بررسی اکولوژیک آلودگی ناشی از سرب در رودخانه زاینده رود

محمدرضا شاهمنصوری*

چکیده

توسعهٔ فرایندهای تکنولوژیکی در استفادهٔ وسیع از ترکیبات سربی موجب خطرات فزاینده‌ای برای محیط زیست شده که همواره نگرانی مجامع علمی را به خود جلب کرده است. مطالعهٔ موجود نگرشی است بر حضور و پراکندگی سرب در یکی از منابع اصلی تأمین آب کشاورزی، صنعتی و آشامیدنی یعنی زاینده‌رود که در قسمت وسیعی از نواحی مرکزی کشور جریان دارد و حیات مناطق شهری و روستایی این ناحیه از آن متأثر می‌باشد.

در این مطالعه، تعداد ۱۴۰ نمونه آب، خاک سطحی و خاک از عمق ۳۰ سانتیمتری به فواصل یک و ۱۰ متری حاشیهٔ زاینده‌رود و نمونه‌هایی از جلبک لجن کف رودخانه از ۵ ایستگاه در طول مسیر رودخانه و در خلال چهار فصل برداشت و از نظر غلظت سرب مورد آنالیز و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی نشان می‌دهد که در فصل تابستان غلظت سرب در نمونه‌های برداشتی افزایش محسوسی نسبت به سایر فصول دارد. همچنین، غلظت سرب در ایستگاههای میانی و نزدیک به انتها چشمگیرتر است. جلبکها که در نقاط پایین رودخانه رشد بیشتری دارند، دارای غلظت افزوده‌تری نسبت به نقاط بالا دست می‌باشند. غلظت سرب در لجن برداشتی از کف رودخانه وضعیت مشابهی دارد. غلظت سرب در خاک سطحی بیش از خاک عمقی بوده و نیز در فواصل نزدیکتر به رودخانه غلظت سرب در خاک بیش از نقاط دورتر است که بطور کلی نمایانگر درگیر شدن املاح سرب در خاک و حرکت کند آنها در آن می‌باشد.

مقدمه

تغییرات ترکیبات سرب در محیط زیست هر محل تابع پارامترهای مختلفی نظیر شرایط جغرافیایی، واحدهای صنعتی مرتبط با ترکیبات سربی و تراکم ترافیک وسایط نقلیه بنزین سوز می‌باشد. ترکیبات سرب بطور عمده از طریق خاک، معادن و صنایع وارد منابع آبهای سطحی می‌گردند که قسمتی از آن جذب رسوبات کف رودخانه‌ها، گیاهان و موجودات آبزی شده و بقیه از طریق جریان آب وارد منابع آبهای سطحی می‌شوند.

املاح سرب پراکنده در محیط در خلال سیکل چرخشی خود وارد منابع غذایی مورد استفاده انسان می‌گردند و در هر شرایطی انسان از خطر دریافت این عنصر مصون نمی‌ماند. آب، هوا و غذا راههای عمدهٔ ورود

* عضو هیئت علمی ـ دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

ترکیبات سربی به بدن انسان می‌باشند که پس از دریافت، قسمتی از طریق مدفوع و ادرار دفع شده و قسمتی هم وارد خون، بافتهای نرم و استخوانها می‌گردند. زمان ماند سرب در هر یک از اندامها و اجزاء فوق متفاوت است. طبق نظر سازمان بهداشت جهانی، میزان دریافت سرب برای یک فرد بالغ بسته به شرایط زیست محیطی متفاوت است و در مناطق شهری حدود ۳ میلی‌گرم در هفته برآورد می‌گردد و این در شرایطی است که قریب هشت درصد از آن جذب و بقیه دفع می‌شود.

جذب سرب در افراد بالغ و چگونگی انتشار آن در بدن بطور شماتیک در نمودار ۱ آمده است.

در نمودار (۱) ملاحظه می‌گردد که غالب سرب وارده به بدن از طریق آب آشامیدنی صورت می‌گیرد، بطوری که با اقدامات پیشگیری در خصوص عدم انتشار املاح سرب در منابع آب میزان و غلظت آن در سیکل غذایی انسان نیز محدود و کنترل می‌گردد.

با توجه به اهمیت انتشار سرب در منابع آب، هدف از مطالعهٔ موجود تعیین روند تغییراتی است که این عنصر در منابع آبهای سطحی منطقهٔ اصفهان پیدا می‌کند.

این مطالعه بر روی رودخانهٔ زاینده‌رود انجام گرفته است زیرا این رودخانه به عنوان تنها منبع اصلی آبهای سطحی و جاری منطقه می‌باشد و کلیه نهرها و کانالهای آبرسانی گسترده در سطح منطقه از این رودخانه منشعب هستند. از آن‌جایی که زاینده‌رود به عنوان منبع اصلی پذیرندهٔ آبهای جمع‌آوری شدهٔ سطحی می‌باشد و تغییرات اکولوژیک محل در ارتباط با آن قرار می‌گیرند، این اکوسیستم آبی را می‌توان شامل دو قسمت متمایز دانست :

الف : مناطق بالادست رودخانه که از سرچشمه‌های اصلی، یعنی کوهرنگ تا سد چم آسمان ادامه می‌یابد. در این قسمت منابع آلایندهٔ محدود شهری و صنعتی وجود دارند. سد زاینده‌رود با ذخیرهٔ آبی حدود ۱۲۵۰ میلیون مترمکعب در محدودهٔ مزبور قرار دارد.

ب : از منطقه سد چم آسمان که محل آبگیری برای تصفیه‌خانه بزرگ آب اصفهان است تا نقاط پایانی رودخانه، یعنی مرداب گاوخونی، قریب به هشت شهر کوچک و بزرگ، از جمله اصفهان، و نیز روستاهای متعددی در جوار رودخانه مستقر هستند و به این دلیل تغییرات عمدهٔ کیفی در آب رودخانه بوجود می‌آید. منشأ ورود ترکیبات سربی که در قسمت دوم مسیر وارد رودخانه می‌گردند از منابع ذیل ناشی می‌شود :

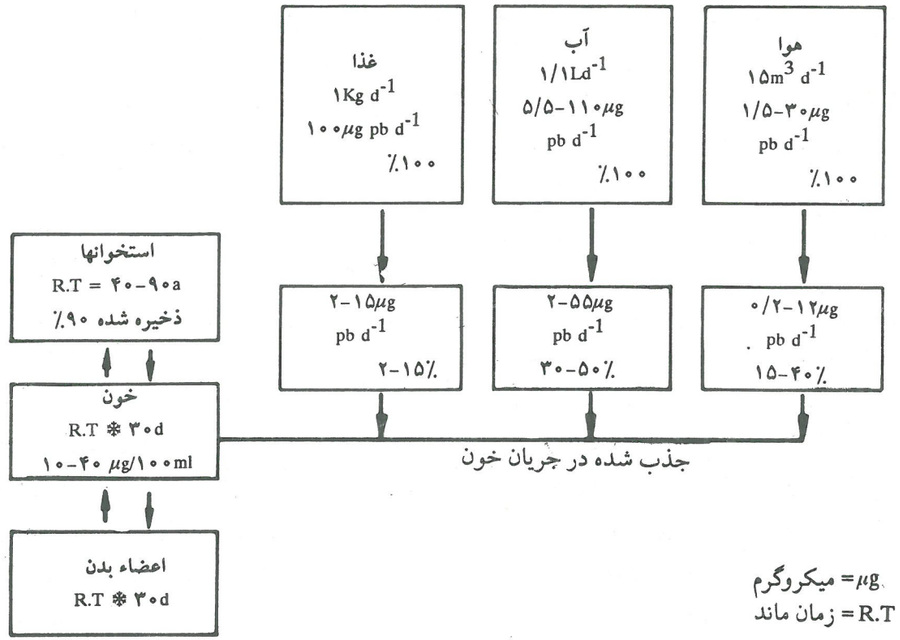
۱ـ استقرار شهرها و روستاهای متعدد در جوار رودخانه و وجود راهها و خیابانهای ارتباطی که به علت تردد وسایط نقلیه موتوری و مصرف بنزین حاوی سرب موجب پراکندگی ترکیبات سربی در سطح زمین و ورود غیرمستقیم آنها از طریق روانابها و شستشوی سطح زمین به درون رودخانه می‌گردند.

۲ـ استقرار صنایع بزرگ از جمله صنایع نظامی، صنایع فولاد، ذوب آهن، رنگسازی و صدها کارگاه کوچک و بزرگ که در فرایند کار آنها به نوعی ترکیبات سربی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ناچاراً از طریق دفع فاضلاب صنعتی موجب تغییر غلظت سرب در منابع آبهای سطحی می‌گردند.

۳ـ خاک و سنگهای سربی که بطور طبیعی در منطقه وجود دارند، از آن جمله معدن سرب «با ما» واقع در شرق کلیشاد و تغلیظ سرب استخراجی در محل که به فاصلهٔ نزدیکی از رودخانه قرار دارد و در تغییر غلظت سرب در آبهای سطحی مؤثر است.

سوابق مطالعاتی در مورد تغییرات سرب در منابع آبهای سطحی محدود و به صورت پراکنده توسط مراکز تحقیقاتی ـ آموزشی و اجرایی گزارش گردیده است و در مواردی که اشاره به نارساییهایی نیز داشته‌اند اقدام مثبت در جهت کنترل و رفع آنها به عمل نیامده است [۲ و ۵].

به علت تمایل به جذب سرب توسط رسوبات کف رودخانه، ترسیب بر روی رسوبات کف رودخانه، نفوذ در لایه‌های خاک سواحل اطراف و بستر رودخانه و نیز تغلیظ در اندامهای بیولوژیک موجودات زنده آبزی گزارش جامعی که این ارتباطات را معین کند تاکنون منتشر نگردیده است و لذا سرانجام سرب و ترکیبات سربی



نمودار ۱ : جذب روزانه سرب در افراد بالغ و توزیع آن در اندامهای مختلف بدن

منابع آبهای سطحی منطقه مبهم می‌باشد. در این تحقیق، سعی گردیده است که روند تغییرات غلظت سرب در آب، لجن و رسوبات کف رودخانه، جلبکها و گیاهان آبزی لایه‌های سطحی و عمق ۳۰ سانتیمتری خاک در جوار ساحل رودخانه و نیز به فاصلهٔ ۱۰ متری از بستر در چهار فصل سال و در پنج ایستگاه، مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

روش کار :

الف : انتخاب نقاط نمونه‌برداری

در مسیر رودخانه تعداد ۵ ایستگاه در نقاط ذیل بنا به دلایل مورد اشاره انتخاب گردیده‌اند:

۱ ـ *سد انحرافی چم آسمان* : در این محل، برداشت آب برای تصفیه‌خانه بزرگ آب اصفهان صورت می‌گیرد و در بالا دست آن کارخانجات یا کارگاههای بزرگ صنعتی محدود می‌باشد. در این محدوده، به موازات مسیر رودخانه جاده‌های ارتباطی و نیز روستاها و شهرکهایی مستقر هستندکه دارای جمعیت کم می‌باشند.

۲ ـ *دُرچه پیاز* : در فاصلهٔ سد انحرافی چم آسمان و ایستگاه درچه‌پیاز تغییرات کیفی نسبتاً زیادی در آب رودخانه بوجود می‌آید. استقرار صنایع بزرگ نظیر صنایع دفاع، ذوب‌آهن و چندین واحد صنعتی، پذیرش پساب و فاضلابهای صنعتی مزبور و نیز تخلیه فاضلابهای شهری و آبهای حاصل از شستشوی سطح زمین تغییراتی را در کیفیت آب رودخانه بوجود می‌آورند.

۳ ـ *پل خواجو* : جریان آب رودخانه در داخل شهر اصفهان و تعویض بستر آن در قسمتهایی از مسیر و نیز وجود خیابانهای پر ترافیک در حاشیه رودخانه که عموماً اتومبیلهای بنزین سوز در آنها رفت و آمد دارند موجب پراکندگی ترکیبات سربی در سطح زمین و جوار رودخانه می‌گردد.

۴ ـ *پل چوم* : در فاصله بین پل خواجو و پل چوم، پساب

حاصل از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب شهر اصفهان به زاینده‌رود تخلیه می‌شود و تغییراتی را در کیفیت آب بوجود می‌آورد. از محل پذیرش پساب تصفیه‌خانه جنوب تا ایستگاه پل چوم شواهد ظاهری از نظر مناطق آلودهٔ رودخانه وجود دارد.

۵ ـ *فاصلهٔ بین ایستگاههای ۴ و ۵* (پل چوم تا پل زیار) تغییرات عمدهٔ کیفی آب مربوط به تخلیه فاضلابهای خانگی مناطق مسکونی و روانابهای کشاورزی در دو طرف رودخانه است که نسبت به موارد مشابه در فواصل ایستگاههای ۲ و ۳ و نیز ۳ و ۴ محدودتر است. در این فاصله، استقرار صنایع بین ایستگاههای ۴ و ۵ نسبت به موارد مشابه قبلی محدودتر است. در شکل شماره ۱ موقعیت رودخانه زاینده‌رود از محل احداث سد زاینده‌رود تا مرداب گاوخونی و نقاط نمونه‌برداری مشخص گردیده‌اند.

ب : تعداد و نوع نمونه‌ها

به منظور تعیین تغییرات فصلی غلظت سرب سعی بر این بوده که نمونه‌ها در ماه اول هر فصل برداشت و نتایج به آن فصل تعمیم داده شوند. بر اساس توصیه‌های مندرج در منابع و مراجع موجود و تعیین تغییرات اکولوژیک در هر ایستگاه جمعاً ۷ نمونه شامل یک نمونه آب، یک نمونه لجن، یک نمونه گیاه آبزی و چهار نمونه خاک گرفته شده است. در کل دورهٔ تحقیق جمعاً ۱۴۰ نمونه برداشت و مورد آزمایش قرار گرفته‌اند که شامل موارد ذیل هستند:

۱ ـ *آب:* نمونه‌هایی که از آب جاری رودخانه برداشت شده‌اند بر اساس اصول نمونه‌برداری مورد تأکید در مراجع [۱۱] و [۱۰] بوده و نمونه‌ها حتی‌الامکان از نقاط میانی رودخانه و در عمق ۳۰-۲۰ سانتیمتری سطح آب گرفته شده‌اند.

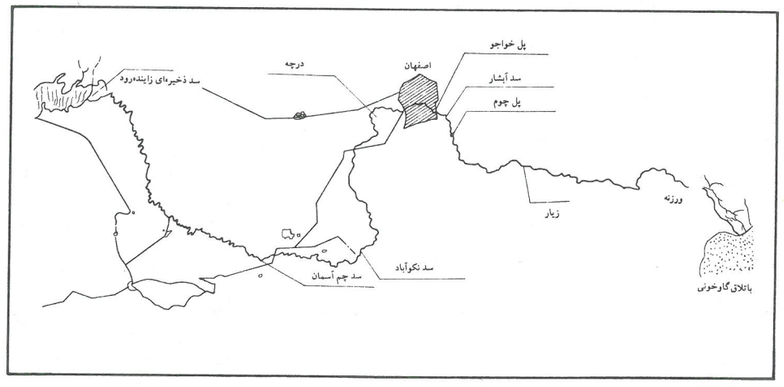
۲ ـ *لجن و رسوبات کف رودخانه :* از رسوبات کف رودخانه و در فاصله ۳-۲ متری حاشیه رودخانه نمونه‌برداری شد.

۳ ـ *خاک حاشیه ساحلی :* در کناره‌های بستر رودخانه به فاصلهٔ ۰/۵ تا یک متر از مرز آبی از لایهٔ رویی خاک در هر ایستگاه نمونه‌برداری شد.

۴ ـ *خاک عمیق :* در هر ایستگاه از خاک موجود در عمق ۳۰ سانتیمتری نمونه‌برداری شد.

علاوه بر نمونه‌هایی که از خاک بستر رودخانه برداشته شده‌اند، در فاصلهٔ ۱۲-۱۰ متری از خط مرز آبی خاکی هر ایستگاه نیز دو نمونه شامل لایهٔ سطحی و عمقی خاک نمونه‌برداری و مورد آنالیز قرار گرفته‌اند تا با شرایط موجود در بستر رود مقایسه گردند.

۵ ـ *گیاهان آبزی :* در هر ایستگاه نمونه‌ای از گیاهان آبزی که به فاصلهٔ تقریبی ۲ متر از خط مرز آبی رودخانه قرار دارند، نمونه‌برداری شد.



شکل شماره ۱ : موقعیت رودخانه زاینده‌رود و ایستگاههای نمونه‌برداری

ج : تجزیه نمونه‌ها

بر طبق منابع و مراجع موجود، از بین روشهای توصیه شده به دلیل پایین بودن غلظت سرب در تعدادی از نمونه‌ها بخصوص آب، روش رنگ سنجی با دی‌تیزون انتخاب و مورد عمل قرار گرفت. اضافه می‌نماید که با وجود در اختیار بودن دستگاههای جذب اتمی پیشرفته مجهز به شعلهٔ استیلن ـ هوا به علت عدم امکان تجزیه نمونه‌ها با غلظتهای بسیار پایین رنگ سنجی انتخاب گردید که دقت اندازه‌گیری آن در آب رودخانه ۰/۰۱۰۴ میلیگرم در لیتر ذکر شده است [۱۱].

غلظت سرب نمونه‌های آب پس از برداشت و افزودن مواد تثبیت کننده با ارسال به آزمایشگاه مستقیماً طبق روش استاندارد اندازه‌گیری گردید.

برای نمونه‌های خاک، لجن و جلبک نمونه‌ها را خوب مخلوط کرده تاهمگن شوند و به مدت ۲ ساعت در حرارت ۱۰۵°C-۱۰۳ قرار داده شد تا کاملاً خشک شود. سپس ۲۵۰ میلی‌گرم از نمونه خشک شده را با روش هضم مرطوب عصاره‌گیری نموده و غلظت سرب در نمونه تعیین گردید.

نتایج و بحث :

در نمودارهای ۲ تا ۸ غلظت سرب در نمونه‌های آب، جلبک، لجن، خاک سطحی و خاک عمقی آورده شده‌اند.

تغییر دبی رودخانه، تردد وسایط نقلیه موتوری بنزین سوز در نوار ساحلی رودخانه، تماس اشیاء آلوده در خط مرز آبی خاکی رودخانه و نیز دفع پسابهای صنعتی به رودخانه از جمله مواردی است که در افزایش غلظت سرب در آب رودخانه مؤثر می‌باشند.

بطور کلی شرایطی نظیر پایین بودن ضریب حلالیت ترکیبات معدنی سرب، تغییر حلالیت بواسطهٔ تغییر دما در ماههای مختلف سال و جذب ذرات سربی در خاک نیز در تغییر شرایط حضور سرب در آب رودخانه اثر دارد.

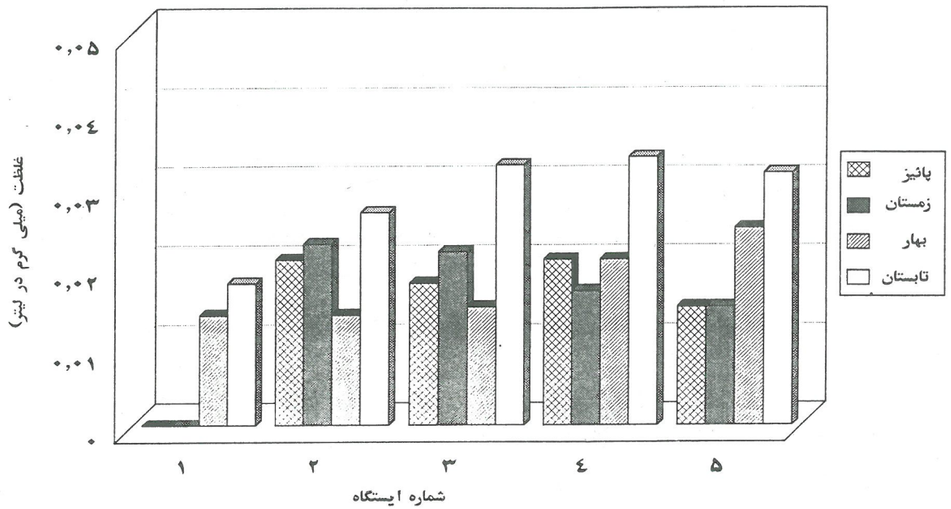
نمودار شماره ۲ نشان می‌دهد که غلظت سرب آب در ایستگاههای پنجگانه همواره کمتر از حد استاندارد توصیه شده ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر بوده است. در فصل تابستان در ایستگاههای ۴ و ۵ افزایش محسوسی مشاهده می‌گردد که می‌تواند به علت فعالیتهای صنعتی، شهری و نیز کاهش دبی آب رودخانه باشد.

نمودارهای ۳ و ۴ نشان می‌دهند که در فصل تابستان افزایش بیشتر در غلظت سرب جلبکها و لجن کف رودخانه وجود دارد که مقادیر افزایش در ایستگاه شماره ۴ بیش از دیگران است. فعالیتهای اجتماعی، تردد بیشتر و نیز پایین‌تر بودن دبی رودخانه از یک طرف و نیز فرو نشست یا جذب ترکیبات سربی در لجن کف یا جذب آنها بر روی گیاهان آبزی می‌توانند در تغییر غلظت سرب نسبت به دیگر شرایط زمانی و مکانی مؤثر باشند.

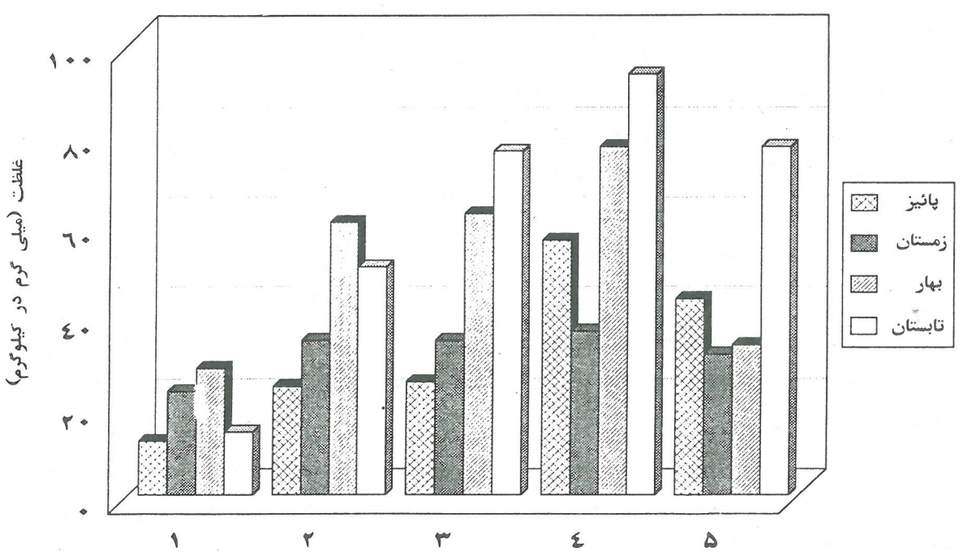
نمودارهای ۵ و ۶ و ۷ و ۸ که مربوط به غلظت سرب در نمونه‌های خاک می‌باشد نشان می‌دهند که در فصول تابستان و بهار به عللی نظیر تردد بیشتر در نوار ساحلی، افزایش فعالیتهای صنعتی کارگاهی و نیز کاهش دبی رودخانه، غلظت سرب در خاک نوار ساحلی افزایش محسوس‌تری نسبت به سایر مواقع دارد که در ایستگاههای پایین دست مشهودتر می‌باشد. مقایسه تغییرات در لایه‌های سطحی و عمقی خاک نشان می‌دهد که در لایه‌های سطحی غلظت سرب بیشتر از لایه‌های عمقی است که مؤید حرکت کند سرب در خاک می‌باشد.

گزارش مهندسین مشاور محیط زیست [۳] در مورد غلظت سرب اندازه‌گیری شده در لجن کف رودخانه نشان می‌دهد که بالاترین غلظت ۷۴/۹ میلیگرم در لیتر بوده و مربوط به نقاط میانی رودخانه است که با توجه به نتایج حاصل از تحقیق موجود چنین معین می‌گردد که غلظت سرب در لجن کف رودخانه بخصوص در نقاط میانی همواره بالاتر از حد انتظار بوده و می‌تواند بر شرایط اکولوژیک رودخانه تأثیر نامطلوب داشته باشد.

یافته‌های حاصل از تحقیق موجود و نیز نتایج سه بررسی قبلی [۲، ۴ و ۵] حاکی از آن است که غلظت سرب در آب رودخانه همواره کمتر از حد استاندارد یعنی ۰/۰۵ میلیگرم در لیتر است و لذا ترکیبات سرب که از طرق مختلف وارد آب رودخانه می‌گردند کمتر به حالت پایدار و محلول باقی می‌مانند و عموماً تمایل به ترسیب و تغلیظ در لجن کف رودخانه یا وارد شدن به خاک اطراف آن را پیدا می‌کنند.

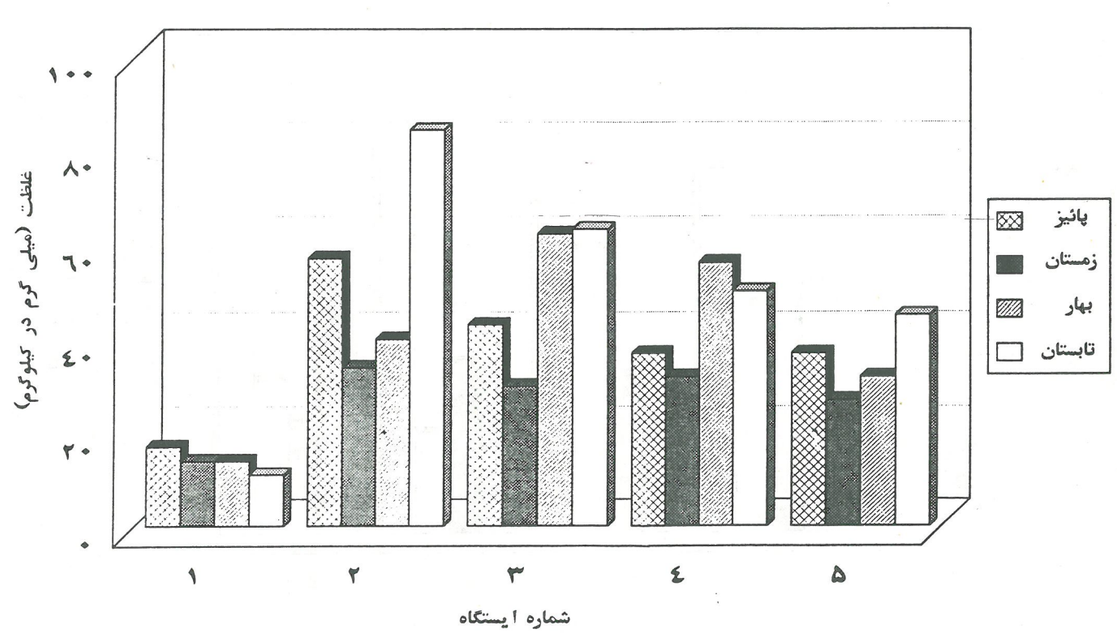


نمودار شماره ۲ : غلظت سرب در آب

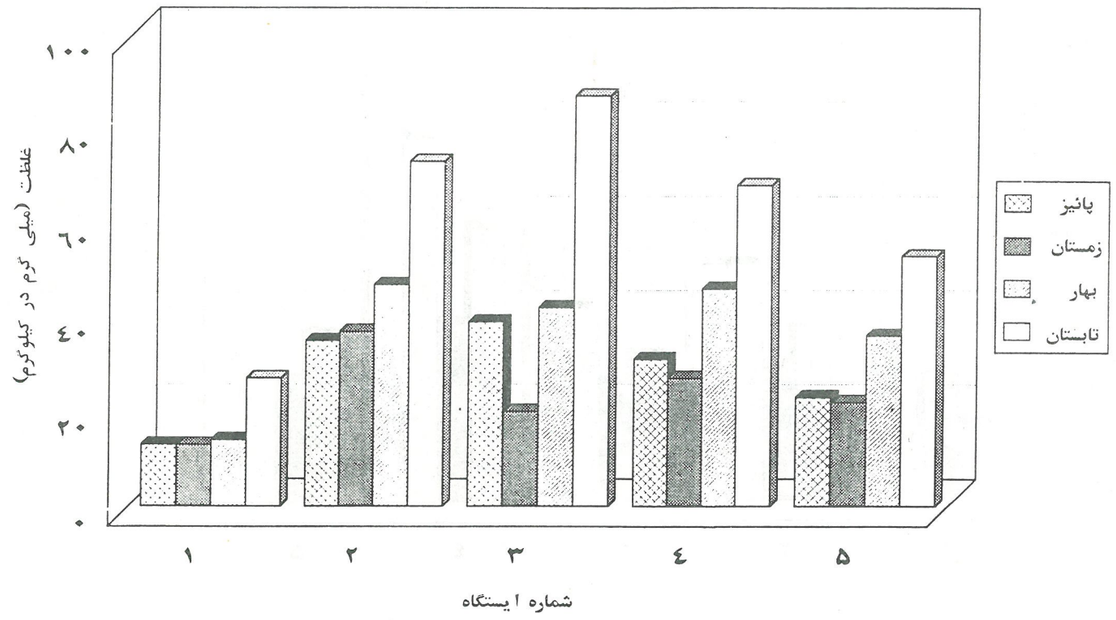


نمودار شماره ۳ : غلظت سرب در جلبک

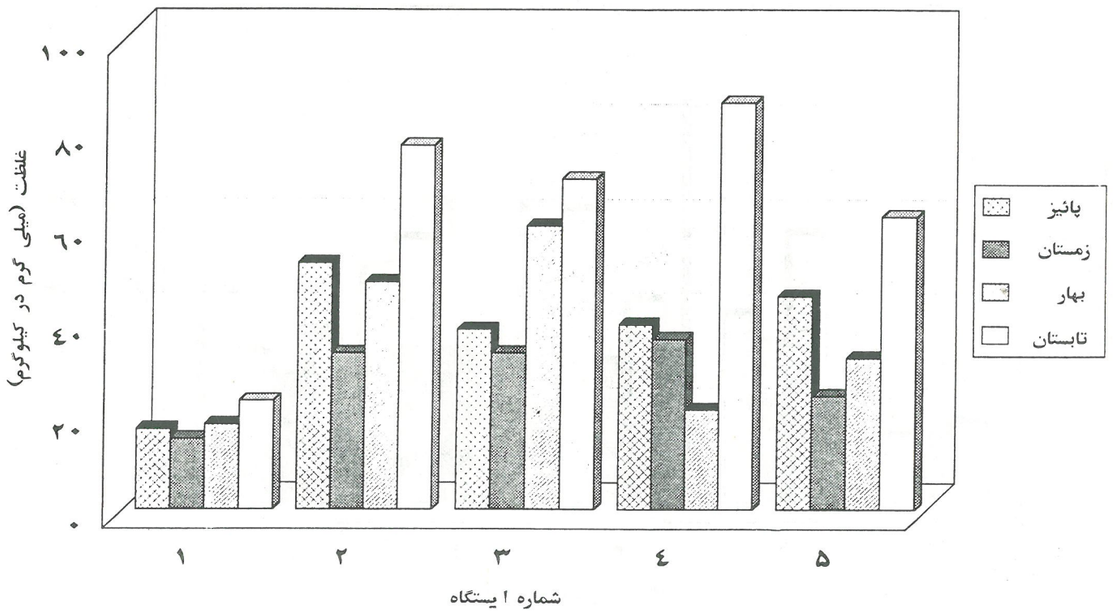
نمودار شماره ۴ : غلظت سرب در لجن



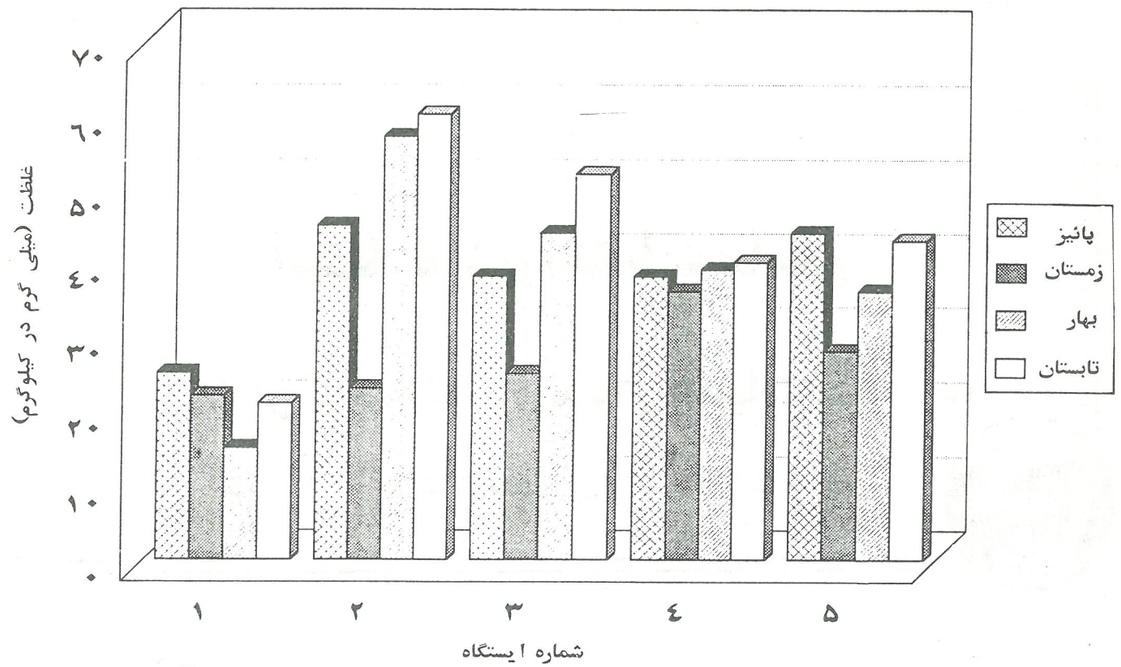
نمودار شماره ۵ : غلظت سرب در نمونه‌های خاک عمق ۳۰ سانتیمتری فاصله ۱۰ متری از رودخانه



نمودار شماره ۶ : غلظت سرب در نمونه‌های خاک سطحی فاصله ۱۰ متری از رودخانه



نمودار شماره ۷ : غلظت سرب در نمونه‌های خاک در فاصله ۱ متری از رودخانه



نمودار شماره ۸ : غلظت سرب در نمونه‌های خاک در فاصله ۱ متری عمق ۳۰ سانتیمتری از رودخانه

منابع :

۱ـ جعفری، ج .، (۱۳۶۴)، "سرب زدایی آب معدن نخلک و امکان مصرف در کشاورزی و آشامیدنی"، پایان‌نامه دکتری داروسازی دانشکده داروسازی اصفهان .

۲ـ حجری، ح. ر.، (۱۳۶۴)، "بررسی آلودگی آب زاینده‌رود به مواد سمی"، پایان‌نامه دکتری داروسازی ، دانشکده داروسازی اصفهان.

۳ـ خلیفی‌نژاد، م.، (۱۳۵۸)، "بررسی مسمومیت با سرب نزد کارگران معدن باما"، پایان‌نامه دکتری داروسازی، دانشکده داروسازی اصفهان.

۴ـ سازمان حفاظت محیط زیست، (۱۳۵۸) ، "گزارش مهندسان محیط زیست".

۵ـ شیخ، ح.، (۱۳۶۴)، "بررسی آلودگی آب چاههای فلمن اصفهان به مواد سمی"، پایان‌نامه دکتری داروسازی، دانشکده داروسازی اصفهان.

6- Tebbutt, T.H. Y. (1988)," Principles of Water Quality Control", Univer. of Birmingham, U.K.

7- W. H. O. (1985), "Guidelines for Drinking Water Quality", World Health Organization.

8- W.H.O. (1985), "Environmental Toxicology and Ecotoxicology", World Health Organization.

9- W.H.O. (1989), "Environmental Health Criteria", World Health Organization.

10- G.E.M.S. (1983), "Water Operational Guide", Global Environmental Monitoring Systems.

11- A.P.H.A. (1985), "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 16th Edition, APHA, AWWA, WCPE.

12- Baird, C. (1995), "Environmental Chemistry", Freeman Company.

13- Huchinson, T. C.. (1987), "Health Criteria, Lead, Cadmium, in the Environment", John Wiley and Sons.

14- Waldorn, J. A. (1992), "Sun Clinical Lead Poisoning", American Journal of Public Health.

15- Johnson, J. (1995), "When is Lead a Health Risk", J. Environmental Science and Technology.

16- Hecker, A. S. (1992), "Lead and Environment", J. of Ecology.

17- Dains, R. H. (1991), "Atmospheric Lead; it's Relationship to Traffic and Proximity to Highways", J. Environmental Science and Technology.