Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:45 IRST on Sunday February 19th 2017

Original article

Assessment of Concentration and the Annual Effective Dose of Radon Gas in Imam Hospital Indoor Air

Kobra Verij kazemi[1*]
Nabiollah Mansouri[2]
Faramarz Moattar[3]
Seyed Mostafa Khezri[4]

1- PhD of Environmental Engineering, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University of Tenran, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran
3- Professor, Faculty of Environment and Energy, Islamic Azad University of Tehran, Iran
4- Associate Professor, Faculty of Environment, Islamic Azad University of Tehran, West Branch of Tehran, Tehran, Iran

***Corresponding author:** Kobra Verij kazemi, Department of Environmental Engineering, Graduate School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Email: kobraverijkazemi116@gmail.com

Received: 22 March 2016
Accepted: 29 June 2016

ABSTRACT

Introduction and purpose: Exposure to natural sources of radiation, especially radon and its short-term products, is an important issue around the world. Radon exposure causes lung cancer in humans. Therefore, the aim of this study was to measure the concentration of radon gas and its annual effective dose in Imam Hospital of Tehran, Iran and to compare its concentrations with the recommended standards.

Methods: Radon levels and meteorological parameters (temperature, pressure, and moisture) were measured in different levels and in four seasons, using Radstar and Lutron Electronic devices, respectively, during June 2014-June 2015. The collected data were analyzed through SPSS 18. Annual effective dose was calculated, using the equation for annual effective dose introduced by Scientific Committee of the United Nations.

Results: The highest concentration of radon and annual effective dose were observed in the winter, which were 82/15 Bq/m3 and0/48 ms/y, respectively. Furthermore, concerning the various levels, the highest concentration was observed in the lowest level (56/1 Bq/m3).

Conclusion: The results of the current study demonstrated that radon concentration was lower than the standards set by Environmental Protection Agency and World Health Organization. Regarding this, there are not concerns about the possible dangers of radon gas activities for the personnel and patients of the hospital.

Keywords: Annual effective dose, Hospital, Lung cancer, Radon

▶ **Citation**: Verijkazemi K, Mansouri N, Moattar F, Khezri SM. Assessment of Concentration and the Annual Effective Dose of Radon Gas in Imam Hospital Indoor Air. Journal of Health Research in Community. Summer 2016;2(2): 1-8.

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:45 IRST on Sunday February 19th 2017

مقاله پژوهشی

بررسی غلظت و دوز مؤثر سالانه گاز رادون در هوای داخل بیمارستان امام (ره) تهران

کبری وریج کاظمی[1*]
نبی‌اله منصوری[2]
فرامرز معطر[3]
مصطفی خضری[4]

۱. دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۲. دانشیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۳. استاد، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۴. دانشیار، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: کبری وریج کاظمی، دانشکده محیط زیست وانرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحدعلوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

Email: kobraverijkazemi116@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۹

چکیده

مقدمه و هدف: یکی از علل سرطان ریه، گاز رادون منتشرشده از منابع طبیعی است؛ بنابراین هدف از مطالعه حاضر، اندازه‌گیری غلظت گاز رادون و دوز مؤثر سالانه آن در بیمارستان امام (ره) تهران و مقایسه غلظت‌های آن با استانداردهای توصیه شده بود.

روش کار: اندازه‌گیری سطوح رادون و پارامترهای هواشناسی (دما، فشار و رطوبت) در طبقات مختلف و در چهار فصل سال ۱۳۹۳ به‌ترتیب با استفاده از دستگاه Radstar و Lutron Electronic انجام شد و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار SPSS 18 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. دوز مؤثر سالانه نیز، با استفاده از معادله دوز مؤثر سالانه معرفی و توسط کمیته علمی سازمان ملل متحد محاسبه گردید.

یافته‌ها: بیشترین غلظت رادون مربوط به فصل زمستان با مقدار ۸۲/۱۵ بکرل بر متر مکعب و دوز مؤثر سالانه ۰/۴۸ میلی‌سیورت در سال و از بین طبقات مختلف، طبقه زیرزمین بیشترین غلظت به میزان ۵۶/۱ بکرل بر متر مکعب گزارش شد.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌های حاصل از این پژوهش، با توجه به اینکه غلظت‌ها، پایین‌تر از استانداردهای EPA و WHO بوده‌اند؛ در نتیجه نگرانی در مورد خطرات ناشی از فعالیت گاز رادون برای کارکنان و بیماران در این بیمارستان وجود ندارد.

کلمات کلیدی: بیمارستان، رادون، دوز مؤثر سالانه، سرطان ریه

◄ **استناد:** وریج کاظمی، کبری؛ منصوری، نبی‌اله؛ معطر، فرامرز؛ خضری، مصطفی. بررسی غلظت و دوز مؤثر سالانه گاز رادون در هوای داخل بیمارستان امام (ره) تهران. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، تابستان ۱۳۹۵؛۲(۲): ۸-۱.

مقدمه

رادون یک گاز رادیواکتیو، بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه بوده که از گازهای نادر به‌شمار می‌آید. غلظت این گاز، در هوای آزاد اندک است؛ اما در محیط‌های بسته، غلظت و سطح آن افزایش می‌یابد [۱]. این گاز به‌طور طبیعی دارای خاصیت رادیواکتیو بوده و منشأ تشکیل آن اورانیوم موجود در ترکیب صخره‌ها و خاک است؛ در نتیجه مقدار رادون انتشاریافته به درون ساختمان‌ها، به جنس صخره‌ها و خاکی که خانه بر روی آن ساخته شده است، بستگی دارد [۲]. گاز رادون بعد از بیرون آمدن از خاک، از طریق

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:45 IRST on Sunday February 19th 2017

هر فضای بازی که جریان هوا بتواند از آن عبور کند، به داخل ساختمان نفوذ می کند [۱۱]. مصالح ساختمانی خاص با غلظت بالای رادیوم و حتی آب خانگی با غلظت بالای رادون، می‌توانند سهم مهمی در مواجهه با رادون در داخل ساختمان داشته باشند [۴،۵].

ورود گاز رادون که منتشرکننده ذرات آلفا است، از طریق تنفس، خوردن و آشامیدن به بدن، دوز دریافتی سیستم تنفسی و گوارش را افزایش داده و موجب اثرات زیستی در این ارگان‌ها می‌شود [۶،۷]. مهم‌ترین اهمیت بهداشتی گاز رادون برای انسان، افزایش ابتلا به سرطان ریه ناشی از استنشاق این گاز می‌باشد [۸،۹].

به‌دلیل مخاطرات بهداشتی ناشی از مواجهه با گاز رادون، بررسی آن امروزه رایج‌ترین موضوع مطالعه در تعیین رادیواکتیویته محیطی است؛ به‌گونه‌ای که در ایران و بسیاری از کشورها در سطح وسیعی مطالعه شده است. در پژوهش پیرصاحب و همکاران در بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، سطوح رادون وتورون و متوسط دوز مؤثر ناشی از آن‌ها در تمامی بیمارستان‌ها، پایین‌تر از مقادیر توصیه‌شده بوده و بیشترین غلظت رادون در بخش ICU گزارش شد [۱۰]. در مطالعه منتظرابدی و همکاران در خوابگاه‌های دانشگاه علوم پزشکی کرمان در سال ۱۳۸۸، به کمتر از حد استاندارد بودن گاز رادون در تمامی خوابگاه‌ها اشاره شده است [۱۱]. نتایج تحقیق یوسفی و همکاران نیز، نشان داد که غلظت گاز رادون در نزدیک سه درصد منازل مسکونی شهر گرگان، بیش از حد استاندارد EPA (۱۴۸ بکرل بر متر مکعب) می‌باشد [۱۲]. میانگین غلظت گاز رادون در مطالعات حداد و همکاران (۲۰۱۱) در ۳۱۱ منزل مسکونی در شهر شیراز، ۹۴ بکرل بر متر مکعب و نیز غلظت آن در طبقات پایین‌تر نسبت به طبقات بالاتر بیشتر گزارش شد [۱۳]. در مطالعه مولوی و همکاران (۲۰۱۰) در ۱۵۰ آپارتمان در شهر مشهد، غلظت گاز رادون تنها در ۵/۳ درصد آن‌ها بیش از استاندارد WHO (۱۰۰ بکرل بر متر مکعب) بوده است [۱۴]. سهرابی و سلیمانیان در پژوهش خود بر روی مناطق پایین و بالای شهر رامسر، میانگین سالانه دوز مؤثر گاز رادون را، بین ۷۱/۴-۴۸/۲ میلی‌سیورت در سال گزارش دادند [۱۵]. با توجه به مطالعه حداد و همکاران در سال ۲۰۰۷ در شهرهای شمالی ایران، بیشترین میزان رادون به‌ترتیب در شهرهای رامسر، لاهیجان، اردبیل، سرعین و نمین مشاهده شد [۱۶]. در میان ساختمان‌های عمومی، مدارس و بیمارستان‌ها اغلب به‌دلیل جمعیت بالای مراجعه‌کننده به این اماکن، از اولویت بالاتری برخوردار هستند. با توجه به اینکه در حال حاضر، هیچ‌گونه اطلاعاتی در خصوص پرتوافکنی گاز رادون در ساختمان‌های عمومی شهر تهران وجود ندارد، این مطالعه با هدف بررسی سطح گازهای رادون در بیمارستان امام (ره) تهران که یکی از مراکز درمانی دانشگاه علوم پزشکی تهران است و از قدیمی‌ترین بیمارستان‌های ایران به سبک امروزی با قدمتی بیش از هفتاد سال و از لحاظ اقدامات درمانی بزرگ‌ترین بیمارستان خاورمیانه می‌باشد، صورت گرفت.

روش کار

در این مطالعه اندازه‌گیری‌های گاز رادون با استفاده از دستگاه Radstar مدل RS 800 ساخت کشور آمریکا، به‌طور پیوسته با زمان‌های نمونه‌برداری یک‌ساعته در داخل بخش‌های مختلف بیمارستان امام (ره) تهران که بیمارستانی جامع با مراجعه و قدمتی بالا و در انتهای بلوار کشاورز واقع در منطقه ۶ شهری می‌باشد، صورت گرفت. این دستگاه با اندازه‌گیری نور منتشرشده از ذرات، میزان آن‌ها را نشان می‌دهد؛ به‌طوری که شدت نور منتشرشده از ذرات تابعی از اندازه آن‌ها در غلظت‌های واحد است و ذرات کوچک‌تر نور بیشتری را نسبت به ذرات بزرگ‌تر در واحد حجم منتشر می‌کنند. تعداد نمونه‌ها، ۱۶۸ نمونه بوده که نمونه‌برداری‌ها از ایستگاه‌های داخل بیمارستان با توجه به اهداف تحقیق و اهمیت بخش‌ها در بخش‌های استریلیزاسیون (طبقه زیرزمین)، ICU، جراحی مغز و اعصاب (طبقه اول)، جراحی ۵ و ۱ (طبقه دوم)، جراحی ۴ و ۳ (طبقه سوم)، جراحی قلب (طبقه چهارم) و قلب زنان (طبقه پنجم)، در چهار فصل سال ۱۳۹۳ صورت پذیرفت. پس از انتخاب ایستگاه‌های اندازه‌گیری، دستگاه در محلی با فاصله‌ی حداقل ۲-۰/۸ متر از کف در منطقه تنفسی، ۵۰ سانتی‌متر از سقف، ۴۰ سانتی‌متر از دیوار و ۲۰ سانتی‌متر

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:45 IRST on Sunday February 19th 2017

از وسایلی که مانع جریان طبیعی هوا در اطراف آشکارساز شود، قرار داده شد. همچنین سعی شد تا در حد امکان، محل قرارگیری دستگاه در معرض جریانات ایجادشده توسط سیستم گرمایشی، تهویه، درها، پنجره‌ها و فن‌ها قرار نگیرد [۱۷،۱۸]. برای به‌دست آوردن نتایج واقعی سطوح غلظت‌های گاز رادون در محیط‌های مورد بررسی، پس از ۶۰ دقیقه نمونه‌برداری و در معرض قرارگیری دستگاه با هوای محیط و در شرایط یکسان، نتایج ثبت گردید [۱۹]. همچنین به‌منظور تعیین ارتباط بین پارامترهای هواشناسی (دما، فشار و درصد رطوبت نسبی(RH)) با گاز رادون، هم‌زمان با استفاده از دستگاه Lutron Electronic مدل MHB-RS 38SD اندازه‌گیری‌ها انجام شد و سپس داده‌ها به نرم‌افزار SPSS 18 منتقل و با واریانس چندمتغیره (ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به‌منظور در نظرگرفتن نقش پرتوها در بروز اثرات زیستی و نیز بیماری‌هایی نظیرسرطان ریه، دوز مؤثر سالانه که درواقع دوز مؤثر ناشی از استنشاق هوای حاوی گاز رادون در بیمارستان می‌باشد، بررسی شد. در برآورد دوز مؤثر سالانه ناشی از رادون داخل ساختمان، آنچه باید مد نظر قرار گیرد، ضریب تبدیل دوز جذب‌شده از هوا به دوز مؤثر و زمان سکونت در محیط داخل ساختمان است. براساس گزارش کمیته علمی سازمان ملل متحد در مورد تشعشعات اتمی (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR) در سال ۲۰۰۰، مقدار ۹ نانوسیورت بر ساعت در هر بکرل بر متر مکعب، به‌عنوان فاکتور تبدیل برای رادون (دوز مؤثر دریافتی توسط بزرگسالان در هر واحد فعالیت رادون در واحد حجم هوا) استفاده شد؛ بنابراین دوز مؤثر در داخل ساختمان بر حسب میلی‌سیورت بر سال برای رادون از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$HRn=CRn.F.T.D$$

در این معادله CRn غلظت رادون اندازه‌گیری‌شده بر حسب بکرل بر متر مکعب، F فاکتور تعادل داخل ساختمان (۰/۴) و T زمان سکونت در داخل ساختمان است که بر حسب ساعت در سال وD فاکتور تبدیل دوز ۹×۱۰^{-۶} میلی‌سیورت بر سال، به ازای هر بکرل بر متر مکعب می‌باشد [۱۶].

یافته‌ها

غلظت گاز رادون در فصول و طبقات مختلف بیمارستان، متفاوت بوده؛ بدین صورت که در فصل زمستان با میانگین ۸۲/۱۵ بکرل بر متر مکعب، بیشتر از سایر فصول (جدول ۱) و در بررسی طبقات مختلف، غلظت گاز رادون با میانگین ۵۶/۱ بکرل بر متر مکعب در زیرزمین بیشترین و در طبقه پنجم با مقدار ۲۰/۸ بکرل بر متر مکعب کمترین میزان مشاهده شد (جدول ۲ و نمودار ۱). دوز مؤثر سالانه ناشی از گاز رادون نیز، در فصل زمستان و در طبقه زیرزمین بیشتر از سایر فصول و طبقات بود (جدول ۱ و ۲). در همبستگی گاز رادون با عوامل هواشناسی، مشخص شد که دما با گاز رادون دارای ارتبا ط معنی‌دار نمی‌باشد؛ ولی عامل فشار و رطوبت با گاز رادون ارتباط معنی‌داری دارد که فشار عامل قوی‌تری قلمداد شد (نمودار ۴-۲).

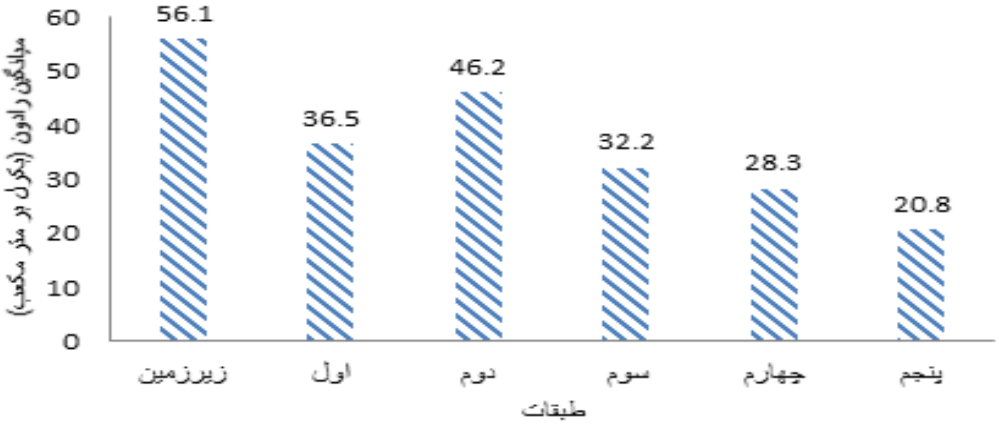
جدول ۱: میانگین غلظت رادون و دوز مؤثر ناشی از آن در فصول مختلف

فصول	تعداد نمونه	بیشترین غلظت رادون (بکرل بر متر مکعب)	کمترین غلظت رادون (بکرل بر متر مکعب)	میانگین غلظت رادون (بکرل بر متر مکعب)	انحراف معیار	دوز مؤثر سالانه (میلی‌سیلوت در سال)
بهار	۴۲	۹۳/۱	۱۰/۱۴	۵۳/۸	۴۵/۲۱	۰/۳۱
تابستان	۴۲	۹۲/۸	۱۵/۳۲	۶۴/۷	۵۸/۳۹	۰/۳۷
پاییز	۴۲	۱۰۴/۵	۱۷/۹	۷۷/۲۳	۶۵/۱۴	۰/۴۵
زمستان	۴۲	۱۱۴/۴۲	۲۱/۲۳	۸۲/۱۵	۷۴/۱۹	۰/۴۸

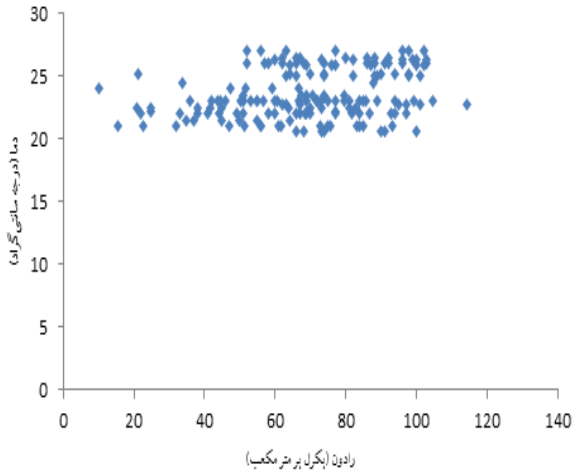
Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:45 IRST on Sunday February 19th 2017

جدول ۲: میانگین غلظت رادون و دوز مؤثر ناشی از آن در طبقات مختلف بیمارستان

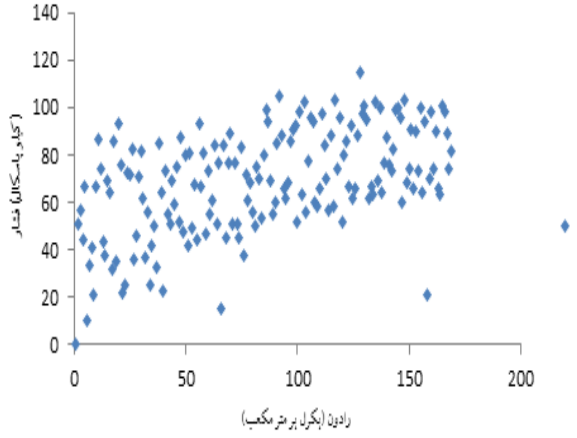
طبقات	تعداد نمونه	بیشترین غلظت رادون (بکرل بر متر مکعب)	کمترین غلظت رادون (بکرل بر متر مکعب)	میانگین غلظت رادون (بکرل بر متر مکعب)	انحراف معیار	دوز مؤثر سالانه (میلی‌سیلوت در سال)
B (زیرزمین)	۲۸	۹۶/۳	۲۰/۴	۵۶/۱	۴۲/۱۳	۰/۳۲
اول	۲۸	۶۸/۶	۱۳/۸	۳۶/۵	۲۹/۴۱	۰/۲۱
دوم	۲۸	۷۲/۵	۱۵/۱	۴۶/۲	۳۶/۲۴	۰/۲۶
سوم	۲۸	۶۱/۴	۱۱/۴	۳۲/۲	۲۳/۵۱	۰/۱۸
چهارم	۲۸	۴۳/۱	۸/۶	۲۸/۳	۲۱/۷۱	۰/۱۶
پنجم	۲۸	۲۳/۵	۶/۲	۲۰/۸	۱۵/۱۲	۰/۱۲



نمودار ۱: مقایسه مقادیر میانگین رادون اندازه‌گیری‌شده در طبقات مختلف بیمارستان

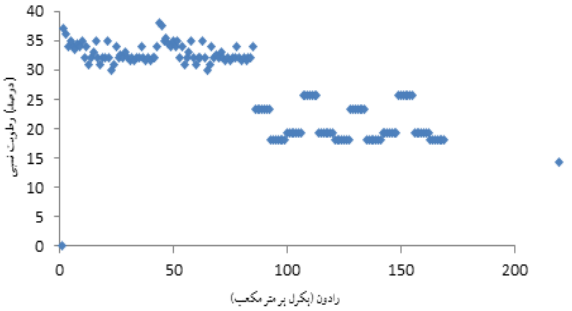


نمودار ۲: ارتباط بین گاز رادون با عامل دما در بیمارستان



نمودار ۳: ارتباط بین گاز رادون با عامل فشار در بیمارستان

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:45 IRST on Sunday February 19th 2017



نمودار ۴: ارتباط بین گاز رادون با درصد رطوبت نسبی در بیمارستان

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر که در قدیمی‌ترین بیمارستان شهر تهران صورت گرفته؛ به تأثیر پارامترهای مختلف بر غلظت گاز رادون و نیز دوز مؤثر سالانه آن جهت ارزیابی ریسک مواجهه کارکنان و بیماران با گاز رادون در هوای داخل بیمارستان پرداخته شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داده که در طبقات مختلف به‌علت کاربری‌های متفاوت و در فصول مختلف به‌علت شرایط آب وهوایی متفاوت، میزان مختلفی از گاز رادون مشاهده شده است؛ بدین صورت که در فصل پاییز و زمستان به‌علت بسته بودن فضا که خود باعث تجمع گاز رادون می‌شود و نیز تهویه و رقیق‌شدگی کمتر آن، سطوح غلظت‌های این گاز بیشتر از سایر فصول مشاهده شد. Narayana و همکاران در مطالعه خود در کشور هند و علی حسن در بیمارستان‌های شهر اربیل نیز، مقادیر گاز رادون، در فصل زمستان را بیشتر از سایر فصول گزارش نمودند [۲۰،۲۱]. از بین طبقات، طبقه زیرزمین (بخش استریلیزاسیون)، با میانگین غلظت ۵۶/۱ بکرل بر مترمکعب، غلظتی بیشتر از سایر طبقات داشت که علت آن را می‌توان نزدیکی به قشر زمین که منشأ تشعشعات گاز رادون است، مرتبط دانست که با نتایج پژوهش حداد و همکاران (۲۰۱۰) همسو می‌باشد. حداد و همکاران میانگین غلظت گاز رادون را، ۹۴ بکرل بر متر مکعب و غلظت آن در طبقات پایین‌تر نسبت به طبقات بالاتر ساختمان، بیشتر مشاهده نمودند [۱۳]. Munich و همکاران و همچنین Hussein و همکاران در مطالعات خود، در طبقه زیرزمین غلظت‌های بیشتری از گاز رادون را گزارش نمودند و نتیجه گرفتند که با افزایش طبقات به‌تدریج از میانگین غلظت‌ها کاسته می‌شود [۲۱،۲۲]. به‌منظور تعیین ارتباط بین پارامترهای مختلف هواشناسی و گاز رادون، از مدل رگرسیونی استفاده شد. در این مدل، رادون به‌عنوان متغیر پاسخ و پارامترهای مختلف هواشناسی (فشار، دما و درصد رطوبت نسبی) به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که در نهایت تنها فشار در روش رگرسیونی گام به گام، در مدل باقی می‌ماند. در واقع عامل دما با گاز رادون دارای ارتباط معنی‌داری نیست؛ ولی عامل فشار و رطوبت ارتباط معنی‌دار با گاز رادون دارند ($P<۰/۰۵$)؛ به‌طوری که فشار هوا عامل قوی‌تری بوده و با گاز رادون نسبت مستقیم داشته است. به‌طور کلی گاز رادون در کلیه بخش‌ها و فصول، کمتر از حد مجاز توصیه‌شده توسط WHO (۱۰۰ بکرل بر متر مکعب) و استاندارد EPA (۱۴۸ بکرل بر متر مکعب) بوده است. این نتایج منطبق با نتایج مطالعه سحرابی و همکاران می‌باشد که غلظت گاز رادون به‌ترتیب در ۲۰۶ منزل مسکونی تهران، بابلسر و گنبد ۸۰، ۸۴ و ۸۸ بکرل بر متر مکعب گزارش شد [۱۵]. در مطالعه‌ای بر روی آپارتمان‌های شهر مشهد، غلظت رادون در ۳۵ درصد از ساختمان‌ها کمتر از حد مجاز بوده است [۱۴]. دوز مؤثر سالانه در بیمارستان امام (ره) تهران کمتر از استاندارد توصیه‌شده ICRP (۱ میلی‌سیورت بر سال) بوده که در مطالعه سقطچی و همکاران در شهر زنجان نیز، میزان دوز مؤثر سالانه ساکنان، ۰/۸۷ میلی‌سیورت در سال گزارش شده که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد؛ ولی زکریا و همکاران در تحقیقی در بیمارستان‌های عراق این میزان را، بیش از یک (۱/۴۳ میلی سیورت در سال) گزارش کرده‌اند [۲۳،۲۴]. به‌طور کلی پایین بودن غلظت رادون، حاکی از پایین بودن محتوای رادیوم و همچنین تخلخل یا به اصطلاح نفوذپذیری پایین خاک منطقه است؛ چراکه محتوای رادیوم و نفوذپذیری زمین زیر ساختمان، معرف‌های مناسبی برای

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:45 IRST on Sunday February 19th 2017

غلظت رادون داخل ساختمان هستند [۲۵]. از آنجایی که منشأ اصلی گاز رادون خاک زیر ساختمان است؛ بنابراین غلظت رادون بسته به نوع خاک منطقه، تخلخل آن، ترک‌ها و منفذهای موجود در پی ساختمان و نیز الگوهای متفاوت تهویه در ساختمان‌های مختلف و از منطقه‌ای به منطقه دیگر و از ساختاری به ساختار دیگر میزان متفاوتی خواهند داشت [۲۶]. باید توجه نمود که در محیط داخل بیمارستان امام (ره) تهران، میزان تبادل بالای هوا ناشی از میزان رفت و آمد بالای افراد، تا حد زیادی باعث کاهش غلظت رادون درکلیه‌ی بخش‌ها شده است. گاز رادون با توجه به منبع تولیدی آن، می‌تواند از طریق ترک‌های موجود در کف ساختمان، اتصال دیوارها به کف، ترک دیوارها، حفره‌های بین بلوک‌های بتونی که پر نشده‌اند، به‌تدریج وارد ساختمان شود و بسته به جریان و فشار هوا، در داخل ساختمان تجمع یابد. به‌علت بهسازی اساسی در بیمارستان، ترک‌هایی در داخل ساختمان مشاهده نشده و علاوه بر آن تردد بالای افراد در محیط داخل بیمارستان، استفاده از سیستم تهویه طبیعی (پنجره باز) به جای تهویه مرکزی و دوجداره نبودن پنجره‌ها، تا حد زیادی باعث افزایش تبادل هوای داخل با بیرون شده؛ بنابراین غلظت گاز رادون، در کلیه بخش‌ها کاهش یافته است و نگرانی ریسک‌های ناشی از گاز رادون برای کارکنان و بیماران در این بیمارستان وجود ندارد.

قدردانی

از همکاری صمیمانه مدیریت و کارکنان زحمتکش بیمارستان امام (ره) کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

1. Ahmad N, Matiullah AH, Khatibeeh AJ. Comparative studies of indoor radon concentration levels in Jordan using Cr-39 based bag and cup dosimeters. Health Phys 1998; 75(1):60-2.
2. Ziqiang P, Binglin X. United nations scientific committee on the effects of atomic radiation (UNSCEAR) and its forty-ninth session. Radiat Protect 2000; 20(5):312-7.
3. De Guarrini F, Vascotto M. A radon survey in kindergartens of Trieste and Gorizia districts (North East of Italy). Int J Med Biol Environ 2000; 28(2):115-22.
4. Kearfott KJ. Preliminary experiences with 222Rn gas Arizona homes. Health Phys 1989; 56(2):169-79.
5. Li X, Zheng B, Wang Y, Wang X. A study of daily and seasonal variations of radon concentrations in underground buildings. J Environ Radioact 2006; 87(1):101-6.
6. World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. In WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Geneva: World Health Organization; 2010. P. 347-69.
7. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). National primary drinking water regulations; radio nuclides; proposed rules. Federal Regist 1991; 56(138):33050.
8. International Agency for Research on Cancer (IARC). Man-made mineral fibres glass wool (group 2B) glass filaments (group 3) rockwool (group 2B) slagwool (group 2B) ceramic fibres (group 2B). Lyon, France: Summaries and Valuation; 1988. P. 39.
9. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Protection against Rn-222 at home and at work. Oxford, New York: ICRP Publication; 1994. P. 65.
10. Pirsaheb M, Najafi F, Haghparast A, Azizi E, Hemati L. Effective dose and concentration of radon and thoron gases at hospitals of Kermanshah University of Medical Sciences (2012). J Kermanshah Univ Med Sci 2014; 18(6):362-70.
11. Montazerabadi AR, Ahmadian M, Vahed

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:45 IRST on Sunday February 19th 2017

MR, Yousefi N, Fatehizadeh A, Borhani P, et al. Evaluation of 222Rn rate in medical dormitory of Kerman city. Iran J Radiat Res 2012; 10(3-4):171-5.
12. Yousefi Z, Naddafi K, Tahamtan M, Zazouli MA, Koushki Z. Indoor radon concentration in gorgan dwellings using CR-39 detector. J Mazandaran Univ Med Sci 2014; 24(113):2-10 (Persian).
13. Hadad K, Hakimdavoud MR, Hashemi-Tilehnoee M. Indoor radon survey in Shiraz-Iran using developed passive measurement method. Iran J Radiat Res 2011; 9(3):175-82.
14. Mowlavi AA, Fornasier MR, Binesh A, De Denaro M. Indoor radon measurement and effective dose assessment of 150 apartments in Mashhad, Iran. Environ Monit Assess 2012; 184(2):1085-8.
15. Sohrabi M, Solaymanian AR. Indoor radon level measurements in some regions of Iran. Int J Radiat Appl Instrument 1988; 15(1):613-6.
16. Hadad K, Doulatdar R, Mehdizadeh S. Indoor radon monitoring in northern Iran using passive and active measurements. J Environ Radioact 2007; 95(1):39-72.
17. World Health Organization. WHO Hand book on indoor radon: a public health perspective. Geneva: World Health Organization; 2009. P. 89-90.
18. Hesami Z. Tehran indoor air quality modeling with emphasis on radon gas radiation and particles on Tehran official building. [Phd Thesis]. Tehran, Iran: Science and Research Branch, Islamic Azad University; 2013.
19. Ashornezhad M. Evaluation of radon concentration in Ramsar city. The First National Conference on Environment, Energy and Biodefense, Meybod, Iran; 2013.
20. Narayana Y, Somashekarappa HM, Karunakara N, Balakrishna KM, Siddappa K, Kumar S, et al. Seasonal variation of indoor radon levels in coastal Karnataka on the south-west coast of India. Radiat Measurem 1998; 29(1):19-25.
21. Munich Z, Karpińska M, Kapała J, Kozak K, Mazur J, Birula A, et al. Radon concentration in hospital buildings erected during the last 40 years in Białystok, Poland. J Environ Radioact 2004; 75(2):225–32.
22. Hussein ZA, Jaafar MS, Ismail AH. Effects of floor levels and ventilation rate on indoor radon and its progeny inside Iraqi Kurdistan hospitals. Int J Environ Res 2013; 2(2):44-8.
23. Saghatchi F, Salouti M, Eslami A. Assessment of annual effective dose due to natural gamma radiation in Zanjan (Iran). Radiat Prot Dosimetry 2008; 132(3):346-9.
24. Hussein ZA, Jaafar MS, Ismail AH. Measurements of Indoor radon-222 concentration inside Iraqi Kurdistan: case study in the summer season. J Nucl Med Radiat Ther 2013; 4:143.
25. Bossew P, Lettner H. Investigations on indoor radon in Austria, part 1: Seasonality of indoor radon concentration. J Environ Radioact 2007; 98(3):329-45.
26. Ahmed AH, Haji SO, Azeez HH. Radon dosimetry in Erbil city hospitals. J Phys Sci Appl 2012; 2(7):240-4.