



ارزیابی آلودگی آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز در منابع آب زیرزمینی دشت رزن همدان توسط شاخص‌های کیفیت آب

سهیل سبحان اردکانی*

۱- دانشیار گروه محیط‌زیست، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۲۰

چکیده

مقدمه

در ایران به عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک، ۹۰ درصد آب مورد نیاز از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت رزن همدان به فلزات سنگین آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز با کاربرد شاخص‌های آلودگی کیفیت آب طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۱ انجام یافت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از ۲۰ حلقه چاه در سطح دشت انجام شد. بعد از طی مراحل آماده‌سازی آزمایشگاهی، غلظت عناصر در نمونه‌ها توسط دستگاه ICP خوانده و کیفیت آب توسط شاخص‌های C_d ، HPI و HEI ارزیابی گردید.

یافته‌ها

میانگین مقادیر شاخص‌های C_d (شاخص آلودگی)، HPI (شاخص آلودگی فلزات سنگین) و HEI (شاخص ارزیابی فلزات سنگین) در فصل بهار به ترتیب با ۲/۹۶-، ۴۵/۴۷ و ۴/۰۴ و در فصل تابستان به ترتیب برابر با ۳/۵۴-، ۴۵/۰۷ و ۳/۵۹ و بسیار کمتر از آستانه خطر تعیین شده برای شاخص‌هاست. از طرفی مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه با رهنمود WHO نشان داد که میانگین غلظت عناصر کمتر از حد استاندارد است.

نتیجه‌گیری

گرچه در حال حاضر منابع آب زیرزمینی دشت رزن در معرض آلودگی بیش از حد مجاز به فلزات سنگین نیست، اما استفاده بی‌رویه و طولانی مدت از نهاده‌های کشاورزی، رواج استفاده از آفت‌کش‌ها و کودهای آلی با احتمال آلودگی به انواع فلزات سنگین، استفاده از فاضلاب شهری به عنوان آب آبیاری و لجن فاضلاب به عنوان کود و همچنین استقرار صنایع آلاینده می‌تواند ضمن تهدید منابع آب زیرزمینی این منطقه، تبعات غیر قابل جبرانی را نیز به دنبال داشته باشد.

کلیدواژه‌ها

فلز سنگین، آب زیرزمینی، کیفیت آب، آفت‌کش‌ها، ایران

*نویسنده مسئول: سهیل سبحان اردکانی، گروه محیط‌زیست، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

پست الکترونیک: S_sobhan@iauh.ac.ir

تلفن: ۰۸۱-۳۴۴۹۴۰۴۳

مقدمه

امروزه اهمیت آب شیرین و تأثیر به سزای آن بر نحوه و میزان پیشرفت جوامع در زمینه‌های صنعتی و کشاورزی بر هیچ کس پوشیده نیست و با توجه به جمعیت رو به افزایش جهان به خصوص در کشورهایی که با محدودیت منابع آب مواجهند، بررسی و کنترل کمیت و کیفیت منابع آب، به ویژه منابع آب زیرزمینی که به عنوان منبع اصلی تأمین آب شرب بیش از ۱/۵ میلیارد نفر در سرتاسر جهان است، می‌تواند این جوامع را در رویارویی با بحران آب که در آینده‌ای نه چندان دور گریبان‌گیر بشر خواهد شد، یاری کند. آنچه در حال حاضر بیش از هر مقوله‌ای توجه بشر را به خود جلب کرده است، مسأله آلودگی محیط‌زیست به فلزات سنگین است که به دلیل قابل تجمع بودن و داشتن اثرات فیزیولوژیکی در غلظت پایین بر فعالیت جانداران از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (۱، ۲).

آرسنیک در گروه ۱ ترکیبات سرطانزای مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان^۱ طبقه‌بندی شده است. مسمومیت با این عنصر می‌تواند منجر به زخم گلو و سوزش و خراش در شش‌ها، تپش غیرطبیعی قلب، کاهش ایجاد گلبول‌های سفید و قرمز خون و ناراحتی روده و معده، سرطان ریه، مثانه و پوست شود (۳، ۴). عنصر روی در حالت مازاد بر احتیاج باعث افزایش سلول‌های پیشرو مغز استخوان و کاهش تکثیر لنفوسیت‌های B و همچنین کاهش پاسخ آنتی‌بادی‌های سلول‌های T می‌شود (۳، ۵). سرب در گروه ۲B ترکیبات سرطانزای IARC طبقه‌بندی شده است و از آثار سمی آن در بدن می‌توان به بروز اختلال در چهار موضع یعنی دستگاه گوارش، دستگاه عصبی مرکزی، اعصاب محیطی و سیستم خونساز اشاره کرد (۶، ۷). از طرفی تغییر در نرخ زاد و ولد و میزان رشد، اثر بر مغز، تأثیر بر هموگلوبین، اثر بر کلیه‌ها، کوتاه‌شدن دوران بارداری، سقط‌های غیراختیاری، ناتوانی در یادگیری، اغماء و حتی مرگ از دیگر آثار مسمومیت با سرب است (۲، ۸).

کادمیوم سبب آسیب به کلیه، کبد و طحال می‌شود. مسمومیت حاد ناشی از کادمیوم اغلب به علت شرب آب یا دیگر مایعات با pH اسیدی و آلوده به این عنصر رخ می‌دهد (۲، ۹). عوارض جذب بیش از حد مجاز عنصر کروم در بدن

به صورت سوزش و خارش در مخاط گوارشی بروز کرده و در شرایط حاد موجب نکرور کبدی، التهاب کلیه، خونریزی داخلی، مشکلات تنفسی، سرطان دستگاه گوارش و در نهایت مرگ می‌شود (۳). مس از جمله فلزات سنگین ضروری برای ادامه حیات انسان است، اما تجمع مقادیر بالای آن در بدن می‌تواند سبب ناراحتی‌های شدید مخاطی، صدمات وسیع مویرگی، اختلال در سیستم اعصاب مرکزی، افزایش کلسترول، کم‌خونی، صدمه به کبد، کلیه، معده، تغییرات در استخوان‌ها و حتی گاهی منجر به مرگ شود (۲، ۷). منگنز می‌تواند اثرات سمی شدیدی بر سیستم‌های مختلف بدن از جمله کبد، سیستم تنفسی، گوارشی و عصبی بر جای گذارد (۳، ۱۰).

به منظور ارزیابی آلودگی فلزات سنگین به ویژه در منابع آب زیرزمینی چندین شاخص معرفی شده است، که از جمله می‌توان به شاخص آلودگی^۲، شاخص آلودگی فلزات سنگین^۳ و شاخص ارزیابی فلزات سنگین^۴ اشاره کرد (۱۱، ۱۲). شاخص آلودگی به منظور تعیین اثرات ترکیبی تعدادی از پارامترهای کیفی که می‌تواند اثرات نامطلوب بر کیفیت آب شرب داشته باشد، محاسبه می‌شود (۱۳). مقادیر شاخص کوچکتر از ۱ بیانگر آلودگی کم، ۳-۱۰ بیانگر آلودگی متوسط و بزرگتر از ۳ نشان‌دهنده آلودگی زیاد است (۱۴). شاخص آلودگی فلزات سنگین یک روش برای رتبه‌بندی کیفیت آب بر اساس فلزات سنگین است. با استفاده از این شاخص می‌توان اثر فلزات سنگین را بر سلامت انسان تعیین کرد. اگر مقدار این شاخص از ۱۰۰ بیشتر باشد آلودگی آب به فلزات سنگین بالاست، اگر برابر با ۱۰۰ باشد آلودگی فلزات سنگین در آستانه مخاطره و اگر کمتر از ۱۰۰ باشد آلودگی آب به فلزات سنگین را کم در نظر می‌گیرند (۱۷-۱۴). با محاسبه شاخص ارزیابی فلزات سنگین نیز می‌توان نسبت به رتبه‌بندی کلی کیفیت آب بر اساس آلودگی فلزات سنگین و درک بهتر از شرایط کیفی آب اقدام کرد. مقادیر شاخص کوچکتر از ۴۰۰ نشان‌دهنده آلودگی کم آب به فلزات سنگین، ۸۰۰-۴۰۰ بیانگر آلودگی متوسط آب به فلزات سنگین و بزرگتر از ۸۰۰ بیانگر آلودگی زیاد آب به فلزات سنگین است (۱۸).

تاکنون چندین مطالعه با هدف مطالعه کیفی منابع آب با

³ Heavy Metal Pollution Index: HPI

⁴ Heavy Metal Evaluation Index: HEI

¹ International Agency for Research on Cancer: (IARC)

² Contamination Index: C_d

استفاده از شاخص‌های آلودگی کیفیت آب انجام یافته است. در پژوهشی که با هدف ارزیابی کیفی آب رودخانه هراز انجام شد، نتایج نشان داد که میانگین مقادیر شاخص‌های Cd و HPI بسیار کمتر از آستانه خطر است (۱۴).

در مطالعه‌ای که با هدف ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی اطراف مجتمع فولاد خراسان انجام یافت، مشخص شد که میانگین مقادیر شاخص HPI بسیار کمتر از آستانه خطر ($HPI < 100$) است (۱۶). نتایج پژوهشی که به منظور ارزیابی منابع آب سطحی و چشمه‌های یک منطقه معدنی در هیمالیا انجام یافت نشان داد میانگین مقادیر شاخص HPI کمتر از ۱۰۰ است (۱۹). در یک مطالعه میانگین مقادیر شاخص HPI فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی یک منطقه معدنی در هندوستان کمتر از ۱۰۰ تعیین شد (۲۰). نتایج یک پژوهش نشان داد که میانگین مقادیر شاخص HPI منابع آب زیرزمینی معدن زغال سنگ در هندوستان کمتر از آستانه خطر است (۲۱). در پژوهشی مشخص شد که میانگین مقادیر شاخص‌های Cd و HPI در منابع آب زیرزمینی شهر مدیاس رومانی بسیار کمتر از ۱۰۰ است (۱۱). از طرفی می‌توان به پژوهش‌هایی که از شاخص HPI برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی منطقه معدنی تارکاو غنا (۱۲)، ارزیابی کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی اطراف نیروگاه حرارتی پارلی هندوستان (۲۲)، ارزیابی فلزات سنگین در منابع آب سطحی یک منطقه معدنی در نیجریه (۲۳)، بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی منطقه آنگول هندوستان (۲۴) و ارزیابی کیفی منابع آب سطحی در جنوب شرقی نیجریه (۱۵) انجام یافت، اشاره کرد.

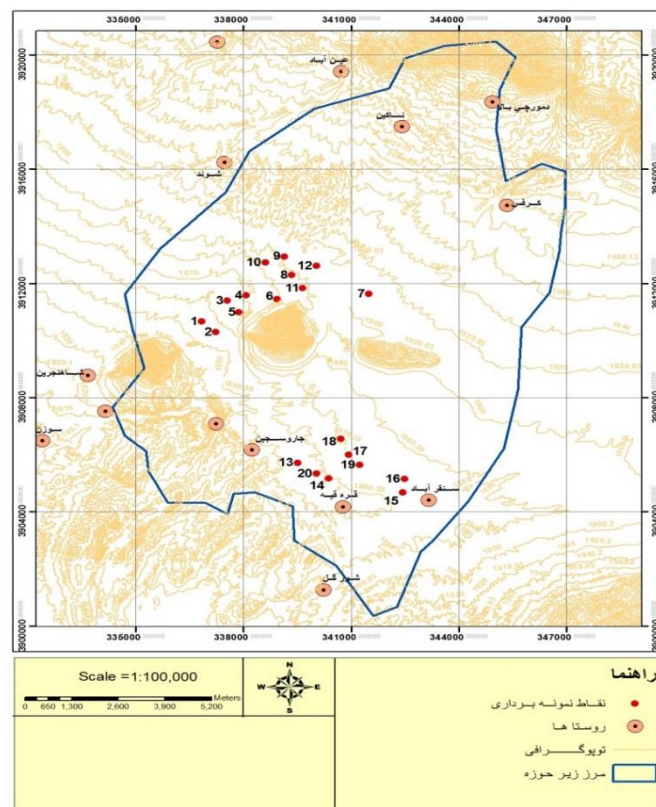
با توجه به احتمال آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت رزن به فلزات سنگین به واسطه کاربری کشاورزی و مصرف نهاده‌های کشاورزی، مطالعه با هدف ارزیابی آلودگی منابع آب زیرزمینی این دشت به فلزات سنگین آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز با کاربرد شاخص‌های آلودگی کیفیت آب انجام یافت.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی رزن- قهاوند با وسعت حوزه آبریز 4810 km^2 در شمال شرقی استان همدان واقع شده است و یکی از دشت‌های حوزه آبریز قره‌چای محسوب می‌شود.

گستره سفره اصلی آب زیرزمینی این دشت 1709 km^2 می‌باشد. متوسط میزان بارندگی سالانه این منطقه بین $227-280 \text{ mm}$ متغیر است. آب شرب و مصرفی اهالی شهرستان رزن طبق آخرین آماربرداری سال ۱۳۸۹ از طریق ۱۱۸۵ حلقه چاه عمیق، ۶۰۳ حلقه چاه نیمه‌عمیق، ۱۰۴ رشته چشمه و ۹۶ رشته قنات از سفره‌های آب زیرزمینی دشت رزن تأمین می‌شود (۲).

در مطالعه توصیفی-مقطعی حاضر، پس از انجام مطالعات اولیه میدانی و با در نظر گرفتن پراکندگی یکنواخت ایستگاه‌ها در نقاطی از سطح دشت که چاه‌های فعال با کاربری شرب و کشاورزی مستقر بودند و همچنین اجازه برداشت از آب چاه، با استفاده از فرمول تعیین حجم نمونه $n = (zs)^2 / d^2$ که در آن z ، s و d به ترتیب برابر با ۱/۶۴۵، ۰/۵۰ و ۰/۱۷۵ بود، (۵)، ۲۰ حلقه چاه انتخاب و پس از ثبت مختصات جغرافیایی توسط دستگاه GPS (شکل شماره ۱)، نمونه‌برداری از آب به ترتیب طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۱ به روش مرکب و مطابق استاندارد با استفاده از ظروف پلی‌اتیلنی که از قبل توسط اسید نیتریک شسته شده بودند، انجام یافت (۲۵، ۲۶). بدین منظور در زمان نمونه‌برداری و قبل از برداشت نمونه، برای اطمینان از پمپاژ آب از سفره آب زیرزمینی، ابتدا چند دقیقه صبر کرده و سپس ظروف را سه بار با آب چاه شستشو داده و از هر ایستگاه حدود نیم لیتر آب برداشت شد (۲).



شکل ۱- نقشه موقعیت استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری

دستگاه پلاسمای جفت شده القایی Varian مدل 710-ES، با استفاده از محلول استاندارد ۱mg/l عناصر مورد بررسی، نسبت به تهیه محلول مادر (استوک) و استاندارد نمک عناصر آرسنیک در غلظت‌های ۱، ۱۰ و ۲۵ppb، روی در غلظت‌های ۱، ۲۵ و ۵۰µg/l، سرب در غلظت‌های ۱، ۱۰ و ۱۵µg/l، کادمیوم، کروم و منگنز در غلظت‌های ۱، ۵ و ۱۰µg/l، کروم و مس در غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۵۰µg/l اقدام شد (۷، ۸). در نهایت غلظت فلزات سنگین بر حسب µg/l در سه تکرار خوانده شد.

برای محاسبه شاخص آلودگی از روابط ۱ و ۲، شاخص آلودگی فلزات سنگین از روابط ۳ و ۴ و شاخص ارزیابی فلزات سنگین از رابطه ۵ استفاده شد (۱۵، ۲۱).

همچنین به منظور جلوگیری از تأثیر نور آفتاب، نمونه‌ها در محفظه‌ای مناسب قرار گرفته و تا زمان انتقال به آزمایشگاه در دمای پایین نگهداری شدند (۲۷).

برای اندازه‌گیری غلظت یون‌های فلزی مورد بررسی در نمونه‌ها، با استناد به استاندارد ۲۳۵۴ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۳) و دستورالعمل ارائه شده در کتاب روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب (۲۸)، به منظور تثبیت و جلوگیری از رسوب‌گذاری عناصر محلول در نمونه‌ها، به ۲۵mm از نمونه آب، اسید نیتریک غلیظ افزوده و به مدت ۱۰ دقیقه روی هیتر در دمای ۵۰°C در زیر هود قرار داده شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه روی شیکر با سرعت ۸۵r/min، محلول توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف شد. به منظور کالیبراسیون

$$Cd = \sum_{i=1}^n Cfi \quad (1)$$

$$Cfi = \frac{CAi}{CNI} - 1 \quad (2)$$



$\mu\text{g/l}$ (به ترتیب برابر با ۵۰ برای آرسنیک، ۵۰۰۰ برای روی، ۱/۵۰ برای سرب، ۳ برای کادمیوم، ۵۰ برای کروم، ۱۰۰۰ برای مس و ۵۰ برای منگنز) است (۱۵).

$$\text{HPI} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Q_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (3)$$

$$Q_i = \sum_{i=1}^n \frac{\{M_i(-)I_i\}}{(S_i - I_i)} \times 100 \quad (4)$$

کادمیوم، کروم، مس و منگنز به ترتیب برابر با ۱۰، ۳۰۰۰، ۱۰، ۳، ۵۰، ۲۰۰۰ و ۵۰۰ می باشد) و S_i نیز نشان دهنده رهنمود سازمان بهداشت جهانی برای عناصر مورد ارزیابی بر حسب $\mu\text{g/l}$ (به ترتیب برابر با ۵۰ برای آرسنیک، ۵۰۰۰ برای روی، ۱۰۰ برای سرب، ۵ برای کادمیوم، ۵۰ برای کروم، ۱۰۰۰ برای مس و ۱۰۰ برای منگنز) است (۱۵).

$$\text{HEI} = \sum_{i=1}^n \frac{H_c}{H_{mac}} \quad (5)$$

یافته‌ها

نتایج قرائت غلظت عناصر مورد بررسی در نمونه‌های آب زیرزمینی به تفکیک فصل، نتایج بررسی همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها به تفکیک فصل و همچنین نتایج محاسبه شاخص‌های کیفیت آب در جداول شماره ۱ تا ۵ ارائه شده است.

C_{fi} بیانگر عامل آلودگی هر عنصر، C_{Ai} نشان دهنده غلظت قرائت شده عنصر مورد ارزیابی بر حسب $\mu\text{g/l}$ و C_{Ni} بیانگر بالاترین حد غلظت مجاز هر عنصر مورد ارزیابی بر حسب

W_i بیانگر نسبت وزنی عناصر مورد ارزیابی (به ترتیب برابر با ۰/۲ برای آرسنیک، ۰/۰۰۰۲ برای روی، ۰/۷ برای سرب، ۰/۳ برای کادمیوم، ۰/۰۲ برای کروم، ۰/۰۰۱ برای مس و ۰/۰۲ برای منگنز)، Q_i نشان دهنده زیر شاخص عنصر مورد ارزیابی، M_i نشان دهنده غلظت قرائت شده عنصر مورد ارزیابی بر حسب $\mu\text{g/l}$ ، I_i بیانگر غلظت ایده‌آل عنصر مورد ارزیابی بر حسب $\mu\text{g/l}$ (برای عناصر آرسنیک، روی، سرب،

در رابطه ۵:

H_c نشان دهنده غلظت قرائت شده عنصر مورد ارزیابی بر حسب $\mu\text{g/l}$ و H_{mac} بیانگر حداکثر غلظت مجاز هر عنصر مورد ارزیابی بر حسب $\mu\text{g/l}$ (به ترتیب برابر با ۵۰ برای آرسنیک، ۵۰۰۰ برای روی، ۱/۵۰ برای سرب، ۳ برای کادمیوم، ۵۰ برای کروم، ۱۰۰۰ برای مس و ۵۰ برای منگنز) است (۱۵).

پردازش آماری داده‌ها توسط SPSS v.20 انجام یافت. به منظور اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. برای مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد بررسی با رهنمود WHO از آزمون تی تک‌نمونه‌ای، برای مقایسه میانگین غلظت فلزات بین فصول نمونه‌برداری از آزمون تی مستقل و برای تعیین همبستگی بین میانگین غلظت فلزات در نمونه‌ها و از طرفی شاخص‌ها با غلظت عناصر در نمونه‌ها از آزمون ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

جدول ۱- میانگین غلظت عناصر* مورد مطالعه در فصل بهار به تفکیک ایستگاه نمونه‌برداری بر حسب $\mu\text{g/l}$

ایستگاه	آرسنیک	روی	سرب	کادمیوم	کروم	مس	منگنز
۱	۶/۷۶	۳۳/۵۳	۱/۴۰	۰/۰۹	۰/۰۵۴	۹۰/۰	۱/۹۱
۲	۳/۱۶	۱۴/۵۷	۵/۸۹	۰/۱۶	۰/۱۰۴	۳۵/۰	۳/۹۷
۳	۱/۹۲	۱۳/۹۹	۵/۹۱	۰/۰۴	۰/۰۵۲	۳۶/۰	۱/۸۱
۴	۱۱/۸۳	۳۳/۲۶	۴/۹۰	۰/۱۸	۰/۰۴۹	۲۹/۰	۲/۰۴
۵	۶/۲۹	۳۳/۸۵	۹/۴۷	۰/۵۹	۰/۰۴۷	۳۷/۰	۲/۲۹
۶	۶/۸۱	۳۴/۱۴	۴/۶۷	۰/۰۴	۰/۰۰۵۳	۲۵/۰	۲/۶۵
۷	۵/۲۸	۵۱/۳۲	۴/۱۲	۰/۲۶	۰/۰۳۲	۲۰/۹۰	۲/۹۱
۸	۵/۷۶	۲۷/۲۱	۹/۵۵	۰/۴۶	۰/۰۵۲	۵۶/۰	۳/۰۲
۹	۴/۸۱	۱۰/۴۹	۸/۷۹	۰/۶۰	۰/۰۳۱	۳۵/۰	۱/۹۷
۱۰	۲/۵۵	۲۰/۳۱	۴/۸۶	۰/۰۴	۰/۰۲۹	۲۳/۰	۲/۱۶
۱۱	۶/۰۳	۳۴/۶۰	۵/۸۳	۰/۱۷	۰/۰۳۳	۲۶/۰	۶/۵۴
۱۲	۹/۵۸	۳۴/۰۲	۴/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۵۷	۲۳/۰	۱/۷۰
۱۳	۴/۳۴	۴۵/۳۷	۵/۹۰	۰/۱۹	۰/۰۲۱	۲۶/۰	۲/۳۹
۱۴	۴/۴۶	۱۸/۸۲	۶/۱۳	۰/۳۱	۰/۰۲۰	۲۸/۰	۴/۲۵
۱۵	۱/۱۰	۷۸/۵۴	۴/۵۸	۰/۱۱	۰/۰۲۹	۲۵/۰	۲/۳۸
۱۶	۴/۵۷	۲۰/۶۵	۶/۲۰	۰/۳۲	۰/۰۰۴۱	۲۶/۰	۲/۷۸
۱۷	۱۰/۱۴	۲۱/۹۲	۴/۶۶	۰/۳۴	۰/۰۴۷	۲۴/۰	۱۲/۱۹
۱۸	۷/۶۳	۲۳/۷۷	۴/۴۲	۰/۱۰	۰/۰۵۱	۲۵/۰	۲/۳۳
۱۹	۷/۱۱	۲۵/۵۹	۴/۸۶	۰/۰۶	۰/۰۴۳	۲۵/۰	۹/۰۲
۲۰	۷/۱۴	۲۹/۹۴	۶/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۳۷	۲۸/۰	۵/۱۲
میانگین	۵/۸۶±۲/۷۱	۳۰/۲۹±۱۵/۳۰	۵/۶۲±۱/۹۲	۰/۲۱±۰/۱۸	۰/۰۴۰±۰/۰۲	۳۲/۱۵±۱۵/۷۱	۳/۶۷±۲/۷۱

* نتایج مربوط به میانگین غلظت ۳ تکرار می‌باشد

جدول ۲- میانگین غلظت عناصر* مورد مطالعه در فصل تابستان به تفکیک ایستگاه نمونه برداری بر حسب $\mu\text{g/l}$

ایستگاه	آرسنیک	روی	سرب	کادمیوم	کروم	مس	منگنز
۱	۸/۲۲	۲۰/۸۱	۴/۳۰	۰/۱۵	۰/۰۵۸	۲۰/۰	۱/۸۲
۲	۶/۹۲	۸/۵۵	۴/۹۵	۰/۰۲	۰/۱۰۰	۱۴/۰	۳/۰۹
۳	۷/۳۴	۲۸/۹۱	۵/۰۳	۰/۲۸	۰/۰۶۰	۲۷/۰	۲/۵۰
۴	۳/۴۵	۲۸/۴۸	۵/۶۸	۰/۲۵	۰/۰۴۷	۱۹/۰	۲/۸۷
۵	۶/۳۵	۳۲/۳۱	۵/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۴۳	۱۶/۰	۱/۸۲
۶	۶/۹۵	۳۲/۶۱	۴/۹۹	۰/۰۸	۰/۰۴۸	۲۱/۰	۲/۶۱
۷	۹/۸۸	۵۲/۷۵	۴/۶۱	۰/۱۴	۰/۰۴۲	۲۴/۰	۴/۹۱
۸	۶/۹۹	۴۵/۷۰	۴/۵۳	۰/۰۳	۰/۰۵۷	۲۲/۰	۳/۴۴
۹	۱۰/۱۵	۲۷/۷۲	۴/۵۳	۰/۵۸	۰/۰۳۵	۹۴/۰	۳/۲۷
۱۰	۷/۹۱	۲۸/۶۸	۷/۷۳	۰/۷۰	۰/۰۵۳	۳۷/۰	۳/۱۶
۱۱	۹/۴۳	۲۷/۷۸	۳/۶۴	۰/۳۱	۰/۰۳۲	۱۴/۰	۶/۲۵
۱۲	۵/۱۷	۱۴/۲۹	۳/۲۳	۰/۱۹	۰/۰۴۹	۲۸/۰	۷/۳۲
۱۳	۶/۱۳	۵۸/۱۴	۷/۰۰	۰/۳۴	۰/۰۱۸	۳۸/۰	۶/۰۴
۱۴	۴/۷۲	۱۳/۹۸	۵/۳۵	۰/۲۰	۰/۰۱۲	۲۰/۰	۴/۳۴
۱۵	۲/۸۳	۸۵/۹۱	۳/۲۰	۰/۸۵	۰/۰۵۵	۳۴/۰	۳/۵۶
۱۶	۶/۶۸	۱۹/۵۰	۵/۵۷	۰/۴۵	۰/۰۴۵	۲۳/۰	۳/۰۲
۱۷	۴/۰۱	۱۹/۲۵	۴/۷۴	۰/۱۲	۰/۰۲۹	۲۳/۰	۱۱/۳۰
۱۸	۸/۶۵	۴۷/۶۱	۴/۴۰	۰/۲۳	۰/۰۵۷	۱۸/۰	۴/۴۸
۱۹	۶/۳۶	۴۹/۷۳	۴/۲۴	۰/۱۵	۰/۰۴۳	۲۲/۰	۹/۱۴
۲۰	۸/۶۰	۴۷/۳۱	۴/۵۰	۰/۲۲	۰/۰۵۲	۱۷/۰	۵/۰۴
میانگین	۶/۸۴±۲/۰۶	۳۴/۵۰±۱۸/۶۰	۴/۸۶±۱/۰۹	۰/۲۷±۰/۲۲	۰/۰۴۷±۰/۰۱۸	۲۶/۵۵±۱۷/۳۰	۴/۵۰±۲/۴۷

* نتایج مربوط به میانگین غلظت ۳ تکرار می باشد

نتایج مندرج در جدول ۳ بیانگر آن است که در نمونه های آب فصل بهار فقط بین عناصر سرب و کادمیوم با ضریب همبستگی $r=0/738$ و سطح معنی داری $P<0/001$ همبستگی مثبت و معنی دار از نظر آماری وجود دارد.

جدول ۳- نتایج آزمون پیرسون برای بررسی همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در نمونه های آب فصل بهار

عنصر	آرسنیک	روی	سرب	کادمیوم	کروم	مس	منگنز
آرسنیک	۱						
روی	-۰/۱۱۱	۱					
سرب	-۰/۱۸۸	-۰/۲۸۱	۱				
کادمیوم	۰/۰۱۲	-۰/۱۸۵	۰/۷۳۸**	۱			
کروم	۰/۰۸۰	-۰/۳۲۲	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۰	۱		
مس	-۰/۰۰۵	-۰/۱۰۰	-۰/۰۹۷	۰/۱۲۳	۰/۲۹۶	۱	
منگنز	۰/۳۲۸	-۰/۱۵۴	-۰/۰۷۶	۰/۰۱۱	۰/۰۴۱	-۰/۲۲۷	۱

** همبستگی معنی دار در سطح ۰/۰۱

همانطور که در جدول ۴ آمده است در نمونه های آب فصل تابستان فقط بین عناصر کادمیوم و مس با ضریب همبستگی مثبت و معنی دار از نظر آماری وجود دارد.

همبستگی برابر با ۰/۵۵۲ و سطح معنی داری برابر با ۰/۰۱۲

جدول ۴- نتایج آزمون پیرسون برای بررسی همبستگی غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب فصل تابستان

عنصر	آرسنیک	روی	سرب	کادمیوم	کروم	مس	منگنز
آرسنیک	۱						
روی	-۰/۰۷۲	۱					
سرب	۰/۰۰۸	-۰/۱۴۷	۱				
کادمیوم	-۰/۰۷۹	۰/۳۸۵	۰/۱۵۳	۱			
کروم	۰/۱۱۵	-۰/۰۹۱	-۰/۱۶۳	-۰/۱۳۵	۱		
مس	۰/۲۴۸	۰/۰۸۶	۰/۰۹۳	۰/۵۵۳*	-۰/۲۳۰	۱	
منگنز	-۰/۲۰۸	۰/۰۳۹	-۰/۲۱۹	-۰/۱۵۹	-۰/۳۸۸	-۰/۰۷۳	۱

** همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

جدول ۵- نتایج محاسبه شاخص‌های آلودگی کیفیت آب به تفکیک فصل نمونه‌برداری

ایستگاه	فصل بهار			ایستگاه	فصل تابستان		
	C _d	HPI	HEI		C _d	HPI	HEI
۱	-۵/۷۷	۵۰/۱۴	۱/۲۳	۱	-۳/۸۵	۴۷/۱۰	۳/۱۴
۲	-۲/۸۴	۴۶/۰۰	۴/۱۶	۲	-۶/۴۴	۴۸/۵۲	۳/۵۲
۳	-۲/۹۳	۴۷/۷۸	۴/۰۷	۳	-۳/۳۲	۴۴/۷۸	۳/۶۸
۴	-۳/۳۶	۴۶/۲۴	۳/۶۴	۴	-۲/۹۸	۴۴/۹۰	۴/۰۲
۵	-۰/۲۷	۳۷/۱۸	۶/۷۳	۵	-۳/۴۱	۴۷/۶۱	۳/۵۹
۶	-۳/۶۵	۴۸/۴۵	۳/۳۵	۶	-۳/۴۵	۴۷/۶۴	۳/۵۷
۷	-۳/۹۷	۴۵/۸۲	۳/۰۳	۷	-۳/۵۵	۴۶/۹۳	۳/۴۵
۸	-۰/۲۴	۳۸/۹۸	۶/۷۶	۸	-۳/۷۳	۴۸/۶۸	۳/۲۷
۹	-۰/۷۷	۳۷/۶۲	۶/۲۳	۹	-۳/۴۲	۴۰/۷۶	۳/۵۸
۱۰	-۳/۶۲	۴۸/۵۲	۳/۳۷	۱۰	-۱/۳۵	۳۶/۸۳	۵/۶۵
۱۱	-۲/۷۷	۴۵/۷۹	۴/۲۳	۱۱	-۴/۱۴	۴۵/۲۵	۲/۸۶
۱۲	-۳/۹۹	۴۸/۷۴	۳/۰۱	۱۲	-۴/۲۳	۴۷/۴۵	۲/۵۰
۱۳	-۲/۸۳	۴۵/۵۵	۴/۱۷	۱۳	-۱/۹۳	۴۲/۵۲	۵/۰۷
۱۴	-۲/۶۰	۴۳/۶۷	۴/۴۰	۱۴	-۳/۱۶	۴۵/۷۹	۳/۸۴
۱۵	-۳/۸۰	۴۷/۷۹	۳/۲۰	۱۵	-۴/۴۰	۳۸/۲۶	۲/۶۰
۱۶	-۲/۶۱	۴۳/۴۸	۴/۴۲	۱۶	-۲/۹۱	۴۲/۰۰	۴/۰۸
۱۷	-۳/۳۰	۴۴/۰۳	۳/۷۰	۱۷	-۳/۴۷	۴۷/۳۶	۳/۵۳
۱۸	-۳/۷۹	۴۷/۷۵	۳/۲۱	۱۸	-۳/۷۰	۴۵/۸۷	۳/۳۰
۱۹	-۳/۳۹	۴۷/۹۸	۳/۶۱	۱۹	-۳/۷۸	۴۷/۲۰	۳/۲۲
۲۰	-۲/۶۷	۴۷/۸۲	۴/۳۳	۲۰	-۳/۶۳	۴۵/۹۴	۳/۳۷
میانگین	-۲/۹۶	۴۵/۴۷	۴/۰۴	میانگین	-۳/۵۴	۴۵/۰۷	۳/۵۹

بحث

سنگین در طول زمان تغییر می‌کند و چاه‌های موجود در یک محل می‌تواند بطور گسترده دارای غلظت‌های متفاوتی از فلزات باشند. در واقع غلظت فلزات سنگین در چاه‌ها، مرتبط با محل و عمق چاه بوده و در چاه‌های کم عمق‌تر

غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی به عوامل مختلفی از جمله نوع، میزان و زمان کوددهی یا سم‌پاشی، شرایط اقلیمی، سطح سفره‌های آب زیرزمینی و زمین-شناسی منطقه بستگی دارد (۳). همچنین غلظت فلزات

در نواحی مشخص زمین‌شناسی غلظت فلزات بیشتر است (۲).

نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین میانگین غلظت عناصر در نمونه‌های فصول بهار و تابستان با رهنمود WHO است ($P < 0.05$). بدین صورت که میانگین غلظت عناصر در هر دو فصل نمونه‌برداری کمتر از حد مجاز بود. این در حالیست که نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد بین میانگین غلظت عناصر آرسنیک، سرب و کادمیوم در نمونه‌های فصول بهار و تابستان به ترتیب با ضریب همبستگی برابر با -0.180 ، 0.115 و -0.072 و P -value به ترتیب برابر با 0.449 ، 0.630 و 0.763 همبستگی معنی‌دار آماری وجود ندارد.

نتایج بررسی همبستگی بین مقادیر شاخص‌ها با غلظت فلزات سنگین حاکی از آن است که ارتباط معنی‌دار آماری ($P < 0.05$) سرب با ضریب همبستگی برابر با 0.997 ، -0.881 و 0.997 و کادمیوم با ضریب همبستگی برابر با 0.768 ، -0.969 و 0.768 به ترتیب با شاخص‌های HPI ، C_d و HEI بود. بنابراین، سرب و کادمیوم را می‌توان به عنوان پارامترهای اصلی ارزیابی کیفی آب در مطالعه حاضر محسوب کرد. این موضوع را می‌توان با غلظت تجمع‌یافته عناصر سرب و کادمیوم در نمونه‌ها در افزایش مقدار شاخص به دلیل استفاده بیش از حد از کودهای فسفاته و کودهای آلی و همچنین انتشار فلزات بویژه سرب ناشی از احتراق سوخت توسط خودروها مرتبط دانست. همچنین نتایج آزمون همبستگی پیرسون همبستگی معنی‌دار آماری ($P < 0.05$) مقادیر شاخص‌ها بین فصول بهار و تابستان را تأیید نمود.

نتایج نشان داد که میانگین مقادیر شاخص‌های HPI ، C_d و HEI در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت رزن در فصل بهار به ترتیب برابر با 2.96 ، 45.47 و 4.04 و در فصل تابستان به ترتیب برابر با 3.54 ، 45.07 و 3.59 و حاکی از عدم بروز مخاطره ناشی از مصرف آب است.

در رابطه با مطالعات مشابه، پژوهشی با هدف ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت اسداباد در استان همدان بر اساس آلودگی عناصر آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم و مس طی فصول بهار و تابستان ۱۳۹۱ انجام یافت و مشخص شد که میانگین مقادیر شاخص‌های HEI و HPI در فصل بهار به ترتیب برابر با 9.29 و 25.61 و در فصل تابستان به ترتیب

برابر با 8.88 و 27.28 و بسیار کمتر از آستانه خطر است (۲۹). در مطالعه‌ای دیگر، میانگین مقادیر شاخص‌های C_d و HEI برای ارزیابی آلودگی عناصر آرسنیک، روی، سرب و کادمیوم در منابع آب زیرزمینی دشت قلعه‌شاهین در استان کرمانشاه برای فصل زمستان ۱۳۹۲ به ترتیب برابر با 0.61 و 3.30 و برای تابستان ۱۳۹۳ به ترتیب برابر با 0.90 و 4.54 و در هر دو فصل بسیار کمتر از آستانه خطر گزارش شد (۳۰). از طرفی میانگین مقادیر شاخص HPI مربوط به بررسی آلودگی عناصر سرب و کادمیوم در منابع آب زیرزمینی دشت قلعه‌شاهین مربوط به نمونه‌های فصول زمستان ۱۳۹۲ و تابستان ۱۳۹۳ به ترتیب برابر با 4.73 و 11.74 و بسیار کمتر از مقادیر بحرانی آلودگی آب آشامیدنی بود (۳۱). در مطالعه‌ای که با هدف بررسی آلودگی آب رودخانه هراز به آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم، مس و منگنز انجام یافت، نتایج نشان داد میانگین مقادیر شاخص‌های C_d و HPI در نمونه‌ها به ترتیب با 4.01 و 40.10 بسیار کمتر از آستانه خطر ($C_d = 6$ و $HPI = 100$) است (۱۴). حسینی‌پور مقدم و همکارانش با بررسی آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم، کروم و مس نسبت به ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی مجاور مجتمع فولاد خراسان اقدام کرده و نتیجه گرفتند میانگین مقادیر شاخص HPI برابر با 4.83 و بسیار کمتر از آستانه خطر است (۱۶). Prasad و همکاران با ارزیابی غلظت روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز در منابع آب زیرزمینی یک ناحیه معدنی در هندوستان نتیجه گرفتند که میانگین مقادیر شاخص HPI در فصول تابستان و زمستان به ترتیب برابر با 6.20 و 3.20 و کمتر از محدوده خطر است (۲۱). در پژوهشی با بررسی روی، سرب، کادمیوم و مس نسبت به ارزیابی کیفی آب اروند رود اقدام و نتیجه گرفته شد که میانگین مقادیر شاخص HPI برابر با 8.33 و بسیار کمتر از آستانه خطر است (۳۲).

Maria-Alexandra و همکاران با بررسی آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز نسبت به ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی شهر Medias رومانی اقدام کرده و نتیجه گرفتند که میانگین مقادیر شاخص‌های C_d و HPI به ترتیب برابر با 6.61 و 3.78 و بسیار کمتر از آستانه خطر و میانگین غلظت شاخص HEI برابر با 2.39 و در محدوده اثرات بهداشتی متوسط بود (۱۱). Yankey و همکاران در پژوهشی که با هدف ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی

مقادیر شاخص HPI برای منابع آب سطحی و چشمه‌ها به ترتیب برابر با ۹/۳۷ و ۷/۲۸ و بسیار کمتر از محدوده خطر بود (۱۹). همچنین نتایج پژوهش Ameh و Akpah که با بررسی روی، سرب، کادمیوم و مس نسبت به ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی اطراف یک ناحیه معدن سنگ آهن در نیجریه طی فصول خشک و پرباران پرداختند نشان داد که مقادیر شاخص HPI در دوره‌های خشک و پرباران به ترتیب برابر با ۱۴۰۸ و ۲۹۹ و بسیار بیشتر از آستانه خطر گزارش شد که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت ندارد (۲۳).

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به کمبود منابع مالی و زمان برای اجرای مطالعه طی یک دوره زمانی یک ساله و بررسی تعداد چاه‌ها اشاره کرد. از طرفی با توجه به نتایج حاصل از مطالعه می‌توان اذعان کرد گرچه در دوره زمانی مورد بررسی منابع آب زیرزمینی دشت رزن در معرض آلودگی بیش از حد استاندارد به فلزات سنگین مورد مطالعه نیست، اما با توجه به کشت سیب‌زمینی و انواع صیفی‌جات در منطقه، استفاده بی‌رویه از نهاده‌های کشاورزی همچون آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی بویژه کودهای فسفاته، رواج استفاده از کودهای آلی با احتمال آلودگی به انواع فلزات سنگین، استفاده از فاضلاب شهری به عنوان آب آبیاری و لجن فاضلاب به عنوان کود و همچنین استقرار صنایع آلاینده، امکان افزایش غلظت انواع آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین در خاک اراضی کشاورزی و به تبع آن منابع آب زیرزمینی از طریق فرآیند روان‌شویی دور از انتظار نیست.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر از محل اعتبارات پژوهشی نویسنده انجام یافته است. بدینوسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان به دلیل فراهم کردن امکانات اجرای مطالعه قدردانی به عمل می‌آید.

ناحیه معدنی Tarkwa در غنا انجام یافت، نتیجه گرفتند که میانگین مقادیر شاخص HPI برای فلزات سنگین روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز برابر با ۴۹/۹۹ و کمتر از محدوده خطر است (۱۲). Nalawade و همکاران غلظت آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم و مس را جهت ارزیابی کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی اطراف نیروگاه حرارتی Parli هندوستان بررسی نموده و یافته‌های ایشان نشان داد میانگین مقادیر شاخص HPI در منابع آب مورد مطالعه برابر با ۵/۵۶ و بسیار کمتر از آستانه خطر بود (۲۲).

Rizwan و همکاران آلودگی منابع آب زیرزمینی ناحیه Angul هندوستان به فلزات سنگین روی، سرب، کادمیوم و مس را در دو دوره قبل و بعد از وقوع باران‌های موسمی مورد مطالعه قرار داده و دریافتند که مقادیر شاخص HPI در دوره‌های قبل و بعد از وقوع بارش به ترتیب در محدوده ۳۱-۸۷ و ۷۷-۳۰ و کمتر از آستانه خطر است (۲۴). Prasad و Sangita در مطالعه‌ای با بررسی فلزات سنگین روی، سرب، کادمیوم، کروم و مس نسبت به ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی اطراف یک منطقه معدنی در هندوستان اقدام کرده و نتیجه گرفتند که میانگین مقادیر شاخص HPI با ۳۶/۶۷، کمتر از محدوده خطر است (۲۰). Edet و Offiong در پژوهشی که با هدف ارزیابی کیفی منابع آب سطحی در جنوب شرقی نیجریه انجام یافت، نتیجه گرفتند که میانگین مقادیر شاخص‌های C_d ، HPI و HEI برای فلزات سنگین آرسنیک، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز به ترتیب برابر با ۲۱/۰۹، ۱۲/۹۲ و ۳۶۷/۶۳ و با استناد به طبقه‌بندی جدید بیانگر آلودگی متوسط، آلودگی کم و آلودگی متوسط منابع آب است (۱۵).

در مطالعه Prasad و Bose در مورد غلظت روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز به منظور بررسی کیفی منابع آب سطحی و چشمه‌های اطراف یک معدن سنگ آهن در پایین دست هیمالیا نتایج حاکی از آن بود که میانگین

References

1. Alloway BJ. Heavy Metals in Soils. London: Blackie and Son Ltd; 1990. 212-4.
2. Sobhanardakani S, Maànijou M, Asadi H. Investigation of Pb, Cd, Cu and Mg concentrations in groundwater resources of Razan Plain. Sci J Hamadan Univ Med 2015; 21(4):319-29. [Persian]
3. Sobhanardakani S, Jamali M, Maànijou M. Evaluation of As, Zn, Cr and Mn concentrations in groundwater resources of Razan Plain and preparing the zoning map using GIS. Journal of Environmental Science and Technology 2014; 16(2):25-38. [Persian]
4. Nazari S, Sobhanardakani S. Assessment of pollution index of heavy metals in groundwater resources of Qaleh Shahin plain (2013-2014). J Kermanshah Univ Med Sci 2015; 19(2):102-08. [Persian]



5. Sobhanardakani S, Talebiani S, Maànijou M. Evaluation of As, Zn, Pb and Cu concentrations in groundwater resources of Toyserkan Plain and preparing the zoning map using GIS. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; 24(114):120-30. [Persian]
6. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human. Volumes 1-109, World Health Organization; 2014. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol109/Table1.4-online.pdf>.
7. Sobhanardakani S, Razban SS, Maànijou M. Evaluation of concentration of some heavy metals in ground water resources of Qahavand Plain-Hamedan. *J Kermanshah Univ Med Sci* 2014; 18(6):339-48. [Persian]
8. Muhammad S, Tahir Shah M, Khan S. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. *Microchem J* 2011; 98(2):334-43.
9. Rajaei Q, Pourkhabbaz AR, Hesari Motlagh S. Assessment of heavy metals health risk of groundwater in Ali Abad Katoul Plain. *J North Khorasan Univ Med Sci* 2012; 4(2):155-62. [Persian]
10. Farokhi E, Moshtaghi SAA, Ani M, Ghatreh Samani K. The effect of manganese on plasma and liver lipoprotein levels and lipoprotein lipase activity in rat. *J Shahrekord Univ Med Sci* 2013; 5(2): 35-41. [Persian]
11. Maria-Alexandra H, Roman C, Ristoiu D, Popita G, Tanaselia C. Assessing of water quality pollution Indices for heavy metal contamination. A study case from Medias City groundwaters. *Agric Sci Pract* 2013; 87(3-4):25-31.
12. Yankey RK, Fianko JR, Osae S, Ahialey EK, Duncan AE, Essuman DK, *et al.* Evaluation of heavy metal pollution index of groundwater in Tarkawa minning area, Ghana. *Pollution* 2013; 54:12663-7.
13. Prasanna MV, Praveena SM, Chidambaram S, Nagarajan R, Elayaraja A. Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring: a case study from Curtin Lake, Miri City, East Malaysia. *Environ Earth Sci*. 2012; 67(7):1987-2001.
14. Nasrabadi T. An Index Approach to Metallic Pollution in River Waters. *Int J Environ Res* 2015; 9(1):385-94.
15. Edet AE, Offiong OE. Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring. A study case from Akpabuyo-Odukpani area, Lower Cross River Basin (southeastern Nigeria). *Geo Journal* 2002; 57(4):295-304.
16. Hosseinpour Moghaddam M, Lashkaripour GR, Dehghan P. Assessing the effect of heavy metal concentrations (Fe, Pb, Zn, Ni, Cd, As, Cu, Cr) on the quality of adjacent groundwater resources of Khorasan steel complex. *Int J PlAn Env Sci* 2014; 4(2):511-8.
17. Reza R, Singh G. Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. *Int J Environ Sci Tec* 2010; 7(4):785-92.
18. Caerio S, Costa MH, Ramos TB, Fernandes F, Silveira N, Coimbra A, *et al.* Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. *Ecol Indic* 2005; 5(2):155-69.
19. Prasad B, Bose JM. Evaluation of the heavy metal pollution index for surface and spring water near a Limestone mining area of the lower Himalayas. *Environ Geol* 2001; 41(1-2):183-8.
20. Prasad B, Sangita K. Heavy Metal Pollution Index of ground water of an abandoned open cast mine filled with fly Ash: a case study. *Mine Water Environ* 2008; 27(4): 265-7.
21. Prasad B, Kumari P, Bano S, Kumari S. Ground water quality evaluation near mining area and development of heavy metal pollution index. *Appl Water Sci* 2014; 4:11-7.
22. Nalawade PM, Bholay AD, Mule MB. Assessment of groundwater and surface water quality indices for heavy metals nearby area of Parli Thermal Power Plant. *Univ J Environ Res Technol* 2012; 2(1):47-51.
23. Ameh EG, Akpah FA. Heavy metal pollution indexing and multivariate statistical evaluation of hydrogeochemistry of River PovPov in Itakpe iron-ore mining area, Kogi State, Nigeria. *Adv Appl Sci Res* 2011; 2(1):33-46.
24. Rizwan R, Gurdeep S, Manish Kumar J. Application of heavy metal pollution index for ground water quality assessment in Angul District of Orassia, India. *Int J Res Chem Environ* 2011; 1(2):118-22.
25. Olías M, Moral F, Galván L, Cerón JC. Groundwater contamination evolution in the Guadiamar and Agrio aquifers after the Aznalcóllar spill: assessment and environmental implications. *Environ Monit Assess* 2012; 184(6):3629-41.
26. Ramesh K, Elango L. Groundwater quality and its suitability for domestic and agricultural use in Tondiar river basin, Tamil Nadu, India. *Environ Monit Assess* 2012; 184(6):3887-99.
27. Tayebi L, Sobhanardakani S. Monitoring of water quality parameters of Gamasiab River and affecting factors on these parameters. *J Environ Sci Technol* 2012; 53(2):37-48. [Persian]
28. Clesceri LS. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association; 2005, p. 812-5.
29. Sobhanardakani S, Yari AR, Taghavi L, Tayebi L. Water quality pollution indices to assess the heavy metal contamination, case study: Groundwater resources of Asadabad Plain in 2012. *Arch Hyg Sci* 2016; 5(4):221-8.



30. Yari AR, Sobhanardakani S. Water quality assessment of groundwater resources in Qaleeh Shahin Plain based on C_d and HEI. *Int Arch Health Sci* 2016; 3(3):101-6.
31. Sobhanardakani S, Nazari S. Assessment of Pb and Cd pollution in groundwater resources of Qaleeh Shahin Plain using heavy metal pollution index in 2014. *J Health Sys Res* 2016; 12(3):300-6. [Persian]
32. Abdullah EJ. Quality assessment for Shatt Al-Arab River using heavy metal pollution index and metal index. *J Environ Earth Sci* 2013; 3(5):114-20.



Assessing of As, Zn, Pb, Cd, Cr, Cu and Mn Contamination in Groundwater Resources of Razan Plain Using Water Quality Pollution Indices

Soheil Sobhanardakani^{*1}

1- Associate Professor, Department of the Environment, Faculty of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

Received: Jul 10, 2016

Accepted: Mar 7, 2017

Abstract

Introduction

Iran is located within the dry and semi dry regions, thus almost 90% of the required water is secured through the use of ground waters. This study was undertaken to evaluation of water quality pollution indices for heavy metals (As, Zn, Pb, Cd, Cr, Cu and Mn) contamination analysis in Razan Plain in 2012.

Materials and Methods

Totally, 20 ground water wells were chosen randomly. After preparation of samples for the analysis of cations in the laboratory, elements (As, Zn, Pb, Cd, Cr, Cu and Mn) concentration were determined using ICP-OES. Also three documented methods evaluated in this study are the contamination index (C_d), the Heavy metal Pollution Index (HPI) and the Heavy metal Evaluation Index (HEI).

Results

The results showed that mean values of C_d , HPI and HEI for spring season were -2.96, 45.47 and 4.04 respectively and for summer season were -3.54, 45.07 and 3.59 respectively and indicates low contamination levels. Also, comparing the mean concentrations of the evaluated metals with WHO maximum permissible limits (MPL) showed a significant difference ($P < 0.05$).

Conclusion

However, the mean concentrations of the metals were significantly lower than MPL, but the irregular and long-term usage of agricultural inputs especially heavy metal based pesticides and fertilizers, use of wastewater and sewage sludge in agriculture, over use of organic fertilizers and establishment of pollutant industries can threaten the ground water, and cause irreversible damages in this area.

Keywords

Heavy Metals, Groundwater, Water Quality, Pesticides, Iran

***Corresponding Author:** Soheil Sobhanardakani, Department of the Environment, Faculty of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
E-mail: S_sobhan@iauh.ac.ir
Tel: 081-34494043

► Please cite this article as:

Sobhanardakani S. Assessing of As, Zn, Pb, Cd, Cr, Cu and Mn Contamination in Groundwater Resources of Razan Plain Using Water Quality Pollution Indices. J Neyshabur Univ Med Sci 2016; 4(4):33-45.