



بست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

اندازه گیری و مانیتورینگ رادن و تورون در هوای شهر تهران

هما برجیسی^۲، حسین آفریده^۲، مهدی حیدری^۱، کاوه احمدی نیا^۳

۱- شرکت نوین طیف پرتو گستر (دانش بنیان)

۲- دانشگاه امیر کبیر- دانشکده مهندسی انرژی و فیزیک

۳- دانشگاه شهید بهشتی- دانشکده علوم و مهندسی کامپیوتر

خلاصه:

اندازه گیری گاز رادن با روشی جدید و بصورت اکتیو توسط سیستم NT-CAM انجام شده است. ذرات آلفا با انرژی های ۷.۶۹، ۸.۸۹، ۵.۹۹ MeV به ترتیب مربوط به ^{218}Po ، ^{214}Po (رادن)، ^{212}Po (تورون) است که بطور مستقیم توسط این سیستم مانیتور شده و طیف آن قابل مشاهده است. این اندازه گیری ها در مکان ها و زمان های مختلف در تهران با تأثیر پذیری از عوامل مختلف مانند شرایط جوی، تهویه مناسب میزان ذرات گرد و غبار و آلودگی هوادر فصل های مختلف انجام شد. مقادیر بدست آمده برای رادن برحسب Bqm^{-3} با آنچه در ICRP به عنوان حد مجاز گزارش شده است مقایسه شد است. مقادیر بدست آمده بویژه در طبقات زیرزمین بالاتر از سه برابر حد مجاز بودند.

کلید واژه: اندازه گیری رادن، تورون، طیف سنجی آلفا، NT-CAM

مقدمه:

در هر متر مکعب از خاک کره ی زمین بطور متوسط بیش از یک میلیون اتم اورانیوم موجود است، که در هر ثانیه واپاشیده می شوند. در نتیجه واپاشی اورانیوم-۲۳۸ و رسیدن به عنصر پایدار سرب یک زنجیره ی واپاشی بوجود می آید. در میان این زنجیره ی واپاشی، رادن تنها عنصری است که بصورت گاز واپاشی می کند. این گاز را گاز نادر رادیواکتیو می نامند. گاز رادن می تواند بدون هیچ پیوند شیمیایی و یا گیر افتادن در میان شبکه های بلوری مواد از زمین فرار کرده و وارد محیط زندگی و تغذیه ی مردم شود. پایدارترین ایزوتوپ این عنصر رادن-۲۲۲ است. گاز رادن دارای نیمه عمر ۳/۸۲ روز و انرژی آلفای آن ۵/۴۹ می باشد و فرصت تجمع در فضای بسته ساختمان ها را دارد. رادن-۲۲۲ به محصولاتی با نیمه عمر کوتاه و بلند واپاشی می کند. دختران نیمه عمر کوتاه آن پلونیوم-۲۱۸ (نیمه عمر ۳/۰۵ دقیقه و انرژی ۶ MeV) و پلونیوم-۲۱۴ (نیمه عمر ۱۵۰ میکرو ثانیه و انرژی ۷/۷ MeV) ذرات آلفا گسیل می کنند، که خطرات بالقوه آن ها ۲۰ برابر بیشتر از خود رادن می باشد [1] عنصر پرتوزای طبیعی دیگر پلونیوم-۲۱۲ (نیمه عمر ۵۲ ثانیه و انرژی ۸/۹ MeV) است که در زنجیره ی توریوم-۲۳۲ تولید می شود. اندازه گیری رادن و تورون با روشی جدید و متفاوت از روش های قبلی در این تحقیق انجام گرفته است و داده های آن با تأثیر پذیری از عوامل مختلف مانند زمان و مکان اندازه گیری، دما، میزان رطوبت، میزان آلودگی هوا، تهویه مناسب و در طبقات مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل نشان میدهد که در برخی از مناطق مسکونی میزان آن بیشتر از سه برابر حد مجاز است.

۱- روش و ابزار اندازه گیری



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

برای اندازه گیری رادن و تورون در این تحقیق، سیستم NT-CAM (NovinTeyf- Countinues Air Monitoring System) بکار برده شده است. این سیستم دارای یک آشکارساز سد سطحی از نوع Pipe می باشد، که برای آشکارسازی ذرات آلفا و بتا حاصل از پمپ نمونه هوا روی فیلتر بکار می رود. در طول مدت پمپ هوا بر روی فیلتر در سیکل های ۲۴۰ یا ۴۸۰ دقیقه ای و تجمع ذرات آلفا روی آن شمارش ها در سه بازه ی زمانی کوتاه مدت، میان مدت، و بلند مدت انجام و ذخیره می شود. میزان اکتیویته ی ذرات آلفا موجود در هوا برحسب Bqm^{-3} نیز قابل استخراج می باشد. طیف حاصل از پمپ نمونه هوا روی فیلتر توسط MCA موجود در سیستم قابل مشاهده است. پس از اتمام سیکل اندازه گیری فیلتر حرکت می کند و نمونه مقابل آشکارساز گاما CsI (TL) قرار می گیرد. طیف گاما نیز توسط MCA دوم جمع آوری می شود. در ضمن دز محیط توسط یک آشکارساز GM اندازه گیری می شود. اغلب اندازه گیریهای رادن انجام شده تا کنون از نوع آشکارسازی Passive با آشکارسازهای رد پای هسته ای بوده است. در این تحقیق اندازه گیری ها توسط یک سیستم اکتیو با آشکارساز نیمه هادی انجام شده است. این سیستم برای اندازه گیری و مانیتورینگ ذرات رادیو اکتیو طبیعی و مصنوعی آلفا و بتا و کاربرد های متفاوتی طراحی شده است. یکی از کاربرد های این سیستم اندازه گیری رادن و تورون موجود در طبیعت است. این اندازه گیری ها در فصل های مختلف سال انجام شده است که داده ها و اطلاعات آن با تأثیرپذیری از شرایط جوی، وجود یا عدم وجود تهویه، مکان و زمان اندازه گیری مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

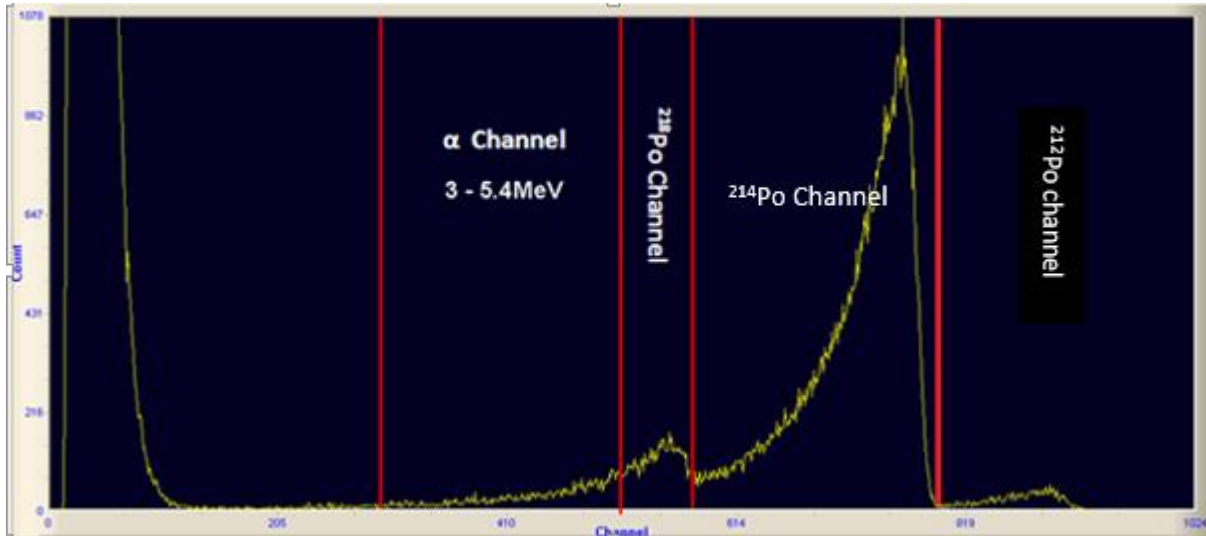
۲- بحث و بررسی داده ها

براساس آخرین اطلاعات ارائه شده توسط UNSCER، استنشاق گاز رادن و دختران نیمه عمر کوتاه آن از جمله مهمترین عوامل پرتوگیری انسان از منابع پرتوزای طبیعی به شمار می رود. سهم رادن در مجموع پرتوگیری های سالیانه انسان بیش از ۴۰ درصد تخمین زده می شود. از چند دهه ی گذشته پرتوگیری طبیعی ناشی از گاز رادن و محصولات واپاشی آن در داخل مناطق مسکونی به عنوان یک مشکل جهانی شناخته شده است و یکی از عوامل مهم تهدید کننده سلامت انسان است. گاز رادون یکی از عوامل سرطان خون بویژه در کودکان و دومین عامل ابتلا به سرطان ریه در بزرگسالان محسوب می شود. در شکل ۱-۱ طیف حاصل از مانیتورینگ نمونه هوا روی فیلتر توسط MCA ارائه شده است که کانال ها به تفکیک نوع ذرات با توجه به انرژی آلفای واپاشیده شده مشخص شده است. از طریق این طیف، با استفاده از الگوریتم محاسباتی و با در نظر گرفتن راندمان سیستم (کالیبراسیون سیستم توسط چشمه استاندارد ^{241}Am انجام گرفته) محاسبات رادن، تورون، آلفای مصنوعی (artificial Alpha) و میزان واپاشی کل بتا بر متر مکعب هوای عبوری از فیلتر اندازه گیری شده است.



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۱-۱. طیف آلفای حاصل از پمپ نمونه هوا روی فیلتر که نوع ایزوتوپها نیز مشخص شده اند

اندازه گیری رادن و تورون در طبقات زیرزمین، همکف و طبقه اول در شهر تهران و حومه (شهرک اندیشه) انجام گرفته است. نتایج حاصل از اندازه گیری در جداول ۱-۱، ۱-۲، ۱-۳، ۱-۴ و ۱-۵ ارائه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده میزان رادن و تورون در زیر زمین بیشتر از همکف و در همکف بیشتر از طبقه اول است. با توجه به بررسی های انجام شده در فصل های

تاریخ	زمان	رادن	تورون	آلفا ۱	آستانه ۱	آلفا ۲	آستانه ۲	بتا ۱	آستانه ۱	بتا ۲	آستانه ۲	زمان پمپ	هوای پمپ شده
۹۳/۷/۱	Am۸:۲۵	60.86	14.07	1.80±0.15	0.76	-0.01±0.01	0.03	7.47±0.33	3.60	-11.67±0.8	0.15	394	36.27
۹۳/۷/۱	Am۸:۳۰	44.88	10.70	3.33±0.35	1.17	-0.01±0.01	0.33	-54.28±1.52	5.36	3.79±1.33	0.14	158	12.37
۹۳/۷/۱	2Pm	26.28	5.16	1.97±0.16	0.51	0.01±0.01	0.02	-50.13±0.83	2.44	-2.0±1.70	0.07	472	36.81
93/7/2	10Am	48.68	11.28	1.40±0.12	0.62	0.01±0.01	0.02	7.24±0.29	2.95	-15.66±1.2	0.11	477	44.13
93/7/2	6Pm	12.86	3.87	0.37±0.06	0.34	0.01±0.01	0.02	0.47±0.08	1.54	-16.78±1.3	0.08	479	43.66
93/7/3	3Pm	7.71	10.14	0.75±0.28	1.01	0.01±0.01	0.02	-1.97±0.46	3.36	-0.01±0.00	0.06	60	4.58
93/7/3	7pm	13.14	4.38	0.44±0.07	0.32	0.00±0.01	0.02	0.09±0.05	1.55	-1.32±0.27	0.08	460	40.40
۹۳/۷/۵	Am۱۱	39.70	4.60	3.25±0.20	0.62	0.00±0.02	0.02	-16.22±0.46	2.87	-0.98±0.85	0.11	476	36.57
۹۳/۷/۵	11:15Am	46.11	12.97	1.35±0.12	0.02	0.00±0.01	0.02	5.82±0.27	3.12	-15.34±1.33	0.13	471	41.85
۹۳/۷/۵	7pm	13	2.65	0.07±0.01	0.03	0.00±0.01	0	-3.15±0.01	0.16	-15.81±0.09	0.01	472	397.55

مختلف این مقادیر در فصل پاییز و به ویژه زمستان افزایش میابد. این افزایش در فصل زمستان و وجود یخبندان به این دلیل است که گاز رادن قادر به فرار از مناطق غیر مسکونی به دلیل انسداد توسط یخبندان نیست و در طبقات زیرزمین با اختلاف بسیار زیادی (حدود ۱۰ برابر) نسبت به سایر زمان ها مشاهده شد.

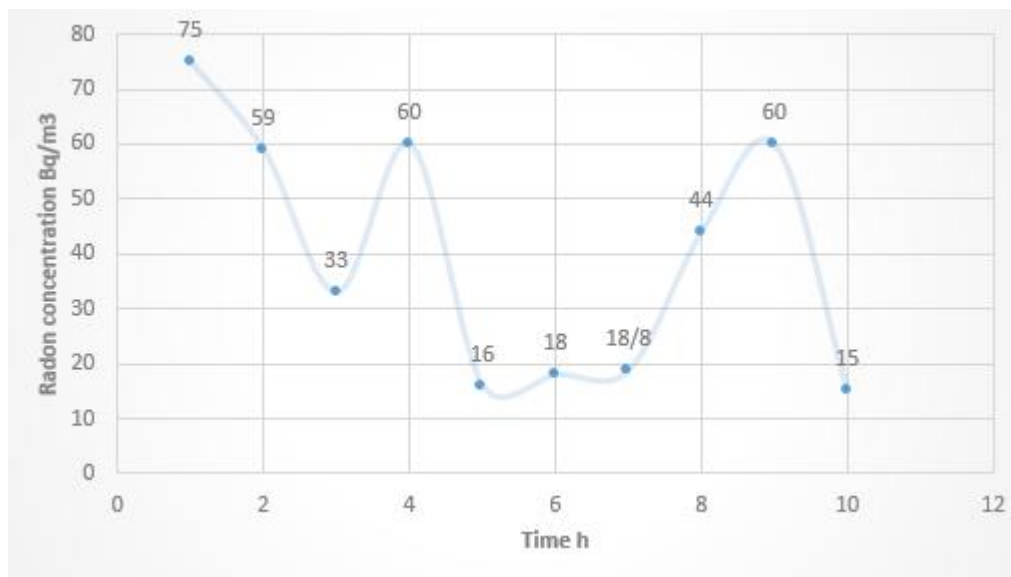


بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

طبق اندازه گیری مستمر در تمام طول روز در آبان ماه ۹۳ مینیمم میزان رادن در طبقه همکف 40 Bqm^{-3} و ماکزیمم مقدار آن 120 Bqm^{-3} بوده است، که ماکزیمم اندازه گیری مربوط به ساعات اولیه صبح و مینیمم اندازه گیری مربوط به ظهر و بعد از ظهر می باشد. این اندازه گیریها در مکانی با تهویه مناسب انجام شده است. نمودار این تغییرات در شکل ۲-۲ ارائه شده است.

جدول ۱-۱، دادهای اندازه گیری شده در کوی نصر



شکل ۲-۲. نمودار تغییرات رادن در طول یک هفته در مهرماه ۹۳ مطابق با جدول ۱-۲ در این نمودار قله ها نمایانگر میزان بالای رادن در ساعات اولیه صبح می باشند.

بطور همزمان اندازه گیری از طبقه زیرزمین نیز انجام گرفته است. مینیمم اندازه گیریها در زیرزمین 150 Bqm^{-3} و ماکزیمم اندازه گیری 500 Bqm^{-3} بدست آمد که این میزان در تمام طول مدت روز رو به افزایش است، بویژه در مکانهایی که تهویه مناسبی ندارد، حتی به بیش از این مقدار نیز افزایش میابد (۲-۴).

جدول ۲-۱. تعدادی از داده های بدست آمده از اندازه گیری در طبقه همکف

تاریخ	زمان	میزان هوای پمپ شده	اندازه گیری ها از همکف Bqm^{-3}		وجود تهویه
			رادن	تورون	



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

۹۳/۸/۱۸	7:25Am	10m ³	57.38	20.97	+
93/8/19	8:30Am	14.45m ³	64.68	18.89	+
93/8/24	7:45Am	46 m ³	110.29	20.70	-
93/8/19	2pm	470 m ³	44	8.05	+
۹۳/۸/۱۹	10Am	23.57m ³	57.31	14.13	+
93/8/22	12pm	290 m ³	34.58	9.20	+

جدول ۳-۱. تعدادی از داده های بدست آمده از اندازه گیری در زیرزمین

تاریخ	زمان	میزان هوای پمپ شده	اندازه گیری ها از زیرزمین Bqm ⁻³		وجود تهویه
			رادن	تورون	
۹۳/۸/۲۷	۸:۳۰	49m ³	130.59	23.41	+
۹۳/۸/۲۷	5:30pm	48.17 m ³	145.43	31.23	-
93/8/28	9:30Am	46 m ³	200	40.31	+
93/8/29	6pm	46.89 m ³	240.11	39.65	+
93/8/30	7Am	41.4	540.94	159.02	-

جدول ۴-۱. تعدادی از داده های بدست آمده از اندازه گیری در زیرزمین در آذر ماه در یک سیکل

اندازه گیری

تاریخ	زمان	میزان هوای پمپ شده	اندازه گیری ها از زیرزمین Bqm ⁻³		وجود تهویه
			رادن	تورون	
۹۳/۹/۱۹	۷:۴۵	2.95m ³	82.36	50.37	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۸:۳۰	8.56m ³	189.37	44.97	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۹:۱۶	13.91 m ³	245.46	48.81	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۹:۳۹	16.08 m ³	262.27	48.60	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۱۰:۰۰	18.58 m ³	277.32	48.37	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۱۰:۲۰	22.01 m ³	293.30	47.97	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۱۱:۱۰	26.60 m ³	308.46	47.89	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۱۱:۴۱	29.93 m ³	317.55	47.35	ضعیف

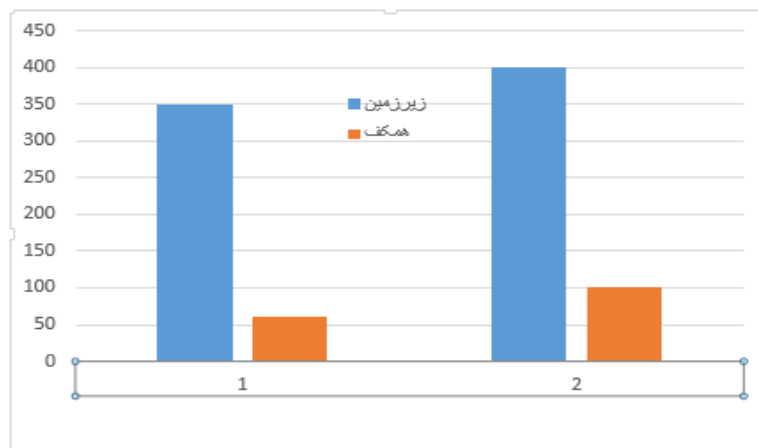


بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

۹۳/۹/۱۹	۱۲:۰۰	33.03 m ³	326.11	47.19	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۱۲:۲۳	34.75 m ³	329.77	46.91	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۱۲:۵۳	38.31 m ³	336.26	46.77	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۱:۱۸	41.06 m ³	340.50	46.30	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۱:۵۸	45.66 m ³	347.91	45.97	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۲:۲۲	48.52 m ³	357.17	45.67	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۲:۵۴	52.07 m ³	356.59	45.17	ضعیف
۹۳/۹/۱۹	۳:۱۴	54.36 m ³	358.88	44.95	ضعیف

مقادیر اندازه گیری شده برای رادن و تورون در آذر ماه در اثر کاهش دما افزایش یافته است.

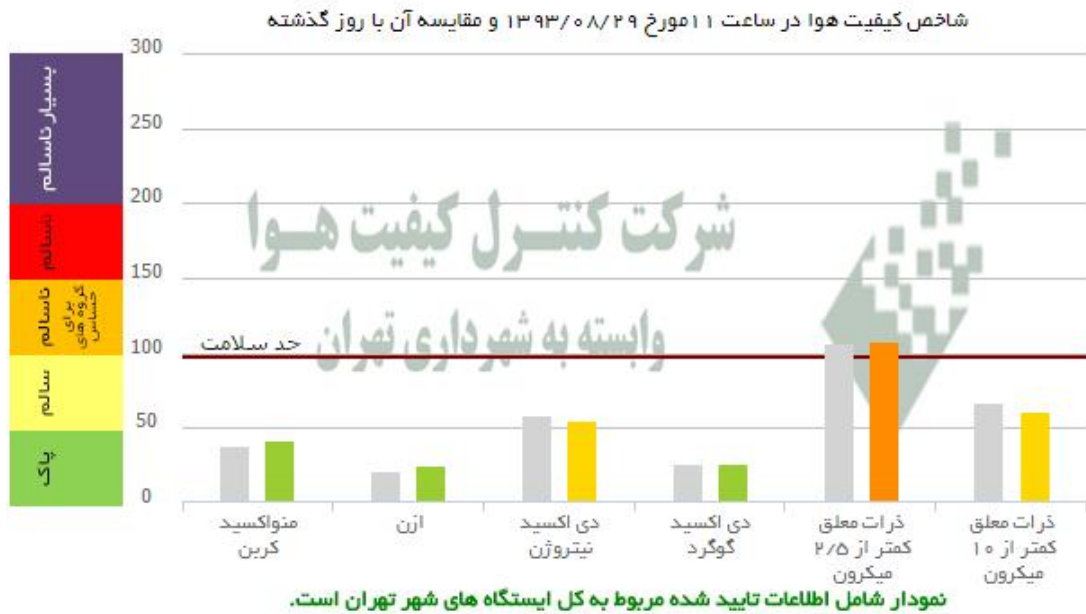


شکل ۱-۳ مقایسه اکتیویته رادن در طبقات همکف و زیرزمین



بیست و یکمین کنفرانس هفتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل 4-1- نمودار کیفیت هوا در ۲۹ آبان ۹۳ به عنوان نمونه

اندازه گیری ها در روزهای که میزان گرد غبار و آلودگی در هوا بیشتر است نیز انجام شده است. دختران رادن و تورون ذرات جامدی هستند که وقتی به ذرات جامد دیگر مانند گرد و غبار یا ذرات معلق موجود در هوا می چسبند، تراکم آن ها افزایش میابد. طبق اندازه گیری های انجام شده در ۲۹ آبان ماه ۹۳ که میزان ذرات معلق افزایش یافت، میزان رادن و تورون نیز بالاتر بود. از طرفی در اثر افزایش گازهایی مانند CO_2 ، CH_4 ، N_2 رادن توسط جریان گاز حامل نسبتاً سریع و با توجه به نیمه عمر کوتاهی که دارد راحتتر آزاد می شود [5] در نمودار شکل 4-1 که از سایت کنترل کیفیت هوای تهران گرفته شده است در روزهای ۲۸ و ۲۹ آبان ماه ذرات معلق رو به افزایش بوده و به همین در این روزهای میزان رادون و تورون افزایش پیدا کرده است. البته جهت، سرعت و شدت وزش باد نیز به عنوان یک عامل تأثیرگذار مهم در کاهش و یا افزایش تراکم رادن و تورون موثر می باشد.

۳- نتیجه گیری

بیشترین میزان رادن اندازه گیری شده در فصل زمستان به ویژه روزهای یخبندان مشاهده شده است. اندازه گیری هایی که در ماه آبان و آذر نیز انجام شده در طبقات زیرزمین به 500 Bqm^{-3} (مقادیر بالاتر از آنچه توسط ICRP پیشنهاد شده 200 Bqm^{-3}) می رسد. اندازه گیریها در طبقات زیر زمین و در مکان های مختلف انجام گرفته است. از جمله در چند باشگاه ورزشی که در طبقه زیرزمین مشغول به فعالیت بوده اند و اغلب دارای تهویه مناسبی نیستند. میزان رادن در این مکان ها تقریباً در تمام طول روز بالا تر از حد مجاز می باشد (جدول 4-1). از طرفی به هنگام ورزش میزان هوای بیشتری وارد ریه انسان می شود و منجر به پرتودهی ریه با مقادیر بیشتری از ذرات رادیو اکتیو آلفا می شود. از آنجاییکه میزان رادن در یک مکان از کف تا سقف در لایه های متفاوت تغییر می کند و بدلیل سنگین تر بودن بیشتر در کف تجمع می کند بنابراین در مهدکودک ها که اغلب در طبقات همکف قرار می گیرند و معمولاً کودکان در روی زمین نشسته یا خوابانده می شوند. در ادامه این تحقیق



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

اندازه گیری رادن و تورن در مکانهای مختلف، بویژه در طبقات زیر زمین که در آنها فعالیتهای صنعتی، تجاری و خدماتی انجام می گیرد و یا بعنوان محل سکونت مورد استفاده قرار می گیرد، انجام خواهد گرفت.

References

- [1] Book, Herman Cember
- [2] S.A.DURRANI School of Physics and Space Research, University of Birmingham B152TT.UK
- [3] N.A.KARAMDOST, H.AFARIDEH and P.HATAMI ,p.,1993. Radon measurement in dwellings around the hot spring in the North west of iran, Faculty of education, University of Tehran, Iran; Atomic Energy organization of Iran, P.O.Box 11365-8486
- [4] M.Sohrabi and A.R. Solaymanian, indoor radon measurements in some region of Iran, radiation protection department, Atomic Energy organization of Iran P.O.Box 14155-4494, Tehran Islamic Republic of Iran
- [5] Kamal Hadad, R.Doulatdar, S.Mehdizadeh, indoor radon monitoring in Northern Iran using passive and active measurements , department of nuclear engineering, shiraz university
- [6] ICRP, 1989. ICRP Publication 35. General Principle of Monitoring for radiation protection of workers, Pergamon Press. New York.