مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۱۷، آبان ۱۳۹۷، ۷۸۰-۷۶۹

سنجش غلظت سرب وکادمیوم موجود در خاک شهر اراک در سال ۱۳۹۶ و ارزیابی خطرات غیرسرطانی آن‌ها

امیرحسین بقائی[۱]، فروغ عقیلی[۲]

دریافت مقاله: ۹۷/۲/۱ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۷/۶/۲۵ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۷/۶/۲۶ پذیرش مقاله: ۹۷/۶/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: سرب و کادمیوم از جمله فلزات سنگین بوده که می‌توانند سلامت انسان را به خطر بیندازند. این پژوهش با هدف سنجش غلظت سرب وکادمیوم درخاک شهر اراک در سال ۱۳۹۶و ارزیابی خطرات غیرسرطانی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی در سال ۱۳۹۶ با نمونه برداری از خاک ۵ ایستگاه در نقاط مختلف شهرستان اراک انجام شد و از هر ایستگاه ۱۲ نمونه خاک تهیه و میانگین غلظت سرب و کادمیوم در این ایستگاه‌ها با روش اسپکتروفومتری جذب اتمی‌تعیین شد. علاوه بر این، خطرات غیرسرطان‌زایی ناشی از جذب فلزات سنگین موجود در خاک سطحی منطقه برای مسیر تنفس با استفاده از روش پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برای کودکان و بزرگ‌سالان ارزیابی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون‌های توصیفی انجام شد.

یافته‌ها: بیشترین خطر ابتلاء به بیماری‌های غیرسرطانی در اثر تنفس سرب و کادمیوم به ترتیب با مقدار ۹/۶ و ۳/۴ مربوط به ایستگاه پایانه مرکزی اراک بود. در میدان سرداران و شهدای اراک نیز خطر ابتلاء به بیماری‌های غیرسرطانی در اثر تنفس سرب و کادمیوم عدد بالای یک را نشان داد. نتایج مربوط به شاخص انباشت ژئوشیمیایی فلزات سنگین نیز به خوبی این مطلب را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که آلودگی خاک به فلزات سنگین می‌تواند در طولانی مدت، باعث ورود این ترکیبات به بدن انسان از طریق استنشاق گردد، هر چند میزان آلاینده نوع، و موقعیت جغرافیایی منطقه نیز اهمیت دارد.

واژه‌های کلیدی: خطرات غیر سرطانی، کادمیوم، سرب، خاک، اراک

۱- (نویسنده مسئول) گروه خاک‌شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
تلفن: ۳۴۱۳۲۴۵۱-۰۸۶، دورنگار: ۳۴۱۳۲۲۷۹-۰۸۶، پست الکترونیکی: *a-baghaie@iau-arak.ac.ir*
۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

مقدمه

فلزات سنگین به طور طبیعی در غلظت‌های کم در خاک و سنگ‌ها وجود دارند، اما فعالیت‌های انسانی مانند صنعت، ترافیک، سوزاندن سوخت‌های فسیلی و کشاورزی سبب افزایش و انتشار آن‌ها در محیط زیست می‌شود. اغلب فلزات سنگین حتی در غلظت‌های کم سمی هستند و زندگی بیولوژیکی را تهدید می‌کنند. فلزات سنگین با ورود به بدن انسان می‌توانند در بافت‌ها تجمع یابند و روی سیستم عصبی و گردش خون تأثیر گذارند [۱]. هم‌چنین، این فلزات سبب اختلال عملکرد طبیعی اندام‌های داخلی می‌شوند یا ممکن است عامل کمکی برای ایجاد بیماری‌های دیگر باشند. فلزات سنگین در بدن متابولیزه نمی‌شوند و قابلیت تجمع در بافت‌هایی هم‌چون چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل را دارند که این امر موجب بروز بیماری‌های مختلفی در بدن می‌گردد. مسمومیت ناشی از سرب و کادمیوم، آلزایمر، آسیب به بافت کبدی و غیره از جمله بیماری‌هایی هستند که می‌توانند سلامتی انسان را به خطر بیندازند [۲].

آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین هر ساله رو به افزایش است و نهایتاً به بروز خطرهای جدی برای سلامت انسان، جانوران و گیاهان منجر خواهد شد [۴-۳]. وجود فلزات سنگین در کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها (که برای افزایش تولید محصولات کشاورزی به کار می‌روند)، پساب‌های صنعتی و لجن فاضلاب‌ها نگرانی‌های زیادی از نظر ذخیره آن‌ها در خاک به وجود آورده است [۷-۵]. متأسفانه امروزه با تغییر اقلیم به سمت خشک و نیمه خشک و وجود فرسایش بادی، انتقال این آلودگی‌ها دو برابر شده است که بایستی مورد توجه قرار گیرد. در این میان ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می‌تواند نقش مهمی در قابلیت دسترسی این فلزات سنگین در خاک و به دنبال آن ورود این عناصر در زنجیره غذایی انسان داشته باشد. حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط، سبب بروز مشکلات و عوارض زیست محیطی برای ساکنان آن محل و اکوسیستم می‌شود. فلزات سنگین روی انسان تأثیر مختلفی دارند که از عمده‌ترین آن‌ها بروز اختلالات عصبی است [۸]. از طرفی خاصیت سمی و قابلیت تجمع زیستی فلزات سنگین در گیاهان و جانوران و ورود آن‌ها به زنجیرهٔ غذایی، خطرهای ناشی از آن‌ها را دو برابر کرده است و تأثیر اکولوژیکی زیادی به وجود می‌آورد [۱۰-۹].

متأسفانه در سال‌های اخیر با وجود به روز رسانی ناوگان حمل و نقل شهری، هنوز هم مشکل فرسودگی این ناوگان و به دنبال آن افزایش آلودگی خاک و هوا وجود دارد، لذا بررسی خطر ابتلاء به بیماری‌های غیرسرطانی در اثر تنفس سرب و کادمیوم ضروری به‌نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر، خوش‌بختانه در جامعه علمی‌دنیا، گرایش به ارزیابی خطر سلامت انسان رو به رشد است، اما مطالعاتی ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین را مورد توجه قرار داده‌اند [۱۲-۱۱]، هر چند که این مطالعات منطق‌های بوده و در هر منطقه بایستی به طور

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. ولی از آنجایی‌که مقدار آلودگی خاک در هر منطقه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در هر منطقه بستگی دارد [۱۵-۱۳]، ارزیابی خطر مبتلا شدن به بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی در هر منطقه بایستی به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا، نتایج پژوهش Zhao و همکاران نشان داد که خطر غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین کمتر از یک بوده است، هر چند که موقعیت جغرافیایی منطقه می‌تواند نقش مهمی در میزان قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک و به دنبال آن ابتلاء به بیماری‌های غیرسرطانی داشته باشد [۱۶]. هم‌چنین Ravankhah و همکاران نیز به بررسی خطر ابتلاء به بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی در اثر تنفس فلزات سنگین پرداخته و چنین گزارش کردند که سرب و کادمیوم از عوامل اصلی مبتلا کننده به بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی هستند [۱۱]. Mirzaei و همکاران نیز در تحقیقی به نقش فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیوم در ابتلاء به بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی اشاره داشتند [۱۷]. نتایج تحقیق Baghaie نیز تأکیدی بر این ادعاست [۱۲].

از طرف دیگر، شهر اراک یکی از کلان شهرهایی است که با مشکلات زیست محیطی آلودگی هوا روبه روست [۱۸، ۱۳]. از عوامل طبیعی مؤثر در ایجاد این مسئله می‌توان به نبود بادهای مداوم با سرعت مناسب و بارش کم اشاره کرد. رشد نامتناسب جمعیت شهری، تعداد زیاد صنایع قدیمی و فرسوده و ورود بیش از ظرفیت خودروها، با میزان بالای انتشار آلاینده‌ها به چرخه حمل و نقل شهری از عوامل انسانی آلودگی به حساب می‌آید [۱۹]. بنابراین شناسایی منابع آلودگی نظیر آلودگی فلزات سنگین می‌تواند تا حدودی ما را در جلوگیری از ابتلاء به بیماری‌های غیرسرطانی در هر منطقه یاری رساند. از سویی دیگر، با توجه به اینکه فلزات سنگین به دلیل عدم تجزیه‌پذیری می‌تواند نقش مضری بر سلامت انسان داشته باشند [۲۰]، سنجش میزان این ترکیبات در خاک در بازده‌های زمانی مختلف و کنترل آن‌ها می‌تواند نقش مهمی‌در جلوگیری از بیماری‌های جبران‌ناپذیر داشته باشد. بنابراین، این تحقیق با هدف سنجش غلظت سرب وکادمیوم موجود درخاک شهر اراک در سال ۱۳۹۶و ارزیابی خطرات غیرسرطانی آن‌ها صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی در سال ۱۳۹۶و با هدف سنجش سرب وکادمیوم موجود درخاک شهر اراک ارزیابی ریسک غیرسرطانی آن‌ها صورت پذیرفت. قابل ذکر است که این مقاله دارای کد اخلاق به شماره IR.IAU.ARAK.REC.1397.55 از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک می‌باشد. به دلیل وجود قطب‌های صنعتی موجود در منطقه بخش وسیعی از خاک‌های منطقه آلوده به فلزات سنگین از قبیل سرب و کادمیوم می‌باشد. بر این اساس بخش مرکز و جنوب شرقی این شهر به ۵ ایستگاه (ایستگاه ۱: دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد اراک، ایستگاه شماره ۲: ترمینال مسافربری اراک، ایستگاه شماره ۳: میدان سرداران اراک، ایستگاه شماره ۴: میدان شهدا، ایستگاه شماره ۵: دانشگاه صنعتی اراک) تقسیم شده و به

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

جهت مطالعه دقیق‌تر منطقه در هر ایستگاه ۱۲ نمونه خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک در فصل تابستان در اوایل صبح به روش سیستم تصادفی برداشته شده است، به گونه‌ای که نمونه‌های برداشته شده از بخش‌های مختلف منطقه بتواند گویای وضعیت آلودگی منطقه باشد. پس از برداشت نمونه‌های خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد و غلظت فلزات سنگین با استفاده از HCl و HNO_3 و با کمک دستگاه جذب اتمی پرکین المر (مدل ۳۰۳۰، ساخت کشور آمریکا) تعیین شد [۲۲-۲۱].

برای بررسی توزیع و تست نرمال بودن داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، از روش آماری Kolmogorov–Smirnov و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد. در صورت نرمال نبودن توزیع داده‌ها، از روش تبدیل لگاریتم برای نرمال کردن آن استفاده شد.

جهت تعیین شدت آلودگی خاک به فلزات سنگین از شاخص انباشت ژئوشیمیایی (Igeo) استفاده شد. این شاخص برای مشخص کردن درجه آلودگی و میزان تأثیر عوامل انسانی در محیط خاک و رسوب مشخص می‌شود و از طریق معادله ۱ محاسبه می‌شود [۲۳].

معادله ۱ $Igeo=Log\ Cn/1.5Bn$

که Cn غلظت اندازه‌گیری شده عنصر در نمونه و Bn غلظت همان عنصر در نمونه زمینه است که برای عنصر سرب و کادمیوم به ترتیب برابر ۲۰ و ۰/۳۸ در نظر گرفته شده است. در معادله ۱ برای بررسی تأثیر مواد مادری خاک، نوسانات طبیعی و تغییرات بسیار کم ایجاد شده در اثر فعالیت‌های انسانی از ضریب ۱/۵ استفاده می‌شود. بر اساس این شاخص خاک‌ها در ۷ گروه مختلف به صورت ذیل طبقه‌بندی شده‌اند. بر این اساس می‌توان مقدار فلزات را نسبت به مقدار طبیعی آن‌ها سنجید و میزان آلایندگی خاک را تعیین کرد

جدول ۱- راهنمای شاخص انباشت ژئوشیمیایی فلزات سنگین در خاک [۲۳]

شاخص زمین انباشت	
Igeo≤۰	غیر آلوده
۰<Igeo<۱	غیر آلوده تا کمی آلوده
۱<Igeo<۲	کمی آلوده
۲<Igeo<۳	کمی آلوده تا بسیار آلوده
۳<Igeo<۴	بسیار آلوده
۴<Igeo<۵	بسیار آلوده تا به شدت آلوده
Igeo >۵	به شدت آلوده

ارزیابی خطرات بهداشتی فلزات سنگین، فرآیندی چند مرحله‌ای است که در دو بخش ارزیابی خطرات سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا و بر اساس روش ارزیابی خطر ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا انجام شد (معادله ۱) [۱۱].

$$EDI= (C_{soil}\times Inhr\times EF \times ED)/ (PEF\times BW\times AT)$$

(معادله ۱)

که در این معادلات EDI (Estimated daily intake) مقدار میانگین جذب روزانه فلزات (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) از طریق تنفس است.

C_{soil} غلظت فلزات در خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

Inhr : نرخ تنفس خاک بر اساس مترمکعب در روز که برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب برابر ۷/۶۳ و ۱۲/۸می‌باشد.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

EF: فراوانی قرارگیری در معرض فلزات (روز در سال) که در ایستگاه یک و پنج که دانشگاه می‌باشد، مدت زمان قرارگیری برای گروه دانش‌جویان هفته‌ای ۴ روز به مدت ۴ سال در نظر گرفته شد و برای کارکنان دانشگاه هفته‌ای ۵ روز به مدت ۲۵ سال در نظر گرفته شد. برای ایستگاه ۳ و ۴ دو گروه سنی کودک و بزرگ‌سال در نظر گرفته شد و فرض بر این است که هر دو گروه سنی ۳۵۰ روز در سال در تماس با خاک آلوده قرار دارند. برای ایستگاه شماره ۲ فرض بر این است که کارکنان پایانه به مدت ۳۴۰ روز در سال در تماس با خاک آلوده قرار دارند.

ED : مدت قرارگیری در معرض فلزات (سال) که برای بزرگ‌سالان در ایستگاه ۱ و ۵ که مربوط به مراکز دانشگاهی می‌باشد برای کارکنان ۲۵ سال و برای دانش-جویان ۴ سال در نظر گرفته شد. برای ایستگاه شماره ۳ و۴ برای ساکنین دائمی برای دو گروه بزرگ‌سال و کودک به ترتیب ۲۴ و ۶ سال در نظر گرفته شده است [۱۱].

BW: وزن شخص قرار گرفته در معرض فلزات برای کودکان ۱۵ کیلوگرم و برای بزرگ‌سالان ۵۵/۹ کیلوگرم در نظر گرفته شد.

AT: مدت زمان قرارگیری در معرض فلزات به طور میانگین (روز) که ED×۳۶۵ می‌باشد.

PEF : فاکتور انتشار فلزات از خاک به هوا (متر مکعب بر کیلوگرم) که برابر $۱/۳۶\times۱۰^{۹}$ برای هر دو گروه سنی می‌باشد.

پس از محاسبه EDI، خطر غیرسرطان‌زایی برای سرب و کادمیوم به تفکیک ایستگاه‌ها برای گروه‌های مخاطب سنی برابر مقدار جذب روزانه فلزات به مقدار مرجع سمیت آن فلز (RFD_i) در نظر گرفته شد (معادله ۲):

$$HQ_i = EDI_i/RFD_i \qquad \text{(معادله ۲)}$$

که در این معادله HQ_i (Hazard Quotes) برابر خطر غیرسرطان‌زایی سرب و کادمیوم می‌باشد.

قابل ذکر است که مقدار RFD_i (Reference Dose) برای عنصر کادمیوم برابر ۱×۱۰^{-۳} و برای عنصر سرب، مقدار RFD_i $۳/۵۲\times۱۰^{-۳}$ در نظر گرفته شد [۱۱].

نتایج

توصیف آماری غلظت عناصر سنگین و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک درنمونه‌های برداشت شده از منطقه مطالعاتی در جدول۲ خلاصه شده است. مطابق با این جدول بیشترین میانگین غلظت سرب و کادمیوم در ایستگاه شماره ۲ به ترتیب برابر ۵۶/۸۸ و ۲/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. هم‌چنین ایستگاه شماره ۳ و ۴ نیز مقدار بالایی از غلظت سرب و کادمیوم را نشان می‌دهد. نتایج مشاهده شده در بین ایستگاه‌ها حاکی از آن است که کمترین غلظت سرب در بین ایستگاه‌ها به ترتیب متعلق به ایستگاه شماره ۱ و ۵ که به ترتیب برابر ۱۳/۲۵ و ۲۳/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم هستند، می‌باشد. در مورد کادمیوم نیز نتایج مشابهی یافت شد.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

جدول ۲- آمار توصیفی غلظت سرب و کادمیوم موجود در پنج ایستگاه مطالعاتی در شهر اراک در سال ۱۳۹۶

کد ایستگاه	فلز	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
۱	سرب	۱۳/۲۵	۱/۷۳	۱۰/ ۰۰	۱۵/۰۰
	کادمیوم	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۴۰
۲	سرب	۵۶/۸۸	۹/۷۵	۳۵/۰۲	۷۴/۳
	کادمیوم	۲/۳۶	۱/۰۳	۰/ ۹۰	۳/۸۰
۳	سرب	۳۸/۳	۱۰/۰۵	۱۸/ ۰۰	۵۵/۰
	کادمیوم	۱/۱۸	۰/۸۱	۰/۰۵	۲/۱
۴	سرب	۴۳/۴۵	۹/۰۵	۱۸/۰۰	۵۰/۴
	کادمیوم	۱/۳۹	۰/۵۱	۰/۱۰	۲/۲۰
۵	سرب	۲۳/۴۱	۴/۰۷	۱۲/۰۵	۲۹/۰
	کادمیوم	۰/۴۳	۰/۱۱	۰/۲۱	۰/۶

نتایج جدول ۳ حاکی از آن است که کم‌ترین میزان جذب روزانه فلز سرب و کادمیوم متعلق به ایستگاه شماره یک که کم‌ترین میزان آلودگی سرب و کادمیوم را داشته است، می‌باشد. این در حالی است که بیش‌ترین میزان جذب آلاینده در ایستگاه شماره دو (پایانه مرکزی اراک) مشاهده شد.

جدول ۳- میزان جذب روزانه و شاخص پذیری سرب و کادمیوم در پنج ایستگاه مطالعاتی در شهر اراک در سال ۱۳۹۶

کد ایستگاه	فلز		میزان جذب روزانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن)	شاخص پذیری -----
۱	سرب*	دانش‌جو	۰/۰۰۲۱۱	۰/۵۱
		کارکنان	۰/۰۰۴۰۱	۱/۱۲
	کادمیوم	دانش‌جو	۰/۰۰۰۱۱۲	۰/۱۴
		کارکنان	۰/۰۰۰۳۲۵	۰/۳۵
۲	سرب	کارکنان	۰/۰۳۸۳۵	۹/۶۳
	کادمیوم	کارکنان	۰/۰۰۳۴۶	۳/۴۹
۳	سرب	کودک	۰/۰۱۰۶۵	۲/۸۰
		بزرگسال	۰/۰۰۳۲۳	۰/۹۶
	کادمیوم	کودک	۰/۰۰۴۶۷	۴/۶۴
		بزرگسال	۰/۰۰۰۳۴	۰/۳۱
۴	سرب	کودک	۰/۰۲۴۷۶	۶/۸۷
		بزرگسال	۰/۰۰۴۵۴	۱/۲۷
	کادمیوم	کودک	۰/۰۰۵۴۶	۵/۴۵
		بزرگسال	۰/۰۰۰۴۱	۰/۴۳
۵	سرب	دانش‌جو	۰/۰۰۲۹۷	۰/۸۲
		کارکنان	۰/۰۰۵۳۵	۱/۵۸
	کادمیوم	دانش‌جو	۰/۰۰۰۱۸	۰/۱۷
		کارکنان	۰/۰۰۰۴۸	۰/۴۵

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

** میزان قابل تحمل روزانه سرب و کادمیوم برای بدن انسان به ترتیب برابر ۰/۰۰۳۶ و ۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن می‌باشد [۲۴]*

ایستگاه سرداران و شهدا (به ترتیب ایستگاه شماره ۳ و ۴) که دو تا از میادین اصلی شهر هستند، نیز آلودگی متوسط به فلزات سرب و کادمیوم (برای عنصر سرب بین محدوده ۰/۰۰۳۲ تا ۰/۰۲۴ و برای عنصر کادمیوم در محدوده ۰/۰۰۰۳۴ تا ۰۰۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن) را نشان می‌دهند. نتایج فاکتور خطر ابتلاء به بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) نیز نتایج مشابهی را نشان می‌دهد.

هم‌چنین میزان آلودگی خاک بر اساس شاخص انباشت ژئوشیمیایی (جدول ۴) در منطقه مطالعاتی حاکی از آن است که بیش‌ترین میزان آلودگی سرب و کادمیوم در ایستگاه شماره دو (به ترتیب با شاخص انباشت ژئوشیمیایی برابر ۲/۸۲ و ۶/۲۵) که پایانه مرکزی اراک می‌باشد که این خیلی دور از انتظار نیست. کم‌ترین مقدار این شاخص نیز متعلق به ایستگاه شماره یک که موقعیت دانشگاه آزاد اراک می‌باشد. در مورد ایستگاه شماره ۳ و ۴ نیز نتایج حاکی از آن است که ایستگاه شماره چهار از نظر آلودگی سرب در کلاس آلوده‌تری قرار دارد، هر چند که کلاس آلودگی کادمیوم در این دو ایستگاه یکسان بوده ولی از لحاظ عددی کلاس آلودگی کادمیوم در ایستگاه شماره ۴ بیشتر می‌باشد. نتایج کلی این جدول حاکی از آن است که مقدار شاخص انباشت ژئوشیمایی برای عنصر کادمیوم بیشتر از سرب، در اکثر ایستگاه‌ها می‌باشد.

جدول ۴- مقادیر شاخص انباشت ژئوشیمیایی سرب و کادمیوم درخاک پنج ایستگاه مطالعاتی در شهر اراک در سال ۱۳۹۶

نام ایستگاه	نام عنصر	مقدار شاخص انباشت ژئوشیمیایی	وضعیت آلودگی خاک
۱	سرب	۰/۶۳	غیر آلوده تا کمی آلوده
	کادمیوم	۰/۶۵	غیر آلوده تا کمی آلوده
۲	سرب	۲/۸۲	کمی آلوده تا بسیار آلوده
	کادمیوم	۶/۲۵	به شدت آلوده
۳	سرب	۱/۹۵	کمی آلوده
	کادمیوم	۳/۱۴	بسیار آلوده
۴	سرب	۲/۱	کمی آلوده تا بسیار آلوده
	کادمیوم	۳/۶۴	بسیار آلوده
۵	سرب	۱/۱۲	کمی آلوده
	کادمیوم	۱/۱۴	کمی آلوده

بحث

طبق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، اگر مقدار جذب روزانه فلزات (EDI_i) بیشتر از مقدار مرجع سمیت فلز در هر مسیر (RFD_i) باشد، خطر غیرسرطان-زایی فلزات در هر مسیر بالاتر از حد مجاز (HQ>1) خواهد شد [۲۶-۲۵، ۱۶] که اثرات نامطلوب و نگران کننده‌ای بر

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

سلامت انسان دارد. قابل ذکر است که در این پژوهش مقدار کل جذب روزانه سرب و کادمیوم در انسان در اکثر موارد بیشتر از مقدار جـذب قابـل تحمـل روزانه ارائه شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکـا می‌باشد [۲۷]. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق بیش-ترین میزان جذب سرب و کادمیوم در این پژوهش مربوط به ایستگاه شماره ۲ می‌باشد که بیش‌ترین میانگین غلظت سرب و کادمیوم را بر اساس نتایج جدول یک نیز دارا می‌باشد. از آنجایی‌که در این ایستگاه بیش‌ترین تردد خودرودهای سنگین و سبک وجود دارد، آلودگی مذکور دور از انتظار نیست. با توجه به اینکه بیش‌ترین آلودگی سرب و کادمیوم در این منطقه وجود دارد کارکنانی نیز که در این ایستگاه مشغول به فعالیت هستند بایستی خطرات ناشی از وجود این فلزات سنگین را جدی بگیرند [۲۸، ۱]. با وجود اینکه ناوگان حمل و نقل بین شهری رو به نوشدن است، ولی نتایج نشان می‌دهد که کماکان خطر آلودگی این افراد را تهدید می‌کند و بایستی ملاحظات زیست محیطی از قبیل ایجاد کمربند سبز یا در نظر گرفته شود.

نتایج فاکتور خطر ابتلاء به بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از تنفس سرب و کادمیوم نیز این مطلب را تأیید می‌کند، به گونه‌ای که بیش‌ترین عدد مربوط به پارامتر HQ در این ایستگاه یافت شده است. نکته قابل توجه در این است که در این ایستگاه پارامتر HQ برای هر دو عنصر سرب و کادمیوم عدد بالای یک را نشان می‌دهد که این می‌تواند برای کارکنان این ایستگاه شرایط سختی را رقم زند. هم‌چنین مقایسه نتایج پارامتر HQ حاکی از آن است که با وجودی که در ایستگاه شماره یک کم‌ترین میزان جذب روزانه سرب و کادمیوم وجود دارد ولی پارامتر HQ برای کارکنانی که مدت زمان زیادی را در دانشگاه می‌گذرانند، عددی بالاتر از یک که می‌تواند نشان از خطر ابتلاء به بیماری‌های غیرسرطانی در اثر وجود سرب باشد را رقم زند. خوش‌بختانه در مورد عنصر کادمیوم هنوز در این ایستگاه فاکتور HQ عددی زیر یک را نشان می‌دهد، هر چند که ملاحظات زیست محیطی را نبایستی نادیده گرفت. نکته قابل توجه در این پژوهش در این است که در اکثر ایستگاه‌های مطالعاتی فاکتور HQ در مورد عنصر سرب بیشتر از کادمیوم بوده که این می‌تواند زنگ خطر جدی به حساب آید. در مورد ایستگاه‌های ۳ که یکی از میادین اصلی این شهر بوده و تردد زیادی صورت می‌پذیرد عددی سرب و کادمیوم برای گروه کودکان عدد بالاتر از یک را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که در شهر صنعتی اراک اکثر کارخانه‌جات صنعتی در داخل شهر قرار دارد که این می‌تواند میزان آلایندگی و خطر ابتلاء به بیماری‌ها را بالا ببرد.

با وجودی که نتایج حاصل از جدول دو حاکی از پایین بودن عدد HQ به زیر مقدار یک برای سرب و کادمیوم می‌باشد، ولی هنوز هم مقدار HQ برای عنصر سرب بالاتر از عنصر کادمیوم می‌باشد که این بایستی مد نظر قرار گیرد. Ravankhah و همکاران نیز با ارزیابی خطر فلزات سنگین بر سلامت انسان در خاک‌های سطحی شهر آران و بیدگل نتایج مشابهی را ارائه دادند [۱۱]. بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق مقدار جذب روزانه سرب از طریق مسیر بلع برای کودکان بیش از بزرگ‌سالان می‌باشد که دلیل احتمالی آن را می‌توان به تماس بیشتر کودکان

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

با خاک از این مسیر دانست.

هم‌چنین نتایج حاصل از اعداد شاخص انباشت ژئوشیمیایی فلزات سنگین تا حدودی می‌تواند تأکیدی بر مطالب بیان شده بالا باشد، به نحوی‌که کمترین این شاخص در ایستگاه دانشگاه آزاد اراک مشاهده شده که بر اساس راهنمای آن، وضعیت آلودگی خاک را غیر آلوده تا کمی آلوده گزارش کرده است. هم‌چنین وضعیت آلودگی خاک از نظر این شاخص ایستگاه دو بوده که وضعیت خاک‌ها را بین بسیار آلوده تا به شدت آلوده گزارش کرده و این نتیجه دور از انتظار نمی‌باشد. برای ایستگاه شماره ۵ نیز وضعیت آلودگی خاک کمی آلوده می‌باشد که نسبت به ایستگاه شماره یک که در محدوده خارج از شهر و نسیت به این ایستگاه در وضعیت دورتری از منابع آلودگی نقطه‌ای قرار دارد، آلوده‌تر می‌باشد. Solgi و همکاران نیز در تحقیقی به ارزیابی خطرات بهداشتی ناشی از فلزات سنگین در خاک شهری شهرستان بجنورد پرداخته و بالا بودن شاخص ژئوشیمیایی فلزات سنگین را یکی از عوامل مهم آلودگی فلزات سنگین در خاک دانستند [۲۳]. Shi و همکاران نیز در در مطالع‌های جهت بررسی میزان آلودگی خاک شانگ‌های چین از شاخص انباشت ژئوشیمیایی خاک استفاده کرده و چنین گزارش کردند که خاک‌های منطقه با شاخص انباشت ۳ و۲ به ترتیب آلودگی متوسط و غیر آلوده نسبت به فلزات به کادمیوم و سرب دارند [۲۹].

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن بوده که در بین ایستگاه‌های مطالعاتی در این تحقیق بالاترین شاخص آلودگی سرب و کادمیوم در پایانه اصلی این شهر به دلیل ترافیک زیاد خودروهای سنگین وجود دارد که در این میان قطب‌های صنعتی اطراف این پایانه نیز مشکل آلودگی خاک این منطقه را دوچندان کرده است. با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد برای بررسی دقیق‌تر خطر ابتلاء به بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی، تعداد نقاط اندازه‌گیری شده در هر ایستگاه را بیشتر کرد تا بتوان دقیق‌تر به بررسی موضوع پرداخت. هم‌چنین بررسی نقش سایر فلزات سنگین از قبیل روی و نیکل و نقش آن‌ها در بررسی ریسک ابتلاء به بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی ضروری به نظر می‌رسد. هم‌چنین با توجه به افزایش میزان آلاینده‌ها در مناطق صنعتی کشور، بایستی غلظت فلزات سنگین در خاک، آب و هوا در بازده‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌داند از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، به جهت همکاری برای انجام این پژوهش، کمال تقدیر و تشکر را نماید.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

References

[1] Wu W, Wu P, Yang F, Sun D-l, Zhang D-X, Zhou Y-K. Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility. *Sci Total Environ* 2018; 630 (1): 53-61.

[2] Hosseini G, Teymouri P, Giahi O, Maleki A. Health Risk assessment of heavy metals in atmospheric pm10 in Kurdistan university of medical sciences campus. *J Mazandaran Univer Med Sci* 2016; 25 (132): 136-46. [Farsi]

[3] Muchuweti M, Birkett J, Chinyanga E, Zvauya R, Scrimshaw MD, Lester J. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. *Agr Ecosys Environ* 2006; 112 (1): 41-8.

[4] Yi Y, Yang Z, Zhang S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. *Environ Pollut* 2011; 159 (10): 2575-85.

[5] Yang G-h, Zhu G-y, Li H-l, Han X-m, Li J-m, Ma Y-b. Accumulation and bioavailability of heavy metals in a soil-wheat/maize system with long-term sewage sludge amendments. *J Integ Agri* 2018; 17(8): 1861-70.

[6] Bogusz A, Oleszczuk P. Sequential extraction of nickel and zinc in sewage sludge- or biochar/sewage sludge-amended soil. *Sci Total Environ* 2018; 636: 927-35.

[7] Yang T, Huang H-j, Lai F-y. Pollution hazards of heavy metals in sewage sludge from four wastewater treatment plants in Nanchang, China. *Trans. Nonferrous Met. Soc China* 2017; 27(10): 2249-59.

[8] Doyi I, Essumang D, Gbeddy G, Dampare S, Kumassah E, Saka D. Spatial distribution, accumulation and human health risk assessment of heavy metals in soil and groundwater of the Tano Basin, Ghana. *Ecotox Environ Safe* 2018; 165: 540-46.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

[9] Li Z, Ma Z, van der Kuijp TJ, Yuan Z, Huang L. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. *Sci Total Environ* 2014; 468 (3): 843-53.

[10] Cheng Z, Chen L-J, Li H-H, Lin J-Q, Yang Z-B, Yang Y-X, et al. Characteristics and health risk assessment of heavy metals exposure via household dust from urban area in Chengdu, China. *Sci Total Environ* 2018; 619 (3): 621-29.

[11] Ravankhah N, Mirzaei R, Masoum S. human health risk assessment of heavy metals in surface soil. *J Mazandaran Univer Med Sci* 2016; 26 (136): 109-20. [Farsi]

[12] Baghaie AH. Investigation of cd risk assessment from tomato consumption in a soil treated with sugarcane bagasse biochar and municipal waste vermi-compost. *J Environl Health Eng* 2018; 5 (2): 147-56. [Farsi]

[13] Baghaie A. Effect of municipal waste compost and zeolite on reduction of cadmium availability in a loamy soil (A case study: Arak municipal waste compost). *J. Soil Manage Sustain Product* 2017; 6 (4): 103-17. [Farsi]

[14] Sharifi M, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh AH. Effects of sewage sludge, animal manure, compost and cadmium chloride on cadmium accumulation in corn and alfalfa. *J Res Sci Technol* 2010; 7 (4): 219-25. [Farsi]

[15] Molaei S, Shirani H, Hamidpour M, Shekofteh H, Besalatpour AA. Effect of vermicompost, pistachio kernel and shrimp shell on some growth parameters and availability of cd, pb and zn in corn in a polluted soil. *J Wate Soil Sci* 2016; 19 (74): 113-24. [Farsi]

[16] Zhao Q, Wang Y, Cao Y, Chen A, Ren M, Ge Y, et al. Potential health risks of heavy metals in cultivated topsoil and grain, including correlations with human primary liver, lung and gastric cancer, in Anhui province ,Eastern China. *Sci Total Environt* 2014; 470 (3): 340-47.

[17] Mirzaei m, Marofi S, Solgi e, Abbasi M, Karimi R. Evaluation of heavy metal contamination ecological risk in a food-

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

sources. *J Res Sci Technol* 2010; 7 (3): 131-38.

[23] Solgi E, Keramaty M. Assessment of Health Risks of urban soils contaminated by heavy metals (Bojnourd city). *J North Khorasan Univer Med Sci* 2016; 7 (4): 813-27. [Farsi]

[24] Mohajer R, Salehi M, Mohammadi J. Lead and cadmium concentration in agricultural crops (Lettuce, Cabbage, Beetroot, and Onion) of Isfahan province, Iran. *Iran J Health Environ* 2014; 7 (1): 1-10. [Farsi]

[25] Salehipour Baversad M, Ghorbani M, Afyuni M, KheirAbadi H. The potential risk assessment of heavy metals on human health in some agricultural products in Isfahan province. *J Water Soil Sci* 2014; 18 (67): 71-81. [Farsi]

[26] Barin M, Chavoshi E. Risk assessment of zinc and copper exposure in rice, wheat and soil around Irankooh mine in Isfahan. *J Soil Manage Sustain Product* 2017; 7 (2): 211-22. [Farsi]

[27] Kolahkaj M, Battaleblooie S, Amanipoor H, Modabberi S. Study of arsenic accumulation

producing ecosystem. *J Health Res Communt* 2017; 3 (2): 1-16.

[18] Tabarteh Farahani N, Baghaie AH. Effect of enriched cow manure with converter sludge on Fe bio-availability in a lead polluted soil. *J Water Soil Conserv* 2017; 24 (1): 205-20. [Farsi]

[19] Salmanzadeh M, Saeedi M, Nabi Bidhendi G. Heavy metals pollution in street dusts of tehran and their ecological risk assessment. *J Environl Study* 2012; 38 (1): 9-18.

[20] Zhong W, Zhang Y, Wu Z, Yang R, Chen X, Yang J, et al. Health risk assessment of heavy metals in freshwater fish in the central and eastern North China. *Ecotox Environ Safe* 2018; 157 (4): 343-49.

[21] Baghaie A, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, Schulin R. The role of organic and inorganic fractions of cow manure and biosolids on lead sorption. *Soil Sci Plant Nutr* 2011; 57 (1): 11-8.

[22] Baghaie A, Khoshgoftarmanesh A, Afyuni M. Crop effects on lead fractionation in a soil treated with lead organic and inorganic

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

in rice and its exposure dose in residents of Meydavood Area, Khoozestan Province. *Iran J Health Environ* 2017; 9(4): 537-44. [Farsi]

[28] Olawoyin R, Schweitzer L, Zhang K, Okareh O, Slates K. Index analysis and human health risk model application for evaluating ambient air-heavy metal contamination in chemical valley Sarnia. *Ecotox Environ Safe* 148 (2): 72-81.

[29] Shi P, Xiao J, Wang Y, Chen L. Assessment of ecological and human health risks of heavy metal contamination in agriculture soils disturbed by pipeline construction. *Int J Environ Res Public Health* 11(3): 2504-20. [Farsi]

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]

Evaluation of Lead and Cadmium Concentration of Arak City Soil and Their Non-Cancer Risk Assessment in 2017

A.H. Baghaie[1], F. Aghili[2]

Received: 21/04/2018 Sent for Revision: 16/09/2018 Received Revised Manuscript: 17/09/2018 Accepted: 18/09/2018

Background and Objectives: Lead (Pb) and cadmium (Cd) are heavy metals that are dangerous for human health. This research was done to evaluate the Pb and Cd concentration of Arak city soil and assess their non-cancer risk in 2017.

Materials and Methods: This descriptive study was carried out in 2017 with sampling of five stations in different parts of Arak city and from each station 12 samples were prepared and the mean of soil Pb and Cd concentration was determined using atomic absorption spectroscopy. Additionally, non-cancer risk of heavy metals sorption in surface soils via inhalation pathways for children and adults were evaluated using the method suggested by EPA (the United States Environmental Protection Agency). Data were analyzed using descriptive tests.

Results: The greatest risk of non-cancer disease from Pb and Cd respiration belonged to Arak terminal station with the amount of 9.6 and 3.4, respectively. In Sardaran and Shohada square, the risk of non-cancers disease via inhalation pathway was greater than one. The results of heavy metal geochemical deposit value were also confirming this matter clearly.

Conclusion: The results of this research showed that soil pollution with heavy metals can enter heavy metals to human body via inhalation pathway in the long term. However, the type and amount of pollutant and geographic location are of high significance.

Key words: Non-cancer risk, Cadmium, Lead, Soil, Arak

Funding: This research was funded by Islamic Azad University, Arak Branch

Conflict of interest: None declared

Ethical approval: The Ethics Committee of Islamic Azad University, Arak branch approved the study (IR.IAU.ARAK.REC.1397.55)

How to cite this article: Baghaie AH, Aghili F. Evaluation of the Lead and Cadmium Concentration of Arak City Soil and Their Non-Cancer Risk Assessment in 2017. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2018; 17 (8): 769-80. [Farsi]

1- Dept. of Soil-Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. ORCID: 0000-0002-8936-1202
(Corresponding Author) Tel: (086) 34132451, Fax: (086) 34132279, E-mail: a-baghaie@iau-arak.ac.ir
2- Young Researchers and Elite Club, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran. ORCID: 0000-0002-9451-7638

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1397.17.8.6.9]