

ÇORUM İLİNDE RADON GAZI ÖLÇÜMÜ

Sefa Uzbey^{1*}, Nilgün Çelebi²

Hitit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, ÇORUM
Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM), İSTANBUL

Yerkabuğunda bulunan çok uzun yarı ömürlü doğal radyoaktif kaynakların ve bunların bozunma ürünlerinin toprak, kayalar, yapı malzemeleri, gıda maddeleri, su ve hava gibi çevresel ortamlardaki varlığı, insanların maruz kaldığı radyasyon ışınlanmalarının temelini oluşturmaktadır. Radon, uranyumun bozunumu sonucu oluşan radyumdan gelen ve doğada bulunan tek radyoaktif gazdır [1]. Radon gazının kaynağının uranyum olması ve uranyumun her yerde farklı miktarlarda bulunması nedeni ile ortamdaki radon değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Türkiye’de TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu)’in Radyasyon Güvenliği Yönetmeliğinde radon için izin verilen konsantrasyon seviyeleri yıllık ortalama olarak evlerde 400 Bq/m³, işyerlerinde 1000 Bq/m³ olarak belirlenmiştir [2]. Bu çalışmada Çorum İlini temsil edebilecek şekilde, il merkezi ve ilçelerde örnekleme birimleri olarak; kamu binaları, konutlar ve işyerleri belirlenmiştir. Belirlenen yerlere radon gazı ölçüm detektörleri yerleştirilirken toprak seviyesine yakın alanlar tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; 14 adet kamu binasında ortalama 71,71 Bq/m³, 15 adet işyerinde ortalama 32,26 Bq/m³ ve 46 adet konutta ortalama 42,34 Bq/m³ düzeylerinde radon gazı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çorum, Radon gazı, Ölçüm

RADON GAS MEASUREMENT IN ÇORUM

The existence of the natural radioactive sources in earth’s crust which has long half-life and the degradation products of these in the environmental medium such as earth, rocks, foods, water, air, forms the basis of radiation which people are exposed to. Radon is the unique radioactive gas in the nature and it is made up of radium which is the result of uranium degradation. It is necessary to determine the radon concentration because of the difference in the concentration of uranium existence in different places. TAEK (Turkey Atom Energy Corporation) allows 400 Bq/m³ of radon concentration at houses, 1000 Bq/m³ at offices per year. In this attempt, government buildings, houses and offices were determined as the sampling places in Çorum city center and towns to represent Çorum. While disposing the radon measuring detectors, places which are close to the ground level were preferred. 74 radon detectors were left in those places for 60 days and in the end the detectors were collected while discontinuing the connection of environment and they were assessed. According to the results, the average radon gas concentration in 14 government buildings is 71,71 Bq/m³, in 15 offices 32,26 Bq/m³ and at houses 42,34 Bq/m³.

Key Words: Çorum, Radon Gas, Measurement

* sefauzbey_@hotmail.com

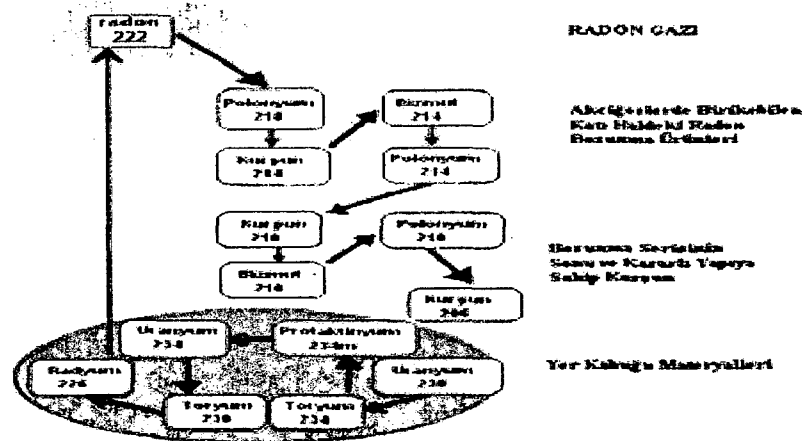
1.GİRİŞ

Radon renksiz, gözle görülmez, tatsız, kokusuz ve radyoaktif bir gazdır. Radyoaktif olmasına karşın kimyasal olarak inaktif olup soy gazlar ailesine mensuptur. 1899 yılında Ernest Rutherford ve 1900 yılında Friedrich Ernest Dorn tarafından keşfedilen radon gazı alfa parçacığı yaymakta olup, insanların maruz kaldığı doğal radyasyonun en önemli kaynağını oluşturmaktadır [3].

Özellikle soğuk havalarda evlerin ısıtılması sonucu evdeki basınç az, dışarıdaki basınç fazla olduğundan radon konsantrasyonu yükselmektedir. Aynı durum rüzgarlı havalarda için de geçerlidir. Yaz aylarında iyi havalandırılmış işyeri ve evlerde dışarı ile basınç farkı olmayacağı için ortamdaki radon seviyesi azalmaktadır.

Radon gazı duyu organları ile gözlenememekte, varlığı ve şiddeti ancak özel olarak tasarlanmış cihazlar vasıtasıyla belirlenebilmektedir [4].

Radonun asıl kaynağının uranyum olması nedeniyle radon konsantrasyonu yer kabuğu üzerinde bölgeden bölgeye değişiklikler göstermektedir. Radon ev ortamının yanında özellikle maden ocaklarında, tünellerde, mağaralarda ve yeraltı sularında daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır.



Şekil 1. U-238'in bozunma şeması

2. RADON VE BOZUNUM ÜRÜNLERİ

2.1. Radon

Radon 1900 yılında F. E. Dorn tarafından keşfedilmiş ve havadaki varlığı, ilk olarak 1901 yılında Elster ve Geitel tarafından bulunmuştur. Simgesi Rn, atom numarası 86 olan radon renksiz, doğada bütünüyle radyoaktif olarak bulunan bir gazdır. Radon, doğada var olan üç temel radyoaktif bozunma serisinin tek gaz ürünüdür. Bu bozunma zincirlerinin ana atomları bütün doğal malzemelerde bulunabilir. Bu nedenle radon, tüm yüzey kaya ve toprak parçalarından ve yapı malzemelerinden ortama salınır [5, 6]. Radon, yeryüzünde bulunan tüm radyasyon kaynakları içerisinde en yüksek doza maruz kalınan doğal radyasyon kaynağıdır.

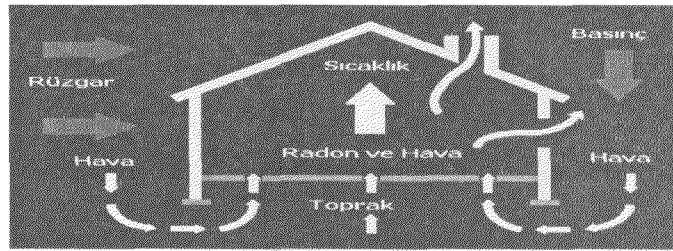
Radon, topraktaki radyumun bozunumuyla oluştuktan sonra atmosfere yayılır. Radonun, kuru topraktaki bozunmadan önce ortalama yayılma mesafesi yaklaşık 1 m' dir. Toprakta bulunan radonun yaklaşık % 50'si, yüzeyden 1 m derinlikte ve yaklaşık % 75'i de 2 m içinde oluşur [7]. Radonun havadaki yayılma hızı yüksek olup radon ve ürünleri atmosferin her yerinde bulunur. Bu nedenle radon konsantrasyonlarının yüksek olduğu bölgeler olası uranyum rezervi madenlerinin ipuçlarını vermektedir [8].

Radonun 27 izotopu vardır. Üç temel izotopu olan ^{222}Rn , ^{220}Rn ve ^{219}Rn sırasıyla uranyum, toryum ve aktinyum bozunum serilerine ait radyoaktif gazlar olup sırasıyla radon, toron ve aktinon olarak da bilinmektedir. Bu izotoplarının yarı ömürleri sırasıyla 3,82 gün, 55,6 sn ve 3,96 sn [5,6]. ^{220}Rn ve ^{219}Rn ' un yarı ömürlerinin çok kısa olması nedeniyle ortam havasına karışarak oluşturabilecekleri konsantrasyonlar düşüktür. Doğada ^{222}Rn , ^{220}Rn den 20 kat daha bol bulunmaktadır. Bu yüzden yapılan radon çalışmalarında özellikle ^{222}Rn üzerinde durulmuştur.

2.2. Bina İçi Radon Konsantrasyonu

Genelde insanlar zamanlarının hemen hemen %90'ını kapalı mekânlarda geçirdikleri için radona maruz kalmaları önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Evlerde radon ölçümü ilk kez 1956 yılında İsveç'te yapılmıştır. Bazı evlerde çok yüksek konsantrasyonda radon bulunmasına rağmen bunun söz konusu ölçüm bölgesine özel istisnai bir durum olduğu düşünülmüştür. Ancak 20 yıl kadar sonra tüm dünyada değişik ülkelerde geniş ölçekli sistematik çalışmalar başlatılmıştır [9].

Radonun büyük bir kısmı, binalara, altındaki toprak ya da kayalardan girmektedir (Şekil 2). Toprak boyunca yükselerek binanın altında sıkışan radon ve diğer gazlar, basınç oluştururlar. Evlerdeki hava basıncı genelde topraktaki basınçtan daha düşüktür. Binanın altındaki bu yüksek basınç nedeniyle gazlar çatlak ve boşluklardan, bina içine sızarlar [10].



Şekil 2. Ev içi radon konsantrasyonuna etki eden faktörler

Radon havadan ağırdır ve yerden genellikle 50 cm mesafede kalma eğilimindedir. Ayrıca özel bir mekanizma söz konusu değilse evin içerisindeki basınç dışarıdaki basınçtan biraz daha düşüktür. Bu nedenle kapalı ortamdaki hava binada kalma eğilimindedir [9]. Bununla birlikte binaların üst katlarındaki radon yoğunlukları, zemin katlardakinden daha az olmaktadır [11].

2.3. Radon Ölçüm Yöntemleri

Günümüzde kullanılan pek çok radon ölçüm tekniği bulunmaktadır. Bu ölçüm teknikleri değişik şekilde sınıflandırılabilir. Radon ve bozunum ürünlerini ölçmek için, aktif ölçüm yöntemi ve pasif ölçüm yöntemi olmak üzere iki temel yöntem geliştirilmiştir [12].

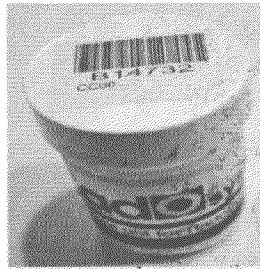
Aktif ölçüm yöntemi, elektronik sistemler, pompalar, güç kaynakları gibi cihazlar gerektirmektedir. Aktif sistemde iyon odaları, sintilasyon hücreleri veya spektroskopik sayım cihazları kullanılmaktadır. Pasif ölçüm yönteminde ise termoluminesans detektörler veya pasif nükleer iz detektörleri selüloz nitrat (LR-115) veya alil diglikol karbonat (CR-39) kullanılır.

3. DENEY VE KALİBRASYON İŞLEMLERİ

TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu)'in Türkiye'nin Radon Haritasının çıkarılması kapsamında yapılan bu çalışmada tarafıma yaklaşık 100 adet CR-39 Radon Detektörleri gönderildi. Bu detektörler daha önce belirlenen çeşitli konut, işyeri ve kamu binalarına yerleştirildi. Detektör yerleştirilen yerlerin toprak zeminin hemen üstü olmasına dikkat edildi. Her detektör için konulan yerin özelliklerini belirten bir form dolduruldu. Detektörleri yerleştirme esnasında insanlara detektörlerin ne olduğu ve ne amaçla konulduğu anlatıldı. Radona maruz kalmaması için Alüminyum folyeye sarılmış olan detektörler yerleştirme esnasında alüminyum folyeden çıkarılarak evlerin içinde uygun bir yere yerleştirildi. Yerleştirilen detektörler ortalama 2 ay (60 gün) civarında konulan yerde muhafaza edildi. Bu süre sonunda detektörler toplanırken dış ortamla bağlantısını kesmek için alüminyum folyelere sarıldı. Bütün detektörler bu şekilde toplandıktan sonra deneysel işlemler yapılmak üzere ÇNAEM' e götürüldü. ÇNAEM'de gerekli deneysel işlemler ilgili kişilerle birlikte yapıldı.

3.1. CR-39 Plastik ve Radon Difüzyon Kabı

Pasif nükleer iz detektörleri olarak, doğal fon alfa ışını izlerinin düşük olması nedeniyle ticari adı CR-39 ve yapısı "allil diglikol karbonat" olan plastik detektörler tercih edilmiştir. Radon dozimetreleri ve detektörlerin değerlendirme sistemi Macaristan'da bulunan RADOSYS firmasından temin edilmiştir. CR-39 detektörleri 1x1 cm boyutlarında kesilmiş ve numaralandırılmış olarak Şekil 3'te gösterilen ø23mm x 40mm boyutlarında plastik kaplar içine yerleştirilmiştir.

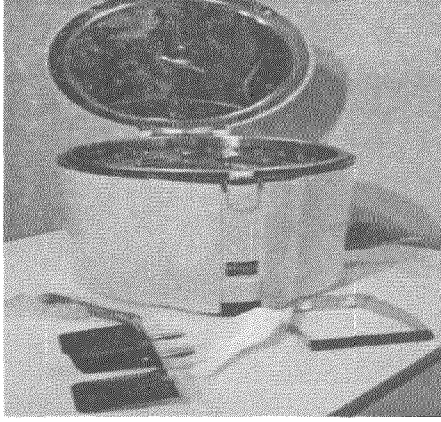


Şekil 3. Radon Dozimetresi

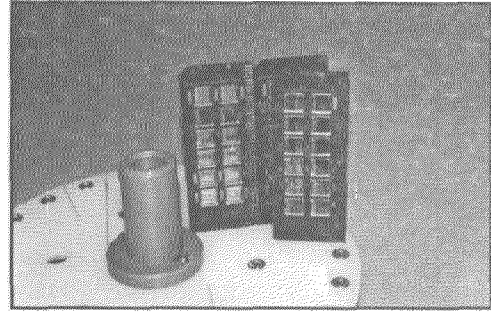
3.2. Kimyasal İz Kazıma Ünitesi

Toplanan detektörlere, üzerindeki alfa izlerinin görülebilir hale getirilebilmesi için kimyasal iz kazıma işlemi uygulanmaktadır. İz kazıma işlemi Şekil 5'te görülen banyo ünitesinde gerçekleştirilir. Bu işlem için detektörler öncelikle içinde buldukları dozimetre kabından çıkartılır ve Şekil 5' da verilen görülen her biri on iki adet detektör alan slaytlara yerleştirilerek kimyasal iz kazıma işlemine hazır hale getirilir.

Kimyasal iz kazıma işlemi için ilk olarak 4 litre saf su, banyo ünitesi içine doldurulduktan sonra suyun sıcaklığının 60°C ye gelmesi beklenir. Daha sonra banyo ünitesindeki saf suya toplam 1 kg NaOH, her biri 25 gram olacak şekilde ayarlanmış bir ölçü kabıyla birer dakika aralıklarla yaklaşık 40 dakika süren bir işlem sonunda eklenir.



Şekil 4. Radon banyo sistemi



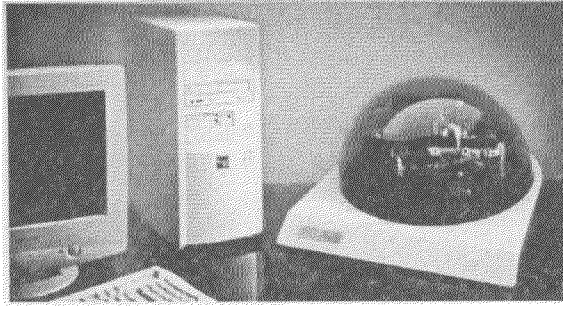
Şekil 5. Slaytlara yerleştirilmiş detektörler

İşlemin bu şekilde gerçekleştirilmesinin nedeni, NaOH ile su tepkimesi ekzotermik bir tepkime olduğu için yüksek miktarda ısı açığa çıkmasıdır. Bu işlemten sonra slaytlara yerleştirilmiş şekilde bekleyen detektörler banyo ünitesine yerleştirilerek kimyasal iz kazıma işlemi başlatılır. Yaklaşık 4 saat süren bu işlemin ardından slaytlar banyo ünitesinden dışarıya alınır ve banyo ünitesinde bulunan NaOH içeren saf su boşaltılır. Daha sonra % 25 oranında asit bileşeni içeren (asit bileşeni olarak sıklıkla üzüm sirkesi tercih edilir) saf su banyo ünitesine konulan detektörlerin, bu karışımla 1-2 dakika yıkanması sağlanır. Banyo ünitesi tekrar boşaltıldıktan sonra banyo ünitesinin içine 4 lt. saf su konularak detektörlerin saf su ile yıkanması sağlanır. Yıkama işleminin bitmesinin ardından detektörler yaklaşık 1 saat bekletilerek kurumaları sağlanır. Kuruyan detektörler okuma işlemine hazır hale gelmiştir.

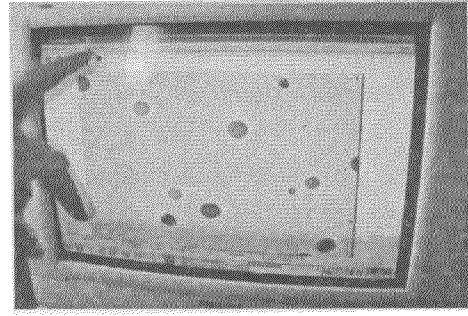
3.3. Radon İz Okuma Sistemi

Radon iz okuma sistemi (Şekil 6), bilgisayara bağlı 500 büyütmeli bir mikroskop ve yazılımdan oluşmaktadır. İçinde CR-39 detektörlerinin bulunduğu slaytlar optik okuyucu sistemine yerleştirilir. Otomatik radon iz okuma sistemi her bir detektörü 144 eşit parçaya bölerek detektörlerdeki izleri sayar. Detektörlerin araştırma boyunca binalarda bekletilme süreleri bilgisayara girilerek her bir detektörün bulunduğu ortamın radon aktivite konsantrasyonu ve ortam radon yoğunluğu yazılım tarafından hesaplanır. Şekil 7’de sistemin bilgisayar ekranında görülebilen alfa izleri yer almaktadır.

Radon konsantrasyonu belirlenirken detektörlerin fon değerinin (background) tespit edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için kullanılmamış detektörler ile araştırma esnasında kullanılan—detektörler aynı okuma işlemlerine tabi tutulmuş ve araştırma sırasında kullanılan



Şekil 6 : Otomatik iz okuma sistemi izleri

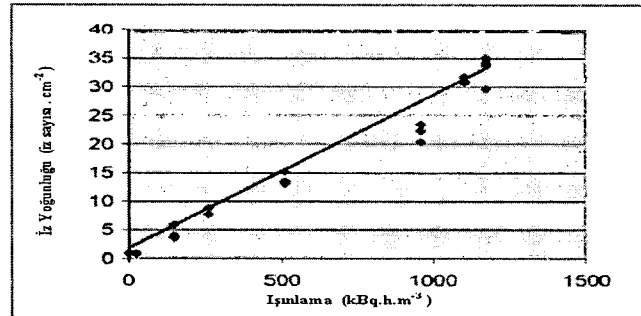


Şekil 7. Bilgisayar ekranında görülebilen alfa izleri

detektörlerin iz yoğunluğu ile kullanılmayan detektörlerin iz yoğunlukları farkından net iz yoğunluğu bulunmuştur. İz sayısından hareketle radon aktivite konsantrasyonunun bulunabilmesi için, bilinen radon aktivite konsantrasyonlarına karşı gelen iz yoğunlukları ile elde edilen kalibrasyon eğrisi Şekil 9'da verilmektedir (Radosys, 2000). Kullanılan Radosys sistemi için kalibrasyon faktörü $2,58 \text{ iz sayısı.cm}^{-2}.\text{Bq.h}^{-1}.\text{m}^3$ olmaktadır. Buna göre net iz yoğunluğu, kalibrasyon faktörü ve detektörlerin ortamda kalma süreleri kullanılarak ortamdaki radon aktivite konsantrasyonları Denklem 1 kullanılarak belirlenmektedir.

$$\text{RAC} = (D - D_f) / S T \quad (1)$$

Bu denklemde RAC radon aktivite konsantrasyonunu, D ve D_f sırasıyla radona maruz kalmış ve kalmamış detektörlerin iz yoğunluğunu (iz sayısı. cm^{-2}), S kalibrasyon faktörünü (iz sayısı. $\text{cm}^{-2}.\text{Bq.h}^{-1}.\text{m}^3$), T ise detektörlerin binalarda kalış süresini (saat) ifade etmektedir.



Şekil 8. Kalibrasyon eğrisi

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Yapılan ölçümler sonucunda aşağıdaki tablolarda verilen sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçları Kamu binaları, konutlar ve iş yerleri olarak ayrı ayrı verdiğimizde aşağıdaki sonuçlara ve grafiklere ulaşılmıştır.

Tablo 1. Kamu binalarına yerleştirilen yerler

| No | Detektör No | Kamu Binasının Adı | Radon Konsantrasyonu (Bq/m ³) |
|----|-----------------|----------------------------------|---|
| 1 | G15218 | Hürriyet İ.Okulu. | 115 |
| 2 | G15212 | Kocatepe İ.Okulu | 33 |
| 3 | G15201 | Dodurga Devlet Hastanesi Lojmanı | 25 |
| 4 | G15189 | Mehmetçik Lisesi | 135 |
| 5 | G15185 | M.Y.Okulu Kazan Dairesi | 37 |
| 6 | G15186 | İlçe sağlık Ocağı Lojmanı | 30 |
| 7 | G15181 | YİBO Lojmanı | 211 |
| 8 | G15165 | Müze Müdürlüğü Deposu | 43 |
| 9 | G15137 | Kocatepe İ.O. | 97 |
| 10 | G15134 | Meteoroloji | 54 |
| 11 | G15113 | YİBO (Laboratuar) | 54 |
| 12 | G14755 | Dr.Sadık Ahmet İ.O. | 6 |
| 13 | G14722 | Tarım İl Müdürlüğü | 10 |
| 14 | G14713 | İlahiyat Fakültesi Kazan Dairesi | 45 |
| | Ortalama | | 71,71 |

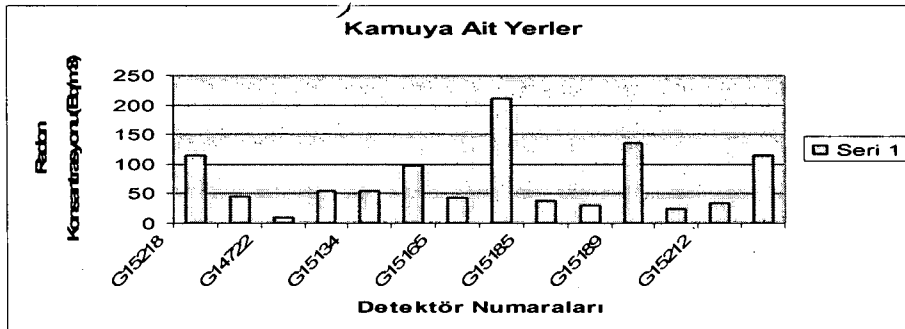
Tablo 2. Konutlara binalarına yerleştirilen yerler

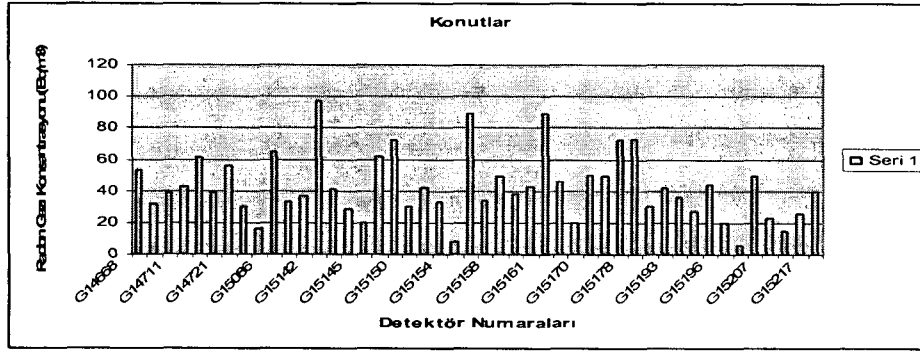
| No | Detektör No | Konulan Yer | Radon Konsantrasyonu (Bq/m ³) |
|----|-------------|-----------------------------|---|
| 1 | G14668 | Düz giriş | 53 |
| 2 | G14697 | Kazan Dairesi | 32 |
| 3 | G14700 | Körücek Köyü | 39 |
| 4 | G14711 | S.M.Y.Okulu Personeli | 43 |
| 5 | G14719 | Düz giriş | 61 |
| 6 | G14720 | Gecekondu | 39 |
| 7 | G14721 | Şahıs-bodrum kat | 56 |
| 8 | G14723 | Uğur(S.M.Y.O) | 30 |
| 9 | G14764 | Düz giriş | 16 |
| 10 | G15086 | Konut | 65 |
| 11 | G15105 | Konut | 33 |
| 12 | G15132 | Laçın ilçesi | 37 |
| 13 | G15142 | Oğuz Gurbetoğlu(Düz giriş) | 97 |
| 14 | G15143 | Konut | 41 |
| 15 | G15144 | Gecekondu | 29 |
| 16 | G15145 | Şahıs bağ evi | 20 |
| 17 | G15147 | Bağ evi | 62 |
| 18 | G15149 | Zafer Türkmen | 72 |
| 19 | G15150 | Kapıcı dairesi(Düz giriş) | 30 |
| 20 | G15151 | Konut | 42 |
| 21 | G15153 | Şahıs-Konut | 33 |
| 22 | G15154 | Bağ evi-İçeridere B. | 8 |
| 23 | G15156 | Laçın İlçesi | 89 |
| 24 | G15157 | Gecekondu | 34 |
| 25 | G15158 | İsmail H.Çıkman Öğrenci evi | 49 |
| 26 | G15159 | Dodurga İlçesi | 38 |
| 27 | G15160 | Düz giriş | 43 |
| 28 | G15161 | Köy evi-Alaca | 89 |
| 29 | G15163 | Öğrenci evi | 46 |
| 30 | G15169 | Öğrenci evi | 20 |
| 31 | G15170 | Konut | 50 |
| 32 | G15172 | Bağ evi(İlca bağları) | 49 |
| 33 | G15173 | Kazan dairesi | 72 |

| | | | |
|----|-----------------|----------------------|--------------|
| 34 | G15178 | Bağ evi | 73 |
| 35 | G15187 | Kapıcı dairesi | 30 |
| 36 | G15192 | Körücek Köyü | 42 |
| 37 | G15193 | Bağ evi | 36 |
| 38 | G15194 | Sungurlu Akdere Köyü | 27 |
| 39 | G15195 | Köy evi-Alaca | 44 |
| 40 | G15196 | Şahıs konut | 20 |
| 41 | G15198 | Laçın İlçesi | 6 |
| 42 | G15204 | Kapıcı Dairesi | 49 |
| 43 | G15207 | Çiftlik Köyü | 23 |
| 44 | G15213 | Dodurga ilçesi | 15 |
| 45 | G15216 | Umut Eren | 26 |
| 46 | G15217 | Laçın ilçesi | 40 |
| | Ortalama | | 42,34 |

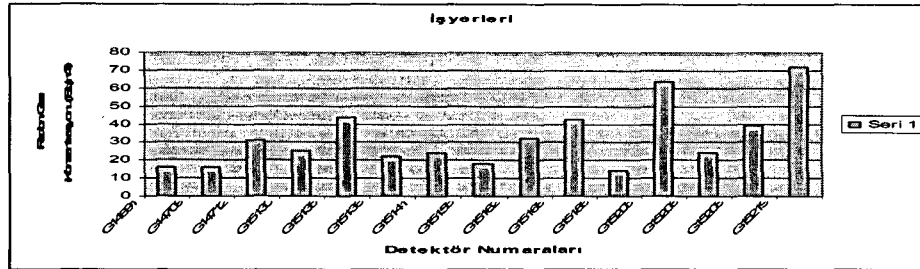
Tablo 3. İşyerlerine yerleştirilen yerler

| No | Detektör No | İşyerinin Adı | Radon Konsantrasyonu (Bq/m ³) |
|----|-----------------|----------------------------------|---|
| 1 | G14691 | Bodrum kat-kırtasiye | 16 |
| 2 | G14709 | Nokta dershanesi Kazan dairesi | 16 |
| 3 | G14712 | Köytür piliç | 31 |
| 4 | G15130 | Kuyumcu | 25 |
| 5 | G15135 | Şahıs | 44 |
| 6 | G15136 | Boyacı | 22 |
| 7 | G15141 | Çiçekçi-bodrum kat(Mevsim Çiçek) | 24 |
| 8 | G15155 | Zekine Aslan | 18 |
| 9 | G15162 | Leblebici | 32 |
| 10 | G15168 | Yağcı Muharrem | 43 |
| 11 | G15188 | Kardeşler oto makas | 14 |
| 12 | G15205 | Seçer Emlak | 64 |
| 13 | G15206 | Kuafor(Arif) | 24 |
| 14 | G15208 | Buhara evler Mah.Muhtırlığı | 39 |
| 15 | G15219 | Eylül Kız Öğrenci Yurdu | 72 |
| | Ortalama | | 32,26 |

Grafik 1. Kamuya ait yerlerde radon konsantrasyon değerleri(Bq/m³)



Grafik 2. Konutlarda radon konsantrasyon değerleri(Bq/m³)



Grafik 3. İşyerlerinde radon konsantrasyon değerleri(Bq/m³)

5.TARTIŞMA VE YORUM

Her ne kadar dikkat edilirse de doğal radyasyondan tamamen kaçınamayız. Ancak çeşitli önlemlerle bunu minimum seviyeye indirebiliriz. Kapalı alanlar için radon görünmez bir tehlike arz etmektedir. Evlerimizde kapalı alan olduğu için bu tehlike söz konusudur ancak alınacak bazı önlemlerle ev içlerine radon girişi azaltılabilir .

Radonun asıl kaynağının uranyum olması nedeniyle radon konsantrasyonu yer kabuğu üzerinde bölgeden bölgeye değişiklikler göstermektedir. Bu nedenle radon konsantrasyonunda da ilden ile değişiklikler olmuştur [13].

2009 yılına kadar 5012 evde radon ölçümü yapılmış ve Türkiye evleri radon konsantrasyonu aritmetik ortalaması 85 ± 48 Bqm⁻³ olarak hesaplanmıştır. [TAEK].

Çorum'da yapılan bu çalışmada ise ev, iş yeri ve kamu kuruluşunda ortalama radon gazı konsantrasyonu $42,03$ Bq/m³ olarak bulunmuştur. Buna karşın iş yerlerindeki radon gazı ortalaması $32,26$ Bq/m³, konutlarda $42,34$ Bq/m³ ve kamu binalarında ise bu değer $71,71$ Bq/m³ olduğu görülmektedir. Buna göre Çorum'da ki radon gazı konsantrasyonunun ortalaması Türkiye ortalamasından 20 Bq/m³ daha az olduğu görülmektedir.

Kamu binalarında radon gazı konsantrasyonunun yüksek çıkmasının nedenlerinin araştırılması ve özellikle kamu binalarında daha geniş kapsamlı bir çalışma yapılması düşünülebilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Celebi, N., Konutlarda Radon Konsantrasyon Değerlerinin Yapı Biyolojisi Açısından İncelenme, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Ekim 2007, İzmir, s. 397-402
- [2] Yönetmelik, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, Resmi Gazete, sayı:23999, 24 Mart 2000.
- [3] <http://www.epa.gov/iaq/radon>
- [4] ICRP-65, 1993. Protection against ^{222}Rn at home and work, International Commission on Radiological Protection (ICRP), Annals of ICRP, Publication No. 65, Oxford: Pergamon Press.
- [5] Evans, Robley D., Engineers' Guide to the Elementary Behavior of Radon Daughte, August 1969 - Volume 17 - Issue 229-256,1969
- [6] Evans, R.D., 1969: Engineers' Guide to the Elementary Behavior of Radon Daughters. Health Physics.17
- [7] Lichtenstein, P.; Holm, N. V.; Verkasalo, p. K.; Iliadou, A.; Kaprio, j.; Koskenvuo, M.; Pukkala, E.; Skytthe, 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.
- [8] Kumbur H., ZEREN O., Koksall M., ÖZÇINAR B., 1997: İçel'de evlerde radon düzeylerinin araştırılması TAEK.
- [9] Güler Ç., Radon Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Bölüm 4, Ankara 1997
- [10] Çelebi, 1995 Çevresel örneklerde uranyum, radyum ve radon ölçüm tekniklerinin geliştirilmesi, İstanbul Üniversitesi · Fen Bilimleri Enstitüsü
- [11] Kumbur H., ZEREN O., Koksall M., ÖZÇINAR B., 1997: İçel'de evlerde radon düzeylerinin araştırılması TAEK.
- [12] URBAN, M., and PIESCH, E. Low-Level Environmental Radon Dosimetry with a Passive Track Etch Detector Device. Radiation Protection Dosimetry, 1, 97-109, 1981.
- [13] ÇELEBİ N., TAŞDELEN M., KOPUZ G., ULUĞ A. (2000): Antalya Evlerinde Radon Konsantrasyon Ölçümleri, 2000 GAP-Çevre Kongresi, Vol 2, 1053-1058.