Research Paper

Investigation of Heavy Metals in the Soil around Municipal Waste Landfill

Mohammad Hasan Kowsari[1], Mohammad Hossien Saghi[2*], Ayoob Rastgar[3], Somayeh Sotude[4]

1. MSc Students of Environmental Health Engineering, School of Public Health Student Research Committee, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
2. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
3. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
4. Msc of Nursing, Nursing Department Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

Received: 2021/01/27 **Accepted:** 2021/03/08

Abstract

Introduction: Even in engineered landfills in developed countries, leachate production cannot be avoided and it contains different types of heavy metals. Therefore, landfills are one of the main sources of increased concentrations of heavy metals in the soil. The purpose of this study was to evaluate the severity of contamination of soils around Sabzevar landfill with heavy metals and to prepare a soil contamination map with heavy metals.

Methods: Samples of surface and deep soils were collected in 18 stations according to the type of soil and distance from landfill Sabzevar. The concentrations of heavy metals Arsenic, Zinc, Lead, Chromium, Copper, Mercury and Cadmium were analyzed by ICP-OES. The intensity of soil contamination was assessed using Index Geoaccumulation Potential ecological risk index.

Results: The mean concentrations of Arsenic, Zinc, Lead, Chromium and Copper in surface soil, respectively are, 6.013, 41.04, 6.31, 26.77 and 31.45 mg/kg of Mercury and Cadmium, respectively, 60.79 and 61.60 µg/kg, respectively. But the mean concentration of Arsenic, Zinc, Lead, Chromium and Copper in depth soil, respectively are, 5.75, 38.33, 6.25, 22.68 and 31.04 mg/kg, Mercury and Cadmium, respectively, 66.57 and 59.98 µg/kg, the value of all proportion to Natural background values are higher.

Conclusion: Based on estimates of Igeo and RI indices for heavy metals Arsenic, Lead, Zinc, Chromium and Copper in the soil showed no contamination but for Mercury and Cadmium showed severe contamination.

***Corresponding Author:** Mohammad Hossien Saghi
Address: Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar,d, Iran.
Tel: 05144018101
E-mail: saghi9@gmail.com

Keywords: Soil Pollution, Heavy Metals, Landfill

How to cite this article: Kowsari, M.H., Saghi, M.H., Rastgar, A., Sotude S., Investigation of Heavy Metals in The Soil Around Municipal Waste Iandfill, Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2022; 29(1):65-76.

Copyright © 2022 Sabzevar University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- Non Commercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Published by Sabzevar University of Medical Sciences.

Introduction

Population growth and lifestyle changes in most countries have led to a rapid increase in solid waste. Therefore, municipal solid waste management is one of the health and environmental problems in developing countries such as Iran, which use landfills to dispose of solid waste because it is cheaper, simpler, more economical, and has barriers to other methods of waste management. The technology is lower. But uncontrolled and improper landfilling of solid waste causes soil pollution and destruction that can cause damage to the environment and human health.

Because the production of leachate in engineered landfills cannot be prevented and leachate has different types of heavy metals and their concentration varies according to the type and sources of waste buried in the landfill. Therefore, landfills are one of the main sources of increasing the concentration of heavy metals in the soil.

Since soil pollution is not tangible, it is more difficult to control soil pollution than air and water pollution and heavy metals are not biodegradable and have very high stability, they are toxic, which can gradually accumulate in the tissues of animals and plants through the food chain and have destructive effects on human and animal health. Also in many cities of Iran such as Sabzevar, open sites are the oldest and most common method of solid waste disposal and do not have a leachate collection and treatment system. This study aimed to measure the concentrations of heavy metals As, Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, and Fe as reference metals in soils at two different depths of 10 and 30 cm from the soil surface.

Methodology

According to the Sabzevar Waste Management Organization, in 1398, this city with a population of more than 245 thousand people, produces an average of 165 tons of waste per day, which is collected by the Sabzevar Waste Management Organization and since 1387 in a place called Nakhbar in He is buried about 25 km from Sabzevar city. The landfill site is about 2000 hectares and hospital and municipal waste are dumped in trenches 110 to 150 meters long and 30 to 37 meters wide with soil.

Because of the geological structure and slope direction in the study area and the possibility of spreading toxic pollutants, sampling points were determined randomly at distances of 10, 100 meters from the burial site in 18 sampling stations (A to R). The location of the sampling points was recorded using the Geographic Information System (GPS). To avoid surface traces, as well as organic matter, sampling was performed at two depths of 10 and 30 cm. These samples were then mixed and a composite sample was got. Geological characteristics and background materials of the samples were taken as the natural background of the area, which was the same as the soil samples around the landfill. Soil samples from the sampling stage, after drying for 48 hours in the open air of the laboratory, were passed through mesh sieve No. 10 and placed in an oven at 110 ° C for 24 hours.

The total concentration of heavy metals arsenic, mercury, zinc, lead, cadmium, chromium, copper, and iron as reference metal using microwave digestion with nitric acid (ISO 11465: 1993 (E) - Soil quality) with ICP-OES Agilent (Model 5100) was determined.

In this study, for quantitative evaluation of pollution intensity and environmental effects of heavy metals arsenic, mercury, lead, zinc, copper, cadmium, and chromium in soils around Sabzevar landfill using Index of geoaccumulation (Igeo) and Ecological risk potential (Er) was assessed.

Index of geoaccumulation (Igeo): The land accumulation index (Igeo) introduced by Muller and can determine soil contamination with heavy metals and is got according to the following equation:

Equation 1:

$$I_{geo} = Log_2^{\left(\frac{C_n}{1.5B_n}\right)}$$

In the above relation, Igeo is the accumulation index, Cn is the concentration of metal in the sample, and Bn is the concentration of the desired metal (mean shale).

The constant coefficient is 1.5 to minimize the effect of changes in background concentrations, which are usually because of changes in soil lithology. According to Table 1, the levels of pollution are classified into seven levels based on land accumulation index (Igeo).

Table 1. Values of land accumulation index (Igeo)used in determining soil pollution

Igeo	The degree of environmental hazard of each metal
>۰	Uncontaminated
1-0	Uncontaminated or moderately contaminated
2-1	Moderately contaminated
3-2	Moderately to heavily contaminate
4-3	Heavily contaminated
5-4	heavily extremely contaminated
5 <	Extremely contaminated

Ecological risk potential (Er): The ecological risk potential index has been introduced by Hakanson to assess the potential environmental hazards of metals in soil and can be determined from the following relationship:

Equation 2:

$$ER = \sum Tr \times \frac{C_s}{C_b}$$

Cs represents the amount of metal concentration measured in each sample and Cb shows the amount of heavy metals in unpolluted soil, Tr is the toxic reaction agent for heavy metals, Er is the ecological risk potential of each element and Tr is considered for heavy metals: arsenic, mercury, lead, zinc, copper, cadmium, and chromium 10, 40, 5, 1, 5, 30, and 2, respectively. With the help of the Ecological risk potential (Er), soils are divided into five groups in terms of pollution < 40 (Low risk), 40-80 (Moderate risk), 80-160 (Considerable risk), 160-320 (High risk) and > 320 (Very high risk).

Potential ecological risk index (RI):

Equation 3:

$$RI = \sum Tr \times Er$$

RI is the ecological risk of all elements. With the help of the Potential ecological risk index (RI), soils are divided into four groups in terms of pollution < 150 (Low potential ecological risk), 150-300 (Moderate potential ecological risk), 300-600 (Considerable potential ecological risk), and >600 (High potential ecological risk).

Result

Compared the amounts of elements in the earth's crust and the global average of heavy metals in soils. Comparison of the amounts of elements in the study area with their values in the earth's crust and the global values of these elements in the soil showed that the average concentration of heavy metals arsenic, mercury, and cadmium in the soil is higher than the global average.

Comparing the average total concentration of all metals in the whole study area with threshold values, it was observed that the average concentration of all heavy metals except arsenic in Sabzevar MWL was less than the threshold values. The average of all concentrations of heavy metals mentioned was higher than the natural background values of each heavy metal in Sabzevar soil, which indicates the role of soil contamination by human activity of non-engineered landfills.According to the results of heavy metal concentrations, increased sampling depth decreased the concentration of heavy metals except for mercury.

Figure 1 shows the concentrations of heavy metals The concentrations of heavy metals mercury, cadmium, arsenic, lead, copper, zinc, and chromium at two depths of 10 and 30 cm at two distances of 10 and 100 meters from the landfill.Figure 1 shows the concentrations of heavy metals The concentrations of heavy metals mercury, cadmium, arsenic, lead, copper, zinc, and chromium at two depths of 10 and 30 cm at two distances of 10 and 100 meters from the landfill.

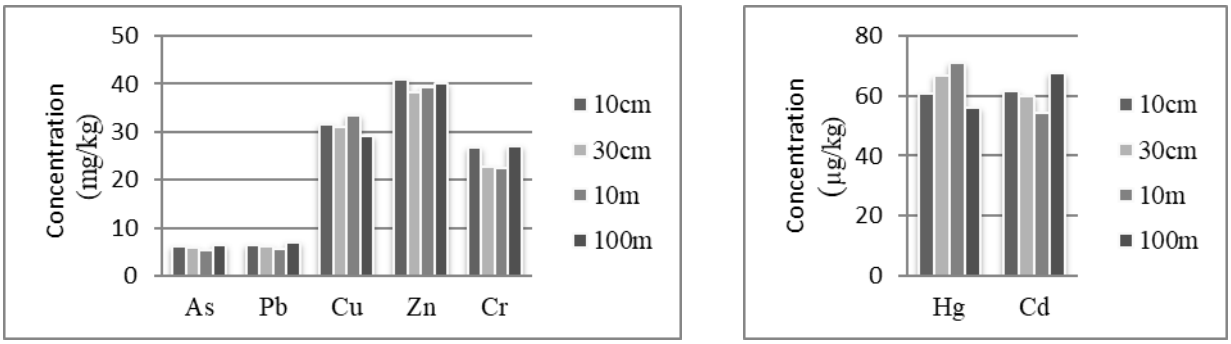


Figure1. Relation of heavy metal concentrations of heavy metal concentrations of mercury, cadmium, arsenic, lead, copper, zinc and chromium with different depths and distances from landfill

According to the results of the present study, while the mean values of land accumulation index for heavy metals Arsenic, Lead, Zinc, Chromium, and Copper in the soil of the study area showed no pollution, but the average values of Igeo for the two heavy metals Mercury and Cadmium showed pollution Estimated very high and shows the effect of the number of human activities (landfill) on changes in the concentration of elements. This result is consistent with increasing the concentration of elements relative to the control samples.

The mean values of the ecological potential risk index for mercury and cadmium were very high, but for the heavy metals arsenic, lead, zinc, chromium,

and copper in the soil of the study area showed no pollution. Despite the low average ecological risk potential index for heavy metals arsenic, lead, zinc, chromium, and copper, estimating the average total ecological risk index for all seven of the above elements showed a very high risk due to the hospital waste dumping in trenches. Close to stations E, F, G, and H, they found that they contained wastes contaminated with heavy metals mercury and cadmium.

Conclusion

In recent years, environmental pollution by heavy metals has increased and the concentrations of heavy metals in the soil are widely studied because they are potentially harmful to ecosystems and human health. The presence of high concentrations of heavy metals in the soil is because of both natural and human factors. Soil contamination with heavy metals because of human activities, including landfills, is increasing. And considering that the disposal of waste materials and waste is one problem of city managers, especially in the coming years, and the effect that waste can have on the pollution of groundwater has doubled the importance of this issue.

The results of regional soil analysis and soil pollution standards used in this study showed that the average concentration of heavy metals arsenic, mercury, cadmium, and copper in soil samples is higher than the global average. Examination of the distribution map of the total ecological risk index of the soils around the Sabzevar landfill revealed that the highest severity of contamination in the soils around the Sabzevar landfill was related to sampling stations close to the landfill of hospital waste. According to the findings of this study, it can be concluded that in the soil of Sabzevar landfill, there is heavy metal contamination caused by municipal waste.

Therefore, the soils of the study area need to be treated under soil quality strategies. Regular monitoring of toxic metal richness is also essential to control landfill emissions in the region. According to the findings of this study, it can be concluded that there is heavy metal contamination caused by municipal waste in the soil of the Sabzevar landfill. This study can be of great importance in cities with inappropriate practices in solid waste management to be aware of soil contamination with heavy metals. Because one of the important tools to assess the possible presence of pollutants from improper waste disposal and also to help waste management and prevent environmental pollution is to be aware of the concentration of heavy metals in the soils around the landfill.

Due to time and financial constraints in this study, researchers in other studies evaluate and investigate the contamination of heavy metals in water, plants, animals, and humans because of landfills. Also, study the human health risks of heavy metals with other available indicators that can complement the indicators used in this study and identify other aspects of heavy metal contamination. Also, the biological study of landfill effects because besides chemical effects can help to understand the effects of the landfill.

Acknowledgment

To Research Office of Sabzevar University of Medical Sciences for its financial support (Grant # 98059). The researchers thank all the individuals who participated in this study and made this research possible.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflict of interest regarding the publication of this manuscript.

مقاله پژوهشی

ارزیابی خطر و شدت آلودگی خاک ناشی از آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف محل دفن زباله‌های شهری

محمدحسن کوثری[۱]، محمدحسین ساقی[۲]*، ایوب رستگار[۳]، سمیه ستوده[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران
۳. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران
۴. کارشناسی‌ارشد پرستاری، گروه پرستاری، دانشکده پرستاری، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸

* نویسندهٔ مسئول: محمدحسین ساقی
نشانی: خراسان رضوی، سبزوار، بلوار شهدای گمنام، پردیس دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، بلوار معاونت آموزشی، دانشکده بهداشت
تلفن: ۰۵۱۴۴۰۱۸۱۰۱
رایانامه: saghi9@gmail.com
شناسه ORCID: 0000-0003-18028-7546
شناسه ORCID نویسنده اول: 0000-0002-9468-767x

چکیده

زمینه و هدف: در محل‌های دفن مهندسی‌شده نیز نمی‌توان از تولید شیرابه جلوگیری کرد که حاوی انواع مختلفی از فلزات سنگین است؛ بنابراین محل دفن زباله، یکی از منابع اصلی افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک است. هدف از انجام این مطالعه، بررسی شدت آلودگی خاک‌های اطراف محل دفن زباله سبزوار به فلزات سنگین و تهیه نقشه آلودگی خاک به فلزات سنگین بود.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های خاک‌های سطحی و عمقی در ۱۸ ایستگاه با توجه به نوع خاک و فاصله از محل دفن شهر سبزوار جمع‌آوری شد. غلظت فلزات سنگین آرسنیک، روی، سرب، کروم، مس، جیوه و کادمیوم به‌وسیله دستگاه ICP-OES آنالیز گردید. شدت آلودگی خاک با استفاده از شاخص‌های زمین انباشتگی (Igeo) و مجموع ریسک اکولوژیکی (RI) ارزیابی شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت آرسنیک، روی، سرب، کروم و مس در خاک سطحی به‌ترتیب ۶/۰۱، ۴۱/۰۴، ۶/۳۱، ۲۶/۷۷ و ۳۱/۴۵ برحسب mg/kg و جیوه و کادمیوم به ترتیب ۶۰/۷۹ و ۶۱/۶۰ بر حسب µg/kg بود. اما میانگین غلظت آرسنیک، روی، سرب، کروم و مس در خاک در عمقی به‌ترتیب ۵/۷۵، ۳۸/۳۳، ۶/۲۵، ۲۲/۶۸و ۳۱/۰۴ بر حسب mg/kg و جیوه و کادمیوم به‌ترتیب ۶۶/۵۷ و ۵۹/۹۸ برحسب µg/kg بود که مقدار همگی نسبت به مقادیر پس‌زمینه طبیعی بیشتر است.

نتیجه‌گیری: براساس برآورد شاخص‌های Igeo و RI برای فلزات سنگین آرسنیک، سرب، روی، کروم و مس در خاک نبود آلودگی ولی برای جیوه و کادمیوم آلودگی شدید را نشان داد.

کلیدواژه‌ها:
آلودگی خاک، فلزات سنگین، محل دفن

۱. مقدمه

افزایش جمعیت و تغییر در سبک زندگی، دو عامل مشترک در بیشتر کشورها است که سبب افزایش سریع زباله‌های جامد شده است (۱). درنتیجه مدیریت پسماندهای جامد شهری یکی از مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی در کشورهای درحال‌توسعه مثل ایران است. در شهرهای ایران، برای دفع زباله‌های جامد از دفن زباله استفاده می‌شود؛ زیرا نسبت به سایر روش‌های مدیریت پسماند، ارزان‌تر، ساده‌تر، اقتصادی‌تر و دارای موانع تکنولوژی پایین‌تری است (۲, ۳). دفن کنترل‌نشده و نادرست پسماندهای جامد از عمده منابع

Copyright © 2022 Sabzevar University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- Non Commercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.
Published by Sabzevar University of Medical Sciences.

آلودگی و تخریب خاک هستند که می‌تواند به محیط‌زیست و سلامتی انسان آسیب برساند (۴, ۵). در گذشته، آلودگی خاک به اندازه آلودگی هوا و آب از اهمیت خاصی برخوردار نبوده است؛ زیرا آلودگی خاک ملموس نیست و کنترل آلودگی خاک از آلودگی هوا و آب دشوارتر است؛ هرچند که میزان خطر آلودگی خاک کمتر از دیگر آلودگی‌ها نیست و آلودگی آن کیفیت محیط‌زیست را کاهش می‌دهد. امروزه حفاظت از خاک یک موضوع مهم جهانی تلقی می‌شود (۴, ۶).

از تولید شیرابه حتی در محل‌های دفن مهندسی‌شده کشورهای توسعه‌یافته نمی‌توان جلوگیری کرد و شیرابه حاوی انواع مختلفی از فلزات سنگین است؛ بنابراین محل دفن زباله یکی از منابع اصلی افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک است. غلظت فلزات سنگین با توجه به نوع و منابع زباله‌های جامد دفن شده در محل دفن زباله متفاوت است (۳, ۴). تأثیرات سوء فلزات سنگین در خاک زمانی آشکار می‌شود که غلظت آن‌ها از میزان معینی افزایش یابد که این افزایش بستگی به نوع فلز، نوع خاک، فعالیت‌های مختلف انسانی و زمان تجمع فلز دارد (۴, ۷). فلزات سنگین شامل کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، سرب (Pb)، کروم (Cr)، آرسنیک (As)، روی (Zn) و مس (Cu) توانایی تجمع در محیط‌های مختلف را دارند (۸, ۹). با توجه به نبود قابلیت تجزیه بیولوژیکی، پایداری بسیار بالا، سمیت و توانایی تجمع تدریجی در بافت بدن جانوران و گیاهان از طریق زنجیره غذایی، تأثیرات مخربی بر سلامتی انسان و جانوران دارند (۲, ۱۰, ۱۱). البته فلزات سنگین از اجزای طبیعی خاک هستند و غلظت بالای آنها در خاک می‌تواند منشأ زمین‌شناسی (مواد مادری و فرایندهای مختلف تشکیل خاک) داشته یا حاصل فعالیت‌های انسانی مانند صنایع آهن و فولاد، معدن‌کاری، حمل‌ونقل جاده‌ای، دفع فاضلاب‌های صنعتی، استفاده از مواد و کودهای شیمیایی و سموم در کشاورزی و دفن غیربهداشتی زباله‌ها باشد (۴, ۸, ۱۲, ۱۳).

از آنجایی که پایگاه‌های روباز، قدیمی‌ترین و رایج‌ترین روش دفع زباله‌های جامد در بسیاری از شهرها ایران مثل سبزوار هستند (۱, ۱۰) و سیستم جمع‌آوری و تصفیه شیرابه ندارند. این پژوهش، با هدف اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، سرب، کادمیوم، کروم، مس و عنصر آهن به‌عنوان فلز مرجع در خاک‌ها در دو عمق مختلف ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک انجام شد و در نهایت پهنه‌بندی و نقشه کلی شدت آلودگی خاک‌های اطراف محل مورد مطالعه به فلزات سنگین ترسیم شد.

۲. مواد و روش‌ها

بنا برگزارش سازمان مدیریت پسماند سبزوار، در سال ۱۳۹۸، این شهر با جمعیتی بیش از ۲۴۵ هزار نفر، به‌طور میانگین روزانه ۱۶۵ تن پسماند تولید می‌کند که سازمان مدیریت پسماند سبزوار جمع‌آوری می‌کند و از سال ۱۳۸۷ در مکانی به نام نخبر در حدود ۲۵ کیلومتری شهر سبزوار دفن می‌شود. وسعت پایگاه محل دفن حدود ۲۰۰۰ هکتار است و زباله‌های بیمارستانی و شهری به روش تلنباری در ترانشه‌هایی با طول ۱۱۰ تا ۱۵۰ متر و عرض ۳۰ تا ۳۷ متر با خاک مدفون می‌شوند. بررسی زمین‌شناسی منطقه سبزوار نشان می‌دهد که ناحیه سبزوار دربرگیرنده یکی از بزرگ‌ترین مجموعه‌های افیولیتی ایران است که بخش بزرگ آن از سنگ‌های پردوتیتی و سرپانتینیت‌ها تشکیل شده است. خاک‌های سرپانتینیتی، خاستگاه اصلی طبیعی از انباشت فلزات سنگین محسوب می‌شوند (۱۴, ۱۵).

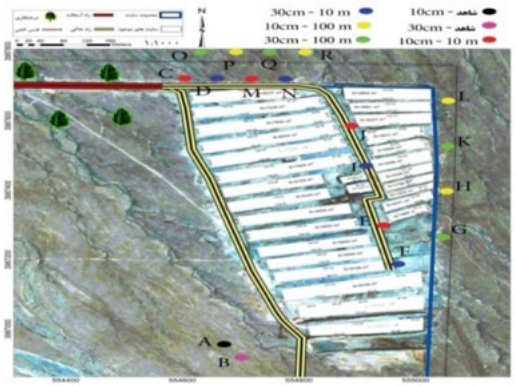
این مقاله، حاصل طرح مصوب با کد طرح ۹۸۰۵۹ در دانشگاه علوم پزشکی سبزوار با شناسه اخلاق IR.MEDSAB.REC.1398.053. می‌باشد.

نمونه‌برداری و آنالیز: با توجه به و ساختار زمین‌شناسی و جهت شیب در منطقه مورد مطالعه و احتمال پراکنش آلاینده‌های سمی، نقاط نمونه‌برداری به روش تصادفی در فواصل ۱۰،۱۰۰ متری نسبت به محل دفن در ۱۸ ایستگاه نمونه‌برداری (A تا R) تعیین شدند. همانگونه که در شکل ۱ موقعیت نقاط نمونه‌های خاک برداشت شده را دیده می شود؛ دو ایستگاه A و B به عنوان ایستگاه های شاهد بر خلاف شیب زمین و به دور از آلودگی احتمالی از دفن زباله با توجه به عدم تخلیه زباله تعیین شدند (۱۶). موقعیت مکانی نقاط نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت گردید. برای دوری از آثار سطحی، همچنین مواد آلی، نمونه‌برداری در دو عمق ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متری انجام گرفت. (۱۷) سپس این نمونه‌ها باهم مخلوط و یک نمونه مرکب به دست آمد. ویژگی‌های زمین‌شناسی و مواد مادری نمونه‌هایی که به عنوان زمینه طبیعی منطقه برداشت شدند که با نمونه خاک‌های اطراف محل دفن زباله یکسان بود. به منظور تهیه نمونه‌های مرکّب، دایره‌ای فرضی به مرکزیت هر نقطه مشاهده‌ای و قطر دو متر در نظر گرفته شد و از پنج نقطه واقع بر روی محیط این دایره، نمونه‌برداری خاک با بیلچه انجام گردید. نمونه‌های برداشت شده از نقاط پنج‌گانه باهم ترکیب شده و در نهایت حدود یک کیلوگرم

خاک از هر نقطه مشاهده‌ای برداشته و داخل یک پلاستیک تمیز ریخته شد و در پایان ۱۸ نمونه خاک به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سبزوار منتقل گردید.

نمونه‌های خاک حاصل از مرحله نمونه‌برداری، پس از خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در هوای آزاد آزمایشگاه، از الک مش شماره ۱۰ عبور داده شدند و در آون در درجه حرارت ۱۱۰°C به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند(۹). غلظت کل فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و فلز آهن به عنوان فلز مرجع با استفاده از هضم مایکروویو با اسید نیتریک (ISO 11465: 1993 (E) - Soil quality) با دستگاه ICP-OES Agilent (مدل ۵۱۰۰) تعیین شد(۳, ۱۰, ۱۱).

تضمین کیفیت (Quality assurance) و کنترل کیفیت (Quality Control) توسط اندازه‌گیری نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تکراری (با خطای کمتر از ۱۰٪) انجام گرفت. برای تأیید صحت اندازه‌گیری، ۵.۵٪ نمونه‌ها (N=18) به طور تصادفی مورد آزمایش قرار گرفتند. بر این اساس، ثبات (Consistency) اندازه‌گیری‌های مکرر EC، pH و فلزات سنگین به ترتیب ۸۹/۹۹، ۹۰/۷۶ و ۹۰/۸۷ درصد تعیین شد(۱۸).



نمودار ۱. موقعیت نقاط ایستگاه‌های نمونه‌برداری خاک اطراف محل دفن پسماندهای شهری شهر سبزوار

در این مطالعه، برای ارزیابی کمی شدت آلودگی و آثار زیست‌محیطی فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، سرب، روی، مس، کادمیوم و کروم در خاک‌های اطراف محل دفن پسماند سبزوار با استفاده از شاخص‌های زمین انباشتگی(Igeo)، پتانسیل ریسک اکولوژیک (Er) انجام شد؛ به‌طوری که پس از انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی، شاخص‌های آلودگی با استفاده از نرم‌افزار Excel محاسبه و پهنه‌بندی پراکنش شاخص مجموع ریسک اکولوژیکی (RI) برای کل فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، سرب، روی، کادمیوم، کروم و مس در خاک منطقه موردمطالعه به روش کریجینگ معمولی در محیط نرم‌افزاری ArcGIS انجام گردید.

شاخص زمین انباشتگی (Igeo): شاخص زمین انباشتگی (Igeo)که مولر معرفی کرده است و می‌تواند درجه آلودگی خاک به فلزات سنگین را تعیین کند مطابق رابطه ۱ به‌دست می‌آید: (۱۰, ۱۱, ۱۹, ۲۰)

رابطه ۱
$$I_{geo} = Log_2^{\left(\frac{C_n}{1.5B_n}\right)}$$

که در این رابطه، Igeo شاخص زمین انباشتگی، Cn غلظت فلز در نمونه و Bn غلظت زمینه فلز موردنظر (میانگین شیل) است. ضریب ثابت ۱/۵ به‌منظور به‌حداقل رساندن تأثیر تغییرات احتمالی در غلظت‌های پس‌زمینه است که معمولاً این اختلافات به دلیل تغییرات سنگ‌شناسی خاک‌ها است (۱۰, ۱۱, ۱۹). اساس این شاخص، مقایسه غلظت اندازه‌گیری شده هر فلز سنگین در نمونه با غلظت پس‌زمینه ژئوشیمیایی آن در خاک است. اصطلاح زمینه ژئوشیمیایی به فراوانی نرمال یک عنصر در یک زمین بایر یا خاک بدون تأثیر فعالیت‌های انسانی گفته می‌شود (۱۰, ۱۱). با کمک این شاخص، خاک‌ها را از نظر آلودگی به هفت گروه، ۰ > (غیرآلوده)، ۱-۰ (غیرآلوده تا کمی آلوده)، ۲-۱ (کمی آلوده)، ۳-۲ (کمی آلوده تا خیلی آلوده)، ۴-۳ (خیلی آلوده)، ۵-۴ (خیلی آلوده تا شدیداً آلوده) و ۵ < (شدیداً آلوده) تقسیم‌بندی می‌شوند (۱۰, ۱۱, ۱۹, ۲۰).

شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک (Er) و مجموع ریسک اکولوژیک مجموع عناصر (RI): شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک را هاکنسون[1] برای ارزیابی خطرات بالقوه زیست‌محیطی

1 Hakanson

فلزات در خاک معرفی شده است و در مطالعات مربوط به خاک بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد و از رابطه ۲ قابل تعیین است: (۱۹-۲۱)

$$RI = \sum Er = \sum Tr \times \frac{C_s}{C_b}$$ رابطه ۲

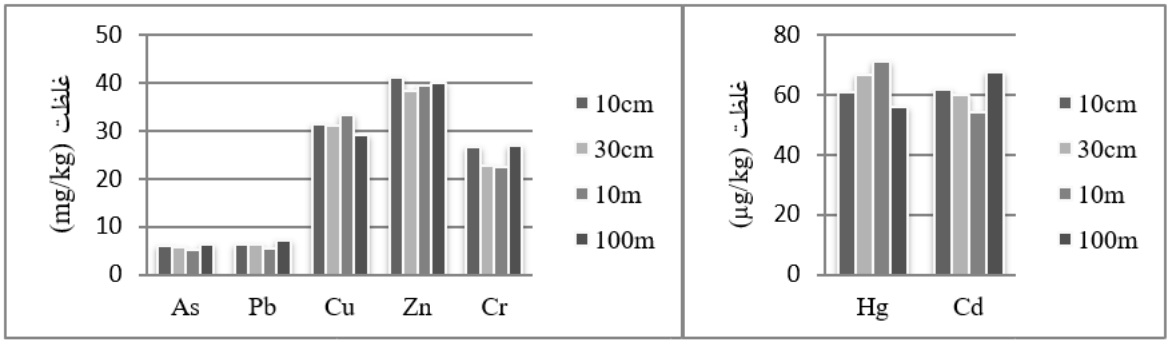
که Cs میزان غلظت فلز اندازه‌گیری شده در هر نمونه و Cb نشان‌دهنده میزان فلزات سنگین در خاک غیرآلوده، Tr نیز عامل واکنش سمی برای فلزات سنگین،Er پتانسیل ریسک اکولوژیکی هر عنصر موردبررسی و RI ریسک اکولوژیک مجموع عناصر است. Tr برای فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، سرب، روی، مس، کادمیوم و کروم به‌ترتیب ۱۰، ۴۰، ۵، ۱، ۵، ۳۰ و ۲ در نظر گرفته شده است (۱۹-۲۱). مطابق با جدول ۱ سطح آلودگی براساس شاخص‌های Er و RI به‌ترتیب در پنج و چهار سطح طبقه‌بندی می‌شوند (۲۱) (جدول ۱).

جدول ۱. مقادیر شاخص‌های Er و RI مورداستفاده در تعیین آلودگی خاک (۲۱)

درجه خطر بالقوه محیط‌زیستی برای محیط‌زیست	شاخص RI	درجه خطر محیط‌زیستی هر فلز	شاخص Er
خطر کم	RI <۱۵۰	خطر کم	Er <۴۰
خطر متوسط	۱۵۰< RI <۳۰۰	خطر متوسط	۴۰<Er <۸۰
خطر قابل ملاحظه	۳۰۰< RI<۶۰۰	خطر قابل ملاحظه	۸۰< Er <۱۶۰
خطر خیلی زیاد	RI >۶۰۰	خطر زیاد خطر خیلی زیاد	۱۶۰< Er <۳۲۰ Er >۳۲۰

۳. یافته‌ها

غلظت فلزات: در مطالعه حاضر، میانگین غلظت آرسنیک، آهن، روی، سرب، کروم و مس در خاک سطحی به‌ترتیب ۶/۰۱، ۲۰۸۵۴/۴۹، ۴۱/۰۴، ۶/۳۱، ۲۶/۷۷ و ۳۱/۴۵ برحسب mg/kg و جیوه و کادمیوم به‌ترتیب ۶۰/۷۹ و ۶۱/۶۰، برحسب µg/kg است. در حالی که میانگین غلظت آرسنیک، آهن، روی، سرب، کروم و مس در خاک در عمقی به‌ترتیب ۵/۷۵، ۲۱۰۸۸/۹۰، ۳۸/۳۳، ۶/۲۵، ۲۲/۶۸و ۳۱/۰۴ برحسب mg/kg و جیوه و کادمیوم به‌ترتیب ۶۶/۵۷ و ۵۹/۹۸ برحسب µg/kg است.



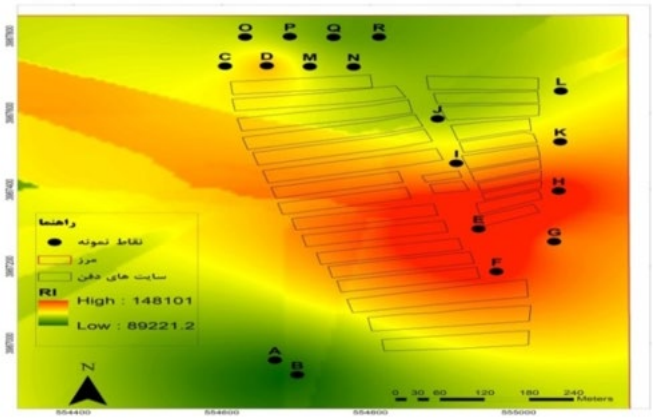
نمودار ۲. ارتباط غلظت فلزات سنگین غلظت فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، آرسنیک، سرب، مس، روی و کروم با عمق و فاصله‌های مختلف از محل دفن زباله

شاخص زمین انباشتگی (Igeo): دسته‌بندی براساس مقادیر میانگین Igeo هر فلز سنگین به این ترتیب Hg > Cd > As > Cu > Zn > Pb > Cr بود. میانگین مقادیر Igeo برای فلزات سنگین جیوه و کادمیوم به‌ترتیب ۷/۰۳ و ۹/۲۹ بود که در دسته «شدیداً آلوده» قرار می‌گیرد. در حالی که مقدار شاخص زمین انباشتگی برای فلزات سنگین آرسنیک، سرب، روی، کروم و مس در خاک منطقه موردمطالعه به ترتیب ۰/۴۱، ۱/۴۴، ۰/۹۸، ۲/۷۸- و ۰/۵۰- بودند که نبود آلودگی را نشان داد.

شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک (Er) و مجموع ریسک اکولوژیک مجموع عناصر (RI): میزان میانگین شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک به ترتیب Hg > Cd > As > Cu > Pb > Zn > Cr است. مقادیر میانگین شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک برای جیوه و کادمیوم به‌ترتیب ۸۲۲۷۸/۶۲ و ۲۹۵۵۱/۴۶ بود که خیلی بالاست اما برای فلزات سنگین آرسنیک، سرب، روی، کروم و مس در خاک منطقه موردمطالعه به‌ترتیب ۱۱/۱۹، ۳/۱۱، ۰/۷۷، ۰/۴۸ و ۴/۹۷ بودند که نبود آلودگی را نشان

داد. با وجود پایین بودن میانگین شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک برای فلزات سنگین آرسنیک، سرب، روی، کروم و مس برآورد میانگین شاخص مجموع ریسک اکولوژیک برای تمامی هفت عنصر بالا خطر خیلی زیاد را نمایش داد در حالی که با توجه به میانگین شاخص مجموع ریسک اکولوژیک برای فلزات سنگین آرسنیک، سرب، روی، کروم و مس خطر کم وجود دارد. با محاسبه شاخص مجموع ریسک اکولوژیک (RI) که به صورت هم‌زمان وضعیت آلودگی به چند فلز را در برآورد سطح آلودگی مدنظر قرار می‌دهد، خاک منطقه موردمطالعه در وضعیت آلودگی بسیار زیاد قرار دارد.

پهنه‌بندی پراکنش شاخص مجموع ریسک اکولوژیکی (RI) برای کل فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، سرب، روی، کادمیوم، کروم و مس در خاک منطقه موردمطالعه به روش کریجینگ معمولی در محیط نرم‌افزاری ArcGIS نشان داد که آلوده‌ترین قسمت‌های مناطق مطالعه شده مربوط به ایستگاه‌های E،F، G و H می‌باشند (شکل ۱).



شکل ۳. پهنه‌بندی پراکنش شاخص مجموع ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف محل دفن زباله سبزوار

٤. بحث و نتیجه گیری

در مطالعه حاضر به منظور بررسی تعیین میزان آلودگی خاک در منطقه مورد مطالعه از شاخص‌های آلودگی زمین انباشتگی و پتانسیل ریسک اکولوژیک استفاده شد. بر اساس مقادیر مجموع ریسک اکولوژیک مجموع عناصر فلزات سنگین در خاک‌های سطحی منطقه مورد مطالعه، نقشه آلودگی برای فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، سرب، روی، کادمیوم، کروم و مس تهیه شد.

بر اساس نتایج غلظت‌های فلزات سنگین با افزایش عمق نمونه‌برداری از ۱۰ به ۳۰ سانتی‌متری غلظت فلزات سنگین به‌جز جیوه کاهش یافته است که با نتایج آلودگی فلزات سنگین در خاک و آب‌های زیرزمینی در نیجریه توسط خاک ساهید (Saheed) و همکاران همخوانی دارد(۸)؛ زیرا فلزات سنگین موجود در شیرابه‌های دفن زباله به لایه‌های عمیق و اطراف خاک مهاجرت می‌کنند(۲۲).

از مقایسه میانگین غلظت کل تمام فلزات در تمام منطقه مورد بررسی با مقادیر حد آستانه مشاهده شد که میانگین غلظت تمام فلزات سنگین به‌جز آرسنیک در محل دفن پسماندهای شهر سبزوار کمتر از مقادیر حد آستانه است. از طرف دیگر جهت تعیین میزان آلایندگی خاک به عناصر سنگین و تعیین منشأ عناصر در خاک می‌توان میزان غلظت عناصر در منطقه را با مقادیر عناصر در پوسته زمین و میانگین جهانی فلزات سنگین در خاک‌ها مقایسه نمود. مقایسه مقادیر عناصر در منطقه مورد مطالعه با مقادیر آنها در پوسته زمین و مقادیر جهانی این عناصر در خاک نشان داد که میانگین غلظت فلزات سنگین آرسنیک، جیوه و کادمیوم در خاک از مقادیر میانگین جهانی بیشتر است. میانگین تمامی غلظت‌های فلزات سنگین ذکر شده بالاتر از مقادیر زمینه طبیعی مربوطه به هر فلز سنگین در خاک سبزوار بودند که بیانگر نقش آلودگی خاک توسط فعالیت انسانی دفن غیر مهندسی پسماند است که با نتایج مطالعه‌ی ایگو و همکاران در سال ۲۰۱۹ در بررسی غلظت فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، کروم، مس، جیوه و سرب در محل تخلیه زباله در چانچاگا در شمال مرکزی نیجریه مطابقت دارد (۲۳).

با توجه به نتایج بررسی حاضر، در حالیکه میانگین مقادیر شاخص مقدار شاخص زمین انباشتگی برای فلزات سنگین آرسنیک، سرب، روی، کروم و مس در خاک منطقه مورد مطالعه

عدم آلودگی را نشان داد؛ به دلیل دفع پسماندهای بیمارستانی میانگین مقادیر I_{geo} برای دو فلز سنگین جیوه و کادمیوم آلودگی بسیار بالا را برآورد کرد و نشان دهنده تأثیر میزان فعالیت‌های انسانی (دفن پسماند) در تغییرات غلظت عناصر است. این نتایج با افزایش غلظت عناصر نسبت به نمونه‌های شاهد همخوانی دارد. به طوریکه دفن این‌گونه پسماندها در ترانشه‌های نزدیک به ایستگاه‌های E، F، G و H باعث بالا بودن شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک (Er) برای فلزات سنگین جیوه و کادمیوم شده است که علت آن را می‌توان در دفن پسماندهای بیمارستانی در ترانشه‌های نزدیک به ایستگاه‌های فوق دانست که دارای حاوی پسماندهای آلوده به فلزات سنگین جیوه و کادمیوم هستند؛ که در بررسی وضعیت آلودگی خاک پیرامون محل دفن زباله‌های شهری در تایلند توسط تونگیوان و همکاران هم فلز سنگین کادمیوم و مس به ترتیب دارای شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک بسیار بالا و بالا می‌باشند (۲۴). در بررسی فلزات سنگین در پایین دست محل دفن زباله‌های شهری اردبیل توسط جعفری و همکاران اشاره شده است که منشأ انسان‌زاد عناصر کادمیوم و جیوه پلاستیک‌های رنگی، لوازم پزشکی و لوازم آرایشی موجود در پسماند است(۲۵).

نتایج به دست آمده در این پژوهش را می‌توان با سایر مطالعات مشابه صورت گرفته در این زمینه نیز مقایسه نمود. در مطالعه‌ای که توسط تونگیوان و همکاران در سال ۲۰۲۰ در محدوده پیرامون محل دفن زباله‌های شهری در تایلند صورت گرفت، با بررسی شاخص‌های آلودگی و محاسبه غلظت فلزات سنگین در منطقه مشخص شد که میانگین غلظت فلزات به صورت Al> Fe> Mg> Mn> Zn> Cu> Bi> Cr> Pb> Li> Ni> Co> Ga> Cd است. همچنین شدت آلودگی خاک به فلزات سنگین با استفاده از شاخص زمین انباشتگی برای سرب، نیکل، کبالت و کروم از غیر آلوده تا کمی آلوده، اما برای روی، کادمیوم و مس خیلی آلوده تا شدیداً آلوده هم تأیید شد و شدیداً آلوده برای بیسموت برآورد شد و در بررسی خطر آلودگی خاک با شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک، آلودگی برای منگنز، سرب و کروم خطر کم را نشان داد، ولی برای فلزات سنگین نیکل، کبالت، روی و مس خطر قابل ملاحظه‌ای برآورد شد و کادمیوم مهم‌ترین عامل خطر اکولوژیکی بود (۲۴).

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۹ توسط آلام و همکاران بر روی خاک محل دفن موگلا بازار واقع در منطقه سورما کوشیارا در کشور بنگلادش به منظور ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در آب، خاک و گیاهان در اطراف محل دفن روباز زباله‌ها صورت گرفت؛ بر اساس شاخص زمین انباشتگی برای عناصر مس، منگنز، روی، آهن در اطراف محدوده محل دفن دارای عدم آلودگی بود در حالیکه برای فلزات سنگین سرب و کادمیوم شدت آلودگی خاک بر اساس این شاخص از عدم آلودگی تا کمی آلوده برآورد شد (۱۰).

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۹ توسط Mukhopadhyay و همکاران بر روی خاک‌های سایت دفن زباله کلپاتا، در هند به منظور ارزیابی آلودگی فلزات سنگین صورت گرفت؛ بر اساس شاخص زمین انباشتگی، شدت آلودگی خاک برای هریک از فلزات سنگین متفاوت بود به طوریکه شدت آلودگی برای جیوه غیر آلوده، برای منگنز و آرسنیک غیر آلوده تا کمی آلوده، کروم، روی و مس کمی آلوده و برای سرب کمی آلوده تا خیلی آلوده را تخمین زدند. همچنین ارزیابی مجموع پتانسیل ریسک اکولوژیکی عناصر خطر آلودگی متوسط را برای کل عناصر در خاک‌های سایت دفن مذکور را نشان داد و میزان خطر پتانسیل ریسک اکولوژیکی برای فلزات سنگین روی، منگنز، کروم، آرسنیک، مس و سرب کم برآورد شد اما برای دو فلز سنگین سرب و جیوه خطر متوسط را نشان داد و مهم‌ترین فلزات سنگین به ترتیب جیوه و سرب بودند (۲۰).

نتایج آنالیز خاک‌های منطقه و استانداردهای آلودگی خاک استفاده شده در این پژوهش نشان داد که میانگین غلظت فلزات سنگین آرسنیک، جیوه، کادمیوم و مس در نمونه‌های خاک از میانگین غلظت جهانی بالاتر است. در بررسی نقشه پراکنش شاخص مجموع ریسک اکولوژیک خاک‌های اطراف محل دفن زباله سبزوار مشخص شد بیشترین شدت آلودگی در خاک‌های اطراف محل دفن سبزوار مربوط به ایستگاه‌های نمونه‌برداری نزدیک به دفن پسماندهای بیمارستانی بود. بررسی نتایج به دست آمده از محاسبه شاخص زمین انباشتگی و نیز پتانسیل ریسک اکولوژیک نشان می‌دهد که بر اساس طبقه‌بندی‌های ارائه شده آلودگی در منطقه در رابطه با عناصر جیوه و کادمیوم بوده که این خود مرتبط با دفن پسماندهای بیمارستانی در منطقه مورد مطالعه است.

وجود غلظت بالای فلزات سنگین در خاک ناشی از هر دو عامل طبیعی و انسانی است(۴) و توزیع آنها در سازندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی ممکن است توزیع ژئوشیمیایی فلزات سنگین را بیش از منابع سنگ‌زا تغییر دهد(۱۱). آلودگی خاک به دلیل فعالیت‌های بشر از جمله محل‌های دفن روبه افزایش است(۱۷) و با توجه به اینکه دفن مواد زائد و زباله‌ها

یکی از مسائل و مشکلات مدیران شهری بخصوص در سال-های آتی است و تأثیری که مواد زائد می‌توانند در آلودگی منابع آب زیرزمینی داشته باشند، اهمیت این مسئله را دو چندان نموده است(۲۶)؛ بنابراین خاک‌های منطقه مورد مطالعه نیازمند پالایش مطابق با راهبردهای کیفی خاک هستند. همچنین پایش منظم میزان غنای فلزات سمی به منظور کنترل انتشارات لندفیل در منطقه ضروری است(۲۷) و با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که در خاک محل دفن زباله شهر سبزوار آلودگی فلزات سنگین ناشی از زباله‌های شهری وجود دارد.

این مطالعه می‌تواند در شهرهایی که رویه‌های نامناسب در مدیریت پسماند جامد دارند دارای اهمیت بالایی جهت آگاهی از آلودگی خاک به فلزات سنگین باشد زیرا یکی از ابزارهای مهم برای ارزیابی حضور احتمالی آلاینده‌ها از دفع نامناسب زباله و همچنین کمک به مدیریت پسماند و جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست آگاهی از غلظت فلزات سنگین در خاک‌های اطراف محل دفن زباله است. به دلیل محدودیت‌های زمانی و مالی در این پژوهش پیشنهاد می‌گردد، محققین در مطالعات دیگر به ارزیابی و بررسی آلودگی منطقه به فلزات سنگین در آب، گیاه، حیوان و انسان در اثر محل دفن زباله بپردازند. همچنین بررسی خطرات بهداشتی انسانی فلزات سنگین با سایر شاخص‌های موجود که می‌تواند مکمل شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه بوده و جوانب احتمالی دیگر آلودگی با فلزات سنگین را مشخص نمایند. همچنین مطالعه بیولوژیکی تأثیرات محل دفن زباله زیرا در کنار تأثیرات شیمیایی می‌تواند در پی بردن به اثرات دفن زباله کمک شایانی کند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از معاونت تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، به دلیل حمایت‌های مالی در راستای انجام این تحقیق با کد ۹۸۰۵۹ تقدیر و تشکر می‌کنند. همچنین از کارکنان آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سبزوار به دلیل همکاری صمیمانه‌شان در انجام آزمایش‌های این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

[1]. Eskandari M, Homaee M, Mahmoodi S, Pazira E, Van Genuchten MT. Optimizing landfill site selection by using land classification maps. Environmental Science and Pollution Research. 2015;22(10):7754-65. (Persian)

[2]. Boateng TK, Opoku F, Akoto O. Heavy metal contamination assessment of groundwater quality: a case study of Oti landfill site, Kumasi. Applied Water Science. 2019;9(2):33.

[3]. Popego T, Dikinya O, Gaobotse G. Assessment of the concentration of heavy metals associated with landfill leachate in Gamodubu soils in the Kweneng District, Botswana. African Journal of Soil Science. 2019;7(1):523-9.

[4]. Artiningsih A, Zubair H, Imran A, Widodo S, editors. Contamination and characteristic of Ni and Cr metal on top soil from Antang landfill, Makassar City, South Sulawesi Province, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2019; 175(1):012021.

[5]. Forti JC, Lima PG, Reis AR, dos Santos FA, Braga SS. Analysis of heavy metals and aromatics compounds in soil layers of a sanitary landfill. Environmental Quality Management. 2019;28(3):123-30.

[6]. Ravankhah N, Mirzaei R, S M. Evaluation of Geoaccumulation Index, Contamination Factor, and Principal Component Analysis for Estimating Soil Contamination. Iranian Journal of Health & Environment. 2015;8(3):345-56 (Persian)

[7]. Hosseinzade F, Moomeni AA, Bagheri R. Assessment of heavy metals pollution in soils around Behshahr landfill. New Findings In Applied Geology 2018;12(24):77-88. (Persian)

[8]. Saheed I, Azeez S, Jimoh A, Obaro V, Adepoju S. Assessment of Some Heavy Metals Concentration in Soil and Groundwater Around Refuse Dumpsite in Ibadan Metopolis, Nigeria. Nigerian Journal of Technology. 2020;39(1):301-5.

[9]. Yang X, Zhou M, Cang L, Ji Q, Xie J. Enhanced Electrokinetic Remediation of Heavy-Metals Contaminated Soil in presence tetrasodium N, N-bis (carboxymethyl) glutamic acid (GLDA) as chelator. Int J Electrochem Sci. 2020;15:696-709.

[10]. Alam R, Ahmed Z, Howladar MF. Evaluation of heavy metal contamination in water, soil and plant around the open landfill site Mogla Bazar in Sylhet, Bangladesh. Groundwater for Sustainable Development. 2020;10:100311. .

[11]. Rezaei A, Hassani H, Mousavi SBF, Hassani S, Jabbari N. Assessment of Heavy Metals Contamination in Surface Soils in Meiduk Copper Mine Area, Se Iran. Earth Sciences Malaysia (ESMY). 2019;3(2):01-8 (Persian).

[12]. Nezhad MTK, Tabatabaii SM, Gholami A. Geochemical assessment of steel smelter-impacted urban soils, Ahvaz, Iran. Journal of Geochemical Exploration. 2015;152:91-109. (Persian)

[13]. Zaheri N, Khosravi Y, Mokhtari MAA, Zamani A. Distribution pattern of the heavy metals in stream sediments of the Baycheh-Bagh area, northwest of Zanjan. Journal Of Stratigraphy and Sedimentology Researches. 2019;35(2):135-50. (Persian)

[14]. Mazhari SA. The investigation of surface soil geochemistry and mineralogical role in the heavy metal bioavailability of Sabzevar area. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy. 2017;25(2):279-94 (Persian)

[15]. Mazhari SA. Distribution of platinum-group elements (PGE) in chromitites of Sabzevar, NE of Iran. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy. 2019;27(1):109-22

[16]. Sarempour M, Behbahaninia A, Zareimahmoodabadi H. Evaluating soil contamination with heavy metals (nickel and cadmium) and developing a management strategy in a drilling cutting dump site in Azadegan Plain, Khuzestan

province. Journal of Environmental Science and Technology. 2018;20(3):97-104 (Persian)

[17]. Bazzi F, Rezaei MR, Sayadi Anari MH. Assessing Soil Pollution with Heavy Metals using Contamination Factor Index at Zahedan Municipal Landfill. Environment and Water Engineering. 2017;3(2):170-80 (Persian)

[18]. Zhaoyong Z, Xiaodong Y, Simay Z, Mohammed A. Health risk evaluation of heavy metals in green land soils from urban parks in Urumqi, northwest China. Environmental Science and Pollution Research. 2018;25(5):4459-73. (Persian)

[19]. Gąsiorek M, Kowalska J, Mazurek R, Pająk M. Comprehensive assessment of heavy metal pollution in topsoil of historical urban park on an example of the Planty Park in Krakow (Poland). Chemosphere. 2017;179:148-58

[20]. Mukhopadhyay S, Chakraborty S, Bhadoria P, Li B, Weindorf DC. Assessment of heavy metal and soil organic carbon by portable X-ray fluorescence spectrometry and NixPro™ sensor in landfill soils of India. Geoderma Regional. 2020; 20:e00249.

[21]. Jia B, He S, Huang Z, Liao J, Zhang J, editors. Heavy Metals Pollution Characteristics and Ecological Risk Assessment of the Sediments of Anrongjing River in Taizhou City. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2020: IOP Publishing.

[22]. Zang J, Wang W, Wang Z, Zheng L, Xie X. Field Test on Electro-Osmosis in a Heavy Metal Contaminated Soil: Electrokinetic Remediation and Reinforcement of the soil. Int J Electrochem Sci. 2020;54:1230-41

[23]. Egwu OC, Casmir UC, Victor UC, & et al. Evaluation and Ecological Risk Assessment of Selected Heavy Metal Pollution of Soils and Amaranthus cruentus and Telfairia occidentalis Grown Around Dump Site in Chanchaga Minna, Niger State, Nigeria. Asian Journal of Environment & Ecology. 2019;10(2):1-16

[24]. Thongyuan S, Khantamoon T, Aendo P, & et al. Ecological and health risk assessment, carcinogenic and non-carcinogenic effects of heavy metals contamination in the soil from municipal solid waste landfill in Central, Thailand. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2020;27(2):1-22

[25]. Jafari K, Hafezi Moghadas N, mazlomi AR, Ghezi A. Investigation of heavy metals contaminant in downstream landfilling site of Ardebil municipal waste. Journal of Environmental Studies. 2016;42(3):489-506 (Persian)

[26]. Yousefi Z, Gharanjik AM, Amanpour B, Adeli M. Selection of Solid Waste Landfill Site Using Remote Sensing and Geographical Information System: A Case Study in Gonbad-e Qabus. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences (JMUMS). 2013 ;22(1):114-105 (Persian)

[27]. Sistani N, Moeinaddini M, Khorasani N, Hamidian A, Ali-Taleshi M, Azimi Yancheshmeh R. Heavy metal pollution in soils nearby Kerman steel industry: metal richness and degree of contamination assessment. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(1):75-86 (Persian)