

# بررسی تفاوت دز مؤثر دریافتی ناشی از رادن ۲۲۲ هوای داخلی منازل مسکونی قدیم و جدید شهر میناب

دکتر امیرحسین محوی<sup>۱</sup> دکتر عبدالحسین مدنی<sup>۲</sup> یدالله فخری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران <sup>۲</sup> دانشیار گروه بهداشت عمومی، <sup>۳</sup> دانشجوی دکتری بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

مجله طب پیشگیری سال دوم شماره سوم پاییز ۹۴ صفحات ۹-۱

## چکیده

**مقدمه:** رادن ۲۲۲ از عناصر رادیواکتیو، بی‌رنگ، بی‌بو و با نیمه عمر ۳/۸۳ روز می‌باشد که استنشاق آن در بلند مدت می‌تواند باعث سرطان ریه گردد. مصالح ساختمانی مانند سنگ‌های گرانیتی یکی از منابع اصلی انتشار گاز رادن ۲۲۲ در هوای داخلی منازل مسکونی می‌باشد. این مطالعه با هدف بررسی تفاوت دز مؤثر دریافتی ناشی از رادن ۲۲۲ هوای داخلی منازل مسکونی قدیم و جدید شهر میناب انجام شد.

**روش‌ها:** در این مطالعه غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی و بیرونی ۱۷ منزل مسکونی جدید و ۱۷ منزل مسکونی قدیم در دو فصل زمستان و بهار توسط دستگاه پرتابل رادن سنج مدل *RTM1688-2* اندازه‌گیری شد و توسط معادله *UNSCEAR* دز مؤثر دریافتی محاسبه و سپس تفاوت دز مؤثر دریافتی رادن ۲۲۲ در منازل مسکونی جدید و قدیم مقایسه گردید.

**نتایج:** میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی منازل مسکونی قدیمی ( $25 \pm 3 \text{ Bq/m}^3$ ) و جدید ( $42 \pm 6 \text{ Bq/m}^3$ ) کمتر از حد استاندارد *WHO* و *EPA* می‌باشد. میانگین دز مؤثر دریافتی سالانه رادن ۲۲۲ در منازل مسکونی قدیم و جدید شهر میناب به ترتیب  $1.7 \pm 0.7 \text{ mSv/y}$  و  $1.5 \pm 0.6 \text{ mSv/y}$  می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** منازل مسکونی جدید و قدیم شهر میناب منبع رادن ۲۲۲ می‌باشند. به علت به کارگیری بیشتر گرانیت در مصالح ساختمان‌های جدید، از این رو غلظت رادن ۲۲۲ و به دنبال آن دز مؤثر دریافتی افراد در منازل مسکونی جدید نسبت به منازل قدیمی بیشتر می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** رادن ۲۲۲، دز مؤثر دریافتی، منازل مسکونی، هوای داخلی

نویسنده مسئول:  
یدالله فخری

گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه  
علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
تلفن: +۹۸ ۹۲۱۶۳۳۲۴۵  
پست الکترونیکی:  
Ya.fakhri@gmail.com

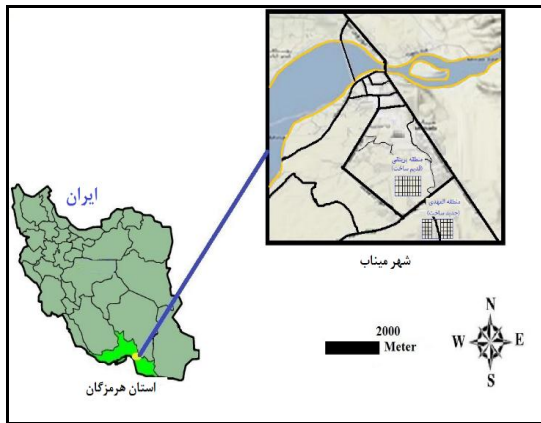
دریافت مقاله: ۹۴/۵/۱۲ اصلاح نهایی: ۹۴/۵/۲۷ پذیرش مقاله: ۹۴/۷/۸

## مقدمه:

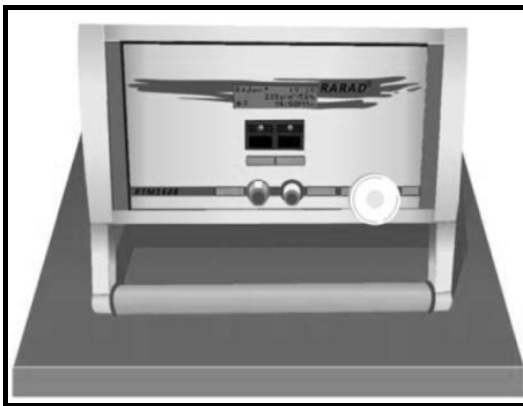
رادن ۲۲۲ محصول تجزیه رادیوم ۲۲۶ در زنجیره اورانیوم ۲۳۸ می‌باشد. این عنصر رادیواکتیو، بی‌بو، بی‌رنگ و با نیمه عمر ۳/۸۳ روز می‌باشد (۱،۲). پرتو آلفای منتشر شده از رادن ۲۲۲ و دخترانش، در بلند مدت می‌تواند DNA سلول‌های ریوی را دچار آسیب و در نهایت موجب سرطان ریه در افراد گردد (۳،۴). همه انسانها در طول شبانه روز در معرض مواجهه با رادن ۲۲۲ هوا می‌باشند (۵).

سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization)

ارتباط مستقیم افزایش سرطان ریه با غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی را تأیید کرده است (۶). آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (U.S. Environmental Protection Agency) میزان مرگ و میر ناشی از رادن ۲۲۲ هوای داخلی را تقریباً ۲۱۰۰۰ نفر در سال اعلام کرده است که ۱۰ برابر بیشتر از مرگ ناشی از آلودگی هوا می‌باشد (۷). WHO و EPA برای رادن ۲۲۲ در هوای داخلی به ترتیب رهنمود  $148 \text{ Bq/m}^3$  واحد مجاز استاندارد  $100 \text{ Bq/m}^3$  را پیشنهاد کرده‌اند (۷،۸). میانگین جهانی



شکل شماره ۱- شهر میناب در شرق استان هرمزگان و جنوب ایران



شکل شماره ۲- دستگاه پرتابل رادن متر مدل RTM1688-2 جهت اندازه‌گیری غلظت رادن ۲۲۲ در آب، خاک و هوا، ساخت شرکت SARAD کشور آلمان

حساسیت این دستگاه در ۱۵۰ دقیقه اندازه‌گیری مداوم  $6/5 \text{ cts}/(\text{min} \times \text{KBq}/\text{m}^3)$  می‌باشد (۱۷). حساسیت بالا به همراه آنالیز طیف سنجی آلفا، منجر به زمان پاسخ‌دهی کوتاه حتی در غلظت‌های پایین می‌شود. طبق دستورالعمل اندازه‌گیری ارائه شده توسط شرکت SARAD در اندازه‌گیری مداوم بیشتر از ۲ ساعت برای افزایش دقت، دستگاه باید در حالت کند قرار گیرد (۱۸). اندازه‌گیری در دو مرحله در فصل زمستان سال ۱۳۹۱ و بهار سال ۱۳۹۲ انجام گردید. در هر مرحله، اندازه‌گیری غلظت رادن ۲۲۲ در ۱۷ منزل مسکونی منطقه پری تقی و ۱۷ منزل از منطقه شهرک المهدی انجام شد (فاصله این دو منطقه از هم تقریباً ۲۵۰۰ متر می‌باشد).

غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی و بیرونی به ترتیب  $48 \text{ Bq}/\text{m}^3$  و  $15 \text{ Bq}/\text{m}^3$  می‌باشد (۹). کمیته علمی تأثیرات پرتوزایی اتمی ملل متحد (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) دز موثر دریافتی ناشی از پرتوگیری طبیعی را  $2/5 \text{ mSv}/\text{y}$  بیان کرده است که  $1 \text{ mSv}/\text{y}$  آن مربوط به رادن ۲۲۲ می‌باشد (۱۰).

کمیته حفاظت در برابر پرتو (International Commission on Radiological Protection) حداکثر دز موثر دریافتی ناشی از استنشاق رادن ۲۲۲ برای مردم عادی را  $1 \text{ mSv}/\text{y}$  بیان کرده است (۱۱). بیش از ۵۰ درصد دز موثر دریافتی سالانه افراد ( $1/3 \text{ mSv}/\text{y}$ ) ناشی از رادن ۲۲۲ می‌باشد (۱۲،۱۳). رادن ۲۲۲ هوای داخلی (هوای داخلی منازل، آپارتمان‌ها و غیره) می‌تواند ناشی از مصالح ساختمان (سنگ‌های گرانیتی)، خاک کف ساختمان، آب غنی از رادن ۲۲۲ (استخرهای آبگرم) و یا همچنین ورود آن از هوای بیرون به هوای داخلی باشد (۱۴،۱۵). همان گونه که گفته شد، مصالح ساختمانی می‌تواند یکی از مهمترین منابع رادن ۲۲۲ هوای داخلی باشند. از طرفی در ساختمان‌های جدید برای زیبایی بیشتر از سنگ‌های گوناگون به ویژه سنگ گرانیت استفاده می‌گردد. از این رو، در این مطالعه تلاش گردید، تفاوت دز موثر دریافتی افراد ناشی از رادن ۲۲۲ در منازل مسکونی قدیمی با منازل مسکونی نوساز محاسبه و مورد ارزیابی قرار گیرد.

## روش کار:

شهر میناب با جمعیت بیش از ۹۰ هزار نفر در شرق استان هرمزگان و در فاصله ۱۰۰ کیلومتری شهر بندرعباس (مرکز استان هرمزگان) واقع شده است. این شهر در مختصات جغرافیایی  $27^{\circ}11'53''\text{N}$  و  $54^{\circ}22'7''\text{E}$  و ارتفاع ۴۵ متری از سطح دریا قرار دارد (شکل شماره ۱) (۱۶). در ابتدا یک منطقه تازه تأسیس شهرک المهدی (کمتر از ۴ سال ساخت) و یک منطقه قدیمی به نام پری تقی (بیشتر از ۲۵ سال ساخت) انتخاب گردید. اندازه‌گیری غلظت رادن ۲۲۲ هوا بر حسب  $\text{Bq}/\text{m}^3$  توسط دستگاه پرتابل RTM1688-2 ساخت شرکت SARAD کشور آلمان انجام شد (شکل شماره ۲).

16 استفاده شد. همچنین  $P < 0.05$  عنوان سطح معنی داری انتخاب شد.

### نتایج:

میانگین و دامنه سالانه غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی منازل مسکونی منطقه پری تقی به ترتیب  $25 \pm 3 \text{ Bq/m}^3$  و  $3$  و  $8 \pm 1 - 14 \pm 6 \text{ Bq/m}^3$  می باشد. همچنین میانگین و دامنه غلظت سالانه هوای زمینه (بیرونی) رادن ۲۲۲ به ترتیب  $12 \pm 2 \text{ Bq/m}^3$  و  $7 \pm 1 - 21 \pm 3 \text{ Bq/m}^3$  می باشد. بیشترین و کمترین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی به ترتیب مربوط به منزل مسکونی ۸ و ۱۵ می باشد (جدول شماره ۱).

میانگین و دامنه سالانه غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی منازل مسکونی منطقه المهدی به ترتیب  $42 \pm 6 \text{ Bq/m}^3$  و  $14 \pm 2 - 77 \pm 10 \text{ Bq/m}^3$  می باشد. همچنین میانگین و دامنه غلظت رادن ۲۲۲ سالانه هوای زمینه (بیرونی) به ترتیب  $17 \pm 3 \text{ Bq/m}^3$  و  $9 \pm 1 - 25 \pm 4 \text{ Bq/m}^3$  می باشد. بیشترین و کمترین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی به ترتیب مربوط به منزل مسکونی شماره ۲ و ۱۴ می باشد (جدول شماره ۲).

میانگین دز موثر دریافتی سالانه رادن ۲۲۲ در منطقه المهدی و پری تقی به ترتیب  $1.06 \pm 0.15 \text{ mSv/y}$  و  $0.74 \pm 0.07 \text{ mSv/y}$  می باشد. دامنه دز موثر در منطقه المهدی و پری تقی به ترتیب  $0.35 \pm 0.05 - 1.68 \pm 0.25 \text{ mSv/y}$  و  $0.13 \pm 0.15 \text{ mSv/y}$  می باشد. بیشتر احتمال شیوع خطر سرطان ریه در منطقه المهدی و پری تقی به ترتیب  $30/16$  و  $20/41$  می باشد.

طبق دستورالعمل اندازه گیری غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی، اندازه گیری به مدت ۲۴ ساعت به صورت متوالی از هر منزل مسکونی انجام گرفت (۱۹). در همه منازل مسکونی دستگاه در ارتفاع ۱ متری و در قسمت حال قرار داده شد. بعد از اتمام اندازه گیری غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی، اندازه گیری غلظت رادن ۲۲۲ هوای بیرونی (زمینه) از مجاور درب ورودی منزل مسکونی به مدت ۴ ساعت متوالی انجام می گرفت. در مجموع هر دو مرحله، ۳۴ اندازه گیری ۲۴ ساعته رادن ۲۲۲ هوای داخلی از منطقه پری تقی و ۳۴ اندازه گیری ۲۴ رادن ۲۲۲ هوای داخلی از منطقه شهرک المهدی انجام گرفت. همچنین ۳۴ اندازه گیری ۴ ساعته هوای زمینه (بیرونی) از منطقه پری تقی و ۳۴ اندازه گیری ۴ ساعته هوای زمینه (بیرونی) از منطقه المهدی انجام گرفت.

محاسبه دز موثر دریافتی سالانه ناشی از رادن ۲۲۲ هوای داخلی ( $E_{Rn}$ ) توسط معادله UNSCEAR انجام گردید:

$$E_{Rn} (\text{mSv/y}) = C_{Rn} \times 0.4 \times 7000 \times 9 \times 10^{-6} \quad \text{معادله ۱}$$

در این معادله:  $C_{Rn}$  میانگین ژئومتریک غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی ( $\text{Bq/m}^3$ )،  $0.4$  فاکتور تعادلی محصولات واپاشی رادن ۲۲۲،  $7000$  ( $\text{h/y}$ ) برابر  $80\%$  از سال (زمان سکنتی گزینی) و  $9$  ضریب تبدیل غلظت رادن ۲۲۲ به دز موثر دریافتی سالانه و  $10^{-6}$  ضریب تبدیل نانو سیورت به میلی سیورت می باشد (۱۰).

برای محاسبه احتمال بروز یک مورد سرطان ریه در هر یک میلیون نفر ناشی از دز موثر دریافتی رادن ۲۲۲، از معادله ۲ استفاده گردید (۲۰، ۲۱).

$$C_{PPP} = 18 \times 10^{-6} E_{Rn} \quad \text{معادله ۲}$$

برای تعیین تفاوت دز موثر دریافتی افراد در منازل مسکونی قدیم و جدید ساخت، تفاوت رادن ۲۲۲ هوای داخلی با زمینه از آزمون Independent Samples Test و مقایسه با حدود استاندارد از آزمون one Samples Test توسط نرم افزار SPSS

جدول شماره ۱- میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی و زمینه منازل مسکونی پری نقی میناب بر حسب  $Bq/m^3$

منازل مسکونی	فصل زمستان ۹۱		فصل بهار ۹۲		میانگین سالانه	
	هوای داخلی <sup>۲</sup>	هوای زمینه <sup>۱</sup>	هوای داخلی	هوای زمینه	هوای داخلی	هوای زمینه
۱	۳۹±۵	۱۹±۲	۲۷±۴	۱۷±۲	۳۳±۴	۱۸±۲
۲	۴۷±۶	۲۶±۳	۳۷±۵	۵±۱	۴۲±۵	۱۵±۲
۳	۱۱±۱	۵±۱	۱۸±۲	۱۱±۱	۱۴±۲	۸±۱
۴	۲۴±۳	۱۱±۱	۳۴±۴	۱۶±۲	۲۹±۴	۱۳±۲
۵	۲۹±۴	۱۳±۲	۱۸±۲	۱۵±۲	۲۳±۳	۱۴±۲
۶	۳۷±۵	۱۷±۲	۹±۱	۵±۱	۲۳±۳	۱۱±۱
۷	۴۸±۶	۲۶±۳	۳۴±۴	۱۶±۲	۴۱±۵	۲۱±۳
۸	۵۱±۷	۲۱±۳	۳۹±۵	۱۲±۲	۴۵±۶	۱۶±۲
۹	۹±۱	۳±۰.۴	۲۷±۴	۱۱±۱	۱۸±۲	۷±۱
۱۰	۱۹±۲	۱۲±۲	۱۷±۲	۵±۱	۱۶±۲	۸±۱
۱۱	۲۶±۳	۴±۱	۱۴±۲	۳±۰.۴/۱	۲۰±۳	۳±۰.۶/۱
۱۲	۲۸±۴	۸±۱	۵±۱	۶±۱	۱۶±۲	۷±۱
۱۳	۲۳±۳	۱۶±۲	۲۹±۴	۹±۱	۲۶±۳	۱۲±۲
۱۴	۷±۱	۱۵±۲	۳۶±۵	۱۷±۲	۲۱±۳	۱۶±۲
۱۵	۹±۱	۱۱±۱	۷±۱	۱۱±۱	۸±۱	۱۱±۱
۱۶	۳۵±۵	۱۵±۲	۱۹±۲	۱۴±۲	۲۷±۴	۱۴±۲
۱۷	۴۷±۶	۲۱±۳	۹±۱	۵±۱	۲۸±۴	۱۳±۲
میانگین ژئومتریک	۲۸±۴	۱۴±۲	۲۲±۳	۱۰±۱	۲۵±۳	۱۲±۲
انحراف معیار	۱۴/۷	۷	۱۱/۳	۴/۸	۱۳	۵/۹

<sup>۱</sup> میانگین ۴ ساعته      <sup>۲</sup> میانگین ۲۴ ساعته

جدول شماره ۲- میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی و زمینه منازل مسکونی منطقه المهدی میناب بر حسب  $Bq/m^3$

منازل مسکونی	فصل زمستان ۹۱		فصل بهار ۹۲		میانگین سالانه	
	هوای داخلی	هوای زمینه	هوای داخلی	هوای زمینه	هوای داخلی	هوای زمینه
۱	۷۱±۱۱	۱۹±۳	۵۶±۸	۱۳±۲	۶۳±۱۰	۱۶±۲
۲	۵۹±۹	۲۱±۳	۷۴±۱۱	۲۶±۴	۶۷±۱۰	۲۳±۴
۳	۸۴±۱۳	۱۳±۲	۴۸±۷	۱۱±۲	۶۱±۱۰	۱۲±۲
۴	۵۹±۹	۱۶±۲	۱۷±۳	۲۷±۴	۲۸±۶	۲۱±۳
۵	۳۷±۶	۱۱±۲	۵±۱	۴±۱	۲۱±۳	۷/۵±۱
۶	۱۹±۳	۱۴±۲	۲۸±۴	۸±۱	۲۳±۴	۱۱±۲
۷	۵۳±۸	۹±۱	۷۴±۱۱	۲۱±۳	۶۴±۱۰	۱۵±۲
۸	۱۷±۳	۲۹±۴	۶۴±۱۰	۲۹±۴	۴۰±۶	۲۹±۴
۹	۷۶±۱۱	۳۴±۵	۳۵±۵	۳۳±۵	۵۶±۸	۳۳±۵
۱۰	۴۶±۷	۱۹±۳	۱۵±۲	۱۱±۲	۳۰±۵	۱۵±۲
۱۱	۵۸±۹	۱۱±۲	۳۳±۵	۷±۱	۴۵±۷	۹±۱
۱۲	۳۹±۶	۱۳±۲	۱۹±۳	۲۶±۴	۲۹±۴	۲۰±۲
۱۳	۱۵±۲	۱۴±۲	۱۷±۳	۴±۱	۱۶±۲	۹±۱
۱۴	۴±۱	۹±۱	۲۴±۴	۱۶±۲	۱۴±۲	۱۲±۲
۱۵	۱۹±۳	۱۷±۲	۵۵±۸	۵±۱	۳۷±۶	۱۱±۲
۱۶	۶۸±۱۰	۱۸±۳	۶۴±۱۰	۲۱±۳	۶۶±۱۰	۱۹±۳
۱۷	۴۷±۷	۳۴±۵	۳۷±۶	۱۷±۳	۴۲±۶	۲۵±۴
میانگین	۴۵±۷	۱۷±۳	۳۹±۶	۱۶±۲	۴۲±۶	۱۷±۳
انحراف معیار	۲۴	۸	۲۲	۹	۲۳	۹

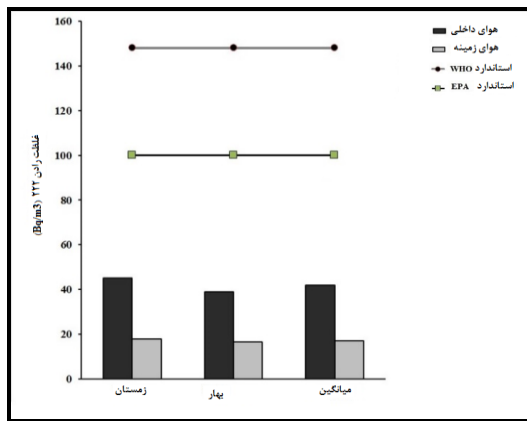
جدول شماره ۳- دز موثر دریافتی سالانه افراد ناشی از رادن ۲۲۲ هوای داخلی در مناطق مسکونی المهدی و پری تقی  $Bq/m^3$

منزل مسکونی	منطقه المهدی		تقی منطقه پری	
	غلظت رادن ۲۲۲ ( $Bq/m^3$ )	دز موثر (mSv/y)	غلظت رادن ۲۲۲ ( $Bq/m^3$ )	دز موثر (mSv/y)
۱	۶۳±۱۰	۱/۶۰±۰/۲۵	۳۳±۴	۰/۸۳±۰/۱
۲	۶۷±۱۰	۱/۶۸±۰/۲۵	۴۲±۵	۱/۰۶±۰/۱۲
۳	۶۶±۱۰	۱/۶۶±۰/۲۵	۱۴±۲	۰/۳۷±۰/۰۵
۴	۲۸±۶	۰/۹۶±۰/۱۵	۲۹±۴	۰/۸۳±۰/۱
۵	۲۱±۳	۰/۵۳±۰/۰۷	۲۳±۳	۰/۵۹±۰/۰۷
۶	۲۳±۴	۰/۵۹±۰/۱	۲۳±۳	۰/۵۸±۰/۰۷
۷	۶۴±۱۰	۱/۶۰±۰/۲۵	۴۱±۵	۱/۰۲±۰/۱۲
۸	۴۰±۶	۱/۰۲±۰/۱۵	۴۵±۶	۱/۱۳±۰/۱۵
۹	۵۶±۸	۱/۴۰±۰/۲	۱۸±۲	۰/۴۵±۰/۰۵
۱۰	۳۰±۵	۰/۸۷±۰/۱۲	۱۶±۲	۰/۴۵±۰/۰۵
۱۱	۴۵±۷	۱/۱۵±۰/۰۷	۲۰±۳	۰/۵۰±۰/۰۷
۱۲	۲۹±۴	۰/۸۳±۰/۱	۱۶±۲	۰/۴۲±۰/۰۵
۱۳	۱۶±۲	۰/۴۰±۰/۰۵	۲۶±۳	۰/۶۶±۰/۰۷
۱۴	۱۴±۲	۰/۳۵±۰/۰۵	۲۱±۳	۰/۵۴±۰/۰۷
۱۵	۳۷±۶	۰/۹۳±۰/۱۵	۸±۱	۰/۲۰±۰/۰۲
۱۶	۶۶±۱۰	۱/۶۶±۰/۲۵	۲۷±۴	۰/۶۸±۰/۱
۱۷	۴۲±۶	۱/۰۶±۰/۱۵	۲۸±۴	۰/۷۱±۰/۱
میانگین	۴۲±۶	۱۵/۰±۰/۶/۱	۳±۲۵	۰/۷۰±۰/۶۴/۰

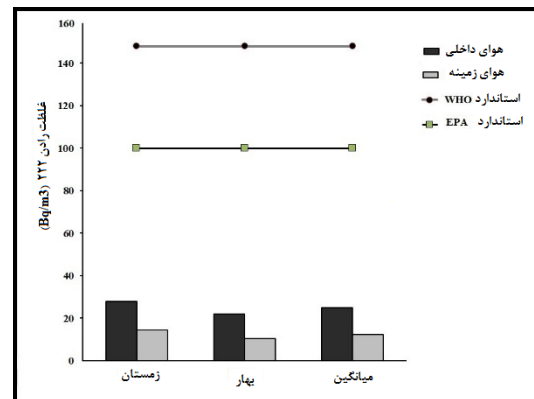
بحث و نتیجه‌گیری:

نسبت میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی منطقه پری تقی به استاندارد WHO و EPA به ترتیب ۱/۶۸٪ و ۲/۵٪ می‌باشد ( $P < 0/001$ ). میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی در هیچ کدام از منازل مسکونی از مقادیر استاندارد WHO و EPA نمی‌باشد (شکل شماره ۳).

نسبت میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی منطقه المهدی به استاندارد WHO و EPA به ترتیب ۲/۸/۳٪ و ۴/۲٪ می‌باشد ( $P < 0/001$ ) (شکل شماره ۴).



شکل شماره ۴- مقایسه میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی و زمینه با استاندارد WHO و EPA در منازل مسکونی منطقه المهدی (جدید ساخت)



شکل شماره ۳- مقایسه میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی و زمینه با استاندارد WHO و EPA در منازل مسکونی منطقه پری تقی (قدیم ساخت)

زمین شناسی، مصالح ساختمانی و میزان تهویه می‌باشد (۱۴،۱۵). در مطالعه Chege و همکاران (۲۰۱۵) میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی منازل مسکونی شهر Mrima Hill در کشور کنیا  $35 \pm 14 \text{ Bq/m}^3$  می‌باشد که نزدیک به مطالعه ما می‌باشد (۲۷). در مطالعه Nafez و همکاران (۲۰۱۴) دامنه غلظت رادن ۲۲۲ در دو روستا Gorozhup و Planej در کشور کزوو  $82 \text{ Bq/m}^3$  تا  $432$  می‌باشد که بیشتر از دامنه غلظت رادن ۲۲۲ در مطالعه ما می‌باشد (۲۸).

میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی و به دنبال آن دز موثر دریافتی ساکنین منازل مسکونی جدید و قدیم ساخت شهر میناب به طور معنی‌دار کمتر از حدود استاندارد می‌باشد. دز موثر دریافتی ساکنین منازل مسکونی جدید ساخت به طور معنی‌دار بیشتر از منازل مسکونی قدیم ساخت می‌باشد. از این رو، به ساکنین منازل مسکونی جدید ساخت توصیه می‌شود که با انجام تهویه مناسب غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی را کاهش دهند.

به مانند منطقه پری تقی در منطقه المهدی نیز میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی در همه منازل مسکونی از رهنمود WHO و حد مجاز استاندارد EPA کمتر می‌باشد.

آزمون آماری Independent Samples Test نشان داد، بین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی و زمینه در منطقه پری تقی  $P < 0.003$  و در منطقه المهدی  $P < 0.001$  وجود دارد که نشان می‌دهد اختلاف معنی‌دار بین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی با زمینه وجود دارد. این اختلاف معنی‌دار نشان‌دهنده این است که هم منازل مسکونی قدیمی (پری تقی) و جدید (المهدی) منبع رادن ۲۲۲ می‌باشند. میانگین دز موثر دریافتی رادن ۲۲۲ در منطقه المهدی ۶۵٪ بیشتر از منطقه پری تقی می‌باشد ( $P < 0.05$ ). این تفاوت معنی‌دار می‌تواند فقط ناشی از تفاوت در تهویه هوا و نوع مصالح ساختمانی (گرانیت) باشد (۲۲،۲۳). زیرا آنالیز آماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت رادن ۲۲۲ زمینه (بیرونی) منطقه المهدی ( $17 \pm 3 \text{ Bq/m}^3$ ) با منطقه پری تقی ( $12 \pm 2 \text{ Bq/m}^3$ ) وجود ندارد ( $P < 0.05$ ). از این رو نمی‌توان، بیشتر بودن غلظت رادن ۲۲۲ هوای زمینه (بیرونی) منطقه المهدی را علت بیشتر بودن غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی این منطقه نسبت با منطقه پری تقی دانست. از طرفی، در سال‌های اخیر استفاده از سنگ‌های مختلف به ویژه سنگ های گرانیت در آشپزخانه، کف و بدنه ساختمان افزایش بسیاری یافته است. از ۱۷ منزل مسکونی منطقه المهدی فقط سه منزل ۱۵، ۶ و ۴ از سنگ‌های گرانیت استفاده نشده بود. همچنین در منطقه پری تقی فقط منزل ۱۷ و ۸ از سنگ گرانیت استفاده شده بود. میانگین احتمال بروز خطر سرطان ریه در منطقه المهدی و پری تقی به ترتیب ۲۰ و ۱۲ نفر می‌باشد که بسیار پایین‌تر از حد استاندارد ICRP (۲۳۰-۱۷۰ نفر) می‌باشد (جدول شماره ۳) (۲۴).

در مطالعه Hadad و همکاران (۲۰۱۱)، میانگین غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی منازل مسکونی لاریجان، اردبیل، سرعین و نمین به ترتیب ۱۶۳، ۲۴۰، ۱۶۰ و  $144 \text{ Bq/m}^3$  می‌باشد که نسب به ما بیشتر می‌باشد (۲۵). این تفاوت غلظت رادن ۲۲۲ هوای داخلی می‌تواند ناشی از تفاوت در دستگاه اندازه‌گیری (۲۶)، بافت

## References

## منابع

1. Ju Y-J, Ryu Y-H, Dong K-R, Cho J-H, Lee H-K, Chung W-K. Study on measurement and quantitative analysis of Radon-222 emitted from construction materials. *Annals of Nuclear Energy*. 2012;49:88-95.
2. Al-Khateeb HM, Al-Qudah AA, Alzoubi FY, Alqadi MK, Aljarrah KM. Radon concentration and radon effective dose rate in dwellings of some villages in the district of Ajloun, Jordan. *Applied Radiation and Isotopes*. 2012;70:1579-82.
3. Kávási N, Somlai J, Szeiler G, Szabó B, Schafer I, Kovács T. Estimation of effective doses to cavers based on radon measurements carried out in seven caves of the Bakony Mountains in Hungary. *Radiation Measurements*. 2010;45(9):1068-71.
4. Zeeb H, Shannoun F, editors. WHO handbook on indoor radon, A public health perspective. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2009.
5. Radiation UNSCotEoA, Assembly UNG. Ionizing radiation: sources and biological effects: 1982 report to the General Assembly, with annexes: United Nations; 1982.
6. Torres-Durán M, Barros-Dios JM, Fernández- A, Ruano-Ravina VA. Residential radon and lung cancer in never smokers. A systematic review. *Cancer Letters journal of environmental radioactivity*. 2014;345:21-6.
7. Environmental Protection Agency. Consumer's Guide to Radon Reduction. 2010.
8. World Health Organization. Sets radon action level of 2.7 - less lung cancer risk than EPA 4.0. Global Press Release Distribution. . 2009.
9. Farid SM. A study on the radon concentrations in tobacco in Jeddah (Saudi Arabia) and the associated health effects. *Medical Journal of Islamic World Academy of Sciences*. 2012;20(3):84-93.
10. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and Effects of Ionizing Radiation; United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. USA: 2000.
11. Protection ICoR. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: part 2 ingestion dose coefficients: a report of a Task group of Committee 2 the International commission on radiological protection: Elsevier Health Sciences; 1994.
12. Richard CC, E SJ. Environmental radon: Springer; 1987.
13. Magill J, Galy J. Radioactivity Radionuclides Radiation. Berlin Heidelberg NewYork: Springer; 2005. Available from: [www.nuclides.net](http://www.nuclides.net).
14. Saeid Motesaddi YF, Ali Alizadeh, Seyed Mohsen Mohseni, Saeedeh Jafarzadeh. Effective dose of Radon222 and thoron220 in the indoor air of Genow hot springs of Bandar Abbas. *Advances in Environmental Biology*. 2014;8:453-9.
15. Somlai J, Horvath M, Kanyar B, Lendvai Z, Németh C. Radiation hazard of coal-slugs as building material in Tatabánya town (Hungary). *Health physics*. 1998;75(6):648-51.
16. Hassan V, Arash R, Mehdi J, Ahmad R, Ali H-BA, Wali YA, et al. Demonstration of malaria situation analysis, stratification and planning in Minab District, southern Iran. *Asian Pacific journal of tropical medicine*. 2011;4(1):67-71.
17. Ursulean I, Coretil, ChirutabI, Virlan S, editors. Estimation of indoor radon cocntreration in the air of residential house and mines in the Republic of Moldava . Paper presented at the First East European Radon Symposium-FERAS; 2012.
18. GmbH S. Application note an-003\_EN: Measurement of the Radon concentration of water samples June 2007. Available from: [www.sarad.de](http://www.sarad.de).
19. Environmental Protection Agency. EPA Indoor Radon and Radon Decay Product Measurement Device Protocols <http://www.epa.gov/radon/pubs/devprot3.htm>
20. Mansour H, Abdulla H, Muhamad N, Othman M, Qader S. Measurement of indoor radon levels in Erbil capital by using solid state nuclear track detectors. *Radiation measurements*. 2005;40(2):544-7.
21. Ismail AH, Jaafar MS, editors. Indoor radon concentration and its health risks in selected locations in Iraqi Kurdistan using CR-39 NTDs. *Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE)*, 2010 4th International Conference on; 2010: IEEE.

22. Organization WH. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective: World Health Organization; 2009.
23. Kitto ME, Haines DK, Arauzo HD. Emanation of radon from household granite. Health physics. 2009;96(4):477-82.
24. Protection ICoR, ICRP. ICRP Publication 66: Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection: Elsevier Health Sciences; 1994.



## Comparison of effective dose of Radon 222 in old and new Dwellings in Minab City

A.H. Mahvi, PhD<sup>1</sup> A.H. Madani, PhD<sup>2</sup> Y. Fakhri, PhD Student<sup>3</sup>

Assistant Professor Department of Environmental Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.<sup>1</sup> Associate Professor Department of Epidemiology, Instructor Department of Environmental Health<sup>2</sup>, Environmental Health Engineering Department, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran<sup>3</sup>

(Received 3 Aug, 2015 Accepted 30 Sep, 2015)

### ABSTRACT

**Introduction:** Radon 222 is a radioactive, colorless and odorless element with a half-life of 3.83 days. Long term exposure to Radon 222 can cause lung cancer in humans. Building materials such as granite stone is one of the main sources of radon 222. The aim of this study was comparison of effective dose of Radon 222 in old and new Dwellings in Minab City.

**Methods:** Indoor and outdoor concentration of radon 222 was measured in 17 new (Al-Mahdi) and 17 old Dwellings (Pari-Taghi) in two seasons, winter 2013 and spring 2013, by a portable Radon meter (model RTM1688-2) and the effective dose was calculated by UNSCEAR equation. Then the effective doses of radon 222 in new and old Dwellings were statistically compared and analyzed.

**Results:** The mean concentrations of radon 222 in indoor air of Pari-Taghi ( $25 \pm 3$  Bq/m<sup>3</sup>) and Al-Mahdi ( $42 \pm 6$  Bq/m<sup>3</sup>) Dwellings were less than the standards of WHO and EPA. The effective doses of radon 222 in Al-mahdi and Pari-Taghi were  $1.06 \pm 0.15$  and  $0.64 \pm 0.07$  mSv/y, respectively.

**Conclusion:** Due to greater use of granite in the new Dwellings, the concentration of Radon 222 and consequently its effective dose in new Dwellings is more in comparison to old Dwellings.

**Key words:** Radon 222, Effective Dose, Old and new Dwellings, Indoor Air

*Correspondence:*

Y. Fakhri, PhD Student.  
Environmental Health  
Engineering Department,  
Shahid Beheshti University  
of Medical Sciences. Tehran,  
Iran  
Tel: +98 9216737245  
Email:  
Ya.fakhri@gmail.com