

## PRASSI

(دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۹/۲۵؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۹۰/۸/۲۹)

$Bq/l \pm /$   
 $Bq/l$

$Bq/l /$

$Bq/l \pm /$

PRASSI

PRASSI

وارد ریه‌ها می‌شوند [۲]. آلفای ناشی از واپاشی رادون و سایر تابش‌های گسیل شده از محصولات واپاشی آن، منجر به آسیب دستگاه گوارش و تنفس انسان می‌شوند. همچنین آب مورد استفاده در مصارف خانگی در میزان رادون موجود در هوای داخل منازل نقش دارد.

عنصر رادیوم به علت اینکه دو ظرفیتی و مشابه کلسیم است، کسر مهمی از آن جذب گردش خون شده و در استخوان‌ها تمرکز می‌یابد [۳] و میزان پرتوگیری داخلی را

رادون و رادیوم از نظر طبقه بندی مواد سرطان زا در دسته نخست قرار دارند. رادون، عنصری رادیواکتیو با نماد شیمیایی  $^{222}\text{Rn}$  گازی بی‌رنگ، بی‌بو و سنگین، عامل تقریباً نیمی از تابش دریافت شده از تمام منابع طبیعی است [۱]. این عنصر از طریق آب و غذا وارد بدن می‌شود. همچنین، در حین تنفس، رادون و محصولات واپاشی آن (به ویژه محصولات خیلی ریز کمتر از ۲ نانومتر) که به ذرات غبار موجود در هوا چسبیده‌اند

در این فرآیند یک قیف پلاستیکی توسط یک شیلنگ پلاستیکی به شیر آب متصل می‌شود. پس از چند دقیقه از شروع جریان آب سرعت جریان آب کاهش یافته و آب در قیف جمع می‌شود. سپس ۱۵۰ ml آب از هر منبع جمع آوری شده و نمونه‌ها برای آزمایش به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

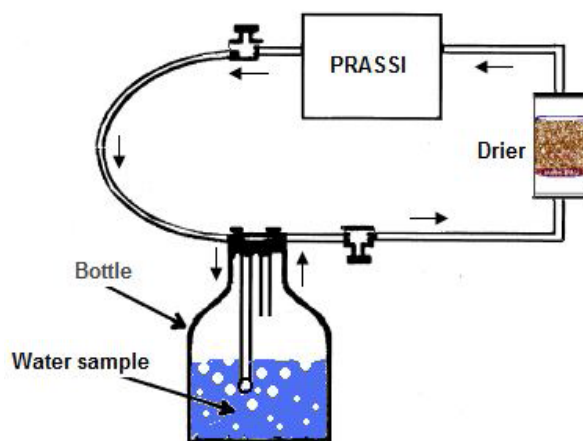
در این تحقیق از سیستم اندازه‌گیری (SILENA mod 5s) PRASSI برای اندازه‌گیری میزان تراکم رادون و رادیوم محلول در آب در رامسر، استفاده شده است. کالیبراسیون یا مدرج سازی دستگاه، به وسیله کارخانه سازنده انجام گرفته است. این دستگاه اولین بار در سال ۱۹۹۷ و سپس در سال ۲۰۰۷ مدرج شده است. این سیستم یک دستگاه سبک و قابل حمل است که برای اندازه‌گیری تراکم گاز رادون و رادیوم در نمونه‌های آب، به روش اندازه‌گیری ناپیوسته<sup>۱</sup> یا پیوسته از طریق اتاقک سوسوزن مناسب می‌باشد. مدار پمپ کننده PRASSI با میزان سرعت ۳ l/min به منظور گازربایی از آب عمل می‌کند. این سیستم دارای آشکارساز  $Zns(Ag)$  به حجم  $1830\text{ cm}^3$  است [۹]، که با شمارش آلفاهای گسیل شده از رادون و دختر هسته‌هایش میزان فعالیت رادون را در مترمکعب هوا نشان می‌دهد. در شکل ۱ نمایی از دستگاه PRASSI را مشاهده می‌کنید.

مقادیری که دستگاه PRASSI نشان می‌دهد بر حسب  $\text{Bq/m}^3$  است و با استفاده از رابطه زیر اعداد نشان داده توسط دستگاه را که به  $\text{Bq/l}$  تبدیل کردیم [۱۰]. در این رابطه:

$$Q_{Rn} \left( \frac{\text{Bq}}{\text{L}} \right) = Q_{PRASSI} \times \frac{V_{tot} (m^3)}{V (lit)} \times \left[ \text{Exp} \left( \frac{\text{Ln} \lambda}{3.8 \times 24} \right) t \right] \quad (1)$$

$Q_{PRASSI}$  مقدار خام ثبت شده توسط دستگاه،  $V_{tot}$  حجم کل مسیری که نمونه می‌پیماید ( $3\text{ m}^3$ )،  $V$  حجم نمونه اندازه‌گیری (۰/۱۵ لیتر) و عبارت داخل کروشه ضریب تصحیح می‌باشد.

برای اندازه‌گیری رادیوم، نمونه‌ها را به مدت حدود ۲۵ روز در بطری‌های در بسته نگهداری کردیم تا رادون و رادیوم موجود



شکل ۱. نمای دستگاه PRASSI.

افزایش می‌دهد. رادیوم ۲۲۶ در بین گسیلنده‌های طولانی عمر آلفای موجود در نمونه‌های محیطی، یکی از شایع‌ترین‌هاست [۴]. افزایش رادیوم در آب‌های سطحی منبع مهمی برای حضور رادیوم در چرخه‌های غذایی است [۵]، زیرا از این طریق این عنصر در گیاهان و جانداران انباشته می‌شود.

برخی از نقاط رامسر بیشترین میزان تابش زمینه‌ای را در جهان دارا می‌باشد. تابش زمینه بالا در مناطقی از رامسر عمدتاً به علت وجود مقادیر خیلی بالای  $^{226}\text{Ra}$  و محصولات واپاشی آن است که توسط چشمه‌های آب گرم به سطح زمین می‌آیند. دومین دلیل میزان تابش بالا، رسوبات تراورتن با غلظت بالای توریم است. رادیواکتیویته در خاک‌های محلی و مواد غذایی که در آن خاک رشد کرده هم بالاست، چرا که خاک‌ها ناشی از فرسایش سنگ بسترهای محلی هستند [۶]. بنابراین به علت اهمیت رامسر از نظر مواد رادیواکتیو بر آن شدیم که غلظت رادون و رادیوم را در منابع آبی آن مورد بررسی قرار دهیم.

در این تحقیق تعداد ۴۲ نمونه که شامل شیر آب و رودهای رامسر بود با استفاده از روش استاندارد پیشنهادی توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا جمع آوری شدند [۷ و ۸].

۱. Grap sampling

جدول ۱. نتایج اندازه‌گیری رادون و رادیوم بر حسب بکرل بر لیتر در رودها.

نمونه	مکان نمونه برداری	میزان رادون (Bq/l)	میزان رادیوم (Bq/l)
۱	نسا رود، نزدیک دریا	۳/۶۹۱	۰/۲۳۴
۲	سرخان رود	۱/۸۶۳	۰/۰۳۶
۳	صفارود	۳/۳۷۰	۰/۰۰۰
۴	ترک رود	۱/۰۲۷	۰/۱۰۳
۵	مسیر جواهرده رود بامسی	۱/۳۳۳	۰/۳۳۴
۶	سرچشمه رود آبمعدن	۲۱/۲۹۱	۰/۴۴۱
۷	حد وسط رود آبمعدن	۷/۱۲۵	۰/۲۱۴
۸	ترک رود، ۴ km بعد از پل	۰/۰۰۰	۰/۳۹۱
۹	جوی آب کتالم، دشت جلمی	۲/۹۵۸	۰/۰۸۹
۱۰	رود نزدیک نارنج بن	۲/۰۵۱	۰/۴۲۸
۱۱	جوی آب چپر سر	۰/۰۰۰	۰/۴۱۵
۱۲	جوی آب کتالم	۱/۹۷۳	۰/۳۳۸
۱۳	جوی آب نزدیک کاخ موزه	۴/۱۱۷	۰/۲۲۸
۱۴	رود محوطه باغ	۱/۶۵۸	۰/۳۷۹
۱۵	صفارود، ۲ km بعد از پل	۰/۰۰۰	۰/۱۴۹
۱۶	کناره رود مارکوه	۱/۰۱۵	۰/۰۰۰
۱۷	حد وسط رود مارکوه	۱/۲۳۰	۰/۰۰۰
۱۸	سرچشمه چالکروود	۲/۴۵۷	۰/۰۰۰
۱۹	۴ km بعد از سرچشمه	۰/۲۱۵	۰/۰۰۹
۲۰	کناره شیروود	۰/۸۵۳	۰/۰۰۰
۲۱	حد وسط شیروود	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷
۲۲	نسا رود، نزدیک کتالم	۱/۲۹۸	۰/۴۶۵

حجم نمونه مورد آزمایش است که در این آزمایش ۰/۱۵ لیتر انتخاب شده است.

در جدول ۱ نتایج اندازه‌گیری رادون و رادیوم بر حسب بکرل بر لیتر در رودها نشان داده شده است. در جدول ۲ نتایج اندازه‌گیری رادون و رادیوم بر حسب بکرل بر لیتر در آب شرب نشان داده شده است. در شکل ۲ نمودار هیستوگرام مقادیر رادون موجود در جدول ۱ و در شکل ۳ نمودار هیستوگرام

در نمونه‌ها با هم به تعادل برسند. سپس با اندازه‌گیری مجدد، میزان رادیوم موجود در منابع آبی را اندازه‌گیری کردیم. با استفاده از رابطه زیر میزان واقعی رادیوم موجود در نمونه‌ها را بر حسب بکرل بر لیتر به دست آوردیم

$$Q_{Ra} = Q_{PRASSI} \times \frac{V_{tot} (m^3)}{V (lit)} \quad (2)$$

در این رابطه  $Q_{Ra}$  مقدار غلظت رادیوم در نمونه‌های آب بر حسب Bq/l،  $Q_{PRASSI}$  مقدار ثبت شده توسط دستگاه،  $V_{tot}$  حجم کل چرخش گاز که در این آزمایش  $(m^3) 2/4 \times 10^{-3}$  است و  $V$

جدول ۲. نتایج اندازه‌گیری رادون و رادیوم بر حسب بکرل بر لیتر در آب شرب.

نمونه	مکان نمونه برداری	میزان رادون (Bq/l)	میزان رادیوم (Bq/l)
۱	شهر آسر(م)*	۳/۷۲۵	۰/۳۹۸
۲	جنب اداره چای (م)	۱۱/۴۰۳	۰/۱۱۰
۳	سوپرمارکت توساسان	۵/۳۵۲	۰/۰۸۶
۴	محوطه نارنج بن(م)	۲/۳۰۱	۰/۰۶۰
۵	بلوار معلم مجتمع فدک	۱/۸۴۴	۰/۱۷۰
۶	جنب سپاه (م)	۶/۱۵۳	۰/۳۲۹
۷	شیر آب توسکاسرا	۷/۸۸۰	۰/۰۰۰
۸	شیر آب حیاط دادگستری	۲/۵۷۶	۰/۰۰۰
۹	ابتدای رمک(م)	۰/۰۰۰	۰/۲۵۱
۱۰	ابتدای قائمیه(م)	۱/۳۲۸	۰/۳۱۰
۱۱	کوی شهید الموتی، (م)	۲/۵۷۸	۰/۲۰۴
۱۲	قائمیه، کوی گوهر رستمی	۱/۷۱۲	۰/۰۰۰
۱۳	۴۰۰ دستگاه،علیمحمدی(م)	۵/۲۸۵	۰/۳۴۲
۱۴	ابتدای ۴۰۰ دستگاه(م)	۲/۷۸۹	۰/۰۰۵
۱۵	نیمه خیابان طالقانی(م)	۰/۴۳۰	۰/۰۰۰
۱۶	خ طالقانی،کانون نوجوانان	۱/۷۹۰	۰/۷۴۷
۱۷	خ فرودگاه، جنب اداره فرهنگ	۳/۱۴۲	۰/۱۷۰
۱۸	حد وسط خ فرودگاه	۱/۹۱۶	۰/۰۰۲
۱۹	روبروی فرودگاه،پمپ بنزین	۲/۶۵۳	۰/۳۰۶
۲۰	خ فرودگاه، دم درب فرودگاه	۳/۲۲۵	۰/۰۰۰

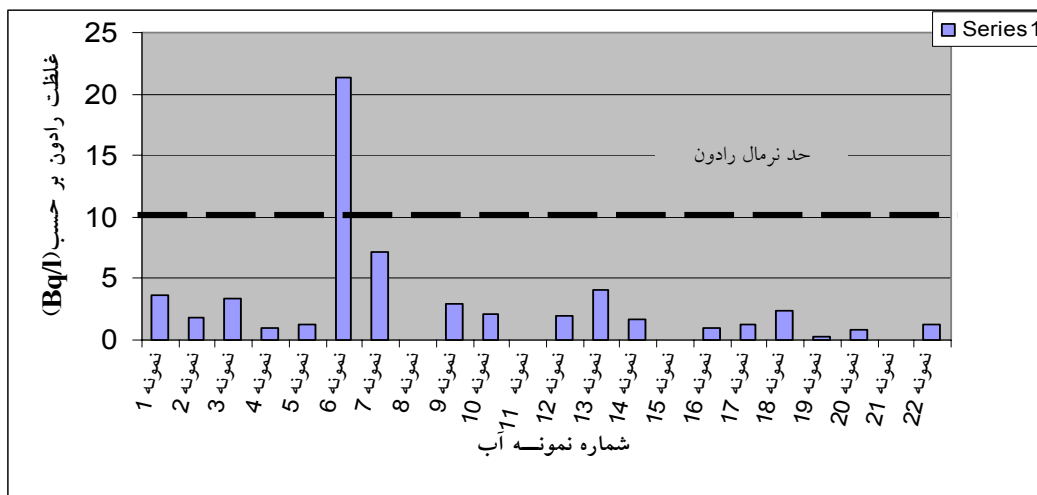
\* (م) به معنی منزل مسکونی است.

رادون از چشمه‌های دیمه دارد. مقایسه میزان رادیوم در رامسر با سایر کشورها نشان می‌دهد که بجز برزیل میزان رادیوم در رامسر از بقیه کشورهای ذکر شده در جدول ۳ به میزان قابل توجهی بالاتر می‌باشد. اما مقایسه میزان رادیوم در رامسر با سایر شهرهای ایران که نظیر این آزمایش در آنها انجام شده نشان می‌دهد میزان رادیوم رامسر از شیروان و تویسرکان پایین تر بوده ولی در مقایسه با سایر شهرها میزان بالاتری را به خود اختصاص داده است.

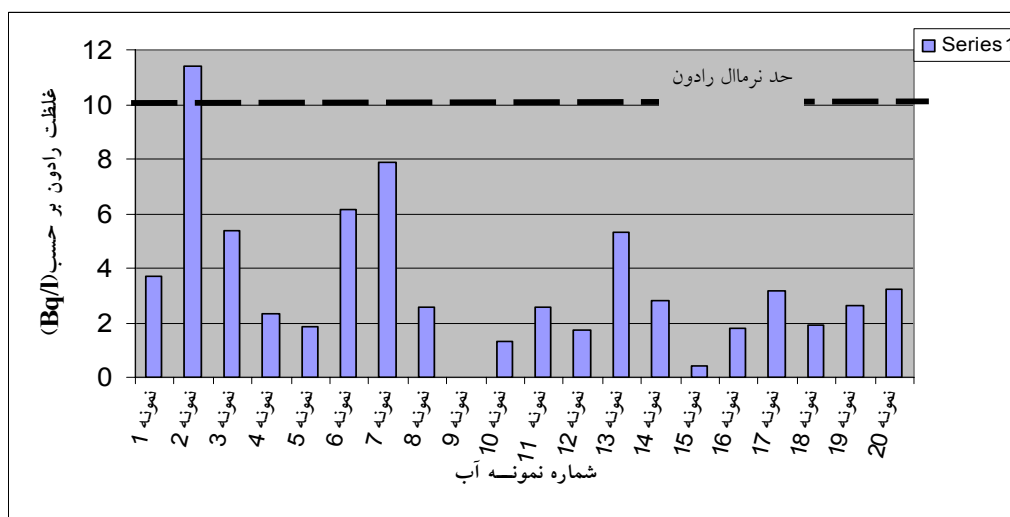
میانگین میزان رادون در آب رودها همان‌طور که در جدول ۳ ذکر گردیده است  $1/873 \pm 2/689$  Bq/l می‌باشد و برای آب

مقادیر رادون مربوط به جدول ۲ رسم شده است. در ادامه نمودار هیستوگرام غلظت رادیوم در رودها و آب شرب رامسر در شکل ۴ ترسیم شده است.

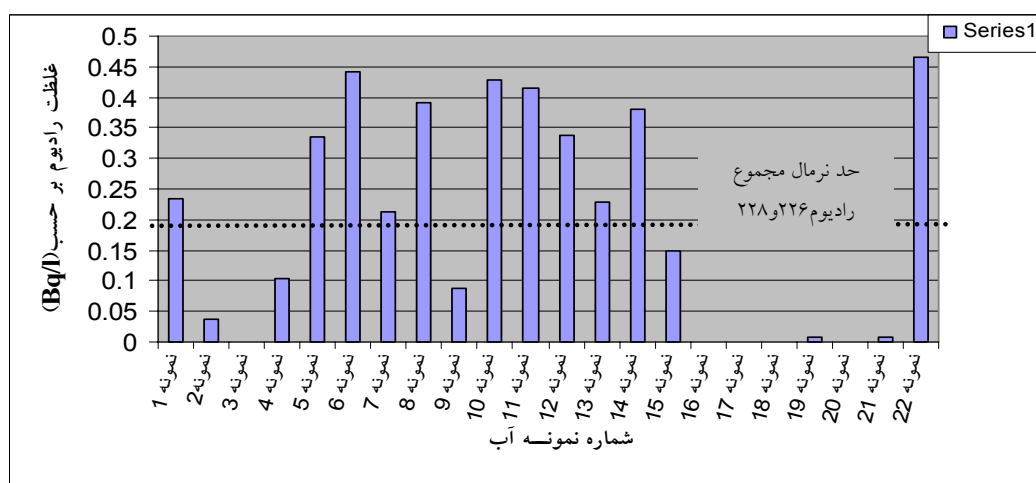
همان‌طور که مقایسه نتایج اندازه‌گیری رادون در این تحقیق با سایر کشورها و شهرهای مختلف ایران (جدول ۳) نشان می‌دهد، میزان میانگین رادون در رودها و آب شرب رامسر کمتر از سایر کشورها بوده و در بین شهرهای متفاوت ایران از شهرهای ذکر شده میزان کمتری داشته و فقط میزان بالاتری



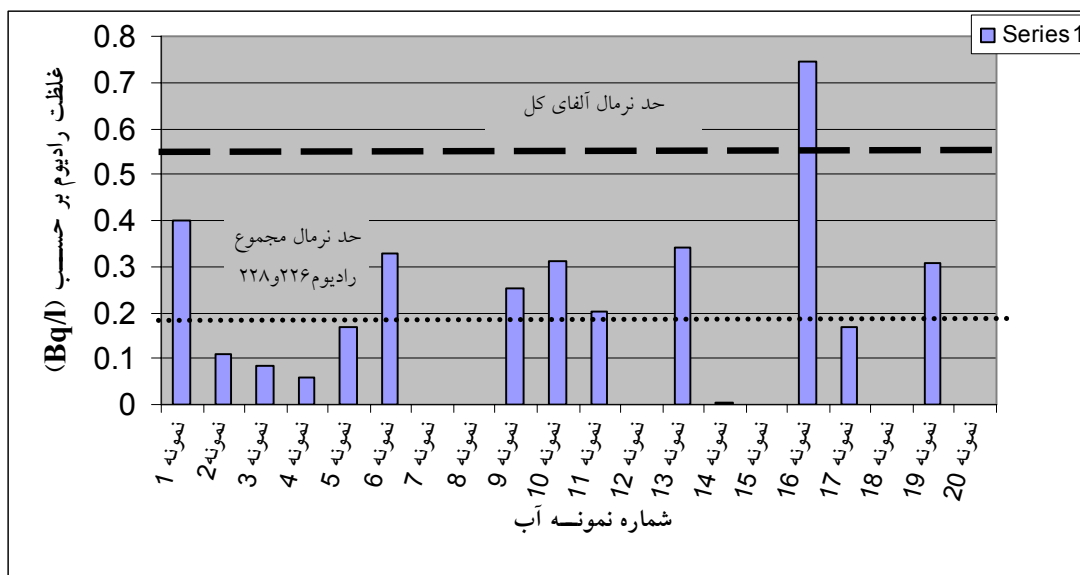
شکل ۲. نمودار هیستوگرام غلظت رادون بر حسب Bq/l در آب رودهای رامسر.



شکل ۳. نمودار هیستوگرام غلظت رادون بر حسب Bq/l در آب شرب رامسر.



شکل ۴. نمودار هیستوگرام غلظت رادیوم بر حسب Bq/l در آب رودهای رامسر.



شکل ۵. نمودار هیستوگرام غلظت رادیوم بر حسب Bq/l در آب شرب رامسر.

جدول ۳. مقایسه نتایج اندازه‌گیری رادون و رادیوم با نتایج این تحقیق.

کشورهای مختلف/شهرهای ایران	رادون (Bq/l)	رادیوم (Bq/l)
اطریش	۰/۱۲-۱۸	۰/۰۰۰۰۲۳
برزیل	$۱/۲ \times 10^2$	۱/۸
کرواسی	-	$(۶-۴۱۲) \times 10^{-3}$
پاکستان	-	$۱۱/۳ \times 10^{-3}$
اردن	۳/۹	-
مقدونیه و یونان	۵۰	-
لهستان	۷۴	-
ترکیه	۱۰/۸۲	$۱۹/۱۶ \times 10^{-3}$
ایالات متحده آمریکا	-	۰/۰۵۲
چشمه‌های دیمه چهار محال و بختیاری	۲/۳	۰/۰۴۱
شیروان	۹/۷۴۹	۲/۰۹۲
نیشابور	۱۷/۹۹۱	-
تویسرکان	۸/۱۲۹	۱/۴
شاندیز، زشک و ابرده	۱۲/۷۹۹	۰/۱۳۹
مشهد	۱۶/۲۳۸	-
تهران	۳/۷	-
رامسر (تحقیق حاضر)	رود	$۲/۶۸۹ \pm ۱/۸۷۳$
	آب شرب	$۳/۴۰۴ \pm ۱/۱۷۹$
	مجموع (رودها و شرب)	$۳/۰۳۰ \pm ۱/۱۲۲$

شرب  $3/4 \pm 1/179$  Bq/l به دست آمده است.

همان‌طور که از جدول ۱ و شکل ۲ ملاحظه می‌شود یک مورد از نمونه‌های مربوط به رودها یعنی مورد ۶ سرچشمه آب‌معدن با میزان  $21/291$  Bq/l، مقداری بیشتر از حد نرمال تعیین شده برای رادون در آب آشامیدنی توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا یعنی  $10$  Bq/l دارد. رودها به علت اینکه به طور سطحی حرکت می‌کنند و رادون فرصت کافی برای فرار از آب پیدا می‌کند، میزان رادون کمتری نسبت به چاه‌ها و آب‌های منابعی که از عمق زمین خارج می‌شوند دارند. در رابطه با مورد ۶ که از دو برابر حد نرمال هم مقدار بیشتری رادون دارد به علت نزدیکی با یک چشمه آبگرم احتمال اختلاط آب این رود با چشمه وجود دارد.

با توجه به جدول ۲ و شکل ۳، میزان رادون در نمونه ۲ که مربوط به یک منزل مسکونی است با میزان  $11/403$  Bq/l مقداری بیشتر از حد نرمال رادون دارد.

در مورد رادیوم میانگین، میزان رادیوم در آب رودها همان‌طور که در جدول ۳ ذکر گردیده است  $0/194 \pm 177$  Bq/l می‌باشد و برای آب شرب  $2/689 \pm 1/873$  Bq/l به دست آمده است.

در مورد رادیوم موجود در رودها با توجه به جدول ۱ و شکل ۴، هیچ کدام از نمونه‌ها بالاتر از حد نرمال آلفای کل یعنی  $0/555$  Bq/l نبوده اند اما نیمی از آنها یعنی ۱۱ مورد از رودها میزان رادیوم ۲۲۶ بیشتری از حد نرمال تعیین شده برای مجموع رادیوم ۲۲۶ و رادیوم ۲۲۸ توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا یعنی  $0/185$  Bq/l داشتند.

با ملاحظه جدول ۲ و شکل ۵ همچنین میزان رادیوم ۲۲۶ در آب شرب یک مورد از نمونه‌ها یعنی مورد ۱۶ با میزان  $0/747$  Bq/l که مربوط به آب شیر کانون نوجوانان است حتی از حد آلفای کل هم بیشتر است. همچنین میزان رادیوم ۲۲۶ در ۸ نمونه از نمونه‌های سنجش شده آب شرب بیشتر از حد نرمال تعیین شده برای مجموع رادیوم ۲۲۶ و رادیوم ۲۲۸ بود.

این مقادیر بخصوص در مورد آب شرب نیازمند استفاده از روش‌ها و سیستم‌های کاهش سازی رادون مثل استفاده از سیستم‌های سختی گیر و هوادهی است. همچنین برای کاهش رادیوم نصب سیستم‌های تبادل یونی، اسمز معکوس و هم رسوبی با اکسید منگنز آبدار و... ضروری است.

www.epa.org (2006); PF, Folger P Nyberg, RB Wanty, E Poeter. *Health Phys.* 67(1994) 244.

8. USEPA, United States Environmental Protection Agency. National primary drinking water regulations for radionuclides: Notice of proposed rule making. *Federal Register* 56 (1991) 33050.
9. A R Binesh, et al., *Archives of Applied Science Research*, 2, 1 (2010) 23.

۱۰. نرجس ولی پور گشینیانی، اندازه‌گیری رادون در فصل‌های

مختلف سال در منابع آبی سوادکوه، فریمان: دانشگاه پیام

نور مرکز فریمان، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک (۱۳۸۸).

1. A, Abbady, et al., *J. Applied Radiation and Isotopes*, 61,6(2004)1469.
2. A Mohamed, et al., *J. Nuclear and Radiation Physics*, 3, 2(2008)101.
3. A O Barden, "Radium -226 Concentrations in Human Thyroid and Other Selected Tissues Measured by The Radon Emanation Technique", Thesis For the Degree of Masters of Science, Colorado State University (2007).
4. W C Lawrie, et al., *J. Applied Radiation and Isotopes*, 53(2000) 133.
5. Joseph M Smoak, and James M Krest. *J. Environmental Radioactivity*, 89(2006)102.
6. M Ghiassi-nejad, et al., *Health Phys*, 82,1 (2002)87.
7. EPA Environmental Protection Agency website.