آلودگی فلزات سنگین و بررسی شاخص‌های شدت غنی‌شدگی و ژئوشیمیایی در رودخانه نکارود

عباس مقصودی [۱*]، مجید ونایی [۲] و محمد یزدی [۳]

[۱] استادیار، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
[۲] کارشناسی‌ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
[۳] استاد، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۷

چکیده

شهرستان نکا با وسعت تقریبی ۱۸۶۵ کیلومتر مربع در شمال ایران و در ۲۱ کیلومتری خاور ساری قرار گرفته است. در محدوده مورد مطالعه نکارود مجموعا ۵۱ نمونه در قالب ۴ مقطع برداشت شد که به دو روش تجزیه کامل و تجزیه سه مرحله‌ای (جهت تعیین سهم انسان‌ساخت و سهم طبیعی) مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. شاخص غنی‌شدگی (ER) نشان می‌دهد که در تمام مقاطع عناصر نقره، کادمیم و قلع دارای غنی‌شدگی بسیار شدید هستند در صورتی که عنصر روی در مقطع شماره ۲ و۳ و عنصر سرب در مقطع شماره ۳ دارای غنی‌شدگی شدید تا بسیار شدید است و مابقی عناصر دارای غنی‌شدگی متوسط تا مشخص می‌باشند. شاخص ژئوشیمیایی (Igeo) نشان می‌دهد که در تمام مقاطع عناصر نقره و کادمیم دارای آلودگی شدید تا بسیار شدید می‌باشند در حالی که روی دارای آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد و مابقی عناصر دارای آلودگی در حد آلودگی کم تا متوسط است. بیشترین سهم انسان‌ساخت در مقطع ۱ (ملاخیل ـ کوهسارکنده ـ جاده معدن نکا چوب) مربوط به عناصر کبالت و نقره و کمترین آن مربوط به عناصر نیکل و آهن می‌باشد. در حالی که در مقطع ۴ (بزمیل تا لجن لته سفلی) بیشترین سهم انسان‌ساخت مربوط به عناصر سرب و نقره و کمترین آن مربوط به عناصر وانادیم، نیکل، مس و روی است. از عوامل کلیدی آلاینده در محدوده مورد مطالعه می‌توان به پساب‌های حاصل از معادن زغال‌سنگ، ایستگاه‌های راه‌آهن و کارخانجات بزرگی همچون کارخانه چوب- کاغذ نکا اشاره نمود. علاوه بر آن پساب‌های خانگی و صنعتی شهرهای بزرگی همچون نکا می‌تواند مزید بر علت باشد که نتیجه آن آزاد شدن فلزات سنگین و آلودگی‌های زیست‌محیطی باشد.

کلیدواژه‌ها: فلزات سنگین، آلودگی، نکارود، شمال ایران.

***نویسنده مسئول:** عباس مقصودی

E-mail: a.maghsoudi@aut.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

خواص ژئوشیمیایی عناصر سنگین سبب می‌شود که تحت شرایط فیزیکوشیمیایی محیط، واکنش‌های متفاوتی از خود بروز دهند و به دلیل استقرار طولانی مدت و نحوه اثرگذاری بر محیط، جزو آلاینده‌های زیست‌محیطی به شمار می‌روند. این عناصر به طور طبیعی و با منشأ ژئوژنیک و نیز از طریق فعالیت‌های انسانی و به صورت مصنوعی و با منشأ آنتروپوژنیک نمود می‌یابند. حضور این عناصر به عنوان آلاینده‌های زیست‌محیطی تأثیر بسزایی بر خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی داشته و در چرخه حیات موجودات ساکن منطقه مخاطرات بسیاری را ایجاد می‌نماید، از این رو در مطالعات زمین‌شناسی‌زیست‌محیطی تعیین نوع آلاینده‌ها، میزان و منشأ آنها هدف اصلی است.

یکی از مهم‌ترین مناطقی که لازم است مورد ارزیابی‌های زمین‌شناسی زیست‌محیطی قرار گیرد، پهنه‌های آبی است که به جرأت می‌تواند تأثیری بسیار گسترده بر مناطق مختلف داشته باشد.

محدوده نکا به سبب حضور رودخانه مهم نکارود یکی از این مناطق است که وجود هرگونه آلودگی از نظر حضور عناصر سنگین در حوضه این رودخانه می‌تواند تأثیر بسزایی بر روی دریای خزر داشته و اثرات نامطلوبی بر سلامت ساکنین محدوده و مردم منطقه ایجاد نماید.

معادن زغال‌سنگ (به عنوان یکی از مواد آلاینده در محدوده مورد مطالعه)، خاکستر و مواد زاید حاصل از (زغال‌سنگ بدون به کارگیری عملیات شستشو قابل کاربرد در صنایع مختلف از جمله فولادسازی نیست) همواره محتوی فسفر و گوگرد و تا حدودی فلزات سنگین دیگر است، در نتیجه پساب حاصل از شستشوی زغال، آلودگی‌های زیست‌محیطی گسترده‌ای را به‌دنبال دارد.

مطالعات گذشته نشان می‌دهد که کانی‌های اصلی پساب‌های صنعتی منطقه را زغال، کوارتز، کائولینیت، ایلیت و کانی‌های فرعی آن را روتیل، پیریت، کلریت و کلسیت تشکیل می‌دهند و COD و BOD محاسبه شده بیش از حد استاندارد (mg/l 1) است.

در این رهگذر معدنکاری زغال‌سنگ، فلورین و پساب کارخانه‌های زغالشویی موجود در منطقه (زیرآب، آلاشت، کارمزد، انجیره تنگه و غیره)، کارخانجات چوب- کاغذ نکا و ایستگاه‌های راه‌آهن منطقه مشکلات بسیاری را در محیط، به‌ویژه رودخانه بزرگ نکارود به وجود آورده است.

به این منظور کار تحقیقاتی حاضر به طور نظام‌مند به بررسی وضعیت ژئوشیمی رسوبات رودخانه نکارود و تعیین اثرات زیست‌محیطی آن می‌پردازد.

۲- موقعیت جغرافیایی

نکا یکی از شهرستان های استان مازندران است که در مختصات جغرافیایی۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه طول خاوری و ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهرستان با گستره تقریبی ۱۸۶۵ کیلومتر مربع در شمال ایران و خاور مازندران در ۲۱ کیلومتری خاور ساری، ۲۰ کیلومتری باختر بهشهر و ۲۸۰ کیلومتری شمال خاوری تهران قرار گرفته است که از خاور به بهشهر، از شمال به دریای خزر، از جنوب به رشته کوه البرز و استان سمنان و از باختر به بخش میاندرود شهرستان ساری متصل است.

شهر نکا از نظر ارتفاع در سطح ۴۵ متری آب‌های آزاد قرار دارد. طبق آخرین آمار در سال ۱۳۹۰ جمعیت شهرستان نکا نزدیک به ۱۱۳ هزار نفر و فاصله این شهر تا دریا حدود ۲۵ کیلومتر است.

نکارود با روند عمومی باختر- شمال باختر با حوضه آبریزی به سمت دریای خزر مهم‌ترین رودخانه منطقه است که در منتهی‌الیه خاور استان مازندران واقع است و از درون شهر نکا می گذرد(شکل۱).

Archive of SID
www.SID.ir

نوع فعالیت‌های کشاورزی(برنج‌کاری و باغداری) منطقه موجب شده است که آب‌های سطحی در زندگی مردم منطقه دارای اهمیت بالایی باشد و از این رو هرگونه آلودگی در آن می‌تواند به طرق مختلف تأثیرات خود را بر مردم منطقه نشان دهد.

۳- روش مطالعه

با توجه به لزوم بررسی فعالیت‌های آلاینده وآلودگی منطقه(آلودگی‌های آنتروپوژنیک)، طول مسیر رودخانه‌نکارود به ۴ بخش تقسیم و در هر بخش تعدادی نمونه از بخش سطحی رسوبات رودخانه‌ای(سطح تا ژرفای ۴۰ سانتی‌متری) و اجزای رسوب زیر الک ۶۰ مش برداشت شد (لازم به یادآوری است که برداشت نمونه‌های منفرد و تکی در مسیر رودخانه به هیچ عنوان نمی‌تواند گویای ویژگی‌های یک بخش از مسیر رودخانه باشد).

مقطع۱: ملاخیل ـ کوهسارکنده ـ جاده معدن(۱۸ نمونه)

مقطع۲: معدن نکا چوب ـ ایستگاه راه آهن نکا (۱۳ نمونه)

مقطع۳ : ایستگاه راه آهن نکا ـ بزمیل(۱۳ نمونه)

مقطع۴: بزمیل ـ لجن لته سفلی(۷ نمونه)

فلزات سنگین در قالب ۵ نوع پیوند در رسوبات حضور دارند به طوری که پیوندهای سست، سولفیدی و آلی گویای بخش انسان‌ساخت (آنتروپوژنیک) و پیوندهای بطئی و مقاوم گویای بخش طبیعی(ژئوژنیک) فلزات سنگین در محیط‌زیست می‌باشد و همواره لازم است در مطالعات زیست‌محیطی بتوان به طریقی این نوع از پیوندها و در نتیجه آلودگی‌ها را شناسایی و تفکیک نمود (لویزه و کوثری، ۱۳۸۱).

به منظور تعیین عیار فلزات سنگین در بخش طبیعی می‌توان از روش تجزیه کامل و به منظور تعیین عیار فلزات سنگین در بخش انسان‌ساخت ازروش تجزیه سه‌مرحله‌ای (به منظور آزادسازی فلزات سنگین با پیوندهای سست از اسید استیک، پیوندهای سولفیدی از مخلوط اسید استیک + هیدروکسیل آمین+ هیدروکلراید و پیوندهای آلی یا فاز آلی از پروکسید هیدروژن) استفاده نمود و سپس درصد انسان‌ساخت و درصد طبیعی عناصر را محاسبه نمود.

در مرحله اول از این پژوهش، با استفاده از روش تجزیه کامل (اسید فلوریدریک + اسید نیتریک + اسید کلریدریک و روش جذب اتمی) غلظت کل عناصر در نمونه‌های برداشت شده به دست آمد و میانگین عیار هر عنصر در نمونه‌های هر بخش به عنوان نمونه معرف برای همان بخش در نظر گرفته شد و سپس بر اساس این مقادیر شاخص‌های شدت غنی‌شدگی (ER) و شاخص‌های ژئوشیمیایی (Igeo) محاسبه گردید (Kralik, 1999).

در مرحله دوم با استفاده ازروش تجزیه سه مرحله‌ای و به منظور تعیین عیار فلزات سنگین در بخش انسان‌ساخت استحصال و سپس درصد انسان‌ساخت و درصد طبیعی عناصر محاسبه شد (در تعدادی از نمونه های برگزیده).

۴- نتایج و بحث

تعدادی از فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیم، بیسموت و غیره)، کانی‌های فسفاته، آفت‌کش‌ها، کودهای شیمیایی و مواد معدنی، زباله‌ها، عوامل بیماری‌زا، مواد غذایی گیاهی، ترکیبات آلی سنتز شده (مصنوعی)، مواد نفتی، موادشیمیایی، مواد معدنی و کانی‌ها، مواد رادیوواکتیویته و گرما اشاره نمود که از راه‌های مختلف از جمله پساب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی به محیط‌زیست (به ویژه منابع آبی) وارد می‌شود و در نتیجه می‌تواند عوارض زیست‌محیطی گسترده‌ای ایجاد نماید که در زیر به طور مختصر به آن اشاره می‌گردد.

۴-۱. آرسنیک

این عنصر که دارای ماهیت سمی است به دوگونه سه و پنج ظرفیتی(آرسنید و آرسنات) در محیط آب یافت می‌شود (اکسید سه ظرفیتی آن خطرناک‌تر از ترکیبات پنج ظرفیتی است و ترکیبات معدنی از ترکیبات آلی خطرناک‌تر می‌باشد)، سمی بودن آرسنیک به شرایط فیزیکوشیمیایی، راه ورود به بدن، اندازه و مدت همبری آن با بدن، رژیم غذایی، سن، جنس فرد و نیز تجمع این ترکیبات دربافت بستگی دارد (McConell, 1999).

مهم‌ترین عوامل آلاینده آرسنیک شامل حشره‌کش‌ها، لاک‌های محافظ در صنایع(صنایع چوب، نساجی، رنگرزی و دباغی) وافزودنی‌ها به خوراک دام و طیور(حد مجاز در فرآورده‌های خوراکی ۲/۶ پی‌پی‌ام است) و پودرهای رختشویی و پاک‌کننده (۱۰ تا ۷۰ پی‌پی‌ام) می‌باشد که بیشتر از راه فاضلاب شهری وارد خاک می‌شود. این عنصر در محیط خاک تمرکز بیشتری دارد و عواملی مانند سنگ مادر، شیب و مقدار بارش، جهت باد، مصرف ترکیبات حاوی آرسنیک وآلودگی‌های صنعتی بر عیار آن تأثیرمی‌گذارد وبه همین دلیل اندازه آن میان ۱ تا۴۰ پی‌پی‌ام تغییراست (خراط صادقی و کرباسی،۱۳۸۷).

از مهم‌ترین پیامدهای مسمومیت با آرسنیک می‌توان به اختلال شدید در سیستم عصبی اشاره کرد(مسمومیت با۱۸۰-۱۷۰ پی‌پی‌ام باعث حالت اغما و مرگ می‌شود) و عیارکم اما پی‌درپی(۶۳پی‌پی‌ام) موجب بی‌اشتهایی، ضعف عضلانی، تهوع، تورم مخاط چشم، بینی، حلق، جراحت‌های پوستی و سرطان دستگاه تنفسی می‌شود (سرطان دستگاه تنفسی در کارخانجاتی که با ترکیبات معدنی آرسنیک در ارتباط هستند گزارش شده است).

۴-۲.کادمیم

عیار میانگین این عنصر ۰/۵۳ پی‌پی‌ام (مقادیر بالاتر از۵ تا ۸ پی‌پی‌ام به عنوان مرز تمرکز بحرانی به شمارمی‌رود)، مهم‌ترین عوامل آلاینده، معدنکاری سرب و روی، کودهای فسفاته، مواد الکترونیک، صنایع آلیاژی و تولید ورق فولادی، رنگدانه‌ها در کارخانجات پلاستیک، لعاب کاری و باطری‌های نیکل وکادمیم، دود کارخانه‌های ذوب فلزی(به گونه اکسیدهای کادمیم) است، این عنصر بیشتر در بخش بالایی محیط خاک تمرکز می‌یابد بنابراین گیاهانی که در مناطق خاکی با عیار بالای کادمیم رشد می‌کنند تمرکز بالاتری ازخود نشان می‌دهند که پیامد آن می‌تواند آلودگی با رژیم تغذیه باشد.

اسیدیته پایین در جذب بیشتر کادمیم در گیاهان کارآمد بوده و درگستره‌هایی با بارش اسیدی، مسمومیت با کادمیم افزایش می‌یابد (با هر درجه کاهش اسیدیته از ۷/۷ اندازه جذب توسط گیاهان ۳ برابر می‌شود) (خراط صادقی و کرباسی،۱۳۸۷).

این عنصر می‌تواند از راه ریه و سیستم گوارش جذب و در بافت‌های کلیه و کبد متمرکز شود (۵۰٪ ازکادمیم در این دو عضو تجمع می‌یابد (McConell, 1999) . پیامدهای مسمومیت با کادمیم شامل تهوع، اسهال، سردرد، دردهای عضلانی و شکمی، افزایش بزاق، نارسایی کلیه، افزایش کلسیم در ادرار و نرمی استخوان است.

۴-۳. سرب

این عنصر سمی هیچگونه نقش متابولیک در ساختار حیاتی چرخه‌های اکولوژیک نداشته و برعکس برای آن نیز زیان آور است (اندازه تحمل بدن انسان برای این عنصر بین ۱۰۰ تا۴۰۰ پی‌پی‌ام است). مهم‌ترین آلاینده‌ها شامل معادن سرب و روی، کودهای فسفاته، کارخانجات مهمات و رنگ است.

سرب با جایگزین شدن به جای آهن در خون سبب کم‌خونی و از راه جمع‌شدن در استخوان‌ها سبب کم شدن کلسیم در بدن می‌شود.

پیامد مسمومیت با سرب شامل خستگی شدید، سرگیجه، ناراحتی‌های خفیف شکمی، کم‌خونی، تورم مخاط گوارشی، اختلالات کلیوی، اختلالات سیستم اعصاب و آسیب بافت ماهیچه، از دست دادن حس جهت‌یابی و اغما است.

Archive of SID
www.SID.ir

ورود عنصر سرب به محیط های آب و خاک و در نتیجه ورود به چرخه زندگی جانوران وگیاهان می تواند زندگی بشری را دچاراختلالات جدی کند (خراط صادقی و کرباسی، ۱۳۸۷).

در مناطق شهری و مسکونی با آلودگی شدید، انحلال کم و تحرک ناچیز، جذب کم توسط گیاهان سبب می‌شود که میزان سرب به گونه‌ای طبیعی کنترل‌شود اما باید توجه داشت که مدت زمان باقی ماندن این عنصر در خاک طولانی است بنابراین جذب آن توسط گیاهان و جانوران می تواند اثرات ناخوشایند زیست محیطی به دنبال داشته باشد.

۴-۴. مس

این عنصر نقش متابولیک مهمی در سازوکارحیاتی و رشد و نمو گیاهان و جانوران دارد اگرچه اندازه‌های بالای آن می‌تواند درکارکرد کبد، کلیه، اعصاب مرکزی و فعالیت آنزیم‌ها و جذب آهن اختلال ایجادکند (McConell, 1999؛ خراط صادقی و کرباسی،۱۳۸۷).

۴-۵. روی

این عنصر نقش متابولیک بسزایی در سازوکار حیاتی و رشد و نمو گیاهان و جانوران دارد و به طور عمده در ساختار هورمون‌ها و آنزیم‌ها وجود دارد(خراط صادقی و کرباسی،۱۳۸۷).

مسمومیت با روی سبب اختلالات الکترولیتی در کارکرد کلیه، سردرد، تهوع و از دست رفتن آب بدن است. ورود عنصر روی به محیط آبی و خاکی می تواند توسط پساب‌های صنعتی و معدنکاری ایجاد شود.

به منظور بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی محیط رسوب، ۵۱ نمونه از بخش سطحی رسوبات (سطح تا ژرفای ۴۰ سانتی‌متری) در ۴ مقطع در طول مسیر رودخانه‌نکارود برداشت و میانگین عیار هر عنصر به عنوان شاخص هر مقطع مورد استفاده قرار گرفت (جدول۱) (باید یادآوری نمود که به منظور بررسی دقیق آلودگی‌های موجود و ارتباط تنگاتنگ آن با عوامل مختلف لازم است به طور مشخص از منابع آلوده‌کننده به طور جداگانه نمونه‌برداری شود که این مسئله مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی می‌باشد).

به منظور ارزیابی آلودگی‌ها در مسیر رودخانه‌ها و آبراهه‌ها منحصرا نمی‌توان از مقایسه مقادیر به دست آمده و میانگین جهانی استفاده نمود چرا که ویژگی‌های زمین‌شناسی و فیزیک و شیمیایی موجود در مسیر در تمرکز یا عدم تمرکز عناصر بسیار مؤثر خواهد بود به این منظور شاخص شدت غنی‌شدگی (ER) و شاخص ژئوشیمیایی (Igeo) مطابق روابط زیر محاسبه و نتایج حاصله از آن به شرح زیر می‌باشد (جدول۲)(Krupadam et al., 2006; Aikpokpodion, 2010; Chakravarty & Patgiri, 2009; Qingjiea et al., 2008; Alagarsamy, 2006).

به منظور بررسی تغییرات عناصر سنگین در محدوده مورد مطالعه، داده‌های موجود مورد پردازش قرار گرفت و شدت آلودگی (Igeo) از رابطه (۱) و عامل غنی‌شدگی (EF) که نشانگر محیط تجمعی و یا دافعه در محیط می‌باشد از رابطه (۲) محاسبه شد (لویزه و کوثری، ۱۳۸۱).

$$EF=(Cn/Cref)/(Bn/Bref) \quad (۱$$

Cn: عیار عنصر در نمونه مورد آزمایش؛ Cref: عیار عنصر مرجع (آهن) در نمونه مورد آزمایش؛ Bn: عیار عنصر مورد آزمایش در پوسته زمین در نمونه مورد آزمایش؛ Bref: عیار عنصر مرجع(آهن) در پوسته زمین در نمونه مورد آزمایش است.

$$Igeo=\log_2(Cn/1.5Bn) \quad (۲$$

Cn: عیار عنصر در نمونه مورد آزمایش؛ Bn: عیار عنصر مورد آزمایش در پوسته زمین در نمونه مورد آزمایش می‌باشد.

بررسی انجام شده بر روی شاخص غنی‌شدگی(ER) و مقایسه آن با جدول‌های استاندارد (جدول۳) نشان می‌دهد که عناصر نقره، کادمیم و قلع در تمام مقاطع دارای شاخص غنی‌شدگی بسیار شدید است.

مقایسه شاخص غنی‌شدگی(ER) نشان می دهد در مقاطع شماره۲ و۳ عنصر روی و در مقطع شماره ۳ عنصر سرب دارای شاخص غنی‌شدگی در حد غنی‌شدگی شدید تا بسیار شدید است(جدول۳) و مابقی عناصر، شدت غنی‌شدگی در حد غنی‌شدگی متوسط تا مشخص دارند(شکل۲).

از طرفی بررسی انجام شده بر روی شاخص ژئوشیمیایی (Igeo) و مقایسه آن با جدول‌های استاندارد(جدول۴) نشان می دهد که عناصر نقره و کادمیم در تمام مقاطع دارای شدت آلودگی در حد آلودگی شدید تا آلودگی بسیار شدید و عنصر روی دارای شدت آلودگی در حد آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد هستند در حالی که عناصر دیگر دارای شدت آلودگی در حد فاقد آلودگی تا آلودگی متوسط است.

با نگاهی اجمالی به نمودار تغییرات شاخص غنی‌شدگی و شاخص ژئوشیمیایی در رسوبات مقاطع مختلف نتایج زیر حاصل شده است (شکل‌های۳ و۴).

الف) تقریباً تمام عناصر در رسوبات برداشت شده در طول مسیر رودخانه دارای جذب کم تا جذب مشخص هستند (استثنای موجود شامل جذب شدید برای تمام عناصر در مقطع شماره ۳ است).

ب) عناصر کادمیم، وانادیم، روی، قلع و نقره در رسوبات این رودخانه، بیشترین مقدار شاخص شدت غنی‌شدگی را داراست.

ج) روند تغییرات شاخص غنی‌شدگی برای تمام عناصر از مقطع ۱ تا ۳ دارای سیری صعودی است که در ادامه و تا مقطع ۴ این مقدار کاهش نشان می دهد و احتمالاً دو عامل بسیار مهم شامل مواد آلی و pH در تمرکز عناصر مورد اشاره تأثیرگذار هستند (معدنکاری گسترده زغال در طول این مسیر می‌تواند در تغییرات احتمالی میزان pH مؤثر باشد) (Awofolu et al., 2005) که فعالیت‌های مرتبط با سایت‌های بارگیری زغال به همراه نشت سوخت و نیز رهاسازی پساب‌های تصفیه نشده کارخانه زغال‌شویی تمرکز عناصررا تشدید می‌کند.

د) بیشترین سهم انسان‌ساخت در مقطع۱(ملاخیل-کوهسارکنده ـ جاده معدن نکا چوب) مربوط به عناصر کبالت (۲۰٪) و نقره (۲۰٪) و کمترین آن مربوط به عنصر نیکل (۳٪) و آهن (۴٪) است (جدول ۵) در حالی که در مقطع ۴ (بزمیل تا لجن‌لته سفلی) بیشترین سهم انسان‌ساخت مربوط به عناصر سرب (۲۳٪) و نقره (۲۳٪) و کمترین آن مربوط به عناصر وانادیم (۱٪) نیکل (۱٪) و مس (۲٪)و روی (۲٪) می‌باشد(جدول۶).

۵- نتیجه‌گیری

بررسی‌های ژئوشیمی زیست‌محیطی اولیه نشان می دهد که عواملی همچون فعالیت‌های معدنی(معادن زغال‌سنگ) و دپوی زغال‌سنگ در سرشاخه‌های این رودخانه، فعالیت‌های صنعتی(کارخانه نکا چوب) و رهاسازی پساب‌های صنعتی مرتبط با آن و پساب‌های خانگی نکا می‌تواند در ایجاد آلودگی‌ها مؤثر باشد.

همانگونه که ملاحظه می‌شود تغییرات سهم انسان‌ساخت ۲ ایستگاه نشان می‌دهد که سهم بخش انسان‌ساخت مربوط به عناصر مس، روی، وانادیم، نیکل، آهن و قلع کاهش یافته است در حالی که عناصر کروم، کبالت، سرب، کادمیم و نقره افزایش نشان می دهد که دو عامل خودپالایی در رودخانه نکارود و آزادسازی پساب‌های معدنی، صنعتی و خانگی از طرف دیگر در این تغیرات بسیار تأثیرگذار هستندکه این موضوع در ورودی فلزات سنگین به دریای خزر تأثیر بسزایی دارد.

نکته مهمی که لازم است به آن اشاره نمود خودپالایی رودخانه می‌باشد به طوری که:

- برای تمام عناصر خودپالایی رودخانه به نحو مؤثری تا مقطع شماره ۳ عمل نموده است.

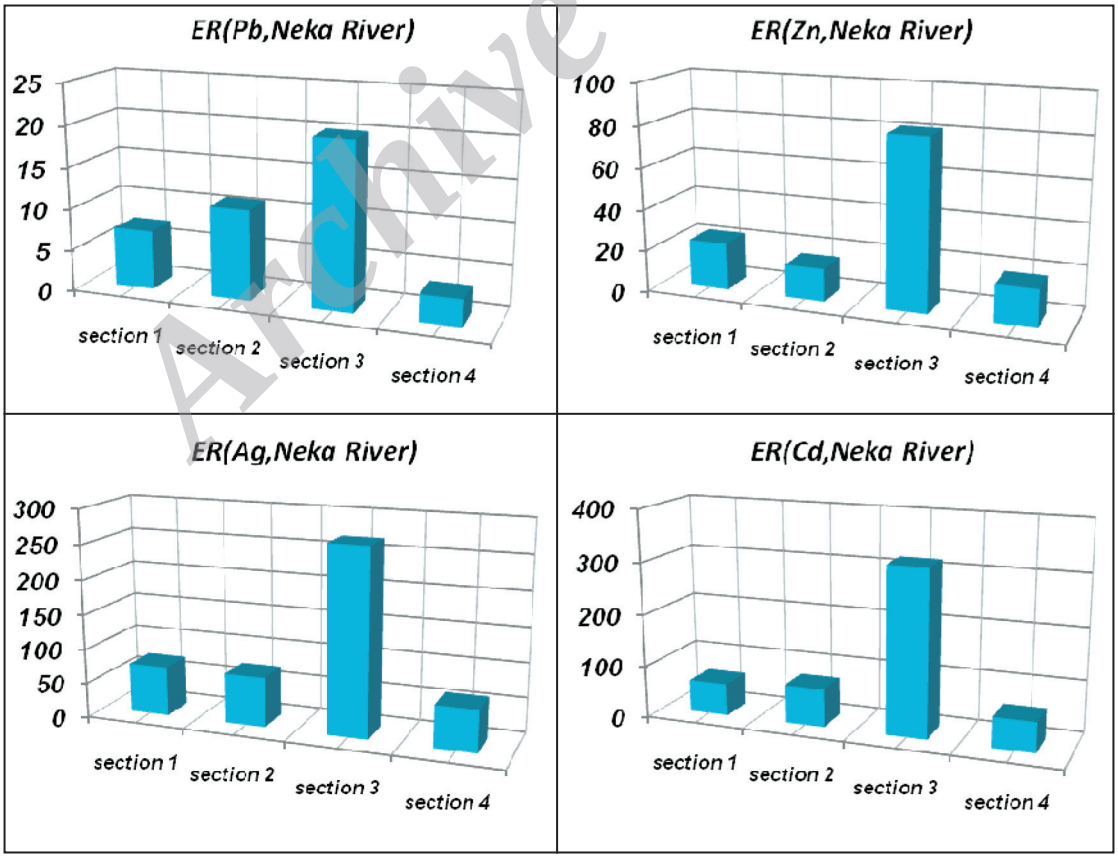
Archive of SID
www.SID.ir

– برای تمام عناصر خودپالایی رودخانه درمقطع شماره ۴ به صورت معکوس عمل نموده و به عبارت دیگر بار آلودگی خود را به محیط آبی برگشت داده است و سبب شده است که میزان عیار عنصر در رسوب کاهش و در نتیجه در آب خروجی افزایش یابد (تأثیر افزایش پساب‌های خانگی و صنعتی).

سپاسگزاری

در این نوشتار لازم است که از همکار گرامی جناب مهندس فرشاد لویزه که در مراحل مختلف همراه ما بوده واطلاعات مورد نیاز را در اختیار اینجانبان قرار داده‌اند تشکر نماییم.

شکل ۱ – نمایی کلی از محدوده مورد مطالعه.

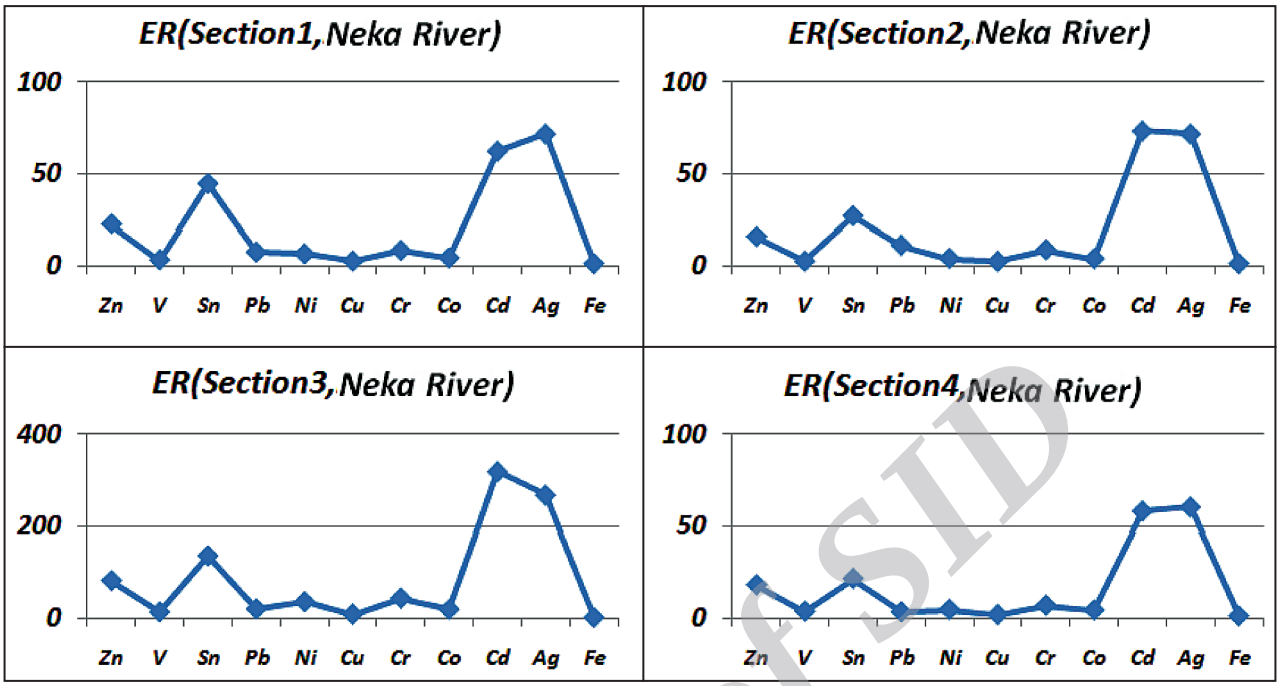


شکل ۲– نمودار ستونی شاخص غنی‌شدگی تعدادی از عناصر در ایستگاه‌های رودخانه نکارود.

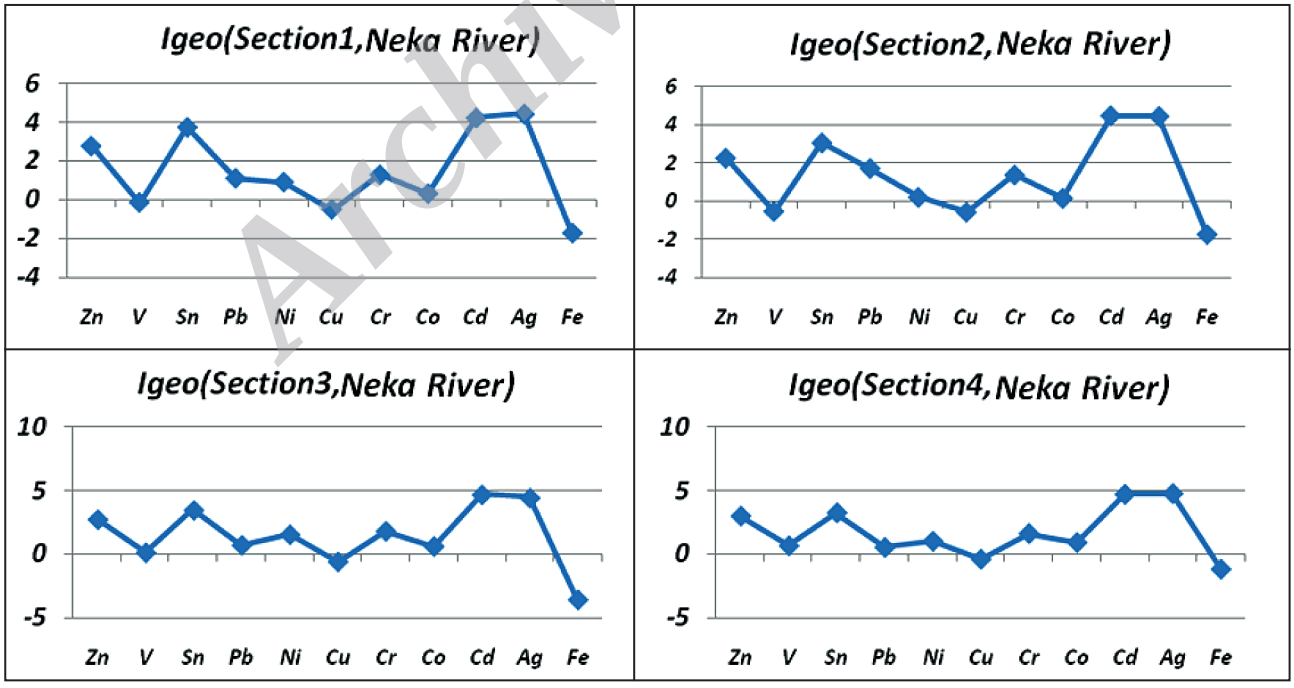
(با توجه به اینکه مقادیر ER و Igeo دارای تغییرات گسترده‌ای است، بنابراین نمی‌توان در تمام نمودارها از یک مقیاس عددی واحد استفاده نمود زیرا در تعدادی از آنها نمودار ستونی قابل شناسایی و نمایش نیست).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- نمودار تغییرات شاخص غنی‌شدگی عناصر مختلف در هر ایستگاه در رودخانه نکارود.



شکل ۴- نمودار تغییرات شاخص ژئوشیمیایی عناصر مختلف در هر ایستگاه در رودخانه نکارود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- نتایج تجزیه نمونه‌های برداشت شده در مسیر رودخانه نکارود (بخش طبیعی و انسان‌ساخت).

مقطع نمونه برداری	Zn	V	Sn	Pb	Ni	Cu	Cr	Co	Cd	Ag	Fe
مقطع ۱	340	95	19	22	99	23.	161	16	1.2	1	810
مقطع ۲	235	73	12	34	60	22	171	14	1.4	1	814
مقطع ۳	327	113	16	17	152	21	230	20	1.7	1	219
مقطع ٤	397	168	13	15	107	25	204	25	1.7	1.25	1209

عیار عناصر به صورت پی‌پی‌ام گزارش شده است.

جدول۲- محاسبه شاخص شدت غنی‌شدگی (ER) و شاخص‌های ژئوشیمیایی (Igeo) در ایستگاه‌های رودخانه نکارود.

مقطع نمونه برداری		Zn	V	Sn	Pb	Ni	Cu	Cr	Co	Cd	Ag	Fe
مقطع ۱ (nekachob-molakhil)	ER	22.9	3.03	45.1	7.21	6.29	2.37	8.17	4.15	62.7	72.3	1
	Igeo	2.77	-0.16	3.74	1.10	0.90	-0.51	1.28	0.30	4.22	4.42	-1.75
مقطع ۲ (nekachob-rah ahannekal)	ER	15.82	2.3	27.4	10.91	3.82	2.23	8.61	3.69	73.54	71.9	1
	Igeo	2.24	-0.54	3.03	1.70	0.19	-0.59	1.36	0.14	4.45	4.42	-1.75
مقطع ۳ (boz mil-rah ahannekal)	ER	81.6	13.29	136.1	20	35	8.1	43.2	18.72	318.2	267.4	1
	Igeo	2.71	0.09	3.45	0.68	1.51	-0.62	1.79	0.58	4.67	4.42	-3.64
مقطع ٤ (boz mil-tagan late sofla)	ER	17.98	3.57	21.38	3.26	4.56	1.72	6.92	4.26	58.3	60.5	1
	Igeo	2.99	0.66	3.24	0.53	1.01	-0.39	1.61	0.91	4.69	4.74	-1.18

جدول۳- شدت آلودگی بر حسب شاخص شدت غنی‌شدگی (ER)(Aikpokpodion, 2010).

شدت آلودگی	شاخص شدت غنی‌شدگی (ER)
غنی شدگی بسیار ضعیف	EF<2
غنی شدگی متوسط	EF=2-5
غنی شدگی مشخص	EF=5-20
غنی شدگی زیاد	EF=20-40
غنی شدگی بسیار شدید	EF>40

جدول۴- شدت آلودگی بر حسب شاخص ژئوشیمیایی (Igeo) (Aikpokpodion, 2010) .

شدت آلودگی	شاخص ژئوشیمیایی (*Igeo*)
فاقد آلودگی	*Igeo<0*
فاقد آلودگی تا آلودگی متوسط	*0<Igeo<1*
آلودگی متوسط	*1<Igeo<2*
آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد	*2<Igeo<3*
آلودگی شدید	*3<Igeo<4*
آلودگی شدید تا آلودگی بسیار شدید	*4<Igeo<5*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵- نتایج تفکیک شیمیایی در مقطع۱(نکا چوب ـ ملاخیل).

مقطع ۱ (nekachob-molakhil)									
طبیعی (٪)	انسان ساخت (٪)	٪	آلی(ppm)	٪	سولفیدی(ppm)	٪	سست(ppm)	عنصر	عیار
89	11	20	1	0	0	80	4	Cu	23
90	10	22	15	22	15	56	38	Zn	340
92	8	0	0	25	1	75	3	Pb	23
90	10	58	11	0	0	42	8	V	96
97	3	31	4		0	69	9	Ni	99
96	4	16	18	46	53	38	43	Fe	815
90	10	75	3	0	0	25	1	Sn	19
93	7	59	16	0	0	41	11	Cr	161
80	20	40	2	0	0	60	3	Co	16
85	15	0	0	64	0.2	36	0.11	Cd	1.2
80	20	0	0	67	0.2	33	0.1	Ag	1

جدول۶- نتایج تفکیک شیمیایی در مقطع۴ (بزمیل ـ تجن سفلی).

مقطع ۴ (boz mil-tagan latesofla)									
طبیعی (٪)	انسان ساخت (٪)	٪	آلی(ppm)	٪	سولفیدی(ppm)	٪	سست (ppm)	عنصر	عیار
98	2	33	1	0	0	67	2	Cu	25
98	2	18	8	30	14	52	24	Zn	397
78	23	20	1	20	1	60	3	Pb	15
99	1	69	13	5	1	26	5	V	168
99	1	46	5	8	1	46	6	Ni	107
97	3	8	12	49	78	43	69	Fe	1209
96	4	50	1	0	0	50	1	Sn	14
89	11	68	29	2	1	30	13	Cr	204
86	14	50	3	33	2	17	1	Co	25
92	8	0	0	67	0.2	33	0.11	Cd	1.7
77	23	0	0	51	0.21	49	0.2	Ag	1.2

Archive of SID

کتابنگاری

خراط صادقی، م.، کرباسی، ع.، ۱۳۸۷- مقایسه شاخص Igeo و EF در برآورد شدت آلودگی‌های زیست‌محیطی رودخانه شیرود به منظور حفظ معیارهای توسعه پایدار. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دهم، شماره یک.

لویزه، ف.، کوثری، س.، ۱۳۸۱- بررسی منشأ و میزان تمرکز آلاینده‌های فلزات‌سنگین در حوضه آبریز رودخانه‌های تالار، تجن و نکارود، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

www.SID.ir

References

Aikpokpodion, P. E., 2010- Assesment of Heavy Metal Pollution in Fungicide Treated Cocoa Plantations in Ondo State, Journal of Applied Biosciences, vol.33, pp.2037-2046.

Alagarsamy, R., 2006- Distribution and seasonal variation of trace metal in surface sediment of the Mandovi estuary, west coast of India, Journal of Estuarine, Coastal and Shelf Science, pp. 333–339.

Awofolu, O.R., Mbolekwa, Z., Mtshemle, V. & Fatoki, O.S., 2005- Level of trace metal in water and sediment from Tyume and its effected on an irrigared Farmaland, Water SA, v. 31, pp. 87–94.

Chakravarty, M. & Patgiri, A.D., 2009- Metal Pollution Assesment in Sediment of the Dikrong River, NE India, Journal of Hum Ecol v. 27, pp. 63-67.

Kralik, M., 1999- A rapid procedure for environmental sampling and evaluation of polluted sediments, Journal of Applied Geochemistry, v. 14, pp. 807–816.

Krupadam, R.J, Smitj, P. & Wate, S.R., 2006- Geochemical Fractionation of Heavy Metal in Sediments of the Tapi Estuary, geochemical Journal, vol.40, pp.513-522.

McConell, J. W., 1999- Geochemical Mapping Employment high-Density Lake sediment and water sampling in central Labrador (N.T.S. 13N/2, 3, 6 and 7), Newfoundland department of mines and energy, Geological Survey Branch, Open File 13N/0084. 74p.

Qingjiea, G., Juna, D., Yunchuanb, X., Qingfeib, W. & Liqiangb, Y., 2008- Calculating Pollution Indices by Heavy Metals in Ecological Geochemistry Assessment and a Case Study in Parks of Beijing, Journal of China University of Geosciences, v. 19, pp. 230-241.

Archive of SID

www.SID.ir