بررسی میزان آلایندگی ناشی از صنایع معدنی و فرآوری سرب و روی بر آب و خاک منطقه انگوران– دندی

شهرام شریعتی[۱*]، سید علی آقانباتی[۲]، سید رضا موسوی حرمی[۳]، سروش مدبری[۴] و محمد حسین آدابی[۵]

[۱] دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
[۲] سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و پژوهشکده علوم زمین، تهران، ایران
[۳] دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۴] پردیس علوم، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[۵] دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۲

چکیده

کانسار سرب و روی انگوران به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین ذخایر سرب و روی خاور میانه و جزو ۵ معدن بزرگ ایران بر اساس قانون تشخیص معادن بزرگ از کوچک قرار دارد. در این منطقه، افزون بر معادن فلزی و غیر فلزی متنوع صنایع، کارخانه‌های بسیاری هم وجود دارد که بیشتر به‌عنوان صنایع تبدیلی خاک روی به کنسانتره و یا ساخت و تولید شمش سرب و روی به فعالیت مشغول بوده یا هستند. بررسی‌های انجام شده و نتایج تجزیه شیمیایی نشان می‌دهد که در اثر فعالیت صنایع موجود در منطقه میزان برخی عناصر در منطقه از حالت طبیعی خود خارج و ناهنجاری‌های زیست‌محیطی در منطقه ایجاد شده‌است. محیط زیست منطقه، بیشترین تأثیرات منفی خود را از انباشت باطله‌ها و پسماندهایی دریافت می‌کند که با عنوان کیک در حاشیه رودها و آبراهه‌ها و یا زمین‌های باز، (به‌طور عمده زراعی) رها می‌شوند. این کیک‌ها که در حقیقت پسماندهای حاصل از عملیات فلوتاسیون و ذوب روی و سرب و فرایند تولید کنسانتره هستند، شاید از نظر صنعتی بیشتر سرب و روی خود را از دست داده‌اند اما از دیدگاه زیست‌محیطی چندین برابر حد مجاز، سرب و روی و دیگر عناصر بالقوه سمی را در خود دارند. میزان این عناصر در برخی نمونه‌ها تا بیش از ppm ۱۰۰۰۰ سرب و روی و نیکل، بیش از ppm ۸۰۰۰ آرسنیک و ppm ۴۰۰۰ کادمیم نیز گزارش شده است. همچنین بررسی‌ها نشان داد که استخرهای باطله و یا استخرهای تجمع پساب یکی دیگر از اصلی‌ترین عوامل ایجاد خطر برای محیط زیست منطقه به شمار می‌روند. میزان تا ppm ۲۰۰۰۰۰ روی و گاه ppm ۲۰۰۰ سرب و ppm ۲۰۰۰۰ نیکل همچنین میزان چند صد ppm آرسنیک و حتی میزان ppm۲۰۰۰۰۰ کادمیم در آب و منابع آبی منطقه از آن جمله‌اند. بیشترین بازتاب این بی‌هنجاری‌ها در رسوبات و آب منطقه به چشم می‌خورد اما خاک کشاورزی نیز از این آلودگی‌ها متأثر شده و بی‌هنجاری‌های عمده‌ای از نظر زیست‌محیطی در خود جای داده است. این مقاله به طور اختصاصی با بررسی میزان مجاز عناصر سرب، روی، کادمیم و آرسنیک، راه‌های اصلی ورود عناصر را به محیط زیست منطقه بررسی، سعی کرده راهکارهایی برای کنترل و کاهش میزان آنها ارائه کند.

کلیدواژه‌ها: محیط زیست، فرآوری سرب و روی، انگوران، سد باطله، کیک‌های لیچ شده، پساب، شیرابه

***نویسنده مسئول:** شهرام شریعتی
E_mail: shariati@hotmail.co.uk

۱– مقدمه

در سالیان اخیر، استانداردهای متفاوتی برای خروجی کارخانه‌ها تعریف شده که به‌کارگیری آنها گاه با الزام و گاه با توصیه همراه بوده است (Derek, 1999). در مورد صنایع فلزی بویژه صنایع غیر آهنی، تأکید بر الزام و تطبیق حدود مجاز با استانداردها بویژه در کشورهای توسعه یافته، باعث شده بسیاری از کشورهای جهان، توسعه صنعت را با مدیریت سبز همراه کنند، به همین دلیل گسترش صنایع و توسعه محیط زیست کمترین تقابل را با یکدیگر داشته‌اند (Ross, 1999).

در ایران نیز صنایع فلزی حرکتی هر چند کند، اما ارزشمند را در این زمینه شروع کرده‌اند که هنوز با جایگاه بین‌المللی فاصله فراوانی دارد که امید است این مسیر با سرعت و کیفیت طی شود. در این میان، استانداردهای مبتنی بر میزان عناصر موجود در هوای کارخانه‌ها و حدود مجاز خروجی سیستم‌های تصفیه و غیره از اساسی‌ترین ارکان به شمار می‌آیند (Ross, 1999).

در گذشته با توجه به وجود ذخایر پرعیار، ماده معدنی پس از استخراج به‌طور مستقیم و یا با اندکی تغییر به‌عنوان ماده اولیه در صنایع دیگر به کاربرده می‌شد. در حال حاضر با توجه به رو به پایان بودن ذخایر پرعیار، ذخایر کم‌عیارتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. مواد معدنی کم‌عیار برای ورود به بازار مصرف نیاز به عملیات تغلیظ و پرعیارسازی دارند. علم فرآوری مواد معدنی به این دلیل مهم است که بدون انجام فرایند پرعیارسازی، مواد معدنی استخراج شده، قابلیت کاربرد مستقیم در صنعت را نخواهند داشت و در عمل فعالیت‌های معدنی که پایه بیشتر فعالیت‌های اقتصادی هستند با چالش‌های جدی روبرو می‌شوند.

در معدن انگوران پس از استخراج ماده معدنی، سنگ‌های بزرگ در محل خرد می‌شوند و با خط نقاله حامل کانتینرهای کوچک موسوم به Rop way به کارخانه‌های نزدیک حمل می‌شوند. در این کارخانه‌ها سنگ معدن دوباره خرد و با عملیات فلوتاسیون و فیلتراسیون به کنسانتره روی و سرب خام تبدیل می‌شود و سپس با عملیات فیلتر پرس در کارخانه‌های تغلیظ، خاک معدنی پرعیار مصرف و به شمش روی تبدیل می‌شود (خسروی، ۱۳۸۴). زائدات مجتمع و سنگ‌ها خرد، نرم و با آب مخلوط شده و به شکل دوغاب درآمده که به‌عنوان باطله شناخته می‌شود. معدن سرب و روی انگوران بزرگ‌ترین معدن خاورمیانه و جزو ۳۰ معدن فعال جهان است، که ۲۳ میلیون تن ذخیره دارد و ظرفیت استخراج آن ۲۵۰۰۰۰ تن در سال است (خسروی، ۱۳۸۴). از مهم‌ترین صنایع معدنی منطقه می‌توان به کارخانه ذوب روی دندی، کارخانه فرآوری مواد معدنی کشور و مجتمع تغلیظ سرب و روی انگوران یا کالسیمین اشاره کرد.

منطقه یادشده در کنار گسترش صنایع فلزی و معدنی از کشاورزی و دامپروری نیز بی‌بهره نیست. سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی شهرستان، بالغ بر ۵۶۶۴۰ هکتار است که ۱۱٪ از سطح زیر کشت استان زنجان را تشکیل می‌دهد. از این مقدار ۱۹٪ به کشت باغات و ۸۱٪ به زراعت‌های سالانه اختصاص دارد. این در حالی است که تجمیع قطب‌های صنعتی و کشاورزی و دامپروری می‌تواند از نظر زیست‌محیطی پتانسیل ایجاد برخی ناهنجاری‌ها را فراهم کند که اصول آن باید مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد (JECFA, 2000). وجود همین تمرکزها (شکل۲)

عاملی شد برای بررسی این پروژه تا بتواند گره احتمال آلاینده‌های منطقه را با بیان پیشنهاداتی بگشاید. رودخانه‌های بسیاری در شهرستان ماه‌نشان جریان دارند اما همه منابع آبی یادشده در پایان به رودخانه قزل اوزن می‌ریزند.

دلیل اهمیت تلقیق داده‌های صنعتی با عوامل محیطی این است که می‌توانند در رعایت استانداردهای مورد قبول کشاورزی و دامپروری و مانند آنها مؤثر باشند. از آنجا که منطقه مورد بررسی از نظر میزان آب‌های زیرزمینی غنی نیست، حفاظت از آب بسیار لازم است. اما همجوار بودن منابع آبی منطقه با صنایع تغلیظ سرب و روی و معادن، می‌تواند خطراتی را برای بهره‌برداران از آب‌های منطقه به‌همراه داشته باشد. (جدول ۱). سوی بادهای غالب، خاوری و جنوب‌خاوری و در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت، جنوب‌باختری گزارش شده است که در بررسی مسیر پراکندگی آلاینده‌ها توسط باد در منطقه بسیار مهم است.

از نظر زمین‌شناسی سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین، سنگ‌های رسوبی پرکامبرین پسین ـ کامبرین پیشین (معادل سنی سازند کهر)، سنگ‌های رسوبی کامبرین، سنگ‌های دگرگونی پالئوزوییک، توده‌های نفوذی دیوریتی، گرانودیوریتی و گرانیتی، سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی الیگومیوسن و نهشته‌های جوان پلیوسن و کواترنر در بخش شمالی منطقه قرار دارند و به‌طور عموم این سنگ‌ها دگرگونی هستند و بنابراین توپوگرافی منطقه را، خشن با دره‌های پرشیب نمایان می‌سازد، در حالی که در بخش جنوبی منطقه، مجموعه سنگ‌های غیر دگرگونی یا کمتر دگرگون‌شده و رسوب‌های مارنی و ماسه‌سنگی میوسن را در قالب توپوگرافی ملایم می‌توان دید. (لطفی، ۱۳۸۰). بررسی و تجزیه شیمیایی این سازندها نشان داد که نمی‌توان آلایندگی قابل توجهی را به آب و خاک در اثر فرسایش سازندها به آنها نسبت داد.

۲– شرایط جغرافیایی و راه‌های دسترسی

شهرستان ماه‌نشان در باختر استان زنجان، یکی از هفت شهرستان استان با مساحت ۴۱۸۰ کیلومترمربع در امتداد ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه طول خاوری و ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی خط استوا با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این شهرستان موقعیت جغرافیایی ویژه و ممتازی از نظر قرارگیری و ارتباط با دیگر نواحی دارد، و از شمال به استان آذربایجان شرقی، از باختر با آذربایجان غربی از جنوب به استان کردستان و از خاور به شهرستان‌های زنجان و ایجرود محدود می‌شود. وضعیت جوی و شرایط اقلیمی منطقه، کوهستانی و شش ماه سال پوشیده از برف دارای آب و هوای به نسبت سردی است. شهرستان ماه‌نشان اقلیم خشک و سردی دارد و میانگین بارش سالانه در آن ۲۵۱/۹ میلی‌متر محاسبه شده است (پایگاه اطلاع رسانی اداره کل هواشناسی استان زنجان، ۱۳۸۶).

۳– روش کار

در طول ۳۰ سال فعالیت صنایع معدنی در دشت دندی و انگوران باطله‌های فراوانی با عیارهای مختلف عناصر گاه سمی و خطرناک در زمین‌های مجاور کارخانه‌جات رهاسازی شده‌اند بنابراین در قدم اول باید این میزان ورودی به آب و خاک و منبع آلایندگی مشخص شود. در مورد کیک‌ها روش نمونه‌برداری تدریجی و مداوم از مواد معدنی دپو شده، بهترین روش برای نمونه‌گیری از آنها است (حسنی پاک، ۱۳۸۰). به طور کلی می‌توان گفت که نمونه‌های سطحی از این توده‌ها نمونه معرف نیست زیرا تحت تأثیر عوامل جوی قرار گرفته‌اند (مدنی، ۱۳۷۸). برای نمونه‌برداری از کیک‌ها از روش نمونه‌گیری تفنگی استفاده شد (Truscott, 1962). در این روش لوله‌ای نوک تیز به درون کیک‌ها فرو و از نمونه‌های داخل لوله که نماینده بخشی از منطقه غیرهوازده کیک است، استفاده شد.

در مورد کنسانتره سرب و روی با استفاده از آمار، ابتدا حجمی از کنسانتره در حدود ۱۰ کیلوگرم برداشت و سپس نمونه به ۴ بخش مساوی تقسیم و یک چهارم آن به حجم ۲۰۰ گرم به عنوان نماینده ماده معدنی برای ارسال به آزمایشگاه آماده‌سازی شد. این سیستم نمونه‌برداری برای نمونه‌های کنسانتره حاصل از فعالیت تغلیظ رها شده، در فضای کارخانه‌های تغلیظ تکرار شد تا بتوان میزان عناصر مورد نظر در نقاط مختلف را تعیین کرد.

خاک کشاورزی و رسوبات کواترنری منطقه نیز براساس استانداردهای نمونه‌برداری از خاک، بر اساس ژرفای نمونه‌برداری و میزان گیاخاک موجود تا ژرفای حدود ۵۰ سانتی‌متر برداشت شد. برای این عملیات نیز شبکه نمونه‌برداری به صورت ذوزنقه‌ای رسم شد و نمونه از چهار گوشه ذوزنقه و مرکز آن برداشت شد (Reedman,1979).

مراحل آماده‌سازی نمونه برای تجزیه شیمیایی عبارت است از: خشک کردن، خرد کردن، الک کردن و تقسیم همگن نمونه و پودر کردن (حسنی پاک، ۱۳۸۱). نمونه‌ها پس از خشک شدن در داخل کوره با حرارت ۱۰۵ درجه خشک و پس از الک کردن تا ۲۰۰ مش پودر و برای تجزیه نهایی آماده شدند.

نمونه‌های آب جاری در رودخانه‌ها و منابع آبی منطقه نیز در ظرف‌های مخصوص که با اسید ضعیف (اسید کلریدریک ۰/۱ مولار) شسته و برای این منظور آماده شده بود، نمونه‌برداری شد. این ظروف که برای اندازه‌گیری عناصر سنگین در آب تهیه شده بود به ازای ۲۰ میلی‌لیتر آب باید ۲ میلی‌لیتر محلول سولفات منگنز، یدید سدیم و اسید سولفوریک بدان اضافه شود. ظروف یادشده در شرایط استاندارد برای ارسال به آزمایشگاه آماده شدند. این شرایط برای محلول یاد شده ۴ درجه سانتی‌گراد است (Fresenius, 2000).

در ابتدا منطقه کدگذاری شد و بر اساس ماهیت مواد موجود در منطقه مورد بررسی ۳ متغیر برای شناسایی آلاینده‌های محیط مورد توجه قرار گرفت. این ۳ متغیر شامل مطالعه و پساب‌های معدنی و صنعتی، منابع آبی (سطحی و زیر سطحی) و زمین‌های کشاورزی است. ۲۹ نمونه کیک و رسوبات مجاور آن، ۲۹ نمونه خاک کشاورزی و ۷ نمونه آب صنعتی و ۱۷ نمونه آب آشامیدنی و کشاورزی از منطقه برداشت و پس از آماده‌سازی نمونه به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه‌ها به دو روش ICP-OES & ICP mass مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه شیمیایی نمونه‌های جامد در ACME LAB کانادا و نمونه‌های مایع در LAB WEST استرالیا انجام پذیرفته است.

۴– بحث

حفظ محیط زیست زمانی دارای معنای واقعی (ملموس) خواهد بود که ساکنان یا گیاهان و جانوران در یک منطقه تعارضاتی را با طبیعت خود احساس کنند (Shinn, 2000). این مهم در منطقه مورد مطالعه قابل لمس است. ارتباط نزدیک و مؤثر صنایع معدنی و محصولات آنها با زندگی مردم (شکل۲) باعث شده که ناخودآگاه محیط زیست منطقه در فاجعه‌بارترین حالت خود قرار گیرد که علت آن را می‌توان در همجواری صنایع فلزی با کشاورزی و دامداری خلاصه کرد.

به نظر می‌رسد به خاطر وجود سامانه آبرفتی و زهکشی در منطقه، تخلیه پساب در زمین‌های مجاور مجتمع هر چند بدون کاربری، احتمال انتقال عناصر به آب و خاک را افزایش داده است و می‌تواند پیامدهایی را برای ساکنین منطقه ایجاد کند. پس بنابراین باید راهکارهای اصولی‌تری در این میان اندیشیده شود. با وجود این مهم، کارشناسان کارخانه بر این باورند که زمین‌های این مجتمع و حواشی آن بد بوم (Bad Land) بوده بنابراین بحث کشاورزی را در آن منتفی دانسته‌اند. هم‌اکنون چندین هکتار زمین کشاورزی در مرز بلافصل مجتمع با روستای انگوران، مراش و شهر دندی وجود دارد (شکل ۶).

تجزیه باطله‌ها نشان می‌دهد که حجم بسیار بالایی از عناصر آلاینده در آن وجود دارد که استانداردهای بین‌المللی را تهدید می‌کند (جدول ۳). مجموع آلاینده‌های خروجی از کارخانه‌هایی که از فرایند فلوتاسیون به صورت تنها یا به همراه فرایندهای دیگر به منظور فرآوری کانه‌های مس، سرب، روی، طلا، نقره یا هر گونه ترکیبی از این‌ها استفاده می‌کنند، نباید از مقادیر ارائه شده در جدول۲ بیشتر شوند. با این حال

به نظر می‌رسد خروجی کارخانه‌های منطقه نه تنها از نظر آماری بلکه، از نظر شیوه تخلیه در محیط نیز با اشکالاتی روبروست.

همان‌گونه که در آمار محدودیت‌های جریان‌های خروجی از معادن فلزی ایالات متحده (جدول۲) دیده می‌شود، برخلاف در نظر گرفتن ارفاق‌هایی در بخش معدن، برای خروجی‌های ناگهانی به‌علت حجم قابل توجه پسماند تولیدی، توسط استانداردهای بیان شده توسط USEPA (1999)، باز هم غلظت‌های باطله (در صورت راهیابی به‌آب‌های سطحی) بسیار بالاتر از حد مجاز پیش‌بینی شده است. با توضیحات یادشده می‌توان دریافت هرگونه سرریز باطله به آب‌های سطحی خطر قابل توجهی برای محیط زیست و بهداشت ایجاد می‌کند.

نتایج تجزیه ۲۹ نمونه کیک به تفکیک مکان در جدول ۳ آورده شده است، این نمونه‌ها که از مجاورت کارخانه‌ها و صنایع معدنی منطقه (شکل۳) و محل دپوی کیک‌ها و مناطق نزدیک به آنها برداشت شده‌اند، نشان‌دهنده میزان عناصر سرب، روی، کادمیم و آرسنیک بسیار بالاتر از حد مجاز هستند.

از سویی دیگر عامل نگرانی، ناپایداری سد باطله در منطقه است و موضوعی که این نگرانی را تشدید می‌کند عدم کوبیدگی باطله‌های تخلیه‌شده در روی تاج سد است. این امر باعث می‌شود که باطله‌ها به مقاومت مورد نظر در طراحی دست پیدا نکنند. وجود آب بر روی باطله‌ها هر چند از انتقال گرد و غبار جلوگیری می‌کند اما باعث بالا رفتن ریسک جمع‌آوری کیک‌ها و انتقال مایعات آلاینده می‌شود. مشاهدات نشان می‌دهد که می‌توان با اطمینان بالا بیان کرد که سد در هنگام وقوع زلزله با بیشترین شتاب مجاز پایدار نخواهد بود.

زهکش‌های سرریز که باید در بخش جنوبی سد ایجاد شود نیز ساخته نشده است بنابراین در هنگام بارندگی‌های شدید می‌تواند برای پایداری سد مشکل‌زا باشد. از سوی دیگر شکستن لوله‌های باطله یا نشت آنها می‌تواند باعث آلودگی آب‌های سطحی و خاک کشاورزی شود. این اثرات در مقایسه با دیگر عوامل آلاینده چندان جدی نیستند اما باید عملیات جبرانی و مدیریتی بلافاصله انجام گیرند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که خاک کشاورزی موجود در منطقه از کیک‌های رها شده در فضای حاشیه‌ای کارخانه‌جات متأثر شده است (شکل‌های ۴ و ۵) و میزان برخی عناصر در مقایسه با حد مجاز توصیه شده توسط استانداردها در آنها بالاست. از سوی دیگر به‌علت نزدیکی تأثیر حیاتی عناصر موجود در خاک با گیاه، نمونه‌هایی از خاک کشاورزی پیرامون کارخانه گرفته شد. ارتباط نزدیک خاک کشاورزی با محل دپوی کیک‌ها در شکل ۸ نشان داده شده است.

از حدود ۲۹ نمونه برداشت شده از خاک کشاورزی هیچ کدام در حد میزان مجاز استاندارد خاک نبودند (جدول ۴) بنابراین آلودگی خاک توسط کیک‌ها حتمی است (شکل ۶). از سوی دیگر عناصری که در کیک‌ها بیشترین میزان حضور را داشتند، بیشترین نقش را نیز در آلودگی خاک ایفا می‌کنند. حد مجاز برخی عناصر در خاک، در بدن موجودات و حد الزامی اصلاح در جدول۵ مشخص شده است.

جدول ۵ که بر اساس استانداردهای سازمان محیط زیست ایالات متحده آمریکا،۲۰۰۳ تهیه شده استانداردهای متفاوتی از خاک ارائه کرده است که بر اساس حد مناسب خاک یعنی استانداردهای ثانویه، حد مجاز برای سلامتی انسان و محیط و حدی که بهبود وضعیت خاک ضروری می‌نماید تعریف شده است. نمودارهای بیان شده نشان می‌دهد که این اختلاف بسیار معنی‌دار بوده و تفاوت حد مجاز با میزان موجود، احتمال ایجاد خطر برای محصولات کشاورزی را در منطقه افزایش داده است.

نکته مهم: در تمام نمودارهای این پژوهش محور افقی بر اساس شماره نمونه‌هایی تعیین شده که در جدول‌های مکان‌های برداشت نمونه (جدول‌های ۳، ۴، ۶ و ۷) به ترتیب آورده شده است (محور افقی شماره نمونه است).

از آنجا که حجم قابل توجهی از کیک‌ها در مجاورت زمین‌های کشاورزی رها شده و سد باطله در نزدیکی روستاهای انگوران، زمایین و خایینیک احداث شده، بنابراین نمودارهای مقایسه‌ای زیر نشان خواهد داد اگر به‌هر دلیلی عناصر موجود در باطله‌ها به خاک کشاورزی راه یابد، میزان مجاز خاک و فوریت اصلاح خاک به چه میزان متأثر خواهد شد.

نمودارهای یادشده نشان می‌دهد که میانگین عناصر سرب (شکل ۱۷) و روی (شکل ۱۸) حد میانگین کادمیم در خاک کشاورزی منطقه (شکل ۱۹) و میزان ارسنیک چندین برابر استاندارد حد مجاز عناصر در خاک است. همچنین شکل‌های ۲۱ تا ۲۴ نشان می‌دهد که نمونه‌های مختلف دریافت شده از منطقه که در جدول ۴ به آنها اشاره شده به ترتیب چه میزان اختلاف با استانداردها دارند. بیشترین آلایندگی در خاک منطقه مربوط به کادمیم است (شکل ۲۰).

نمونه‌های آب نیز به نظر از کیک‌های لیچ شده متأثر شده‌اند. نمونه‌برداری از استخرهای تجمعی پساب (جدول ۶) و آب‌های سطحی (رودخانه‌ها) (جدول ۷) این امر را تأیید می‌کند. بر اساس تجزیه نمونه‌های دریافت شده نشان می‌دهد که چه در آب‌های سطحی و چه در نمونه‌های صنعتی، بسیاری از استانداردهای تبیینی توسط سازمان‌های ارائه کننده حدود مجاز عناصر نقض شده‌اند (جدول ۷). شکل‌های ۲۵ تا ۲۹ که میانگین عناصر موجود در سیال‌ها را نشان می‌دهد را نیز می‌توان شاهدی در این زمینه دانست.

با توجه به مطالب بیان‌شده می‌توان گفت که شیرابه حاصل از کیک‌ها و پساب استخرهای موجود در کارخانه‌ها، سمی است و مقادیری بسیار بالاتر از حد مجاز برای تخلیه به محیط دارد (جدول ۶). هر چند که با سطح اطلاعات فعلی نمی‌توان یک برآورد کمی برای میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی و نحوه پراکندگی مکانی آنها ارائه کرد اما پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی به طور جدی وجود دارد. بررسی‌های نشان داده این گونه باطله‌ها به طور معمول یکی از مخاطراتی هستند که اکوسیستم مناطق را به طور بالقوه تهدید می‌کند (Kenawy, 2000). امکان نشت باطله و سرریز آن یا آمیختگی آن با آب‌های سطحی نیز در منطقه دور از انتظار نیست. با توجه به این که باطله‌ها از نوع مواد خطرناک سمی طبقه‌بندی می‌شوند، بنابراین نشت آنها به منابع آب سطحی و زیرزمینی نیز خطرزاست (Berlin,1985).

خطر دیگری که اکوسیستم منطقه را تهدید می‌کند امکان تغذیه پرندگان و حیوانات وحشی از آب موجود در پشت سد و بویژه حوضچه جمع‌آوری آب سربار است. از طرفی بخشی از باطله که در بیرون آب سربار قرار می‌گیرد، تا نزدیک به حد اشباع مرطوب است و امکان پراکندگی ندارد. تنها در حدود ۱۰ درصد سطح باطله به‌صورت خشک و سرباز وجود دارد که امکان پخش ذرات آن در هوا وجود دارد. با توجه به‌این که کیک‌ها به‌طور کلی سمی تشخیص داده شده‌اند، پخش این ذرات اثر نامطلوبی بر موجودات مناطق خواهد داشت (IPCS, 2001).

نتایج بیانگر این است که میانگین میزان عنصر کادمیم در آب‌های صنعتی منطقه حدود ppm ۴۰۰۰ است که اگر این میزان به هر علت به آب‌های سطحی راه پیدا کند به‌شدت مشکل آفرین خواهد بود. از طرفی این میانگین برای عناصر سرب، روی، نیکل و آرسنیک به‌ترتیب ppm ۴۱، ۴۳۰۰، ۲۳۴۰۰۰، ۳۷۱ است که قطعاً وجود آنها مشکل‌ساز خواهد بود. نتایج تجزیه آب‌های آشامیدنی و کشاورزی نشان می‌دهد که میانگین عناصر کادمیم، سرب، آرسنیک، روی و نیکل به‌ترتیب بالاترین ناهنجاری‌ها را از خود نشان می‌دهد. مقایسه جدول‌های ۷ و ۸ با استانداردهای جهانی در شکل‌های ۲۵ تا ۲۹ منعکس است.

توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی در مورد آب آشامیدنی نشان می‌دهد که مؤسسات بین‌المللی در زمینه بهداشت و سلامت حساسیت ویژه‌ای را بر روی میزان عناصر ویژه و ترکیبات معدنی در آب آشامیدنی دارند که از آن جمله می‌توان به حد مجاز سرب در آب آشامیدنی به میزان ppm ۰/۰۱ و کادمیم ppm ۰/۰۰۳ و آرسنیک ppm ۰/۰۱ اشاره کرد (WHO, 2005). در مورد روی استاندارد ویژه‌ای توسط سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۵ تبیین نشده اما حد ppm ۲ -۳ توسط برخی سازمان‌ها پیشنهاد شده است (EPA,1997-WB-1996).

بر اساس جدول ۷ نمونه‌های برداشت شده از منابع مختلف آبی منطقه در شکل‌های ۳۰ تا ۳۴ به‌همان ترتیب مندرج در جدول یادشده نشان خواهد داد که کدام یک از منابع در حد استاندارد و کدام یک بیشتر از استانداردهای موجود در دنیا هستند. به این ترتیب و با در نظر گرفتن این مقایسه، هیچ کدام از نمونه‌های به دست آمده در شکل‌های ۳۰ تا ۳۴ بدون تصفیه شیمیایی به استناد استاندارد (WHO,2005) قابل آشامیدن نیستند.

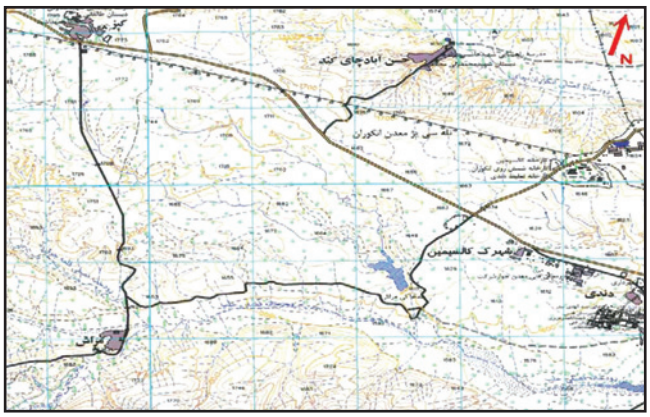
۵- نتیجه‌گیری

نمودارهای اشاره شده نشان می‌دهند که آب‌های آشامیدنی و کشاورزی جاری در منطقه بسیار بالاتر از حد مجاز توصیه شده در استانداردهای جهانی زیست محیطی و بهداشتی به عناصر سرب، روی، آرسنیک، کادمیم و نیکل آلوده‌اند که این امر بیانگر انتقال آلاینده‌ها از کیک‌ها و پساب‌های صنعتی و معدنی به آب‌های منطقه است. این در حالی است که مناطق دارای بیشترین میزان آلودگی با مناطق حاشیه کارخانه‌های تغلیظ و ذوب سرب و روی و تهیه شمش همخوانی دارند، از این رو مناطقی همچون رودخانه انگوران چای و یا روستاهایی مانند انگوران، زمایین، خایینیک و شهر دندی را که نزدیک صنایع یادشده هستند، می‌توان از آلوده‌ترین مناطق این دشت برشمرد. معیار این آلودگی نقاطی است که نمونه‌برداری نشده‌اند و میزان عناصر در این نقاط به دقت مورد سنجش قرار گرفته است. از طرفی انتقال آلاینده‌ها توسط باد و آب به مناطق مجاور و حتی حوضه‌های آبریز همجوار قطعی به نظر می‌رسد هر چند که این مهم باید مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. این میزان آلایندگی درمورد سرب و کادمیم موجود در آب آشامیدنی آشکارتر است.

این ناهنجاری در خاک نیز به‌طور مشخص دیده شده است که باید راهکاری برای کاهش آن اندیشیده شود. همچنین وجود میزان بسیار بالای عناصر سمی و خطرناک موجود در پساب و شیرابه موجود در صنایع این ذهنیت را ایجاد کرده است که اگر به هر علتی این عناصر به آب و خاک منطقه مورد مطالعه راه یابند چه اثراتی بر محیط زیست منطقه و نواحی همجوار خواهند گذاشت. محدوده مناطق با آلودگی ضعیف تا شدید در شکل ۹ نشان داده شده است. به نظر می‌رسد با توجه به موارد مورد بحث باید برای کاهش آلودگی و جلوگیری از شیوع انتقال آلاینده‌ها به موجودات، دام‌ها و ساکنان منطقه راه‌حل مناسبی را هر چه سریع‌تر عملیاتی کرد.

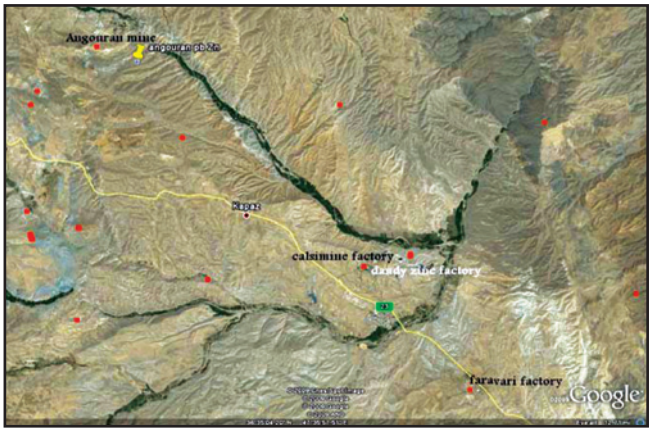
سپاسگزاری

در اینجا لازم است از همه عزیزانی که در این پژوهش ما را یاری کردند صمیمانه تقدیر و تشکر کرده بویژه مدیران محترم وقت شرکت کالسیمین که تلاش گسترده‌ای را برای کاهش آلاینده‌های منطقه به عمل آوردند.

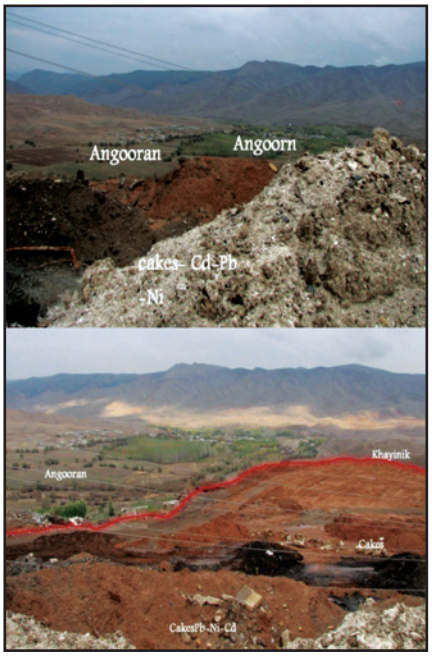


شکل۱- راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه- تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰.

شکل۲- فاصله سد باطله یک کارخانه از مناطق مسکونی و کشاورزی بر روی تصویر گوگل- ۲۰۰۹.

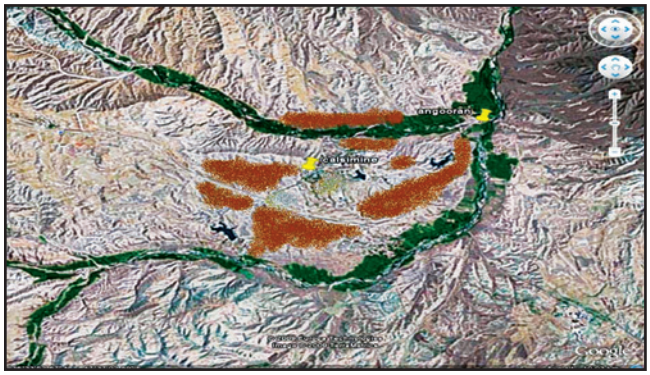


شکل ۳- جانمایی صنایع معدنی سرب و روی منطقه بر روی تصویر ارسالی گوگل ۲۰۰۹.



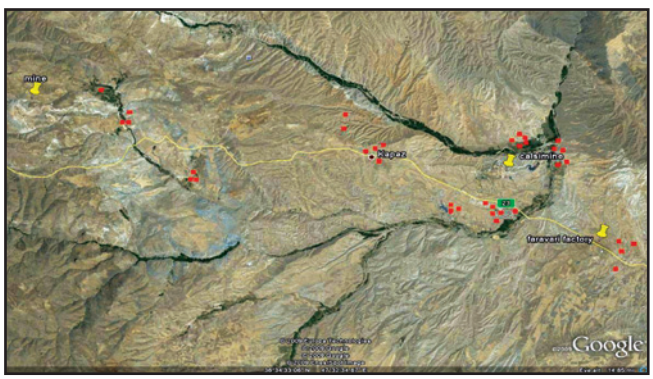
شکل ۴- انباشت کیک‌های کادمیم، نیکل و سرب و کبالت در باختر مجتمع کالسیمین و مجاورت روستای انگوران- خایینیک- پاییز ۱۳۸۷.

شکل ۵- انباشت کیک‌های سمی در مجاورت شهر دندی و روستاهای انگوران، زمایین و خایینیک.

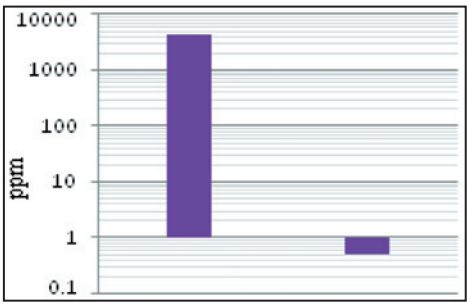


شکل ۶- مناطق اسپری شده با رنگ قهوه‌ای و سبز نشانگر زمین‌های کشاورزی یا با سابقه کشاورزی در اطراف مجتمع است (تصاویر ماهواره ای گوگل ارت، ۲۰۰۹).

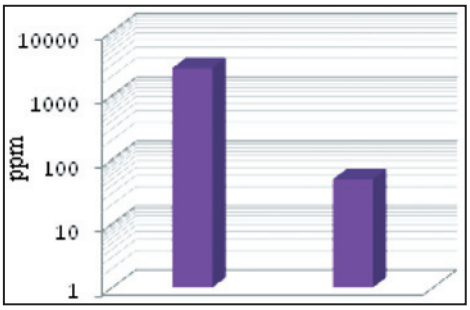
شکل ۷-دفع غیر اصولی باطله در بالا دست روستای انگوران- بار تراکتور، کیک‌ها و لجن‌های کادمیم و نیکل و کبالت و غنی از ارسنیک است.



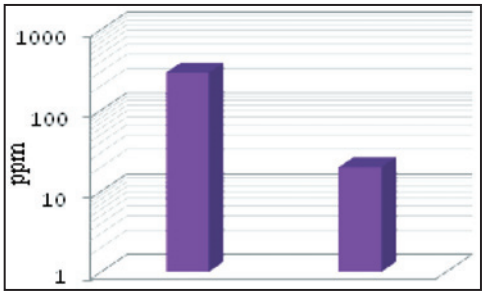
شکل ۸- مناطق و زمین‌های کشاورزی که از آنها نمونه‌برداری خاک صورت گرفته بر روی تصویر ارسالی از گوگل - ۲۰۰۹.



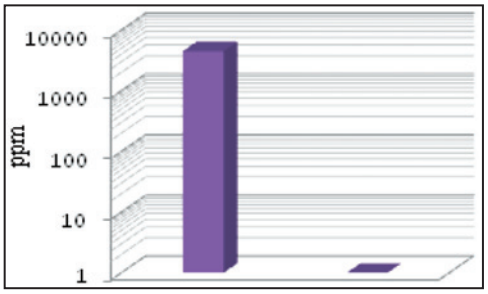
شکل ۹- نمودار مقایسه میانگین میزان متوسط سرب موجود در کیک‌ها و حد مجاز موجود در خاک کشاورزی .



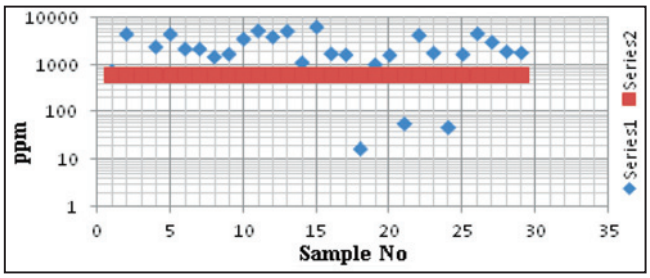
شکل ۱۰- نمودار میزان متوسط روی موجود در کیک‌ها و حد مجاز موجود در خاک کشاورزی بر اساس استاندارد EPA, 2003 به‌صورت لگاریتمی.



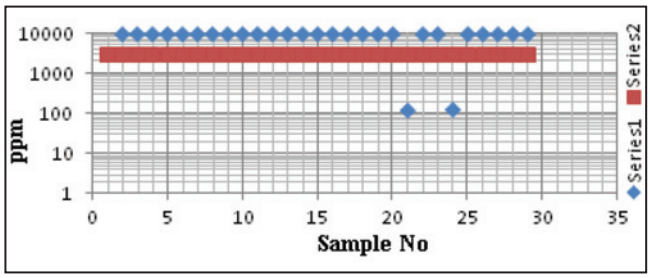
شکل ۱۱- نمودار مقایسه میزان متوسط آرسنیک موجود در کیک‌ها و حد مجاز موجود در خاک کشاورزی.



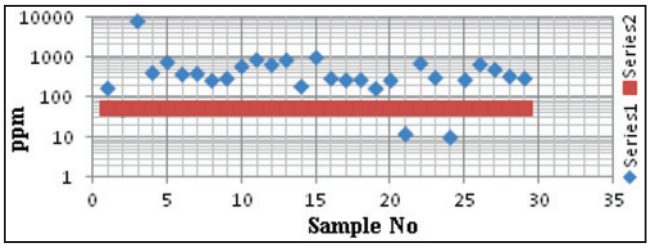
شکل ۱۲- نمودار میزان متوسط کادمیم موجود در کیک‌ها و حد مجاز موجود در خاک کشاورزی بر اساس استاندارد (EPA, 2003)به‌صورت لگاریتمی (در شکل‌های ۹ تا ۱۲، نمودار سمت چپ میزان میانگین عنصر در کیک‌ها و نمودار سمت راست حد مجاز آن عنصر در خاک است).



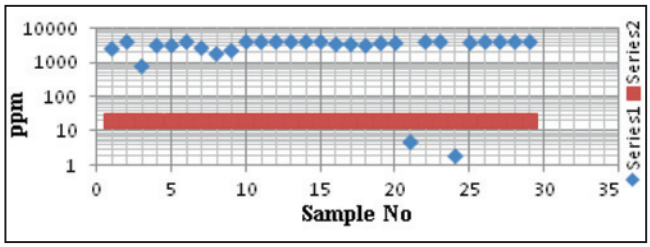
شکل ۱۳- نمودار بیشترین میزان سرب موجود که خاک باید بهبود یابد با سرب موجود در کیک‌ها- بر اساس استاندارد EPA.



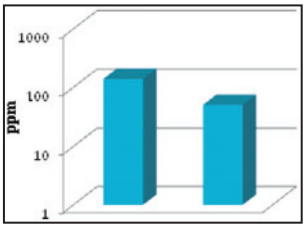
شکل ۱۴- نمودار بیشترین میزان روی موجود که خاک باید بهبود یابد با روی موجود در کیک‌ها- بر اساس استاندارد EPA.



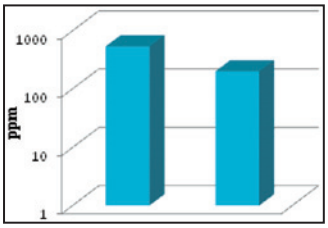
شکل ۱۵- نمودار بیشترین میزان آرسنیک موجودکه خاک باید بهبود یابد با آرسنیک موجود در کیک‌ها - بر اساس استاندارد EPA.



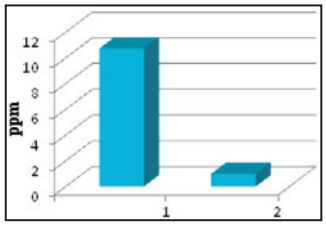
شکل ۱۶- نمودار بیشترین میزان کادمیم موجود که خاک باید بهبود یابد با کادمیم موجود در کیک‌ها – بر اساس استاندارد EPA.



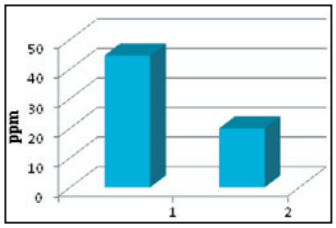
شکل ۱۷- نمودار میزان سرب موجود در خاک‌های منطقه مورد مطالعه و مقایسه آن با استانداردهای خاک.



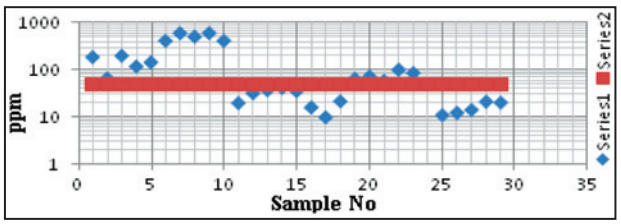
شکل ۱۸- نمودار میزان روی موجود در خاک‌های منطقه مورد مطالعه و مقایسه آن با استاندارد آلایندگی خاک به استناد جدول۵ سمت چپ به صورت لگاریتمی.



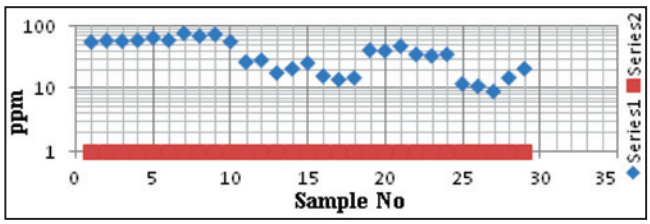
شکل ۱۹- نمودار میزان متوسط کادمیم موجود در خاک‌های منطقه مورد مطالعه.



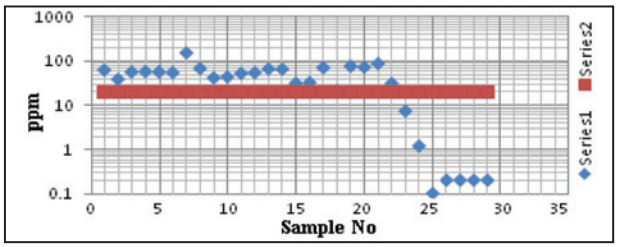
شکل۲۰- نمودار میزان میانگین آرسنیک موجود در خاک‌های منطقه مورد بررسی و مقایسه آن با حد مناسب خاک منطبق با استاندارد EPA به‌صورت لگاریتمی.



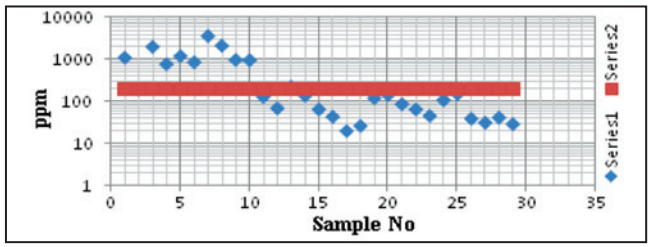
شکل ۲۱- نمودار میزان سرب موجود در خاک‌های منطقه مورد بررسی و مقایسه با استاندارد EPA - نمودار به‌صورت لگاریتمی.



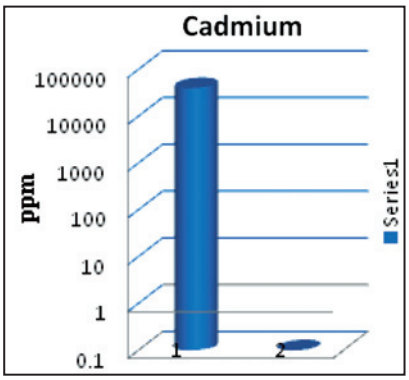
شکل ۲۲- نمودار میزان کادمیم موجود در خاک‌های منطقه مورد بررسی و مقایسه با استاندارد EPA - نمودار به‌صورت لگاریتمی.



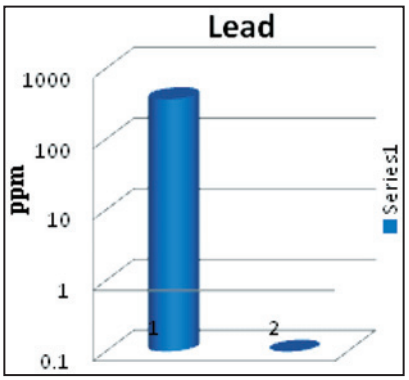
شکل ۲۳- نمودار میزان ارسنیک موجود در خاک‌های منطقه مورد بررسی و مقایسه با استاندارد EPA- نمودار به‌صورت لگاریتمی.



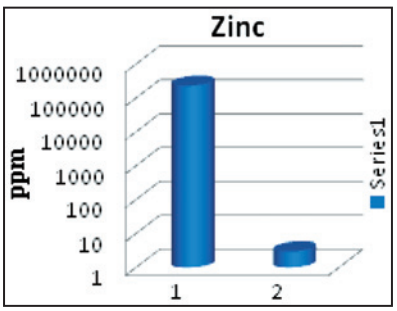
شکل ۲۴- نمودار میزان سرب موجود در خاک‌های منطقه مورد بررسی و مقایسه با استاندارد EPA - نمودار به‌صورت لگاریتمی.



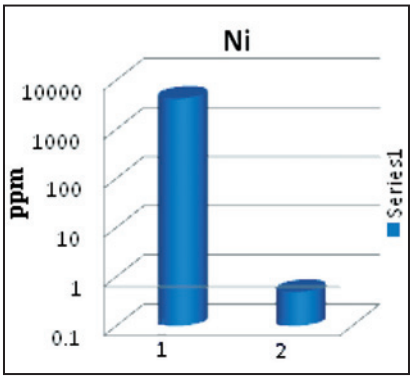
شکل ۲۵- مقایسه میزان میانگین کادمیم آب‌های صنعتی با کمترین استاندارد بین‌المللی .



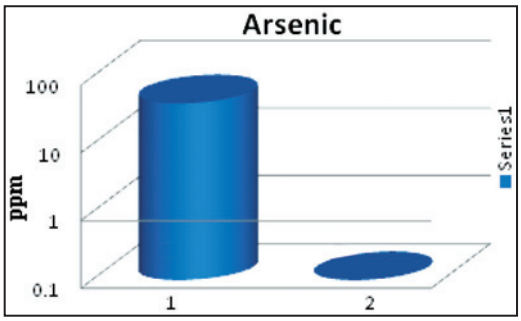
شکل ۲۶- مقایسه میزان میانگین سرب همان آب با کمترین استاندارد بیان شده هر دو به‌صورت لگاریتمی.



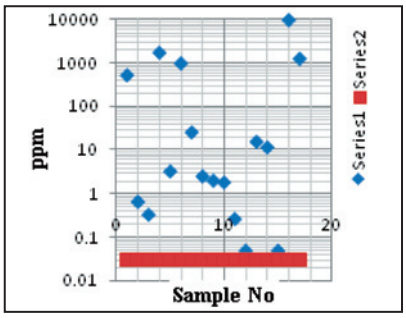
شکل ۲۷- مقایسه میزان میانگین روی آب‌های صنعتی با کمترین استاندارد بین‌المللی .



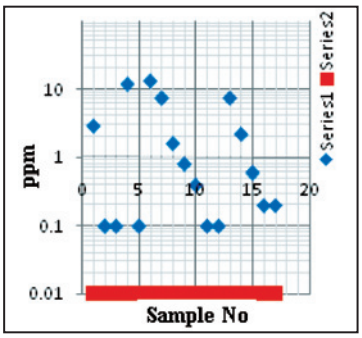
شکل ۲۸- مقایسه میزان میانگین نیکل همان آب با کمترین استاندارد بیان شده هر دو به‌صورت لگاریتمی.



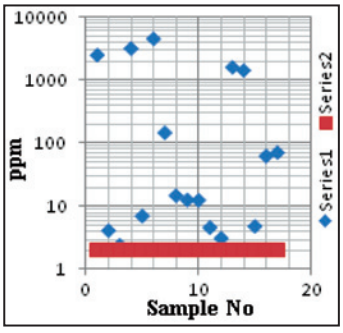
شکل ۲۹- نمودار مقایسه میزان میانگین آرسنیک آب‌های صنعتی با کمترین استاندارد بین‌المللی به‌صورت لگاریتمی.

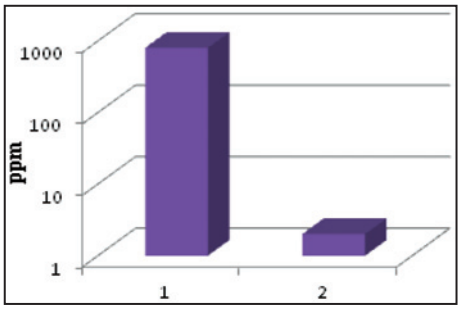


شکل ۳۰- مقایسه میزان میانگین کادمیم آب آشامیدنی و کشاورزی با کمترین استاندارد بین‌المللی .

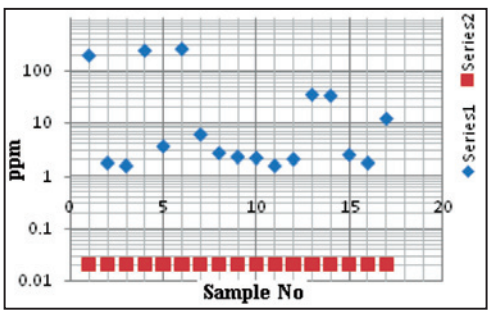


شکل ۳۱- مقایسه میزان میانگین سرب همان آب با کمترین استاندارد بیان شده به‌صورت لگاریتمی.

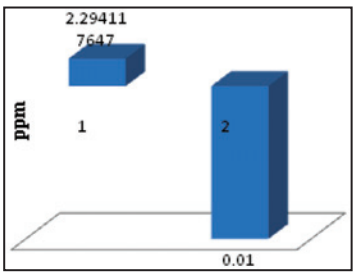


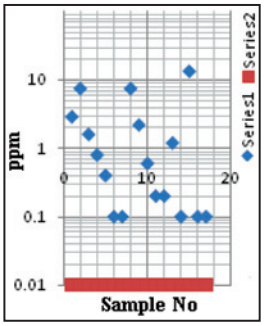


شکل ۳۲- نمودار مقایسه میزان میانگین روی آب آشامیدنی و کشاورزی با کمترین استاندارد بین‌المللی.

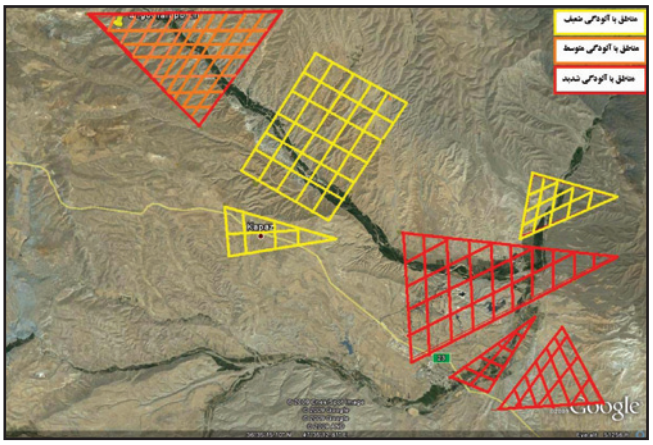


شکل ۳۳- نمودار سمت چپ مقایسه میزان میانگین نیکل همان آب کمترین استاندارد بیان شده به‌صورت لگاریتمی.





شکل ۳۴- نمودار مقایسه میزان میانگین آرسنیک آب آشامیدنی و کشاورزی با کمترین استاندارد بین‌المللی به‌صورت لگاریتمی.



شکل ۳۵- مناطق دارای آلودگی ضعیف تا شدید در منطقه مورد بررسی بر روی تصویر ارسالی از ماهواره EARTH-2009.

جدول ۱- میزان مصرف و برداشت آب زیرزمینی از دشت انگوران (میلیون لیتر در سال) - (ماهنشان در استان زنجان- اداره کل منابع آب استان زنجان، ۱۳۸۴).

منبع آب زیرزمینی		تعداد	تخلیه سالیانه	نوع مصرف		
چاه	ژرف	۰	۰	کشاورزی	آشامیدنی	صنعت
	نیمه ژرف	۶۴۲	۱۰/۱۵	۱۰/۱۵	۰	۰
قنات		۵۷	۹/۸۰	۴/۵۸	۱/۰۰	۰
چشمه		۷۴۴	۸۵/۷۰	۴۰/۰۴	۸/۷۰	۰
جمع		۱۴۴۳	۱۰۰/۶۵	۵۴/۷۷	۹۰/۷۰	۰

جدول ۲- محدودیت‌های جریان‌های خروجی از معادن فلزی ایالات متحده (EPA,1999).

نوع مواد	بیشینه برای یک روز	میانگین مقادیر روزانه برای ۳۰ روز متوالی
TSS	30 mg/l	20 mg/l
Cu	30 mg/l	15 mg/l
Zn	10 mg/l	5 mg/l
Pb	6 mg/l	3 mg/l
Hg	0.002 mg/l	0.001 mg/l
Cd	0.10 mg/l	0.05 mg/l
pH	6-9	6-9

جدول ۳- نتایج تجزیه نمونه‌های حاصل از لیچینگ یا کیک‌های رها شده در تپه‌های مشرف به روستاهای انگوران و خایینک (همه واحدها بر اساس میلی گرم بر لیتر هستند).

ردیف	کد نمونه	محل نمونه برداری	حجم (گرم) نمونه	تعداد نمونه	Pb	Zn	Ni	As	Cd
۱	**K-SH-01**	کارخانه ذوب روی	2000	3	719	>10000	1084.9	165	2507.9
۲	**K-SH-02**	کارخانه ذوب روی	2000	3	4470.2	>10000	>10000	48	>4000
۳	**K-SH-03**	کارخانه ذوب روی	2000	3	>10000	>10000	240.8	8127	771.2
٤	**K-SH-05**	کارخانه ذوب روی	2000	2	2388	>10000	1119.7	404	3160.1
۵	**K-SH-06**	کارخانه ذوب روی	2000	1	4442.7	>10000	1155.8	750	3159.4
٦	**K-SH-08**	پایین دست کارخانه	1500	1	2162.1	>10000	2331.7	369	>4000
۷	**K-SH-09**	پایین دست کارخانه	1200	1	2147.7	>10000	906.3	384	2657.9
۸	**K-SH-10**	پایین دست کارخانه	1500	1	1461.3	>10000	599	259	1786.6
۹	**K-SH-11**	پایین دست کارخانه	1500	1	1676.4	>10000	812.4	290	2230.4
۱۰	**K-SH-12**	پایین دست کارخانه	1500	1	3499.7	>10000	2129.3	587	>4000
۱۱	**K-SH-15**	کارخانه فرآوری	1500	1	5250.6	>10000	3334.3	866	>4000
۱۲	**K-SH-17**	کارخانه فرآوری	1500	1	3859.7	>10000	2521.3	649	>4000
۱۳	**K-SH-18**	کارخانه فرآوری	1500	1	5160.6	>10000	2952.8	845	>4000
۱٤	**K-SH-22**	کارخانه فرآوری	1500	1	1105.4	>10000	2752.2	185	>4000
۱۵	**K-SH-23**	کارخانه فرآوری	1500	1	6313.5	>10000	5607.5	988	>4000
۱٦	**A-SH-03**	جاده انگوران - دندی	1500	1	1709.9	>10000	1162.9	292	3412.6
۱۷	**A-SH-05**	جاده انگوران - دندی	1500	1	1619.1	>10000	1290.3	265	3402.6
۱۸	**A-SH-06**	جاده انگوران - دندی	1200	1	16.37	>10000	1047.3	269	3131.1
۱۹	**A-SH-07**	جاده انگوران - دندی	2000	1	1002.4	>10000	1348.1	161	3663.1
۲۰	**A-SH-11**	کارخانه فرآوری	2000	1	1587.6	>10000	1326.6	262	3714.4
۲۱	**A-SH-12**	کارخانه فرآوری	1500	1	54.8	117	28.6	12	4.9
۲۲	**A-SH-13**	کارخانه فرآوری	1500	1	4230.2	>10000	2953.5	701	>4000
۲۳	**A-SH-14**	کارخانه فرآوری	1500	1	1784.5	>10000	1782.1	305	>4000
۲٤	**A-SH-15**	کارخانه فرآوری	1200	1	45.7	123	15.1	10	1.9
۲۵	**A-SH-18**	مجتمع کالسیمین	1200	1	1664.2	>10000	1255.9	268	3792.4
۲٦	**A-SH-20**	مجتمع کالسیمین	1200	1	4555.5	>10000	1824.2	655	>4000
۲۷	**A-SH-21**	مجتمع کالسیمین	1500	1	3005.4	>10000	3184	488	>4000
۲۸	**A-SH-24**	مجتمع کالسیمین	1500	1	1898.4	>10000	1292.9	326	>4000
۲۹	**A-SH-51**	مجتمع کالسیمین	1500	1	1778.8	>10000	2029.7	293	>4000

جدول ۴- نتایج تجزیه عناصر ۵ گانه در خاک کشاورزی منطقه مورد بررسی- ۱۳۸۷(همه واحدها بر اساس میلی گرم بر لیتر هستند)

ردیف	شماره نمونه	محل نمونه برداری	نوع محصول کشاورزی	*Pb*	*Zn*	*Cd*	*As*	*Ni*
۱	A-F-1	انگوران	گندم	188.6	1117.7	6.67	62.1	57
۲	A-F-2	انگوران	گندم	66.6	194.9	0.76	38.3	60
۳	A-F-3	انگوران	گندم	201.2	2023.3	5.54	56.1	59
۴	A-F-4	انگوران	گندم	119.8	780.2	5.4	57.2	61
۵	A-F-5	انگوران	علوفه دامی (یونجه)	146	1217.8	3.3	56.2	67
۶	A-F-6	خایینک	گندم	419	870	7.2	54.1	61
۷	A-F-7	خایینک	گندم	609.0	3655.6	24.50	152.7	79
۸	A-F-8	خایینک	گندم	516.8	2155.7	6.5	67.2	71
۹	A-F-9	خایینک	علوفه دامی (یونجه)	613.3	990.2	3.1	41.2	76
۱۰	A-F-10	خایینک	جو	419.8	973.1	7.2	43.2	58

ادامه جدول ۴

ردیف	شماره نمونه	محل نمونه برداری	نوع محصول کشاورزی	*Pb*	*Zn*	*Cd*	*As*	*Ni*
۱۱	A-F-11	شیخ لر	علوفه دامی (یونجه)	19.9	130.1	5.1	52.1	27
۱۲	A-F-12	شیخ لر	علوفه دامی (یونجه)	32.1	70.1	6.78	54.1	29
۱۳	A-F-13	شیخ لر	گندم	37.1	227.1	5.6	65.7	18
۱۴	A-F-14	شیخ لر	علوفه دامی (یونجه)	41.5	138.	6.9	65.1	21
۱۵	A-F-15	کپز	گندم	35.8	65.8	7	31.1	26
۱۶	A-F-16	کپز	گندم	16.1	43.9	5.6	32.1	16
۱۷	A-F-17	کپز	گندم	9.9	20.1	2.1	70.1	14
۱۸	A-F-18	کپز	گندم	21.7	26.7	7.1	21	15
۱۹	A-F-19	دندی	گندم	65.1	121.8	5.3	76	42
۲۰	A-F-20	دندی	گندم	72.7	143.9	9.1	72	41
۲۱	A-F-21	دندی	گندم	59.1	87.9	4.1	87	49
۲۲	A-F-22	دندی	علوفه دامی (یونجه)	101.9	65.8	1	30.8	36
۲۳	A-F-23	دندی	گندم	87.2	46.1	2.5	7.2	34
۲۴	A-F-24	دندی	جو	49.8	109.8	17	1.2	36
۲۵	A-F-25	قلعه جوق	گندم	11	151.2	21	0.1	12
۲۶	A-F-26	آق کند	علوفه دامی (یونجه)	12.3	39.6	21	0.2	11
۲۷	A-F-27	مراش	گندم	14.2	31.8	21	0.2	9
۲۸	A-F-28	مراش	گندم	21.3	41.9	32	0.2	15
۲۹	A-F-29	مراش	گندم	20.3	29.4	61	0.2	21

جدول ۵- حد مجاز برخی عناصر موجود در خاک بر اساس استاندارد EPA (2003) بر حسب ppm (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱).

متغیر	حد مناسب خاک	حد مجاز برای سلامتی انسان و محیط	حدی که بهبود وضعیت خاک ضروری می‌نماید.
آرسنیک	۲۰	۳۰	۵۰
کادمیم	۱	۵	۲۰
سرب	۵۰	۱۵۰	۶۰۰
جیوه	۰٫۵	۲	۱۰
نیکل	۵۰	۱۰۰	۵۰۰
روی	۲۰۰	۵۰۰	۳۰۰۰

جدول ۶- تجزیه پساب موجود در منطقه شامل استخرها و حوضچه‌ها (تمامی واحدها بر حسب میلی گرم بر لیتر هستند).

آمار فیزیکی						عنصر یا ترکیب				
ردیف	شماره نمونه	کد سیستمی	محل نمونه‌برداری	حجم نمونه	نوع مصرف	Cd	Pb	Zn	Ni	As
۱	SH-25	a-sh-1	پشت سد	200cc	صنعتی	16839.53	0.9	59106.4	1577.9	0.7
۲	SH-20	a-sh-3	مراش	200cc	صنعتی- کشاورزی	2.82	7.6	19.4	3.1	38.5
۳	SH-18	a-sh-9	استخر باطله	200cc	صنعتی	183513.37	210.2	935510.6	3146.5	12.1
۴	S.Ad-1	a-sh-11	بالای ادیب	200cc	صنعتی	31.88	11.9	1407.4	35.9	132.9
۵	S.Ad-2	a-sh-12	سد ادیب	200cc	صنعتی	32227.54	1625.9	177475.7	16862.8	22.5

جدول ۷- تجزیه آب‌های سطحی مربوط به رودخانه‌ها و منابع کشاورزی و آشامیدنی عمومی(تمامی واحدها بر حسب میلی گرم بر لیتر هستند).

آمار فیزیکی						عنصر یا ترکیب				
ردیف	شماره نمونه	کد سیستمی	محل نمونه‌برداری	حجم نمونه (گرم)	نوع مصرف	Cd	Pb	Zn	Ni	As
۱	SH-16	a-sh-2	دندی چای	200cc	کشاورزی	525.18	2.9	2508.5	195.0	2.9
۲	SH-15	a-sh-4	قشلاق جوق	200cc	کشاورزی- آشامی‌دن	0.67	0.1	4.1	1.7	7.5
۳	SH-14	a-sh-5	قشلاق جوق	200cc	کشاورزی- آشامیدن	0.34	0.1	2.4	1.5	1.6
۴	SH-24	a-sh-7	دندی چای	200cc	کشاورزی	1731.15	12	3188.6	242.5	0.8
۵	SH-21	a-sh-8	قزل اوزن	200cc	کشاورزی- آشامی‌دن	3.35	0.1	7	3.5	0.4
۶	SH-17	a-sh-10	انگوران	200cc	کشاورزی- آشامیدن	989.43	13.4	4557.5	261.0	0.1
۷	K-S.A	a-sh-13	انگوران	200cc	کشاورزی- آشامیدن	25.62	7.5	145.7	5.9	0.1
۸	GH-1	a-sh-14	قزل اوزن	200cc	کشاورزی- آشامیدن	2.58	1.6	14.8	2.6	7.5
۹	An-1	a-sh-15	انگوران چای	200cc	کشاورزی- آشامیدن	2.05	0.8	12.7	2.2	2.2
۱۰	An-2	a-sh-16	انگوران چای	200cc	کشاورزی- آشامیدن	1.86	0.4	12.5	2.1	0.6
۱۱	Kh-2	a-sh-17	خایینیک	200cc	کشاورزی- آشامیدن	0.27	< 0.1	4.6	1.5	0.2
۱۲	Kh-4	a-sh-18	خایینیک	200cc	کشاورزی- آشامیدن	0.05	< 0.1	3.1	2.0	0.2

ادامه جدول ۷

			آمار فیزیکی			عنصر یا ترکیب				
۱۳	K-Ca-1	a-sh-19	انگوران	200cc	کشاورزی- آشامیدن	15.57	7.5	1602.4	34.5	1.2
۱۴	K-Ca-2	a-sh-20	انگوران	200cc	کشاورزی- آشامیدن	11.59	2.2	1430.6	33.0	< 0.1
۱۵	GH-2	a-sh-21	قزل اوزن	200cc	کشاورزی- آشامیدن	0.05	0.6	4.8	2.4	13.4
۱۶	SH-28	a-sh-22	انگوران چای	200cc	کشاورزی- آشامیدن	9811	0.2	61.9	1.7	0.1
۱۷	SH-29	a-sh-23	انگوران چای	200cc	کشاورزی- آشامیدن	1261	0.2	70.3	11.9	0.1

جدول ۸- حد مجاز برخی عناصر در و ترکیبات در آب آشامیدنی بر اساس استانداردهای جهانی (Ballantyne,1999).

متغیر (mg/l)	EPA (2003)	WB	WHO (2005)
pH	۶-۹	۶-۹	۶/۵-۸/۵
کل ذرات معلق در آب	۵۰	۵۰	–
آرسنیک (مجموع)	۰/۱	۰/۱	۰/۰۱
کادمیم	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۰۳
نیکل	–	۰/۵	۰/۰۲
سرب	۰/۱	۰/۲	۰/۰۱
روی	۲	۲	۳

کتابنگاری

اسماعیلی ساری، ع.،۱۳۸۱ - آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر تهران، ۷۶۹ ص.

پایگاه اطلاع رسانی اداره کل هواشناسی استان زنجان، ۱۳۸۶.

حسنی پاک، ع.،۱۳۸۰- اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران.

خسروی، م.، ۱۳۸۴- گزارش ارزیابی زیست محیطی سد باطله کالسیمین، شرکت کالسیمین، ۲۱۱ص.

لطفی، م.، ۱۳۸۰- نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ ماهنشان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

مدنی، ح.، ۱۳۷۸- اصول پی جویی اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی، انتشارات خانه فرهنگ.

References

Arsenic in Drinking-water- Background document for development of- WHO Guidelines for Drinking-water Quality-2005.

Ballantyne, B., Timothy, C., Marrs & Syversen, T., 1999- General and Applied Toxicology, Second Edition. Vol. 3, Macmillan Publishers, November, 2052-2062, 2145-2155.

Berlin, M. et al. (Editors), 1985- Handbook of the Toxicology of Metals, V.2, 2nd ed. London, Elsevier Science Publishers B.V., , 376-405.

Cadmium in Drinking-water- Background document for development of WHO Guidelines for Drinking- water Quality.

Derek, W. J., 1999- Exposure or Absorption and the Crucial Question of Limit for Mercury, J., Can., Dent, Assoc., 65,42-46.

IPCS., 2001- Arsenic and arsenic compounds. Geneva, World Health Organization, International Programmed on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 224).

JECFA, 2000 - Cadmium. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO Food Additives Series No. 46).

JECFA, 2000b- Summary and conclusions of the fifty-fifth meeting, Geneva, 6–15 June 2000. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.

Kenawy, I. M. M., Hafez, M. A. H, Akl, M. A. & Lashein, R. R., 2000- Determination by AAS of Some Trace Heavy Metal Ions in Some Natural and Biological Samples after Their Reconcentraction Using Newly Chemically Modified Chloromethylated Polystyrene-PAN Ion-Exchanger, Analytical Siences, Vol. 16, 493-500.

Lead in Drinking-water-Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality2005 -.

Reedman, J. H., 1979- Techniques in Mineral Exploration, Applied sience Publication Ltd, London.

Farre, R. & Langarda, M. J., 1986- Atomic Absorption Spectorophotometric Determination of Chromium in Foods, J. Assoc., Off Anal. Chem.,. Vol.69, 5, 876-879.

Ross, M., 1999- "The health effects of mineral dusts, in The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part A: Processes, Techniques, and Health Issues." Society of Economic Geologists Reviews in Economic Geology". 6A: pp. 339-56.

Shinn, E. A., Smith, G. W., Prospero, J. M., Betzer, P., Hayes, M. L., Garrrison, V. & Barber, R. T., 2000- "African dust and the demise of Caribbean coral reefs." Geophysical Research Letters, 27: pp. 3029-32.

Truscott, S. J., 1962- Mine Economics, Mining PublicationsLtd.

U.S.Environmental Protection Agency (EPA), 2003- Ground water & Drinking water Contaminantes and MCLs.

V.S.Environmental Protection Agency (EPA), 1999- Standard Method.

Zinc in Drinking-water Background document for development of-WHO Guidelines for Drinking-water Quality –WHO,2005.

WWW.googleearth.com