Archive of SID

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹

صفحات ۳۷ تا ۴۸

ارزیابی آلودگی فلزات سنگین، سرب و منگنز در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج

محمد رحمانیان[1]*؛ اسفندیار جهانتاب[2] و مجید غلامزاده[1]

۱- استادیار و کارشناس گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

(تاریخ دریافت ۹۷/۱۲/۱۱-تاریخ پذیرش ۹۸/۰۲/۱۴)

چکیده:

انتشارات اتمسفری از کارخانجات سیمان، یکی از منابع اصلی آلودگی محیط زیست است. فلزات سنگین از جمله مهمترین عناصر منتشر شده در طول فرایند صنعت سیمان به شمار می‌آید. هدف از تحقیق حاضر بررسی وضعیت آلودگی فلزات سنگین سرب و منگنز در اراضی اطراف کارخانه سیمان یاسوج بود. بدین‌منظور تعداد ۶۱ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری از خاک اطراف کارخانه نمونه‌برداری شد. ویژگی‌های مختلف خاک شامل غلظت کل فلزات سرب، منگنز، پ‌هاش، هدایت الکتریکی خاک، کربن آلی و کربنات کلسیم معادل اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. در سری داده‌های نرمال از روش کریجینگ برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد. در سری داده‌های غیر نرمال از روش IDW برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد. مقادیر pH از ۶/۷۲ تا ۸/۰۲، هدایت الکتریکی از ۰/۰۷ تا ۰/۹۶، ماده آلی از ۰/۸۲ تا ۲/۱۹ و کربنات کلسیم معادل از ۱۸/۴۴ تا ۵۴ درصد بدست آمد. مقادیر سرب در نمونه‌های خاک در دامنه‌ی ۲/۲۵ تا ۱۶۸/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقادیر منگنز در دامنه‌ی ۴۵ تا ۷۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بودند. نتایج پهنه‌بندی در منطقه مورد مطالعه نشان داد بیشترین مقدار سرب و منگنز در محدوده داخل کارخانه می‌باشد. مقادیر سرب و منگنز در تعدادی از نمونه‌های برداشت شده در محدوده داخل کارخانه بیشتر از مقدار استاندارد جهانی USEPA بود و این نمایانگر مقدار تجمع این فلزات در خاک و آلایندگی این کارخانه می‌باشد. با توجه به این نتایج، توصیه می‌شود که اقدامات زیست محیطی خط تولید سیمان برای کاهش انتشار آلاینده‌ها انجام شود. همچنین مهم است که فعالیت‌های پاکسازی در خاک به منظور کاهش سطوح سرب و منگنز برای جلوگیری از بلایای طبیعی زیست محیطی انجام شود.

کلید واژگان: فلزات سنگین، آلودگی خاک، کارخانه سیمان یاسوج، اقدامات زیست محیطی

*نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۷۴۳۱۰۰۶۱۱۵ ایمیل: m.rahmanian@yu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

خاک منبع اصلی رسوبات فلزات سنگین با منشا طبیعی و رسوبات حاصل از فعالیت‌های انسان می‌باشد (Ebqa'ai and Ibrahim, 2017; Zhong *et al.*, 2018). فلزات سنگین به‌دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی مخرب بر روی موجودات و اکوسیستم‌ها حتی در غلظت‌های کم به عنوان عوامل خطرناک و مخرب برای محیط زیست به شمار آمده و اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدتی را بر آن خواهند داشت. با توجه به خطرات ناشی از فلزات سنگین در خاک، تعیین سطوح آن‌ها در خاک، شاخصی ضروری است که مقادیر ورودی آن‌ها به محیط زیست در نتیجه‌ی فعالیت‌های انسانی را نشان می‌دهد (Addo *et al.*, 2012; Guo *et al.*, 2012). کارخانه‌های سیمان به عنوان یکی از منابع اصلی انتشار فلزات سنگین در محیط زیست گزارش شده‌اند. تولید سیمان منبع مهم انتشار فلزات سنگین کادمیوم، کروم، مس، سرب، منگنز، روی، نیکل در خاک است (Al-Khashman and Shawabkeh, 2006). این فلزات در فاصله‌های مختلف بسته به سرعت باد و اندازه ذرات از طریق گرد وغبار سیمان ودودکش کارخانه‌ها در خاک رسوب می‌کنند. گزارش‌های متعدد نشان دهنده غلظت زیاد فلزات سنگین در مجاورت کارخانه‌های سیمان و آلودگی محیط زیست است. کارخانه‌های سیمان طی عملیات خود مقدار زیادی گرد و غبار تولید می‌کنند که بر خاک، گیاهان و محصولات کشاورزی و مناطق مسکونی اطراف رسوب می‌کند (Abimbola *et al.*, 2007). Ameh و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تأثیر فعالیت کارخانه سیمان روی رسوبات رودخانه‌ای در شمال نیجریه نشان داد که غبار ناشی از کارخانه سیمان حاوی مقادیری از فلزات روی، کادمیوم و نیکل است و کارخانه سیمان و دود ناشی از خودروها دو منبع مهم انتشار آلاینده‌ها هستند. Lafta و همکاران (۲۰۱۳)، توزیع فلزات سنگین و تنوع خواص خاک اطراف کارخانه سیمان در عراق را بررسی کردند و دریافتند که خاک منطقه مورد مطالعه آهکی است و نمونه‌های خاک به شدت با Co، Cd و Ni آلوده شده‌اند، در حالی که آنها به دیگر فلزات سنگین آلوده نبوده و بیشترین آلودگی تا ۳ کیلومتری از کارخانه سیمان رخ داده است. Ogunkunle (۲۰۱۴)، با بررسی آلودگی و توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان، مقدار آلودگی خاک سطحی به وسیله‌ی سرب، کروم، مس، کادمیوم و روی و توزیع فضایی این فلزات را مورد مطالعه قرار داد و به این نتیجه رسید که دامنه‌ی آلودگی کادمیوم زیاد، در حالی که سطح سرب و مس در خاک در حوزه‌های شدید و متوسط آلودگی بود و به دلیل پایین بودن سطح روی و کروم این فلزات هیچ خطر زیست محیطی را مطرح نکردند. Addo و همکاران (۲۰۱۲) سطوح غلظت فلزات سنگین را در خاک و پوشش گیاهی اطراف کارخانه سیمان ولتا در غنا را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد کارخانه سیمان دلیل اصلی آلودگی فلزات سنگین در خاک و پوشش گیاهی اطراف کارخانه بود. Sayadi و همکاران (۲۰۱۸) آلودگی خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان قاین به فلزات سنگین سرب و کروم را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین غلظت کروم و سرب به‌ترتیب ۵۲/۰۵ و ۶۶/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و گزارش کردند که مقدار غلظت کروم و سرب در

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه موردمطالعه از غلظت زمینه بیشتر و در حال تجمع است. Pourkhabbaz و همکاران (۲۰۱۶) اثرات زیست محیطی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان بهبهان را مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کارخانه سیمان همراه با فعالیت‌های کشاورزی و انتشارات ترافیکی دلیل اصلی آلودگی فلزات است به گونه‌ای که بالاترین غلظت فلزات در نزدیکی کارخانه سیمان یافت شد. کارخانه سیمان یاسوج در زمینی به مساحت ۶۳/۵ هکتار در ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و ۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی در ارتفاع ۲۱۰۰ متری از سطح دریا و در ۲۵ کیلومتری شهر یاسوج (مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد)، در منطقه دشتروم در مجاورت جاده یاسوج ـــ گچساران از توابع شهرستان بویراحمد احداث شده است. این واحد تولیدی از بزرگترین واحدهای صنعتی استان به شمار می رود. شرکت سیمان یاسوج با ظرفیت تولید روزانه ۷۰۰ تن و سالانه ۲۱۰ هزار تن کلینکر (در ۳۰۰ روز کاری) از سال ۱۳۸۳ شروع به فعالیت کرده است. بر این اساس ظرفیت سالانه تولید سیمان شرکت برابر با ۲۱۸۴۰۰ تن انواع سیمان خاکستری می باشد. محصول غالب زمین‌های زراعی در اطراف کارخانه جو، گندم، نخود و باغ‌های سیب و هلو است. گرد و غبار حاصل از کارخانه سیمان در پژوهش‌های گوناگون مورد بررسی قرار گرفته که این امر به‌دلیل وجود آلاینده‌های متفاوت از جمله وجود فلزهای سنگین در ترکیب گرد و غبار سیمان است. سرب و منگنز از فلزهای موجود در ترکیب سیمان هستند. تعدادی از این فلزات دارای منبع طبیعی و تعدادی در نتیجه فعالیت‌های انسان (معدن‌کاری و فعالیت‌های صنعتی) به وجود می‌آیند. از مهمترین تأثیرات کارخانه سیمان در منطقه، افزایش اشتغال در منطقه و نیز پیشرفت اقتصادی منطقه بوده است. البته در این میان کارخانه سیمان در منطقه تأثیرات سوئی دارد که می‌توان به مواردی همچون کاهش بهره‌وری کشاورزی، از بین رفتن بخش زیادی از اراضی زراعی روستا، کاهش عملکرد تولیدات کشاورزی، بیشتر شدن آمار بیماری‌های تنفسی و سرطان، افزایش آلودگی خاک منطقه، تخریب زمین‌های اطراف ناشی از برداشت‌های مختلف از زمین، گسترش آفات مزارع و بیماری، از بین بردن مراتع و جنگل‌ها و کاهش سرسبزی سیمای منطقه، نارضایتی کشاورزان از وضع موجود و ایجاد آلودگی صوتی برای ساکنان منطقه اشاره کرد. با توجه به مواد فوق، هدف از این پژوهش تعیین تأثیر رسوبات گرد و غبار سیمان بر مقدار کل سرب و منگنز در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج بود.

۲. مواد و روش ها

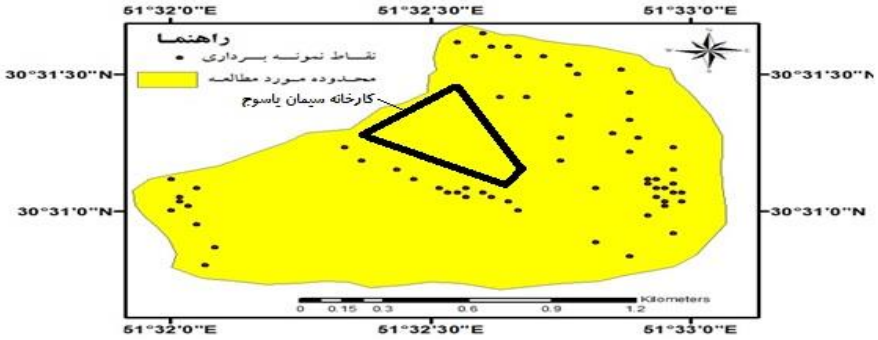
۲-۱. روش نمونه‌برداری

برای انجام پژوهش در ابتدا محدوده مورد مطالعه بر اساس بازدیدهای صحرایی مشخص شد. اراضی اطراف کارخانه به‌عنوان منطقه هدف برای نمونه‌برداری انتخاب شدند. اراضی اطراف کارخانه شامل کاربری‌های زراعی، باغی و مرتعی بود. به‌منظور تعیین غلظت سرب و منگنز در خاک، در همه کاربری‌ها از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری از خاک اطراف کارخانه نمونه‌برداری شد. تعداد ۶۱

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه خاک جهت انجام تحقیق نمونه‌برداری شد. این نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلن قرار گرفتند و به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از هوا خشک‌کردن، با چکش چوبی کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. شکل۱ موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده در اطراف کارخانه سیمان یاسوج را نشان می‌دهد. نمونه‌برداری به صورت تصادفی در کاربری‌های مختلف در جهت باد غالب در اراضی اطراف کارخانه به مرکزیت کارخانه سیمان در فصل بهار به گونه‌ای انجام شد که نمونه‌ها نماینده کاملی از کل منطقه نمونه‌برداری باشند. تعدادی از نمونه‌ها در فضای سبز محوطه کارخانه برداشت شدند. دلیل برداشت نمونه‌ها در فصل بهار مقدار ناچیز بارندگی و تأثیر نداشتن آن بر توزیع فلزات سنگین خاک است. شایان ذکر است در مراحل مختلف اصول کنترل کیفی و تضمین کیفیت نمونه‌برداری رعایت شد. ابتدا به‌منظور همگن‌سازی از نمونه خاک‌ها در عمق موردنظر، تکه سنگ‌ها، آلاینده‌های فیزیکی و واریزه‌ها جدا گردید. تمام نمونه‌ها با بیلچه برداشت و به داخل کیسه‌های پلاستیکی انتقال داده شد.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده در منطقه مورد مطالعه

۲-۲. تجزیه‌های آزمایشگاهی

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک مورد بررسی شامل قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره صاف‌شده ۱ به ۲ خاک و آب مقطر، pH در سوسپانسیون ۱ به ۲ خاک به آب مقطر، درصد کربنات کلسیم معادل با روش خنثی کردن کربنات کلسیم با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (Loeppert and Sparks, 1996)، درصد کربن آلی به روش اکسایش تر (Nelson and Sommers, 1996)، غلظت فلزات سنگین با روش هضم در نمونه‌های خاک، توسط محلول اکیو ریجا[2] دارای اسید کلریک و اسید نیتریک غلیظ (نسبت ۳:۱)، استفاده شد و غلظت فلزات مورد نظر در نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید (Gupta, 2000).

۲-۳. تجزیه و تحلیل‌های آماری

برای بررسی توزیع و آزمون نرمال بودن داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، از آماره کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. در سری داده‌های نرمال از روش کریجینگ

2 - Aqua regia

www.SID.ir

Archive of SID

برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد. در سری داده‌های غیر نرمال از روش IDW[3] برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد. محاسبه‌های آماری اطلاعات به‌دست آمده در تحقیق با نرم افزار Excel انجام شد.

۳. نتایج

آلودگی فلزات سنگین علاوه بر تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، همچنین، خطر جدی برای سلامتی انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی محسوب می شوند. مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر، انحراف معیار و سایر ویژگی‌های آماری در عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری سرب، منگنز و تعدادی از ویژگی‌های خاک در اطراف کارخانه سیمان یاسوج در جدول ۱ نشان داده شده است. پهنه‌بندی غلظت سرب و منگنز در منطقه مورد مطالعه در شکل‌های۲ و ۳ نشان داده شده است. مقادیر شاخص مجذور میانگین مربعات خطا برای تخمین دو عنصر سرب و منگنز به‌ترتیب، ۱۲/۶۲ و ۳۵/۲۰ به‌دست آمد که با توجه به تغییرات قابل توجه مقادیر عددی این دو متغیر، برای تخمین مکانی قابل قبول می‌باشند. همان‌طوری که شکل نشان می‌دهد بیشترین مقدار سرب در محدوده داخل کارخانه می‌باشد. کمترین مقدار سرب در اراضی مرتعی اطراف (جنوب غربی کارخانه) مشاهد شد. با توجه به شکل غلظت سرب در بعضی از نقاط نمونه‌برداری شده در محدوده داخل کارخانه بیشتر از استاندارد جهانی است.

داده‌ها نشان داد بیشترین مقدار سرب در نزدیکی کارخانه وجود داشت. به هر حال، مشابه با پراکندگی زیاد مقادیر عددی این عنصر سنگین که در قالب ضریب تغییرات بسیار زیاد آن انعکاس یافته است جدول۱، پراکنش مکانی غلظت این عنصر در خاک نیز تا حد زیادی بالا بوده و از الگوی منظمی پیروی نمی‌کند. با توجه به تعدد عوامل محیطی و انسانی مؤثر بر غلظت فلزات سنگینی مانند سرب، چنین مشاهده‌ای تا حدی قابل انتظار است (Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

در روندی مشابه با توزیع مکانی غلظت سرب در خاک‌های مورد مطالعه، نتایج نشان داد که محدوده داخل کارخانه دارای مقدار منگنز بالایی است. پراکنش مکانی غلظت منگنز در خاک‌های مورد مطالعه تا حدی کمتر از سرب بوده و همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود غلظت منگنز در بعضی از نقاط نمونه‌برداری شده بیشتر از استاندارد جهانی است. بنابراین کارخانه سیمان می‌تواند عامل اصلی در الگوی پراکنش این فلزات در منطقه باشد.

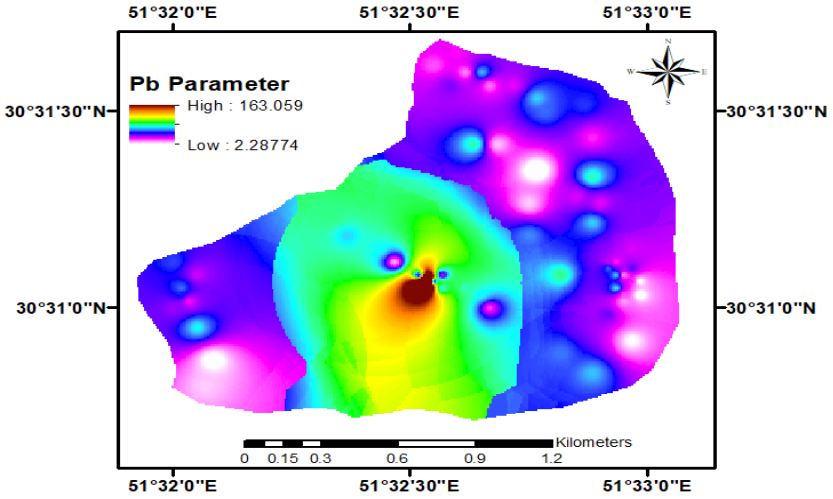
3- Inverse Distance weighted

www.SID.ir

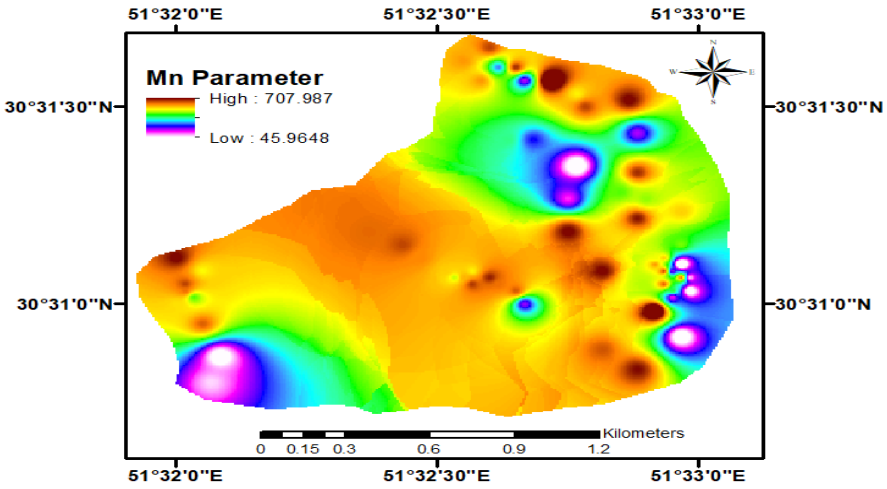
Archive of SID

جدول ۱- آمار توصیفی غلظت فلزات و برخی از ویژگی‌های خاک سطحی در منطقه مورد مطالعه

متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانه	انحراف معیار	ضریب تغییرات	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
مواد آلی (درصد)	۱/۵۴	۰/۸۲	۲/۱۹	۱/۴۳	۰/۳۵	۲۳/۱۱	-۰/۰۳	-۰/۷۱
واکنش خاک	۷/۱۷	۶/۷۲	۸/۰۲	۷/۴۸	۰/۸۵	۱۱/۸۲	-۲/۹۷	۹/۷۶
قابلیت هدایت الکتریکی	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۹۶	۰/۱۳	۰/۱۴	۹۰/۶۸	۴/۱۵	۲۱/۰۸
کربنات کلسیم معادل	۳۴/۴۷	۱۸/۴۴	۵۴/۰۰	۳۵/۸۸	۱۱/۸۳	۳۴/۳۲	۰/۰۳	-۱/۷۲
منگنز	۴۳۶/۴۶	۴۵/۰۰	۷۰۸/۰۰	۵۱۱/۸۸	۱۴۶/۰۰	۳۳/۴۵	-۰/۹۱	۰/۱۱
سرب	۱۸/۴۷	۲/۲۵	۱۶۸/۷۵	۱۷/۲۵	۲۰/۶۹	۱۱۲/۰۱	۶/۵۶	۴۸/۱۲



شکل ۲- مقدار سرب در منطقه مورد مطالعه



شکل ۳ - مقدار منگنز در منطقه مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ ضریب همبستگی غلظت سرب و منگنز را با تعدادی از ویژگی‌های خاک را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که فلزات سرب و منگنز با پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله اسیدیته، شوری، ماده آلی و کربنات کلسیم معادل همبستگی معنی‌داری ندارد که از این حیث با نتایج Mahmoudi و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی ندارد. ایشان تاکید کرده‌اند الگوی پراکنش فلزات سنگین با الگوی مکانی برخی ویژگی‌های خاک مانند پ‌هاش و ماده آلی همخوانی دارد. نتایج این بخش نشان داد بین این ویژگی‌ها و مقدار غلظت فلزات سنگین سرب و منگنز خاک ارتباطی وجود ندارد. این موضوع می‌تواند ناشی از تغییرات کم این پارامترها در ناحیه مورد مطالعه باشد (Qishlaqi *et al.*, 2009).

مقایسه غلظت فلزات در مطالعه حاضر با سایر مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. نتیجه این مطالعه نشان داد که غلظت سرب در خاک اطراف کارخانه سیمان یاسوج از غلظت گزارش شده در خاک اطراف کارخانه سیمان در اسپانیا، عربستان صعودی، نیجریه و غنا بیشتر و از غلظت گزارش شده برای آلمان، اردن و جامائیکا کمتر است. غلظت منگنز در خاک اطراف کارخانه سیمان یاسوج از غلظت گزارش شده در خاک اطراف کارخانه سیمان عراق و نیجریه بیشتر و از غلظت گزارش شده برای غنا و مطالعه‌ای دیگر در ایران (Moslempour and Shahdadi, 2013) کمتر است. در این مطالعه بیشترین مقدار سرب و منگنز در محوطه داخل کارخانه وجود داشت. فلزات سنگین عمدتا توسط آفت کش‌ها، کود، اصلاح‌کننده‌های خاک، آبیاری فاضلاب و دیگر منابع آلودگی پراکنده و پخش شده از قبیل صنعت، ترافیک و سوزاندن به خاک های کشاورزی وارد می‌شوند (Al-Khashman and Shawabkeh, 2006).

جدول۲- ضریب همبستگی پارامترهای شیمیایی و فلزات سنگین مورد مطالعه

	منگنز	سرب	pH	ماده آلی	کربنات کلسیم معادل	هدایت الکتریکی
هدایت الکتریکی						۱
کربنات کلسیم معادل					۱	-۰/۲۳
ماده آلی				۱	-۰/۰۳	-۰/۰۶
pH			۱	-۰/۱۸	-۰/۲۳	-۰/۲۰
سرب		۱	۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۰۱
منگنز	۱	۰/۲۳	-۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۱۹

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک‌های اطراف کارخانه‌های سیمان در نقاط مختلف دنیا

کشور	سرب	منگنز	رفرنس
عراق	۱۹/۸۰	۱۶۹/۷۰	(Lafta *et al.*, 2013)
اسپانیا	۰/۰۰۷	-	(Schuhmacher *et al.*, 2002)
اردن	۵۵	-	(Al-Khashman and Shawabkeh, 2006)
عربستان صعودی	۵/۴۱	-	(Al-Omran and Maghraby, 2011)
آلمان	۲۵/۴۰	-	(Sielaff and Einax, 2007)
ایران	۱۸/۵۹	۷۲۶/۰۲	(Moslempour and Shahdadi, 2013)
جامائیکا	۳۱/۴۷	-	(Mandal and Voutchkov, 2011)
نیجریه	۱۵/۰۸	۳۰/۲۹	(Adekola *et al.*, 2012)
غنا	۱۳/۱۳	۵۴۴/۹۲	(Addo *et al.*, 2012)
ایران	۱۸/۴۷	۴۳۶/۴۶	این مطالعه

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج جدول ۱ خاک‌های اطراف کارخانه سیمان غیرشور، آهکی، با میانگین pH، ۷/۱۷ و میانگین ماده آلی ۱/۵۴ درصد بودند. در بین فلزات مورد مطالعه، میانگین غلظت منگنز ۴۳۶/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین غلظت سرب ۱۸/۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. غلظت سرب در خاک‌های مطالعه شده در تعدادی از نمونه‌ها بیشتر از حد نرمال سرب (۱۶۳/۰۵) در خاک است. حد مجاز سرب در خاک ۳۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Kabata-Pendias and Pendias, 1992). همچنین، مقدار غلظت سرب بر اساس استاندارد جهانی USEPA[۴]، ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Alwadi, 1999; Hernandez *et al.*, 2003). مقادیر استاندارد سرب گزارش شده توسط سازمان محیط زیست ایران به‌ترتیب ۷۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای کاربری کشاورزی و حفاظت محیط زیست می‌باشد. قسمت عمده کاربری زمین اطراف کارخانه سیمان یاسوج کشاورزی می‌باشد.

ضریب تغییرات (CV)، درجه تغییرپذیری یک ویژگی را در خاک نشان می‌دهد. اگر $CV \leq ۲۰\%$ باشد، نشان‌دهنده تغییرپذیری اندک، $۲۱\% \leq CV < ۵۰\%$ تغییرپذیری متوسط و $۵۰\% \leq CV < ۱۰۰\%$

4- United states Environmental Protection Agency

www.SID.ir

Archive of SID

تغییرپذیری بالا است، در حالی که ضرایب تغییر بالاتر از ۱۰۰ درصد نشان‌دهنده تغییرپذیری بی‌نهایت بالا است (Karimi Nezhad *et al.*, 2015). ضرایب تغییرات غلظت فلزات در خاک‌های منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب سرب (۱۱۲/۰۱)> منگنز (۳۳/۴۵) کاهش یافت. ضریب تغییرات غلظت سرب در خاک‌های منطقه بالاتر از ۱۰۰ درصد است که نشان می‌دهد تغییرپذیری آن بی‌نهایت بالا است. ضریب تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی در نقاط اندازه‌گیری شده بالاتر از ۵۰ درصد می‌باشد که بیانگر وجود تغییرات زیاد این متغیر در خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد، اما برای منگنز و سایر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (ماده آلی، کربنات کلسیم معادل و پ‌هاش) ضریب تغییرات کمتر از ۵۰ درصد می‌باشد، که بیانگر عدم وجود تغییرات خیلی زیاد این متغیرها است (Amini *et al.*, 2006).

خاک به عنوان جاذب اصلی فلزات موجود در هواویزها می‌باشد و تعیین غلظت فلزات در خاک می‌تواند فراوانی آن‌ها را به دلیل دگرگونی‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی مشخص کند. برای تعیین مقدار آلودگی خاک به فلز سنگین در یک منطقه باید غلظت فلز در آن منطقه با استانداردهای موجود برای آن منطقه مقایسه شود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج Ogunbileje و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد که گزارش کردند مقدار سرب در خاک نزدیک کارخانه سیمان بهبهان زیاد بود و عامل اصلی آن را کارخانه و تردد وسایل نقلیه بیان کردند. Al-Khashman و Shawabkeh (۲۰۰۶) در اردن گزارش کردند که نمونه‌های خاکی برداشت شده از اطراف کارخانه سیمان آلوده به سرب بودند. در پژوهش Babyو همکاران (۲۰۰۸) در کشور هند بر روی گرد و غبار صنعت سیمان، نتایج نشان داد که ذرات سیمان شامل فلزات سنگین از جمله نیکل، کبالت، سرب کادمیوم و کروم بودند. Ogunkunle (۲۰۱۴) با بررسی آلودگی و توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان مگا مقدار آلودگی خاک سطحی به وسیله‌ی سرب، کروم، مس، کادمیوم و روی و توزیع فضایی این فلزات را مورد مطالعه قرار داد و به این نتیجه رسید که دامنه‌ی آلودگی کادمیوم زیاد، در حالی که سطح سرب و مس در خاک در حوزه‌های شدید و متوسط آلودگی بود و به دلیل پایین بودن سطح روی و کروم این فلزات هیچ خطر زیست محیطی را مطرح نکردند. همچنین، توزیع مکانی فلزات سنگین نشان داد که وجود سرب و مس نه تنها وابسته به فعالیت‌های سیمان بلکه وابسته به فعالیت‌های مرتبط با وسایل نقلیه نیز بوده است. Addo و همکاران (۲۰۱۲) در اطراف کارخانه سیمان منطقه ولتا واقع در جنوب شرقی کشور غنا، در جهت باد غالب، غلظت ۶۲ درصد از فلزات مورد بررسی در خاک بیش از حد بحرانی اعلام کرده‌اند. گرد و غبار حاصل از کارخانه سیمان در پژوهش‌های گوناگون مورد بررسی قرار گرفته که این امر به‌دلیل وجود آلاینده‌های متفاوت از جمله وجود فلزهای سنگین در ترکیب گرد و غبار سیمان است. فلز منگنز یکی از فلزهای موجود در ترکیب سیمان است. نتایج مطالعه حاضر گویای غلظت بالاتر منگنز در محدوده داخل کارخانه است. مقدار غلظت منگنز بر

www.SID.ir

Archive of SID

اساس استاندارد جهانی USEPA، ۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Alwadi, 1999). مقادیر استاندارد خاصی برای درجه آلودگی خاک با منگنز توسط سازمان محیط زیست ایران گزارش نشده است. برای تعیین مقدار آلودگی فلز سنگین در خاک باید مقدار غلظت فلز در منطقه با استاندارد ملی یا جهانی شناخته‌شده مقایسه شود. البته بهترین نوع مقایسه، مقایسه با استانداردهای موجود برای همان منطقه است، زیرا شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی گوناگون در نقاط مختلف دنیا غلظت‌های متفاوتی ایجاد می‌کند. کارخانجات سیمان باعث انتشار آلاینده‌هایی از قبیل آرسنیک، کادمیوم، سرب، جیوه، تالیوم، آلومینیوم، بریلیوم، کروم، مس، منگنز، نیکل و روی می‌شوند که اثرات سمی آنها در مطالعات زیست محیطی به اثبات رسیده است (Adrino, 2001). Addo و همکاران (۲۰۱۲) در اطراف کارخانه سیمان منطقه ولتا واقع در جنوب شرقی کشور غنا، در جهت باد غالب، غلظت ۶۲ درصد از فلزات مورد بررسی در خاک را بیش از حد بحرانی اعلام کرده‌اند.

هدف اصلی از انجام این پژوهش بررسی وضعیت آلودگی خاک اطراف کارخانه سیمان یاسوج به فلزات سنگین سرب و منگنز بود. نتایج نشان داد مقدار منگنز در تعدادی از نمونه‌های برداشت شده در محدوده داخل کارخانه بیشتر از مقدار استاندارد جهانی USEPA بود. مقدار سرب در محدوده داخل کارخانه بیشتر از مقدار استاندارد جهانی بود. کمترین مقدار سرب در اراضی مرتعی اطراف (جنوب غربی کارخانه) مشاهد شد. پراکنش غلظت فلزات در منطقه مورد مطالعه مشخص کرد که صنعت سیمان می‌تواند نقش به‌سزایی در بالا بردن غلظت فلزات سنگین در محیط اطراف کارخانه داشته باشد. همچنین، فعالیت‌های کشاورزی و انتشارات ترافیکی می‌تواند در بالا بردن غلظت فلزات سنگین در خاک نقش داشته باشد.

References

Abimbola, A., Kehinde-Phillips, O., Olatunji, A., 2007. The Sagamu cement factory, SW Nigeria: Is the dust generated a potential health hazard? Environmental Geochemistry and Health 29, 163-167.

Addo, M.A., Darko, E.O., Gordon, C., Nyarko, B.J.B., Gbadago, J.K., Nyarko, E., Affum, H.A., Botwe, B.O., 2012. Evaluation of heavy metals contamination of soil and vegetation in the vicinity of a cement factory in the Volta region, Ghana. International Journal of Environmental Science and Technology 2, 40–50.

Adekola, F.A., Inyinbor, A.A., Abdul Raheem, A.M.O., 2012. Heavy metals distribution and speciation in soils around a Mega Cement Factory in NorthCentral Nigeria. Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management 5(1), 11–19.

Adrino, D.C., 2001. Trace element in terrestrial environment, biogeochemistry, bioavailability and risk of metal. Springer-Verlag, New York, 867p.

Al-Khashman, O.A., Shawabkeh, A.R., 2006. Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. Environmental Pollution 140, 387-394.

Al-Omran, A.M., El-Maghraby, S.E., Nadeem, M.E.A., El-Eter, A.M., AlQahtani, S.M.I., 2011. Impact of cement dust on some soil properties around the cement factory in Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia.

www.SID.ir

Archive of SID

American-Eurasian journal of agricultural and environmental sciences 11(6), 840-846.

Alwadi, A.R., 1999. Manual of oceanographic observation and pollutant analysis method. (MOOPAM), 261p.

Ameh, E.G., Kolawole, M.S., Imeokparia, E.G., 2011. Using Factor-Cluster analysis and Enrichment methods to evaluate impact of cement production on stream sediments around Obajana cement factory in kogi state, North Central Nigeria. Pelagia Research Library 76-89.

Amini, M., Afyoni, M., Khademi, H., 2006. Modeling of mass balance of Cd and Pb in agricultural lands of Isfahan region. Journal of Agricultural Science and Technology 10(4), 77-89. (In Persian)

Baby, S., Singh, N.A., Shrivastava, P., Nath, S.R., Kumar, S.S., Singh, D., Vivek, K., 2008. Impact of dust emission on plant vegetation of vicinity of cement plant. Environmental Engineering and Management Journal 7(1), 31-35.

Ebqa'ai, M., Ibrahim, B., 2017. Application of multivariate statistical analysis in the pollution and health risk of traffic related heavy metals. Environmental Geochemistry and Health 39, 1441-1456.

Guo, G., Wu, F., Xie, F., Zhang, R., 2012. Spatial distribution and pollution assessment of heavy metals in urban soils from southwest China. Journal of Environmental Sciences 24, 410–418.

Gupta, P.K., 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios, New Delhi, India, 438 p.

Hernandez, L., Probst, A., Probst, J.L., Ulrich, E., 2003. Heavy metal distribution in some French forest soil: evidence for atmospheric contamination. Science of the Total Environment 312, 195-219.

Kabata-Pendias, A., and Pendias, H., 1992. Trace element in soils and plants. Boca Raton: CRC Press, 548 p.

Karimi Nezhad, M.T., Tabatabaii, S.M., & Gholami, A., 2015. Geochemical assessment of steel smelter-impacted urban soils, Ahvaz, Iran. Journal of Geochemical Exploration 152, 91-109.

Lafta, J.G., Fadhil, H.S., Hussein A.A., 2013. Heavy metals distribution and the variation of soil properties around Alqaim cement factory in Anbar Governorate – Iraq. International Journal of Advanced Engineering and Technology (IJAET) 3(1), 289-291.

Loeppert, R.H., Sparks, D.L., 1996. Carbonate and gypsum. In: Sparks, D.L. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 3: Chemical properties. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. pp. 437–474.

Mahmoudi, S., Mohammadi, J., Naderi, M., 2013. Statistical and spatial distribution of some heavy metals in surface soil particle size fractions in South of Isfahan. Journal of Water Soil Conservation (JSWC) 20(2), 1-22. (in Persian)

Mandal, A., Voutchkov, M., 2011. Heavy metals in soils around the cement factory in Rockfort, Kingston, Jamaica. Geosciences 2, 48–54.

Moslempour, M.E., Shahdadi, S., 2013. Assessment of heavy metal contamination in soils around of Khash Cement Plant, SE Iran. Iranian Journal of Earth Sciences (IJES) 5,111–118.

Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Sparks, D.L. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 3: Chemical properties. Soil Science Society of America, Madison. Wisconsin. pp. 961–1010.

Ogunbileje, J.O., Sadagoparamanujam, V.M., Anetor, J.I., Farombi, E.O., Akinosun, O.M.,

www.SID.ir

Archive of SID

Okorodudu, A.O., 2013. Lead, mercury, cadmium, chromium, nickel, copper, zinc, calcium, iron, manganese and chromium (VI) levels in Nigeria and United States of America cement dust. Chemosphere 90(11), 2743-2749.

Ogunkunle, C.O., 2014. Contamination and spatial distribution of heavy metals in top soil surrounding a mega cement factory. Atmospheric Pollution Research (APR) 5(2), 270-282.

Pourkhabbaz, H.R., Javanmardi, S., Yusefnia, H., Eslami, M., Makrouni, S., Aghdar, H., 2016. Environmental evaluation of heavy metals contamination in soils around the Cement Factory in Behbahan city. Journal of Geography and Environmental Planning (JGEP) 27(3), 87-106.

Qishlaqi, A., Moore, F., Forghani, G., 2009. Characterization of metal pollution in soils under two landuse patterns in the Angouran region, NW Iran; a study based on multivariate data analysis. Journal of Hazardous Materials 172, 374–384.

Sayadi, M.H., Rezaei, M.R., Hajiani, M., 2018. Investigation of surface soil contaminationby lead and chromium around the Qayen cement factory. Journal of Environment and Water Engineering 3(4), 312 – 322.

Schuhmacher, M., Bocio, A., Agramunt, M.C., Domingo, J.L., de Kok, H.A., 2002. PCDD/F and metal concentrations in soil and herbage samples collected in the vicinity of a cement plant. Chemosphere 48(2), 209-217.

Sielaff, K., Einax, J.W., 2007. The application of multivariate statistical methods for the evaluation of soil profiles. Journal of Soils and Sediments (JSS) 7(1), 45–52.

Zhong, T., Xue, D., Zhao, L., Zhang, X., 2018. Concentration of heavy metals in vegetables and potential health risk assessment in China. Environ Geochem Health 40(1), 313-322.

www.SID.ir