

# BİLİM DAMLALARI

Doç.Dr. Selçuk ALSAN

## ÇERNOBİL REAKTÖR KAZASININ DÜNYAYA ETKİSİ

### GELECEK 50 YILDA HİÇBİR OLUMSUZ ETKİ BELİRMEYECEK

26 Nisan 1986'da, SSCB'de Çernobil Nükleer Enerji Santrali'nin 4 No'lu reaktöründe büyük bir kaza meydana geldi. Serbest kalan radyoaktivite, başlangıçta SSCB tarafından 4 E Bq (100 M Ci) (1 exabecquerel =  $10^{18}$  becquerel) parçalanma ürünleri olarak bildirildi. Fakat (soy gazlar hariç) bu tahmin, yalnızca SSCB'nin Avrupa bölümünde depolanan radyoaktivite içinde (SSCB Atom Enerjisi Devlet Komitesi, IAEA Uzmanlar Toplantısı, Viyana, 25-29 Ağustos 1986) (IAEA = International Atomic Energy Agency). Bu, bugüne kadar meydana gelmiş en büyük radyoaktif materyal kazasıydı. Bunun sonucu olarak, bütün kuzey yarımkürede radyoaktif elementler depolandı.

16 Aralık 1988'de, Çernobil kazasından 2,5 yıl kadar sonra, ABD bilim adamları bu kazadan doğan riski ölçtüler ve hesapladılar. Bu konudaki ayrıntılı çalışmalar da şu Amerikan bilim adamları yer aldı: Lynn R. Anspaugh (Çevre Bilimleri Bölüm Direktörü, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California), R.J.Catlin (Radyasyon Çalışmaları danışmanı, Çevre Bölümü, Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü, Palo Alto, California) ve M.Goldman (Radyolojik Bilimler Kürsüsü Radyobiyojoloji profesörü, California Üniversitesi Veteriner Hekimlik Fakültesi, Davis, California).

Bu bilim adamları, Çernobil nükleer kazasının dünyaya getirebileceği tehlikeleri, gerçek bir bilim adamı titizliğiyle incelediler. Şu veya bu nedenle dünya halkı boşuna mı korkutulmuştu, yoksa gerçekten tehlike var mıydı? Prof.M. Goldman'ın bu yoldaki incelemeleri 1987'de ABD Enerji Bakanlığınca da resmen yayınlandı (Prof. M.Goldman et al. Health and Environmental consequences of the Chernobyl nuclear power plant

accident". Rep. DOE/ER-0332, Department of Energy, Washington, D.C., 1987). Dünya çapındaki bu çalışmalarda, hem belli radyoizotoplardan alınan dış, gama ışınlama dozu, hem de bu radyoizotopların vücutta depo edilmesinden alınan radyasyon ölçülerek, kazadan sonra maruz kalınan toplam radyasyon ölçüldü ve hesaplandı. Bu verilere dayanılarak, radyasyona bağlı olarak meydana gelecek kanser ve genetik bozukluk oranı değerlendirildi.

Çernobil kazasından sonra, dünyanın endişesi şuydu: Bu kazanın gelecekte sağlığımız üzerine etkisi ne olacaktır? Bu endişe, SSCB dışında bu kazadan doğan riskin çok küçük olduğunun anlaşılmasından sonra da ne yazık ki devam etti (Prog. M.Goldman'ın yukarıda belirtilen DOE/ER-0332, 1987 raporu).

### Çernobil Kazasında Serbest Kalan ve Çevreye Dağılan Radyoaktivite

Kaza sırasında, 4 No'lu reaktörde 1659 yakıt çubuğu bulunup, bunların her biri 114,7 kg uranyum içeriyor ve günde 10,3 MW/kg enerji veriyordu. Buna göre, reaktör merkezinde  $5.6 \times 10^{27}$  çekirdek parçalanmasının artıkları bulunuyordu. Uranyum çubuklarının ortalama yaşı 610 gündü. Çekirdek parçalanması sırasında, yarı ömürleri saniyenin bir parçasıyla 1 milyar yıl arasında değişen 200'den fazla radyoizotop oluşmuştu. Reaktörde kullanılan yakıtın ortalama ömrü 2 yıl olduğundan, 610 günde yakıtın % 83,5'i zaten kullanılmış bulunuyordu. Bu nedenle reaktör merkezinde bulunan,  $^{131}\text{I}$  ve  $^{132}\text{I}$  dahil, kısa ömürlü izotopların çoğu radyoaktivitesini yitirmişti. Buna karşı, uzun ömürlü  $^{90}\text{Sr}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  gibi izotopların çoğu reaktör merkezinde bulunuyordu.

Kazanın nedeni şuydu: Enerji oluşmasının kontrolü bozulunca, reaktör aşırı ısınmış ve en dış zırhını atmıştı. Bu ise reaktör soğutma sisteminin tamamen kaybına yol açmıştı. İlk anlarda, az miktarda reaktör yakıtı da içeren, fazla miktarda radyoaktif materyal serbest kalmıştı. Bu ilk patlamadan sonra, tahrip olmuş reaktörden çıkan radyoaktif emisyonlar azaldı. Fakat günler sonra, çekirdek parçalanma ürünlerinin bozunmasından oluşan sıcaklık, reaktör merkezindeki ısıyı öylesine yükseltti ki, fisyon (çekirdek parçalanma) ürünleri gaz haline geçerek reaktörden havaya karışmaya başladı. Kazadan 9 gün sonra, reaktörün günlük radyoaktif emisyonu, kaza sırasındaki emisyon düzeyine erişmişti. Emisyondaki bu ikincil artış, alınan önlemlerle derhal durduruldu.

Reaktörden radyoaktif izotopların havaya karışması, her kimyasal elementin buharlaşma derecesi (uçuculuk veya volatilite) ile ilgiliydi. Bütün soy gazlar,  $^{131}\text{I}$  ve  $^{134}, ^{137}\text{Cs}$  gibi uçucu elementlerin yarı ve uçucu olmayan  $^{89}, ^{90}\text{Sr}$ ,  $^{141}, ^{144}\text{Cs}$  ve  $^{238}, ^{239}, ^{240}\text{Pu}$  gibi elementlerin, ancak küçük bir bölümü atmosfere karıştı.

Kazadan sonra, radyoaktif bulut, önce kuzeye doğru giderek Finlandiya ve İsveç'e erişti. Radyoaktif serpinti, değişen hava koşulları altında günlerce sürdüğünden, bulutun izlediği yok karmaşıktı. Bulut en çok İskandinavya, Doğu Avrupa ve en sonra Güney Av-

rupa'yı etkilemişti. Bulutun gelişim ve özelliklerini belirlemek üzere birçok atmosferik hareket modelleri (ME-SOS, GRID, PATRIC ARAC) kullanıldı. Bunların ayrıntısına girmeyeceğiz.

Çernobil kazasından sonra, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Türkiye dahil kendilerine üye ülkelerde ölçmeler yaptılar. WHO, sonuncusu 12 Haziran 1986'da olmak üzere 7 rapor yayınladı. SSCB'deki ölçmeler L.A. İlyin ve O.A. Pavlovski tarafından bildirildi (Nükleer Enerji ve Güvenlik Uluslararası Konferansı, 28 Eylül - 2 Ekim 1987, Viyana, IAEA/CN 43-33, vol. 3, s. 149-166 ve Çernobil kazasının tıbbi yönleri adlı bilimsel konferans, Kiev, 11-13 Mayıs 1988, SSCB Sağlık Bakanlığı, Moskova).

Bu ölçmelerden çıkarılan sonuçlar şunlardır :

1. Alınan radyasyonun % 52'si vücut dışından alınmıştır (havadan veya deri üzerine çöken parçacıklardan). SSCB'nin Avrupa parçası için bu sayı % 57, SSCB'nin Asya parçası içinse % 89'dur. Asya'da dış radyasyonun yüksek oranda oluşunun nedeni, kaza zamanı burada radyoaktif izotoplarla bulaşacak safhadaki besinlerin çok az oluşu ve bu nedenle iç radyasyonun azalışıdır.

2. Kuzey yarım kürede gelecek 50 yıllık radyasyon dozu 931.000 "kişi-grey" (person-grey) kadar olacak, bunun 900.000'i Avrupa, 30.000'i Asya ve 1000'i Kuzey Amerika'ya dağılacaktır.

3. Toplam <sup>137</sup>Cs çökmesi belirlenmiştir. Tablodaki değerleri elde etmek için, her ülkenin <sup>137</sup>Cs ölçümü, o ülkenin alanıyla çarpılmıştır. Dünya için toplam <sup>137</sup>Cs radyoaktivitesi 98 PBq (1 petabecquerel = 1 PBq = 10<sup>15</sup> becquerel) olup, bunun 77 PBq'si Avrupa'da, 20 PBq'si Asya'da ve 0,5 PBq'si Kuzey Amerika'da meydana gelecektir.

4. Tablo l'de görüldüğü üzere Kuzey yarımkürede 3 milyar insan Çernobil radyasyonuna maruz kaldı; bunun % 26'sı, yani 800 milyon insan, toplam risk artışının % 97'sini oluşturuyor ve Avrupa ile SSCB'yi kapsıyordu. Riskin kalan % 3'ü Asya ve Kuzey Amerika'yı içermektedir. Çernobil etrafındaki 30 km'lik bölge hariç, öldürücü kanser riski sıfıra çok yakın bulundu; öyle ki, *önümüzdeki 50 yılda dünyanın hiçbir yerinde Çernobil kazasına bağlı olarak kanser artışı gözlemlenemeyecektir.*

5. Çernobil etrafındaki 30 km yarıçaplı daire içinde yaşayanlar için durum farklıdır. Bunlarda, gelecek yıllarda radyasyonun sağlık üzerinde etkileri ortaya çıkabilir. Bu bölgeden boşaltılan 115.000 kişiden 24.000'i ortalama 0.43 Sv(Sievert)(= 43 rem) radyasyon almıştır. Önümüzdeki 50 yılda bu grupta 122 lösemi görülecektir. Bu ise, yılda 2 lösemi veya gelecek 12 yılda 25-30 lösemi anlamına gelir; risk binde 1,25 demektir. Bir ülkede lösemi şansa bağlı olarak da binde bir artış veya azalış gösterebileceğinden, lösemi de teorik olarak beklenen bu artış, gözlemlenemeyecektir. Bir diğer deyişle, pratikte genetik bozukluklarda da bir artış olmayacaktır.

## Önemli Radyoaktivite Birimleri

- 1 Becquerel (Bq) : Saniyede 1 atomun bozunması
- 1 Curie : 37 x 10<sup>9</sup> becquerel
- 1 rad : Maddenin gram başına 100 erg'lik ışın absorbe edilişi
- 1 grey : 100 rad
- 1 rem : Beta, gama ve X ışınları için rad'ın aynısı : 1 rad = 1 rem (Nötronlar ve alfa ışınları için farklı)
- 1 Sievert : 100 rem
- 1 Röntgen : 1 cm<sup>3</sup> havada bir elektrostatik birimlik iyon oluşturan ışın miktarı.

semi (radyasyonda en sık görülen lösemi tipi), radyasyondan sonra 2 yıllık bir bekleme döneminden (Latent period) sonra artmaya başlar ve 10 yıl boyunca bu risk aynı seviyede kalır (risk platosu). Buna göre 1988-1998 arası Çernobil bölgesinde teorik olarak 26 ek lösemi beklenir (yılda 2 lösemi); bu ise 10 yılda lösemi riskinin 2 kat artması demektir. Lösemi zaten nadir bir hastalık olduğundan (100.000'de 5-10 kadar veya 24.000'de 1,2), bundaki artışı belirtmek, eğer artış çok belirgin değilse, olanaksızdır. Böyle bir artış kanıtlanırsa bile, nedenini kesin belirtmek olanaksızdır; çünkü çevrede radyasyon dışındaki pek çok faktör de (örneğin çevre kirlenmesi, benzen vb. gibi bazı kimyasal maddeler) lösemide artış yapabilir. Ayrıca böyle hafif bir artış epidemiyolojik yöntemlerle (yeni lösemi olgularını sayıp eskisiyle kıyaslayarak) gösterilemez. Bilim açısından istatistik yöntemlerle kanıtlanamayan artışlar yok demektir.

SSCB'den İlyin'in 1988 Kiev konferansında belirttiği üzere, Çernobil çevresinde yaşayan 50.000 kişiden 4000'i 2 grey'den (= 200 rad) fazla radyasyon almıştır. Bu grupta lösemi artışı % 150, 50.000 kişilik grupta ise % 40 civarında olacaktır.

6. Teorik olarak, gelecek nesillerde radyasyona bağlı genetik kusurlar da görülebilir. SSCB dahil Avrupa'da gelecek 50 yılda beklenen 35-40 milyon olguya ek 1500 genetik bozukluk görülebileceği hesaplanmıştır. Bu ise SSCB + Avrupa için yılda 30 ek olgu demektir (100.000'de 5). Bu yok denecek kadar küçük artış, istatistik yöntemlerle (olgu sayarak) ortaya konamayacak, yani gözlemlenemeyecektir. Bir diğer deyişle, pratikte genetik bozukluklarda da bir artış olmayacaktır.

Hiroşima ve Nagazaki'de gebeliğin 8-15. haftasında ışın almış anneler, Otake ve Schull tarafından incelenmiş ve bunlardan doğan geri zekâli çocuklar için bir model hazırlanmıştır. Bu modelden yararlanılarak, Çernobil kazasının neden olabileceği zekâ geriliği hesaplandı. Buna göre Çernobil bölgesi etrafında kendiliğinden meydana gelecek 15 zekâ geriliğine, radyasyona bağlı ancak 15 zekâ geriliği eklenecek,

yani oran iki katına çıkmasına rağmen, toplam olgu sayısı çok küçük olacağından bu artış gözlemlenemeyecek. Avrupa'da kendiliğinden oluşacak 65.000 zekâ geriliğine 500 ek olgu katılacak (oran binde 7,7). Çernobil'de alınan radyasyon dozları Hiroşima ve Nagazaki'dekinden daha küçük olduğundan ve son çalışmalarına göre, bebeklerde zekâ geriliği olabilmesi için annenin en az 0,20-0,40 grey (20-40 rad) radyasyon almasının gerektiği anlaşıldığından, gerçekte bundan da daha az zekâ geriliği olacaktır.

7. Çernobil kazasından en çok etkilenen ülke olan SSCB'de, Çernobil'e bağlı olarak 237 had (akut) radyasyon hastalığı meydana gelmiş ve bunlardan yalnız 31'i ölmüştür.

8. Çernobil radyasyonunun % 97'sini alan Avrupa'da bireylerin aldığı radyasyon dozu nispeten azdır ve gelecek 50 yılda öldürücü kanser riski Avrupa'da, ancak % 0,01-0,02 (onbinde 1-2) civarında olacaktır. Şöyle ki, Avrupa'da önümüzdeki 50 yılda normal olarak görülecek kanser sayısı 123.000.000 iken 50 yılda radyasyona bağlı olarak 17.000 ek kanser görülecek, toplam kanserli sayısı 123.017.000 olacaktır. Bu % 0,01-% 0,02 bir artış demektir. Bu kadar hafif bir artış, hastaların sayılması ve istatistik yöntemlerle kanıtlanamaz. Burada kanser artma riskinin pratik açıdan *sıfır olması* söz konusudur.

9. Çernobil nükleer kazasının etkileri, sağlık alanında olmayıp ekonomik ve sosyaldır. Toplam zarar 70 milyar lira kadardır. Bunun 15 milyar lirası doğrudan kayıplardır (reaktör kaybı, insanları yeni bölgelere yerleştirme, tıbbî bakım, radyoaktiviteyi temizleme); dolaylı kayıplar (kaybedilen enerjinin yenilenmesi, yeni inşaat ve besin denetimi gibi) 55 milyar liradır.

Sosyal zararlar da çok büyüktür; dünya halkında korku ve endişe (anksiyete) yaratılması büyük ölçüde cahillik, bilgi vermeme veya yanlış bilgi vermeye bağlıdır. Bu arada şu da anlaşılmıştır; yalnız halkın değil, genellikle tıbbî personelin bu konudaki bilgisi de az veya yanlıştır.

Bütün bu yazdıklarımızdan şöyle bir sonuca varabiliriz: Çernobil'in 30 km yakınında yaşayanlar hariç, bireylerin Çernobil kazası nedeniyle aldığı radyasyon, tehlike sınırlarının çok altındadır ve Çernobil kazası nedeniyle bir insanın gelecek 50 yıl boyunca kanser olması olasılığı son derece küçüktür. Öylesine küçüktür ki, toplumdaki hasta sayısına ve bununla ilgili istatistiklere bakarak kanserin arttığını göstermek imkânsız olacaktır. Bir toplumdaki kanserli sayısı şansa ve diğer faktörlere (örneğin sigara gibi kimyasal kanser yapıtlara vb.) bağlı olarak da, her yıl azalıp çoğalarak dalgalanmalar gösterir. Gelecek 50 yılda radyasyonun teorik olarak neden olması gereken kanser olguları, kanserli sayısındaki bu doğal dalgalanmaların sınırını asla aşamayacağından, radyasyonun kanseri artırdığı asla kanıtlanamayacaktır. Bu ise, pratik açıdan Çernobil radyasyonunun dünyada kanseri artırmaması demektir. Teorik olarak kuzey yarımkürede gelecek 50 yılda kanser % 0 ile % 0,003 arasında artacak ve en fazla % 0 ile % 0,01 arasında olabilecektir. Bunlar o kadar küçük yüzdelerdir ki, sağlığı etkilemeyecektir. Aynı şekilde <sup>137</sup>Cs zekâ geriliği ve genetik bozukluk da yapmayacaktır. Çernobil'in dünyaya en büyük etkisi tıbbî değil, sosyal ve ekonomiktir. Dünya, Çernobil nedeniyle % 90'ı Sovyetlerde olmak üzere 70 milyar lira kaybetmiştir. Halk paniğe düşürülmüştür; oysa paniğin kendisi, stres etkisi yaparak kanseri artırabilir. Devlet ve tıp adamlarının radyasyon konusunda bilgisizliği ortaya çıkmıştır.

Yapacağımız şudur: Gelecek 50 yılda Çernobil kazası nedeniyle kanser olabileceğimiz, anormal veya geri zekâlı bir çocuğa sahip olabileceğimiz korkusunu bir yana atalım. Biz bu korku içine atmış olanlara bilimin kanıtlara dayanan ciddi bir iş ve insan zekâsının uygulaması olduğunu hatırlatalım. □

**Referans :** Anspaugh, L.R., Catlin, R.J. ve Goldman M.. The Global impact of the Chernobyl reactor accident. Science 242: 1513-1519, 1988. Kısaltarak ve açıklamalar getirilerek çevrilmiştir.

## ZEKÂSAYAR

(Geçen sayıda yayınlanan soruların cevapları)

**AĞAÇLAR VE YAPRAKLAR:** Her ağaçtaki yaprak sayısının, birbirinden farklı olduğunu varsayalım. Ormanda n tane ağaç varsa, yaprak sayısına göre sıralayarak,

Ağaç no : 1 2 3 4 ..... n  
Yaprak sayısı : 1 2 3 4 ..... n

üstteki tablo elde edilebilir. Oysa ağaçların sayısının, herhangi bir ağaçtaki yaprakların sayısından daha fazla olduğu verildiğine göre, n, ağaçta n tane yaprak olamaz. (n'den daha az olan herhangi bir sayı ise, yaprak sayılarında bir eşitlik yaratacaktır.)

**DEĞİŞİK ZAR: 13.** Son atıştan bir önceki durumu ele alalım. Bu durumda toplam 12, 11, 10, 9 ya da 8'dir. Eğer toplam 12 ise, son toplam 13, 14, 15, 16 veya 17 olacaktır

(Hepside eşit şansla). Benzer şekilde düşünerek aşağıdaki tablo hazırlanabilir.

Bir önceki toplam	Son toplam olabilecek sayılar
12	13,14,15,16,17
11	13,14,15,16
10	13,14,15
9	13,14
8	13

Görüldüğü gibi, en sık elde edilebilecek toplam 13'tür.

**DAİRELER:**



**BİRMİLYONUNCU TERİM: 1414**