علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، ویژه نامه شماره۲، پاییز ۱۳۹۵

ارزیابی تاثیر کارخانه آلومینای جاجرم در آلودگی خاک سطحی منطقه به عنصر سرب

مهدی الهی [۱*]

mehdielahi61@gmail.com

سهیلا رضایی تبار [۲]

عبدالعلی وحدانی [۳]

محمد شریف فاضلی [۴]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱۵**

چکیده

زمینه و هدف: حضور فلزات سنگین در بخش‌های مختلف محیط زیست (از جمله خاک)، اثرات زیان‌بار را بر سلامت موجودات زنده به‌دنبال دارد. یکی از مهم‌ترین منابع انتشار این عناصر در محیط زیست، صنایع و معادن می‌باشند. لذا در تحقیق حاضر به ارزیابی تاثیر کارخانه‌ی آلومینای جاجرم در آلودگی خاک سطحی منطقه به عنصر سرب، پرداخته شده است.

روش بررسی: نمونه برداری از خاک سطحی (عمق < ۱۰ سانتی‌متر) با در نظر گرفتن جهت وزش باد غالب (شمال غربی – جنوب شرقی) و فاصله از کارخانه، از ۳۸ ایستگاه در محدوده‌ای به شعاع ۱۰ کیلومتری اطراف کارخانه به اضافه یک ایستگاه شاهد در فاصله ۲۰ کیلومتری کارخانه، در تابستان ۱۳۸۷ انجام شد. پس از آماده سازی نمونه‌ها، غلظت سرب توسط دستگاه جذب اتمی فیلیپس مدل PU ۹۴۰۰ اندازه گیری شد.

یافته‌ها: مقایسه میانگین غلظت سرب در چهار جهت اصلی جغرافیایی کارخانه، مبین اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها بود ($p < ۰/۰۵$) که علی‌رغم جهت وزش باد غالب، بیش‌ترین میانگین غلظت سرب در جهت شمال کارخانه (۲۷/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کم‌ترین آن در جهت جنوب کارخانه (۹/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. همچنین بررسی همبستگی غلظت سرب در خاک سطحی منطقه با فاصله از کارخانه (در چهار جهت اصلی) بیان‌گر ارتباط مثبت و معنی‌دار بین دو فاکتور مذکور در جهت شرق کارخانه بود.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کارخانه‌ی آلومینای جاجرم تاثیری بر آلودگی خاک سطحی منطقه به عنصر سرب ندارد.

واژه‌های کلیدی: سرب، خاک سطحی، کارخانه‌ی آلومینای جاجرم، سنگ معدن بوکسیت.

۱*- (مسوول مکاتبات): عضو هیئت علمی گروه محیط زیست دانشگاه اردکان، یزد، ایران.

۲- دانش آموخته دکتری رشته محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۴- مدیر و عضو هیئت علمی گروه موسسه پژوهشی اقتصاد محیط زیست پژواک، تهران، ایران.

J.Env. Sci. Tech., Vol 18, Special No.2, Autumn 2016

The Impact of Jajarm Alumina Plant on Topsoil Contamination with Lead

Mehdi Elahi [1]*
mehdielahi61@gmail.com
Soheila Rezaitabar [2]
Abdolali Vahdani [3]
Mohamadsharif Fazeli [4]

Abstract

Background and Objective: Presence of heavy metals in different parts of the environment (such as, soil) has adverse effects on organisms' health. The main sources releasing these pollutants to the environment are industries and mines. Therefore, in this study, the effect of Jajarm Alumina plant (located in North Khorasan province) on contamination of topsoil with Lead (Pb) around the factory, has been proceed.
Method: Sampling of topsoil (depth < 10 cm) was carried out in 2008, considering the dominant wind direction (Northwest-Southeast) and distance from factory. 38 sites in 10 km of radius around the factory and also one evidence site 20 km away from the factory were studied. After preparing samples, Pb concentration was measured by atomic absorption spectrometry (Philips, PU 9400).
Results: Comparison of mean concentration of Pb in main geological directions of the factory, showed a significant difference between them ($p < 0.05$). Despite the direction of dominant wind, maximum and minimum mean concentrations of Pb were observed in the north (27.34 mg/kg) and south (9.40 mg/kg) respectively. Also, investigation of relationship between Pb concentrations with distance from the factory (in main geological directions) showed a positive significant correlation in the east of the factory.
Conclusion: Overall, results showed that Jajarm Alumina plant has not a significant effect on topsoil contamination with Pb.

Keywords: Lead, Topsoil, Jajarm Alumina plant, Bauxite ore.

1- Faculty of Department of Environmental Sciences, Ardakan University, Yazd, Iran * (Corresponding Author).
2- Ph.D Graduate of Department of Environmental Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3- Master Graduate of Department of Environmental Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
4- Director and Faculty Member of Pazhvaak Environmental Economics Research Institute, Tehran, Iran.

مقدمه

خاک می‌تواند به عنوان منبعی جهت انتقال آلاینده‌ها بـه آب‌هـای زیرزمینـی، زنجیره غذایی و در نهایت بدن انسان تلقی شود. به‌خصوص در مناطق شـهری و صنعتی، خاک می‌تواند بر حیـات و سـلامتی انسـان‌هـا اثـر بگـذارد. فلـزات سنگین به دلیل فراوانی، سمیت و پایداریشان نسـبت بـه سـایر آلاینـده‌هـای خاک، از اهمیت بیش‌تری برخوردارنـد (۱). سـرب (Pb) یکـی از سـمی‌تـرین فلزات سنگین شناخته شده است (۲). که همـه ترکیبـات آن مضـر و تجمـع-یابنده هستند. از عوارض ورود سرب به بدن انسان می‌توان به سردرد، اخـتلال در سیستم عصبی و گوارشـی و کـاهش هـوش در کودکـان اشـاره نمـود (۳). مسمومیت بالای سرب به علت تمایل اتصال آن بـه گـروه سـولفیدریل (SH) پروتیین‌ها می‌باشد به طوری که بـا اتصـال غیـر قابـل برگشـت، باعـث ایجـاد اختلال در فعـالیت پروتییـن می‌شود (۴). مهم‌ترین منابع انسانی انتشار سرب به محیط‌زیست، وسایل نقلیه، کارخانه‌های رنگ‌سـازی، بـاتری سـازی، ذوب و تصفیه‌ی فلزات و معادن می‌باشد (۵، ۶ و ۷).

کارخانه‌ی آلومینـا، یکـی از صـنایعی اسـت کـه بـا اسـتفاده از سـنگ معـدن بوکسیت، آلومینا (Al_2O_3) را که ماده اصلی سـاخت آلومینیـوم اسـت تولیـد می‌نماید. گل قرمز یکی از تولیدات فرعـی اسـتخراج آلومینـا از سـنگ معـدن بوکسیت در روش بایر (Bayer) در صنعت آلومینـا اسـت کـه حـاوی مقـادیر متفاوتی از ترکیبات فلزی و آلاینده (بسته به نوع بوکسیت مصرفی) می باشـد. از آن‌جایی که نسبت تولید گل قرمـز بـه آلومینـا زیـاد بـوده (۳۵۰ الـی ۴۵۰ کیلوگرم به ازای هر تن آلومینـا) و اغلـب بـه صـورت سـد باطلـه در نزدیکـی کارخانه تل انبار می‌شود، مهم‌ترین نگرانی محیط‌زیستی این صنعت در سراسر جهان به شمار می‌آید (۸). مهم‌ترین مسیرهای انتشـار آلاینـده‌هـا بـه محـیط اطراف این صنعت عبارتند از: الف) خروجی دودکش ب)معدن‌کاوی و ج) دفـع مواد زاید به‌صورت سد باطله.

لذا هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی تاثیر کارخانه‌ی آلومینای جاجرم بر آلودگی خاک‌های سطحی در چهار جهت اصلی اطراف کارخانه به عنصـر سـرب مـی-باشد.

تحقیقات مشابهی در زمینه بررسی میزان فلزات سنگین در خاک‌های سطحی نواحی اطراف صنایع و کارخانجات صورت گرفته است. هودجی و جلالیـان در سال ۱۳۸۳ به بررسی غلظت سرب در خاک‌های اطراف مجتمع فولاد مبارکه، با در نظر گرفتن باد غالب (جنوب غربی-شمال شـرقی) پرداختنـد و مشـخص شد که بیش‌ترین غلظت سرب در جهت غربی مجتمع فولاد و در عمق صفر تا ۵ سانتی متری خـاک برابـر بـا ۱۴/۳ میلـی‌گـرم بـر کیلـوگرم بـود (۹). Al-khashman و Shawabkeh در سـال ۲۰۰۶ بـه بررسـی توزیـع فلـزات سنگین از جمله سرب در خاک‌های اطراف یـک کارخانـه سـیمان در جنـوب اردن پرداختند. نتـایج تحقیـق آن‌هـا نشـان داد کـه غلظـت بـالای سـرب در نمونه‌های خاک منطقه در اثر وجود منـابع انسـان سـاخت از قبیـل کارخانـه، فعالیت‌های کشاورزی و ترافیک بالا بود (۱۰). در سال ۲۰۰۸، Fu و همکـاران به بررسی غلظت سرب در زمین‌های اطراف یـک منطقـه بازیافـت زبالـه‌هـای الکتریکی پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها مشخص کرد که غلظت سرب در خاک منطقه مورد مطالعه ۵۵/۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (۱۱). Parizanganeh و همکاران، به بررسی غلظت سرب در اطراف مجتمـع صـنعتی روی در زنجـان پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد کـه غلظـت سـرب در خـاک سـطحی منطقه ۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود کـه منبـع انشـار آن در محـیط را وجـود صنایع روی در منطقه دانستند (۱۲). در سال ۱۹۹۹، Ullrich و همکاران به بررسی غلظت سرب در اطراف منطقه معدن‌کاوی و ذوب فلـزات سـرب و روی در خاک سطحی (۱-۱۰ سانتی‌متر) نزدیک شهر Bytom لهستان پرداختنـد. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که غلظت سرب در خـاک سـطحی منطقـه ۴۳۰ میکروگرم بر گرم بود (۱۳).

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

شهرستان جاجرم در جنوب غربی استان خراسان شمالی و کارخانه آلومینا در فاصله ۷ کیلومتری شمال شرقی این شهرستان واقع شده است. منطقـه مـورد مطالعه، دایره‌ای به شعاع تقریبی ۱۰ کیلـومتر (منطقـه تحـت تـاثیر مسـتقیم کارخانه) به مرکزیت کارخانه می‌باشد (مختصات منطقـه نمونـه‌بـرداری طبـق سیسـتم UTM بـرای X ۴۵۷۴۱۰ - ۴۴۰۷۹۰ و بـرای Y ۴۰۹۹۵۱۰ – ۴۰۸۵۷۹۰ می‌باشد). سنگ معدن بوکسیت مورد استفاده در ایـن کارخانـه، از معدنی که در فاصله ۴ کیلومتری شمال کارخانه قـرار دارد تـامین مـی شـود. همچنین پسماندهای کارخانه که گل قرمز نامیده می شـود نیـز در فاصـله ۲ کیلومتری از کارخانه در جهت شرق، تخلیه و تشکیل سد باطلـه را مـی دهـد. طبق اطلاعات بدست آمده از سـازمان هواشناسـی، جهـت بـاد غالـب در ایـن شهرستان، شمال غربی- جنوب شرقی می باشد.

نمونه برداری

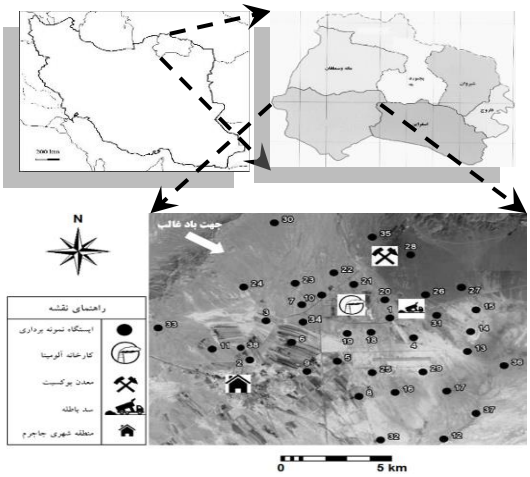
نمونه برداری در تابستان ۱۳۸۷ انجام گرفت. به منظور تعیین ایستگاه‌های نمونه برداری، ابتدا منطقه به چهار قسمت شمالی، شرقی، جنوبی و غربی تقسیم بندی شد. موقعیت ایستگاه‌ها با توجه به فاصله از کارخانه، جهت باد غالب و امکان تداخل منابع آلودگی مربوط به سایر مراکز صنعتی به صورت تصادفی - منظم (مختلط) انتخاب شد. بدین صورت که در نزدیکی کارخانه و در قسمت جنوب شرقی، تعداد ایستگاه‌های بیش‌تری نسبت به فواصل دورتر و قسمت شمال غربی تعیین و جمعاً تعداد ۳۸ ایستگاه به اضافه یک ایستگاه شاهد (در فاصله ۲۰ کیلومتری از کارخانه) مشخص شد (شکل ۱). در هر ایستگاه، جهت افزایش دقت نمونه‌برداری، تعداد ۳ نمونه خاک سطحی منطقه توسط بیلچه ضد زنگ از عمق ۰- ۱۰ سانتی‌متر برداشت شده و پس از ادغام، همگن سازی و کدگذاری، توسط کیسه‌های نایلونی به آزمایشگاه منتقل شدند.

آماده سازی نمونه ها

جهت تعیین غلظت سرب، نمونه‌های خاک به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفتند. پس از خشک شدن کامل و کوبیدن،

نمونه‌ها از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شده و برای مراحل بعدی آماده شدند (۱۴).

جهت هضم نمونه‌ها ابتدا ۱ گرم از نمونه خاک خشک شده توزین و به داخل ظروف پلی اتیلن منتقل گردید و روی حمام آبی (با دمای داخلی ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید فلوئوریدریک (HF) به نمونه‌ها اضافه شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک (HNO_3) و ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (HCL) مجددا به نمونه‌ها اضافه گردید (۱۵). پس از پایان هضم و سرد شدن ظروف و محتویات داخل آن‌ها، نمونه‌ها از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شده و با آب دیونیزه به حجم ۲۵ میلی لیتر رسیدند و آماده قرایت با دستگاه جذب اتمی فیلیپس مدل PU 9400 شدند.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

Figure 1- Location of the study area and sampling stations

پردازش آماری داده‌ها

به منظور نمایش گرافیکی و پردازش آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای Excel و SPSS ویرایش ۱۱/۵ استفاده شد. ابتدا با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk تابعیت داده ها از توزیع نرمال مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت مقایسه میانگین غلظت سرب در چهار جهت اصلی جغرافیایی کارخانه، به علت نرمال نبودن (و نشدن) داده ها، برای ارزیابی کلی جهات از آزمون Kruskal-Wallis استفاده گردید و به منظور مقایسه دو به دو بین جهات جغرافیایی از آزمون Mann-Whitney U استفاده شد. جهت بررسی همبستگی غلظت سرب در خاکهای سطحی اطراف کارخانه آلومینا با فاصله از کارخانه، از آزمون Pearson و Spearman استفاده شد. همچنین جهت مقایسه میانگین غلظت سرب در ایستگاههای نمونه‌برداری با ایستگاه شاهد و با حد مجاز غلظت سرب MAC در سایر کشورها از آزمون Binomial استفاده شد. لازم به ذکر است که نقشه پهنه‌بندی آلودگی منطقه، با استفاده از روش Interpolation در نرم افزار ILWIS ترسیم شد.

یافته ها

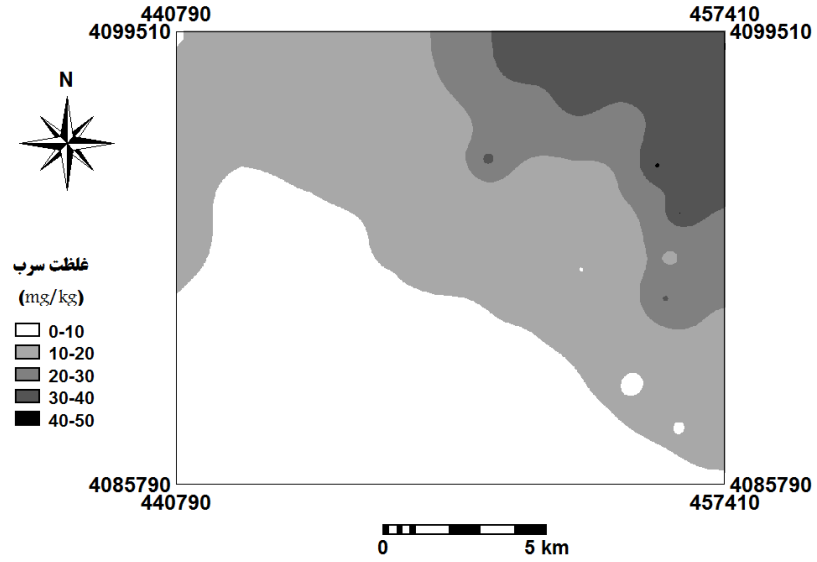
در جدول ۱ برخی از نتایج مربوط به غلظت سرب در خاک سطحی، در چهار جهت اصلی کارخانه نشان داده شده است.

جدول ۱- نمایه‌های آماری مربوط به غلظت سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه

Table 1- Statistical indices of Pb concentration (mg/kg) in the soil

نمایه / جهت	تعداد نمونه	حداقل	حداکثر	میانگین	اشتباه معیار
شمال	۵	۱۳	۳۷/۲	۲۷/۳۴	۵/۳۵
شرق	۱۰	۹/۱	۴۱/۸	۲۰/۵۹	۴/۰۳
غرب	۱۱	۰/۳	۱۴/۴	۹/۶۶	۱/۰۷
جنوب	۱۲	۷/۴	۱۲/۱	۹/۴۰	۰/۴۲۷
کل	۳۸	۰/۳	۴۱/۸	۱۴/۷۸	۱/۶۷

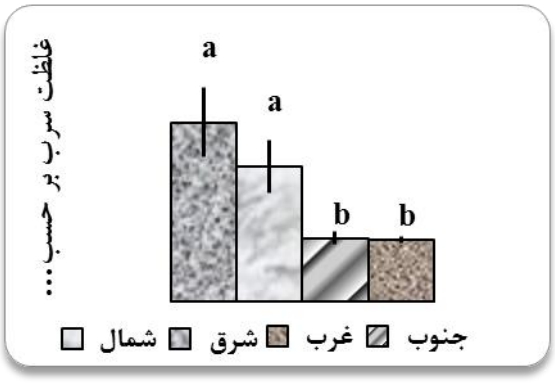
در تحقیق حاضر به منظور نمایش بهتر چگونگی توزیع و پراکنش میزان سرب در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه آلومینای جاجرم، نقشه پهنه بندی غلظت سرب با استفاده از نرم افزار ILWIS تهیه شد (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی آلودگی خاک منطقه مورد مطالعه به سرب

Figure 2- Map of the Pb distribution in the study area

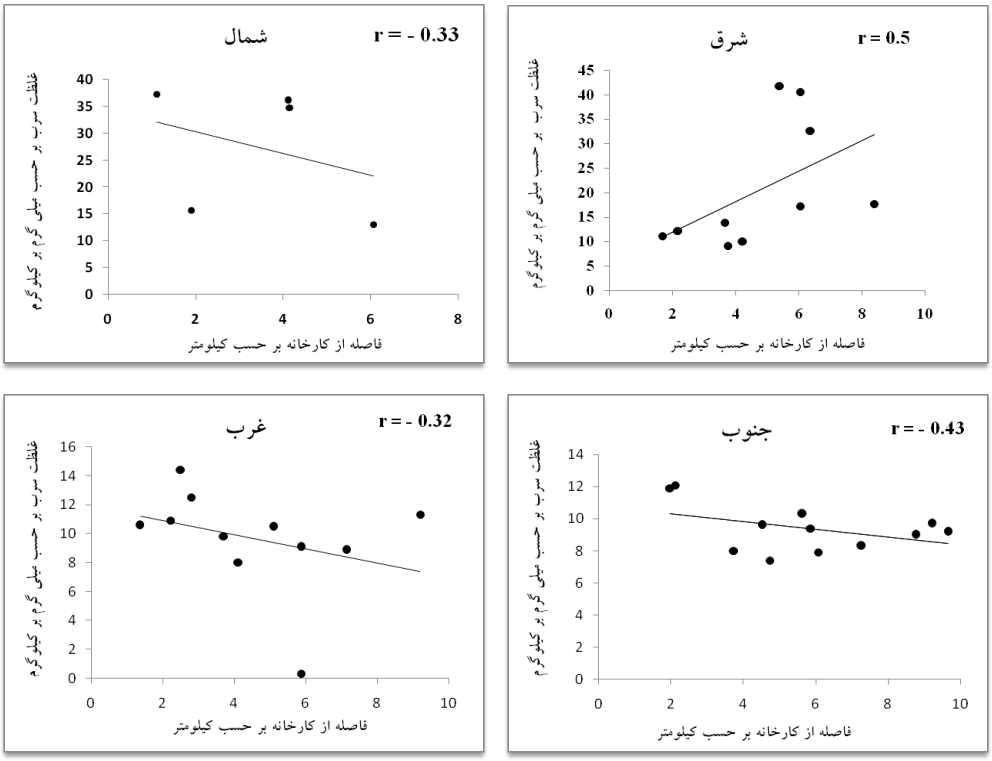
نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بین غلظت سرب در جهات شمال و شرق با جهات جنوب و غرب کارخانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (شکل ۳) که بیش‌ترین مقدار غلظت سرب در جهت شمالی کارخانه (۵/۳۵ ± ۲۷/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کم‌ترین مقدار آن در جهت جنوبی کارخانه (۰/۴۲۷ ± ۹/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد.



شکل ۳- مقایسه میانگین غلظت سرب بین چهار جهت اصلی کارخانه

Figure 3- Comparison of mean concentration of Pb in main geological directions of the factory

همچنین ارتباط بین دو فاکتور فاصله از کارخانه و غلظت سرب در خاک سطحی منطقه در جهات مختلف بررسی گردید و مشخص گردید که همبستگی مثبت معنی‌داری بین غلظت سرب در جهت شرق کارخانه با فاصله از کارخانه وجود دارد، در سایر جهات (اگر چه ضریب همبستگی منفی و قابل قبولی داشتند)، همبستگی معنی‌داری یافت نشد ($p > ۰/۰۵$) (شکل ۴).



شکل ۴- نمودار همبستگی بین غلظت سرب در خاک منطقه مورد مطالعه با فاصله از کارخانه در جهات مختلف

Figure 4- Correlation between Pb concentration in soil and distance to the factory

با توجه به این‌که در کشور ایران استانداردی ملی برای حد مجاز غلظت سرب در خاک تعریف نشده است، در تحقیق حاضر میانگین غلظت سرب در منطقه مورد مطالعه با حداکثر غلظت مجاز سرب در برخی کشورها مورد مقایسه قرار گرفته است (۱۶) (جدول ۲). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میانگین غلظت سرب در خاک سطحی اطراف کارخانه آلومینای جاجرم به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از حداکثر غلظت مجاز سرب در سایر کشورهای ارایه شده در جدول۲ می‌باشد.

همچنین مقایسه میانگین غلظت سرب در خاک منطقه با میانگین غلظت سرب در ایستگاه شاهد (۱۰/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد.

جدول ۲- حداکثر غلظت مجاز (MAC) سرب در خاک بعضی کشورها

Table 2- Maximum Acceptable Concentration of Pb in soil of different countries

کشور	استرالیا	کانادا	ژاپن	انگلیس	آلمان
MAC (mg/Kg)	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۱۰۰	۵۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس تحقیق حاضر، بیش‌ترین غلظت سرب در خاک سطحی منطقه، در جهت شمالی و شرقی و کم‌ترین میزان آن در جهت جنوبی و غربی کارخانه مشاهده شد که این اختلاف غلظت، بین جهت شمال با جهات جنوب و غرب و بین جهت شرق با جهات جنوب و غرب معنی دار بود. اما بین جهات شمالی با شرقی یا جنوبی با غربی اختلاف معنی‌داری یافت نشد (شکل ۳). با توجه به جهت وزش باد غالب در منطقه (شمال غربی- جنوب شرقی) و تاثیر آن بر گردوغبار تولیدی کارخانه، انتظار می‌رفت که بیش‌ترین غلظت سرب در جهت جنوب شرقی کارخانه مشاهده شود. ولی با نتایج مذکور می‌توان نتیجه گرفت که گردوغبار تولیدی کارخانه، تاثیری بر آلودگی خاک سطحی مناطق اطراف کارخانه نداشته است. دلیل مشاهده بیش‌ترین غلظت سرب در جهت شمال و شرق را می‌توان به‌خاطر وجود معدن بوکسیت و سد باطله در این جهات دانست.

بررسی همبستگی دو فاکتور غلظت سرب در خاک سطحی و فاصله از کارخانه، بر اساس این فرضیه شکل گرفت که با افزایش فاصله از کارخانه، غلظت سرب در خاک سطحی کاهش می‌یابد زیرا کارخانه به‌عنوان منبع آلودگی در نظر گرفته شده بود. نتایج آزمون همبستگی Pearson و Spearman نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین دو فاکتور مذکور در جهت شرق کارخانه وجود دارد که این ارتباط مثبت بود (با افزایش فاصله از کارخانه

غلظت سرب نیز افزایش می‌یافت). دلیل این ارتباط مثبت را می‌توان به حضور سد باطله در شرق کارخانه نسبت داد. در سایر جهات (شمال، غرب و جنوب) ارتباط منفی بین دو فاکتور مذکور یافت شد ولی این روابط معنی‌دار نبوند= (ضریب همبستگی بدست آمده برای شمال، شرق، غرب و جنوب به‌ترتیب عبارتند از: ۰/۳۳–، ۰/۵، ۰/۳۲– و ۰/۴۳–). از آن‌جایی که عوامل فیزیکوشیمیایی متعددی هم‌چون اسیدیته، سنگ بستر، مواد آلی، کربنات‌ها، ظرفیت تبادل کاتیونی و هدایت الکتریکی در تغییرپذیری و دسترسی فلزات در خاک نقش دارند (۱۰)، مقدار سرب موجود در خاک را نمی‌توان به‌طور قطع پیامد فعالیت کارخانه آلومینا دانست. از طرف دیگر K.S patel و همکاران گزارش کردند که سرب به‌طور طبیعی به میزان ۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در پوسته زمین وجود دارد (۱۷). بنابراین با توجه به میانگین غلظت سرب در منطقه مورد مطالعه (۱۴/۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌توان نتیجه گرفت که این میزان طبیعی است و خوشبختانه فعالیت کارخانه تاثیر چندانی بر غلظت سرب در خاک سطحی منطقه نداشته است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان خراسان شمالی جهت انجام تحقیق حاضر تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Poggio, L., Vrscaj, B., Schulin, R., Hepperle, E., Marsan, F.A., 2009. Metals Pollution and Human Bioaccessibility of Topsoils in Grugliasco (Italy). Environ Poll, Vol. 157, pp. 680-689.

2- Joel, G.H., 1996. The pharamacological Basis of Therapeutics.McGraw.Hil, 9th Ed. Newyork. 1650-1654.

3- Merian, E., 1992. Metals and their compounds in the environment: Occurrence, Analysis, and Biological Relevance. Wiley-VCH. 1439 pages.

4- Behrman, R., Kliegman, E., Jenson, R.M., H.B. 2000. Lead poisoning'-Nelson Textbook of pediatries. WB.Saunders Co.16 ed, Vol. 2, pp. 2010-2013.

5- Cannon, H.L., Bowless, J.M., 1962. Contamination of vegetables by tetraethyl lead. Science, Vol. 137(3532), pp. 765-766.

6- Huang, P.M., Iskandar, I.K., 2000. Soils and ground water pollution and remediation: Asia, Africa, and Ocean. Lewis Publishers. Boca Rotan. London, New York, Washington D.C.

7- Tiller, K.G., 1989. Heavy metals and their environmental significance, pp. 113-142. In: B.A. Steward (ed.) Advances in soil science. 4: New York. Springer Verlage.

8- Alvarado, J., Petrola, A., 1989. Determination of cadmium, chromium, lead, silver and gold in Venezuelan red mud by atomic absorption spectrometry. Journal of analytical atomic spectrometry, Vol. 4, pp. 411- 414

۹- هودجی، جلالیان، ۱۳۸۳، پراکنش آهن، روی و سرب در خاک و محصولات اطراف کارخانه فولاد مبارکه اصفهان، مجله مطالعات زیست محیطی، شماره ۳۶، صفحه ۱۵-۲۶.

10- Al-khashman, O.A., Shawabkeh, R.A., 2006. Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jourdan. Environ Poll, Vol. 140(3), and pp. 387-394.

11- Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, Th., Zhang, Q., Jiang, G., 2008. High levels of heavy metals in rice (Oryza sativa L.) from a typical E-waste recycling in southeast China and its potential risk to human health. Chemosphere, Vol. 71, pp. 1269-1275.

12- Parizanganeh, A., Hajisoltani, P., Zamani, A., 2010 a. Assessment of heavy metal pollution in surficial soils surrounding zinc industrial complex in Zanjan- Iran. Procedia, Vol. 2, pp. 162-166.

13- Ullrich, S.M., Ramsey, M.H., Helios-Rybicka, E., 1999. Total and exchangeable concentrations of heavy metals in soils near Bytom, an area of Pb/Zn mining and smelting in Upper Silesia, Poland. Applied geochemistry, Vol. 14, pp. 187-196 .

14- Lee, C.G., Chon, H.T., Jung, M.C., 2001. Heavy metal contamination in the vicinity of the Daduk Au-Ag-Pb-Zn mine in Korea. Applied Geochem, Vol. 16, pp. 1377-1386.

15- ASTM. 2000. Annual book of ASTM Standards ASTM. Vol: 11. 01, pp. D1971-95. D-4691-96.

16- Parizanganah, A., Hajisoltani, P., Zamani, A., 2010 b. Concentration, distribution and comparsion of total and bioavailable metals in top soils and plants Accumulation in Zanjan zinc industrial town-Iran. Procedia, Vol. 2, pp. 167- 174.

17- Patel, K.S., Shrivas, K., Hoffmann, P., Jakubowski, N., 2006. A survey of lead pollution in Chhattisgarh State, central India, Environmental Geochemistry and health, Vol. 28, pp. 11-17.