

## مطالعه فلزات سنگین گرد و غبار راسب شونده دفنگاه زباله شهرستان خاش

زهرا میرکازهی<sup>۱\*</sup>، محمد رضا رضایی<sup>۱</sup>

<sup>۱\*</sup> - نویسنده مسئول، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند

ایمیل نویسنده مسئول: Mirkazehiz@ymail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۱۸

### چکیده

یکی از منابع ایجادکننده گرد و غبار آلوده به فلزات سنگین، مکان‌های دفن زباله می‌باشند که می‌توانند مشکلات محیط زیستی زیادی را ایجاد نمایند. هدف از مطالعه حاضر بررسی وضعیت آلودگی گرد و غبار راسب‌شونده به فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در جهت وزش باد غالب (شمال غرب - جنوب شرق) محل دفن زباله شهر خاش بوده است. ابتدا از طریق مشاهده به بررسی وضعیت کنونی محل دفن زباله پرداخته و سپس نمونه‌های گرد و غبار از ۱۰ ایستگاه در منطقه مورد مطالعه در دی ماه ۱۳۹۲ تهیه گردید. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت کادمیوم، سرب و روی به ترتیب ۳/۲۸، ۸۳/۱، ۱۱۹۰/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد. شاخص I<sub>geo</sub> روی، کادمیوم و سرب به ترتیب ۲/۷۶، ۲/۶۹ و ۱/۲۲، فاکتور آلودگی به ترتیب ۱۲/۵۳، ۱۰/۹۴ و ۴/۱۵ و ریسک اکولوژیکی در رده قابل توجه اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج بدست آمده غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار مکان دفن زباله از حد استاندارد بالاتر بوده است. نتایج آنالیز داده‌ها و مدل کریجینگ نشان داد ایستگاه شاهد ۱ تقریباً بدون آلودگی و سایر ایستگاه‌ها آلودگی قوی از نظر عناصر سنگین داشته‌اند.

### واژگان کلیدی:

"گرد و غبار"، "فلزات سنگین"، "دفنگاه"، "خاش"

## The Study of Heavy Metals Deposited Dust Binding Khash City Landfill

Zahra Mirkazehi<sup>1,\*</sup>, Mohammad Reza Rezaei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate Faculty of Environment, University of Birjand, Birjand, Iran

\*Email Adress: Mirkazehiz@ymail.com

### Abstract

One of the sources of dust contaminated with heavy metals, landfill sites, which can cause a lot of environmental problems. The aim of this study was to investigate the contamination of deposit dust binding heavy metals cadmium, lead and zinc in the prevailing wind direction (North West – South East) Khash city's landfill. First, by observing the status of the current landfill deals and Dust samples of 10 stations in the study area was prepared in January 2013. After preparation of the samples, the concentrations of heavy metals using atomic absorption were measured. The average concentration of cadmium, lead and zinc, respectively, 3.28, 83.1, 1190.65 mg/kg was achieved. I<sub>geo</sub> zinc, cadmium and lead, 2.76, 2.69 and 1.22 respectively, CF, 12.53, 10.94, 4.15 respectively and significant ecological risk level was measured. Based on the results of heavy metals in the dust landfills it is was higher than the standard. The results of data analysis and estimate that almost no pollution control stations and other stations strong have pollution of heavy metals

### Keywords:

"Soil", "Heavy Metals", "Landfill", "Khash city".

۱- مقدمه

پدیده آلودگی محیط زیست عمدتاً نتیجه توسعه تکنولوژی به ویژه در قرن حاضر است و سخن از آن مسئله‌ای تازه نمی‌باشد. گرچه طبیعت از توان خودپالایی معینی برخوردار است و لیکن افزایش آلاینده‌ها اغلب این خاصیت را از آن سلب نموده، تغییراتی اساسی در اکوسیستم ایجاد می‌کند و سبب غیرقابل استفاده کردن آب، خاک و هوا می‌گردد (گنجی‌دوست و همکاران، ۱۳۸۸). ذرات گرد و غبار بسته به منشاء و مسیر حرکت خود توانایی بالایی در حمل فلزات سنگین دارند (Khuzastani, 2013). مقایسه مقادیر فلزات سنگین در ذرات راسب شونده از هوای شهر زنجان در نواحی مختلف نشان داد که منابع صنعتی منتشرکننده فلزات سنگین نقش مستقیمی در ترسیب فلزات سنگین ریزش‌های جوی خشک و تر دارد (فرهمند کیا و همکاران، ۱۳۸۸). نوریپور و صدر جهان‌شاهی (سنجش و ارزیابی ریسک آلودگی فلزات سنگین در هوای تهران (مطالعه موردی: خیابان انقلاب) را مورد بررسی قرار دادند. نرخ آلودگی در چهارراه ولیعصر بیش از سایر نقاط است. همچنین، در کل خیابان انقلاب تعداد کل ابتلا به سرطان در طول عمر افراد ناشی از استنشاق فلزات سنگین مورد مطالعه در این پژوهش، کمتر از ۵۳ نفر در هر یک میلیون نفر برآورد شده که تمامی ریسک به‌چهار آلاینده کروم، آرسنیک، کادمیوم و نیکل اختصاص یافته است (نوریپور و صدر جهان‌شاهی، ۱۳۹۲). ملاکو و همکاران (۲۰۰۸) نمونه هوای محصور شده و ته‌نشست شده در ساختمان تک واحدی واشگتن را به مدت ۷ ماه جمع‌آوری نموده و آنالیز کادمیوم و سرب را انجام دادند. رنج ۶ روزه فلزات سنگین کادمیوم و سرب به ترتیب ۳۰-۱/۵ و ۱۳۷-۲/۹ نانو گرم بر متر مکعب مشاهده شده است که در طی فصول متغیر می‌باشد (ملاکو و همکاران، ۲۰۰۸). یونگ مینگ و همکاران در بررسی آلودگی گرد و غبار شهری با استفاده از فاکتور غنی‌شدگی نرمالو تجزیه و تحلیل خوشه‌ای منشاء نقره و منیزیم را م‌سکونی و تجاری، منشاء کروم، مس، سرب، روی و آنتیموان را منابع صنعتی و ترافیک و منشاء آرسنیک و منگنز را فرآیندهای خاک‌سازی بیان کردند (یونگ مینگ و همکاران، ۲۰۰۶). هدف از مطالعه حاضر بررسی وضعیت آلودگی گرد و غبار راسب شونده به فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در جهت وزش باد غالب (شمال‌غرب - جنوب‌شرق) محل دفن زباله شهر خاش بوده است.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

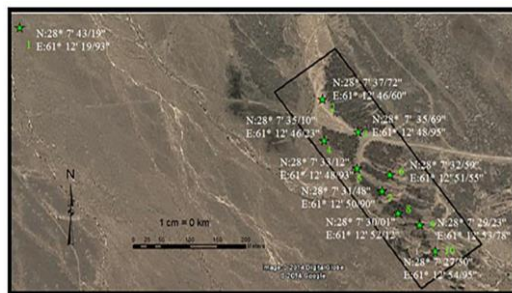
شهرستان خاش با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۹۴ متر از سطح دریاهای آزاد در جنوب شرقی ایران واقع شده است (شکل ۱). نمونه‌برداری از خاک مکان دفن زباله شهرستان خاش در دی ماه ۱۳۹۲ انجام گرفت.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان خاش

• انتخاب نقاط نمونه‌برداری

ابتدا از طریق مشاهده به بررسی وضعیت کنونی محل دفن زباله پرداخته و سپس بر اساس روش نمونه‌برداری تصادفی (Random) تعداد ۱۰ ایستگاه بر اساس رودخانه‌های ورودی و مناطق پخش زباله در مکان دفن زباله شهر خاش برای نمونه‌برداری نمونه‌های گرد و غبار تعیین و از هر ناحیه ۲ تا ۳ نمونه تهیه و با هم مخلوط گردید. نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی نگهداری و به آزمایشگاه منتقل شدند و در دمای اتاق و هوای آزاد خشک گردیدند. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها با دستگاه GPS ثبت گردید (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

• روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی

نمونه‌های خشک شده با هاون سنگی خرد و پس از نرم شدن از الک ۰/۰۶۳ میلی متر (۲۳۰ مش) عبور داده شدند. هضم اسیدی با افزودن ۱۶ سی سی اسید (ترکیب ۴ سی سی اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱۲ سی سی اسید کلریدریک ۳۷ درصد) به یک گرم نمونه انجام گردید. برای کامل شدن هضم اسیدی نمونه‌ها به مدت ۶ تا ۷ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حمام شن قرار گرفتند تا محلولی شیری رنگ به دست آید. بعد از زمان لازم به هر یک از ارلن‌ها ۴ سی سی اسید پرکلریک (HClO<sub>4</sub>) ۷۰-۷۲ درصد افزوده گردید. بعد از تبخیر ۳ سی سی اسید (به طوری که ۱ سی سی محلول باقی بماند) حرارت قطع و حجم نمونه‌ها توسط آب دیونیزه به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس هر نمونه فیلتر و به باکس‌های مخصوص منتقل شد (El-Rjoob et al., 2008; Huang and Jin, 2008; Ebrahimpour and Mushrifah, 2008). غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Analytik Jena, Contr AA ۷۰۰) اندازه‌گیری شد. نرم افزار SPSS ۱۶ و Excel جهت تجزیه آماری داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. جهت تعیین همبستگی بین فلزات، pH و مواد آلی در ایستگاه‌های مختلف از ضریب همبستگی پیرسون و جهت بررسی سنجش میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین از فاکتور آلودگی، شاخص زمین انباشتی و ریسک اکولوژیکی استفاده شد. برای محاسبه شاخص‌های یاد شده نیاز به مقدار زمینه عناصر است. غلظت زمینه فلزات سنگین بر اساس مطالعات گذشته در نظر گرفته می‌شود. در برخی از مطالعات نیز از غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین و میانگین شیل استفاده می‌شود (Turkian and Wedepohl, 1961). با توجه به این که اندازه گیری میزان عناصر سنگین در خاک محل دفن شهرستان خاش برای اولین بار مورد مطالعه قرار گرفته است و به دلیل نبود اطلاعات، از مقدار زمینه در شیل استفاده گردید. شاخص انباشت ژئوشیمیایی (Geochemical Accumulation Index) بعنوان یکی از روش‌های متداول برای ارزیابی میزان انباشت فلزات سنگین در خاک و رسوبات بالاتر از مقادیر پایه یا زمینه‌ای آن در منطقه می‌باشد. این شاخص برای هر یک از ایستگاه‌ها برآورد گردیده و مورد تحلیل و آنالیز قرار گرفته است. I<sub>geo</sub> در سال ۱۹۷۹ توسط مولر ارائه شده و درجه آلودگی فلزات سنگین را در غالب ۷ کلاس، بر اساس مقادیر کمی برآورد شده در رسوب و خاک منطقه ارزیابی می‌نماید (جدول ۱).

بر اساس معادله (۱) می‌توان شاخص انباشت ژئوشیمیایی را به شکل زیر محاسبه نمود:

$$I_{geo} = \log_2 \left( \frac{C_n}{1.5 B_n} \right) \quad (1)$$

B<sub>n</sub> غلظت زمینه‌ای فلز سنگین (بدون آلودگی) / C<sub>n</sub> غلظت فلز سنگین و C<sub>n</sub> در گرد و غبار (قطر > ۱۰۶۳ μm). عامل ۱/۵ بعلت گوناگونی اطلاعات پیشینه ناشی از متغیرهای سنگ‌شناسی تعیین می‌گردد (Muller, 1969). برای ارزیابی خطر آلودگی فاکتور آلودگی (Contamination Factor) طبق معادله (۲) از تقسیم مجموع غلظت فلزات سنگین بر مجموع غلظت زمینه محاسبه گردیده است:

$$CF = [C] \text{ heavy metal} / [C] \text{ background} \quad (2)$$

سطوح آلودگی بر اساس شدت آلودگی طبق جدول (۱) بین ۱ الی ۶ کلاس تقسیم‌بندی می‌شود (Thomilson, 1980). برای بدست آوردن ریسک اکولوژیکی (Ecological Risk) هر فلز سنگین از معادله (۳) و برای بدست آوردن ریسک اکولوژیکی مجموع عناصر از معادله (۴) استفاده گردید.

$$Er = Tr \times CF \quad (3)$$

$$RI = \sum_{i=1}^m Er \quad (4)$$

CF: فاکتور آلودگی / Er: ریسک اکولوژیکی هر عنصر / Tr: فاکتور سمیت فلزات سنگین و RI: ریسک اکولوژیکی مجموع عناصر را نشان می‌دهد. هاکانسون میزان Tr را فاکتور سمیت فلزات سنگین نامید و به ترتیب مقادیر ۳۰، ۵ و ۱ را برای فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی ارائه داده است. جدول (۱) رده‌بندی RI را نشان می‌دهد (Hakanson, 1980).

جدول ۱- طبقات شاخص زمین انباشتی، مقادیر فاکتور آلودگی و مقادیر ریسک اکولوژیکی

طبقات شاخص زمین انباشتی	طبقات بندی مقادیر فاکتور آلودگی	طبقة بندی مقادیر ریسک اکولوژیکی	درجه آلودگی	I <sub>geo</sub>	درجه آلودگی
غیر آلوده	بدون آلودگی	RI < ۱۵۰	کم	۰ >	غیر آلوده
غیر آلوده تا کمی آلوده	بدون آلودگی تا آلودگی متوسط	۱۵۰ <= RI < ۳۰۰	متوس	۱ - ۰	غیر آلوده تا کمی آلوده
کمی آلوده	آلودگی متوسط	۳۰۰ <= RI < ۶۰۰	قابل توجه	۲ - ۱	کمی آلوده
کمی آلوده تا خیلی آلوده	آلودگی متوسط تا قوی	RI >= ۶۰۰	خیلی زیاد	۳ - ۲	کمی آلوده تا خیلی آلوده

با استفاده از روابط همبستگی پیرسون در نرم افزار SPSS، همبستگی بین عناصر ایستگاه‌های مختلف در گرد و غبار بدست آمد. روی و سرب در ذرات گرد و غبار با ضریب همبستگی متوسط به بالا ( $r=0/66$ ) در کنار هم جای گرفته‌اند، در نتیجه فلزات روی و سرب دارای منشأ مشترک می‌باشند. همبستگی کادمیوم با سرب در ذرات گرد و غبار معنی-دار نبوده و با روی همبستگی منفی داشته است. ارتباط میان درصد ماده آلی و غلظت کل فلز کادمیوم معنی‌دار نمی‌باشد. سرب و روی همبستگی بالایی (به ترتیب  $r=0/75$  و  $r=0/72$ ) با درصد مواد آلی داشته است. این ضرایب بیانگر این مطلب است که افزایش ماده آلی در گرد و غبار باعث افزایش غلظت کل روی و سرب در آن می‌گردد و منبع آلاینده مشترک دارند. میان درصد ماده آلی و pH گرد و غبار همبستگی معنی‌داری وجود ندارد. این امر بدین معناست که افزایش pH سبب افزایش درصد مواد آلی در گرد و غبار نخواهد شد. ارتباط میان pH و غلظت کل فلزات کادمیوم، سرب و روی منفی بوده است. در نتیجه تغییرات pH تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در گرد و غبار نخواهد داشت. جدول (۳) میانگین شاخص انباشت ژئوشیمیایی، فاکتور آلودگی و ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین مورد مطالعه در گرد و غبار را نشان می‌دهد. ضریب آلودگی بسیار شدید میانگین ایستگاه‌ها به دلیل تخلیه پسماندهای ویژه، پزشکی و صنعتی در این مکان‌ها می‌باشد.

### جدول ۳- میانگین شاخص انباشت ژئوشیمیایی، فاکتور آلودگی فلزات

سنگین مورد مطالعه در گرد و غبار			
میانگین شاخص انباشت ژئوشیمیایی (Igeo)			
Zn	۲/۷۶		
Cd	۲/۶۹		
Pb	۱/۲۲		
میانگین فاکتور آلودگی (CF)			
Zn	۱۲/۵۳		
Cd	۱۰/۹۴		
Pb	۴/۱۵		
ریسک اکولوژیکی ریسک اکولوژیکی			
رده	RI	Er	میانگین Er
			Zn Cd Pb
قابل توجه	۳۵۰/۹	۲۰/۷۷	۳۲۸/۲۵ ۱/۳۷

خیلی آلوده	۴-۳	آلودگی قوی	۴
خیلی آلوده تا شدیداً آلوده	۵-۴	آلودگی قوی تا خیلی قوی	۵
شدیداً آلوده	< ۵	آلودگی خیلی قوی	۶

تحلیل خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری است که در زمینه کاهش داده‌ها و پیدا کردن گروه‌های واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دسته‌بندی کردن از دو روش فرآیند پایگانی انباشتی یا فرآیند پایگانی شکافتی صورت می‌گیرد. در روش انباشتی هر فرد، ابتدا یک گروه مجزا را تشکیل می‌دهد، سپس گروه‌های نزدیک به هم بتدریج ترکیب می‌شوند تا در نهایت کلیه افراد یا اعضاء در یک گروه قرار گیرند. اما در روش شکافتی ابتدا کلیه افراد در یک گروه قرار می‌گیرند، سپس این گروه به دو گروه و دو گروه به چند گروه به نحوی تقسیم می‌شوند که در نهایت هر فرد در گروه خود جای گیرد (مسعودیان و عطایی، ۱۳۸۴). کریجینگ از دقیق‌ترین مدل‌هایی است که در تهیه نقشه‌های پراکندگی استفاده می‌شود و فاقد خطای سیستماتیک است، دارای حداقل واریانس در تخمین‌ها است به طوری که واریانس نمونه‌های واقعی تغییرات کم‌تری را نشان می‌دهد. از ویژگی‌های مهم این مدل، مطلق بودن تخمین است (قهرودی تالی، ۱۳۸۱).

### ۳- نتایج

جدول ۲ میانگین غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه، مواد آلی و pH گرد و غبار را سبب‌شونده را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

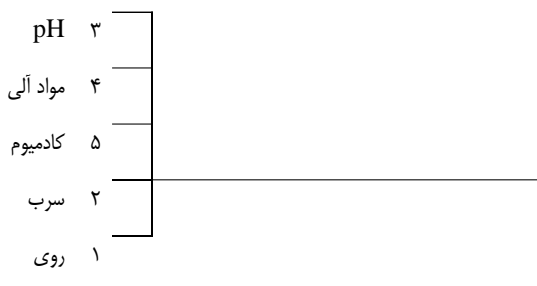
### جدول ۲- میزان فلزات سنگین، pH و مواد آلی در گرد و غبار مکان دفن زباله خاش (mg/kg)

ایستگاه	کادمیوم	سرب	روی	pH	مواد آلی
۱	۱/۴	۷/۶۵	۱۳۰/۲۵	۷/۸۸	۳/۷۳
۲	۲/۶۲	۶۳/۸۲	۸۵۳/۷۵	۸/۱	۳/۴۵
۳	۴/۲	۶۸/۹۷	۷۵۶/۲۵	۷/۸۷	۳/۹۵
۴	۳/۱	۸۰/۹	۸۷۳/۷۵	۸/۰۲	۴/۲۶
۵	۳/۱۷	۹۱/۱۲	۹۰۵	۸/۲۳	۷/۴۹
۶	۸/۴۲	۱۱۸/۶۵	۱۰۲۷/۵	۸/۱	۶/۶۸
۷	۳/۲۷	۱۰۰/۷۷	۱۶۹۵	۷/۹	۶/۶۸
۸	۱/۷۲	۱۰۶/۰۲	۱۲۸۸/۷۵	۸/۱۱	۷/۷۸
۹	۲/۳۵	۱۰۰/۵۲	۲۴۴۶/۲۵	۸/۰۱	۷/۵۵
۱۰	۲/۵۵	۹۲/۵۵	۱۹۳۰	۷/۷۴	۷/۴۴
میانگین	۳/۲۸	۸۳/۱	۱۱۹۰/۶۵	۷/۹۹	۵/۹۰
حداکثر	۸/۴۲	۱۱۸/۶۵	۲۴۴۶/۲۵	۸/۲۳	۷/۷۸
حداقل	۱/۴	۷/۶۵	۱۳۰/۲۵	۷/۷۴	۳/۴۵

### بحث

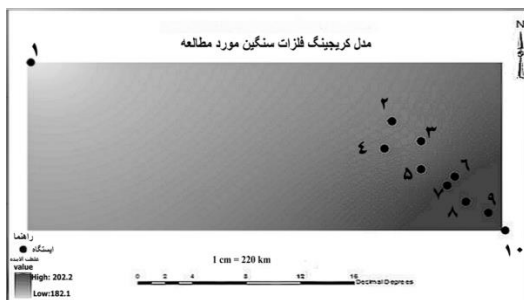
جدول (۴) مقایسه غلظت متوسط فلزات سنگین در خاک مکان دفن زباله، سایر نقاط جهان و پوسته زمین نشان می‌دهد. زیاد بودن میزان روی،

نشان می‌دهد. غلظت کلیه فلزات مورد مطالعه، میزان مواد آلی و pH بین ایستگاه‌های مختلف تحت تأثیر منابع آلاینده انسانی بوده و نیز غلظت روی علاوه بر منابع انسانی تابع محیط طبیعی نیز می‌باشد.



شکل ۳- دندروگرام خوشه‌ای فلزات مورد مطالعه

با استفاده از نرم افزار ARC GIS9.3 به روش کریجینگ نقشه پراکنش فلزات آلاینده روی، سرب و کادمیوم در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جهت وزش باد غالب منطقه تهیه گردید. طبق شکل (۴) ایستگاه یک به عنوان ایستگاه شاهد کم‌ترین غلظت فلزات سرب، کادمیوم و روی را دارا می‌باشد. غلظت فلزات مورد مطالعه از ایستگاه ۲ به ایستگاه ۱۰ روند افزایشی داشته است.



شکل ۴- مدل کریجینگ پراکنش فلزات سنگین مورد مطالعه

#### ۴- نتیجه گیری

میانگین غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در گرد و غبار به این ترتیب بوده است:  $Zn > Pb > Cd$ . غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار مکان دفن زباله از حدود استاندارد بالاتر بوده و در نتیجه برای روستائینی که در جهت وزش باد غالب منطقه قرار دارند، بسیار زیان آور و دارای اثرات بهداشتی مضر می‌باشد. نتایج آنالیز داه‌ها و مدل کریجینگ نشان داد ایستگاه شاهد ۱ تقریباً بدون آلودگی و سایر ایستگاه‌ها آلودگی قوی از نظر عناصر سنگین روی، سرب و کادمیوم داشته‌اند.

کادمیوم و سرب بیانگر وضعیت خطرناک و نگران کننده این عناصر می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه فلزات سنگین در گرد و غبار مکان دفن زباله و سایر نقاط

جهان (mg/kg)				
میانگین عناصر	روی	سرب	کادمیوم	منبع
مطالعه حاضر	۱۱۹۰/۶۵	۸۳/۱	۳/۲۸	-
کرمان	۱۲۰	۷۷	۰/۳۱	۸
اتاوا (کانادا)	۱۸۴	۶۸	۰/۶	۱۶
عمان (اردن)	۴۱۰	۹۷۶	۱/۱	۱۰
کالوا (یونان)	۳۵۴/۸	۳۸۶/۹	۰/۲	۱

آلودگی به کادمیوم و سرب در نمونه‌ها دور از ذهن نیست زیرا که بیشتر منابع سرب و کادمیوم در مکان‌های دفن زباله را پسماندهای خطرناک و صنعتی (باتری‌ها، جوهر، رنگ‌ها، روغن‌های جلا، آسترها، مواد نفتی و بنزینی و روغن موتورها) تشکیل می‌دهند. نگرانی باتری-های دور انداخته شده به لندفیل‌ها در این است که این باتری‌ها حاوی جیوه، کادمیوم، لیتیوم، نیکل، روی و سایر فلزات سنگین هستند که موجب آلوده کردن پسماندهای جامد شهری در لندفیل‌ها می‌شود و بارها در سطح جهان اثرات مضر این مواد بر روی انسان‌ها و حیات وحش دیده شده است. بالا بودن میانگین غلظت روی را می‌توان به مهم‌ترین منبع آلاینده یعنی زباله‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی، فرسایش سنگ‌های حاوی روی و نیز زیاد بودن این فلز در پوسته زمین ارتباط داد. سرب، روی و کادمیوم فراهمی زیستی بالایی داشته ( $CF > 1$ ) و می‌تواند حیات موجودات زنده را تهدید نماید. فلزات سرب، کادمیوم و روی در نمونه‌های خاک سطحی در ایستگاه ۱ کمترین خطر را برای محیط زیست به همراه دارند، در نتیجه خطرات زیست محیطی عمده و قابل توجهی برای اکوسیستم‌ها و موجودات زنده به دنبال نخواهند داشت و خطر آلودگی آن‌ها در این ایستگاه بسیار کم می‌باشد. در مجموع فاکتور شدت آلودگی ( $I_{geo}$ ) برای فلزات مورد مطالعه به این ترتیب بوده است که این امر گویای محیطی آلوده می‌باشد: روی ( $2/76$ ) < کادمیوم ( $2/69$ ) < سرب ( $1/22$ ). با استفاده از فرمول‌های ۴ و ۵ مقادیر  $Er$  و  $RI$  محاسبه شد. نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی با ریسک اکولوژیکی رده قابل توجه خطرهای بهداشتی جدی دارند و می‌توانند با گذشت زمان و عدم کنترل بهداشتی دفن زباله، خطرات بهداشتی و سلامتی جدی-تری ایجاد کنند. جهت منشاء‌یابی و تشابه‌سازی فلزات سنگین در رسوبات می‌توان از رسم دندروگرام خوشه‌ای استفاده نمود. شکل (۳)

### منابع

- فرهمندکیا، ز.، مهراسی، م.، ر.، سخاوتجو، م.، ص.، حسنعلی زاده مظهر، ا. ش.، رمضان زاده، ز.، ۱۳۸۸. بررسی فلزات سنگین در ذرات راسب شونده از هوای شهر زنجان، مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی، انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره دوم، شماره چهارم، ص ۲۴۰ تا ۲۴۹.
- قهرودینالی، م.، ۱۳۸۱. ارزیابی درون یابی به روش کریجینگ، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۳، ص ۹۵ تا ۱۰۸.
- گنجی دوست، ح.، آیتی، ب.، خارا، ح.، خداپرست، س. ح.، اکبرزاده، ا.، احمدزاده لایقی، ت.، نظامی، ش.، زلفی نژاد، ک.، ۱۳۸۸. بررسی محیط زیست تالاب سیاه کشیم. مجله علوم محیطی، ۳: ۱۱۷-۱۳۲.
- مسعودیان، س. ا.، عطایی، ه.، ۱۳۸۴. شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، جلد هجدهم، شماره ۱. ص ۱ تا ۱۲.
- نورپور، ع. ر.، صدرجهانشاهی، آ.، ۱۳۹۲. سنجش و ارزیابی ریسک آلودگی فلزات سنگین در هوای تهران (مطالعه موردی: خیابان انقلاب)، مجله محیط‌شناسی، دوره ۳۹، شماره ۴، زمستان. صفحات ۱۸۱ تا ۱۹۲.
- Ebrahimipour M, Mushrifah I. Heavy metal concentrations (Cd, Cu and Pb) in five aquatic plant species in Tasik Chini, Malaysia. *Journal of Environmental Geology*. 2008;54: 689-698.
- El-Rjoob AW, Massadeh A, Omari, M. Evaluation of Pb, Cu, Zn, Cd, Ni and Fe levels in *Rosmarinus officinalis labaiatae* (Rosemary) Medicinal plants and soils in selected zones in Jordan *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*. 2008;140: 61-68.
- Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. *Journal of A sedimentological approach. Water Research*. 1980;14:975-1001.
- Huang SW, Jin JY. Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment* 2008;139: 317-327.
- Khuzestani RB, Souri B. Evaluation of heavy metal contamination hazards in nuisance dust particles, in Kurdistan Province, western Iran. *Journal of Environmental Sciences*. 2013;25(7):1346-54.
- Melaku S, Morris V, Raghavan D, Hostone Ch. Seasonal variation of heavy metals in ambient air and precipitation at a single site in Washington, DC. *Journal of Environmental Pollution*. 2008;155 .88-98.
- Muller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Journal of Geology*. 1969;2(3): 108-118.
- Thomilson DC, Wilson DJ, Harris CR, Jeffrey DW. Problem in heavy metals in estuaries and the formation of pollution index. *Journal of Earth & Environmental Sciences*. 1980;33(1-4):566-575.
- Turkian KK, Wedepohl KH. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Journal of Geological Society of America Bulletin*. 1961;72:175-192.
- Yongming H., Peixuan D., Junji C. and Posmentier E.S. 2006. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. *Science of The Total Environment*, 355:176-186.