مقاله
پژوهشی

ارزیابی خطرات بهداشتی ناشی از فلزات سنگین در خاک شهری (شهر بجنورد)

عیسی سلگی[1*]، مرضیه کرامتی[2]

[1]استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
[2] دانش آموخته کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
[*]**نویسنده مسئول**: ملایر، گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
پست الکترونیک: e.solgi@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: *فلزات سنگین به سبب ماهیت غیر قابل تجزیه و پایداری، در اندام های حیاتی بدن انسان انباشته می شوند و منجر به اختلال‌های جدی در سلامت می‌شوند. فلزات سنگین به علت تجزیه‌ناپذیری، پایداری، انباشت در اندام‌های زنده و آسیب به سلامت موجودات زنده باید مورد توجه قرار گیرند. پژوهش حاضر برای تعیین شدت آلودگی خاک به فلزات سنگین، تشخیص مکان های با سطوح بالای آلودگی و ارزیابی ریسک بهداشتی برای کودکان ۵-۱ ساله از راه بلع خاک صورت گرفت.*

مواد و روش کار: *در این تحقیق در مجموع ۲۴ نمونه خاک سطحی از ۱۲ ایستگاه جمع‌آوری شد. غلظت فلزات سنگین (مس، روی، سرب و کادمیوم) در خاک و ویژگی‌های خاک اندازه گیری شدند. به منظور بررسی ارتباط بین فلزات سنگین و ویژگی‌های خاک از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. همچنین میزان در معرض‌گیری روزانه در کودکان ۱-۵ ساله محاسبه شد.*

یافته ها: *میانگین غلظت فلزات سنگین مس، روی، سرب و کادمیوم به ترتیب ۱۸/۲۹ ± ۴۰/۵۴، ۶۳/۲۷ ± ۱۴۸/۰۶، ۳/۶۳ ± ۹/۱۰۲۰ و ۰/۱۸ ± ۰/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. یافته‌ها همبستگی معنی‌داری بین روی- مس، مس- سرب، مس- کادمیوم، روی- سرب، روی-کادمیوم، شن- سیلت، (روی، سرب)- pH (مس، روی، سرب، کادمیوم)- هدایت‌الکتریکی نشان داد. متوسط در معرض‌گیری روزانه مس، روی، سرب و کادمیوم برای کودکان ۵-۱ ساله از طریق بلع خاک به ترتیب $۳/۱۱\times۱۰^{-۴}$، $۱۱/۳\times۱۰^{-۴}$، $۶/۹۸\times۱۰^{-۵}$ و $۱/۵۳\times۱۰^{-۶}$ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز بدست آمد.*

نتیجه گیری: *غلظت فلزات سنگین در خاک شهری بجنورد ممکن است به علت ترافیک و فعالیت‌های صنعتی باشد. همچنین با توجه به مقادیر در معرض‌گیری روزانه فلزات و مقایسه آنها با دوز مرجع RAIS آلودگی این فلزات در خاک تهدیدی برای کودکان ایجاد نمی کند. همچنین شاخص زمین انباشتگی نشان داد که خاک های شهری غیرآلوده تا متوسط آلوده هستند.*

واژه های کلیدی: *فلزات سنگین، خاک سطحی، ریسک بهداشتی، در معرض قرار گیری روزانه، شهر بجنورد*

مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی سال ۹۴؛ دوره ۷ (۴): ۸۲۷-۸۱۳
Journal of North Khorasan University of Medical sciences 2015;7(4):813-827

وصول: ۹۳/۶/۱۰
اصلاح: ۹۳/۷/۳۰
پذیرش: ۹۳/۸/۱۸

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

مقدمه

خاک شهری از مهم ترین بخش های محیط شهری است و مهم ترین منبع و مخزن فلزات سنگین و دیگر آلاینده ها در مناطق شهری است [۱،۲]. ورود بیش از حد فلزات سنگین به خاک های شهری سبب نفوذ به چرخه های زیست زمین شیمیایی در بوم سازگان های شهری شده که اثراتی چون نابودی بافت خاک، تغییر ویژگی های خاک و دیگر مشکلات محیط زیستی را به همراه خواهد داشت [۳].

خاک ها همچون ابزار تشخیص شرایط محیط زیستی استفاده می شوند که روی سلامت تأثیر دارند [۴،۵]. خاک های شهری به ندرت برای تولیدات غذایی استفاده می شوند، اما فلزات سنگین موجود در خاک های شهری ممکن است وارد زنجیره غذایی شوند و سلامت انسان ها و حیوانات را به خطر بیاندازند [۶،۵]. بنابراین، فلزات در خاک ها برای سلامت انسان ها به ویژه کودکان زیان آور است [۴، ۵، ۷، ۸]. کودکان به خاطر سیستم هضم فعال، اندازه کوچک بدن، سیستم عصبی در حال توسعه، بلع غبار، خاک و یا ذرات معلق، سیستم ایمنی ضعیف و استفاده بیش از حد از دست ها، نرخ بالایی از جذب فلزات سنگین را دارند [۹]. فلزات سنگین برای بدن انسان بسیار مضر هستند چون هیچ مکانیسم دفعی مؤثری در بدن ندارند [۱۰]. این فلزات به طور غیر مستقیم با مصرف گیاهانی که در خاک های آلوده رشد می کنند و به طور مستقیم از طریق استنشاق و مصرف آب آلوده بر سلامتی تأثیر می گذارند [۱۱]. با توجه به این که این فلزات به وسیله فرآیندهای زیستی مرسوم تجزیه نمی شوند در نتیجه با انباشت در بافت های موجودات زنده براحتی از راه زنجیره غذایی جابجا می شوند، از این رو با افزایش مقادیر آن ها در خاک در طول زمان، به طور معنی داری باعث آسیب به گیاهان می شود. مس و روی در غلظت های خیلی کم از عناصر کمیاب ضروری برای بقا زندگی گیاهی و حیوانی هستند [۱۲]. فلزات سنگین به صورت طبیعی در مواد مادری خاک وجود دارند، اما منابع اصلی انسانی فلزات در خاک و محیط زیست، معدن کاوی و ذوب فلزات، فعالیت های کشاورزی، لجن فاضلاب، احتراق سوخت های فسیلی، کارخانه ها و صنایع فلزدار، دفع زباله، استفاده و دفع مواد فلزی و الکتریکی، تولید برق، صنایع تولید مواد شیمیایی می باشد [۱۳-۱۴]. تماس با این فلزات به علت جابجایی در زنجیره غذایی به طور مزمن (تماس در طی دوره طولانی از زمان) اتفاق می افتد. ولی مسمومیت حاد از راه بلع و یا تماس پوستی با فلزات سنگین است که به ندرت اتفاق می افتد، اما احتمال آن هست [۱۵]. سرب و روی دو آلاینده اصلی منتشر شده هستند که عمدتاً از گاز اگزوزها و خط ترمزها (۷۵٪ سرب موجود در بنزین از اگزوزماشین های بنزینی خارج می شود) است، روی همچنین در لاستیک ها، روغن ها و به ویژه در گاردریل ها وجود دارد [۱۶]. به هر حال، ترمزها یک منبع مهم از مس هستند. کادمیوم از فلزات سنگینی است که به طور طبیعی در خاک وجود دارد. همچنین کادمیوم در آب کاری موتور خودرو، هواپیما، رادیو و تلویزیون استفاده می شود و سایر مصارف آن در باتری های کادمیوم و نیکل، عکاسی و در ترکیب مواد رنگی است [۱۷]. همچنین ترمز خودروها از منابع ورود مس به محیط شهری هستند. با توجه به اهمیت فلزات سنگین در خاک، از دیدگاه اثر بر سلامتی، بررسی های بسیاری در خارج کشور و تعداد کمتری در داخل کشور انجام شده است. چن[1] و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه ای با هدف ارزیابی خطر سلامت فلزات سنگین در بخش های خوراکی گیاهی و خاک ها در اطراف منطقه تولید باتری در چین انجام دادند. بر اساس یافته های به دست آمده، تقریباً ۳٪ کادمیوم در نمونه های گیاهی از حداکثر غلظت مجاز معیار سلامت غذایی تجاوز کردند، اگرچه مقادیر سرب در همه نمونه ها در حدود معیار بودند. همچنین فاکتور انتقال از خاک به گیاه وابسته به نوع گونه ی گیاهی بود [۱۸]. ژئو[2] و همکاران (۲۰۱۰) تحقیقی با هدف ارزیابی خطراکولوژیکی فلزات سنگین در خاک های مناطق شهری Nanjing انجام دادند. یافته ها نشان داد که بر اساس شاخص زمین انباشتگی و شاخص بالقوه خطر اکولوژیکی، خاک های شهری Nanjing به ندرت آلوده شدند و شاخص بالقوه ریسک اکولوژیکی به ترتیب Pb> Cu> Cr> Zn بود [۱۹].

1- Chen
2- Zhu

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

رجایی و همکاران (۱۳۹۱) تحقیقی به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین و مقایسه نتایج آن با استانداردهای ملی و جهانی و همچنین ارزیابی خطر سلامت در بیماری های سرطانزا و غیرسرطانزا، در منطقه علی آبادکتول انجام دادند. نتایج نشان داد که خطری از لحاظ بهداشتی این منطقه را تهدید نمی کند [۲۰]. با توجه به خطری که آلاینده ها به حیات موجودات زنده وارد می سازند، اطلاع کافی از نوع و میزان هر یک از آنها در محیط حائز اهمیت است. بخش اعظم شهر بجنورد نیز به لحاظ وضعیت ترافیکی، موقعیت جغرافیایی در معرض خطر آلودگی هوا، خاک و آب قرار گرفته دارد. بر همین اساس مطالعات مربوط به تعیین میزان و نوع آلاینده های ناشی از ترافیک شهری، صنعتی و غیره موجود در هوا و خاک می تواند راهگشای ارائه راه حل های عملی در جهت سالم سازی محیط زیست و حفظ سلامت انسان باشد. بنابراین اجرای یک طرح تحقیقاتی در جهت تعیین آلودگی هوا و خاک در محدوده شهر بجنورد لازم و ضروری به نظر رسید. بر این اساس پژوهش حاضر برای تعیین اندازه و شدت آلودگی خاک به وسیله فلزات، تشخیص مکان هایی با سطوح آلودگی بالا و ارزیابی خطر سلامت برای کودکان انجام شد.

روش کار

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شهر بجنورد، مرکز استان خراسان شمالی بود که در محدوده جغرافیایی طول شرقی ´۲۰ و °۵۷ و عرض شمالی ´۲۹ و °۳۷ قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰۷۰ متر می باشد. این شهر مساحتی حدود ۲۵ کیلومتر مربع و جمعیتی حدود ۲۰۷۱۹۶ (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) دارد [۲۱]. شهر بجنورد توسط شهرداری به سه منطقه (منطقه یک، منطقه دو و منطقه مهر) تقسیم شده است (شکل ۱). در این بررسی نیز این سه منطقه برای رسیدن به اهداف پژوهش در نظر گرفته شدند. برای نمونه برداری نمونه های خاک از کنار خیابان های اصلی جمع آوری شدند. نمونه های خاک در مجموع از ۱۲ ایستگاه، در هر ایستگاه دو نمونه خاک، در یک سطح ۲۰×۲۰ سانتی متری از پروفیل عمقی۲۰-۰سانتی متر به مقدار ۵۰۰-۴۰۰ گرم از هر ایستگاه برداشت شدند. و پس از برداشت در کیسه های پلاستیکی جهت انتقال به آزمایشگاه ذخیره شدند.

نمونه های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا در دمای اتاق هواخشک شدند. نمونه های خاک هوا خشک شده در دو مرحله، یک بار با الک ۲ میلی متری (برای اندازه گیری pH، Ec و اندازه ذرات) و بار دیگر با الک ۰/۱۴۹ میلی متر (برای آنالیز فلزات) الک شدند.

به منظور اندازه گیری فلزات سنگین در نمونه های خاک، ۰/۵گرم از نمونه های هوا خشک و الک شده با نسبت HCLO4:HNO3: HCL ۳:۱:۱ (۷/۵ میلی لیتر HCL، ۲/۵ میلی لیتر HNO3 و ۲/۵ میلی لیتر HCLO4) مخلوط شد و در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۶ ساعت در دستگاه هضم کننده قرار داده شدند. در پایان نمونه ها پس از صاف شدن با کاغذ واتمن ۴۲ میکرون به حجم ۲۵ میلی لیتر رسیدند. در نهایت با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Analitical Jena Conttra 700، غلظت های مس و روی به روش شعله و سرب و کادمیوم با کوره تعیین شدند [۲۲].

خاک الک شده با الک ۲ میلی متری به اندازه ۵۰ گرم وزن شد و با استفاده از روش هیدرومتری و مثلث کلاس خاک، بافت خاک تعیین شد. مواد آلی خاک نیز به روش سوزاندن در کوره (Loss On Ignition) اندازه گیری شد [۲۳]. برای این منظور نمونه های خاک خشک شده و الک شده در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۲ساعت سوزانده شدند [۲۴]. اختلاف وزن خاک ها در قبل و بعد از سوزاندن به عنوان میزان ماده آلی موجود در خاک ها مد نظر قرار گرفت.

برای اندازه گیری pH سوسپانسیونی از خاک و آب مقطر به نسبت ۱ به ۵ تهیه شد و بعد از آن با استفاده از دستگاه های pH متر و Ec متر، pH و Ec نمونه های خاک اندازه گیری شدند.

تحلیل آماری داده ها توسط نرم افزارهای SPSS 19 و excel 2010 صورت گرفت. ابتدا نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد و برای مقایسه غلظت های فلزات سنگین در مناطق سه گانه برای داده های نرمال از آزمون های ANOVA یک طرفه و برای داده های غیر نرمال از آزمون کروسکال والیس استفاده شد. برای مقایسه دو به دوی فلزات برای داده های نرمال از آزمون t و برای داده های غیر نرمال از من ویتنی یو

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

استفاده شد. همچنین برای بررسی همبستگی بین فلزات سنگین در خاک و خصوصیات خاک از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. برای خاک های آلوده، بلع مهمترین مسیر در معرض قرارگیری برای کودکان است به همین منظور در این ارزیابی تنها جذب فلزات سنگین توسط بلع خاک در نظر گرفته شد. ابتدا ریسک در معرض قرارگیری مزمن با فلزات سنگین در خاک توسط معادله ۱ محاسبه شد و سپس با مقدار جذب قابل قبول روزانه (ADI) محاسبه شد [۲۵]. نسبت در معرض قرارگیری به مقدار جذب قابل قبول روزانه به عنوان نسبت در معرض قرارگیری شخصی (IER) و نسبت خطر (HQ) شناخته می شود. ارزیابی در معرض قرارگیری برای کودکان و با استفاده از ارزش های پیش فرض ، به طریق زیر محاسبه شد:

$$intake\left(\frac{mg}{kg_{bw}}-day\right)=\frac{CS\times IR\times 10^{-6}kg/mg\times EF\times ED}{BW\times AT}$$

CS: غلظت فلزات اندازه گیری شده در خاک (میلی‌گرم/کیلوگرم)

IR: نرخ بلع (۲۰۰ میلی گرم/روز)

EF: فراوانی در معرض قرار گیری (روز/ سال=۲۱۰)

ED: مدت در معرض قرارگیری (۵ سال)

BW: وزن بدن (۱۵ کیلوگرم)

AT: متوسط دوره زمانی (۵×۳۶۵ روز)

روش های گوناگون در پژوهش های مرتبط با آلودگی خاک برای محاسبه درجه آلودگی فلزی در خاک به کار برده شده اند. در این مطالعه، از I_{geo} (شاخص تجمع زمینی[1]) که اولین بار توسط مولر[2] معرفی شد، برای ارزیابی سطوح آلودگی فلزات سنگین در نمونه های خاک استفاده شد و برای طبقه بندی آلودگی خاک به کار برده شد و به طریق زیر محاسبه شد:

$$I_{geo}=\log\frac{C_n}{1.5\,B_n}$$

که در آن C_n غلظت اندازه گیری شده (مس، روی، سرب و کادمیوم) است و B_n مقدار زمینه ژئوشیمیایی این عنصر در نمونه است. ثابت ۱/۵ برای به حداقل رساندن نوسانات احتمالی در محتوای یک ماده در محیط زیست است که ممکن است مرتبط با تأثیرات بسیار کوچک انسانی، سنگ شناسی و مواد مادری باشد. شاخص زمین تجمع به ۷ کلاس طبقه بندی شد: اگر این شاخص کوچکتر از صفر باشد در کلاس آلوده نشده قرار می گیرد، اگر بین ۱-۰ باشد در کلاس آلوده نشده به متوسط، اگر بین ۲-۱ باشد در کلاس آلوده شده متوسط، اگر بین ۳-۲ باشد در کلاس آلوده شده متوسط تا سخت، اگر بین ۴-۳ در کلاس آلوده شده سخت، اگر بین ۵-۴ باشد در کلاس آلوده شده سخت تا شدید و اگر بزرگتر از ۵ باشد در کلاس شدیداً آلوده قرار می گیرد [۲۷،۲۶].

یافته ها

نرمالیتی داده ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که تعدادی از پارامترها مثل pH، روی، سرب، غلظت مس در منطقه ۲، غلظت مس در منطقه مهر، غلظت روی در منطقه ۱، غلظت روی در منطقه ۲ و غلظت روی در منطقه مهر، غلظت سرب منطقه ۱، غلظت سرب منطقه ۲، غلظت سرب منطقه مهر، غلظت کادمیوم منطقه ۲ و غلظت کادمیوم منطقه مهر در سطح ۰/۰۱ از توزیع نرمال بر خوردار هستند و حال آنکه غلظت مس، کادمیوم، غلظت کادمیوم منطقه ۱، غلظت مس در منطقه ۱، هدایت الکتریکی و مواد آلی از توزیع نرمال بر خوردار نیستند. آماره های توصیفی خصوصیات خاک و غلظت فلزات سنگین (روی، مس، سرب و کادمیوم) در جدول ۱ آمده است.دامنه تغییرات pH از ۷/۲۵ تا ۸/۲ با میانگین ۷/۷۴۰ بود. در مورد هدایت الکتریکی در ایستگاه های نمونه برداری مقادیر پایین مشاهده شد و بیشترین مقدار هدایت الکتریکی (۱/۷۲ دسی زیمنس بر متر) مربوط به ایستگاه ۵ با ترافیک بالا (بلوار منتهی به جاده اسفراین) و کمترین مقدار آن (۰/۱۲ دسی زیمنس بر متر) مربوط به ایستگاه ۱۲ (پارک جنگلی بابا امان، در خارج از شهر) بوده است.

1-Geoaccumulation Index
2 -Muller

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

جدول ۱: آماره های توصیفی خصوصیات خاک و فلزات سنگین (میلی گرم بر کیلوگرم) در خاک در مناطق سه گانه شهر بجنورد

	تعداد	کمینه	بیشینه	میانگین	میانه	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
pH	۲۴	۷/۲۵	۸/۲	۷/۷۴	۸۱/۷	۰/۲۴۱	-۰/۱۶	-۰/۲۰
هدایت الکتریکی	۲۴	۰/۱۲	۱/۷۲	۰/۴۵	۰/۲۱	۰/۴۴۰	۲/۲۰	۳/۹۷
مواد آلی	۲۴	۴/۶۳	۱۱/۴۴	۶/۸۸	۶/۲	۱/۶۵	۱/۱۹	۱/۴۸
روی	۲۴	۴۷/۵۳	۲۷۱/۵۵	۱۴۸/۰۶	۲۲۸/۰۵	۶۳/۲۶	۰/۳۰	-۰/۷۷
مس	۲۴	۱۲/۹۵	۸۸/۴۵	۴۰/۵۴	۴۷/۶۱	۱۸/۲۸	۱/۱۵	۱/۷۳
سرب	۲۴	۱/۶۹	۱۷/۳۷	۹/۱۰	۱۲/۰۶۲	۳/۶۳	۰/۷۱	۰/۷۵
کادمیوم	۲۴	۰/۰۱	۰/۶۵	۰/۲۰	۰/۴۶	۰/۱۸	۱/۳۳	۱/۰۵

جدول ۲: ضریب همبستگی اسپیرمن بین خصوصیات فیزیکی خاک و فلزات سنگین در خاک های شهری بجنورد

	رس	سیلت	شن	pH	هدایت الکتریکی	مواد آلی	مس	روی	سرب	کادمیوم
رس	۱									
سیلت	۰/۰۱	۱								
شن	-۰/۳۱	-۰/۹۳**	۱							
pH	۰/۳۳	-۰/۱۴	۰/۰۴	۱						
هدایت الکتریکی	۰/۱۵	۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۱۳	۱					
مواد آلی	-۰/۰۳	۰/۳۱	-۰/۲۰	-۰/۱۷	۰/۰۵	۱				
مس	-۰/۲۶	-۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۱۱	۰/۴۵*	۰/۰۳	۱			
روی	-۰/۰۴	-۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۴۶*	-۰/۴۴*	-۰/۰۴	۰/۴۹*	۱		
سرب	-۰/۲۲	-۰/۲۱	۰/۲۲	-۰/۴۸*	-۰/۴۴*	-۰/۳۹	۰/۴۵*	۰/۵۵*	۱	
کادمیوم	-۰/۲۰	۰/۰۶	-۰/۰۱	۰/۲۱	-۰/۴۳*	-۰/۰۴	۰/۴۲*	۰/۷**	۰/۴۱*	۱

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار است.

*همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی دار است.

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

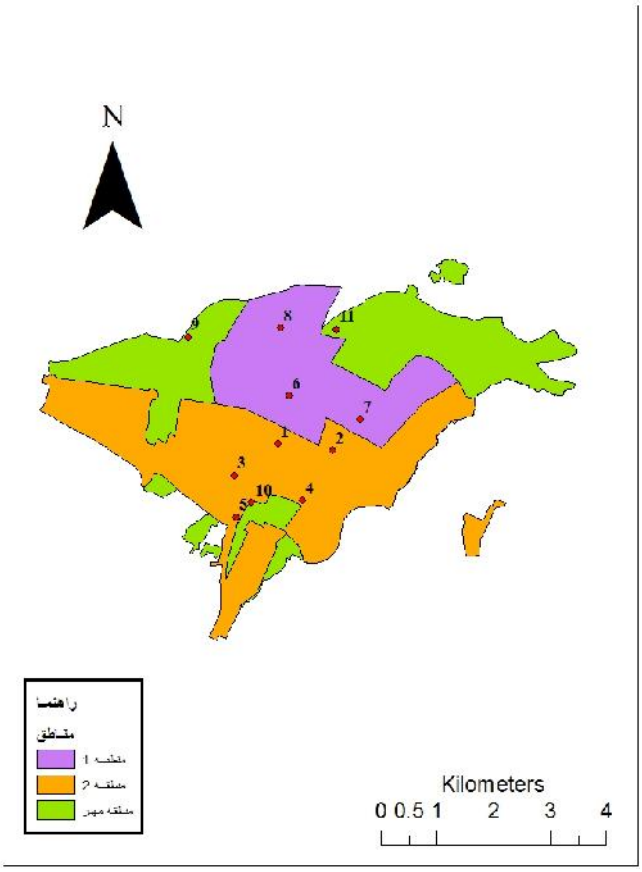
جدول ۳: مقادیر در معرض گیری روزانه کودکان ۱-۵ ساله از طریق بلع خاک با فلزات سنگین (مس، روی، سرب و کادمیوم)

کد ایستگاه	مقادیر در معرض گیری روزانه با فلزات سنگین (mg/kg-day)			
	مس	روی	سرب	کادمیوم
۱	۰/۰۰۰۳۶۵	۰/۰۰۱۳۲	۹/۸۸۱×۱۰$^{-۵}$	۲/۱۷۸ × ۱۰$^{-۶}$
۲	۰/۰۰۰۶۶۱	۰/۰۰۱۷۴	۶/۱۱۳ × ۱۰$^{-۵}$	۴/۴۵۳ × ۱۰$^{-۶}$
۳	۰/۰۰۰۲۹۹	۰/۰۰۱۹۶	۱/۰۳۰ × ۱۰$^{-۴}$	۴/۰۲۹ × ۱۰$^{-۶}$
۴	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۱۲۴	۵/۶۸۲ × ۱۰$^{-۵}$	۹/۰۰۴ × ۱۰$^{-۷}$
۵	۰/۰۰۰۲۵۵	۰/۰۰۰۷۲۸	۵/۴۰۶ × ۱۰$^{-۵}$	۸/۳۹ × ۱۰$^{-۷}$
۶	۰/۰۰۰۳۲۶	۰/۰۰۱۳۲	۹/۵۹۳ × ۱۰$^{-۵}$	۲/۱۱۱ × ۱۰$^{-۶}$
۷	۰/۰۰۰۲۵۳	۰/۰۰۱۲۵	۷/۲۹۵× ۱۰$^{-۵}$	۱/۵۹۳ × ۱۰$^{-۷}$
۸	۰/۰۰۰۲۵۳	۰/۰۰۰۵۱	۴/۵۸۷ × ۱۰$^{-۵}$	۱/۱۴۷ × ۱۰$^{-۷}$
۹	۰/۰۰۰۲۸۳	۰/۰۰۰۵۱۹	۵/۸۵۹ × ۱۰$^{-۵}$	۴/۶۸۳ × ۱۰$^{-۷}$
۱۰	۰/۰۰۰۲۳۳	۰/۰۰۰۹۲۳	۶/۷۱۲ × ۱۰$^{-۵}$	۹/۶۵۸ × ۱۰$^{-۷}$
۱۱	۰/۰۰۰۳۲۸	۰/۰۰۰۹۳۲	۶/۸۵۶ × ۱۰$^{-۵}$	۹/۸۲۳ × ۱۰$^{-۷}$
۱۲	۰/۰۰۰۲۶۶	۰/۰۰۱۱۵	۵/۵۰۶ × ۱۰$^{-۵}$	۱/۲۵۴ × ۱۰$^{-۶}$

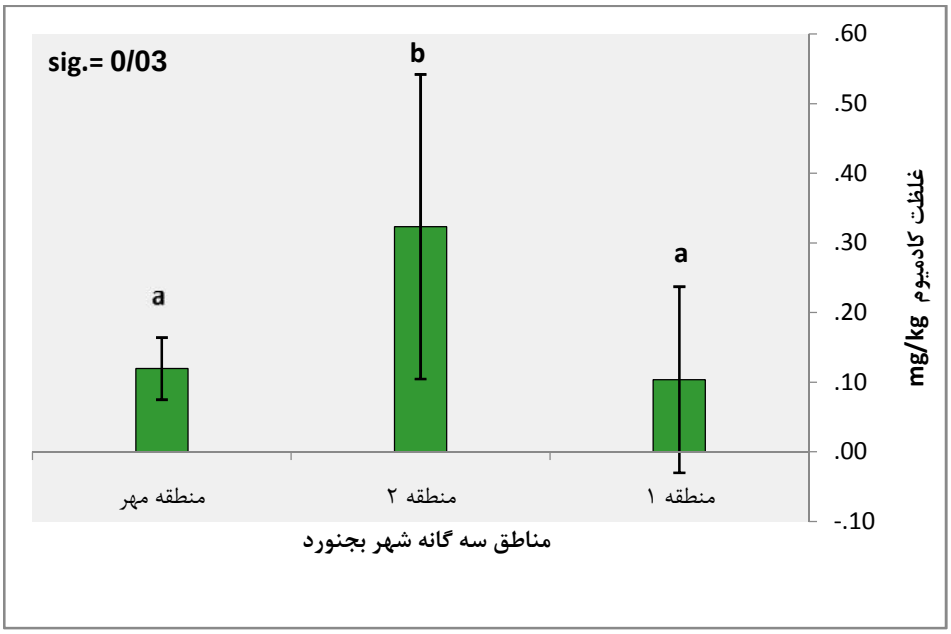
جدول ۴: مقایسه مقادیر متوسط فلزات سنگین (میلی گرم بر کیلوگرم) در خاک های شهری در شهر های مختلف جهان

شهر/ کشور	مس	روی	کادمیوم	سرب	منابع
Jordan /Karak	۰/۸۵	۴/۹۵	–	۵/۳۵	[۱۴]
Hong Kong/چین	۲۳/۳۰	۱۲۵	۰/۶۲	۹۴/۶۰	[۴۴]
Denizli/ ترکیه	۶۹/۷۱	۵۰۶/۴۳	۴/۲۹	۳۳۶/۵۵	[۴۵]
Seoul / کره	۴۴۵/۶۰	۲۶۶۵	۴/۳۰	۲۱۴/۳۰	[۳۰]
Hong Kong	۱۰/۴	۱۰۳	۰/۳۳	۸۸/۱	[۴۶]
Aberdeen/اسکاتلند	۴۹/۴	۱۱۱	۰/۴۱	۱۸۱	[۴۷]
Palermo/ایتالیا	۷۷	۱۵۱	۰/۸۴	۲۵۳	[۴۸]
Shanghai/ چین	۵۹/۲۵	۳۰۱/۴	۰/۵۲	۷۰/۶۹	[۴۹]
Greece /Kavala	۱۷۲/۴	۳۵۴/۸	۰/۲۰	۳۸۶/۹	[۵۰]
Islamabad/ پاکستان	۲۵	۹۱/۰۵	۵/۹۵	۶۲/۵	[۵۱]
Mexico City/ مکزیک	۵۴	۲۱۹	–	۸۲	[۵۲]
Murcia/ اسپانیا	۹/۳	۲۶/۹	–	۱۸/۷	[۵۳]
Jeddah/ عربستان	–	۹۱	–	۵۲/۶	[۵۴]
Galicia/ اسپانیا	۲۰/۵	۹۸/۷	۰/۳	۱۱/۷	[۵۵]
Galway/ ایرلند	۱۶/۶	۸۱/۸	–	۴۰/۸	[۵۶]
چین	۱۱۵/۰۷	۲۶۶/۴	۱/۵۸	۱۳۵۰/۵۱	[۵۷]
Eskisehir/ ترکیه	۳۹/۳۳	۳۱/۵	۱/۲۸	۶۴/۹۳	[۴۳]
بجنورد/ایران	۴۰/۵۴	۱۴۸/۰۶	۰/۲۰	۹/۱۰	مطالعه حاضر

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]



شکل ۱: نقشه مناطق سه گانه شهر بجنورد و موقعیت نقاط نمونه‌برداری



شکل۲: مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در خاک های مناطق سه گانه شهر بجنورد (حروف مشابه بیانگر عدم معنی داری است)

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

درصد مواد آلی خاک شهری بجنورد پایین بوده و بیشترین مقدار آن (۱۱/۴۴٪) مربوط به ایستگاه ۱۲ (پارک جنگلی بابا امان، در خارج از شهر) و کمترین مقدار آن (۴/۶۳٪) مربوط به ایستگاه ۱ (خیابان شهید چمران، نزدیک به مرکز شهر) می باشد. همانطور که در این جدول مشاهده می شود بافت خاک بیشتر لومی و لومی شنی می باشد.

از طرف دیگر ضریب همبستگی اسپیرمن برای محاسبه درجه همبستگی بین داده های فلزی و خصوصیات فیزیکی خاک به کار برده شد. یافته های ضریب همبستگی اسپیرمن بین فلزات سنگین و خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک در خاک های شهری بجنورد در جدول ۲ خلاصه شده است. بر اساس این یافته ها سرب و کادمیوم، روی و سرب، روی و مس، سرب و مس، کادمیوم و مس همبستگی مثبت معنی داری در سطح ۰/۰۵ و روی و کادمیوم همبستگی مثبت معنی دار در سطح ۰/۰۱با یکدیگر نشان دادند، همچنین روی و هدایت الکتریکی، سرب و هدایت الکتریکی، کادمیوم و هدایت الکتریکی، سرب و pH همبستگی معکوس و معنی داری در سطح ۰/۰۵ و شن وسیلت همبستگی معکوس و معنی داری در سطح ۰/۰۱ را نشان دادند؛ مس و هدایت الکتریکی، روی و pH همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر نشان دادند و سایر ویژگی ها هیچ گونه همبستگی باهم نداشتند. همچنین به منظور تشخیص مناطق با سطوح آلودگی بالای آلودگی مقایسه میانگین غلظت های مس، روی، سرب و کادمیوم در خاک شهری مناطق سه گانه بجنورد با استفاده از آزمون های ANOVA و کروسکال والیس انجام شده است. یافته‌ها نشان داد که تنها عنصر سرب در خاک شهری مناطق سه گانه از اختلاف معنی دار برخوردار نبود که به عنوان نمونه نمودار غلظت کادمیوم در مناطق سه گانه در شکل ۲ نمایش داده شده است.

یافته های در معرض گیری روزانه با فلزات سنگین (مس، روی، سرب و کادمیوم) در خاک های شهری بجنورد در جدول ۳ خلاصه شده است. بیشترین در معرض گیری روزانه مس در ایستگاه ۲ (بلوار امام خمینی غربی- مرکز شهر)، روی در ایستگاه های ۳ (خیابان قیام جنوبی- جنوب غربی شهر)، سرب در ایستگاه ۳ (خیابان قیام جنوبی- جنوب غربی شهر) و بیشترین کادمیوم در ایستگاه ۲ (بلوار امام خمینی غربی- مرکز شهر) می باشد و کمترین درمعرض گیری روزانه مس در ایستگاه ۴ (میدان دفاع مقدس به سمت معصوم زاده-در حوالی جنوب شهر)، روی در ایستگاه ۹ (کوچه شهید علی اکبر پاک زاد- مجاور فرودگاه)، سرب و کادمیوم در ایستگاه ۸ (بلوار شهدای شرقی-شمال شهر) می باشد.

همچنین برای بررسی دقیق‌تر و نیز به دست آوردن درجه آلودگی خاک مقادیر I_{geo} در خاک های شهری بجنورد محاسبه شد. بر اساس نتایج ۵۰٪ از مقادیر شاخص I_{geo} برای روی در کلاس ۲و ۳۳٪ در کلاس ۳ و ۱۷٪ در کلاس ۱، برای مس ۹۶٪ از مقادیر شاخص I_{geo} در کلاس ۱ و ۴٪ در کلاس ۲، برای سرب ۱۰۰٪ در کلاس ۱ و برای کادمیوم ۷۹٪ در کلاس ۱، ۱۳٪ در کلاس ۲ و ۸٪ در کلاس ۳ قرار داشتند.

بحث

مقایسه مقادیر میانگین فلزات سنگین (مس، روی، سرب و کادمیوم) در خاک های شهری نقاط مختلف جهان با مقادیر میانگین این فلزات در خاک های شهری بجنورد در جدول ۴ نشان داده شده است. در مقایسه با این شهرها غلظت روی در اکثر این شهرها کمتر از مقدار میانگین شهر بجنورد است و مقادیر مس، سرب و کادمیوم در شهر بجنورد کمتر از این مقادیر در شهر های مختلف است. همچنین مقادیر فلزات سنگین مس، روی، سرب و کادمیوم در پوسته زمین به ترتیب ۳۹، ۶۷، ۱۷ و ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد [۲۸]. در مقایسه با مقادیر پوسته زمین میانگین غلظت های مس، روی و کادمیوم بیشتر از مقادیر پوسته زمین بوده است ولی مقدار سرب نسبت به مقدار پوسته زمین کمتر بوده است. بیشترین مقدار مس و کادمیوم مربوط به ایستگاه ۲ (مرکزشهر) با ترافیک و تردد زیاد وسائط نقلیه می باشد. بیشترین مقدار سرب و روی مربوط به ایستگاه ۳ (جنوب غربی) می باشد که زیادی مقادیر سرب و روی را می توان به تردد زیاد وسائط نقلیه و ترافیک شهری نسبت داد چون مسیر دسترسی به جاده اسفراین نیز می باشد. وجود همبستگی بین مس و روی، کادمیوم و مس و کادمیوم و روی نشان

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

می دهد که کل منابع آلودگی برای این فلزات می تواند منبع یکسانی داشته باشد. در حقیقت فلزات سنگین در خاک های شهری بیشتر از وسایل نقلیه، تخلیه صنعتی و برخی از فعالیت های دیگر مثل سوزاندن زباله ها ناشی می شوند. ترسیب اتمسفری به عنوان یک منبع اصلی آلودگی فلزات سنگین در مناطق شهری لحاظ می شوند [۲۹]. مقدار زیادی از سرب موجود در نمونه های خاک می تواند مربوط به ترافیک شهری باشد [۳۰]. کادمیوم عمدتاً از فعالیت های صنعتی یا از پوسته زمین نشأت می گیرد [۲۹]. لاستیک ها یک منبع مهم از روی هستند. آلیاژ مس به دلیل کیفیت مطلوب آن مانند مقاومت در خوردگی و استحکام، در قطعات مکانیکی و رادیاتور خودرو مورد استفاده قرار می گیرند که با خراب شدن قطعات مکانیکی وسایل نقلیه در طول زمان، مس به محیط اطراف منتشر می شود. از این رو، فعالیت های انسانی تأثیر غالبی در خاک های شهری دارند [۳۱،۳۲]. pH با میانگین ۷/۷۴۰ بود، که نشان گر وضعیت قلیایی برای همه نمونه های خاک در منطقه شهری بجنورد است که ورود فراوان مواد ساختمانی قلیایی (مانند سمان، آجر و غیره) ناشی از ساخت و ساز در شهرها به داخل خاک های شهری قلیاییت خاک را ایجاد می کند [۳۱،۳۲]. درصد مواد آلی با میانگین ۶/۸ در خاک های شهری بجنورد کم بوده که به علت شستشوی شدید عناصر غذایی از خاک و کاهش پوشش گیاهی میزان آن کاهش یافته است [۳۳]. حاج رسولیها و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیقی به منظور زیست ردیابی آلودگی هوا با استفاده از گیاهان، با تجزیه خاک به این نتیجه رسیدند که کلیه خاک های مورد بررسی در رده خاک های قلیایی قرار می گیرند، pH خاک بر میزان حلالیت و قابلیت جذب بسیاری از عناصر و از جمله فلزات سنگین مؤثر است همچنین میانگین موادآلی را در خاک های مورد مطالعه ۰/۳۷ تا ۰/۷۲ درصد تخمین زدند، موادآلی خاک ظرفیت تبادل کاتیونی و تشکیل کمپلکس با فلزات سنگین در محیط خاک را افزایش می دهد [۳۴]. نگاه به یافته ها نشان می دهد که مقادیر غلظت مس، روی و سرب در خاک مناطق سه گانه به این ترتیب بوده است: منطقه۲ > منطقه ۱ > منطقه مهر. مقادیر غلظت کادمیوم در مناطق سه گانه به این ترتیب بوده است: منطقه۲ > منطقه مهر > منطقه ۱. بر اساس یافته‌ها مقادیر غلظت کادمیوم، مس، و روی در مناطق سه گانه اختلاف معنی داری با هم داشتند که این اختلاف معنی داری بین منطقه ۱ و ۲ بود. با توجه به این که با افزایش pHمیزان دستیابی فلزات کاهش می‌یابد در نتیجه مقادیر آن در خاک افزایش می‌یابد [۳۵]. ژنگ[1] و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه ی خود در یکی از شهرهای ایرلند، عبور وسایل نقلیه و ترافیک شهری را عامل آلودگی خاک ها به عنصر سرب معرفی کردند [۳۷]. تقی پور و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه ی خود به این نتیجه رسیدند که مقادیر روی و مس و سرب در خاک های شهری دارای میانگین بالاتری بوده است که علت آن را برای روی به ترافیک شهری و سایش تایر اتومبیل ها با سطح جاده، برای مس به فعالیت های طولانی مدت بشر و برای سرب به ترافیک و فعالیت های صنعتی نسبت دادند [۳۷]. زیموا[2] و همکاران (۲۰۰۱) به این نتیجه رسیدند که بیشتر مناطق آلوده در مرکز شهر Prague قرار دارند [۲۵]. یزدی و همکاران (۲۰۰۹) نیز به این نتیجه رسیدند که بیشترین مناطق آلوده شده در منطقه واوان اسلام شهر قرار دارند جایی که شهرنشینی، ترافیک سنگین، فعالیت های صنعتی بالا است، اما تهدید جدی برای محیط زیست ایجاد نمی کند [۹]. کلس کرووا[3] و دوس کالووا[4] (۲۰۱۳) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که بیشترین مقدار آلودگی در مرکز شهر قرار دارد که به علت تراکم بالای ترافیک می باشد و منابع آلودگی کادمیوم، سرب و جیوه در مناطق شهری Berno اساساً انسانی است و ناشی از فعالیت های شهری مثل ترافیک است [۳۸]. یانگ[5] و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق خود بر در خاک های شهری چانگ چون، به این نتیجه رسیدند که جیوه، آرسنیک، کادمیوم، مس، سرب و روی همبستگی مثبت معنی داری با هم دارند که نشان می دهد منابع آلودگی برای این فلزات از ترافیک و فعالیت های صنعتی است [۲۹]. همچنین میانگین مواد آلی در منطقه ۲ (۶/۴۳۵٪) نسبت

1 -Zhang
2 -Zimova
3 -Kleckerová
4-Dočekalová
5-Yang

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

به دو منطقه دیگر کمتر است. مواد آلی به علت دارا بودن برخی از گروه های عاملی مثل هیدروکسیل، فنول و کربوکسیل در کنترل فعالیت، جذب و کمپلکس عناصر سنگینن نقش مثبتی دارد [۳۹]. همچنین pH منطقه ۱ و ۲ بیشتر از منطقه مهر می باشد. pH خاک از عواملی است که میزان حلالیت فلزات سنگین در خاک را تحت تأثیر قرار می دهد به طوری که با کاهش pH حلالیت کاتیون های فلزی افزایش می یابد و در خاک شسته می شوند و وارد آب های زیر زمینی می شوند [۳۵]. در نتیجه منطقه ۱ و ۲ به دلیل دارا بودن pH بالا و نزدیکی به مرکز شهر مقدار فلزات سنگین بالاتری نسبت به منطقه مهر که در حواشی شهر است، داشتند که ناشی از تراکم بالای ترافیک و فعالیت های شهری است.

در بررسی در معرض گیری روزانه مس، روی، سرب و کادمیوم از طریق بلع خاک توسط کودکان ۱-۵ ساله در ایستگاه های نمونه برداری، حداکثر مقدار در معرض قرارگیری روزانه $۶/۶۴ \times ۱۰^{-۴}$ برای مس، $۱۹/۶ \times ۱۰^{-۴}$برای روی، $۱/۰۳۰ \times ۱۰^{-۴}$برای سرب و $۴/۴۵ \times ۱۰^{-۶}$برای کادمیوم بود. چن و همکاران (۲۰۱۳) مقدار در معرض گیری روزانه برای سرب و کادمیوم از طریق مصرف مواد گیاهی را به طور متوسط $۱/۶۵ \times ۱۰^{-۴}$ و $۱/۸۴ \times ۱۰^{-۴}$ تخمین زدند [۱۸].

لیو[1] و همکاران (۲۰۱۳) میزان در معرض گیری روزانه برای سرب و کادمیوم را به ترتیب $۲/۷۵ \times ۱۰^{-۲}$ و $۹/۹۶ \times ۱۰^{-۴}$ میلی گرم بر کیلوگرم در روز برآورد نمودند [۴۰]. رجایی و همکاران (۱۳۹۱) میزان در معرض گیری روزانه را برای روی، سرب و کادمیوم در فصل بهار را به ترتیب ۱۸۵۴×۱۰^{-۹}، ۲۰×۱۰^{-۷} و ۶×۱۰^{-۷} میلی گرم بر کیلو گرم در روز و در فصل پاییز به ترتیب ۶۴۲×۱۰^{-۹}، ۲۲×۱۰^{-۷} و ۱×۱۰^{-۷} میلی گرم بر کیلوگرم در روز برآورد نمودند [۲۰]. گرزتیگ[2] و قریانی[3] (۲۰۰۸) در معرض گیری روزانه مس (I و II) از طریق بلع خاک در کودکان را به ترتیب ۰/۰۰۱۳ و ۰/۰۰۰۱۴ میلی گرم بر کیلو گرم بر روز برآورد کردند که پایین تر از دوز مرجع RAIS[4] (۰/۰۴ میلی گرم بر کیلو گرم بر روز) بود، برای روی در معرض گیری روزانه ۰/۰۱۸میلی گرم بر کیلو گرم بر روز برآورد کردند که کمتر از دوز مرجع RAIS (۰/۰۲میلی گرم بر کیلوگرم بر روز) بوده است، برای کادمیوم ۰/۰۰۰۲ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز برآورد کردند که پایین تر از دوز مرجع RAIS (۰/۰۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز) بوده است و برای سرب در معرض گیری روزانه را ۰/۰۲۴ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز برآورد کردند که پایین تر از دوز مرجع RAIS (۰/۳ میلی گرم بر کیلو گرم بر روز) بوده است [۴۱]. با توجه به مقادیر دوز مرجع RAIS برای مس، روی، سرب و کادمیوم خطری کودکان را از طریق بلع خاک در شهر بجنورد تهدید نمی کند.

در پژوهش حاضر جهت برآورد شدت آلودگی خاک به فلزات سنگین در منطقه شهری بجنورد شاخص زمین انباشتگی به کار گرفته شد. بر اساس یافته های به دست آمده از محاسبه شاخص زمین انباشتگی مولر، درجه آلودگی شهر بجنورد در سه کلاس آلوده نشده تا آلوده شده متوسط، آلوده شده متوسط و آلوده نشده تقسیم بندی می شود که اکثر ایستگاه ها در دو کلاس آلوده نشده و آلوده نشده تا آلوده شده متوسط قرار دارند. شی[5] و همکاران (۲۰۱۴) نیز مطالعه ی خود در خاک های شهری شانگهای چین برای بررسی درجه آلودگی خاک به فلزات سنگین از شاخص I_{geo} استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که بر اساس این شاخص در نمونه خاک های مورد بررسی مس در کلاس ۲ (آلوده نشده تا آلوده شده متوسط)، روی در کلاس ۱(آلوده نشده)، کادمیوم در کلاس ۳ (آلوده شده متوسط) و سرب در کلاس ۲ (آلوده نشده تا آلوده شده متوسط) قرار دارند [۴۲]. ملکوک[6] و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه ی خود بر اساس شاخص I_{geo} برای فلزات سنگین به این نتیجه رسیدند که خاک حاشیه خیابان اسکی‌شهر ترکیه شدیداً آلوده است که در این مطالعه مقادیر Igeo برای مس بین ۳-۵ بود [۴۳]. ژئو و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه ای از شاخص I_{geo} برای بررسی درجه آلودگی فلزات سنگین خاک های شهر Nanjing چین استفاده کردند که نتایج نشان داد که

1 -Liu
2- Gržetic
3-Ghariani
4- The Risk Assessment Information System
5- Shi
6 -Malcok

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

مس، روی و سرب در این مطالعه در کلاس آلوده نشده قرار دارند و صنعتی شدن و شهری شدن در طول زمان بر روی درجه آلودگی فلزات سنگین خاک های شهری تأثیر گذاشته است [۱۹]. آپستوا[1] و ایانسو[2] (۲۰۰۹) در مطالعه ی خود با بررسی شاخص I_{geo} برای فلزات سنگین به این نتیجه رسیدند که مقادیر این شاخص برای مس، روی، سرب و کادمیوم در کلاس آلوده نشده واقع شده است [۱۱].

نتیجه گیری

در پایان، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که خاک شهری در بجنورد به واسطه حضور فلزات سنگینی چون کادمیوم، سرب، مس و روی آلوده شده است، اگرچه با توجه به مقادیر به دست آمده در حال حاضر خطری این اکوسیستم شهری را تهدید نمی کند بهرحال در آینده نزدیک این مقادیر به حد بحران خواهند رسید. یافته‌های ما نشان می‌دهند که آلودگی خاک در درجه اول مرتبط با وسایل نقلیه است چرا که مقادیر بالای فلزات در بخش-های مرکزی شهر و با حجم بیشتر ترافیک رخ داده است. همچنین به نظر می‌رسد منابع صنعتی نیز در آلودگی خاک دخیل هستند. همچنین شاخص زمین انباشتگی مولر خاک شهری بجنورد را از نظر درجه آلودگی به مس، روی، سرب و کادمیوم در کلاس آلوده نشده و آلوده شده متوسط قرار داد. علاوه بر این نتایج ارزیابی ریسک بهداشتی نشان داد که متوسط در معرض گیری روزانه مس، روی، سرب و کادمیوم برای کودکان ۵-۱ ساله از طریق بلع خاک، به ترتیب $۳/۱۱\times۱۰^{-۴}$، $۱۱/۳\times۱۰^{-۴}$، $۶/۹۸\times۱۰^{-۵}$ و $۱/۵۳\times۱۰^{-۶}$ میلی گرم بر کیلو گرم بر روز در ایستگاه های نمونه برداری بود که در مقایسه با مقادیر مرجع RAIS پایین تر بوده است در نتیجه تهدیدی برای کودکان از طریق بلع خاک های شهری بجنورد از نظر مس، روی، سرب و کادمیوم ایجاد نمی کند. پیشنهاد می شود پژوهش های بیشتری در مورد فلزات سنگین و سایر آلاینده های مشابه در خاک این شهر به منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر و نیز ایجاد داده های پایه برای ارزیابی خطر انجام شود.

1-Apostoae
2 -Iancu

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان پایش زیستی آلودگی فلزات سنگین در هوای مناطق شهری توسط گونه‌های درختی (مطالعه موردی: بجنورد) است که با حمایت مالی دانشگاه ملایر انجام شده است. بدین وسیله از دانشگاه ملایر جهت فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی برای اجرایی شدن این پژوهش و نیز از همکاری شهرداری بجنورد تشکر و قدر دانی می شود.

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

References

1. Kelly J, Thornton I, Simpson PR, Urban geochemistry: a study of the influence of anthropogenic activity on the heavy metal content of soils in traditionally industrial and non-industrial areas of Britain, Applied Geochemistry, 1996; 11 (1–2): 363–370.
2. Mielke HW, Gonzales CR, Smith MK, Mielke PW, The urban environment and children's health: soils as an integrator of lead, zinc, and cadmium in New Orleans, Louisiana, U.S.A. Environmental Research, 1999; 81 (2): 117–129.
3. Papa S, Bartoli G, Pellegrino A, Fioretto A, Microbial activities and trace element contents in an urban soil, Environmental Monitoring and Assessment, 2010; 165 (1–4): 193–203.
4. Abrahams PW, Soils: their implications to human health, The Science of the Total Environment 2002; 291 (1–3): 1–32.
5. Davydova S, Heavy metals as toxicants in big cities, Microchemical Journal, 2005; 79 (1–2): 133–136.
6. Lee CSL, Li XD, Zhang G, Li J, Ding AJ, Wang T, Heavy metals and Pb isotopic composition of aerosols in urban and suburban areas of Hong Kong and Guangzhou, South China–evidence of the long-range transport of air contaminants, Atmospheric Environment, 2007; 41 (2): 432–447.
7. De Miguel E, Llamas JF, Chacón E, "et al", Origin and patterns of distribution of trace elements in street dust: Unleaded petrol and urban lead, Atmospheric Environment, 1997; 31 (17): 2733–2740.
8. Möller A, Müller HW, Abdullah A, Abdelgawad G, Utermann J, Urban soil pollution in Damascus, Syria: concentrations and patterns of heavy metals in the soils of the Damascus Ghouta, Geoderma 2005; 124 (1–2): 63–71.
9. Yazdi M, Behzad N, Heavy Metal Contamination and Distribution in the Parks City of Islam Shahr, SW Tehran, Iran, The Open Environmental Pollution and Toxicology Journal, 2009; 1: 49-53[Persian]
10. Ghosh AK, Bhatt MA, Agrawal HP, Effect of longterm application of treated sewage water on heavy metal accumulation in vegetables grown in Northern India, Environmental Monitoring and Assessment, 2012; 184: 1025-1036.
11. Apostoae L, Iancu OG, Heavy metal pollution in the soils of Iaşi city and the suburban areas (Romania), Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Geologia, Special Issue, 2009; (MAEGS – 16).
12. Iyaka YA, Kakulu SE, Copper and Zinc Contents in Urban Agricultural Soils of Niger State, Nigeria, An International Multi-Disciplinary Journal, Ethiopia, 2009; 3 (3): 23-33.
13. Madrid L, Diaz-Barrientos E, Madrid F, Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville, Chemosphere, 2002; 49:1301–1308.
14. Al-Khashman OA, Heavy metal distribution in dust, street dust and soils from the work place in Karak Industrial Estate, Jordan. Atmos Environ, 2004; 38: 6803–6812.
15. Lu X, Wang L, Li L, Lei YK, Huang L, Kang D, Multivariate statistical analysis of heavy metals in street dust of Baoji, NW China, Jurnal Hazard Mater, 2010; 173: 744–749.
16. Deletraz G, Géographie des risques environnementaux lies aux transports routiers en montagne. Incidences des émissions d'oxydes d'azote en vallées d'Aspe et de Biriatou (Pyrénées). Thèse de Doctorat en Géographie - Aménagement, Université de Pau et des pays de L'Adour. Institut de Recherche sur les Sociétés et l'Aménagement (France) 2002; 564 p.
17. Khajei N, Shirvani A, Makhdoom M, Khoshnevis M, Ruhi M, Survey the potential monitoring of cadmium in various organs Acacia (Robinia Pseudoacacia) and Ash (Fraxinus Rotundifolia), Journal of Forest and Wood Products, Iranian Journal of Natural Resources, 2013; 66 (3): 257-266[Persian]
18. Chen Y, Wu P, Shao Y, Ying Y, Health risk assessment of heavy metals in vegetables grown around battery production area, Scientia Agricola,2013; 71 (2), 126-132.
19. Zhu J, Fang L, Nie Z, Gao X, Ecological Risk Assessment of Heavy Metal in Urban Area Soil, 2010; 978(1): 4244-4713.
20. Rajaei Q, Pourkhabbaz AR, Hesari Motlagh S, Assessment of Heavy Metals Health Risk of Groundwater in Ali Abad Katoul Plian, Journal of North Khorasan University of Medical Sciences, 2012; 4(2):155-162[Persian].

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

21.Statistical Center of Iran, Available from: URL: http://www.amar.org.ir/Portals/2/ pdf/ jamiat shahrestan Keshvar3.pdf/, (Accessed:2012).
22.Fang S-o, Hu H, Sun W-Ch, Pan J-J, Spatial Variations of Heavy Metals in the Solid of Vegetable-Growing Land along Urban-Rural Gradient of Nanjing, China, Int. J. Environ. Res. Public Health, 2011, 8: 1805-1816.
23.Heiri O, Lotter A F, Lemcke G, Loss on Ignition as a Method for Estimating Organic and Carbonate Content in Sediment: Reproducibility and Comparability of Results, Journal of Paleolimnology, 2001; 25:101-110.
24.Hashemi Bani O, Salehi MH, Bigi Harchagani HA, Estimation of soil organic matter by burning in a furnace at four major plains of Chahar Mahal and Bakhtiari province, Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences, 2008; 13 (50): 77-89 [Persian].
25.Zimová M, Ďuriš M, Spěváčková V, "et al", Health risk of urban soils contaminated by heavy metals, International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 2001; 14 (3): 231—234.
26.Müller G, Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River, Geojournal, 1969; *2*: 108–118.
27.Solgi E., Esmaili-Sari A, Riyahi Bakhtiari A., Evaluation of mercury contamination in soils of industrial estates of Arak city, Journal of Health in The Field, 2013; 1 (2): 22-28 [Persian].
28.Li YH, A Compendium of Geochemistry, Princeton University Press, Princeton(2000).
29.Yang Z, Lu W, Long Y, Bao X, Yang Q, Assessment of heavy metals contamination in urban topsoil from Changchun City, China, Journal of Geochemical Exploration, 2011; 108: 27–38.
30.Lee P,YuY,Yun S, Mayer B., Metal contamination and solid phase partitioning of metals in urban roadside sediments, Chemosphere, 2005; 60: 672–689.
31.Al-Khashman OA, Shawabkeh RA, Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan, Environmental Pollution, 2006; 140 (3): 387–394.
32.Guo P, Study on Heavy Metal Contamination Mechanism and Countermeasure in Urban Soil of Changchun, Jilin university, Changchun. (In chinese), 2005.
33.Sadeghi SHR, Saiedi P, Suspended Sediment: A Suitable Estimator for Soil Organic Matter Loss, Journal of Water and Soil, 2009; 23 (1): 221-228 [Persian].
34.Hajrasuliha Sh, Amini H, Hudji M, Najafi P, Biomonitoring of Air and Soil Pollution in Isfahan Region, Research in Agriculture Science, 2006; 2 (2): 39-54 [Persian].
35.Erfanmanesh M, Afyuni M, Emvironmental Pullution Water, Soil and Air, Esfahan Arkan, 2005; 318 [Persian].
36.Zhang Ch, Using multivariate analyses and GIS to identify pollutants and their spatial patterns in urban soil in Galway, Ireland, Environ. Pollut., 2006; 142: 501-511.
37.Taghipour M, Khademi H, Ayoubi Sh, Spatial variability of Pb and Zn concentration and its relationship with land use and parent materials in selected surface soils of Hamadan province, Journal of Water and Soil, 2010; 24 (1): 132-144 [Persian].
38.Kleckerová A, Dočekalová H, Dandelion Plants as a Biomonitor of Urban Area Contamination by Heavy Metals, Int. J. Environ. Res., 2013; 8(1):157-164.
39.Alloway BJ, Heavy Metals in Soils, Blackie and Son, Ltd. Glasgow and London, 1990; P.339.
40.Liu X, Song Q, Tang y, "et al", Human health risk assessment of heavy metals in soil-vegetable system: A multi-Medium analysis, Science of the Total Environment: Elsevier, 2013; 530-540.
41.Gržetic I, Ghariani RHA, Potential health risk assessment for soil heavy metal contamination in the central zone of Belgrade (Serbia), Journal of the Serbian Chemical Society, 2008; 73 (8-9): 923-934.
42.Shi P, Xiao Y, Chen L, Assessment of Ecological and Human Health Risks of Heavy Metal Contamination in Agriculture Soils Disturbed by Pipeline Construction, International Journal of Environmental Research and Public Health, 2014; 11(3): 2504-2520.
43.Malkoc S, Yazici B, Koparal AS, Assessment of The Levels of Heavy Metal Pollution in Roadside Soils of Eskisehir, Turky, Environmental Toxicology and Chemistry, 2010; 29 (12): 2720–2725.
44.Li XD, Lee SL, Wong SC, Shi WZ, Thornton I, The study of metal contamination in urban soils of Hong Kong using a GIS-based approach, Environ Pollut 2004;129:113–124.

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

45.Celik A, Kartal AA, Akdogan A, Kaska Y, Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo acacia L, Environ Int, 2005; 31:105–112.
46.Lee CS, Li X, Shi W, Cheung SC, Thornton I., Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics, Sci Total Environ, 2006; 356:45–61.
47.Yuangen Y, Campbell CD, Clark L, Cameron CM, Paterson E, Microbial indicators of heavy metal contamination in urban and rural soils, Chemosphere, 2006; 63:1942–1952.
48.Manta DS, Angelone M, Belanca A, Neri R, Sprovieri M, Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy, Sci Total Environ, 2002; 300: 229–243.
49.Shi G, Chen Z, Xu S, Zhang J, Wang L, Bi C, Teng J, Potentially toxic metal contamination of urban soils and roadside dust in Shanghai, China, Environ Pollut, 2008;156: 251–260.
50.Christoforidis A, Stamatis N, Heavy metal contamination in street dust and roadside soil along the major national road in Kavala's region, Greece, Geoderma 2009; 151: 257–263.
51.Faiz Y, Tufail M, Tayyeb Javed M, Chaudhry MM, Naila-Siddique N, Road dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn along Islamabad Expressway, Pakistan, Microchem J, 2009; 92: 186–192.
52.Morton-Bermea O, Hernández-Álvarez E, González-Hernández G, Romero F, Lozano R, Beramendi-Orosco LE., Assessment of heavy metal pollution in urban topsoils from the metropolitan area of Mexico City, J Geochem Explor, 2009;101: 218–224.
53.Acosta Faz JA, Cano A, Arocena JM, Debela F, Martínez-Martínez S, Distribution of metals in soil particle size fractions and its implication to risk assessment of playgrounds in Murcia City (Spain), Geoderma 2009;149:101–109.
54.Kadi MW, Soil pollution hazardous to environment: A case study on the chemical composition and correlation to automobile traffic of the roadside soil of Jeddah city, Saudi Arabia, J Hazard Mater, 2009;168: 1280–1283.
55.Franco-Uría A, López-Mateo C, Roca E, Fernández-Marcos ML, Source identification of heavy metals in pastureland by multivariate analysis in NW Spain, J Hazard Mater, 2009; 165: 1008–1015.
56.Dao L, Morrison L, Zhang C, Spatial variation of urban soil geochemistry in a roadside sports ground in Galway, Ireland, Sci Total Environ, 2010; 408: 1076–1084.
57.Wei B, Yang L, A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China, Microchem J, 2010; 94: 99–107.

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]

Original Article

Assessment of Health Risks of Urban Soils Contaminated by Heavy Metals (Bojnourd City)

Solgi E[1 *], *Keramaty M*[2]

[1]Assistant Professor Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
[2] Msc Graduated of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
*__Corresponding Author__: Malayer University, Malayer, Iran
Email: e.solgi@yahoo.com

Journal of North Khorasan University of Medical sciences 2015;7(4): 813-827

Abstract

Background and objectives: *Due to the non-biodegradable and persistent nature, heavy metals are accumulated in vital organs in the human body and lead to serious health disorders. The present study was done to determine the intensity of soil contamination by heavy metals, identify the locations with high contamination levels and assessment of health risk for children (1-5 years old) by soil ingestion.*

Material & Methods: *Twenty-four surface soil samples were collected from 12 stations. The concentrations of heavy metals in the soil samples and physicochemical properties were determined. In order to evaluation relationship between heavy metals and soil properties, Pearson correlation was used. Daily exposure to heavy metals by soil ingestion was calculated for children aged 1-5 years*

Results: *The average concentrations for Cu, Zn, Pb and Cd were 18.29 ± 40.54, 63.27 ± 148.06, 9.1020 ± 3.638 and 0.2005 ± 0.1856 mg/kg respectively. The results showed that there is statistically significant relationship between Zn-Cu, Cu-Pb, Cu- Cd, Zn-Pb, Pb-Cd, Zn-Cd, Clay-Silt, Pb-pH, Zn-pH, Zn- Electrical conductivity (EC), Cu- EC, Pb- EC and EC -Cd. The results of the risk assessment indicated that average daily intake of Cu, Zn, Pb and Cd via soil ingestion for children aged 1-5 years are 3.11×10^{-4}, 11.3×10^{-4}, 6.98×10^{-5} and 1.53×10^{-6} mg/kg per day respectively.*

Conclusion: *Heavy metals concentration in urban soils of Bojnurd city may be due to traffic emission and industrial activities. Also at present with regard to low daily exposure of metals and compare them with RAIS, they pose no threat to children health.*

Key words : *Heavy metals, Topsoil, Health Risk, Daily Intake, Bojnourd City*

Recivied:1 Sep 2014
Revised:22 Oct 2014
Accepted:9 Nov 2014

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-07-08]