



## اندازه‌گیری غلظت گاز رادون در معادن زیرزمینی سرب و روی استان یزد

نویسندگان: ابوالفضل برخورداری فیروزآبادی<sup>۱</sup>، فتح‌ا... بوذرجمهری<sup>۲</sup>، مهدی قهاری<sup>۳</sup>، علی اصغر پرچ<sup>۴</sup>، محمد حسن لطفی<sup>۵</sup>، محمدجواد زارع‌سخویدی<sup>۶</sup>

۱. دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۲. نویسنده مسئول: استاد گروه فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد،

Email: Bouzarj\_44@ssu.ac.ir

تلفن تماس: ۰۹۱۳۳۵۲۰۳۸۳

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۴. استادیار گروه فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۵. دانشیار گروه اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۶. استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

### چکیده

**مقدمه:** گاز رادون با حدود دو سوم تابش زمینه، بیشترین منبع پرتودهی جامعه بوده و مواجهه با دختران آن با تابش آلفا احتمال ریسک سرطان ریه را افزایش می‌دهد بطوری‌که در امریکا پس از سیگار دومین عامل بروز سرطان ریه است. گرچه بررسی میزان رادون در اروپا بیش از کشورهای جهان سوم انجام گرفته ولی مطالعه میزان رادون به تدریج در سراسر دنیا در معادن رو به افزایش است که می‌توان به مطالعه غیاسی، ایشیموری فیزن و کوبال در معدن سرب اشاره کرد، با توجه به اهمیت موضوع و وجود تعداد قابل توجه معادن زیرزمینی در استان یزد و کارگران شاغل در این معادن میزان گاز رادون معادن سرپوشیده سرب و روی مورد ارزیابی قرار گرفت.

**روش بررسی:** در یک مطالعه میدانی و به روش توصیفی- مقطعی میزان رادون معادن سرب و روی استان یزد را با روش اکتیو و با استفاده از دستگاه RAD7 با رنج اندازه‌گیری آن ۴۰۰۰۰۰-۴ بکرل بر متر مکعب در فصل تابستان، مورد سنجش و میزان ذرات آلفا ایجاد شده از گاز رادون مورد شمارش قرار گرفت.

**یافته‌ها:** با توجه به نتایج مطالعه، در معادن ۱ و ۲، سه و در معدن ۱، دو ایستگاه، رادون سنجی انجام گرفت. که بیشترین غلظت در معدن ۳ با مقدار ۴۱۸۳/۳ بکرل بر متر مکعب و کمترین غلظت در معدن ۱ با مقدار ۵۷ بکرل بر متر مکعب بود، و میزان میانگین غلظت گاز رادون در معادن ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برابر با ۸۴۸/۵، ۱۲۵/۸۳ و ۱۶۶۷/۴ بکرل بر متر مکعب اندازه‌گیری گردید. همچنین میانگین غلظت گاز رادون در محل کار کارگران ۲۰۶۸/۳، در محل رفت و آمد کارگران ۲۱۹/۹ و در محل استراحت و محیط خارج از معدن ۱۹/۷۵ بکرل بر متر مکعب اندازه‌گیری شد. از طرفی مقدار همبستگی بین غلظت گاز رادون با عیار سرب معدن نیز ۰/۸۹۹- می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که، غلظت گاز رادون سنجش شده در ۶۲/۵ درصد نقاط اندازه‌گیری شده کمتر از حد اقدام، ۱۲/۵ درصد نقاط بین حد اقدام و حداکثر مقدار مجاز توصیه شده و ۲۵ درصد بیشتر از حداکثر مقدار مجاز توصیه شده می‌باشد. همچنین محل و ایستگاه اندازه‌گیری مهمترین عامل در غلظت گاز رادون می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** غلظت گاز رادون، معدن زیرزمینی سرب و روی، حد آستانه اقدام، اکتیویته، تابش آلفا

## طوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال چهاردهم

شماره: ششم

بهمن و اسفند ۱۳۹۴

شماره مسلسل: ۵۴

تاریخ وصول: ۱۳۹۲/۱۰/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۷

**مقدمه**

یکی از مهمترین منابع پرتوگیری توسط افراد جامعه، پرتوگیری ناشی از منابع طبیعی پرتوزا می‌باشد که از این میان، گاز رادون با حدود دو سوم تابش زمینه، بیشترین منبع پرتودهی جامعه بوده و مواجهه با دختران آن با تابش آلفا احتمال ریسک سرطان ریه را افزایش می‌دهد (۱،۲). مطالعات اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد که رابطه بسیار قوی بین مواجهه با گاز رادون و ایجاد سرطان ریه وجود دارد. در سال ۱۹۸۶ توسط سازمان جهانی بهداشت کار، گاز رادون به عنوان عامل ایجاد سرطان شناخته شد اولین موارد ایجاد سرطان ریه در معدن کاران کشورهای چکسلواکی و آلمان گزارش و تا قبل از سال ۱۹۹۰ در حدود ۲۰۰ مورد سرطان ریه مرتبط با گاز رادون در جهان گزارش شده است (۳). مطالعات گذشته نشان می‌دهد که بیشترین ریسک ایجاد سرطان، در معادن زیرزمینی اورانیوم و روی به علت وجود بیشتر گاز رادون در این معادن می‌باشد (۴،۵،۶).

میزان رادون معادن زیرزمینی به مقدار قابل ملاحظه‌ای به عواملی مانند نوع معدن، وضعیت و موقعیت کارگران، موقعیت جغرافیایی معدن، و به میزان زیاد به دما و تهویه محیط بستگی دارد. بیشترین میزان گاز رادون محل کار کارگران، تونل‌ها و دیواره‌های معدن می‌باشد (۲،۵). از طرفی مواجهه بلند مدت، وضعیت بد تهویه و غبار زیاد در معادن فلزی امکان مواجهه با رادون-۲۲۲ را افزایش می‌دهد (۶). مطالعات نشان می‌دهد که میزان گاز رادون در سایر معادن مانند زغال سنگ و فلزات مانند سرب و منگنز نیز می‌تواند بیشتر از معادن اورانیوم باشد (۷،۸،۹).

گرچه بررسی میزان رادون معادن در اروپا بیش از کشورهای جهان سوم انجام گرفته ولی این مطالعات به تدریج در سراسر دنیا رو به افزایش است. نتایج مطالعه فیزن و همکاران در سال ۲۰۰۴ نشان می‌دهد که میزان غلظت رادون را در ۳ معدن ذغال سنگ ترکیه در ۹۰ درصد ایستگاه‌ها کمتر از حد اقدام ترکیه (۱۰۰۰ بکرل بر متر مکعب) بود (۵). بر اساس مطالعه انجام شده توسط آلتینتوف و همکاران در ۳ معدن زیرزمینی دیگر ترکیه، گاز رادون اندازه‌گیری شده نیز کمتر از حد اقدام گزارش شده است (۲). همچنین میزان غلظت گاز رادون اندازه‌گیری شده در معادن ذغال سنگ در ۳ شهر هند کمتر از حد استاندارد گزارش شده است (۹). هادسون و همکاران ۲۷ معدن زیرزمینی در غرب استرالیا را مورد ارزیابی قرار دادند که غلظت گاز رادون برخی از معادن بیشتر از حد استاندارد بوده است (۱۰). در مطالعه‌ای که در معدن طلا آرژانتین توسط آنجوس و همکاران انجام شد غلظت گاز رادون در این معدن تقریباً ۳ برابر استاندارد گزارش شده است (۱۱). میزان گاز رادون معادن زیرزمینی ذغال سنگ در برزیل نیز طبق مطالعه وگا و همکاران بیشتر از حد اقدام بوده است (۱۲). نتایج مطالعه محققین در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که غلظت گاز رادون بین صفر تا ۷۰۰۰ بکرل بر متر مکعب متغیر می‌باشد (۱۳، ۱۲، ۵، ۲). ایشیموری در مطالعه‌ای در معادن زیرزمینی اورانیوم نشان داد که میزان غلظت رادون در معادن ارتباط بسیار زیادی به محل ایستگاه اندازه‌گیری رادون دارد (۱۴). تنها مطالعه انجام شده در ایران نشان می‌دهد که غلظت گاز رادون در ۱۰ معدن زیرزمینی بین ۱۰ تا ۱۳۳۲ بکرل بر متر مکعب بوده است (۱۵).



دارای محفظه حاوی سیلیکاژل جهت جذب رطوبت هوا و چابگری برای پرینت کردن اطلاعات اندازه گیری شده می باشد. ابتدا مشخصات مربوط به معادن از جمله نوع معدن، عیار سنگ، وضعیت تهویه (فعال و غیرفعال بودن) و ایستگاه های اندازه گیری مشخص و در پرسشنامه تکمیل گردیدند. بعد از کالیبره کردن، دستگاه را در اماکنی مانند محل رفت و آمد، تجمع، کار کارگران (اماکن با بیشترین حضور کارگران)، محل استراحت و بیرون از معدن قرار داده و اندازه گیری رادون به صورت فعال طبق پروتکل پیشنهادی EPA در ۱۶ سیکل ۱/۵ ساعت و در حالت خودکار به مدت ۲۴ ساعت در سه ایستگاه انجام گردید بطوری که هوا با دبی یک لیتر بر دقیقه وارد محفظه دستگاه شده و پرتوهای آلفای ساطع شده از رادون - ۲۲۲ برای هر سیکل اندازه گیری و در نهایت میانگین غلظت گاز رادون در ۱۶ سیکل را محاسبه و نشان می دهد. سپس اطلاعات مربوطه وارد نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ گردید و مقادیر کمینه بیشینه و میانگین حسابی و انحراف معیار داده ها برای هر معدن محاسبه، و با استفاده از نرم افزار Excel 2007 نمودارهای فراوانی گاز رادون رسم شد.

#### یافته ها

مشخصات معادن مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است همانطور که ملاحظه می شود تمام معادن مورد مطالعه سرب و روی بوده و معادن ۱ و ۳ دارای تهویه طبیعی و معدن زیر زمینی ۲ دارای تهویه مصنوعی مکشی (فن های مکنده) بوده که در زمان اندازه گیری گاز رادون، سیستم تهویه فعال بود. همچنین نتایج کلی مربوط به میانگین، انحراف معیار، کمینه و بیشینه غلظت رادون اندازه گیری

علی رغم اهمیت موضوع و با توجه به تعداد معادن موجود در استان یزد، تاکنون مطالعه ای در معادن این استان انجام نشده است. لذا به منظور تعیین میزان غلظت گاز رادون در معادن زیرزمینی سرب و روی استان یزد این مطالعه طراحی و اجرا گردید.

#### روش بررسی

در این مطالعه میدانی و به روش توصیفی- مقطعی، غلظت گاز رادون تمام معادن سرب و روی فعال استان یزد انجام گردید. از میان ۳ معدن مورد مطالعه یک معدن زیرزمینی و مکانیزه بوده و معادن دیگر استخراج در دامنه کوه انجام می گردید، به این صورت که در بالای کوه (قله کوه) شکاف هایی ایجاد کرده، که به دامنه کوه متصل شده و پس از کندن سنگ هایی با عیار مطلوب به پایین (دامنه کوه) ریخته می شد و با گاری های تونلی سنگ های کنده شده از کوه به خارج از معدن منتقل و دپو می گردید. مطالعه حاضر در فصل تابستان و با روش اکتیو به و با استفاده از دستگاه رادون متر RAD7 شرکت Durridge امریکا و بر اساس پروتکل (EPA 402-R-92-003) و برحسب بکرل بر متر مکعب اندازه گیری شد (۱۶). رنج اندازه گیری دستگاه ۴۰۰۰۰۰۰-۴ بکرل بر متر مکعب بوده و این دستگاه نوعی بررسی گر پرتابل گاز رادون با آشکارساز حالت جامد است که توانایی اندازه گیری غلظت گاز رادون را در حالت های کوتاه مدت (ساعت)، امروز، ۲روز و یک هفته را دارد هوا را دارد. اساس کار دستگاه برای سنجش غلظت گاز رادون هوا به این صورت است که بعد از مکش هوا با دبی یک لیتر بر دقیقه، هوا را وارد محفظه خود کرده و میزان ذرات آلفا تولید شده از گاز رادون را مورد شمارش قرار می دهد. این دستگاه



شده در معادن مورد مطالعه و همچنین مقادیر استاندارد گاز رادون در جداول ۲ و ۳ آمده است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد میانگین غلظت رادون معادن ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۱۲۵/۸۳، ۸۴۸/۵ و ۱۶۶۷/۴ بکرل بر متر مکعب می‌باشد.

از طرفی کمترین غلظت گاز رادون در معدن ۲ با مقدار ۵۷ بکرل بر متر مکعب و بیشترین غلظت گاز رادون در معدن ۳ با مقدار ۴۱۸۳/۳ بکرل بر متر مکعب بود.

جدول ۱: اطلاعات عمومی معادن مورد مطالعه

نام معدن	نوع معدن	عیار سنگ	نوع تهویه	وضعیت تهویه
۱	سرب و روی	سرب: ۰/۱۵ روی: ۰/۸۵	طبیعی	فعال
۲	سرب و روی	سرب: کمتر از ۰/۰۲ روی: ۰/۰۴ الی ۰/۱۲	مکنده	فعال
۳	سرب و روی	سرب: ۰/۰۰۳ روی: ۰/۱۶	طبیعی	فعال

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار غلظت رادون اندازه‌گیری شده به تفکیک معادن مورد مطالعه

معدن	تعداد ایستگاه سنجش شده	میانگین غلظت رادون Bq/m <sup>3</sup>	بیشترین مقدار رادون Bq/m <sup>3</sup>	کمترین مقدار رادون Bq/m <sup>3</sup>	انحراف معیار
شماره ۱	۳	۱۲۵/۸۳	۱۵۳	۹۰/۵	۳۲/۰۴
شماره ۲	۲	۸۴۸/۵	۱۶۴۰	۵۷	۱۱۱۹/۳۵
شماره ۳	۳	۱۶۶۷/۴	۴۱۸۳/۳	۳۵۹/۲	۲۱۷۹

جدول ۳: مقیاسه میزان رادون سنجش شده با مقادیر توصیه‌شده توسط سازمان ICRP

ردیف	میانگین غلظت رادون Bq/m <sup>3</sup>	حد اقدام Bq/m <sup>3</sup>	حداکثر غلظت توصیه شده Bq/m <sup>3</sup>
۱	۱۲۵/۸۳	۵۰۰	۱۵۰۰
۲	۸۴۸/۵	۵۰۰	۱۵۰۰
۳	۱۶۶۷/۴	۵۰۰	۱۵۰۰

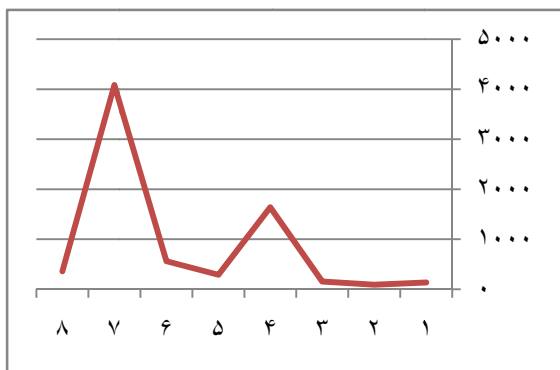
جدول ۴: میانگین و انحراف معیار غلظت رادون اندازه‌گیری شده بر حسب محل اندازه‌گیری در معادن مورد مطالعه

معدن	تعداد ایستگاه سنجش شده	میانگین غلظت رادون Bq/m <sup>3</sup>	بیشترین مقدار رادون Bq/m <sup>3</sup>	کمترین مقدار رادون Bq/m <sup>3</sup>	انحراف معیار
محل کار	۳	۲۰۶۸/۳	۴۱۸۲/۳	۱۵۳	۲۰۲۱/۸
محل رفت و آمد	۵	۲۱۹/۹	۴۵۹/۸	۱۷۸/۷	۵۷
بیرون از معدن	۴	۱۹/۷۵	۴۶	۰	۲۳/۴۱

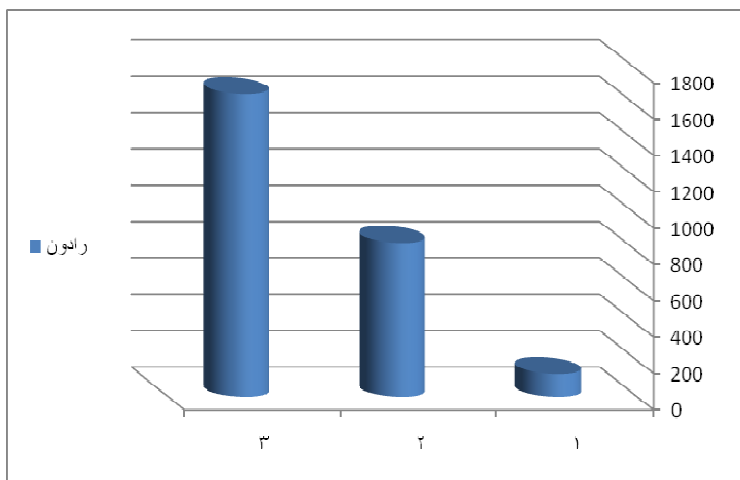


محل استراحت و محیط خارج از معدن ۱۹/۷۵ بکرل بر متر مکعب اندازه گیری شد. در شکل ۱ و ۲ غلظت گاز رادون در ایستگاه‌های اندازه گیری شده و میانگین غلظت گاز رادون هر معدن آورده شده است.

در جدول ۴ میانگین و انحراف معیار غلظت گاز رادون اندازه گیری شده بر حسب محل اندازه گیری در معادن مورد مطالعه آورده شده است. با توجه به نتایج، میانگین غلظت گاز رادون در محل کار کارگران ۲۰۶۸/۳، در محل رفت و آمد کارگران ۲۱۹/۹ و در



شکل ۱: غلظت گاز رادون اندازه گیری شده در ایستگاه‌های مختلف در هر معدن



شکل ۲: میانگین غلظت گاز رادون در هر معدن

**بحث و نتیجه‌گیری**

با توجه به اهداف مطالعه غلظت گاز رادون در معادن استان یزد برای اولین بار تعیین و نتایج حاصله با مقادیر استاندارد اعم از مقادیر حد اقدام و حداکثر مقدار مجاز توصیه‌شده توسط سازمان حفاظت در مقابل پرتوها (ICRP) مقایسه گردید. از محدودیت‌های انجام این مطالعه می‌توان به نا ایمن بودن معادن، ایاب و ذهاب و حمل و نقل دستگاه و متعلقات آن در معادن، مشکلات در هماهنگی‌های بین سازمانی و عدم همکاری برخی از مدیران معادن در اجرای طرح، عدم وجود برق در محدوده کاری برخی از معادن و تشویش خاطر کارگران معادن هنگام اندازه‌گیری گاز رادون اشاره کرد.

نتایج حاصله بیانگر این است که میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده رادون در معدن ۱، در محل‌های رفت و آمد و خارج از معدن کمتر از حد اقدام و در معدن ۲ حد فاصل حد اقدام و حداکثر مقدار مجاز بوده است، ولی در معدن ۳ و همچنین در محل کار کارگران از حداکثر مقدار مجاز توصیه شده بیشتر بود بنابراین نتایج این مطالعه با نتایج ایشیموری و کوبال که بیانگر تفاوت غلظت گاز رادون در ایستگاه‌های مختلف است مطابقت دارد (۷،۱۴). همچنین کمینه غلظت گاز رادون اندازه‌گیری شده در معدن ۳ از بیشینه گاز رادون معدن ۱ نیز بیشتر می‌باشد. که احتمالاً ممکن است به علت مسدود بودن ورودی مسیر هوای این بخش از معدن در زمان انجام اندازه‌گیری باشد. بنابراین نتایج این مطالعه در معدن ۱ و در محل رفت و آمد با نتایج سایر مطالعات انجام شده در ترکیه، هند، برزیل و همچنین مطالعه گیائی در ایران همخوانی

دارد، گرچه در بعضی از این مطالعات به جزئیات محل اندازه‌گیری اشاره نشده است (۹،۵،۲،۱۲،۱۵). اگرچه غلظت رادون اندازه‌گیری‌شده در بعضی از معادن و یا ایستگاه‌های اندازه‌گیری‌شده در این مطالعه بالا بوده و با نتایج مطالعات هادسون، بینز و راوو سازگاری دارد (۹،۱۷،۱۰)؛ ولی در اکثر ایستگاه‌ها غلظت گاز رادون کمتر از دو برابر حد اکثر مجاز توصیه‌شده می‌باشد و این در حالی است که این میزان در مطالعات آنجوس، کوبال و وگا بیشتر از سه برابر حد مجاز بوده است (۱۱-۱۳).

همچنین نتایج این مطالعه می‌تواند با نتایج مطالعه دورانی و آنجوس که نشان داد غلظت گاز رادون در معادن اورانیم همواره بیشتر از سایر معادن نیست همخوانی دارد (۱۱،۱۸). زیاد بودن انحراف معیار غلظت گاز رادون در معادن ۲ و ۳ به علت ارتباط زیاد غلظت گاز رادون، با محل و ایستگاه اندازه‌گیری می‌باشد که کاواسی و ایشیموری نیز در مطالعه خود به آن اشاره نموده‌اند (۸،۱۴).

مطالعاتی در کشورهای مختلف در زمینه ارزیابی گاز رادون در معادن زیرزمینی انجام گرفته است. و در ایران نیز در مطالعه‌ای تعداد ۱۰ معدن زیرزمینی مورد ارزیابی و اندازه‌گیری گاز رادون قرار گرفت که میانگین غلظت گاز رادون اندازه‌گیری‌شده در این مطالعه از میانگین غلظت گاز رادون مطالعه مشابه در ایران بیشتر بوده است (۱۵).

متأسفانه در ایران مطالعات بسیار کمی در این زمینه انجام گرفته است و اطلاعات کمی از وضعیت معادن کشور در دسترس می‌باشد. به علت دارا بودن ایران از میزان قابل توجهی از معادن



گاز رادون می‌باشد. با بهبود و بازنگری در تهویه‌های معادن می‌توان غلظت گاز رادون را کاهش داد همچنین کاهش زمان حضور و استفاده از ماسک‌های مناسب می‌تواند بسیار مفید باشد.

### تقدیر و تشکر

بدین وسیله از مسئولین معادن مورد مطالعه و نیز کارشناسان محترم بهداشتی شهرستان‌ها و کارشناس معاونت محترم بهداشت، که هماهنگی‌ها و همکاری‌های لازم، جهت انجام این مطالعه، با این گروه داشتند نهایت قدردانی و تشکر به عمل می‌آید.

مختلف زیرزمینی و همچنین مواجهه کارگران در این معادن، لزوم به اجرای مطالعات بیشتر و فراگیرتر در معادن دیگر استان‌های کشور احساس می‌گردد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که غلظت گاز رادون سنجش شده در ۶۲/۵ درصد نقاط اندازه‌گیری شده کمتر از حد اقدام، ۱۲/۵ درصد نقاط بین حد اقدام و حداکثر مقدار مجاز توصیه شده و ۲۵ درصد بیشتر از حداکثر مقدار مجاز توصیه شده می‌باشد. و از طرفی محل و ایستگاه اندازه‌گیری مهمترین عامل در غلظت

### References

- 1- Bouzarjomehri F. behdasht parto. 2010.
- 2- Çile S, Altınsoy N, Çelebi N. Radon concentrations in three underground lignite mines in Turkey. Radia protec dosimetry 2010; 138(1): 78-82.
- 2- ICRP. International Commission on Radiological Protection. Protection against radon-222 at home and at work. Ann ICRP Pub 2012; 183(8): 203-300.
- 4- George A, editor. World history of radon research and measurement from the early 1900's to today. AIP Conference Proceed; 2008.
- 5- Fişne A, Ökten G, Çelebi N. Radon concentration measurements in bituminous coal mines. Radia protec dosimetry 2005; 113(2): 173-7.
- 6- Grattan J, Gillmore G, Gilbertson D, Pyatt F, Hunt C, McLaren S, et al. Radon and 'King Solomon's Miners': Faynan Orefield, Jordanian Desert. Sci total environ 2004; 319(1): 99-113.
- 7- Kobal I, Vaupotič J, Udovč H, Burger J, Stropnik B. Radon concentrations in the air of Slovene (Yugoslavia) underground mines. Environ internation 1990; 16(2): 171-3.
- 8- Kávási N, Németh C, Kovács T, Tokonami S, Jobbágy V, Várhegyi A, et al. Radon and thoron parallel measurements in Hungary. Radia protec dosimetry 2007; 123(2): 250-3.
- 9- Rao KV, Reddy BL, Reddy PY, Ramchander R, Reddy KR. Airborne radon and its progeny levels in the coal mines of Godavarikhani, Andhra Pradesh, India. J Radiologic Protec 2001; 21(3): 259.



- 10- Hewson GS, Ralph MI. An investigation into radiation exposures in underground non-uranium mines in Western Australia. *J Radiologic Protec* 1999; 14(4): 359.
- 11- Anjos R, Umisedo N, Da Silva A, Estellita L, Rizzotto M, Yoshimura E, et al. Occupational exposure to radon and natural gamma radiation in the La Carolina, a former gold mine in San Luis Province, Argentina. *J environment radioactiv* 2010; 101(2): 153-8.
- 12- Veiga L, Melo V, Koifman S, Amaral E. High radon exposure in a Brazilian underground coal mine. *Journal of Radiological Protection*. 2004;24(3):295.
- 13- Page D, Smith D. The distribution of radon and its decay products in some UK coal mines. *Radiation Protection Dosimetry* 1992; 45(1-4): 163-6.
- 14- Ishimori Y, Maruo Y, editors. Radon exhalation rate monitoring in/around the closed uranium mine sites in Japan. *Internation Congress Series*; 2005: Elsevier.
- 15- Ghiassi-Nejad M, Beitollahi M, Fathabadi N, Nasiree P. Exposure to  $^{222}\text{Rn}$  in ten underground mines in Iran. *Radia protec dosimetry* 2002; 98(2): 223-5.
- 16- Bouzarjomehri F, Ehrampoosh M. Radon level in dwellings basement of Yazd-Iran. *Iran J Radia Res* 2008; 6(3): 141-4.
- 17- Binns D, Figueiredo N, Melo V, Gouvea V. Radon-222 measurements in a uranium-prospecting area in Brazil. *J environ radioactiv* 1998; 38(2): 249-54.
- 18- Durrani SA, Ilić R. Radon measurements by etched track detectors: Applications in radiation protection, earth sciences, and the environment: World Scientific Singapore; 1997.





## Measuring Radon Concentration in the Lead and Zinc Mines in Yazd

Barkhordari Firouzabadi A(Ph.D)<sup>1</sup>, BoozarJomehri F(Ph.D)<sup>2</sup>, Ghahari M (MS.c)<sup>3</sup>, Parach AA(Ph.D)<sup>2</sup>, Zare Sakhoydi MH(Ph.D)<sup>1</sup>, Lotfi MJ(Ph.D)<sup>4</sup>

1. Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
2. Corresponding Author: Professor, Department of Medical Physics and Mycology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
3. MS.c Student of Occupational Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
4. Assistant Professor, Department of Medical Physics and Mycology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
5. Associate Professor, Department of Epidemiology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
6. Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

### Abstract

**Introduction:** Exposure to radon gas, with about two-third of background radiation, is considered as the greatest source of community irradiation, which increases the risk of lung cancer with Alpha radiation, so as it is recognized as the second cause of lung cancer in the US after smoking. Although radon evaluation has been carried out in Europe more than the developing countries, measuring radon concentration in the mines is being increased worldwide such as Ghyasy, Ishimori, Fisne and Kobal's studies in the lead mines. Since there are a noticeable number of mines as well as mine staff in Yazd province, the present study aimed to determine the concentration of radon gas in the lead and zinc mines in Yazd.

**Methods:** In this analytical-cross sectional field study, the radon concentration of radon of three zinc and lead mines were measured in Yazd province via active method using RAD7 device (range between 4- 400000 Bq/m<sup>3</sup>) in summer. The study data were entered into SPSS software (ver.16) and radon-created Alpha particles were measured.

**Results:** According to the results, the highest concentration of radon was observed in mine 3 (413.3 Bq/m<sup>3</sup>) and the lowest concentration was detected in mine 1 (57 Bq/m<sup>3</sup>) and the average radon concentration in mines 1,2,3 were 848.5, 125.83 and 1667.4 Bq/m<sup>3</sup>, respectively. In addition, the concentration mean of radon gas in workers' work place, resort area and both rest area and the outside environment of the mines were 2068.2, 219.9, and 19.75 Bq/m<sup>3</sup>, respectively. The correlation between radon gas concentration and lead mine grade was also reported -0.899.

**Conclusions:** The findings of the present study indicated that the concentration of radon in 62.5% places were less than the action level, 12.5% of places were higher than the action level and less than the maximum permissible limit, and only 25% of places were higher than the maximum permissible limit. The place and station of measurement were the most influential factors in regard with radon concentration in the present study.

**Keywords:** Activity; Alpha Radiation; ICRP; Lead and zinc mine; Radon gas concentration –