

# EDİRNE İL MERKEZİNDE EV İÇİ RADON KONSANTRASYONU ÖLÇÜMLERİ

Fatih Tufaner<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adıyaman, Türkiye

Makale Bilgileri	Öz
<b>Makale Tarihiçesi:</b> (Gün/Ay/Yıl) Geliş: 02/05/2017 Kabul: 01/12/2017	Meskun binalarda radyoaktif bozunmaya uğrayan radon gazı, teneffüs edildiğinde akciğer dokusunda hasara ve zaman içerisinde de akciğer kanserine sebep olabilmektedir. Edirne’de değişik semtlerde 54 evde oturma odası ve yatak odasında radon gazı radyoaktivite konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu çalışmada, ev-içi radon konsantrasyonlarının tespitinde pasif nükleer iz dedektörleri (CR-39) kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Edirne’deki evlerde radon konsantrasyonları 2 Bq/m <sup>3</sup> ile 125 Bq/m <sup>3</sup> arasında değişim göstermiştir. Evlerin radon aktivite ortalaması ise 27.58 Bq/m <sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu çalışmada radon gazına maruziyet sonucunda alınan yıllık etkin eşdeğer doz 0.728 mSv olarak tespit edilmiştir. Ölçülen radon seviyesi ve yıllık efektif dozun tavsiye edilen limitler içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Ev içinde solunan radondan dolayı yıllık etkin doz eşdeğeri ve akciğer kanseri olma riski hesaplanmış ve sonuçlar tartışılmıştır.
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Ev-içi radon <sup>222</sup> Rn Edirne CR-39	

## INDOOR RADON CONCENTRATION MEASUREMENTS AT EDİRNE CITY CENTER

Article Info	Abstract
<b>Article History:</b> (DD/MM/YYYY) Received: 02/05/2017 Accepted: 01/12/2017	When radon gas and its decay products is inhaled in residential buildings, it can damage the lung tissue and cause lung cancer over time. At different parts of Edirne city, for 54 houses, radioactivity concentrations of radon gas have been measured at living room and bedroom. In this present work, indoor radon concentrations were measured by using passive nuclear track detectors (CR-39). According to the results of the study, it was concluded that the concentration of radon is 2-125 Bq/m <sup>3</sup> . It was understood that the concentration of average radon obtained was 27.58 Bq/m <sup>3</sup> . In this study, as a result of exposure to radon gas from the annual effective dose equivalent was obtained to be 0.728 mSv. Measuring radon levels and annual effective doses were determined to be within recommended limits. Corresponding annual effective doses and risk probability for lung cancer due to the indoor radon inhalation were calculated and the results were discussed.
<b>Keywords:</b> Indoor radon <sup>222</sup> Rn Edirne CR-39	

## 1. Giriş

Radyoaktif bir element olan radon gazı 1898 yılında Alman fizikçi Friedrich Ernst Dorn tarafından keşfedilmiştir. Bulunduğu ilk zamanlarda parlamak anlamındaki Latince bir söz olan "nitens" den esinlenerek niton olarak adlandırılmıştır. Fakat 1923 yılından beri radon olarak adlandırılmaktadır. Ergime noktası  $-71^{\circ}\text{C}$ , kaynama noktası  $-62^{\circ}\text{C}$ 'dir. Radon doymuş ve bilinen en yoğun gazdır. Yoğunluğu havadan dokuz kat fazladır. Tek atomlu olduğu için kâğıt, deri, düşük yoğunluklu plastikler, boyalar ile alçı

kaplamaları, beton bloklar, ahşap kaplamalar, yalıtım malzemeleri gibi yapı malzemelerinden kolaylıkla geçebilir. Radon suda ve organik çözücülerde kolaylıkla çözünebilir yapıya sahiptir. Diğer bileşiklerle reaksiyona girdiği durumlar yok denecek kadar azdır (UNSCEAR 1988).

Radonun birçok izotopu vardır fakat doğada en çok bulunan iki izotopu  $^{222}\text{Rn}$  ve  $^{220}\text{Rn}$ 'dir. Şekil 1'de görüldüğü üzere  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{238}\text{U}$ 'in bozunum serisi,  $^{220}\text{Rn}$  ise  $^{232}\text{Th}$ 'un bozunum serisi ürünlerindedir (Surbeck 1991).

Çekirdek	Yarılanma Ömrü	Çekirdek	Yarılanma Ömrü
Uranyum-238	4,5x109 yıl	Toryum-232	1,4x1010 yıl
↓ $\alpha$		↓ $\alpha$	
Toryum-234	24,5 gün	Radyum-228	5,8 yıl
↓ $\beta$		↓ $\beta$	
Protaktinyum-234	1,14 dakika	Aktinyum-228	6,13 saat
↓ $\beta$		↓ $\beta$	
Uranyum-234	2,33x105 yıl	Toryum-228	1,91 yıl
↓ $\alpha$		↓ $\alpha$	
Toryum-230	8,3x104 yıl	Radyum-224	3,64 dakika
↓ $\alpha$		↓ $\alpha$	
Radyum-226	1590 yıl	Radon-220	55 saniye
↓ $\alpha$		↓ $\alpha$	
Radon-222	3,825 gün	Polonyum-216	0,15 saniye
↓ $\alpha$		↓ $\alpha$	
Polmyum-218	3,05 dakika	Kurşun-212	10,6 saat
↓ $\alpha$		↓ $\beta$	
Kurşun-214	26,8 dakika	Bizmut-212	60,6 dakika
↓ $\beta$		↓ $\beta$ ↓ $\alpha$	
Bizmut-214	19,7 dakika	Polonyum-212 Talyum-208	3x10-7 yıl/3,1 dakika
↓ $\beta$		↓ $\alpha$ ↓ $\beta$	
Polonyum-214	1,5x10-4 saniye	Kurşun-208	Kararlı
↓ $\alpha$			
Kurşun-210	22 yıl		
↓ $\beta$			
Bizmut-210	5 gün		
↓ $\beta$			
Polonyum-210	140 gün		
↓ $\alpha$			
Kurşun-206	kararlı		

Şekil 1.  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$ 'un bozunma ürünleri (Çelebi 1995)

Doğada  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  den 20 kat daha bol bulunmaktadır. Radon atmosferde kurşun, polonyum, bizmut gibi ağır metal radyonükleidlerine bozunur ve solunan havadaki toz parçacıkları ve diğer maddelere yapışarak akciğerlere alınırlar. Radon gazı ve radon metalik bozunum ürünleri, alfa, beta parçacıkları ve gama ışınımı yayınlayıcıdır (Kam 2004).

Radon renksiz, kokusuz ve tatsız olduğu için duyu organlarıyla onun varlığını anlamak imkânsızdır. Ancak detektörlerle yaşadığımız, çalıştığımız binalardaki, havada ve yapı malzemelerinde, toprakta, suda ölçümler almak koşuluyla radonun varlığını teşhis edebiliriz. Solunan hava radon içeriyorsa bu kanser olma riskini artırır. Yapılan bilimsel çalışmalar

sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda günümüzde radon, akciğer kanserine yol açan sebepler arasında ikinci sırada gelmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) 2009'da yayınladığı rapora göre dünyadaki akciğer kanserine %3-%14 oranında radon sebep olmaktadır (WHO 2009). Solunum esnasında alınan ve radyoaktif parçalara bölünen radon gazı akciğerde tutulur. Bu parçacıklar bozunmaya devam eder. Oluşan alfa parçacıklarının enerjisi çarptığı yüzey tarafından emilir. İnsan cildi kalın olduğu için bundan etkilenmez ancak akciğer hücrelerini alfa parçacıkları etkileyebilir. Sonuç olarak, hücre hasarı ve ilerleyen zamanlarda da akciğer kanseri oluşabilir. Bununla birlikte, radon gazına maruz kalan herkeste akciğer kanserinin gelişeceği anlamı çıkarılamaz. Özellikle sigara içen bireylerde akciğer kanseri olma riskinin çok daha fazla olduğu söylenebilir. Radon gazı sigara ile birlikte "sinerjistik" etki gösterir. Başka bir deyişle, her iki olumsuzluğa aynı anda birlikte maruz kalınma durumunda oluşacak zarar ikisinin ayrı ayrı oluşturacağı zarardan daha büyük olacaktır.

Doğal radyasyona en fazla katkı, doğal çevrede bulunan  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$  radyonüklidleri ve bunların bozunum ürünleri olan  $^{226}\text{Ra}$  ile  $^{222}\text{Rn}$  radyonüklidlerinden kaynaklanmaktadır (Akdağ 2002). Doğal radyasyon seviyesini yükselten en önemli etkenlerden bir tanesi de, yer kabuğunda yaygın bir şekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin ( $^{226}\text{Ra}$ )

bozunması sırasında salınan "radon gazı"dır (IAEA 1996). İnsanlar genelde vakitlerinin büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirdikleri için radondan etkilenmeleri önemli bir sorun olarak görülmektedir. Radon, binanın civarı ve altındaki toprak ve kayalar, bina malzemeleri, doğal gaz, su kaynakları ve dışarıdaki hava gibi farklı kaynaklardan bina içerisine girer. Topraktaki ve yapı malzemelerindeki  $^{226}\text{Ra}$  miktarı, toprak ve yapı malzemelerinin difüzyon potansiyeli, nem oranı, toprakla temasta olan yapının izolasyon niteliği ve yüzey alanı, havalandırma kapasitesi, bina zemini, binadaki iklim koşulları, iç-dış hava, basınç ve sıcaklık farkı binalardaki radon seviyesini etkileyen temel unsurlardır (Tufaner 2011).

Kapalı mekânlarda radon seviyesinin kontrolü maksadıyla gerek ülkeler gerekse uluslararası kuruluşlar tarafından sınır değerler getirilmiştir. Söz konusu sınır seviyelerin aşılması durumunda, radon gazı radyoaktivite seviyelerini azaltıcı önlemlerin alınması önerilmektedir. Uluslararası Atom Enerji Ajansı Temel Güvenlik Standartları (IAEA-BSS) çerçevesinde, radon gazı radyoaktivitesi için önerilen konsantrasyonlar  $200\text{-}600\text{ Bq/m}^3$  olarak belirlenmiştir (Åkerblom 1999). Çizelge 1'den görüleceği üzere ülkemizde izin verilen radon gazı radyoaktivite seviyesi ise  $400\text{ Bq/m}^3$  olarak belirlenmiştir (RG 23999 2000).

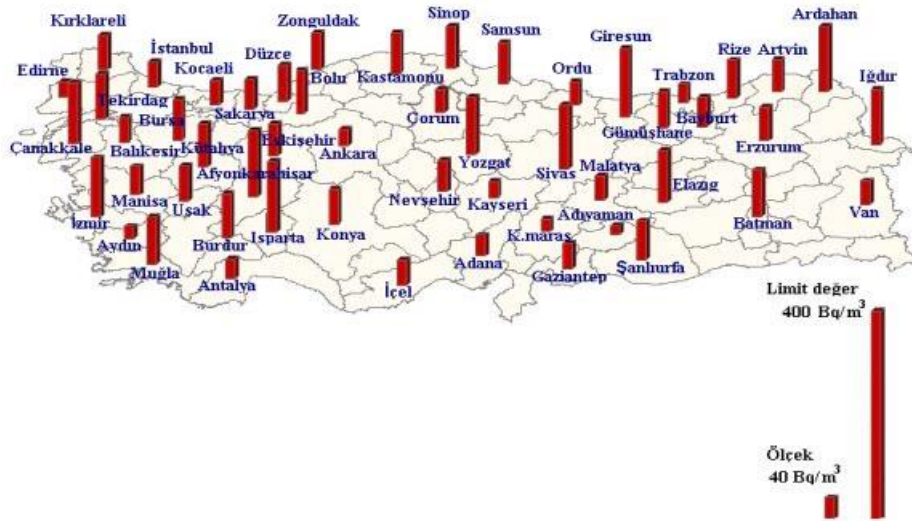
**Çizelge 1.** Bazı ülkeler ve uluslararası kuruluşlar tarafından benimsenen radon konsantrasyon limitleri ( $\text{Bq/m}^3$ )

A.B.D.	150	Hindistan	150	Norveç	200
Almanya	250	İngiltere	200	Rusya	200
Avustralya	200	İrlanda	200	<b>Türkiye</b>	<b>400</b>
Çin	200	İsveç	200	AB*	400
Danimarka	400	Kanada	800	ICRP**	400
Fransa	400	Lüksembourg	250	WHO***	100

\*Avrupa Birliği, \*\*Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi, \*\*\*Dünya Sağlık Örgütü

Evlerde radon radyoaktivite konsantrasyonu bütün dünyada 1970'ler den beri ölçülmektedir. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından kapalı ortamlarda radon radyoaktivite seviyelerinin tespitine

yönelik kapalı ortam radon seviyesi tespiti çalışmaları 1984 yılında başlatılmıştır. Şekil 2'de, TAEK tarafından yapılan çalışma sonuçlarının ortalama değerleri verilmiştir (Tufaner 2011).



Şekil 2. Türkiye’de kapalı ortamlarda ortalama radon konsantrasyonu (1984-2007)

Çalışmanın yürütüldüğü yerlerdeki evlerde ölçülen radon konsantrasyon değerleri, TAEK tarafından izin verilen radon konsantrasyon değeri olan  $400 \text{ Bq/m}^3$  değerinin oldukça altındadır. Bu verilere göre ülkemizde genel olarak meskun binaların, radon konsantrasyon seviyeleri incelendiğinde iç ortam havası açısından sağlıklı oldukları söylenebilir (Tufaner 2011).

Bu çalışmada Edirne’de ev-içi radon konsantrasyonu seviyesi ölçülmüş, tavsiye edilen limit değerler ile karşılaştırılmış ve yıllık efektif doz hesaplanarak ev içinde solunan radondan dolayı yıllık etkin doz eşdeğeri ve akciğer kanseri olma riski hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın amacı öncelikle, zamanlarının büyük bölümünü kapalı ortamlarda geçiren insanlara yol gösterici olmaktır. Bunun yanında, ev-içi radon konsantrasyonunu önleyici ve azaltıcı tedbirleri açıklamaktır. Ülkemizde bütün şehirlerin radon konsantrasyonları zamanla tespit edilmektedir. Bu çalışma, Edirne ilinde kapalı ortam radon konsantrasyonunu belirlemek üzere Türkiye’de kapalı ortamlardaki radon konsantrasyonlarının belirlenmesi çalışmasına bir katkı olarak hazırlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada, ev-içi radon konsantrasyonlarının ölçümleri pasif yöntemle, CR-39 plastik dedektörlerinin kullanımı ile yapılmıştır. Pasif nükleer iz dedektörü olarak, doğal fon alfa ışın izlerinin düşük olması nedeniyle,  $20 \times 20 \times 0.25 \text{ mm}$  boyutlarında ticari adı CR-39 olan alil diglikol karbonat plastik dedektörler kullanılmıştır. Dedektörler Şekil 3’teki plastik difüzyon kabı içine yerleştirilerek difüzyon kabı içerisine toz ve radonun katı ürünlerinin girmemesi için plastik bir kapakla kapatılmıştır.

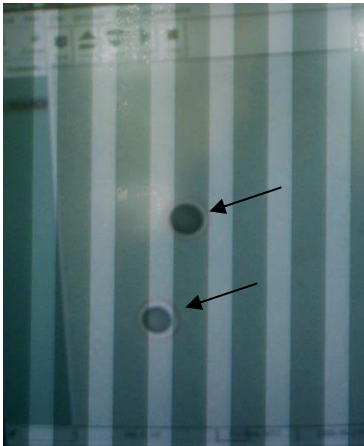


Şekil 3. Plastik difüzyon kabı

Radon ve bozunma ürünlerinin yayınladıkları alfa tanecikleri difüzyon kaplarının içine girerek dedektörle

etkileşmekte ve dedektör yüzeyinde gözle fark edilemeyecek çaplarda izler oluşturmaktadır. Edirne ilinin değişik semtlerinde önceden belirlenmiş 54 evde radon gazı radyoaktivite konsantrasyonları ölçülmüştür. Dedektörlerin yerleştirileceği evlerin belirlenmesinde, özellikle birinci kat veya yüksek giriş gibi zemine yakın meskenlere öncelik verilmiştir. Belirlenen evlerin yarısının eski yapı yarısının ise yeni yapı olmasına özen gösterilmiştir. Evlerde oturma odasına ve yatak odasına olmak üzere iki dedektör yerleştirilmiştir. Eğer oda hem oturma hem de yatak odası olarak kullanılıyorsa bir dedektör yerleştirilmiştir. Dedektörler 62 gün süreyle evlerde bekletilmiştir.

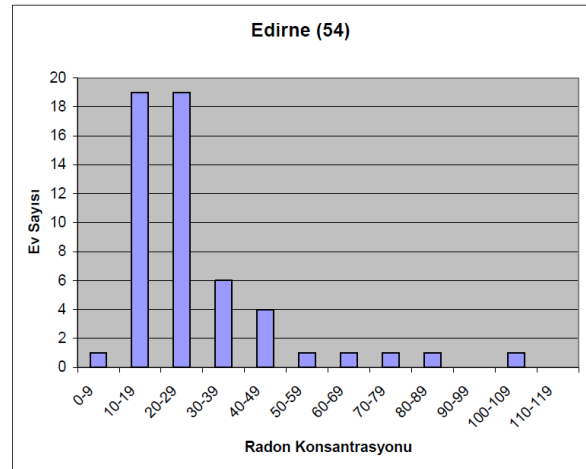
62 günlük gözlem süresi sonunda toplanan dedektörler üzerindeki alfa izlerinin tespit edilebilir hale getirilebilmesi için kimyasal iz kazıma işlemine başvurulmuştur. Bu işlem esnasında dedektörler %30 NaOH çözeltisinde, 60 °C sıcaklıkta banyo kabında 4 saat tutulmuştur. Daha sonra saf su ile iyice yıkanan dedektörler üzerindeki alfa izleri bilgisayar destekli Radosys 2000 radyasyon okuma cihazı ile Şekil 4'te gösterildiği gibi okutularak sayılmıştır.



Şekil 4. CR-39 plastiği üzerinde oluşan alfa izlerinin bilgisayar destekli Radosys 2000 radyasyon okuma cihazı ile tespiti

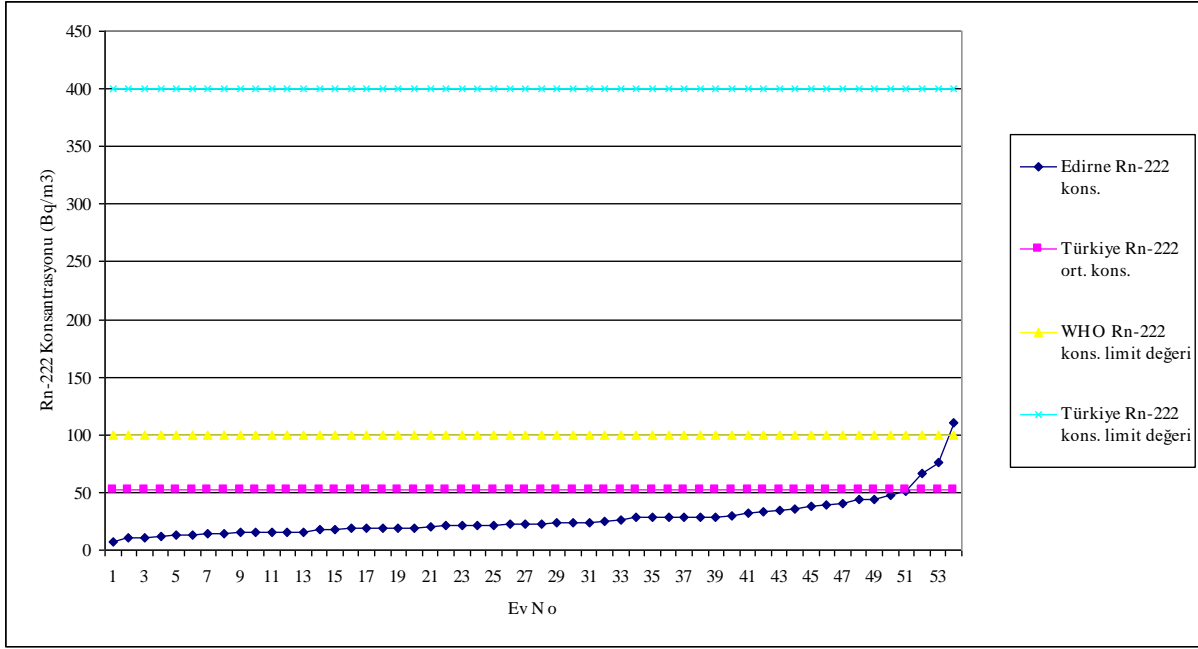
### 3. Bulgular ve Tartışma

Edirne yerleşim bölgesinde evlerde  $^{222}\text{Rn}$  konsantrasyonu 2 Bq/m<sup>3</sup> ile 125 Bq/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Oturma odası  $^{222}\text{Rn}$  aktivite aritmetik ortalaması 27 Bq/m<sup>3</sup>, yatak odası  $^{222}\text{Rn}$  aktivite aritmetik ortalaması 28.32 Bq/m<sup>3</sup>, tüm değerler için  $^{222}\text{Rn}$  aktivite aritmetik ortalaması 27.58 Bq/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Yatak odalarındaki radon konsantrasyonu, oturma odalarından daha yüksektir. Genel olarak oturma odalarının havalandırılma koşullarının yatak odalarına kıyasla daha iyi olmalarından dolayı böyle bir sonucun elde edilmesi şaşırtıcı olmamaktadır. Ayrıca yükseltilmiş tren yolu yakınlarında kalan bir evde 76 Bq/m<sup>3</sup> konsantrasyonunda  $^{222}\text{Rn}$  aktivitesi tespit edilmesi tren yolu için kullanılan dolgu toprağının daha yüksek oranlarda radon içerdiğini düşündürmektedir. Şekil 5 incelendiğinde  $^{222}\text{Rn}$  aktivite konsantrasyonunun evlerde genellikle 10–50 Bq/m<sup>3</sup> arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Ev sayısı  $^{222}\text{Rn}$  konsantrasyonu

Edirne yerleşim bölgesindeki ölçümler neticesinde 3 evin Türkiye ortalamasını 1 evin ise WHO limitlerini geçtiği görülmektedir. Şekil 6 incelendiğinde Edirne'de evlerdeki radon konsantrasyon değerlerinin, Türkiye'de solunum yoluyla müsaade edilen radon radyoaktivite seviyesi olan 400 Bq/m<sup>3</sup> değerinin oldukça altında olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Edirne <sup>222</sup>Rn konsantrasyonunun WHO ve Türkiye konsantrasyon limitleri ile kıyası

### 3.1. Evlerdeki Radondan Kaynaklı Efektif Doz

Evlerdeki radon kaynaklı yıllık efektif doz aşağıdaki formülle hesap edilebilir (Annex 2000; Charles 2001; Radiation ve Annex 2000):

$$D = C_{Rn} \cdot F \cdot (O) \cdot DCF$$

$C_{Rn}$ , radon aktivite konsantrasyonu ( $Bq/m^3$ ); F, bina içi ortamda radon ürünleri arasındaki denge faktörü (0.4); O, maruz kalma süresi (Bireylerin ortalama olarak zamanlarının %80'ini kapalı ortamlarda geçirdikleri dikkate alınırsa (7000 sa/yıl)), DCF, doz dönüşüm faktörü (radon için verilen etkin doz eşdeğeri, kanda çözünen radon ve sulardan alınan radon dozlarını kapsamaktadır ( $9 \text{ nSv}(Bqhm^{-3})^{-1}$ )).

$$D = 27.58 \text{ Bq/m}^3 \times 0.4 \times 7000 \text{ sa/yıl} \times 9 \text{ nSv}(Bqhm^{-3})^{-1} = 0.695 \text{ mSv/yıl}$$

Edirne ilinde evlerdeki ortalama  $27.58 \text{ Bq/m}^3$  konsantrasyonla yıllık yaklaşık olarak radondan  $0.695 \text{ mSv}$  efektif doza maruz kalındığı bulunmuştur.

Ev içi radon gazının solunumu ile alınan yıllık etkin doz eşdeğerlerini hesaplamak için solunumla dokuya nüfuz

ederek çözünen radondan ileri gelen doz eşdeğeri ise şu şekilde hesap edilmektedir:

$$\text{Ortalama Radon Konsantrasyonu} \times \text{Ev İçi Meşgüliyet Faktörü} \times 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ mSv/yıl}$$

$$= 27.58 \text{ Bq/m}^3 \times 0.80 \times 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ mSv/yıl} = 0.033 \text{ mSv/yıl}$$

$$\text{Böylece; Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri} = 0.695 \text{ mSv/yıl} + 0.033 \text{ mSv/yıl} = 0.728 \text{ mSv/yıl} \text{ olarak elde edilmiştir.}$$

Radondan dolayı dünya genelinde alınan yaklaşık yıllık doz  $1.3 \text{ mSv}$ 'dir. Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP), evlerdeki radon gazı radyoaktivite seviyelerine sınırlama getirmiştir. ICRP eski ve yeni evlerde yaşayanlar için yılda sırasıyla  $20$  ve  $10 \text{ mSv}$ 'den fazla doz alınmaması gerektiğini belirtmiştir. Bu değerler sırasıyla  $400 \text{ Bq/m}^3$  ve  $200 \text{ Bq/m}^3$  radon gazı radyoaktivite seviyelerine karşılık gelmektedir (Nilgün 1994; Wilson ve ark., 1994).

Bu değerlere göre Edirne'de evlerde tespit edilen ortalama  $27.58 \text{ Bq/m}^3$ 'lik radon radyoaktivite seviyesi,  $0.695 \text{ mSv/yıl}$  etkin doz eş değerine karşılık gelmektedir. Radon radyoaktivite seviyesinin  $400$

Bq/m<sup>3</sup> olması halinde insanlarda akciğer kanserine % 6 oranında sebebiyet verebileceği ifade edilmiştir (Smith 1988). Buna verilere göre Edirne ilinde ortalama olarak 27.58 Bq/m<sup>3</sup> seviyelerinde radon kaynaklı doğal radyasyona maruz kalınması, % 0.41 oranında akciğer kanseri riskini getirmektedir. Bulunan değerler verilen referans değerler ile kıyaslandığında Edirne ilinde halkın, yaşadığı çevredeki doğal radyoaktivite açısından fazladan bir riske maruz kalmadığı düşünülmektedir. Ancak radon gazının sigara ve hava kirleticileri ile birleşerek solunması ile sinerjistik bir etkinin ortaya çıkabileceği unutulmamalıdır. Ayrıca topraktan bina içine radon sızmasını azaltmak için yalıtım yapılması, duvar çatlaklarının kapatılması ya da bina içine sızmış olan radon konsantrasyonlarının azaltılabilmesi için kapalı ortamların düzenli bir şekilde havalandırılması gibi basit tedbirler ile radon solunumundan kaynaklanan riskin büyük ölçüde bertaraf edilmesi mümkün olabilmektedir.

#### 4. Sonuçlar

Edirne'deki evlerde iç ortam radon radyoaktivite seviyeleri düşük (0-49 Bq/m<sup>3</sup>), orta (50-100 Bq/m<sup>3</sup>) ve yüksek (100> Bq/m<sup>3</sup>) olmak üzere üç kısımda değerlendirildiğinde; düşük 50 (%92.6) ev, orta 3 (%5.6) ev ve yüksek 1 (%1.8) ev olarak belirlenmiştir. Burada oransal olarak en büyük payın düşük radyoaktivite seviyelerinin bulunduğu grupta olduğu görülmektedir. Ölçümlerde, özellikle toprak seviyesine yakın veya altında olan evlerde radon aktivitesi daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Ölçüm sonuçları ICRP'nin önerileri doğrultusunda TAEK'in belirlediği kapalı ortamlarda maksimum müsaade edilebilir radon gazı konsantrasyon limitine (400 Bq/m<sup>3</sup>) göre incelendiğinde, tespit edilen sonuçların genellikle 10 – 50 Bq/m<sup>3</sup> arasında değişim gösterdiği ve ortalama radon gazı radyoaktivite seviyelerinin bu sınır değerden oldukça aşağıda olduğu görülmektedir. Çalışmanın yapıldığı evlerden sadece bir tanesinin WHO sınır değerini (100 Bq/m<sup>3</sup>) aştığı

görülmüştür. Elde edilen çalışma sonuçlarına göre, insan sağlığına olabilecek etkileri bakımından evlerde radon gazı ve bozunma ürünlerinden kaynaklanan radyoaktivitenin endişe edilecek boyutlarda olmadığı söylenebilir. Ancak, mevcut durumun daha geniş bir şekilde incelenebilmesi için Edirne'de daha detaylı radon gazı radyoaktivite ölçümleri ile beraber epidemiolojik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca doğal radyasyon seviyesinin belirli periyotlarla ölçümü yapılarak kontrolünün sağlanmasında da fayda görülmektedir.

Bu çalışmada radon gazına maruziyet sonucunda alınan yıllık etkin eşdeğer doz 0.728 mSv olarak tespit edilmiştir. Edirne halkının radondan aldığı doz nedeniyle akciğer kanseri olma riski %0.41 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, verilen referans değerler ile kıyaslandığında Edirne ilinde halkın, yaşadığı çevrede doğal radyoaktivite açısından fazladan bir riske maruz kalmadığı düşünülmektedir.

#### Öne çıkanlar

- Edirne evlerinde radon radyoaktivite konsantrasyonları 2 Bq/m<sup>3</sup> ile 125 Bq/m<sup>3</sup> arasındadır,
- Evlerin radon gazı radyoaktivite ortalaması ise 27.58 Bq/m<sup>3</sup>'tür,
- Radon gazına maruziyet sonucunda alınan yıllık etkin eşdeğer doz 0.728 mSv'dir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar çıkar çatışması olmadığını bildirmiştir.

#### ORCID

Fatih TUFANER, ID: 0000-0002-1286-7846

#### Kaynaklar

AKDAĞ, S.G. İstanbul'un eski ahşap evleri ve civarındaki betonarme binaların; hava, toprak ve yapı malzemelerindeki radon, radyum konsantrasyonlarının

- tayini ve kıyaslaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fizik Anabilim Dalı, 2002.
- ÅKERBLOM, G. Radon legislation and national guidelines. *Swedish Radiation Protection Inst.*, 1999.
- ANNEX, J. Exposures and effects of the Chernobyl accident. Sources and Effects of Ionizing Radiation: The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR, 451-566, 2000.
- CHARLES, M. UNSCEAR Report 2000: sources and effects of ionizing radiation. *Journal of Radiological Protection*, 21, 83, 2001.
- IAEA. International Atomic Energy Agency, Radiation Safety, IAEA Division of Public Information, 96-00725, 1996.
- KAM, E. Tekirdağ'ın çevresel doğal radyoaktivitesinin tayini, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, FBE, 2004.
- NİLGÜN, G. Nükleer enerji ve çevre. Sek yayınları, Ankara, 1994.
- ÇELEBİ, N. Çevresel örneklerde uranyum radyum ve radon ölçüm tekniklerinin geliştirilmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fizik Anabilim Dalı, 1995.
- Organization, W.H.O. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. World Health Organization, 2009.
- Radiation, U.N.S.C.o.t.E.o.A., Annex, B. Exposures from natural radiation sources. New York, United Nation, 2000.
- SMITH, H. Lung cancer risk from indoor exposure to radon daughters. *Radiology*. 167, 580-580, 1988.
- SURBECK, H. The search for radon sources. Second workshop on radon monitoring in radioprotection environmental and/or earth sciences. SMR/ 598-3, ICTP, Italy, 1991.
- T.C. Resmi Gazete Tarih/Sayı: 24.03.2000 / 23999. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği.
- TUFANER, F. Doğal radon emisyonunun insan sağlığına etkileri ve alınması gereken tedbirler. *Çankırı Araştırmaları Dergisi*. 6:7, 75-87, 2011.
- UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation. United Nations sales publication No.E.88.IX.7. New York, 1988.
- WILSON, G., MARTINDALE, C., SORANSON, J., BOURHIS, J., CARL, U., MCNALLY, N. Radiation-induced cell cycle delay measured in two mouse tumors in vivo using bromodeoxyuridine. *Radiation Research*. 137, 177-185, 1994.