



## تعیین ضریب انتقال مواد پرتوزا از رسوب به گیاه نی در محل ورودی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر

### اراک به تالاب بین‌المللی میقان

پورایمانی، رضا\* - فرداد، رامین

ایران، اراک، دانشگاه اراک، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

#### چکیده:

هسته‌های پرتوزای طبیعی و مصنوعی در خاک و آب، وجود دارند و از طریق ریشه به همراه آب و مواد غذایی جذب گیاهان می‌گردند. گیاهان بسته به نوع و گونه، استعداد‌های متفاوتی در جذب هسته‌های پرتوزا دارند و تعیین ضریب انتقال برای آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش میزان پرتوزایی ده نمونه رسوب و ده نمونه نی روییده شده در محل ورودی فاضلاب شهر اراک به تالاب بین‌المللی میقان، با استفاده از آشکار ساز فوق‌خالص ژرمانیومی اندازه‌گیری و ضریب انتقال مواد پرتوزا از رسوب به گیاه نی محاسبه شده است.

کلمات کلیدی: هسته پرتوزا، آشکار ساز HPGe، ضریب انتقال، رسوب، نی

## Determination of Transfer Factor of Radionuclides from Sediment to Reed at the Entrance from Arak Wastewater Plant to International Meyghan Wetlands

Pourimani, Reza\*; Fardad, Ramin

Department of Physics, Faculty of Science, Arak University, Arak, Iran

#### Abstract:

Natural and artificial radionuclides exist in soil and water and are absorbed by plants with root with water and food. Plants, depending on the type and species, have different talents in the absorption of radioactive nuclei, and determining the transfer factor for them is of particular importance. In this study, specific activities of radionuclides have been measured in ten sediments and ten reeds samples, collected from the entrance to the Arak wastewater treatment plant in the international Megan wetlands, using a super pure germanium detector and a transfer factor of radionuclides from the sediment to the reed has been calculated.

Keywords: Radionuclide, HPGe detector, Transfer Factor, Sediment, Reed

#### مقدمه:

تابش‌های یون‌ساز، عناصر جدایی‌ناپذیر طبیعتند. اکثر این پرتوها ناشی از پرتوزایی طبیعی و مصنوعی حاصل از فرایندهای بشری می‌باشند. هسته‌های پرتوزای طبیعی موجود در پوسته زمین شامل سری‌های واپاشان  $^{238}\text{U}$ ،  $^{235}\text{U}$  و  $^{232}\text{Th}$  و دختران پرتوزای آن‌ها و ویژه‌هسته‌های پرتوزای منفرد  $^4\text{K}$  هستند [۱]. این ویژه‌هسته‌ها از ابتدای شکل‌گیری



زمین همواره وجود داشته و بسته به نوع سنگ، رسوب و یا منطقه جغرافیایی، مقادیر متفاوتی از خود نشان داده‌اند [۲]. مقدار میانگین اورانیوم در پوسته زمین در حالت طبیعی  $2.7 \text{mgkg}^{-1}$  تخمین زده شده است [۳]. در مورد توریم این مقدار  $9.7 \text{mgkg}^{-1}$  برآورد گردیده است [۴]. مقدار پتاسیم نیز به عنوان هشتمین عنصر از نظر فراوانی در پوسته زمین  $2.8\%$  اندازه‌گیری شده است [۵]. امروزه در نتیجه فعالیت‌های بشری و سوانح هسته‌ای مقدار پرتوزایی محیطی دچار تغییر می‌گردد. فاضلاب بنابر ماهیت خود می‌تواند شامل آلاینده‌های صنعتی، شیمیایی و رادیواکتیو باشد. سازمان آب و فاضلاب شهر اراک پس از جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهری، پساب آن را به تالاب میقان هدایت می‌کند. ورود آب شیرین به این ناحیه باعث کم شدن شوری خاک گردیده که به همراه سایر عوامل محیطی، شرایط مناسبی را برای رشد نی در آن منطقه به وجود آورده است. از آنجا که امکان دارد در آینده از این آب جهت مصارف صنعتی و کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد میزان آلاینده‌های رسوبات و نی‌های روئیده‌شده در آن محل و همچنین میزان انتقال این مواد از رسوب به گیاه نی اهمیت زیادی دارد و به این دلیل مورد بررسی قرار گرفته است. تالاب بین‌المللی میقان دارای اهمیت جهانی است و تغییرات در آن باعث تغییرات در زیست بوم منطقه می‌گردد. نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان مرجع مورد استفاده‌های بعدی و یا پژوهشگران دیگر قرار گیرد.

### روش کار:

تالاب بین‌المللی میقان در ۱۵ کیلومتری شمال شرق اراک و به ترتیب در مختصات طول و عرض جغرافیایی  $49/826119$  و  $34/142065$  درجه شرقی و شمالی واقع گردیده است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محل نمونه‌برداری نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه در تالاب میقان



در این پژوهش ۱۰ نمونه رسوب از قسمت‌های مختلف ورودی پساب و از سطح تا عمق ۱۰cm به روش نمونه‌برداری تصادفی و ۱۰ نمونه ساقه و برگ نی‌های روئیده در آن نواحی برداشت شد. پس از انتقال به کارگاه نمونه‌سازی دانشگاه اراک تحت دمای ۱۰۰°C و به مدت ۶ ساعت به منظور از دست رفتن رطوبت احتمالی، در کوره قرار داده شدند. پس از خشک شدن با استفاده از آسیاب کاملاً پودر کرده از مش ۴۰ عبور داده تا به صورت همگن درآید. نمونه‌های ۲۵۰ گرمی رسوب در ظروف استاندارد نگین و نمونه‌های ۳۳۰ گرمی نی در ظروف استاندارد مارینلی بیکر<sup>۱</sup> بسته‌بندی گردیدند. به منظور جلوگیری از خروج گاز رادن و برقراری تعادل بین هسته‌های <sup>۲۲۲</sup>Rn-<sup>۲۲۶</sup>Ra کاملاً آب‌بندی شدند و پس از گذشت ۵۰ روز از آن‌ها طیف‌گیری به عمل آمد. طیف‌گیری با استفاده از آشکارساز فوق‌خالص ژرمانیومی (HPGe) هم‌محور نوع P مدل GCD-30195BSI ساخت شرکت BSI با قدرت تفکیک انرژی ۱/۹۵keV برای خط گامای ۱۳۳۲/۵۲keV مربوط به <sup>۶۰</sup>Co و ولتاژ کاری ۳۰۰۰V ثبت شده است. کالیبراسیون انرژی و بازدهی طیف‌سنجی گاما با چشمه استاندارد مخلوط حاوی رادیونوکلئیدهای <sup>۱۳۷</sup>Cs، <sup>۱۵۲</sup>Eu و <sup>۲۴۱</sup>Am با اکتیویته مشخص انجام می‌شود. نرم‌افزار مورد استفاده جهت طیف‌گیری، IsrmBSI می‌باشد و برای تجزیه و تحلیل طیف‌های ثبت شده از نرم‌افزار Maestro II Gamma Vision 32 محصول شرکت EG&G Ortec استفاده شده است. آشکارساز در یک حفاظ سربی به ضخامت ۱۰cm با یک لایه درونی مسی به ضخامت ۲mm قرار داده شده که پرتوهای نرم کیهانی شامل فوتون‌های کم‌انرژی و الکترون‌ها را به سطح بسیار پایینی تقلیل دهد [۶]. بازدهی مطلق آشکارساز با استفاده از رابطه‌ی ۱ محاسبه می‌شود.

$$\varepsilon(\%) = \frac{N_i}{\text{Act} \times P_n(E_i) \times T} \quad (1)$$

در این رابطه  $N_i$  شمارش خالص زیر قله فوتوپیک متناظر با انرژی  $E_i$ ،  $\text{Act}$  فعالیت ویژه‌هسته‌های پرتوزای موجود در ظرف استاندارد برحسب Bq،  $P_n(E_i)$  احتمال انتشار فوتون گاما با انرژی  $E_i$  به‌ازای هر واپاشی برحسب درصد و  $T$  زمان طیف‌گیری از نمونه برحسب ثانیه می‌باشد [۷]. برای محاسبه فعالیت ویژه از رابطه‌ی ۲ استفاده شده است.

$$\text{Act} = \frac{\text{Net Area}}{\varepsilon \times B.R(\%) \times t \times m} \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه  $\text{Act}$  فعالیت نمونه برحسب  $\text{Bqkg}^{-1}$ ،  $\text{Net Area}$  سطح زیر پیک تمام انرژی متناظر با انرژی خاص،  $\varepsilon$  بازدهی آشکارساز در آن انرژی،  $B.R$  نسبت انشعابی<sup>۲</sup> برای گسیل اشعه گاما با انرژی  $E_i$  به‌ازای هر واپاشی برحسب درصد،  $t$  زمان

<sup>۱</sup>Marinelli beaker

<sup>۲</sup>Branching ratio



طیف‌سنجی از نمونه برحسب ثانیه و  $m$  جرم نمونه برحسب کیلوگرم می‌باشد [۸]. برای تعیین ویژه فعالیت  $^{226}\text{Ra}$  در نمونه‌ها، از پرتو گامای  $^{214}\text{Pb}$  با انرژی  $351/93\text{keV}$  و پرتو گامای  $^{214}\text{Bi}$  با انرژی  $609/31\text{keV}$  و برای تعیین ویژه فعالیت  $^{232}\text{Th}$  از دو خط گامای  $^{228}\text{Ac}$ ، یکی با انرژی  $911/21\text{keV}$  و احتمال واپاشی  $26/6\%$  و دیگری با انرژی  $968/97\text{keV}$  و احتمال واپاشی  $17/4\%$  استفاده شده است. ویژه فعالیت  $^{40}\text{K}$  از خط گامای همان هسته با انرژی  $1460/70\text{keV}$  تعیین گردیده است [۸]. مقدار میانگین جهانی ویژه فعالیت رادیوم، توریم و پتاسیم به ترتیب برابر با  $35$ ،  $40$  و  $400$  برحسب  $\text{Bqkg}^{-1}$  می‌باشد [۹].

خاک، منبعی غنی از مواد معدنی و رادیوکتیو به حساب می‌آید. گیاهان به واسطه ریشه و آوند مواد معدنی مورد نیاز برای رشد خود را از خاک گرفته و جهت فوتوسنتز به برگ‌های خود منتقل می‌کنند. گیاهان، به دلیل ساختار مشابه برخی مواد رادیوکتیو با مواد معدنی، هر دو نوع را جذب کرده ولی توان تجزیه برخی مواد پرتوزا و غیرپرتوزا را ندارند لذا در گیاه انباشته می‌شوند و آنرا آلوده می‌کنند. با استفاده از رابطه ۳ می‌توان ضریب انتقال این مواد پرتوزا از خاک به گیاه را اندازه‌گیری نمود [۱۰].

$$\text{ضریب انتقال} = \frac{(\text{Bqkg}^{-1}) \text{ فعالیت ویژه هسته پرتوزا در گیاه}}{(\text{Bqkg}^{-1}) \text{ فعالیت ویژه هسته پرتوزا در رسوب}} \quad (3)$$

### نتایج:

نتایج اندازه‌گیری ویژه فعالیت عناصر پرتوزا برای نمونه‌های رسوب در جدول شماره (۱) و برای نمونه‌های نی در جدول شماره (۲) درج شده است. برای نمونه‌هایی که فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا کمتر از حد قابلیت آشکارسازی دستگاه بوده است در جداول با علامت  $<$  نشان داده شده است و مقدار حداقل فعالیت آشکارسازی درج شده است.



جدول (۱) فعالیت ویژه عناصر پرتوزا برای نمونه‌های رسوب

$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	کد نمونه‌ها
$22/15 \pm 2/02$	$22/78 \pm 2/23$	$0/70 \pm 0/16$	$439/47 \pm 11/58$	1IrMS1
$22/32 \pm 1/50$	$22/79 \pm 2/06$	$< 1/50$	$432/53 \pm 11/42$	IrMS2
$26/58 \pm 2/55$	$24/14 \pm 2/05$	$< 1/35$	$382/81 \pm 10/70$	IrMS3
$24/05 \pm 2/36$	$32/00 \pm 1/90$	$6/35 \pm 0/52$	$411/62 \pm 11/15$	IrMS4
$24/80 \pm 2/55$	$30/50 \pm 1/93$	$8/53 \pm 0/54$	$417/32 \pm 11/11$	IrMS5
$24/88 \pm 2/25$	$33/23 \pm 2/90$	$5/40 \pm 0/51$	$383/77 \pm 10/65$	IrMS6
$24/11 \pm 2/00$	$23/2 \pm 80/35$	$9/60 \pm 0/55$	$394/07 \pm 10/76$	IrMS7
$14/45 \pm 1/21$	$25/15 \pm 1/50$	$8/90 \pm 0/37$	$447/79 \pm 10/53$	IrMS8
$22/77 \pm 1/70$	$34/57 \pm 1/92$	$8/07 \pm 0/54$	$420/18 \pm 11/13$	IrMS9
$22/54 \pm 1/15$	$23/65 \pm 1/30$	$13/05 \pm 0/40$	$360/84 \pm 8/70$	IrMS10

جدول (۲) فعالیت ویژه عناصر پرتوزا برای نمونه‌های نی

$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	کد نمونه‌ها
$< 5/27$	$1/28$	$< 2/58$	$< 13/76$	IrMR1
$< 9/74$	$< 1/10$	$< 4/16$	$94/86 \pm 3/37$	IrMR2
$< 7/87$	$< 1/83$	$< 3/70$	$< 9/55$	IrMR3
$< 6/34$	$< 0/62$	$< 3/62$	$< 6/08$	IrMR4
$< 2/42$	$< 4/80$	$< 0/91$	$127/03 \pm 3/80$	IrMR5
$< 2/67$	$< 2/91$	$1/31 \pm 0/65$	$< 7/85$	IrMR6
$20/37 \pm 1/26$	$< 3/26$	$< 2/12$	$< 9/16$	IrMR7
$10/43 \pm 0/80$	$15/00 \pm 3/10$	$0/85 \pm 0/19$	$< 10/17$	IrMR8
$12/66 \pm 1/11$	$< 6/22$	$< 1/77$	$< 11/32$	IrMR9



۱۰/۲۳±۰/۹۱	۱۷/۹۲±۲/۵۵	<۱/۶۲	<۱۲/۸۱	IrMR10
------------	------------	-------	--------	--------

در ادامه با استفاده از رابطه ۳ ضریب انتقال مواد پرتوزا از رسوب محل نمونه برداری به نی‌های روئیده در آن ناحیه را محاسبه کرده که در جدول شماره (۳) ارائه شده است.

جدول (۳) ضریب انتقال مواد پرتوزا از رسوب به گیاه نی

کد نمونه‌ها	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$
IrMR1	—	—	—	—
IrMR2	۰/۲۲	—	—	—
IrMR3	—	—	—	—
IrMR4	—	—	—	—
IrMR5	۰/۳۰	—	—	—
IrMR6	—	۰/۲۴	—	—
IrMR7	—	—	—	۰/۸۴
IrMR8	—	۰/۰۹	۰/۵۹	۰/۷۲
IrMR9	—	—	—	۰/۵۵
IrMR10	—	—	۰/۷۵	۰/۴۵

### بحث و نتیجه گیری:

مقادیر به دست آمده برای ویژه فعالیت هسته‌های پرتوزای  $^{226}\text{Ra}$ ،  $^{232}\text{Th}$ ،  $^{40}\text{K}$  و  $^{137}\text{Cs}$  در نمونه‌های رسوب به ترتیب در محدوده ۱۴/۴۵ تا ۲۶/۵۸، ۲۲/۷۸ تا ۳۴/۵۷، ۳۶۰/۸۴ تا ۴۴۷/۷۹ و ۰/۷۰ تا ۱۳/۰۵ و در نمونه‌های نی به ترتیب  $< ۲/۴۲$  تا ۲۰/۳۷،  $< ۰/۶۲$  تا ۱۷/۹۲،  $< ۶/۰۸$  تا ۱۲۷/۰۳ و  $< ۰/۹۱$  تا ۱/۳۱ بر حسب  $\text{Bqkg}^{-1}$  می‌باشند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که رسوبات این ناحیه آلوده به ویژه هسته پرتوزای مصنوعی  $^{137}\text{Cs}$  است که بیانگر انتقال این آلودگی به واسطه جریانات جوی از خارج از مرزهای کشور می‌باشد. ضریب انتقال هسته‌های پرتوزا برای آن دسته از نمونه‌های نی که مواد پرتوزای آن‌ها بیشتر از حداقل قابلیت تشخیص دستگاه بود محاسبه شد که برای هسته‌های پرتوزای طبیعی بیشترین ضریب انتقال مربوط رادیوم در نمونه IrMR7 و برابر ۰/۸۴ می‌باشد. با توجه به اینکه نمونه S1 تا S10 به ترتیب فاصله آنها از دهانه ورودی زیاد می‌شود، نشان می‌دهد که در فواصل دورتر که سرعت آب کم می‌شود امکان انتقال



رادایوم به گیاه نی بیشتر می‌گردد در حالی که رادیوم در نقاط نزدیک به دهانه بیشتر رسوب می‌کند. در منطقه ورودی آب به تالاب به دلیل کاهش شوری خاک و وجود پتاسیم محلول در آب نیزارهای وسیعی در اطراف برکه‌های تشکیل شده، به وجود آمده است که میتواند منبع خوبی برای مطالعه انتقال آلودگی به گیاه نی باشد.

#### مراجع:

1. El-Taher A, Uosif M.A., Orabi A.A., 2007. Natural radioactivity levels and radiation hazard indices in granite from Aswan to Wadi El-Allaqi southeastern desert, Egyptian Radiation Protection Dosimetry, 124(2), 148-154
2. El-Arabi, A.M., 2007.  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  concentration in igneous rocks from eastern desert Egypt and its radiological implication. Radiation Measurement, 42, 94-100.
3. Singh P, Rana N, Azam A, Naqvi A, Srivastava D., 1996. Levels of uranium in waters from some Indian cities determined by fission track analysis. Radiation Measurements, 26(5), 683-687
4. UNSCEAR, 2000. Sources effects and risks of ionizing radiation, Report to the General Assembly, With Annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York, United Nations.
5. Wedepohl KH., 1995. The composition of the continental crust. Geochimica et Cosmochimica Acta, 59,1217-1239
6. Aziz A. Methods of Low-Level Counting and Spectrometry Symposium. Berlin, 1981; 221.
7. International Atomic Energy Agency. Collection and Preparation of bottom sediment sample for analysis of radionuclides an trace element. IAEA- TECDOC-1360, IAEA; VIENNA, 2003
8. Firestone B R, Shirley S V, Bagalin M C, Frank Chu SY, Zipkin J. The Edition of Table of isotopes, CD-ROM, John Wiley & Sons Inc
9. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). Sources and effects of ionizing radiation. Report to General Assembly with Scientific Annexes. New York, United Nation Publication; 2008.
10. Stojanović M., Stevanović D., Milojković J., Mihajlović M., Lopičić Z., Šoštarić, 2012. Influence of soil type and physical-chemical properties on uranium sorption and Bioavailability. Water Air Soil Pollution. 223,135-144.