

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه گیلان  
دانشکده علوم پایه  
گروه فیزیک  
( گرایش هسته‌ای )

بررسی موجودی مواد پرتوزا و نرخ برون - دمش گاز راڈن در  
مصالح ساختمانی منطقه رامسر

از:

الهام باورنگین

اساتید راهنما:

دکتر مسعود وهابی مقدم

دکتر اسد باباخانی

استاد مشاور:

مهندس نسرين فتح آبادی

بهمن ۱۳۸۹

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که همیشه مشوقم هستند.

سپاس خدا را که نور شناختش را به قلب ما تابانید و شکرش را به وجودمان الهام فرمود.

### تقدیر و تشکر از:

- استاد راهنمای عزیز و دانشمندم جناب آقای دکتر وهابی مقدم، بی شک شاگرد ایشان بودن یکی از بزرگترین افتخارات زندگی می باشد.
- استاد راهنمای دومم جناب آقای دکتر باباخانی معاون محترم حفاظت در برابر اشعه ی کشور
- استاد مشاور عزیزم در سازمان انرژی اتمی سرکار خانم نسرین فتح آبادی که در انجام این پروژه بسیار راهنماییم نمودند.
- اساتید فرهیخته ی هسته ای دانشگاه گیلان جناب آقای دکتر قاسمی زاد و جناب آقای دکتر صدر ممتاز.
- سرکار خانم فراهانی و جناب آقای مرادی که در قسمت فنی پروژه در انرژی اتمی از راهنمایی هایشان بسیار استفاده نمودم.
- جناب آقای نجفی کارشناس محترم انرژی اتمی در قسمت طیف سنجی که در انجام پروژه بسیار کمک نمودند.
- آقایان کیامینی و پرتوافغان که در جمع آوری و آماده سازی نمونه ها مساعدت نمودند.
- دوستان همراه در این پروژه خانم ها زهرا شاهمرادی، نرجس امیری و الهه غلامی
- و دوست همیشگی ام مطهره عباسی

## چکیده فارسی:

### بررسی موجودی مواد پرتوزا و نرخ برون - دمش گاز رادون در مصالح ساختمانی منطقه رامسر الهام باورنگین

از منابع اصلی پرتوگیری جامعه،  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  موجود در خاک و مصالح ساختمانی می باشند. رامسر، شهری در شمال ایران، واقع در استان مازندران به علت وجود مقدار قابل ملاحظه  $^{226}\text{Ra}$  که از طریق چشمه های آب گرم به لایه های سطحی زمین آمده اند و نیز موجودی توریوم بالا در سنگ ها، دارای مناطقی با زمینه ی پرتوی بالا می باشد. ساکنین این مناطق از سنگ های محلی به عنوان مصالح ساختمانی استفاده نموده اند.  $^{222}\text{Rn}$ ، دختر  $^{226}\text{Ra}$ ، مهمترین منبع پرتودهی جامعه محسوب می شود بنابراین برون دمش رادون از مصالح ساختمانی و نیز اندازه گیری موجودی  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  از نظر حفاظت در برابر اشعه حائز اهمیت می باشد. این پروژه با هدف تعیین موجودی ویژه هسته های پرتوزا و اندازه گیری برون دمش گاز رادون در مصالح ساختمانی منطقه رامسر صورت گرفته است. اکتیویته های ویژه به کمک آشکارساز ژرمانیوم فوق خالص و برون دمش گاز رادون توسط دستگاه تحلیلگر رادون (آلفاگارد) محاسبه گردید. موجودی  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  به ترتیب از  $\text{MDA}(1.4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1})$  تا بیشترین مقدار  $86400 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ، و از  $\text{MDA}(3.04 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1})$  تا  $187 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  و از  $\text{MDA}(28.3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1})$  تا  $1350 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  متغیر می باشند. و دامنه ی تغییرات برون دمش رادون نیز از کمتر از  $\text{LLD}(0.01 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}\text{h}^{-1})$  تا  $384.33 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  با مقدار میانگین  $26.81\pm 13.47 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  برآورد شده است.

**کلید واژه ها:** پرتوزایی طبیعی، مصالح ساختمانی، برون دمش رادون، اندازه گیری رادون با استفاده از سیستم فعال، گاما اسپکترومتری، منطقه پرتوی طبیعی بالا ی رامسر.

## Study of Radionuclide Inventories and Radon Exhalation Rate in Building Materials in Ramsar

Elham Bavarnegin

### Abstract:

The main natural contributors to public exposures are  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  contents in soil and building materials. Ramsar, an Iranian northern city in Mazandaran Province has some high background radiation areas due to the presence of considerable amount of  $^{226}\text{Ra}$  brought up to the surface by numerous hot springs and relatively high  $^{232}\text{Th}$  contents in rocks. Many residents of these areas have used local stone as a convenient building material.  $^{222}\text{Rn}$ , progeny of  $^{226}\text{Ra}$ , is the most important source of public exposure, so determination of its exhalation rate from building materials is crucial from the radiation protection point of view. The same is true for  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  inventories.

This study was carried out with the aim of quantifying the inventories of natural radionuclides and to measure radon exhalation rate in commonly used building materials in Ramsar. The specific activities were determined by a gamma spectrometry system using a hyper pure germanium detector. Radon exhalation rate has been measured using Alpha-guard radon gas analyzer. Measured  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  inventories are in the range of below MDA( $1.4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) to  $86400 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $<\text{MDA}(3.04 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1})$  to  $187 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  and  $<\text{MDA}(28.3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1})$  to  $1350 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , respectively. The range of radon exhalation rate is from below LLD( $0.01 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ) to  $384 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  with a mean value of  $26.8 \pm 13.5 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  rate.

**Keywords:** Natural radionuclides, building materials, radon exhalation,  $^{222}\text{Rn}$  measurement by active technique, gamma spectrometry, Ramsar high natural radiation area.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ث	چکیده ی فارسی
ج	چکیده ی انگلیسی
۱	مقدمه
	<b>فصل اول: مبانی پرتوزایی</b>
۳	۱-۱- پرتوزایی
۳	۲-۱- پرتوزایی محیطی
۳	۱-۲-۱- زمینه ی پرتوی (Background)
۳	۲-۲-۱- مبانی پرتوزای طبیعی
۳	۱-۲-۲-۱- هسته های پرتوزای اولیه
۶	۲-۲-۲-۱- پرتوها و هسته های پرتوزای کیهانی
۷	۳-۲-۱- منابع پرتوزای مصنوعی
۷	۱-۳-۲-۱- تولید توسط شتابدهنده ها
۷	۲-۳-۲-۱- تولید در راکتورهای هسته ای
۸	۳-۳-۲-۱- رهاسازی توسط آزمون جنگ افزارهای هسته ای
۸	۳-۱- واپاشی های زنجیره ای
۸	۱-۳-۱- نیمه عمر
۸	۲-۳-۱- معادلات بیتمن (Bateman Equation)
۱۰	۳-۳-۱- انواع تعادل پرتوزا
۱۲	۴-۱- مکانیسم آزاد شدن مواد پرتوزا از مصالح ساختمانی
۱۳	۵-۱- کمیت ها و یکاهای مطرح پرتوزایی
۱۳	۱-۵-۱- اکتیویته یا فعالیت
۱۴	۲-۵-۱- دُز جذبی (Absorbed Dose)
۱۴	۳-۵-۱- دُز معادل (Dose Equivalent)
۱۵	۴-۵-۱- دُز مؤثر (Effective Dose)
	<b>فصل دوم: ویژگیهای منطقه ی مطالعاتی</b>
۱۷	۱-۲- موقعیت جغرافیائی شهرستان رامسر
۱۷	۲-۲- مناطق دارای پرتوزایی زمینه ی بالا در دنیا
۱۹	۳-۲- ویژگیهای منابع پرتوزایی در منطقه رامسر بر مبنای مطالعات زمین شناسی
۱۹	۴-۲- منطقه مطالعاتی در این پروژه
	<b>فصل سوم: آشکارسازی پرتوهای گاما</b>
۲۱	۱-۳- اساس آشکارسازهای هسته ای
۲۱	۲-۳- برهم کنش های فوتون با ماده
۲۱	۱-۲-۳- پراکندگی کامپتون

۲۲	۲-۲-۳- اثر فوتوالکترونیک
۲۲	۳-۲-۳- تولید زوج
۲۳	۳-۳- انواع فرایندهایی که در آشکارسازی پرتو گاما در آشکارساز رخ می دهد
۲۴	۴-۳- آشکارسازهای رایج برای آشکارسازی پرتو گاما
۲۵	۵-۳- اساس کار آشکارسازهای نیمه رسانا
۲۷	۶-۳- آشکارساز ژرمانیوم فوق خالص (HPGe)
۲۷	۱-۶-۳- نحوه ی ساخت بلور ژرمانیوم فوق خالص
۲۹	۲-۶-۳- شکل های مختلف آشکارسازهای ژرمانیوم فوق خالص
۲۹	۱-۲-۶-۳- ساختار تخت (Planar configuration)
۲۹	۲-۲-۶-۳- ساختار هم محور (Coaxial configuration)
۳۱	۳-۶-۳- مخزن ازت مایع
۳۲	۷-۳- ابزار مورد نیاز برای بیناب سنجی گاما (سیستم الکترونیکی)
۳۲	۱-۷-۳- منبع تغذیه ی ولتاژ بالا
۳۲	۲-۷-۳- پیش تقویت کننده
۳۳	۳-۷-۳- تقویت کننده ی اصلی
۳۳	۴-۷-۳- ADC و تحلیلگر چند کاناله (MCA)
۳۳	۸-۳- کالیبراسیون

۳۳	۱-۸-۳- کالیبراسیون انرژی
۳۴	۲-۸-۳- کالیبراسیون بازده

## فصل چهارم: رادون

۳۷	۱-۴- رادون و ایزوتوپ های طبیعی آن
۳۷	۲-۴- برخی از ویژگی های فیزیکی رادون
۳۸	۳-۴- منشأ رادون
۳۸	۴-۴- دختران کوتاه عمر رادون.
۳۹	۵-۴- رادون در فضای بسته (Indoor Radon)
۳۹	۱-۵-۴- چشمه های رادون موجود در فضای بسته
۴۰	۱-۱-۵-۴- خاک زیر ساختمان
۴۱	۲-۱-۵-۴- مصالح ساختمانی
۴۲	۳-۱-۵-۴- آب های حاوی رادون
۴۳	۴-۱-۵-۴- منابع گازی
۴۳	۵-۱-۵-۴- هوای اطراف ساختمان
۴۴	۲-۵-۴- اثرات بیولوژیکی رادون
۴۶	۳-۵-۴- روش های مورد استفاده برای کم کردن میزان رادون در درون ساختمان
۴۶	۱-۳-۵-۴- تهویه ی طبیعی
۴۷	۲-۳-۵-۴- جلوگیری از ورود رادون
۴۷	۱-۲-۳-۵-۴- کاهش دادن نقاط ورودی
۴۸	۱-۲-۳-۵-۴- خارج کردن رادون از خاک بستر ساختمان



## فصل پنجم: اندازه گیری گاز رادون

۴۹	۱-۵- روش ها
۵۰	۲-۵- دستگاه آلفاگارد
۵۰	۱-۲-۵- اساس کار دستگاه
۵۳	۳-۵- محفظه ی کالیبراسیون و برون دمش
۵۳	۱-۳-۵- پایه
۵۳	۲-۳-۵- سرپوش
۵۴	۴-۵- وضعیت های کاری دستگاه آلفاگارد
۵۴	۱-۴-۵- وضعیت جریان
۵۵	۲-۴-۵- وضعیت پخش
۵۶	۵-۵- کالیبراسیون
۵۷	۱-۵-۵- نمونه ی استاندارد برای کالیبراسیون

## فصل ششم: روش های تجربی

۵۸	۱-۶- مشخصات کلی آلفاگارد استفاده شده در این پروژه
۵۸	۲-۶- مشخصات کلی آشکارسازهای HPGe استفاده شده در این پروژه.
۶۱	۳-۶- نحوه ی نمونه برداری
۶۲	۴-۶- دستگاه مینی اسپکت
۶۲	۱-۴-۶- وضعیت های عملکردی ( OPERATIONAL MODELS ).
۶۲	۱-۱-۴-۶- وضعیت بررسی ( SURVEY MODE )
۶۳	۲-۱-۴-۶- وضعیت اندازه گیری میزان دُز ( DOSE METER MODE )
۶۳	۳-۱-۴-۶- وضعیت شناسایی هسته های پرتوزا ( آنالیز ) ( NUCLIDE IDENTIFICATION )
۶۳	۲-۴-۶- ساختار دستگاه.
۶۳	۱-۲-۴-۶- بدنه دستگاه
۶۳	۲-۲-۴-۶- آشکارساز ( DETECTOR )
۶۳	۳-۲-۴-۶- باتری ( BATTERIES )
۶۴	۴-۲-۴-۶- شارژر باتری ( BATTERY_ CHARGER )
۶۴	۵-۲-۴-۶- نرم افزار پشتیبانی سیستم ( SYSTEM SUPPORT SOFTWARE ).
۶۴	۶-۲-۴-۶- چشمه ی آزمایشی ( TEST SOURCE )
۶۵	۵-۶- آماده سازی نمونه ها جهت سنجش برون دمش رادون
۶۷	۶-۶- شیوه ی اندازه گیری با آلفاگارد.
۶۸	۷-۶- نرم افزار Alpha-Expert
۶۹	۸-۶- آماده سازی نمونه ها جهت گاما اسپکترومتری
۷۱	۹-۶- نحوه ی آشکارسازی
۷۵	فصل هفتم: یافته ها
۸۵	فصل هشتم: بحث و نتیجه گیری
۹۷	مراجع

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۴	شکل (۱-۱): سری واپاشی $^{238}U$
۵	شکل (۲-۱): سری واپاشی $^{232}Th$
۵	شکل (۳-۱): سری واپاشی $^{235}U$
۶	شکل (۴-۱): سری واپاشی $^{237}Np$
۷	شکل (۵-۱): نمودار بهره ی تولید محصولات شکافت $^{235}U$ با نوترون های حرارتی
۱۰	شکل (۶-۱): تعادل گذرا
۱۱	شکل (۷-۱): تعادل پایا
۱۲	شکل (۸-۱): عدم تعادل
۱۳	شکل (۹-۱): مکانیسم خروج گاز راڈن از مصالح ساختمانی و خاک
۱۷	شکل (۱-۲): موقعیت شهرستان رامسر در استان مازندران
۱۸	شکل (۲-۲): مناطق با زمینه ی پرتوی بالا در دنیا
۱۸	شکل (۳-۲): آب های گرم که دارای غلظت رادیوم مختلفی می باشند از جویبارها عبور می کنند
۲۰	شکل (۴-۲): منطقه ی عملیاتی بررسی پرتوزایی طبیعی بالا در رامسر و حومه
۲۰	شکل (۵-۲): نقاطی که در پروژه حاضر نمونه های مصالح ساختمانی محلی از آنها برداشته شده اند
۲۱	شکل (۱-۳): پراکندگی کامپتون
۲۲	شکل (۲-۳): اثر فوتوالکتریک
۲۲	شکل (۳-۳): تولید زوج
۲۳	شکل (۴-۳): انواع فرایند هایی که در یک آشکارساز رخ می دهد
۲۴	شکل (۵-۳): نمونه ای از طیف پرتوی گاما
۲۵	شکل (۶-۳): تماس مواد نوع n و نوع p و ایجاد یک ناحیه ی تهی از حاملین بار
۲۶	شکل (۷-۳): تحت بایاس معکوس، ناحیه ی تهی بزرگتر می شود و اندازه ی میدان الکتریکی افزایش می یابد
۲۷	شکل (۸-۳): خالص سازی بلور با استفاده از روش Czochralski
۲۸	شکل (۹-۳): یک طرح شماتیک از تکنیک Czochralski که برای رشد بلور استفاده شده است
۲۹	شکل (۱۰-۳): یک آشکارساز HPGe تخت
۳۰	شکل (۱۱-۳): سه شکل از آشکارسازهای هم محور حجم زیاد است که هر کدام نمایشی از سطح مقطع در محور کریستال استوانه ای می باشد
۳۰	شکل (۱۲-۳): مواد HPGe می توانند از نوع p یا n فوق خالص باشند. در اینجا الکترودها برای هر نوع نشان داده شده اند
۳۱	شکل (۱۳-۳): آشکارساز ژرمانیوم در مخزن ازت مایع
۳۲	شکل (۱۴-۳): یک سیستم آشکارسازی پالسی
۳۵	شکل (۱۵-۳): منحنی کالیبراسیون بازده
۳۷	شکل (۱-۴): ضریب حلالیت بر حسب دما برای گاز راڈن
۳۹	شکل (۲-۴): واپاشی $^{222}Rn$ به $^{210}Pb$
۴۰	شکل (۳-۴): راههای ورود راڈن به داخل ساختمان
۴۴	شکل (۴-۴): مولکول DNA

- شکل (۴-۵): یونش مستقیم ۴۵
- شکل (۴-۶): یونش غیر مستقیم ۴۵
- شکل (۴-۷): نمایش شکسته شدن مولکول DNA ۴۶
- شکل (۴-۸): راههای ورود رادان به داخل ساختمان که باید مسدود گردند ۴۷
- شکل (۴-۹): نمایی از خارج کردن رادان از زیر خاک ۴۸
- شکل (۵-۱): دستگاه آلفاگارد ۵۰
- شکل (۵-۲): اتاقک یونش آلفاگارد ۵۱
- شکل (۵-۳): بدنه و ساختار خارجی ۵۱
- شکل (۵-۴): نمای دیگری از دستگاه آلفاگارد ۵۲
- شکل (۵-۵): محفظه ی کالیبراسیون و برون دمش ۵۲
- شکل (۵-۶): پایه ی استوانه ای محفظه ۵۳
- شکل (۵-۷): سرپوش ۵۴
- شکل (۵-۸): دستگاه آلفاگارد در وضعیت جریان ۵۵
- شکل (۵-۹): دستگاه آلفاگارد در وضعیت پخش ۵۵
- شکل (۵-۱۰): سیستم اندازه گیری برون دمش ۵۶
- شکل (۵-۱۱): کالیبراسیون آلفاگارد بر اساس مراجع مختلف ۵۶
- شکل (۵-۱۲): حباب محتوای نمونه استاندارد ۵۷
- شکل (۶-۱): آشکارساز (۱) مورد استفاده برای گاما اسپکترومتری ۶۰
- شکل (۶-۲): آشکارساز (۲) مورد استفاده برای گاما اسپکترومتری ۶۰
- شکل (۶-۳): نمونه هایی از مصالح شهری ۶۱
- شکل (۶-۴): دستگاه مینی اسپکت ۶۲
- شکل (۶-۵): نمونه ای از سنگ هایی که در خانه های قدیمی استفاده شده اند ۶۴
- شکل (۶-۶): نمونه ای از سنگ هایی که در زیر بنا ی برخی از خانه ها استفاده شده- عدد نشان داده شده است  $0.23 \mu Sv/s$  ۶۵
- شکل (۶-۷): تراورتن زرد آتشکوه- یکی از نمونه های شهری که برای قرار گرفتن در محفظه ی کالیبراسیون آماده شده است ۶۶
- شکل (۶-۸): یکی از نمونه های محلی که برای قرار گرفتن در محفظه ی کالیبراسیون آماده شده است ۶۶
- شکل (۶-۹): محفظه ی جایگزینی نمونه ها برای ثبت برون دمش ۶۷
- شکل (۶-۱۰): محفظه ی کالیبراسیون که نمونه ی آماده شده و دستگاه آلفاگارد در داخل آن قرار دارند ۶۷
- شکل (۶-۱۱): نمایش داده های حاصل از آلفاگارد در نرم افزار ۶۸
- شکل (۶-۱۲): نمایش غلظت رادان بر حسب زمان برای چهار نمونه مختلف ۶۹
- شکل (۶-۱۳): دستگاه خرد کن ۷۰
- شکل (۶-۱۴): الک کردن ۷۰
- شکل (۶-۱۵): نمونه های آماده شده ۷۱
- شکل (۶-۱۶): حفاظ سربی سیستم آشکارسازی ۷۱
- شکل (۶-۱۷): ریختن در داخل ظرف های پلی اتیلن ۷۲
- شکل (۶-۱۸): طیف مشاهده شده از یکی از نمونه ها ۷۲
- شکل (۷-۱): نمونه ای از Buildup انجام شده توسط نرم افزار Alpha- Expert ۸۱

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۵	جدول (۱-۱): ضرایب وزنی پرتوها
۱۶	جدول (۲-۱): ضرایب وزنی بافت های گوناگون
۳۴	جدول (۱-۳): رادیونوکلئیدهای مورد استفاده در کالیبراسیون انرژی
۳۶	جدول (۲-۳): رادیونوکلئیدهای مورد استفاده در کالیبراسیون بازده
۵۹	جدول (۱-۶): مشخصات HPGe های استفاده شده
۷۳	جدول (۲-۶): فهرستی از نمونه های شهری مورد مطالعه به همراه کد انتخابی برای سنجش
۷۴	جدول (۳-۶): فهرستی از نمونه های شهری مورد مطالعه ، موقعیت جغرافیایی و کد سنجش
۷۵	جدول (۱-۷): موجودی رادیوم در نمونه های شهری
۷۶	جدول (۲-۷): موجودی رادیوم در نمونه های محلی
۷۷	جدول (۳-۷): موجودی توریم در نمونه های شهری
۷۸	جدول (۴-۷): موجودی توریم در نمونه های محلی
۷۹	جدول (۵-۷): موجودی پتاسیم در نمونه های شهری
۸۰	جدول (۶-۷): موجودی پتاسیم در نمونه های محلی
۸۳	جدول (۷-۷): مشخصات نمونه های شهری و نتیجه ی برون دمش
۸۴	جدول (۸-۷): مشخصات نمونه های محلی و نتیجه ی برون دمش
۸۶	جدول (۱-۸): مقایسه ی موجودی رادیونوکلئیدها با سایر مطالعات . مقادیر بر حسب $Bq \cdot kg^{-1}$ می باشند.
۹۶	جدول (۲-۸) مقایسه ی مقادیر برآورد شده ی برون دمش راژن در بررسی های مختلف

## فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۸۷	نمودار (۱-۸) : موجودی رادیوم در نمونه های شهری
۸۷	نمودار (۲-۸) : موجودی رادیوم در نمونه های محلی
۸۸	نمودار (۳-۸) : موجودی رادیوم در کلیه ی نمونه ها
۸۹	نمودار (۴-۸) : موجودی توریم در نمونه های شهری
۸۹	نمودار (۵-۸) : موجودی توریم در نمونه های محلی
۹۰	نمودار (۶-۸) : موجودی توریم در کلیه ی نمونه ها
۹۰	نمودار (۷-۸) : موجودی پتاسیم در نمونه های شهری
۹۱	نمودار (۸-۸) : موجودی پتاسیم در نمونه های محلی
۹۱	نمودار (۹-۸) : موجودی پتاسیم در کلیه ی نمونه ها
۹۲	نمودار (۱۰-۸) : فراوانی اکتیویته ویژه ی $^{226}\text{Ra}$ در نمونه ها
۹۲	نمودار (۱۱-۸) : فراوانی اکتیویته ویژه ی $^{232}\text{Th}$ در نمونه ها
۹۳	نمودار (۱۲-۸) : فراوانی اکتیویته ویژه ی $^{40}\text{K}$ در نمونه ها
۹۴	نمودار (۱۳-۸) : مقدار برون دمش رادُن در کلیه ی نمونه ها
۹۵	نمودار (۱۴-۸) : ارتباط بین موجودی رادیوم و رادُن در نمونه ها
۹۵	نمودار (۱۵-۸) : فراوانی برون دمش رادُن در نمونه ها

فصل اول  
مبانی پرتوزایی

هسته های پرتوزای طبیعی در همه جا وجود دارند. از منابع پرتوزای طبیعی یکی پرتوهای کیهانی و دیگری هسته های پرتوزای با منشأ زمینی می باشند. ویژه هسته های با منشأ زمینی آن هایی هستند که در پوسته ی زمین یافت می شوند و از زمان پیدایش زمین وجود داشته اند. تنها آن ویژه هسته هایی که دارای نیمه عمر قابل مقایسه با عمر زمین می باشند قابل اندازه گیری هستند. از جمله ی آن ها می توان به عناصر  $^{40}\text{K}$ ،  $^{226}\text{Ra}$  و  $^{232}\text{Th}$  اشاره کرد. این ویژه هسته ها ی پرتوزا به عنوان منابع اصلی پرتوگیری طبیعی جامعه محسوب می شوند [UNSCEAR, 2000].

مصالح ساختمانی در کنار پرتوهای کیهانی و پرتوهای ناشی از خاک یکی از منابع مهم پرتوگیری در فضای بسته می باشند. همه ی مصالح ساختمانی به خصوص سنگ های طبیعی که در داخل و کف ساختمان استفاده می شوند شامل مواد پرتوزا می باشند [UNSCEAR, 1993].

در دنیا بعضی مناطق با زمینه ی پرتوی بالا یافت می شوند. از جمله ی آن ها یانگجیانگ در چین، کرالا در هند، گواراپاری در برزیل و رامسر در ایران می باشد. بعضی از نقاط رامسر، شهری در شمال ایران و واقع در استان مازندران، دارای بالاترین تراز پرتوی زمینه در جهان می باشند. طبق بررسی های انجام شده، دُز دریافتی برخی از مناطق رامسر به ویژه تالش محله چندین مرتبه بالاتر از حداکثر دُز مجاز پیشنهادی توسط ICRP برای پرتوکاران می باشد که این به علت وجود مقدار زیاد  $^{226}\text{Ra}$  حل شده در آب های زیرزمینی می باشد که از طریق چشمه های آب گرم به لایه های سطحی زمین راه می یابند.  $^{222}\text{Rn}$  نیز که دختر  $^{226}\text{Ra}$  می باشد، خود و دختران کوتاه عمرش گسیلنده ی آلفا هستند و از نظر بیولوژیکی در صورت ورود به بدن می توانند موجب پرتوگیری شدید شوند. پرتوهای با قدرت نفوذ بیشتر می توانند از سطح پوست بگذرند و به بافت های داخلی آسیب برسانند [Ghiassi-nejad., et al, 2002].

در طول سال ها، توجه خاص به اندازه گیری تراز پرتوی ناشی از مصالح ساختمانی صورت گرفته است و محققین بسیاری غلظت مواد پرتوزا و برون دمش گاز رادُن را در مصالح ساختمانی گوناگون نظیر خاک، بتون، شن، مرمر و گرانیت را اندازه گیری کرده اند. از جمله ی این کارها می توان به بررسی های انجام شده در کشورهای زیر اشاره کرد.

کانادا: [Chen., et al, 2010]، کامرون: [Ngachin., et al, 2008]؛

ترکیه: [Turhan ., et al, 2008& Damla., et al, 2009]؛

نیجریه: [Farai & Isinkaye, 2009]، برزیل: [Veiga., et al, 2006]؛

چین: [Xinwei., et al, 2006 & Xinwei, 2004]؛

عربستان: [Al-Jarallah., et al, 2005& Al-Jarallah, 2001& Al-Jarallah., et al, 2001]؛

و پاکستان: [Matiullah Ahad., et al, 2004 & Iqba., et al, 2000].

در این پروژه مصالح ساختمانی استفاده شده در رامسر مورد بررسی قرار گرفته است. مصالح به دو دسته ی شهری و محلی تقسیم بندی شده اند. مصالح شهری از سایر نقاط ایران وارد رامسر می شوند و در ساختمان سازی ها به کار می روند و مصالح محلی آن دسته از مصالحی هستند که از نقاط مختلف رامسر تهیه شده اند به عنوان مثال سنگ ها و کلوخ هایی که در اطراف چشمه های آب گرم بودند واز آن ها به عنوان زیر بنا استفاده کرده اند. برون دمش گاز رادن به کمک دستگاه آلفاگارد اندازه گیری شده و موجودی ویژه هسته های پرتوزا نیز به کمک آشکارساز HPGe مورد سنجش قرار گرفته است. سنجش های اشاره شده در بخش محیطی مدیریت حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی ایران صورت گرفته است.

در فصل اول این پایان نامه به بیان پرتوزایی و کمیت هایی که در سنجش پرتو گیری به کار می روند اشاره شده است. در فصل دوم به ویژگی های منطقه ی مطالعاتی پرداخته ایم. از آنجایی که موجودی مواد پرتوزا در مصالح ساختمانی از طریق اسپکترومتری گاما تعیین گردیده در فصل سوم در مورد آشکارسازی پرتو گاما صحبت شده است. در فصل چهارم به رادن، منابع آن، راههای ورود آن به داخل ساختمان و پرتوگیری افراد از آن پرداخته شده است. در فصل پنجم اساساً به توضیح در مورد دستگاه آلفاگارد که برای سنجش برون دمش رادن استفاده شده پرداخته ایم. فصل ششم به طور مفصل به روش های تجربی این پروژه اختصاص یافته است. و نهایتاً فصل داده های تجربی و بحث و نتیجه گیری فصل های انتهایی این پایان نامه را تشکیل می دهند.



## ۱-۱- پرتوزایی

یک "ویژه هسته" یا "نوکلید" به گونه‌ی معینی از هسته‌ی اتم اتلاق می‌شود که دارای تعداد مشخصی پروتون و نوترون باشد. مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها عدد جرمی نوکلید را تعیین می‌کند. نوکلیدها می‌توانند پایدار یا ناپایدار باشند. نوع ناپایدار (که هسته‌ی پرتوزا یا رادیونوکلید نامیده می‌شود) به هسته‌ی پایدار یا ناپایدار دیگری با تراز جرم و انرژی کوچک‌تر فرو می‌پاشد و تفاوت فیما بین به صورت انرژی پرتو حاصل گسیل می‌شود.

پرتوزایی یا رادیواکتیویته گویای گسیل ذرات زیر-اتمی و یا تابش‌های پربسامد الکترومغناطیسی توسط رادیونوکلیدها می‌باشد. مواد رادیواکتیو می‌توانند شامل یک یا چندین رادیونوکلید باشند [Tykava & Berg, 2004].

به طور کلی منابع پرتوزای محیطی شامل هسته‌های پرتوزای طبیعی و مصنوعی می‌باشند. در ادامه به شرح و توصیف این منابع می‌پردازیم.

## ۱-۲- پرتوزایی محیطی

پرتوهای یونساز از چشمه‌های مختلفی گسیل می‌شوند که یا به صورت طبیعی از دیرباز وجود داشته‌اند و یا مصنوعی و ساخته دست بشر می‌باشند.

### ۱-۲-۱- پرتوی زمینه (Background)

پرتوی زمینه به شدت گامای محیطی اتلاق می‌شود که از مواد پرتوزای طبیعی یا مصنوعی موجود در زمین و یا از واکنش‌های ثانویه کیهانی سرچشمه می‌گیرند. بر اساس یک استاندارد جهانی سنجش این پرتوها در ارتفاع یک متری از سطح زمین صورت می‌گیرد. این استاندارد جهانی علاوه بر اینکه امکان مقایسه‌ای داده‌های ثبت شده در نقاط مختلف جهان را فراهم می‌سازد بر اساس میانگین موضع بدن انسان از سطح زمین انتخاب شده است [Leo, 1987].

### ۱-۲-۲- منابع پرتوزای طبیعی

منابع پرتوزای طبیعی به دو دسته‌ی هسته‌های پرتوزای اولیه و پرتوها و هسته‌های پرتوزای کیهانی تقسیم می‌گردند.

### ۱-۲-۲-۱- هسته‌های پرتوزای اولیه

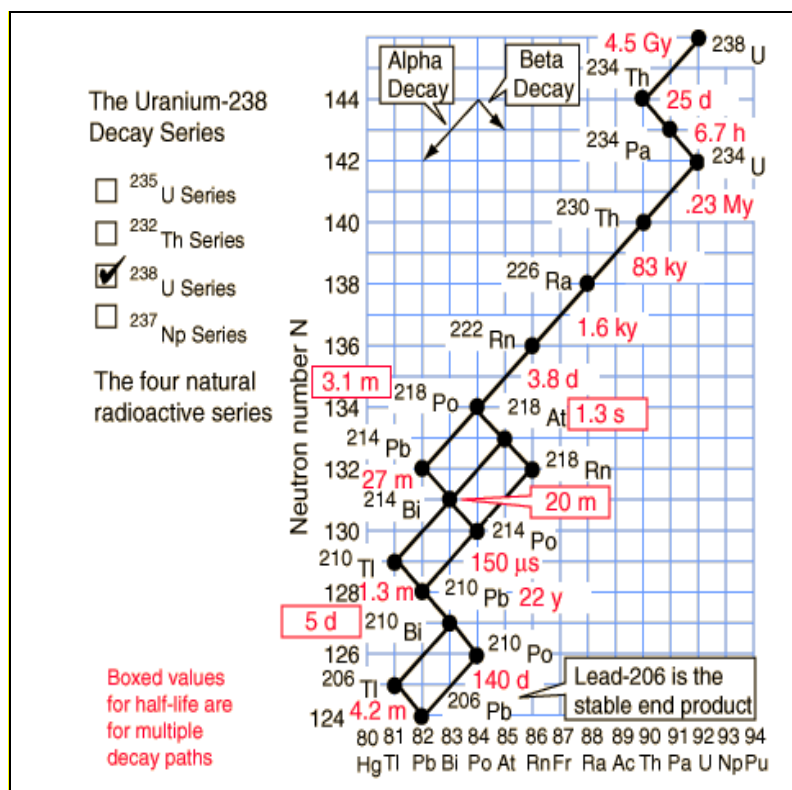
این دسته از مواد پرتوزا، خود به دو صورت هسته‌های پرتوزای زنجیره‌ای و منفرد طبقه‌بندی شده‌اند:

- هسته های پرتوزای منفرد: مهمترین هسته های پرتوزای طبیعی منفرد که سهم قابل توجهی در پرتوگیری انسان دارند عبارتند از:  $^{40}\text{K}$ ،  $^{87}\text{Rb}$ ،  $^{235}\text{U}$ .

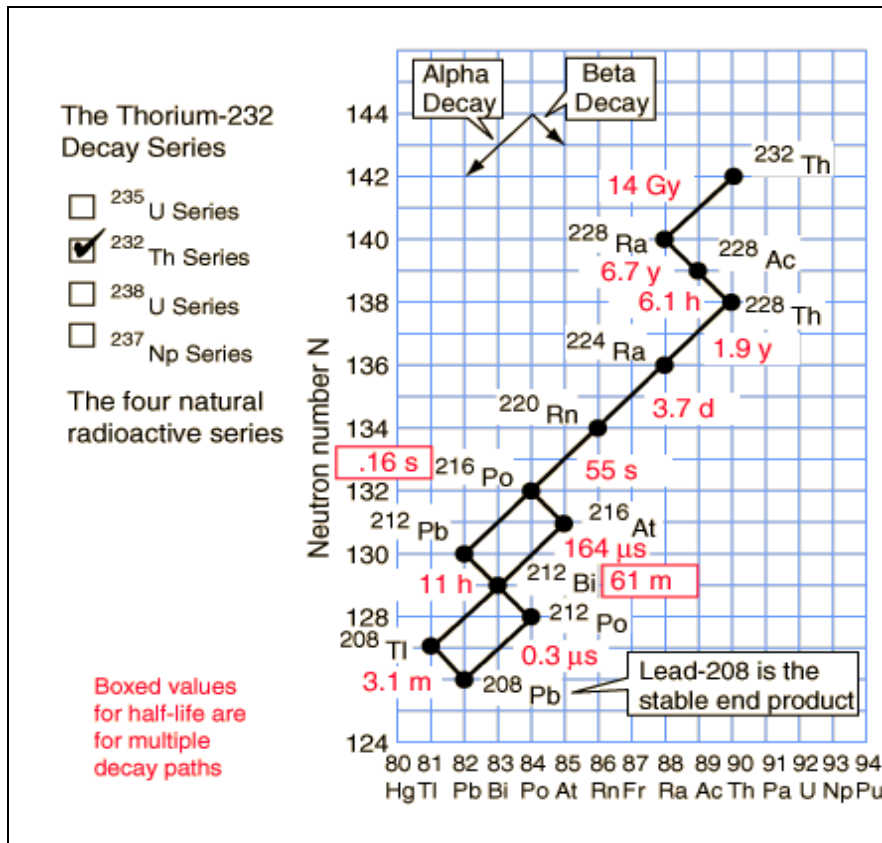
سایر هسته های پرتوزای منفرد در طبیعت بسیار ناچیز هستند و بدین لحاظ حائز اهمیت نمی باشند.

- هسته های پرتوزای زنجیره ای: دو زنجیره واپاشی مهم هسته های پرتوزای اولیه و وابسته به تشکیل زمین عبارتند از:  $^{238}\text{U}$  و  $^{232}\text{Th}$ . زنجیره ی سوم،  $^{235}\text{U}$  یا سری اکتینیوم می باشد که از درصد فراوانی نا چیزی برخوردار است. چهارمین زنجیره ی واپاشی، سری نپتونیم است که اعضای این سری به دلیل کوتاه بودن نیمه عمر آنها در مقایسه با عمر زمین، در طبیعت یافت نمی شوند. چنانچه هسته های پرتوزای تولید شده در این زنجیره ها، درون یک بلور بدون آسیب دیدگی یا به طور کلی بدون هوازدگی باقی بمانند، کلیه هسته های پرتوزای هر یک از این زنجیره ها در حالت تعادل پرتوزائی پایدار به سر می برند. به عبارت دیگر میزان پرتوزائی کلیه ی هسته های پرتوزای تولید شده در هر زنجیره برابر می باشد.

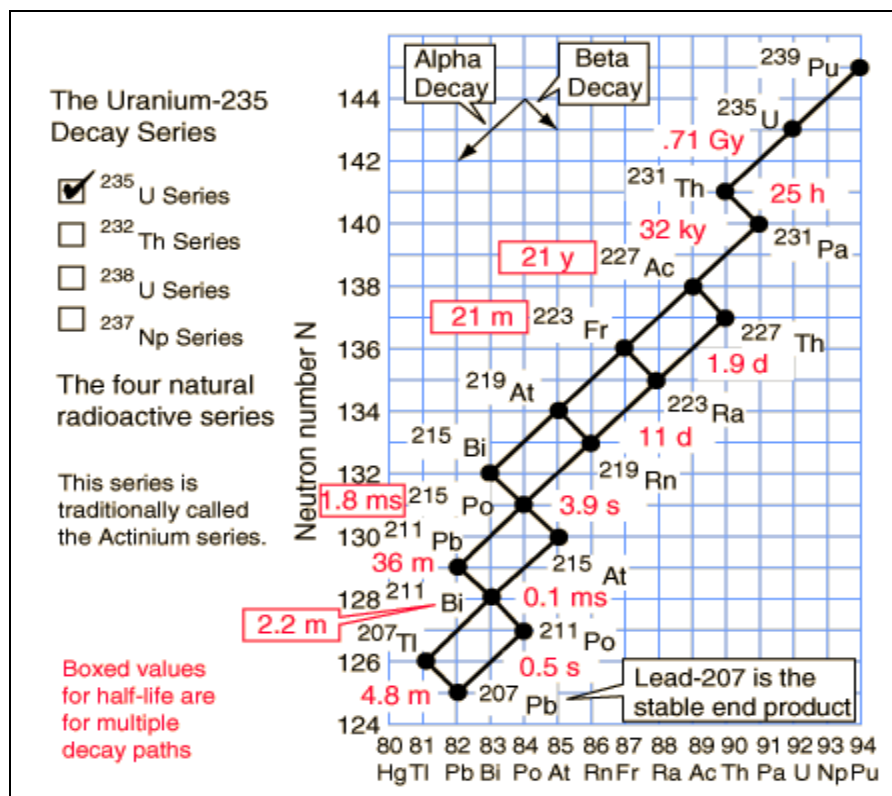
شکل های (۱-۱)، (۲-۱)، (۳-۱) و (۴-۱) زنجیره های مختلف از هسته های پرتوزای وابسته به تشکیل زمین و یا اولیه را نشان می دهند.



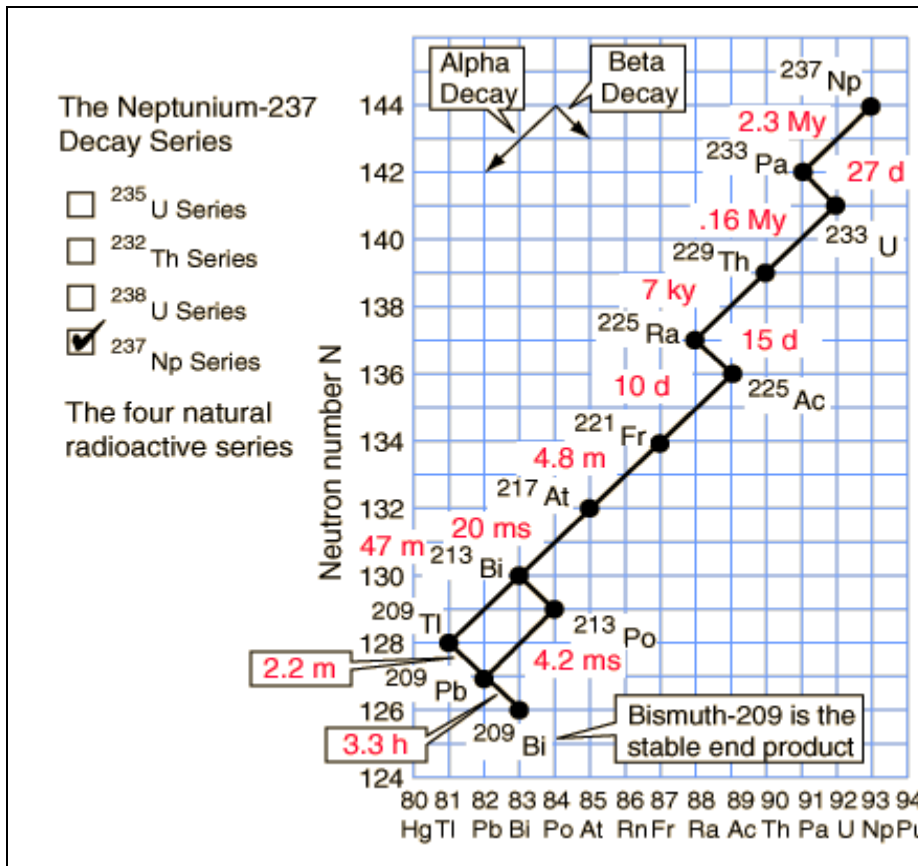
شکل (۱-۱): سری واپاشی  $^{238}\text{U}$  [http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu]



شکل (۲-۱): سری واپاشی  $^{232}\text{Th}$  [http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu...]



شکل (۳-۱): سری واپاشی  $^{235}\text{U}$  [http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu...]



شکل (۴-۱): سری واپاشی  $^{237}\text{Np}$  [ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu...> ]

#### ۱-۲-۲- پرتوها و هسته های پرتوزای کیهانی

پرتو های اولیه با انرژی بالا که از فضای کیهانشانه به جو زمین یا اتمسفر وارد می شوند، اساساً شامل پروتون ها و در حدود ۱۰ درصد  $^4\text{He}$  می باشند. این ذرات طی برخوردهای آبشارگونه با هسته های موجود در خلال از دست دادن انرژی به ازای طی مسافت در کیهانشان ها و اتمسفر به پروتون ها و نوترون ها و سپس به میون ها تبدیل می شوند (پرتو های کیهانی ثانویه). پرتوهای کیهانی ثانویه نیز ضمن برخورد و برهمکنش با هسته های موجود در هوا، آب و خاک، هسته های پرتوزا تولید می کنند که این هسته ها پس از ورود به دستگاه تنفسی و سیستم گوارشی باعث پرتوگیری انسان می شوند.

مهمترین هسته های کیهان را عبارتند از:  $^3\text{He}$ ،  $^7\text{Be}$ ،  $^{14}\text{C}$ ،  $^{22}\text{Na}$ . میزان پرتوگیری ناشی از پرتوهای کیهانی با افزایش ارتفاع از سطح دریاها افزایش می یابد و به ازای هر ۱۵۰۰ متر ارتفاع از سطح دریاها تقریباً دو برابر می شود. به علاوه، پرتوگیری در منطقه استوا قدری کمتر از مناطق با عرض جغرافیایی بالاتراست [ گیائی نژاد و کاتوزی، ۱۳۷۹ ].