علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره یازدهم، شماره سه، پاییز ۸۸

بررسی تغییرات غلظت سرب، روی، مس و کادمیوم در محیط زیست شهری کرمان

محمد علی حمزه[۱]*
mohammadalihamzeh@yahoo.com
محمد میرزائی[۲]
حسین مظفری[۳]

تاریخ دریافت:۸۶/۵/۳۰ **تاریخ پذیرش:۸۶/۹/۵**

چکیده

در دست داشتن اطلاعات در خصوص توزیع فلزات سنگین مانند سرب، روی مس و .. در محیط های شهری می تواند ما را در مدیریت توسعه پایدار و ایجاد محیط زیست امن تر برای ساکنان شهرها کمک نماید. در این تحقیق موضوع غلظت فلزات سنگین در خاک، سنگ، رسوب و آب های سطحی و زیرزمینی که می تواند در اثر آلودگی های طبیعی و انسانی ایجاد شده باشد، در محدوده شهری کرمان مورد بررسی قرار گرفته است. غلظت فلزات سنگین در نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی شعله ای و تعدادی نیز توسط طیف سنج جرمی پلاسمایی اندازه گیری شد. این غلظت ها با محدوده مجاز داده های زیست محیطی مقایسه گردید. سنگ های منطقه (به خصوص سنگ آهک) نسبتاً دارای مقادیر کم این فلزت است که مطابق با عیار طبیعی آن هاست. در این تحقیق مشخص گردید که خاک های شهر کرمان دارای ناهنجاری بالای برخی فلزات سنگین به ویژه سرب می باشد که این تجمع فلزات در اثر رشد ترافیک و فعالیت های اقتصادی و صنعتی در این محدوده است. مشخصات مهم چرخه ژئوشیمی و زیست محیطی شهر کرمان شامل محدوده pH نسبتاً زیاد آب باران(حدود۶/۸)، میزان زیاد سرب و مس در گرد و خاک (سرب بیش از ppm ۷۰ و مس بیش از ppm ۸۰)، تعدادی داده های ناهنجار سرب در آب های جاری و زیرزمینی (مقدار سرب در آب های سطحی۰/۰۱-۰/۰۱۲ و در آب های زیرزمینی ppm ۰/۰۱-۰/۱۳)، مقدار بسیار زیاد سرب (بیش از ppm ۱۰۰۰۰) در برخی نمونه های خا ک و رسوب می باشد. آلوده ترین و خطرناکترین اجزای چرخه شامل حوضچه تقسیم آب بعد از پادگان ۱۰۵ارتش در سرآسیاب (غلظت سرب و روی بیش از ppm ۱۰۰۰۰) و خاک های نزدیک مغازه

۱-کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی , دانشگاه شهید باهنر کرمان*(مسئول مکاتبات)
2- دانشیار بخش شیمی , دانشکده علوم , دانشگاه شهید باهنر کرمان و عضو هیئت علمی گروه محیط زیست مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی
۳- مربی پژوهشی مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی

های باطری سازی، تعویض روغنی و نقاشی اتومبیل (مقدار سرب بیش از ppm ۵۰۰۰) می باشد. اما در این میان غلظت کادمیوم در محدوده شهر کرمان ناهنجاری چندانی را نشان نمی دهد. دیگر منابع آلاینده ممکن، در ارتباط با آبشویه ها، فاضلاب و محل های تجمع و دفن زباله حاصل از بناهای قدیمی و مراکز صنعتی می باشد. ناهنجاری های غلظت این عناصر در نمونه های مختلف به صورت سرب< مس< روی < کادمیوم می باشد و غلظت اکثر این عناصر بیش از مقدار بیشینه غلظت اعلام شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده است. در نهایت از سیستم GIS جهت ارزیابی کیفیت محیط زیست شهر کرمان استفاده شد.

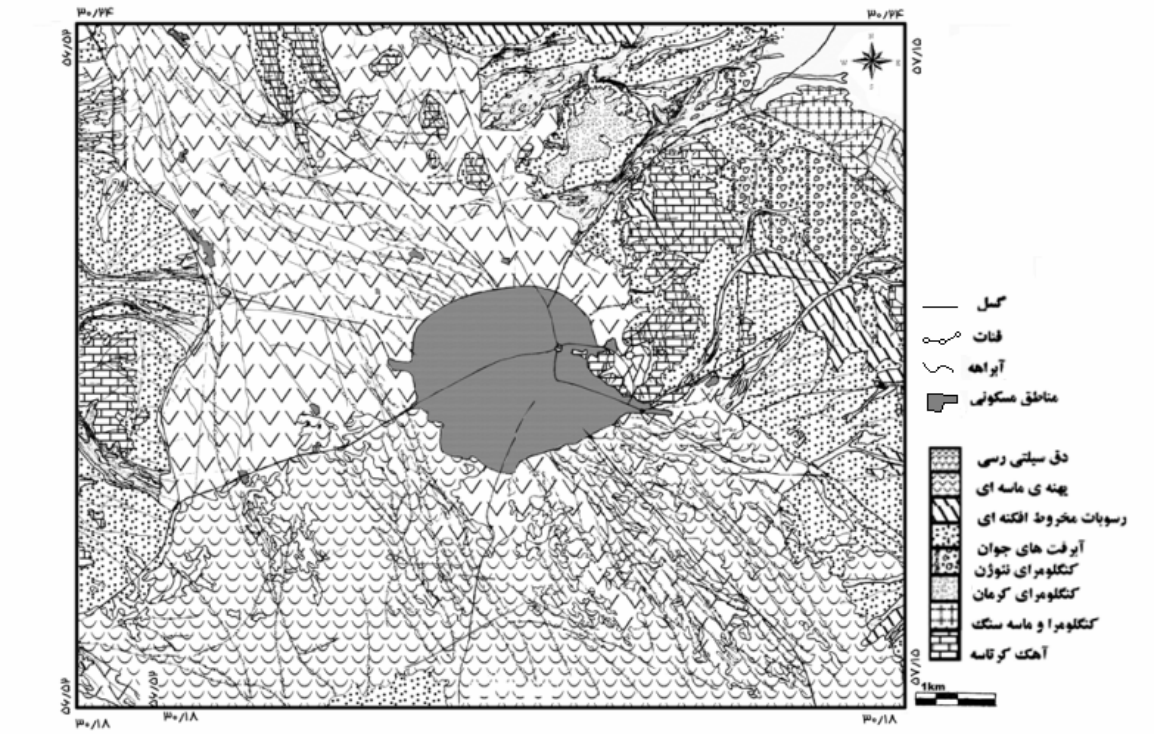
واژه های کلیدی: چرخه ژئوشیمیائی، فلزات سنگین، شهر کرمان، سیستم اطلاعات جغرافیائی(GIS).

مقدمه

گسترش روزافزون شهرها، رشد سریع شهر نشینی و انقلاب صنعتی باعث ایجاد اثرات فراوان زیست محیطی در داخل و اطراف شهرها گردیده است. ته نشست انواع آلاینده ها از منابع مختلف آلوده کننده، به علاوه انتقال از طریق محلول باعث آلودگی محیط های شهری به وسیله فلزات سنگین مانند سرب، روی، مس، کادمیوم و ... گردیده است (۱). پایداری زیاد این فلزات در آب، خاک و حتی بدن جانداران باعث ایجاد خطرات عمده در محیط زیست و سلامت انسان می شود. در دست داشتن اطلاعات در خصوص توزیع فلزات در محیط شهری می تواند ما را جهت مدیریت توسعه پایدار و ایجاد محیط زیست امن تر برای ساکنان شهر ها کمک نماید (۲). زمین را می توان به عنوان یک کارخانه بیوژئوشیمیایی در نظر گرفت که انرژی بیرونی آن به وسیله خورشید تأمین می شود. این سامانه ترمودینامیکی باعث حرکت بادها، جریان های اقیانوسی و چرخه های آب، خاک و هوا می گردد. آب در این سیستم به عنوان یک واکنش گر قوی مطرح می باشد. به دلیل تابش مداوم خورشید که به انرژی گرمایی تبدیل می شود، زیست کره چرخه های بیولوژیکی و مواد را به چرخه های دیگر بیوژئوشیمیائی متصل می نماید. فرسایش مکانیکی به عنوان یک آسیاب پودر کننده عمل می نماید و وجود آب باعث تسریع در فرسایش به وسیله فرسایش شیمیایی می گردد. واکنش های دیگر شامل فرایند های بیولوژیکی است که میزان دی اکسید کربن و اکسیژن جو را تنظیم می نماید (۳). مهم ترین جنبه زمین شناسی زیست محیطی، مطالعه واکنش متقابل بین انسان و فن آوری انسانی با محیط زیست می باشد که بیشترین نمود آن در شهرها یافت می شود (۴). مطالعه چرخه ژئوشیمیایی زیست محیطی در حقیقت بهترین روش برای مطالعه محیط زیست مناطق شهری به شمار می آید که شامل مطالعه نحوه انتقال گونه های ژئوشیمیایی بین محیط های مختلف مانند سنگ کره، آب کره، هواکره، زیست کره و از همه مهم تر، اثرات فعالیت های انسانی بر روی این چرخه است (۱). در حقیقت فعالیت های انسانی باعث ایجاد تغییرات در راه هائی می گردد که در آن ماده و انرژی مصرف می گردد و یا بین محیط های مختلف منتقل می شود (۵).

محدوده شهر کرمان بین عرض جغرافیایی ۳۰/۲۸-۳۰/۱۰ شمالی و طول ۵۷/۱۸-۵۶/۵۳ شرقی واقع شده است. متوسط میزان بارندگی در شهر کرمان ۱۵۸ میلی متر، رطوبت هوا ۳۱٪ و میزان درجه حرارت نیز از ۴- تا ۴۰ درجه متغیر است. جهت وزش باد نیز در اغلب اوقات از سمت شمال غرب و غرب می باشد (۶). از نظر زمین شناسی شهر کرمان در یک دشت گرابنی واقع شده است که در اثر عملکرد گسل های مستقیم و ثقلی در دو طرف آن به وجود آمده است(شکل شماره۱). در اطراف شهر کرمان رخنمون های سنگی مختلفی مانند آهکهای ریفی کرتاسه (کوه طاق علی، سعیدی، کمر سیاه و حوض دق) کنگلومرای کرمان با سن پالئوسن(کوه بالای بنه) و رخنمون هایی از کنگلومرای جوان با سن نئوژن مشاهده می گردد. قسمت اعظم دشت کرمان بر روی رسوبات تبخیری پلایایی واقع شده است که به خصوص در قسمت های جنوبی دشت رسوبات ماسه ای بادی گسترش دارد و در حال پیشروی به سمت شهر می باشد (۷). در حد فاصل بین کوه و دشت نیز

رسوبات آبرفتی وجود دارد که مرز آن ها را با ارتفاعات، گسل های فعال تشکیل می دهد (۸). رسوبات پلایایی حاصل تخریب شیمیایی و رسوبات بادی حاصل تخریب مکانیکی این آبرفت ها می باشد (۷). ارتفاع متوسط دشت از سطح دریا ۱۷۴۰ متر است (۶). در این تحقیق میزان غلظت تعدادی از فلزات سنگین به علاوه برخی عوامل کیفیت آب (در محیط های آبی) در محیط های مختلف ژئوشیمیایی مربوط به محدوده شهر کرمان و نحوه انتشار و انتقال این آلاینده ها بین این محیط ها و نقش فعالیت های انسانی در غلظت آلاینده ها در محدوده شهر کرمان بررسی گردید. آلودگی های انسان زاد این محیط ها فقط زمانی مشخص می گردد که میزان طبیعی ویا مقدار مجاز عناصر در محیط های مختلف ژئوشیمیایی در دست باشد. بنابراین دانستن چرخه های طبیعی وانسانی این عناصر و اندازه مخازن طبیعی آن ها برای فهم بهتر مشکلات عدیده زیست محیطی ضروری به نظر می رسد (۳). به طور کلی مناطق شهری از نظر مطالعات زیست محیطی محیط های بسیار پیچیده ای می باشد که بررسی کامل و دقیق ژئوشیمیایی این محیط ها و تعیین میزان آلودگی در آن مستلزم صرف هزینه و زمان بسیار زیادی است که باید حداقل در دوره های زمانی ۵ ساله انجام گردد. اما تا کنون علی رغم اهمیت فوق العاده موضوع، مطالعات چندانی در این زمینه در کشور ما انجام نگرفته است. هدف از این مطالعه بررسی چرخه ژئوشیمیایی فلزات سنگینی نظیر سرب، روی، مس و کادمیوم در محیط های مختلف ژئوشیمیایی زیست محیطی محدوده شهر کرمان می باشد.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی محدوده شهر کرمان

روش بررسی

الف- جمع آوری نمونه ها: در این تحقیق جمعاً ۱۴۲ نمونه برداشته شد که شامل ۱۱ نمونه گیاه (برگ درخت نارون)، ۵ نمونه سنگ (۴ نمونه سنگ آهک و یک نمونه کنگلومرا)، ۲۴ نمونه رسوب (۶ نمونه رسوب بادی، ۱۴ نمونه آبرفت و ۴ نمونه رسوبات پلایایی)، ۲ نمونه گرد و خاک موجود در هوا، ۱۹ نمونه آب (۱۴ نمونه آب زیرزمینی، ۳ نمونه آب سطحی و ۲ نمونه آب باران) و ۵۵ نمونه خاک (۳۹ نمونه خاک مناطق مسکونی و ۱۶ نمونه خاک مناطق آلاینده) می باشد. نمونه های خاک و رسوب همگی از سطح برداشته شد. تعداد ۲۶ نمونه خاک و رسوب نیز از عمق ۲۰-۱۵ سانتی متری خاک

برداشته شد تا تفاوت میزان غلظت این عناصر در سطح و عمق و نقش برخی کلوئیدها در جذب این عناصر مشخص گردد. نمونه های جامد در بسته های پلاستیکی محکم و نمونه های آب در بطری های پلی اتیلن شسته شده با اسید نیتریک کاملاً خالص، جمع آوری گردید.

ب- آماده سازی نمونه ها: نمونه های سنگ، رسوب و خاک پس از خشک شدن در برابر نور آفتاب و آسیاب، به وسیله روش هضمB۳۰۵۰ (۹) به وسیله اسید نیتریک، اسید کلریدریک و آب اکسیژنه در درجه حرارت حدود ۹۵ درجه سانتی گراد در دستگاه بازیافت بخار[1] هضم گردید و پس از عبور از کاغذ صافی و رسیدن به حجم معین، جهت تجزیه شیمیایی آماده گردیدند. نمونه های گیاهی نیز پس از خشک شدن در برابر نور آفتاب و خردایش توسط مخلوط ۱/۳ از اسید پرکلریک و نیتریک در دمای اتاق هضم گردیدند و پس از عبور از کاغذ صافی و رسیدن به حجم معین، جهت تجزیه شیمیائی بوسیله دستگاه جذب اتمی شعله ای آماده شدند. در مورد نمونه های آب نیز بلافاصله پس از برداشت، دما و pH آن ها اندازه گیری شد و توسط اسید نیتریک کاملاً خالص، pH آن ها به کمتر از ۲ رسید و پس از عبور از کاغذ صافی جهت تجزیه شیمیائی آماده شدند.

ج- تجزیه شیمیایی نمونه ها: پس از آماده سازی نمونه ها، غلظت فلزات سنگین و کاتیون های اصلی آب در آزمایشگاه گروه محیط زیست مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی به وسیله دستگاه جذب اتمی شعله ای[2] (برای نمونه های سنگ، آبرفت، خاک، گیاه) و دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی[3] (برای نمونه های آب) اندازه گیری شد و تعداد ۱۱ نمونه سنگ، خاک و رسوب نیز جهت سنجش میزان صحت و هنجار سازی داده ها جهت تجزیه بروش طیف سنج جرمی پلاسمایی[4] به کشور کانادا ارسال گردید. میزان آنیون ها و برخی دیگر عوامل کیفیت آب توسط آزمایشگاه سازمان محیط زیست کرمان اندازه گیری شد. بر روی ۵ نمونه رسوب بادی و پلایایی نیز آزمایش تفریق اشعه ایکس (XRD) جهت شناسائی کانیهای تشکیل دهنده آن ها انجام گرفت.

غلظت عناصر مختلف در محدوده شهر کرمان توسط جداول و نمودارهای مختلف بررسی و با استانداردهای جهانی مقایسه گردید. در نهایت و به منظور ایجاد درک بهتری از روند تغییرات غلظت این فلزات در محیط زیست شهری کرمان، نقشه ژئوشیمیایی زیست محیطی این فلزات سنگین در سنگ، خاک و رسوب محدوده شهر کرمان به کمک نرم افزار Arcview GIS تهیه شد.

نتایج

در جدول ۱ غلظت برخی فلزات سنگین در گردو خاک، سنگ و رسوبات محدوده شهر کرمان آمده است. همان طور که در جدول مشاهده می شود، غلظت اکثر این عناصر به خصوص سرب و مس در گرد و خاک شهر در مقایسه با عیار طبیعی پوسته زمین و متوسط غلظت در رسوبات اطراف شهر کرمان بسیار بالاست. در محیط های با اقلیم گرم و خشک مانند کرمان که فرسایش بادی عامل اصلی فرساینده محسوب می گردد، باد می تواند توسط فرسایش خاک مناطق آلوده، مانند زمین های خالی داخل شهر که در حال حاضر به زباله دانی تبدیل شده اند، مناطق صنعتی مانند کارخانه سیمان و صنایع جنبی مس و برخی واحد های کوچک مانند باطری سازی ها، پمپ بنزین ها و ... مقادیر زیادی آلاینده ها مانند زباله های فلزی اکسید شده، مواد سمی، فضولات انسانی و جانوری و بقایای اجساد تجزیه شده جانوران را به مناطق مختلف منتقل نماید. همچنین باغ های پسته فراوان اطراف شهر که اکثراً در جهت بالا دست باد گسترش دارد، می تواند مقادیر زیادی کودهای آلی و شیمیایی و افت کش ها را وارد

1- vapor recovery device
2 -Flame atomic absorption spectrometry (FAAS)
3-Graphit furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS)
4 -Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)

هـــوا سازد و باعث انتشار آلاینده هـــا در خاک و هـــوا شـود. استفاده مفرط از کودهای شیمیایی جهت رفع مشکلات کمبـود مواد غذایی در خاک های حومه شهر کرمان نیز می تواند باعـث آلودگی خاک گردد. کودهای فـسفاته و پتاسـیم دار مـی توانـد حـاوی مقـادیری مـواد رادیواکتیـو ماننـد K^{40} و Ra^{226} باشـد. همچنین کودهای فسفاته و پتاسیم دار دارای کـادمیوم، مـس و جیوه است که در خاک رها می شـود (۱۰). البتـه مهـم تـرین عامل افزایش سرب در گرد و خاک شهر کرمان ترافیک و حرفـه های وابسته به آن است که انتظار رشـد بـی رویـه آن در سـال های آتی می رود.

جدول ۱-غلظت برخی فلزات سنگین در گرد و خاک، سنگ و رسوبات محدوده شهر کرمان(بر حسبppm)

فلزات سنگین	غلظت در گرد و خاک شهر	غلظت در سنگ های محدوده شهر		غلظت در رسوبات آبرفتی		غلظت در رسوبات پلایایی		غلظت در رسوبات بادی		عیار طبیعی در پوسته
		سنگ آهک	کنگلومرای جوان	تغییرات	میانگین	تغییرات	میانگین	تغییرات	میانگین	
Cd	۰/۳۱	۰/۵۱	۰/۶۵	۰/۲۹-۰/۴۷	۰/۳۳	۰/۲۲-۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۱۴-۰/۲۶	۰/۲	۰/۲
Cu	۸۳	۱/۷۵	۳۶۳	۲۴/۷-۵۴/۶	۴۱/۵	۲۲/۵-۴۱	۳۲	۳۰-۳۸/۱	۳۴/۵	۵۵
Pb	۷۷	۱۲	۲۳۵	۱۲/۱-۸۶	۴۳	۲۸-۳۵	۳۱/۵	۱۷-۲۷	۲۰	۱۲/۵
Zn	۱۲۰	۱۵	۳۸۵	۳۹-۹۹	۶۴	۵۱-۶۵	۵۸	۴۹-۶۶	۵۸	۷۰

میزان غلظت فلزات سنگین در پوسته بر اساس (۱۱) آمده است.

آلاینده های موجود در هوا می تواند از طریق رسوب گذاری خشک (ته نشست جوی) و مرطوب (آب باران) با دیگر چرخه های ژئوشیمیایی زیست محیطی مرتبط گردد. در جدول ۲ میزان غلظت این فلزات در آب باران شهر کرمان آمده است که نسبت به میانگین جهانی آن رقم نسبتاً پایینی است. بعد از این مرحله عناصر و ترکیبات وارد چرخه آب های سطحی و زیرزمینی می شود. به دلیل خشکی زیاد شهر کرمان، میزان آب های سطحی بسیار ناچیزاست. این آب ها محدود به دو جوی آب یکی در شرق شهر کرمان (ده بالا و محله سرآسیاب) و جنوب دشت کرمان می شود. نتایج تجزیه شیمیایی این آب ها در جدول ۲ آمده است. میزان آلاینده های آب در جوی آب سرآسیاب به دلیل ورود آلودگی در امتداد مسیر آن توسط زباله های ریخته شده در اطراف آن، ورود آلاینده ها در هنگام عبور جوی آب از داخل پادگان ارتش و همچنین آلودگی در ابتدای ورود به محله سرآسیاب در حوضچه تقسیم آب، نسبت به جوی دیگر بسیار بیشتر است، به طوری که غلظت سرب و روی در رسوبات کف حوضچه تقسیم آب در این محل بیش از ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. به علاوه غلظت عنصر آرسنیک در رسوبات این محل ppm ۴۶۴ می باشد (۷)، که در مقایسه با عیار طبیعی آن در پوسته (ppm ۱/۸) رقم بسیار بالایی است.

آب مصرفی شهر کرمان در گذشته به وسیله قنوات متعدد موجود در دشت کرمان تأمین می شده که در حال حاضر به دلیل مصرف بی رویه آب خصوصاً در بخش کشاورزی (باغ های پسته) اکثر آن ها خشک شده و به صورت متروکه در آمده، به طوری آب دهی بیش از ۹۰٪ این قنوات کمتر از ۴۰ لیتر در ثانیه است (۶). در حال حاضر آب مصرفی شهر از طریق چاه های عمیق واقع در جنوب شهر کرمان تأمین می شود. چاه هایی که در آبرفت های حاشیه دشت حفر می شود، دارای املاح بسیار کمتری به نسبت چاه های حفر شده در دشت پلایایی می باشد که به دلیل تماس زیاد با واحدهای تبخیری و کربناتی زیر زمین دارای املاح نسبتاً بالایی است (۱۲). عمق برخورد به آب در ابتدای دشت کرمان یعنی در جنوب آن ۹۰-۸۰ متر، در مرکز دشت ۳۵-۲۶ متر و در قسمت های خروجی دشت ۹۰-۸۴ است. با توجه به این آمار دلیل کاهش عمق آب در مرکز دشت، ورود فاضلاب های خانگی و صنعتی به آب های

زیرزمینی توسط چاه های جذبی می باشد. کیفیت آب در ابتدای دشت (ماهان) بهتر از سایر نقاط است و در قسمت های خروجی دشت یعنی در محل کفه سیلتی رسی همراه با کانی های تبخیری، بسیار نامطلوب تر می شود، به طوری که گاهی حتی برای کشاورزی هم نامناسب می باشد (۶).

جدول ۲- غلظت برخی عوامل کیفیت آب در محیط های آبی محدوده شهر کرمان و مقایسه با استانداردهای جهانی(تمام غلظت ها برحسب ppm است به جز هدایت الکتریکی که برحسب میکروزیمنس بر سانتی متر است و pH که واحد ندارد)

عوامل کیفیت آب	آب باران		آب های جاری			آب های زیرزمینی		مرز مجاز آب آشامیدنی
	در شهر کرمان	متوسط جهانی	تغییرات در شهر کرمان	متوسط در شهر کرمان	میانگین جهانی	تغییرات در شهر کرمان	متوسط در شهر کرمان	
Cd	۰/۰۰۱	-	۰/۰۰۱-۰/۰۰۲	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲-۰/۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵
Cu	۰/۰۰۹	۰/۱	۰/۰۰۶-۰/۰۰۷	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵-۰/۱	۰/۰۲	۱
Pb	۰/۰۰۵۴	۰/۰۲	۰/۰۱-۰/۱۲	۰/۰۴۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱-۰/۱۳	۰/۰۴۷	۰/۰۵
Zn	۰/۰۲۲	۰/۲	۰/۰۰۱-۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۰۰۱-۰/۲۸	۰/۰۳۶	۵
Ca^{2+}	۰/۲	۰/۰۲-۴	۲۷/۸-۵۶/۲	۴۴/۸	۱۵	۳۹-۲۴۰	۱۳۶	۲۰۰
Mg^{2+}	۰/۲۴۳	۰/۰۰۵-۲	۱۸/۶-۲۹/۳	۲۳/۹	۶/۳	۵۵-۳۰۵	۱۶۴	۱۵۰
Na^{+}	۰/۹۲	۰/۰۲-۳۰	۳۴-۸۰/۵	۵۲/۵	۶/۵	۹۲-۵۷۷	۳۸۰	۲۰۰-۲۰
K^{+}	۰/۳۹	۰/۰۲-۲	۱۷/۴-۱۵/۳	۱۶/۶	۲/۳	۱۱/۷-۲۹	۲۶	۱۲
SO_4^{2-}	۴۸/۴	۰/۱-۳۰	۳۹/۲-۷۴	۵۳/۷	۱۱/۲	-	-	۲۵۰
Cl^{-}	۵	۰/۲-۶۰	۴۴/۴-۸۸/۷	۶۵	۷/۸	-	-	۲۵۰
NO_3^{-}	-	-	۰/۲۹-۲	۰/۹۵	-	-	-	۱۰
HCO_3^{-}	۷/۳۲	-	۸۴-۱۱۰	۹۴/۲	۵۸/۴	-	-	-
BOD	-	-	۱/۶-۱/۷	۱/۷	-	-	-	۳
COD	-	-	۲/۳-۲/۵	۲/۴	-	-	-	-
TH	۵/۷	-	۱۳۰-۱۹۰	۱۶۵	-	-	-	-
EC	۲۷	<۱۰	۴۴۸-۹۳۶	۶۲۰	-	۱۲۳۰-۶۵۱۰	۳۳۴۲	۷۵۰
pH	۶/۸	۵/۶	۷/۷-۸/۵	۸	۴-۸	۷/۱-۷/۸	۷/۳	۶/۵-۸/۵
TDS	۳۴/۸	-	۲۸۷-۶۰۰	۴۰۰	-	۷۸۷-۴۱۶۶	۲۱۴۲	۵۰۰

میزان غلظت طبیعی عوامل مختلف در آب های جاری و حد مجاز آب های آشامیدنی بر اساس (۱۳) آمده است.

فاضلاب های خانگی، آب شویه های مناطق مسکونی و خیابان ها، آب آلوده به فاضلاب کارخانجات و تأسیسات بهداشتی و زباله های شهری را می توان از مهم ترین منابع آلاینده آب زیرزمینی شهر کرمان دانست. در شهر کرمان به دلیل نبود سیستم تخلیه فاضلاب و استفاده از چاه های جذبی سطح آب زیرزمینی شهر کرمان در حال بالا آمدن است، به طوری که در محله بداغ آباد سطح آب زیرزمینی تا نزدیک سطح زمین (عمق کمتر از ۱۰ متر) رسیده و باعث ایجاد خساراتی به سازه های شهری و مهندسی گردیده است. میزان عناصر و املاح مختلف در آب های زیرزمینی شهر کرمان در جدول ۲ آمده است. با توجه به ضرایب همبستگی عناصر مختلف با املاح آب می توان گفت به جز کادمیوم که دارای

ضریب همبستگی ۰/۷۶۳ با کل جامد محلول(TDS)، است عناصر سرب، روی و مس دارای همبستگی ضعیفی با املاح آب هستند که بیانگر ورود از طریق آلودگی است. به طور مثال غلظت سرب در آب زیرزمینی محل پمپ بنزین شهید رجایی ۰/۱۳ میلی گرم در لیتر می باشد که بیانگر ورود بنزین به سفره آب زیرزمینی محل است. البته نباید از نقش کلوئید های خاک به خصوص کانی های رسی در خاک های شهر کرمان که باعث جذب این عناصر و جلوگیری از ورود زیاد آن ها به آب های زیرزمینی می شود، به سادگی گذشت.

چرخه سنگ و رسوب تأمین کننده مقادیر طبیعی عناصر در محیط های مختلف می باشد. همان طوری که گفته شد، قسمت اعظم رخنمون های سنگی اطراف شهر کرمان را سنگ های آهکی تشکیل می دهد. از دیدگاه ژئوشیمیایی سنگ های آهکی محیط مناسبی برای تمرکز اکثر عناصر نمی باشد (۱۴)، لذا غلظت عناصر مورد نظر در این سنگ ها بسیار ناچیز است (جدول ۱). قسمتی از رخنمون های سنگی اطراف شهر نیز مربوط به کنگلومرای جوان می باشد. میزان فراوان اکسیدهای آلومینیوم، آهن، سیلیسیوم و عناصر قلیایی مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بیانگر وجود کانی های رسی فراوان به عنوان سیمان و یا قطعات آواری در این سنگ ها ست که جایگاه مناسبی برای تمرکز فلزات سنگین می باشد (۷). البته این رخساره سنگی به دلیل گسترش کم و دوری از شهر نقش چندانی در تغییر غلظت عناصر در رسوبات و خاک های شهر کرمان ندارد. همان طور که گفته شد رسوبات محدوده شهر کرمان شامل رسوبات تبخیری پلایایی، آبرفتی و بادی می باشد و قسمت اعظم شهر کرمان بر روی رسوبات تبخیری بنا شده است که حاصل تخریب شیمیایی رسوبات آبرفتی می باشد. این آبرفت ها نیز در اثر فرسایش سنگ های آهکی اطراف شهر ایجاد شده است. در جدول ۱ غلظت عناصر انتخابی در رسوبات مختلف شهر کرمان آمده است. pH بالا و مقادیر زیاد کانی های رسی در این رسوبات باعث تحرک کم فلزات سنگین در این محیط ها شده است.

خاک در محیط های شهری به عنوان یکی از مهم ترین محیط های ژئوشیمیایی است که اثرات مستقیم و غیر مستقیم زیادی بر محیط زیست شهرها و سلامتی ساکنا ن آن دارد. خاک به عنوان یکی از اجزای مهم محیط زیست، مهم ترین دریافت کننده پسمان های صنعتی و کشاورزی است. این مواد به محض ورود به خاک جزئی از چرخه ای می شود که به صورت های گوناگون حیات را تحت تأثیر قرار می دهد (۴). در جدول ۳ میزان برخی فلزات سنگین در خاک های مختلف شهر کرمان آمده است. با توجه به ضریب همبستگی پایین این عناصر می توان نتیجه گرفت اکثر غلظت این عناصر مربوط به آلودگی انسانی است. مهم ترین منابع آلودگی خاک در شهر کرمان عبارتند از ترافیک وسایل نقلیه موتوری، منابع خانگی، منابع کشاورزی، واحدهای تولیدی و صنعتی و جمع آوری و انباشت غیر بهداشتی زباله ها. آلاینده های حاصل از استهلاک قطعات ماشین نیز منبع دیگر آلودگی خاک است که کمتر بدان توجه شده است. در شهر ها فلزات سنگینی مانند سرب که از بنزین حاوی سرب می آید، مس، روی و کادمیوم که از استهلاک قطعات ماشین مانند سایش لاستیک ها، لنت ها و روغن موتور در جو رها می شود، از منابع مهم آلودگی خاک در محیط های شهری می باشد (۱۵). علاوه بر آلودگی های مستقیم حاصل از ترافیک، واحدهائی مانند پمپ بنزین ها، تعویض روغنی ها، باطری سازی ها و نقاشی و صافکاری اتومبیل نیز که به طور غیر مستقیم با ترافیک در ارتباط اند نیز از منابع بسیار مهم آلودگی خاک های شهری به شمار می روند. غبار حاصل از مراکز تولید آهک، گچ و سیمان می تواند علاوه بر آزاد سازی عناصر خطرناک (به خصوص در مورد سیمان) باعث مسدود شدن تدریجی خلل و فرج سطح خاک و بروز اختلال در تهویه خاک شود. ریخت و پاش هایی که هنگام سوخت رسانی به واحدهای تولیدی انجام می گیرد، انباشت غیر اصولی مواد اولیه و باطله های معدنی هر کدام می تواند باعث آلودگی محلی خاک شود (۱۰). با توجه به جدول ۳ می توان مشاهده نمود که برخی واحدهای مرتبط با ترافیک شهر کرمان

توانایی بالا بردن غلظت اکثر فلزات سنگین (مخصوصاً سرب و مس) تا حد ۱۰۰۰-۱۰۰ برابر عیار طبیعی را دارند.

جدول ۳- غلظت برخی فلزات سنگین در خاک های مختلف محدوده شهر کرمان(بر حسب ppm)

		Cd	*Cu*	*Pb*	*Zn*
غلظت در مناطق مسکونی و پارک ها	تغییرات در شهر کرمان	۰/۲۶-۰/۳۷	۳۹-۱۰۴/۵	۴۴-۲۳۳	۴۲-۲۵۲
	متوسط در شهر کرمان	۰/۳۲	۶۷	۹۶/۵	۱۳۲
	میانگین جهانی غلظت در شهرها	۲	۱۰۰	۵۰۰	۵۰۰
غلظت در خاک های کشاورزی	تغییرات در شهر کرمان	۰/۲۶-۰/۲۹	۴۵-۵۰	۴۹-۶۰	۱۶۳-۱۶۹
	متوسط در شهر کرمان	۰/۲۷۵	۴۸/۹۵	۵۴/۵	۱۶۶
	متوسط جهانی خاک های زراعی	۳	۱۵۰	۳۷۵	۶۰۰
غلظت درخاک های مقابل پمپ بنزین	تغییرات	۰/۲۴-۰/۴	۲۳-۱۲۷	۸۵-۱۲۴۷	۶۴-۱۰۸
	متوسط	۰/۳۳	۶۴	۴۴۳	۷۵
غلظت درخاک های مقابل تعویض روغنی	تغییرات	۰/۳۳-۰/۵۱	۵۴-۱۵۸	۷۳-۴۵۳	۴۵-۳۱۸
	متوسط	۰/۴۲	۸۷	۱۹۳	۱۲۵
غلظت درخاک های مقابل نقاشی اتومبیل	تغییرات	۰/۲-۰/۴۶	۳۳۱-۸۵۴	۲۰۵-۱۴۶۸	۵۹-۱۸۳
	متوسط	۰/۳۱	۵۸۶	۶۴۰	۱۰۰
غلظت درخاک های مقابل باطری سازی	تغییرات	۰/۴۷-۰/۹۸	۵۳۲-۷۵۳	۵۷۸۰-۳۵۲۰	۷۰-۴۷۹
	متوسط	۰/۷۴	۶۴۳	۴۷۰۰	۳۳۷
عیار طبیعی درخاک		۰/۵	۳۰	۲۵	۶۰

میانگین جهانی غلظت در شهرها بر اساس (۱۳) آمده است.

دراین تحقیق تعدادی نمونه از برگ درخت نارون جمع آوری گردید که بیشترین فراوانی را در خیابان های شهر دارد. بر این اساس متوسط غلظت سرب، روی، مس و کادمیوم در برگ درخت نارون به ترتیب ۱۴/۶، ۹۰، ۲۷ و ۰/۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه شد. با مقایسه این غلظت ها با عیار متوسط این عناصر در خاک های شهر کرمان عامل انتقال یعنی میزان عنصر در گیاه تقسیم بر میزان همان عنصر در خاکی که گیاه در آن روییده است، محاسبه گردید که برای عناصر یاد شده به ترتیب ۰/۱۵، ۱/۲۵، ۰/۴ و ۰/۵۳ برآورد شد. با توجه به عامل انتقال مشاهده می شود به جز عنصر روی که یک عنصر اساسی برای گیاهان به حساب می آید، مقدار دیگر عناصر در خاک بیش از برگ درخت نارون می باشد. این بدان معناست که درخت نارون تمایل چندانی برای جذب این عناصر از خود نشان نمی دهد. لازم به ذکر است که عناصر می توانند از طریق گرد و خاک و یا باران نیز مستقیماً از طریق برگ جذب گیاه شوند.

تفسیر نتایج

هوا را می توان آغازگر چرخه ژئوشیمیایی برشمرد. در شهرها فعالیت های انسانی متعدد مانند احتراق سوخت های فسیلی، فعالیت های صنعتی و اتومبیل ها می تواند هوا را آلوده سازد. این آلودگی ها می تواند به طور غیر مستقیم از طریق آلودگی خاک و انتشار این آلودگی ها توسط باد به صورت هواویزه به خصوص در شهر های گرم و خشک مانند کرمان وارد هوا گردد. مهم ترین دلیل پائین بودن غلظت فلزات سنگین در آب باران شهر کرمان انحلال پذیری کم این عناصر در آب باران شهر به دلیل pH بالای آن است که این امر به نوبه خود به خاطر وجود املاح قلیایی فراوان در آب باران است. دلیل بالا بودن املاح آب باران وجود مقادیر زیاد این املاح در هوا در اثر

فرسایش بادی شدید محیط های پلایایی دشت کرمان می باشد. البته این املاح به خصوص آنیون سولفات می تواند از طریق فعالیت های انسانی مانند کارخانه سیمان و یا واحد های متعدد تولیدی گچ و آهک و معادن سنگ تزیینی جاده سعیدی وارد هوا شود(جدول ۲). دلیل دیگر کمبود فلزات سنگین در آب باران، کمبود این عناصر در محیط های مختلف به خاطر کم توسعه یافتگی شهر کرمان به نسبت میانگین جهانی است.

در چرخه آب شناسی محدوده شهر کرمان میزان کادمیوم در اکثر نمونه ها در حد عیار طبیعی است. با توجه به همبستگی نسبتاً زیاد عنصر کادمیوم با کل جامد محلول(TDS) در آب جوی در شرق شهر کرمان (r=./۹۹۸) می توان منشأ این عنصر را به انحلال واحدهای سنگی (شیل و کنگلومرا) و آبرفتی بالادست آن نسبت داد. مقدار مس و روی هم در اکثر نمونه های آب سطحی و زیرزمینی (به جز در آب زیرزمینی محل پمپ بنزین شهید رجائی) در حد طبیعی است. غلظت سرب در نمونه های آب زیرزمینی در بسیاری نقاط ناهنجاری هائی را نشان می دهد که به دلیل ورود از طریق آلاینده های انسانی مانند بنزین(در پمپ بنزین شهید رجایی) و احتمالاً ورود فاضلاب های خانگی و صنعتی به آب های زیرزمینی است. در عین حال باید خاطر نشان ساخت که فاضلاب تعدادی از بیمارستان ها نیز(مانند بیمارستان شفا، ارجمند کرمانی و شهیدباهنر شماره ۳) به چاه های فاضلابی که در داخل محوطه بیمارستان حفر گردیده، تخلیه می شود که این امر خطر آلودگی میکروبیولوژیکی منابع آب زیرزمینی را به شدت افزایش می دهد (۱۰). فاضلاب بسیار واحدهای تولیدی و صنعتی نیز بدون تصفیه وارد زمین می شود. به طور مثال در کشتارگاه کرمان طبق آمار سال ۱۳۷۴، روزانه ۱۰۰ رأس گاو و حدود ۱۰۰۰ رأس گوسفند ذبح می شوند. مقدار مصرف روزانه آب در این واحد بین ۱۵۰-۱۳۰ هزار لیتر (به ازای هر رأس حدود ۴۰۰لیتر) برآورد گردیده که تقریباً ۱۰۰٪ آن به فاضلاب تبدیل شده و نیازمند تصفیه اساسی می باشد. با توجه به این که بار آلودگی فاضلاب کشتارگاه بسیار بالاست (BOD_5 آن متجاوز از ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد) عدم تصفیه فاضلاب در این واحد غیر قابل توجیه است (۷). احتمال آلودگی آب زیرزمینی توسط سنگ بستر بسیار ناچیز می باشد زیرا بر اساس مطالعات انجام شده، سنگ بستر شهر کرمان در اکثر نقاط آهکی است (۱۶) که میزان فلزات سنگین در آن به طور طبیعی کم می باشد. آلودگی آب های سطحی به دلیل ریختن زباله در مسیر جوی آب سرآسیاب و در محل حوضچه آب می باشد. غلظت املاح آب مانند کاتیون های کلسیم، منیزیم و سدیم و آنیون های کلر، بیکربنات و از همه مهم تر سولفات به دلیل طبیعت زمین شناسی منطقه (وجود سنگ های کربناتی و رسوبات تبخیری پلایایی حاوی کانی های ژیپس، کلسیت و نمک) نسبتاً زیاد می باشد. در محل حوضچه تقسیم آب در ابتدای محله سرآسیاب جایی که میزان عنصر سرب و روی در رسوبات کف آن بسیار بالاست (بیش از ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم)، غلظت سرب در آب ۰/۱۲ میلی گرم بر لیتر است.

در میان فلزات سنگین که باعث ایجاد نگرانی های عمده زیست محیطی در اکثر نقاط دنیا گردیده، عنصر سرب بیشترین تحقیقات زیست محیطی را به خود اختصاص داده است و در محدوده مورد مطالعه نیز دارای بیشترین ناهنجاری می باشد. از میان منابع مختلف آلاینده سرب به خصوص در محیط های شهری انتشار ذرات سرب حاصل از ترافیک بیشترین سهم را داراست. تخمین زده شده است که بیش از ۹۰٪ سرب موجود در هوای محیط های شهری بواسطه استفاده از بنزین هائی است که حاوی سرب است و غلظت آن در محیط های مختلف ژئوشیمیائی شهر ها شدیداً بستگی به ترافیک دارد (۳). میزان انتشار سرب توسط پیکان بنزین سوز ۰/۰۹ گرم بر کیلومتر است (۱۷). در شهر کرمان مهم ترین عامل افزایش فلزات سنگین در خاک به خصوص سرب، مس و روی، ترافیک و فعالیت های وابسته به آن مانند پمپ بنزین ها، باطری سازی ها، تعویض روغنی ها و نقاشی و صافکاری اتومبیل است. الکترودهای یک باطری واقعی شامل یک شاختمان غیر فعال محافظ بنام شبکه است. این ساختمان از یک آلیاژ سرب شامل ۹۳٪ سرب و ۷ ٪ آنتیموان تشکیل یافته که یک محافظ مکانیکی را برای اجزای فعال باطری و یک مسیر برای جریان

الکتریکی فراهم می سازد. ترکیبات سرب به عنوان رنگدانه های رنگ نیز به کار می رود زیرا دارای حلالیت کم در آب و قدرت پوشانندگی خوب است و در گستره ای از رنگ ها وجود دارد. سرب سفید ($Pb(OH)_2.2PbCO_3$) بیشترین مورد استفاده را دارد. سرب قرمز (Pb_3O_4) یک پودر قرمز روشن است که به عنوان رنگدانه در رنگ های ضد زنگ به کار می رود. رنگ زرد به خاطر داخل شدن زرد کروم ($PbCrO_4$) در فرمول های رنگی به دست می آید (۱۸). با توجه به جدول ۳ منشأ های نقطه ای آلودگی زیست محیطی می تواند نقش قابل توجهی در بالا بردن غلظت عناصر مسمومیت زا در خاک و دیگر محیط های ژئوشیمی زیست محیطی داشته باشد. این واحدها به طور غیریکنواخت در سطح شهر پراکنده شده است به طوری که در انتهای خیابان سرباز و پایانه مسافربری و تا حدودی در بلوار شهید صدوقی (جاده تهران) تمرکز این واحدها بسیار بالاست. در شهر کرمان نیز بیشترین غلظت های سرب صرف نظر از برخی مناطق آلاینده محلی در حاشیه خیابان های شهر مشاهده می شود. تحقیقاتی که در این زمینه انجام یافته است نشان می دهد که ذرات درشت سرب خارج شده از اتومبیل ها بیشتر در کنار جاده و تا شعاع کمتر از ۱۰۰ متری رسوب کرده، اما ذرات ریز سرب وارد هوا شده و نهایتاً توسط باران و برف بر سطح خاک فرود می آید (۱۹). نشر سرب به اتمسفر به دو صورت ترکیبات ذره ای و ترکیبات گازی انجام می گیرد. منبع سرب از احتراق بنزین شامل تتراتیل سرب ($Pb(C_2H_5)_4$) و تترامتیل سرب ($Pb(CH)_4$) که خاصیت ضد ضربه دارد، می باشد (۱۹). تترامتیل سرب و تتراتیل سرب در دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد به سرب فلزی و رادیکال های الکیل تفکیک می شوند (۱۹).

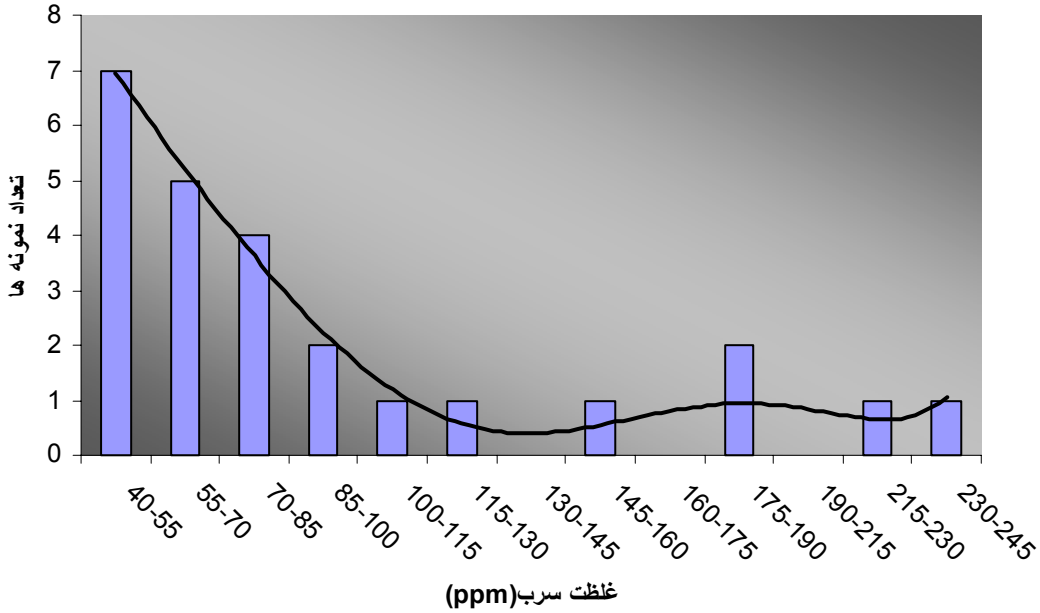
$$(C_2H_5)_4Pb \longrightarrow Pb + 4C_2H_5$$

به دلیل خطراتی که سرب خارج شده از اگزوز وسایل نقلیه در آلودگی محیط زیست و سلامت انسان دارد، آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده، برنامه کاهش غلظت سرب در بنزین را به حداکثر ۰/۱۳ گرم در لیتر بنزین را از ژانویه ۱۹۷۹ به اجرا در آورده است. برخی کشورهای اروپایی حد ۰/۴ گرم در لیتر را بی ضرر می دانند (۲۰). اما این مقدار در برخی کشورهای کمتر توسعه یافته همچنان بیش از این میزان می باشد. بطور مثال در بحرین میزان سرب بنزین ۰/۸۴ می باشد (۲۱). در ایران بر اساس عملکرد پالایشگاه های کشور در سال ۱۳۷۹ مقدار سرب بنزین ۰/۵۵ گرم در لیتر بوده است (۲۲).

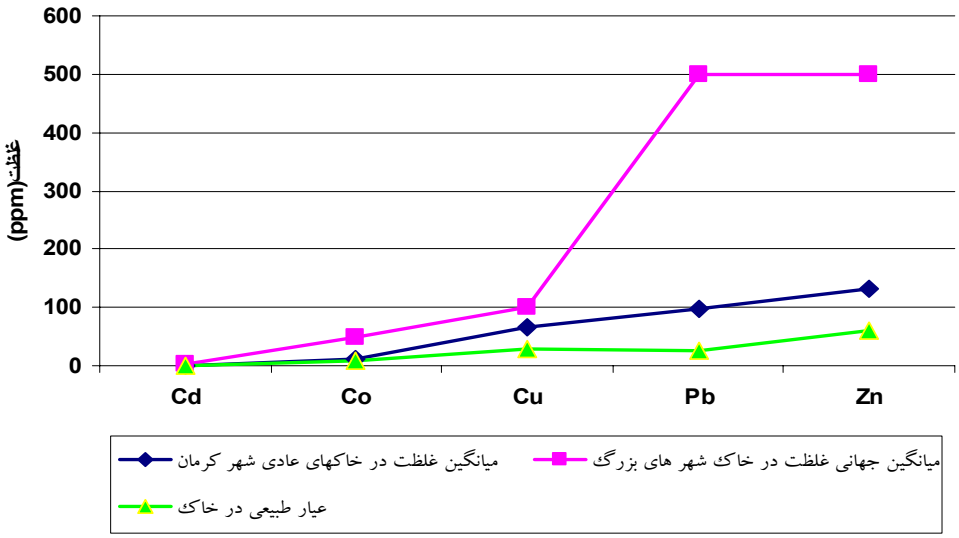
در مقایسه با وسایل نقلیه بنزین سوز، خودروهای دیزلی دوده و بوی زننده بیشتری در محیط پخش می کنند. ذرات دوده معمولاً حاوی هیدروکربورهای حلقوی و معطر است که در بین این ترکیبات، مواد سرطان زای بسیاری از جمله بنزوپیرن وجود دارد. بنزول نیز که ترکیبی معطر می باشد، در گازهای خروجی خودروهای بنزینی یافت شده و قادر است ساختمان خون را تغییر داده و در مواردی ایجاد لوسمی (سرطان خون) نماید (۲۳). لازم به یادآوری است که تخلیه مواد آلاینده درهوا توسط اگزوز خودروها در محدوده ای از فضا صورت می گیرد که درآن محدوده، مستقیماً بر دستگاه تنفسی انسان اثر می گذارد. در محیط های گرم و خشک مانند شهر کرمان میزان استهلاک و فرسایش قطعات خودرو مانند لاستیک ها بیشتر از دیگر مناطق می باشد که از این طریق می تواند غلظت بیشتری از آلاینده ها را وارد هوای شهر سازد. ترکیبات فلزی موجود در هوای شهرها در اشکال گوناگونی یافت می شود. به جز برخی استثنا ها این عناصر اغلب در فاز ذرات معلق تمرکز می یابد. از این میان ذرات با قطر μm ۱-۰/۱ خیلی آرام ته نشین می شود و مدت زمان زیادی در هوا بصورت معلق باقی می ماند. ذرات کوچک (به خصوص ذرات با قطر μm ۱>) می تواند در هنگام تنفس تا اعماق سیستم تنفسی انسان وارد شود (۲۳).

هنگامی که به خاک نقش پذیرنده مقادیر هنگفتی از مواد آلاینده مانند فاضلاب انسانی داده می شود، به دلیل دارا بودن توان محدود در تصفیه و پاکسازی طبیعی، توان خود پالایی خاک در هم می شکند. از طرف دیگر خاک در شهر به صورت کاملاً فشرده درآمده و سطح آن به وسیله ی مصالح ساختمانی حاصل از خانه ها، خیابان ها، پیاده روها و ... پوشیده شده و تهویه ی خاک را مختل می سازد (۲۴). غلظت فلزات

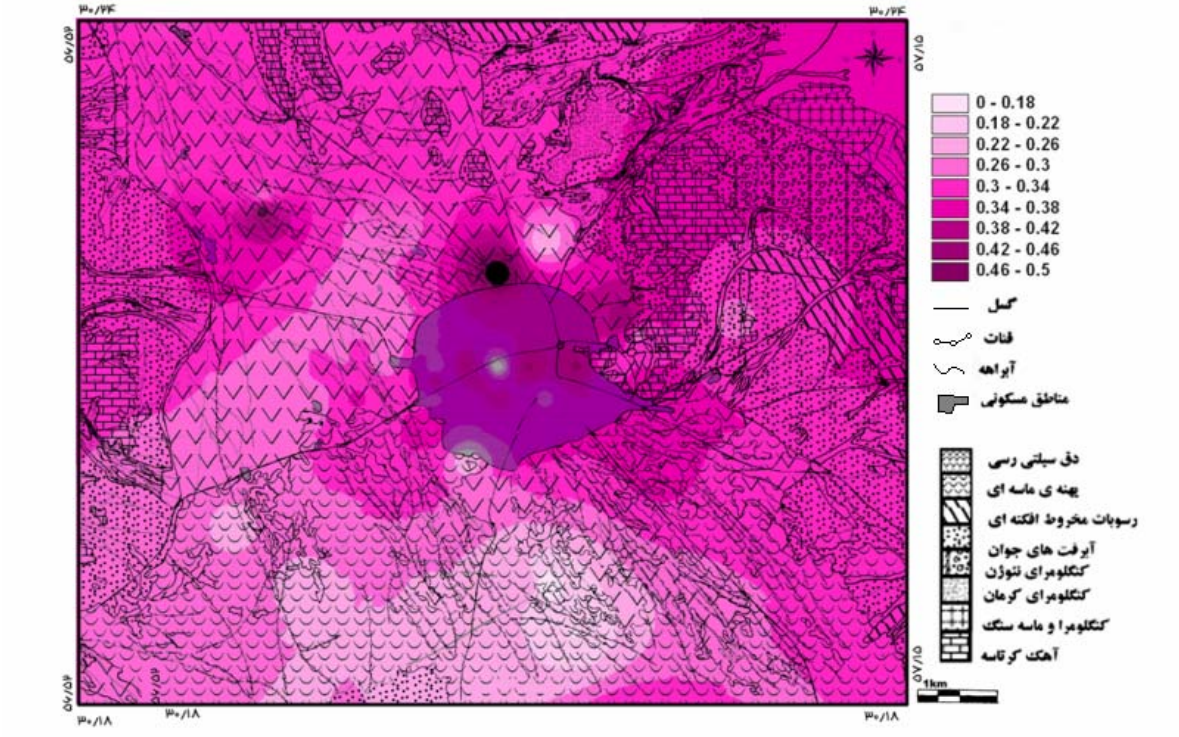
سنگین در خاک های محدوده شهر کرمان به دلیل محدوده وسیع غلظت آن ها (از حدود ۵۰۰۰- ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم) در گروه های مختلف خاک مانند خاک های مناطق مسکونی و پارک ها، خاک های مناطق کشاورزی حاشیه شهر (به خصوص باغات پسته) و در نهایت در مناطق آلاینده مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، بیشترین ناهنجاری ها مربوط به عنصر سرب می باشد که حتی در خاک های عادی شهر (بدون در نظر گرفتن مناطق آلاینده) مقدار آن در حدود ۱۰-۲ برابر عیار طبیعی آن در خاک می باشد. با توجه به نمودار ۱ در اکثر نمونه ها، غلظت سرب در حد ۳-۲ برابر عیار عادی است. فلزات سنگین مس، روی و کادمیوم از این لحاظ در رده های بعدی قرار دارند. با توجه به نمودار ۲ می توان مشاهده نمود که غلظت کادمیوم در حد طبیعی است اما غلظت سرب، مس و روی بیش از عیار طبیعی می باشد. اما با این حال این مقادیر به میزان قابل توجهی کمتر از غلظت در شهرهای بزرگ جهان است که به علت کم توسعه یافتگی شهر کرمان به نسبت شهرهای صنعتی جهان است. غلظت این فلزات در خاک های مناطق کشاورزی اطراف شهر به دلیل دوری نسبی از مناطق آلاینده در حد پایین تری قرار دارد. میزان این آلاینده ها در مناطق آلاینده مانند پمپ بنزین ها و باطری سازی ها ناهنجاری بسیار بالایی نشان می دهد. این مناطق می تواند بوسیله باد و یا آب، فلزات سنگین را به نقاط دیگر منتقل نماید. مهاجرت افقی و یا عمودی فلزات سنگین در خاک شهرها از جمله کرمان به طور کلی بستگی به میزان رواناب سطحی مانند آب موجود در جوی های آب اطراف خیابان دارد که منجر به حرکت این عناصر از محیط های آلاینده نقطه ای بصورت محلول یونی و یا بار معلق و جامد که در آن فلزات سنگین جذب کلوئیدهای خاک شده است، می تواند انجام شود. مهاجرت این عناصر همچنین به خواص فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیکی خاک مربوط است که این خواص خود به خواصی از خاک از قبیل اسیدیته، اجزای هیومیک و کانی های آن، ساختار افق های خاک، ترکیب و اندازه دانه های خاک، توانایی جذب، فراوانی میکروارگانیزم ها و از همه مهم تر آب مر بوط می باشد و در نهایت انحلال این عناصر سمی بوسیله ی انحلال پذیری اشکال مختلف شیمیایی آن ها و توانایی جذب عناصر توسط خاک کنترل می شود. در این جا نقش کلوئیدهایی مانند رس ها، اکسیدهای آهن و منگنز و ترکیبات آلی که نقش بسیار مهمی در جذب این عناصر مسمومیت زا و تصفیه ی طبیعی آب ها دارد را نمی توان نادیده گرفت (۷). گونه ها و نسبت های مختلف کانی های رسی در افق های مختلف خاک در دشت کرمان باعث ایجاد ظرفیت تبادل کاتیونی m.Eq/100gr ۳۵ گردیده است (۱۲). تحقیقات ایشان به وسیله اشعه ایکس نشان دهنده حضور ۲۵٪ مونتموریونیت،۱۰٪ کلریت، ۵۰٪ میکا، ۱۵٪ کائولینیت و مقادیر کمی کوارتز ، فلدسپار و کلسیت در برخی نقاط از خاک های محدوده شهر کرمان است که می تواند در جذب عناصر آلاینده و بالا بردن قدرت بافری خاک نقش زیادی داشته باشد. به طوری که بر اساس تجزیه های انجام یافته در این تحقیق مشخص گردید که غلظت سرب، روی، مس و کادمیوم در سطح حدود ۳-۲ برابر غلظت آن ها در عمق حدود ۲۰ سانتی متری می باشد. آزمایش برخی نمونه های رسوب بادی و پلایایی به روش تفریق اشعه ایکس در این تحقیق نیز بیانگر وجود کانی های کلسیت، ژیپس و نمک و کانی های فراوان رسی در این نمونه هاست.



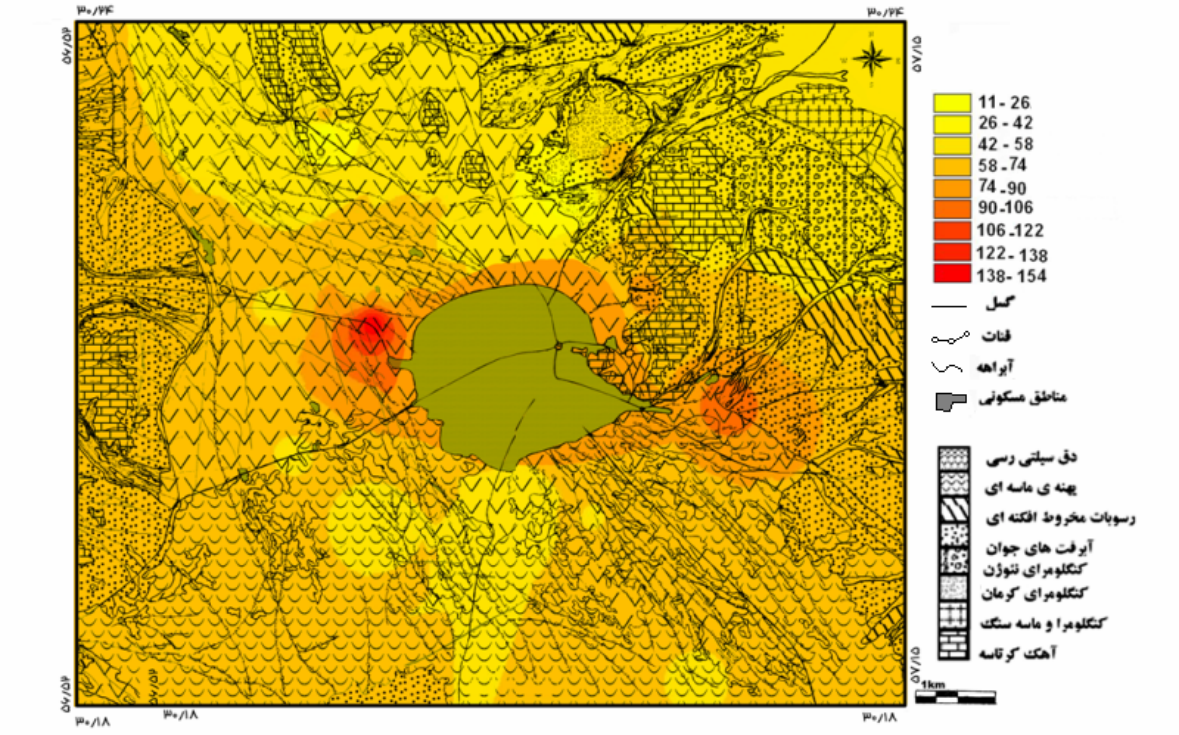
نمودار ۱- میزان فراوانی سرب در خاک های عادی شهر کرمان(بدون در نظر گرفتن مناطق آلاینده)



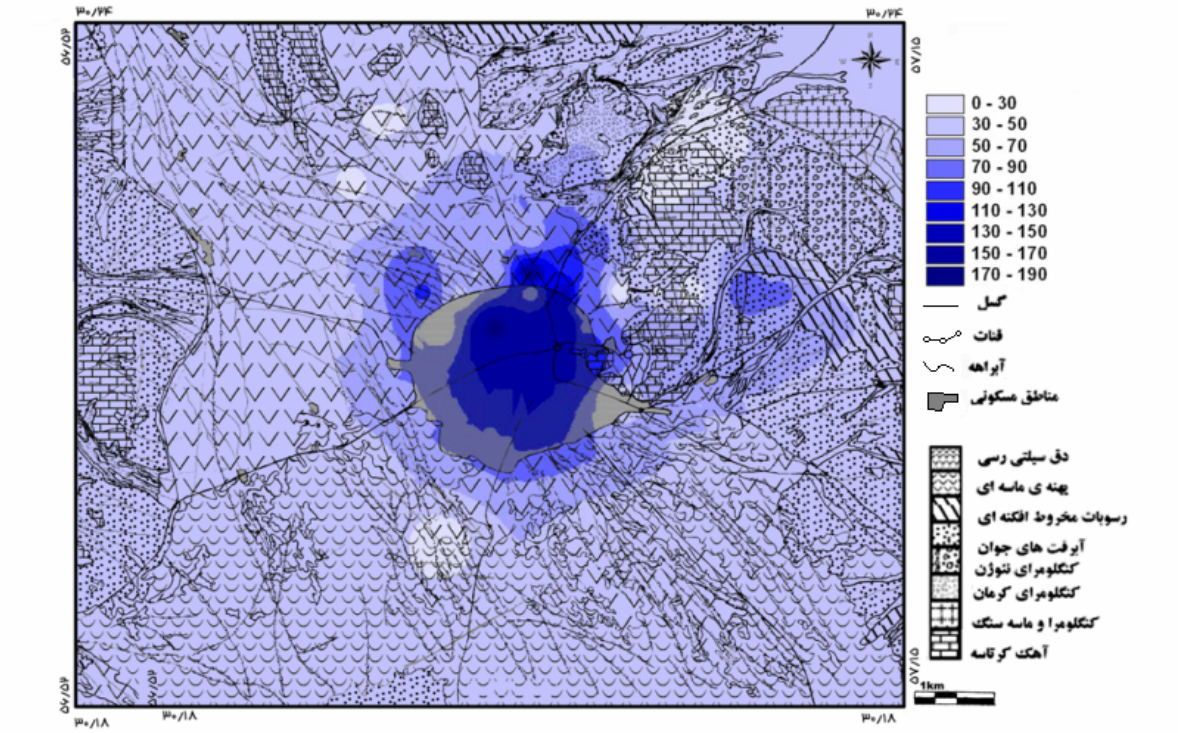
نمودار ۲- مقایسه غلظت برخی فلزات سنگین در خاک های عادی شهر(بدون در نظر گرفتن مناطق آلاینده) با عیار طبیعی خاک و عیار در شهرهای بزرگ جهان



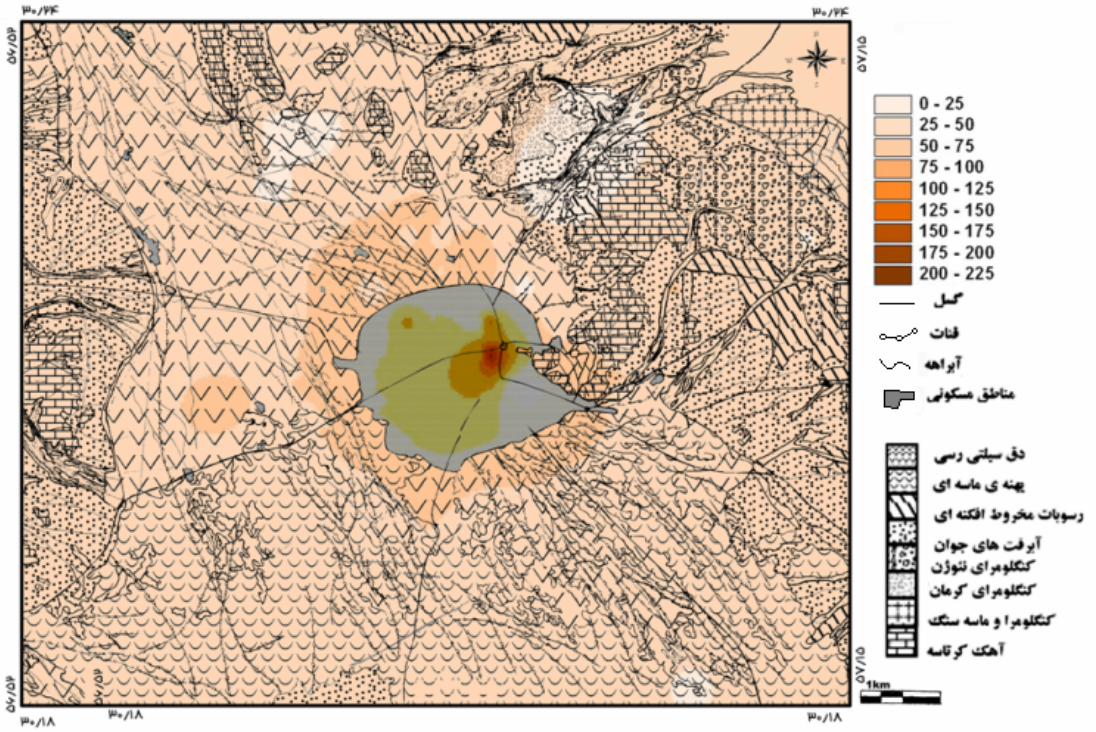
شکل ۲- نقشه ژئوشیمیایی عنصر کادمیوم در خاک های محدوده شهر کرمان (عیار طبیعی۰/۵ppm)



شکل ۶- نقشه ژئوشیمیایی عنصر روی در خاک های محدوده شهر کرمان(عیارطبیعی۸۰ppm)



شکل ۴- نقشه ژئوشیمیایی عنصر سرب در خاک های محدوده شهر کرمان(عیارطبیعی۲۵ppm)



شکل ۳- نقشه ژئوشیمیایی عنصر مس در خاک های محدوده شهر کرمان(عیارطبیعی۵۵ppm)

هدف نهایی مطالعات زیست محیطی تهیه نقشه های ژئوشیمیایی زیست محیطی است. با توجه به نقشه های هم غلظت برخی فلزات سنگین در محدوده شهر کرمان می توان گفت که تقریباً غلظت تمامی این عناصر در خاک ها و رسوبات اطراف شهر در حد طبیعی است، اما هرچه از حاشیه به سمت مرکز شهر پیش می رویم غلظت این عناصر به جز کادمیوم و تا حدودی روی، به شدت افـزایش می یابد. چون شهـر ها محیط های بسیار پیچیده ای از نظر زیست محیطی و تمرکز فلزلت سنگین می باشد، جهت تهیه نقشه ژئوشیمیایی بسیار دقیق از تمامی سطح شهر می بایست نمونه های بسیار زیادی در فواصل بسیار کوتاه برداشته شود که با توجه به حجم فوق العاده کار و امکانات موجود این امکان پذیر نیست. لازم به ذکر است که عیار عادی این عناصر در محیط های مختلف بر اساس داده های (۲۵) و (۲۶) می باشد. با توجه به این نقشه ها مشاهده می شود که غلظت کادمیوم در اکثر نقاط در حد عیار طبیعی و یا کمتر از آن است که به علت میزان بسیار کم آن در سنگ ها و به نوبه خود خاک های محدوده شهر کرمان می باشد. غلظت روی نیز در برخی نقاط کشاورزی به دلیل استفاده از کود ناهنجاری نشان می دهد. افزایش زیاد عیار سرب و مس از حاشیه به سمت مرکز شهر نیز به دلایل ذکر شده در قبل کاملاً محسوس است. شایان ذکر می باشد که در این نقشه ها آلاینده های محلی مانند باطری سازی ها ، پمپ بنزین ها و ... به دلیل ایجاد ناهنجاری بسیار بالا لحاظ نگردیده است.

پیشنهادها

در مورد کنتـرل آلـودگی خـاک مـی تـوان از راه هـای متعدد پیـشگیری از ورود آلاینـده هـا بـه خـاک ماننـد انتقـال واحدهای صنعتی و آلاینـده بـه خـارج از شـهر و محـیط هـای مسکونی و نصب فیلتـر هـای اکترواسـتاتیک در ایـن واحـدها ، فرهنگ سازی عمومی در جهـت همکـاری بـا مـسئولان جهـت آلوده نکردن خاک، مکان یابی درست و اصلی محل دفـن زبالـه های شهری، به طوری که در خلاف جهت باد قرار گرفته شـود، بهبـود اسـتانداردهای تولیـد خـودرو و نظـارت کامـل بـر کـار واحدهای خدماتی وابـسته بـه خـودرو ماننـد پمـپ بنـزین و ... استفاده نمود. جهـت کنتـرل آلـودگی آب و یـا خـاک در شـهر کرمان می بایست با بررسی نـوع و میـزان آلـودگی و همچنـین محیط آن از روش هـای مناسـب پاکـسازی اسـتفاده کـرد. در جهت رفع آلودگی های موجود در خاک شهر نیـز مـی تـوان از روش های جذب آلاینده های خاک مانند به کار گیری ترکیبات فسفر (۲۷) و یـا کلوئیـدهای طبیعـی و همچنـین زغـال فعـال استفاده نمود (۲۸). به طور مثال می توان بـا سـوزاندن شـاخ و برگ های درختان ریخته شده در پای درختـان در سـطح شـهر (بجای جمع آوری و ریخـتن در محـل دفـن زبالـه) عـلاوه بـر، برگرداندن مجدد مواد غذایی به گیاهان، باعث جذب بـسیاری از آلاینده ها در خاک شد. در این مورد مـی تـوان از پـاک سـازی توسط گیاهان[1] نیز بهر برد (۲۹). همچنین می بایست با تشویق صاحبان مراکز آلاینده جهت نگه داری و یـا بازیافـت ایـن مـواد مانند روغن ماشین و آب باطری هـا، از ریخـتن ایـن مـواد بـه داخل جوی آب جلوگیری نمـود. بـرای جلـوگیری از نـشت آب شویه محل دفن زباله شهر کرمان، مـی تـوان از رسـوبات بـادی جنوب دشت کرمان و حتی مقداری رسوبات بادی در خود محل (جاده کوهپایه) جهت عایق سازی کف محل اسـتفاده کـرد. در شهر کرمان زمین های خالی و بلاتکلیف زیادی وجـود دارد کـه می توان از آن ها جهت سـاخت و سـاز شـهرک هـای جدیـد و جلوگیری از رشد جانبی شهر، ایجـاد فـضای سـبز و راه انـدازی مراکز تصفیه فاضلاب و بازیافت مواد زاید استفاده نمود. تأسیس هرچه سریع تر شبکه جمع آوری و تـصفیه ی فاضـلاب شـهری جهـت پـایین نگـه داشـتن سـطح آب زیرزمینـی در شـهر و جلوگیری از وارد آمدن خسارت به سـاختمان هـا و آلـــودگی آب های زیرزمینی، لازم است. بهتر است که بـه دلیـل اخـتلاف ارتفاع کم دو سر شهر کرمـان، در حومـه شـهر چنـد ایـستگاه تصفیه فاضلاب تعبیه گردد که فاضلاب را برای اهـداف مختلـف تصفیه نماید(به طور مثال برای آبیاری پارک های داخل شـهر و یا مصارفی مانند شستن حیاط خانه،آبیاری باغچـه هـا و غیـره). احداث متروی زیرزمینی ویا قطار شـهری برقـی جهـت کنتـرل

1- Phytoremediation

ترافیک، سهولت عبور و مرور و همچنین کاهش آلـودگی هـوا و سروصدا ضروری به نظر می رسد.

منابع

1. Athar، M.، and Vahora، S. B.، 1995. Heavy metals and environment، India: New agriculture national Publishers، 68p.
2. Singaram، P.، Lalsuna، K.، and Mahimairaja، S.، 2006. Metal contamination in urban soil – water environment and remediation strategies. 18th world congress of soil science July 9-15، 2006- Philadelphia. http://crops.confex.com/crops/wc2006/techprogram/P13817.HTM
3. Merian، E.، Anke، M.، Ihnat، M.، and Stoeppler، M.، 2004. Elements and their compounds in the environment، John Willey، 350p.
4. Botkin، D.، and Keller، E. A.، 2003. Environmental science، Earth as a living planet، 4th ed، John Willey، 668p.
5. Schwedt، G.، 2001. Essential guide to environmental chemistry، translated by Brooks،H. John Willey، 120p.

۶. آب منطقـه ای.۱۳۸۴. گـزارش ادامـه مطالعـات آب دشت کرمـان-بـاغین در سـال آبـی ۸۴-۱۳۸۳. آب منطقه ای کرمان . دفتر امور مطالعات آب، ۹۸ ص.

۷. حمزه، م،ع. ۱۳۸۵. نشانگرهای ژئوشیمیائی و زیـست محیطـی در محـدوده شـهری کرمـان. پایـان نامـه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید باهنر کرمان و مرکـز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و ... ۳۸۷ص.

8. Atapour، H.، and Aftabi، A.، 2002. Geomorphological، geochemical and geoenvironmental aspects of karstification in the urban areas of Kerman city، Environ. Geol.، 42، (7)، 783-792.
9. USEPA- SW-846. http://www.epa.gov/sw-846 online/ method 3050b pdf.

۱۰. برنامه و بودجه. ۱۳۷۴.مطالعـات جـامع اقتـصادی-اجتماعی استان کرمان. همنهـاد(خلاصـه ی گـزارش ها) ۵۱۷ ص و محیط زیست۳۰۰ص.

11. Kuzvart، M.، and Bohmer، M.، 1986. Prospecting and exploration of mineral deposites، Elsevier، 508p.
12. Beckett، R. H.، T.، 1958. The soils of Kerman، South Persia، Journal of Soil Science 9(1): 20-31.
13. Radojevic، M. V.، and Bashkin، N.، 1999. Practical environmental analysis، Royal Society of Chemistry، 520p.
14. Faure، G.، 1992. Principles and application of inorganic geochemistry، John willey، 526p.
15. Evangelou, V. P. (1998). Environmental soil and water chemistry. New York: Wiley. 280p.
16. Citra، 1965. Etude surle Development De L Utilisation Des Eaux Souterraines Dans La Zones De Kerman.

۱۷. ابتکار، ت.۱۳۸۰. دل در هوای پاک، برگزیده هایی از مقالات محقق فرزانه مرحوم استاد محمد تقی ابتکار. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست،۳۲۴ص.

۱۸. دبیری، م. ۱۳۸۲. آلودگی محیط زیـست، هـوا- آب- خاک- صوت. گروه شـیمی دانـشکده علـوم دانـشگاه شهید بهشتی. تهران، نشر اتحاد.۳۹۹ص.

19. Alloway، B. J. 1990. Heavy Metals in Siols: Lead، Blackie Academic press.، 177-196.

۲۰. صاحبقدم لطفی،ع. ۱۳۶۷. متابولیسم سرب و مسمومیت های ناشی از آن. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۴ص.

21. Madany، I. M.، S. M. Ali and S. Akhter. 1990. Assessment of lead in roadside vegetation Bahrain. Environ. Inter., 6. 123-126.

۲۲. رحمانی،ح و کلباسی،م و حاج رسولیها، ش.۱۳۷۹.آلودگی خاک به وسیله سرب حاصل از وسایل نقلیه در محدوده برخی از بزرگ راه های ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ج۴. ش۴. ص۴۱-۳۱.

23. Timbrell، J. A.، 1999. Introduction to toxicology، 204p.

۲۴. کهرم، ا.۱۳۷۶. کاربرد علم اکولوژی در کاهش سوء توسعه، پیش بینی اثرات توسعه و تأسیسات بر محیط زیست. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست،۳۱۶ص.

25. Levinson، A. A.، 1980. Introduction to exploration geochemistry، second edition، Applied publishing Wilmette، Illinois، U.S.A، 942p.

26. Hester، R. E.، and Harrison، R. M.، 1997. Contaminated Land and its Reclamation، issues in environmental science and technology، The Royal society of chemistry، 145p.

27. Langmuir، D.، 1997. Aqueous environmental geochemistry، Prentice – Hall، 600p.

28. Fergusson.، 1982، Inorganic chemistry and the earth، Pergamon press، 400p.

29. Stoessell، R. K.، 2004. Environmental geochemistry، http://www.uno.edu.gege/Stoessell/envgeoch.htm، 196p.