

بررسی میزان غلظت گاز رادون در منازل مسکونی ویلایی و آپارتمانی و تأثیرپذیری مصالح ساختمانی به کاررفته در آنها (مطالعه موردی: شهر اهواز)

منصور آقایی^۱، محمدصادق سخاوت جو^{۲*}، فرامرزمعطر^۳

^۱ گروه علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ایران

^۲ گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ایران

^۳ دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

هدف از این مطالعه اندازه گیری غلظت گاز رادون موجود در منازل مسکونی مناطق ۷ گانه شهرداری شهر اهواز و تأثیر پذیری آن از مصالح ساختمانی بکار رفته می باشد. در این پژوهش برای اندازه گیری گاز رادون، در هر منطقه تعداد ۱۲ ایستگاه برای نمونه برداری به صورت کاملاً تصادفی مشخص گردید که در بین آنها ۲ منزل مسکونی ویلایی و ۵ منزل آپارتمانی (طبقات اول و دوم یعنی ۱۰ ایستگاه) واقع در شهر اهواز انتخاب شد. دوره زمانی نمونه برداری در هر خانه حداقل یک روز و حداکثر یک هفته بود. جهت ثبت داده ها دستگاه در اتاق نشیمن و در ارتفاع ۵۰ تا ۹۰ سانتی متری از کف زمین، دور از پنجره و نور آفتاب بر طبق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا قرار داده شد. جهت اندازه گیری گاز رادون از دستگاه Coentium-Canary Pro استفاده شد. سپس داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که غلظت گاز رادون در طبقات پایین بیشتر از طبقات بالا ساختمان می باشد. علت این امر می تواند به دلیل فاصله گرفتن از قشر زمین و منشاء تشعشعات غلظت گاز رادون باشد. در بین مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز منطقه ۴ بیشترین و منطقه ۳ کمترین متوسط غلظت گاز رادون را به خود اختصاص می دهند. میانگین گاز رادون در منازل ویلایی و آپارتمانی مناطق ۷ گانه کمتر یا برابر با رهنمودهای WHO و EPA می باشد و در منازل آپارتمانی طبقه ۲ در ایستگاه ۸ واقع در منطقه ۶ شهرداری میانگین گاز رادون بیشتر از رهنمود EPA اندازه گیری شد. میانگین غلظت گاز رادون بین طبقات ۱ و ۲ در مناطق ۱، ۷ شهرداری اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند. میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در مناطق ۷ گانه شهرداری اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند. میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای ویلایی و بین ساختمانهای آپارتمانی اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند. همبستگی معنی داری منفی بین متغیر گاز رادون با درجه حرارت و همبستگی معنی داری مثبتی بین متغیر گاز رادون با رطوبت نسبی، همبستگی معنی داری منفی بین متغیر درجه حرارت با رطوبت نسبی وجود دارد. در ضمن همبستگی معنی داری بین جنس مصالح با سایر متغیرها وجود نداشت.

واژه های کلیدی: رادون، مصالح ساختمانی، منازل مسکونی، اهواز

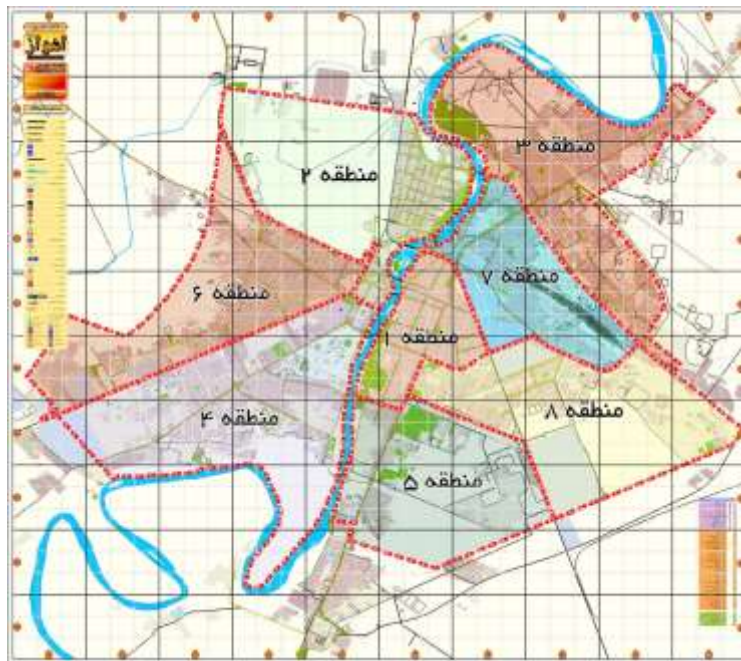
۱. مقدمه

یکی از عوامل اصلی در پرتوگیری بشر و موجودات زنده منابع پرتوزای طبیعی محسوب می‌شوند (عباس نژاد، ۲۰۰۱). این منابع بطور مستمر، بر دز دریافتی انسان تاثیر گذاشته و وابسته به غلظت هسته‌های پرتوزای طبیعی و نحوه پرتوگیری از آنها، زیان‌هایی بهمراه دارند که در این بین گاز رادون و محصولات واپاشی آن بیشترین سهم را در پرتوگیری از پرتوهای طبیعی به‌عهده دارند. طبق گزارش UNSCEAR در سال ۲۰۰۰ میلادی، مقدار دز موثر سالیانه انسان از تمام منابع پرتوزای طبیعی در مناطقی با پرتوزائی زمینه حدود ۲/۴ میلی سیورت در سال برآورد شده است که در حدود ۵۲ درصد یعنی بیش از نیمی از این پرتوگیری ناشی از استنشاق گاز رادون یعنی حدود ۱/۲۵ میلی سیورت در سال و مابقی مربوط به سایر منابع پرتوزای طبیعی می‌باشد (سهرابی، ۲۰۰۳). رادون گاز رادیواکتیو شناخته شده‌ای است که از زوال طبیعی رادیوم و در حقیقت اورانیوم بعنوان هسته مادر آزاد می‌گردد. لذا منبع اصلی تولید گاز رادون در درجه اول اورانیوم و سپس رادیوم موجود در خاک و سنگ می‌باشد. محصولات واپاشی رادون اتمهای فلزی سرب، بیسموت، پولونیوم می‌باشند که خاصیت پرتوزایی داشته و بعنوان دختران رادون در هوا شناخته شده‌اند (بارنو، ۲۰۰۵). رادون از نظر فیزیکی گازی خنثی، بی رنگ و نامرئی بوده و در هوا و آب وجود دارد. وقتی در یک ساختمان محبوس گردد، غلظت و در نتیجه سطح اکتیویته آن افزایش می‌یابد و در صورت بالا بودن مقدار آن، باعث ایجاد اثرات بیولوژیکی عمده‌ای در ساکنین آن ساختمان می‌گردد (باردنتز، ۲۰۰۴). منابع ورود گاز رادون به داخل ساختمانها شامل خاک و سنگهای پوسته زمین در زیر ساختمان، مصالح، آب و به ویژه آبهای زیرزمینی، گازهای طبیعی، نفت و ذغال سنگ می‌باشد. از جمله مصالح ساختمانی که دارای پرتوزایی بالا می‌باشند می‌توان به گرانیت، شیل زاجی، سیلیکات کلسیم، سنگ معدن فسفات، سنگ گچی سفبری، آجر جوش قرمز و تفاله‌های نرده سازی، آهن کاری و غبار خاکستر حاصل از سوختن ذغال سنگ اشاره نمود (آلتر، ۲۰۰۲). گاز رادون موجود در آب از دو طریق آشامیدن و نیز استنشاق در هوا وارد بدن شده و جذب ارگانسیم‌های مختلف می‌گردد که با این عمل نیز امکان ایجاد عوارض مختلفی وجود دارد. گاز رادون در نتیجه فروپاشی هسته رادیوم در ذرات خاک تولید شده و اتم‌های آن پس از خروج از ماتریس خاک به اتمسفر رها می‌شوند. منشا اصلی رادون در اتمسفر برون دمش گاز از سطح خاک بوده و غلظت گاز رادون در خاک به عنوان مشخصه ای برای تعیین پتانسیل رادون در نظر گرفته می‌شود. چون رادون در محیط زیست بصورت گازی شکل می‌باشد، لذا محصولات فروپاشی رادون می‌توانند به ذرات و آئروسول‌ها در هوا بچسبند و در نتیجه به راحتی در شش‌ها نهشت می‌یابند، ذراتی که مدت طولانی باقی می‌مانند با گسیل تابش آلفا به بافتهای ریه آسیب می‌رسانند و مقداری نیز جذب خون می‌شوند، طولانی تر شدن مدت تنفس صدمات جدی به ریه وارد نموده و باعث ایجاد بیماری‌های آمفیوزم و فیبروزیس و یا در نهایت احتمال بروز سرطان ریه را افزایش خواهد داد (ساتر، ۲۰۰۶). وقتی رادون و دختران آن از ریه به خون و بافتهای بدن می‌روند، می‌توانند انواعی از سرطانهای بافت نرم مانند سرطان کلیه و پروستات را ایجاد کنند. رادون در چربی بدن حل شده و دختران آن به مغز استخوان انتقال می‌یابند. بلع رادون حل شده در آب نیز ممکن است منجر به ایجاد سرطان معده گردد (آمرال، ۲۰۰۱). وقتی تماس با رادون طولانی مدت باشد، مانند معدنکاران، احتمال بروز سرطان ریه قطعی بوده و سالها بعد از تماس علائم ابتلا به سرطان ظاهر می‌گردد. بطور کلی بعد از سیگار، استنشاق گاز رادون دومین عامل مرگ و میر از طریق سرطان ریه بوده، و در حدود ۵ تا ۱۵ درصد از کل سرطانهای ریه از این طریق ایجاد می‌شوند. بعلاوه خطر مرگ ناشی از سرطان ریه از طریق رادون برای سیگاریها خیلی بیشتر است (قیاسی نژاد، ۲۰۰۸). در یک بررسی که توسط مولر (Muller) در سال ۱۹۲۰ صورت گرفت نشان داد که سرطان ریه یک بیماری شغلی در معدنکاران است که بوسیله رادون در سنگها و هوای معدن که استنشاق می‌گردد، ایجاد می‌شود. این فرضیه حمایت شد و باعث گردید اندازه گیری دقیق تری در معادن فلوریدا در کانادا و معادن آهن در سوئد و معادن قلع در چین و طلا در اونتاریو صورت گیرد (داربی، ۱۹۹۸). اگر چه تابش زمینه در همه جا وجود دارد، غلظت رادیونوکلیدهای مولد آن و توزیع آنها ثابت نیست، تراز تابش زمینه بسته به محل و شرایط فیزیکی و محیطی تغییر کرده و در برخی نواحی بطور قابل ملاحظه‌ای بیش از میانگین جهانی است که از جمله این مناطق با زمینه بالای تابش طبیعی رامسر در ایران، گواپارای در برزیل، گرالا در هند، یانگ جیانگ در چین و رشته کوه‌های فلاندر در استرالیا می‌باشند (واپوتیک، ۲۰۱۰).

با توجه به مطالب بیان شده پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان غلظت گاز رادون در منازل مسکونی ویلایی و آپارتمانی و تأثیرپذیری مصالح ساختمانی به کار رفته در آنها (مطالعه موردی : شهر اهواز) انجام می شود.

۲. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه شده

اهواز یکی از کلانشهرهای ایران با مساحت ۱۸۶۵۰ هکتار، بعنوان یکی از شهرهای وسیع ایران، محسوب می شود که در بخش مرکزی شهرستان اهواز قرار دارد و به عنوان مرکز استان خوزستان شناخته می شود. شهر اهواز در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی، در بخش جلگه‌ای خوزستان و با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع شده است. شکل ۱-۳ نقشه مناطق شهرداری مورد مطالعه در شهر اهواز را نشان می دهد.



شکل ۱: نقشه مناطق شهرداری مطالعه شده در شهر اهواز

۳. روش تحقیق

۱.۳. روش نمونه برداری و جمع آوری اطلاعات

نمونه برداری از ۷ منطقه شهرداری (از بین ۸ منطقه) شهر اهواز صورت گرفت (در منطقه ۵ شهرداری امکان جمع آوری داده ها وجود نداشت). نمونه برداری در یک بازه زمانی از تابستان ۱۳۹۴ لغایت بهار ۱۳۹۵ صورت گرفت. با توجه به اینکه هر یک از مناطق هفتگانه ی شهر اهواز به چند ناحیه تقسیم شده است، انتخاب ایستگاه های نمونه برداری در هر ناحیه، با توجه به تعداد دستگاه ها و محدودیت زمان و به گونه ای صورت گرفت که تمامی انواع مصالح بکار رفته را نیز پوشش دهد.

در هر منطقه تعداد ۱۲ ایستگاه برای نمونه برداری به صورت کاملاً تصادفی مشخص گردید. ایستگاه ها شامل ۲ منزل ویلایی و ۵ آپارتمان (طبقات اول و دوم جمعاً ۱۰ ایستگاه) که مجموعاً ۱۲ ایستگاه را شامل می شد. انتخاب ایستگاه ها در هر منطقه به گونه ای انجام گرفت که حتی الامکان یک نقطه در هر ناحیه به عنوان ایستگاه در نظر گرفته شود.

متغیرهای تحقیق حاضر عبارتند از:

- ۱- میانگین غلظت گاز رادون در کوتاه مدت بر حسب (Pci/L واحد پیکوکوری بر لیتر)
- ۲- درجه حرارت بر حسب واحد سانتیگراد (C°)
- ۳- رطوبت نسبی بر حسب درصد ($RH\%$)

۴- جنس مصالح ساختمانی بکار رفته در ایستگاه ها

۵- مختصات جغرافیایی هر ایستگاه

جهت اندازه گیری گاز رادون از دستگاه دیجیتالی Corentium AS مدل QRI ساخت کشور نروژ (شکل ۲) استفاده گردید. مشخصات دستگاه در پیوست آمده است. قرایت میانگین کوتاه مدت غلظت گاز به طور مستقیم از روی صفحه نمایشگر دستگاه انجام گرفت. اندازه گیری دما و رطوبت نسبی با استفاده از دستگاه HTC-1 ساخت کشور چین (شکل ۳) و مطابق با دستورالعمل (manual) دستگاه انجام گردید. دوره زمانی نمونه برداری در هر ایستگاه حداکثر یک هفته بود. جهت ثبت دادهها، دستگاه ها در اتاق نشیمن بر طبق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA) قرار داده شد. مطابق این استاندارد، دستگاه اندازه گیری گاز رادون باید به دور از تابش مستقیم نور خورشید و تشعشعات الکترومغناطیسی به صورت افقی در فاصله حداقل ۲۵ سانتیمتری از نزدیکترین دیوار و ۵۰ سانتیمتری بالای کف و حداقل ۱۵۰ سانتیمتری از نزدیکترین در یا پنجره یا سیستم تهویه قرار داده شود. بعد از قرار دادن دستگاه در محل، باید برای چند دقیقه بدون حرکت گذاشته شود تا کالیبراسیون به طور خودکار انجام گیرد. سپس به مدت یک هفته، هر ۲۴ ساعت، اعداد هر دو دستگاه توسط ساکنین هر ایستگاه قرایت شده و در یک جدول ثبت گردید.



شکل ۲: دستگاه corentium AS منبع <https://www.corentium.ca>



شکل ۳: دستگاه HTC-1 منبع سایت <http://iran-micro.com>

۲.۳. روش پردازش اطلاعات

تحلیل دادهها به کمک نرم افزارهای آماری Excel و SPSS ورژن ۲۰ انجام شد. تجزیه و تحلیل دادهها در دو بخش آمار توصیفی و تحلیلی انجام پذیرفت. در بخش توصیفی از معیارهای تمرکز و پراکندگی مانند میانگین، واریانس، انحراف استاندارد، خطای استاندارد و نمودارهای میله‌ای استفاده شد. در بخش تحلیلی از آزمون One sample t-test و تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شد. لازم به ذکر است جهت انجام این آزمون می‌بایست فرضیات زیر برقرار باشد:

۱) کمی (مقیاس فاصله‌ای یا نسبی) بودن داده‌ها

۲) نرمال بودن داده‌ها

به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. سپس برای داده‌های نرمال از آزمون پارامتریک آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) جهت مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین مناطق مختلف اندازه گیری شده، استفاده گردید. جهت مقایسه میانگین غلظت گاز رادون با حد استاندارد آن از آزمون (sample T-Test One) استفاده شد. جهت مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین منازل آپارتمانی و ویلایی در هر منطقه از آزمون t -مستقل در سطح آماری $p < 0.05$ استفاده شد. همچنین جهت بررسی ارتباط بین گاز رادون در منازل ویلایی یا آپارتمانی با درجه حرارت و رطوبت از آزمون همبستگی استفاده شد.

۳.۳. روش پهنه بندی (تهیه ی نقشه ی GIS) غلظت گاز رادون در شهر اهواز

تهیه ی نقشه با استفاده از نرم افزارهای ۲۰۱۳ LAND.Excell و ArcGIS10 و مطابق با مراحل زیر انجام گردید:

۱- تبدیل مختصات جغرافیایی به UTM

۲- Save کردن اطلاعات فوق در محیط اکسل در فرمت

Text (Tab delimited)

۳- به منظور قرار گرفتن نقاط در مختصات حقیقی خود، فایل ایجاد شده به محیط LAND برده شده و یک اکسپورت shapefile گرفته می شود.

۴- قرار دادن Shapefile ایجاد شده در محیط GIS

۵- با استفاده از اکستنشن IDW خروجی گرفته می شود.

۴. نتایج و یافته ها

نتایج مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز

در این قسمت به میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز پرداخته شده است. جدول‌های زیر نتایج مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در منطقه ۷ گانه شهرداری اهواز را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در منطقه ۱

فاصله اطمینان ۹۵٪		آزمون اختلاف میانگین					آزمون لون برای برابری واریانس‌ها		طبقات ۱ و ۲
حد بالا	حد پایین	اشتباه استاندارد	اختلاف میانگین	Sig.(2-tailed)	df	t	Sig.	F	
۰/۶۱	۰/۱۸۸	۰/۱۰۶	۰/۴	۰/۰۰۰	۸۲	۳/۷۶	۰/۲۱۳	۱/۵۸	فرض برابری واریانس‌ها

نتایج آزمون تی مستقل، بیانگر آن است که با توجه به $p < 0.05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر دارند.

جدول ۲: مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در منطقه ۲

فاصله اطمینان ۹۵٪		آزمون اختلاف میانگین					آزمون لون برای برابری واریانسها		
حد بالا	حد پایین	اشتباه استاندارد	اختلاف میانگین	Sig.(2-tailed)	df	t	Sig.	F	طبقات ۱ و ۲
۰/۷۲	۰/۴۱	۰/۰۸	۰/۵۶۷	۰/۰۰۰	۸۲	۷/۱۹	۰/۰۰۰	۴۲/۵۱	فرض برابری واریانسها
۰/۸۲	۰/۳۲	۰/۱۲	۰/۵۷	۰/۰۰۰	۲۱/۵۹	۴/۷	-	-	فرض نا برابری واریانسها

نتایج آزمون تی مستقل، بیانگر آن است که با توجه به $p < 0.05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

جدول ۳: مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در منطقه ۳

فاصله اطمینان ۹۵٪		آزمون اختلاف میانگین					آزمون لون برای برابری واریانسها		
حد بالا	حد پایین	اشتباه استاندارد	اختلاف میانگین	Sig.(2-tailed)	df	t	Sig.	F	طبقات ۱ و ۲
۰/۴۲۳	۰/۰۲	۰/۱۰۲	۰/۲۲	۰/۰۳۴	۸۲	۲/۱۶	۰/۲۵۴	۱/۳۲	فرض برابری واریانسها

نتایج آزمون تی مستقل، بیانگر آن است که با توجه به $p < 0.05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

جدول ۴: مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در منطقه ۴

فاصله اطمینان ۹۵٪		آزمون اختلاف میانگین					آزمون لون برای برابری واریانسها		
حد بالا	حد پایین	اشتباه استاندارد	اختلاف میانگین	Sig.(2-tailed)	df	t	Sig.	F	طبقات ۱ و ۲
-۰/۰۵	-۱/۰۲	۰/۲۴	-۰/۵۳	۰/۰۳۱	۸۲	-۲/۱۹	۰/۰۰۴	۸.۸	فرض برابری واریانسها
-۰/۲۴	-۰/۸۳	۰/۱۴۷	-۰/۵۳	۰/۰۰۱	۴۶/۹۹	-۳/۶۳	-	-	فرض نا برابری واریانسها

نتایج آزمون تی مستقل، بیانگر آن است که با توجه به $p < 0.05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

جدول ۵: مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در منطقه ۷

فاصله اطمینان ۰/۹۵		آزمون اختلاف میانگین					آزمون لون برای برابری واریانسها		
حد بالا	حد پایین	اشتباه استاندارد	اختلاف میانگین	Sig.(2-tailed)	df	t	Sig.	F	طبقات ۱ و ۲
۰/۴۵	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۲۷	۰/۰۰۴	۸۲	۲/۹۹	۰/۱۶۸	۱/۹۴	فرض برابری واریانسها

نتایج آزمون تی مستقل، بیانگر آن است که با توجه به $p < 0/05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

جدول ۶: مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در منطقه ۸

فاصله اطمینان ۰/۹۵		آزمون اختلاف میانگین					آزمون لون برای برابری واریانسها		
حد بالا	حد پایین	اشتباه استاندارد	اختلاف میانگین	Sig.(2-tailed)	df	t	Sig.	F	طبقات ۱ و ۲
۱/۵۶	۰/۵۴	۰/۲۶	۱/۰۵	۰/۰۰۰	۸۲	۴/۱۲	۰/۳۴۶	۰/۸۹۸	فرض برابری واریانسها

نتایج آزمون تی مستقل، بیانگر آن است که با توجه به $p < 0/05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

نتایج مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای ویلایی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز در این قسمت به میانگین غلظت گاز رادون بین کل ساختمانهای ویلایی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز پرداخته شده است. جدول ۷ نتایج مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای ویلایی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز را نشان می دهد.

جدول ۷: مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین کل ساختمانهای ویلایی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز

Sig.	F	میانگین مربع	درجه آزادی	مجموع مربعها	
۰/۰۰۰	۲۷/۷۸	۵/۴۸	۵	۲۷/۳۸	بین گروهها
		۰/۱۹۷	۱۱۹	۲۳/۴۶	درون گروهها
			۱۲۴	۵۰/۸۵	کل

نتایج آزمون تجزیه واریانس، بیانگر آن است که با توجه به $p < 0/05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای ویلایی اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

نتایج مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز در این قسمت به میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز پرداخته شده است. جدول ۸ نتایج مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی در منطقه ۷ گانه شهرداری اهواز را نشان می‌دهد.

جدول ۸: مقایسه میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز

Sig.	F	میانگین مربع	درجه آزادی	مجموع مربعها	
۰/۰۰۰	۱۸/۶	۶/۱	۶	۳۶/۵۸	بین گروهها
		۰/۳۲۸	۴۴۱	۱۴۴/۶۱	درون گروهها
			۴۴۷	۱۸۱/۱۹	کل

نتایج آزمون تجزیه واریانس، بیانگر آن است که با توجه به $p < 0.05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر دارند.

نتایج همبستگی بین غلظت گاز رادون با درجه حرارت، رطوبت نسبی و جنس مصالح بکار رفته در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز

در این پژوهش به منظور مشخص کردن نوع و میزان رابطه بین غلظت گاز رادون با درجه حرارت، رطوبت نسبی و جنس مصالح از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد. جدول ۹ ضرایب همبستگی بین غلظت گاز رادون با درجه حرارت، رطوبت نسبی و جنس مصالح در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز را نشان می‌دهد.

جدول ۹: ضرایب همبستگی بین غلظت گاز رادون در ساختمانهای آپارتمانی و ویلایی با درجه حرارت و رطوبت نسبی در مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز

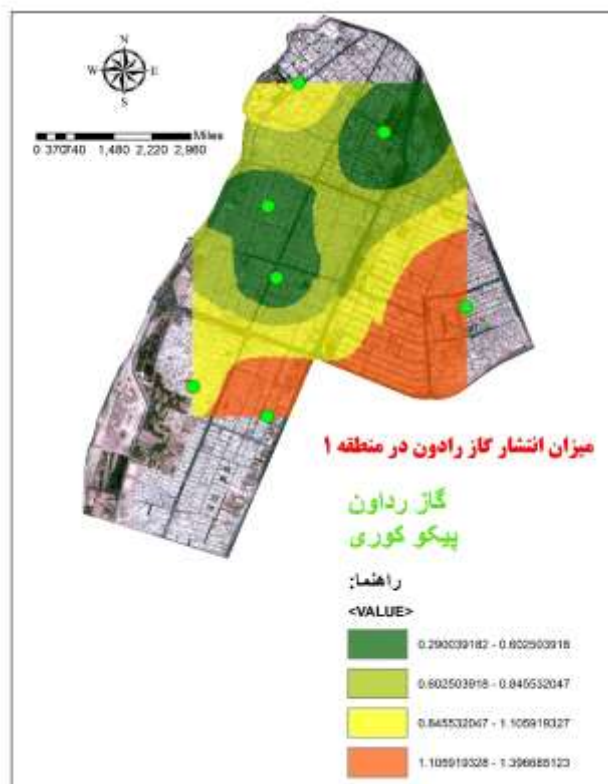
متغیر	گاز رادون	درجه حرارت	رطوبت نسبی	جنس مصالح
گاز رادون	ضریب اسپیرمن	۱	۰/۱۲۱**	۰/۱۸۷۱
	Sig.(2-tailed)		۰/۰۰۳	۰/۱۲۰
	تعداد	۵۸۸	۵۸۸	۸۴
درجه حرارت	ضریب اسپیرمن	۱	-۰/۳۷۲**	-۰/۱۳۹
	Sig.(2-tailed)		۰/۰۰۰	۰/۲۰۹
	تعداد	۵۸۶	۵۸۶	۸۳
رطوبت نسبی	ضریب اسپیرمن	۰/۱۲۱**	۱	۰/۰۲۲
	Sig.(2-tailed)		-۰/۳۷۲**	۰/۸۴۱
	تعداد	۵۸۸	۵۸۶	۸۴
جنس مصالح	ضریب اسپیرمن	۰/۱۷۱	۰/۰۲۲	۱
	Sig.(2-tailed)		۰/۸۴۱	۰/۲۰۹
	تعداد	۸۴	۸۴	۸۳

*معنی دار بودن در سطح آماری ۰/۰۵

**معنی دار بودن در سطح آماری ۰/۰۱

نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن، بیانگر آن است که با توجه به $p < 0.05$ ، همبستگی معنی داری منفی در سطح آماری ۰/۰۱ بین متغیر گاز رادون با درجه حرارت و همبستگی معنی داری مثبتی در سطح آماری ۰/۰۱ بین متغیر گاز رادون با رطوبت نسبی وجود دارد. همچنین نتایج بیانگر این است که با توجه به $p < 0.05$ ، همبستگی معنی داری منفی در سطح آماری ۰/۰۱ بین متغیر درجه حرارت با رطوبت نسبی وجود دارد. در ضمن همبستگی معنی داری بین جنس مصالح با سایر متغیرها وجود نداشت.

نقشه پهنه بندی گاز رادون در مناطق هشت گانه شهر اهواز



نقشه ۱: نقشه پهنه بندی گاز رادون در منطقه ۱ شهرداری شهر اهواز



نقشه ۲: نقشه پهنه بندی گاز رادون در منطقه ۲ شهرداری شهر اهواز



نقشه ۳: نقشه پهنه بندی گاز رادون در منطقه ۳ شهرداری شهر اهواز



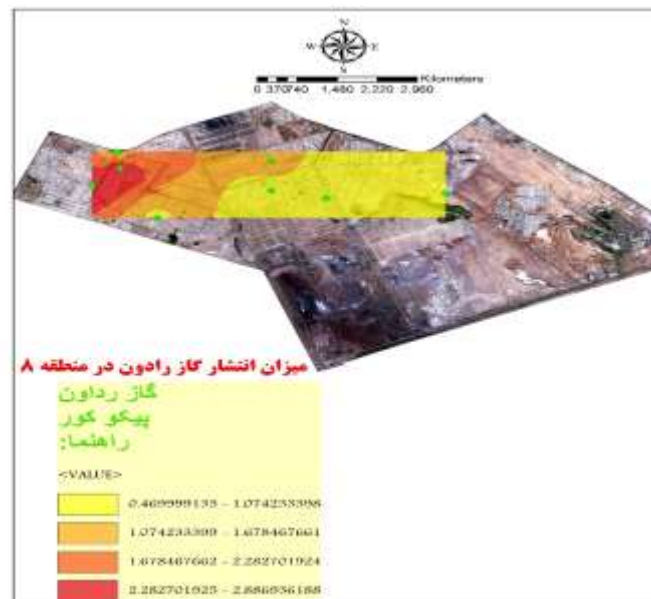
نقشه ۴: نقشه پهنه بندی گاز رادون در منطقه ۴ شهرداری شهر اهواز



نقشه ۵: نقشه پهنه بندی گاز رادون در منطقه ۶ شهرداری شهر اهواز



نقشه ۶: نقشه پهنه بندی گاز رادون در منطقه ۷ شهرداری شهر اهواز



نقشه ۷: نقشه پهنه بندی گاز رادون در منطقه ۸ شهرداری شهر اهواز

نتایج شکل های ۱ تا ۷ نشان می دهد، با توجه به استانداردهای EPA و WHO، غلظت گاز رادون در برخی از نواحی مناطق ۴ و ۸، برابر با استاندارد WHO می باشد. در یکی از ایستگاه های منطقه ۶ غلظت گاز بیش از استاندارد EPA می باشد. سایر مناطق، نسبت به هر دو استاندارد، در محدوده نرمال قرار دارند.

بحث و نتیجه گیری

نتایج اندازه گیری غلظت گاز رادون (pci/L) در مناطق ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۷ و ۸ شهرداری اهواز بیانگر آن بود که بیشترین غلظت به ترتیب مربوط به منازل آپارتمانی- طبقه اول، منازل ویلایی، منازل آپارتمانی طبقه ۲، منازل آپارتمانی طبقه ۱، منازل آپارتمانی طبقه ۲، منازل آپارتمانی طبقه ۱ و کمترین غلظت به ترتیب مربوط به منازل آپارتمانی- طبقه دوم، منازل آپارتمانی- طبقه ۲، منازل آپارتمانی- طبقه ۲، منازل آپارتمانی- طبقه ۲، منازل آپارتمانی- طبقه ۲، منازل آپارتمانی- طبقه ۱ و منازل آپارتمانی- طبقه ۲ می باشد.

بر طبق نتایج بدست آمده غلظت گاز رادون در طبقات پایین بیشتر از طبقات بالا ساختمان می باشد. دلیل آن نیز ورود گاز رادون از پی ساختمان ها به داخل ساختمان است که این پدیده در اثر نوسان فشار رخ می دهد. فشار پایین در داخل یک ساختمان (فشار منفی) موجب خروج گاز رادون از خاک های پی و نفوذ آن به داخل ساختمان می شود. این نوسان فشار بر اثر عواملی مختلفی نظیر بالا بودن هوای داخل ساختمان، هوای مصرفی توسط بخاری، اجاق و مشعل و غیره و نیز تهویه مکانیکی یا هوای تخلیه شده به بیرون توسط هواکش داخل آشپزخانه، حمام و دستشویی رخ می دهد. مجموع این عوامل باعث افت فشار و در نتیجه ایجاد فشار منفی گردیده و میزان آزادسازی گاز رادون را افزایش می دهد.

نتایج متوسط غلظت گاز رادون در منازل ویلایی و آپارتمانی بیانگر آن است که در بین مناطق ۷ گانه شهرداری اهواز منطقه ۴ بیشترین و منطقه ۳ کمترین غلظت گاز رادون را به خود اختصاص می دهند.

نتایج مقایسه میانگین غلظت گاز رادون با حد استاندارد نشان داد که سطح معنی داری (sig) برای میانگین غلظت گاز رادون در منازل ویلایی و آپارتمانی مناطق ۷ گانه کمتر از ۰/۰۵ می باشد، که بیانگر وجود اختلاف معنی دار با رهنمود WHO و EPA است. به طوری که میانگین گاز رادون در منازل ویلایی و آپارتمانی مناطق ۷ گانه کمتر از رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا می باشد.

نتایج آزمون تی مستقل بیانگر آن است که با توجه به $p < 0/05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی با ساختمانهای ویلایی در مناطق ۷ گانه شهرداری اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

نتایج آزمون تجزیه واریانس بیانگر آن است که با توجه به $p < 0/05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای ویلایی اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

نتایج آزمون تجزیه واریانس بیانگر آن است که با توجه به $p < 0/05$ ، میانگین غلظت گاز رادون بین ساختمانهای آپارتمانی اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر دارند.

نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بیانگر آن است که با توجه به $p < 0/05$ ، همبستگی معنی داری منفی در سطح آماری ۰/۰۱ بین متغیر گاز رادون با درجه حرارت و همبستگی معنی داری مثبتی در سطح آماری ۰/۰۱ بین متغیر گاز رادون با رطوبت نسبی وجود دارد. همچنین نتایج بیانگر این است که با توجه به $p < 0/05$ ، همبستگی معنی داری منفی در سطح آماری ۰/۰۱ بین متغیر درجه حرارت با رطوبت نسبی وجود دارد. در ضمن همبستگی معنی داری بین جنس مصالح با سایر متغیرها وجود نداشت.

با توجه به کاربرد بسیار زیاد سنگ های گرانیتی در ساختمان سازی های شهر اهواز و بسته بودن دربها و پنجره های منازل مسکونی به دلیل ریزگردها در تمام فصول سال و با توجه به احتمال بالا بودن میزان اورانیوم در خاک های رسوبی این شهر، بنابراین یکی از دلایل حضور گاز رادون در منازل مسکونی آپارتمانی و ویلایی مناطق ۷ گانه شهرداری شهر اهواز می تواند ناشی از خاک و سنگ بستر زمین باشد.

به دلیل وجود اورانیوم و توریوم در اغلب سنگ و خاک های که مصالح ساختمانی از آنها ساخته می شوند، مصالح ساختمانی از عوامل دیگر ورود این گاز به داخل ساختمان ها می باشند. روی هم رفته، مصالح ساختمانی در محیط، آهنگ دز را ۴۰ تا ۵۰ درصد افزایش می دهند. این نسبت به پارمترهای ساختاری منازل مسکونی مانند نوع مصالح، میزان کاربرد و نحوه به کارگیری

از آنها بستگی دارد. همچنین رادون از طریق آب بویژه آب‌های زیرزمینی، گاز طبیعی و نفت وارد ساختمان‌ها می‌شود که مقدار آن از این مسیرها در مقایسه با رادون آزاد شده از پوسته زمین بسیار ناچیز است. همچنین با توجه به اینکه در ساختمان‌های جدید به منظور کاستن از اتلاف انرژی گرمایی، نسبت به خروج هوای داخل بهتر عایق‌کاری می‌شوند و معمولاً تهویه آنها ضعیف‌تر است، میزان تجمع رادون در آنها اغلب اندکی بیشتر از دیگر ساختمان‌ها است.

در انتها با توجه به اینکه در تمامی منازل ویلایی و آپارتمانی مطالعه شده در مناطق ۷ گانه شهرداری به جزء در منازل آپارتمانی طبقه ۲ در ایستگاه ۸ واقع در منطقه ۶ شهرداری میانگین گاز رادون کمتر یا برابر با رهنمود آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا می‌باشد. این نتیجه گرفته شد که مشکلی از نظر غلظت گاز رادون برای سلامت ساکنین این منازل وجود ندارد. بنابراین برنامه‌ریزی جهت بررسی و اندازه‌گیری میزان گاز رادون در مناطق مسکونی و کار، کنترل و استفاده صحیح از مصالح ساختمانی بویژه انواع سنگ‌ها، موضوعی است که بایستی مورد توجه قرار گیرد.

منابع و مآخذ

1. Abbasnejad, A. (2001). "Environmental effects of Radon gas and considering the importance of it in IRAN", *Journal of Nuclear Science and Technology*; 7(26), pp. 17-45.
2. Alter, H.W., Fleischera, R.L. (2002). "Passive integrating Radon monitoring", *Health physics*; 12(40), pp. 693-702.
3. Amaral, E., Paretzke, H., Penna, E. (2001). "The radiological impact of Agricultural Aetriteis in an Area of high natural Radioactivity", *Journal of Radiation protection and dosimetry*; 15(45), pp. 28-39.
4. Burdntiz, B. (2004). "Radon and it's daughters A review of Instrumentation for occupational environmental monitoring", *Health physics*; 6(26), pp. 163.
5. Burno, R.C. (2005). "Verifying a model of Radon decay product behavior Indoors", *Health 3 physics*; 7(45), pp. 471-480.
6. Darby, S.C. (1998). "Risk of lung cancer associated with Residential radon exposure in south-e-west England: a case-control study", *Br.J.Cancer*, 78(3), pp. 394-408.
7. Ghiyasinejad, M., Beytollahi, M., Fallahian, N. (2008). "Exposure from natural radiation sources", *Atomic Energy Organization of Iran*, 4(3), pp. 12-20.
8. Sather, J.W. (2006). *The Behaviour and effects Radiation dosimetry of Radium in Man in environmental behaviour of Radium*, Technical report series 310, IAEA, vienna, Austria, pp. 297-343.
9. Sohrabi, M. (2003). "The state of the Art on worldwide studies in some Enviromentd with Elevated Naturally Occurring Radioactive Materials. *International Journal of Appliation Radiation and Isotops* ;49(3), pp. 169-188.
10. Vaupotic, J., Gregoric, A., Kobal, I. (2010). "Radon concentration in soil and radon exhalation rate at the Ravne Fault in NW Sloveni". *Natural Hazardos and Earth system*, sci(10), pp. 895-899.