131 radyoaktivitesi  $10^8$  Bq'den daha az. Nükleer santrallerden salınan radyoaktivitedeki bu farklılıklar, santrallerin güçleri, işletilme süreleri ve bacalarından salınan miktarlardaki farklılıklardan kaynaklanıyor. Örneğin, santrallerden biri 2006'da 10 ay çalışırken diğeri 8 ay çalışmış, birinin bacasından saatte 200.000 m<sup>3</sup> hava salınırken, diğereinden saatte 150.000 m<sup>3</sup> hava salınmış olabiliyor.

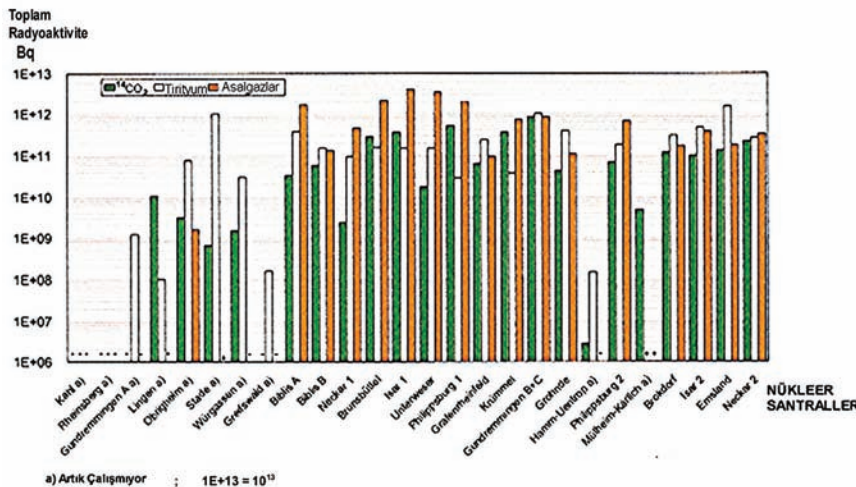
Şekil 3'te aynı santrallerin bacalarından 2006'da salınan <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>, trityum ve asal gaz değerleri yer alıyor. Tüm değerler  $5 \times 10^{12}$  Bq'in altında.

Şekil 4'te 2006'da aynı santrallerin atık sularıyla yakınlarındaki ırmaklara salınan radyoaktif maddelerden alfa yayanların, bölünme ve korozyon ürünlerinin ve trityumun radyoaktiviteleri gösteriliyor. Bütün değerler  $5 \times 10^{13}$  Bq'in altında.

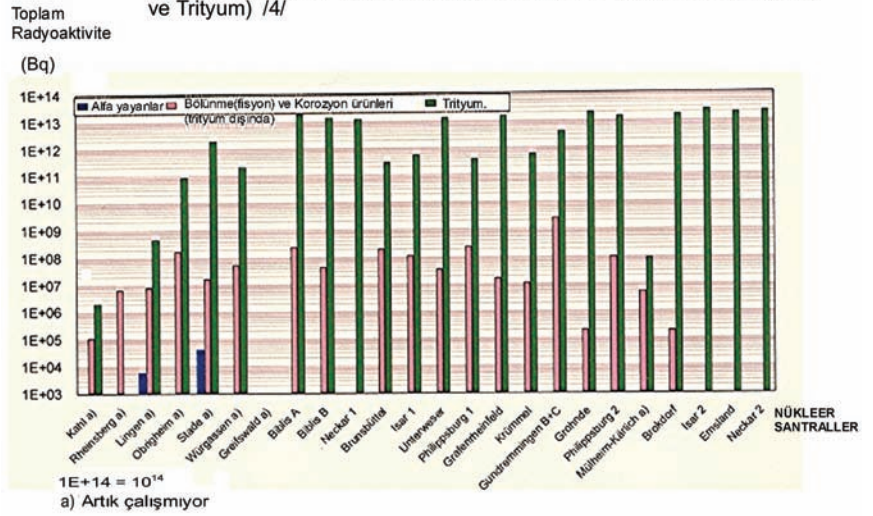
### Almanya'daki Nükleer Santrallerin Çevredeki İnsanlarda Oluşturduğu Radyasyon Dozları

Şekil 5 ve Şekil 6'da Almanya'daki tüm nükleer santrallerin her birinin yakın çevresinde, ilgili santralin atık hava ve atık suyundaki radyoaktif

Şekil 3: Almanya'daki Nükleer Santrallerden Baca Gazlarıyla 2006'da Salınan <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>, Trityum ve Asal gazların Toplam Radyoaktivitesi /4/



Şekil 4: Almanya'da Nükleer Santrallerden atık sularla, ırmaklara 2006'da salınan radyoaktif maddeler (Alfa salın radyoizotoplar, " Bölünme(fisyon) ürünleri" ve Trityum) /4/



maddelerin etkisinin göreceli olarak yoğun olduğu bir yerde sürekli olarak yaşadığı ve orada yetişen yiyeceklerle beslendiği varsayılan bir kişinin vücudunda oluşabilecek radyasyon dozları 'üst değer olarak' gösteriliyor. Şekillerden görüldüğü gibi, doz hesapları hem yetişkinler ve hem de 1-2 yaşlarındaki çocuklar için yapılmıştır.

Şekil 5'teki yetişkinler için en büyük değer Philipsburg nükleer santrali için olup 0,005 mSv'lik etkin doz, sınır değer olan 0,3 mSv'in yalnızca %2'si kadar. Küçük çocuklar için de aynı santral için hesaplanan etkin doz 0,008 mSv sınır değerinin %3'ü kadar.

Şekil 6'da Almanya'daki nükleer santrallerden atık sularla ırmaklara salınan radyoaktif maddelerin insan vücudunda oluşturabileceği radyasyon dozları, yukarıdaki gibi yaklaşımlarla

hesaplanmıştır. Özellikle kötümser bir yaklaşımla, santralin soğutma kulelerinden atılan su yakınlarındaki ırmaktan tutulan balıkların yendiği ve ırmak kıyısında insanların yılda 1000 saat kadar kaldığı varsayılarak çevrede çeşitli ortamlarda ölçülen radyoaktif madde değerleri hesaplarda buna göre kullanılmıştır.

### Özet ve Sonuçlar

Nükleer santral baca gazları radyoaktivite ölçüm sistemlerinin işlevleri şöyle özetlenebilir:

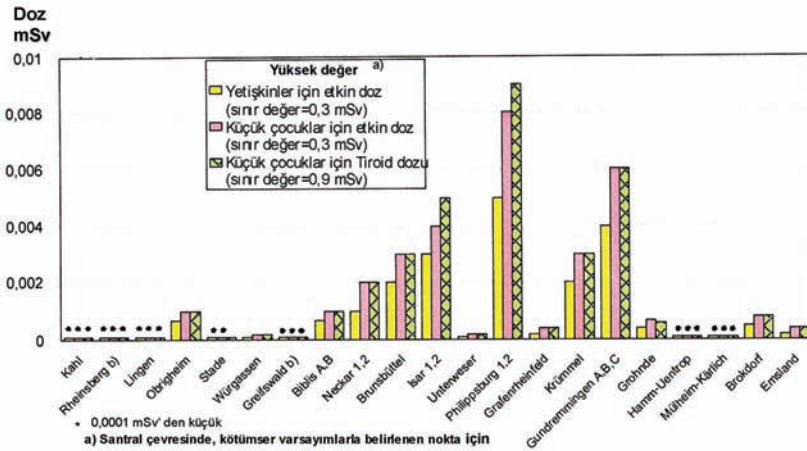
- Sürekli olarak bacadan salınan atık havadaki radyoaktivite düzeyini kontrol etmek
- Saatlik, günlük sınır değerlere ulaşıldığında alarmlarla radyoaktivitedeki ani yükselişi görebilmek
- Bacadan salınan radyoaktivite akışını/debisini izlemek (Bq/saat)
- Alarm değerlere ulaşıldığında ilgili yönetmeliğin öngördüğü önlemlere hemen başlamak

Amaç: İlgili yasa, yönetmelik ve standartlara göre bacadan çevreye salınan radyoaktif madde miktarlarını en düşük düzeye indirmek ( KTA 1503.1 Standardına göre).

Nükleer santral atık su depo ve bolarındaki radyoaktivite ölçüm sistemlerinin işlevleri de yukarıdakilere benzerdir ve Almanya'da bununla ilgili KTA 1504 standardı kullanılır.

Almanya'daki 20 kadar nükleer santralden son 40 yıldır edinilen deneyimlere göre, Şekil 1'dekine benzer çok sayıda radyoaktivite ölçüm sistemi

**Şekil 5:** Nükleer Santral bacasından Almanya'da 2006 yılında atık havayla çevreye salınan radyoaktif maddelerin insanda oluşturabileceği radyasyon dozları (mSv) /4/



nin kullanıldığı ve bunların ön alarmları yardımıyla çevreye çok az miktarda radyoaktivitenin kontrollü olarak salındığı görülüyor. Salınan radyoaktif maddelerden çevredeki halkta oluşan radyasyon dozlarının, doğal radyasyon dozunun çok altında kaldığı ve böylelikle çevredeki halkın korunduğu da Şekil 5 ve Şekil 6'dan anlaşılıyor.

Ayrıca, yukarıda açıklandığı gibi radyasyon dozları, sınır değer olan 0,3 mSv'in yalnızca %1-3'ü kadar olup, Almanya'da 2006'dan daha önceki yıllarda da bu çok düşük doz değerlerinde pek önemli bir değişim gözlenmiyor.

Radyoaktif maddelerin nükleer santral içi boru ve kanallarındaki çıkış yerlerinde (santral bacasından ve atık su kanalındaki) yapılan ve yukarıda açıklanmış olan ölçüm ve kontroller, bu yazının kapsamına girmeyen, nükleer santral çevresindeki çeşitli ortamlarda (hava, su, toprak ve yiyeceklerde) yapılan radyoaktivite ölçüm ve de-

ğerlendirmeleriyle ayrıca desteklenip denetleniyor. Bugüne kadar Almanya'da elde edilen ölçüm sonuçları, nükleer santrallerin çevrelerindeki çeşitli ortamlarda belirgin bir radyoaktivite artışı olduğunu doğrulamaktan uzak.

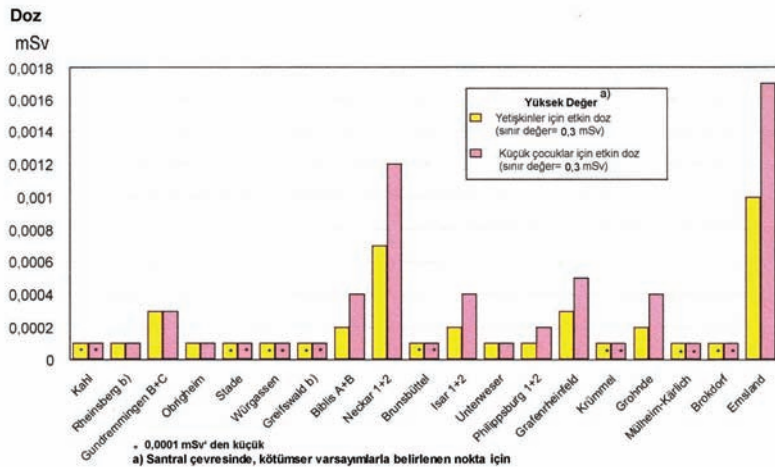
### Türkiye'de Planlanan Nükleer Santralin Ölçütleri ve Radyasyon Ölçüm Sistemleriyle İlgili Bazı Öneriler

Türkiye'nin yapımı planlanan ilk nükleer santrali için TAEC'in İnternet sayfasında nükleer santral kurup işletecek şirketlerin karşılaması gereken "ölçütler"de, nükleer güvenlik için şöyle yazılmakta: "Nükleer güç santrali güncel ve kanıtlanmış teknolojik yenilikleri kapsmalıdır. Başta Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) normları olmak üzere uluslararası normlara uygun olmalıdır. Santralin 'ciddi kaza' sınıfına giren kazalara

karşı da radyolojik sonuçları hafifletecek önlemleri alacak şekilde tasarımı yapılmış olması, değerlendirmede dikkate alınacaktır."

Öngörülen bu "genel ölçütler" çerçevesinde, radyoaktivite ölçüm ve alarm sistemlerinde, bunların teknik özelliklerinde, kalitelerinde ve adetlerinde büyük farklar olduğundan (yazarın gerek Almanya gerekse ABD'de bulunan nükleer santrallerdeki deneyimlerine göre, Almanya'daki radyoaktivite ölçüm sistemleri ABD'dekilerden çok daha fazla ve duyarlıdır), Almanya'da bu konuda son 40 yıldır kazanılan deneyimlerin ve KTA normlarının (özellikle KTA 1503.1 ve KTA 1504) gözönüne alınması önerilir. Bu ayrıntılı ölçütlere göre nükleer santral yapımını üstlenecek şirketlerin teknik raporlarındaki ölçüm sistemleriyle ilgili bölümleri TAEC'in zaten inceleyip değerlendirmesi ve ileride de denetlemesi doğal. Ancak, özellikle bacadan salınan havadaki kısa ve uzun yarılanma süreli, düşük derişimli aerosollerle doğal radon ve toronun ayırıldırmesini sağlayabilecek ölçüde duyarlı, uygun alet sistemlerinin seçilmesinin yanı sıra, incelikli ölçüm ve değerlendirme yöntemlerinin de iyi bilinmesi gerekir. Ayrıca ölçümler için gerekli havayı monitörlere ileten bacadaki "atık hava by-pass sistemi" başlıbaşına bir uzmanlık dalı (Şekil 1A). Bu nedenlerle, nükleer santraldeki tüm radyoaktivite ölçüm sistemleriyle ilgili değerlendirme ve denetimleri yapabilmeleri amacıyla bilgi ve deneyimlerini arttırabilmeleri için, benzer nükleer santrallerde ve modern aygıt üreten şirketlerde uzman eleman yetiştirilmesi gerektiği açıktır.

**Şekil 6:** Nükleer Santrallerden 2006 yılında atık sularla çevreye salınan radyoaktif maddelerin oluşturabileceği radyasyon dozları (mSv) /4/



**Yüksel Atakan**  
Fizik Y.Müh.,Dr.- Almanya  
ybatakan@gmail.com

Not: Yazar, Almanya'da Brown Boveri Reaktorbau firmasında Mülheim Kaerlich Nükleer Santralının yapımı boyunca ve Nükleer Santrallerden Çevreye Salınan radyoaktif maddelerin ölçüm teknikleriyle ilgili KTA 1503.1 normunun hazırlanmasında 15 yıl çalışmış ve 1982-1984 arası Akkuyu'da planlanan nükleer santralin işletme öncesi radyoaktivite ölçüm programını kısa süreli IAEA uzmanı olarak yaparak TAEC'ya ayrıntılı teknik bir rapor sunmuştur.

**Kaynaklar:**  
Atakan,Y., Stack Gas Radioactivity Monitoring in a Nuclear Power Plant in FRG, Nuclear Safety ,USA, Vol.29, No.2 p.167, April-June 1988  
IAEA Safety Guide No.WS-G-2.3 Regulatory control of radioactive discharges to the environment, 2000  
Safety Guide Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants No. NS-G-1.13, 2005  
Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung 2006, Bundesministerium Umwelt und reaktorsicherheit  
Emmissionüberwachung bei KKW, BfS-Almanya