J. of Nuclear Sci. and Tech. مجله علوم وفنون هسته‌اي

No. 29, pp. 47-54, 2003 شماره ۲۹، صفحات ٤٧- ٥٤، ۱۳۸۲

بررسي غلظت اورانيوم در آبهاي آشاميدني شيراز و ارزيابي دُز مؤثّر آن

حسن نادری*
معاونت نظام ایمنی هسته‌ای، سازمان انرژي اتمي ايران، صندوق پستي: ٤٤٩٤- ١٤١٥٥، تهران- ايران

چكيده: اورانيوم در اثر نفوذ مواد تەنشين شده در طبيعت، پسمانهاي حاصل از حفّاري، انتشار از طريق صنايع هسته‌اي، احتراق زغال‌سنگ و سوختهاي ديگر و مصرف كودهاي فسفاته حاوي اورانيوم به محيط زيست وارد مي‌شود. به همين ترتيب هم در آب آشاميدني نفوذ مي‌كند. براي تعيين غلظت اورانيوم در آبهاي آشاميدني شيراز، در اين تحقيق روش ليزر فلوريمتري با پايين‌ترين حدّ آشكارسازي ۰/۰٥ µg/l بكار رفته و از ليزر فلوريمتر نوع Scintrex مدل UA-3 استفاده شده است. تعداد ١٦ نمونه آب آشاميدني از نواحي مختلف شيراز گردآوري شده و مورد اندازه‌گيري قرار گرفته است. ميانگين نتايج بدست آمده از اندازه‌گيري غلظت كلّي اورانيوم آبهاي آشاميدني شيراز برابر با ۲/۷٦٥ µg/l است. ميانگين دُزهاي مؤثّر ساليانه دريافتي بزرگسالان، كودكان و نوزادان ناشي از پرتوزايي ^{۲۳۸}U در آبهاي آشاميدني در محدوده مجاز پرتوگيري برآورد شده است.

واژه هاي كليدي: *آب آشاميدني، اورانيوم، ليزر فلوريمتري، دُز مؤثّر*

A Survey of Uranium Concentration in Drinking Water of Shiraz and Assessment of Its Related Effective Dose

H. Naderi*
Nuclear Regulatory Authority, AEOI, P.O.Box: 14155 - 4494, Tehran - Iran

Abstract: Uranium is present in the environment as a result of leaching from natural deposits, release in mill tailings, emissions from the nuclear industry, the combustion of coal and other fuels, and the use of phosphate fertilizers that contain uranium. Thus, it is found in drinking water. In this research, A Laser Fluorimetry Method with a minimum detection limit 0.05 µg/l is applied with a laser fluorimeter of type Scintrex® UA-3. A total number of sixteen drinking water samples from different areas of Shiraz were collected. The average results of the total uranium concentration in Shiraz drinking water is equal to 2.765 µg/l. The average annual effective doses received by adults, children and infants from ^{238}U activity in drinking water are located in permissible level of exposure.

Keywords: ***drinking water, uranium, laser fluorimetry, effective dose***

تاريخ دريافت مقاله: ۱۳۸۲/۱/۲٤   تاريخ پذيرش مقاله: ۱۳۸۲/۸/۲٤
*email: hnaderi@aeoi.org.ir

۱- مقدمه

مواد پرتوزاي طبيعي عبارتند از: عناصر اوّليه‌اي كه در طول تشكيل پوستة زمين به وجود آمده اند، مواد پرتوزاي طبيعي كه محصول فروپاشي اين عناصر اوّليه‌اند، و مواد پرتوزايي كه در اتمسفر به وسيلة برهمكنشهاي اشعه كيهاني تشكيل شده‌اند. مهمترين مواد پرتوزاي موجود در كره خاكي عبارتند از:

پتاسيوم - ۴۰ (^{40}K)، اورانيوم - ۲۳۸ (^{238}U)، توريوم - ۲۳۲ (^{232}Th) و محصولات فروپاشي آنها كه در آب، خاك، غذا و بدن انسان يافت مي‌شوند [۱].

دو نوع فروپاشي پرتوزا در آب آشاميدني، كه براي سلامتي انسان بالاترين احتمال خطر را دارند، انتشاردهنده‌هاي بتا/گاما و آلفا مي‌باشند. مواد پرتوزايي كه در طبيعت يافت مي‌شوند معمولاً انتشاردهندة ذرّات آلفا مي‌باشند، امّا تعدادي از محصولات دختر آنها، كه نيمه عمر كوتاه‌تري دارند، ذرّات بتا منتشر مي‌كنند. راديوم، اورانيوم و پلوتونيوم ذرّات آلفا منتشر مي‌كنند [۲].

در بين عناصري كه به طور طبيعي در آبها و پوسته زمين يافت مي شوند، اورانيوم عنصري است كه بالاترين عدد اتمي را دارد. اورانيوم طبيعي دربرگيرنده سه ايزوتوپ اورانيوم - ۲۳۴، اورانيوم - ۲۳۵ و اورانيوم - ۲۳۸ است كه پرتوهاي آلفا و گاما منتشر مي‌سازند. اورانيوم طبيعي حاوي ۹۹/۲۷ درصد ^{238}U، ۰/۷۲ درصد ^{235}U و ۰/۰۰۶ درصد ^{234}U است [۳ و ۴].

متوسّط غلظت اورانيوم در پوسته زمين 4×10^{-4} است [۵]. اورانيوم در سنگهاي گرانيتي، زغال‌سنگ، سنگهاي دگرديسي[1]، شن‌زارهاي موناز‌يتي،كودهاي فسفاته همچنين در مواد معدني از جمله: Carnotit و Uranotit و Pitchblende (سنگ معدن اورانيوم) يافت مي‌شود [۶]. غلظت اورانيوم در صخره‌هاي فسفاته بيشتر از ۰/۱۲ mg/g مي‌تواند باشد [۷].

همچنين، ممكن است در پاره‌اي از موارد، در اثر فعّاليتهاي انسان، مانند حفّاري در معادن اورانيوم، منابع آب آشاميدني آلوده به اورانيوم شوند. در تعدادي از موارد، وجود اورانيوم در مواد ته نشين شده در حوضچه‌هاي تصفيه مورد استفاده در حفّاري معادن آشكار شده است [۳].

در يك بررسي كه بين سالهاي ۱۹۸۱ - ۱۹۸۰ در ايالت بريتيش كلمبياي كانادا در ۱۳ منطقه به عمل آمد، ميانگين غلظت اورانيوم در آبهاي سطحي و زيرزميني (در مورد ۵۱۹ نمونه) ۴/۰۶ µg/l گزارش شد [۸]. در بررسي ديگري كه بين سالهاي ۱۹۸۷- ۱۹۸۴ در Manitoba توسّط اداره حفاظت در برابر اشعه كانادا به عمل آمد، ميزان تغييرات غلظت اورانيوم از كمتر از حدّ آشكارسازي (۵µg/l) تا ۹۶ µg/l بود و در ۴۵ درصد نمونه‌هايي كه غلظت آنها از حدّ آشكارسازي بيشتر بود ميانگين غلظت برابر با ۱۶/۱ µg/l بود [۹ و۱۰]. اورانيوم با غلظتهايي در حدود ۷۰۰µg/l در تعدادي از منابع آب زيرزميني كانادا يافت شده است [۱۱]. اين منابع ممكن است در تماس با آب آشاميدني باشند. بنابراين، انتظار مي‌رود كه اورانيوم در تعدادي از منابع آب آشاميدني وارد شود.

اورانيوم به وسيلة كودهاي فسفاته و پسمانهاي فسفات حاصل از حفّاري معادن ممكن است به محيط زيست وارد شود. متوسّط غلظت اورانيوم در كود، حدود ۱۰۰µg/g يا ۶۷ pCi/g است (۱µg اورانيوم طبيعي در حالت تعادل، معادل با ۰/۶۷ pCi است).

اثرهاي شيميايي اورانيوم موجود در آب آشاميدني زيان‌بارتر از پرتوزايي آن است. بررسي‌ها نشان مي‌دهند كه وجود اورانيوم با غلظتهاي بالا در آب آشاميدني ممكن است بر كُليه‌ها تأثيرگذار باشد. التهاب كُليه‌ها از نخستين اثرهاي شيميايي اورانيوم بر انسان و حيوان است [۱۲]. اطلاعات اندكي دربارة اثرهاي مزمن پرتوگيري

ناشي از اورانيوم موجود در محيط زيست بر انسانها در دسترس است. در مطالعات كلينيكي انجام گرفته در Nova Scotia (كانادا) بر روي ٣٢٤ نفر از افرادي كه در معرض تابش مقادير متغيّري از اورانيوم موجود در آب آشاميدني (تا ٠/٧ mg/l) كه از چاههاي آب خصوصي تأمين مي‌شد قرار داشتند، ارتباطي ميان امراض آشكار كليوي و تابش ناشي از اورانيوم پيدا نشد [١٠ و ١١و ١٢].

٢- محاسبه دُز مؤثّر در آب آشاميدني

دُز مؤثّر ساليانه ناشي از مواد پرتوزاي حاصل از مصرف آب آشاميدني از رابطه زير حساب مي‌شود:

(١)

$$\underset{(\text{mSv/year})}{\text{Annual Dose}} = \underset{(\text{mSv/Bq})}{\text{Dose per unit intake}} \times \underset{(\text{Litre/year})}{\text{Annual water consumption}} \times \underset{(\text{Bq/L})}{\text{Radionuclide concentration}}$$

در محاسبات مربوط به دُز مؤثّر، فرض مي‌شود كه حجم آب مصرفي براي بزرگسالان، كودكان و نوزادان به ترتيب برابر با ٥٠٠، ٣٥٠، ١٥٠ ليتر در سال باشد [١٣].

بر طبق استاندارد آژانس حفاظت محيط زيست آمريكا، (USEPA)[٢]، بيشترين غلظت مجاز (MCL)[٣] اورانيوم در آب آشاميدني ٣٠ μg/l است [١٤].

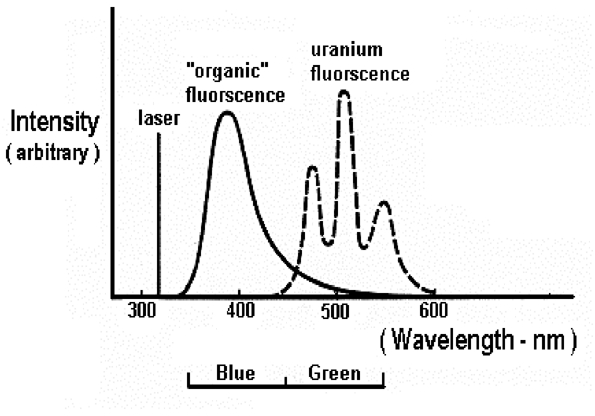
٢-١ نمونه برداري

براي نمونه برداری از ظرفهاي پلي اتيلن چهار ليتري استفاده شد. جنس ظروف نمونه برداري بايد از موادي باشد كه از آنها هيچگونه آلودگي وارد نمونه‌ها نشود (گازهايي مانند CO_2 از ظروف پلاستيكي در نمونة مضروف نفوذ مي كنند و باعث تغييراتي در pH آن مي‌شوند). همچنين، ٢٠ ml اسيد نيتريك به نمونه اضافه شده تا pH آن در زير ٢ تنظيم گردد. اين عمل از چسبيدن راديونوكلئيدهاي موجود در نمونه به ديواره ظرف جلوگيري مي‌كند [١٥].

٣- روش كار

دستگاه تحليلگر اورانيوم مدل UA-3، وسيله‌اي نورابرقي[٤] است كه براي اندازه‌گيري اورانيوم طبيعي محلول در آبهاي سطحي، مانند آب درياها، درياچه‌ها و رودخانه‌ها، يا آبهاي زيرزميني مانند چشمه‌ها و چاهها بكار مي‌رود. اندازه‌گيري با اين دستگاه براساس خاصيت فلورسانس حاصل از همتافت[٥] اورانيل با افزودن يك معرّف به نمونه در مدّت تجزيه و تحليل است. بيشتر آبهاي سطحي هنگامي كه در معرض تابش ليزر نيتروژن با طول موج ٣٧٣ نانومتر قرار مي‌گيرند، فلورسانس آبي رنگ شديدي از خود نشان مي‌دهند كه بيشينة شدّت آن در حدود طول موج ٤٠٠ انگستروم است (شكل ١). اين طول موج تابشي به وسيلة صافي سبز رنگي از فلورسانس حاصل از اورانيوم جدا مي‌شود (شكل ٣)، ولي طول موج بلندتري انتقال داده مي‌شود كه ممكن است به صورت يك مزاحم مهمّ پديدار گردد. اين مزاحم را مي‌توان با استفاده از اختلاف در "زمانهاي حيات"[٦] فلورسانس‌هاي اورانيل و تركيبات آلي موجود در محلول، تا اندازة قابل ملاحظه‌اي كاهش داد.

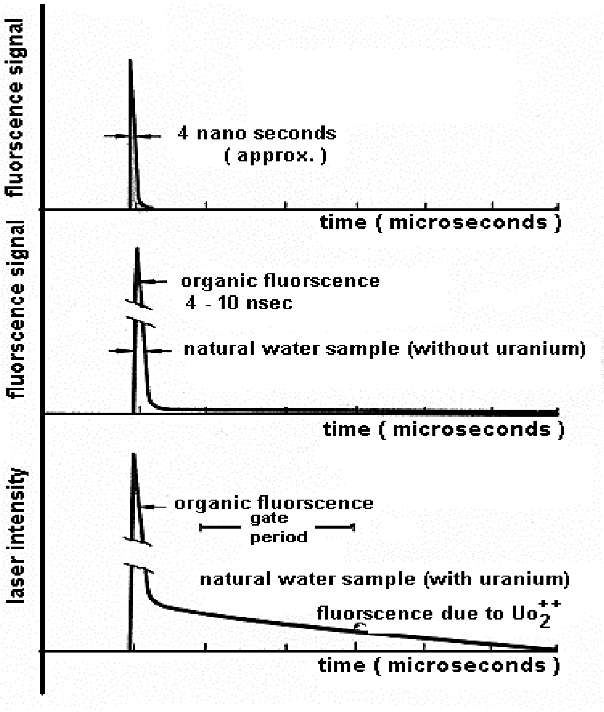
مادّة فلورسانس، تحت شرايط تحريك مداوم و پيوسته،



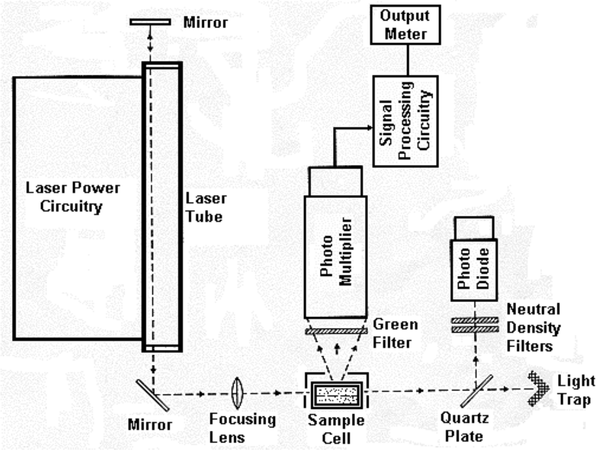
شكل ١- شدّت و طول موج مربوط به خاصيت فلورسانس حاصل از اورانيوم و مادّه آلي [١٦]

لومينساس پيوسته‌اي از خود منتشر مي‌سازد. اگر اين تحريك به طور ناگهاني خاتمه يابد، خاصيت لومينسانس فوراً از بين نمي‌رود، بلكه در مدّت زمان محدودي ادامه مي‌يابد. فلورسانس‌هاي حاصل از بيشتر مولكولهاي آلي به سرعت خاموش مي‌شوند و "زمان حيات" آنها به ندرت از چند نانوثانيه تجاوز مي‌كند. امّا فلورسانس يون‌هاي اورانيل رقيق شده، تمايل به زمان نسبتاً بلند با زمانهاي حيات چند ده ميكروثانيه دارد (شكل۲).

در روش بكار رفته، تحريك فرابنفش حاصل از ليزر نيتروژن



شكل ۲- زمان حيات فلورسانس اورانيوم و ماده آلي [۱۶]



شكل ۳- طرح عملكرد سيستم تحليل گر اورانيوم UA-3

خيلي شديد مي‌باشد، ولي پالس آن داراي عمر كوتاه است (Sec ۳-۴×۱۰$^{-9}$). هنگامي كه ليزر بكار افتاد، بعد از توقّف فلورسانس تركيبات آلي، علامتهاي تأخيري حاصل از "كاتد تكثير فوتون" به وسيلة سيستم الكترونيكي جمع آوري مي‌شوند. اين پاسخدهي (حساسيّت) تقريباً به طور كامل مربوط به فلورسانس اورانيوم است.

در مرحلة انجام آزمايش، به ml ۵۰ از نمونه آب مقدار gr ۲ پودر $K_2S_2O_8$ اضافه كرده و نمونه را تا هنگام تشكيل يافتن رسوب خشك سفيد رنگ در ته بشر حرارت داده‌ايم. سپس بشر را روي چراغ بونزن گرفته‌ايم تا هرگونه مادّه آلي موجود در رسوب تبخير و از آن خارج شود. بدين ترتيب رسوب همگني در ته بشر باقي مي‌ماند. با اضافه كردن ml ۴۰ آب مقطر، دوباره اين رسوب را كمي حرارت داده و حل كرده‌ايم (مرحله رقيق‌سازي). با افزودن چند قطره محلول هيدروكسيد ۱۰ نرمال، pH محلول را به ۱۱- ۱۰ رسانده‌ايم. pH محلول را به وسيلة نمايشگر ديجيتال pH تنظيم كرده‌ايم. در اين موقع محلول ۱۰% HNO_3 را به تدريج افزوده‌ايم تا اينكه pH محلول به ۳ تا ۴ برسد.

۳-۱ تهيّه محلول استاندارد

μl ۱۰۰ از محلول ppm ۱۰ نيترات اورانيل $[UO_2(NO_3)_2\ 6H_2O]$ را به ml ۱ اسيدنيتريك ۰/۰۵% اضافه كرده و حجم آن را به ml ۱۰ رسانده‌ايم. به عبارت ديگر غلظت محلول را از ppm ۱۰ به ppb ۱۰۰ رسانيده‌ايم.

سپس، ml ۶ از نمونه آماده شده را درون سلولي از جنس كوارتز ريخته، معرّف فلوران را به آن افزوده‌ايم. فلوران، حاوي محلول بافري است كه pH محلول را در مدّت اندازه‌گيري در عدد هفت ثابت نگه

مي‌دارد. اين امر باعث مي‌شود تا هم اثرهاي تضعيفي[۷] مواد مزاحم[۸] مانند کربن آلي يا غيرمحلول کاهش يابند و هم فلورسانس بهينه‌اي حاصل شود. اين سلول را در مقابل نور ليزر نيتروژن سيستم تحليلگر اورانيوم UA-3 قرار داده‌ايم. در اثر برخورد نور ليزر با نمونه، يونهاي اورانيل خاصيت فلورسانس پيدا مي‌کنند (D_1).

علامتهاي حاصل از لامپ تکثيرکننده فوتون (PMT) به وسيلهٔ سيستم الکترونيکي جمع آوري شده و به صورت خروجي در نمايشگر دستگاه نمايان مي‌شوند. شکل ۳ طرح عملکرد سيستم تحليلگر اورانيوم UA-3 را نشان مي‌دهد.

در اين مرحله، محلول نيترات اورانيل $UO_2(NO_3)_2\ 6H_2O$ را براي سنجه بندي کردن (کاليبراسيون) افزوده‌ايم. پس از خارج کردن سلول از دستگاه، ۲۰ µl از محلول استاندارد را به آن اضافه کرده، مجدداً سلول را درون دستگاه قرار داده‌ايم و فلورسانس حاصل از اين محلول را روي نمايشگر دستگاه خوانده‌ايم (D_2).

رابطه‌اي که براي محاسبهٔ غلظت اورانيوم موجود در آب مورد استفاده قرار مي‌گيرد به صورت زير است [۱۶]:

$$U = \frac{D_1}{D_2 - D_1} \cdot \frac{V_1}{V_2} \cdot C \frac{1}{V_{spl}} \qquad (۲)$$

که در آن:

U غلظت اورانيوم موجود در آب برحسب ppb

D_1 عدد خوانده شده روي نمايشگر دستگاه در اثر برخورد نور ليزر با نمونه

D_2 عدد خوانده شده روي نمايشگر دستگاه در اثر برخورد نور ليزر با نمونه حاوي محلول استاندارد

V_1 حجم محلول استاندارد بر حسب cc

V_2 حجم نمونه بر حسب cc

C غلظت محلول استاندارد بر حسب ppb

V_{SPl} حجم نمونه آب که عمل رقيق سازي بر روي آن انجام گرفته است.

مهمترين مواد به کار گرفته شده در اين آزمايش عبارتند از:

- پودر $K_2S_2O_8$
- محلول NaOH 10N
- محلول ۱۰٪ HNO_3
- محلول نيترات اورانيل $6H_2O$ $UO_2(NO_3)_2$
- معرّف فلوران (FLURAN)

مهمترين وسايل مورد استفاده عبارتند از:

- گرمکن و همزن مغناطيسي،
- دستگاه نمايشگر ديجيتال pH مدل 744 ساخت کارخانه Metrohm سوئيس.
- دستگاه آناليز اورانيوم مدل UA-3 ساخت کارخانه Scintrex کانادا.

۴- نتايج

۴-۱ غلظت کلّي اورانيوم

جدول ۱ و شکل ۴ به ترتيب نتايج اندازه‌گيري و نمودار تغييرات غلظت کلّي اورانيوم را در آبهاي آشاميدني شيراز نشان مي دهند. ميانگين غلظت کلّي اورانيوم در آبهاي آشاميدني شيراز µg/l ۲/۷۶۵ است.

جدول ۱- ميزان غلظت کلّي اورانيوم در آبهاي آشاميدني شهر شيراز [۱۷]

کد نمونه	منطقه نمونه برداري	تاريخ نمونه برداري	موقعيت جغرافيايي	pH آب	غلظت کلّي اورانيوم (µg/l)
1	دامنه[۱] سبزپوشان چاه (1)	16.3.80 11:15	29°32′12 N 52°27′37 E	7.20	3.300 ± 0.49
2	منطقه[۲] محمدي چاه (2)	16.3.80 11:58	29°38′00 N 52°26′12 E	7.40	2.018 ± 0.30
3	منطقه محمدي چاه (3)	16.3.80 12:05	29°38′00 N 52°26′12 E	7.40	1.721 ± 0.25
4	منطقه[۳] دراک چاه (2)	16.3.80 12:34	29°38′08 N 52°27′23 E	7.25	2.774 ± 0.41
5	منطقه دراک چاه (4)	16.3.80 12:45	29°38′48 N 52°27′11 E	7.10	3.300 ± 0.49

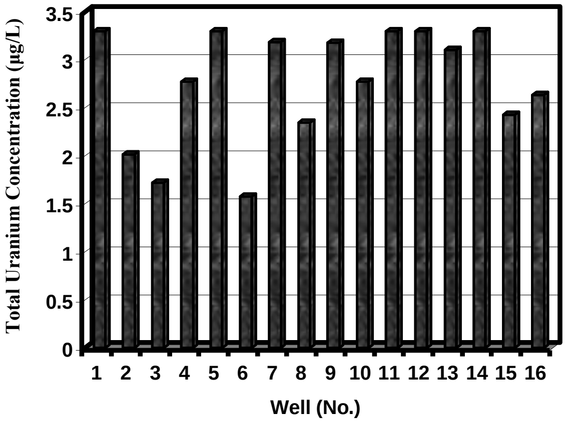
6	منطقه دراك چاه (9)	16.3.80 13:14	29°39′20 N 52°26′50 E	7.70	1.576 ± 0.23
7	محوطه تصفيه‌خانه چاه (305)	16.3.80 17.03	29°37′52 N 52°31′03 E	7.28	3.185 ± 0.47
8	باغ كيف چاه (310)	16.3.80 17:15	29°37′45 N 52°30′54 E	6.88	2.348 ± 0.35
9	[۴]بيمارستان نمازي چاه (304)	16.3.80 17:46	29°37′48 N 52°30′52 E	6.90	3.177 ± 0.47
10	بيمارستان نمازي چاه (303)	16.3.80 18:00	29°37′48 N 52°30′52 E	6.80	2.774 ± 0.41
11	بيمارستان نمازي چاه (302)	16.3.80 18:10	29°37′54 N 52°31′06 E	6.80	3.300 ± 0.49
12	تعاوني مصرف چاه (319)	16.3.80 18:17	29°37′47 N 52°30′20 E	6.72	3.300 ± 0.49
13	تعاوني مصرف چاه (322)	16.3.80 18:27	29°37′43 N 52°30′15 E	6.71	3.104 ± 0.46
14	عفيف آباد چاه (325)	16.3.80 18:56	29°37′36 N 52°30′10 E	6.82	3.300 ± 0.49
15	(باغ خرمالو) چاه (318)	16.3.80 18:46	29°37′44 N 52°30′27 E	6.71	2.430 ± 0.36
16	آبياري - قدمگاه چاه (334)	16.3.80 19:08	29°36′47 N 52°30′25 E	6.90	2.633 ± 0.39

۱- دامنه سبزپوشان داراي چهار حلقه چاه است كه به دليل نزديك بودن چاهها به هم، چاه شماره (۱) براي نمونه‌گيري انتخاب شد. جنس بستر خاك از نوع آهكي و سختي آب در حدود ppm ۵۰۰ است.

۲- منطقه محمدي (پشت كارخانه سيمان) داراي سه حلقه چاه است كه چاههاي شماره (۲) و (۳) براي تجزيه و تحليل انتخاب شدند (فاصله اين دو حلقه چاه نسبت به چاه شماره (۱) بيشتر است). سختي آب اين منطقه در حدود ppm ۲۰۰ است.

۳- منطقه دراك داراي يازده حلقه چاه است (چاه شماره ۱۱ خارج از رده است). چاههاي شماره ۲، ۴ و ۹ براي نمونه برداري انتخاب شدند. سختي آب اين منطقه در حدود ppm ۵۰۰ است.

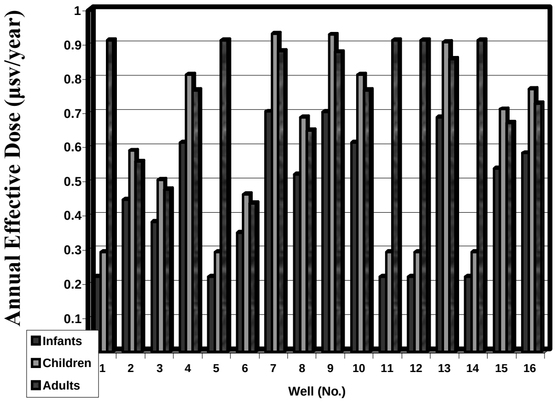
۴- محوّطه بيمارستان نمازي داراي چهار حلقه چاه است كه چاههاي شماره ۳۰۲، ۳۰۳ و ۳۰۴ نمونه‌برداري شد. با توجّه به تحقيقات به عمل آمده از سازمان آب و فاضلاب شيراز، بستر خاك مناطق سبزپوشان و دراك آهكي و مناطق عفيف آباد و بيمارستان نمازي (مناطق داخلي شهر) آبرفتي مي‌باشد. ارتفاع چاهها از سطح دريا ۱۳۵۴ متر است [۱۷].



شکل ۴- نمودار تغييرات غلظت کلي اورانيوم در آبهاي آشاميدني شيراز [۱۷]

۴- ۲ دُز مؤثّر دريافتي

ميانگين دُز مؤثّر ساليانه دريافتي ناشي از پرتوزايي ايزوتوپ ^{238}U در آبهاي آشاميدني شيراز براي بزرگسالان، کودکان و نوزادان به ترتيب برابر با ۰/۷۶۲ μSv/year، ۰/۸۰۶ μSv/year و ۰/۶۱۰ μSv/year برآورده شده است. جدول ۲ و شکل ۵ به ترتيب نتايج و نمودار تغييرات دُز مؤثّر ساليانه دريافتي بزرگسالان، کودکان و نوزادان ناشي از پرتوزايي ايزوتوپ ^{238}U در آبهاي آشاميدني شيراز را نشان مي دهند. لازم به ذکر است که دُزهاي مؤثّر نامبرده بدون در نظر گرفتن فاکتور وزني جمعيّت[۹] حساب شده اند [۱۷].



شکل ۵- نمودار تغييرات دُز مؤثّر ساليانه دريافتي بزرگسالان، کودکان و نوزادان ناشي از پرتوزايي ^{238}U در آبهاي آشاميدني شيراز [۱۷]

۵- بحث

در قسمتهاي قبل متذکّر شديم که اورانيوم ممکن است از طريق کودهاي فسفاته، آب دريا و حفّاري معادن وارد منابع تأمين آب شده و سبب آلودگي (معمولاً شيميايي) آنها گردد. پايين بودن مقدار غلظت کلّي اورانيوم در آبهاي آشاميدني شيراز حاکي از آن است که اوّلاً، فعّاليتهاي انساني مانند حفّاري معادن در اطراف اين منابع وجود ندارد، ثانياً، بستر خاك اين منابع از جنس گرانيت، زغال سنگ، مونازيت و مانند اينها نيست با توجّه به تحقيقات به عمل آمده از سازمان آب و فاضلاب شيراز، بستر

جدول ۲- دُز مؤثّر ساليانه دريافتي ناشي از پرتوزايي ^{238}U در آبهاي آشاميدني شيراز [۱۷]

شماره نمونه	دُز مؤثّر ساليانه (μSv/year)		
	نوزادان	کودکان	بزرگسالان
1	0.220 ± 0.009	0.292 ± 0.012	0.910 ± 0.011
2	0.445 ± 0.005	0.588 ± 0.007	0.556 ± 0.007
3	0.380 ± 0.004	0.502 ± 0.006	0.474 ± 0.006
4	0.612 ± 0.007	0.810 ± 0.010	0.765 ± 0.009
5	0.220 ± 0.009	0.292 ± 0.012	0.910 ± 0.011
6	0.348 ± 0.004	0.460 ± 0.005	0.434 ± 0.005
7	0.702 ± 0.008	0.929 ± 0.011	0.878 ± 0.010
8	0.518 ± 0.006	0.685 ± 0.008	0.647 ± 0.008
9	0.701 ± 0.008	0.927 ± 0.011	0.876 ± 0.010
10	0.612 ± 0.007	0.810 ± 0.010	0.765 ± 0.009
11	0.220 ± 0.009	0.292 ± 0.012	0.910 ± 0.011
12	0.220 ± 0.009	0.292 ± 0.012	0.910 ± 0.011
13	0.685 ± 0.008	0.905 ± 0.011	0.856 ± 0.010
14	0.220 ± 0.009	0.292 ± 0.012	0.910 ± 0.011
15	0.536 ± 0.006	0.709 ± 0.008	0.670 ± 0.008
16	0.581 ± 0.007	0.768 ± 0.009	0.726 ± 0.009

0.762 ± 0.009	0.806 ± 0.009	0.610 ± 0.007	Avarage

خاك مناطق سبزپوشان و دراك آهكي و مناطق عفيف آباد و بيمارستان نمازي آبرفتي است. ثالثاً، با آنكه استان فارس يكی از مراكز مهم كشاورزی در كشور است استفاده از كودهای فسفاته سبب افزايش غلظت اورانيوم آبهای آشاميدنی نشده است. اين مطلب با توجّه به نتيجه بدست آمده از چاه شماره ۳۰۵ كه مرتبط با آب سد درودزن* است به وضوح ديده می‌شود. به بيان ديگر، مقدار كلّ اورانيوم موجود در آب و خاك منطقه طبيعي مي‌باشد.

به طوري كه رابطة محاسبه دُز مؤثّر در آب آشاميدني نشان مي‌دهد، حدّاكثر مقدار مجاز دُز در آب آشاميدني هنگامي است كه پرتوزايي ايزوتوپ يا راديونوكلئيد موردنظر حدّاكثر مقدار مجاز خود را دارا باشد. با توجّه به اينكه تمام غلظتهای اندازه گيري شده در اين پژوهش كمتر از مقدار مجاز مي‌باشند، بنابراين، دُزهاي مؤثّر محاسبه شده مربوط به سه گروه بزرگسال، كودك و نوزاد نيز در محدوده مجازند و تهديدي براي سلامتي ساكنان اين شهر وجود ندارد [۱۷].

تشكر و قدرداني

از آقايان نوربخش عليرضازاده و حميد گرشاسبي كه در انجام اين پروژه تسهيلاتي را در اختيار اينجانب قرار دادند كمال تشكر و سپاسگزاري را دارم.

پي‌نوشتها :

۱ – Metamorphic Rocks
۲ – United States Environmental Protection Agency
۳ – Maximum Concentration Level
٤ – Eelectro-Optical
٥ – Complex
٦ – Lifetimes
۷ – Quenching Effects
۸ – Interferences
۹ – Unweighted Effective Dose

* سد درودزن در اطراف شيراز واقع شده و زمينهاي كشاورزي زيادي در اطراف آن وجود دارد. (نويسنده)

References:

1. B. G. Bennet, "Exposures to natural radiation worldwide," In: Proceeding of the 14th International Conference on High Levels of Natural Radiation, Beijing, China, 21-25 October (1996). L. Wei, T. Sugahara and Z. Tao (eds). Elsvier Sciences B. V. 15-23 (1997).

2. WHO, "Radiological aspects," Guidelines for drinking water quality: Recommendations, second edition, Vol. **1**, World Health Organization (1993).

3. C. R. Cothern, W. L. Lappenbusch,"Occurrence of uranium in drinking water in the U. S.," Health Physics, Vol. **45**, No. 1, 89-99 (1983)

4. D. R. Lide, "Handbook of Chemistry and Physics,"CRC Press, Boca Raton, FL (1992-1993).

5. J. B. Hursh and N. L. Spoor, "Uranium, plutonium, transplutonic elements," edited by H. C. Hodge, J. S. Stannard, J. V. Hursh, New York Springer: Verlag (1973).

6. Section on uranium from the Canadian Radiation Protection Bureau, "Guidelines for Canadian drinking water quality," Supporting Documentation, Health and Welfare, Ottawa, Canada (1978-1980).

7. C. E. Roessler, Z.A. Smith, W. F. Bolch,(1979), "Uranium and Radium^{226} in florida phosphate materials," Health Physics, **37**, 269-277 (1979).

8. Province of British Columbia, "Variation in uranium and radioactivity levels in surface and ground water at selected sites in British Columbia," B. C. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources and B.C. Ministry of Health, Victoria (April 1980-March 1981).

9. D. Meyerhof, "Radionuclide analyses of community well-waters in Manitoba," Letter to D. Racon, Manitoba Department of Environment, from D. Meyerhof, Bureau of Radiation Protection, Environmental Radiation Hazards Division, Health Canada (1989).

10. M. A. Moss, "Choronic low level uranium exposure via drinking water,"-clinical investigations in Nova Scotia. M. Sc. Thesis, Dalhousie University, Halifax (1985).

11. M. A. Moss, R. F. McCurdy, K. C. Dooley, M. L. Givner, L. C. Dymond, J. M. Slayter, M. M. Courneya, "Uranium in drinking water,"-report on clinical studies in Nova Scotia. In: Chemical toxicology and clinical chemistry of metals. S. S. Brown and J. Savory (eds). Academic Press, London. 149-152 (1983).

12. J. B. Hursh, N. L. Spoor, "Data on man. In: Hodge HC, eds. Handbook of Experimental Pharmacology," Vol. **36,** Uranium, Plutonium, transplutonic elements. Berlin, Springer-Verlag, 197-240 (1973).

13. UNSCEAR, "Sources and effects of ionizing Radiation," United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York (2000).

14. USEPA, "Public drinking water system programs," Environmental Protection Agency. Office of Ground Water and Drinking Water (1999).

15. G. Smithson, "Sampling and selection of analytical methods for radium," In: The International Behavior of Radium. Vienna: IAEA: Technical Report Series 310, 257-271 (1990).

16. "Analytical Procedure for UA-3 Uranium Analysis & UA-3 Uranium Analyser," Part-I, Operators Instructors (1983).

17. H. Naderi, "A Survey of radioactivity in drinking water in Shiraz and Assessment of its related effective dose," M. Sc Thesis, Shiraz University, School of Engineering, Nuclear Engineering Dept., January 1, (2002).

۱۸. ح. نادري، "بررسي ميزان پرتوزايي مواد پرتوزا در آبهاي آشاميدني شيراز و محاسبه دز مؤثر حاصل از اين مواد،" پاياننامه كارشناسي ارشد، دانشگاه شيراز، دانشكده مهندسي، بخش مهندسي هسته اي، ۱۱ دي (۱۳۸۰).