بررسی آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین به عناصر سرب و کادمیوم با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین (۹۳-۱۳۹۲)

سهیل سبحان اردکانی[۱]، سجاد نظری[۲]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: امروزه به دلیل تخلیه انواع آلاینده‌ها به منابع آب‌های زیرزمینی، این منابع با افت کیفیت مواجه شده‌اند. از این‌رو، مطالعه حاضر جهت ارزیابی کیفی آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین به سرب و کادمیوم، با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI یا Heavy metal pollution index) در طول زمستان ۱۳۹۲ و تابستان ۱۳۹۳ انجام گردید.

روش‌ها: در این مطالعه توصیفی، نمونه‌ها از ۲۰ ایستگاه منتخب بر اساس دستورالعمل B-۳۰۱۰، جمع‌آوری گردید. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه، غلظت فلزات با استفاده از دستگاه ICP-OES تعیین شد. ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از شاخص HPI و نرم‌افزار آماری SPSS انجام شده است.

یافته‌ها: میانگین غلظت سرب و کادمیوم بر حسب ppb به ترتیب در نمونه‌های فصل زمستان برابر با ۱/۴۷ ± ۴/۲۵ و ۰/۶۲ ± ۰/۴۸ و در نمونه‌های فصل تابستان برابر با ۲/۲۲ ± ۶/۴۶ و ۲/۳۶ ± ۱/۲۱ بود. همچنین، میانگین مقادیر شاخص HPI مربوط به نمونه‌های فصول زمستان و تابستان به ترتیب برابر با ۴/۷۳ و ۱۱/۷۴ بود که بسیار کم‌تر از مقادیر بحرانی آلودگی آب آشامیدنی بود.

نتیجه‌گیری: گرچه در حال حاضر منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین به عناصر سرب و کادمیوم آلوده نیست، اما با توجه به توان کشت دو بار در سال در منطقه مورد مطالعه، نظارت بر منابع آب زیرزمینی این منطقه به صورت دوره‌ای از نظر غلظت فلزات سنگین توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، شاخص آلودگی فلزات سنگین، خطر بهداشتی، دشت قلعه شاهین

ارجاع: سبحان اردکانی سهیل، نظری سجاد. **بررسی آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین به عناصر سرب و کادمیوم با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین (۹۳-۱۳۹۲).** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۳): ۳۰۶-۳۰۰

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۴/۲۲ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳

مقدمه

استفاده بیش از حد از منابع طبیعی و تولید فراوان مواد زاید در جوامع پیشرفته، اغلب منابع آب زیرزمینی را مورد تهدید قرار داده و سبب آلودگی آن می‌گردد. عوامل متعددی از جمله شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های خاک، گردش آب‌های زیرزمینی از میان انواع سنگ، توپوگرافی منطقه، نفوذ آب شور در مناطق ساحلی، فعالیت‌های انسانی بر روی زمین و... کیفیت آب را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (۱). آن چه که آلودگی آب‌های زیرزمینی را به یکی از مهم‌ترین مسایل زیست محیطی در جهان حاضر تبدیل کرده است، سمیت بالای فلزات سنگین حتی در غلظت‌های کم است (۲). به علت این که حرکت آب زیرزمینی بسیار کند است، بعد از شروع آلودگی باید سال‌ها بگذرد تا آب تحت تأثیر قرار گیرد. بنابراین، سال‌های زیادی حتی بعد از حذف منبع تولید آلودگی لازم است تا لایه‌های آب‌دار آلوده، احیا شود. فلزات سنگین از آلاینده‌های مهم محیط زیست به شمار می‌رود که اغلب از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی حاصل می‌شود (۳). از جمله فلزات سنگین که از طریق کاربرد کودهای شیمیایی وارد محیط زیست می‌شود، می‌توان Zn، V، U، Pb، Mo، Cd و Cr را نام برد که موجب آلودگی رواناب و آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردد (۴). فلزات سنگین یک اصطلاح کلی عمومی است که برای گروهی از فلزات و شبه فلزات با چگالی اتمی بیشتر از ۴ g/cm^3 استفاده می‌شود (۵). یکی از مشکلات مهم فلزات سنگین در ارتباط با سلامت انسان عدم متابولیزه شدن آن‌ها در بدن و تجمع یافتن در چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل می‌باشد. از سوی دیگر، فلزات سنگین دارای خاصیت تجمع‌پذیری در گیاهان و ورود به زنجیره غذایی است (۶). در این میان فلزات سنگین، سرب عنصری بسیار سمی است که در گروه 2B ترکیبات سرطان‌زای مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC یا International agency for research on cancer) طبقه‌بندی شده است و یکی از چهار فلزی است که بیشترین عوارض را بر روی سلامتی انسان دارد. آثار سمی سرب بسته به ویژگی‌های متابولیکی و رژیم غذایی افراد متغیر می‌باشد و در بدن، بر چهار موضع دستگاه گوارش، سیستم عصبی مرکزی، اعصاب محیطی و سیستم خون‌ساز اثر می‌گذارد (۷). اختلال بیوسنتز هموگلوبین و کم‌خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین و نارسی نوزاد، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری و

۱- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران
۲- کارشناس ارشد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران
نویسنده مسؤول: سهیل سبحان اردکانی
Email: s_sobhan@iauh.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-25]

اختلالات رفتاری در کودکان از مهم‌ترین عوارض ناشی از این عنصر است (۸).

کادمیوم و ترکیبات آن بسیار سمی بوده و می‌تواند سیستم ایمنی بدن را مختل کند. این عنصر 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 (۹). به منظور ارزیابی آلودگی فلزات سنگین به ویژه در منابع آب زیرزمینی به عنوان منبع تأمین آب شرب و کشاورزی در کشورهای خشک و نیمه خشک مانند ایران، چندین شاخص معرفی شده است که از جمله می‌توان به شاخص آلودگی (Contamination index) یا C_d، شاخص آلودگی فلزات سنگین (Heavy metal pollution index) یا HPI و شاخص ارزیابی فلزات سنگین (Heavy metal evaluation index یا HEI) اشاره کرد (۱۰). در این بین، شاخص آلودگی فلزات سنگین ابزاری مناسب برای ارزیابی کلی آلودگی منابع آب زیرزمینی است (۱۱). شاخص آلودگی فلزات سنگین یک روش برای رتبه‌بندی کیفیت آب بر اساس فلزات سنگین است. اگر مقدار این شاخص از ۱۰۰ بیشتر باشد، آلودگی آب به فلزات سنگین بالا است. 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 (۱۲). مطالعات مهمی راجع به بررسی کیفی منابع آب با استفاده از شاخص HPI توسط محققان مختلف انجام شده است. Hossein Pour و همکاران به بررسی اثر غلظت فلزات سنگین (آهن، سرب، روی، نیکل، کادمیم، مس و کروم) بر کیفیت منابع آب زیرزمینی مجاور مجتمع فولاد خراسان پرداختند (۱۲). Prasad و همکاران ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی در نزدیکی معدن و توسعه شاخص آلودگی فلزات سنگین را مورد بررسی قرار دادند (۱۳).

با توجه به استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی از جمله انواع کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات گیاهی توسط کشاورزان، وقوع خشکسالی و افزایش نرخ بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، نیاز به پایش غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی می‌باشد (۱۴). به دلیل عدم پایش غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین و کمبود مطالعات انجام شده در این زمینه، پژوهش حاضر با هدف بررسی آلودگی احتمالی منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین به فلزات سنگین سرب و کادمیوم در فصول زمستان ۱۳۹۲ و تابستان ۱۳۹۳ با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) و مقایسه میانگین غلظت فلزات در نمونه‌ها با رهنمود WHO (World Health Organization) که سرب و کادمیوم به ترتیب برابر با ۱۰۰ و ۱۰ میکروگرم در لیتر (۹، ۷) و استاندارد آب آشامیدنی ایران برای سرب و کادمیوم به ترتیب برابر با ۱۰ و ۳ میکروگرم در لیتر است (۱۵)، انجام یافت.

روش‌ها

دشت قلعه شاهین با مساحت تقریبی ۲۲۶ کیلومتر مربع در جنوب شهرستان سرپل ذهاب واقع شده است. این دشت دارای ۲۴۹۰ هکتار اراضی کشاورزی آبی است که توسط یک سراب قدیمی و چاه‌های عمیق و نیمه عمیق حفر شده در منطقه آبیاری می‌شود (۱۶). در این مطالعه توصیفی- مقطعی، به منظور ارزیابی آلودگی منابع آب زیرزمینی دهستان قلعه شاهین به فلزات سرب و کادمیوم، 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 بود، با استفاده از رابطه $N = Z^2S^2/D$ (۳)، ۱۰ حلقه چاه عمیق و ۱۰ حلقه چاه نیمه عمیق انتخاب و پس از ثبت مختصات جغرافیایی آن‌ها توسط دستگاه GPS، نمونه‌برداری از آب به ترتیب طی فصول زمستان و تابستان سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به روش مرکب و مطابق استاندارد با استفاده از ظروف پلی‌اتیلنی که از قبل توسط اسید نیتریک شسته شده بود (۱۸، ۱۷)، انجام یافت. در زمان نمونه‌برداری، ابتدا چند دقیقه صبر کرده تا اطمینان حاصل شود که آب به طور دقیق از سفره آب زیرزمینی پمپاژ می‌شود و سپس، ظروف سه بار با آب چاه شستشو داده شده و از هر ایستگاه ۵۰۰ میلی‌لیتر آب برداشت شد (۷). نقشه موقعیت استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ ارایه شده است. برای اندازه‌گیری غلظت یون‌های فلزی مورد ارزیابی در نمونه‌ها، با استناد به استاندارد ۲۳۵۴ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۹) و دستورالعمل ارایه شده در کتاب روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب (استاندارد متدز) (۲۰)، به منظور تثبیت و جلوگیری از رسوب‌گذاری عناصر محلول در نمونه‌ها، به ۲۵ میلی‌لیتر از نمونه آب، یک میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ افزوده و به مدت ۱۰ دقیقه روی هیتر در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در زیر هود قرار داده شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه روی شیکر با سرعت ۸۵ دور در دقیقه، محلول توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف شد. به منظور کالیبراسیون دستگاه ICP، با استفاده از محلول استاندارد ppm ۱ عناصر مورد بررسی، نسبت به تهیه استاندارد سرب در غلظت‌های ۱، ۱۰ و ۱۵ ppb و کادمیوم در غلظت‌های ۱، ۵ و ۱۰ ppb اقدام گردید (۲۲، ۲۱). در نهایت، غلظت فلزات سنگین بر حسب ppb توسط دستگاه نشر اتمی Varian مدل 710-ES در سه تکرار خوانده شد.

به منظور محاسبه شاخص آلودگی فلزات سنگین از روابط ۱ و ۲ استفاده شد (۲۳، ۱۳).

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^{n} WiQi}{\sum_{i=1}^{n} Wi} \quad (۱)$$

$$Qi = \sum_{i=1}^{n} \frac{\{Mi(-)Ii\}}{(Si-Ii)} \times 100 \quad (۲)$$

در این روابط:

W_i = نسبت وزنی عناصر مورد ارزیابی

Q_i = زیرشاخص عنصر مورد ارزیابی

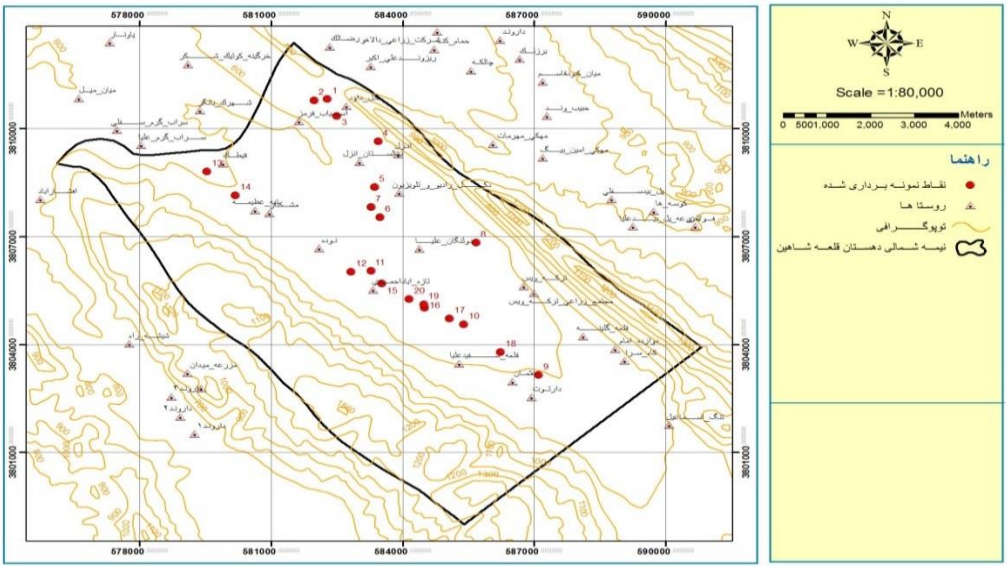
M_i = غلظت قرائت شده عنصر مورد ارزیابی بر حسب ppb

I_i = غلظت ایده‌آل عنصر مورد ارزیابی بر حسب ppb

S_i = حد مجاز عنصر مورد ارزیابی بر حسب ppb

به منظور پردازش آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS (version 19, SPSS Inc., Chicago, IL) استفاده شد. برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov–Smirnov و مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عناصر در نمونه‌ها بین ایستگاه‌ها با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس بین آزمودنی یک طرفه (چند دامنه‌ای Duncan) صورت گرفت.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-25]



شکل ۱. نقشه موقعیت استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری

یافته‌ها

نتایج قرائت غلظت تجمع یافته عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین در فصول زمستان سال ۱۳۹۲ و تابستان ۱۳۹۳ بر حسب ppb و همچنین، نتایج محاسبه شاخص آلودگی فلزات سنگین به تفکیک فصول نمونه‌برداری به ترتیب در جداول ۱ تا ۳ ارایه شده است.

بررسی نتایج میانگین غلظت قرائت شده عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین در فصل زمستان ۱۳۹۲ بر حسب ppb بیانگر آن است که حداکثر میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم به ترتیب برابر با ۰/۰۷ ± ۹/۵۲ و ۰/۰۷ ± ۰/۷۷ بود. همچنین، نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس بین آزمودنی یک طرفه نشان داد که بین بیشتر ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم در فصل زمستان سال ۱۳۹۲ اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت (جدول ۱).

بررسی نتایج میانگین غلظت قرائت شده عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین در فصل تابستان ۱۳۹۳ بر حسب ppb بیانگر آن است که حداکثر میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم به ترتیب برابر با ۰/۰۷ ± ۱۰/۲ و ۰/۰۳ ± ۱/۴۹ بود. نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس بین آزمودنی یک طرفه نیز نشان داد که بین بیشتر ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم در فصل تابستان سال ۱۳۹۳ اختلاف معنی‌دار آماری دیده نشد (جدول ۲).

نتایج مربوط به محاسبه شاخص HPI بیانگر آن است که حداقل و حداکثر مقدار شاخص آلودگی فلزات سنگین مربوط به نمونه‌های فصل زمستان ۱۳۹۲ با ۰/۳۲ و ۷/۶۹ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۱۰ و ۱۹ و حداقل و حداکثر مقدار شاخص مربوط به نمونه‌های فصل تابستان ۱۳۹۳ با ۸/۹۲ و ۱۳/۹ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۱۱ و ۹ بود (جدول ۳).

جدول ۱. میانگین غلظت* عناصر مورد ارزیابی در فصل زمستان ۱۳۹۲ به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر حسب ppb

عنصر / ایستگاه	سرب	کادمیوم
۱	۱/۴۷ ± ۰/۱^{b**}	۰/۳۹ ± ۰/۰۴^{de}
۲	۵/۷۸ ± ۰/۲۸^{h}	۰/۶۷ ± ۰/۰۲^{i}
۳	۲/۱۱ ± ۰/۱۳^{c}	۰/۵۸ ± ۰/۰۷^{h}
۴	۳/۵۲ ± ۰/۶۲^{f}	۰/۱۴ ± ۰/۰۱^{b}
۵	۰/۴۷ ± ۰/۰۳^{a}	۰/۵۰ ± ۰/۰۲^{fg}
۶	۵/۰۴ ± ۰/۰۵^{g}	۰/۳۳ ± ۰/۰۶^{d}
۷	۴/۶۶ ± ۰/۱۶^{g}	۰/۵۰ ± ۰/۰۵^{fg}
۸	۵/۰۵ ± ۰/۰۸^{g}	۰/۵۵ ± ۰/۵۰^{gh}
۹	۳/۶۲ ± ۰/۱۲^{f}	۰/۲۲ ± ۰/۰۲^{d}
۱۰	۳/۰۲ ± ۰/۴۸^{de}	۰/۱۱ ± ۰/۰۲^{a}
۱۱	۴/۹۲ ± ۰/۴۲^{g}	۰/۳۸ ± ۰/۰۳^{de}
۱۲	۲/۲۵ ± ۰/۱۵^{c}	۰/۵۸ ± ۰/۰۲^{h}
۱۳	۶/۵۸ ± ۰/۰۸^{ij}	۰/۴۰ ± ۰/۰۲^{de}
۱۴	۲/۷۷ ± ۰/۲۰^{d}	۰/۵۲ ± ۰/۰۳^{fg}
۱۵	۳/۳۹ ± ۰/۰۹^{ef}	۰/۶۷ ± ۰/۰۳^{i}
۱۶	۶/۲۳ ± ۰/۰۵^{i}	۰/۷۶ ± ۰/۰۳^{j}
۱۷	۶/۶۴ ± ۰/۱۰^{j}	۰/۴۵ ± ۰/۰۵^{ef}
۱۸	۹/۵۲ ± ۰/۰۷^{l}	۰/۵۸ ± ۰/۰۷^{h}
۱۹	۷/۶۷ ± ۰/۱۷^{k}	۰/۷۷ ± ۰/۰۷^{j}
۲۰	۵/۷۴ ± ۰/۱۰^{h}	۰/۵۲ ± ۰/۰۴^{fgh}
میانگین	۴/۵۲ ± ۱/۴۷	۰/۴۸ ± ۰/۶۲

* داده‌ها مربوط به میانگین ۳ تکرار می‌باشد. ** حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار بین ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت عناصر در نمونه‌های آب زیرزمینی بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (آزمون Duncan) می‌باشد ($P < ۰/۰۵$).

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-25]

جدول ۲. میانگین غلظت* عناصر مورد ارزیابی در فصل تابستان ۱۳۹۳ به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر حسب ppb

ایستگاه / عنصر	سرب	کادمیوم
۱	۵/۷۴ ± ۰/۰۴^{ef}**	۱/۲۳ ± ۰/۰۷^{ghi}
۲	۱/۵۵ ± ۰/۰۳^{a}	۱/۲۸ ± ۰/۰۴^{hijkl}
۳	۶/۶۹ ± ۰/۰۴^{h}	۱/۱۸ ± ۰/۰۴^{efg}
۴	۱۲/۷۰ ± ۰/۲۰^{o}	۱/۲۵ ± ۰/۰۵^{ghijk}
۵	۴/۴۵ ± ۰/۰۵^{c}	۱/۲۹ ± ۰/۰۴^{ijkl}
۶	۶/۷۵ ± ۰/۰۳^{h}	۱/۳۵ ± ۰/۰۴^{m}
۷	۸/۳۵ ± ۰/۰۵^{j}	۱/۲۸ ± ۰/۰۳^{hijkl}
۸	۵/۱۲ ± ۰/۰۳^{d}	۱/۲۴ ± ۰/۰۲^{ghij}
۹	۴/۱۴ ± ۰/۰۲^{c}	۱/۴۹ ± ۰/۰۳^{n}
۱۰	۴/۸۲ ± ۰/۰۳^{d}	۱/۰۷ ± ۰/۰۳^{cd}
۱۱	۵/۵۵ ± ۰/۰۵^{e}	۰/۹۳ ± ۰/۰۳^{a}
۱۲	۹/۲۶ ± ۰/۰۶^{m}	۱/۱۲ ± ۰/۰۵^{de}
۱۳	۶/۷۲ ± ۰/۰۳^{h}	۱/۳۰ ± ۰/۰۲^{ij}
۱۴	۶/۰۲ ± ۰/۰۶^{f}	۱/۳۲ ± ۰/۰۵^{jkl}
۱۵	۷/۶۷ ± ۰/۱۳^{i}	۱/۰۳ ± ۰/۰۳^{bc}
۱۶	۹/۵۷ ± ۰/۱۲^{m}	۱/۱۵ ± ۰/۰۴^{ef}
۱۷	۶/۱۶ ± ۰/۱۳^{g}	۱/۲۰ ± ۰/۰۵^{fgh}
۱۸	۱۰/۲۰ ± ۰/۷۰^{n}	۱/۲۳ ± ۰/۰۷^{ghi}
۱۹	۴/۴۳ ± ۰/۰۵^{c}	۰/۹۷ ± ۰/۰۵^{ab}
۲۰	۳/۳۶ ± ۰/۰۶^{b}	۱/۳۳ ± ۰/۰۵^{lm}
میانگین	۶/۴۶ ± ۲/۲۲	۱/۲۱ ± ۲/۳۶

* داده‌ها مربوط به میانگین ۳ تکرار می‌باشد؛ ** حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار بین ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت عناصر در نمونه‌های آب زیرزمینی بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (آزمون Duncan) می‌باشد ($P < ۰/۰۵$).

بحث

نوع، میزان و زمان کوددهی یا سم‌پاشی، شرایط اقلیمی، سطح سفره‌های آب زیرزمینی و زمین‌شناسی منطقه بر تجمع فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی مرتبط است (۷). همچنین، غلظت فلزات سنگین در طول زمان تغییر می‌کند و چاه‌های موجود در یک محل می‌تواند به طور گسترده دارای غلظت‌های متفاوتی از فلزات باشد. در واقع، غلظت فلزات سنگین در چاه‌ها، مرتبط با محل و عمق چاه بوده و در چاه‌های کم عمق‌تر در نواحی مشخص زمین‌شناسی غلظت فلزات بیشتر می‌باشد (۹).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شاخص HPI به عنوان یک ابزار ارزشمند برای بررسی و ارزیابی مهم‌ترین عوامل آلاینده بالفعل و بالقوه منابع آب زیرزمینی همچون فلزات سنگین و گونه‌های یونی، به ویژه برای مناطقی که به سرعت در حال آلوده شدن هستند، قابل استفاده است.

جدول ۳. مقدار عددی شاخص آلودگی فلزات سنگین به تفکیک فصول نمونه‌برداری

ایستگاه	زمستان ۱۳۹۲	تابستان ۱۳۹۳
۱	۳/۶۸	۱۱/۷۰
۲	۶/۶۱	۱۱/۷۰
۳	۵/۴۶	۱۱/۳۰
۴	۱/۵۹	۱۲/۵۰
۵	۴/۵۸	۱۲/۱۰
۶	۳/۴۵	۱۲/۸۰
۷	۴/۹۶	۱۲/۳۰
۸	۵/۴۵	۱۱/۷۰
۹	۲/۳۲	۱۳/۹۰
۱۰	۰/۳۲	۱۰/۱۰
۱۱	۳/۹۰	۸/۹۲
۱۲	۵/۴۷	۱۱/۰۰
۱۳	۴/۲۳	۱۲/۴۰
۱۴	۴/۹۷	۱۲/۵۰
۱۵	۶/۳۹	۱۰/۰۰
۱۶	۷/۴۷	۱۱/۳۰
۱۷	۴/۶۹	۱۱/۴۰
۱۸	۶/۱۳	۱۲/۱۰
۱۹	۷/۶۹	۱۲/۸۰
۲۰	۵/۲۴	۱۲/۳۰

نتایج آزمون چند دامنه‌ای Duncan به منظور گروه‌بندی آماری ایستگاه‌های نمونه‌برداری از نظر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد ارزیابی در فصول زمستان ۱۳۹۲ و تابستان ۱۳۹۳ بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری بین اکثر ایستگاه‌ها بود. اگرچه مقادیر غلظت فلزات سنگین و شاخص HPI در فصل تابستان بیش از فصل زمستان به دست آمد، اما مقدار عددی شاخص آلودگی فلزات سنگین مربوط به نمونه‌های فصول زمستان ۱۳۹۲ و تابستان ۱۳۹۳ در تمام ایستگاها از ۱۰۰، یعنی حد بحرانی آلودگی آب زیرزمینی، کمتر بود که عدم آلودگی منابع آب زیرزمینی به فلزات سنگین سرب و کادمیوم را نشان داد. بنابراین، منابع آب زیرزمینی مورد ارزیابی از نظر آلودگی آب شرب به فلزات سنگین سرب و کادمیوم مشکل بهداشتی برای مصرف کننده ندارد. نتایج حاصل از این مطالعه، در راستای تحقیق انجام یافته توسط Prasad و همکاران می‌باشد که به ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی یک ناحیه معدنی با تأکید بر فلزات سنگین سرب و کادمیوم پرداختند و مشخص شد که میانگین مقادیر شاخص HPI در فصول تابستان و زمستان به ترتیب با ۶/۲۰ و ۳/۲۰ کمتر از محدوده خطر (HPI = ۱۰۰) است (۱۳). دلیل بالا بودن مقادیر غلظت فلزات سنگین در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان را کاهش میزان جریان رودخانه و همچنین، افزایش میزان تبخیر آب به علت افزایش درجه حرارت در فصل تابستان ذکر کرده‌اند (۱۳). در این خصوص، مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد بررسی در نمونه‌های آب زیرزمینی در دشت قلعه شاهین بر حسب ppb در فصول زمستان ۱۳۹۲ و تابستان ۱۳۹۳ با رهنمود WHO و

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-25]

استاندارد آب آشامیدنی ایران نیز بیانگر آن است که میانگین غلظت تجمع یافته عناصر کمتر از رهنمود WHO و استاندارد ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌باشد و استفاده از منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از نظر آلودگی آب شرب به فلزات سنگین سرب و کادمیوم مخاطره بهداشتی برای مصرف کننده ندارد. از این‌رو، با توجه به این که در محاسبه شاخص HSI (Hang seng index) به پارامترهایی همچون غلظت تجمع یافته فلزات در منبع آبی مورد مطالعه، نسبت وزنی فلزات مورد ارزیابی و همچنین، رهنمود سازمان بهداشت جهانی برای عناصر مورد ارزیابی استناد می‌شود، می‌توان شاخص HPI را به عنوان ابزاری مفید در ارزیابی آلودگی کلی منابع آب زیرزمینی محسوب کرد و با استفاده از این شاخص نسبت به ارزیابی اثر فلزات سنگین بر روی سلامت انسان اقدام کرد (۲۳، ۱۳).

نتایج پژوهش حاضر که بیانگر عدم آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین به فلزات سنگین سرب و کادمیوم بود، در راستای دستاورد مطالعه نصرآبادی در سال ۲۰۱۵ است که با هدف ارزیابی کیفی آب رودخانه هراز با تأکید بر آلودگی برخی فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیوم توسط شاخص HPI انجام یافت و مشخص شد که میانگین مقادیر شاخص آلودگی فلزات سنگین در منابع آب مورد مطالعه با ۴۰/۱۰، بسیار کمتر از آستانه خطر است (۲۴). همچنین، بر اساس نتایج حاصل از مطالعه صورت گرفته توسط Hossein Pour و همکاران که به بررسی برخی فلزات سنگین از جمله سرب و کادمیوم در منابع آب زیرزمینی مجاور مجتمع فولاد خراسان پرداخته شد، مشخص گردید که میانگین مقادیر شاخص HPI در منابع آب مورد مطالعه برابر ۴/۸۳ بوده که بسیار کمتر از آستانه خطر می‌باشد (۱۲).

نتیجه‌گیری

با استناد به نتایج محاسبه شاخص آلودگی فلزات سنگین و همچنین، مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد بررسی در نمونه‌های آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین با رهنمود WHO و استاندارد آب آشامیدنی ایران، در حال حاضر منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه آلوده به فلزات سنگین سرب و کادمیوم نیست، اما با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و کشت دو بار در سال زمین‌های کشاورزی، بدیهی است با عدم مدیریت اصولی مصرف نهاده‌های کشاورزی به ویژه انواع کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی، امکان آلوده شدن منابع آب زیرزمینی این منطقه در طولانی مدت دور از انتظار نخواهد بود. بنابراین، پایش دوره‌ای و منظم منابع آب زیرزمینی دشت قلعه شاهین توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان با کد ۱۷۱۵۰۵۰۸۹۲۲۰۰۵ است. نویسندگان از معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه به دلیل فراهم کردن امکانات اجرای مطالعه تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

1. Selvam S, Venkatramanan S, Singaraja C. A GIS-based assessment of water quality pollution indices for heavy metal contamination in Tuticorin Corporation, Tamilnadu, India. Arab J Geosci 2015; 8(12): 10611-23.
2. Sajil Kumar PJ, Davis Delson P, Thomas Babu P. Appraisal of heavy metals in groundwater in chennai city using a HPI model. Bull Environ Contam Toxicol 2012; 89(4): 793-8.
3. Nourozi H, Shahbazi A, Ranjbar M, Safdari H. Survey of nitrate and nitrite ions in groundwater resources of Hamedan Province. Proceedings of the 8th National Congress on Environmental Health; 2005 Nov 8-10; Tehran, Iran; 2005. p. 5. [In Persian].
4. O'Connell DW, Birkinshaw C, O'Dwyer TF. Heavy metal adsorbents prepared from the modification of cellulose: a review. Bioresour Technol 2008; 99(15): 6709-24.
5. Duruibe JO, Ogwuegbu MO, Egwurugwu J. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. Int J Phys Sci 2007; 2(5): 112-8.
6. Karbasi M, Karbasi E, Saremi A, Ghorbani Zade H. Determination of heavy metals concentration in drinking water resources of Aleshtar in 2009. Yafteh 2010; 12(1): 65-70. [In Persian].
7. Sobhanardakani S, Talebiani S, Maanijou 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. [In Persian].
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public health statement for lead [Online]. [cited 2007]; Available from: URL: https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=92&tid=22
9. Sobhan Ardakani S, Maanijou M, Asadi H. Investigation of Pb, Cd, Cu and Mg Concentrations in Groundwater Resources of Razan Plain. Sci J Hamadan Univ Med Sci 2015; 21(4): 319-29. [In Persian].
10. Maria-Alexandra H, Roman C, Ristoiu D, PopitaG, Tanaselia C. Assessing of water quality pollution Indices for hevay metal contamination. A study case from Medias City groundwaters. Agric Sci Pract 2013; 3-4: 25-31.
11. Yankey RK, Fianko JR, Osae S, Ahialey EK, Duncan AE, Essuman DK, et al. Evaluation of heavy metal pollution index of groundwater in the Tarkwa mining area, Ghana. Elixir Pollution 54 (2013) 12663-12667 2013; 54: 12663-7.
12. Hossein Pour 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 Pl An and Env Sci 2014; 4(2): 511-18.
13. 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(1): 11-7.
14. Ahmadi K, GHolizadeh H, Ebadzadeh HR, Hoseihnpour R. Statistical report of use of agricultural inputs and area under

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-25]

cultivationin in Kermanshah Province. Kermanshah, Iran: Kermanshah Agri-Jahad Organization.; 2015. p. 20-2.
15. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Drinking water-physical and chemical specifications. ISIRI 1053, 5th.Revision [Online]. [cited 1998]; Available from: URL: http://isiri.org/portal/file/?33642/1053.pdf [In Persian].
16. Bahrami K, Bahrami Sh, Taheri K. Geological structures effect on groundwater recharge of Qaleeh Shahin-Sarpol-e Zahab aquifer. Proceedings of the 1st Iranian National Conference on Applied Research in Ware Resources; 2010 Mar 11-13; Kermanshah, Iran. [In Persian].
17. Olias M, Moral F, Galvan L, Ceron JC. Groundwater contamination evolution in the Guadiamar and Agrio aquifers after the Aznalcollar spill: assessment and environmental implications. Environ Monit Assess 2012; 184(6): 3629-41.
18. 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.
19. Sobhanardakani S, Jamali M, Maànijou M. Evaluation of As, Zn, Cr and Mn concentrations in groundwater resources of Razan plain and preparation of zoning map using GIS. J Environ Sci Technol 2015; 16(2): 25-37.
20. Eaton AD, Clesceri LS, Greenberg AE, Franson MA. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
21. Sobhan Ardakani S, Razban SS, Maanijou 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. [In Persian].
22. Muhammad S, Shah MT, 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.
23. 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.
24. Nasrabadi T. An indexapproach to metallic pollution in riverwaters. Int J Environ Res 2015; 9(1): 385-94.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-25]

Journal of Health System Research
Vol. 12, No. 3, Autumn 2016
Received: 13.07.2015
Accepted: 03.01.2016

Assessment of Pb and Cd Pollution in Groundwater Resources of Qaleeh Shahin Plain, Iran, Using the Heavy Metal Pollution Index in 2014

Soheil Sobhanardakani[1], Sajad Nazari[2]

Original Article

Abstract

Background: Today, due to the discharging of different types of pollutants into groundwater resources, the quality of these resources has reduced. Therefore, this study was conducted for qualitative assessment of groundwater resources of Qaleeh Shahin Plain, Iran, in terms of Pb and Cd pollution using the heavy metal pollution index (HPI) during the winter and summer of 2014.

Methods: In this descriptive study, groundwater samples were collected from 20 stations selected according to the 3010-B guideline. After preparation of samples in the laboratory, metal concentrations were determined using inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-OES). Qualitative assessment of groundwater resources and all statistical analyses were performed using the HPI and SPSS statistical package, respectively.

Findings: The results showed that the mean concentrations of Pb and Cd in groundwater samples in winter were 4.52 ± 1.47 and 0.48 ± 0.62 ppb, respectively, and in spring were 6.46 ± 2.22 and 1.21 ± 2.36 ppb, respectively. Moreover, the computed mean values of HPI were 4.73 and 11.74 in winter and summer seasons, respectively, and were much lower than the critical value for drinking water.

Conclusion: Although currently the groundwater resources of Qaleeh Shahin Plain are not polluted with Pb and Cd, according to the twice a year cultivation potential in the study area, the periodic monitoring of the groundwater resources of this region for heavy metal concentration is recommended.

Keywords: Groundwater, Heavy metal pollution index, Health risk, Qaleeh Shahin Plain

Citation: Sobhanardakani S, Nazari S. **Assessment of Pb and Cd Pollution in Groundwater Resources of Qaleeh Shahin Plain, Iran, Using the Heavy Metal Pollution Index in 2014.** J Health Syst Res 2016; 12(3): 300-6.

1- Associate Professor, Department of Environmental Science, School of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
2- Young Researchers and Elite Club, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
Corresponding Author: Soheil Sobhanardakani, Email: s_sobhan@iauh.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-25]