

# Fukuşima kazası sonrası Japonya'da alınan radyasyon dozlarına ve kanser riski hesaplarına yakından bakış

Yüksel Atakan

1 Nisan 2021



*Fukuşima santrali çevresinden başlayarak 10 yıl sonra tüm ülkede, bu kaza sonucu ortaya çıkan radyoaktif maddelerin insanların vücutlarında oluşturabileceği radyasyon dozları ve bu dozların kanser riski ne kadardır? Bu riski, genel kanser riskiyle karşılaştırdığımızda durum nedir? Bu kanser riskleri nasıl hesaplanıyor?*

Bu yazımızda, Japonya'da Fukuşima santrali çevresinden başlayarak 10 yıl sonra tüm ülkede, bu kaza sonucu ortaya çıkan radyoaktif maddelerin insanların vücutlarında oluşturabileceği radyasyon dozlarına ve bu dozların kanser riskini, genel kanser riskiyle karşılaştırıp yakından bakacağız. Ayrıca radyasyon dozlarıyla oluşabilecek kanser riskinin nasıl hesaplandığını da, konuya yabancı olanlar için, aşağıda açıklayacağız.

## Radyasyon ölçümleri ve yıllık doz

Fukuşima nükleer santrali ve yakın çevresini kapsayan "yasak alanın" dışında bulunan, tekrar yerleşilen bölgelerde, yılda bir kişinin aldığı radyasyon dozunun, doğal radyasyonla sürekli olarak alınan yıllık ortalama 2,5 mSv'lik radyasyon dozunun % 20'si kadar (= 0,5 mSv) olduğu ve Japonya'nın diğer bölgelerinde ise bundan çok daha az olduğu (= 0,1 mSv) ilgili ölçüm ve bilimsel araştırmalarla saptanmıştır.<sup>2</sup> Yasak alanın belirli noktalarında ise, yıllık kişi başı radyasyon dozunun 20 mSv'i de geçebileceği hesaplanıyor. Ancak santral personelinin sürekli doz kontrolü yapıldığından, belirli sınır değerler aşıldığında personel değiştiriliyor ve fazla doz almaları önleniyor.

State of Reconstruction of Fukushima Prefecture



Harita: Fukuşima nükleer santral bölgesindeki

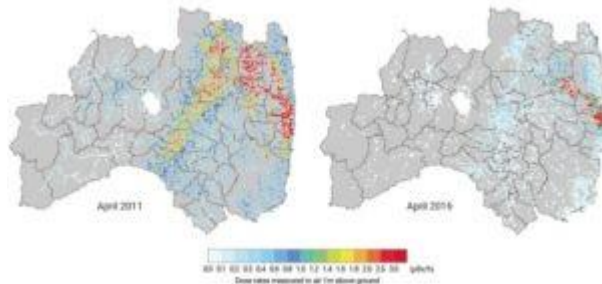
yerleşim yerleri ve santralin 20 km yarıçaplı çevresi. Koyu alan: Yasak alan

## Besin maddelerindeki radyoaktif maddeler yoluyla alınan doz

Bugün Fukuşima yasak alanı dışında yetişen besinlerin yenmesinde bir sakınca bulunmuyor. Besinlerde zaten başlangıçtan beri fazla bir radyoaktivite bulunmuyordu ve ayrıca resmi ölçüm ve kontrol programlarıyla halka, radyoaktivitesi sınır değerlerin üstünde olabilecek besinlerin ulaşması önlenmişti. Fukuşima çevresinde yetişen besinlerin yenmesiyle bir insanda oluşabilecek ek radyasyon dozunun yılda 0,01 miliSievert (mSv) kadar olabileceğini bilimsel çalışmalar gösteriyor.

Karşılaştırmak için: Vücuda besinler yoluyla alınan doğal radyoaktif maddelerden bir kişinin vücudunda oluşabilecek radyasyon dozu ise bundan çok daha fazla olup, tüm dünya için ortalama değer, yılda: 0,3 mSv kadardır.

Reduction of Radiation Levels in Fukushima Prefecture, April 2011 - April 2016



Source: Fukushima Prefecture

Şekiller, Fukuşima nükleer reaktörleri

çevresindeki radyasyon doz hızı değerlerinin 2011 ve 2016 yıllarındaki değerlerini

gösteriyor (değerler, koyudan açık renklere doğru, gitgide azalıyor, saatte mikroSievert olarak)

### **Sağlığa etkiler**

Fukuşima kazası sonucu çevreye yayılan radyoaktif maddelerin halk sağlığına doğrudan bir radyasyon etkisi yaptığı bugüne kadar saptanmadı. Buna rağmen, kanser kuluçka süresinin beklenmesi ve durumun ileriki yıllarda açıklığa kavuşması gerekiyor. Evlerinin boşaltılmasının ardından 50 kadar yaşlı ve hastanın bir süre sonra öldüğü belirlenmiş. Genel olarak evlerinden yurtlarından olanlar içinde psikolojik ve çeşitli nedenlerle 2000 kadar kişinin ölebileceği kestiriliyor. Kaza sonucu 380.000 kişi evlerinden uzaklaştırıldı, bunlardan 130.000'inin, kazadan önce, nükleer santralin 20 km çevresinde oturduğu yetkililerce açıklandı.

Nükleer santralin 20-30 km çevresinde, radyoaktif maddelerden aşırı ölçüde etkilenmiş olan birinci derece önemdeki bölgede (Bkz. harita, özellikle Litate ve Namie yerleşim yerlerinde) yaşayanlar için uzmanlar, her bir kanser cinsiyle ilgili toplumda zaten görülen riskin, Fukuşima kazası sonucu, çocukken radyasyondan etkilenen kadınlarda katı (solid) tümörlerin % 4, kan kanserinin (lösemi) % 7, kadınlarda göğüs (meme) kanserinin % 6 kadar artabileceğini hesaplıyorlar.<sup>2-6</sup>

### **Psikolojik ve sosyal etkiler**

Bugüne kadar elde edilen bulgulara göre, Japonya'nın kuzeydoğu bölgesinde yaşayan, radyasyon ve radyoaktivite konularına yabancı olan halkta, kazanın radyasyon etkilerinden çok, depresyon gibi psikolojik (ruhsal, zihinsel, bunalım, travmatik, çöküntü) etkilerinin daha ağır basarak sosyal sorunlar yarattığı ya da yaratabileceği açıklanıyor. Bunların, halk sağlığına ve iş yaşamına, radyasyon etkileri kadar zararlı olabileceği vurgulanıyor. Japon medyasında, radyasyon etkisiyle yakında kansere yakalanıp öleceğini düşünen, depresyon ve travma geçirerek hastalanan, ölen ve hatta yaşamına son verenlerin sayısının 1000 kişiyi geçtiği yer alıyor. Ancak bunlar kanıtlanmış değil.<sup>1,2</sup>

### **Dünya Sağlık Örgütü (WHO) bilimsel araştırma raporu sonuçları**

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) 28 Şubat 2013 günü Cenevre'de sunduğu Fukuşima kazası sonrasındaki bilimsel raporda, kanser riskinin santralin 20-30 km çevresi dışında çok az arttığı açıklanıyor. Uzmanlar buna rağmen, buralarda yaşayanların uzun süre gözlem altında bulundurulmasını öneriyorlar.<sup>6</sup> Araştırmada, sağlık riskinin Japonya içinde de dışında da düşük olduğu belirtiliyor. Kanser hastalıklarının büyük oranda artacağı beklenmiyor. Buna rağmen, bazı kanser türleri ve Fukuşima çevresindeki 1-2 yerleşim yerindekiler için riskin arttığı ileri sürülerek, buralarda yaşayanların uzun süre gözlem altında bulundurulması gerektiği vurgulanıyor. Bu raporu, radyasyon fiziği, risk modelleme, epidemiyoloji, radyoaktivite ölçüm tekniği, radyasyon kazaları ve halk sağlığı dallarında bilimsel araştırmalar yapan 30 kadar bağımsız uzman birlikte çalışarak hazırladılar. Bu raporun önemli sonuçları:

- Fukuşima çevresinde radyoaktif maddelerle daha az bulaşmış ikinci derece önemdeki bölgelerde yaşayanların kansere yakalanma riskleri, aşırı kirlenen bölgelerdeki risklerin yarısı kadardır.
- Fukuşima reaktörlerinde görev yapan kurtarma ekiplerinde çalışanların üçte ikisinin kansere yakalanma riskinin, tüm toplumun aldığı risk kadar olduğu kestirilmektedir. Sadece üçte birinin kanser riski daha yüksektir.
- Fukuşima kazası sonucu çevrede yaşayanların vücutlarında oluşan radyasyon dozlarının özürlü ve ölü doğumlara neden olmayacağı, kazadan sonra doğarlarda ileride fiziksel, duygusal (ruhsal) bozukluklar görülmeyeceği açıklanıyor.
- Fukuşima kazasının psikososyal etkileri, insan sağlığı ve mutluluğunu bozabileceğinden bu konunun sürekli izlenmesi ve incelenmesi gerektiğini uzmanlar öneriyorlar.

Bu raporda, yüksek risk taşıyan insanların sürekli tıp kontrolünde bulundurulmaları ve bunun koruyucu halk sağlığı çerçevesinde Japonya sağlık kurumlarının önemli bir görevi olması gerektiği vurgulanıyor. Tıp kontrolleri ve araştırmalarının yanı sıra, radyoaktif maddelerle bulaşan çevrenin, özellikle besinlerin, suların sürekli kontrolü ve alınacak koruyucu önlemlerle ileride halkın radyasyon dozlarının azaltılabileceği de raporda yer alıyor ki bunlar zaten radyasyon fiziğinin temelleridir.

### **Nükleer santral kazaları sonrası kanserden ölümler neden çok farklı hesaplanıyor?**

Çernobil ve Fukuşima kazaları sonrası bazı araştırmacıların kanserden öleceklerin sayısını az, başka araştırmacıların ise çok fazla hesapladıkları zaman zaman medyada yer alıyor. Konuya yabancı olanlar ise, bu farklı sonuç ve söylemlerin hangisinin gerçeği yansıttığını ve hangisine inanacaklarını bilemiyorlar. Bunun başlıca nedeni, her bir araştırmacının yaptığı hesaplarda kullandığı ya da bazı ölçüm ve genellemelerle var saydığı "ortalama radyasyon dozu" ve bu dozu aldığı öngörülen, o bölgede yaşayan, "kişi sayısı"ndaki farklılıktan ileri geliyor. Kısaca, o bölgede kaç kişi, hangi dozu aldı varsayımına göre hesap sonucu çok farklı olabiliyor.



Santral personelinin sürekli doz kontrolü

Yapıldığından, belirli sınır değerler aşıldığında personel değiştiriliyor ve fazla doz almaları önleniyor.

Bu yazımızda bu konuyu biraz irdeleyerek, bu çeşit hesaplamaların nasıl yapıldığını ve bunların bir değeri olup olmadığını açıklamaya çalışacağız.

"Radyasyon dozu" aslında radyasyonun vücutta oluşturabileceği etkinin bir ölçüsü. Yaz aylarında, deniz kıyısında güneşlendiğimizde, güneş ışığındaki kısa dalga boylu morötesi ışınların deriye aktardıkları enerji sonucu alınan dozla derinin kızardığını biliyoruz. Radyoaktif maddelerden salınan yüksek enerjili, çok daha kısa dalga boylu radyasyonların çoğu, sadece deri yüzeyindekilere değil çok daha derinlerdeki hücrelere, bunların molekül ve atomlarına girerek hücrelerin işlevlerini bozabiliyorlar. Bunun belirlenebilmesi ise, ancak çok yüksek dozlarda olabiliyor. Eğer birkaç Sievert gibi yüksek bir radyasyon dozu birkaç saatte vücutta oluşursa, bu doz ileride kansere neden olabiliyor ve belki de ölümlerle sonuçlanabiliyor.

Ancak, 1 Sievert (=1000 mSv) gibi çok yüksek radyasyon dozları vücutta ender olarak ortaya çıkıyor. Örneğin, bu düzeyde dozlar Hiroşima ve Nagazaki'de atılan atom bombaları sonrası sağ kalanlardan bazılarının vücutlarında oluştu. Oralarda bile çok kişi bu dozların çok altında dozlar aldı.

Birkaç 1000 mSv'ten 200 mSv'e kadar olan radyasyon dozlarının Hiroşima ve Nagazaki'de atılan atom bombalarından kurtulan bazı kişilerde özellikle kan kanserine neden olduğu çeşitli bilimsel araştırmalardan elde edilen bulgulardan biliniyor. Aynı ortalama radyasyon dozunu aldığı varsayılan bir topluluktaki bazı kişilerin vücutlarında bozulma (hasar) görülme olasılığı, doz ne kadar büyükse ve süre ne kadar kısaysa (bir gün kadar) artıyor (Doz arttıkça vücutta hasarın derecesi

değil, bunun ortaya çıkma olasılığı artıyor).

200 mSv'in altındaki düşük dozlarda ise vücutta bir etki gözlenemiyor, belirlenemiyor. Uluslararası kurullarca, 1000 mSv'lik bir dozun vücutta kanser oluşturma olasılığı ya da bu nedenle ek risk: % 5 (=0,05) olarak veriliyor. Bunun anlamı, örneğin 100.000 kişinin her biri 1000 mSv'lik yüksek bir doz aldığında, ortalama olarak 5000 kişi, yaşamları boyunca kansere yakalanıp ölebilir. Çok daha düşük dozların vücutta kanser yapabileceği ve bunun riskinin ne kadar olduğu ise ancak Hiroşima ve Nagazaki sonrası görülen 1000 mSv düzeyindeki yüksek dozun kanser yapma riskinden, başka yerlerdeki düşük doz değerlerine doğru orantıyla geçilerek, düşük dozların da kanser yapabileceği varsayıp riskler hesaplanıyor. Bilim dünyasında çok tartışmalı olan bu varsayımın (hipotezin), elde sınanmış tutarlı bulgular olmadığından, doğruluğu ya da yanlışlığı kanıtlanamıyor ve böyle kabul ediliyor. Örneğin bir toplulukta her bir kişinin aldığı doz 100 mSv ise, ek riskin yukardakinin onda birine (=0,05/10=0,005), 10 mSv ise yüzde birine (=0,05/100=0,0005) ineceği doğru orantıyla hesaplanıyor.

Fukuşima çevresinde radyoaktiviteden yoğun etkilenen bölgede yaşayan bir kişinin 1 yılda aldığı ortalama doz, uluslararası ilgili kurumun yaptığı kapsamlı araştırmaya göre 20 mSv kadar.<sup>1</sup> Bu dozun oluşturacağı ek risk:  $20 \text{ mSv} \times 0,05/1000 \text{ mSv} = 0,001$

Radyasyondan başka, çok çeşitli etkenlerle ortaya çıkan % 25 (= 0,25)'lik ortalama genel kanser riski (kansere yakalanıp sonunda bir gün ölüm riski), Fukuşima çevresinde yaşayan insanların aldığı 20 mSv'lik doz nedeniyle  $0,25 \times 0,001 = 0,00025$  kadar artacak ve toplam genel risk  $0,25 + 0,001 = \% 25,1 (= 0,00251)$  olacaktır. Çevrede örneğin 100.000 kişi yaşıyorsa bunlardan zaten ortalama 25.000'i yaşam boyu çeşitli etkenlerle kansere yakalanıp ölecekken, Fukuşima'dan aldıkları 20 mSv'lik doz sonucu bu toplam sayıya 100 kişi eklenecektir ( $20 \text{ mSv/kişi} \times 0,05/1000 \text{ mSv} \times 100.000 = 100$  kişi).

Fukuşima'da çevredekilerin aldıkları doz ve kişi sayıları farklı varsayımlarla, farklı alındığında farklı sonuçların çıkacağı açık: Örneğin ortalama doz 20 mSv yerine 100 mSv ve bu dozu aldığı varsayılan kişi sayısı 100.000 yerine 300.000 alındığında kanserden öleceklerin sayısı 15 kat artarak 1500 kişiyi bulacaktır. Görüldüğü gibi radyasyon nedeniyle kansere yakalanıp öleceklerin hesaplanan sayıları, bu hesapları yapanların varsayımlarına göre farklı olmasının nedeni buradadır.

Benzer hesaplama, 130 milyonluk Japon halkının doğal radyasyondan her yıl aldığı ortalama 2,4 mSv'lik dozu için de yapılabilir ve yılda 15.600 kişinin kanserden öleceği bulunur ( $= 2,4 \text{ mSv} \times 0,05/1000 \text{ mSv} \times 130.000.000$  milyon kişi). Öte yandan tüm diğer etkenler sonucu ortalama kanser ölüm riski olan % 25 göz önüne alındığında, Japon halkının her yıl ölen 1,4 milyon kişiden 350.000 kişinin zaten çeşitli etkenlerle kansere yakalanıp ölecektir. % 25'lik genel kanser riski Türkiye için de geçerlidir (dünya ortalaması).

## Sonuç

Görüldüğü gibi tüm bu çeşit hesaplamalarla bulunan "kanserden ölecek kişi sayıları" bilimsel olarak kanıtlanamayacak kestirimlerdir (tahminlerdir). Bu hesaplamalarda kullanılan doz değerleri ve kişi sayıları gerçeği yansıtamayacağı gibi yüksek dozların riskinden gidilerek, düşük dozlar için yapılan orantıyla risk kestiriminin temeli, bilim dünyasında zaten tartışmalıdır ve uluslararası yetkili kuruluş (UNSCEAR)<sup>2a</sup> bu çeşit hesaplamaları önermiyor.

Bu konuda bilimsel olarak izlenen doğru yol, kapsamlı tıbbi araştırmalarla ve ayrıntılı doz ölçümleriyle bilimsel çalışmaların radyasyondan etkilenen her yöreyi kapsayacak şekilde yapılması ve radyasyondan etkilenmeyen diğer bölgelerde yaşayanların tıbbi kontrolleriyle karşılaştırılarak sonuçlar çıkarılmasıdır ki adına "epidemiyolojik araştırmalar" denilen bu çeşit bilimsel çalışmalar nükleer santral kazaları sonrası yapılıyor. Ancak bu çeşit, sayıları yüzbinleri bulan kişilerin gözlem altında

bulundurulduğu araştırmalar onlarca yıl sürüyor. Çünkü bilindiği gibi kanser radyasyondan başka yüzlerce etkenle de ortaya çıkabilmekte ve bunların ayırt edilebilmesi yoğun ve uzun süreli çalışmalarını gerektiriyor. Örneğin iyi yanmamış bir kömür ateşinde yapılan bir ızgara pirlolada, yüzlerce kanser yapan (kanserojen) madde bulunuyor. Öte yandan kanserin kuluçkalık dönemi, kanserin cinsine göre 3 ile 20 yıl arasında değiştiğinden, kanserin ortaya çıkması için uzun yıllar beklemek gerekiyor. Bu nedenle nükleer santral kazalarından hemen ya da 1-2 yıl sonra yapılan kanser ölümleriyle ilgili kestirimlere fazla değer verilmemelidir.<sup>7</sup>

### **Radyasyon doz birimi 'Sievert' nedir?**

Vücudun her kilogramını 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) yerine, daha çok, bunun binde biri olan miliSievert (mSv) kullanılıyor (1 Sv= 1000 mSv). Günlük yaşamda ise 1 Joule, küçük bir enerji birimi olup örneğin 100 gramlık bir çikolata 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.<sup>7</sup>

### **Fukuşima'dan çevreye yayılan önemli radyoizotopların vücutta oluşturabileceği radyasyon**

	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

### **dozları**

I 131, Cs134 ve Cs 137 radyoizotoplarından her birinden 1 Bq'lik radyoaktivite vücuda girdiğinde, bunların vücutta oluşturabileceği radyasyon dozları, aşağıdaki çizelgede mikroSv ( $\mu$ Sv) olarak gösteriliyor. Bunlara besinler ve içme suyu yoluyla alınan radyoaktif maddeler için sindirim doz katsayıları da deniyor ( $\mu$ Sv/Bq).

Aynı radyoaktivitedeki (burada 1 Bq) farklı radyoaktif maddelerin vücutta oluşturduğu radyasyon dozlarının farklı olduğu çizelgeden de görüldüğü. 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.<sup>2,3,4</sup>

### **DİPNOTLAR**

- 1) <https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2021/03/02/nukleer-reaktor-kazasindan-10-yil-sonra-fukusimada-durum-ve-alinabilecek-dersler>
- 2) Fukushima Daiichi Accident – World Nuclear Association (world-nuclear.org) ve 2a) <http://www.unscear.org/unscear/en/fukushima.html> (UNSCEAR: Radyasyonun etkilerini ve radyasyondan korunmayla ilgili önlemleri, sınır değerleri dünyadaki araştırmaları gözönüne alarak değerlendiren ve sonuçları bilimsel raporlarla öneren uluslararası kurulu.)
- 3) <https://www.iaea.org/newscenter/news/fukushima-nuclear-accident-update-log-51>
- 4) Stohl, A. ve ark., "Atoms. Chem. Phys. Discuss", 11, 28319–28394, 2011.

" Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Daiichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion and deposition."

5) Almanya Radyasyondan Korunma Kurulu'nun (Bundesamt für Strahlenschutz) raporları.

6) WHO Report, Feb. 2013; "Health risk assessment from the Fukushima nuclear accident", 2011.

7) Y. Atakan, *Radyasyon ve Sağlığımız?*, Nobel Yayınları, 2014 ve [www.yukselatakan.com.tr](http://www.yukselatakan.com.tr)

Not: Bu yazımız Bilim ve Gelecek dergisinin Nisan 2021 sayısında yayımlanmıştır:

[Fukuşima kazası sonrası Japonya'da alınan radyasyon dozlarına ve kanser riski hesaplarına yakından bakış | Bilim ve Gelecek](#)