فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال یازدهم، شماره ۳۸،بهار ۹۶

بررسی مقادیرعناصرآلوده کننده رسوب رودخانه کرج در محدوده اسلامشهر (جنوب تهران)و اثرات سوءآن بر محیط زیست پیرامون

مریم خدابخشی[۱]، فرح ناز کریم زاده [۲*] ، بهنوش خوش منش[۳] و افشار ضیاء ظریفی[۴]

۱- دانش آموخته ی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده منابع طبیعی ومحیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران
۲- استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر
۳- استادیار گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند
۴- استادیار گروه زمین شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

چکیده

اسلامشهر در جنوب شهر تهران قرار دارد که از شمال به تهران ، از شرق به شهرستان ری ، از جنوب به رباط کریم و از غرب به شهرستان شهریار محدود می گردد . مهم ترین رودخانه ی آن رودخانه کرج نام دارد. در این تحقیق نمونه های رسوب برای تعیین غلظت عناصر Ni ، Cr ، Cd ، Zn ، Pb ، Cu ، As و Fe مورد آنالیز قرار گرفت. رسوبات رودخانه کرج به عناصر روی، مس، و در بعضی ایستگاهها ، سرب ، آرسنیک آلوده شده اند. نتیجه گیری تحلیل مؤلفه اصلی با نتایج حاصل از آنالیز خوشه ای نیز سازگار است و براساس آنالیز های آماری انجام گرفته می توان گفت که آهن و نیکل و کروم و روی منبع یکسانی دارند (زمین زاد). این مطلب در مورد مس و آرسنیک وجود منبع مشترک (انسان زاد) و در مورد کادمیوم نیز یک منبع (انسان زاد) مجزا را بیان می دارد. نتایج نشان می دهد که غنی شدگی برای تمام عناصر در همه ایستگاهها وجود ندارد. طبق نتایج بدست آمده از شاخص زمین انباشت آلودگی مقادیر روی، مس و نیکل در بعضی ایستگاهها در حد غیر آلوده و در بعضی ایستگاه های دیگر در حد غیرآلوده تا آلودگی متوسط می باشد. آلودگی مقادیر کادمیوم و سرب و آرسنیک در حد متوسط تا آلودگی متوسط تا قوی می باشد . مقدار کروم نیز در حد غیر آلوده و در بعضی ایستگاهها در حد آلودگی متوسط تا قوی و در ایستگاه ۱۳ در حد آلودگی قوی می باشد. مقادیر درجه آلودگی نیز نشان می دهد کادمیوم دارای درجه آلودگی بسیار بالا، عنصر کروم و نیکل دارای درجه آلودگی متوسط، عناصر مس، آرسنیک، سرب، روی دارای درجه آلودگی قابل توجه هستند. ضریب آلودگی در تمام ایستگاهها پایین تا متوسط است. منبع احتمالی عناصر روی و مس، تخلیه زباله ها و نخاله های ساختمانی و فاضلاب های خانگی به درون رودخانه کرج است. افزایش غلظت آرسنیک در ایستگاه سالور و جاده ساوه ، نشان دهنده ی نقش آفت کش های کشاورزی و افزایش غلظت سرب نتیجه رفت وآمد وسایل نقلیه است.

واژگان کلیدی : عناصر آلوده کننده ، رسوب ، رودخانه کرج ، محدوده اسلامشهر ، فلزات سنگین.

مقدمه

فلزات سنگین همیشه در ترکیب طبیعی محیط زیست وجود داشتند و در شرایط طبیعی در غلظت های پایین یافت می شدند، اما در اثر فعالیتهای انسانی مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین وارد محیط زیست شدند. از این رو آلودگی محیط ناشی از فلزات سنگین مشکل جهانی است. حوضه آبریز رودخانه کرج و بخشی از آن که در محدوده شهرستان اسلامشهر قرار گرفته است به دلیل واقع شدن در مسیر فاضلابها و پسابهای خروجی کارخانجات و صنایع متعدد و

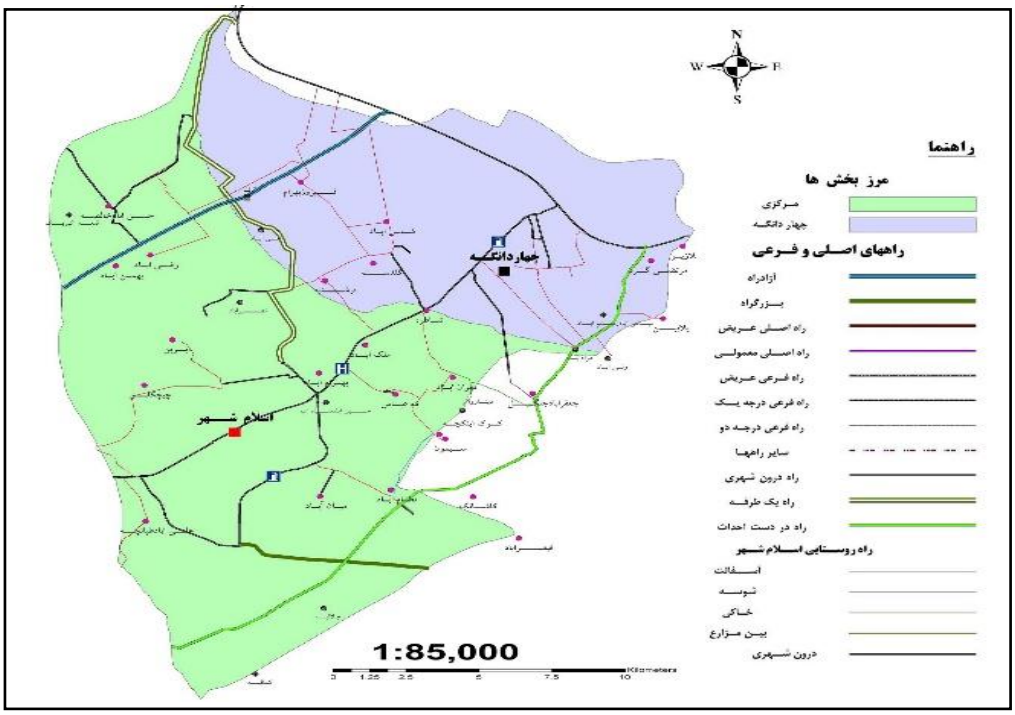
نیز عبور از مناطق شهری و کشاورزی پیرامون ،در معرض آلودگی با انواع عناصر سمی و مضر است. پروژه های متعدد شهر سازی نظیر ساخت و ساز در حریم رودخانه، راه سازی و انسداد کانال رودخانه در بخش هایی از طول آن به وخامت موضوع و آلودگی آب افزوده است. در خصوص موضوع آلودگی های زیست محیطی در منطقه و رودخانه های محدوده اسلامشهر و سایر نقاط کشور پیش از این تحقیقات زیادی صورت گرفته است از آن جمله : افزایش ضریب غنی شدگی آرسنیک ، روی و مس در رسوبات بستر زاینده رود اصفهان که توسط جواد طباطبائی (۱۳۸۹) اندازه گرفته شده است و نتایج حاصل از آن نشان داده که تغییرات غلظت فلزات سنگین در رسوبات رودخانه زاینده رود بسیار متغیر بوده و بیشترین مقادیر مربوط به نمونه هایی است که بعد از ورود زهکش های مناطق صنعتی و کشاورزی قرار داشتند. ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه بابلرود با استفاده از شاخص آلودگی رسوب که توسط سالار مغزی و همکارانش (۱۳۹۰) انجام شده است و نتایج بدست آمده از شاخصهای غنی سازی و انباشت ژئوشیمیایی ، وضعیت فعلی منطقه مورد مطالعه را برای اکثر فلزات تمیز و غیر آلوده و فقط برای فلز کادمیوم بسیار آلوده نشان می دهد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

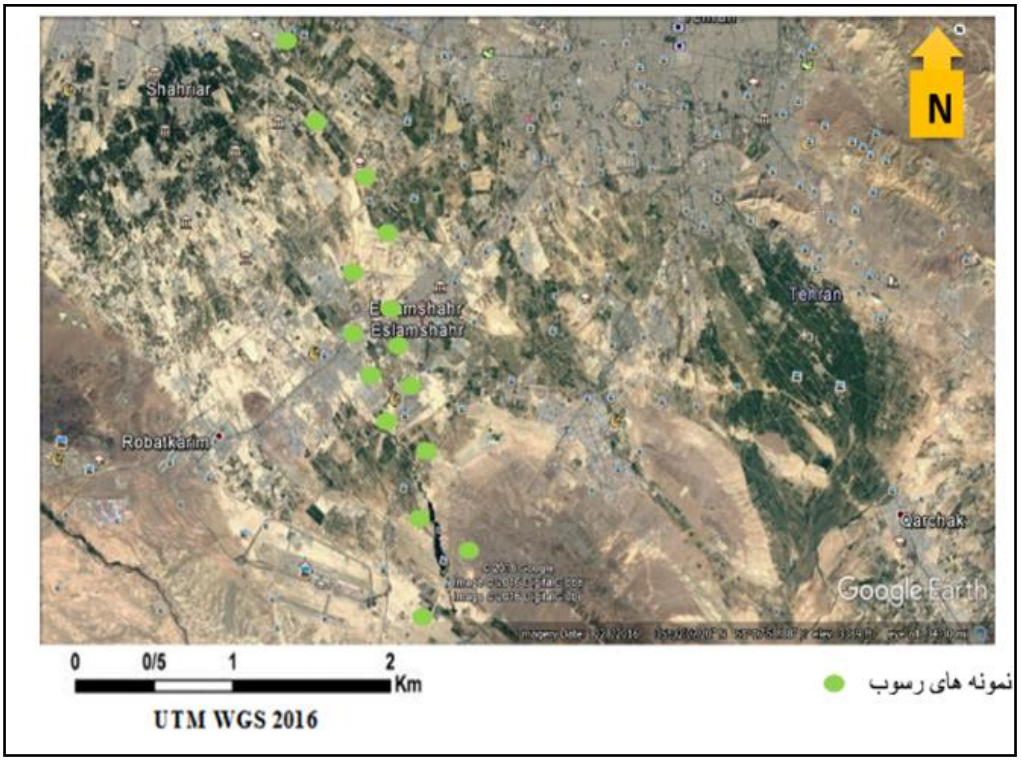
شهرستان اسلامشهر در نواحی میانی شمال غرب فلات مرکزی روبروی آبرفتهای سیلابی و مخروطه افکنه سیلابهای جاری شده از دامنه های جنوبی البرز مرکزی واقع شده است. (سایت فرمانداری اسلامشهر)

اسلامشهر دومین شهر بزرگ استان تهران با مساحت ۲۰۸ کیلومترمربع و مرکز شهرستان اسلامشهر است که در ۱۲ کیلو متری جنوب شهر تهران واقع شده است و از طریق جاده و بزرگراه تهران – ساوه و همچنین بزرگراه آزادگان و احمد آباد مستوفی قابل دسترسی است.آب و هوا در فصول سرد سال متاثر از سیستمهای سرد شمالی و شمال غربی و جنوب غربی است که طی نفوذ به فلات ایران و تهران، بعداً شهرستان اسلامشهر را نیز تحت تاثیر خود قرار می دهد . (سایت حفاظت محیط زیست استان تهران)

شهرستان اسلامشهر به علت واقع شدن در حاشیه منطقه نیمه خشک و بیابانی پوشش گیاهی فقیر و ضعیفی دارد اسلامشهر دارای تعدادی کارخانه است که معروفترین آنها کارخانه بستنی میهن واقع در نزدیکی شهرک سالور و قائمیه می باشد . از نظر ترکیب و جنس زمین شناسی بخش های بالادست محدوده رودخانه کرج در ارتفاعات کرج و شهریار از سنگهای رسوبی شیل وآهک، سازندهای E^{t_2} ،$E^{sh_{30}}$ ، E^{ab}،E^{sc_4} ،E^{td_5} و سنگهای آذرین آندزیتی و حد واسط سازند کرج، سازند های Q_{t_2} وQ_{t_1} وQ_{al} بخشهای پایین دست آن در دشت اسلامشهر از تراس های آبرفتی و مخروط افکنه های کوهپایه ای سازند آبرفت های (Bs، C ،Bn) تهران تشکیل شده اند.(سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور). طبق مطالعات اولیه و بازدید از منطقه و با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی ، محل دو شاخه شدن رودخانه ، تغییر جنس بستر رودخانه ، شیب رودخانه ، محل صنایع و خروجی فاضلاب ها و پساب های شهری و صنعتی ، دسترسی و امکان نمونه برداری (به دلیل ساخت کانال در نقاطی از رودخانه)، نمونه برداری ازرسوب رودخانه در ۱۵ ایستگاه صورت گرفت. موقعیت و نام ایستگاه ها در جدول ۱ آورده شده است. در هر ایستگاه به میزان ۱ کیلوگرم رسوب از حاشیه و وسط رودخانه(ازعمق ۳۰-۲۰ سانتیمتری کف کانال) جمع آوری و در کیسه های پلاستیکی پلی اتیلن قرار داده شدند. سپس توسط GPS مختصات منطقه اندازه گیری شد. پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه زمین شناسی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات و جدا کردن بخش دانه ریز (کوچکتر از ۷۵ میکرون) آنها و هضم چند مرحله ای توسط اسید نیتریک ۶۵ درصد و اسید فلوئوریدریک ۴۸ درصد و اسید کلریدریک ۳۷ درصد توسط دستگاه ICP در آزمایشگاه شیمی دانشگاه تربیت مدرس برای قرائت فلزات سنگین موجود در نمونه ها اقدام گردید.



شکل ۱- موقعیت اسلامشهر و جاده های ارتباطی Google Earth



شکل ۲- عکس هوایی منطقه و نقاط نمونه برداری Google Earth

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی طول – عرض	توصیف منطقه نمونه برداری	عمق و مکان منطقه نمونه برداری
۱	قلعه حسن خان	E:۵۱° ۰۷′ ۱۷/۴″ N:۳۵° ۴۰′ ۴۶/۳″	۵۰ کیلومتر فاصله از جاده ، اطراف زمین کشاورزی	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از وسط رودخانه
۲	بابا سلمان	E: ۵۱° ۰۸′ ۴۸/۵″ N: ۳۵° ۳۹′ ۲۴/۷″	۲ کیلومتر فاصله از جاده ، اطراف باغ ، کارخانه ، محل تخلیه فاضلاب ، مسکونی	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از وسط رودخانه
۳	ده مویز	E: ۵۱° ۰۸′ ۴۸/۶″ N: ۳۵° ۳۹′ ۲۴/۷″	۵/۱ کیلومتر فاصله از جاده ، محل تخلیه زباله و نخاله های ساختمانی، محل ساخت بلوک سیمانی	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از وسط رودخانه
۴	باغستان	E: ۵۱° ۰۹′ ۲۵/۹″ N: ۳۵° ۳۸′ ۳۶/۵″	کناره جاده زیر پل ، اطراف کارخانه ، تجاری ، صنعتی	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از وسط رودخانه
۵	نصیر آباد بذر	E: ۵۱° ۰۷′ ۲۳/۹″ N: ۳۵° ۴۰′ ۴/۹″	۵۰۰ متر فاصله از جاده ، محل تخلیه زباله،نخاله ساختمانی و فاضلاب دقیقا به داخل رودخانه، کشاورزی با آب فاضلاب	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از وسط رودخانه
۶	نسیم شهر	E: ۵۱° ۱۰′ ۴۰/۶″ N: ۳۵° ۳۳′ ۳۰/۵″	۲ کیلومتر فاصله از جاده، محل تخلیه نخاله های ساختمانی ، اطراف کلا بیابان	عمق ۱۰ سانتیمتر نمونه برداری از حاشیه رودخانه
۷	چیچکلو	E: ۵۱° ۱۰′ ۵۷/۲″ N: ۳۵° ۳۴′ ۵/۶″	۱ کیلومتر فاصله از جاده ، محل تخلیه نخاله های ساختمانی ، پادگان نظامی	عمق ۱۰ سانتیمتر نمونه برداری از حاشیه رودخانه
۸	حصارک پایین	E: ۵۱° ۱۱′ ۴۱/۰″ N: ۳۵° ۳۲′ ۲۴/۴″	۵۰۰ متر فاصله از جاده ، محل تخلیه زباله و فاضلاب ، انبار شرکت نفت ،	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از بستر رودخانه
۹	سالور	E: ۵۱° ۱۱′ ۵۹/۹″ N: ۳۵° ۳۲′ ۵/۷″	۱۰۰ متر فاصله از جاده ، محل تخلیه فاضلاب و زباله ، کارخانه	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از حاشیه رودخانه
۱۰	جاده ساوه	E: ۵۱° ۱۰′ ۱۳/۶″ N: ۳۵° ۳۶′ ۳۷/۹″	زیر پل جاده ساوه ، محل تخلیه ساختمانی ، کلا بیابان	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از وسط رودخانه
۱۱	صالح آباد	E: ۵۱° ۱۲′ ۴۰/۹″ N: ۳۵° ۲۹′ ۶/۶″	۶ کیلومتر فاصله از جاده ، ، محل تخلیه زباله و فاضلاب ، اطراف رودخانه زمین کشاورزی	از حاشیه رودخانه و تقریبا از سطح خاک
۱۲	علی آباد طپانچه	E: ۵۱° ۱۱′ ۵۹/۷″ N: ۳۵° ۳۲′ ۵/۹″	۲ کیلومتر فاصله از جاده، نزدیک بافت شهری ، محل تخلیه فاضلاب خانگی و نخاله های ساختمانی ، زمین کشاورزی	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از وسط رودخانه
۱۳	آزاد راه تهران – قم	E: ۵۱° ۱۲′ ۴۰/۵″ N: ۳۵° ۲۹′ ۵/۶″	کنار جاده زیر پل ، اطراف کلا بیابان	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از حاشیه رودخانه
۱۴	ویجین آباد	E: ۵۱° ۱۳′ ۲۲/۲″ N: ۳۵° ۲۷′ ۴۶/۸″	کنار جاده زیر پل ، اطراف منطقه نظامی ، بیابان	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از حاشیه رودخانه
۱۵	گل آباد	E: ۵۱° ۱۶′ ۱/۱″ N: ۳۵° ۲۲′ ۵۹/۱″	جاده قدیم تهران – قم ، محل تخلیه نخاله های ساختمانی ، اطراف بیابان	عمق ۲۰ سانتیمتر نمونه برداری از وسط رودخانه

داری در نمونه های رسوب رودخانه کرج در محدوده اسلامشهر

جدول۲-غلظت فلزات سنگین در نمونه های رسوب برداشت شده از مسیر رودخانه کرج بر حسب (ppm)

شماره ایستگاه	Fe	Cd	Cr	Zn	Pb	Cu	As	Ni
۱	۳۱۰۱۵	۰/۹	۴۵/۵	۷۳/۱	۷۱/۵	۳۵/۴	۵/۰	۲۵/۶
۲	۲۹۲۰۰	۱/۰	۴۴/۶	۹۶/۶	۷۴/۴	۳۷/۶	۴/۷	۲۶/۹
۳	۵۵۵۰۰	۱/۱	۶۸/۴	۶۴۶/۱	۸۵/۱	۶۰/۸	۵/۶	۳۶/۶
۴	۵۱۰۰۰	۰/۹	۳۶/۳	۹۴/۳	۶۸/۴	۳۹/۱	۷/۶	۳۶/۶
۵	۴۴۵۰۰	۱/۰	۳۸/۰	۱۱۳/۹	۷۶/۶	۴۹/۴	۷/۱	۳۳/۱
۶	۳۹۳۰۰	۰/۹	۴۲/۴	۱۴۳/۸	۱۵۵/۹	۶۰/۴	۶/۸	۳۲/۳
۷	۴۳۰۰۰	۰/۹	۴۹/۱	۱۶۱/۴	۶۸/۷	۵۲/۴	۷/۳	۳۳/۱
۸	۴۶۰۰۰	۱/۰	۳۵/۷	۸۷/۹	۶۸/۸	۴۱/۱	۶/۱	۳۴/۱
۹	۳۴۰۰۰	۰/۹	۵۱/۰	۸۲/۶	۸۴/۵	۵۰/۹	۱۱/۹	۳۰/۵
۱۰	۲۷۱۳۰	۱/۱	۳۰/۶	۹۷/۳	۶۷/۱	۷۳/۱	۱۸/۹	۲۴/۷
۱۱	۳۴۰۰۰	۰/۹	۳۲/۴	۱۱۸/۲	۷۲/۰	۴۶/۶	۲/۸	۳۰/۴
۱۲	۳۲۱۵۰	۱/۱	۳۳/۹	۱۲۳/۰	۸۳/۹	۵۶/۶	۵/۸	۲۸/۴
۱۳	۲۶۵۰۰	۱/۸	۲۸/۱	۷۳/۱	۶۸/۷	۳۷/۰	۷/۲	۲۳/۶
۱۴	۳۵۰۹۰	۱/۲	۵۴/۷	۱۳۰/۰	۸۱/۴	۶۴/۱	۸/۶	۳۱/۹
۱۵	۳۸۲۵۰	۱/۰	۴۷/۶	۱۵۶/۹	۹۵/۱	۸۴/۳	۵/۰	۳۲/۲

برای مطالعه آلودگی رودخانه ها و تعیین میزان و درجه سمیت عناصر سنگین مختلف، لازم است تا از استانداردهای جهانی استفاده شود (جدول۳). در این میان استانداردی که (جدول۳) در سال۲۰۰۷ توسط میلر گردآوری و ارائه شده ، یکی از کاملترین استانداردهایی است که میزان غلظت مجاز تمام عناصر مورد مطالعه در آب و رسوب و انواع سنگ ها را ارائه می دهد و برای مقایسه میزان آلودگی احتمالی در مورد هر عنصر در حوضه مورد مطالعه از آن استفاده می شود. مقایسه میانگین فراوانی فلزات سنگین در بخش دانه ریز و رسی رسوب رودخانه کرج با حد مجاز آنها در شیل ، بیانگر این مطلب است که اغلب فلزات در حد مجاز بوده وصرفاً مس و سرب و روی مقادیری فراتر از حد مجاز را نشان می دهند.

فاکتورغنی شدگی

فاکتور غنی شدگی یک عنصر خاص در یک نمونه معین عبارت است از نسبت غلظت آن عنصر در آن نمونه به غلظت زمینه همان عنصر در جامعه ای که نمونه مربوطه ، متعلق به آن است. با توجه به مقادیر به دست آمده از نتایج تجزیه شیمیایی نمونه های رسوب رودخانه کرج و با استفاده از فرمول زیر فاکتور غنی شدگی فلزات در هر نمونه به تفکیک تعیین شده است:

EF=(Cx/Cref)sample/(Cx/Cref)background

در این فرمول ، EF فاکتور غنی شدگی ، Cx غلظت فلز اندازه گیری شده در نمونه های خاک و Cref غلظت فلز مرجع است. فلز مرجع اغلب عنصری است که در منطقه مورد مطالعه ، تغییر پذیری و تحرک کمی داشته باشد. و در تحقیق حاضر فلز Fe بعنوان مرجع در نظر گرفته شده است.(جدول ۲). مقادیر فاکتور غنی شدگی به صورت زیر طبقه بندی می شوند:

EF<۱ غنی شدگی وجود ندارد ، EF<۳ غنی شدگی کم ، EF<۳-۵ غنی شدگی متوسط ،EF<۵-۱۰ غنی شدگی متوسط تا شدید ، EF<۱۰-۲۵ غنی شدگی شدید ، EF<۲۵-۵۰ غنی شدگی خیلی شدید و EF>۵۰ غنی شدگی بی نهایت شدید.(Acevedo-Figueroa۲۰۰۶)

همانطور که در جدول (۴) مشاهده می شود غنی شدگی برای تمام عناصر در همه ایستگاهها وجود ندارد فقط عنصر روی در ایستگاه سوم (۱/۱۶۴) دارای غنی شدگی کم است.

شاخص زمین انباشت

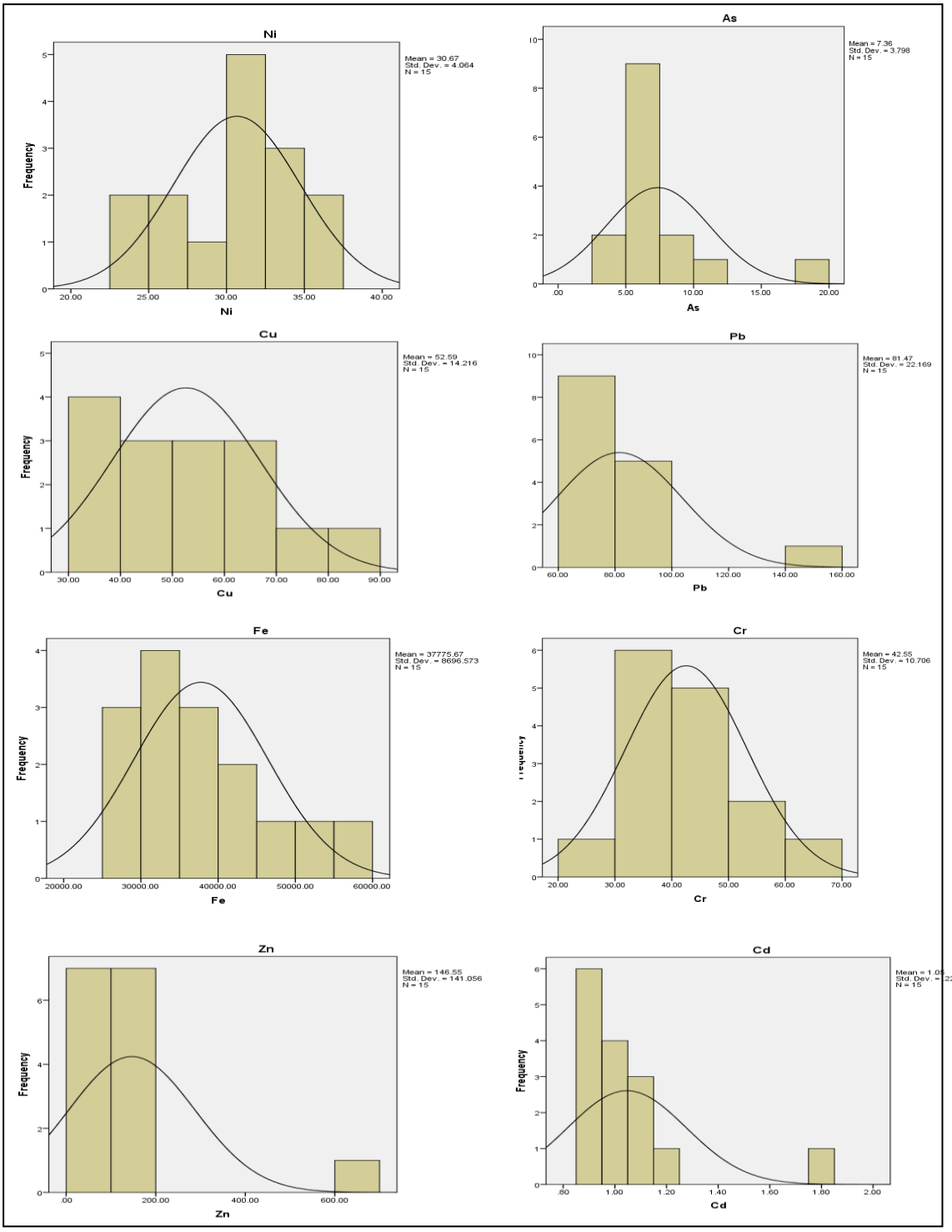
مولر از اواخر دهه ۱۹۶۰ شاخص Igeo را معرفی کرده است (Muller , ۱۹۶۹) و از آن زمان تا کنون به طور گسترده در اروپا برای مطالعه روی فلزات سنگین استفاده می شود. شاخص Igeo با مقایسه ی غلظت های موجود یا غلظت های قبل از صنعتی شدن برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک ها استفاده می شود. براساسشاخص زمین انباشتگی مولر ، Cn(Igeo) غلظت در نمونه (خاک) و Bn غلظت زمینه است. ضریب ۱/۵ به منظور کاهش تغییرات احتمالی در مقدار زمینه ناشی از نا پایداری های لیتولوژیک رسوبات اعمال شده است. LU و همکارانش در(۲۰۰۹) مقادیر شاخص زمین انباشتگی را مطابق جدول(۶) تفسیر کردند

شاخص Igeo از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Igeo = Log_2 (Cn)/1.5$$

جدول۳- فراوانی عناصر سنگین و مقادیر مجاز آنها در پوسته زمین، رسوبات و آب رودخانه(Miller ۲۰۰۷)

عنصر	میانگین در پوسته زمین Mg/Kg	حد مجاز (در سنگ رسوبی ، شیل و خاک های آرژیلتی Mg/Kg	حد مجاز در آب رودخانه g/L
Ti	۰/٤-۰/٥۷	۰/٦-۲/۷	۱۰
V	٥۳-٦۰	۸۰-۱۳۰	۰/۰۲-٥/۸
Cr	۱۲٦-۱۸٥	۸۰-۱۲۰	۰/۳-۲/۱
Mo	۱-۲	۰/۱-۷	۰/۲-٦۰
Mn	۷۱٦-۱٤۰۰	٤۰۰-۸٥۰	۰/۰۲-۱۳۰
Fe	٥	۳/۳-٤/۷	٦٦
Co	۱۰-۱۲	۱٤-۲۰	۰/۱٥
Ni	۲۰	٤۰-۹۰	۰/۸
Cu	۲٥-۲۷	٤۰-٦۰	۰/۲۷-۳/٥۳
Ag	۰/۰۸	۰/۱-۰/۲	(ng/l)۱٤۰
Zn	٥۲-۸۰	۸۰-۱۲۰	۳/۳-۱۰/۳
Cd	۰/۱-۰/۲	۰/۰٦-۱/۱	۰/۰۷-۰/۱۱
AL	۸ درصد وزن رسوبات	۰/۰۱-۰/۰٤	۲-۱۰۰۰
Pb	۱٤	۱۰۰	۰/۰۰۷-۳/۸
As	۰/٥-۲/٥	٥-۱۳	۰/۱۱-۹/٤



شکل ۳- توزیع غیر نرمال عناصر نیکل، آرسنیک، مس، سرب، کروم، روی، کادمیوم وآهن در نمونه های رسوب رودخانه کرج

جدول ۴– فاکتور غنی شدگی در ایستگاههای نمونه برداری

شماره ایستگاه	Ni	As	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd
۱	۰/۰۸۲	۰/۰۱۶	۰/۱۱۴	۰/۲۳۰	۰/۲۳۵	۰/۱۴۶	۰/۰۰۲
۲	۰/۰۹۲	۰/۰۱۶	۰/۱۲۸	۰/۲۵۴	۰/۳۳۰	۰/۱۵۲	۰/۰۰۳
۳	۰/۰۶۵	۰/۰۱۰	۰/۱۰۹	۰/۱۵۳	۱/۱۶۴	۰/۱۲۳	۰/۰۰۱
۴	۰/۰۶۵	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۱	۰/۱۳۴	۰/۱۸۴	۰/۰۷۱	۰/۰۰۲
۵	۰/۰۷۴	۰/۰۱۵	۰/۱۱۱	۰/۱۷۲	۰/۲۵۵	۰/۰۸۵	۰/۰۰۳
۶	۰/۰۸۲	۰/۰۱۷	۰/۱۵۳	۰/۳۹۶	۰/۳۶۵	۰/۱۰۷	۰/۰۰۲
۷	۰/۰۷۴	۰/۰۱۶	۰/۱۲۱	۰/۱۵۹	۰/۳۷۵	۰/۱۱۴	۰/۰۰۲
۸	۰/۰۷۴	۰/۰۱۳	۰/۰۸۹	۰/۱۴۹	۰/۱۹۱	۰/۰۷۷	۰/۰۰۳
۹	۰/۰۸۹	۰/۰۳۵	۰/۱۴۹	۰/۲۴۸	۰/۲۴۲	۰/۱۵	۰/۰۰۲
۱۰	۰/۰۹۱	۰/۰۶۹	۰/۲۶۹	۰/۲۴۷	۰/۳۵۹	۰/۱۱۲	۰/۰۰۱
۱۱	۰/۰۸۹	۰/۰۰۸	۰/۱۳۷	۰/۲۱۱	۰/۳۴۷	۰/۰۹۵	۰/۰۰۲
۱۲	۰/۰۸۸	۰/۰۱۸	۰/۱۷۶	۰/۲۶۱	۰/۳۸۳	۰/۱۰۵	۰/۰۰۱
۱۳	۰/۰۸۹	۰/۰۲۷	۰/۱۳۹	۰/۲۵۹	۰/۲۷۵	۰/۱۰۶	۰/۰۰۶
۱۴	۰/۰۹۱	۰/۰۲۴	۰/۱۸۳	۰/۲۳۲	۰/۳۷۱	۰/۱۵۶	۰/۰۰۳
۱۵	۰/۰۸۴	۰/۰۱۶	۰/۲۲۰	۰/۲۴۸	۰/۴۱۰	۰/۱۲۴	۰/۰۰۳

جدول۵- طبقه بندی رسوبات براساس درجه آلودگی(LU, etal , ۲۰۰۹)

درجه آلودگی	شاخص زمین انباشتگی
غیر آلوده	کمتر از ۰
غیر آلوده تا آلودگی متوسط	۰-۱
آلودگی متوسط	۱-۲
آلودگی متوسط تا قوی	۲-۳
آلودگی قوی	۳-۴
آلودگی بسیار قوی	۴-۵
شدیداً آلوده	بیشتر از ۵

طبق نتایج به دست آمده از محاسبات عناصر در میزان پارامتر شاخص زمین انباشتگی جدول (۵) و مقایسه آن با استاندارد ارائه شده توسط مولر می توان به میزان آلودگی موجود در محیط پی برد. بر این اساس مقادیر کادمیوم در تمام ایستگاهها در حد آلودگی متوسط می باشد بجز ایستگاه ۱۳ که در حد آلودگی متوسط تا قوی می باشد. مقدار کروم نیز در تمام ایستگاهها در حد غیر آلوده می باشد بجز ایستگاه ۱۳ که در حد آلودگی قوی و در ایستگاه ۱۴ در حد آلودگی متوسط تا قوی است. عنصر روی در ایستگاههای ۱،۲،۴،۵،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۳ در حد غیر آلوده وایستگاههای ۶،۷،۱۲،۱۴،۱۵ در حد غیر آلوده تا آلودگی متوسط است و ایستگاه ۳ نیز آلودگی در حد متوسط تا قوی می باشد. مقادیر سرب نیز نشان می دهد

آلودگی در اکثر ایستگاهها در حد متوسط است بجز ایستگاه ۳، ۶،۹،۱۵ که در حد متوسط تا قوی ، و ایستگاه ۵ نیز غیر آلوده است. عنصر مس نیز در ایستگاه ۱،۲،۴،۱۳ غیر آلوده ، در ایستگاه ۱۵ در حد آلودگی متوسط و در سایر ایستگاهها در حد غیر آلوده تا آلودگی متوسط است. مقدار عنصر آرسنیک نیز در اکثر ایستگاهها در حد غیر آلوده تا آلودگی متوسط است و در ایستگاه ۱۰ در حد متوسط تا قوی ، در ایستگاه ۱۱ در حد غیر آلوده و در ایستگاه های ۴،۹،۱۴ در حد آلودگی متوسط است. همچنین مقادیر نیکل نیز در ایستگاههای ۱،۲،۱۰،۱۲،۱۳ در حد غیر آلوده و در سایر ایستگاهها در حد غیر آلوده تا آلودگی متوسط است.

ضریب آلودگی و درجه آلودگی

به منظور بیان وضعیت آلودگی محیط نسبت به یک عنصر خاص ، از ضریب آلودگی (C_f) استفاده می شود.

مجموع ضرایب آلودگی آلاینده ها ی مورد مطالعه درجه کلی آلودگی رسوب را بیان می کند که به آن درجه آلودگی (C_d) هاکنسون گفته می شود. برای محاسبه ضریب آلودگی و درجه آلودگی از روش هاکنسون (۱۹۸۰) استفاده شده که از روابط مقابل محاسبه می شوند .

$$C_d = \sum^{n} C_f \qquad C_f = cn/Bn$$

براساس رده بندی هاکنسون اگر $c_f<1$ باشد ضریب آلودگی پایین ، $1\leq c_f<3$ ضریب آلودگی متوسط ، $3\leq c_f<6$ ضریب آلودگی قابل توجه ، و $c_f\geq 6$ ضریب آلودگی بسیار بالا است. هم چنین $c_d<6$ درجه آلودگی پایین ، $6\leq c_d<12$ درجه آلودگی متوسط ، $12\leq c_d<24$ درجه آلودگی قابل توجه و $c_d \geq 24$ درجه آلودگی بسیار بالا را نشان می دهد.

جدول۶- شاخص زمین انباشتگی در ایستگاه های نمونه برداری

شماره ایستگاه	Ni	As	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd
۱	-۰/۲۲	۰/۴۱	-۰/۱۹	۱/۷۶	-۰/۷۱	-۲/۶۱	۱/۵۸
۲	-۰/۱۵	۰/۳۲	-۰/۱۰	۱/۸۲	-۰/۳۱	-۲/۶۴	۱/۷۳
۳	۰/۲۸	۰/۵۷	۰/۵۸	۲/۰۱	۲/۴۲	-۲/۰۲	۱/۸۷
۴	۰/۲۸	۱/۰۱	-۰/۰۴	۱/۷۰	-۰/۳۴	-۲/۹۴	۱/۵۸
۵	۰/۱۳	۰/۹۲	۰/۲۸	-۰/۸۳	-۰/۰۷	-۲/۸۷	۱/۷۳
۶	۰/۱۰	۰/۸۵	۰/۵۷	۲/۸۹	۰/۲۵	-۲/۷۱	۱/۵۸
۷	۰/۱۳	۰/۹۶	۰/۳۶	۱/۷۰	۰/۴۲	-۲/۵۰	۱/۵۸
۸	۰/۱۸	۰/۷۰	۰/۰۱	۱/۷۱	-۰/۴۴	-۲/۹۶	۱/۷۳
۹	۰/۰۱	۱/۶۶	۰/۳۲	۲/۰۰	-۰/۵۳	-۲/۴۴	۱/۵۸
۱۰	-۰/۲۷	۲/۳۳	۰/۸۵	۱/۶۷	-۰/۳۰	-۳/۱۸	۱/۸۷
۱۱	۰/۰۱	-۰/۴۲	۰/۱۹	۱/۷۷	-۰/۰۱	-۳/۱۰	۱/۵۸
۱۲	-۰/۰۷	۰/۶۲	۰/۴۸	۱/۹۹	۰/۰۳	-۳/۰۳	۱/۸۷
۱۳	-۰/۳۴	۰/۹۴	-۰/۱۲	۱/۷۰	-۰/۷۱	۳/۳۰	۲/۵۸
۱۴	۰/۰۸	۱/۱۹	۰/۶۶	۱/۹۵	۰/۱۱	۲/۳۴	۲
۱۵	۰/۰۹	۰/۴۱	۱/۰۵	۲/۱۷	۰/۳۸	-۲/۵۴	۱/۷۳

جدول ۷- ضریب آلودگی در ایستگاههای نمونه برداری

شماره ایستگاه	Ni	As	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd
۱	۰/۳۹۳	۰/۵۵۵	۰/۷۰۸	۰/۷۱۵	۰/۷۳۱	۰/۴۵۵	۱/۵۵۱
۲	۰/۴۱۳	۰/۵۲۲	۰/۷۵۲	۰/۷۴۴	۰/۹۶۶	۰/۴۴۶	۱/۷۲۴
۳	۰/۵۶۳	۰/۶۲۲	۱/۲۱۶	۰/۸۵۱	۶/۴۶۱	۰/۶۸۴	۱/۸۹۶
۴	۰/۵۶۳	۰/۸۴۴	۰/۷۸۲	۰/۶۸۴	۰/۹۴۳	۰/۳۶۳	۱/۵۵۱
۵	۰/۵۰۹	۰/۷۸۸	۰/۹۸۸	۰/۷۶۶	۱/۱۳۹	۰/۳۸	۱/۷۲۴
۶	۰/۴۹۶	۰/۷۵۵	۱/۲۰۸	۱/۵۵۹	۱/۴۳۸	۰/۴۲۴	۱/۵۵۱
۷	۰/۵۰۹	۰/۸۱۱	۱/۰۴۸	۰/۶۸۷	۱/۶۱۴	۰/۴۹۱	۱/۵۵۱
۸	۰/۵۲۴	۰/۶۷۷	۰/۸۲۲	۰/۶۸۸	۰/۸۷۹	۰/۳۵۷	۱/۷۲۴
۹	۰/۴۶۹	۱/۳۲۲	۱/۰۱۸	۰/۸۴۵	۰/۸۲۶	۰/۵۱	۱/۵۵۱
۱۰	۰/۳۸	½	۱/۴۶۲	۰/۶۷۱	۰/۹۷۳	۰/۳۰۶	۱/۸۹۶
۱۱	۰/۴۶۷	۰/۳۱۱	۰/۹۳۲	۰/۷۲	۱/۱۸۲	۰/۳۲۴	۱/۵۵۱
۱۲	۰/۴۳۶	۰/۶۴۴	۱/۱۳۲	۰/۸۳۹	۱/۲۳	۰/۳۳۹	۱/۸۹۶
۱۳	۰/۳۶۳	۰/۸	۰/۷۴	۰/۶۸۷	۰/۷۳۱	۰/۲۸۱	۳/۱۰۳
۱۴	۰/۴۹۰	۰/۹۵۵	۱/۲۸۲	۰/۸۱۴	۱/۳	۰/۵۴۷	۲/۰۶۸
۱۵	۰/۴۹۵	۰/۵۵۵	۱/۶۸۶	۰/۹۵۱	۱/۵۶۹	۰/۴۷۶	۱/۷۲۴

طبق نتایج بدست آمده از جدول (۷) برای عناصر نیکل و کروم ضریب آلودگی در تمام ایستگاههای نمونه برداری پایین است. برای عنصر کادمیوم در تمام ایستگاهها ضریب آلودگی متوسط است بجز ایستگاه ۱۳ که قابل توجه است. ضریب آلودگی عنصر روی نیز در ایستگاههای ۱،۲،۴،۸،۹،۱،۱۳ پایین ، در ایستگاههای ۵،۶،۷،۱۱،۱۲،۱۴،۱۵ متوسط فقط در ایستگاه سوم بسیار بالاست. مقادیر عنصر سرب در تمام ایستگاه ها دارای ضریب آلودگی پایین می باشد فقط در ایستگاه ۶ متوسط است. عنصر مس نیز در ایستگاههای ۱،۲،۴،۵،۸،۱۱،۱۳ دارای ضریب آلودگی پایین و در سایر ایستگاه ها ضریب آلودگی متوسط است. برای عنصر آرسنیک ضریب آلودگی در تمام ایستگاهها پایین بجز ایستگاه ۹ و۱۰ متوسط است. میانگین مقادیر درجه آلودگی نیز به شرح زیر است :

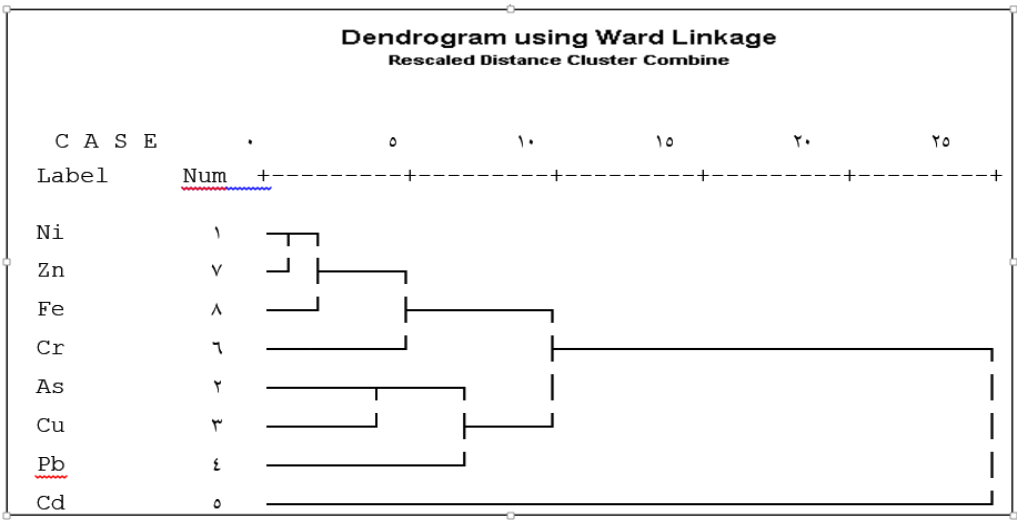
کادمیوم : ۲۷/۰۶۱، کروم ۶/۳۸۳ ، روی ۲۱/۹۸۲ ، سرب ۱۲/۲۲۱ ، مس ۱۵/۷۷۶ ، آرسنیک ۱۲/۲۶۱ ونیکل ۷/۰۷ طبق این نتایج کادمیوم دارای درجه آلودگی بسیار بالا ، عنصر کروم و نیکل دارای درجه آلودگی متوسط ، عناصر مس ، آرسنیک ، سرب ، روی دارای درجه آلودگی قابل توجه هستند.

ضریب همبستگی

برای تعیین ضرایب همبستگی بین متغیرها از روش پیرسون استفاده شده است. (wellmer،۱۹۹۷) در نتایج حاصل از ضریب همبستگی بین عناصر که در جدول (۹) ارائه شده است ، همبستگی مثبت بالا بین عناصر نیکل و آهن (r=۰/۹) و همبستگی متوسط بین عناصر آهن و روی (r=۰/۶) برقرار است. این ارتباط احتمالاً به دلیل یک منبع خاک زاد مشابه و یا مکانیسم های حمل و نقل مشابه و انباشت در رسوبات است ، نظیر : پتانسیل یونی مشابه و قرار گرفتن در گروه های یونی نا متحرک . ضمن این که عناصر فوق به همراه اکسی – هیدروکسید های آهن در رسوبات می توانند ته نشین شده باشند. همبستگی قابل قبولی ما بین عناصر کروم و روی (r=۰/۷) وجود دارد. این عناصر در ایستگاه نمونه برداری ۳ بیشترین غلظت خود را دارا هستند و احتمالاً از یک منبع مشترک وارد رودخانه شده اند. عناصر آرسنیک و کادمیوم با اغلب عناصر همبستگی منفی نشان دادند که دال بر منبع جداگانه تأمین آنها از بابت آفت کش های کشاورزی (دارای آرسنیک) و فاضلاب صنعتی (دارای کادمیوم) است. ارتباط ضعیف و یا عدم ارتباط فلزات مس و سرب با آهن می تواند نشان دهنده سهم انسانی تولید این فلزات به دلیل توسعه شهری در اطراف حوضه رودخانه کرج در اسلامشهر باشد.

جدول۸- نتایج ضریب همبستگی بین عناصر مورد مطالعه در نمونه های رسوب رودخانه کرج

		Ni	As	Pb	Cu	Zn	Cr	Cd	Fe
Ni	Pearson Correlation	۱	۲۷۳-.	۱۹۸.	۱۴۶.	۴۷۹.	۴۷۹.	۴۶۶-.	**۹۴۰.
	Sig. (۲-tailed)		۳۲۶.	۴۸۰.	۵۹۶.	۰۷۱.	۰۷۱.	۰۸۰.	۰۰۰.
As	Pearson Correlation	۲۷۳-.	۱	۱۱۳-.	۳۵۲.	۱۶۴-.	۱۴۸-.	۱۰۰.	۲۵۸-.
	Sig. (۲-tailed)	۳۲۶.		۶۸۷.	۱۹۹.	۵۶۰.	۵۹۹.	۷۲۳.	۳۵۴.
Pb	Pearson Correlation	۱۹۸.	۱۱۳-.	۱	۳۶۸.	۱۳۵.	۲۰۲.	۲۰۱-.	۰۹۰.
	Sig. (۲-tailed)	۴۸۰.	۶۸۷.		۱۷۷.	۶۳۲.	۴۷۱.	۴۷۴.	۷۴۹.
Cu	Pearson Correlation	۱۴۹.	۳۵۲.	۳۶۸.	۱	۲۸۶.	۲۸۱.	۰۸۴-.	۰۳۲.
	Sig. (۲-tailed)	۵۹۶.	۱۹۹.	۱۷۷.		۳۰۲.	۳۱۱.	۷۶۷.	۹۱۱.
Zn	Pearson Correlation	۴۷۹.	۱۶۴-.	۱۳۵.	۲۸۶.	۱	**۷۱۰.	۰۰۳.	*۶۰۲.
	Sig. (۲-tailed)	۰۷۱.	۵۶۰.	۶۳۲.	۳۰۲.		۰۰۳.	۹۹۳.	۰۱۸.
Cr	Pearson Correlation	۴۷۹.	۱۴۸-.	۲۰۲.	۲۸۱.	**۷۱۰.	۱	۲۵۴-.	۴۶۰.
	Sig. (۲-tailed)	۰۷۱.	۵۹۹.	۴۷۱.	۳۱۱.	۰۰۳.		۳۶۰.	۰۸۴.
Cd	Pearson Correlation	۴۶۶-.	۱۰۰.	۲۰۱-.	۰۸۴-.	۰۰۳.	۲۵۴-.	۱	۳۵۶-.
	Sig. (۲-tailed)	۰۸۰.	۷۲۳.	۴۷۴.	۷۶۷.	۹۹۳.	۳۶۰.		۱۹۱.
Fe	Pearson Correlation	**۹۴۰.	۲۵۸-.	۰۹۰.	۰۳۲.	*۶۰۲.	۴۶۰.	۳۵۷-.	۱
	Sig. (۲-tailed)	۰۰۰.	۳۵۴.	۷۴۹.	۹۱۱.	۰۱۸.	۰۸۴.	۱۹۱.	



شکل ۴- تجزیه خوشه ای غلظت عناصر سنگین

تجزیه و تحلیل خوشه ای

قرار گرفتن عناصر در دو خوشه اصلی قابل تشخیص است. خوشه نخست شامل : نیکل ، روی ، آهن و کروم بوده و خوشه دوم متشکل از آرسنیک ، مس ، سرب و کادمیوم است. خوشه اول را بر حسب اختلاف درجه وابستگی فلزات می توان به دو زیر خوشه تقسیم کرد:

الف – نیکل ، روی ، آهن

ب – کروم .

وابستگی هر دو زیر خوشه گویای رفتار مشابه آنها در رسوب مورد مطالعه است . البته وابستگی نیکل ، آهن و روی بیشتر از سایر فلزات است. در خوشه یا گروه دوم نیز می توان دو زیر خوشه تعیین نمود:

الف - آرسنیک ، مس ، سرب

ب- کادمیوم.

در این میان ارتباط ضعیف کادمیوم با بقیه فلزات آشکار است. براساس این آنالیز خوشه ای ، وجود حداقل دو منبع زمین زادی متفاوت برای ورود این عناصر به رسوب رودخانه پیشنهاد می گردد. این دو منبع شامل :

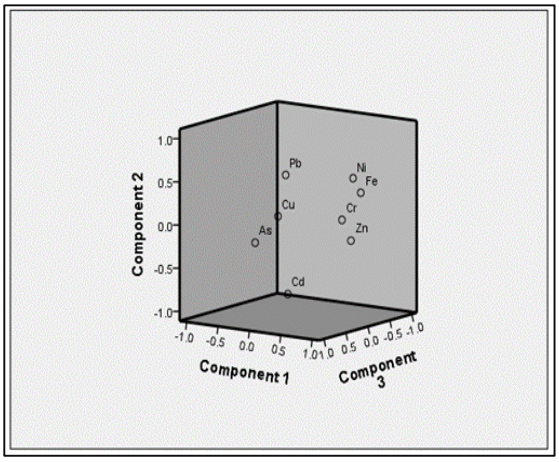
۱-زمین زادی و فرسایش سنگهای بالادست حوضه (بویژه سنگهای آذرین آندزیتی و حد واسط سازند کرج) بعنوان منشأ اصلی عناصر آهن ، نیکل ، کروم و روی

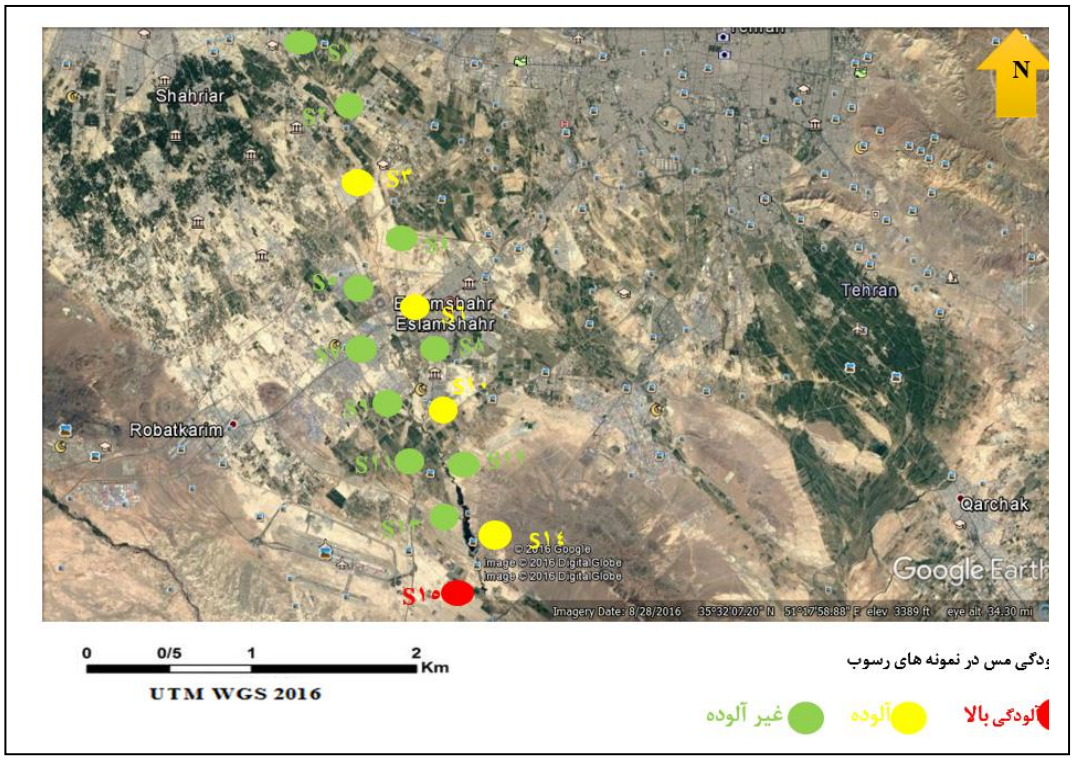
۲-انسان زادی (فاضلاب های خانگی و صنعتی و زهکشی زمین های کشاورزی) بعنوان منشاء تأمین عناصر آرسنیک ، سرب ، مس و کادمیوم است.(Loska, ۲۰۰۳) هدف از روش تحلیل مؤلفه اصلی آن تعیین حداقل تعداد متغیر هایی است که بیشترین تغییرات را بین داده ها نشان می دهند. ویژگی هایی چون شعاع و بار یون ، میزان تحرک ، میزان ارتباط رفتاری عناصر با اجزای رسوب (مواد آلی و کانی های رسی) وجود منابع مشترک و .... از جمله مواردی هستند که باعث توزیع عناصر در مؤلفه های مختلف می شوند. همانطور که در جدول (۹) و شکل (۵) مشاهده می شود تحلیل مؤلفه اصلی ، یک مدل سه مؤلفه ای را برای داده ها پیشنهاد می کند. در مؤلفه نخست عناصر آهن ، نیکل ، کروم و روی و در مؤلفه دوم عناصر آرسنیک و مس به همدیگر وابسته اند. در مؤلفه سوم کادمیوم یک گروه مجزا را تشکیل می دهد. این نتیجه گیری با نتایج حاصل از آنالیز خوشه ای (شکل۴) نیز سازگار است و براساس آنالیز های آماری انجام گرفته می توان گفت که آهن و نیکل و کروم و روی منبع یکسانی دارند (زمین زاد). این مطلب در مورد مس و آرسنیک و کادمیوم وجود منبع مشترک (انسان زاد) مجزا را بیان می دارد.

جدول ۹- نتایج تحلیل مؤلفه اصلی نمونه های رسوب رودخانه کرج

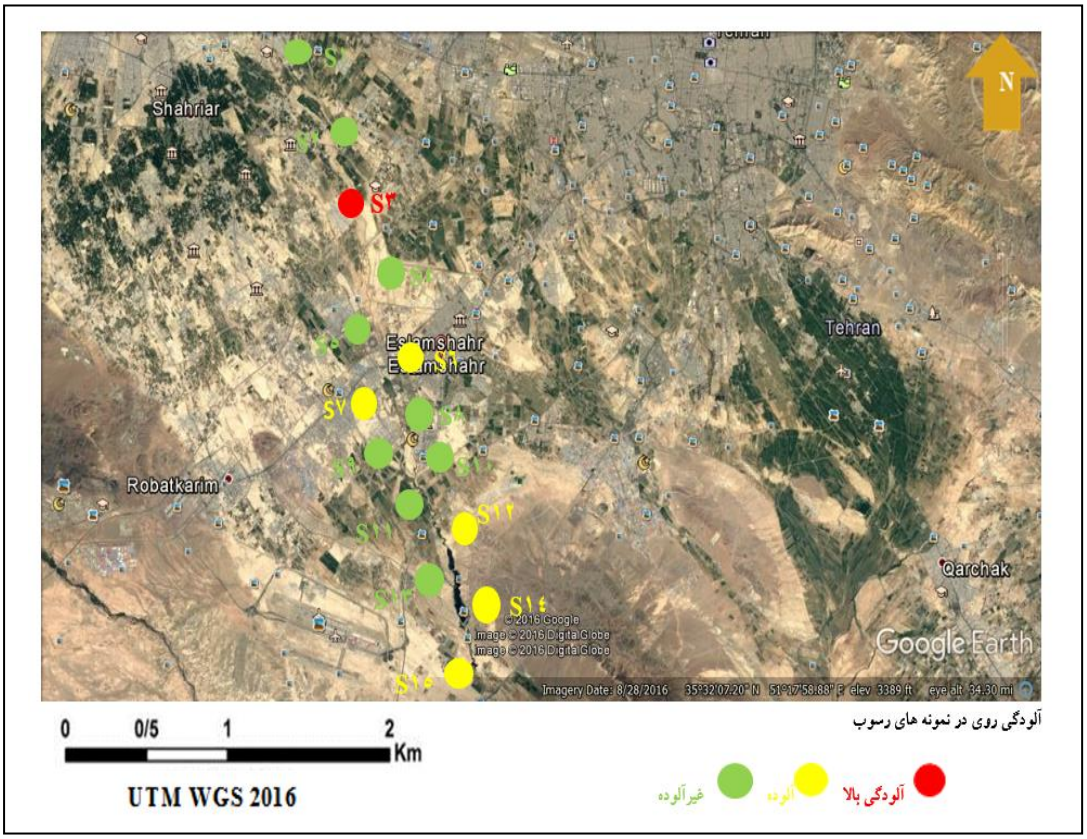
	Component		
	۱	۲	۳
Ni	.۸۸۷	-.۱۹۳	-.۱۴۱
Fe	.۸۷۲	-.۲۷۰	.۰۴۴
Cr	.۷۶۰	.۱۸۹	.۲۷۶
Zn	.۷۵۵	.۱۴۸	.۵۳۷
Cu	.۲۹۱	.۸۵۵	-.۰۴۷
As	-.۳۱۰	.۶۴۸	.۰۶۰
Cd	-.۴۷۰	.۰۹۰	.۷۰۵
Pb	.۳۳۸	.۴۲۹	-.۴۸۷

شکل۵- سه بعدی تحلیل مؤلفه اصلی نمونه های رسوب رودخانه کرج

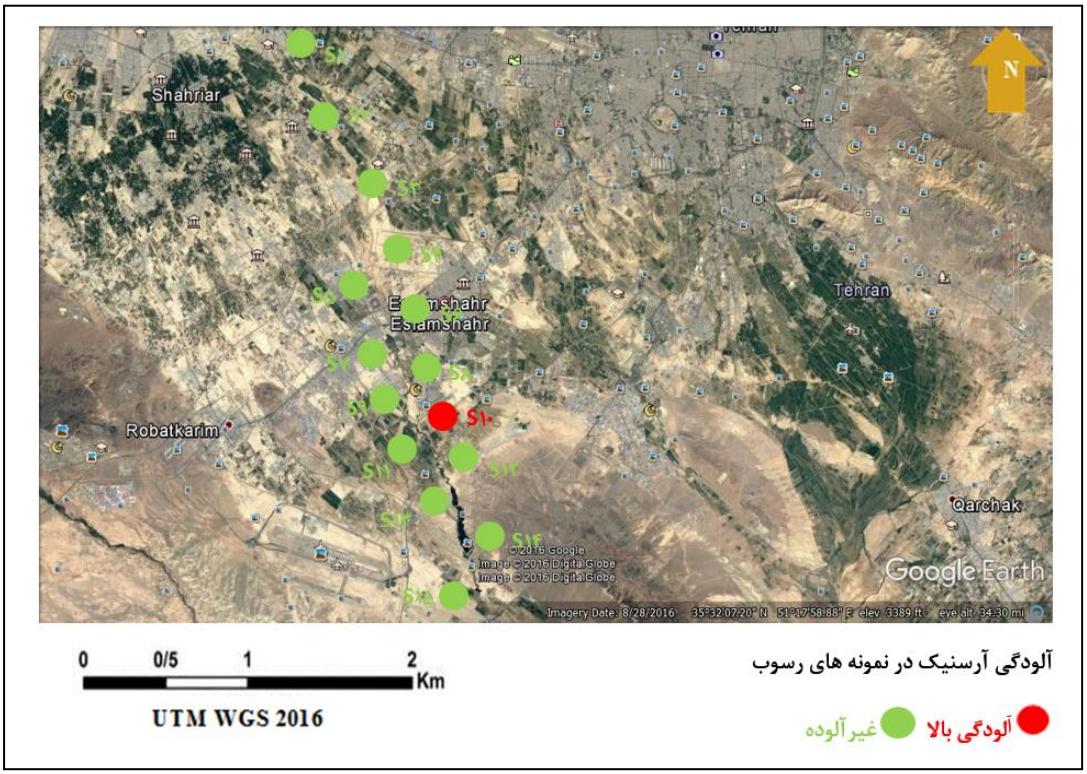




شکل ۶- نقاط آلوده مس در نمونه های رسوب رودخانه کرج **Google Earth**



شکل ۷- نقاط آلوده روی در نمونه های رسوب رودخانه کرج



شکل ۸- نقاط آلوده آرسنیک در نمونه های رسوب رودخانه کرج

نتیجه گیری

۱- مقادیر فلزات سنگین در نمونه های رسوب رودخانه کرج در مقایسه با میانگین پوسته زمین بالاتر از حد مجاز لیکن در مقایسه با میانگین شیل جهانی عموماً کمتر از حد آن می باشند به غیر از عناصر مس و سرب و روی که مقدارشان بیشتر است.

۲- این مطالعه نشان می دهد که رسوبات رودخانه کرج به عناصر روی، مس، و در بعضی ایستگاهها ، سرب ، آرسنیک آلوده شده اند. منبع احتمالی عناصر روی ، مس، سرب تخلیه زباله ها و نخاله های ساختمانی و فاضلاب های خانگی به درون رودخانه کرج و تردد جاده ای است. افزایش غلظت آرسنیک در ایستگاه سالور و جاده ساوه ، نشاندهنده ی نقش زهکشی آب کشاورزی دارای آفت کش است.

۳- طبق نتایج بدست آمده از شاخص زمین انباشت آلودگی مقادیر روی ، مس و نیکل در بعضی ایستگاهها در حد غیر آلوده و در بعضی ایستگاه های دیگر در حد غیرآلوده تا آلودگی متوسط می باشد. آلودگی مقادیر کادمیوم و سرب در حد متوسط تا آلودگی متوسط تا قوی می باشد . مقدار کروم نیز در حد غیر آلوده و در بعضی ایستگاهها در حد آلودگی متوسط تا قوی می باشد. مقدار عنصر آرسنیک نیز در اکثر ایستگاهها در حد غیر آلوده تا آلودگی متوسط است همچنین مقادیر نیکل نیز در اکثر ایستگاهها در حد غیر آلوده است.

۴- طبق نتایج بدست آمده از ضریب آلودگی برای عناصر نیکل و کروم ضریب آلودگی در تمام ایستگاههای نمونه برداری پایین است. برای عنصر کادمیوم در تمام ایستگاهها ضریب آلودگی متوسط است بجز در یک ایستگاه که قابل توجه است. ضریب آلودگی عنصر روی نیز در اکثر ایستگاهها متوسط و گاهی قوی است . مقادیر عنصر سرب در اکثر ایستگاه ها دارای ضریب آلودگی پایین می باشد . عنصر مس نیز دارای ضریب آلودگی پایین تا متوسط است. برای عنصر آرسنیک ضریب آلودگی در تمام ایستگاهها پایین است.

۵- مقادیر درجه آلودگی نیز نشان می دهد کادمیوم دارای درجه آلودگی بسیار بالا ، عنصر کروم و نیکل دارای درجه آلودگی متوسط ، عناصر مس ، آرسنیک ، سرب ، روی دارای درجه آلودگی قابل توجه هستند. نتایج نشان می دهد که غنی شدگی برای تمام عناصر در همه ایستگاهها وجود ندارد.

۶- نتایج حاصل از ضریب همبستگی بین عناصر فلزی حاکی از آن است که عنصر نیکل و آهن و روی ارتباط قابل قبولی نشان می دهند این موضوع می تواند نشانه منشأ مشترک تولید آنها از سنگهای منطقه باشد. وجود یک همبستگی متوسط ما بین کروم و روی هم نقش منابع انسانی مشترک را در تولید آنها روشن می کند.

۷- نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل خوشه ای نشاندهنده ی قرار گرفتن عناصر در دو خوشه اصلی قابل تشخیص است. خوشه نخست شامل : نیکل ، روی ، آهن و کروم بوده و خوشه دوم متشکل از آرسنیک ، مس ، سرب و کادمیوم می باشد. ارتباط داخلی عناصر در این خوشه ها بیانگر رفتار مشابه گروه اول و منبع زمین زاد در تولید آنها و وجود منابع مختلف انسان زاد در تأمین عناصر گروه دوم است.

۸- براساس نتایج تحلیل مؤلفه اصلی و نمودار سه بعدی آن نیز وجود سه گروه عنصر شامل : آهن ، نیکل، کروم ، روی (گروه اول) ، آرسنیک ، مس (گروه دوم) و کادمیوم (گروه سوم) به اثبات می رسد که مشابه با نتایج آنالیز خوشه ای بوده و وجود دو منبع زمین زاد و انسان زاد را در تأمین عناصر فلزی فوق بیان می دارد.

۹- نتایج حاصل از عکس های ماهواره ای نقاط آلوده کننده رسوب رودخانه کرج نشان می دهد در هر ایستگاه نمونه برداری ، رودخانه کرج (اسلامشهر) دست کم به یک عنصر آلوده است تاثیر فعالیتهای انسانی پیرامون رودخانه در این آلودگی ها محرز است.

۱۰- نظر به عدم وجود گزارش ها و آمارهای دقیق بهداشتی در شبکه بهداشت و درمان ناحیه اسلامشهر (از قبیل موارد مسمومیت و یا شیوع بیماریهای خاص در

بافت شهری پیرامون رودخانه کرج) ، یکی از اهداف این تحقیق یعنی تأثیر آلودگی فلزات سنگین رودخانه کرج در سلامتی محیط زیست اطراف آن محقق نگردید. لیکن از آنجا که بیشترین آلودگی های گزارش شده از ایستگاه های ۳، ۴، ۶، ۱۰ و ۱۳ از بابت فلزات سرب ، کادمیوم ، روی و آرسنیک می باشد، این موضوع می تواند سبب بروز پاره ای اختلالات و مسمومیت ها در موجودات خاکزی و یا گیاهان شود که در آن مکانها وجود دارند. این معضل خود می تواند موضوع یک تحقیق جدید دیگر در منطقه باشد.

منابع

_**بی کینه. ا ، مر .ف ، کشاورزی . ب ، (۱۳۹۳)** ." ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوب زهکش قره باغ (جنوب شرق شیراز) . فصلنامه زمین شناسی محیط زیست . سال هفتم .شماره ۲۴، ص ۱– ۱۷.

_**طباطبائی . ج (۱۳۸۹)** ." افزایش ضریب غنی شدگی آرسنیک ، روی و مس در رسوبات بستر زاینده رود اصفهان". پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم تحقیقات تهران. ۱۲۵ص.

_**مغزی .س ، سعیدی .م ، جمشیدی . ا (۱۳۹۰)** ." ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه بابلرود . فصلنامه زمین شناسی محیط زیست . سال دهم .شماره ۳۵، ص ۲۵– ۴۲.

– پورتال سازمانی و اطلاع رسانی فرمانداری اسلامشهر www.islamshahr.gov.ir

_گذر کوتاه بر تاریخچه شهرستان اسلامشهر، اداره محیط زیست اسلامشهر سایت اداره کل حفاظت محیط زیست استان تهران (۱۳۹۲) . ۶۴۰ص.

– نقشه زمین شناسی چهارگوش تهران ، مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱ ، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور .

_Acevedo-Figueroa, D., Jimenez , B. D., Rodriguez-Sierra, C. J., (۲۰۰۶). "Trace metals in sediments of two estuarine lagoons form Puerto Rico". Journal of Environmental Pollution, ۱٤۱, pp ۳۳٦-۳٤۲.

_Hakanson, L., (۱۹۸۰). " Anecological risk index for aquatic pollution control: A sedimentological approach". Water Research, ۱٤(۸), pp ۹۷٥-۱۰۰۱.

_Journal of advanced applied geology (JAAG), Shagid Chamran University-Ahvaz RICEST, ISC, Scientific-Research Journal ,Winter ۲۰۱٥ , No : ۱٤.

_Loska, K., Wiechula, D., (۲۰۰۳). "Application of principal component analysis for the estimation of Sources of heavy metal contamination in surface sediments form the Rybnik Reservori". Chemosphere, ٥۱, pp۷۲۳-۷۳۳.

_Miller, J. Contaminated rivers, springer verlag, (۲۰۰۷), ٤۱۸p.

_Muller, G., (۱۹٦۹). " Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River". GeoJournal, ۲, pp ۱۰۸-۱۱۸.

_Wellmer , F. W., ۱۹۹۷," Statistical evaluations in exploration for mineral deposits" , Springer-Verlag New York, ۳۷۹p.

_Yongming , H., Peixuan, D., Junji, C., Posmentier, E. S., (۲۰۰٦) . "Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of xi'an, central china". Journal of the science of the Total Environment , ۳٥٥, pp ۱۷٦-۱۱۸.