پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: آلودگی خاک

بررسی وضعیت آلودگی ناشی از فلز سنگین سرب و کادمیوم در خاک بخش‌های داخلی کارخانه سیمان

فیروزه یادگارنیا نائینی[۱*]، حمیدرضا عظیم‌زاده[۲]، اصغر مصلح آرانی[۲]، احد ستوده[۳]، بهمن کیانی[۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه یزد، ۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشگاه یزد، ۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه یزد

چکیده

فلزات سنگین از مهمترین آلاینده‌ها در محیط زیست به شمار می‌آیند که از میان آنها سرب و کادمیوم به دلیل سمیت بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. هدف ازاین پژوهش تعیین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان است. بدین منظور نمونه‌ها در بخش‌های مختلف کارخانه جمع‌آوری و برای هضم شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید و شاخص‌های PI[۲] (شاخص آلودگی)، mC_d[۳] (درجه آلودگی اصلاح شده) و IPI[3] (شاخص تجمعی آلودگی) برای تعیین وضعیت آلودگی محاسبه شد. نتایج نشان داد که تجمع غلظت سرب بیشتر از کادمیوم است. همچنین نتایج شاخص PI_i نشان داد که بخش پیش‌گرمکن کارخانه از لحاظ سرب در طبقه متوسط و بخش مدیریت از لحاظ کادمیوم در طبقه آلودگی زیاد قرار دارند. مقایسه نتایج شاخص‌های mC_d و IPI نشان داد که آلودگی بخش‌های پیش‌گرمکن و مدیریت بیشتر از سایر بخش‌ها است. بنابراین به طور کلی بیشترین آلودگی سرب و کادمیوم در بخش پیش‌گرمکن و مدیریت قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: کارخانه سیمان، سرب، کادمیوم، شاخص آلودگی

مقدمه

صنایع مختلف در هر کشور زیربنای فعالیت‌های اقتصادی بوده و محور رشد و شکوفایی آن کشور محسوب می‌شوند. طبیعی است که در کنار تولیدات این مراکز صنعتی، تولید ضایعات و پسماندهای جامد و مایع و آلاینده‌ها از دودکش کارخانه‌ها و انتشار آنها در محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آلودگی هوای ناشی از آلاینده‌های خروجی از صنایع سیمان، می‌تواند یکی از منابع مهم آلودگی محیط زیست به شمار آید (Sing & Rao, 1998).

مواد آلاینده ناشی از صنایع سیمان شامل گرد و غبار، ترکیبات کربن دار، اکسیدهای گوگرد و اکسیدهای ازت است. در بین این مواد ذرات گرد و غبار به خاطر تولید و انتشار بیشتر در محیط از اهمیت بیشتری برخوردار است. ذرات گرد و غبار منتشر شده از صنعت سیمان با توجه به اندازه و ترکیب با سایر آلاینده‌های هوا، اثرات مختلف و جبران ناپذیری را بر گیاهان وارد می‌سازند. گرد و غبار و ضایعات ناشی از صنایع سیمان با افزایش تولید نیز افزایش یافته و علاوه بر آلودگی هوا، آلودگی خاک و به دنبال آن آسیب به بافت‌های گیاهی را در پی خواهد داشت (Choab, 2011). اگرچه این کارخانه‌ها دور از مناطق شهری تأسیس می‌شود اما مناطق محلی تحت تأثیرات منفی آنها قرار می‌گیرد. گرد و غبار از طریق باد، باران و غیره در منطقه وسیعی گسترش یافته و بر روی گیاهان و حیوانات و خاک انباشته می‌گردد و می‌تواند اثرات منفی بر سلامت انسان داشته باشد (Isikli et al., 2006; Abimbola et al. (۲۰۰۷) در بررسی فلزات سنگین تولید شده از غبار کارخانه سیمان در نیجریه و خطرات آن بر سلامت ساکنان محلی به این نتیجه رسیدند که که غلظت کادمیوم، سرب و روی در ۴ نوع نمونه بالاتر از غلظت میانگین جهانی در حالیکه غلظت مس و نیکل بجز در نمونه سنگ‌آهک در بقیه نمونه‌ها کمتر از میانگین جهانی است و بیماری‌های تنفسی،

*Email: fyadegarnia@yahoo.com
[۱] Pollution Index
[۲] Integrating Pollution Index
[۳] Degree of Contamination (cd)

ریوی، قلبی، پوست، کلیه و کبد و ابتلا به سرطان به طور مداوم در حال افزایش و بیماری تنفسی، ریوی و قلبی در این دوره زمانی دو برابر شده است.

همچنین کارخانه سیمان منبع اصلی غلظت فلزات سنگین است (Ogunbileje et al., 2013) که به دلیل غیر قابل تجزیه بودن توسط میکروارگانیسم‌ها و اثرات فیزیولوژیکی بر انسان و سایر موجودات زنده در غلظت‌های کم نیز حائز اهمیت شناخته شده‌اند (Wang et al., 2012) و به دلیل سمیت و ماندگاری در محیط زیست نیز جزء خطرناک‌ترین گروه از آلاینده‌های انسان-ساخت طبقه‌بندی می‌شوند (سلامتیان، ۱۳۹۲). آلودگی فلزات سنگین نه تنها به طور مستقیم بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش فعالیت بیولوژیکی و کاهش دستیابی زیستی مواد مغذی خاک تاثیر می‌گذارد، بلکه همچنین خطر جدی برای سلامتی انسان از طریق ورود در زنجیره غذایی و امنیت زیست محیطی از طریق نفوذ در آبهای زیرزمینی محسوب می‌شود (Boissonet al.,1999). از جمله مطالعات صورت گرفته در جهان به منظور تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین در خاک نواحی اطراف کارخانجات سیمان می‌توان به تحقیقات Al-Omran et al (۲۰۱۱)، Lafta et al (۲۰۱۳) و Fatoba&Ogunkunle (۲۰۱۴) اشاره کرد.

در میان فلزات سنگین، سرب و کادمیوم به دلیل بالا بودن میزان سمیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند(Wan et al., 2016). سرب باعث اختلال در عملکرد کلیه و کبد، کم‌خونی، کاهش بهره هوشی و همچنین بروز بسیاری از عوارض متابولیسمی دیگر می‌شود (Stowe et al., ۱۹۷۳). کادمیوم هم یکی دیگر از فلزات سنگین است که در دسته مواد احتمالا سرطان‌زا برای انسان طبقه بندی شده است (صبوحی و همکاران، ۱۳۹۵). Isikli et al (۲۰۰۶) به بررسی گروهی که در معرض کادمیوم ناشی از گرد و غبار سیمان قرار گرفته و گروه کنترلی که که درمعرض قرار نگرفته پرداختند و پس از بررسی به این نتیجه رسیدند که غلظت کادمیوم در خون گروه در معرض بین ۱/۱۰ و ۵ میلی‌گرم بر لیتر و گروه کنترل بین ۳/۳-۰/۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و همچنین با افزایش سن این میزان کادمیوم در بدن افزایش می‌یابد.

پژوهش حاضر با هدف سنجش غلظت دو فلز سنگین شامل سرب و کادمیوم، در خاک بخش‌های مختلف کارخانه و ارزیابی خطرات آلاینده‌ها با استفاده از شاخص‌های PI_i، IPI و mC_d صورت گرفت. از نتایج این پژوهش می‌توان به منظور تعیین سطوح آلایندگی در هربخش و تلاش در جهت نگهداشتن غلظت‌ها در حد مجاز و پیشگیری از اثرات سوء آن بر انسان و محیط زیست استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

۲۱ نمونه خاک از بخش‌های (مدیریت، سنگ شکن، آسیاب مواد، پیش گرمکن، کوره، آسیاب سیمان و بارگیرخانه) کارخانه سیمان با استفاده از یک برس کوچک سفت جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید. به منظور هضم شیمیایی بر اساس استاندارد ایزو ۱۱۴۴۶، ابتدا ۳ گرم نمونه با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ وزن و سپس به هر نمونه ۲۱ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک غلیظ و بعد از خروج بخارات، قطره قطره ۷ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و سپس ۱۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک رقیق (۰/۵ مولار) اضافه شد. پس از ۱۶ ساعت نگهداری در دمای اتاق، به مدت ۲ ساعت با درب وسل، روی هیتر حرارت داده شد. بعد از سرد شدن نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک رقیق اضافه و سپس محلول تهیه شده از کاغذ صافی عبور داده و عصاره حاصل با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. غلظت فلزات سنگین کل در محلول هضم شده توسط دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل AAS330 تعیین گردید. داده‌ها با نرم‌افزار spss v.22 تجزیه و تحلیل و با تبدیل لگاریتمی نرمال شدند. برای بررسی وضعیت آلودگی، شاخص آلودگی (PI_i) و برای تعیین تجمعی تغییرات آلودگی از هر دو آلاینده اندازه‌گیری شده از دو شاخص IPIو mC_d (درجه آلودگی اصلاح شده) استفاده شد.

$$PI_i=\frac{C_i}{B_i} \quad (۱)$$

$$IPI=(\prod_{i=1}^{n} PI_i)^{\frac{1}{n}} \quad (۲)$$

$$C_d=\sum_{i=1}^{n} IP_i \quad (3)$$

$$mC_d=\sum_{i=1}^{n} IP_i/n \quad (4)$$

در این معادله، C_i غلظت آلاینده i ام و B_i مقدار استاندارد خاک ایران (سرب ۲۹۰ و کادمیوم ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، PI_i شاخص آلودگی مربوط به آلاینده i ام n تعداد آلاینده‌ها، C_d حاصل جمع شاخص انواع آلودگی‌ها و mC_d میانگین حسابی است.

IPI در واقع میانگین هندسی شاخص PI_i است. محاسبه شاخص IPI با محاسبه میانگین هندسی PI_i دو فلز سنگین درهر نقطه انجام شد. Hakason (۱۹۸۰) شاخص دیگر آلودگی با نام درجه آلودگی را ارائه نمود که در سال ۲۰۰۵، Abrahim آن را به mC_d اصلاح کرد. جدول ۱ محدوده کلاس‌های طبقه‌بندی شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. طبقه‌بندی شاخص‌های آلودگی

درجه آلودگی	شاخص mC_d	طبقه آلودگی	شاخص آلودگی PI
غیر آلوده تا کم	mC_d >1/5	کم	PI≤1
کم	1/5 ≤ mC_d < 2	متوسط	1<PI≤3
متوسط	2 ≤ mC_d < 4	زیاد	PI≥3
زیاد	4 ≤ mC_d < 8	طبقه آلودگی	شاخص آلودگی IPI
خیلی زیاد	8 ≤ mC_d < 16	کم	IPI≤1
شدید	16 ≤ mC_d < 32	متوسط	1<IPI≤2
بسیار شدید	mC_d >32	زیاد	IPI≥2

نتایج و بحث

توصیف آماری میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ میانگین غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در بخش‌های مختلف کارخانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

بخش‌ها	تعداد	میانگین غلظت سرب	انحراف معیار	میانگین غلظت کادمیوم	انحراف معیار
مدیریت	۳	۹۴/۱۹	۱/۱۶	۳۳/۴۶	۱/۰۲
سنگ‌شکن	۳	۶۳/۵۸	۱/۰۹	۱۲/۹۳	۱/۰۴
آسیاب مواد	۳	۷۰/۲۴	۱/۱۳	۱۱/۷	۱/۰۶
پیش‌گرمکن	۳	۴۵۰/۹۲	۱/۱۵	۲۲/۳۶	۱/۰۸
کوره	۳	۷۵/۷۳	۱/۰۶	۱۱/۴۳	۱/۰۶
آسیاب سیمان	۳	۴۲/۳۸	۱/۱	۹/۹	۱/۰۲
بارگیرخانه	۳	۶۵/۸۴	۱/۰۴	۱۲/۰۶	۱/۰۵

با توجه به جدول مذکور بیشترین و کمترین مقدار عناصر به ترتیب به شرح زیر است: سرب (۴۵۰/۹۲، ۴۲/۳۸) و کادمیوم (۳۳/۴۶، ۹/۹) میلی‌گرم بر کیلوگرم. نتایج نشان می‌دهد روند تجمع سرب بیشتر از کادمیوم است. که نتایج این پژوهش با نتایج رجائی‌نژاد (۱۳۹۲)، موسوی و همکاران (۱۳۹۲)، Al-Omran et al (۲۰۱۱)، Lafta et al (۲۰۱۳) و Fatoba & Ogunkunle (۲۰۱۳) مطابقت دارد. بیشترین مقدار سرب و کادمیوم به ترتیب در بخش پیش‌گرمکن و مدیریت و کمترین مقدار هردو عنصر در بخش آسیاب سیمان است.

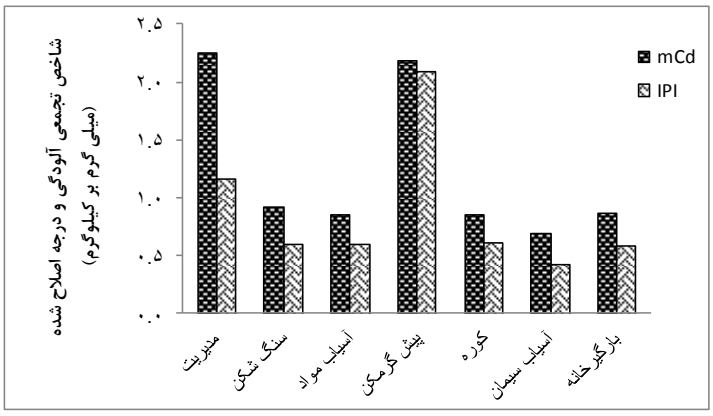
نتایج حاصل از محاسبه شاخص آلودگی PI_i در جدول۳ نشان داده شده است.

جدول ۳ شاخص آلودگی PI_i برای عنصر سرب و کادمیوم وطبقه‌بندی آلودگی(میلی‌گرم بر کیلوگرم)

بخش‌ها/ عناصر	سرب	طبقه آلودگی	کادمیوم	طبقه آلودگی
مدیریت	۰/۳۲	کم	۴/۱۸	زیاد
سنگ‌شکن	۰/۲۲	کم	۱/۶۲	متوسط
آسیاب مواد	۰/۲۴	کم	۱/۴۶	متوسط
پیش‌گرمکن	۱/۵۵	متوسط	۲/۸	متوسط
کوره	۰/۲۶	کم	۱/۴۳	متوسط
آسیاب سیمان	۰/۱۵	کم	۱/۲۴	متوسط
بارگیرخانه	۰/۲۳	کم	۱/۵۱	متوسط

مقایسه مقادیر شاخص آلودگی سرب و کادمیوم در بخش‌های مختلف کارخانه (جدول ۳) نشان می‌دهد که از لحاظ سرب تنها بخش پیش‌گرمکن در طبقه متوسط و بقیه در طبقه کم و از لحاظ کادمیوم فقط بخش مدیریت در طبقه زیاد و بقیه بخش‌ها در طبقه متوسط قرار دارند. بنابراین به طور کلی شدت آلودگی فلزات سنگین در خاک کارخانه سیمان به صورت Cd>Pb است. منتظری و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی میزان سرب، روی و مس در خاک و گیاه اطراف کارخانه سیمان فیروزکوه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شاخص آلودگی PI_i برای عنصر سرب و مس در سطح آلودگی کم تا متوسط و برای روی نشان‌دهنده آلودگی متوسط تا زیاد است که در راستای نتایج این تحقیق قرار دارد. موسوی و همکاران(۱۳۹۲) در بررسی نمونه‌هایی از سنگ آهک، گرد و غبار و خاک سطحی اطراف کارخانه سیمان کارون به این نتیجه رسیدند که شاخص آلودگی برای فلز سرب و کروم در محدوده متوسط و برای فلزات نیکل، کبالت، مس، روی و کادمیوم در محدوده کم قرار دارد که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد.

همواره بررسی تجمعی آلاینده‌های مختلف در محیط مورد توجه است. بنابراین نتایج حاصل ازمحاسبه شاخص تجمعی آلودگی و درجه آلاینده اصلاح شده در بخش‌های مختلف کارخانه درشکل ۱نشان داده شده است. از مقایسه نتایج حاصل از شکل ۱ و دامنه طبقه شاخص‌ها در جدول ۱ می‌توان نتیجه‌گیری کرد، شاخص IPI با تعداد طبقه کمتر(کم، متوسط و زیاد) آلودگی بخش پیش‌گرمکن را زیاد، مدیریت را متوسط و بقیه بخش‌ها را کم برآورد می‌کند. این در حالی است که با توجه به شاخص درجه آلودگی اصلاح شده (mC_d)، طبقه آلودگی بخش پیش‌گرمکن و مدیریت متوسط و بقیه بخش‌ها غیرآلوده تا کم است.



شکل۱ مقایسه تغییرات دوشاخص تجمعی آلودگی و درجه آلایندگی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

به عنوان نتیجه‌گیری کلی از این مقاله می‌توان اذعان داشت که خاک محدوده داخلی کارخانه سیمان از نظر آلاینده‌های سرب و کادمیوم در بخش مدیریت و پیش‌گرمکن دارای بیشترین میزان است و به صورت تجمعی برای این دو آلاینده، آلودگی متوسط در نظر گرفته شده است. از آنجایی که امکان نشر آلاینده‌ها در خاک اطراف کارخانه وجود دارد لذا در چرای دام در محدوده

اطراف کارخانه باید دقت عمل بیشتی به تعلیف دام پرداخت و به عنوان پیشنهاد ادامه کار تحقیقاتی آنالیز روی گونه‌های گیاهی در فاصله های مختلفی از کارخانه انجام شود تا محدوده آلودگی کاملا مشخص و معین گردد.

منابع

رجائی‌نژاد، م. ۱۳۹۲. تعیین و پهنه‌بندی میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم در خاک نواحی اطراف کارخانجات سیمان با استفاده از Arc GIS (مطالعه موردی کارخانه سیمان کرمان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد یزد.

سلامتیان، ص. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کمی غبار ریزشی و تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از دی ماه ۱۳۹۱ تا خرداد ۱۳۹۲ (مطالعه موردی شهر اصفهان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه یزد.

صبوحی، م. نژاد کورکی، ف. عظیم‌زاده، ح. م و علی طالشی، م. ص. ۱۳۹۵. آلودگی با فلزات سنگین در غبار کف کارگاه‌های باتری سازی شهر یزد در سال ۱۳۹۳. مجله سلامت و محیط زیست، دوره‌ی نهم، شماره‌ی ۱، صفحه‌های ۱۲۷ تا ۱۳۸.

منتظری، ف. تمرتاش، ر. طاطیان، م. ر و حجتی، س. م. ۱۳۹۵. بررسی غلظت سرب، روی و مس درخاک وگونه مرتعی Kochia prostrate(L.) Schrad دراطراف کارخانه سیمان فیروزکوه. نشریه‌ی حفاظت زیست بوم گیاهان، دوره‌ی چهارم، شماره‌ی ۸، صفحه‌های ۱۴۵ تا ۱۵۸.

موسوی، م. ح. پورنیا، م و امیری، ف. ۱۳۹۲. توزیع فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی اطراف کارخانه سیمان کارون، جنوب شرق مسجد سلیمان. مجله ژئوشیمی، سال اول، شماره‌ی ۳، صفحه‌های ۲۱۵ تا ۲۲۶.

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

Abrahim, G. 2005. Holocene sediments of TamakiEstuary: Characterisation and impact of recent human activity on an urban estuary inAuckland, New Zealand. Dissertation, Universityof Auckland.

Al-Omran A.M., El-MaghrabyS.E., Nadeem E.A. and Al-Qahtani M.I.2011. Impact of cement dust on some soil properties around the cement factory in Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia. American-Eurasian J. Agric. & EnvironSci, 11(6): 840-846.

Biosson J.,Ruttens A., Mench M and Vangronsveld J. 1999. Evaluation of hydroxyapatite as a metal immobilizing soil additive for the remediation of polluted soils. Part 1. Influence of hydroxyapatite on metal exchangeability in soil, plant growth and plant metal accumulation. Environment Pollution, 104:225-233.

Choab A. 2011. Effect of dust occurrence time on growth and physiological properties of rice. First International Congress On Dust Natural Recources, 68-71.

Hakanson L. 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: ASedimentological Approach. Water Research, 14: 975-1001.

Isiki B., Demir T.A., Urer S.M., Berber A., Akar T., Kalyoncu C. and Canbek M. 2006. Cadmium exposure from the cement dust emissions: A field study in a rural residence.Chemosphere, 63:1546- 1552.

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. International Journal of Engineering and Advanced Technology, 3(1):289-291.

Ogunbileje J.O., Sadagoparamanujam V.M., Anetor J.I., Farombi E.O., Akinosun O.M. and Okorodudu A.O. 2013. Lead, mercury, cadmium, nickel, copper, zinc, calcium, iron, manganese and chromium (VI) levels in Nigeria and United States of America cement dust. Chemosphere 90, 2743-2749.

Ogunkunle C.O. and Fatoba P.O. 2014. Contamination and spatial distribution of heavy metals in topsoil surrounding a mega cement factory. Atmospheric Pollution Research, 5:270-282.

Ogunkunle C.O. and Fatoba P.O. 2013. Pollution loads and the ecological risk assessment of soil heavy metals around a mega cement factory in southwest Nigeria.Pol. J. Environ. Stud, 22(2): 487-493.

Singe S.N. and Rao D.N. 1998. Certain responses of wheat plants to cement dust pollution. Environmental Pollution series A, Ecologocal and Biological, 24(1):75-81.

Stowe H.D., Goyer R.A., Krigman M., Wilson M. and Cates M.1973. Experimental oral lead toxicity in young dogs. Clinical and morphologic effects, Archives of Pathology, 95(2): 16-106.

Wan D., Han Z., Yang J., Yang G and Liu X. 2016. Heavy Metal Pollution in Settled Dust Associated with Different Urban Functional Areas in a Heavily Air-Polluted City in North China. Int. J. Environ. Res. Public Health, 13(1119):1-13.

Wang G., Oldfield F., Xia D., Chen F., Liu C. and Zhang W. 2012. Magnetic properties and correlation with heavy metals in urban street dust: A case study from the city of Lanzhou, China. Atmospheric Environment, 46:289-298.

Investigation of pollution from heavy metals of lead and cadmium in soil the interior of cement factory

F. Yadegarnia Naeini[1]*, H. R. Azimzadeh[2], A. Mosleh arani[2], A. Sotoudeh[3], B. Kiani[3]

[1]M.sc Student of Environment, Yazd University
[2]Associate Professor, Department of Environmental, Yazd University
[3]Assistant Professor, Department of Environmental, Yazd University

Abstract

Heavy metals are the most important pollutants in the environment. Lead and cadmium are of special importance due to high degree of toxicity. The aim of this study was to determine the concentration of lead and cadmium in soils of different area in a cement factory. IP_i, mC_d and IPI indices were calculated to determine the ranking of pollution level. The results showed that lead concentration was more than cadmium. The results of the IP_i index showed that pre-heater section is in middle level of lead and administration part is in high level of cadmium pollution. mC_d and IPI indices comparison showed that the preheater and administration pollutions were more than others. In general, the maximum concentration of lead and cadmium are detected in the preheater and administration parts of factory.

Keywords: Cement factory, Lead, Cadmium, Pollution Index

*Email: fyadegarnia@yahoo.com