

Evaluation of Pollution and Health Hazards of some Heavy Metals in Dust in the Center of Zanjan City

Behnam Pardakhti¹, Hosein Pirkharrati², Farrokh Asadzadeh^{3*}

(Received: April 2022 Accepted: May 2023)

Abstract

In Recent decades, pollutions of industrial Sources are considered as the main cause of environmental degradation. Therefore, the purpose of this study was to investigate the pollution and pathogenicity of lead, zinc, cadmium and arsenic in the dust of Zanjan City, Iran, which is surrounded by smelting and refining industries of heavy metals. Dust samples were taken from 5 areas in center of Zanjan city and after preparing the samples, they were injected into ICP-MS. The results of heavy metal concentrations were evaluated using pollution, ecological risk and carcinogenic and non-carcinogenic indicators. In spring was especially unfavorable in terms of zinc concentration (0.003 mg kg^{-1}) and then lead ($4 \times 10^{-4} \text{ mg kg}^{-1}$) and cadmium ($5 \times 10^{-6} \text{ mg kg}^{-1}$) and in winter, the concentration of arsenic ($4 \times 10^{-5} \text{ mg kg}^{-1}$) was higher. In spring, arsenic (19.6) and zinc (12) showed more enrichment and in general, arsenic enrichment index (annual average of 11.8) showed the highest enrichment. In all seasons, cadmium and lead were moderately enriched. The degree of pollution was high in spring (4.1) and in other seasons was low to moderate. Children at risk of carcinogenicity were (1.4×10^{-6}) more than adults. In particular, the risk of swallowing contaminated particles was higher. The results obtained from the indicators of pollution and health hazards showed that the source of pollution of the studied metals is anthropogenic activities such as industrial activities around the city of Zanjan, traffic, industrial facilities and burning fossil fuels.

Keywords: Carcinogenic risk, Dust, Heavy metals, Zanjan

Pardakhti B., Pirkharrati H., Asadzadeh F. 2024. Evaluation of pollution and health hazards of some heavy metals in dust in the Center of Zanjan city. *Applied Soil Research*, 12(2): 18-30.

1.Ph.D. student in Environmental Geology, Department of Geology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran

2.Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran

3.Associate Professor, of Soil Science, Department of Soil Science, Urmia University, Urmia, Iran

*Corresponding Author: f.asadzadeh@urmia.ac.ir

ارزیابی آلاینده‌گی و خطرات سلامتی برخی از فلزات سنگین در گرد و غبار مرکز شهر زنجان

بهنام پرداختی^۱، حسین پیرخراطی^۲، فرخ اسدزاده^{۳*}

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰)

چکیده

در دهه‌های اخیر آلودگی با منشأ صنعتی به عنوان اصلی‌ترین عامل تخریب محیط زیست محسوب می‌شود. به همین منظور هدف از این مطالعه، بررسی آلاینده‌گی و خطرات سلامتی فلزات سنگین سرب، روی، کادمیوم و آرسنیک در گرد و غبار شهر زنجان که با صنایع ذوب و پالایش فلزات سنگین احاطه شده، می‌باشد. نمونه‌برداری از گرد و غبار ۵ ناحیه از مرکز شهر زنجان صورت گرفت و پس از آماده سازی نمونه‌ها به دستگاه ICP-MS تزریق شد. نتایج غلظت فلزات سنگین با استفاده از شاخص - های آلودگی، ریسک اکولوژیک و شاخص‌های سرطانزایی و غیر سرطانزایی مورد ارزیابی قرار گرفت. فصل بهار بخصوص از منظر غلظت روی (0.003 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سپس سرب (4×10^{-4} میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (6×10^{-5} میلی‌گرم بر کیلوگرم) در وضعیت نامطلوبی قرار داشت و در فصل زمستان غلظت آرسنیک (4×10^{-5} میلی‌گرم بر کیلوگرم) بالاتر بود. در فصل بهار آرسنیک ($19/6$) و روی (12) غنی‌شدگی بیشتری نشان داده و در مجموع شاخص غنی‌شدگی آرسنیک (میانگین سالانه $11/8$) بالاترین غنی‌شدگی را نشان داد. در تمام فصول، کادمیوم و سرب غنی‌شدگی کم تا متوسط داشتند. شاخص درجه‌ی آلودگی در فصل بهار بالا ($4/1$) و در سایر فصل‌ها در وضعیت کم تا متوسط آلودگی قرار داشت. کودکان با خطر سرطانزایی $1/4 \times 10^{-6}$ بیشتر از بزرگسالان در معرض خطر بودند. بخصوص خطر بلع ذرات آلوده به روی بالاتر بود. نتایج بدست آمده از شاخص‌های آلودگی و خطرات سلامتی، نشان داد که منبع آلودگی فلزات مورد مطالعه، فعالیت‌های انسان‌زاد از قبیل فعالیت‌های صنعتی اطراف شهر زنجان، ترافیک، تاسیسات صنعتی و سوختن سوخت‌های فسیلی است.

واژه های کلیدی: شهر زنجان، فلزات سنگین، گرد و غبار، خطر سرطانزایی

پرداختی ب، پیرخراطی ح، اسدزاده ف. ۱۴۰۳. ارزیابی آلاینده‌گی و خطرات سلامتی برخی از فلزات سنگین در گرد و غبار مرکز شهر زنجان. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۲، شماره ۲. صفحه: ۱۸-۳۰.

۱- دانشجوی دکتری زمین شناسی زیست محیطی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

۳- دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*پست الکترونیک: f.asadzadeh@urmia.ac.ir

مقدمه

امروزه یکی از مهمترین بلاهای زیست محیطی، پدیده گرد و غبار است که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان رخ می‌دهد و به عنوان یک معضل بین‌المللی شناخته شده و تأثیر بسزایی بر اکوسیستم‌های جهانی و سلامت انسان دارد (Shao *et al.*, 2011; Goudie, 2014). علاوه بر منشأ طبیعی گرد و غبار (فرسایش خاک، رسوبات جوی و غیره)، ذرات و ترکیبات تولیدشده در نتیجه‌ی فعالیت‌های انسان (همچون معدنکاری، فعالیت‌های ذوب و پالایش و خروجی‌های وابسته به این صنایع همچون دی‌اکسید مواد باطله، بکارگیری وسایل نقلیه موتوری، سوختن سوخت‌های فسیلی و غیره) در اتمسفر انتشار یافته و در اثر فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به صورت ترکیب پیچیده‌ای درآمده و دوباره در مقیاس محلی، منطقه‌ای یا جهانی به سطح زمین برمی‌گردد (Ghanavati & Nazarpour, 2018). در میان اجزای پیچیده‌ی گرد و غبار، آلودگی به فلزات سنگین به دلیل نیمه عمر بالا، عدم تجزیه پذیری، تداوم و انباشت بیولوژیکی توجهات بسیاری را در مطالعات به خود جلب کرده‌اند (Mirkazehi & Rezaee, 2019). فلزات سنگین می‌توانند، به طور مستقیم یا (استنشاق، بلع و تماس پوستی) از طریق فرونشست یا غیرمستقیم از طریق تجمع در خاک، نشست بر گیاه و در نهایت با مصرف محصولات گیاهی وارد زنجیره غذایی انسان شوند (Merrington *et al.*, 2003; Nicholson *et al.*, 2003). خطر بالقوه‌ی سلامت عمومی در خصوص فلزات سنگین به مقدار جذب آن‌ها وابسته است (Ogunbileje, *et al.*, 2013). به همین منظور محققان مطالعات بسیاری در خصوص گرد و غبار آلوده به فلزات سنگین در مناطق معدنی و صنایع ذوب و فرآوری فلزات انجام داده‌اند (Li *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2022; Aminfar *et al.*, 2020). چرا که وجود فلزات سنگین در گرد و غبار بمب زمانی شیمیایی نامیده می‌شود (Hu *et al.*, 2016). فلزات سنگین مانند روی، سرب و آرسنیک دارای اثرات سرطانزایی و غیر سرطانزایی هستند (Moradi Baseri *et al.*, 2018; Kamani *et al.*, 2017). آلاینده‌هایی که وارد بدن انسان می‌شوند، باعث اختلالات تنفسی و مشکلات عصبی شده و احتمال سرطانزایی را افزایش می‌دهند (Pascal *et al.*, 2013). در واقع فلزات سنگین به دلیل

پایدار بودن (میانگین نیمه عمر ۱۵ سال)، پس از ورود به بدن، دفع نشده و در بافت‌هایی مانند چربی، عضلات، استخوان‌ها، مفاصل رسوب و انباشته می‌شوند. این امر موجب بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن همچون اختلال در سیستم‌های کلیوی، گوارشی، قلبی-عروقی، اختلالات عصبی و سرطانزایی می‌شود. از طرفی خاصیت سمی و قابلیت تجمع زیستی فلزات سنگین در گیاهان و جانوران و ورود آنها به زنجیره غذایی، خطرهای ناشی از آنها را دو چندان کرده است و تأثیرات اکولوژیکی زیادی به وجود می‌آورد (Cervantes *et al.*, 2018). به همین منظور امروزه مطالعات بسیاری در زمینه بررسی غلظت، پراکندگی و نحوه انتشار، ارزیابی آلودگی توسط شاخص‌های زیست محیطی و خطرات سرطانزایی و غیرسرطانزایی فلزات سنگین در گرد و غبار مراکز شهری صورت گرفته است. روی و همکاران (Roy *et al.*, 2022) وضعیت آلودگی به فلزات سنگین در گرد و غبار جاده‌های شهری نواحی مختلف قاره‌ها را توسط شاخص‌های آلودگی و خطر سرطانزایی مورد مطالعه قرار دادند. عبدالعزیز و همکاران (Abdulaziz *et al.*, 2022)، به صورت متوالی داده‌های ده ساله‌ی فلزات سنگین موجود در گرد و غبار عربستان سعودی را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که غلظت آرسنیک و کادمیوم از سطح استاندارد ملی بالاتر می‌باشد. لو و همکاران (Luo *et al.*, 2022) با مطالعه‌ی خطر سرطانزایی فلزات سنگین در گرد و غبار چین به این نتیجه رسیدند که احتمال سرطانزایی فلزات سنگین برای بزرگسالان و کودکان بالا می‌باشد و خطر برای کودکان بیشتر از بزرگسالان است. البراهیمیوک و همکاران (Ibrahimović *et al.*, 2022)، در مورد فلزات سنگین موجود در گرد و غبار بوسنی و هرزگوین، بلعیدن را عامل اصلی قرار گیری در معرض خطر عنوان نمودند. علیپور و همکاران (Alipour *et al.*, 2022) گرد و غبار منطقه کوه‌دشت استان لرستان را مورد بررسی قرار داده و براساس نتایج آنان عامل غنی‌شدگی، منشأ فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در نتیجه‌ی فعالیت‌های انسانزاد می‌باشد.

با توجه به مطالب فوق الذکر و اهمیت زیست محیطی این مسئله، لزوم بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار شهر زنجان احساس شده است. چرا که شهرک صنعتی تخصصی روی با دارا بودن حدود ۵۰ واحد

ثبت زمان نمونه برداری در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از گازمتر استفاده گردیده است که دقت بالاتری دارد. تمامی گازمترها کالیبره می‌باشند و در هر مقاطع زمانی توسط روش بورت حباب صابون و گازمتر، کالیبره می‌گردند. ارتفاع نمونه‌برداری ۳ متری بالای سطح زمین صورت گرفته است. فیلترهای مورد استفاده در این پژوهش فیلتر غشایی (MCE¹)، (با منفذهای ۰/۴۵ میکرون آ) می‌باشد. یک سمت فیلتر صاف و سمت دیگر مات و زبر است برای نمونه برداری از ایالیف سطح صاف آن روبروی جریان هوا قرار می‌گیرد. بعد از انجام نمونه برداری و توزین فیلترها جهت به دست آوردن اختلاف وزن فیلتر قبل و بعد از نمونه برداری، هضم فیلترهای حاوی گرد و غبار مطابق دستور العمل صورت پذیرفت. در این روش اسید کلریدریک و اسید نیتریک با مقدار مساوی با هم مخلوط شده و خنک شدند. سپس از سرنگ سر فیلتردار ۰/۴ میکرونی عبور داده شد. نمونه‌های جمع آوری شده درون بشر قرار داده شده و اسید آماده شده روی آن‌ها ریخته شد. روی بشر با شیشه ساعت پوشانده شده و به مدت نیم ساعت به نحوی حرارت داده شدند که نمونه‌ها خشک نگردند، سپس بشر را خنک شده و دیواره های بشر با حدود ۱۰ سیسی آب مقطر شستشو داده شد و پس از نیم ساعت محتویات بشر به لوله فالكون منتقل شد. حدود ۱۰ سی سی نمونه فیلتر شده را با ۱۰ سی سی محلول اسید کلریدریک ۸ درصد و اسید نیتریک ۳ درصد به حجم ۲۰ سی سی رسانیده و این محلول برای سنجش میزان فلز مورد استفاده قرار گرفت (Abedini, 2016). به منظور تجزیه عناصر سنگین به آزمایشگاه زر آزما واقع در تهران انتقال داده و با استفاده از دستگاه طیف سنجی پلاسمای جفت شده القایی^۳ (ICP-MS) آنالیز شدند. کلیه مواد شیمیایی مصرفی برای هضم کامل نمونه‌ها و یا مواد شیمیایی استفاده شده از مواد با درجه خلوص و رتبه آزمایشگاهی بالا و دارای کیفیت آزمایشگاهی مرک (Merk) آلمان انتخاب شدند. برای آماده سازی محلول‌های مورد نیاز از آب مقطر استفاده شد. برای جلوگیری از آلودگی نمونه، تمام ظروف مورد استفاده در مراحل مختلف آنالیزهای تفکیک شیمیایی ابتدا توسط آب مقطر شسته شده و سپس به مدت ۱۴

استحصال و تولید شمش روی در جنوب غربی شهر زنجان فعالیت می‌نماید. علاوه بر این، شرکت ملی سرب و روی ایران و شرکت کالسیمین در شرق و شرکت‌های روئین کار شمس، شمش سازان و پارس روی در غرب شهر زنجان در حال فعالیت می‌باشند. یکی از بزرگترین مشکلات محیط زیستی که فعالیت این شهرک‌های صنعتی موجب گردیده، دپوی بیش از ۸ میلیون تن پسماند ویژه (سمی و خطرناک) در ۵ کیلومتری شهر زنجان می‌باشد. بنابراین، مطالعه بر روی ویژگی‌های آلودگی گرد و غبار سطح شهری نه تنها از جنبه‌های مهم ارزیابی کیفیت محیط شهری، بلکه از اهمیت زیادی برای سلامت انسان برخوردار است (Moradi Baseri et al., 2018). با توجه به ورود روزانه هزاران تن ماده معدنی حاوی مقادیر بالایی از سرب و روی و دپوی پسماند حاصله در اطراف شهر زنجان، هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی آلاینده‌گی، ریسک اکولوژیکی و خطرات سلامتی فلزات سنگین روی، آرسنیک، سرب و کادمیوم در گرد و غبار شهر زنجان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مطالعاتی

مرکز استان زنجان، شهر زنجان در شمال غربی ایران است. زنجان از شمال به شهرستان طارم و خلخال و میانه و از مشرق به سلطانیه و طارم و از جنوب به خدابنده و ایجرود و از غرب به شهرستان ماه‌نشان محدود است. شهرک صنعتی تخصصی روی با دارا بودن حدود ۵۰ واحد استحصال و تولید شمش روی در جنوب غربی شهر زنجان حدود ۵ کیلومتری جاده زنجان به بیجار، شهرک صنعتی تخصصی روی، شرکت ملی سرب و روی ایران و شرکت کالسیمین زنجان در ۱۰ کیلومتری شرق شهر زنجان و شرکت‌های روئین کار شمس، شمش سازان و پارس روی به ترتیب در کیلوتر ۷، ۱۶ و ۹ در غرب شهر زنجان واقع شده‌اند.

نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها

به منظور نمونه برداری گرد و غبار از مرکز شهر زنجان، ۵ ایستگاه شامل ایستگاه خیام (KHY)، ساختمان مدیریت و برنامه ریزی (MOD)، شهرک کارمندان (KAR)، انصاریه (ANS)، دروازه ارک (ARK) نمونه برداری ۷۲ ساعته ماهانه در دو نوبت و به مدت یک سال (برای هر چهار فصل) صورت گرفت. با توجه به احتمال قطعی برق و عدم

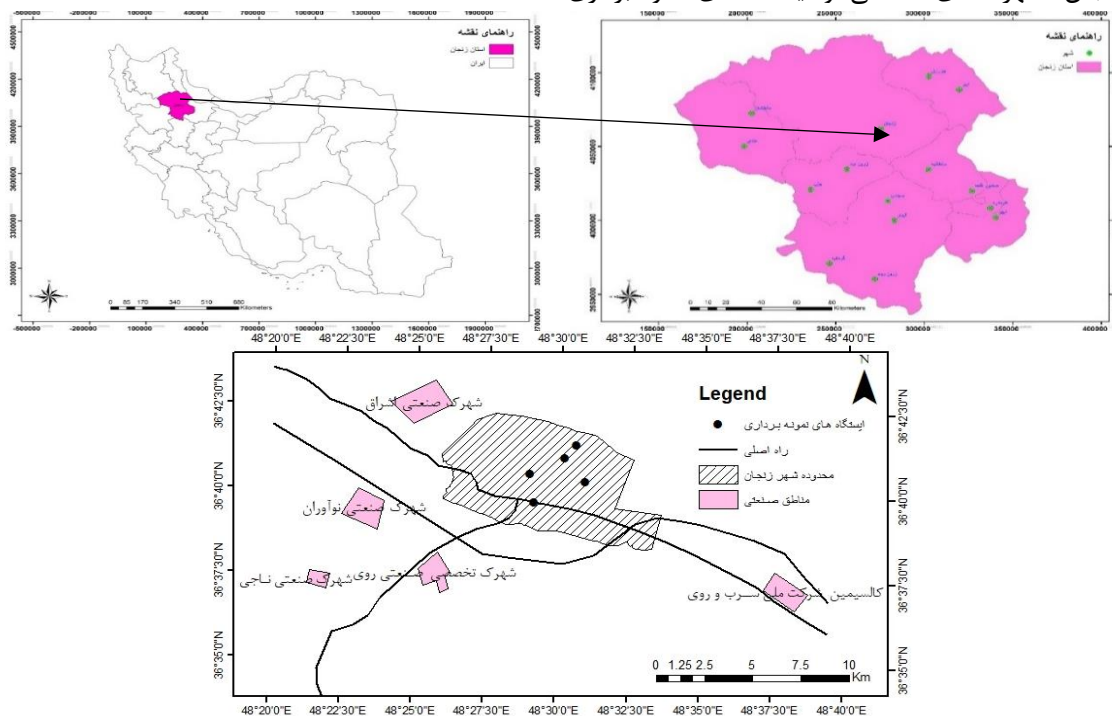
1 Membrans Mixed Cellulose Ester

2 Pore Size 0.45

3 Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

گرد و غبار در مرکز شهر زنجان ارائه شده است. بررسی توزیع زمانی آلاینده‌گی فلزات سنگین از شاخص‌های میانگین، ضریب تغییرات از نرم افزار SPSS 26 استفاده شد. همچنین برای رسم نمودارها از EXCEL, 2019 و برای تهیه نقشه‌ها از Arc-GIS 10.8.1 و برای میان‌یابی از روش وزن دهی عکس فاصله استفاده شد.

ساعت در اسید نیتریک مرک ۴ مولار قرار داده، و در نهایت دوباره توسط آب مقطر دوبار تقطیر شسته شدند. هر نمونه سه بار توسط دستگاه اندازه‌گیری شده و انحراف معیار نسبی تمامی نمونه‌ها زیر ۵٪ بود. یکی از محاسن اصلی روش ICP-MS امکان آنالیز نمونه‌های با وزن کمتر از ۰/۲ گرم خواهد بود. در شکل ۱، موقعیت شهر زنجان، شهرک‌های صنعتی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرک‌های صنعتی، ایستگاه‌های نمونه‌برداری گرد و غبار در مرکز شهر زنجان

Figure 1. Geographical location of industrial Cities, dust sampling stations in the centre of Zanjan city

دارد. شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک ($PERI^3$)، برای ارزیابی خطرات بالقوه زیست محیطی فلزات در خاک استفاده شده است. فاکتور سمیت بیولوژیکی برای عناصر سرب، کادمیوم، آرسنیک و روی به ترتیب ۵، ۲، ۱۰ و ۵ می‌باشند. در جدول ۱ روابط ۱ تا ۳ فرمول‌های شاخص-های ارائه شده می‌باشد.

ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین

در این مطالعه روش ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین معرفی شده توسط USEPA⁴ بکار گرفته شد. از سیستم اطلاعات ارزیابی خطر، مطالعات کموندا و همکاران (Kamunda *et al.*, 2016)، چونوخو و همکاران (Chonokhuu *et al.*, 2019) و داوطلب نظام و همکاران (Davtalabnezam *et al.*, 2016) جهت تهیه داده‌های

محاسبه شاخص‌های آلودگی

فاکتور غنی‌شدگی Ef^1 ، برای کمی‌سازی آلودگی فلزات سنگین در نتیجه تأثیر فعالیت‌هایی آنتروپوژنیک بکار گرفته می‌شود. جدیدترین رده‌بندی Ef توسط چن و همکاران (Chen *et al.*, 2007) ارائه شده است. ابراهیم و پارکر (Abraham & Parker, 2008)، فرمول اصلاح شده‌ای را از فرمول ارائه شده توسط هکانسون (Hakanson, 1980) به عنوان فرمول درجه‌ی آلودگی اصلاح شده (mCd^2) برای تعیین کل مقدار آلودگی منطقه‌ی نمونه‌برداری شده، معرفی نمودند. یک ویژگی ذاتی محاسبه mCd این مورد است که مقدار متوسط کلی را برای طیف وسیعی از آلاینده‌ها را مشخص نموده و مانند هر روش میانگین‌گیری دیگری در ارزیابی نهایی با دقت بیشتری کاربرد

3 Potential Ecological Index Risk

4 Environmental Protection Agency of the United States

1 Enrichment Factor

2 modified Contamination degree

مربوط به محاسبه‌ی ارزیابی خطر سرطانزایی بکار گرفته شد. میزان در معرض قرارگیری^۱: میانگین مصرف روزانه^۲ (ADD) (mg/kg/day) از سه مسیر در معرض قرار گیری بلع (Ingestion:ing)، تماس پوستی (Dermal:derm) و تنفس (inhalation:inh) در روابط ۴ تا ۶ آورده شده است.

رابطه ۴

$$ADD_{ing} = c \times R_{ing} \times CF \times ED \times EF / BW \times AT$$

رابطه ۵

$$ADD_{inh} = c \times R_{inh} \times EF \times ED / BW \times AT \times PEF$$

رابطه ۶

$$ADD_{derm} = c \times SA \times FE \times EF \times ABS \times ED \times AF \times CF / BW \times AT$$

ارزیابی خطر غیر سرطانزایی: به منظور تخمین خطر سلامتی بلع، جذب پوستی و تنفس ذرات خاک برای انسان از ضریب خطر^۳ استفاده می‌شود. HQ یک مقیاس بی بعد است و از تقسیم میانگین دوز مصرف روزانه بر دوز مرجع^۴ (RfD) هر فلز سنگین محاسبه می‌شود (رابطه‌ی ۷). رده بندی مقادیر HQ بدین صورت است که اگر مقادیر HQ کمتر از یک محاسبه شود، فلزات سنگین هیچ گونه اثر منفی روی سلامتی ندارند. در حالی که مقادیر HQ بالاتر از ۱ نشان دهنده‌ی تأثیرات منفی روی سلامتی می باشد.

رابطه‌ی ۷

$$HQ = \frac{ADI}{RfD}$$

ارزیابی خطر سرطانزایی: سرطان زایی، افزایش احتمال خطر ابتلا به سرطان در طول زندگی یک فرد در نتیجه‌ی قرار گرفتن در معرض عوامل سرطان‌زا می‌باشد. فرمول محاسبه خطر ابتلا به سرطان در طول زندگی در معادله‌ی ۸ ارائه شده است.

رابطه‌ی ۸

$$Risk_{pathway} = \sum_{k=1}^n ADD_k \times CSF_k$$

رابطه ۹

$$Risk_{total} = Risk_{(ing)} + Risk_{(inh)} + Risk_{(dermal)}$$

خطر یک شاخص بدون واحد می‌باشد.

مصرف روزانه و فاکتور شیب سرطان ۵ برای Kآمین فلز سنگین می‌باشد. در نهایت خطر سرطان‌زایی (Risk (Total) با تجمیع خطر در مسیرهای در معرض قرار گیری طبق معادله‌ی ۹ محاسبه می‌شود. رابطه‌ی ۹ در این مطالعه Risk (ing), Risk (inh), Risk (dermal) و Risk (Total) بدین ترتیب در معرض قرار گیری از طریق تنفس، بلع و جذب پوستی ذرات آلوده می‌باشد. رده‌بندی Risk (Total) بدین صورت است که اگر مقدار Risk < ۱۰-۶ باشد، خطر سرطان‌زایی قابل چشم پوشی و در صورتی Risk > ۱۰-۴ که باشد، احتمال خطر زیاد و در بین این دو مقدار، خطر در رده‌ی متوسط و تا حدودی قابل قبول می‌باشد.

نتایج و بحث

بررسی غلظت فلزات سنگین سرب (Pb)، روی (Zn)، کادمیوم (Cd) و آرسنیک (As) در گرد و غبار مرکز شهر زنجان برای هر چهار فصل به صورت درصد فراوانی در شکل ۲ ارائه شده است. در میان عناصر در مجموع روی (با میانگین ۰/۰۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم) در گرد و غبار مرکز شهر زنجان غلظت بالاتری نسبت به سایر عناصر نشان می‌دهد. همچنین در فصل بهار غلظت بالاتری از روی (۰/۰۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم) در منطقه وجود دارد. بالا بودن غلظت روی در ذرات گرد و غبار نشان دهنده‌ی افزایش احتمال و تسهیل ورود روی به سامانه‌ی زیستی انسان، به ویژه مجاری ریوی می‌باشد. سپس سرب (۴-۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (۵-۱۰×۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم) غلظت بالاتری را نشان می‌دهند. فلز آرسنیک (۵-۱۰×۲ میلی گرم بر کیلوگرم) در فصل بهار غلظت پایینتری دارد. فصل تابستان (با میانگین ۰/۰۰۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم) نیز به مشابه بهار می‌باشد، با این تفاوت که مقدار غلظت فلزات سنگین کمتر شده است.

جدول ۱- شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین

Table 1. heavy metal pollution indices

رده‌بندی	فرمول		
<p>$Ef < 1$: غنی شدگی وجود ندارد، $1 < Ef < 3$ غنی شدگی کم، $3 < Ef < 5$ غنی شدگی متوسط، $5 < Ef < 10$ غنی شدگی متوسط تا شدید، $10 < Ef < 25$ غنی شدگی شدید، $25 < Ef < 50$ غنی شدگی خیلی شدید و $Ef > 50$ غنی شدگی بی نهایت شدید</p> <p>$mCd \leq 1/5$ درجه‌ی بسیار پایین آلودگی، $1/5 \leq mCd < 2$ درجه پایین آلودگی، $2 \leq mCd < 4$ درجه متوسط آلودگی، $4 \leq mCd < 8$ درجه بالا آلودگی، $8 \leq mCd < 16$ درجه بسیار بالا آلودگی، $16 \leq mCd < 32$ درجه به شدت آلوده، $mCd \geq 32$ درجه به آلودگی بی نهایت شدید.</p> <p>$RI < 65$ سطح ریسک کم، $65 \leq RI \leq 130$ متوسط، $130 \leq RI \leq 260$ قابل توجه، $RI \geq 260$ ریسک زیاد.</p>	$EF = (C_X^i/R_S)/(C_B^i/R_B)$	Ef	1
<p>$mCd \leq 1/5$ درجه‌ی بسیار پایین آلودگی، $1/5 \leq mCd < 2$ درجه پایین آلودگی، $2 \leq mCd < 4$ درجه متوسط آلودگی، $4 \leq mCd < 8$ درجه بالا آلودگی، $8 \leq mCd < 16$ درجه بسیار بالا آلودگی، $16 \leq mCd < 32$ درجه به شدت آلوده، $mCd \geq 32$ درجه به آلودگی بی نهایت شدید.</p>	$mCd = (\sum_{i=1}^n C_X^i/C_B^i)/n$	mCd	2
<p>$RI < 65$ سطح ریسک کم، $65 \leq RI \leq 130$ متوسط، $130 \leq RI \leq 260$ قابل توجه، $RI \geq 260$ ریسک زیاد.</p>	$PERI = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n C_f^i \times T_r^i$	PERI	3

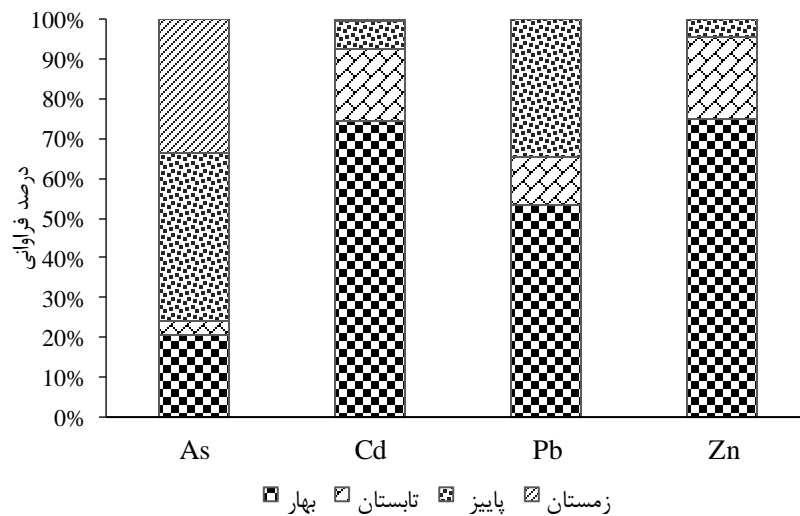
در روابط فوق R_S و R_B مقدار عنصر مرجع در نمونه‌ی خاک و در نمونه‌ی مرجع، C_X^i و C_B^i غلظت فلز در خاک نمونه و مرجع، C_f^i فاکتور آلودگی (C_X^i/C_B^i) و T_r^i فاکتور سمیت بیولوژیکی و n تعداد آلاینده‌هاست.

شهر زنجان نیز بالاست. بنابراین جریان‌های جوی همچون باد، منجر به افزایش غلظت روی در گرد و غبار شهر زنجان گردیده است. علاوه بر این، روی از جمله فلزات بکار برده شده در آلیاژهای استفاده شده در وسایل نقلیه می‌باشد (Wei et al., 2010). بیشتر غلظت آرسنیک در گرد و غبار از مواد مادری می‌باشد، با این حال فعالیت‌های صنعتی فلزات، معدنکاری و احتراق سوخت‌های فسیلی از جمله منابع آرسنیک می‌باشند (Bhattacharya, 2002). منشأ کادمیوم علاوه بر اینکه از جمله فلزات همراه با روی می‌باشد، در ساخت باتری و مصالح ساختمانی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Wei et al., 2010). سرب همانند کادمیوم در مناطق معدنی از فلزات همراه با روی و کادمیوم می‌باشد، علاوه بر این، ترافیک و بکارگیری وسایل نقلیه در سطح شهرها، از جمله عمده منابع آن می‌باشد (Davashi et al., 2013). به منظور درک بهتر تغییرات مکانی فلزات سنگین در گرد و غبار به صورت سالیانه نقشه‌ی تغییرات مکانی در شکل ۳ نمایش داده می‌شود. از نظر غلظت روی و آرسنیک مشاهده می‌شود که روند تغییرات مکانی در گرد و غبار مرکز شهر زنجان مشابه می‌باشد. همچنین روند مشابهی هم در تغییرات مکانی سرب و کادمیوم مشخص شد. علیرغم این که باد غالب استان زنجان در اکثر ماه‌های سال شرقی بوده و سرعت متوسط آن ۳ متر بر ثانیه (۱۱ کیلومتر در ساعت) می‌باشد، شدیدترین بادهای معمولاً در جهت غربی و جنوب

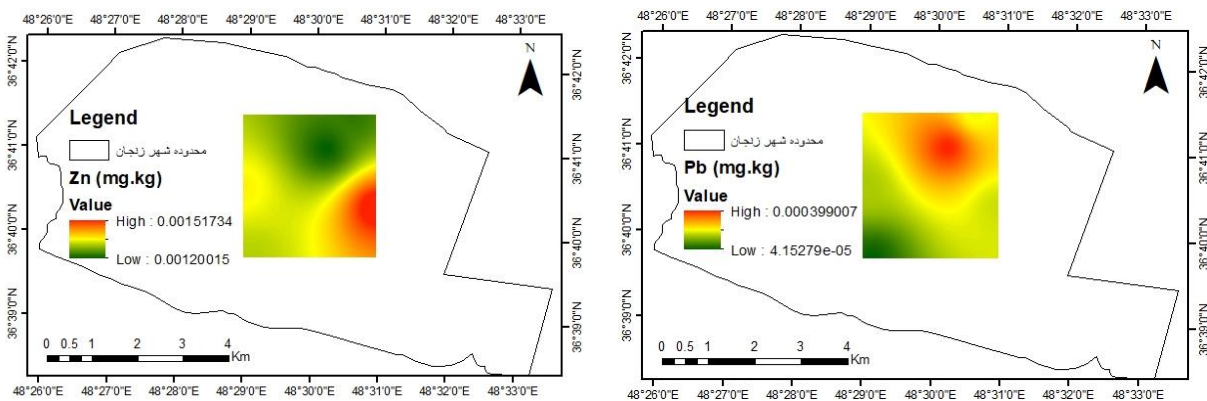
در تضاد با بهار و تابستان، در پاییز سرب (2×10^{-4} میلی گرم بر کیلوگرم) و آرسنیک (5×10^{-5} میلی گرم بر کیلوگرم) غلظت بالاتری دارند و در زمستان نیز تنها شاهد غلظت بالایی از آرسنیک (4×10^{-5} میلی گرم بر کیلوگرم) می‌باشیم. غلظت کادمیوم، سرب، روی و آرسنیک براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2000) به ترتیب 0.005 ، 0.05 ، 5 و 0.001 میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. به غیر از فصل زمستان در فصول بهار، پاییز و تابستان شاهد غلظت بالاتر از استاندارد کادمیوم هستیم. در مورد سرب و روی در بهار غلظت بالاتر از حد استاندارد می‌باشد. در حالی که آرسنیک در تمام فصول غلظت بالاتر از استاندارد را نشان می‌دهد. مطالعه‌ی صورت گرفته توسط فرهنگیان و همکاران (Farahman kia et al., 2009) مطابق با این یافته، نشان داد که غلظت روی و سرب بالاتر از کادمیوم در ذرات راسب شونده در شهر زنجان می‌باشد. همچنین نشان دادند که منابع صنعتی فلزات سنگین، منتشر کننده اصلی فلزات و ترسیب آن‌ها در ریزش‌های جوی خشک و تر می‌باشند. در مطالعه‌ی علی‌پور و همکاران (Alipour et al., 2022)، در گرد و غبار کوه‌دشت لرستان، غلظت فلز روی بالاتر از سایر فلزات سنگین بود و کادمیوم غلظت کمتری داشت. بیشتر غلظت روی در گرد و غبار مرکز شهر زنجان می‌تواند در نتیجه‌ی فعالیت‌های صنایع فلزی اطراف شهر زنجان باشد (Al-Khashman, 2007)، چرا که غلظت روی در خاک اطراف

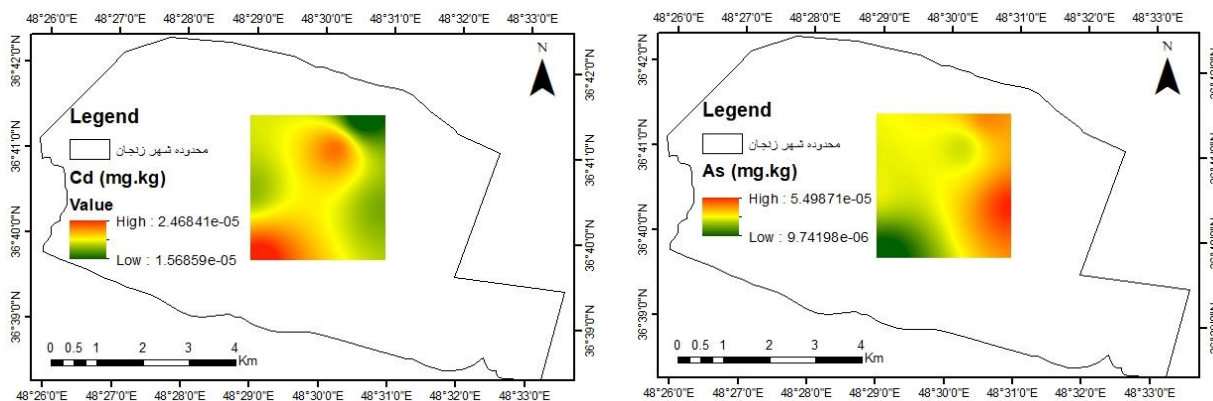
کادمیوم و سرب روند متفاوت‌تری دارند. بر همین اساس غلظت سرب و کادمیوم علاوه بر مناطق صنعتی، در نتیجه تراکم جمعیتی بالا، حجم ترافیک بالا و مراکز خرید شهری در شهر زنجان می‌باشد. مطالعه‌ی انتشار آلودگی توسط فعالیت شهرک تخصصی روی زنجان صورت گرفته توسط نور (Nour, 2015)، نشان داد که گرد و غبار منتشره از این شهرک تا ۱۲ کیلومتری پخش شده است.

غربی است. شدیدترین باد ثبت شده با سرعت ۲۷ متر بر ثانیه و از سمت جنوب غربی بوده است (Rafiei *et al.*, 2022). با توجه به فعالیت مجتمع بزرگ کالسیمین و شرکت ملی سرب روی در بخش شرقی شهر زنجان و ورود و انباشت حجم بسیار زیادی از ترکیبات حاوی فلزات سنگین در نتیجه‌ی جریان‌اتمسفری انتظار بر این بود که بالاترین غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار در اطراف این محدوده مشاهده شود. همانطور که نتیجه‌ی تغییرات مکانی روی و آرسنیک نیز نشان می‌دهد. اما نتایج



شکل ۲- نتایج ایستگاه‌های نمونه‌برداری گرد و غبار در مرکز شهر زنجان
Figure 2. Results of dust sampling stations in the center of Zanjan





شکل ۳- نقشه‌های پهنه‌بندی سالیانه فلزات سنگین در گرد و غبار شهر زنجان

Figure 3. Annual zoning maps of heavy metals in the dust of Zanjan

(۴/۱) است. در حالی که فصول تابستان و پاییز در وضعیت متوسط آلودگی و فصل زمستان بدون آلودگی می‌باشد. شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک برای ارزیابی خطرات بالقوه محیط زیستی فلزات در گرد و غبار استفاده شده است (Chabukdhara & Nema, 2013). همین روند در نتایج حاصل از شاخص PERI نیز وجود دارد. از نظر ریسک اکولوژیک منطقه در رده‌ی بدون ریسک و یا با ریسک پایین قرار دارد. در میان ایستگاه‌های نمونه برداری ایستگاه ANS، ریسک بیشتری را نشان می‌دهد. مطالعه‌ی آلودگی گرد و غبار هویزه، خوزستان به فلزات سنگین توسط شاخص‌های آلودگی نشان داد که فلزات سنگین در رده‌ی آلودگی متوسط تا بالا قرار دارند، که این امر نشان دهنده‌ی تأثیرپذیری بالای فلزات از منابع مختلف انسانزاد است (Aminfar *et al.*, 2020). بررسی شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار شهر کرمانشاه، نشان داد که منابع صنعتی، ترافیک و فرآیندهای احتراق منبع اصلی فلزات سنگین در این منطقه می‌باشد (Ahmadi Doabi *et al.*, 2016).

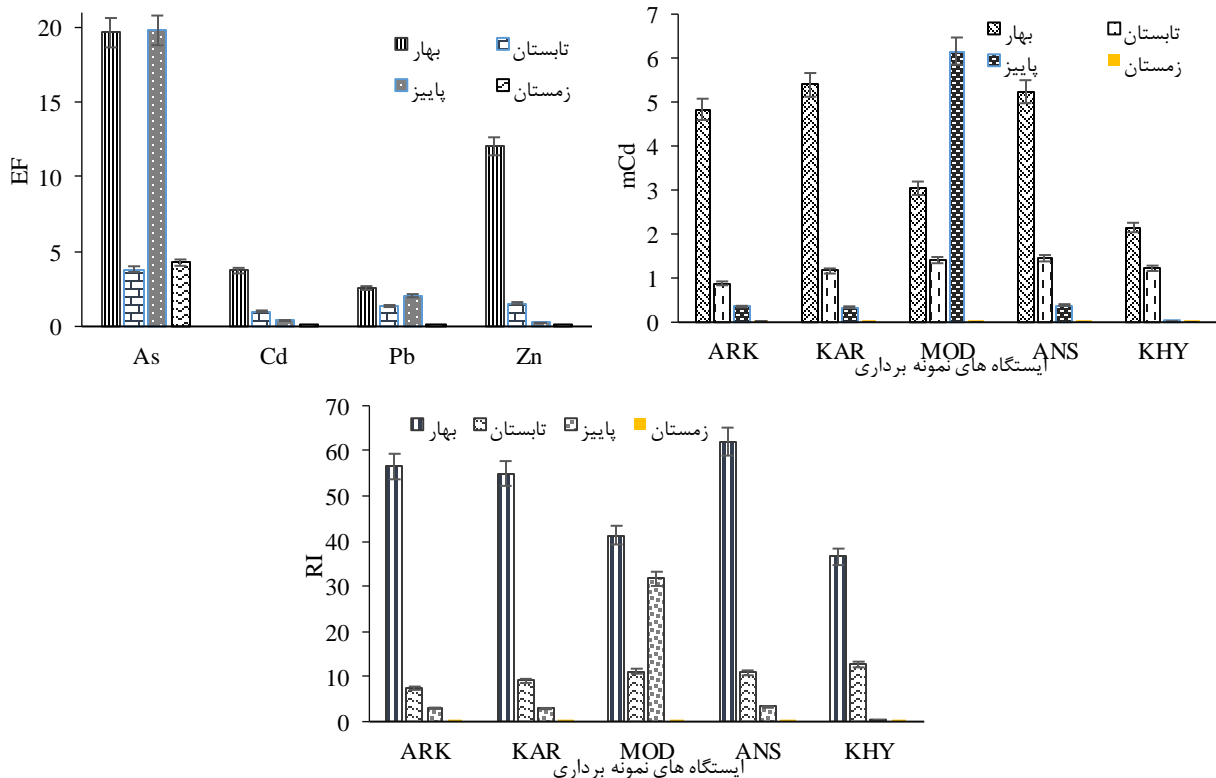
در شکل ۵ نتایج حاصل از ارزیابی خطر سرطانزایی فلزات سنگین در گرد و غبار مرکز شهر زنجان در کودکان (تا ۶ سال) و بزرگسالان (بیش از ۶ سال) ارائه شده است. براین اساس در مجموع، کودکان (5×10^{-7}) بیش از بزرگسالان (2×10^{-7}) در معرض خطر سرطانزایی فلزات سنگین می‌باشند. روی ($1/4 \times 10^{-6}$) و سپس سرب ($1/1 \times 10^{-6}$) خطر سرطانزایی بالایی دارند. روی در رده‌ی متوسط سرطانزایی قرار دارد و سایر فلزات سنگین در وضعیت فاقد خطر سرطانزایی می‌باشند. خطر سرطانزایی در نتیجه‌ی بلع ذرات آلوده بالاست. شاخص خطر غیرسرطانزایی برای

در شکل ۴ نتایج حاصل از شاخص‌های آلودگی برای گرد و غبار مرکز شهر زنجان ارائه شده است. از میان فلزات سنگین مورد مطالعه، آرسنیک میانگین فاکتور غنی‌شدگی (۱۱/۸) سالانه‌ی بالاتری دارد. بخصوص در فصل بهار با شاخص ۱۹/۶، آرسنیک غنی‌شدگی بیشتری نشان می‌دهد. پس از آن در بهار، روی با شاخص ۱۲، سرب و کادمیوم نیز به ترتیب با شاخص ۳/۷ و ۲/۵ غنی‌شدگی نشان دادند. غنی‌شدگی روی، سرب و کادمیوم برای تابستان با میانگین ۱/۵ می‌باشد که نشان دهنده‌ی کاهش آن نسبت به بهار است. برای این سه فلز، در فصول پاییز (۰/۸) و زمستان (۰/۰۰۹) این روند کاهش فلزات ادامه دارد. روند تغییرات فاکتور غنی‌شدگی آرسنیک نشان می‌دهد که برای فصول بهار و پاییز (۱۹/۸) بالا و برای فصول تابستان (۳/۸) و زمستان (۲/۴) پایین می‌باشد. در میان فصل‌ها، بهار میانگین فاکتور غنی‌شدگی (۹/۵) بالاتری نشان می‌دهد. پس از آن، پاییز با میانگین ۵/۶ مقدار بالاتری دارد. فاکتور غنی‌شدگی بالاتر از ۱/۵ نشان دهنده‌ی این است که فعالیت‌های انسانی در غنی‌شدگی آن فلز نقش دارد (Wei *et al.*, 2010). بنابراین روی و آرسنیک بیشتر از سایر فلزات سنگین تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی بخصوص در فصل بهار و پاییز در منطقه می‌باشند. از منظر رده‌بندی فاکتور غنی‌شدگی، آرسنیک در وضعیت غنی‌شدگی شدید تا بسیار شدید و روی در وضعیت غنی‌شدگی متوسط قرار دارد.

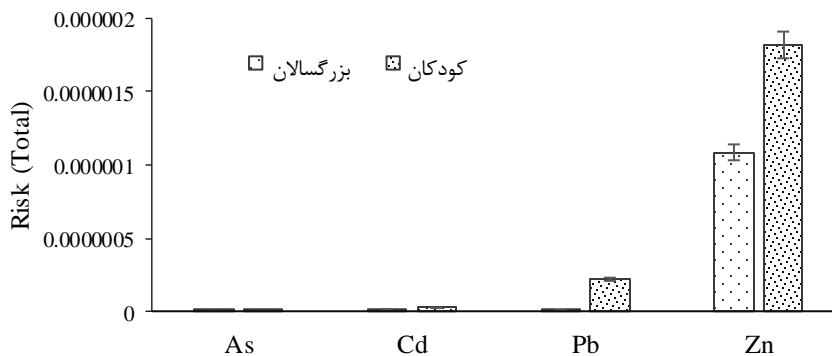
شاخص mCd در گروه شاخص‌های ترکیبی می‌باشند و برای بیان آلودگی بیش از یک فلز بکار می‌رود (Qingjie *et al.*, 2008). همچنین این شاخص برای بیان کیفیت کلی محیط بکار می‌رود (Cheng *et al.*, 2007). نتایج حاصل از این شاخص، درجه‌ی آلودگی بالا برای فصل بهار

داده می‌شود، بیشتر از ۱ بود. نتایج کلی نشان می‌دهد که در همه مکان‌های بررسی‌شده، اثرات نامطلوب سلامتی برای جمعیت در معرض خطر وجود دارد. طبق مطالعات انجام شده کودکان بیشتر در معرض آلودگی به فلزات سنگین هستند. این افراد به صورت غیرعمدی مقادیر قابل توجهی از گرد و غبار را از طریق فرو بردن دست در دهان وارد بدن خود می‌کنند و به دلیل داشتن سیستم ایمنی حساس یا ضعیف بیشتر در معرض مسمومیت با فلزات سنگین قرار می‌گیرند (Solgi & Keramaty, 2015).

فلزات سنگین در رده‌ی مطلوب قرار داشت و خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی در نتیجه‌ی حضور فلزات سنگین در گرد و غبار مرکز شهر زنجان مشاهده نشد. پژوهش هان و همکاران (Han et al., 2022)، بر روی سرطانزایی فلزات سنگین در خاک تگزاس پس از طوفان شدید هاروی، نشان داد که تخمین خطر سرطانزایی آرسنیک از طریق بلع خاک بیشتر از ۱ در ۱۰۰۰۰۰۰ بود. اگرچه میانگین سرب خاک کمتر از معیار آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده بود، اما شاخص‌های خطر برای پیامدهای غیرسرطانی، که بیشتر به سرب نسبت



شکل ۴- نتایج حاصل از شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار شهر زنجان
Figure 4. Results of heavy metal pollution indices in dust of Zanjan city



شکل ۵- ارزیابی خطر سرطانزایی فلزات سنگین موجود در گرد و غبار شهر زنجان
Figure 5. Assessing the carcinogenic risk of heavy metals in the dust of Zanjan city

نتیجه‌گیری کلی

سرب نیز، ممکن است به طور مستقیم مرتبط با انتشار از تردد وسایل نقلیه باشد.

بر اساس آمار هواشناسی میزان بارش سالیانه شهر آبادان در حدود ۲۷۰ تا ۳۲۰ میلیمتر در سال است و در بیشتر سال همراه با باد است. باد اصلی منطقه، باد شرقی است. شدیدترین بادهای معمولاً در جهت غربی و جنوب غربی است. وزش این باد باعث غبارآلوده شدن منطقه می‌گردد. در واقع نشان دهنده این موضوع هستند که باد بخصوص در فصل بهار بر توزیع و پراکنش فلزات سنگین تأثیر بسیار زیادی دارد. نتایج حاصل از ارزیابی خطر بهداشتی فلزات سنگین نشان‌دهنده آن است که خطر سرطانزایی روی و سرب بخصوص برای کودکان زمینه تهدید را فراهم نموده است. چرا که منشأ این فلزات از فعالیتهای صنعتی اطراف شهر زنجان بوده، بخصوص که بخشی از غلظت سرب نیز ناشی از فعالیتهای مرکز شهر (ترافیک، سایش لاستیک‌ها و بدنه خودرو) می‌باشد. با پیشرفت روند فعالیتهای صنعتی در منطقه، احتمال بالا رفتن سطح آلودگی به فلزات سنگین افزایش خواهد یافت و در پی آن کیفیت محیط زیست و سلامت ساکنین اطراف آن کاهش می‌یابد. بنابراین توصیه می‌شود در آینده اقدامات کنترلی در جهت کاهش انتشار فلزات سنگین به منظور بهبود وضعیت سلامتی ساکنان شهر زنجان صورت گیرد.

یدر این مطالعه به اندازه‌گیری و بررسی شاخص‌های آلودگی و اثرات سلامتی چهار فلز سمی مهم روی، آرسنیک، کادمیوم و سرب در گرد و غبار مرکز شهر زنجان که توسط صنایع ذوب و پالایش فلزات سنگین احاطه شده، پرداخته شد. مقدار میانگین سالانه فلزات سنگین در گرد و غبار مرکز شهر زنجان در فصل بهار بخصوص غلظت روی، کادمیوم و سرب بیانگر وضعیت نگران کننده-ی این عناصر می‌باشد. آلودگی به روی، کادمیوم و سرب در نمونه‌ها، دور از ذهن نیست، زیرا که بیشتر منابع این فلزات، در نتیجهی فعالیتهای صنعتی در اطراف شهر زنجان می‌باشد.

غنی شدن فلزات موجود در گرد و غبار و روند آن با توجه به فعالیتهای صنعتی در اطراف شهر زنجان و پر رفت آمد بودن مراکز نمونه‌برداری (محدوده‌ی مرکزی شهری زنجان)، دلیلی بر این است که حداقل بخشی از فلزات سنگین گرد و غبار به خصوص روی و آرسنیک از فعالیتهای انسانی منشأ گرفته‌اند. فعالیتهای انسانزاد، باعث ورود قابل توجهی از فلزات سنگین مورد مطالعه در منطقه می‌شوند و این عناصر بر سطوح ذرات ریزگردها جذب شده و در اتمسفر پراکنده می‌شوند. فعالیتهای انسان عامل اصلی بالا رفتن میزان غلظت عناصر گرد و غبار در نتیجه فرورنشست ذرات گرد و غبار است. منشأ

Reference

- Tian L., Ge B., and Li Y. 2017. Impacts of state-led and bottom-up urbanization on land use change in the peri-urban areas of Shanghai: Planned growth or uncontrolled sprawl? *Cities*, 60: 476-486.
- Tomlinson D. L., Wilson J. G., Harris C. R. and Jeffrey D. W. 1980. Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgoländer*.
- Abdulaziz M., Alshehri A., Yadav I. C., and Badri H. 2022. Pollution level and health risk assessment of heavy metals in ambient air and surface dust from Saudi Arabia: a systematic review and meta-analysis. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1-12.
- Abedini, Y. 2016. Investigation of heavy metal concentration due to activity Specialized town on the city of Zanjan.
- Abraham G. M. S., and Parker R. J. 2008. Assessment of heavy metal Enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental monitoring and assessment*, 136(1-3): 227-238.
- Ahmadi Doabi S., Afyuni M., Khademi H., and Karami M. 2016. Statistical Analysis of Heavy Metal Contamination in Atmospheric Dusts of Kermanshah Province, Iran. *Journal of Water And soil Science*, 20 (76) :29-43 (In Persion)
- Alipour H., Jalalian A., Honarjoo N., Toomanian N., Sarmadian F. 2022. Evaluation of Heavy Metal Dust Pollution and their Origin in the Atmosphere of Kuhdasht, Lorestan Province. *Journal of Water and Soil Science*; 25 (4) :147-162 (In Persion)
- Al-Khashman O. A. 2007. Determination of metal accumulation in deposited street dusts in Amman, Jordan. *Environmental Geochemistry and Health*, 29(1): 1-10.

- Aminfar R., Landi A., Hojati S. 2020. Source Identification and Distribution Mapping of some Heavy Metals in Dust Particles Collected Around the Hoveyzeh-Khorramshahr Dust Center. *Applied soil research*, 9 (4):1-14 (In Persian)
- Bhattacharya P., S. Frisbie E. Smith R. Naidu G. Jacks and B. Sarkar. 2002. Arsenic in the environment: a global perspective. In: Marcell Dekker Inc, Handbook of Heavy Metals in the Environment, New York PP. 147-215.
- Cervantes-Ramírez L. T., RamírezLópez M., Mussali-Galante P., OrtizHernández M. L., Sánchez-Salinas E., and Tovar-Sánchez E. 2018. Heavy metal biomagnification and genotoxic damage in two trophic levels exposed to mine tailings: a network theory approach. *Revista Chilena de Historia Natural*, 91(1), 6.
- Chabukdhara M., anf Nema AK. 2013. Heavy metals assessment in urban soil around industrial clusters in Ghaziabad, India: probabilistic health risk approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 87:57-6.
- Chen A., Lin C., Lu W., Wu Y., Ma Y., Li J., Zhu L. 2007. Well water contaminated by acidic mine water from the Dabaoshan Mine, South China: Chemistry and Toxicity, *Chemosphere*, Vol: 70, P: 248-255.
- Cheng J-I., Zhou S and Zhu Y.W. 2007. Assessment and mapping of environmental quality in agricultural soils of Zhejiang Province, China. *Journal of Environmental Sciences*, 19(1): 50-54.
- Chonokhuu S., Batbold C., Chuluunpurev B., Battsengel E., Dorjsuren B., & Byambaa B. 2019. Contamination and health risk assessment of heavy metals in the soil of major cities in mongolia. *International journal of environmental research and public health*, 16(14), 2552.
- Davashi L., Azimzadeh H. R., Dadfarnia S., & Daniali S. R. 2013. An investigation on soil lead pollution due to vehicle traffic in Ghamishlu Refuge. *Journal of Environmental Studies*, 39(3), 49-57.
- Davtalabnezam S., Shakeri A., Rezaei M. 2016. Pollution, origin and health risk assessment of potential elements in Shahr Park and Laleh Park in Tehran City. *Journal of Kharazmi Earth Sciences*, 2:209-226 (In Persian).
- Farahmankia Z., Mehresebi M., Sakavatjo M., Hasanalizadeh A., Ramazanzadeh Z. 2009. Investigation of heavy metals in particles deposited from the air of Zanjan . *Journal of Health and Environment*, 2(4): 240-249 (In Persian)
- Ghanavati N. and Nazarpour A. 2018. Environmental investigation of heavy metals concentration in Ahvaz city street dust, by using Geographical Information Systems (GIS). *Enviromental Studies*, 44(3): 393-410. (In Persian).
- Goudie A.S. 2014. Desert dust and human health disorders. *Environ. Int.* 63, 101–113.
- Hakanson L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. *A sedimentological approach. Water research*, 14(8): 975-1001
- Han I., Whitworth K. W., Christensen B., Afshar M., Han H. A., RammahA., and Symanski, E. 2022. Heavy metal pollution of soils and risk assessment in Houston, Texas following Hurricane Harvey. *Environmental Pollution*, 296, 118717.
- Hu B., Liu B., Zhou J., Guo J., Sun Z., Meng W., Guo X. and Duan J. 2016. Health risk assessment on heavy metals in urban street dust of Tianjin based on trapezoidal fuzzy numbers. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22: 678-692.
- Ibrahimović E., Pugonja E., Trako N., Huremović J., Selović A., Sulejmanović J., and Omanović, R. 2022. Heavy metal contamination of street dust of Canton Sarajevo, Bosnia and Herzegovina–Health risk assessment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 28(1), 100-113.
- Kamani H., Hoseini M., Safari GS, Jaafari J., Ashrafi S., and Mahvi A. 2017. Concentrations of heavy metals in surface soil of Zahedan City. *Journal of Health*, 8(2):182-90 (in Persian).
- Kamunda C., Mathuthu M., and Madhukcu M. 2016. Health risk assessment of heavy metals in soils from Witwatersrand gold mining basin, South Africa. *International journal of environmental research and public health*, 13(7): 663.
- Li D., Liu G., Li X., Li R., Wang J., & Zhao Y. 2022. Heavy Metal (loid) s Pollution of Agricultural Soils and Health Risk Assessment of Consuming Soybean and Wheat in a Typical Non-Ferrous Metal Mine Area in Northeast China. *Sustainability*, 14(5), 2953.

- Luo H., Wang Q., Guan Q., Ma Y., Ni F., Yang E., and Zhang, J. 2022. Heavy metal pollution levels, source apportionment and risk assessment in dust storms in key cities in Northwest China. *Journal of Hazardous Materials*, 422, 126878.
- Merrington G., Oliver I., Smernik R. J. and McLaughlin M. J. 2003. The influence of sewage sludge properties on sludgeborne metal availability. *Adv. Environment. Res.* 8: 21-36.
- Mirkazehi Z., and Rezaee, M. 2019. The study of Heavy Metals deposited dust binding and soil surface Khash City landfill. *Journal of Environmental Science Studies*, 4(2), 1208-1215 (In Persian)
- Moradi Baseri M., Kamani H., Ashrafi S. D., Bazrafshan E., & Kord Mostafapour F. 2018. Non-carcinogenic risk assessment of Hg and Cu in streets dusts of Zahedan city. *Iranian Journal of Health and Environment*, 11(3), 391-402 (In Persian)
- Nicholson F. A., Smith S. R., Alloway B. J., Carlton-Smith C. and Chambers B. J. 2003. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Sci. Total Environment*. 311: 205-219.
- Nour M. 2015. Study of emissions caused by the activity of a specialized town on Zanjan, Master Thesis of Zanjan University, P: 155. (In Persian)
- Ogunbileje J. O., V. M. Sadagoparamanujam J.I. Anetor E.O. Farombi O.M. Akinosun and Okorodudu A.O. 2013. Lead, mercury, cadmium, chromium, nickel, copper, zinc, calcium, iron, manganese and chromium (VI) levels in Nigeria and United States of America cement dust, *Chemosphere*, 90 (11): 2743-2749.
- Pascal M., Corso M., Chanel O., Declercq C., Badalon C., Cesaroni G., and Medina S. 2013. Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: results China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 120, 377-385.
- Rafiei B., Rahmani S., and Khodaei A. S. 2022. Spatial distribution of lead and zinc and their potential risk levels in the soils around the Ahangaran mine, Malayer, Hamedan Province. *Iranian Journal of Mining Engineering*, 17(54) (In Persian)
- Roy S., Gupta S. K., Prakash J., Habib G., and Kumar P. 2022. A global perspective of the current state of heavy metal contamination in road dust. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-22.
- Shao Y., Wyrwoll K.H., Chappell A., Huang J., Lin, Z., McTainsh G.H., Mikam, M., Tanaka T., Wang X., Yoon S. 2011. Dust cycle: an emerging core theme in Earth system science. *Aeolian Res.* 2 (4), 181-204.
- Solgi E., and Keramaty M. 2015. Assessment of health risks of urban soils contaminated by heavy metals (Bojnourd City). *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*. 7(4):813-27 (In Persian)
- Wang H., Maqbool A., Xiao X., Yang H., Bi, W., & Bian Z. 2022. Seasonal pollution and risk assessment of heavy metals in atmospheric dust from coal mining area. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-10.
- Wei B., F. Jiang X. Li and Mu S. 2010. Heavy metal induced ecological risk in the city of Urumqi, NW China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1-4): Qingjie G., Jun D., Yunchuan X., Qingfei W., & Liqiang Y. 2008. Calculating pollution indices by heavy metals in ecological geochemistry assessment and a case study in parks of Beijing. *Journal of China university of geosciences*, 19(3): 230-241.
- WHO. 2000. Air quality Guideline, Second Edition, Copenhagen, Denmark.