

پهنه‌بندی آلودگی کادمیوم و نیکل در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج

محمد رحمانیان و یاسر صفری

دوره ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۳۲۱-۳۳۰

Vol. 6(4), Winter 2020, 321 – 330

DOI: 10.22034/jewe.2020.232526.1365

Mapping Cadmium and Nickel Contamination in
Soils around Yasouj Cement Factory

Rahmanian M. and Safari Y.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

رحمانیان م. و صفری ی. (۱۳۹۹). پهنه‌بندی آلودگی کادمیوم و نیکل در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج. محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۶، شماره ۴، صفحات: ۳۲۱-۳۳۰.

Citing this paper: Rahmanian M. and Safari Y. (2020). Mapping cadmium and nickel contamination in soils around Yasouj Cement Factory. Environ. Water Eng., 6(4), 321-330. DOI: 10.22034/jewe.2020.232526.1365.

پهنه‌بندی آلودگی کادمیوم و نیکل در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج

محمد رحمانیان^{۱*} و یاسر صفری^۲^۱استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
^۲استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران*نویسنده مسئول: m.rahmanian@yu.ac.ir

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۳/۰۳]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۸/۰۳]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۰۸/۰۵]

چکیده

صنعت سیمان می‌تواند باعث ورود فلزات سنگین به محیط‌زیست شود. بر این اساس هدف از پژوهش حاضر تعیین مقدار آلودگی فلزات سنگین کادمیوم و نیکل در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج بود. بدین منظور تعداد ۶۱ نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ cm اطراف کارخانه به صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. ویژگی‌های مختلف خاک و غلظت کل فلزات کادمیوم و نیکل اندازه‌گیری شدند. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. در سری داده‌های نرمال از روش کریجینگ و در سری داده‌های غیر نرمال از روش IDW برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد. بیش‌ترین غلظت کادمیوم در قسمت شمالی کارخانه به مقدار ۱۱/۱۲ mg/kg مشاهده شد. نتایج پهنه‌بندی غلظت نیکل نشان داد مقدار نیکل در مناطق نمونه‌برداری شده بیش‌ترین مقدار را دارا بود. مقادیر کادمیوم در ۱۰٪ نمونه‌های برداشت شده و نیکل در ۱۰۰٪ نمونه‌ها بیش‌تر از مقادیر استاندارد گزارش شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران بود و این نمایانگر خطر تجمع این فلزات در خاک و آلودگی کارخانه سیمان می‌باشد. به‌طور کلی غلظت بالای این فلزات در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان نشان داد که این آلودگی در نتیجه فعالیت‌های مختلف فرآوری مواد در فرآیند تولید سیمان و حرکت وسایل نقلیه در اطراف کارخانه سیمان است. با توجه به این نتایج، پیشنهاد می‌شود که اقدامات پیشگیرانه محیط‌زیستی خط تولید سیمان برای کاهش انتشار آلاینده‌ها انجام شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی محیط‌زیستی؛ پهنه‌بندی؛ فعالیت‌های صنعتی؛ کارخانه سیمان.

۱- مقدمه

در بررسی تأثیر فعالیت کارخانه سیمان روی رسوبات رودخانه‌ای در شمال نیجریه گزارش کردند که غبار ناشی از کارخانه سیمان حاوی مقادیری از فلزات روی، کادمیوم و نیکل است و کارخانه سیمان و دود ناشی از خودروهای مرتبط با آن کارخانه دو منبع مهم انتشار آلاینده‌ها در خاک‌های اطراف هستند (Ameh et al. 2011). (2013) Lafta et al. در بررسی توزیع فلزات سنگین در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان در عراق نشان دادند که نمونه‌های خاک به‌شدت با کبالت، کادمیوم و نیکل آلوده شده‌اند (Pourkhabbaz et al. 2016). (2013) Lafta et al. اثرات محیط زیستی 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 خاک‌های اطراف به فلزات سنگین است؛ به‌گونه‌ای که بالاترین غلظت فلزات در نزدیکی کارخانه سیمان یافت شد (Pourkhabbaz et al. 2016). بررسی خطرات محیط‌زیستی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان بابلون در عراق نشان داد خاک‌های مجاور کارخانه به کادمیوم و نیکل آلوده بودند (Khwedim et al. 2015). نتایج بررسی اثرات محیط‌زیستی گرد و غبار کارخانه سیمان و فلزات سنگین در خاک در عراق نشان داد غلظت کادمیوم در خاک اطراف کارخانه بیش‌تر از نیکل بود اما غلظت این دو عنصر در این خاک‌ها کم‌تر از محدوده مجاز برای این فلزات بود (Al-Husseini 2018). نتایج تحقیقات اخیر نشان‌دهنده اثرات محیط زیستی نامطلوب کارخانه‌های سیمان بر محیط اطراف است (Moslempour and Shahdadi 2013). Sayadi et al. (2018) آلودگی خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان قاین به فلزات سنگین را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقدار غلظت فلزات در منطقه مورد مطالعه از غلظت زمینه بیشتر و در حال تجمع است (Sayadi et al. 2018).

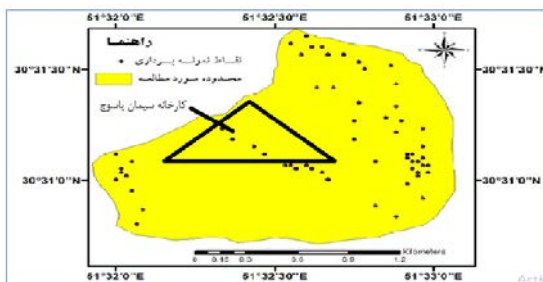
محصول غالب زمین‌های زراعی در اطراف کارخانه سیمان یاسوج جو، گندم، نخود و باغ‌های سیب و هلو است. وجود کارخانه سیمان در منطقه، باعث افزایش اشتغال ساکنان و نیز پیشرفت اقتصادی منطقه می‌شود. البته در این میان

امروزه پیشرفت صنعت و شهرنشینی، باعث گسترش آلودگی‌های محیط‌زیستی شده است. از میان این آلاینده‌ها، فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات فیزیولوژیکی بر موجودات زنده، حتی در غلظت‌های کم، سهم مهمی در آلوده کردن محیط‌زیست دارند. در این ارتباط آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین گسترده بوده و خطر انتقال این فلزات سمی به انسان، حیوان و محصولات کشاورزی وجود دارد (Huang et al. 2017). در واقع تعیین مقدار فلزات در خاک، گردوغبار، گیاهان و رسوبات در پایش محیط‌زیستی آلودگی مهم است (Kawai et al. 2014).

کارخانه‌های سیمان به‌عنوان منبع اصلی انتشار فلزات سنگین در محیط‌زیست گزارش شده‌اند (Moslempour and Shahdadi 2013). آلودگی محیط‌زیست با فلزات سنگین در مجاورت کارخانه‌های سیمان به دلیل غلظت زیاد، یکی از مهم‌ترین مشکلات پیش روی توسعه این صنعت است. کارخانه‌های سیمان با توجه به پتانسیل نسبتاً بالای آلاینده‌ها باید به‌صورت ویژه مورد توجه قرار گیرند تا از آسیب‌های جدی به اجزای محیط‌زیست جلوگیری به عمل آید؛ به‌ویژه در ایران که روز به روز بر تعداد کارخانه‌های سیمان افزوده می‌شود (Moslempour and Shahdadi 2013). گرد و غبار حاصل از کارخانه سیمان دارای آلاینده‌های متفاوت از جمله فلزات سنگین در ترکیب خود هستند. کادمیوم و نیکل از فلزهای موجود در ترکیب سیمان هستند. نیکل باعث ناراحتی‌های حاد تنفسی، سوزش‌های شدید در ناحیه نای، بیماری سیستم عصبی، سرطان ریه و پوست می‌شود. وجود مقادیر بالای کادمیوم می‌تواند علائمی چون تهوع، مشکلات تنفسی، کم‌خونی، بی‌هوشی، ناراحتی‌های کلیوی، ناراحتی‌های قلبی و تشنج را به همراه داشته باشد (Mahurpawar 2015).

گام نخست در پایش پراکندگی و شدت آلودگی فلزات سنگین در منطقه‌های مشکوک به آلودگی، تعیین مقدار فلزات سنگین می‌باشد. بنابراین دست‌یابی به نقشه کلی پراکندگی فلزات سنگین و پهنه‌بندی آن‌ها امری ضروری در پایش آلودگی خاک محسوب می‌شود (Yazdaninejhad et al. 2014). (Ameh et al. 2011)

فیزیکی و شیمیایی و غلظت کادمیوم و نیکل از الک 323mm عبور داده شدند.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه
Fig. 1 Location of sampled points in the study area

۲-۲- تحلیل‌های آزمایشگاهی

قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره صاف‌شده ۱ به ۲ خاک و آب مقطر، pH در سو سپانسیون ۱ به ۲ خاک به آب مقطر، درصد کربنات کلسیم معادل با روش خنثی‌کردن کربنات کلسیم با اسید کلریدر یک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (Loeppert and Sparks 1996)، درصد کربن آلی به روش اکسایش تر (Nelson and Sommers 1996) و غلظت فلزات سنگین با روش هضم در نمونه‌های خاک، توسط محلول تیزاب سلطانی دارای کلریک اسید و نیتریک اسید غلیظ (نسبت ۳:۱)، با دستگاه جذب اتمی شیمادزو مدل AA 670 اندازه‌گیری شد (Gupta 2000).

۳-۲- تحلیل‌های آماری

برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها در سطح اطمینان ۰.۹۵٪، از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. در سری داده‌های نرمال از روش کریجینگ برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد ولی نظر به اثرات نامطلوب الگوی غیرنرمال توزیع داده‌ها بر ساختار واریوگرام‌های حاصل و در نتیجه بر نتایج نهایی تخمین (Webster and Oliver 2007)، در سری داده‌های غیر نرمال از روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) برای تخمین مقادیر فلزات سنگین در فضای نمونه‌برداری استفاده شد. محاسبه‌های آماری اطلاعات به‌دست‌آمده در تحقیق با نرم‌افزار Excel و مراحل زمین‌آماري با استفاده از نرم‌افزار GS^+ انجام شد.

کارخانه سیمان تأثیرات سوئی دارد که می‌توان به مواردی همچون کاهش بهره‌وری کشاورزی، از بین رفتن بخش زیادی از اراضی زراعی اطراف روستاها، کاهش عملکرد محصولات 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 رفتن 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 کادمیوم و نیکل در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان یاسوج بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌برداری

کارخانه سیمان یاسوج در منطقه دشتروم در مجاورت جاده یاسوج — گچساران از توابع شهرستان بویراحمد با مختصات $32' 51''$ شرقی و $31' 30''$ شمالی با ارتفاع m ۲۱۰۰ از سطح دریا و در 25 km شهر یاسوج احداث شده است. نمونه‌برداری از اراضی اطراف کارخانه شامل کاربری‌های زراعی، باغی و مرتعی انجام شد. برای اندازه‌گیری غلظت کادمیوم و نیکل در خاک، از عمق صفر تا 30 cm تعداد ۶۱ نمونه خاک نمونه‌برداری و در کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند. شکل (۱) موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده در اطراف کارخانه سیمان یاسوج را نشان می‌دهد. نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی در کاربری‌های مختلف در جهت باد غالب در اراضی اطراف کارخانه به مرکزیت کارخانه سیمان به‌گونه‌ای انجام شد که نمونه‌ها نماینده مطلوبی از کل منطقه نمونه‌برداری باشند. برای نمونه‌برداری از خاک، ابتدا به‌منظور همگن‌سازی نمونه خاک‌ها در عمق موردنظر، تکه سنگ‌ها و واریزه‌ها جدا گردید. سپس، تمام نمونه‌ها با بیلاچه برداشت و به داخل کیسه‌های پلاستیکی انتقال داده شد. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه و هوا خشک کردن با چکش چوبی کوبیده و برای اندازه‌گیری ویژگی‌های

²- Inverse Distance Weighted

¹- Aqua regia

۳- یافته‌ها و بحث

تغییرات زیاد این متغیر در خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد در حالی که برای نیکل، ماده آلی، کلسیم کربنات معادل و pH ضریب تغییرات کم‌تر از ۵۰٪ می‌باشد که بیانگر عدم وجود تغییرات خیلی زیاد این متغیرها است (Amini et al. 2006). ضریب تغییرات کادمیوم در نقاط اندازه‌گیری شده بالاتر از ۱۰۰٪ می‌باشد که بیانگر وجود تغییرات بی‌نهایت زیاد این متغیر در خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد. گزارش شده است ضریب تغییرات کم برای اسیدپدیده متأثر از عوامل ذاتی همچون مواد مادری در رفتار این ویژگی است در حالی که ضریب تغییرات زیاد می‌تواند ناشی از اثر متقابل عوامل مدیریتی مانند مصرف کود و عوامل ذاتی مانند وضعیت زهکشی در خاک‌ها باشد (Foroughifar et al. 2010). همچنین، ضریب تغییرات بالای هدایت الکتریکی می‌تواند به دلیل بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی و شدت بالای تبخیر باشد که باعث بجا ماندن نمک‌های محلول در سطح خاک منطقه مورد مطالعه شده است.

جدول (۱) مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر، انحراف معیار و سایر ویژگی‌های آماری کادمیوم، نیکل و تعدادی از ویژگی‌های خاک در اطراف کارخانه سیمان یاسوج را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول (۱) خاک‌های اطراف کارخانه سیمان غیرشور، آهکی، با میانگین pH ۷/۱۷ و میانگین ماده آلی ۱/۵۴٪ بودند. میانگین غلظت کادمیوم ۰/۹۶ و میانگین غلظت نیکل ۲۴۳/۵۳ mg/kg بود.

ضریب تغییرات (CV)، بیانگر درجه تغییر پذیری یک متغیر در خاک است. $CV \leq 20\%$ نشان‌دهنده تغییرپذیری اندک، $20\% < CV < 50\%$ تغییرپذیری متوسط و $50\% \leq CV < 100\%$ ضرایب تغییرات بالاتر از ۱۰۰٪ نشان‌دهنده تغییرپذیری بی‌نهایت بالای متغیر است (Karimi Nezhad et al. 2015). ضریب تغییرات شوری خاک در نقاط اندازه‌گیری شده بالاتر از ۵۰٪ می‌باشد (۹۰٪/۱۶۸) که بیانگر وجود

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

Table 1 Descriptive statistics of metals concentration and some of the surface soil parameters in the study area

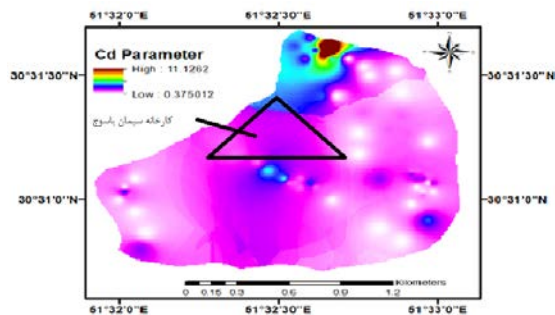
Variable	Unit	Mean	Minimum	Maximum	Median	Standard deviation	Coefficient of variation (%)
EC	(dSm ⁻¹)	0.15	0.07	0.96	0.13	0.14	90.68
pH		7.17	6.72	8.02	7.48	0.85	11.82
Organic matter	(%)	1.54	0.82	2.19	1.43	0.35	23.11
Equivalent CO ₃	(%)	34.47	18.44	54.00	35.88	11.83	34.32
Cd	(mg kg ⁻¹)	0.96	0.38	11.25	1.94	1.45	146.57
Ni	(mg kg ⁻¹)	243.53	154.88	358.13	205.31	58.21	23.90

ایران است که این افزایش مقدار می‌تواند در نتیجه فعالیت‌های مختلف فرآوری مواد در فرآیند تولید سیمان و حرکت وسایل نقلیه در اطراف کارخانه سیمان باشد. به هر حال، مشابه با پراکندگی زیاد مقادیر عددی کادمیوم که در قالب ضریب تغییرات بسیار زیاد آن انعکاس یافته است (جدول ۱)، 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 کادمیوم، چنین مشاهده‌ای تا حدی قابل انتظار است (Kabata-Pendias 2010).

مقادیر شاخص مجذور میانگین مربعات خطا برای تخمین دو عنصر کادمیوم و نیکل به ترتیب، ۱۱/۲۰ و ۶۵/۲۰ به دست آمد که با توجه به تغییرات قابل توجه مقادیر عددی این دو متغیر، برای تخمین مکانی قابل قبول می‌باشند. شکل‌های (۲) و (۳) پهنه‌بندی غلظت کادمیوم و نیکل در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار کادمیوم در قسمت شمالی کارخانه (mg/kg) ۱۱/۱۲ مشاهده شد. با توجه به شکل (۲) مقدار کادمیوم در قسمت شمالی کارخانه بیش‌تر از استاتاندارد گزارش شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست

نتایج پژوهش‌های اخیر نشان‌دهنده اثرات محیط‌زیستی نامطلوب کارخانه‌های سیمان بر محیط اطراف است (Moslempour and Shahdadi 2013). نتایج نشان داد که غلظت نیکل و کادمیوم در نزدیکی کارخانه بیش‌ترین مقدار را داشته است. هم‌چنین با فاصله گرفتن از حاشیه کارخانه از غلظت آن‌ها کاسته شده است. مطالعه پهنه‌بندی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان کردستان نشان داد که میانگین مقدار فلزات کادمیوم، آرسنیک، سرب و مس بیش‌تر از میانگین استاندارد جهانی است. دلیل افزایش مقدار فلزات در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه به ساختار زمین‌شناسی منطقه و فعالیت‌های انسانی به‌ویژه کارخانه سیمان کردستان نسبت داده شد (Zamani et al. 2017). پژوهش‌های انجام‌گرفته در مورد پتانسیل آلاینده‌های فعالیت‌های صنعتی نشان دادند که خاک‌های اطراف کارخانه‌های سیمان نسبت به کادمیوم آلوده بودند. مطالعه انجام‌شده بر روی خاک اطراف یک کارخانه سیمان نشان می‌دهد که غلظت بالای از فلزات سنگین به‌ویژه سرب، روی و کادمیوم در خاک وجود دارد (Al-Khashman and Shawabkeh 2006).

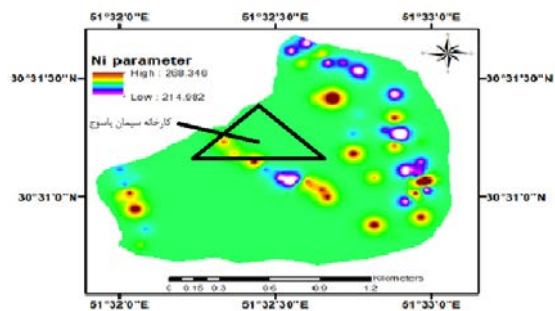
در پژوهشی دیگر، غلظت کادمیوم در نمونه‌های خاک و برگ گیاهان موجود در اطراف کارخانه سیمان در ترکیه بالاتر از مقادیر متناظر آن در مناطق شاهد دور از کارخانه بود (Isikli et al. 2006). در مطالعه دیگری در اردن نشان داده شد که در نمونه‌های خاکی برداشت‌شده از اطراف کارخانه سیمان فلزاتی همچون سرب، روی و کادمیوم فراوان بود (Al-Khashman and Shawabkeh 2006). در کشور هند پژوهشی بر روی گرد و غبار صنعت سیمان انجام و مشاهده شد که ذرات سیمان شامل فلزات سنگین از جمله نیکل، کبالت، سرب کادمیوم و کروم بوده که همگی از آلاینده‌های هوا محسوب شده و تأثیرهای گوناگونی بر بوم‌سازگان اطراف خود به جا می‌گذارد (Baby et al. 2008). Ogunkunle (2014) نشان داد خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان شدیداً به کادمیوم آلوده شده‌اند (Ogunkunle 2014).



شکل ۲- پهنه‌بندی کادمیوم در منطقه مورد مطالعه

Fig. 2 Cadmium zonation in the study area

گرچه غلظت کادمیوم در خاک‌های بیشتر اراضی منطقه به گواه نتایج موجود در شکل (۲) بسیار اندک و مشخصاً پایین‌تر از حد مجاز غلظت این عنصر در خاک است اما باید توجه نمود که با توجه به اختصاص یافتن اراضی بخش شمالی کارخانه به کاربری کشاورزی، مقادیر بالای کادمیوم به دلیل فرآوری‌های مختلف در تولید سیمان، تردد وسایل نقلیه و استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی در محدوده کوچک شمال منطقه مطالعاتی نیز می‌تواند عواقب خطرناکی را در پی داشته باشد. همچنین وزش باد غالب و وجود آبراهه می‌تواند دلیل تجمع کادمیوم در بخش شمال کارخانه باشد (Zamani et al. 2017). در روندی مشابه با توزیع مکانی غلظت کادمیوم در خاک‌های مورد مطالعه، نتایج نشان داد که مقدار نیکل در مناطق نمونه‌برداری شده بیش‌ترین مقدار را دارا بود. پراکنش مکانی غلظت کادمیوم در خاک‌های مورد مطالعه تا حدی کمتر از نیکل بوده و همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود غلظت نیکل در تمام نقاط نمونه‌برداری شده بیش‌تر از استاندارد گزارش شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران است؛ بنابراین کارخانه سیمان می‌تواند عامل اصلی در آلودگی پراکنش نیکل در منطقه باشد.



شکل ۳- پهنه‌بندی نیکل در منطقه مورد مطالعه

Fig. 3 Nickel zonation in the study area

اولیه برای تولید سیمان موجب بروز غلظت بسیار بالای نیکل در خاک های منطقه شده است و در نتیجه، محصولات کشاورزی در نواحی اطراف کارخانه می تواند راهی برای رسیدن فلز خطرناک و بیماری زای نیکل به حلقه های زنجیره غذایی انسان باشد. Moslempour and Shahdadi (2013) در ارزیابی آلودگی فلزات در اطراف کارخانه سیمان خاش افزایش غلظت فلزات سنگین را در نتیجه فعالیت های کارخانه را گزارش کردند (Moslempour and Shahdadi 2013). Al-Omran et al. (2011) در عربستان سعودی به بررسی مقدار فلزات سنگین در اطراف یکی از کارخانه های سیمان و تأثیر آن بر خواص خاک پرداختند و در حواشی کارخانه غلظت کروم را ۹۸/۴، نیکل ۲۷، روی ۹۲ و سرب را ۲۰/۷ mg/kg گزارش کردند (Al-Omran et al. 2011). آن ها افزایش غلظت این فلزات در اطراف کارخانه را در نتیجه فعالیت های کارخانه گزارش کردند. در پژوهشی بر روی سطوح غلظت فلزات سنگین در خاک و پوشش گیاهی اطراف کارخانه سیمان ولتا در غنا نتایج نشان داد کارخانه سیمان دلیل اصلی آلودگی فلزات سنگین در خاک و پوشش گیاهی اطراف کارخانه بود (Addo et al. 2012). در بررسی تأثیر فعالیت کارخانه سیمان روی رسوبات رودخانه ای در شمال نیجریه کارخانه سیمان و دود ناشی از خودروها دو منبع مهم انتشار آلاینده ها گزارش شدند (Ameh et al. 2011).

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. مقادیر استاندارد کادمیوم گزارش شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران به ترتیب ۵ و ۳/۹ mg/kg برای کاربری کشاورزی و حفاظت محیط زیست می باشد. همان طور که در شکل (۲) مشاهده می شود غلظت کادمیوم در بعضی از نقاط نمونه برداری شده بیش تر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران است. نکته حائز اهمیت آن که قسمت عمده کاربری زمین اطراف کارخانه سیمان یاسوج کشاورزی می باشد.

سازمان حفاظت محیط زیست ایران مقادیر ۱۱۰ و ۵۰ mg/kg را به عنوان مقادیر استاندارد نیکل برای کاربری های کشاورزی و حفاظت محیط زیست گزارش کرد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در مجموع غلظت نیکل به دست آمده در تمام نمونه های کارخانه سیمان یاسوج بسیار بالاتر از استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران است. بالاتر بودن غلظت ها در نمونه های برداشت شده نمایانگر تأثیر آلاینده های منتشر شده از این کارخانه در بالا رفتن غلظت نیکل است. از این رو به وضوح مشخص است که فرآوری مواد معدنی

جدول ۲- ضریب همبستگی (r) پارامترهای شیمیایی خاک با کادمیوم و نیکل
Table 2 Correlation coefficient of chemical parameters with Cd and Ni

Variable	Cd	Ni	pH	EC	OC	OM	CCE
Cd	1						
Ni	0.07	1					
pH	-0.02	0.13	1				
EC	0.02	0.05	-0.20	1			
OC	0.08	0.06	-0.18	-0.06	1		
OM	0.08	0.06	-0.18	-0.06	1.00**	1	
CCE	0.18	0.07	-0.23	-0.15	-0.03	-0.03	1

CCE: Calcium carbonate Equivalent ; OM: Organic materials; OC: Organic carbon

نشان می‌دهد. نتیجه این مطالعه نشان داد که غلظت کادمیوم در خاک اطراف کارخانه سیمان یاسوج از غلظت گزارش شده در خاک اطراف کارخانه سیمان در اسپانیا، عربستان سعودی، ایران (شهرستان نکا) و عراق بیش‌تر و از غلظت گزارش شده برای عراق، اردن، آلمان، ایران (بیجار، قائن و خاش) و جامائیکا کم‌تر است. غلظت نیکل در خاک اطراف کارخانه سیمان یاسوج از غلظت گزارش شده در خاک اطراف کارخانه سیمان عراق، عربستان سعودی، عراق و ایران (بیجار، نکا و خاش) بیش‌تر و از غلظت گزارش شده برای غنا کم‌تر است.

۴- نتیجه‌گیری

۱- پراکنش غلظت فلزات در منطقه مورد مطالعه نشان داد که صنعت سیمان می‌تواند نقش به‌سزایی در بالا بردن غلظت فلزات سنگین در محیط اطراف کارخانه داشته باشد.

۲- مقدار کادمیوم در قسمت شمالی کارخانه و مقدار نیکل در تمام نقاط نمونه‌برداری شده بیش‌تر از حدود مجاز تعیین شده برای غلظت این عناصر در اراضی کشاورزی کشور توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور بود.

۳- راه یابی دو عنصر بیماری‌زای کادمیوم و نیکل به زنجیره غذایی ساکنان منطقه طی کشت اراضی زراعی موجود در اطراف کارخانه سیمان امری اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. هم‌چنین، مواجهه مستقیم کشاورزان محلی با خاک‌های آلوده به نیکل، امکان انتقال این فلز خطرناک به بدن آن‌ها را تسهیل می‌نماید.

در راستای کنترل عواقب خطرناک تجمع فلزات سنگین در بدن ساکنان منطقه انجام اقدامات مدیریتی پیشگیرانه ضروری به نظر می‌رسد. در این ارتباط، نصب یک سامانه فیلترسازی قوی برای کاهش سطح آلاینده‌گی دود خروجی از کارخانه سیمان و نیز تغییر کاربری اراضی دارای سطوح بالای آلودگی فلزات سنگین از کشاورزی به دیگر کاربری‌ها راهکارهایی سودمند به نظر می‌رسند.

جدول (۲) ضریب همبستگی غلظت کادمیوم و نیکل را با تعدادی از ویژگی‌های خاک نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که فلزات کادمیوم و نیکل با پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک همبستگی معنی‌داری ندارند. در پژوهش حاضر این موضوع می‌تواند ناشی از تغییرات کم این پارامترها در ناحیه مورد مطالعه باشد (Qishlaqi et al. 2009).

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (mg/kg) در خاک‌های اطراف کارخانه‌های سیمان در نقاط مختلف دنیا

Table 3 Comparison of mean concentrations (mg/kg) of metals in soils surrounding cement factories in different parts of the world

Refrence	Ni (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Country
(Lafta et al. 2013)	5.90	1.70	Iraq
(Schuhmacher et al. 2002)	-	0.004	Spain
(Al-Khashman and Shawabkeh 2006)	-	5.00	Jordan
(Al-Omran et al. 2011)	27.00	0.35	Saudi Arabia
(Zamani et al. 2017)	23.22	8.81	Iran (Bijar)
(Darivasi et al. 2016)	58.34	0.36	Iran (Neka)
(Rezaei et al. 2016)	-	1.32	Iran (Qayen)
(Moslempour and Shahdadi 2013)	127.10	1.22	Iran (Khash)
(Khwedim et al. 2015)	112.80	0.10	Iraq
(Addo et al. 2012)	245.26	-	Ghana
(Sielauff and Einax 2007)	-	2.81	Germany
(Mandal and Voutchkov 2011)	-	5.24	Jamaica
This study	243.53	0.96	Iran

جدول (۳) مقایسه غلظت فلزات در مطالعه حاضر با سایر مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف را

References

- Addo M. A., Darko E. O., Gordon C., Nyarko B. J. B., Gbadago J. K., Nyarko E., Affum H. A. and 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. *I. J. Environ. Sci. Technol.*, 2, 40-50.
- Al-Husseini A. H. E. (2018). Ecological and health risk assessments of trace elements in Al-Shaibah dust, Basrah city, Iraq. *J. U. B. Environ. Sci.*, 26(6), 185-198.
- Al-Khashman O. A. and Shawabkeh A. R. (2006). Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. *Environ. Pollut.*, 140, 387-394.
- Al-Omran A. M., El-Maghraby S. E., Nadeem M. E. A., El-Eter A. M. and AlQahtani S. M. I. (2011). Impact of cement dust on some soil properties around the cement factory in Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia. *Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 11(6), 840-846.
- Ameh E. G., Kolawole M. S. and 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. and Khademi, H. (2006). Modeling of mass balance of Cd and Pb in agricultural lands of Isfahan region. *J. Agric. Sci. Technol.*, 10(4), 77-89 [In Persian].
- Baby S., Singh N. A., Shrivastava P., Nath S. R., Kumar S. S., Singh D. and Vivek K. (2008). Impact of dust emission on plant vegetation of vicinity of cement plant. *J. Environ. Manage.*, 7(1), 31-35.
- Darivasi S., Saeb K. and Mollashahi M. (2016). Effects of distance from pollutant sources on heavy metal concentrations around Neka cement factory soil. *J. Environ. Sci. Technol.*, 17(4), 32-43 [In Persian].
- Foroughifar H., Jafarzadah A. A., Torabi Gelsefidi H., Aliasgharzadah N., Toomanian N. and Davatgar N. (2010). Spatial variations of surface soil physical and chemical properties on different landforms of Tabriz plain. *Water Soil*, 21(3), 1-21. [In Persian].
- Gupta P. K. (2000). Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios, New Delhi, India, 438 pp.
- Huang S. H., Li Q., Yang Y., Yuan C. Y., Ouyang K. and You P. (2017). Risk assessment of heavy metals in soils of a lead-zinc mining area in Hunan Province, China. *J. Chemists Chem. Eng.*, 66(3-4), 173-178.
- Isikli B., Demir T. A., Akar T., Berber A., Urer S. M., Kalyoncu C. and Canbek M. (2006). Cadmium exposure from the cement dust emissions: A field study in a rural residence. *Chemosphere*, 63, 1546-1552.17.
- Kabata-Pendias A. (2010). Trace Elements in Soils and Plants. 4th Ed. CRC press, Boca Raton.
- Kariminejad J., Behrouzi-Rad B. and Hussin-Al-Hashemi A. (2016). Investigating pollution caused by agricultural activities in Shadegan Marsh with birds' index. *J. Sci. Res. Edu.*, Green Wave, 55, 3-10. [In Persian].
- Kawai K., Hayashi A., Kikuchi H. and Yokoyama S. (2014). Desorption properties of heavy metals from cement hydrates in various chloride solutions. *Cons. Building Mater.*, 67, 55-60.
- Khwedim K., Meza-Figueroa D., Hussien L. A. and Del Rio-Salas R. (2015). Trace metals in topsoil's near the Babylon Cement Factory (Euphrates River) and human health risk assessment. *Environ. Earth Sci.*, DOI 10.1007/s12665-015-4071-x.
- Lafta J. G., Fadhil H. S. and Hussein A. A. (2013). Heavy metals distribution and the variation of soil properties around Alqaim cement factory in Anbar Governorate – Iraq. *Int. J. Agric. Environ. Technol.*, 3(1), 289-291.

- Loeppert R. H. and Sparks D. L. (1996). Carbonate and gypsum. p. 437-474. In Sparks D. L. (ed), *Methods of Soil Analysis*. SSSA, Madison.
- Mahurpawar M. (2015). Effects of heavy metals on human health. *Int. J. Res. – Granthaalayah. Social Issues and Environmental Problems*, 2394-3629
- Mandal A. and Voutchkov M. (2011). Heavy metals in soils around the cement factory in Rockfort, Kingston, Jamaica. *Int. J. Geosci.*, 2, 48–54.
- Moslempour M. E. and Shahdadi S. (2013). Assessment of heavy metal contamination in soils around of Khash Cement Plant, SE Iran. *Iran. J. Earth Sci.*, 5, 111–118. [In Persian].
- Nelson D. W. and Sommers L. E. (1996). Carbon, organic carbon, and organic matter. p. 961-1010. In Sparks D. L. (ed), *Methods of Soil Analysis*. SSSA, Madison.
- Ogunkunle C. O. (2014). Contamination and spatial distribution of heavy metals in top soil surrounding a mega cement factory. *Atmospheric Pollut. Res.*, 5(2), 270-282.
- Pourkhabbaz H. R., Javanmardi S., Yusefnia H., Eslami M., Makrouni S. and Aghdar H. (2016). Environmental evaluation of heavy metals contamination in soils around the Cement Factory in Behbahan city. *J. Geo. Environ. Plan.*, 27(3), 87-106 [In Persian].
- Qishlaqi A., Moore F. and 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. *J. Hazard. Mater.*, 172, 374–384.
- Rezaei M. R., Sayadi M. H. and Khaksarnejad M. (2016). Contamination of barberry with heavy metals in the vicinity of Qayen Cement Company, Khorasan, Iran, in 2014: A Case study. *J. O. Health Epidem.*, 3(4), 216-223.
- Sayadi M. H., Rezaei M. R. and Hajiani M. (2018). Investigation of surface soil contamination by lead and chromium around the Qayen cement factory. *J. Environ. Water Eng.*, 3(4), 312 – 322. [In Persian].
- Schuhmacher M., Bocio A., Agramunt M. C., Domingo J. L. and 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. and Einax J. W. (2007). The application of multivariate statistical methods for the evaluation of soil profiles. *J. Soil. Sediment.*, 7(1), 45–52.
- Webster R. and Oliver M. A. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists*. 2nd Ed. John Wiley and Sons, Chichester.
- Yazdaninejhad F., Torabi H. and Davatgar N. (2014). Mapping of available Fe, Zn, Cu and Mn in soils of southern Tehran lands by Geostatistical and GIS techniques. *Iranian J. Soil Water Res.*, 44(4), 383-95. [In Persian].
- Zamani A., Ahmadpour E., Zanganeh A. and Khosravi Y. (2017). Mapping the heavy metals proportions in surface soils of the closed Kurdistan cement factory zone. *Iranian J. Res. Environ. Health*, 3(1), 40-55 [In Persian].

Mapping Cadmium and Nickel Contamination in Soils around Yasouj Cement Factory

Mohamad Rahmanian^{1*} and Yaser Safari²

¹Assist. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran

²Assist. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

*Corresponding author: m.rahmanian@yu.ac.ir

Original Paper

Received: May 23, 2020

Revised: October 24, 2020

Accepted: October 26, 2020

Abstract

Cement manufacturing can be an entrance source for heavy metals to the environment. Hence, the purpose of this study was to determine the amount of pollution of heavy metals, cadmium and nickel, in the lands around the Yasouj Cement Company. For this purpose, 61 soil samples from zero to 30 cm depth around the plant were randomly sampled. Some of soil properties and total concentration of Cd and Ni were measured. Kolmogorov-Smirnov test was used to examine the normality of the data. In the normal and abnormal data series, kriging and IDW methods were used to prepare zoning maps. The highest concentration of cadmium was observed in the northern part of the plant (11.12 mg/kg). The results of nickel concentration zoning showed that the amount of nickel was highest in the sampled areas. The levels of cadmium in 10% of the samples and nickel in 100% of the samples were higher than the standard values reported by the Department of Environmental of Iran, and this indicates the risk of accumulation of these metals in the soil and pollution of the cement plant. Generally, high concentrations of these metals in soils around the cement factory showed that the pollutants are as a result of the different activities such as material processing in the process of cement production and the movement of vehicles around the cement company. According to these results, it is recommended that environmental preventive measures be taken to reduce the emission of pollutants in the cement production line.

Keywords: Cement Company; Environmental Pollution; Industrial Activities; Zoning.