

Investigation of heavy metals pollution in Marivan River water during spring and summer of 2013

Soheil Sobhanardakani

* Associate Professor, Department of the Environmental Science, School of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
s_sobhan@iauh.ac.ir

Samireh Mahmoodnezhad

M.Sc. Department of the Environment, School of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

Masoumeh Heydari

Assistant Professor, Department of Environmental Science, School of Agriculture and Natural Resources, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

Received: 2016/12/05

Accepted: 2017/01/21

ABSTRACT

Background & Objective: Heavy metals being among the major pollutants of aquatic ecosystems are considered as high-toxicity pollutants for organisms due to the non-biodegradable and persistent potential in the environment. Therefore, this study was carried out to analyse the presence of heavy metals (Zn, Cd, Cr and Cu) in water of Marivan River in 2013.

Material & Methods: In this cross-sectional study, forty samples were taken from five selected stations during spring and summer seasons in 2013. After taken samples preparation, the concentrations of metal ions were investigated by spectrophotometry with three replications. All statistical analyses were performed using the SPSS 19.0 statistical package ($p < 0/05$).

Results: The results showed that the mean concentrations of metals ($\mu\text{g/l}$) in water samples for spring season were equal to 26.20 ± 11.34 , 0.73 ± 0.06 , 1.50 ± 0.11 and 121.10 ± 14.05 for Zn, Cd, Cr and Cu, respectively and in water samples for summer season were equal to 27.10 ± 24.72 , 0.72 ± 0.05 , 1.50 ± 0.16 and 123.80 ± 31.27 for Zn, Cd, Cr and Cu, respectively. Also, the mean concentrations of the evaluated metals compared with WHO and Iran DOE permissible limits showed a significant difference ($P < 0.05$). That is, the mean concentrations of Zn, Cd, Cr and Cu were significantly lower than the permissible limits in both spring and summer seasons.

Conclusion: Although the water of Marivan River was not contaminated by heavy metals during the study period. But due to the establishment and development of industrial, urban and agricultural activities along the river and its uncontrolled discharges of wastewater into the river, pollution and decrease of water quality in the near future is not unexpected.

Document Type: Research article

Keywords: Water Quality, Wastewater, Heavy Metal, Inductively Coupled Plasma.

► **Citation:** Sobhanardakani S, Mahmoodnezhad S, Heydari M. Investigation of heavy metals pollution in Marivan River water during spring and summer of 2013. *Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2016;2 (4): 311-320.

بررسی آلودگی آب رودخانه کلین کبود مریوان به فلزات سنگین در فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۲

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های مهم بوم‌سازگان‌های آبی هستند که به واسطه غیر قابل تجزیه بودن و پایداری بالا، از توانایی ایجاد سمیت برای موجودات زنده برخوردارند. لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی آلودگی آب رودخانه کلین کبود به فلزات سنگین روی، کادمیوم، کروم و مس طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۲ انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی - توصیفی، پس از بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه و انتخاب ۵ ایستگاه نمونه‌برداری در طول مسیر رودخانه، ۴۰ نمونه آب در فروردین و تیر ماه سال ۱۳۹۲ برداشت شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه، غلظت یون‌های فلزی در آن‌ها توسط طیف‌سنج نشر اتمی در سه تکرار خوانده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۹) و آزمون‌های Shapiro-Wilk، One Sample t-Test، Duncan Multiple Range Test، Independent T-Test و Pearson Correlation Coefficient در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج مطالعه حاضر میانگین غلظت عناصر روی، کادمیوم، کروم و مس در نمونه‌های آب در فصل بهار به ترتیب برابر با $11/34 \pm 2/26$ ، $0/73 \pm 0/06$ ، $1/50 \pm 0/11$ و $121/10 \pm 14/05$ میکروگرم در لیتر و در نمونه‌های فصل تابستان به ترتیب برابر با $27/10 \pm 24/72$ ، $0/72 \pm 0/05$ ، $1/50 \pm 0/16$ و $123/80 \pm 31/27$ میکروگرم در لیتر بود. از طرفی میانگین غلظت همه عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های آب مربوط به فصول بهار و تابستان از رهنمود سازمان‌های جهانی بهداشت و حفاظت محیط‌زیست برای مصارف کشاورزی و آبیاری کم‌تر بود.

نتیجه‌گیری: هرچند در مطالعه حاضر در بازه زمانی مورد مطالعه، آب رودخانه کلین کبود آلوده به فلزات سنگین نبود، ولی به دلیل استقرار انواع کاربری‌های صنعتی، شهری و کشاورزی در حاشیه رودخانه و به تبع آن تخلیه کنترل نشده فاضلاب آن‌ها به این بوم‌سازگان، آلودگی و افت کیفی آب در آینده‌ای نزدیک دور از انتظار نیست.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلیدواژه‌ها: طیف‌سنجی نشر اتمی، فاضلاب، فلز سنگین، کیفیت آب.

سهیل سبحان اردکانی

* دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.
نویسنده مسئول.

رایانامه: s_sobhan@iauh.ac.ir

سمیره محمودنژاد

کارشناس ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

معصومه حیدری

استادیار، گروه محیط‌زیست، واحد سنج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنج، ایران.

◀ **استناد:** سبحان اردکانی س، محمودنژاد س، حیدری م. بررسی آلودگی آب رودخانه کلین کبود مریوان به فلزات سنگین در فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۲. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۳۹۵؛ ۲۱(۴): ۳۱۱-۳۲۰.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۲

امروزه اهمیت آب شیرین و تأثیر بسزای 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 مواجه هستند، بررسی و کنترل کمیت و کیفیت منابع آب، می‌تواند این جوامع را در رویارویی با بحران آب که در آینده‌ای نه چندان دور گریبان‌گیر بشر خواهد شد، یاری کند (۱).

آنچه در حال حاضر بیش از هر مقوله‌ای توجه بشر را به خود جلب کرده است، مسأله آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین می‌باشد. فلزات سنگین اجزای طبیعی تشکیل دهنده پوسته زمین هستند، اما فعالیت‌های انسان همگام با رشد صنعتی و اقتصادی و چرخه زیست-زمین-شیمیایی، تعادل این فلزات را بر هم زده و باعث انتشار آن‌ها در محیط زیست شده است. فلزات سنگین به دلیل غیر قابل متابولیسم بودن، پس از ورود به بدن دفع نشده و در بافت‌هایی مانند چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و تجمع می‌یابند. از این‌رو این فلزات حتی در غلظت‌های اندک نیز دارای اثرات فیزیولوژیکی بر فعالیت جانداران بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (۱، ۲). به طور کلی اختلالات عصبی (پارکینسون، آلزایمر، افسردگی، اسکیزوفرنی)، انواع سرطان، فقر مواد مغذی، بر هم خوردن تعادل هورمون‌ها، چاقی، سقط جنین، اختلالات تنفسی و قلبی-عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها و مغز، بی‌اشتهایی، التهاب مفاصل، ریزش مو، پوکی استخوان و در موارد حاد مرگ، از نتایج اثرات ورود و تجمع فلزات سنگین به بدن انسان می‌باشد (۳).

روی در مقایسه با سایر فلزات سنگین، مسمومیت حاد کم‌تری ایجاد می‌کند. 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. 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 نکروز

کبدی، التهاب کلیه، خون‌ریزی داخلی، مشکلات تنفسی، سرطان دستگاه گوارش و در نهایت مرگ می‌شود (۱، ۴).

کادمیوم باعث آسیب به کلیه، کبد، طحال، کاهش رشد ذهنی در کودکان و سیستم تولید مثل شده و به عنوان عامل سرطان ریه و پروستات شناخته شده است. مسمومیت حاد ناشی از کادمیوم اغلب به دلیل شرب آب یا دیگر مایعات با pH اسیدی و آلوده به این عنصر رخ می‌دهد. همچنین این عنصر نیز مانند آرسنیک، در مقادیر بالا سیستم ایمنی بدن را مختل می‌کند (۵، ۶). تخلیه این عنصر به آب می‌تواند ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی به ویژه کودهای فسفاته و پساب صنایع تولید پلاستیک، سرامیک، شیشه و رنگ باشد (۷).

کروم در نتیجه فعالیت‌هایی از جمله تهیه آلیاژهای کروم، آب‌کاری، ترکیبات بازدارنده خوراکی، صنعت نساجی، چاپ، عکاسی و دباغی وارد محیط زیست می‌شود. عنصر کروم در ترکیبات نفتی نیز وجود دارد. عوارض جذب بیش از حد مجاز عنصر کروم در بدن به صورت سوزش و خارش در مخاط گوارشی بروز کرده و در شرایط حاد باعث نکروز کبدی، التهاب کلیه، خون‌ریزی داخلی، مشکلات تنفسی، سرطان دستگاه گوارش و در نهایت مرگ می‌شود (۱، ۸).

ترکیبات مس کاربرد گسترده‌ای در کشاورزی دارند. به عنوان مثال نمک‌های مس به خاک‌هایی که کمبود مس دارند، اضافه می‌شود و یا سولفات مس به خاطر خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی خود برای جلوگیری از فساد ذخایر و کنترل بیماری‌های جانوری استفاده می‌شود. مس از جمله عناصر ضروری برای بقای انسان است، اما تجمع مقادیر بالای آن در بدن می‌تواند باعث کم‌خونی، صدمه به کبد، کلیه، معده، تغییرات در استخوان‌ها و حتی گاهی منجر به مرگ شود (۶، ۹).

رودخانه‌ها به عنوان جریان‌های حیاتی هر کشور به واسطه استقرار انواع کاربری‌ها در مجاورت آن‌ها و تخلیه فاضلاب ناشی از فعالیت‌های شهری، کشاورزی و صنعتی، یکی از منابع پذیرنده آلاینده‌ها محسوب می‌شوند (۱۰). از این رو مطالعات متعددی در

زمینه بررسی کیفی منابع آب سطحی در اکثر کشورها انجام گرفته است. سبحان اردکانی و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی که با هدف ارزیابی تأثیر پساب کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی بر پارامترهای کیفی آب رودخانه کبکیان یاسوج انجام دادند، نتیجه گرفتند که رودخانه کبکیان از توان خودپالایی آلاینده‌ها برخوردار است، ولی با افزایش تعداد کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی و همچنین عدم نظارت بر منابع آلاینده ورودی، در آینده‌ای نزدیک با معضلات جدی به‌ویژه بروز پدیده تغذیه‌گرایی مواجه خواهد شد (۱۱). قویدل و معطر (۲۰۱۴) پس از سنجش و اندازه‌گیری محتوای فلزات روی، سرب و نیکل در آب رودخانه گوهررود شهرستان رشت، گزارش کردند که میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه برای آبریان ساکن در آب‌های سطحی بیش‌تر از رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست بوده و از آن‌جا که این رودخانه، یکی از مجاری تغذیه‌کننده تالاب انزلی می‌باشد، امکان بروز بزرگ‌نمایی زیستی عناصر در بدن ماهیان و در نهایت انسان وجود دارد (۱۲). شنبه‌زاده و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی که به منظور بررسی غلظت برخی فلزات سنگین از جمله روی، کادمیوم، کروم و مس در آب رودخانه تمبی خوزستان انجام دادند، نتیجه گرفتند که استفاده از آب رودخانه تمبی برای اهداف تفریحی، شستشو، ماهی‌گیری و از طرفی برای سلامت انسان و محیط زیست مناسب نمی‌باشد و لازم است نسبت به کنترل فاضلاب و تصفیه آن قبل از ورود به رودخانه اقدامات جدی انجام گیرد (۱۳). رجایی و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی که با هدف پایش غلظت فلزات سنگین ناشی از تخلیه زه‌آب کشاورزی و فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به آب خلیج گرگان و مصب رودخانه گرگانرود انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که میانگین غلظت سرب، کروم و کادمیوم در نمونه‌های آب بیش‌تر از رهنمود سازمان جهانی بهداشت است (۸). طیبی و سبحان اردکانی (۲۰۱۲) پس از بررسی تأثیر پساب کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهی بر پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب گزارش کردند که رودخانه از توان خودپالایی آلاینده‌ها برخوردار بوده، ولی با توجه به سیاست توسعه صنعت آبی‌پروری در منطقه مورد مطالعه و همچنین عدم نظارت بر تخلیه منابع آلاینده، این رودخانه در آینده با معضلات جدی به‌ویژه بروز پدیده خوراوری مواجه خواهد شد (۱۴). کمره‌ئی و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی

غلظت برخی فلزات سنگین در آب رودخانه شهر بروجرد گزارش کردند که میانگین غلظت فلزات آرسنیک، باریم، جیوه، سرب، کروم و کادمیوم در نمونه‌های آب رودخانه بعد از عبور از شهر به دلیل تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی به‌خصوص در فصول خشک افزایش چشم‌گیری داشته و آب رودخانه را آلوده می‌کند (۱۵).

شهر مریوان از معدود شهرهای ایران است که از وجود جریان مهم رودخانه‌ای در تمام طول سال برخوردار است. با توجه به تخلیه فاضلاب‌های شهری به رودخانه کلین کبود، بررسی تجمع آلاینده‌ها و به‌ویژه فلزات سنگین در آب این رودخانه از اهمیت بسزایی برخوردار است، لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی محتوای فلزات سنگین روی، کادمیوم، کروم و مس آب در رودخانه کلین کبود در سال ۱۳۹۲ انجام شد.

روش کار

رودخانه کلین کبود با مختصات جغرافیایی ۶۰۲۸۶۹ تا ۶۱۶۰۲۱ طول شرقی و ۳۹۳۱۴۰۹ تا ۳۹۱۲۹۲۸ عرض شمالی با طول حدود ۹۵ کیلومتر در استان کردستان و در شهرستان مریوان واقع شده است. سرشاخه‌های رودخانه کلین کبود از ذوب برف‌ها، بارش‌های فصلی و چشمه‌های واقع در کوه‌های زاگرس تغذیه می‌شوند.

در این مطالعه تجربی - توصیفی، پس از بازدید میدانی از منطقه مورد مطالعه برای بررسی منابع آلاینده مجاور رودخانه و با در نظر گرفتن تعداد و موقعیت استقرار منابع آلاینده، نسبت به انتخاب ۵ ایستگاه نمونه‌برداری در طول مسیر رودخانه اقدام و موقعیت جغرافیایی آن‌ها توسط دستگاه GPS ثبت شد. موقعیت استقرار و مشخصات ایستگاه‌ها به ترتیب در شکل ۱ و جدول ۱ ارائه شده است.

نمونه‌برداری از آب به روش استاندارد در فصول بهار (فروردین ماه) و تابستان (تیر ماه) سال ۱۳۹۲ انجام گرفت؛ بدین صورت که با توجه به فرمول تعیین اندازه نمونه کوکران، در هر فصل ۲۰ نمونه و در مجموع ۴۰ نمونه آب برداشت شد. نمونه‌ها از عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری سطح آب و در محلی که آب جریان داشت، توسط ظروف پلی اتیلنی ۵۰۰ میلی‌لیتری سترون برداشت شدند و پس

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	تازآباد (ایستگاه شاهد در بالادست)	۳۵ ۳۱ ۲۰	۴۶ ۱۲ ۴۴
۲	مریوان (محل تخلیه فاضلاب شهری)	۳۵ ۳۰ ۴۷	۴۶ ۰۹ ۰۸
۳	هجرت (اختلاط نسبی)	۳۵ ۲۷ ۱۱	۴۶ ۱۲ ۶۰
۴	درزبان (اختلاط کامل)	۳۵ ۲۸ ۲۰	۴۶ ۱۱ ۳۱
۵	ذکریان (پایین دست)	۳۵ ۲۳ ۴۳	۴۶ ۱۵ ۱۴

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۹) انجام گرفت. به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، مقایسه میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر با رهنمود سازمان‌های جهانی بهداشت و سازمان حفاظت محیط‌زیست، مقایسه میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر بین ایستگاه‌ها و از طرفی بین فصول نمونه‌برداری به ترتیب از آزمون‌های Shapiro-Wilk، One Sample t-Test، Duncan Multiple Range Test و Independent T-Test استفاده شد. همچنین برای تعیین همبستگی بین میانگین غلظت تجمع یافته عناصر از Pearson Correlation Coefficient در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

آمار توصیفی مربوط به قرائت غلظت عناصر روی، کادمیوم، کروم و مس در نمونه‌های آب رودخانه کلین کبود در فصول بهار و تابستان ۱۳۹۲ به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۲. آمار توصیفی مربوط به غلظت عناصر روی، کادمیوم، کروم و مس* در نمونه‌های آب به تفکیک ایستگاه در فصل بهار بر حسب $\mu\text{g/l}$

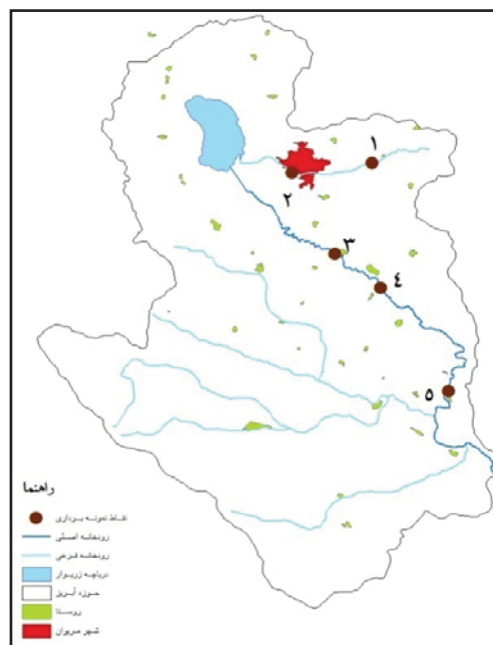
ایستگاه	روی	کادمیوم	کروم	مس
۱	۲۹/۰ ^{abccc}	۰/۷۶ ^{ab}	۱/۵ ^b	۱۱۰/۲ ^a
۲	۴۰/۰ ^b	۰/۷۳ ^{ab}	۱/۵ ^b	۱۲۳/۷ ^a
۳	۱۹/۵ ^{ab}	۰/۷۹ ^b	۱/۶ ^b	۱۴۴/۲ ^b
۴	۳۱/۵ ^{ab}	۰/۶۴ ^a	۱/۳ ^a	۱۱۰/۶ ^a
۵	۱۰/۶ ^a	۰/۷۱ ^{ab}	۱/۴ ^b	۱۱۶/۶ ^a
میانگین	۲۶/۲۰	۰/۷۳	۱/۵۰	۱۲۱/۱۰
انحراف معیار	۱۱/۳۴	۰/۰۶	۰/۱۱	۱۴/۰۵
ضریب تغییرات	۰/۴۳	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۱۲

* داده‌ها مربوط به میانگین ۴ نمونه می‌باشد.

** حروف غیر مشترک (a, b, c و ...) در هر ستون، بیان‌گر تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) بین ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر در نمونه‌های آب بر اساس نتایج آزمون Duncan Multiple Range Test است.

از انتقال به یخدان با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، در اسرع وقت به آزمایشگاه منتقل شدند (۱۲، ۱۷-۱۵).

در آزمایشگاه، به‌منظور تثبیت و جلوگیری از رسوب‌گذاری عناصر محلول، به ۲۵ میلی‌لیتر از نمونه آب، یک میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و محلول به مدت ۱۰ دقیقه روی هیت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در زیر هود قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه روی شیکر با سرعت ۸۵ دور در دقیقه قرار گرفته و توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف شدند (۱۸). به منظور تعیین غلظت یون‌های فلزی در نمونه‌ها، ابتدا کالبراسیون دستگاه پلاسماای جفت شده القایی (ICP) Varian مدل 710-ES توسط محلول استاندارد ۱ ppm نمک عناصر مورد بررسی و با ساخت محلول مادر (استوک) و استاندارد نمک روی در غلظت‌های ۱، ۲۵ و ۵۰ ppb، کادمیوم و کروم در غلظت‌های ۱، ۱۰ و ۱۵ ppb و مس در غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۵۰ ppb (۱۹) انجام گرفت. در نهایت غلظت عناصر روی، کادمیوم، کروم و مس به ترتیب در طول موج‌های ۲۰۶/۲، ۲۲۶/۵، ۲۶۷/۷ و ۳۲۴/۷ نانومتر در سه تکرار خوانده شد.



شکل ۱. موقعیت استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری در طول مسیر رودخانه کلین کبود

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲، میانگین غلظت عناصر روی، کادمیوم، کروم و مس در نمونه‌های آب مربوط به فصل بهار به ترتیب $11/34 \pm 2/26$ ، $0/06 \pm 73/0$ ، $11/50 \pm 0/11$ و $14/05 \pm 121/10 \mu\text{g/l}$ بود.

جدول ۳. آمار توصیفی مربوط به غلظت عناصر روی، کادمیوم، کروم و مس* در نمونه‌های آب به تفکیک ایستگاه در فصل تابستان بر حسب $\mu\text{g/l}$

ایستگاه	روی	کادمیوم	کروم	مس
۱	5/a5	0/a7	1/a3	102/a0
۲	67/b2	0/a8	1/bc6	127/a1
۳	32/a0	0/a7	1/c7	112/a5
۴	20/a8	0/a7	1/b5	176/b5
۵	9/a6	0/a7	1/ab4	101/a0
میانگین	27/10	0/72	1/50	123/80
انحراف معیار	24/72	0/05	0/16	31/27
ضریب تغییرات	0/91	0/07	0/11	0/25

* داده‌ها مربوط به میانگین ۴ نمونه می‌باشد.

***حروف غیر مشترک (a, b, c و ...) در هر ستون، بیان‌گر تفاوت معنی‌دار ($p < 0/05$) بین ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر در نمونه‌های آب بر اساس نتایج آزمون Duncan Multiple Range Test است.

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۳، میانگین غلظت عناصر روی، کادمیوم، کروم و مس در نمونه‌های آب مربوط به فصل تابستان به ترتیب $27/10 \pm 24/72$ ، $0/05 \pm 72/0$ ، $16/50 \pm 0/11$ و $123/80 \pm 31/27 \mu\text{g/l}$ بود.

بر اساس نتایج بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های مربوط به غلظت تجمع‌یافته عناصر روی، کادمیوم، کروم و مس در نمونه‌های آب (آزمون شاپیرو-ویلک)، با توجه به سطح معنی‌داری بزرگ‌تر از $0/05$ ، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار بودند.

بر اساس نتایج آزمون تی مستقل، با توجه به سطح معنی‌داری (p) بزرگ‌تر از $0/05$ برای عناصر روی ($p=0/62$)، کادمیوم ($p=0/37$) و کروم ($p=0/30$)، بین نمونه‌های آب فصول بهار و تابستان از نظر میانگین غلظت تجمع‌یافته این عناصر اختلاف

آماري معنی‌داری وجود نداشت. از طرفی با توجه به سطح معنی‌داری کوچک‌تر از $0/05$ برای عنصر مس ($p=0/01$)، بین نمونه‌های آب فصول بهار و تابستان از نظر میانگین غلظت تجمع‌یافته این عنصر اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت.

بر اساس نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای، با توجه به سطح معنی‌داری کوچک‌تر از $0/05$ ، بین میانگین غلظت همه عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های آب مربوط به فصول بهار و تابستان با رهنمود سازمان جهانی بهداشت (برابر با ۱۰، ۲۰۰، ۵۰ و ۲۰۰ $\mu\text{g/l}$) و با رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست برای مصارف کشاورزی و آبیاری (برابر با ۲۰۰۰، ۵۰، ۱۰۰۰ و $12000 \mu\text{g/l}$) به ترتیب برای عناصر روی، کادمیوم، کروم و مس (۱، ۶، ۲۰)، اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت؛ بدین صورت که میانگین غلظت همه عناصر در نمونه‌ها کم‌تر از رهنمود سازمان‌های جهانی بهداشت و حفاظت محیط‌زیست بود.

بر اساس نتایج آزمون همبستگی پیرسون، بین میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر روی/کادمیوم، روی/کروم، روی/مس، کادمیوم/کروم، کادمیوم/مس و کروم/مس در نمونه‌های آب فصل بهار با ضریب همبستگی (r) به ترتیب $-0/14$ ، $-0/04$ ، $-0/26$ ، $0/05$ ، $0/35$ و $-0/04$ و سطح معنی‌داری بزرگ‌تر از $0/05$ ، همبستگی آماری معنی‌داری وجود نداشت. از طرفی بین میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر روی/کادمیوم، روی/کروم، روی/مس، کادمیوم/کروم، کادمیوم/مس و کروم/مس در نمونه‌های آب فصل تابستان با ضریب همبستگی به ترتیب $-0/14$ ، $0/01$ ، $-0/14$ ، $-0/20$ ، $0/12$ و $-0/07$ و سطح معنی‌داری بزرگ‌تر از $0/05$ ، همبستگی آماری معنی‌داری وجود نداشت.

بحث

روی به‌عنوان یک عنصر ضروری کاربردی و ساختاری در سیستم‌های زیستی و مؤثر در تسریع واکنش‌ها، پیوند سابستراها و واسط واکنش‌های اکسیداسیون-احیاء (رداکس)، با نیم‌عمر

و $0.8/1 \mu\text{g/l}$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۱، ۳، ۴، ۵ و ۲ بود. ورود عنصر کادمیوم به آب رودخانه کلین کیوه را می‌توان با تخلیه پساب شهری و روستایی و زه‌آب زمین‌های کشاورزی مجاور رودخانه به‌ویژه ناشی از مصرف کودهای فسفاته و از طرفی فرسایش سنگ بستر رودخانه که غالباً از لیتوسول تشکیل شده است، مرتبط دانست. بر اساس نتایج پردازش آماری، میانگین غلظت این عنصر در نمونه‌های فصول بهار و تابستان کم‌تر از حد استاندارد برای مصارف کشاورزی و آبیاری بود. در این رابطه رجایی و همکاران (۲۰۱۳) میانگین غلظت کادمیوم در آب خلیج گرگان و مصب رودخانه گرگانرود را برابر با $17 \pm 10.4 \mu\text{g/l}$ گزارش کردند (۸). شنبه‌زاده و همکاران (۲۰۱۴) نیز میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های آب رودخانه تمبی خوزستان در فصول تابستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ را به ترتیب برابر با $21.2 \pm 85 \mu\text{g/l}$ و $7.7 \pm 30.0 \mu\text{g/l}$ گزارش کردند (۱۳). از طرفی کمره‌ئی و همکاران (۲۰۱۰) میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های آب رودخانه شهر بروجرد در فصول زمستان ۱۳۸۷ و تابستان ۱۳۸۸ را به ترتیب برابر با $23 \mu\text{g/l}$ و $38 \mu\text{g/l}$ و کم‌تر از رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست برای مصارف کشاورزی و آبیاری گزارش کردند (۱۵).

کروم عنصری سمی است و سمیت آن به اشکال شیمیایی این عنصر بستگی دارد (۸). لذا، علی‌رغم آن‌که کروم ۳ ظرفیتی یک عنصر ضروری محسوب می‌شود، ولی کروم ۶ ظرفیتی به‌عنوان یک ترکیب سمی و سرطان‌زا شناخته شده است که تنفس آن می‌تواند منجر به التهاب دیواره و زخم بینی، آبریزش بینی، بروز مشکلات تنفسی مانند آسم، سرفه، تنگی نفس و یا خس خس شود. از طرفی قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض غلظت‌های بالای این عنصر می‌تواند باعث آسیب به کبد، کلیه، اختلالات عصبی و سوزش پوست شود (۲۴، ۲۵). در مطالعه حاضر کمینه و بیشینه میانگین غلظت کروم در نمونه‌های فصل بهار با $1/3$ و $1/6 \mu\text{g/l}$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۴ و ۳ و در نمونه‌های فصل تابستان نیز با $1/3$ و $1/7 \mu\text{g/l}$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های

یک سال در بدن انسان، در غلظت بالا در پروستات، استخوان، عضله و کبد تجمع می‌یابد. از عوارض نامطلوب آن می‌توان به مسمومیت، تب، اضطراب، تهوع، استفراغ، اسهال و به‌ویژه سرطان پستان اشاره کرد (۲۳-۲۱). در مطالعه حاضر کمینه و بیشینه میانگین غلظت روی در نمونه‌های فصل بهار با $10/6$ و $40 \mu\text{g/l}$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۵ و ۲، و در نمونه‌های فصل تابستان نیز با $5/5$ و $67/2 \mu\text{g/l}$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۱ و ۲ بود. حضور عنصر روی در آب رودخانه کلین کیوه را می‌توان به تخلیه پساب شهری و روستایی، زه‌آب زمین‌های کشاورزی و فاضلاب کارگاه‌های رنگرزی مجاور رودخانه مرتبط دانست. بر اساس نتایج پردازش آماری در مطالعه حاضر، میانگین غلظت این عنصر با $11/34 \pm 26/2$ و $72/1 \pm 24/27$ میکروگرم در لیتر به ترتیب برای فصول بهار و تابستان هر دو فصل کم‌تر از حد استاندارد برای مصارف کشاورزی و آبیاری بود. در این رابطه می‌توان به نتایج مطالعه رجایی و همکاران (۲۰۱۳) که میانگین غلظت روی ناشی از تخلیه زه‌آب کشاورزی و فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به آب خلیج گرگان و مصب رودخانه گرگانرود را برابر با $120 \pm 27 \mu\text{g/l}$ گزارش کردند (۸)، قویدل و معطر (۲۰۱۴) که میانگین غلظت روی در آب رودخانه گوهررود را برابر با $90/6 \pm 156/4 \mu\text{g/l}$ گزارش کردند (۱۲) و شنبه‌زاده و همکاران (۲۰۱۴) که میانگین غلظت روی در نمونه‌های آب رودخانه تمبی خوزستان در فصول تابستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ را به ترتیب برابر با $160 \pm 56/6 \mu\text{g/l}$ و $255 \pm 205 \mu\text{g/l}$ گزارش کردند (۱۳)، اشاره کرد.

تجمع بیش از حد مجاز کادمیوم در بدن می‌تواند باعث بروز سرطان پروستات، فشارخون بالا، تخریب بافت‌های بیضه و گلبول‌های قرمز خون، گرفتگی مجاری کلیه، انعقاد برخی پروتئین‌ها و نیز بیماری ایتای ایتای (Itai-Itai Disease) شود (۸). در مطالعه حاضر کمینه و بیشینه میانگین غلظت کادمیوم در نمونه‌های فصل بهار با $0/64$ و $0/79 \mu\text{g/l}$ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۴ و ۳، و در نمونه‌های فصل تابستان نیز با $0/7$

۱ و ۳ بود. ورود عنصر کروم به آب رودخانه کلین کبود را می‌توان با تخلیه پساب شهری و روستایی، زه‌آب زمین‌های کشاورزی و به‌ویژه فاضلاب کارگاه‌های رنگرزی و کارخانه قالب‌بندی بتن مجاور رودخانه که برای ساخت قالب‌های بتنی از ترکیبات نفتی استفاده می‌کند، مرتبط دانست. بر اساس نتایج پردازش آماری، میانگین غلظت این عنصر در نمونه‌های فصول بهار و تابستان کم‌تر از حد استاندارد برای مصارف کشاورزی و آبیاری بود. در این رابطه رجایی و همکاران (۲۰۱۳) میانگین غلظت کروم در آب خلیج گرگان و مصب رودخانه گرگانود را برابر با $109 \pm 44 \mu\text{g/l}$ گزارش کردند (۸). شنبه‌زاده و همکاران (۲۰۱۴) نیز میانگین غلظت کروم در نمونه‌های آب رودخانه تمبی در فصول تابستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ را به‌ترتیب برابر با $190 \pm 84/8 \mu\text{g/l}$ و $375 \pm 290 \mu\text{g/l}$ گزارش کردند (۱۳). از طرفی کمره‌ئی و همکاران (۲۰۱۰) میانگین غلظت کروم در نمونه‌های آب رودخانه شهر بروجرد را در فصول زمستان ۱۳۸۷ و تابستان ۱۳۸۸ به‌ترتیب برابر با $1/5 \mu\text{g/l}$ و $2 \mu\text{g/l}$ و در همه موارد کم‌تر از حد استاندارد برای مصارف شرب، کشاورزی و آبیاری گزارش کردند (۱۵).

مس یکی از عناصر کمیاب فراوان با تأثیر مشابه ویتامین‌ها در بدن انسان و سیستم‌های حیاتی است و در انواع فرآیندهای بیوشیمیایی نقش حیاتی ایفا بازی می‌کند (۲۶). از طرفی مس به‌عنوان یک ریز مغذی ضروری برای رشد گیاهان شناخته شده و می‌بایست از طریق کودهای آلی و شیمیایی تأمین شود. این عنصر همچنین در ترشح هورمون‌ها، هدایت عصبی و رشد استخوان‌ها و بافت همبند اهمیت بسزایی دارد. قرار گرفتن در معرض غلظت‌های بیش از حد مجاز مس می‌تواند منجر به التهاب در بافت مغز، بی‌اشتهایی، خستگی، ریزش مو، آکنه، آلرژی، افسردگی، سندرم پیش از قاعدگی، میگرن، اضطراب، بیش‌فعالی دوران کودکی، اختلال در عملکرد کلیه و کبد، سکنه مغزی، افزایش کلسترول، نارسایی آدرنال، اختلالات یادگیری، اوتیسم و سرطان شود (۲۷). در مطالعه حاضر کمینه و بیشینه

میانگین غلظت عنصر مس در نمونه‌های فصل بهار با $110/2$ و $144/2 \mu\text{g/l}$ به‌ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۱ و ۳ و در نمونه‌های فصل تابستان نیز با $101/0$ و $176/5 \mu\text{g/l}$ به‌ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۵ و ۴ بود. ورود عنصر مس به آب رودخانه کلین کبود را می‌توان با تخلیه پساب شهری و روستایی و به‌ویژه زه‌آب زمین‌های کشاورزی حاوی قارچ‌کش اکسی کلرور مس و فاضلاب کارگاه‌های رنگرزی مجاور رودخانه مرتبط دانست. بر اساس نتایج پردازش آماری، میانگین غلظت این عنصر در نمونه‌های فصول بهار و تابستان کم‌تر از حد استاندارد برای مصارف کشاورزی و آبیاری بود. در این رابطه شنبه‌زاده و همکاران (۲۰۱۴) میانگین غلظت مس در نمونه‌های آب رودخانه تمبی در فصول تابستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ را به‌ترتیب برابر با $330 \pm 99 \mu\text{g/l}$ و $665 \pm 63/6 \mu\text{g/l}$ و کم‌تر از حد استاندارد برای مصارف کشاورزی و آبیاری گزارش کردند (۱۳).

با استناد به نتایج، کم‌تر بودن میانگین غلظت همه عناصر در نمونه‌های فصول بهار و تابستان از حد استاندارد برای مصارف کشاورزی و آبیاری و از طرفی روند تقریبی کاهش غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در طول مسیر رودخانه را می‌توان با توان خودپالایی ناشی از عبور رودخانه از مسیرهای پر پیچ و خم و به‌تبع آن افزایش سرعت جریان آب مرتبط دانست. از طرفی نتایج گروه‌بندی آماری ایستگاه‌ها بیان‌گر آن بود که بین اکثر ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت فلزات روی، کادمیوم، کروم و مس در نمونه‌های آب در فصول بهار و تابستان اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جداول ۲ و ۳).

هرچند بر اساس نتایج مطالعه حاضر بین نمونه‌های آب فصول بهار و تابستان از نظر میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر روی، کادمیوم و کروم اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت، ولی افزایش غلظت برخی عناصر به‌ویژه مس در نمونه‌های فصل تابستان در مقایسه با فصل بهار را می‌توان با کاهش دبی رودخانه، ورودی رواناب‌های سطحی و بار معلق به رودخانه در فصل تابستان و از طرفی کاهش میزان جذب عناصر در فاز محلول

از این رو، ضمن لزوم پایش مداوم کیفیت آب رودخانه، نسبت به تعیین بار آلودگی آلی، سموم شیمیایی و سایر فلزات سنگین و سمی در آب رودخانه طی مطالعات آتی توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان به دلیل فراهم کردن امکانات اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

مرتبط دانست.

نتیجه گیری: هرچند در مطالعه حاضر در بازه زمانی مورد مطالعه، آب رودخانه کلین کیوه آلوده به فلزات سنگین نبود، ولی به دلیل استقرار انواع کاربری‌های صنعتی (کشتارگاه دام و طیور، کارخانه دانه‌بندی خوراک دام و طیور، کارخانه لبنیات، آجرپزی، کارخانه قالب‌بندی بتن و کارگاه رنگرزی)، شهری و کشاورزی در حاشیه رودخانه و به تبع آن تخلیه کنترل نشده فاضلاب آن‌ها به رودخانه، آلودگی و افت کیفی آب در آینده‌ای نزدیک دور از انتظار نیست.

References

1. Sobhanardakani S, Jamali M, Maanijou M. Evaluation of As, Zn, Cr and Mn concentrations in groundwater resources of Razan Plain and preparing the zoning map using GIS. J Environ Sci Technol 2014a;16(2):25-38. (Persian)
2. Ghasemkhani H, Sobhanardakani S, Cheraghi M. Health risk assessment of consumption of commercial fruit juices marketed in Hamedan City based on potential risk of Zn and Cd. J Neyshabur Univ Med Sci 2016; 4(2):32-40. (Persian)
3. Malkoc E, Nuhoglu Y. Investigations of nickel(II) removal from aqueous solutions using tea factory waste. J Hazard Mater 2005; 127:120-128.
4. Sobhanardakani S, Razban SS, Maanijou M. Evaluation of concentration of some heavy metals in ground water resources of Qahavand Plain-Hamedan (Persian). J Kermanshah Univ Med Sci 2014b; 18(6):339-348.
5. Shekoohiyan S, Ghoochani M, Mohagheghian A, Mahvi AH, Yunesian M, Nazmara S. Determination of lead, cadmium and arsenic in infusion tea cultivated in north of Iran. J Environ Health Sci Eng 2012; 9(1):37.
6. Sobhanardakani 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): 319-329.
7. Yu C, Ling Q, Yan S, Li J, Chen Z, Peng Z. Cadmium contamination in various environmental materials in an industrial area, Hangzhou, China. Chem Spec Bioavailab 2010; 22(1):35-42.
8. Rajaei Q, Hasanpour M, Mehdinejad MH. Heavy metals concentration (zinc, lead, chrome and cadmium) in water and sediments of Gorgan Gulf and estuarine Gorganroud River, Iran. Health Sys Res 2013; 8(5):748-756. (Persian)
9. Festa RA, Helsel ME, Franz KJ, Thiele DJ. Exploiting innate immune cell activation of a copper-dependent antimicrobial agent during Infection. Chem Biol 2014; 21(8):977-987.
10. Varol M. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. J Hazard Mater 2011; 195: 355-364.
11. Sobhanardakani S, Mehrabi Z, Ehteshami M. Effect of aquaculture farms wastewater on physicochemical parameters of Kabkian River, 2011-12. J Mazandaran Univ Med Sci 2014c; 24(3): 140-149. (Persian)
12. Ghavidel A, Moattar F. Investigation of Pb, Zn and Ni in watershed of Anzali Wetland (Case study: Goharrood River). J Environ Sci Technol 2014; 16(1):89-96. (Persian)
13. Shanbehzadeh S, Vahid Dastjerdi M, Hassanzadeh A, Kiyanizadeh T. Investigation of heavy metals in water and sediment on Massjed soleymanTembi River before and after of wastewater entrance. Health Sys Res 2014; 9(10):1108-1116. (Persian)
14. Tayebi L, Sobhanardakani S. Assessment of qualitative parameters of Gamasiab River and effective factors on these parameters. J Environ Sci Technol 2012; 14(2):37-49. (Persian)
15. Kamarehei B, Mirhosseini SH, Jafari A, Asgari G, Bierjandi M, Rostami Z. Study of heavy metal concentration (As, Ba, Cd, Hg, Pb, Cr) in water resources and river of Borujerd City in 2008-2009. Yafteh. 2010; 11(4):45-51. (Persian)
16. Eaton AD, Franson MAH. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association. 2005;10-11.
17. 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; 184:3629-3641.
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: 3887-3899.
19. 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): 102-108. (Persian)
20. 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* 2014b; 24(114):120-129. (Persian)
21. Sobhanardakani S, Jamshidi K. Assessment of metals (Co, Ni, and Zn) content in the sediments of Mighan Wetland using geo-accumulation index. *Iran J Toxicol* 2015; 30:1386-1390.
22. Sobhanardakani S, Taghavi L. Non-carcinogenic risk assessment of As and Zn in citrus marketed in Hamedan City. *J Res Environ Health*, 2016; In Press. (Persian)
23. Sobhanardakani S, Taghavi L, Shahmoradi B, Jahangard A. Groundwater Quality Assessment Using the Water Quality Pollution Indices in Toyserkan Plain. *Environ Health Eng Manag J*. 2016; In Press.
24. Sobhanardakani S, Zandipa, R, Bonyadi M, Parvizimosaed H, Moslemi M, Tahergorabi M, et al. Evaluation of removal efficiency of Cr(VI) ions from aqueous solution using chitosan. *J Chem Health Risk* 2015; 5(1):29-38.
25. Sobhanardakani S. Potential health risk assessment of Cr, Cu, Fe and Zn for human population via consumption of commercial spices; a case study of Hamedan City, Iran. *Int Arch Health Sci* 2016; 3(3): 119-124.
26. Saracoglu S, Tuzen M, Soylak M. Evaluation of trace element contents of dried apricot samples from Turkey. *J Hazard Mater* 2009; 167(1):647-652.
27. Ackah M, Anim AK, Zakaria N, Osei J, Saah-Nyarko E, Gyamfi ET, et al. Determination of some heavy metal levels in soft drinks on the Ghanaian market using atomic absorption spectrometry method. *Environ Monit Assess* 2014; 186(12):8499-8507.