Journal of North Khorasan University of Medical Sciences
No 42, Volume 11, Issue 2

Case Report

Impact of Fugitive Dust Emission from Bauxite Crushing Industry on Soil Contamination (Case Study: Jajarm Alumina Factory)

Ahmad Reza Kalamati [1], Mohsen Hosseinalizadeh [2,*], Ali Mohammadian Behbahani [2], Hassan Rezaei [3]

[1] PhD Candidate of Combating Desertification, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Watershed and Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[3] Assistant Professor, Department of Environmental Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
*** Corresponding author:** Mohsen Hosseinalizadeh, Assistant Professor, Department of Watershed and Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mhalizadeh@gau.ac.ir

DOI: 10.21859/nkjmd-110206

How to Cite this Article:
Kalamati AR, Hosseinalizadeh M, Mohammadian Behbahani A, Rezaei H. Impact of Fugitive Dust Emission from Bauxite Crushing Industry on Soil Contamination (Case Study: Jajarm Alumina Factory). *J North Khorasan Univ Med Sci*. 2019; **11**(2):37-44. DOI: 10.21859/nkjmd-110206

Received: 11 Sep 2018
Accepted: 16 Feb 2019

Keywords:
Buxite Crushing Industry
Heavy Metal
Dust
Alumina Factory

Abstract

Introduction: The origination of dust is often due to the wind erosion process. However dust emissions are sometimes the result of industrial activity during the production process, which is called industrial dust. One of these industries is rock crushing whose raw material is transferred from the mines to the factory. During the process of crushing, smaller pieces are eventually converted. The purpose of this study was to investigate the impact of fugitive dust emission from Bauxite crushing plant on soil contamination around Jajarm Alumina Factory

Methods: In this study, topmost 0-2 cm of the soil near the station was sampled. Out of a total of 47 soil samples, 22 samples were taken from a transect in the length of 3000 m (in the direction of erosive winds), and 24 soil samples from a transect in the length of 5000 m in the direction of the prevailing wind, and at least three samples from the control area were sampled. Heavy metals of Nickel and Arsenic were measured using the ICP-OES method.

Results: Average amount of Arsenic in the direction of erosive and prevailing winds were determined 16.28 and 28.8 mg/kg, respectively. The average amount of Nickel in the direction of erosive and prevailing winds determined respectively 39.6 and 53.1 mg/kg.

Conclusions: A comparison between the obtained results and the standard quality shows that the amount of Arsenic and Nickel at the bottom of the bauxite crusher especially along the prevailing wind region is relatively high. So, along the wind erosion direction up to the vicinity of the workplace, and alongside the dominant wind up to 1200 m, the amount of heavy metals (especially Arsenic) was above the standard.

مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی
دوره ۱۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

تأثیر انتشار ریزگردهای ناشی از سنگ‌شکن‌های بوکسیت بر آلودگی خاک (مطالعه موردی: کارخانه آلومینای جاجرم)

احمدرضا کلماتی [۱]، محسن حسینعلی‌زاده [۲*]، علی محمدیان‌بهبهانی [۲]، حسن رضایی [۳]

[۱] دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۲] هیات علمی، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۳] هیات علمی، گروه محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[*] **نویسنده مسئول:** محسن حسینعلی‌زاده، هیات علمی، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. ایمیل: mhalizadeh@gau.ac.ir

DOI: 10.21859/nkjms-110206

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷

واژگان کلیدی:
سنگ‌شکن بوکسیت
فلز سنگین
گردوغبار
کارخانه آلومینا

چکیده

مقدمه: منشأ گردوغبارها اغلب ناشی از فرایند فرسایش بادی می‌باشد، اما گاهی گردوغبار منشأ صنعتی داشته و ناشی از فعالیت صنایع می‌باشد که ریز گرد صنعتی نامیده می‌شود. ازجمله این صنایع، سنگ‌شکن‌ها هستند که مواد معدنی طی فرایند کوبیده شدن به قطعات کوچک‌تر تبدیل می‌شوند. هدف از این پژوهش تأثیر غبار محیطی سنگ‌شکن‌های بوکسیت کارخانه آلومینای جاجرم بر غلظت آرسنیک و نیکل در خاک سطحی منطقه می‌باشد.

روش کار: در این مطالعه از عمق ۲-۰ سانتی‌متری خاک از مجاور سنگ‌شکن بوکسیت نمونه‌برداری انجام شد که از تعداد ۴۷ نمونه خاک، تعداد ۲۲ نمونه خاک بر روی ترانسکتی به طول ۳۰۰۰ متر، در جهت باد فرساینده و تعداد ۲۴ نمونه خاک بر روی ترانسکتی به طول ۵۰۰۰ متر، در جهت باد غالب و حداقل سه نمونه خاک از منطقه شاهد، برداشت شد. غلظت نیکل و آرسنیک با استفاده از روش پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) سنجش گردید.

یافته‌ها: مقدار متوسط آرسنیک در جهت بادهای فرساینده و غالب به ترتیب معادل ۱۶/۲ و ۲۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقدار متوسط نیکل به ترتیب معادل ۳۹/۶ و ۵۳/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد.

نتیجه‌گیری: نتایج به‌دست‌آمده در مقایسه با استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست نشان‌دهنده بالا بودن نسبی مقدار آرسنیک و نیکل در پایین‌دست سنگ‌شکن بوکسیت خصوصاً در امتداد باد غالب منطقه بود. لذا در امتداد باد فرساینده نیز تا حوالی محدوده کارگاهی و در امتداد باد غالب تا حدود ۱۲۰۰ متری، فلزات سنگین موردنظر خصوصاً آرسنیک بالاتر از حد استاندارد بودند.

مقدمه

طوفان‌های گردوغبار با منشأ طبیعی غالباً در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان شایع بوده [۱] و حجم بسیار زیادی از مواد را با خود حمل می‌کنند [۲]. این پدیده یک معضل منطقه‌ای و بین‌المللی است که از آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خطرات زیست‌محیطی نیز نام می‌برند [۳-۵]. در بیش از یک دهه اخیر امواج گردوغبار نیمه غربی ایران را فراگرفته و دامنه اثرات زیان‌بار این پدیده، آن را به مهم‌ترین مشکل زیست‌محیطی کشور تبدیل کرده است. این ذرات معلق علاوه بر کاهش کیفیت هوا [۶] مانع از نفوذ نور خورشید شده [۷] و می‌توانند بر تشکیل و خصوصیات ابر و میزان نزولات جوی تأثیر بگذارند [۸-۱۰]. ذرات معلق به‌عنوان شاخه‌ای از مواد آلاینده دارای تنوع و پیچیدگی بسیار زیادی هستند و دو پارامتر مهم آن‌ها شامل اندازه و ترکیب شیمیایی نقش تعیین‌کننده‌ای در ریسک سلامتی این ترکیبات دارند [۱۱]. ذرات گردوغبار بسته به منشأ و مسیر حرکت خود توانایی بالایی در حمل عناصر ژئوشیمیایی دارند [۱۲-۱۴]. ازاین‌رو بررسی آلودگی این ذرات به فلزات سنگین به دلیل خطراتی که می‌تواند متوجه سلامت انسان شود، مهم است. به‌طورکلی آلودگی ذرات گردوغبار به دلیل سمیت (Toxicity)، تجزیه‌ناپذیری (Instability) و تجمع پذیری (Accumulation) این عناصر یک مشکل جدی تلقی می‌گردد [۹, ۱۵]. فلزات سنگین ازیک طرف ممکن است برای سلامتی انسان مضر باشند و از طرفی اثرات زیست‌محیطی نامطلوبی را به دنبال داشته باشند. علاوه بر این، فلزات سنگین می‌توانند از طریق اتصال به ذرات گردوغبار جوی تجمع پیداکرده و در مقیاس وسیعی منتشر شوند [۱۶]. پدیده گردوغبار که در مواردی با غلظت فراوان همراه بوده و گاهی دید افقی را به ۲۰ متر تقلیل می‌دهد، مشکلات متعددی را ایجاد می‌کند که از آن جمله می‌توان به عوارض خطرناک بر سلامتی انسان [۱۷]، جذب یا پراکنش تابش خورشید و متناسب با آن تأثیر عمده بر دمای

هوای منطقه [۱۵, ۱۸]، اثر منفی بر فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از زمین و خاک [۱۹]، ورود آهن به اقیانوس‌ها [۴]، کاهش دید و مشکلات حمل‌ونقل جاده‌ای و ترافیک و ده‌ها عوارض نامطلوب بهداشتی، زیست‌محیطی و اقتصادی دیگر اشاره کرد [۲۰]. صنایع و وسایل نقلیه به‌عنوان منبع اصلی تولید فلزات سنگین شهری محسوب می‌شوند و با ورود این آلاینده‌ها به هوا، اولین حلقه آلودگی ایجاد می‌شود و سپس این مواد می‌توانند از طریق فرونشست خشک یا مرطوب، استنشاق، بلع و تماس پوستی (به‌طور مستقیم) و یا غیرمستقیم از طریق تجمع در خاک، نشست بر گیاه و درنهایت با مصرف محصولات گیاهی وارد زنجیره غذایی انسان شوند [۲۱]. تاثیرات زیان‌بار فلزات سنگین بر سلامتی انسان از جهات مختلف به اثبات رسیده است و مواجهه با این دسته از آلاینده‌ها موجب مسمومیت‌های حاد و مزمن و همچنین بیماری‌های مختلف مانند اختلالات عصبی، برهم خوردن تعادل هورمون‌ها، اختلالات تنفسی و قلبی، کاهش حافظه، انواع سرطان و سرانجام مرگ می‌شود [۲].

گردوغبار نیز منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، تغییر در چرخه بیولوژیکی، زمین‌شناسی، شیمیایی و یا محیط زیست انسان می‌گردد؛ اما گاهی ریز گردها طبیعی نیستند و توسط واحدها و صنایع مختلف در طی فرایند تولید، ایجاد می‌شوند که در اصطلاح به آن ریز گردهای صنعتی می‌گویند. از دیگر اثرات آلایندگی ریز گردها شامل ته‌نشست آن‌ها بر محیط خاک و به‌خصوص انباشت فلزات سنگین در سطح خاک می‌باشد. هرچند آلودگی رسوبات به فلزات سنگین را می‌توان با علل مختلف دیگر ازجمله ساخت‌وساز خط لوله، تصفیه‌خانه فاضلاب، روناب، معدن، فعالیت‌های صنعتی و غیره نیز مرتبط دانست [۱۳].

زراسوندی و همکاران نمونه خاک سطحی از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری در جهت وزش باد غالب منطقه از مناطق مختلف شهری در اطراف مجتمع پتروشیمی و پالایشگاه نفت آبادان را آنالیز کرده و برای ارزیابی وسعت آلودگی خاک به فلزات سنگین از شاخص‌های ضریب غنی‌شدگی، درصد غنی‌شدگی انسان‌زاد و ارزیابی خطر بوم‌شناختی بالقوه، استفاده کردند که نتیجه نشان‌دهنده منشأ انسان‌زاد بودن سرب و روی ناشی از فعالیت پتروشیمی و پالایشگاه نفت می‌باشد و غلظت بالای گوگرد و بخشی از آلودگی آرسنیک در نمونه‌های منطقه، ناشی از فعالیت مجتمع پتروشیمی و پالایشگاه نفت بوده است [۲۲]. در پژوهشی در خصوص مقایسه عناصر کمیاب و عناصر سمی در دو شهر آبادان و ارومیه که توسط احمدی بیرگانی و همکاران، انجام شده است، در شرایط عادی و عاری از گردوغبار در دو ایستگاه یادشده عناصر سمی Li، Cr، Ni، Cu، Zn، As، Se، Sr، Nb، Cd، Sb، Pb و Th به دلیل تجمع بیشتر آلاینده‌ها در جو احتراق سوخت‌های فسیلی نسبت به شرایط رخدادهای گردوغبار افزایش زیادی نشان داده است [۲۳]. محمودی، در بررسی گردوغبار اتمسفری اصفهان، مهم‌ترین منابع تولید فلزات روی، سرب و کادمیوم را آلودگی حاصل از وسایل نقلیه، مس و نیکل را مرتبط با ترافیک و منگنز را مرتبط با فعالیت‌های صنایع ذوب‌آهن و فولاد مبارکه گزارش کرد [۲۴]. جعفری و خادمی، در بررسی گردوغبار اتمسفری کرمان بیان نمود که فلزات مس، روی و سرب عمدتاً از منابع صنعتی و ترافیکی مشتق شده‌اند و نیکل و کروم از منابع طبیعی سرچشمه گرفته‌اند [۲۵].

در مطالعه‌ای دیگر نیز سلمانزاده و همکاران، پس از بررسی منابع گردوغبار خیابانی تهران به روش مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای، گزارش کردند که مس، سرب، کروم، نیکل، آهن و روی در ارتباط با فعالیت‌های انسانی می‌باشند، درحالی‌که منگنز و لیتیم به‌طور عمده توسط منابع طبیعی کنترل می‌شوند [۲۶].

در مطالعه‌ای دیگر زراسوندی و همکاران، در ۱۱ موقعیت از شهر مسجدسلیمان به آنالیز نمونه‌های گردوغبار و ارتباط بین فلزات و میزان خطر محیط‌زیستی بالقوه آن‌ها پرداختند و نشان دادند که غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گردوغبار نسبت به نمونه منطقه شاهد بیشتر بوده است و سطح آلودگی برخی نمونه‌ها به Zn، Cu، Cd و Pb بالا و سطح آلودگی نمونه‌ها به As، Ni و Vمتوسط بوده است [۲۷]. جاویدانه و همکاران، با مطالعه بر روی گردوغبار خیابانی مسجد سلیمان در استان خوزستان به این نتیجه رسیدند که بیشترین آلودگی گردوغبار خیابانی مربوط به فلزات سنگینPb ، Cu، Zn و Cd مرتبط است که عمدتاً ناشی از بهره‌برداری‌های نفتی، ترافیک و فعالیت‌های صنعتی می‌باشد که بیشترین سهم را در افزایش غلظت این فلزات در گردوغبار خیابانی داشتند [۹]. در مطالعه‌ای دیگر، فرهمند کیا و همکاران، در مورد فلزات سنگین در ذرات راسب شونده در هوای شهر زنجان، به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های صنعتی مهم‌ترین عامل افزایش غلظت فلزات سنگین در ریزش‌های جوی خشک و تر هستند [۲۸]. در پژوهشی دیگر توسط مرادی و میرزایی در شهر کاشان، در ۵۰ نمونه گردوغبار خیابانی از سطح این شهر میزان فلزات سنگین Pb، Ni، Fe، Cr، Zn،Cd و Cu به ترتیب:۴۵/۱۸-۱۳/۶۲-۱۶۵۸۹/۷۷-۳۷/۱۲-۰/۴۳-۲۳۷/۲۱ و ۴۵/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد که طی تحلیل‌های صورت گرفته، منشأ فلزات Pb، Cu و Zn انسانی، Fe و Cd تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و Ni و Cr منشأ طبیعی داشته‌اند و در این میان ترافیک و فعالیت‌های صنعتی منجر به افزایش غلظت این فلزات شده است [۲۹]. در مطالعه‌ای در کایسری ترکیه، غلظت فلزات سنگین (Cd، Cr، Cu، Mn، Ni، Pb و Zn) در ۲۹ نمونه گردوغبار از خیابان‌های این شهر با دستگاه جذب اتمی به روش طیف‌سنجی شعله، تعیین شد. تجزیه‌وتحلیل PCA و CA برای ارزیابی نتایج در این مطالعه بکار گرفته شد که با توجه به وجود منابع آلودگی چون منابع طبیعی، صنعتی و ترافیکی، مشخص شد بخش قابل‌توجهی از این فلزات سنگین ناشی از منابع ترافیکی بوده است [۳۰]. وی و همکاران، در بررسی توزیع مکانی و درجه آلودگی فلزات سنگین در گردوغبار جاده‌ای شهر ارومیگی در چین متوجه شدند که در جاده‌های اصلی پرترافیک، غلظت Pb، Cr و Zn در گردوغبار بیشتر است، درحالی‌که در مناطق صنعتی غلظت Ni و Mn در گردوغبار جاده‌ای بیشتر بوده و بیان کردند که Co و U در گردوغبار جاده‌ای بیشتر منشأ طبیعی داشته است [۳۱]. در مطالعه‌ای دیگر در شهر استانبول ترکیه توسط سزگین و همکاران، فلزات سنگین خاک منطقه با گردوغبار شهری مورد مقایسه قرار گرفت و تعیین شد که غلظت فلزات در گردوغبار چندین برابر خاک است. به‌طور مثال میانگین غلظت Pb، (۹ تا ۱۱ برابر)، Cu و Cd، (۲ برابر)، Zn، (۹ تا ۱۲ برابر) در غبار نسبت به خاک بود [۱۷]. همچنین در مطالعه‌ای توسط گودرزی و همکاران در خصوص آنالیز خصوصیات شیمیایی ریزگردهای رسوب شونده در شهر اهواز، مقایسه غلظت فلزات و عناصر در روزهای عادی و گردوغباری،

حاکی از غلظت بیشتر این ترکیبات در روزهای گردوغباری است که احتمالاً ناشی از تماس بیشتر این ذرات با آلاینده‌های صنعتی و شهری می‌باشد [۳۲].

شهرستان جاجرم یکی از سه شهرستان واقع در محدوده بیابانی استان خراسان شمالی است. کارخانه آلومینای جاجرم که یکی از هفت صنعت بزرگ استان خراسان شمالی است از سال ۱۳۸۳ در شمال‌شرق شهر جاجرم و در فاصله ۷ کیلومتری از این شهر واقع شده است. این کارخانه مواد اولیه‌اش را از سه سنگ‌شکن بوکسیت و یک سنگ‌شکن آهک که در شمال‌شرق و شمال‌غرب کارخانه قرار دارد، استخراج می‌کند و با توجه به خشک بودن این شهرستان به لحاظ منابع آبی، متأسفانه مواد اوّلیه‌ای که در فرایند تولید کارخانه آلومینای جاجرم و نیز سنگ‌شکن‌های بوکسیت و آهک (که وابسته به این کارخانه هستند) مرطوب نبوده و در حین خردایش و کوبیده شدن، گردوغبار بسیار بالایی تولید می‌کنند.

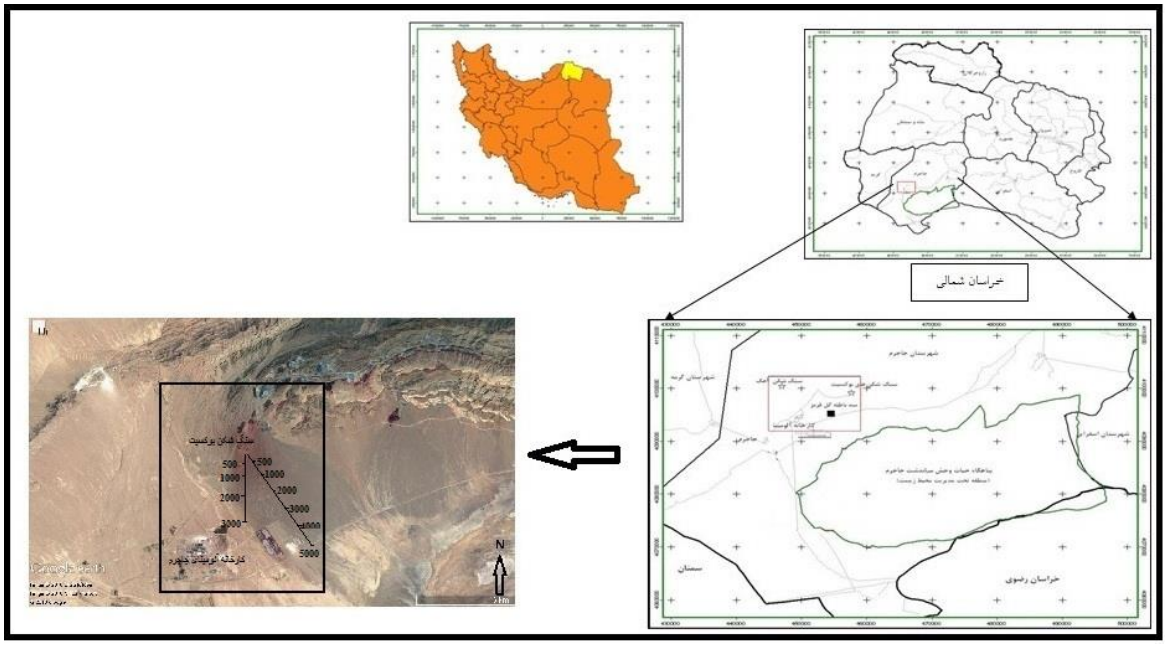
هدف از این پژوهش بررسی میزان اثرات ریز گرد ناشی از سنگ‌شکن‌های بوکسیت وابسته به کارخانه آلومینای جاجرم بر خاک پایین‌دست این سنگ‌شکن‌ها بر روی دو ترانسکت در جهت باد فرساینده و در جهت باد غالب، می‌باشد.

روش کار

محدوده موردمطالعه

منطقه مورد پژوهش در جنوب‌غرب استان خراسان شمالی و در شهرستان جاجرم و محدوده بیابانی این استان قرار دارد. یکی از صنایع بزرگ این استان، آلومینای جاجرم است که مواد اولیه آن، سنگ بوکسیت خردایش شده می‌باشد که از محل سنگ‌شکن‌های بوکسیت واقع در فاصله حدود ۵ کیلومتری شمال شرق کارخانه برای تولید پودر آلومینا (Al_2O_3) (به محل کارخانه آلومینا حمل می‌شود.

این منطقه از لحاظ ساختاری در زون بینالود (البرز شرقی) واقع شده است؛ بنابراین تحولات زمین‌شناسی و تکتونیکی محدوده متأثر از تحولات ساختاری این زون می‌باشد. به علت ویژگی‌های ساختاری و خصوصیات سنگ‌شناسی واحدهای سنگی و رسوبی متداول در منطقه و با توجه به واقع شدن آن در زون ساختمانی مرز حاشیه شمالی بینالود، پیچیدگی‌های ساختاری در این زون، ساختمان‌های چین‌خورده و شبکه شکستگی‌های وابسته به چین‌خوردگی‌های همراه با گسل خوردگی ایجاد شده است. موقعیت منطقه موردمطالعه در تصویر ۱ نمایش داده شده است.



تصویر ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی محدوده موردمطالعه

نمونه‌برداری، آزمایش و تحلیل

در این تحقیق ابتدا واحدهای غبار زا (تولیدکننده غبار محیطی) در کارخانه آلومینا و صنایع وابسته موردبررسی و پایش قرار گرفت (تصویر ۲ و ۳). سپس این واحدها مشخص شده و با دستگاه Dusttrak (TSI-USA، مدل ۸۵۲۰، قابل‌حمل و با قابلیت اندازه‌گیری غبار محیطی برحسب میلی‌گرم بر مترمکعب در اندازه‌های ۱، ۲/۵ و ۱۰ میکرون، با داشتن فیلترها و مبدل‌های هر یک از این ابعاد) غبار محیطی آن‌ها در دو نوبت (در تاریخ‌های ۹۶/۶/۳ و ۹۶/۶/۱۲) سنجش گردید و با شاخص استاندارد هوای پاک PM_{10} (۱۵۰ میکروگرم بر مترمکعب) مورد مقایسه قرار گرفت. سپس از خاک سطحی (به عمق ۵ سانتی‌متری) مجاور چهار نقطه محل سنگ‌شکن‌های بوکسیت (سه سنگ‌شکن در یک نقطه قرار دارد)، سنگ‌شکن آهک، سد باطله گل قرمز (نوعی پسماند صنعتی) و دپوی نمک کربنات سدیم (که در داخل مجموعه کارخانه آلومینای جاجرم انباشته می‌شود) در سه فاصله ۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری نمونه‌برداری انجام شد.

پس از بررسی نتایج آنالیز نمونه‌برداری خاک در سه فاصله یادشده، مقدار چهار فلز سنگین وانادیوم، آرسنیک، نیکل و کروم، بالاتر از حد استاندارد (استاندارد کیفیت منابع خاک، منتشرشده توسط سازمان حفاظت محیط زیست- ملاک عمل، استاندارد تعریف‌شده برای محیط

زیست) تشخیص داده شد و درنهایت دو فلز آرسنیک و نیکل به دلیل حساسیت زیست‌محیطی بیشتر انتخاب و در نمونه‌برداری در عمق ۲-۰ سانتی‌متری خاک در پایین‌دست سنگ‌شکن بوکسیت در نظر گرفته شد. در استاندارد کیفیت منابع خاک منتشرشده توسط سازمان حفاظت محیط زیست، استانداردهای لازم برای کشاورزی و مرتع نیز تعریف‌شده است، اما به دلیل اینکه هدف این پژوهش تأثیر این گردوغبار بر محیط زیست پیرامون بوده است، ملاک عمل استاندارد تعریف‌شده برای محیط زیست بوده است.

با استفاده از داده‌های ۱۵ ساله باد (داده‌های موجود از زمان احداث ایستگاه هواشناسی در منطقه) گلباد منطقه ترسیم گردید که مشخص شد باد غالب منطقه در جهت شمال غرب به جنوب شرق و باد فرساینده نیز در جهت شمال به جنوب می‌وزد. لذا برای نمونه‌برداری‌ها در دو جهت باد غالب و فرساینده منطقه، دو ترانسکت در نظر گرفته شد که از این دو ترانسکت، ترانسکت A، در جهت باد فرساینده (شمال به جنوب) به طول ۳ کیلومتر و ترانسکت B، در جهت باد غالب (شمال غرب به جنوب شرق) به طول ۵ کیلومتر در نظر گرفته شد. در امتداد ترانسکت A و B به ترتیب تعداد ۲۲ و ۲۴ نمونه خاک برداشت شد و حداقل سه نمونه خاک در منطقه شاهد (واقع در فاصله ۶ کیلومتری شرق انتهای ترانسکت B) برداشت گردید. منطقه شاهد با لحاظ کردن عدم تأثیر گردوغبار سنگ‌شکن‌های بوکسیت در نظر گرفته شد و نمونه‌برداری در این منطقه از سه نقطه انجام‌شده و سپس نمونه‌های برداشتی ترکیب و پس از همگن‌سازی به مقدار لازم (حدود یک کیلوگرم)، نیز برای آنالیزها در نظر گرفته شد.

نمونه‌برداری خاک انجام‌شده در تاریخ اسفندماه ۱۳۹۶ بر روی ترانسکت‌ها به‌این‌ترتیب صورت گرفت که در فاصله صفر تا ۵۰۰ متر، هر ۵۰ متر یک نمونه‌برداری، در فاصله ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر، هر ۱۰۰ متر یک نمونه‌برداری، در فاصله ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، هر ۲۰۰ متر یک نمونه‌برداری و از ۲۰۰۰ متر به بالا (تا ۳۰۰۰ متر در ترانسکت A و تا ۵۰۰۰ متر در ترانسکت B)، هر ۵۰۰ متر یک نمونه‌برداری از خاک منطقه پایین دست سنگ‌شکن بوکسیت صورت گرفت. پس از انجام نمونه‌برداری با استفاده از نمونه‌بردار (به وزن تقریبی هر نمونه یک کیلوگرم از هر نقطه محل)، نمونه‌های خاک تهیه شده به روش پلاسمای جفت شده القایی، ICP OES Germany ICP - OES GmbH Boschstr ESPECTRO ACROS) اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت شونده القایی- روش هضم اسیدی (۰/۲ گرم نمونه مجهول با ۵ میلی‌لیتر اسید تیزاب (اسید نیتریک و هیدروکلریک اسید)) جهت تعیین مقادیر دو فلز سنگین آرسنیک و نیکل موردسنجش قرار گرفت و آنالیز لازم در محیط نرم‌افزار SAS، بر اساس طرح آماری آشیانه‌ای صورت پذیرفت.

یافته‌ها

پس از بررسی‌ها و پیش آزمایش‌های به‌عمل‌آمده از وضعیت فلزات سنگین خاک پیرامونی چهار ایستگاه سنگ‌شکن بوکسیت، سنگ‌شکن آهک، نمک کربنات سدیم و سد باطله گل قرمز، غلظت فلزات سنگین موردنظر تعیین شد. با توجه به اینکه نتیجه پیش تست نشان داد چهار فلز سنگین وانادیوم، نیکل، آرسنیک و کروم مقادیری بالاتر از سایر فلزات سنگین را به خود اختصاص داده بودند و با توجه به حساسیت بیشتر دو فلز سنگین آرسنیک و نیکل (آرسنیک عنصری سمّی در اکوسیستم‌های طبیعی است و با ورود به آب و خاک اراضی زراعی می‌تواند جذب گیاه شده و از طریق چرخه غذایی انسان، سلامت او را به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار دهد.

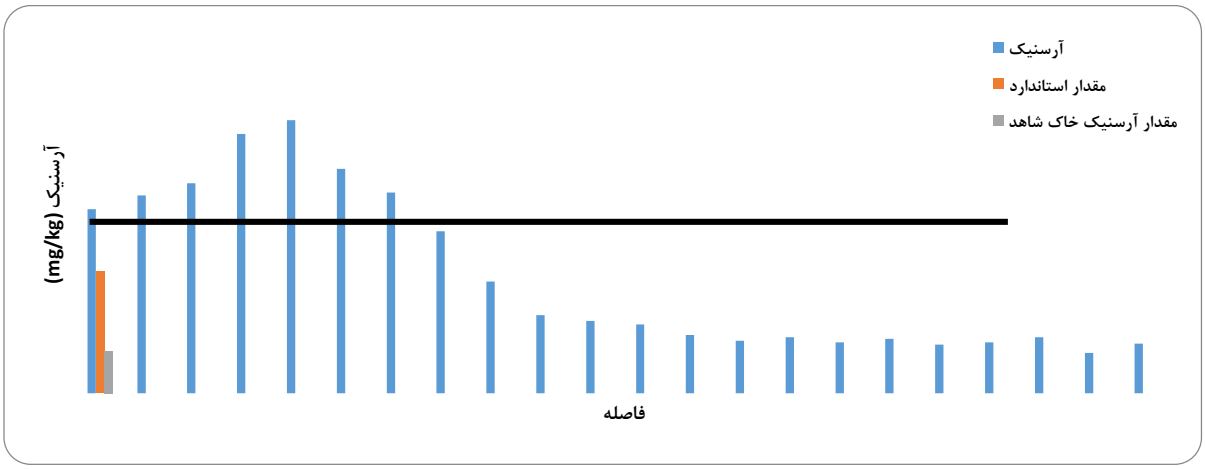
نیکل نیز باوجوداینکه در مقدار کم به‌عنوان عنصری ریزمغذی است ولی این عنصر در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمی می‌باشد)، مقرر شد این دو فلز سنگین در خاک محدوده مطالعاتی، هم در جهت وزش باد غالب و هم باد فرساینده و بر روی دو ترانسکت، ترانسکت A(در جهت باد فرساینده) و ترانسکت B (در جهت باد غالب) جداگانه آنالیز گردند و نمونه‌برداری از خاک پایین‌دست سنگ‌شکن بوکسیت در اسفند ۱۳۹۶ و آنالیز آزمایشگاهی به روش پلاسمای جفت شده القایی ICP- OES انجام شود.

با توجه به تصویر ۴، در امتداد ترانسکت A (در جهت باد فرساینده)، میزان فلز سنگین آرسنیک از ابتدای ترانسکت تا فاصله ۴۰۰ متر از منشأ (سنگ‌شکن‌های بوکسیت) از میزان استاندارد به لحاظ محیط‌زیستی (که مقدار استاندارد آن ۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد) بالاتر می‌باشد که این مقادیر از فاصله ۵۰ متر تا ۴۰۰ متر به ترتیب ۲۵/۷، ۲۷/۶، ۲۹/۳، ۳۶/۲، ۳۸/۱، ۳۱/۳، ۲۸ و ۲۲/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. از آنجائی که میزان این فلز سنگین در نمونه‌برداری از خاک منطقه شاهد ۵/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم (جدول ۱) سنجش شده است با توجه به جدول آنالیز نمونه‌های خاک این ترانسکت، می‌توان به این نتیجه رسید که پراکنش گردوغبار سنگ‌شکن در جهت باد فرساینده تا فاصله ۴۰۰ متری از منشأ، غلظت فلز سنگین آرسنیک را بالا برده است ولی از فاصله ۴۰۰ متر تا انتهای ترانسکت یعنی ۳۰۰۰ متری منبع پراکنش ریزگرد، تأثیری در افزایش غلظت آرسنیک در خاک نداشته است.

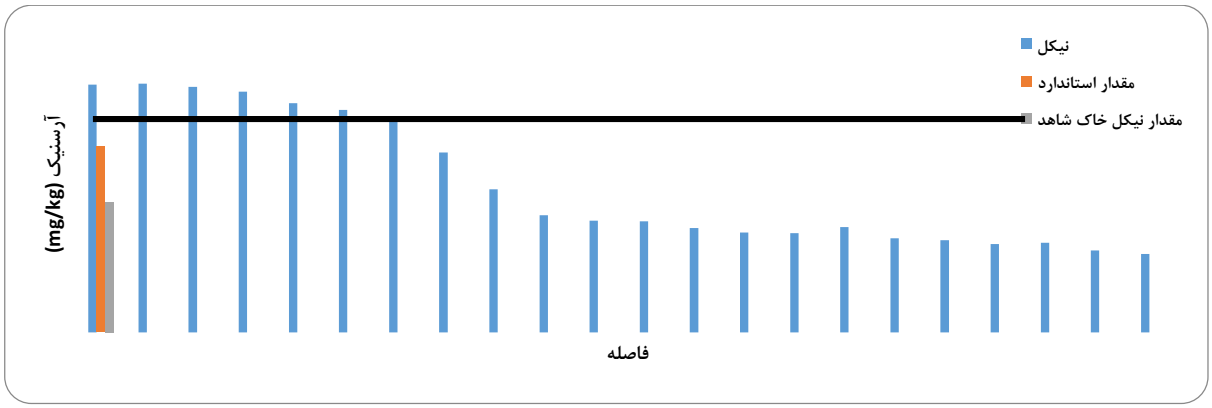
در خصوص فلز سنگین نیکل در طول ترانسکت A نیز همان‌طور که در تصویر ۵ مشاهده می‌شود تا فاصله ۳۵۰ متری از حد استاندارد تعریف‌شده (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر است؛ که مقدار نیکل آنالیز شده در نمونه‌های خاک برداشتی در این فاصله (۵۰ تا ۳۵۰ متر) به ترتیب ۶۶/۸، ۵۶/۷، ۶۶، ۶۴/۷، ۶۱/۶، ۵۹/۸ و ۶۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. از آنجائی که مقدار آنالیز این فلز سنگین در خاک منطقه شاهد ۳۵/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است، پس در این فاصله که مقدار نیکل بالاتر از حد استاندارد بوده است هم می‌توان نتیجه گرفت که عامل انسانی و گردوغبار تولیدی توسط سنگ‌شکن در افزایش این فلز سنگین در خاک تا فاصله ۳۵۰ متری، مؤثر بوده است.

با توجه به تصویر ۴، در امتداد ترانسکت B (در امتداد باد غالب)، میزان فلز سنگین آرسنیک تا فاصله ۱۲۰۰ متری از منشأ، از میزان استاندارد این فلز (به لحاظ محیط زیستی، بالاتر می‌باشد که مقدار آرسنیک در فاصله ۱۵۰ تا ۱۲۰۰ متری به ترتیب ۵۸/۶، ۷۳، ۶۵، ۵۶/۳، ۴۷/۶، ۴۲/۵، ۴۰/۲، ۳۴/۹، ۳۰/۶، ۲۷/۸، ۲۴/۵، ۲۲/۷، ۱۸/۴، ۲۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. با توجه به مقدار آرسنیک در نمونه خاک منطقه شاهد (۵/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و مقایسه با ترانسکت A، می‌توان اذعان داشت که فاصله تأثیر ریزگرد تولیدی سنگ‌شکن بوکسیت در جهت باد غالب، بیشتر بوده و تا شعاع تقریباً سه برابری نسبت به منبع پراکنش ریزگرد در جهت باد فرساینده، مقدار آرسنیک بیشتر و بالاتر از میزان استاندارد بوده است.

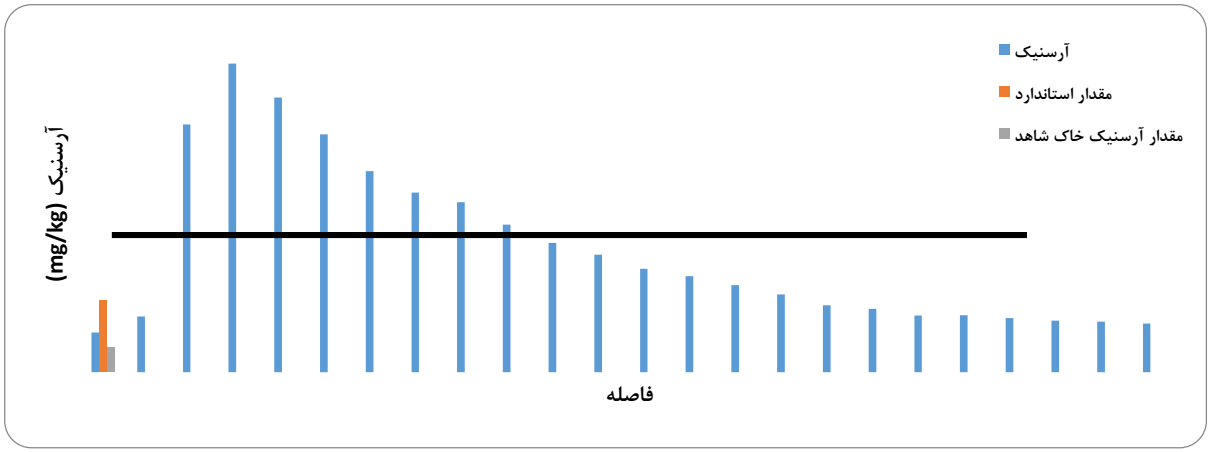
در خصوص فلز سنگین نیکل در امتداد ترانسکت B، با توجه به تصویر ۵ که تا فاصله ۹۰۰ متری منبع انتشار، میزان این فلز از مقدار استاندارد بیشتر است (با توجه به مقدار نیکل در خاک منطقه شاهد (۳۵/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم))، نتایج نشان‌دهنده این است که تا فاصله تقریبی سه برابر سنگ‌شکن بوکسیت در ترانسکت A، میزان غلظت نیکل بیشتر از حد استاندارد بوده است. نتایج موردنظر در قالب طرح آماری آشیانه‌ای برای دو فلز آرسنیک و نیکل به ترتیب در جدول ۱ آورده شده است.



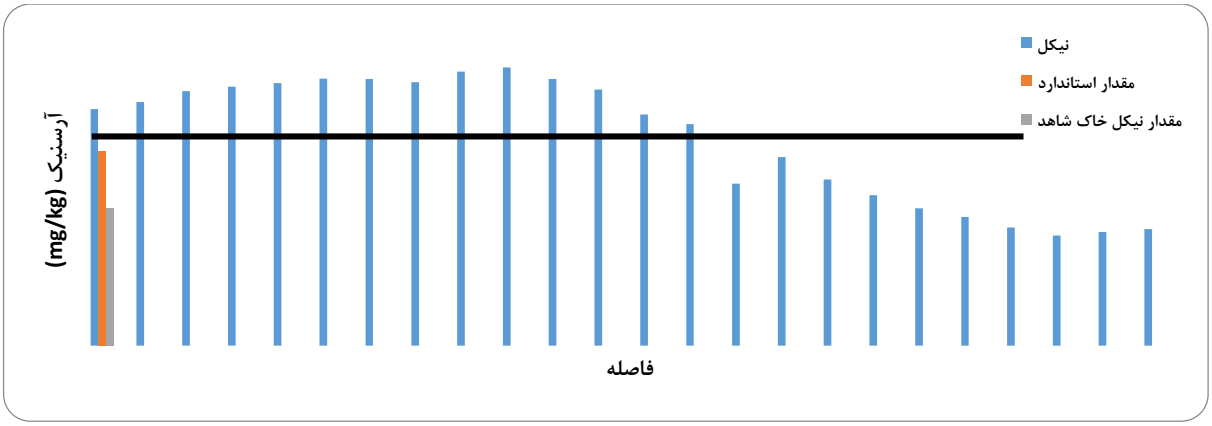
تصویر ۲: نمودار غلظت آرسنیک (mg/kg) در نمونه‌های خاک در فواصل مشخص از سنگ‌شکن بوکسیت در جهت باد فرساینده



تصویر ۳: نمودار غلظت نیکل (mg/kg) در نمونه‌های خاک در فواصل مشخص از سنگ‌شکن بوکسیت در جهت باد فرساینده



تصویر ۴: نمودار غلظت آرسنیک (mg/kg) در نمونه‌های خاک در فواصل مشخص از سنگ‌شکن بوکسیت در جهت باد غالب



تصویر ۵: نمودار غلظت نیکل (mg/kg) در نمونه‌های خاک در فواصل مشخص از سنگ‌شکن بوکسیت در جهت باد غالب

جدول ۱: طرح آماری آشیانه‌ای برای فلز سنگین آرسنیک

منبع	درجه آزادی		مجموع مربعات		میانگین مربعات		آماره F		سطح احتمال	
	آرسنیک	نیکل	آرسنیک	نیکل	آرسنیک	نیکل	آرسنیک	نیکل	آرسنیک	نیکل
خطا	۳۹	۳۹	۴۶۳۵	۲۱۳۱	۱۱۸	۵۴	-	-	-	-
کل	۴۶	۴۶	۱۲۹۶۳	۱۴۷۰۷		-	-	-	-	-
جهت باد	۱	۱	۱۳۳۷	۲۳۲۸	۱۳۳۷	۲۳۲۸	۱/۲	۱/۳۰	۰/۳۱۵۱	۰/۲۹۷۴
جهت باد* فاصله تا سنگ‌شکن	۶	۶	۶۶۸۲	۱۰۷۲۹	۱۱۱۳	۱۷۸۸	۹/۳۷	۳۲/۷۲	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۱*

با توجه به نتایج، جهت باد در مقدار آرسنیک تأثیرگذار نبوده و فقط فاصله نمونه‌برداری در جهات مختلف از سنگ‌شکن در مقدار آن مؤثر بوده است. به عبارتی دو باد فرساینده و متداول بر پراکنش آرسنیک تأثیرگذار نبوده، ولی به‌تبع دور شدن از سنگ‌شکن از مقدار آرسنیک کاسته می‌شود. نتایج در مورد فلز سنگین نیکل مانند آرسنیک است به نحویکه فقط فاصله نمونه‌برداری در جهات مختلف باد از سنگ‌شکن بوکسیت در مقدار آن تأثیرگذار بوده و تغییر جهت باد نقشی در تغییر نیکل نداشته است.

بحث

در محدوده موردمطالعه که در منطقه‌ای خشک و بیابانی قرار دارد، پس از پیش تست (نمونه‌برداری اولیه) به‌عمل‌آمده بر روی خاک ۴ ایستگاه دارای احتمال تولید غبار محیطی، تنها در نمونه‌های برداشتی از خاک ایستگاه سنگ‌شکن بوکسیت ۴ فلز سنگین آرسنیک، کروم، نیکل و وانادیم از مقدار استاندارد کیفیت منابع خاک) بالاتر بوده که با توجه به اهمیت محیط زیستی دو فلز سنگین آرسنیک و نیکل، این دو فلز موردسنجش قرار گرفت. سپس با مقایسه با آنالیز این دو فلز سنگین در نقطه شاهد (در فاصله‌ای ۶ کیلومتری از محل موردمطالعه) و نیز استاندارد این دو فلز در استاندارد کیفیت منابع خاک، وضعیت و اثر این دو فلز سنگین مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

در ایران مطالعه‌ای بر روی اثر سنگ‌شکن‌ها و خصوصاً سنگ‌شکن بوکسیت بر خاک انجام نشده است که بتوان مقایسه‌ای با این پژوهش‌ها انجام داد ولی در خصوص تأثیر صنعت بر غلظت دو فلز موردمطالعه در این پژوهش، زراسوندی و همکارانش اثر مجتمع پتروشیمی و پالایشگاه نفت و افزایش فلزات سنگینی چون آرسنیک، گوگرد، سرب و روی، انجام داده‌اند که بخشی از غلظت آرسنیک ناشی از فعالیت پتروشیمی و پالایشگاه، تشخیص داده شد [۲] که در این مطالعه نیز با توجه به افزایش غلظت آرسنیک بر روی ترانسکت‌های موردنظر خصوصاً در جهت باد غالب، مؤید تأثیر صنعت بر افزایش این فلز می‌باشد و با مطالعه یادشده همخوانی دارد. احمدی بیرگانی نیز در مطالعه‌ای بر روی ترکیب شیمیایی ذرات TSP گردوغبار عناصر سمی (فلزات سنگین)Li ،Cr، Ni، Cu، Zn، As، Se، Sr، Nb، Cd، Sb، Pb و Th را در شرایط عادی و عاری از گردوغبار بالاتر از شرایط گردوغبار می‌داند [۲۲] که با نتیجه پژوهش که افزایش غلظت دو فلز موردمطالعه (نیکل و آرسنیک) خصوصاً در جهت باد غالب است، همخوانی ندارد. محمودی (۱۳۹۰) در پژوهش خود در بررسی گردوغبار شهر اصفهان [۲۴] و جعفری (۲۰۱۳) در مطالعه گردوغبار شهر کرمان [۲۵] به ترتیب مقدار بالای فلزات سنگین موردمطالعه و نیکل را ناشی از ترافیک و سرچشمه منابع طبیعی می‌دانند که با تأثیر صنعت بر غلظت نیکل در این مطالعه همخوانی ندارد. جاویدانه و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه گردوغبار شهر مسجد سلیمان مقدار بالای فلزات سنگین را ناشی از فعالیت‌های صنعتی می‌دانند که با نتیجه این مطالعه مطابقت دارد. در مطالعه‌ای در کایسری ترکیه بر روی منابع‌طبیعی، ترافیک و صنایع که توسط توپال اوقلو و همکاران (۲۰۰۶) صورت گرفته است میزان بالای غلظت فلزات سنگین را ناشی از ترافیک می‌دانند [۹] که با نتیجه پژوهش پیش رو تطابق ندارد ولی در مطالعه وی و همکاران (۲۰۱۰) در شهر ارومیگی چین، فلزات سنگین ناشی از فعالیت صنعتی در این شهر تشخیص داده شد [۳۱] که با نتیجه مطالعه پیش رو همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آنالیز آماری که در قالب طرح آشیانه‌ای انجام شد، جهت باد به‌عنوان عامل اصلی در مقدار دو فلز آرسنیک و نیکل مؤثر نبوده، ولی اثر متقابل دو فاکتور اصلی و فرعی (جهت و فاصله بر روی ترانسکت‌ها) بر مقدار نیکل و آرسنیک معنی‌دار می‌باشد، یعنی با فاصله گرفتن از منبع، غلظت دو فلز کاهش می‌یابد. بطوریکه در آنالیز بدست آمده و مقایسه با استانداردهای تعریف شده، در جهت باد فرساینده

(جهت شمال به جنوب)، غلظت هر دو فلز سنگین آرسنیک و نیکل تا شعاع کمتری از منبع (سنگ‌شکن بوکسیت) نسبت به باد غالب پایین بوده است و بالعکس در جهت باد غالب غلظت فلزات سنگین موردنظر در این جهت نسبت به منشأ (تا شعاع ۱۲۰۰ متر برای آرسنیک و ۹۰۰ متر برای نیکل) بالاتر بوده است؛ یعنی با توجه به محدوده کارگاهی که برای واحد در نظر گرفته شده است (۵۵۰ متر) در جهت باد غالب غلظت آرسنیک حدود ۷۵۰ متر بعد از محدوده کارگاهی بالاتر از حد استاندارد و غلظت نیکل تا ۴۵۰ متر بعد از این محدوده، بالاتر از حد استاندارد می‌باشد. از آنجائی که تأثیر گردوغبار سنگ‌شکن‌ها بر غلظت دو فلز سنگین با نتایج آنالیز راهکار برای این محدوده، علاوه بر مرطوب نگه‌داشتن مواد اولیه سنگ‌شکن بوکسیت با کنترل مداوم نازل‌های آب‌پاش و مه‌پاش بر روی نوارهای نقاله سنگ‌شکن‌ها، افزایش ارتفاع دپوهای بوکسیت‌های خردایش شده در پایین‌دست سنگ‌شکن و در جهت بادهای غالب و فرساینده خصوصاً غالب می‌باشد. از طرفی می‌توان با دپوی مواد اولیه معدنی در بالادست سنگ‌شکن‌های بوکسیت و انحراف جهت وزش باد از شدت و تأثیر باد بر روی سنگ‌شکن و پراکنش گردوغبار در پایین‌دست دامنه کاست و با ایجاد یک پوشش گیاهی با گیاهان بومی و مقاوم به شرایط حاد اقلیمی منطقه و یا مالچ پاشی با باطله‌های معدنی در سطح خاک از انتشار و انتقال ریزگرد به پایین‌دست جلوگیری کرد. از طرفی با کنترل آلودگی احتمالی ریزگردهای تولیدی در سطح خاک قطعاً از تأثیر بر گیاهان منطقه و تجمع این مواد و فلزات سنگین در آن‌ها و چرای این گیاهان توسط دام‌ها و حیات‌وحش و تجمع در بدن این حیوانات و استفاده از این دام‌ها و حیات‌وحش توسط انسان و انتقال این مواد خطرناک به انسان و بروز هرگونه بیماری ناشی از نفوذ این فلزات سنگین و خطرناک به بدن جلوگیری خواهد شد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های اداره کل محترم حفاظت محیط‌زیست استان خراسان شمالی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و همچنین مدیریت مجموعه کارخانه آلومینا جهت انجام این تحقیق قدردانی می‌گردد. این پژوهش برگرفته از پیشنهادیه رساله دکتری آقای احمدرضا کلماتی با کد ۴۰۰۲ می‌باشد که در تاریخ ۹۶/۲/۲۵ به تصویب گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان رسیده است.

References

1. Pathak AK, Yadav S, Kumar P, Kumar R. Source apportionment and spatial-temporal variations in the metal content of surface dust collected from an industrial area adjoining Delhi, India. Sci Total Environ. 2013;443:662-72. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.11.030 pmid: 23220758
2. Nicholson FA, Smith SR, Alloway BJ, Carlton-Smith C, Chambers BJ. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. Sci Total Environ. 2003;311(1-3):205-19. doi: 10.1016/S0048-9697(03)00139-6 pmid: 12826393
3. Griffin D, Kellogg C. Dust Storms and Their Impact on Ocean and Human Health: Dust in Earth?s Atmosphere. Eco Health. 2004;1(3). doi: 10.1007/s10393-004-0120-8
4. Goudie AS. Dust storms: recent developments. J Environ Manage. 2009;90(1):89-94. doi: 10.1016/j.jenvman.2008.07.007 pmid: 18783869
5. Mahmoudi Z. [Geochemical and mineralogical properties of atmospheric dust in Isfahan City]: M. Sc. Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology.(In ...; 2011.
6. Salmanzadeh M, Saeedi M, Nabibidhendi G. Contamination of Heavy Metals in Tehran's Sedimentary Precipitated and Assessment of Their Biological Ecology. J Environ Stud. 2012;38(1):9-18.
7. Krueger BJ, Grassian VH, Cowin JP, Laskin A. Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy. Atmos Environ. 2004;38(36):6253-61. doi: 10.1016/j.atmosenv.2004.07.010
8. Engelstaedter S, Tegen I, Washington R. North African dust emissions and transport. Earth Sci Rev. 2006;79(1-2):73-100. doi: 10.1016/j.earscirev.2006.06.004
9. Javidaneh Z, Zarsevandi A, Rast Manesh F. Determination of geo-environmental factors and source of heavy metals in street dust, Masjed-e-Soleiman City, Khouzestan Province. Iranian J Health Environ. 2016;9(2):155-70.
10. Ridgwell AJ. Implications of the glacial CO2"iron hypothesis" for Quaternary climate change. Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2003;4(9):1-10. doi: 10.1029/2003gc000563
11. Liu Q, Bei Y. Impacts of crystal metal on secondary aliphatic amine aerosol formation during dust storm episodes in Beijing. Atmospheric Environment. 2016;128:227-34. doi: 10.1016/j.atmosenv.2016.01.013
12. DustScan. Dust Monitoring & Air Quality Consultants UK2013. Available from: https://www.dustscan.co.uk/.
13. Escudero M, Querol X, Pey J, Alastuey A, Pérez N, Ferreira F, et al. A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks. Atmospheric Environment. 2007;41(26):5516-24. doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.04.047
14. Khuzestani RB, Souri B. Evaluation of heavy metal contamination hazards in nuisance dust particles, in Kurdistan Province, western Iran. J Environ Sci 2013;25(7):1346-54. doi: 10.1016/s1001-0742(12)60147-8 pmid: 24218846
15. Moshtagh M, Khodadadi A, Kelly S, Arab-Yarmohammadi H. Investigating the transfer of toxic metals from the tailings dam of Jajarm bauxite plant and reducing metals with the help of activated carbon. J Mining Eng. 2016;10(29):31-9.
16. Duong TT, Lee BK. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. J Environ Manage. 2011;92(3):554-62. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.09.010 pmid: 20937547
17. Sezgin N, Ozcan HK, Demir G, Nemlioglu S, Bayat C. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway. Environ Int. 2004;29(7):979-85. doi: 10.1016/S0160-4120(03)00075-8 pmid: 14592575
18. Maghrabi A, Alharbi B, Tapper N. Impact of the March 2009 dust event in Saudi Arabia on aerosol optical properties, meteorological parameters, sky temperature and emissivity. Atmo Environ. 2011;45(13):2164-73. doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.01.071
19. Effendi H, Kawaroe M, Lestari DF. Ecological risk assessment of heavy metal pollution in surface sediment of Mahakam Delta, East Kalimantan. Procedia Environ Sci. 2016;33:574-82.
20. Darvishi-Khatooni J, lak R, Azhdari A. Study Khuzestan dusts pollution with using Sedimentary Geochemistry. 12th Swiss Geoscience Meeting; Fribourg2014.
21. Naddafi K, Nabizadeh R, Soltanianzadeh Z, Ehrampoosh M. Evaluation of dustfall in the air of Yazd. J Environ Health Sci Eng. 2006;3(3):161-8.
22. Zaraswandi A, Bagheri-Birgani A, Rastamanesh F. Investigating the Impact of Abadan Petrochemical Complex on the Focusing of Lead, Zinc, Arsenic and Sulfur in Soil. The first international conference and the 4th National Conference on Environmental and Agricultural Researches in Iran2015.

23. Ahmady-Birgani H, Feiznia S, Mirnejad H. Chemical Composition of TSP Dust-Sized as an Indicator in Geochemical Fingerprinting of Sediments. J Nat Environ. 2016;69(2):283-301.
24. Mahmoudi Z. [Geochemical and mineralogical properties of atmospheric dust in Isfahan City]: Isfahan University of Technology; 2011.
25. Jafari F, Khademi H. Important chemical and physical properties of atmospheric dust in Kerman city. J Water Soil Sci. 2017;21(1):13-22.
26. Revelrolland M, Dedeckker P, Delmonte B, Hesse P, Magee J, Basiledoelsch I, et al. Eastern Australia: A possible source of dust in East Antarctica interglacial ice. Earth Planetary Sci Lett. 2006;249(1-2):1-13. doi: 10.1016/j.epsl.2006.06.028
27. Zaraswandi A, Javidaneh Z, Rastmanesh F. Investigation of the potential environmental hazard of heavy metals in dusty streets in Masjed Soleyman city, Khuzestan province. The first national conference on sustainable management of development and environment; Bahonar University of Kerman2014.
28. Farahmandkia Z, Mehrasbi M, Sekhavatjou M, Hasan AMA, Ramezanzadeh Z. Study of heavy metals in the atmospheric deposition in Zanjan, Iran. J Health Environ. 2010;2(4):240-9.
29. Moradi Q, Mirzaie R. Investigation of spatial variation of heavy metal dust in the city of Kashan. Health Environ. 2016;9(4):443-56.
30. Tokalıoğlu Ş, Kartal Ş. Multivariate analysis of the data and speciation of heavy metals in street dust samples from the Organized Industrial District in Kayseri (Turkey). Atmos Environ. 2006;40(16):2797-805. doi: 10.1016/j.atmosenv.2006.01.019
31. Wei B, Yang L. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. Microchemical J. 2010;94(2):99-107.
32. Goodarzi G, Asgharipour-Dashtbozorg N, Naimabadi A, Ghorbanpoor R, Hedari M, Hashemzadeh B, et al. [Analysis of Chemical Properties of Precipitating Particles in Ahvaz]. Iran North Khorasan J Med Sci. 2018;9(4):56-65.