مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۵، شمارهٔ ٤، پاییز ١٣٩٦

دز دریافتی مردم رامسر در اثر مواجهه با پرتوهای گاما در داخل منازل

کاظم ندافی[۱و۲]، علی‌اکبر صالحی[۳]، محمدرضا کاردان[٤]، نسرین فتح‌آبادی[۱*]، مسعود یونسیان[۱و۲]، رامین نبی‌زاده‌نودهی[۱و۲]، محمدرضا دیوبند[٥] و مولود گونی‌بندشوشتری[٥]

[۱]مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

[۲]دانشکده بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

[۳]دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.

[٤]پژوهشکده راکتور و ایمنی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران.

[٥]گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

[*]تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، پژوهشکده محیط زیست، مرکز تحقیقات آلودگی هوا، کدپستی: ١٤١٧٩٩٣٣٦٢

پست الکترونیکی: nfathabadi@aeoi.org.ir

چکیده

برخی نواحی شهر رامسر در شمال ایران واقع در استان مازندران به‌عنوان منطقه با تابش طبیعی بالا در دنیا شناخته شده است. این پرتوزایی عمدتاً به‌دلیل وجود ایزوتوپ‌های پرتوزای عنصر رادیم – ٢٢٦ و محصولات واپاشی آن‌ها می‌باشد که توسط چشمه‌های آب گرم به سطح زمین آورده می‌شوند. در این مطالعه، آهنگ دز گامای محیطی در داخل ساختمان‌های مسکونی در شهر رامسر به روش مستقیم اندازه‌گیری و دز مؤثر مردم ناشی از پرتوهای گامای محیطی در فضای بسته محاسبه شده است. برای اندازه‌گیری آهنگ دز گامای محیطی از دستگاه اسپکترومتر قابل حمل گاما با آشکارساز سوسوزن یدور سدیم فعال شده با تالیم (Na I(Tl)) استفاده شده است. ١٠٠ باب ساختمان مسکونی به‌طور اتفاقی انتخاب شد و اندازه‌گیری آهنگ دز گاما در مکان‌هایی که ساکنین بیش‌ترین حضور را دارند و در ارتفاع یک متری از سطح زمین انجام شد. بیش‌ترین، کم‌ترین و میانگین آهنگ دز در داخل ساختمان‌ها به ترتیب $۲۲۲\ nSv.h^{-1}$، $٤٤\ nSv.h^{-1}$ و $٩٤\ nSv.h^{-1}$ به‌دست آمد. همچنین دز مؤثر سالیانه ساکنین رامسر در مواجهه با پرتوهای گامای محیطی در داخل منازل محاسبه شد که بیش‌ترین، کمترین و میانگین دز سالانه مردم رامسر ناشی از پرتوهای گاما به ترتیب ١/٥٥ mSv، ٠/٣١ mSv و٠/٦٦ mSv به‌دست آمد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد دز مؤثر سالیانه مردم در مواجهه با پرتوهای گامای محیطی در داخل منازل در رامسر (معادل ٠/٦٦ mSv) تقریباً ١/٦ برابر میانگین جهانی گزارش شده توسط کمیته علمی اثرات پرتوهای اتمی سازمان ملل متحد (٠/٤١ mSv) می‌باشد. نتیجه این پژوهش با نتایج گزارش شده قبلی برای منازل موجود در مناطق با تابش طبیعی معمولی در رامسر (با میانگین ٠/٧ mSv) اختلاف چندانی ندارد.

کلیدواژگان: دز مؤثر سالیانه، پرتوگیری خارجی، مناطق با تابش طبیعی بالا، رامسر.

۱. مقدمه

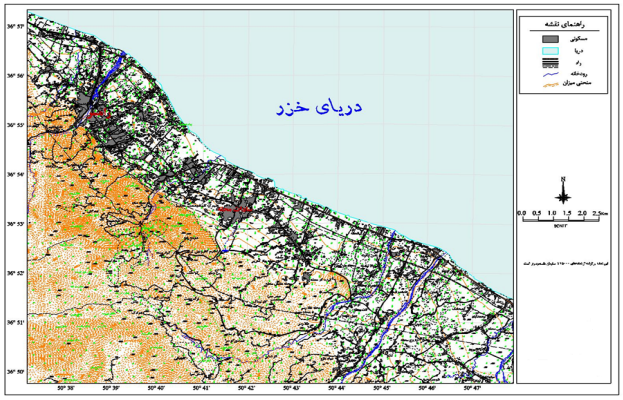
انسان همواره و در هر محیطی به طور طبیعی در معرض تابش پرتوهای یونیزان قرار داشته و دارد. پرتوگیری داخلی و خارجی انسان‌ها از منابع پرتوزا از موارد غیر قابل اجتناب زندگی بر روی کره زمین است. پرتوهای یونیزان ممکن است ناشی از منابع پرتوزای مصنوعی و یا منابع پرتوزای طبیعی باشند. پرتوگیری مردم از گامای محیطی در داخل و خارج از ساختمان عمدتاً ناشی از هسته‌های پرتوزای طبیعی زمینی نظیر هسته‌های زنجیره‌های اورانیم-۲۳۸، توریم-۲۳۲ و هسته منفرد پتاسیم- ٤٠ و همچنین ناشی از تشعشعات کیهانی می‌باشد.

توزیع ناهمگن مواد پرتوزای طبیعی در پوسته خارجی زمین و همچنین وجود جریان‌های آب زیرزمینی و نشر آن از شکستگی‌های عمقی به سطح زمین باعث ایجاد مناطقی با تابش طبیعی بالا در محدوده‌هایی از سطح زمین می‌گردد. بخش‌هایی از مناطق مختلف جهان دارای تابش طبیعی بالا به میزانی فراتر از چندین برابر حدود تابش زمینه متداول می‌باشند که به نواحی با پرتوزایی طبیعی بالا (HLNRAs)[1] موسوم گردیده‌اند. این نواحی در نقاط مختلف جهان از جمله رامسر در ایران مورد شناسایی واقع شده‌اند. تحقیقات فراوانی در این زمینه در کشورهای مختلف نظیر آمریکا [۱و۲]، ایتالیا[۳]، ژاپن[٤]، و هنگ کنگ[٥] انجام شده است. کمیته علمی اثرات پرتوهای اتمی سازمان ملل متحد (UNSCEAR)[2] [۶و۷] نیز خلاصه‌ای از چنین داده‌هایی را از سرتاسر جهان در خصوص مناطق با تابش طبیعی بالا و مناطق با تابش طبیعی معمولی، منتشر کرده است. همچنین مطالعات بسیاری در خصوص آهنگ دز و دز مؤثر در داخل و خارج ساختمان در نواحی با تابش طبیعی بالا وجود دارد [۸و۹].

در ایران پژوهش‌های زیادی در خصوص برآورد پرتوگیری خارجی در نواحی مختلف نظیر استان همدان [۱۰]، استان خراسان [۱۱]، استان کردستان [۱۲] و استان لرستان [۱۳] و همچنین مطالعه میزان دز مؤثر سالانه ساکنان شهر زنجان انجام گردیده است [١٤]. همچنین تحقیقات زیادی در خصوص تعیین دز مؤثر مردم ناشی از پرتوگیرهای داخلی و خارجی از هسته‌های پرتوزای طبیعی مهم در محیط مانند رادیم- ۲۲٦ و رادن-۲۲۲ در آب آشامیدنی [١٦و١٥]، رادن-۲۲۲ در فضاهای بسته [۱۷و۸]، پرتوگیری گاما ناشی از هسته‌های پرتوزای طبیعی در خاک [۱۸]، پرتوگیری‌های خارجی و داخلی ناشی از گاز رادن در مناطق با تابش طبیعی بالا رامسر [۱۹] انجام گردیده است. این تحقیقات نشان می‌دهد شکستگی‌های موجود در پوسته خارجی زمین، وجود جریان آب‌های زیرزمینی و انتقال مواد پرتوزا از اعماق زمین به سطح، منشأ تشکیل نواحی با تابش طبیعی بالا در منطقه رامسر می‌باشد. شواهد این امر در مطالعات انجام گرفته در نواحی مختلفی همچون طالش‌محله، رمک، چپرسر و خاک‌سفید گزارش شده است، که نشان‌دهنده اهمیت اندازه‌گیری آهنگ دز در مناطق با تراز تابش طبیعی بالا است. لذا لازم است به‌منظور تعیین دقیق پرتوگیری مردم با جزئیات بیش‌تر در خصوص جمعیتی که در این منطقه، دزهای متفاوتی را دریافت می‌کنند، مطالعات بیش‌تر و دقیق‌تری انجام گردد. هر چند اندازه‌گیری‌هایی در این زمینه انجام شده است، داده‌ها اکثراً به‌روز نیستند [۱۵-۱۹]. شهرستان رامسر در منتهی‌الیه غرب استان مازندران و در مجاورت استان گیلان واقع است. به‌دلیل مجاورت قسمت شمالی این شهرستان با دریای خزر و همچنین قرار گرفتن بلندی‌های البرز میانی در قسمت جنوبی این شهرستان، تغییر ارتفاعی در این منطقه زیاد می‌باشد به‌طوری که قسمت‌های شمالی این شهرستان (کناره دریای خزر) حدود ۲۰ متر از

[1] High Level Natural Radiation Areas (HLNRAs)
[2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

سطح دریاهای آزاد پائین‌تر و قسمت‌های جنوبی این شهرستان تا ارتفاعات چند هزار متری نیز می‌رسد. به‌همین علت برای مردم روستایی ساکن در ارتفاعات این منطقه میزان پرتوهای کیهانی مورد انتظار می‌تواند از قسمت‌های شمالی این شهرستان (مناطق پست) بیش‌تر باشد که در بحث پرتوگیری خارجی مردم در فضای باز بیش‌تر حائز اهمیت است. بر اساس مطالعه انجام شده توسط سهرابی و همکاران آهنگ دز گاما در فضای بسته داخل منازل از ۰/۰۱ µGy/h تا ۳۰ µGy/h گزارش شده است. همچنین دز مؤثر سالانه ساکنین در مواجهه با پرتوهای گامای طبیعی در فضای بسته بین ۰/٦ mSv تا ۱۳۱ mSv با میانگین ٦ mSv برای منازل موجود در مناطق با تابش طبیعی بالا محاسبه گردیده است. درحالی‌که برای منازل موجود در مناطق با تابش طبیعی معمولی دز مؤثر سالانه ساکنین در مواجهه با پرتوهای گامای طبیعی در فضای بسته بین ۰/٦ mSv تا ۱/۵ mSv با میانگین ۰/۷ mSv گزارش گردیده است [۱۹]. شکل ۱ نمایانگر وضعیت توپوگرافی منطقه رامسر است.

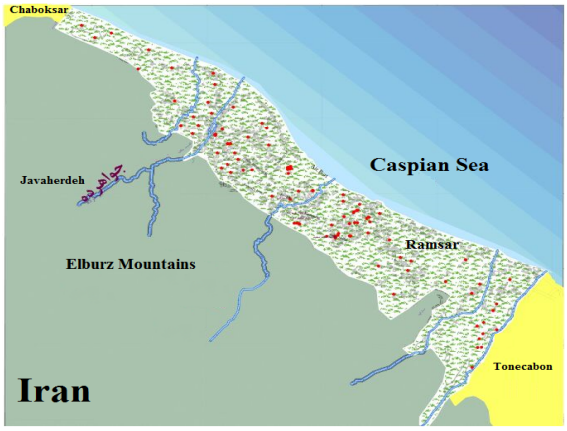


شکل (۱): وضعیت توپوگرافی منطقه رامسر.

با توجه به اینکه به‌دلیل محدودیت‌های مختلف، اطلاعات مربوط به پرتوگیری‌های خارجی در داخل منازل بسیار محدود بوده و به‌روز نمی‌باشد، این مطالعه با هدف بررسی میانگین آهنگ دز خارجی و تعیین دز مؤثر سالانه مردم از پرتوهای گامای ناشی از هسته‌های پرتوزای طبیعی زمینی و کیهانی در داخل منازل مسکونی در نقاط مختلف شهر رامسر انجام گردید.

۲. روش‌ها

آهنگ دز گاما در ۱۰۰ منزل مسکونی که به‌طور تصادفی انتخاب گردیدند، اندازه‌گیری شد. این منازل در سراسر شهر رامسر شامل مناطق با تابش طبیعی معمولی و بالا پراکنده می‌باشند. شکل ۲ پراکندگی نقاط اندازه‌گیری شده در این مطالعه را در شهر رامسر نشان می‌دهد.



شکل (۲): پراکندگی نقاط اندازه‌گیری شده در بررسی آهنگ دز گامای محیطی در شهر رامسر.

برای اندازه‌گیری آهنگ دز گامای محیطی در این مطالعه از دستگاه اسپکترومتر قابل حمل گاما با آشکارساز سوسوزن یدور سدیم فعال شده با تالیم (Na I(Tl)) استفاده شده است. این سیستم علاوه بر آشکارساز یدور سدیم که دارای راندمان بالا جهت تشخیص فوتون‌ها می‌باشد، دارای آشکارساز گایگر مولر (GM) نیز بوده که در شرایط اشباع آشکارساز یدور

سدیم در نواحی با شار بالایی از پرتوهای گاما از آشکارساز GM به طور خودکار استفاده می‌گردد. محدوده اندازه‌گیری این سیستم ۱۰ nSv/h تا ۱۰ mSv/h بوده و محدوده انرژی آن ۵۰ keV تا ۳ MeV می‌باشد. این سیستم قبل از انجام اندازه‌گیری، با چشمه سزیم-۱۳۷ توسط آزمایشگاه استاندارد ثانویه کالیبره گردید و همچنین برای شروع اندازه‌گیری در هر منزل، عملکرد آشکارساز در شرایط محیطی متفاوت با چشمه سزیم-۱۳۷ با پرتوزایی ۰/۲۱٤ میکروکوری که همراه دستگاه توسط شرکت سازنده تهیه شده است، مرتباً بررسی گردیده است. اندازه‌گیری‌ها در هر نقطه در ارتفاع یک متری از کف اتاق بر حسب "نانوگری در ساعت" تا ثابت‌ماندن نتایج در صفحه‌نمایش و ثبت نتایج اندازه‌گیری در حافظه دستگاه صورت گرفت. اندازه‌گیری‌ها در هر نقطه به مدت ۲ ساعت انجام گردید. نقاط مورد بررسی در هر خانه محل‌هایی بودند که افراد بیش‌ترین حضور را در آن مکان‌ها داشتند (مانند اتاق خواب و اتاق نشیمن). ثبت اطلاعات موقعیت مکانی به صورت طول و عرض جغرافیایی (درجه، دقیقه و ثانیه) با استفاده از دستگاه GPS انجام شد. ضریب تبدیل ۰/۷ Sv/Gy به‌منظور تبدیل دز جذبی در هوا به دز مؤثر دریافتی برای بزرگسالان [۷] و همچنین ضریب اشغال در فضای بسته (کسری از زمان که در داخل منازل مسکونی سکونت دارند) برای محاسبه دز، ۰/۸ در نظر گرفته شد. با این مفروضات دز موثر سالیانه در فضای بسته (داخل منازل) با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید [۷ و٦].

(۱) دز مؤثر سالیانه در فضای بسته (بزرگسالان) (mSv) =
میانگین آهنگ دز موثر (μSv/h) ×
ضریب اشغال در فضای بسته (داخل منازل ۰/۸) ×
زمان (۸۷٦۰ ساعت/سال) /۱۰۰۰

۳. یافته‌ها و بحث

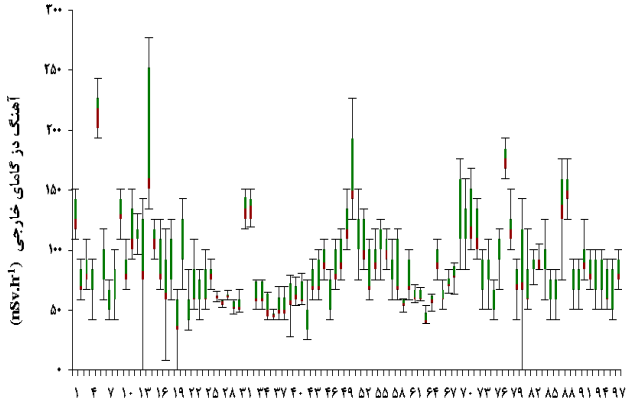
مقادیر مربوط به آهنگ دز خارجی ناشی از پرتوهای گاما در فضای بسته داخل منازل و حیاط آن‌ها در فاصله یک متری از سطح زمین به‌همراه مقادیر محاسبه شده دز مؤثر سالانه ناشی از پرتوهای خارجی در این نقاط در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول(۱): آهنگ دز ناشی از پرتوهای گامای خارجی در فضای بسته داخل منازل، حیاط منازل و دز موثر سالانه در فضای بسته داخل منازل.

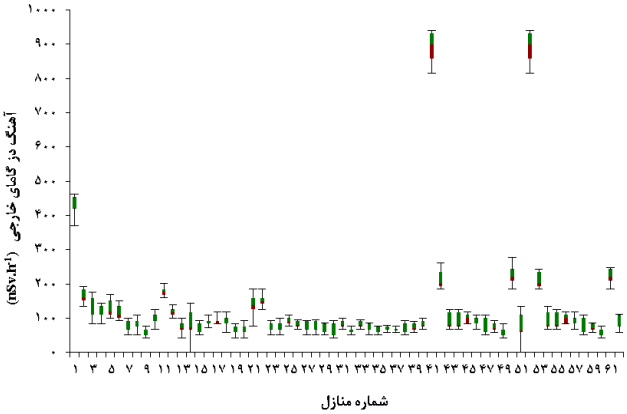
کمیت	میانگین	انحراف معیار	بیشنه	کمینه	میانه	مد
آهنگ دز گاما در فضای بسته داخل منازل ($nSv.h^{-1}$)	۹۴	۴۰	۲۲۲	۴۴	۸۳	۶۶
آهنگ دز گاما در حیاط منازل ($nSv.h^{-1}$)	۱۳۷	۱۵۴	۹۰۰	۵۹	۸۹	۷۷
دز موثر سالانه در فضای بسته (mSv)	۰/۶۶	۰/۲۸	۱/۵۵	۰/۳۱	۰/۵۸	۰/۴۶

بیش‌ترین، کم‌ترین و میانگین آهنگ دز در داخل منازل به ترتیب ۲۲۲ $nSv.h^{-1}$، ٤٤ $nSv.h^{-1}$ و ۹٤ $nSv.h^{-1}$ به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین، کم‌ترین و میانگین آهنگ دز در حیاط منازل مسکونی به‌ترتیب ۹۰۰ $nSv.h^{-1}$، ۵۹ $nSv.h^{-1}$ و ۱۳۷ $nSv.h^{-1}$ محاسبه شد. لازم به ذکر است این مقادیر مربوط به اندازه‌گیری‌های انجام شده در داخل ۱۰۰ منزل مسکونی می‌باشد که پراکندگی مقادیر اندازه‌گیری شده آهنگ دز گامای خارجی در فضای بسته داخل و حیاط منازل در شکل‌های

شماره ۳ و ٤ نشان داده شده است. بیش‌ترین، کم‌ترین و میانگین دز سالانه مردم رامسر ناشی از پرتوهای گاما در داخل منازل مسکونی به ترتیب ۱/۵۵، ۰/۳۱ و ۰/٦٦ میلی سیورت به‌دست آمد. میانگین دز مؤثر سالانه در فضای بسته داخل منازل که در این مطالعه برای مردم رامسر محاسبه شده (mSv ۰/٦٦) حدوداً ۲ برابر مقدار به‌دست آمده برای مردم ایران (۰/۳۳ mSv) می باشد، لازم به ذکر است محدوده تغییرات دز سالانه به‌دست آمده برای مردم ایران در مطالعه ذکر شده بین ۰/۰۹ mSv تا ۰/٦۳ mSv گزارش شده است [۱۸].

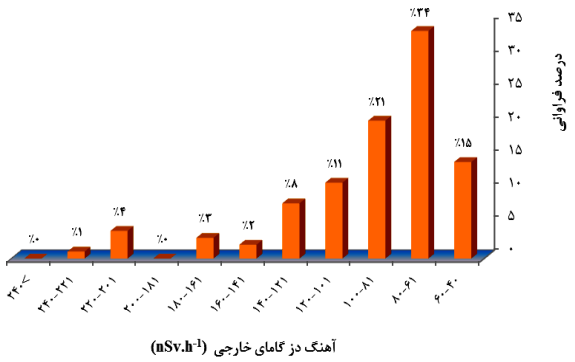


شکل (۳): پراکندگی مقادیر اندازه‌گیری شده آهنگ دز گامای خارجی در فضای بسته داخل ۱۰۰ باب منزل مسکونی در شهر رامسر.



شکل (٤): پراکندگی مقادیر اندازه‌گیری شده آهنگ دز گامای خارجی در حیاط منازل مسکونی (فضای باز) در شهر رامسر.

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد دز مؤثر سالیانه مردم در مواجهه با پرتوهای گامای محیطی در داخل منازل در رامسر از میانگین جهانی گزارش شده توسط کمیته علمی اثرات پرتوهای اتمی سازمان ملل متحد (۰/٤۱ mSv) بیش‌تر بوده و تقریباً ۱/٦ برابر این مقدار می‌باشد (UNSCEAR). با توجه به مقادیر بسیار بالای غلظت پرتوزایی رادیم– ۲۲٦ در خاک منطقه رامسر معادل ۳۸ kBq/kg و نوع مصالح ساختمانی به‌کار رفته، این نتیجه قابل پیش‌بینی می‌باشد [۲۱،۲۰]. بر اساس آخرین مطالعات انجام شده در ایران میانگین غلظت رادیم– ۲۲٦ به‌طور میانگین ۲٤/۳ بکرل بر کیلوگرم برآورد گردیده است [۱۸]. شکل شماره ۵ درصد فراوانی آهنگ دز گامای محیطی اندازه‌گیری شده را در داخل منازل رامسر نشان می‌دهد.



شکل (۵): درصد فراوانی آهنگ دز گامای محیطی اندازه‌گیری شده در داخل منازل شهر رامسر.

همانطور که ملاحظه می‌گردد، ۷۰٪ آهنگ دز اندازه‌گیری شده در داخل منازل مسکونی در گستره ٤۰ nSv/h تا ۱۰۰ nSv/h می‌باشد و ۱۱٪ در بازه ۱۰۱ nSv/h تا ۱۲۰ nSv/h بوده و ۱۳٪ در بازه ۱۲۱ nSv/h تا ۱۸۰ nSv/h می‌باشد و تنها ۵٪ مقادیر اندازه‌گیری شده بیش از ۲۰۰ nSv/h به‌دست آمده است. این تغییرات علاوه بر اینکه از یک نقطه به نقطه دیگر به‌علت تغییر محتوای مواد پرتوزا در خاک تغییر می‌نماید بلکه

با توجه به نوع مصالح ساختمانی به‌کار رفته در منازل مختلف نیز تغییر می‌نماید [۲۲].

٤. نتیجه‌گیری

با توجه به تغییرات زیادی که در میزان پرتوگیری زمینه در منطقه رامسر وجود دارد، باید تلاش زیادی به‌منظور تعیین دقیق پرتوگیری مردم با جزئیات بیش‌تر در خصوص جمعیتی که در این منطقه، دزهای متفاوتی را دریافت می‌کنند، انجام گردد.

بیش‌ترین عدم قطعیت در ارزیابی دز ناشی از منابع پرتوزای طبیعی در منطقه رامسر مربوط به تعداد محدود اندازه-گیری‌ها و روش‌های مختلف اندازه‌گیری می‌باشد. از آن جایی که رامسر، منطقه‌ای با تابش طبیعی بسیار بالا در دنیا شناخته شده است، لازم است که مطالعات پرتوزایی طبیعی به‌طور جامع‌تری در این منطقه انجام پذیرد. علی رغم تلاش‌هایی که در این زمینه انجام شده است، هنوز اطلاعات کافی و قابل اعتماد در این خصوص وجود ندارد.

میانگین آهنگ دز گامای خارجی در داخل منازل و میزان دز مؤثر دریافتی ناشی از پرتوگیری مذکور در منازل مسکونی در این مطالعه برآورد گردیده است. نتایج این بررسی نشان می-دهد میانگین دز مؤثر سالیانه مردم در مواجهه با پرتوهای گامای محیطی در داخل منازل در رامسر (معادل ۰/٦٦ mSv) تقریباً ۱/٦ برابر میانگین جهانی گزارش شده توسط کمیته علمی اثرات پرتوهای اتمی سازمان ملل متحد (۰/٤۱ mSv) می‌باشد. منازل مورد بررسی در سراسر شهر رامسر شامل مناطق با تابش طبیعی معمولی و بالا می‌باشند. لازم به ذکر است محدوده با تابش طبیعی بالا در رامسر جمعیتی در حدود ۱۰۰۰ نفر دارد که در مقایسه با جمعیت کل رامسر (نفر ۷٤۱۷۹) بسیار کم‌تر می‌باشد لذا دز مؤثر دریافتی بیش‌تر مردم در محدوده میانگین دز مؤثر دریافتی سالانه سایر مناطق ایران و جهان می‌باشد [۱۸].

بر اساس مطالعه انجام شده توسط سهرابی و همکاران دز مؤثر سالانه ساکنین در مواجهه با پرتوهای گامای طبیعی در فضای بسته بین ۰/٦ mSv تا ۱۳۱ mSv با میانگین ٦ mSv برای منازل موجود در مناطق با تابش طبیعی بالا محاسبه گردیده است. در حالی‌که برای منازل موجود در مناطق با تابش طبیعی معمولی دز مؤثر سالانه ساکنین در مواجهه با پرتوهای گامای طبیعی در فضای بسته بین ۰/٦ mSv تا ۱/۵ mSv با میانگین ۰/۷ mSv گزارش گردیده است [۱۹].

نکته قابل توجه این است که در مطالعه سهرابی و همکاران، جهت نمونه‌برداری از منطقه با تابش طبیعی معمولی ٦۰۰ خانه انتخاب گردید در حالی‌که از منطقه با تابش طبیعی بالا ۲۰۰ خانه انتخاب شده است که دارای نسبت ۱:۳ می‌باشد. لازم به ذکر است که توزیع جمعیت در مناطق مذکور به‌نسبت ۱:۷٤ است. لذا این امر باعث ایجاد خطا و برآورد بالاتری از میانگین کل جمعیت می‌گردد، به‌همین دلیل در مطالعه حاضر سعی شد نقاط به‌صورت تصادفی از مناطق با تابش طبیعی بالا و معمولی انتخاب گردد. از آن جایی که جمعیت منطقه با تابش طبیعی معمولی بیش از جمعیت منطقه با تابش طبیعی بالا می باشد، لذا میانگین دز مؤثر سالانه مردم رامسر منتج شده از مطالعه حاضر به میانگین دز مؤثر سالانه گزارش شده برای منطقه با تابش طبیعی معمولی نزدیک‌تر است [۱۸و۱۹].

۵. مراجع

[1] National Council on Radiation Protection. Exposure of the population in the United States and Canada from Natural Background Radiation. NCRP No. 94 (1992).

[2] National Council on Radiation Protection. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States. NCRP No. 160 (2009).

[3] G. Campos Venuti, S. Colili, A. Grisianti, G. Grisanti, G. Monteleone, S. Risica, G. Gobbi, M.P. Leogrande, A. Antonini, and R. Borio. Indoor exposure in a region of Central Italy. Radiat. Prot. Dos. 7(1984) 271–274.

[4] K. Saito, T. Sakamoto, M. Nagaoka, M. Tsusumi and S. Moriuchi. Measurement of gamma dose rates in dwellings in the Tokyo metropolitan area. Radiat. Prot. Dosim. 69(1) (1997) 61–67.

[5] K.N. Yu, Z.J. Guan, M.J. Stokes and E.C.M. Young. The assessment of the natural radiation dose committed to the Hong Kong people. J. Environ. Radioact. 17(1992)31–48.

[6] United Nations. Sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (UNSCEAR), United Nations Publications (1993).

[7] United Nations. Exposures from natural radiation sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 2000 Report to the General Assembly, V. 1, Annex B. UN. (2000).

[8] M. Sohrabi. The state-of-the-art on worldwide studies in some environments with elevated naturally occurring radioactive materials (NORM). Appl. Radiat. Isotopes 49(1998) 169–188.

[9] J. Hendry, S.L. Simon, A. Wojcik, M. Sohrabi, W. Burkart, E. Cardis, D. Laurier, M. Tirmarche and I. Hayata. Human exposure to high natural background radiation: what can it teach us about radiation risks? J. Radio. Prot. 29(2009) A29–A42.

[10] N. Rostampour, T. Almasi, M. Rostampour, M. Mohammadi, KG. Sani, HR. Khosravi. An investigation of gamma background radiation in Hamadan province, Iran. Radiat Prot Dosimetry 43(2012) 438.

[11] MR. Abdolrahimi. Measurement of annually doses from environmental gamma radiation in Khorasan Provinc. M.S.c. thesis,Mashhad University of Medical Scienses, Mashhad (2002).

[12] T.S.M.T. Bahreyni and M. yarahmadi. "Comparison of Indoor and outdoor dose rates from Environmental Gamma radiation in Kurdistan Province. Journal of Kerman University of Medical Sciences 16 (2009) 255-262.

[13] M. Gholami, S. Mirzaei and A. Jomehzadeh. Gamma background radiation measurement in Lorestan province, Iran. Iranian Journal of Radiation Research 9(2011) 89-93.

[14] F. Saghatchi, M. Salouti and A. Eslami. Assessment of annual effective dose due to natural gamma radiation in Zanjan (Iran). Radiat Prot Dosimetry 132(2008) 346.

[15] M. Sohrabi, N. Alirezazadeh and H. Tajik Ahmadi. A survey of 222 Rn concentrations in domestic water sup- plies in Iran. Health Phys. 75(1998) 417–421.

[16] M. Sohrabi, M.M. Beitollahi, S. Hafezi and M. Assefi. Public exposure from 226 Ra in drinking water supplies of Iran. Health Phys. 77(2) (1999) 150–154.

[17] M. Sohrabi and A.R. Solaymanian. Indoor radon level measurements in some regions of Iran. Nucl. Tracks Radiat.Meas. 15, Nos. 1–4(1988) 613–616.

[18] M.R. Kardan, N. Fathabadi, A. Attarilar, M.T. Esmaeili, M. Karimi, A. Najafi and S.S. Hosseini. A national survey of natural radionuclides in soils and terrestrial radiation exposure in Iran. Journal of Environmental Radioactivity (2017)168-176.

[19] M. Sohrabi and A.R. Esmaili. New public dose assessment of elevated natural radiation areas of Ramsar (Iran) for epidemiological studies. Int. Cong. Ser.1225 (2002) 15-24.

[20] M. Ghiassi-nejad, S.M.J. Mortazavi, J.R. Cameron, A. Niroomand-rad and P.A. Karam. Very high background radiation areas of Ramsar, Iran: preliminary biological studies. Health Phys. 82 (1) (2002) 87-93.

[21] M. Ghiassi - Nejad, M.M. Beitolahi, N. Fallahian and M. Saghirzade. New finding in very high natural radon area at Ramsar, Iran. International Congress Series 1276 (2005).

[22] E. Bavarnegin , N. Fathabadi, M. Vahabi Moghaddama, M. Vasheghani Farahani, M. Moradi and A. Babakhni "Radon exhalation rate and natural radionuclide content in building materials of high background areas of Ramsar, Iran. Journal of Environmental Radioactivity 117(2013) 36-40.