

İNSAN SAĞLIĞI ve ÇEVRE KİRLİLİĞİ AÇISINDAN KIRKLARELİ İLİNİN FON RADYASYONUNUN BELİRLENMESİ ve HARİTALANDIRILMASI

Dr. M. Bülent Onuk¹
Biyolog Halim Taşkın²
Dr. Çiğdem Cerit¹
Dr. Mehmet Bilgin¹

¹ İl Sağlık Müdürlüğü, Kırklareli

² Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, İstanbul

Bu çalışmada Kırklareli iline ait toprak ve su örneklerinin radyoaktivite konsantrasyonları, gama ışınlama doz hızları ve ev içi radon konsantrasyonlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Araştırma sahası Kırklareli il sınırları içindeki 8 ilçe, 20 belde ve 177 köy olmak üzere tüm il genelini kapsamıştır. İl genelindeki tüm kaynak ve şebeke suları (220 adet) araştırma kapsamına alınmıştır. Direkt gama ölçümleri ve toprak örnekleri için alan örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Evlerde radon ölçümleri için ise haneler, küme örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir.

220 su ve 177 adet toprak örneği alınmış, 315 evde radon ve 230 yerde direkt gama ölçümleri yapılmıştır. Ortalama alfa aktivitesi $0,0405 \pm 0,0382$ Bq/m³ olarak bulunmuştur. 220 örnekten 12 (% 5,5) tanesinde alfa aktivitesi sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. İl geneli için ev içi ortalama radon konsantrasyonu $71,01 \pm 39,85$ Bq/m³ olarak bulunmuştur. Değerlendirilen detektörlerin tamamı, ülkemizin kapalı ortamlar için müsaade ettiği sınır değer olan 400Bq/m³'lük konsantrasyon değerinin altında çıkmıştır. Ancak 301 detektörden 50'sindeki (%16,6) radon konsantrasyonu DSÖ'nün belirlediği sınır değer olan 100 Bq/m³'ten yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada bina tipi ve tavan yapı malzemesinin radon konsantrasyonunda etkisi olduğu da tespit edilmiştir ($p < 0,05$). İl geneli için gama ışınlama doz hızları ortalama $135,086 \pm 38,648$ nGy/saat olarak ölçülmüştür. Toprak örneklerindeki radyoizotop aktivite konsantrasyonları sırayla ²²⁶Ra'da ortalama $36,504 \pm 17,540$ Bq/kg, ²³⁸U'de ortalama $25,428 \pm 10,892$ Bq/kg, ²³²Th'de ortalama $39,864 \pm 18,382$

Bq/kg, ^{40}K 'da ortalama $666,98 \pm 281,01$ Bq/kg, ve ^{137}Cs 'de ortalama $7,954 \pm 5,349$ Bq/kg, olarak bulunmuştur.

Her ne kadar il ve ilçe ortalamaları bazında sonuçlar DSÖ ve diğer uluslar arası kuruluşların belirlediği limit değerlerin altında çıkmış ise de, ölçüm ve analiz sonuçları tek tek değerlendirildiğinde bu limit değerlerin az da olsa aşıldığı görülmüştür. Limit değerlerin üzerinde çıkan içme sularında radyoaktivitenin mevsimsel değişimi takip edilmeli ve radon konsantrasyonu yüksek çıkan evlerde evlerin düzenli havalandırılması konusunda eğitim çalışmaları yapılmalıdır. Ülkemizde radyoaktif kaynakların yeterince bilinmemesi, insan sağlığının korunması açısından radyolojik risk tahminini güçleştirdiği için tüm illerde benzer çalışmalar yapılarak doğal fon radyasyonlarının belirlenmesi önemlidir.

Anahtar kelimeler: Doğal radyoaktivite, Gama doz hızı, Toplam alfa ve beta, Ev içi radon konsantrasyonu, Yıllık etkin doz

1. Giriş

Çevre, insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Çevrede insan sağlığını doğrudan veya dolaylı etkileyebilecek birçok etken bulunmaktadır. Kansere ile ilgili kohort türü çalışmalar, kanser oluşumunda çevresel faktörlerin genetik yatkınlıktan daha etkin olduğunu göstermiştir (2). Bu yüzden çevresel kirlenmelerin araştırılması ve tespiti halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Çevrede bulunan doğal radyasyonlar ile nükleer denemeler, kazalar ve nükleer santrallerden kaynaklanan muhtemel sızıntılar da önemli çevre ve halk sağlığı sorunlarına neden olmaktadır.

1986 yılında Ukrayna'daki Çernobil nükleer reaktöründe meydana gelen kazada salınan radyoaktif maddeler hemen hemen bütün Avrupa'ya ve hatta daha uzak bölgelere yayılmışlardır. Reaktörü çevreleyen 30 km.'lik alan içerisinde yaşayan binlerce insan yüzlerce mSv'lik radyasyon dozuna maruz kalmış ve bu nedenle 160.000'den fazla insan ilk üç hafta içerisinde bölgeden tahliye edilmişlerdir (3). Reaktörden çıkan radyoaktif bulut ülkemize de ulaşmış ve bazı bölgelerde yağın yağmurlarla birlikte yere inerek çevrenin kontamine olmasına neden olmuştur. Trakya bölgesinde Bulgaristan ile Yunanistan sınırı boyunca ve Doğu Karadeniz Bölgesinin bazı kesimleri radyoaktif bulutun geçişi süresince fazla yağmur aldıklarından buralarda yaşayan ve kritik grup olarak adlandırılan 100.000 kişilik bir topluluk Türkiye ortalamasının üzerinde bir doza maruz kalmışlardır. Bu grupta bulunan yetişkinlerin 0.6 mSv ve 0-1 yaş arası bebeklerin ise 0.350 mSv'lik bir ortalama radyasyon dozuna maruz kaldıkları tespit edilmiştir (4).

Öte yandan insanlar ve diğer canlılar yaşamları boyunca uzaydan gelen kozmik radyasyonlar ve yer kabuğu kökenli Uranyum Toronyum ve

Potasyum gibi doğal radyoaktif elementler sebebiyle her an radyasyon ortamı içinde yaşamaktadırlar. Özellikle gama radyasyonlarının önemli bir kısmının 0–25 cm derinlikteki yüzey tabakadan kaynaklandığı bilinmektedir. Dünyada her şey az miktarda da olsa radyoaktif atomları içermektedir; yer kabuğu, solunan hava, gıdalar ve güneş sistemi doğal radyasyon kaynaklarını oluşturmaktadırlar. Bunun yanında tıpta ve endüstride kullanılan radyoaktif maddeler, nükleer denemeler, nükleer santrallerdeki sızıntı ve kazalar da fon radyasyon seviyesinin artışına sebep olmaktadır. Bir yerin fon radyasyon düzeyi, o bölgenin coğrafi ve jeolojik yapısına, deniz seviyesinden yüksekliğine, toprak ve kayaların mineralojik yapılarına bağlı olarak değişiklikler gösterir. Bir bölgenin veya yerin fon radyasyonunun belirlenmesi için o yer toprağında, suyunda ve havasında bulunan radyoaktivitenin belirlenmesi gerekmektedir. Literatürde, bu amaçla yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Yapılan çalışmaların bazıları lokal, bazıları ise bölgesel çalışmalardır. Yapılan çalışmaların tamamına yakını bu konulardan sadece birini kapsamakta ve bunlar, genellikle ya toprakta, ya sularda, ya da havada bulunan doğal radyonüklitlerin belirlenmesi amacıyla yapılmışlardır.

Bilindiği gibi alınan radyasyon dozu arttıkça kanser olma riski de artmaktadır. Kanser riskinin azaltılması veya kontrol altında tutulabilmesi için insanların maruz kaldıkları radyasyonun sınırlandırılması ve dozun tespit edilmesi gerekmektedir. Kırklareli ili gerek coğrafi konumu ve gerekse Çernobil nükleer santral kazasından sonra radyasyonla kontamine olan illerimizden birisi olması sebebiyle incelemeye alınmıştır. Ülkemiz, özellikle komşu ülkelerde kurulu nükleer santraller nedeniyle radyoaktif kirliliğe maruz kalma riski ile karşı karşıyadır. Bu nedenle doğal fon radyasyon düzeylerinin belirlenmesi halkımız ve diğer bütün canlılar açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, Kırklareli ilinde fon radyasyonu düzeyinin belirlenmesi ve haritalandırılması amaçlanmıştır. İl genelini kapsayacak şekilde, doğal gama ışınlama doz hızları, ev-içi radon konsantrasyonları, sularda toplam alfa ve beta radyoaktivitesi ve toprak örneklerinin içerdiği doğal radyoaktif izotoplar ile fisyon ürünü olan ¹³⁷Cs radyoizotopunun konsantrasyonlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. Yöntem ve Gereç

2.1. Araştırma sahası, süresi

Kırklareli ili, Türkiye'nin kuzey batısında, topraklarının tamamı Trakya bölümünde yer alan, üç ilimizden biridir. Doğusunda Karadeniz, Batısında Edirne, Kuzeyinde Bulgaristan, güneyinde Tekirdağ illeri ile çevrilidir. İl, merkez ilçeyle birlikte 8 ilçe ve 177 köy ve 20 beldeden oluşmuş olup bu çalışmada, araştırma sahası olarak bu yerlerin tamamını alacak şekilde toplam 205 yerleşim birimi seçilmiştir. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) 2000 yılı genel nüfus sayımı verilerine göre il nüfusu 315 211, hane sayısı 86 175 ve konut olarak kullanılan bina sayısı 36 354 adettir. (5)

Araştırma üç ayrı zaman diliminde 1,5 yıllık bir sürede yapılmış, 1 Temmuz 2004 – 31 Ocak 2006 tarihleri arasında yürütülmüştür. İlk aşamada saha çalışmaları, yerinde ölçümler ve örneklerin toplanması ve laboratuvarda koruma altına alınması gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada toprak ve su örneklerinin laboratuvarda analizleri yapılmış ve radon detektörleri dağıtılmıştır. Son aşamada radon detektörlerinin toplanması ve diğer örneklerle birlikte analizlerinin yapılarak elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve yazılımı gerçekleştirilmiştir. Kırklareli ilinin doğal radyoaktivite konsantrasyonları laboratuvara dayalı yöntemlerle tespit edilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında dış gama ışınlama doz hızları, toprak ve su örneklerinin içerdiği radyonüklid konsantrasyonları ve ev içi radon konsantrasyonları belirlenmiştir. Ölçüm yapılan noktaların koordinatları GPS (Global Positioning System) cihazıyla belirlenmiş ve kaydedilmiştir.

2.2. Araştırmanın tipi, evreni ve örneklem seçimi

Kesitsel tipte bir çalışmadır. Kırklareli ilinin içme sularındaki toplam alfa ve beta aktiviteleri, evlerindeki radon düzeyi, topraklarındaki gama doz hızları ve radyoizotop aktivite konsantrasyonları kesitsel olarak araştırılmıştır.

Araştırma evreni 8 ilçe 177 köy ve belde olmak üzere Kırklareli il genelini (6550 km²'lik bir alanı) ve 2000 yılı nüfus verilerine göre toplam 315 211'lik bir nüfusu kapsamaktadır.

Örneklem büyüklüğü ve seçimi;

1. İçme sularındaki radyoaktivite,
2. Evlerde radon seviyesi,
3. Karasal gama ölçümü ve topraktaki radyoizotop içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yönelik olarak üç farklı şekilde yapılmıştır.

1. İçme suları: Araştırma evrenindeki yerleşim birimlerinin içme suyu ihtiyacını karşılayan tüm kaynak ve şebeke suları araştırmaya değer

bulduğundan tümü (220 şebeke ve kaynak suyu) araştırma kapsamına alınmıştır.

2. Evlerde radon seviyesinin belirlenmesi: Araştırma evreninde DİE'nin 2000 yılı bina sayımı verilerine göre konut olarak kullanılan 36 354 adet bina mevcuttur. Yine aynı verilere göre ilçe merkezlerinin toplam nüfusu 126 860, hane sayısı 35 996 adettir. Köy ve bucak nüfusları ise 140 414, hane sayısı 36 474 adettir. İlçe merkezleri genel nüfusun % 48'ini bucak ve köyler %52'sini oluşturmaktadır. Hanelerin ise % 49,7'si kentte, %50,3'ü de bucak ve köylerde bulunmaktadır.

Örnek büyüklüğünün belirlenmesi: Araştırma evrenindeki bina sayısı ile ilgili elimizdeki en son veri "DİE 2000 Yılı Bina Sayımı" sonuçlarıdır. Bu durumda örnek büyüklüğü; $n = (t1-\alpha)^2 (x)^2 / S^2$ formülüyle belirlenmiş ve $n = 287$ olarak hesaplanmıştır (1). Ancak laboratuvar çalışmalarında oluşabilecek muhtemel kayıplar düşünülerek örnek büyüklüğü %10 (28 adet) artırılarak 315'e çıkarılmıştır.

Araştırmada zemin katlar kullanılmıştır. Kır ve kent için farklı uygulama benimsenmiştir. Kentler her mahalle bir küme oluşturacak şekilde toplam 53 kümeye ayrılmıştır. Küme hacmiyle orantılı olarak detektörlerin % 48,9'u (154 adet) kentler için kullanılmıştır.

Köy ve bucaklar daha küçük ve daha geniş bir alana dağılmış yerleşim birimleri olduğu için örnek seçiminde, her yerleşim birimi bir küme oluşturacak şekilde listelenmiştir. Alana tam yayılımı sağlamak için birbirine yakın kümeler elimine edilerek toplam 161 küme seçilmiştir. Her küme bir haneden oluşmaktadır. Toplam detektörlerden 161'i (% 51,1) köy ve bucaklar için kullanılmıştır.

Bu araştırma için Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Sağlık Fiziki Bölümünden 315 adet CR-39 radon detektörü temin edilebilmiştir. Kent-kır nüfusu ve hane sayısı birbirine yakın olduğundan detektörlerden 154'ü kent, 161'i de bucak ve köyler için kullanılmıştır. İl geneli için örneklem büyüklüğü 315 evden oluşmaktadır. Örneklem büyüklüğü toplam bina sayısının % 0,9'unu oluşturmaktadır. 315 eve dağıtılan toplam 315 detektörden ancak 301 tanesi değerlendirilmiştir (% 95,5). Örnek olarak seçilen evlere gidilerek ailelere araştırma hakkında ayrıntılı bilgi verilmiş, bina ve hane halkı hakkında veri toplamak için 10 sorudan oluşan bir anket uygulanmıştır. (1)

3. Direkt gama ölçümleri ve topraklardaki radyoaktivite: Her yerleşim birimi bir küme oluşturacak şekilde olan parçalara bölünmüştür. Bu şekilde 8 ilçe, 20 belde ve 177 köy olmak üzere toplam 205 yerleşim biriminin tamamı değerlendirmeye alınmıştır. Ölçüm sayıları yerleşim birimlerinin yüzölçümüne göre belirlenmiştir. Ölçüm mesafeleri ve koordinatları GPS cihazıyla belirlenerek kaydedilmiştir. Her ölçüm biriminde, üç farklı noktadan alınan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak kaydedilmiş, bu şekilde 206 yerleşim biriminde, 230

noktada toplam 690 ölçüm yapılmıştır. Direkt ölçüm sonuçlarına göre 230 ölçüm noktasından jeolojik yapısı farklı olan yerlerden rastgele seçilen 177 noktadan toprak örneği alınmıştır.

2.3. Gereç

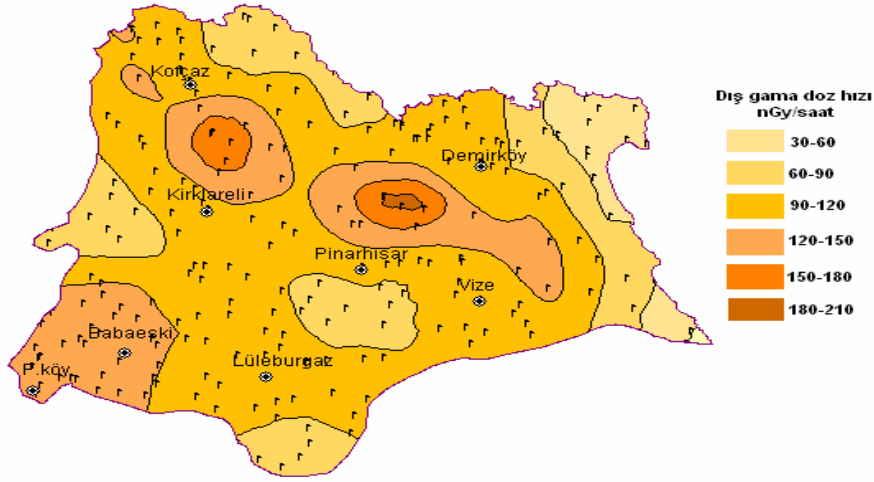
İçme suyu örneklerinin toplam alfa ve beta aktiviteleri Berthold marka, gaz-akışlı LB770- PC 10 kanallı düşük seviyeli orantılı sayıcı kullanılarak, ev içi radon konsantrasyonları pasif CR-39 nükleer iz detektörleri kullanılarak, gama ışınlama doz hızları Eberline Smart taşınabilir bir sintilasyon detektörü kullanılarak, toprak örneklerinin radyonüklid konsantrasyonları da Gama Spektrometri Sistemi kullanılarak yapılmıştır

3. Sonuçlar ve Tartışma

Analizler Çekmece Nükleer Araştırma Eğitim Merkezince gerçekleştirilmiş, böylelikle Kırklareli ilinde dış gama doz hızları, toprak ve su örneklerinde doğal radyoaktivite seviyeleri ve ev içi radon konsantrasyonları belirlenmiştir.

3.1. Çevresel gama radyasyon doz hızları ve değerlendirilmesi

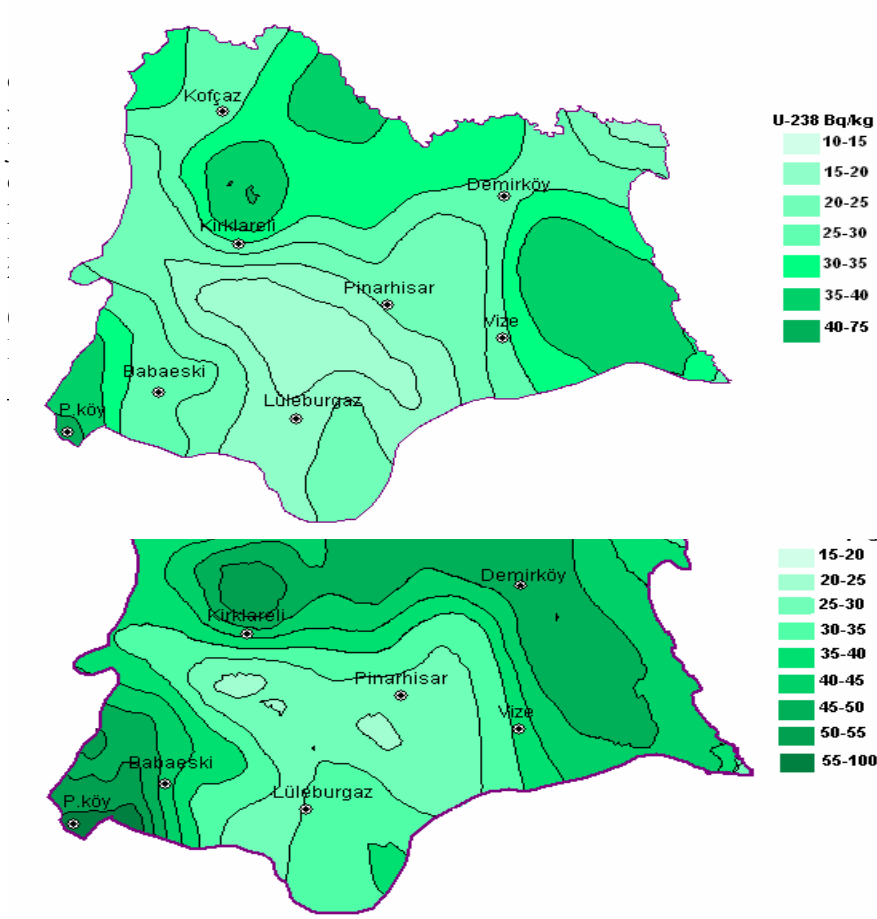
Çevresel gama radyasyonu bölgeden bölgeye, hatta birbirine yakın bölgeler arasında dahi değişiklikler göstermiştir. Bunun sebebi bütün toprak ve kaya kalıntılarında uranyum ve toryum gibi doğal radyoaktif elementlerin mevcut olması ve çok uzun bir jeolojik süreçten sonra çevresel topraklara dağılmalarıdır. İlçe ortalamaları ayrı ayrı incelendiğinde Pehlivan köyü ilçesi $163,555 \pm 17,103$ nGy/h ile en yüksek ortalamaya sahiptir. Bu bölgeden alınan toprak örneklerinin gama spektrometrik analizi sonucu elde ettiğimiz verilere göre bu bölgenin ortalama Ra-226 ve U-238 konsantrasyonlarının diğer ilçe ortalamalarından yüksek olduğu görülmüştür. K-40, Th-232 ve Cs-137 konsantrasyonları diğer ilçelerle benzerlik göstermiştir. Ölçümler birbirinden bağımsız olarak düşünüldüğünde en yüksek ölçüm (320 nGy/h) Pınarhisar'ın Kurudere köyü yakınlarında, ikinci en yüksek ölçüm (27 nGy/h) ile merkez ilçeye bağlı Çukurpınar köyünün kuzeyinde ölçülmüştür. Yıldız dağlarının güneyinde güney doğu kuzey batı doğrultusunda uzanan zon boyunca ölçülen gama doz hızları diğer bölgelere göre yüksek çıkmıştır. Bu bölgelerden alınan toprak örneklerinin analizi sonucu bunun doğal Th-232, Ra-226, K-40 ve U-238 radyonüklitlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Dış gama ölçüm sonuçlarına ait veriler "MAPINFO" software programında işlenerek gama doz hızı şiddeti haritası çizilmiştir. (Harita 1.)



Harita 1. Kırklareli İli Yüzey Toprağındaki Karasal Gama Doz Hızlarının Coğrafi Dağılımı (bayrak işaretli yerler ölçüm noktalarını göstermektedir)

Özellikle son on yılda birçok ülkede havada yerden 1 m yükseklikte gama radyasyon ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Dünya nüfusunun yoğun olduğu bölgelerde yapılan ölçümlerin ortalaması yaklaşık olarak 59 nGy/saat'tir. Havada ölçülen soğurulmuş gama doz değerleri genel olarak 10 ile 200 nGy/saat olarak tespit edilmiştir (6). Çevresel doğal gama radyasyonları, ana kaynaklarının kara ve uzay kökenli olmaları sebebiyle, bölgenin toprak yapısında bulunan radyoizotopların konsantrasyonlarıyla doğrudan ilgilidir. Kırklareli'nin büyük bölümünün rakımı deniz seviyesinden yaklaşık 200 m yüksekte olup, Ergene havzası düz (rakım 20 m'ye kadar inmekte), kuzey ve doğusu ormanlarla kaplı dağlık bir araziye sahiptir. Kırklareli'nin çevresel gama radyasyon değerlerinin ortalaması 135 nGy/saat olarak belirlenmiştir. Bu değer dünya ortalamasının (59 nGy/saat) üzerindedir. Bunun sebebi toprakta bulunan doğal radyonüklitlerdir. Özellikle Th-232, Ra-226 ve K-40 radyoizotopları diğer izotoplardan nispi olarak daha yoğun yer almaktadır. Bu elementlerin yoğun olduğu yerlerde doğal olarak gama doz hızları da diğer yerlere göre yüksek çıkmıştır. Th-232, Ra-226 ve K-40 konsantrasyon dağılım haritaları ile gama doz hızı haritası karşılaştırıldığında aralarında doğrudan bir ilişki olduğu açıkça görülmektedir.

3.2. Toprakta belirlenen radyoaktivite seviyeleri

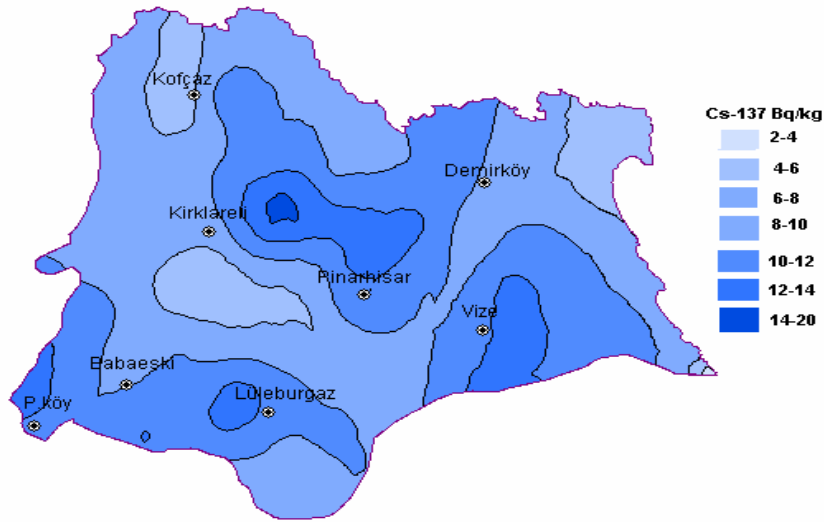


Harita 2. Kırklareli İli Yüzey Toprağındaki Radyum (Ra-226) Konsantrasyonunun Coğrafi Dağılımı

Dünya ortalaması 35 Bq/kg (3) olan ²³⁸U konsantrasyonu, il geneli için ortalama 25,428±10,892 Bq/kg olarak bulunmuştur. İlçeler içinde en yüksek konsantrasyon Pehlivan köyü'dür (34,767±16,317 Bq/kg). Ölçüm noktaları içinde en yüksek konsantrasyon sırasıyla Pehlivan köyü 73,3 Bq/kg, Malkoçlar (Kofçaz) 72,7 Bq/kg ve Eriklice'de (Merkez ilçe) 70,5 Bq/kg bulunmuştur.

Bu çalışmada uranyum serisi ortalama değerleri ile dünya ortalama değerleri birbirine yakın çıkmıştır (3). ^{226}Ra konsantrasyonu bu çalışmada ortalama $36,504 \pm 17,540$ Bq/kg olarak belirlenmiştir, aynı radyonüklidin dünya ortalaması 35 Bq/kg'dir (3). Uranyum için bulunan ortalama $25,428 \pm 10,892$ Bq/kg, dünya ortalaması 35 Bq/kg'dir. Uranyum, radyum ve radon çevremizde doğal olarak bulunan radyonüklitlerdir. Henüz insanlar üzerinde herhangi bir akut etkisi saptanmamıştır, ancak hayvanlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalara göre böbrekte ve üst solunum yollarında hasarlar yaptığı belirlenmiştir. Uzun dönem (kronik) uranyum, radyum ve radonun inhalasyonu, solunum sistemi ve kronik akciğer hastalığıyla birlikte akut lökopeni, anemi, ağızda nekrozis ve diğer bir çok zararlı etkiler oluşturur (7, 8). En büyük etkisi kanser yapmasıdır. Radyum, eğer ağız yoluyla vücuda alınırsa kemik, kafatası ve nazal tümörlere yol açar, uranyum ise akciğer kanseri, lenfatik ve hemotopoetik sistem tümörlerine yol açabilir (8, 9, 10). Bu açıdan özellikle radyum ve uranyumdan zengin topraklardaki konutların daha sıkı denetlenmesi ve gama doz hızları ile radon düzeylerinin tespit edilmesi gerekir. Kırklareli toprağındaki ^{232}Th 'nin konsantrasyon değerleri, ^{238}U 'in konsantrasyon değerlerinden daha yüksektir. ^{232}Th 'nin ortalama konsantrasyon değerleri Dünya ortalamasının biraz üzerindedir. Kırklareli il ortalaması $39,864 \pm 18,382$ Bq/kg, dünya ortalaması 30 Bq/kg'dır (3). Toryuma maruziyet başta akciğer kanseri olmak üzere pankreas, karaciğer, kemik, böbrek, lösemi ve dalak kanserlerine yol açabilmektedir. (9)

Dünya ölçeğinde yapılan ölçümlerde toprakta doğal olarak bulunan ^{40}K 'in aktivite konsantrasyonu, ^{238}U ve ^{232}Th aktivite konsantrasyonlarından önemli ölçüde yüksek olarak elde edilmiştir (11). Kırklareli toprak örneklerinden de, ^{40}K 'in aktivite konsantrasyonu diğer radyoizotop konsantrasyonlarından oldukça yüksek çıkmıştır. İl geneli için ortalama K-40 konsantrasyonu $666,98 \pm 281,01$ Bq/kg, dünya ortalaması 400 Bq/kg'dır. İlçeler içinde en yüksek konsantrasyon $825,22 \pm 384,17$ Bq/kg ile merkez ilçededir. Bu değer, ^{40}K için UNSCEAR 1982 ve 2000 raporlarında verilen, sırasıyla, 370 Bq/kg ve 400 Bq/kg dünya ortalama değerlerinden yüksektir. Kırklareli toprağı K-40 aktivite konsantrasyon dağılımı harita 5.'te verilmiştir.



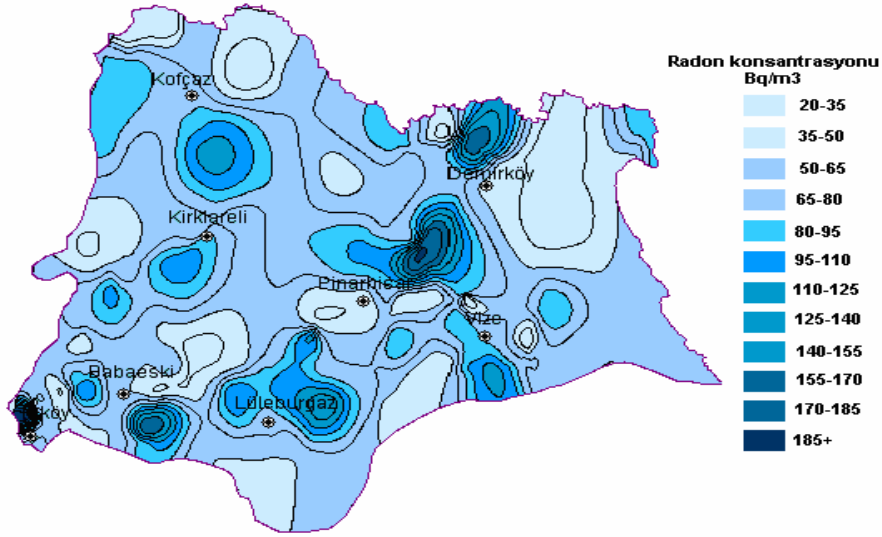
Harita 6. Kırklareli İli Yüzey Toprağındaki Sezyum (Cs-137) Konsantrasyonunun Coğrafi Dağılımı

3.3. Sularda belirlenen radyoaktivite seviyeleri

Radyoaktivite ölçümleri önceleri, sınırlı sayıda insanların yararlandığı kaplıca sularında yapılmıştır. Radyasyonun canlılar üzerindeki biyolojik etkileri alanında yapılan çalışmalardan elde edilen yeni bilgiler ışığında Uluslararası Radyasyon Korunma Komitesi, ICRP tarafından radyasyondan korunma konusuna yeni boyutlar getirilmiştir (13). Bu doğrultuda, radyasyonun stokastik etkileri için bir eşik dozu bulunmadığı ve büyük halk kitlelerinin, küçük de olsa sürekli olarak radyasyona maruz kalmasının, toplum sağlığını olumsuz yönde etkileyebileceği görüşü kabul edilmiştir. Dolayısıyla insanların maruz kalabileceği küçük dozların bilinmesi amacına yönelik olarak içme sularındaki radyoaktivite ölçümü çalışmaları da yoğunluk kazanmıştır (14, 15). Dünya Sağlık Örgütü, (WHO) ve ABD Çevre Korunma Ajansı (EPA) tarafından tavsiye edilen içme suları için radyoaktivite sınırları, toplam alfa için 0,1 Bq/L ve toplam beta için 1 Bq/L olarak kabul edilmiştir. İçme suları için WHO'nun tavsiyeleri Türk Standartlar Enstitüsü (TSE)'nin 1984 yılında yayınladığı TS-226 raporunda aynen geçmiştir (16). Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suları için tavsiye ettiği sınır değerler suyun, ömür boyu tüketilmesi durumunda insanın alacağı radyasyon dozunun sağlık yönünden herhangi bir hasar oluşturmayacağı fikrinden hareketle tespit edilmiştir. Bu çalışmada genel olarak içme suları tavsiye edilen değerlerin altında bulunmuştur. Toplam 220 su

konsantrasyon limit değerleri olarak, ICRP tarafından 400 Bq/m³, Avrupa Birliği tarafından 400 Bq/m³ ve Dünya Sağlık rgt (WHO) tarafından 100 Bq/m³ değeri üst sınır değer olarak benimsenmiştir. Türkiye’de ise bu değer Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği’nde 400 Bqm-3 olarak belirlenmiştir (19). Bu durumda Kırklareli evlerinde lilen ortalama radon konsantrasyonu TAEK ve WHO tarafından müsaade edilen değerleri aşmamıştır. Ancak 301 ev teker teker değerlendirildiğinde bunlardan 50 (%16,61) sindeki radon konsantrasyonu DSÖ’nün belirlediği sınır değer olan 100Bq/m³’ten yüksek çıkmıştır. Kırklareli evlerindeki radon konsantrasyonları düşük (0-49 Bq/m³), orta (50-100 Bq/m³) ve yüksek (100> Bq/m³) olmak üzere üç kategoride incelendiğinde; düşük 96 (%31,9) ev, orta 155 (%51,5) ev ve yüksek 50 (16,6) ev olarak bulunmuştur. Burada en büyük grubu orta konsantrasyon düzeyi oluşturmuştur. Evlerle ilgili daha ayrıntılı bilgi edinmek için 10 sorudan oluşan bir anket düzenlenmiştir (1). Bu anketlerden elde edilen veriler SPSS programında değerlendirilerek radon konsantrasyonunda etkili olan faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Bina tipi (apartman bodrumlu, apartman bodrumsuz, müstakil bodrumlu ve müstakil bodrumsuz) ve tavan yapı malzemesi (beton, ahşap, diğer) ile radon konsantrasyonu arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Evlerde radon konsantrasyonunun yükselmesini etkileyen birçok değişken vardır. Bunlar genel olarak bina ile ilgili özellikler, binanın üzerine oturduğu topraktaki Ra-226 konsantrasyonu ve konutlarda yaşayan insanların yaşam tarzı ve alışkanlıkları olmak üzere üç blimde incelenebilir. Radon gazı Ra-226 radyonklidinin bozunmasından oluştuğu için binalardaki yapı malzemelerinin içerdiği Ra-226 konsantrasyonu ile radon gazı birikmesinde doğrudan bir ilişki vardır. Binaların ısıtma sistemleri, pencereler, bina yaşı, zeminde veya duvarlarda çatlak olması v.b. zellikler dolaylı olarak etkilidir. Zemin toprağı da ev içi radon birikmesinde doğrudan ilişkilidir. Radon gaz olduğu için çok küçük çatlaklardan, duvarların birleşim yerlerinden, su ve kanalizasyon borularından kolayca bina içine girebilmektedir. Özellikle Ra-226 konsantrasyonunun yoğun olduğu yerlerde ev içi radon konsantrasyonu da yüksek olacağından, konutlarda yaşayanların evlerini sık havalandırma davranışı büyük önem taşımaktadır. Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP)’nin 1977 ve 1990 yıllarında yayınladığı tavsiye raporlarında, radyasyonun stokastik etkileri (kanser oluşumu ve genetik etkiler) için bir eşik dozun bulunmadığı, doz ve etki arasında lineer bir bağıntı olduğu kabul edilerek, müsaade edilen doz sınırları çok küçük düzeye indirilmiş ve gereksiz olarak hiçbir radyasyon dozuna maruz kalınmaması önerilmiştir (20). İnsanların özellikle büyük halk kitlelerinin, düşük dozlar dahi olsa sürekli olarak radyasyona maruz

kalmasının toplum sağlığını olumsuz yönde etkileyeceği görüşü, Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi tarafından yayınlanan UNSCEAR raporları ile de desteklenmiştir (21). Yapılan epidemiyolojik ve istatistik çalışmalarından, toplumda görülen kanser vakalarının belirli bir oranının iyonlaştırıcı radyasyonlardan meydana gelebileceği ileri sürülmüştür (22). Özellikle akciğer kanser vakalarının %20 kadarı havadaki radyoaktif ²²²Rn gazı ve bunun bozunma ürünlerinin solunumu sonucu akciğer bronşlarının aldığı doza bağlanmaktadır. Radonun uzun dönem solunması kronik akciğer hastalığı, pnömoni, akciğer fibrozisi, akciğer fonksiyonunda azalma ve akciğer kanserine yol açabilir (7, 8, 9). Uluslararası Radyasyon Korunma Komitesi, radona maruz kalma konusunu inceleyerek “Evde ve işte Radon-222’ye karşı korunma” konusunda 65 nolu bir rapor yayınlamıştır (23). Bu raporda radona maruz kalma sınırlandırılarak, limit değerler tavsiye edilmiş ve yıllık doz için bir eylem seviyesi tespit edilmiştir. Eylem seviyesinin, 3-10 mSv arasında sınırlandırılması tavsiye edilmiştir. Bu doz değerlerine karşılık gelen radon konsantrasyonu evler için 200-600 Bq/m³ (evde geçirilecek süre 7000 saat ve denge faktörü 0.4 alınarak), iş yerlerinde ise 500-1500 Bq/m³ arasında bir değer tespit edilmesi önerilmiştir. Ayrıca Kırklareli evlerindeki ortalama radon konsantrasyon değerlerine göre alınan saatlik, yıllık ve yaşam boyu dozları hesaplanmış ve ortalama 70 yıl yaşayan bir insanın yaşam boyu kanser olma riski de hesaplanmıştır. Buna göre İl geneli için ortalama doz hızı $0,17 \times 10^{-3}$ mSv/saat (mSv=milisivert), yıllık doz 1.250 mSv, yaşam boyu (70yıl için) alacağı doz 87.56 mSv ve ömür boyu (70 yıl için) kanser olma riski % 0.620’dir. Elde edilen sonuçlara göre ilçe ortalamaları ve il geneline ait ortalama (1.250 mSv) göz önüne alındığında ICRP’nin evler için sınırladığı yıllık etkin doz olan 3 mSv ‘lik sınır değer aşılmamıştır.



Harita 9. Kırklareli İli Evlerinde Radon Konsantrasyonlarının Coğrafi Dağılımı

Ülkemizde radyoaktif kaynakların yeterince bilinmemesi, insan sağlığının korunması açısından radyolojik risk tahminini güçleştirmektedir. Bu sebeple tüm illerde benzer çalışmalar yapılarak doğal fon radyasyonlarının belirlenmesi insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma örneklerin alındığı ve ölçümlerin yapıldığı noktaların koordinatlarının GPS cihazıyla tespit edilmesi ve elde edilen verilerin bu koordinatlarla birlikte Mapinfo software programına aktararak bire bir haritalarının çizilmesi sebebiyle ülkemizde alanında ilk çalışma olmuştur.

Kaynaklar:

1. Taşkın, H., “İnsan Sağlığı ve Çevre Kirliliği Açısından Kırklareli İlinin Fon Radyasyonunun Belirlenmesi ve Haritalandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, MÜ, SBE, 2006

2. Lichtenstein, P.; Holm, N. V.; Verkasalo, p. K.; Iliadou, A.; Kaprio, j.; Koskenvuo,M.; Pukkala, E.; Skyttthe, A.; Hemminki, K. Environmental and heritable factors in the causation of cancer- Analyses of cohorts of twins from Sweden, Denmark, and Finland. N.Engl. J. Med. 343: 78-85; 2000.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR, 2000),Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I: Sources, United Nations, New York, 2000
4. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, "Türkiyede Çernobil Sonrası Radyasyon veRadyoaktivite Ölçümleri", TAEK, 1998
5. Devlet İstatistik Enstitüsü, 2000 Yılı Bina Sayımı –Ankara, 2000
6. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR, 2000),Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I:Sources, United Nations, New York, 2000
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Uranium (Update). Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. 1999.
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Radon. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. 1990.
9. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Case Studies in Environmental Medicine. Radon Toxicity. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. 1992.
10. Çelebi, N., ALKAN, H., Evaluation of Natural Radiation in the Kestanbol Spa Region. Radiation Protection Dosimetry Vol.69, No. 3, 227-230, 1997
11. Bohus-Saja, L.; Gomez, J.; Capote, T.; Greaves, E. D.; Herrera, O.; Salazar, V. And Smith A. J. Environ. Radioactivity, 35, 305-312, 1997
12. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR, 1982), Report to the General Assembly, p:88-89, 1982
13. International Commission of Radiological Protection. ICRP Publication., No.26 Oxford Pergamon Pres, 1977
14. Asikainen, M., Kahlos, H., International Radiation Doses from Radioactivity of Drinking Water in Finland. Health Physics, Vol. 39, 1980
15. Malanca, A.; Repetti, M.; Macedo, R. H Gross Alpha and Beta-activities in Surface and Ground Water of Rio Grande do Norte, Brazil Appl. Radiat. Isot. 49, 893-898, 1998
16. Türk Standartlar Enstitüsü, İçme Suları. TS 226/1965, UDK 663-7:543, III. Baskı, 1979
17. Teodere D.F., Edwards J.N., Housing, Stres and Well-Being, Evidence From Thailand. Soc.Sci. Med., 36, 1417-28,1993.
18. TAEK "Türkiye Evlerinde Radon Araştırması" 2005 Yılı Raporu 2005
19. TAEK, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, 24.03.2000, Sayı: 23999, Madde 37. 2000
20. Çelebi, N., Taşdelen, M., Kopuz, G., Uluğ, A., Antalya Evlerinde Radon Konsantrasyon Ölçümleri, 2000- GAP-Çevre Kongresi, Vol.2,1053-1058, 2000
21. Evans, R.D. Engineers' Guide to the Elementary Behavior of Radon Daughters. Health Physics.17:229-256, 1969
22. Fabrikant, I. J., Radon and Lung Cancer: The BEIR IV Report. Health Physics. 59:89-97, 1990
23. International Commission on Radiological Protection, Protection Aganist Radon –222 at Home and at Work. Annals of the ICRP, ICRP Publication, No.65, Pergamon, Oxford, 1993