مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهاردهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۰، صفحات ۴۸۷ تا ۴۹۸

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ارزیابی ریسک بهداشتی منتسب به فلزات سنگین گردوغبار ترسیب شونده در مدارس ابتدایی بندرعباس

زینب علی‌زاده[۱]، کاووس دیندارلو[۱]، محسن حیدری[۲،۳*]

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقاء سلامت، پژوهشکده سلامت هرمزگان، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰

واژگان کلیدی: مدارس ابتدایی، گردوغبار ترسیب شونده، فلزات سنگین، ریسک بهداشتی، بندرعباس

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
Moheidari@modares.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی فلزات سنگین گردوغبار ترسیب شونده بر روی سطوح داخلی مدارس ابتدایی ممکن است سلامت دانش آموزان را تحت تاثیر قرار دهد و ریسک بهداشتی این نوع آلودگی باید ارزیابی گردد. بنابراین، اهداف این مطالعه شامل سنجش محتوای فلزات سنگین گردوغبار ترسیب شونده در محیط داخلی مدارس ابتدایی شهر بندرعباس و ارزیابی ریسک‌های بهداشتی مربوطه بودند.

روش بررسی: در این مطالعه، نمونه‌های گردوغبار ترسیب شونده از سطوح داخلی مدارس ابتدایی شهر بندرعباس جمع‌آوری شدند. نمونه‌های گردوغبار ابتدا با استفاده از محلول aqua regia هضم شدند و سپس محتوای فلزات آنها توسط دستگاه ICP-OES سنجش شد. برای ارزیابی ریسک بهداشتی منتسب به این آلودگی، دوزهای دریافتی روزانه از مسیرهای بلعیدن، استنشاق و جذب پوستی برآورد گردیدند. سپس ریسک‌های غیرسرطانزایی و سرطانزایی با درنظر گرفتن دوزهای دریافتی روزانه و فاکتورهای سمیت محاسبه شدند.

یافته‌ها: متوسط غلظت آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، نیکل و سرب در گردوغبار ترسیب شونده به ترتیب برابر ۵/۴۵ mg/kg، ۰/۵۸ mg/kg، ۱۱/۴۴ mg/kg، ۶۹/۷۲ mg/kg، ۸۳/۹۵ mg/kg و ۶۶/۷۲ mg/kg بود. سطح ریسک غیرسرطانزایی برای تمام فلزات کمتر از حد آستانه بود، درحالی‌که سطح ریسک سرطانزایی آرسنیک ($۲/۱۸\times۱۰^{-۶}$) فراتر از حد آستانه ارزیابی گردید.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که گردوغبار ترسیب شونده در مدارس ابتدایی به سطوح مختلفی از فلزات سنگین آلوده است. ارزیابی ریسک بهداشتی نشان داد که تماس با گردوغبار ترسیب شونده حاوی فلزات سنگین در مدارس ابتدایی بندرعباس ریسک غیرسرطانزایی قابل توجهی ایجاد نمی‌کند اما ریسک سرطانزایی آرسنیک فراتر از حد آستانه است که باید مورد توجه قرار گیرد.

Please cite this article as: Alizadeh Z, Dindarloo K, Heidari M. Assessment of health risk attributed to heavy metals of settled dust in the elementary schools of Bandar Abbas. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(3):487-98.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

مقدمه

ساکنان شهرهای بزرگ بیش از ۹۰ درصد وقت خود را در فضای داخل ساختمان سپری می‌کنند. از این‌رو کیفیت محیط داخل ساختمان‌های مسکونی و محل کار از لحاظ بهداشتی اهمیت ویژه‌ای دارد (۱). مدارس بخصوص مدارس ابتدایی از جمله مهمترین محیط‌های سربسته‌ای است که میزبان دانش‌آموزان کم سن، به‌عنوان یک گروه آسیب پذیر هستند و لذا کیفیت مناسب چنین محیطی ضروری است (۲). در محیط‌های داخلی مانند مدارس، گردوغبار ترسیب شونده پتانسیل بالایی برای تجمع انواع آلاینده‌ها دارد. کودکان بخصوص آنهایی که در مدارس ابتدایی هستند هنگام فعالیت در کلاس و مصرف خوراکی در محیط مدرسه ممکن است با گردوغبار ترسیب شونده تماس یابند. از سوی دیگر فعالیت در کلاس ممکن است باعث معلق شدن مجدد گردوغبار شود (۳).

فلزات سنگین از جمله مهمترین آلاینده‌ها در محیط زیست هستند که اثرات سوء حاد و مزمن مختلفی بر روی سلامت انسان بخصوص در کودکان ایجاد می‌کند. تماس کوتاه مدت با غلظت بالای فلزات سنگین، مسمومیت شدید و قابل مشاهده ایجاد می‌کند. از سوی دیگر، فلزات سنگین چون در بدن متابولیزه نمی‌شوند در بافت‌هایی چون چربی، عضلات، استخوان و مفاصل تجمع یافته و در بلند مدت ممکن است منجر به بیماری‌های مختلف در بدن شوند. از سوی دیگر فلزات سنگین خاصیت تجمعی زیستی در گیاهان و جانوران را دارند و می‌توانند وارد زنجیره غذایی شده و تاثیرات مخرب زیادی ایجاد کنند (۴، ۵). از مهمترین فلزات سنگین دارای اثرات سوء بر روی سلامت انسان می‌توان به آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، نیکل و سرب اشاره کرد. از بین این فلزات آرسنیک، کادمیوم، کروم و نیکل جزو سرطانزاهای شناخته شده و کبالت و سرب جزو سرطانزاهای احتمالی هستند. کادمیوم، کروم و نیکل بر روی کلیه اثر سوء دارند و سرب و آرسنیک ممکن است ایجاد آنسافوپاتی کنند. از دیگر اثرات این آلاینده‌ها می‌توان به اختلال در عملکرد سیستم تولید مثل و غدد درون ریز توسط کادمیوم، هموراژ ریوی و فیبروز ریوی توسط کروم، اثر بر سیستم عصبی و قلبی - عروقی و کاهش توانایی یادگیری و تمرکز کودکان توسط سرب و نوروپاتی، اثر روی سیستم‌های عصبی و قلبی - عروقی توسط آرسنیک و اثرات سوء کبالت بر روی سیستم‌های قلبی-عروقی، عصبی و غدد درون ریز اشاره کرد (۶-۸). تاکنون استانداردی برای حدود مجاز فلزات سنگین در گردوغبار ترسیب شونده در محیط‌های مسکونی وضع نگردیده است، با این حال، در کانادا برای خاک در محیط‌های مسکونی حدود مجاز برای آرسنیک، کادمیوم، کروم، نیکل و سرب به ترتیب برابر ۱۲ mg/kg، ۱۰ mg/kg، ۶۴ mg/kg، ۵۰ mg/kg و ۱۴۰ mg/kg تعیین شده است و همچنین مقادیر رهنمودی سازمان جهانی بهداشت برای آلودگی خاک به این فلزات به ترتیب ۲۰ mg/kg، ۳ mg/kg، ۱۰۰ mg/kg، ۵۰ mg/kg و ۱۰۰ mg/kg است (۵، ۹).

بطور کلی، اگرچه مهمترین نگرانی در مورد گردوغبار ترسیب شونده اثرات بالقوه سوء بر اکوسیستم آبی و خشکی و گیاهان، تغییر در سیکل‌های ژئوشیمیایی و اثرات اقتصادی از طریق ترسیب بر روی سطوح بخصوص پنل‌های خورشیدی است (۱۰-۱۲)، اما آلودگی آن به انواع آلاینده‌ها بخصوص فلزات سنگین نیز از نقطه نظر اثرات بهداشتی اهمیت دارد. بر این اساس، تاکنون مطالعات محدودی برای پایش فلزات سنگین در گردوغبار ترسیب شونده محیط داخل مدارس ابتدایی در سطح جهان انجام شده است و این مطالعات نشان داده‌اند که گردوغبار ترسیب شونده بر روی سطوح داخلی مدارس شهرهایی مانند Lahore پاکستان، Sri Serdang مالزی، Xi'an در چین، Hermosillo در مکزیک و Dhaka در بنگلادش به سطوح مختلفی از فلزات سنگین آلوده است و ریسک سرطانزایی و غیرسرطانزایی منتسب به این نوع آلودگی برای دانش آموزان در رنج ایمن تا فراتر از حدود آستانه مجاز گزارش شده است (۵، ۱۳-۱۶). با این حال، این نوع آلودگی تاکنون در ایران مورد توجه قرار نگرفته است و در رابطه با سطح آلودگی گردوغبار ترسیب شونده در محیط داخلی مدارس ابتدایی اطلاعاتی موجود نیست.

بندرعباس از جمله مهمترین شهرهای ساحلی در جنوب ایران است که به دلیل نزدیکی به بنادر تجاری اصلی کشور و استقرار چندین منطقه صنعتی مهم در نزدیکی آن رشد شهری و صنعتی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

قابل توجهی تجربه کرده است و این توسعه پتانسیل انتشار انواع آلاینده‌ها از منابع متحرک و ثابت را افزایش داده است (۱۷). بنابراین احتمال دارد مقادیر قابل توجهی از آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین در این منطقه انتشار یابد و بخشی از این آلودگی همراه با ذرات گردوغبار ترسیب شونده به محیط‌های مختلف شهری و محیط‌های سربسته منتقل شود. همانطور که ذکر شد، عدم حضور آلاینده‌های محیطی در سطح بالا در محیط داخلی مدارس ابتدایی ضروری است چون در این محیط گروه آسیب پذیری به مدت طولانی حضور دارد و به دلیل عادات رفتاری و فعالیت زیاد نسبت به بزرگسالان تماس زیادی با گردوغبار ترسیب شونده دارد. بنابراین، با توجه به اهمیت بهداشتی فلزات سنگین و آسیب پذیر بودن کودکان در برابر آلاینده‌های زیست محیطی، هدف این مطالعه بررسی محتوای فلزات سنگین گردوغبار ترسیب شونده در مدارس ابتدایی شهر بندرعباس و ارزیابی ریسک سرطانزایی و غیرسرطانزایی مربوطه است.

مواد و روش‌ها

_ منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در شهر بندرعباس انجام گرفت که با ۵۳۰ هزار نفر جمعیت در عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۷ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۱۴ دقیقه شمالی و ۵۶ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی در نوار شمالی خلیج فارس واقع شده است. در این مطالعه مقرر بود از تمام مدارس ابتدایی دولتی شهر بندرعباس نمونه برداری انجام گیرد، با این حال به دلیل عدم فراهم شدن شرایط نمونه برداری از برخی مدارس، جمع آوری نمونه‌های گردوغبار از ۴۰ مدرسه ابتدایی امکان پذیر شد. بنابراین، در این مطالعه تعداد ۴۰ نمونه گردوغبار از ۴۰ مدرسه ابتدایی دولتی شهر بندرعباس جمع آوری گردید.

_ روش نمونه برداری گردوغبار ترسیب شونده و سنجش فلزات

در محیط داخل مدارس ابتدایی، نمونه‌های گردوغبار با استفاده از ظروف مناسب و برس پلاستیکی تمیز از روی سطوحی که امکان تجمع گردوغبار وجود داشت و احتمال تماس دانش آموزان با آن بود از جمله درزگیر پنجره‌ها، روی سطوح کمدها و میزها و دیگر سطوح داخل کلاس با احتمال ترسیب یافتن گردوغبار برداشت شد و هر نمونه ترکیبی از زیرنمونه‌های متعدد بود (۵، ۱۴). گردوغبار جمع آوری شده در کیسه‌های پلی اتیلن سربسته جهت انتقال و نگهداری قرار داده شدند. نمونه‌ها جهت آماده سازی، استخراج و سنجش فلزات به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های گردوغبار ابتدا خشک شدند و سپس **g** ۱ از هر نمونه با استفاده از محلول اسیدی aqua regia (مخلوطی اسیدی قوی با نسبت ۱ بخش اسید نیتریک و ۳ بخش اسید هیدروکلریک غلیظ) در دمای بالا انجام گرفت. سپس سوسپانسیون هضم با استفاده از فیلتر واتمن ۰/۴۵ میکرون فیلتر شد و محلول فیلتر شده با حرارت دادن تا نزدیک خشک شدند تبخیر داده شد و سپس با آب دیونیزه بازسازی شد. در نهایت غلظت فلزات در محلول نهایی با استفاده از دستگاه ICP-OES (Inductively coupled plasma optical emission spectrometry) سنجش شدند. مقادیر حد تشخیص روش (Method detection Limit) برای آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، نیکل و سرب به ترتیب برابر ۰/۵ mg/kg، ۰/۱ mg/kg، ۱ mg/kg، ۱ mg/kg، ۱ mg/kg و ۱ mg/kg بود. میزان بازیابی فلزات با انجام مراحل آماده سازی و سنجش فلزات در ماده مرجع (Reference Material) برآورد شد و میزان بازیابی ٪۵/۵±٪۱۱۰/۹ حاصل شد. جهت کنترل کیفیت در طی مرحله سنجش، علاوه بر آنالیز نمونه‌های ماده مرجع، آنالیز مجدد برخی نمونه‌های اصلی و آنالیز نمونه‌های محلول شاهد نیز انجام گرفت.

_ تعیین شاخص آلودگی

به منظور تعیین سطح آلودگی گردوغبار ترسیب شونده در مدارس به فلزات نسبت به مقدار زمینه، شاخص آلودگی (PI) مطابق معادله ۱ محاسبه گردید:

$$PI = \frac{C_n}{B_n} \qquad (۱)$$

در این معادله، Cn غلظت آلاینده در نمونه و Bn مقدار زمینه آلاینده مورد نظر است (۵). در این مطالعه، مقدار زمینه غلظت فلزات گزارش شده در مطالعه Heidari و همکاران مدنظر

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

قرار گرفت. در مطالعه مذکور، غلظت زمینه براساس میزان غلظت فلزات در نمونه‌های خاک جمع آوری شده از مناطق بدون توسعه شهری بندرعباس در عمق بیش از ۳۰ cm زمین گزارش گردیده است که برای آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، نیکل و سرب به ترتیب برابر ۷/۳ mg/kg، ۰/۳۹ mg/kg، ۱۲/۷۵ mg/kg، ۷۱/۰ mg/kg، ۸۵/۵ mg/kg و ۳۴/۷۵ mg/kg بود (۱۷).

ـ ارزیابی ریسک بهداشتی

با توجه به محتوای فلزات سنگین نمونه‌های گردوغبار ترسیب شونده ریسک‌های سرطانزایی و غیرسرطانزایی ارزیابی شدند. فلزات موجود در گردوغبار ترسیب شونده ممکن است از سه مسیر بلعیدن، استنشاق، جذب پوستی وارد بدن انسان گردند (۱۸).

برای ارزیابی ریسک ابتدا مقادیر میزان جذب روزانه برای هر فلز از مسیرهای بلعیدن، استنشاق و تماس پوستی مطابق معادلات ۲ تا ۴ محاسبه گردید:

$$ADD_{ing} = C \times \frac{IngR \times ED \times EF}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad (۲)$$

$$ADD_{inh} = C \times \frac{InhR \times ED \times EF}{BW \times PEF \times AT} \quad (۳)$$

$$ADD_{derm} = C \times \frac{SA \times ABF \times AF \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad (۴)$$

در این معادلات ADD_{ing} مقدار جذب روزانه فلزات از طریق بلعیدن، ADD_{inh} مقدار جذب روزانه فلزات از طریق استنشاق، ADD_{derma} مقدار جذب روزانه فلزات از طریق پوست، C غلظت فلزات در گردوغبار، IngR نرخ بلعیدن گردوغبار، InhR نرخ استنشاق گردوغبار، EF دفعات قرارگیری در معرض فلزات، BW میانگین وزن بدن فرد، AF فاکتور چسبیدن به پوستی، ED مدت زمان مواجهه با فلزات، PEF فاکتور انتشار ذرات گردوغبار، ABF فاکتور جذب پوستی، AT زمان متوسط مواجهه و SA مساحت پوست در تماس با گردوغبار هستند (۱۷، ۱۹). مقادیر این پارامترها در جدول ۱ ارائه شده اند.

سهم خطر (Hazard quotient (HQ)) مرتبط با مواجهه از هر مسیر و هر آلاینده براساس دوز دریافتی از طرق مختلف مطابق معادله ۵ محاسبه گردید:

$$HQ = ADD_i / RfD \quad (۵)$$

در اینجا ADDi دوز دریافتی روزانه هر فلز از هر یک از مسیرهای بلعیدن، استنشاق یا پوستی (mg/kg.day)، RfD میزان دوز مرجع سمیت فلز در هر مسیر (mg/kg.day) و i مسیر مواجهه (استنشاق بلعیدن یا تماس پوستی) هستند. مقادیر دوز مرجع در جدول ۲ ارائه شده است. برای مقادیر HQ≤۱، ریسک غیرسرطانزایی قابل ملاحظه نخواهد بود ولی برای HQ>۱ ریسک غیرسرطانزایی قابل توجه و غیرقابل قبول است (۲۰).

مطابق معادله ۶، شاخص خطر (HI) برابر با مجموع سهم‌های خطر از تمام مسیرهای تماس است:

$$HI = \Sigma HQ_i \quad (۶)$$

در واقع HI بیانگر مجموع خطر غیرسرطان زایی برای یک فلز سنگین است.

برای مقادیر HI≤۱، خطر اثرات غیرسرطان زایی قابل توجه نیست و برای HI>۱ تماس با آلاینده مورد نظر ریسک غیرسرطانزایی ایجاد می‌کند (۲۱).

برای ارزیابی ریسک سرطانزایی، دوز روزانه متوسط در طول عمر (LADD) برای هر فلز سرطانزا با بکارگیری معادله ۷ محاسبه شد:

$$LADD = \frac{C \times EF}{AT} \times \left(\frac{ER_i \times ED}{BW}\right) \quad (۷)$$

در اینجا ERi نرخ مواجهه یعنی "IngR×۱۰$^{-۶}$" برای بلعیدن، "InhR/PEF" برای استنشاق و "SA×AF×ABF×۱۰$^{-۶}$" برای جذب پوستی است. لازم به ذکر است که غلظت فلزات در تمام محاسبات مربوط به متوسط دوز روزانه براساس "حداکثر مواجهه منطقی" (Reasonable maximum exposure ($C_{95\%UCL}$)) است.

در نهایت، ریسک مازاد سرطانزایی (CR) منتسب به هر فلز سرطانزا مطابق معادله ۸ ارزیابی گردید:

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

$$CR = \sum_{i=1}^{p} LADD_i \times SF_i \quad (۸)$$

در اینجا LADDi نرخ دوز دریافتی از طـریق استنشـــاق (mg/kg.day) و SFi فاکتور احتمال ابتلا به سرطان در هر واحد قرارگیری در معرض آلاینده (mg/kg.day) هستند (۱۷). برای مقادیر CR کمتر از ۱×۱۰^{-۶} میزان خطر سرطانزایی قابل چشم پوشی است، برای مقادیر شاخص بین ۱×۱۰^{-۶} و ۱×۱۰^{-۴} میزان خطر از حد آستانه فراتر است اما از لحاظ قانونی مجاز است و برای مقادیر بیش از ۱×۱۰^{-۴} خطر سرطانزایی ناشی از آلاینده مورد نظر غیرمجاز و مخـاطره آمیز اســت (۱۹، ۲۲). لازم به ذکر است که محاسبات مربوط به آمار توصیفی و محاسبه ریسک بهداشتی در Excel انجام گرفت.

جدول ۱- پارامترهای مورد استفاده برای محاسبه متوسط دوزهای مواجهه (۱۴، ۱۷، ۲۳)

پارامتر		واحد	مقدار
نرخ بلعیدن گردوغبار (R_{ing})		mg/day	۲۰۰
فرکانس تماس (EF)		day/year	۱۷۵
مدت تماس (ED)		year	٦
طول عمر		year	۷۷/٤
متوسط وزن بدن (BW)		kg	۳۳
زمان متوسط مواجهه (AT)	غیرسرطانزایی	day	۲۱۹۰
	سرطانزایی	day	۲۵۵۵۰
نرخ استنشاق (R_{inh})		m^3/day	۷/٦
فاکتور انتشار گردوغبار (PEF)		m^3/kg	$۱/۳٦\times۱۰^{۹}$
مساحت پوست در تماس با گردوغبار (SA)		cm^2	۲۸۰۰
فاکتور چسبیدن به پوست (AF)		$mg/cm^2.h$	۰/۲
فاکتور جذب پوستی (ABF)		–	۰/۰۰۱ (۰/۰۳ برای As)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

جدول ۲- مقادیر دوزهای مرجع و فاکتورهای شیب (۱۷، ۲۳)

آلاینده	RfD_{ing} (mg/kg.day)	RfD_{inh} (mg/kg.day)	RfD_{derm} (mg/kg.day)	SF $(mg/kg.day)^{-1}$
آرسنیک	$۳/۰۰\times۱۰^{-٤}$	$۳/۰۱\times۱۰^{-٤}$	$۱/۲۳\times۱۰^{-٤}$	۱/۵۰ (SF_{ing}) ۱۵/۱۰ (SF_{inh}) ۳/٦٦ (SF_{derm})
کادمیوم	$۱/۰۰\times۱۰^{-۳}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۳}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۵}$	۰/٦۳ (SF_{inh})
کبالت	$۲/۰۰\times۱۰^{-۲}$	$۵/۷۱\times۱۰^{-٦}$	$۱/٦۰\times۱۰^{-۲}$	۹۸/۰۰ (SF_{inh})
کروم	$۳/۰۰\times۱۰^{-۳}$	$۲/۸٦\times۱۰^{-۵}$	$٦/۰۰\times۱۰^{-۵}$	٤۲/۰۰ (SF_{inh})
سرب	$۳/۵۰\times۱۰^{-۳}$	$۳/۵۲\times۱۰^{-۳}$	$۵/۲۵\times۱۰^{-٤}$	۰/۰٤ (SF_{inh})

یافته‌ها

در این مطالعه از گردوغبار ترسیب شونده بر روی سطوح داخلی ۴۰ مدرسه ابتدایی دولتی شهر بندرعباس نمونه برداری انجام گرفت. مطابق جدول ۳ بالاترین غلظت فلزات در گردوغبار ترسیب شونده در مدارس شهر بندرعباس مربوط به نیکل (متوسط ۸۳/۹۵ mg/kg) و کمترین غلظت مربوط به کادمیوم (۰/۵۸ mg/kg) بود. همچنین مطابق نمودار ۱، غلظت میانه آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، نیکل و سرب به ترتیب برابر ۴/۹ mg/kg، ۰/۵۵ mg/kg، ۱۲/۰ mg/kg، ۶۹/۰ mg/kg، ۸۵/۰ mg/kg و ۵۷/۰ mg/kg بود. همچنین، شاخص آلودگی براساس غلظت فلزات در خاک زمینه برآورد گردید و پی برده شده که سرب (۱/۹۲) و آرسنیک (۰/۹۰) به ترتیب بالاترین و کمترین مقدار شاخص را دارند.

در جدول ۴ نتایج ارزیابی ریسک‌های سرطانزایی و غیرسرطانزایی ناشی از فلزات سنگین در گردوغبار مدارس ابتدایی بندرعباس ارائه شده است. مطابق این جدول، بالاترین سهم خطر مربوط به کروم از طریق بلعیدن گردوغبار ($۷/۱۰\times۱۰^{-۲}$) و کمترین آن مربوط به کادمیوم از طریق استنشاق هوا ($۴/۸۸\times۱۰^{-۸}$)

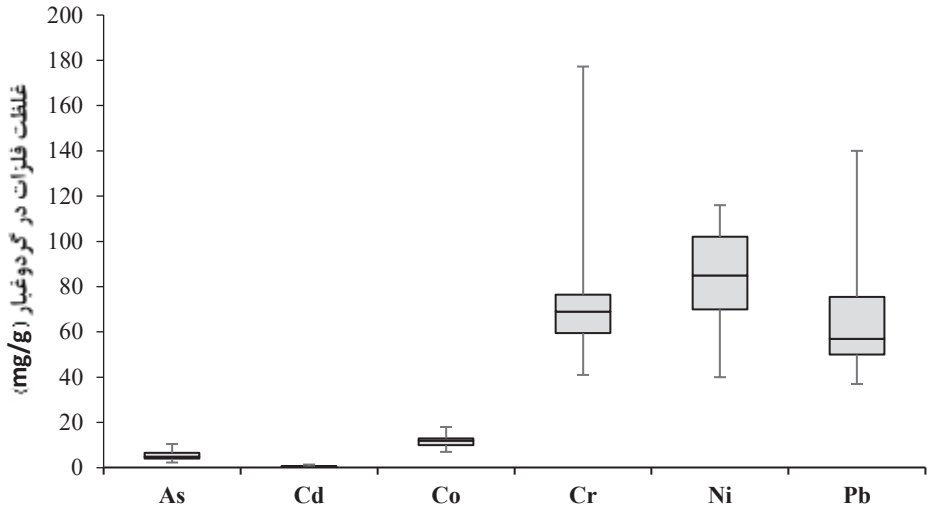
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

ایجاد می‌شود. بالاترین ریسک غیرسرطانزایی از طریق مواجهه از هر سه مسیر با کروم موجود در گردوغبار ایجاد می‌گردد ($۷/۴۹\times۱۰^{-۳}$).

در این مطالعه براساس حداکثر غلظت منطقی، متوسط دوز روزانه در طول عمر (LADD) برای هر سه مسیر مواجهه محاسبه و مقادیر آن در جدول ۵ ارائه شده است. مطابق این جدول، بالاترین LADD مربوط به آرسنیک ($۱/۳۵\times۱۰^{-۶}$) از مسیر بلعیدن و کمترین مقدار آن مربوط به کادمیوم ($۲/۳۵\times۱۰^{-۱۲}$) از مسیر استنشاق بود. مقادیر CR نیز در رنج $۲/۳۵\times۱۰^{-۱۲}$ تا $۳/۷۸\times۱۰^{-۶}$ بود.

جدول ۳- محتوای فلزات سنگین (mg/kg) در نمونه‌های گردوغبار ترسیب شونده در محیط داخل مدارس ابتدایی شهر بندرعباس و سطح شاخص آلودگی

معیار	آرسنیک	کادمیوم	کبالت	کروم	نیکل	سرب
میانگین	۵/۴۵	۰/۵۸	۱۱/۴۴	۶۹/۷۲	۸۳/۹۵	۶۶/۷۲
انحراف معیار	۲/۰۸	۰/۱۵	۲/۰۴	۲۱/۰۵	۱۹/۲۳	۲۶/۰۰
ضریب تغییرات (درصد)	۳۸/۱۶	۲۶/۰۲	۱۷/۸۱	۳۰/۱۹	۲۲/۹۱	۴۰/۳۵
حداکثر	۱۰/۵۰	۱/۴۰	۱۸/۰۰	۱۷۷/۲۵	۱۱۶/۰۰	۱۴۰/۰۰
حداقل	۲/۳۰	۰/۴۶	۷/۰۰	۴۱/۰۰	۴۰/۰۰	۳۷/۰۰
شاخص آلودگی (PI)	۰/۷۵	۱/۴۸	۰/۹۰	۰/۹۸	۰/۹۸	۱/۹۲



نمودار ۱- نمودار جعبه‌ای غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گردوغبار ترسیب شونده در مدارس ابتدایی شهر بندرعباس

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

جدول ۴- مقادیر شاخص‌های ریسک غیرسرطانزایی آلاینده‌های منتسب به فلزات در نمونه‌های گردوغبار ترسیب شونده محیط داخل مدارس ابتدایی شهر بندرعباس

HI	HQ_{derm}	HQ_{inh}	HQ_{ing}	$C_{95\%UCL}$, mg/kg	ز سنگین
$٦/٢٤\times١٠^{-٢}$	$٤/٩٣\times١٠^{-٣}$	$١/٦٢\times١٠^{-٦}$	$٥/٨٠\times١٠^{-٢}$	٥/٩٩	سنیک
$١/٩٣\times١٠^{-٣}$	$١/٨١\times١٠^{-٤}$	$٤/٨٨\times١٠^{-٨}$	$١/٧٥\times١٠^{-٣}$	٠/٦٠	دمیوم
$١/٩٠\times١٠^{-٣}$	$٢/٢٤\times١٠^{-٦}$	$١/٦٩\times١٠^{-٤}$	$١/٧٣\times١٠^{-٣}$	١١/٩١	الت
$٧/٤٩\times١٠^{-٢}$	$٣/٦٧\times١٠^{-٣}$	$٢/٠٨\times١٠^{-٤}$	$٧/١٠\times١٠^{-٢}$	٧٣/٣٣	وم
$١/٣٠\times١٠^{-٢}$	$٤/٩٥\times١٠^{-٥}$	$٣/٥١\times١٠^{-٧}$	$١/٢٩\times١٠^{-٢}$	٨٩/٠٠	کل
$٦/٠٢\times١٠^{-٢}$	$٤/١٢\times١٠^{-٤}$	$١/٦٦\times١٠^{-٦}$	$٥/٩٨\times١٠^{-٢}$	٧٢/٠٤	رب

جدول ۵- مقادیر شاخص‌های ریسک سرطانزایی آلاینده‌های منتسب به فلزات در نمونه‌های گردوغبار محیط داخل مدارس ابتدایی شهر بندرعباس

CR	$LADD_{derm}$, (mg/kg.day)	$LADD_{inh}$, (mg/kg.day)	$LADD_{ing}$, (mg/kg.day)	$C_{95\%UCL}$, (mg/kg)	فلز سنگین
$٢/١٨\times١٠^{-٦}$	$٤/١٨\times١٠^{-٨}$	$٣/٧٧\times١٠^{-١١}$	$١/٣٥\times١٠^{-٦}$	٥/٩٩	آرسنیک
$٢/٣٨\times١٠^{-١٢}$	–	$٣/٧٨\times١٠^{-١٢}$	–	٠/٦٠	کادمیوم
$٧/٣٥\times١٠^{-٩}$	–	$٧/٥٠\times١٠^{-١١}$	–	١١/٩١	کبالت
$١/٩٤\times١٠^{-٨}$	–	$٤/٦٢\times١٠^{-١٠}$	–	٧٣/٣٣	کروم
$٤/٧١\times١٠^{-١٠}$	–	$٥/٦٠\times١٠^{-١٠}$	–	٨٩/٠٠	نیکل
$١/٩٠\times١٠^{-١١}$	–	$٤/٥٣\times١٠^{-١٠}$	–	٧٢/٠٤	سرب

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

بحث

غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در گردوغبار مدارس ابتدایی بندرعباس در رنج ۰/۵۸ mg/kg تا ۸۳/۹۵ mg/kg بود و ترتیب غلظت بصورت نیکل > کروم > سرب > کبالت > آرسنیک > کادمیوم بود. چنین ترتیبی در گردوغبار مدارس ابتدایی شهر Xi'an چین بصورت سرب (۱۸۰/۹ mg/kg) > کروم (۱۴۹/۲ mg/kg) > کبالت (۴۳/۴ mg/kg) > نیکل (۳۴/۶ mg/kg) > آرسنیک (۶۹/۰ mg/kg) و در ایالت Ogun نیجریه بصورت کروم (۴۱/۸ mg/kg) > سرب (۲۷/۶ mg/kg) > کبالت (۲۱/۹ mg/kg) > نیکل (۱۲/۷ mg/kg) > آرسنیک (۲/۰ mg/kg) > کادمیوم (۰/۸۵ mg/kg) بود (۱۴، ۲۲). از بین فلزات مورد مطالعه، مطابق جدول ۳ و نمودار ۱، مقادیر میانگین (۶۹/۷ mg/kg) و میانه (۶۹/۰ mg/kg) غلظت کروم فراتر از استاندارد کانادا (۶۴ mg/kg) اما کمتر از رهنمود WHO (۱۰۰ mg/kg) بود. همچنین مقادیر میانگین (۸۳/۹ mg/kg) و میانه (۸۵/۰ mg/kg) غلظت نیکل فراتر از هر دو رهنمود WHO و استاندارد کانادا (۵۰ mg/kg) بود. از بین فلزات مورد مطالعه، غلظت نیکل در مدارس بندرعباس در مقایسه با مدارس Xi'an چین، Ogun نیجریه و Lahore پاکستان بالاتر بود که البته غلظت زمینه این فلز (۸۵/۵ mg/kg) نیز در این شهر نسبتا بالا است. اگرچه در مدارس شهر بندرعباس بالاترین غلظت مربوط به نیکل بود، اما میزان شاخص آلودگی برای سرب (PI برابر ۱/۹۲) و کادمیوم (PI برابر ۱/۴۸) بیش از دیگر فلزات بود. بطور مشابه، Rehman و همکاران نیز گزارش کردند که بیشترین سطح آلودگی در گردوغبار ترسیب شونده مدارس Lahore پاکستان نسبت به مقادیر زمینه نیز برای کادمیوم و سرب مشاهده شد (۵). بنابراین می‌توان دریافت که فلز سرب منابع انسان ساخت قوی‌تری نسبت به دیگر فلزات داشته است. از منابع انسان ساخت سرب در محیط داخل و بیرون مدارس می‌توان به ذرات رنگ سطوح و انتشارات ترافیکی اشاره کرد (۲، ۲۴). البته لازم به ذکر است که غلظت دیگر فلزات مورد مطالعه نیز در برخی از مدارس نیز بالاتر از غلظت زمینه بود. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که گردوغبار در محیط داخلی مدارس ابتدایی بندرعباس، علاوه بر منبع طبیعی، تحت تاثیر منبع انسان ساخت فلزات سنگین مورد مطالعه نیز بوده است. گردوغبار آلوده محیط بیرون ممکن است از طریق نفوذ از پنجره‌ها و یا همراه لباس و کفش کودکان به محیط داخل راه یابد (۵، ۱۵).

ارزیابی ریسک بهداشتی انسانی ناشی از تماس با گردوغبار آلوده به فلزات از مسیرهای اصلی بلعیدن، تماس پوستی و استنشاق مورد بررسی قرار گرفت. پس از محاسبه مقدار جذب روزانه فلزات برای هر یک از مسیرها، میزان سهم خطر (HQ) برای هر مسیر و در نهایت شاخص خطر (HI) برای کل مسیرهای مواجهه ارزیابی شد. مطابق جدول ۱، برای تمام فلزات بالاترین سهم خطر غیرسرطانزایی از مسیر بلعیدن ایجاد می‌گردد. بطور کلی شاخص خطر غیرسرطانزایی برای فلزات دارای ترتیب کروم > آرسنیک > سرب > نیکل > کادمیوم > کبالت است. مطابق USEPA، برای مقادیر HI بیش از ۱، تماس مداوم با آن آلاینده برای یک دوره زمانی مدنظر برای سلامت انسان در طی دوره زندگی مخاطره ایجاد می‌کند (۲۱). خوشبختانه مقادیر HI برای هر یک از فلزات مورد مطالعه کمتر از حد آستانه بود. بطور مشابه، در مطالعه مربوط به ارزیابی خطر بهداشتی فلزات در گردوغبار مدارس Xi'an چین و Lahore پاکستان نیز مقادیر HI کمتر از ۱ و کروم، سرب و آرسنیک بالاترین ریسک غیرسرطانی را ایجاد می‌کردند (۵، ۱۴). لازم به ذکر است که مجموع HI برای تمام فلزات مورد مطالعه حدود $۲/۱۴\times۱۰^{-۱}$ بود که نزدیک حد آستانه است (یک پنجم) و ممکن است مجموع ریسک سرطانزایی فلزات مورد مطالعات و دیگر فلزاتی که در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته‌اند فراتر از حد آستانه گردد. لذا ریسک غیرسرطانزایی فلزات در گردوغبار ترسیبی محیط داخل مدارس ابتدایی شهر بندرعباس برای کودکان نباید کم اهمیت جلوه شود.

از بین فلزات مورد مطالعه، آرسنیک، کادمیوم، کروم و نیکل جزو سرطانزاهای شناخته شده و کبالت و سرب جزو سرطانزاهای احتمالی هستند. براساس فاکتورهای شیب پیشنهادی برای این فلزات، برای آرسنیک هر سه مسیر بلعیدن، استنشاق و جذب پوستی و برای دیگر فلزات صرفا مسیر استنشاق برای ارزیابی ریسک سرطانزایی مورد توجه قرار گرفت. براساس جدول ۵، مقادیر دوز متوسط روزانه در طول عمر برای ارزیابی ریسک سرطانزایی دارای ترتیب آرسنیک

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

> نیکل > کروم > کبالت > سرب > کادمیوم بود. ریسک سرطانزایی (CR) برای کادمیوم، کبالت، کروم، نیکل و سرب کمتر از ۱×۱۰^{-۶} بود. با این حال، میزان ریسک سرطانزایی آرسنیک فراتر از حد آستانه احتیاطی (۱×۱۰^{-۶}) بود. لذا می‌توان نتیجه گرفت که دانش آموزان مدارس ابتدایی شهر بندرعباس با سطوح نگران کننده‌ای از آرسنیک از نقطه نظر ریسک سرطانزایی در طول عمر مواجه هستند. همانطور که ذکر شد، فلز آرسنیک از هر سه مسیر بلعیدن، استنشاق و جذب پوستی ممکن است ریسک سرطانزایی ایجاد کند.

همانطور که در جدول ۴ نیز مشخص است، بیشتر دوز جذبی برای ریسک سرطانزایی از طریق مسیر بلعیدن گردوغبار حاوی آرسنیک ایجاد می‌شود و همانند ریسک غیرسرطانی، مواجهه از این مسیر بیشترین سهم را در ریسک سرطانزایی ایجاد می‌کند. بنابراین، در این مطالعه مشخص گردید که مهمترین مسیر ورود گردوغبار حاوی فلز در مدارس ابتدایی شهر بندرعباس، بلعیدن گردوغبار است. این وضعیت بیانگر آن است که از یک طرف باید منابع فلزات در این محیط‌ها را حذف کرد و همچنین این گردوغبار با تمیزسازی مکرر این محیط‌ها از دسترس کودکان خارج ساخت. علاوه بر این، لازم است با آموزش مسائل بهداشتی در مدارس، عادات نامناسب مانند تماس دست آلوده یا هر جسم آلوده به گردوغبار با دهان رفع شود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه آلودگی گردوغبار ترسیب شونده در مدارس ابتدایی شهر بندرعباس به فلزات سنگین بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که از بین فلزات مورد مطالعه، نیکل بالاترین غلظت را داشت و متوسط غلظت آن بیش از رهنمود WHO بود، اما میانگین غلظت سرب (PI برابر ۱/۹۲) و کادمیوم (PI برابر ۱/۴۸) و غلظت دیگر فلزات در برخی نمونه‌ها بیش از مقادیر زمینه بود که بیانگر اثر منابع انسان ساخت است. ارزیابی ریسک بهداشتی نشان داد که ریسک غیرسرطانزایی هر یک از فلزات مورد مطالعه در محدوده ایمن بود، اما ریسک غیرسرطانزایی مجموع فلزات نزدیک حد آستانه (HI برابر $۲/۱۴\times۱۰^{-۱}$) بود. همچنین مشخص گردید که از بین فلزات مورد مطالعه، سطح ریسک سرطانزایی آرسنیک فراتر از حد آستانه (۱×۱۰^{-۶}) است. بطور کلی، این مطالعه نشان داد که گردوغبار ترسیب شونده در محیط داخل مدارس ابتدایی بندرعباس به سطوح مختلفی از فلزات سنگین آلوده است و ریسک‌های بهداشتی منتسب به این نوع آلودگی برای دانش آموزان باید مورد توجه قرار گیرد و اقداماتی باید برای کاهش آلودگی و کاهش مواجهه با این فلزات صورت گیرد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق مقاله IR.HUMS.REC.1397.241 است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی غلظت ذرات معلق هوا و محتوای فلزات گردوغبار رسوب کرده در مدارس ابتدائی شهر بندرعباس" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی هرمزگان با کد ۹۷۰۲۵۹ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی هرمزگان اجرا شده است.

References

1. Ghaffari HR, Kamari Z, Hassanvand MS, Fazlzadeh M, Heidari M. Level of air BTEX in urban, rural and industrial regions of Bandar Abbas, Iran; indoor-outdoor relationships and probabilistic health risk assessment. Environmental Research. 2021;200:111745.
2. Kurt-Karakus PB. Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey: Estimation of the health risk. Environment International. 2012;50:47-55.
3. Olujimi O, Steiner O, Goessler W. Pollution indexing and health risk assessments of trace elements in indoor dusts from classrooms, living rooms and offices in Ogun State, Nigeria. Journal of African Earth Sciences. 2015;101:396-404.
4. Li C, Zhou K, Qin W, Tian C, Qi M, Yan X, et al. A Review on heavy metals contamination in soil: Effects, sources, and remediation techniques. Soil and Sediment

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

Contamination: An International Journal. 2019;28(4):380-94.
5. Rehman A, Liu G, Yousaf B, Zia-ur-Rehman M, Ali MU, Rashid MS, et al. Characterizing pollution indices and children health risk assessment of potentially toxic metal(oid)s in school dust of Lahore, Pakistan. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2020;190:110059.
6. Rai PK, Lee SS, Zhang M, Tsang YF, Kim K-H. Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. Environment International. 2019;125:365-85.
7. El-Kady AA, Abdel-Wahhab MA. Occurrence of trace metals in foodstuffs and their health impact. Trends in Food Science & Technology. 2018;75:36-45.
8. Leyssens L, Vinck B, Van Der Straeten C, Wuyts F, Maes L. Cobalt toxicity in humans—A review of the potential sources and systemic health effects. Toxicology. 2017;387:43-56.
9. CCME. Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment; 2007.
10. Norouzi S, Khademi H, Ayoubi S, Cano AF, Acosta JA. Seasonal and spatial variations in dust deposition rate and concentrations of dust-borne heavy metals, a case study from Isfahan, central Iran. Atmospheric Pollution Research. 2017;8(4):686-99.
11. Rai PK. Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2016;129:120-36.
12. Yazdani H, Yaghoubi M. Techno-economic study of photovoltaic systems performance in Shiraz, Iran. Renewable Energy. 2021;172:251-62.
13. Praveena SM, Abdul Mutalib NS, Aris AZ. Determination of heavy metals in indoor dust from primary school (Sri Serdang, Malaysia): Estimation of the health risks. Environmental Forensics. 2015;16(3):257-63.
14. Chen H, Lu X, Li LY. Spatial distribution and risk assessment of metals in dust based on samples from nursery and primary schools of Xi'an, China. Atmospheric Environment. 2014;88:172-82.
15. Meza-Figueroa D, De la O-Villanueva M, De la Parra ML. Heavy metal distribution in dust from elementary schools in Hermosillo, Sonora, México. Atmospheric Environment. 2007;41(2):276-88.
16. Rahman MS, Kumar S, Nasiruddin M, Saha N. Deciphering the origin of Cu, Pb and Zn contamination in school dust and soil of Dhaka, a megacity in Bangladesh. Environmental Science and Pollution Research. 2021;28(30):40808-23.
17. Heidari M, Darijani T, Alipour V. Heavy metal pollution of road dust in a city and its highly polluted suburb; quantitative source apportionment and source-specific ecological and health risk assessment. Chemosphere. 2021;273:129656.
18. USEPA. Risk assessment guidance for Superfund. Volume I: Human health evaluation manual (Part A). Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency; 1989.
19. Man YB, Sun XL, Zhao YG, Lopez BN, Chung SS, Wu SC, et al. Health risk assessment of abandoned agricultural soils based on heavy metal contents in Hong Kong, the world's most populated city. Environment International. 2010;36(6):570-76.
20. Kong S, Lu B, Ji Y, Zhao X, Chen L, Li Z, et al. Levels, risk assessment and sources of PM10 fraction heavy metals in four types dust from a coal-based city. Microchemical Journal. 2011;98(2):280-90.
21. USEPA. Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency; 2001.
22. Tan SY, Praveena SM, Abidin EZ, Cheema MS. Heavy metal quantification of classroom dust in school environment and its impacts on children health from Rawang (Malaysia). Environmental Science and Pollution Research. 2018;25(34):34623-35.
23. USEPA. Regional screening levels (RSLs)-Generic tables; screening levels-resident air. Washington DC: US Environmental Protection Agency; 2020.
24. Men C, Liu R, Xu F, Wang Q, Guo L, Shen Z. Pollution characteristics, risk assessment, and source apportionment of heavy metals in road dust in Beijing, China. Science of The Total Environment. 2018;612:138-47.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Assessment of health risk attributed to heavy metals of settled dust in the elementary schools of Bandar Abbas

Zeinab Alizadeh[1], Kavoos Dindarloo[1], Mohsen Heidari[2,3,*]

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3- Social Determinants in Health Promotion Research Center, Hormozgan Health Institute, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 29 August 2021
Revised: 24 November 2021
Accepted: 27 November 2021
Published: 21 December 2021

Keywords: Elementary schools, Settled dust, Heavy metals, Health risk, Bandar Abbas

***Corresponding Author:**
Moheidari@modares.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Heavy metal (HM) pollution of settled dust on the interior surfaces of elementary schools may affect the health of young students; hence, the health risk of such pollution should be assessed. Therefore, the aims of this study were to measure the content of heavy metals in the settled dust in the indoor of elementary schools in Bandar Abbas and to assess the attributed health risks.

Materials and Methods: In this study, dust samples were collected from the interior surfaces of elementary schools in Bandar Abbas. Settled dust samples were digested using aqua regia solution and then their metals contents were measured using ICP-OES. To assess the health risk attributed to this pollution, daily intake doses through ingestion, inhalation and skin absorption routes were estimated. Then, non-carcinogenic and carcinogenic risks were calculated considering the daily intake doses and toxicity factors.

Results: The average concentrations of arsenic, cadmium, cobalt, chromium, nickel and lead in settled dust were 5.45, 0.58, 11.44, 69.72, 83.95 and 66.72 mg/kg, respectively. The non-carcinogenic risk level for all metals was below threshold, while the carcinogenic risk level for arsenic (2.18×10^{-6}) exceeded the threshold.

Conclusion: This study showed that the settled dust in elementary schools of Bandar Abbas is polluted with various levels of heavy metals. Health risk assessment showed that the exposure to dust containing heavy metals in the elementary schools of Bandar Abbas does not pose significant non-carcinogenic risk, but the carcinogenic risk of As exceeded the threshold limit and should be considered.

Please cite this article as: Alizadeh Z, Dindarloo K, Heidari M. Assessment of health risk attributed to heavy metals of settled dust in the elementary schools of Bandar Abbas. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(3):487-98.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-11]