بررسی تأثیر جاذب نانو رس مونت موریلونیت بر کاهش گاز رادون خاک

الهام اسراری[۱]، بنت‌الهدی امانت[۲] و طاهره مهدیار[۳]

[۱] دانشیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران
[۲] استادیار دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران
[۳] کارشناسی ارشد دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران

(دریافت: ۹۶/۶/۲۵، پذیرش: ۹۷/۲/۱، نشر آنلاین: ۹۷/۲/۲)

چکیده

پرتوگیری همه روزه از منابع طبیعی و مصنوعی صورت می‌گیرد. بالاترین دوز آن مربوط به پرتوهای طبیعی بوده که قسمت اعظم آن رادون می‌باشد. بر اساس گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی، این گاز بعد از سیگار کشیدن، دومین عامل سرطان ریه محسوب می‌شود. رامسر، به عنوان پرخطرترین نقطه دنیا در پرتودهی گاز طبیعی رادون شناخته شده است. بنابراین امکان‌سنجی استفاده از مواد در دسترس و مقرون به صرفه، به عنوان جاذب گاز رادون، می‌تواند نقش مهمی در افزایش سلامت جامعه ایفا کند. هدف این پژوهش بررسی عوامل مختلف مؤثر در کاهش گاز رادون با جاذب مونت موریلونیت در مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا است. آزمایش‌ها با روش اندازه‌گیری فعال توسط دستگاه پراسی و با استفاده از خاک منطقه تالش انجام شد. در این تحقیق در دوره‌های شش ساعته اندازه‌گیری رادون توسط دستگاه پراسی و رطوبت کم‌تر از ۱۰ درصد، حداکثر میزان کاهش رادون ۵۶/۷۴ درصد برای نانو مونت موریلونیت و۵۵/۳ درصد برای میکرو مونت موریلونیت به دست آمد. همچنین از آزمایش‌های طیف‌نگاری گاما، پراکنش اشعه X، تخلخل سنجی و آزمون آماری غیرپارامتریک برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. تأثیر میزان متفاوت وزنی، تغییر اندازه مونت موریلونیت، رطوبت و همچنین مقایسه مواد مختلف در کاهش غلظت رادون بررسی گردید. پلی اتیلن ماده‌ای مناسب برای حذف رادون بود. با افزایش میزان مونت موریلونیت و کاهش رطوبت محیط غلظت رادون کاهش یافت. نتایج آزمایش تخلخل‌سنجی نیز بیانگر قطر حفره‌های بزرگ‌تری در میکرومونت موریلونیت نسبت به نانومونت موریلونیت است؛ لذا میکرومونت موریلونیت درکاهش رادون عملکرد بهتری نشان داد. این جاذب مقرون به صرفه، نسبت به رطوبت هوا حساس و در محیط‌های خاک با رطوبت پایین و نزدیک به اشباع دارای عملکرد مؤثرتری است.

کلید واژه ها: رادون، مونت موریلونیت، پرتوزایی بالا، جذب سطحی.

۱- مقدمه

محیط زیست جایگاه امنی برای موجودات زنده اعم از انسان، گیاه و حیوان می‌باشد، لذا سالم بودن آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از بزرگ‌ترین دستاوردهای بشر در قرن حاضر کشف مواد رادیواکتیو و ویژگی‌های متفاوت مواد پرتوزا است. با توجه به خصوصیات این مواد، امروزه پژوهشگران، اثرات پرتوها بر محیط زیست و موجودات زنده بررسی می‌کنند. این پرتوهای یونیزان در برخورد با بدن انسان و یا عبور از آن انرژی برجا می‌گذارد و این انتقال انرژی به بافت زنده، آثار سوء بیولوژیکی دارد (Zha، ۱۹۹۶). به طور طبیعی همه روزه، پرتوگیری از منابع طبیعی پرتوزا خانواده‌های اورانیوم- ۲۳۸، توریوم- ۲۳۲ و اورانیوم- ۲۳۵، مانند رادیو نوکلئیدهای طبیعی منفرد از قبیل پتاسیم موجود در خاک و نیز تشعشعات کیهانی صورت می‌گیرد. البته از طریق منابع مصنوعی پرتوزا نیز پرتوگیری اتفاق می‌افتد ولی بالاترین دوز پرتوی دریافتی از پرتوهای طبیعی می‌باشد که قسمت اعظم آن مربوط به پرتوگیری از رادون است (Paschalides، ۲۰۱۰). بیش‌ترین مواجهه انسان با رادون در منازل مسکونی و نشت آن از پی ساختمان و ورود آن به داخل ساختمان رخ می‌دهد. بنا به توصیه سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا[۱](EPA) اگر ساکنین خانه طولانی مدت در معرض غلظت متوسط رادون ۴ پیکوکوری بر لیتر یا بیشتر قرار گیرند، باید آن خانه اصلاح شود و اقدامات چاره‌ساز صورت پذیرد (Schumann، ۱۹۸۹). درصد مرگ‌های سرطان ریه منتسب به رادون در کانادا ۷/۸، فرانسه حدود ٪۱۲، آلمان ٪۵ و در سوئیس ۸/۳ درصد گزارش شده است. برخی از پژوهشگران ارتباط گاز رادون با انواع دیگر سرطان همانند ریه،

1. Enviromental Protection Agency

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۹۱۲۲۰۶۶۷۲۴

آدرس ایمیل: e_asrari@pnu.ac.ir (ا. اسراری)، amanat.pnu@gmail.com (ب. امانت)، mahdiar_zahra@yahoo.com (ط. مهدیار).

پوست، سرطان دهان و حلق و ... را نیز مطرح کرده‌اند (Wheeler، ۲۰۱۲ و Salgado، ۲۰۱۵).

بررسی گاز رادون امروزه رایج‌ترین موضوع مطالعه در تعیین رادیواکتیویته محیطی بوده؛ به گونه‌ای که در سطح وسیعی در بسیاری از کشورها انجام گرفته است (Kropat، ۲۰۱۴؛ Ćurguz، ۲۰۱۵). روش‌های متفاوتی برای کاهش این گاز وجود دارد که اغلب هزینه‌های زیادی را دربر می‌گیرد. یکی از روش‌های جداسازی جذب سطحی است (Salimi، ۲۰۱۲). کربن فعال به عنوان یک جاذب سطحی توانایی جذب رادون را دارد (Karunakara، ۲۰۱۵). نتایج تحقیقات تأسیسات زیرزمینی سانفورد[۲] (SURF) دانشگاه داکوتای جنوبی، بیانگر عملکرد مؤثرتر جذب رادون در فشارهای بالا می‌باشد، همچنین با افزایش فشار تا 10 PSI، ضریب جذب تا 1 L/G افزایش یافت (Yang، ۲۰۱۲).

در پژوهشی حذف رادون از آب مصنوعی غنی شده با رادون توسط جاذب کربن فعال گرانولی، به ۷۸ درصد رسید. افزایش نسبت کربن فعال گرانولی به آب درحذف Rn-222 مؤثرتر بوده است (Jastaniah، ۲۰۱۴). البته کربن فعال نوع HD-4000 دارای ظرفیت بالاتری برای کاهش رادون است (Alabdula'aly، ۲۰۱۰).

Paschalides از زئولیت مصنوعی با سایز حفره ($5A^0$) و ژل سیلیکای آبی به منظور جمع‌آوری رادون استفاده کرد. از سوی دیگر، ژل سیلیکا آبی هنوز به عنوان یک جایگزین برای کربن فعال اثبات نشده است (Paschalides، ۲۰۱۰). البته از زئولیت‌های طبیعی برای تصفیه ضایعات رادیو اکتیو استفاده شده است (Bikit، ۲۰۱۵).

در روشی دیگر، رادون با ستونی از زئولیت نقره مبادله گردید و میزان رادیواکتیویته زئولیت توسط دستگاه گاما سنج با وضوح بالا اندازه‌گیری شد (Hedström، ۲۰۱۲). دستگاه آلفا گارد با تکنیک حباب‌سازی روشی ساده و سریع برای کالیبره شدن با جاذب‌های ارزان قیمت مانند روغن زیتون، روغن نارگیل و روغن معدنی (پتاسیم، منگنز، مس و منیزیم)، برای کاهش رادون معرفی شده است (Karunakara، ۲۰۱۰).

خطرات ناشی از گاز رادون در مناطقی از کشورمان به عنوان پرخطرترین نقطه دنیا در پرتودهی گاز طبیعی رادون (Yousefi، ۲۰۱۴)، انجام تحقیقات در زمینه کاهش غلظت این گاز را ضروری می‌کند. جاذب‌های محدودی برای جذب رادون معرفی شده است لذا یافتن مواد طبیعی (کانی) در ابعاد نانو که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد، لازم به نظر می‌رسد. تا کنون به تأثیر نانومونت موریلونیت بر گاز رادیواکتیو رادون در محیط خاک اشاره‌ای نشده است. تأثیر وزن، اندازه جاذب، رطوب و مقایسه مواد مختلف بر کاهش رادون از اهداف این تحقیق می‌باشد.

۲- روش بررسی

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

رامسر یکی از شهرهای شمال کشور در غرب استان مازندران است. در طول جغرافیایی '۴۱ ،°۵۰ و عرض جغرافیایی '۵۳ ،°۳۶ واقع است. ارتفاع از سطح دریا ۲۱ متر پایین تر از سطح آب‌های آزاد، میانگین دمای سالانه $21^{\circ}c$ و میانگین بارش سالانه ۱۲۰۰mm است. آب و هوای آن نسبتاً معتدل و مرطوب می‌باشد. مناطقی با سطح پرتوزایی طبیعی بالا در رامسر [۳](HLNRAs)، به ویژه در منطقه تالش محله، چند برابر بیشتر از دوز پیشنهادی کمیته بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوها [۴](ICRP) است، توصیه می‌شود دوز پرتوگیری برای ساکنان محدود شود (Ghiassi-Nejad، ۲۰۰۲).

۲-۲- مونت موریلونیت

بنتونیت یک ماده معدنی طبیعی و مجموعه‌ای از کانی‌های مختلف است که مهم‌ترین فاز موجود در آن مونت موریلونیت است (Al-Azmi،۲۰۰۷). مونت موریلونیت از خانواده اسمکتیت‌ها، یک آلومینوسیلیکات ۲:۱ است. خواص کاربردی و قابل توجه بنتونیت از جمله خواص سطحی آن به درصد بالای مونت موریلونیت وابسته است. این ماده به علت خواص ویژه‌ای از جمله جذب کاتیون‌ها و فلزات سنگین، چسباننده، پرکننده، کاتالیست، قیمت ارزان و در دسترس بودن می‌تواند به عنوان جاذب مناسبی به کار رود. علاوه بر این در صنعت بسته‌بندی برای بهبود خواص مواد مثل تقویت ساختاری و استحکام مکانیکی، کاهش عبوردهی گازها کاربرد دارد (Samadi، ۲۰۱۲). مشخصات فیزیکی و مکانیکی مونت موریلونیت در جدول (۱) آمده است.

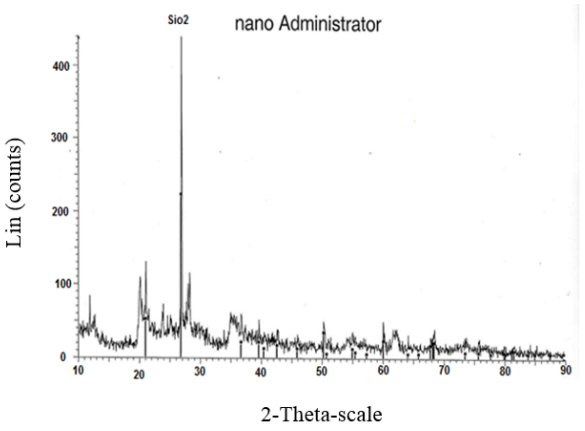
عکس XRD نمونه نانو و میکرو مونت موریلونیت توسط دستگاه BRUKER P8 ADVANCE آلمان در شرایط ولتاژ 40kV و جریان 30mA و تیوب CuKα و طول موج مس 0.15418nm =λ و پراش Range=10 to 90 (2θ) در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که میزان ترکیبات موجود در ماده معدنی نانو و میکرو مونت موریلونیت بر اساس استاندارد شماره 33-1161(D) بیش‌ترین پیک مربوط به ماده Sio_2 به میزان 50% می‌باشد. ساختار صفحه‌ای مونت موریلونیت ۱۰ و ۲۰ میکرومتر با میکروسکوپ روبشی در شکل (۳) نشان داده شده است.

2. Sanford Underground Research Facility (SURF)
3 .High Level Natural Radiation Areas

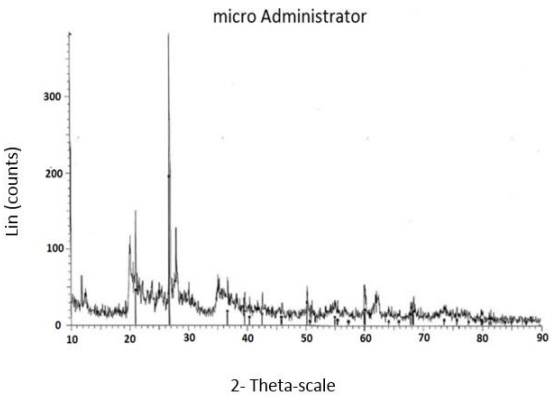
4. International commission Radiation Protection Radiological

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و مکانیکی میکرو و نانومونت موریلونیت

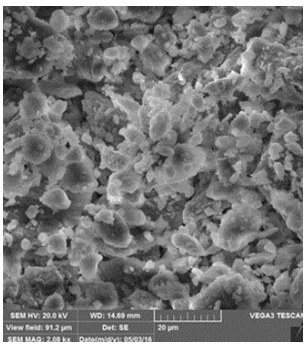
ردیف	مشخصات فیزیکی	میکرومونت	نانومونت
۱	نوع کلی	مونت موریلونیت	مونت موریلونیت
۲	چگالی	0.9–1.3 gr/cm ^{3}	0.5–0.7 gr/cm ^{3}
۳	اندازه ذرات	4-7 nm	1-2 nm
۴	مساحت سطح ویژه	280-350 (m^2/gr)	220-270 (m^2/gr)
۵	هدایت الکتریکی	-25MV	-25MV
۶	ضریب تبادل یونی	48 (meg/100 gr)	48 (meg/100 gr)
۷	فاصله خالی بین ذرات	60 A°	60 A°
۸	رنگ	Pale yellow	Pale yellow
۹	رطوبت	%1-2	%1-2

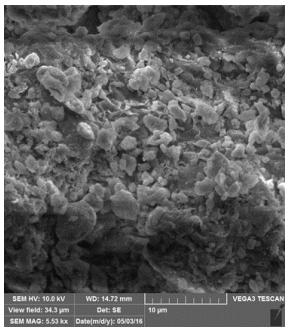


شکل ۱- XRD نانومونت موریلونیت



شکل ۲- XRD میکرومونت موریلونیت

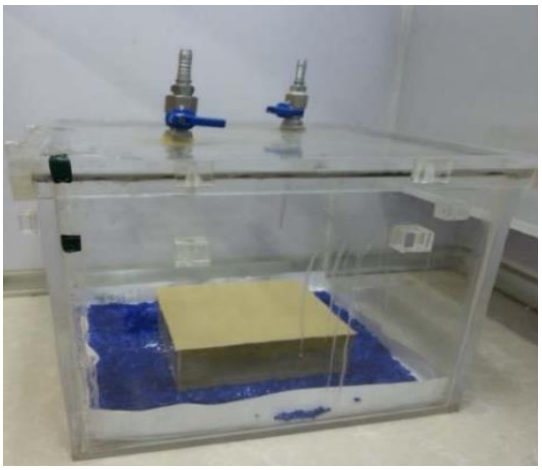




شکل ۳- ساختار صفحه‌ای مونت موریلونیت ۱۰ و ۲۰ میکرومتر با میکروسکوپ روبشی

۲-۳- آماده‌سازی خاک و نحوه استفاده از دستگاه پراسی

در این تحقیق از خاک منطقه تالش محله رامسر استفاده شده است. مقدار یک کیلوگرم نمونه خاک به مدت ۴ ساعت در دمای ۱۱۵ $^{\circ}$c در کوره خشک شد. سپس برای یکنواخت شدن در آسیاب مخصوص کاملاً به صورت پودر و یک دست در آمد. مقدار خاک مورد آزمایش درون جعبه پلکسی گلاس دارای ابعاد ۶×۱۵×۱۵ سانتی‌متر ریخته شد. این جعبه درون یک جعبه پلکسی گلاس بزرگ‌تر به ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر قرار داده شد (شکل (۴)).



شکل ۴- جعبه پلکسی گلاس استفاده شده در آزمایش

درب جعبه در زمان اندازه‌گیری بسته و ورود و خروج هوا از طریق دو شیر ورودی و خروجی انجام می گرفت. آشکارساز گاز رادون مورد استفاده، دستگاه پراسی [5](PRASSI) مدل 5S ساخت کشور ایتالیا است. سیستم دارای محفظه دو لیتری که دیواره آن با یک ماده سنتیلاتور حساس به پرتوهای آلفا پوشانده شده است. سیستم مجهز به یک پمپ مکنده داخلی است که با یک آهنگ ثابت $3\pm0,15\ L.min^{-1}$ هوا را از محیط پس از عبور از یک فیلتر فایبر گلاس در ورودی، به درون محفظه هدایت می‌کند. حساسیت سیستم میزان $4\ kBq.m^{-3}$ از گاز رادون در یک زمان پیوسته یک ساعته می‌باشد. این سیستم قادر است افزایش ناگهانی غلظت گاز رادون تا حدود $10\ kBq.m^{-3}$ را در طی ۳۰ دقیقه به میزان ۹۵٪ مقدار واقعی آن اندازه‌گیری نماید. همچنین اگر در مدت زمان یک ساعت پس از پایان اندازه‌گیری، هوای عاری از رادون به آن وارد گردد، اتاقک دو لیتری کاملاً از ایزوتوپ‌های آلفازا تخلیه و سیستم آماده اندازه‌گیری مجدد شد که این مزیت بزرگی در اندازه‌گیری‌های پیوسته مربوط به رادون است. به منظور دقت و صحت بیشتر در نتایج حاصل از اندازه‌گیری، آزمایش‌ها در حالت سیکل بسته در دوره‌های شش ساعته انجام گرفت. به عبارتی هر یک ساعت، یک اندازه‌گیری انجام شد. دستگاه پس از هر بار آزمایش به وسیله هوای معمولی (هوا با اکتیویته پایین) تمیز و مجدداً مورد استفاده قرار می‌گرفت.

۲-۴- روش آزمایش

۱۰۰ گرم خاک درون جعبه پلکسی کوچک ریخته و کاغذ صافی بر روی سطح خاک چسبانده شد. سپس مونت موریلونیت را با الک روی کاغذ صافی پخش کرده و اثر پارامترهای مختلف وزنی مونت موریلونیت (۲، ۵، ۱۰،۲۰ گرم)، رطوبت‌های مختلف محیط ۰/۵، ۲، ۹ و ۳۴ درصد مورد بررسی قرار گرفت. در تمام مراحل فوق میزان رادون خاک (اکتیویته) به دست آمده را با میزان رادون خاک زمانی که مونت موریلونیت در معرض خاک بوده با هم مقایسه شد. از رابطه (۱) برای محاسبه درصد کاهش غلظت رادون استفاده گردید.

$$R = C_0 - C_e/C_0 \times 100 \qquad (۱)$$

۲-۵- آنالیز آماری داده‌ها

از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و از آزمون‌های غیر پارامتریک کروسکال والیس و من ویتنی برای بررسی سطح معناداری استفاده گردید.

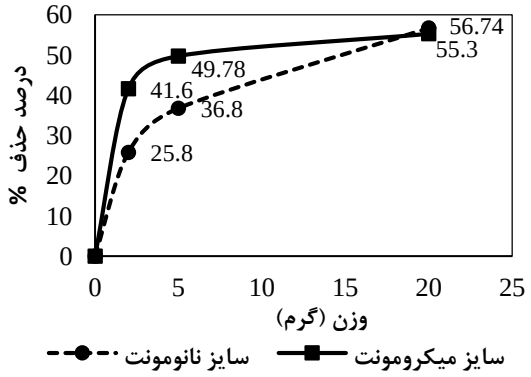
۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین میزان رادون خاک پایه

میزان ۵۰۰ گرم از خاک وزن شد و به مدت ۹۶ ساعت درون جعبه پلکسی قرار داده شد تا گاز رادون تجمع یابد و با دخترانش به تعادل برسند. میانگین رادون خاک $۲۹۷۵۲Bq/m^3$ شمارش شد. برای پایین آوردن اکتیویته رادون، میزان خاک ۲۵۰ گرم انتخاب گردید. با این میزان خاک در مدت ۴۸ ساعت غلظت رادون $۹۷۰۰Bq/m^3$ به دست آمد. برای به حداقل رساندن خطای اندازه‌گیری دستگاه، مدت زمان بهینه برای شمارش رادون ۶ ساعت و میزان خاک ۱۰۰ گرم برای تمام آزمایش‌ها انتخاب گردید. بنابراین در این تحقیق غلظت رادون خاک پایه $۱۴۰۰-۲۲۸۰\ Bq/m^3$ در نظر گرفته شد.

۳-۲- بررسی تغییر اندازه مونت موریلونیت در کاهش غلظت رادون

میزان‌های مختلف وزنی ۲،۵ و ۲۰ گرم نانو و میکرومونت موریلونیت با هم مقایسه گردید. با استفاده از ۲ گرم نانومونت موریلونیت میزان کاهش رادون ۲۵/۶۷ درصد و برای همان مقدار میکرومونت موریلونیت ۴۱/۴۶درصد به دست آمد. تأثیر ۵ گرم نانو و میکرومونت موریلونیت روی کاهش غلظت رادون به ترتیب ۳۶/۸۰ و ۴۹/۷۸ درصد بود. همچنین با استفاده از ۲۰ گرم، درصد کاهش رادون ۵۶/۷۴ و ۵۵/۳۰ به ترتیب برای نانومونت و میکرومونت گزارش گردید. نتایج بیانگر تأثیر وزن ماده در میزان غلظت رادون بوده است. با افزایش میزان مونت موریلونیت، جذب به حالت اشباع نزدیک شده است و چون میکرومونت کارآیی بهتری نسبت به نانومونت موریلونیت داشت، سریع‌تر اشباع شد. نتایج آزمون آماری کروسکال والیس نیز نشان‌دهنده تفاوت معنی داری بین تغییراندازه مونت موریلونیت با غلظت رادون و سطح معناداری ($p=۰/۰۰۲$) است (شکل (۵)).

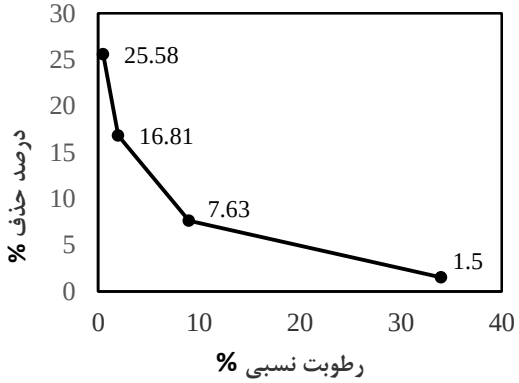


شکل ۵- میزان کاهش رادون در سایز نانو و میکرو مونت موریلونیت

5. Portable working level measurement system

۳-۳- تأثیر رطوبت بر کاهش غلظت رادون

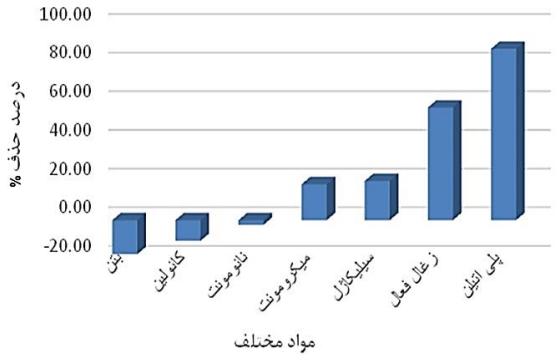
میزان ۲ گرم پودر نانو مونت موریلونیت را با الک بر روی کاغذ صافی پخش نموده، سپس در ۴ مرحله جداگانه با رطوبت‌های مختلف ۰/۵، ۲، ۹ و ۳۴ درصد تکرار گردید. رطوبت بهینه در این تحقیق پایین‌تر از ۱۰ درصد بوده، همچنین در رطوبت‌های ۲۰ تا ۳۵ ٪ نیز کاهش بسیار ناچیزی مشاهده شده است. تحقیقات مشابه در این زمینه بیانگر کاهش جذب در رطوبت ۳۰٪ تا ۸۰٪ برای کربن فعال گزارش شده است. لازم به توضیح است که این دامنه با توجه به نوع ماده جاذب متفاوت خواهد بود (Vargas، ۲۰۱۴). تفاوت معنی داری بین رطوبت با درصد حذف رادون در سطح معناداری (p=۰/۰۰۱) وجود دارد، که در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل ۶- میزان درصد کاهش رادون در رطوبت‌های مختلف

۴-۳- مقایسه تأثیر مواد مختلف در حذف رادون

برای بررسی تأثیر مواد مختلف در میزان حذف رادون، یک لایه سطحی از بتن، کائولین، میکرومونت موریلونیت، سیلیکاژل، کربن فعال گرانولی و پلاستیک از جنس پلی‌اتیلن به طور مجزا مورد بررسی قرار گرفت و اثرات آنها با نانو مونت موریلونیت مقایسه گردید. بتن باعث افزایش میزان رادون شد.

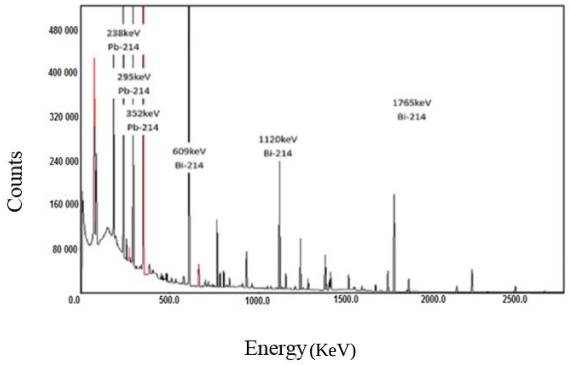


شکل ۷- تأثیر مواد مختلف بر کاهش غلظت رادون

مطالعات مشابه بیانگر این است که شدت نفوذ رادون از بتون، چند برابر بیشتر از شدت نفوذ رادون در اثر اختلاف فشار هوا است. موادی با نفوذپذیری کم مانند پلی اتیلن مانعی مناسب برای رادون می‌باشد (Henriksen، ۲۰۰۳). دلیل افزایش میزان رادون درکائولین به علت تخلخل کم و زنجیره مواد رادیو اکتیو آن است (شکل (۷)).

۵-۳- بررسی اکتیویته خاک با دستگاه اسپکترومتری گاما

به منظور بررسی میزان رادیوم نمونه خاک رامسر از دستگاه طیف‌نگاری گاما استفاده شد. میزان رادیوم خاک ۶۲۲۷ Bq/Gr و میزان رادیوم نمونه مونت موریلونیت ۵/۶ Bq/Gr گزارش شده است. به عبارتی مونت موریلونیت خود حاوی مقداری مواد رادیواکتیو است. محاسبات مربوط به غلظت رادیوم در طیف‌نگاری خاک با پیک‌های ۲۳۸/۶۳۲keV، ۲۹۵/۲۲۴keV، ۳۵۱/۹۳۲keV مربوط به سرب -۲۱۴ و ۶۰۹/۳۱۶keV، ۱۱۲۰/۲۸۷keV، ۱۷۶۴/۵۳۹keV مربوط به بیسموت -۲۱۴ از دختران رادیوم انجام گردید (شکل (۸)).



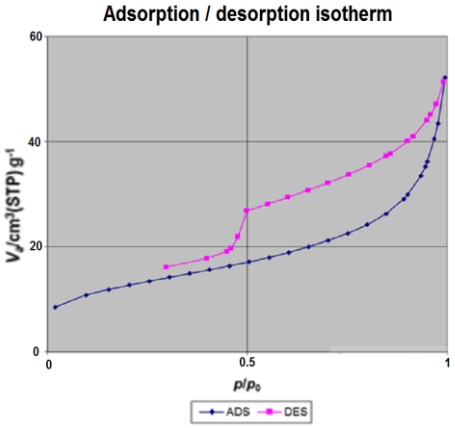
شکل۸- طیف‌نگاری خاک رامسر

۶-۳- بررسی آزمایش تخلخل سنجی

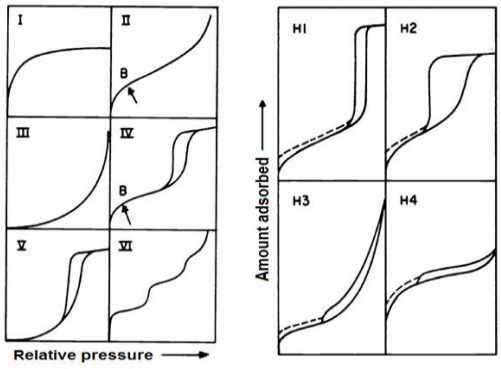
در این روش از روی ایزوترم جذب حاصل، به نوع، میزان و شکل تخلخل موجود در ماده جامد پی‌برده می‌شود. از جمله عوامل تأثیرگذار در جذب گاز بر مواد جامد، سطح ویژه ماده جاذب است و هر چه سطح ویژه ماده جاذب بزرگ‌تر باشد حجم بیشتری از گاز جذب خواهد شد. در سیستم جذب سطحی از جامد متخلخل استفاده شده که علاوه بر سطح ویژه خارجی، تخلخل نیز مؤثر است (Ali Gupta، ۲۰۰۷). با توجه به دسته‌بندی آیوپاک[6](IUPAC)، ایزوترم جذب مونت موریلونیت از نوع VI (چهار) بوده که مربوط به جاذب‌های متخلخل طبیعی است. در رابطه با هندسه حفره ها نمونه مونت موریلونیت جزء گروه H3 می‌باشد که دارای حالت ورقه‌ای (صفحه‌ای) است. این ماده دارای

6. International union of pure and applied chemistry

تخلخل متوسط (نوع مزوپروس) و دارای فاصله بین حفره‌ای زیاد می‌باشد. قطر حفره‌ها در نانومونت موریلونیت ۶۹ و در میکرومونت موریلونیت ۷۷ آنگستروم گزارش گردید. میکرومونت موریلونیت به دلیل قطر حفرات بزرگ‌تر کارآیی بیشتری نسبت به نانومونت موریلونیت دارد. تأثیر قطر حفره روی حجم کل حفره‌ها بیشتر از تأثیر تعداد حفره‌ها در مونت موریلونیت با توجه به شکل حفره‌های آن می‌باشد (جدول (۲)) و (شکل (۹) و (۱۰)).



شکل۹- ایزوترم جذب و دفع نانومونت موریلونیت



شکل ۱۰- طبقه‌بندی ایزوترم جذب فیزیکی IUPAC (Rerum، ۲۰۰۰)

جدول ۲- نتایج آزمایش تخلخل سنجی مونت موریلونیت

ویژگی	نانومونت موریلونیت	میکرومونت موریلونیت
حجم کل حفره	۰/۰۷۶۹۲۳	۰/۰۷۳۶۲۱
میانگین قطر حفره	۶/۹۲۴۲	۷/۷۳۶۴
سطح ویژه	۴۴/۴۳	۳۸/۰۶۵
مساحت حفره	۰/۰۲۹۹۴۴	۰/۰۲۷۹۳۱

۴- نتیجه‌گیری کلی

مونت موریلونیت ماده‌ای مولکولار سیو (دارای قطر ۲-۳، ۰ نانومتر) است که بسته به نوع آن دارای سطح‌های ویژه متفاوتی می‌باشد. با افزایش میزان مونت موریلونیت درصد کاهش رادون بیشتر می‌شود تا جایی که اشباع گردد. سایزمونت موریلونیت در میزان کاهش رادون تأثیر دارد. نانومونت موریلونیت تخلخل بیشتر و میکرومونت مونت موریلونیت قطر حفرات بزرگ‌تری دارد، بنابراین در محیط خاک میکرومونت موریلونیت مؤثرتر از نانومونت موریلونیت است. مونت موریلونیت با توجه به نتایج آزمایش تخلخل سنجی دارای تخلخل متوسط، سطح ویژه پایین و فاصله بین حفره‌ای زیاد می‌باشد. حداکثر کاهش رادون با توجه به مواد آزمایش شده، حدود ۵۶ درصد بود که در آن به اشباع رسید. پلی‌اتیلن مانعی مناسب برای رادون می‌باشد که با تحقیقات مشابه در این زمینه مطابقت دارد. رطوبت محیط یک عامل کلیدی برای کنترل میزان غلظت رادون است که با افزایش آن، راندمان جذب کاهش یافت. نتایج بیانگر کاهش رادون در رطوبت زیر ۱۰ درصد گزارش شده است و حداکثر کاهش در آزمایش‌های این پروژه در رطوبت (٪ ۱/۳) به دست آمد. بنابراین این جاذب مقرون به صرفه، نسبت به رطوبت هوا حساس و در محیط‌های خاک با رطوبت پایین، دارای عملکرد مؤثرتری است.

۵- مراجع

Alabdula'aly A, Maghrawy H, "Comparative Study of Different Types of Granular Activated Carbon in Removing Medium Level Radon From Water", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2010, 287, 77-85.

Al-Azmi D, Karunakara N, "Determination of Radon Concentration in Soil Gas By Gamma- Ray Spectrometry of Olive Oil", Radiation Measurements, 2007, 42, 486-490.

V. K. Gupta, "Advances in Water Treatment by Adsorption Technology", Nat. Protocols, 2007, 1, 2661-2667.

Bikit I, Mrdja D, Bikit K, Grujic S, Knezevic D, Forkapic S, Kozmidis-Luburic U, "Radon Adsorption by Zeolite", Radiation Measurements, 2015, 72.

Ćurguz Z, Stojanovska Z, "Long-Term Measurements of Radon, Thoron and Their Airborne Progeny in 25 Schools in Republic of Srpska", Journal of Environmental Radioactivity, 2015, 148, 163-169.

Ghiassi-Nejad M, Mortazavi S, Cameron J, Niroomand-Rad A, Karam P, "Very High Background Radiation Areas of Ramsar, Iran: Preliminary Biological Studies", Health Physics, 2002, 82, 87-93.

Hedström H, Foreman M, Ekberg C, Ramebäck H, "Radon Capture with Silver Exchanged Zeolites. Radiochimica Acta", International Journal for Chemical Aspects of Nuclear Science and Technology, 100, 395-399, 2012.

Henriksen T, Mail Lie Hd, "Radiation And Health", Taylor and Francis. New York 2003.

Jastaniah SD, Shakhreet BZ, Abbas HY, Elkhadir AM, Bafaraj SM, "Treatment of Radon Rich Bottled Water by Granular Activated Carbon Adsorption Method", Open Journal of Biophysics, 2014.

Karunakara Al-Azmi, "A Study on Radon Absorption Efficiencies of Edible Oils Produced In India". Health Physics, 98, 621-627, 2010.

Karunakara N, Kumara KS, Yashodhara I, Sahoo B, Gaware J, Sapra B, Mayya Y, "Evaluation of Radon Adsorption Characteristics of A Coconut Shell-Based Activated Charcoal System For Radon And Thoron Removal Applications", Journal of Environmental Radioactivity, 142, 87-95, 2015.

Kropat Georg, Bochud Francois, El Ta, "Major Influencing Factors of Indoor Radon Concentrations In Switzerland", Journal of Environmental Radioactivity, 2014, 129, 7-22.

López F, Canoba A, "222rn Gas Diffusion and Determination of Its Adsorption Coefficient on Activated Charcoal", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2002, 252, 515-521.

Paschalides J, Marinakis G, Petropoulos N, "Passive, Integrated Measurement of Radon Using 5a Synthetic Zeolite And Blue Silica Gel", Applied Radiation and Isotopes, 68, 155-163, 2010.

Rerum Naturalium, Keith E, Gubbins (Nc State University, Usa) Tag Der Verleihung, 2000.

Salgado-Espinosa T, Barros-Dios JM, Ruano-Ravina A, "Radon Exposure and Oropharyngeal Cancer Risk. Cancer", Letters, 2015, 369, 45-49.

Salimi H, (Translator), "Nano adsorbents for environmental applications", Nanotechnology Journal Monthly 176 in a row, Observatory Nano Briefing 2012, 22-37.

Salim Leonardo Alfredo, "Thoron and Radon Activity Concentration in Mineral Waters of Spas from Southeastern Brazil", Journal Environmental Earth Sciences, 73, 9, 5619-5630, 2015.

Samadi masoud. Nano Montmorillonite, "Properties and Applications", Fourteenth National Congress of Chemical Engineering, Sharif University of Technology, 2012, Tehran.

Schumann Rr, Owen De, Asher-Bolinder, S, "Weather Factors Affecting Soil-Gas Radon Concentrations At A Single Site In The Semiarid Western Us", 1989, 2, 9-89.

Vargas A, Ortega X, Serrano I, "Response of A Radon Charcoal Canister to Climatic and Radon Variations in the Inte Radon Chamber", 2004.

Wheeler B W, Allen J, Depledge MH, Curnow A, "Radon and Skin Cancer in Southwest England: An Ecologic Study", Epidemiology, 2012, 23, 44-52.

Yang X, "The Research of Radon Adsorption on Activated Carbon for Ultra-Low Background Experiments", University of South Dakota, 2012.

Yousefi Z, Naddafi K, Mohamadpur Tahamtan Ra, Zazouli Ma, Koushki Z, "Indoor Radon Concentration In Gorgan Dwellings Using Cr-39 Detector", Journal Mazandaran Univ Med Sci, 2014, 24, 2-10.

Zha Yr, Tao Zf, Wei Lx, "Epidemiological Survey in A High Background Radiation Area in Yangijan", Zhonghua Liu Xing Bing Xue Zazhi, 17, 328-332, 1996.

University of Tabriz

Journal of Civil and Environmental Engineering
Volume 49 (2019), Issue 3 (Autumn), 1-7

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Using Montmorillonite on Reducing Radon in Soil

Elham Asrari [a,*], Bentholhoda Amanat[b], Tahereh Mahdiar [a]

[a] *Department of Civil Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran*
[b] *Department of Physics, Payame Noor University, Tehran, Iran*

Received; 16 September 2017; **Accepted:** 20 April 2018

Keywords:
radon, montmorillonite, high radiation, adsorption.

1. Introduction

Exposure, takes place every day from natural and artificial sources, but the highest dose is related to normal radiation, which most of it is related to radon exposure. According to the World Health Organization reports, radon after smoking is considered as the second leading cause of lung cancer in the community (Salgado, 2015) (Wheeler, 2012). Ramsar is known as the riskiest place in the world in natural gas radon exposure. Given that, many people in their life or work, such as researchers, miners, hospitals, government offices, schools are exposed to the radioactive material, the feasibility of using available and affordable materials as an adsorbent of radon gas can play an important role in increasing public health (Yousefi, 2014). The objective aim of this study is investigating of various factors affecting radon reduction with montmorillonite in areas with high natural radiation. Effects of weight, adsorbent particle size, humidity, comparison of different materials to reduce radon were considered as other aims of this research.

2. Analysis method

2.1. Materials and methods

In this study, the soil of Talesh in Ramsar area was used. The tested soil in Plexiglas boxes with dimensions of 15 cm by 15 cm and a height of 6 inches were cast. The tested soil was poured into a Plexiglas box with dimensions of 15 cm by 15 cm and a height of 6 inches (Fig. 1). Experiments are performed using the active measurement method by PRASSI and using soil of the Talesh in our County. The effect of different amounts of weight, change in the size of montmorillonite, humidity as well as comparison of different materials with radon concentrations were investigated. According to Gamma spectroscopy experiments, the distribution of X-ray, Surface Area and Porosity Analyzer and Non-parametric statistical test also were used for data analysis.

2.2. Results

The effect of two different sizes during the use of different weight rates of 2, 5 and 20 grams of Nano-montmorillonite and Micro-montmorillonite were compared (Fig. 2). 2 g of Nano-montmorillonite powder was distributed on filter paper and then was repeated on four separate stages with different humidity of 0.5%, 2%, 9% and 34% in the tests environment, optimal humidity in this study has been lower than 10 percent, also at humidity of 20 to 35%, a very small decrease was observed (Fig. 3). To examine the effect of different materials in levels of radon, a surface layer of concrete, kaolin, Micro-montmorillonite, silica gel, granules activated carbon, polyethylene plastic were examined separately and their effects were studied with Nano-montmorillonite. Results were compared with respect percent reduction in radon concentration (Fig. 4). By

* Corresponding Author
E-mail addresses: e_asrari@pnu.ac.ir (Elham Asrari), amanat.pnu@gmail.com (Bentholhoda Amanat), mahdiar_zahra@yahoo.com (Tahereh Mahdiar).

increasing the amount of montmorillonite, and reducing the ambient humidity, radon concentration decreased. Results of Stephen Brunauer, paul hug Emmet, Edward Teller (BET) showed that the cavity diameter in Micro-montmorillonite was greater than Nano-montmorillonite, therefore, Micro-montmorillonite showed better performance in reducing radon (Karunakara, 2015). Based on the properties, the effect of the materials on the concentration of radon have been different, the maximum reduction in polyethylene has been 88 percent. The maximum radon reduction according to an average porosity of the adsorbent in both size of montmorillonite was about 56 percent, where it reached saturation (Fig. 5). Statistical tests showed that there is a significant difference between the different variables of Nano-montmorillonite weight, change in the material size, humidity, different materials with radon concentrations.

3. Conclusion

This adsorbent was affordable, sensitive to humidity and in environments with low humidity and close to saturation had more effective performance. Micro-montmorillonite had more efficiency than Nano-montmorillonite. Porosity is an important factor in adsorption. Montmorillonite has a small amount of radioactive material. Montmorillonite is a molecular substance SEO (0.3 to 2 nm in diameter), which has different Specific surface area depending on its type. By increasing the amount of montmorillonite, the percentage of reduction in radon became more until it is saturated. Size of Montmorillonite is effective in reducing radon. Nano-montmorillonite has a higher porosity, while Micro-montmorillonite has larger holes diameter, so in the soil environment, Micro-montmorillonite is more effective than Nano-montmorillonite. The maximum reduction of radon, according to the average porosity of the adsorbent, in both size of montmorillonite was about 56 percent, where it reached saturation. In examining the effect of different materials, they had different impact on the radon concentration according to their features. Statistical analysis results indicated that there was significant difference between different weighted variables of Nano-montmorillonite, change in montmorillonite size, humidity and various materials with radon concentration.

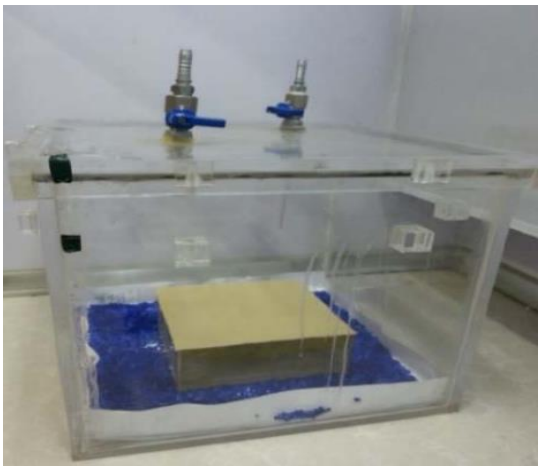


Fig. 1. The Plexiglas box used in test

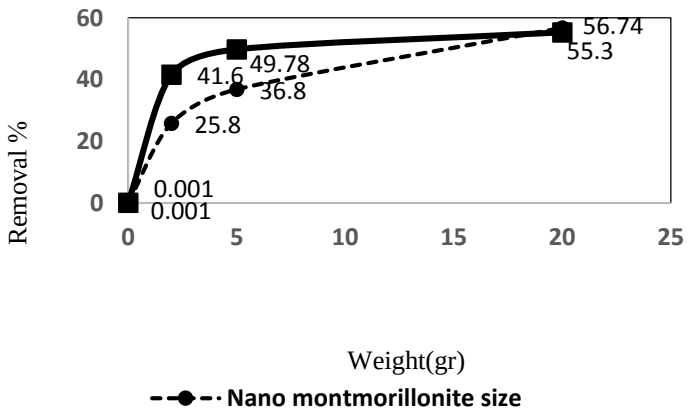


Fig. 5. Radon reduction in Micro and Nano montmorillonite size

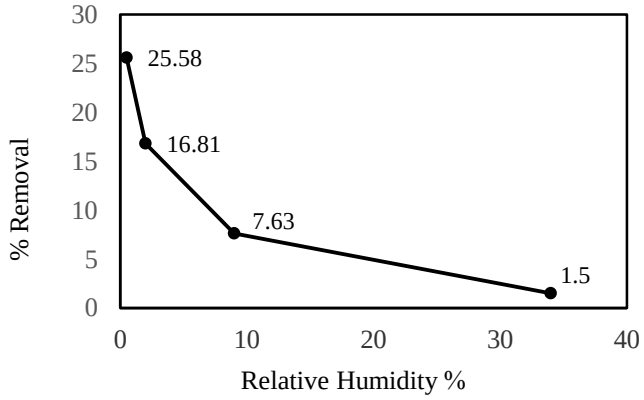


Fig. 3. The reduction of radon at different Relative humidity

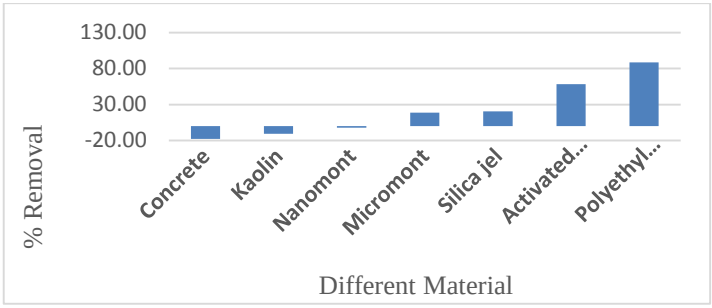


Fig. 4. Comparison different material in radon reduction

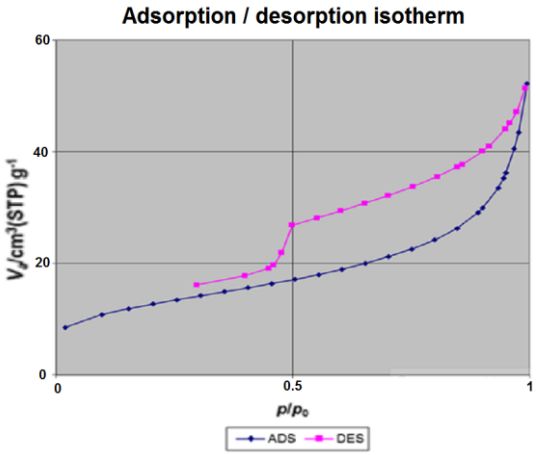


Fig. 5. Adsorption & Desorption Isotherm

5. References

Karunakara N, Kumara KS, Yashodhara I, Sahoo B, Gaware J, Sapra B, Mayya Y, "Evaluation of radon adsorption characteristics of a coconut shell-based activated charcoal system for radon and thoron removal applications", Journal of Environmental Radioactivity, 142, 87-95, 2015.

Salgado-Espinosa T, Barros-Dios JM, Ruano-Ravina A, "Radon exposure and oropharyngeal cancer risk", Cancer Letters, 369, 45-49, 2015.

Wheeler B W, Allen J, Depledge MH, Curnow A, "Radon and skin cancer in southwest england", An Ecologic Study. Epidemiology, 2012, 23, 44-52.

Yousefi Z, Naddafi K, Mohamadpur Tahamtan Ra, Zazouli Ma, Koushki Z, "Indoor radon concentration in gorgan dwellings using cr-39 detector", Journal of Mazandaran University Medical Sciences, 2014, 24 (113), 2-10.