

## مطالعه فلزات سنگین در گرد و غبار راسب‌شونده و خاک سطحی دفن‌گاه زباله شهرستان خاش

زهرا میرکازهی<sup>۱\*</sup>، محمدرضا رضایی<sup>۱</sup>

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

ایمیل نویسنده مسئول: [Mirkazehiz@ymail.com](mailto:Mirkazehiz@ymail.com)

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۰۸

### چکیده

این مطالعه، به منظور بررسی و مقایسه وضعیت آلودگی گرد و غبار راسب‌شونده و خاک سطحی (۱۰-۵ سانتی‌متر) به فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در جهت وزش باد غالب (شمال‌غرب-جنوب‌شرق) محل دفن زباله شهر خاش اجرا شد. ابتدا از طریق مشاهده به بررسی وضعیت کنونی محل دفن زباله پرداخته و سپس نمونه‌ها 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. مقادیر شاخص زمین انباشتگی، CF و ریسک اکولوژیکی با استفاده از فرمول محاسبه گردیدند. میانگین غلظت کادمیوم، سرب و روی در گرد و غبار راسب‌شونده به ترتیب ۳/۲۸، ۸۳/۱، ۱۱۹۰/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در خاک سطحی به ترتیب ۳/۶۵، ۱۴۰/۷۱ و ۱۳۰۴/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم شد. شاخص  $I_{geo}$  در رده آلودگی متوسط تا شدید، فاکتور آلودگی درجه آلودگی خیلی قوی و ریسک اکولوژیکی در رده قابل توجه اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز داده‌ها 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.

واژگان کلیدی:

"فاکتور آلودگی"، "خاک سطحی"، "ریسک اکولوژیکی"، "سرب"، "خاش"

## The study of Heavy Metals deposited dust binding and soil surface 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](mailto:Mirkazehiz@ymail.com) \*Mobile Phone: 09154991643

### Abstract

The aim of this study was to investigate the contamination of deposited dust binding and soil surface (5-10 cm) to heavy metals cadmium, lead and zinc in the prevailing wind direction (North West – South East) Khash city's land fill. 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.  $I_{geo}$ , CF and ecological risk calculated using the formula were determined. The average concentration of cadmium, lead and zinc, respectively, 3.28, 83.1, 1190.65 mg/kg and in soil surface 3.65, 140.71 and 1304.02 mg/kg respectively was achieved. The  $I_{geo}$  index was classified as moderate to severe pollution, pollution factor of very high degree of pollution and ecological risk was significant. The results of data analysis and estimate that almost no pollution control stations and other stations strong have pollution of heavy metals zinc, lead and cadmium.

**Keywords:** "Ecological Risk", "Lead", "Surface Soil", "Pollution Factor", "Khash city".

## مقدمه

فلزات سنگین در گرد و غبار و شاخص آلودگی آن‌ها در منطقه لازم و ضروری است. از این رو، این مطالعه به بررسی و مقایسه وضعیت آلودگی گرد و غبار راسب‌شونده و خاک سطحی (۵-۱۰ سانتی‌متر) به فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی در جهت وزش باد غالب (شمال-غرب-جنوب‌شرق) محل دفن زباله شهر خاش پرداخته است.

## روش بررسی

شهرستان خاش با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۱۲ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۱۳ دقیقه‌ی 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 دی‌ماه ۱۳۹۲ انجام گرفت.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان خاش

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 و خاک سطحی (۵-۱۰ سانتی‌متر) 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).

امروزه یکی از مهم‌ترین بلاهای زیست‌محیطی، پدیده گرد و غبار است که به عنوان یک معضل منطقه‌ای و بین‌المللی از آن نام می‌برند (Garrison et al, 2003; Griffin and Kellogg, 2004). گرد و غبار با منشأ طبیعی قادرند حجم زیادی از مواد و فلزات سنگین را با خود حمل کنند (Revel- Rolland, 2006). افزایش انتشار گرد و غبار حاوی فلزات سنگین تهدید جدی برای سلامتی انسان (نادریزاده و همکاران، ۱۳۹۵) و یکی از آلاینده‌های مهم در محیط‌زیست طبیعی هستند (Pekey, 2006).

فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی به دلیل اهمیت آنها و تاثیر آنها بر انسان و محیط زیست بخش اعظم مطالعات مرتبط با فلزات سنگین در گرد و غبار را به خود اختصاص داده‌اند (Sezgin et al, 2004). بطوری که مطالعه نادریزاده و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد غلظت سرب، مس و روی در گرد و غبار اتمسفری منطقه شهری بوشهر، منطقه صنعتی عسلویه و ترانکست بین دو شهر تحت تاثیر فعالیت‌های صنعتی و ترافیک است. همچنین آن‌ها بیان داشتند بیشترین غنی‌شدگی مربوط به فلز سرب است که در هر سه منطقه در کلاس غنی‌شدگی زیاد قرار دارد. در مطالعه‌ای دیگر، رجبی و سوری (۱۳۹۴) عنوان کردند از نظر شاخص I<sub>geo</sub> سطوح آلودگی نقره و مس بیش از آرسنیک و روی در گرد و غبار سه ایستگاه سنندج، خرم‌آباد و اندیمشک بوده است. فرهمند کیا و همکاران (۱۳۸۸) بررسی فلزات سنگین در ذرات راسب‌شونده از هوای شهر زنجان را انجام دادند. مقایسه مقادیر در نواحی مختلف نشان داد که منابع صنعتی منتشر کننده فلزات سنگین نقش مستقیمی در ترسیب فلزات سنگین ریزش‌های جوی خشک و تر دارد. ناواس و ماچین (۲۰۰۲) در منطقه آراگون واقع در شمال شرقی اسپانیا ۹ نوع خاک را نمونه برداری کرده و مورد مطالعه قرار دادند. نقشه‌سازی این نقاط با استفاده تکنیک کریجینگ معمولی انجام شد. نتایج نشان داد نوع خاک و لیتولوژی مهمترین عوامل مؤثر بر غلظت فلزات سنگین منطقه مورد مطالعه بوده است. شه‌بازی و همکاران (۱۳۹۱) غلظت عناصر سنگین (Zn، Ni، Cr و Cu) در خاک شهرستان نهاوند واقع در استان همدان را مورد بررسی قرار دادند.

با توجه به اهمیت و تاثیر فلزات سنگین بر سلامت انسان و محیط زیست و نیز با توجه به این‌که، شهرستان خاش همیشه با پدیده گرد و غبار و معضلات آن مواجه بوده است بنابراین نیاز به بررسی میزان

های 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.  $I_{geo}$  در سال ۱۹۷۹ توسط مولر ارائه شده و درجه آلودگی فلزات سنگین را در غالب ۷ کلاس، براساس مقادیر کمی برآورد شده در رسوب و خاک منطقه ارزیابی می‌نماید (جدول ۱).

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

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

$Bn$  غلظت زمینه‌ای فلز سنگین (بدون آلودگی) /  $Cn$  غلظت فلز سنگین و سمی در گرد و غبار (قطر  $> 6.3 \mu m$ ). عامل  $1/5$  بعلت گوناگونی اطلاعات پیشینه ناشی از متغیرهای سنگ‌شناسی تعیین می‌گردد (Muller, 1969). برای ارزیابی خطر آلودگی از فاکتور آلودگی (Contamination factor) طبق معادله (۲) از تقسیم مجموع غلظت فلزات سنگین بر مجموع غلظت زمینه محاسبه گردیده است:

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

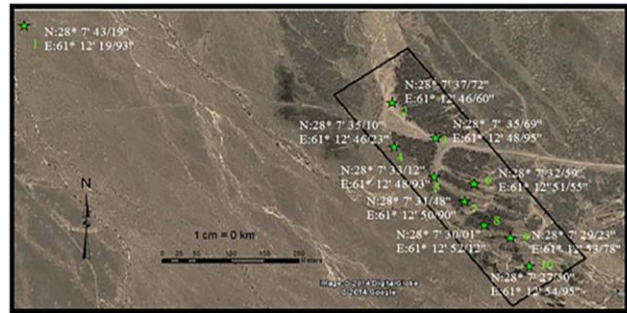
سطوح آلودگی براساس شدت آلودگی طبق جدول (۱) بین ۱ الی ۶ کلاس تقسیم‌بندی می‌شود (Thomilson et al, 1980). برای بدست آوردن ریسک اکولوژیکی (Ecological risk) هر فلز سنگین از معادله (۳) و برای بدست آوردن ریسک اکولوژیکی مجموع عناصر از معادله (۴) استفاده گردید.

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

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

$CF$ : 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) رده-بندی  $RI$  را نشان می‌دهد (Hakanson, 1980).

کریجینگ از دقیق‌ترین مدل‌هایی است که در تهیه نقشه‌های پراکندگی استفاده می‌شود و فاقد خطای سیستماتیک است، دارای



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نمونه‌های خشک شده با هاون سنگی خرد و پس از نرم شدن از الک  $0.63$  میلی‌متر (۲۳۰ مش) عبور داده شدند. هضم اسیدی با افزودن  $16$  سی‌سی اسید (ترکیب  $4$  سی‌سی اسید نیتریک  $65$  درصد و  $12$  سی‌سی اسید کلریدریک  $37$  درصد) به یک گرم نمونه انجام گردید. برای کامل شدن هضم اسیدی نمونه‌ها به مدت  $6$  تا  $7$  ساعت در دمای  $100$  درجه سانتی‌گراد حمام شن قرار گرفتند تا محلولی شیری رنگ به دست آید. بعد از زمان لازم به هر یک از ارلن‌ها  $4$  سی‌سی اسید پرکلریک ( $HClO_4$ )  $70-72$  درصد افزوده گردید. بعد از تیخیر  $3$  سی‌سی اسید (به طوری که  $1$  سی‌سی محلول باقی بماند) حرارت قطع و حجم نمونه‌ها توسط آب دیونیزه به حجم  $50$  میلی‌لیتر رسانده شد. سپس هر نمونه فیلتر و به باکس‌های مخصوص منتقل شد ( $7-9$ ). غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه با استفاده از دستگاه جذب اتمی ( $700$  Analytik Jena, Contr AA) اندازه‌گیری شد. نرم افزار  $SPSS16$  و  $Excel$  جهت تجزیه و تحلیل 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 انباشتگی 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 اندازه‌گیری 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 روش-

**یافته‌ها**  
 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 (قهرودیتالی، ۱۳۸۱).  
 جدول ۲ میانگین غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه، مواد آلی و pH گرد و غبار راسب‌شونده و خاک سطحی (۵-۱۰ سانتی‌متر) را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

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

طبقات شاخص زمین انباشتی		طبقه‌بندی مقادیر فاکتور آلودگی		طبقه‌بندی مقادیر ریسک اکولوژیکی	
درجه آلودگی	I <sub>geo</sub>	درجه آلودگی	CF	RI	رده RI
غیر آلوده	>	بدون آلودگی	۰	RI < ۱۵۰	کم
غیر آلوده تا کمی آلوده	۰-۱	بدون آلودگی تا آلودگی متوسط	۱	۱۵۰ ≤ RI < ۳۰۰	متوسط
کمی آلوده	۱-۲	آلودگی متوسط	۲	۳۰۰ ≤ RI < ۶۰۰	قابل توجه
کمی آلوده تا خیلی آلوده	۲-۳	آلودگی متوسط تا قوی	۳	RI ≥ ۶۰۰	خیلی زیاد
خیلی آلوده	۳-۴	آلودگی قوی	۴		
خیلی آلوده تا شدیداً آلوده	۴-۵	آلودگی قوی تا خیلی قوی	۵		
شدیداً آلوده	۵ <	آلودگی خیلی قوی	۶		

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

ایستگاه	گرد و غبار			خاک سطحی		
	کادمیوم	سرب	روی	کادمیوم	سرب	روی
۱	۱/۴	۷/۶۵	۱۳۰/۲۵	۱/۱۷	۱۲/۷۴	۱۲۶/۵
۲	۲/۶۲	۶۳/۸۲	۸۵۳/۷۵	۱/۹۵	۱۰۸/۳۲	۷۷۸/۷۵
۳	۴/۲	۶۸/۹۷	۷۵۶/۲۵	۲/۴۷	۱۱۸/۰۵	۱۷۳۸/۷۵
۴	۳/۱	۸۰/۹	۸۷۳/۷۵	۲/۹۷	۱۱۲/۵۲	۸۰۳/۷۵
۵	۳/۱۷	۹۱/۱۲	۹۰۵	۲/۳۲	۱۱۵/۷	۶۴۲/۵
۶	۸/۴۲	۱۱۸/۶۵	۱۰۲۷/۵	۳/۸۷	۱۳۱/۴۲	۱۷۱۲/۵
۷	۳/۲۷	۱۰۰/۷۷	۱۶۹۵	۳/۷۷	۱۱۲/۸۲	۱۵۳۸/۷۵
۸	۱/۷۲	۱۰۶/۰۲	۱۲۸۸/۷۵	۵/۸	۲۲۸/۱	۱۷۱۴/۲۵
۹	۲/۳۵	۱۰۰/۵۲	۲۴۴۶/۲۵	۴/۹۷	۲۰۰/۷	۱۵۸۲/۵
۱۰	۲/۵۵	۹۲/۵۵	۱۹۳۰	۷/۲۲	۲۶۶/۷۵	۳۳۷۵
میانگین	۳/۲۸	۸۳/۱	۱۱۹۰/۶۵	۳/۶۵	۱۴۰/۷۱	۱۳۰۴/۰۲
حداکثر	۸/۴۲	۱۱۸/۶۵	۲۴۴۶/۲۵	۷/۲۲	۲۶۶/۷۵	۳۳۷۵
حداقل	۱/۴	۷/۶۵	۱۳۰/۲۵	۱/۱۷	۱۲/۷۴	۱۲۶/۵

گرد و غبار و خاک سطحی (۵-۱۰ سانتی‌متر) بدست آمد. دو فلز روی و سرب با ضریب همبستگی متوسط به بالا (به ترتیب  $r=0/۶۷$ ) در کنار هم جای گرفته‌اند و در نتیجه این دو فلز در گرد و غبار و خاک سطحی از منشاء یکسانی برخوردار می‌باشند.

با بررسی غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار و خاک سطحی مشاهده گردید میزان کادمیوم، سرب و روی در سطح خاک از گرد و غبار بیشتر بوده است. با استفاده از روابط همبستگی پیرسون در نرم افزار SPSS، همبستگی بین عناصر ایستگاه‌های مختلف در

روی منفی بوده است. در نتیجه تغییرات pH تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر تجمع فلزات سنگین سرب، کادمیوم و روی در گرد و غبار و خاک سطحی نخواهد داشت.

جدول (۳) شاخص انباشت ژئوشیمیایی و فاکتور آلودگی فلزات سنگین مورد مطالعه در گرد و غبار و خاک سطحی را نشان می‌دهد. ضریب آلودگی بسیار شدید میانگین ایستگاه‌ها به دلیل تخلیه پسماندهای ویژه، پزشکی و صنعتی در این مکان‌ها می‌باشد.

جدول (۴) ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین مورد مطالعه در گرد و غبار و خاک سطحی را نشان می‌دهد.

همبستگی این فلزات در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. سرب نیز با ضریب همبستگی متوسط به بالا ( $r=0/63$ ) با کادمیوم پیوند و همبستگی دارد. بنابراین میتوان گفت روی و کادمیوم هر دو به سرب وابسته بوده و این ۳ فلز (سرب، روی و کادمیوم) می‌توانند در گرد و غبار و خاک سطحی دارای منشاء مشترک باشند. میان درصد ماده آلی و pH گرد و غبار و نیز خاک سطحی همبستگی معنی‌داری وجود ندارد. این امر بدین معناست که افزایش pH سبب افزایش درصد مواد آلی در گرد و غبار و خاک سطحی نخواهد شد. ارتباط میان pH و غلظت کل فلزات کادمیوم، سرب و

جدول ۳: شاخص انباشت ژئوشیمیایی و فاکتور آلودگی فلزات سنگین مورد مطالعه

شاخص انباشت ژئوشیمیایی فلزات سنگین											
ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	میانگین
Zn گردوغبار	-۰/۱۲	۲/۵۸	۲/۴	۲/۶۱	۲/۶۶	۲/۸۵	۳/۵۷	۳/۱۷	۴/۱	۳/۷۵	۲/۷۶
خاک سطحی	-۰/۱۷	۰/۱۲	۱/۲۸	۰/۱۷	-۰/۱۴	۱/۲۶	۱/۱۱	۱/۲۸	۱/۱۵	۱/۷۳	۰/۷۸
Cd گردوغبار	۱/۶۳	۲/۵۴	۳/۲۲	۲/۷۸	۲/۸۱	۴/۲۲	۲/۸۶	۱/۹۳	۲/۳۸	۲/۵	۲/۶۹
خاک سطحی	-۰/۹۳	۲/۱۱	۲/۴۵	۲/۷۲	۲/۳۶	۳/۱	۳/۰۶	۳/۶۸	۳/۴۶	۴/۰	۲/۶
Pb گردوغبار	-۱/۹۷	۱/۰۸	۱/۲	۱/۴۳	۱/۶	۱/۹۸	۱/۷۴	۱/۸۲	۱/۷۴	۱/۶۲	۱/۲۲
خاک سطحی	-۱/۲۳	۱/۸۵	۱/۹۷	۱/۹	۱/۹۴	۲/۱۳	۱/۹۱	۲/۹۲	۲/۷۴	۳/۱۵	۱/۹۳
فاکتور آلودگی فلزات سنگین مورد مطالعه											
ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	میانگین
گردوغبار	۱/۳۷	۸/۹۸	۷/۹۶	۹/۱۹	۹/۵۲	۱۰/۸۱	۱۷/۸۴	۱۳/۵۶	۲۵/۷۵	۲۰/۳۱	۱۲/۵۳
Zn خاک سطحی	۱/۳۳	۸/۱۹	۱۸/۳	۸/۴۶	۶/۷۶	۱۸/۰۲	۱۶/۱۹	۱۸/۳۲	۱۶/۶۵	۲۵	۱۳/۷۲
گردوغبار	۴/۶۶	۸/۷۵	۱۴	۱۰/۳۳	۱۰/۵۸	۲۸/۰۸	۱۰/۹۱	۵/۷۵	۷/۸۳	۸/۵	۱۰/۹۴
Cd خاک سطحی	۳/۹۱	۶/۵	۸/۲۵	۹/۹۱	۷/۷۵	۱۲/۹۱	۱۲/۵۸	۱۹/۳۳	۱۶/۵۸	۲۴/۰۸	۱۲/۱۸
گردوغبار	۰/۳۸	۳/۱۹	۳/۴۴	۴/۰۴	۴/۵۵	۵/۹۳	۵/۰۳	۵/۳	۵/۰۲	۴/۶۲	۴/۱۵
Pb خاک سطحی	۰/۶۳	۵/۴۱	۵/۹	۵/۶۲	۵/۷۸	۶/۵۷	۵/۶۴	۱۱/۴	۱۰/۰۳	۱۳/۳۳	۷/۰۳

جدول ۴: ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین مورد مطالعه

ردده RI	RI	میانگین Er		
		Pb	Cd	Zn
قابل توجه	۳۵۰/۹	۲۰/۷۷	۳۲۸/۲۵	۱/۳۷
قابل توجه	۴۰۲/۰۱	۳۵/۱۷	۳۶۵/۵	۱/۳۳

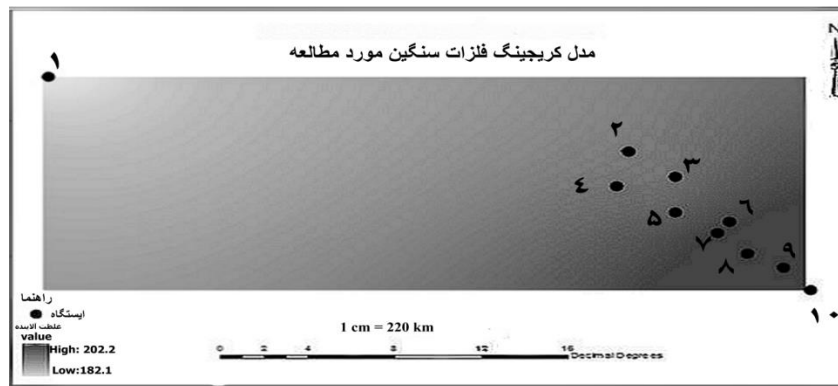
بحث

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 شاخص انباشت ژئوشیمیایی ( $I_{geo}$ ) برای فلزات مورد مطالعه در گرد و غبار به ترتیب روی  $(2/76) <$  کادمیوم  $(2/69) <$  سرب  $(1/22)$  و در خاک سطحی به ترتیب کادمیوم  $(2/6) <$  سرب  $(1/9)$  و روی  $(0/78)$  بوده است که این امر گویای محیطی آلوده می‌باشد. با استفاده از فرمول‌های ۴ و ۵ مقادیر  $Er$  و  $RI$  محاسبه شد. نتایج جدول (۴) 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 جدی‌تری ایجاد کنند. 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 کم-ترین غلظت فلزات سرب، کادمیوم و روی را دارا می‌باشد. غلظت فلزات مورد مطالعه از ایستگاه ۲ به ایستگاه ۱۰ روند افزایشی داشته است.

جدول (۵) مقایسه غلظت متوسط فلزات سنگین در گرد و غبار و خاک سطحی مکان دفن زباله، سایر نقاط جهان و پوسته زمین نشان می‌دهد. زیاد بودن میزان روی، کادمیوم و سرب بیانگر وضعیت خطرناک و نگران کننده این عناصر می‌باشد. 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 باتری‌های 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 نمایند. فلزات سرب، کادمیوم و روی در نمونه های خاک سطحی در ایستگاه ۱ کمترین خطر را برای

جدول ۵: مقایسه فلزات سنگین در گرد و غبار و خاک سطحی مکان دفن زباله و سایر نقاط جهان (mg/kg)

منبع	کادمیوم	سرب	روی	میانگین عناصر
-	۳/۲۸	۸۳/۱	۱۱۹۰/۶۵	مطالعه حاضر
۸	۰/۳۱	۷۷	۱۲۰	گرد و خاک کرمان
۱۶	۰/۶	۶۸	۱۸۴	اتاوا (کانادا)
۱۰	۱/۱	۹۷۶	۴۱۰	عمان (اردن)
خاک سطحی				
-	۳/۶۵	۱۴۰/۷۱	۱۳۰۴/۰۲	مطالعه حاضر
۱۵	۰/۳۵	۳۵	۹۰	میانگین غلظت در خاک
۱۶	۰/۲	۱۵	۳۶	بلژیک



شکل ۴: مدل کریجینگ پراکنش فلزات سنگین مورد مطالعه

### نتیجه گیری

میانگین غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در گرد و غبار و خاک سطحی به ترتیب  $Zn > Pb > Cd$  بوده است. غلظت فلزات سنگین در 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 می باشد. 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.

### سپاسگزاری

در پایان بر خود لازم می‌دانم از اساتید فرهیخته جناب آقای دکتر رضایی و جناب آقای دکتر محمدحسین صیادی اناری به دلیل راهنمایی‌های بسیار ارزنده و آموزنده‌شان سپاسگزاری کنم و نیز از همکارانی بزرگوام آقای مهندس ایوب رضایی و ریاست محترم اداره محیط زیست شهرستان خاش آقای مهندس عرب مجاهد کمال تشکر و قدردانی را دارم.

### منابع

- 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
- فرهنگیا، ز.، مهراسی، م. ر.، سخاوتجو، م. ص.، حسعلی 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.
- شهبازی، ع.، سفینیان، ع. ر.، میرغفاری، ن. ا.، عین قلابی، م. ر.، ۱۳۹۱. بررسی آلودگی فلزات سنگین خاک با استفاده از شاخص‌های فاکتور آلودگی، زمین انباشتی و شاخص جامع فاکتور آلودگی (مطالعه موردی: شهرستان نهاوند)، محیط زیست و توسعه، سال ۳، شماره ۵، صفحه ۳۱ تا ۳۸.
- رجبی، موب، سوری. ۱۳۹۴. ارزیابی مقادیر فلزات سنگین در ذرات گرد و غبار باریده بر شهرهای سنج، خرم‌آباد و اندیمشک در غرب ایران ۱۳۹۲-۱۳۹۱. سلامت و محیط، دوره هشتم، شماره اول، ۲۲-۱۱.
- قهرودیتالی، م؛ ۱۳۸۱. ارزیابی درون‌یابی به روش کریجینگ، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۳، ص ۹۵ تا ۱۰۸.
- نادرزاده، ز.، ایوبی، ش. و، خادمی. ۱۳۹۵. ارزیابی غلظت و میزان آلودگی فلزات سنگین در گرد و غبار اتمسفری مناطق شهری و صنعتی استان بوشهر. محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی. دوره ۶۹ شماره ۲، ۵۴۸-۵۳۱.

- 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.
- Garrison VH, Shinn EA, Foreman WT, Griffin DW, Holmes CW, Kellogg CA, et al. African and Asian dust: From desert soils to coral reefs. *BioScience*. 2003; 53(5):469-80.
- Griffin D, Kellogg C. Dust storms and their impact on ocean and human health: Dust in earth's atmosphere. *EcoHealth*. 2004;1(3):284-95.
- 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.
- Navas, A. & J. Machin. 2002. "Spatial distribution of heavy metals and arsenic in soils of Aragon (northeast Spain): controlling factors and environmental implications". *Applied Geochemistry*. Vol. 17:961-973.
- Pekey. H. 2006. Heavy metal pollution assessment in sediments of Izmit Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 123: 219-231.
- Revel-Rolland M, De Deckker P, Delmonte B, Hesse PP, Magee JW, Basile-Doelsch I, et al. Eastern Australia: A possible source of dust in East Antarctica interglacial ice. *Earth and Planetary Science Letters*. 2006; 249(1-2):1-13.
- Sezgin, N., Ozcan, H, K., Demir, G., Nemlioglu, S., Bayat, C. 2004. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway. *Environment International*. 29, 979-985.
- 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.