

FUKUŞİMA KAZASININ 11.YILINDA DURUM

Yüksel Atakan Dr.Radyasyon Fizikçisi, ybatakan3@gmail.com, Almanya

Japonya'da 11 Mart 2011'de üçlü karayıkım (felaket) yaşandı:

1. Büyük deprem (9,1 büyüklüğünde ilk kez),
2. Tsunami
3. Fukuşİma Nükleer Santralİ kazası.

Fukuşİma kazasıyla ve bu aradaki gelişmelerle ilgili bizim önceki yıllarda yazdığımız bir dizi yazımız bulunuyor. Geçen yıl, kazanın 10.yılı nedeniyle yazdığımız yazıdaki açıklamalar genellikle bugün için de geçerlidir /1/. Daha çok bunlardan alıntılarla güncellediğimiz yazımız aşağıda bulunuyor.

Fukuşİma santral alanı bugün (2022) atık su varilleriyle dolmuş durumda

Atık su depolarının büyüklüğü resimde görölüyor



Kaza nasıl oldu?

Japonya'da 11 Mart 2011 günü 9,1 büyüklüğündeki şiddetli depremle elektrik direklerinin yıkılması ve hatların kopmasıyla Fukuşima nükleer santralını özel durumlarda dışarıdan besleyen elektriğin kesildiğini, depremin ardından oluşan dev tsunami dalgalarının zemin altındaki ivedi elektrik üreteçlerini de sular altında bırakarak, santralin elektriksiz kaldığını biliyoruz. Reaktörler, deprem sinyalinin alması planlandığı gibi otomatik olarak durdurulmuş, büyük deprem sonucu binalarda herhangi önemli bir hasar olmamıştır. Durdurulan reaktörlerdeki nükleer yakıtın içindeki çok çeşitli radyoaktif maddelerin yayınladığı ve yıllarca da yayınlayacağı radyasyonun oluşturduğu aşırı ısı enerjisi, elektriksiz kalan pompaların çalıştırılmaması nedeniyle, soğutma suyuna aktarılamamış ve yakıt elemanlarında ergime oluşarak büyük kaza ortaya çıkmıştır.

Ayrıca koruyucu reaktör kabında (containment) hidrojen gazı patlamaları da ortaya çıkmış, bunlardan doğan yüksek basınçla duvarlarda çatlaklar oluşmuş, reaktör binasının havasındaki radyoaktif maddeler çevredeki havaya ulaşmıştır. Radyoaktif maddeler, hava akımlarıyla çok uzaklara taşınmış, yağışlar ve kuru serpintilerle özellikle yakınlardaki 10-20 km'lik bölgeyi radyoaktif bulaşmayla etkilemiş, yerleşim yerleri boşaltılmış, insanlar yıllarca yerlerinden, yurtlarından uzaklarda yaşamak zorunda kalmışlardır.

Fukuşima nükleer santral alanında 6 reaktör bulunuyordu. 1, 2 ve 3 nolu reaktörler kazadan önce çalışmaktaydılar. Bu 3 reaktör kaza anında otomatikman durduruldu. Ancak yakıt elemanlarındaki uranyum yakıtı ve 200'den fazla radyoaktif madde (uranyumun bölünmesinden ortaya çıkan radyoizotoplar) yaydıkları radyasyonlarla yakıt elemanlarını ısıtmayı sürdürdüklerinden, bunların soğutulması gerekiyordu. Su pompaları, santralda elektrik olmadığından çalışmadılar, nükleer yakıt soğutulamadı ve yakıt elemanları ergiyerek büyük bir basınç ve sıcaklık altında yakıt maddesi içindeki radyoaktif maddeler, reaktör binasında ve oradan da çatlaklardan havaya ulaştılar. Reaktörlerin soğutma suyu, denizden alınıyordu. 4, 5 ve 6 nolu reaktörler ise depremden önce bakım çalışmaları nedeniyle durdurulmuş olduklarından, bunlarda herhangi bir hasar ortaya çıkmadı.

Fukuşima santrali, bugün ne durumda?

Radyoaktif maddelerden temizleme, yıkama, barikat kurma, binaları kapsülleme ve reaktörleri soğutma çalışmaları sürüyor.

Kazadan 11 yıl sonra, bugün de, Fukuşima santral alanında günde 4000 kişi çalışıyor. Santrali işleten TEPCO şirketi nükleer santralin ilk 3 reaktör blokunun yakıt elemanları bekletme havuzlarındaki yakıt elemanlarını dışarı çıkarabilmek için hazırlıklar yapıyor. Ayrıca, çok yüksek radyasyon dozu nedeniyle içine girilemeyen reaktör binalarında uzaktan komutlu robotlar ve kameralarla reaktör kabının (containment), binanın içinin ne durumda olduğu, ergimiş nükleer yakıt maddesinin bina içinde nerelerde ne miktarda dağıldığı araştırılıyor. Kameralar yüksek radyasyon dozu nedeniyle bir kaç saatte bozulduğundan/ergidiğinden sık sık değiştirilmeleri gerekiyor. Bu bilgiler elde edildikten sonra ergimiş nükleer yakıt maddesinin nasıl dışarıya çıkarılacağıyla ilgili uzaktan komutlu araç ve gereçlerin projelendirilip işe nasıl girişileceğinin iyice planlanması işçilerin fazla radyasyon dozu almamaları için gerekiyor. Temmuz 2017'de robot kameralarla 3. reaktör blokunun içinden ilk resimler alınarak yakıt maddesinin saçılımı görüldü. Benzer görüntüler 2. blokta Ocak 2018'de alındı.

TEPCO, reaktör binalarının iç durumunu daha iyi görüntüleyebilmek için myonentomografi denilen yeni bir teknik deneyerek bir çeşit taramayla (scanning) röntgen benzeri filmler de çekiyor. Böylelikle ergiyen yakıt maddesinin reaktör binasının içinde kaldığı, dışarı sızıp sızmadığı bilgileri elde ediliyor. Bu araştırmalar ve hesaplar sonunda Tepco, 1. blok reaktör kabında (Reactor Vessel, kazanında) pek yakıt maddesi kalmadığını, yakıt maddesinin reaktör binası koruyucu kabı içine (containment'a) dağıldığını gösteriyor. 2 no'lu reaktörde ise nükleer yakıt maddesinin daha çok reaktör kazanında kaldığı, 3 nolu reaktörde ise yakıt maddesinin bir miktarının reaktör kazanında, bir miktarının da containment'a dağıldığı hesaplanıyor.

Yaklaşık 160 bin kişi evlerinden oldu.



Bszi yerlere bugün de girişler ancak kontrolü yapılabiliyor



Kazanın çevre halkına etkisi nasıl oldu?

Yaklaşık 400.000 kişi evlerinden uzaklaştırıldı. Bunlardan 130.000'i nükleer santralin 20 km çevresinden geliyor (Ev ve bahçelerine radyoaktif Sezum 137 bulaşması sonucu). Radyoaktif sezyumun epey temizlendiği yerlerde tekrar yerleşim yapılmaya başlandı. Ancak birçok kişi, "fazla radyasyonlu bölge" olarak düşündükleri eski oturdukları yerlere, yetkililerin açıklamalarına pek güvenemediklerinden, tekrar dönmeye çekiniyor.

Toplam 1 milyon kadar ev oturulamaz durumda. Deprem ve tsunami sonucu 16.000 kişi yaşamını yitirdi, 3200 kişi de kayıp.

Santralin 10-20 km çevresi kazadan hemen sonra boşaltıldığından, 1986 Çernobil kazasındaki durumun aksine insanlar gereksiz yere radyasyon dozu almadılar. Çernobil'de ise kaza gizlendiğinden, ilk 3 günde yüksek iyot 131 dozu nedeniyle, daha sonraki yıllarda çocuklarda tiroit kanseri ortaya çıktı. Santrali işleten TEPCO şirketi, 1. ve 2. reaktör bloklarındaki nükleer yakıt elemanlarının dışarı çıkarılma işlerine ise ancak 2023 yılında başlanabileceğini

açıklıyor. Reaktör binalarının dış duvarları zaten daha önce mantolanmış durumda ve metal örgülü ağırla kaplı. Kaza geçirmeyen 4. reaktördeki yakıt elemanları 2014'de ara depoya aktarılmıştı.

Corium

Nükleer yakıt ergimesiyle ortaya çıkan malzemeler şunlar: nükleer yakıt maddesi, ergimiş yakıt elemanları, diğer metaller, radyoaktivitenin içine işlediği beton duvarlar ve reaktör tabanı (Tüm bunlardan oluşan karışıma Corium deniyor). Bu malzemeler suyla soğutuluyor. Bugünkü bilgilere göre Corium'un herhangi bir nükleer reaksiyon oluşturması söz konusu değil. Corium'un özellikle nükleer yakıtın 1-3 reaktör binalarından dışarı nasıl çıkarılabileceğiyle ilgili çeşitli yol ve yöntemler üzerine çalışılıyor. Binalara su verilmesi ve sular altında Corium'un çıkarılması da düşünülüyor. Bugünkü bilgilere göre 1-3 nolu reaktörlerin yakıt elemanları ergimiş olup, sıvı reaktör binaları içlerine akmıştır. Robotlarla binalarda çalışılıyor ve radyoaktif maddeler emiliyor ya da alınarak güvenli bidonlarda, özel tanklarda dışarıya taşınıyor.

Reaktör binalarında sıcaklık ve radyasyon doz hızı ne kadar?

Reaktör binaları içindeki durum önceki yıllardaki gibi olup güvenlik kılıfı içinde tabanda sıcaklık 20-30 derece C arasında. Santral alanın dış duvarı yakınında ölçülen yerel doz hızları 0,4 ile 1,5 mikroSv/h arasında. Bu değerler doğal radyasyon doz hızlarından 3 ile 10 kat daha fazla. Santraldan 5, 10 ve 20 km uzaklıktaki deniz suyunda ölçülen radyoaktivite derişimi Cs 134 ve Sr 90 için, WHO'nun verdiği sınır değerlerin çok altındadır. 10.000 km² kadar yerleşim yeri genellikle toprak kazınarak özellikle Cs 137'den temizlendi. Taşınan toprağın 20 milyon m³ kadar olduğu kestiriliyor.

Radyoaktiviteyle bulaşmış suların bir miktar temizlenip depolanması

Reaktör binalarına günde 100 ile 500 m³ arasında yeraltı ve yağmur suyu giriyor. Yağış miktarına bağlı olarak Fukushima santral alanında günde 50-100 m³ arasında radyoaktif maddelerle bulaşmış (radyoaktivitesi epey yüksek) suyun temizlenip depolanması gerekiyor. Bugüne kadar depolanan su miktarı 1 milyon m³ kadar olu, bunun 10.000 m³ kadarı çok yüksek radyoaktif maddelidir (Bu su tanklarının dış yüzlerindeki radyasyon doz hızı epey yüksek: 200-300 mSv/h dolayıda). Santral alanında 1000 kadar su deposu var ve alan dolmuş durumda. Sonra biriken depoların 2022 de denize boşaltılmasıyla ilgili IAEA ile görüşmeler sürüyor /2/.

Temizlendikten sonra denize verilen atık sular

Denize kontrollü olarak akıtılan filtre edilmiş kirli sulardaki radyoaktivite sınırları, IAEA ile görüşmeler yapılarak, bunlar belirleniyor. Fukushima santralında depolanan sulardaki radyoaktif maddeler, trityum dışında temizleniyor. Trityumlu suların okyanusa verilip verilemeyeceği ise ilgili balıkçılık örgütleri, yetkili kurumlarca ve TEPCO uzmanlarıyla birlikte görüşülüyor. Temizlenerek sınır değerlerin altına inen suların depolardan denize verilmesini balıkçılık örgütlerinin sonunda kabul ettikleri medyada yer alıyor.

Japon hükümeti 2-3 yıldır incelemeler ve tartışmalar sonunda, 2011 yılında büyük reaktör kazası geçiren Fukushima nükleer santral alanında depolanan 1,2 Milyon Ton Trityum radyoaktif atık suyun seyreltilerek, önümüzdeki yıllarda azar azar denize akıtılmasına, geçen 13 Nisan'da karar verdi. Başbakan Suga :

Fukuşima santralının baştan aşağı radyoaktiviteden arındırılması gerekiyor, ne yazık ki, başka bir seçeneğimiz yok, ancak balıkların ve diğer deniz ürünlerinin zarar görmemesi için her türlü önlemi alacağız, dedi.

Hangi radyoaktif maddeler çevreye ulaştı ve halkta radyasyon dozu oluşturdu?

Fukuşima bölgesinde çevrede etkili olan en önemli radyoizotoplar: Cs 134 ve Cs 137 olmuşlardır.

- 1) Radyasyon dozunun oluşmasına en büyük katkı vücudun dıştan ışınlanmasından gelmiştir (20 mSv'den daha az, 2012 WHO değerleri: 1-10 mSv, 2 yerde 50 mSv kadar).
 - 2) Vücudun içten ışınlanması, sıkı besin kontrolleri nedeniyle önemsiz kaldı (besinlerde yapılmakta olan radyoaktivite ölçümleri ve kontroller uzun süre devam edecek).
 - 3) Japonya'nın her yerinde Fukuşima kaynaklı radyoizotoplar ölçülmüş ise de Fukuşima bölgesi en çok etkilenen bölge oldu.
- Uluslararası araştırmalar (WHO, UNSCEAR) ve santral alanının temizlenmesi, reaktörlerin soğutulması, reaktörlerin çevresine set çekilmesi, havalandırma, filtreleme ve yakın çevrede koruyucu önlemler alınması gibi daha bir dizi önlem, onarım, bakım ve arındırma çalışmaları radyoaktivitenin daha fazla yayılmasını önlemekte olup bu çalışmalar daha 30-40 yıl sürecektir. Reaktörlerin 6'sı da ileride de çalıştırılmayacaktır.

Çevrede yaşayanlar fazla radyasyon dozu aldılar mı?

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) bilimsel araştırmalarına göre, Fukuşima bölgesinin dışındaki yerleşim yerlerinde yaşayanların, Fukuşima kazası sonucu alabilecekleri ek yıllık doz 0,1 ile 10 mSv, Japonya'nın diğer bölgelerinde ek yıllık doz 0,1 ile 1 mSv arasında ve tüm dünya için ise ek yıllık dozun 0,01 mSv'in altında kalacağı hesaplanıyor.

Fukuşima kazasının radyoaktif iyot (Iyot 131) ile en çok etkilediği bölgelerde hesaplanan yıllık tiroid dozu 10 ile 100 mSv arasında bekleniyor. Karşılaştırmak için: küçük çocuklar için Çernobil'de tiroid doz değeri 300 ile 1400 mSv idi ve orada birçok çocuk tiroid kanserine yakalandı. Bu değerlerden de görüldüğü gibi Fukuşima kazasından hemen sonra bölgenin boşaltılması sonucu fazla radyasyon dozu alan olmadı.

Fukuşima'da radyasyon sonucu doğrudan kimse ölmedi. Ancak evlerinden uzaklaşmak zorunda kalan bazı kişilerde depresyon ve travma nedeniyle ölenlerin 1000'i aştığı, kanıtlanamasa da medyada yer aldı, alıyor. Çevrenin radyoaktif maddelerle bulaşmasından ve buralarda yetişecek sebze, meyve ve balıkların halka kontrollü ulaşması sonucu, bunların ancak düşük radyoaktivitede ise yenmesinden oluşacak düşük düzeydeki ek radyasyon dozunun, ileride de genellikle halkın sürekli etkilenmekte olduğu doğal radyasyon dozlarının ve ülkelerin sınır değerlerinin altında kalması bekleniyor. Buna rağmen yukarıda açıklandığı gibi Japonya'da seyrek de olsa bazı besinlerde (özellikle balık ve mantarlarda) daha yüksek düzeyde radyoaktivite (özellikle sezyum radyoaktivitesi) görülebileceğinden besinlerde yapılmakta olan radyoaktivite ölçümleri ve kontroller uzun süre devam edecektir.

Çevredeki halkın kendi yerleşim yerlerine geri dönmeleri

Fukuşima santralından 10-50 km uzaklıktaki yerleşim yerlerine yavaş yavaş halkın geri dönmesine izin veriliyor. Daha önce belirttiğimiz gibi evlerinden uzaklaştırılan insanlar içinde birçok kişinin depresyon geçirdiği hatta intiharlar olduğu medyada yer alıyor.

Santral alanında çalışan TEPCO ve diğer personelin aldıkları radyasyon dozları değişiyor ancak kontrollü olduğundan pek yüksek değil. Ayda 5-10 mSievert dozu aşan personel sayısı oldukça az ve yıllık sınır değerlere ulaşılmadan personel değiştiriliyor /1-7/.

Figure 6: Changes in the average number of workers weekday per day for each month of the past 2 years (actual values)

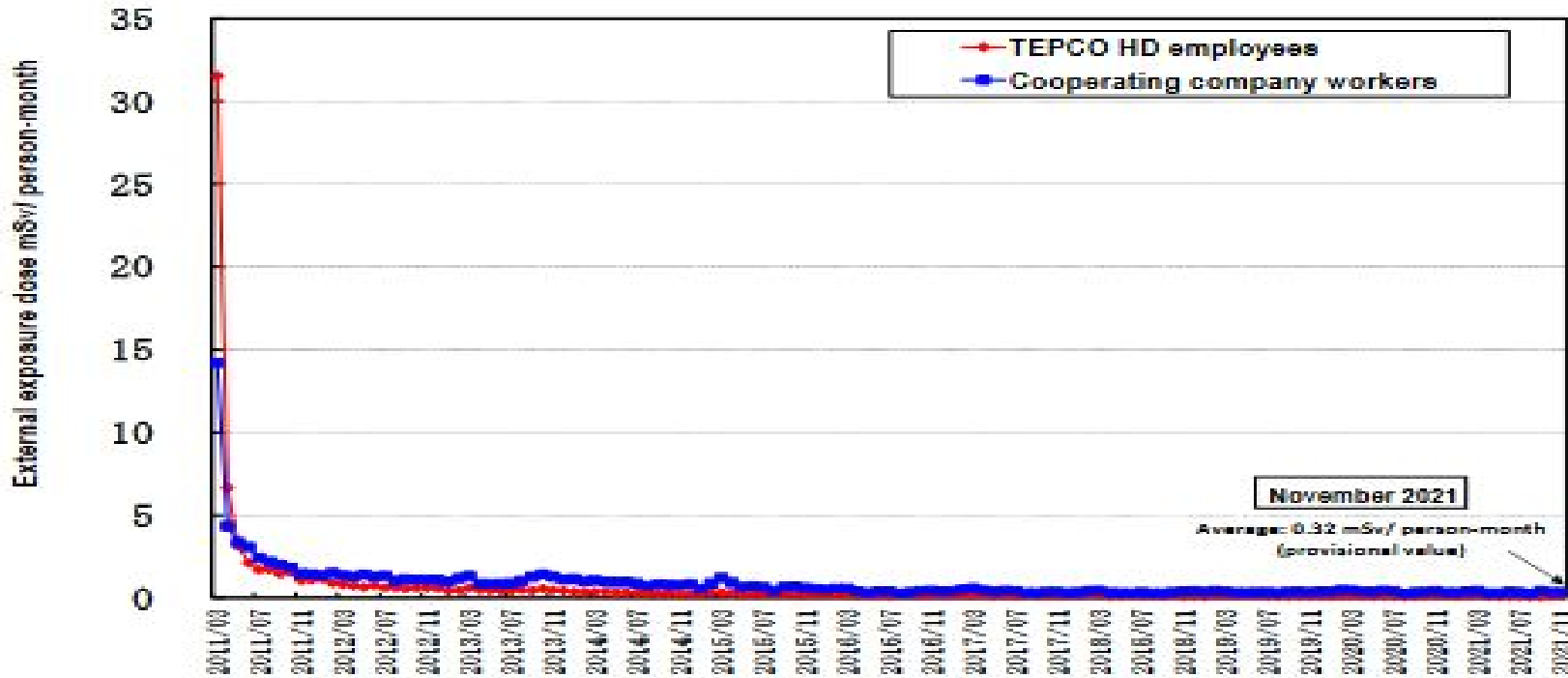


Figure 7: Changes in monthly average exposure dose of individual worker (monthly exposure dose since March 2011)

Personelin aldığı radyasyon dozları grafikten 2011 den bugüne kadar görülüyor (mSv/kişi, aylık doz) (kırmızı Tepco personeli, mavi kiralık personel)

Fukuşima kazasından alınabilecek dersler

Yeni bir nükleer santral projesi için, Fukuşima kazasından alınabilecek derslerin başlıcaları ve yüksek güvenli bir nükleer santralin teknik özellikleri şöyle özetlenebilir:

- 1) Santral depreme daha dayanıklı olarak projelendirilip kurulmalı (Örneğin çevrede en yüksek beklenen deprem büyüklüğü 7 ise, santral 8 için planlanıp daha güvenli yapılmalı).
 - 2) Santrale verilen elektriğin kesilmesinde, ivedi (acil) dizel jeneratörleri sorunsuz çalışacak şekilde projelendirilmeli ve en uygun yerlerde konuşlandırılmalı.
 - 3) Hidrojen gazı patlamalarının oluşmasını önleyecek sistem kurulup, çalıştırılarak patlamalar ortaya çıkmamalı.
 - 4) Nükleer yakıt maddesinin ergimesi durumunda reaktör kazanı dıştan soğutulurak çeliğin yapısı (sertliği) bozulmadan, ergiyen yakıt kazan içinde kalmalı.
 - 5) Çok yüksek sıcaklıkta reaktör kazanının delinmesi durumunda, kazanın altında yakıt tutma çanağı bulunmalı.
 - 6) Büyük bir kaza durumu için santralde ivedi (acil) “teknik komuta merkezi” bulunmalı, personel belirli aralıklarda yapılan alıştırmalarla eğitilmeli, deneyim kazanmalı,
 - 7) Projede simülatör bulunmalı, personel reaktör ve yardımcı sistemlerin çalıştırılmasında deneyim kazanmalı.
- Fukuşima kazasından elde edilen bu derslerin, Türkiye’deki nükleer santral projelerine aktarılması, radyasyon güvenliği en yüksek nükleer reaktörlerin Türkiye’de kurulabilmesine büyük katkı sağlayacaktır.

Radyasyon doz birimi ‘Sievert’ nedir?

Vücudun her kilogramı başına radyasyonun aktardığı enerji 1 Joule ise buna 1 Sievert (Sv) deniyor. Sievert vücudun biyolojik etkinliğini de hesaba katıyor. Örneğin iki proton ve iki nötrondan oluşan büyük kütleli alfa ışınları, aynı dozdaki (elektromanyetik) ‘gama ışınlarına’ oranla vücutta 20 kat daha etkin olarak soğuruluyorlar. Hücreler için çok büyük bir enerji aktarımı olan ve ender olarak ortaya çıkan Sievert (Sv) düzeyindeki dozlar yerine, çok daha az ortaya çıkan, Sv’in binde biri olan miliSievert (mSv) kullanılıyor (1 Sv= 1000 mSv).

Günlük yaşamda ise 1 Joule, küçük bir enerji birimi olup örneğin 100 gramlık bir çukolata paketini yerden 1 metre yukarı kaldırmak için gereken bir enerjidir. Karşılaştırmak için: 1 yılda vücudumuzun aldığı doğal radyasyon dozu ortalama olarak kişi başına 2,4 mSv’dir. **Becquerel:** Radyoaktivite birimi: 1 Bq: Saniyede 1 atom çekirdeği bozunumu olup çok küçüktür

Fukuşima’dan çevreye yayılan önemli radyoizotopların vücutta oluşturabileceği radyasyon dozları

Iyot 131, Cs 134 ve Cs 137 radyoizotoplarından her birinden 1 Bq’lık radyoaktivite vücuda girdiğinde, bunların vücutta oluşturabileceği radyasyon dozları, Çizelge 1’de mikroSv (µSv) olarak gösteriliyor. Bunlara besinler ve içme suyu yoluyla alınan radyoaktif maddeler için sindirim doz katsayıları da deniyor (µSv/Bq).

	1-2 yaş arasındaki çocuklar	Yetişkinler
I 131'den tiroit dozu	3,6	0,43
Cs 134'den vücut etkin dozu	0,016	0,019
Cs 137'den vücut etkin dozu	0,012	0,013

Çizelge 1.

Aynı radyoaktivitedeki (burada 1 Bq) farklı radyoaktif maddelerin vücutta oluşturduğu radyasyon dozlarının farklı olduğu Çizelge 1'den de görülmüyor. Radyoaktif maddenin cinsi bilinmeden sadece Bq sayılarının bir anlamı bulunmuyor. Ayrıca vücuda alınan kimyasal maddelerin, vücuttan normal yollarla atılması da önemli. Bununla ilgili biyolojik yarılanma süreleri, fiziksel yarılanma sürelerinden farklıdır. Biyolojik yarılanma süresi, vücuda alınan bir maddenin yarısının vücuttan atılana kadar geçen süre olup, iyot için 40 ile 140 gün arasında değişim gösterirken, sezyum için 70 gün (tüm vücut) ve kaslar için de 140 gündür.

Not: Bu yazı HBT portalında Mart 2022'de yayınlanmıştır.

KAYNAKÇA

- 1) <https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/fukusima-kazasinin-10-yilinda-yeni-nukleer-santralların-fukusima-kazasından-alabilecekleri-dersler>
- 2) <https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/fukusimada-biriken-12-milyon-ton-radyoaktiviteli-suyun-denize-akılmasının-cevre-ve-insana-etkisi-nedir>
- 3) <http://www.unscear.org/unscear/en/fukushima.html>
- 4) Uluslararası Atom Enerjisi Yayınları (IAEA), *Fukushima Status Report*, 10 Kasım 2011.
- 5) <https://www.iaea.org/newscenter/news/fukushima-nuclear-accident-update-log-51>
- 6) <https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/ulkemizde-kurulacak-nukleer-santralların-radyasyon-guvenligiyle-ilgili-oneriler>
- 7) <https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2021/04/01/fukusima-kazasi-sonrasi-japonyada-alınan-radyasyon-dozlarına-ve-kanser-riski-hesaplarına-yakından-bakis/>