

بررسی تغییرات مکانی فلز سنگین کروم در خاک اطراف کارخانه سیمان بهبهان

عاطفه اکبری^۱، حمیدرضا عظیمزاده^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه یزد، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، ایران

۲. دانشیار دانشگاه یزد، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی - پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۰۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۱/۲۸)

چکیده

آلودگی محیط زیست با آلاینده های گوناگون یکی از مهم ترین مشکلات قرن حاضر است. حداقل ۲۰ عنصر فلزی از جمله کروم در گروه فلزهای سمی طبقه بندی شده اند که نیمی از آنها در مقادیر بیش از حد استاندارد در محیط زیست منتشر می شوند. کروم یکی از آلاینده های سمی است که به طور گسترده در محیط زیست انتشار می یابد و در سیمان و بتن وجود دارد. هدف از این پژوهش اندازه گیری غلظت کروم در نمونه های خاک سطحی محیط اطراف و محوطه داخلی کارخانه سیمان بهبهان بوده است. ۲۶ نمونه از بخش های گوناگون محوطه داخلی کارخانه سیمان و ۲۹ نمونه به صورت تصادفی از جهت ها و شعاع های متفاوت در دامنه فاصله ای ۵۲۰-۳۱۵۰ متری اطراف کارخانه، با توجه به عوارض پستی و بلندی با رعایت اصول کنترل کیفی و تضمین کیفیت در نمونه برداری، جمع آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. هضم شیمیایی نمونه ها طبق روش استاندارد بین المللی (ISO 11466) صورت گرفت و مقدار عناصر فوق با دستگاه جذب اتمی شعله ای اندازه گیری شد. میانگین غلظت کروم در نمونه های خاک اطراف کارخانه 29.06 ± 3.53 mg/kg و نمونه های درون کارخانه 42.11 ± 11.08 mg/kg است که این مقادیر از حد استاندارد تعیین شده برای کروم کمتر است. سطح آلودگی براساس شاخص تجمع زمینی I_{geo} برآورد شد. این شاخص برای فلز کروم نشان دهنده سطح آلودگی از غیرآلوده تا آلودگی متوسط است. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد بین غلظت کروم داخل و خارج کارخانه اختلاف معنی داری وجود دارد ($p \text{ value} = 0.05$). کارخانه از لحاظ عنصر سمی کروم آلوده کننده نیست.

واژگان کلیدی

آلودگی محیط زیست، خاک، کارخانه سیمان، کروم.

۱. مقدمه

محصولات کشاورزی و مناطق مسکونی اطراف رسوب می‌کند (Abimbola *et al.*, 2007). تداوم فلزهای سنگین در خاک فرآیندی طولانی است (Christoforidis & Stamatis, 2009). کارخانه‌های سیمان مواد آهکی و رسی را حرارت می‌دهند و در نهایت سیمان تولید می‌کنند. پختن این مواد در کوره صورت می‌گیرد؛ به طوری که پس از حرارت دادن، ۲۰ تا ۳۰ درصد مواد ذوب و سبب چسبیدن سایر دانه‌ها به یکدیگر می‌شوند. دانه‌های جدید، که به اندازه فندق و دارای رنگ قهوه‌ای روشن‌اند، کلینگر نام دارند. در فرآیند تولید سیمان، شامل مراحل گوناگون نظیر حرارت‌دهی، کلینگرسازی، خنک‌کردن کلینگر و انبار کردن سیمان، غبار زیادی تولید می‌شود (Riahi Samani & Isazadeh, 2005). اگرچه این کارخانه‌ها به طور معمول دور از مراکز شهری تأسیس می‌شوند، مناطق محلی تحت تأثیرهای منفی آن‌ها قرار می‌گیرند. گرد و غبار سیمان از طریق باد، باران و غیره در منطقه وسیعی گسترش می‌یابد و درون و روی گیاهان، حیوانات و خاک انباشته می‌شود و ممکن است آثار منفی بسیاری در سلامت انسان داشته باشد (Isikli *et al.*, 2006).

صنعت سیمان یکی از صنایع بسیار بزرگ کشور است و با توجه به کاربرد و نقش کلیدی سیمان در بخش‌های گوناگون، اهمیت زیادی دارد (Alizadeh & Dakhel, 2010). ایران از معدود کشورهای است که با جدیت فراوان درصدد توسعه گسترده این صنعت است (Sadeghi Ravesh & Khorasani, 2010). به طوری که ظرفیت تولید سیمان از ۱۵/۲ میلیون تن در سال ۱۳۷۰ به ۲۶/۸ میلیون تن در سال ۱۳۸۰ و ۳۹/۵ میلیون تن در ابتدای سال ۱۳۸۶ فزونی یافته است؛ این مطلب نشان‌دهنده توسعه روزافزون صنعت سیمان در کشور است (Ahmadian & Faridzad, 2008).

این پژوهش به منظور بررسی و اندازه‌گیری میزان کروم موجود در خاک اطراف کارخانه سیمان بهبهان صورت گرفت. با توجه به اهمیت کروم به‌مثابه یکی از عناصر سنگین مهم در صنعت سیمان، انجام‌دادن این پژوهش ضروری به نظر می‌رسید.

فلزهای سنگین منبع اصلی سمی بودن عناصر سنگین در محیط‌زیست‌اند، زیرا بسیاری از موجودات زنده در غلظت بیش از حد طبیعی، توانایی سازگاری با این وضعیت را ندارند (Al-Khashman *et al.*, 2006 ; Isikli *et al.*, 2006). فلزهای تجزیه‌ناپذیر در محیط تجمع می‌یابند و با گذشت زمان طولانی خطرهای آن‌ها افزایش می‌یابد. برای حفظ محیط‌زیست و سلامتی از آلودگی فلزهای سنگین، داشتن درکی کامل از ماهیت و میزان آلودگی فلزهای سنگین بسیار مهم است (Faiz *et al.*, 2009). کروم عنصری است که به‌طور طبیعی در محیط‌زیست دیده می‌شود و بیشتر از طریق هوازدگی طبیعی سنگ معدن کرومیت وارد محیط‌زیست می‌شود (Dietz *et al.*, 2004). Grandjean (1992) میانگین غلظت کروم کل پوسته زمین را به‌طور متوسط در حدود ۳۰۰ mg/kg گزارش کرده است. طبق گزارش WHO (1998) مقدار متداول کروم موجود در خاک در محدوده بین ۲-۶۰ mg/kg است. این عنصر یک فلز سنگین است و به فرم‌های سه و شش‌ظرفیتی دیده می‌شود. اما در محیط‌زیست معمولاً به‌شکل سه‌ظرفیتی مشاهده می‌شود (Shrivastava *et al.*, 2002).

رایج‌ترین منبع‌های انتشار کروم به محیط‌زیست به‌طور عمده عبارت است از کارخانه‌های تولید سیمان، احتراق گاز طبیعی، نفت و زغال سنگ، آبکاری فلزها، سوزاندن زباله، لجن فاضلاب (Dietz *et al.*, 2004) خوردگی اتومبیل و آبکاری کروم از برخی از قطعات موتور خودرو (Christoforidis & Stamatis, 2009 ; Sheng Shi & kan, 2009). افزایش غلظت کروم شش‌ظرفیتی در محیط‌زیست یکی از نتایج آلودگی‌های صنعتی است (Dietz *et al.*, 2004).

ذرات جامد کارخانه‌های سیمان آثار منفی در کیفیت هوا دارند (Isikli *et al.*, 2003). حرکت فلزها به اتمسفر از طریق فعالیت‌های انسانی فرآیندی مهم در چرخه ژئوشیمیایی فلزهای سنگین است (Al-Khashman, 2006).

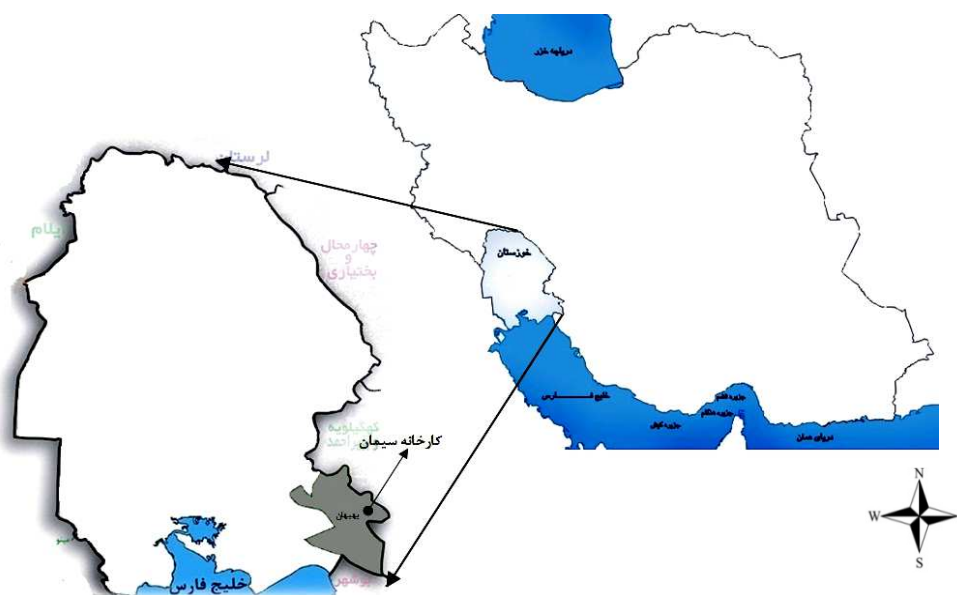
کارخانه‌های سیمان طی عملیات خود مقدار زیادی گرد و غبار تولید می‌کنند که بر خاک، گیاهان و

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان بهبهان با وسعتی معادل ۳۱۹۵ کیلومترمربع، در جنوب شرق استان خوزستان قرار دارد. این شهرستان دارای موقعیت کوهستانی و جلگه‌ای است. رشته کوه خائیز مرتفع‌ترین نقطه منطقه

است که ۱۵۳۶ متر ارتفاع دارد. همچنین بهبهان دارای دو رودخانه مهم مارون و خیرآباد است. این دشت زیبا از طرف شمال و شمال شرق به استان کهگیلویه (دهدشت و لیکک)، از جنوب به بخش زیدون، از غرب به آغاچاری و شهرستان امیدیه و از شرق به شهرستان گچساران محدود می‌شود (شکل ۱) (Akbari., 2012).



شکل ۱. موقعیت کارخانه سیمان بهبهان در استان خوزستان

ابعاد ۱×۱ مترمربع، به عمق تقریبی سه سانتی‌متر به وزن حدود یک کیلوگرم جمع‌آوری شد و پس از انتقال به آزمایشگاه تجزیه شد. هضم شیمیایی این نمونه‌ها طبق روش استاندارد بین‌المللی (ISO 11466) از طریق هضم با اسیدکلریدریک و اسیدنیتریک صورت گرفت (Guevara- Riba et al., 2004) (Pena-Icart et al., 2011).

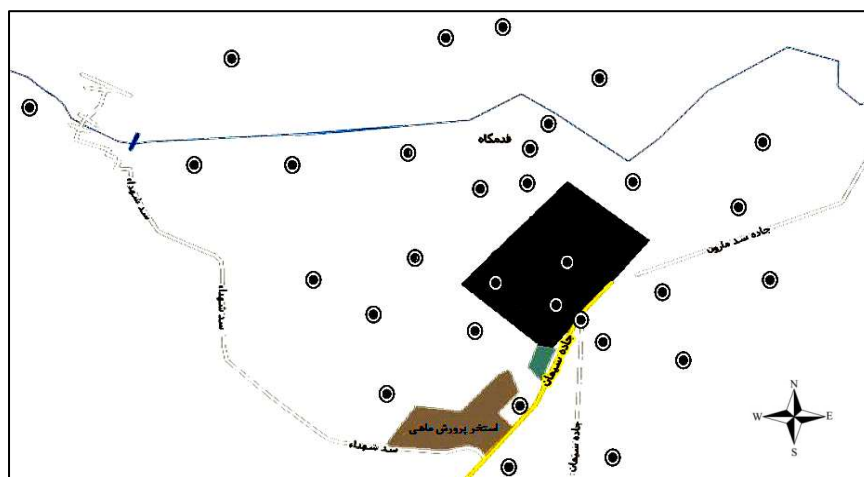
مقدار کروم موجود در هر نمونه با دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل Analyticjena350 اندازه‌گیری شده است. برای اطمینان از کافی بودن تعداد نمونه، آزمون حد کفایت نمونه انجام شد. بدین منظور از رابطه (۱) استفاده شد که در آن t_{α} مقدار t جدول فیشر (در سطح معنی‌داری ۵ درصد معادل ۱/۶۷) با درجه آزادی ۵۴، CV ضریب تغییرات و d نسبت صحت مورد نیاز است (Bihamta & Zarechahooki, 2011).

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 CV^2}{d^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

کارخانه سیمان بهبهان با ظرفیت اسمی ۲۳۰۰ تن در روز یکی از شرکت‌های تابع شرکت سهامی عام سیمان فارس و خوزستان است که از اسفندماه ۱۳۵۷ شروع به فعالیت کرده است. مواد اولیه این شرکت سنگ آهن، سنگ سیلیس، خاک رس و سنگ آهک است و محصول تولیدی این شرکت سیمان تیپ ۲ و ۵ است (Farid zad & Ahmadian, 2008).

۲.۲. روش کار

نمونه‌برداری از خاک محیط اطراف و محوطه داخلی کارخانه سیمان در پاییز ۱۳۹۰ انجام گرفت. موقعیت این نقاط در شکل ۲ ارائه شده است. نمونه‌ها به صورت تصادفی از فاصله‌های متفاوت در جهت‌های شعاعی گوناگون اطراف کارخانه جمع‌آوری شدند. در مراحل گوناگون نمونه‌برداری، اصول کنترل کیفی و تضمین کیفیت نمونه‌برداری رعایت و نمونه‌های جمع‌آوری‌شده به آزمایشگاه منتقل شدند. در مجموع تعداد ۵۵ نمونه خاک سطحی (۲۹ نمونه محدود خارجی و ۲۶ نمونه محوطه داخلی کارخانه) در



شکل ۲. موقعیت نقاط نمونه برداری در اطراف کارخانه سیمان

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن C_n میزان غلظت فلز در نمونه n و B_n مقدار استاندارد این فلز در خاک یا حداقل اندازه گیری شده در محل مورد مطالعه به مثابه مقدار ژنر ناشی از فرایندهای طبیعی را نشان می دهد. جدول ۱ چگونگی طبقه بندی این شاخص را نشان می دهد (Faiz et al, 2009). شاخص انباشت زمین در دو حالت در نظر گرفته شد؛ در حالت اول، مقدار B_n استاندارد تعیین شده برای کروم، 100 mg/kg و در حالت دوم حداقل اندازه گیری شده در تحقیق در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS ver. 16 انجام شد. برای مقایسه غلظت کروم خاک سطحی داخل و خارج محوطه کارخانه از آزمون t مستقل استفاده شد. داده های غلظت کروم در خاک سطحی با استفاده از فناوری زمین آمار در حاشیه و محوطه داخلی کارخانه سیمان تجزیه و تحلیل شد. برای این منظور از نرم افزار Surfer ver. 9 بهره برداری شد. آلودگی ناشی از کروم به صورت غلظت در واحد وزن خاک و شاخص انباشت زمین I_{geo} طبق رابطه (۲) محاسبه شد (Faiz et al, 2009).

جدول ۱. شاخص انباشت زمین (I_{geo}) و کلاس بندی آلودگی

دامنه شاخص	کلاس آلودگی
$I_{geo} \leq 0$	محیط زیست غیر آلوده
$0 < I_{geo} \leq 1$	غیر آلوده تا آلودگی متوسط
$1 < I_{geo} \leq 2$	آلودگی متوسط
$2 < I_{geo} \leq 3$	آلودگی متوسط تا آلودگی شدید
$3 < I_{geo} \leq 4$	آلودگی شدید
$4 < I_{geo} \leq 5$	آلودگی شدید تا حداکثر آلودگی
$I_{geo} > 5$	حداکثر آلودگی

رسم واریوگرام و تعیین همسان گردی در نرم افزار Surfer ver. 9 انجام شد.

تغییرات مکانی غلظت کروم در خارج از محوطه کارخانه با فناوری زمین آمار و روش کریجینگ با

1. Geostatistics
2. Kriging

۳. نتایج

رعایت شده است. نتایج حاصل از تعیین غلظت کروم در نمونه‌های اطراف و محوطه داخلی کارخانه سیمان در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول آمده است، حداکثر و میانگین مقدار غلظت کروم موجود در خاک اطراف کارخانه کمتر از محوطه داخلی است.

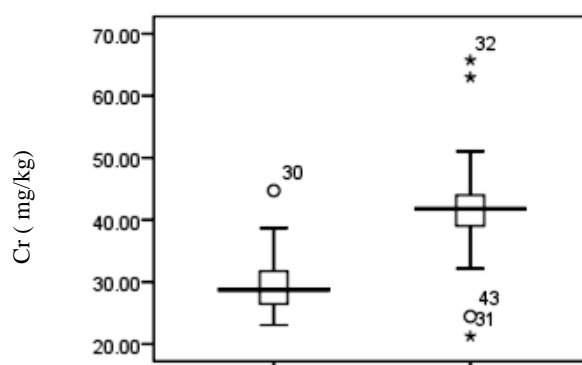
نتایج حاصل از محاسبه کفایت تعداد نمونه نشان داد با در نظر گرفتن صحت ارزیابی ۱۰ درصد ($d=0/1$) با احتمال ۹۵ درصد، در مجموع تعداد ۲۲ نمونه کافی است. با توجه به تعداد ۵۵ نمونه خاک، حد کفایت

جدول ۲. غلظت کروم در نمونه‌های خاک داخل و خارج کارخانه

مکان مورد مطالعه		غلظت کروم خاک سطحی (mg/kg)
خارج کارخانه	داخل کارخانه	
۲۳/۰۵	۲۴/۲۵	حداقل
۳۸/۶۹	۶۵/۷۳	حداکثر
۲۹/۰۶±۳/۵۳	۴۲/۱۱±۱۱/۰۸	انحراف از معیار ± میانگین

کارخانه نشان می‌دهد (شکل ۳). نمونه‌های داخل کارخانه علاوه بر میانگین غلظت بیشتر، انحراف از معیار بیشتری از محدوده خارجی دارند.

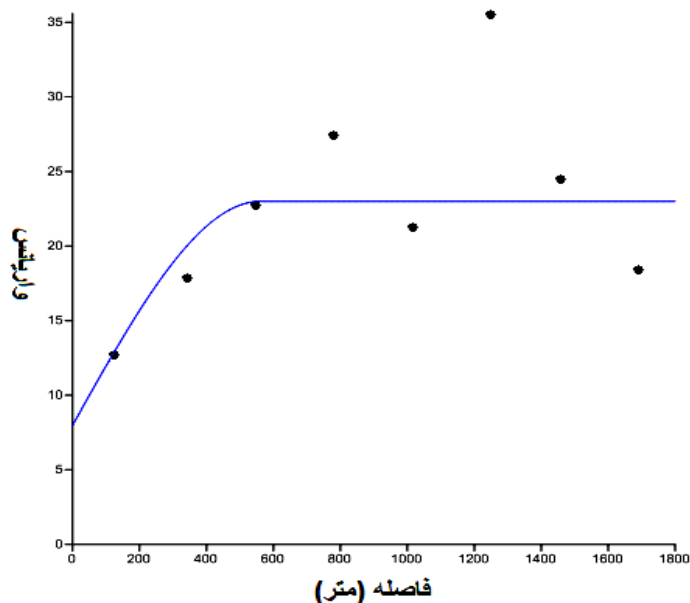
مقایسه داده‌های داخل و خارج کارخانه طی آزمون من-ویتنی اختلاف معنی‌داری را بین محدوده داخلی و خارجی کارخانه نشان داد ($P<0/01$). شکل ۳ دامنه تغییرات غلظت کروم را در محوطه داخلی و خارج از



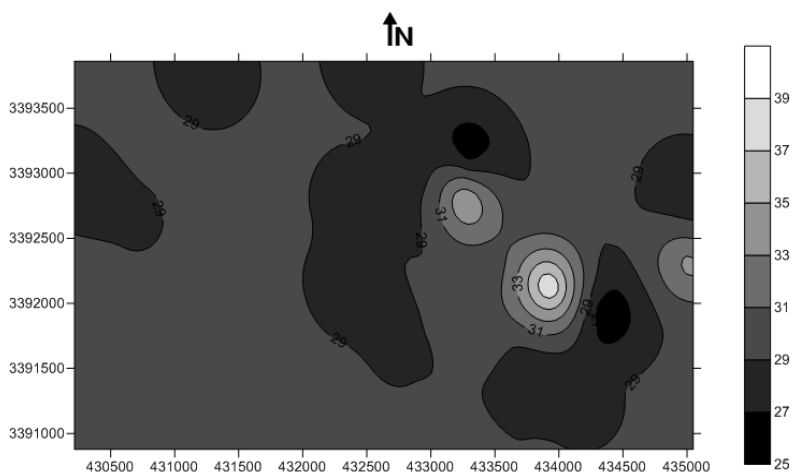
شکل ۳. دامنه تغییر غلظت کروم در محوطه داخلی و خارج کارخانه سیمان

واریوگرام متناسب است. بررسی نشان داد تغییرات کروم دارای ناهمسان‌گردی در آزمون ۱۱۰ درجه در محدوده خارج کارخانه با ضریب ۱/۲ است. این نتیجه‌گیری پس از رسم واریوگرام‌های متعدد در جهت‌های گوناگون با نرم‌افزار Surfer حاصل شده است. با اعمال ناهمسان‌گردی بر واریوگرام همه‌جهته نقشه توزیع مکانی کروم مطابق شکل ۵ در محدوده مورد مطالعه و خارج از محدوده کارخانه به دست آمد.

تغییرات مکانی کروم برحسب mg/kg خاک در واریوگرام همه‌جهته کروم در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که واریوگرام نشان می‌دهد، نقاط مورد نمونه‌برداری تا فاصله ۶۶۰ متری بر هم تأثیر دارند و از این فاصله به بعد واریانس در حد ثابت باقی می‌ماند. مدل برازش داده‌شده بر واریوگرام مدل کروی با حداکثر واریانس ۲۱ است. اثر قطعه‌ای مدل برازش شده دارای واریانس هفت است که نسبت آن با سقف



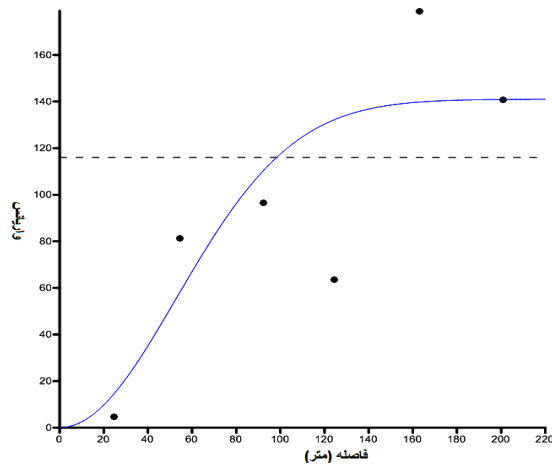
شکل ۴. واریوگرام تغییرات مکانی کروم محدوده مورد مطالعه



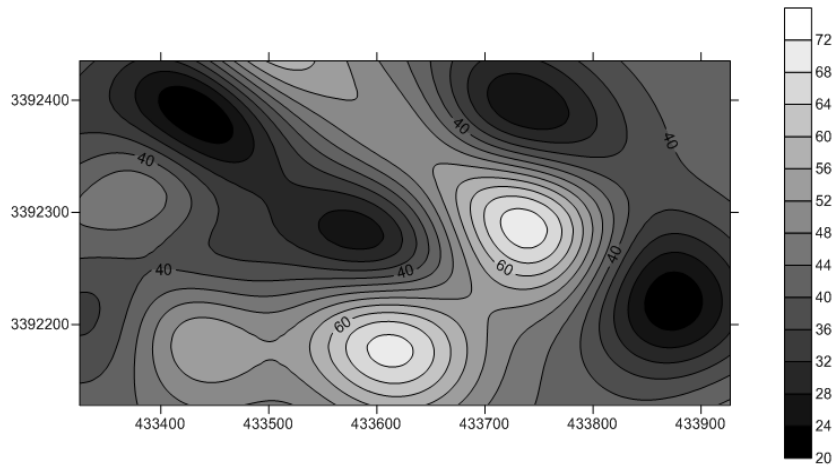
شکل ۵. پهنه‌بندی غلظت کروم (mg/kg) در محدوده اطراف کارخانه

در فاصله تقریبی ۸۵ متر از هم کاهش می‌یابد. ضمن اینکه تغییر مکانی غلظت کروم دارای ناهمسان‌گردی ۱/۱۲ در آزیموت ۱۵۰ درجه است.

شکل ۶ واریوگرام تغییرات غلظت کروم در نمونه‌های داخل محوطه کارخانه را نشان می‌دهد. این واریوگرام نشان می‌دهد نمونه‌های کروم در دو نقطه کارخانه دارای غلظت بالاست و تأثیر نقاط نمونه‌برداری



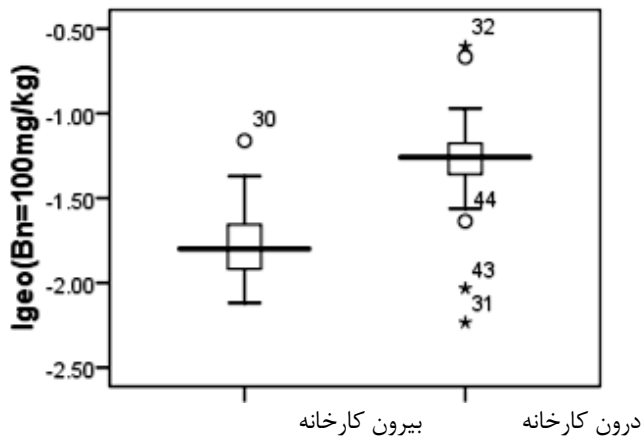
شکل ۶. واریوگرام تغییرات مکانی کروم محدوده داخل کارخانه



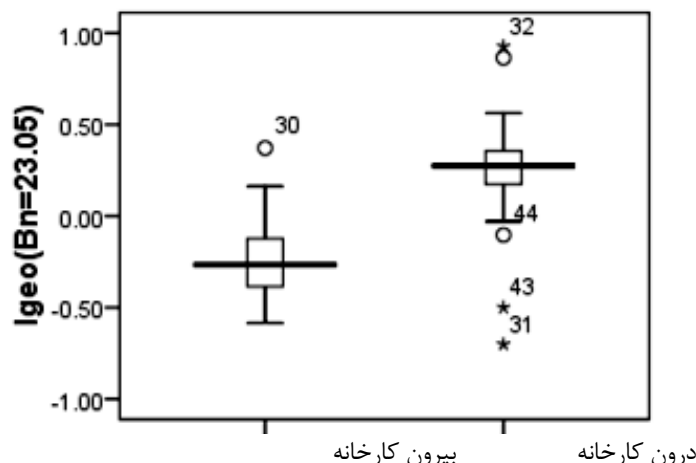
شکل ۷. پهنه‌بندی غلظت کروم (mg/kg) در محدوده داخل کارخانه

به ترتیب با غلظت ۶۵/۷ و ۶۲/۹ mg/kg، مربوط است.

بیشترین غلظت کروم داخل کارخانه به بخش‌های کوره و سیلوهای ذخیره سیمان،



شکل ۸. دامنه تغییرات شاخص انباشت زمین (Bn=100mg/kg)



شکل ۹. دامنه تغییرات شاخص انباشت زمین (Bn=23.05mg/kg)

است. همچنین Isikli و همکاران در سال ۲۰۰۳ در ترکیه نیز به‌میزانی، کمتر از حد استاندارد اما تا سه‌برابر بیشتر از نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر، دست یافتند. با توجه به موقعیت قرارگیری کارخانه در ترکیه، که برخلاف کارخانه سیمان بهبهان به محدوده شهری نزدیک است، احتمال افزایش غلظت کروم به‌دلیل اثر ترافیک و کارخانه به‌طور همزمان مطرح می‌شود.

با توجه به بررسی میزان استاندارد کروم در کشورهای گوناگون و ارائه‌نشدن استاندارد در ایران، غلظت کروم خاک در این مقاله ۱۰۰ mg/kg در نظر گرفته شده است. طی پژوهش Christoforidis و Stamatis در سال ۲۰۰۹ میزان غلظت کروم در خاک و غبار اطراف جاده بررسی شده است؛ به‌طوری‌که این میزان تا چهاربرابر بیشتر از نتایج پژوهش حاضر است که اثر افزایشی ترافیک و حمل و نقل بر این عنصر را توجیه می‌کند.

استفاده از روش کریجینگ نقطه‌ای در محدوده درون و بیرون کارخانه نشان داد غلظت کروم در محدوده آزیموت ۱۱۰ (بیرون کارخانه) تا ۱۵۰ درجه (درون کارخانه) دارای ناهمسان‌گردی است. این ناهمسان‌گردی دقیقاً با بادهای کوهستان به دشت و منطبق است که ذرات سیمان پرتلند حاوی کروم را به سمت شهر بهبهان هدایت می‌کند.

از بررسی نتایج می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر کارخانه در غلظت کروم محیط اطراف در حال حاضر

نتایج حاصل از محاسبه I_{geo} نشان داد هرچند مقادیر کروم در محدوده دارای غلظتی کمتر از استاندارد است، در مجموع مقدار آن از زمینه زمین‌شناختی بالاتر است. به‌عبارت دیگر فعالیت‌های کارخانه در افزایش مقدار کروم محیط داخلی و به‌دنبال آن پخش در اطراف نقش‌آفرین است.

۳. بحث و نتیجه‌گیری

گرد و غبار حاصل از کارخانه‌ها به‌ویژه کارخانه سیمان در پژوهش‌های گوناگون مورد توجه قرار گرفته که این امر به‌دلیل وجود آلاینده‌های متفاوت از جمله فلزهای سنگین در ترکیب گرد و غبار سیمان بسیار حائز اهمیت است. عنصر سنگین کروم یکی از عناصر موجود در ترکیب سیمان پرتلند است.

نتایج بررسی حاضر گویای غلظت بالاتر کروم در محدوده کارخانه سیمان پرتلند در مقایسه با اطراف است که با توجه به خطرهای بهداشتی، قدرت تحرک و تجمع زیستی فلزها، حتی میزان جزئی آن در خاک بسیار درخور توجه است. این نتیجه با نتایج حاصل از پژوهش Isikli و همکاران (2003)، Dietz و همکاران (2004) و Al-Khashman (2006) انطباق دارد.

طی پژوهشی که Al-Khashman در سال ۲۰۰۶ در اردن و Rovira و همکاران در سال ۲۰۱۰ در اسپانیا انجام داده‌اند، غلظت کروم در خاک اطراف کارخانه سیمان تقریباً برابر با حد به‌دست‌آمده برای کارخانه سیمان بهبهان است که به‌طور کلی نشان‌دهنده میزان کم انتشار کروم از این کارخانه

با توجه به موارد ذکر شده، تأکید بیشتر بر احداث کارخانه‌ها به‌ویژه کارخانه‌های سیمان در مناطقی دور از مناطق مسکونی امری ضروری به‌نظر می‌رسد؛ به‌طوری‌که این پژوهش نیاز به انجام دادن پژوهش‌های دیگر در زمینه محیط‌زیست و سلامت انسان و تأثیر کارخانه سیمان در این پدیده را پیشنهاد می‌کند. در پژوهش‌های بعدی علاوه بر بررسی توزیع این عنصر در خاک، به بررسی تغییرات غلظت آن نیز باید توجه شود؛ به‌طوری‌که هرگونه تغییر و یا افزایش در غلظت این فلز در منطقه تعیین شود.

تا فاصله ۶۶۰ متری است و از آن پس تغییرات شدید و دارای اختلاف چندانی نیست. به‌هرحال، با توجه به اینکه منشأ کروم کارخانه است و چنین پتانسیلی به‌طور دائم اثرگذار است، با گذشت زمان احتمال توسعه دامنه تأثیر به‌سمت شهر بهبهان وجود دارد. شاخص انباشت زمین به‌مثابه شاخص تفکیک مناطق آلوده و غیرآلوده دارای قابلیت مناسبی است. این نتایج با بررسی‌های Faiz و همکاران (2009) و Lu و همکاران (2009) انطباق دارد. با در نظر گرفتن استاندارد کروم، کل محدوده فاقد هرگونه آلودگی است و شاخص در کلاس ۱ به مفهوم غیرآلوده است.

References

1. Abimbola, A., Kehinde -Phillips, O., Olatunji, A (2007) "The Sagamu cement factory, SW Nigeria: Is the dust generated a potential health hazard?," *Environ Geochem Health*, 29: 163-167.
2. Ahmadian, R., Faridzad, A (2008) "Evaluation cement comparative advantage (Case study: behbahan cement factory)," *Economic modeling*, 5: 143-162.
3. Akbari, A (2012) "Measuring the Spatial Distribution of Falling Dust on Behbahan City and Survey in the Seasonal Distribution Using Geostatistics Techniques," M.Sc. thesis. Department of Natural Resources. Yazd University.92.
4. Alizadeh Dakhel, A., Ghavidel, A., Panahandeh, M (2010) "CFD Modeling of Particulate Matter Dispersion from Kerman Cement Plant," , 3: 67-74.
5. Al-Khashman, O.A., Shawabkeh, A.R (2006) "Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan," *Environmental Pollution*, 140: 387-394.
6. Bihamta, M., Zare-chahooki, M (2011) *Principles of Statistics in rang sciences*, Second Edition, University of Tehran Publishing, 270.
7. Christoforidis, A., Stamatis, N (2009) "Heavy metal contamination in street dust and roadside soil along the major national road in Kavala's region, Greece," *Geoderma*, 151: 257-263.
8. Dietz, A., Todo, T., Ramroth, H., Urban, T., Ahrens, W., Becher, H (2004) "Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: results of a population based case-control study," *International Journal of Cancer*, 108: 907-911.
9. Faiz, F., Tufail, M., Tayyeb Javed, M., Chaudhry, M.M., Siddique, N (2009) "Road dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn along Islamabad Expressway, Pakistan," *Microchemical Journal*, 92: 186-192.
10. Guevara-Riba, A., Sahuquillo, A., Rubio, R., Rauret, G (2004) "Assessment of metal mobility in dredged harbour sediments from Barcelona, Spain," *Science of The Total Environment*, 321: 241-255.
11. Isikli, B., Demir, T.A., Akar, T., Berber, A., Urer, S.M., Kalyoncu, C (2003) "Effects of chromium exposure from a cement factory," *Environmental Research* 91: 113-118.
12. Isikli, B., Demir, T.A., Akar, T., Berber, A., Urer, S.M., Kalyoncu, C., Canbek, M (2006) "Cadmium exposure from the cement dust emissions: A field study in a rural residence," *Chemosphere*, 63: 1546-1552.
13. Lu, X., Wang, L., Lei, K., Huang, J., Zhai, Y (2009) "Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China," *Journal of Hazardous Materials*, 161: 1058-1062.
14. Pena-Icart, M., Villanueva Tagle, M. E., Hernandez, C. A., Rodríguez, J., Behar, M., Pomares Alfonso, M (2011) "Comparative study of digestion methods EPA 3050B (HNO₃eH₂O₂eHCl) and ISO11466.3 (aqua regia) for Cu, Ni and Pb contamination assessment in marine sediments," *Marine Environmental Research*, 72: 60-66.
15. Riahi Samani, M., Isazadeh, H (2005) "A review of methods and techniques to improve the performance of electrostatic deposition of the

- cement industry,” *Iranian Chemical Engineering*, 4: 50-53.
16. Rovira, J., Mari, M., Nadal, M., Schuhmacher, M., Domingo, J (2010) “Partial replacement of fossil fuel in a cement plant: Risk assessment for the population living in the neighborhood,” *Science of the Total Environment*, 408: 5372-5380.
 17. Sadeghi Ravesh, M., Khorasani, N (2010) “An investigation on effects of cement dust on vegetation density and diversity case study: Cement Abyek,” *Environmental Science & Technology*, 10, 107-119.
 18. Sheng Shi, H., Li Kan, L (2009) “Study on the properties of chromium residue-cement matrices (CRCM) and the influences of superplasticizers on chromium (VI)-immobilising capability of cement matrices,” *Hazardous Materials*, 162: 913-919.
 19. Shrivastava, R., Upreti, R.K., Seth, P.K., Chaturvedi, U.C (2002) “Mini Review Effects of chromium on the immune system,” *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 34: 1-7.