نشریه علوم آب و خاک
سال بیست و ششم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۱/ مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۲۴۹ تا ۲۶۱

ارزیابی ریسک ورود فلزات سنگین موجود در پساب‌های صنعتی شهری به آب‌های زیرزمینی ارومیه

زهرا کولیوند و علیرضا پرداختی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۶)

چکیده

در سال‌های گذشته به دلیل افزایش بی‌رویه جمعیت و به دنبال آن مصرف بی‌رویه آب و همچنین پرهزینه‌بودن توسعه منابع آب سطحی، بهره‌برداری از منابع آب زیرمینی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. در شرایط کنونی بخش قابل ملاحظه‌ای از مصارف آب کشور در تمام بخش‌های مصرف، توسط منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. از طرف دیگر، توسعه صنعت و ورود آلاینده‌های ناخواسته از جمله فلزات سنگین به آب‌های زیرزمینی موجب به خطرافتادن سلامت موجودات زنده از جمله انسان‌ها می‌شود. پژوهش حاضر به بررسی ریسک غیرسرطانی ناشی از فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه برای هر دو گروه کودکان و بزرگسالان پرداخته است. این پژوهش مبتنی بر یک روش توصیفی- تحلیلی بر اساس داده‌های موجود است که در آن غلظت فلزات آلاینده حاصل از مطالعات انجام شده در پاییز و زمستان ۱۳۹۶ از تعداد ۱۲ حلقه چاه تأمین‌کننده آب شرب روستایی در دشت ارومیه مورد تحلیل قرار گرفته است. همچنین، ارزیابی ریسک سلامت انسان‌ها با استفاده از شاخص سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که شش فلز سنگین کادمیوم، مس، آهن، منگنز، نیکل و سرب در آب زیرزمینی منطقه وجود دارد که در این میان دو مورد از چاه‌ها دارای مقادیر کادمیوم و سرب بالاتر از حد استانداردهای ملی و جهانی هستند. همچنین، میزان شاخص کل ریسک غیر سرطانی از طریق بلع و جذب پوستی برای هر دو گروه کودکان و بزرگسالان به‌ترتیب برابر با ۰/۲۳ و ۰/۰۹۶ به‌دست آمد که کمتر از یک است و این امر نشانگر مناسب‌بودن کیفیت آب منطقه برای شرب است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک، غیر سرطان‌زایی، فلزات سنگین، آب‌های زیرزمینی، دشت ارومیه

۱. گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Alirezap@ut.ac.ir

مقدمه

منابع آب زیرزمینی، در مناطق خشک و نیمه خشک بزرگترین ذخیره آب شیرین قابل دسترس و قابل اطمینان محسوب می‌شوند. منابع آب زیرزمینی به دلیل استعداد آلودگی کمتر و همچنین ظرفیت ذخیره زیاد نسبت به آب‌های سطحی به‌عنوان یک منبع مهم در منابع آب مورد توجه هستند. همچنین، خطر آلودگی کمتر این منابع نسبت به سایرین موجب شده تا حتی در مناطقی که کمبودی از لحاظ آب سطحی احساس نمی‌شود نیز از این منابع استفاده شود. هرچند به نظر می‌رسد تأثیرپذیری منابع آب زیرزمینی از محیط اطراف نسبت به منابع آب سطحی کمتر باشد، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد که همگام با منابع سطحی، کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز از عوامل محیطی تأثیر می‌پذیرد و حتی در برخی از موارد این تأثیرات شدیدتر و ماندگارتر است. زیرا بر خلاف منابع آب سطحی، آلودگی منابع و سفره‌های آب زیرزمینی اغلب غیرقابل بازگشت است، چرا که نوسازی آب در اعماق زمین در مقایسه با آب‌های سطحی، بسیار کند است (۵).

پیشرفت تکنولوژی و صنعت موجب افزایش سطح رفاه و زندگی جوامع بشری شده است. توسعه روز افزون صنعت با وجود مزایای فراوان، مشکلات بسیاری را نیز به همراه دارد و در بسیاری موارد موجب به خطرافتادن سلامتی انسان می شود (۲). از جمله این خطرات می‌توان به نفوذ فلزات سنگین به آب‌ها اشاره کرد. فلزات سنگین به‌طور معمول از طریق نشت فاضلاب صنایع به آب‌های سطحی وارد شده و یا در اثر حمل و نقل و دفع نادرست زباله‌های صنعتی وارد خاک می‌شود و درنهایت به آبهای زیرزمینی نفوذ کرده و منابع آبی را آلوده خواهند کرد.

از جمله خصوصیات فلزات سنگین می‌توان به پایداری آن‌ها اشاره کرد که نمی‌توانند مانند اغلب مواد آلی از طریق فرایندهای شیمیایی و زیستی در طبیعت تجزیه شوند. به‌طور کلی پایداری فلزات سنگین در محیط‌زیست و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی و خاصیت تجمعی آن‌ها باعث بروز انواع سرطان‌ها، اختلال در کار آنزیم‌ها و مسمومیت‌های حاد در انسان و سایر موجودات می‌شود (۲۲). به‌عنوان مثال، کادمیوم از آلاینده‌های مهم محیط زیستی بوده که در تمام اکوسیستم‌ها اعم از آب، هوا، غذا و گیاهان یافت می‌شود. ورود کادمیوم به زنجیره غذایی انسان و دام سبب بروز بیماری‌ها و اختلالات بسیاری می‌شود. کادمیوم نیمه عمر زیست شناختی طولانی مدتی دارد و غلظت آن در بدن موجود زنده با افزایش سن بالا می‌رود. آثار کوتاه مدت کادمیوم شامل تهوع، استفراغ، اسهال و انقباض عضلات، اختلال حواس، تشنج و شوک است و از آثار طولانی‌مدت آن نیز می‌توان به صدمه دیدن کبد، کلیه، استخوان‌ها و خون اشاره کرد (۵). همچنین، در مورد فلزی همچون مس یافته‌ها حاکی از آن است که مقادیر بالای مس در بدن می‌تواند موجب انواع سرطان‌ها، اسکیزوفرنی، افسردگی و حتی مرگ شود (۱۳). مقادیر کم فلز نیکل برای تولید سلول‌های قرمز خون در بدن مورد نیاز است اما مقادیر بالای آن تا حدودی سمی بوده و در طولانی‌مدت منجر به کاهش وزن بدن، صدمه به قلب، کبد و اختلالات تنفسی می‌شود (۱). مواجهه با فلز سمی سرب نیز عوارض متعددی همچون اختلال در عملکرد سیستم‌های حیاتی بدن از جمله سیستم عصبی، آسیب به مغز، ناباروری مردان، افزایش فشار خون، سقط جنین و نارسی نوزاد و کاهش قدرت یادگیری در کودکان را به همراه دارد (۴). غلظت‌های بالاتر از حد مجاز منگنز، می‌تواند عملکرد سیستم‌های مختلف بدن از جمله سیستم‌های عصبی، تنفسی و گوارش را مختل نماید. همچنین غلظت بالای فلزات آهن و منگنز در آب شرب می تواند موجب رشد و ازدیاد باکتری‌های آهن و منگنز تغییر در طعم و بوی آب، افزایش خورندگی لوله‌ها، گرفتگی و انسداد سیستم‌های آبرسانی و کاهش راندمان گندزدایی و ... شود. مصرف بیش از حد مجاز روی در کوتاه مدت منجر به بیماری‌های سیستم عصبی، آسیب به لوزالمعده و کاهش کلسترول خوب خون می شود (۲۰).

ارزیابی ریسک، به‌طور کلی فرایندی است که احتمال سوء اثر یک عامل (فیزیکی، شیمیایی یا سایر عوامل)، فرایندهای

صنعتی، تکنولوژی یا فرایندهای طبیعی را به صورت کمّی یا کیفی بررسی می‌کند. تعریف سوء اثر تا حد زیادی به قضاوت تصمیم‌سازان بستگی دارد. سوء اثر ممکن است مرگ یا بیماری انسان‌ها، خرابی یک نیروگاه انرژی هسته‌ای، بروز حادثه‌ای در یک کارخانه شیمیایی و یا از دست‌دادن منابع مالی باشد (۱۵). مطابق تعریف ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO)، این فرایند با هدف محاسبه یا برآورد خطر موجود برای یک ارگانیسم، سیستم یا جمعیت به کار می‌رود و مکانیسمی را برای بررسی اطلاعات مرتبط با تخمین پیامدهای بهداشتی و زیست‌محیطی فراهم کند (۱۱). ارزیابی خطر در چهار گام شناسایی مخاطرات، ارزیابی دوز پاسخ، ارزیابی مواجهه و توصیف خطرات به انجام می‌رسد (۳).

در این راستا مطالعات گسترده‌ای در مناطق مختلف صورت گرفته است. برای مثال ریکولفی و همکاران (۱۷) به بررسی ارزیابی ریسک عناصر سمی در آب شرب جنوب موزامبیک پرداخته و دریافتند که شاخص خطر در فصول مرطوب بیشتر از فصول خشک و همچنین در کودکان بیشتر از بزرگسالان بوده است. مطالعات دونگ و همکاران (۶) به ارزیابی ریسک ناشی از فلزات سنگین در دالیان چین پرداخته و تأیید کردند که هگزاکلروبنزن و آرسنیک اصلی‌ترین عوامل خطرساز سرطان‌زا در انسان هستند.

جعفرزاده و همکاران (۱۰) ارزیابی خطر بالقوه فلزات سنگین در رودخانه آهارچای در شمال غربی ایران را مورد بررسی قرار داده و نامطلوبی کیفیت رودخانه آهارچای از نظر آبزیان و کشاورزی را برای مناطق پایین‌دست تأیید کردند. سروستانی و آقاسی (۱۹) به بررسی ارزیابی ریسک ناشی از فلزات سنگین در کرمان پرداخته و دریافتند که این آب اثر مخرب سرطان‌زا بر روی کودکان و گروه‌های بزرگسال ندارد، اما گروه کودکانی که از این آب آشامیدنی استفاده می‌کنند در معرض خطر عوارض جانبی غیر سرطانی بر سلامت هستند. محمدی و همکاران (۱۴) به ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین در خرم‌آباد پرداختند و تأیید کردند که خطر مقادیر شاخص زیر حد مجاز بود و هیچگونه خطر سرطان‌زایی برای ساکنان از طریق مصرف خوراکی و جذب آب از طریق پوست را نشان نمی داد. این مطالعه همچنین نشان داد که خطر سرطان‌زایی برای سرب ، کروم ، کادمیوم و نیکل بیشتر از حد مجاز مشاهده شده است. صالح و همکاران (۱۸) ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین در چاه‌های آب زیرزمینی دشت نیشابور را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ضریب شاخص آلودگی فلزات سنگین در همه نمونه‌ها کمتر از ۱۰۰ بود که نشان می دهد که فلزات سنگین سطح پایینی دارند. شهریاری و همکاران (۲۰) ارزیابی ریسک فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شهر زابل را مورد بررسی قرار دادند، نتایج این پژوهش وجود خطر قابل توجه بیماری‌های غیر سرطانی و خطر بالای ابتلا به بیماری‌های سرطانی را برای جمعیت منطقه نشان داد. میرزابیگی و همکاران (۱۳) به بررسی آلودگی فلزات سنگین و ارزیابی خطر سلامتی آن‌ها در آب آشامیدنی سیستان و بلوچستان پرداخته و دریافتند که احتمال ابتلا به سرطان در هر دو گروه کودکان و بزرگسالان ناشی از فلزات کروم، کادمیوم و سرب وجود دارد. فخری و همکاران (۸) ارزیابی خطر غیر سرطان-زایی ناشی از فلزات سنگین در آب بطری شده را انجام داده و تأیید کردند که مصرف‌کنندگان در معرض خطرات غیرسرطانی فلزات سنگین در آب بطری قرار نمی‌گیرند.

پژوهش حاضر با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین ناشی از پساب صنعتی شهری ارومیه در آب‌های زیرزمینی منطقه و مقایسه آن با استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران، استاندارد سازمان جهانی بهداشت و استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست، همچنین ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی فلزات کادمیوم، مس، آهن، منگنز، نیکل و سرب برای دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان با استفاده از شاخص‌های آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالت متحده انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

تصفیه‌خانه مرکزی ارومیه در شمال شرق شهر ارومیه در مختصات جغرافیایی ۳۷۳۵۳۲ تا ۳۷۳۵۳۳ عرض شمالی و ۴۵۰۶۵۹ تا ۴۵۰۷۵۲ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). شیب متوسط محدوده مورد مطالعه و مناطق اطراف منطقه کمتر از ۱٪ و جهت عمومی شیب شمال شرق و به سمت دریاچه ارومیه است. متوسط ارتفاع ۱۲۷۷ متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد است. حوضه زهکشی این تصفیه‌خانه وارد ضلع جنوبی دشت ارومیه شده و چاه‌های روستاهای اطراف را تغذیه می‌کند.

مقادیر غلظت فلزات سنگین در چاه‌های مختلف برای حوضه جنوبی دشت ارومیه توسط یزدانی ساریجه (۲۳) اندازه گیری شده است. در این پژوهش که به روش توصیفی مقطعی بود، از تعداد ۱۲ حلقه چاه مربوط به روستاهای قره‌باغ، امام-کندی، بلارغو، شیرآباد، گزنق، قره‌حسنلو، تازه‌کند، تپه ماکو، آق‌بلاغ، سلطان‌آباد، لوکان و اسلام‌آباد نمونه‌برداری شده است (جدول ۱). برای نمونه برداری از بطری‌های شیشه ای مخصوص استفاده شده است. قبل از نمونه برداری، ظروف مربوط با آب مقطر و سپس با آب نمونه شست و شو داده شده اند. به‌منظور تثبیت نمونه‌های برداشت‌شده و جلوگیری از ترسیب فلزات سنگین موجود در آنها، به هریک اسید نیتریک ۰/۰۶ درصد اضافه شده است تا pH آن به ۲ برسد. سپس توسط دستگاه جذب اتمی شعله‌ای غلظت فلزات سنگین شامل کادمیوم، مس، آهن، منگنز، نیکل و سرب اندازه‌گیری شده است.

غلظت فلزات سنگین در پژوهش ساریجه یزدانی (۲۳) با مقادیر استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ ویرایش پنجم (۹)، استاندارد سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۷ (۱۶) و استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالت متحده در سال ۲۰۱۸ (۲۱) برای آب شرب مقایسه شد. سپس ارزیابی ریسک احتمال ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی (شاخص خطر) ناشی از فلزات سنگین برای دو گروه کودکان و بزرگسالان انجام شده است. در این پژوهش ارزیابی ریسک از روش ارائه شده توسط RAIS (Risk Assessment Information System) که از زیرمجموعه‌های EPA است، استفاده شده است. RAIS از سال ۱۹۹۶ اطلاعات ارزیابی ریسک را برای استفاده در پاکسازی محیط‌های آلوده مانند پروژه منهتن (Manhattan) استفاده می‌کند. این برنامه همچنین اطلاعات و ابزارهای مورد نیاز برای ارزیابی ریسک را در اختیار پژوهشگران سراسر جهان قرار می‌دهد. کلیه محاسبات ارزیابی ریسک توسط فرمول‌نویسی در نرم‌افزار اکسل انجام شده است.

در این مطالعه ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با فلزات سنگین از طریق مصرف آب آشامیدنی بر اساس نتایج اندازه‌گیری فلزات در آب شرب روستاهای اطراف منطقه با محاسبه مقدار نسبت خطر (HQ برای اثرات غیر سرطانی) در طول زندگی برای دو حالت جذب از طریق بلع و جذب از طریق پوست بر اساس روابط ارائه شده EPA به‌ترتیب مطابق روابط ۱ تا ۵ است (۷). به‌منظور انجام محاسبات نیاز به RFD_{derm}، RFD_{ing} و K_p می‌باشد. سایر فرضیات مورد نیاز نیز در جدول ۲ آمده است (۷).

HI>1 به معنی درجه خاصی از اثرات زیان‌آور بر سلامت انسان است و HI≤1 بیانگر عدم وجود خطر غیر سرطان‌زایی است (۲۴).

$$CDI_{ing}=\frac{C\times IR\times EF\times ED}{BW\times AT} \quad (۱)$$

$$CDI_{derm}=\frac{C\times SA\times K_p\times ET\times EF\times ED\times CF}{BW\times AT} \quad (۲)$$

$$HQ_{ing/derm}=\frac{CDI_{ing/derm}}{RfD_{ing/derm}} \quad (۳)$$

$$HI_{Total}=\sum_{i=1}^{n}HQ_{ing}+\sum_{i=1}^{n}HQ_{derm} \quad (۴)$$

$$RfD_{derm}=RfD_{ing}\times ABS_{GI} \quad (۵)$$

در روابط بالا:

CDI_{ing}: ارزیابی مواجهه با فلز از طریق بلع آب، C: غلظت فلز سنگین در آب (میلی‌گرم بر لیتر)، IR: میزان مصرف روزانه آب (لیتر در روز)، EF: فراوانی مواجهه بر حسب روز در سال، ED:

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه و محل چاه‌های مورد مطالعه بر اساس نقشه‌های استخراج شده از گوگل

جدول ۱. موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری‌شده در دشت ارومیه

ردیف	محدوده	X	Y
۱	قره‌باغ	۵۱۳۶۶۸	۴۱۵۹۵۰۷
۲	امام‌کندی	۵۱۴۷۲۷	۴۱۷۱۰۶۳
۳	بلارغو	۵۰۹۸۲۵	۴۱۵۵۵۶۱
۴	شیرآباد	۵۰۹۶۶۳	۴۱۶۸۶۸۰
۵	گزنق	۵۰۱۱۷۵	۴۱۶۴۸۹۳
۶	قره‌حسنلو	۵۰۸۲۰۴	۴۱۷۰۵۱۸
۷	تازه‌کند	۴۹۹۹۴۴	۴۱۶۲۸۰۹
۸	تپه‌ماکو	۵۰۹۹۳۱	۴۱۷۲۱۹۸
۹	آق‌بلاغ	۴۹۸۲۶۸	۴۱۶۳۱۰۸
۱۰	سلطان‌آباد	۵۱۷۸۳۱	۴۱۷۰۹۵۳
۱۱	لوکان	۵۰۶۲۸۳	۴۱۷۱۶۷۳
۱۲	اسلام‌آباد	۵۱۷۷۲۸	۴۱۷۳۰۶۲

جدول ۲. متغیرهای مورد استفاده جهت ارزیابی ریسک (۲۱)

پارامتر	واحد	مقادیر غیر سرطانی	
		بزرگسالان	کودکان
میزان مصرف آب (IR)	لیتر در روز	۲	۱
میزان سطح پوست (SA)	سانتی‌متر مربع	۱۸۰۰۰	۶۶۰۰
فاکتور تبدیل (CF)	لیتر بر سانتی‌متر مکعب	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
زمان مواجهه (ET)	ساعت بر روز	۰/۵۸	۱
فراوانی مواجهه (EF)	روز در سال	۳۶۵	۳۶۵
مدت مواجهه (ED)	سال	۳۰	۶
وزن بدن (BW)	کیلوگرم	۷۰	۱۵
میانگین زمان (AT)	روز	۱۰۹۵۰	۲۱۹۰

جدول ۳. ضرایب مورد استفاده جهت ارزیابی ریسک (۲۱)

فلز سنگین	ضریب Kp (سانتی‌متر بر ساعت)	ضریب ABS_{GI} (درصد)	RFD_{ing} (میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز)	RFD_{derm} (میلی‌گرم برکیلوگرم بر روز)
کادمیوم	۰/۰۰۱	۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۲۵
مس	۰/۰۰۱	۵۷	۰/۰۴	۰/۰۲۲۸
آهن	۰/۰۰۱	۲۰	۰/۰۷	۰/۱۴
منگنز	۰/۰۰۱	۴	۰/۱۴	۰/۰۰۵۶
نیکل	۰/۰۰۰۲	۴	۰/۰۲	۰/۰۰۰۸
سرب	۰/۰۰۰۴	۱۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۰۵۲۵

مدت مواجهه بر حسب سال، BW: وزن بدن (کیلوگرم)، AT: میانگین زمان (روز)، CDI_{derm}: ارزیابی مواجهه با فلز از طریق جذب پوستی، SA: میزان سطح پوست (سانتی‌متر مربع)، K_P: بر حسب سانتی‌متر بر ساعت که مقادیر آن برای فلزات مختلف در جدول ۲ آمده است، ET: زمان مواجهه بر حسب ساعت بر روز، CF: فاکتور تبدیل (لیتربرسانتی‌متر مکعب)، HQ: میزان نسبت خطرات غیر سرطانی، HI: ریسک غیر سرطان‌زایی کل که مجموع HQ های فلزات مختلف است، RFD: دوز مرجع فلزات سنگین برای دو حالت بلع و جذب پوستی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز که مقادیر آن برای فلزات مختلف در جدول ۳ آمده است و ABS_{GI}: ضریب جذب از طریق دستگاه گوارش بر حسب درصد است که مقادیر آن در جدول ۳ موجود است (۲۱).

نتایج و بحث

جدول ۴ مقادیر فلزات سنگین چاه‌های مختلف را نشان می‌دهد. مقایسه غلظت این فلزات با مقادیر استاندارد نشان می دهد که غلظت کادمیوم در چاه شماره ۹ از مقدار مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی، استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران و EPA بیشتر است. همچنین، غلظت سرب نیز در چاه شماره ۴ بالاتر از مقدار مجاز تعیین‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران است. غلظت سایر فلزات سنگین شامل مس، آهن، منگنز و نیکل در کلیه چاه‌ها در محدوده مجاز استانداردها بوده است.

غلظت بالاتر از حد مجاز فلزات کادمیوم و سرب را می‌توان اینگونه توجیه کرد که با توجه به انجام نمونه گیری‌ها در فصول تر و همچنین بالاتربودن میزان آبشویی آلودگی‌ها از سطح زمین در این فصول، این امکان وجود دارد که غلظت این فلزات تنها در فصول تر بالاتر از حد مجاز استاندارد باشد و در فصول خشک چنین مشکلی وجود نداشته باشد.

در این بخش به بحث و بررسی پیرامون نتایج حاصل از ارزیابی ریسک پرداخته شده است. جدول ۳ ضرایب مورد نیاز جهت تعیین CDI_{ing} و CDI_{derm} را نشان می‌دهد. با داشتن این ضرایب و همچنین محاسبه غلظت فلزات سنگین در سه حالت بیشینه، کمینه و میانگین برای کلیه چاه‌ها، ارزیابی ریسک غیرسرطانی از طریق بلع و جذب پوستی برای دو گروه کودکان و بزرگسالان مطابق با جدول ۵ و ۶ به‌دست آمده است. همچنین شاخص کل غیر سرطانزایی حاصل از مجموع فلزات سنگین منتخب در این پژوهش برای دو حالت بلع و جذب پوستی و نیز مجموع این دو، در جدول ۷ بیان شده است. در تمامی موارد شاخص خطر کمتر از یک به‌دست آمده است که مطابق توضیحات قبل، نشانه عدم وجود خطر غیرسرطان‌زایی ناشی از ورود فلزات سنگین از طریق بلع و جذب پوستی برای مصرف کنندگان است و تنها میزان شاخص غیرسرطان‌زایی

جدول ۴. میزان فلزات سنگین (بر حسب میلی گرم بر لیتر) در چاه‌های مختلف (در پاییز و زمستان ۱۳۹۶) و مقایسه با مقادیر استاندارد

فلزسنگین	چاه ۱	چاه ۲	چاه ۳	چاه ۴	چاه ۵	چاه ۶	چاه ۷	چاه ۸	چاه ۹	چاه ۱۰	چاه ۱۱	چاه ۱۲	میانگین	حداکثر مجاز استاندارد ۱۰۵۳	حداکثر مجاز استاندارد WHO	حداکثر مجاز استاندارد EPA
کادمیوم	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
مس	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۵	۰/۰۳۶۳	۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۶	۲	۲	۱/۳
آهن	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۱	۰/۱۷	۰/۰۶۶	—	—	۰/۳
منگنز	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱۳	۰/۴	۰/۴	۰/۰۵
نیکل	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۵۷	۰/۰۱۶۵	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	—
سرب	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۰۵	۰/۱۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۵

جدول ۵. میزان نسبت خطرات غیر سرطانی فلزات سنگین از طریق بلع برای کودکان و بزرگسالان

فلز سنگین	CDI_{ing} بزرگسالان (میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز)			CDI_{ing} کودکان (میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز)		
	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین
کادمیوم	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۶
مس	۰/۰۰۱۰۴	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۲۴۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴۰
آهن	۰/۰۰۴۸۶	۰/۰۰۰۵۷	۰/۰۰۱۷۸	۰/۰۱۱۳۳	۰/۰۰۱۳۳	۰/۰۰۴۱۵
منگنز	۰/۰۰۱۴۳	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۳۳۳	۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۰۰۸۷
نیکل	۰/۰۰۰۴۷	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۰۱۱۰	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۰۴۷
سرب	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۸۷	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۲
فلز سنگین	HQ_{ing} بزرگسالان			HQing کودکان		
	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین
کادمیوم	۰/۲۹۱۴۳	۰/۰۰۲۸۶	۰/۰۵۴۷۳	۰/۶۸۰۰۰	۰/۰۰۶۶۷	۰/۱۲۷۶۹
مس	۰/۰۲۵۹۳	۰/۰۰۰۳۶	۰/۰۰۴۲۵	۰/۰۶۰۵۰	۰/۰۰۰۸۳	۰/۰۰۹۹۱
آهن	۰/۰۰۶۹۴	۰/۰۰۰۸۲	۰/۰۰۲۵۴	۰/۰۱۶۱۹	۰/۰۰۱۹۰	۰/۰۰۵۹۳
منگنز	۰/۱۰۲۰	۰/۰۰۱۰۲	۰/۰۰۲۶۷	۰/۰۲۳۸۱	۰/۰۰۲۳۸	۰/۰۰۶۲۳
نیکل	۰/۰۲۳۵۷	۰/۰۰۷۸۶	۰/۰۱۰۱۸	۰/۰۵۵۰۰	۰/۰۱۸۳۳	۰/۰۲۳۷۴
سرب	۰/۱۰۶۱۲	۰/۰۰۴۰۸	۰/۰۱۴۵۱	۰/۲۴۷۶۲	۰/۰۰۹۵۲	۰/۰۳۳۸۵

جدول ۶. میزان نسبت خطرات غیر سرطانی فلزات سنگین از طریق جذب پوستی برای کودکان و بزرگسالان

فلز سنگین	CDI_{derm} بزرگسالان (میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز)			CDI_{derm} کودکان (میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز)		
	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین
کادمیوم	۰/۰۰۰۰۰۰۷۶۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۰۱۴۳	۰/۰۰۰۰۰۲۲۴۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۲۱
مس	۰/۰۰۰۰۰۵۴۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷۵	۰/۰۰۰۰۰۰۸۸۷	۰/۰۰۰۰۱۵۹۷۲	۰/۰۰۰۰۰۰۲۲۰	۰/۰۰۰۰۰۲۶۱۶
آهن	۰/۰۰۰۰۲۵۳۵۴	۰/۰۰۰۰۰۲۹۸۳	۰/۰۰۰۰۰۹۲۹۳	۰/۰۰۰۰۷۴۸۰۰	۰/۰۰۰۰۰۸۸۰۰	۰/۰۰۰۰۲۷۴۱۶
منگنز	۰/۰۰۰۰۰۷۴۶۷	۰/۰۰۰۰۰۰۷۴۶	۰/۰۰۰۰۰۱۹۵۰	۰/۰۰۰۰۲۲۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۲۲۰۰	۰/۰۰۰۰۰۵۷۵۴
نیکل	۰/۰۰۰۰۰۰۴۹۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱۶۴	۰/۰۰۰۰۰۰۲۱۲	۰/۰۰۰۰۰۱۴۵۲	۰/۰۰۰۰۰۰۴۸۴	۰/۰۰۰۰۰۰۶۲۷
سرب	۰/۰۰۰۰۰۰۷۷۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳۰	۰/۰۰۰۰۰۰۱۰۶	۰۰۰۰۰۲۲۸۸	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸۸	۰/۰۰۰۰۰۰۳۱۳
فلز سنگین	HQ_{derm} بزرگسالان			HQ_{derm} کودکان		
	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین
کادمیوم	۰/۰۳۰۴۳	۰/۰۰۰۳۰	۰/۰۰۵۷۱	۰/۰۸۹۷۶	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۱۶۸۶
مس	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۷۰	۰/۰۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۱۱
آهن	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰۲۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲۰
منگنز	۰/۰۰۱۳۳	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۰۳۹۳	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۱۰۳
نیکل	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۱۸۲	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۰۷۸
سرب	۰/۰۰۱۴۸	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۰۴۳۶	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۶۰

جدول ۷. میزان ریسک غیر سرطانی کل فلزات سنگین از طریق بلع و جذب پوستی برای کودکان و بزرگسالان

HI_{ing} بزرگسالان			HI_{ing} کودکان		
بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین
۰/۴۶۴۱۹	۰/۰۱۶۹۹	۰/۰۸۸۸۷	۱/۰۸۳۱۲	۰/۰۳۹۶۴	۰/۲۰۷۳۵
HI_{derm} بزرگسالان			HI_{derm} کودکان		
بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین
۰/۰۳۴۲۷	۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۰۶۶۳	۰/۱۰۱۱۰	۰/۰۰۲۱۲	۰/۰۱۹۵۷
HI_{Total} بزرگسالان			HI_{Total} کودکان		
بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین
۰/۴۹۸۴۶	۰/۰۱۷۷۱	۰/۰۹۵۵	۱/۱۸۴۲۲	۰/۰۴۱۷۶	۰/۲۲۶۹۲

کل برای کودکان در حالت بیشینه بلع بزرگتر از یک به‌دست آمده است، بنابراین بایستی در این حالت هریک از چاه‌ها بصورت جداگانه بررسی شوند. نتایج این بررسی در جدول ۸ آمده است، همانطور که نتایج نشان می‌دهد هیچ یک از چاه‌ها دارای شاخص خطر کل بالاتر از یک نیستند. بنابراین، هیچ خطر غیرسرطان‌زایی ناشی از فلزات سنگین موجود در آب ساکنین منطقه را تهدید نمی‌کند.

نتایج مربوط به محاسبات نشان می دهد که در سه حالت بیشینه، کمینه و میانگین شاخص ریسک غیر سرطان-زایی برای حالت بلع (HQ_{ing}) مقادیر بالاتری نسبت به حالت جذب پوستی (HQ_{derm}) را داراست که این امر به دلیل بالاتربودن میزان دوز دریافتی روزانه هر فلز به‌ازای واحد وزن بدن از مسیر بلع نسبت به مسیر جذب پوستی است.

بالاترین شاخص خطر غیر سرطانزایی از طریق بلع به‌ترتیب مربوط به فلزات Cd > Mn > Pb > Ni > Cu > Fe و از طریق جذب پوستی به‌ترتیب مربوط به Cd > Mn > Ni > Pb > Fe > Cu به‌دست آمده است. علت بالاتربودن شاخص مذکور برای فلز کادمیوم در هر دو حالت بلع و جذب پوستی، علاوه بر مقادیر بالای غلظت این فلز می‌تواند به دلیل پایین‌تربودن میزان RFD تعیین شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده باشد.

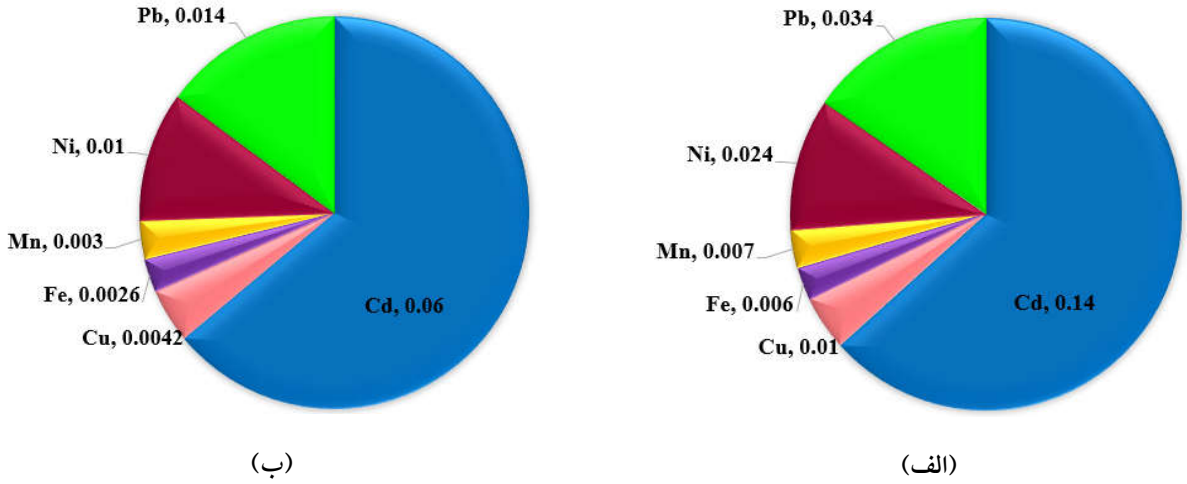
شکل ۲ میزان آسیب‌پذیری کودکان و بزرگسالان را در برابر ریسک غیر سرطانی ناشی از فلزات مذکور نشان می‌دهد. به‌طور کلی کودکان نسبت به بزرگسالان در برابر ریسک غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین از حساسیت بیشتری برخوردارند که این مهم به دلیل کمتربودن وزن کودک نسبت به بزرگسال است. بدین معنی که در غلظت‌های ثابت از آلاینده، کودکان به دلیل وزن پایین‌تر در معرض خطر بیشتری نسبت به بزرگسالان قرار دارند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی غلظت تمامی فلزات سنگین در چاه‌های دشت ارومیه در محدوده مجاز استانداردهای جهانی و ملی بوده است و تنها غظت کادمیوم در چاه شماره ۹ و غلظت سرب در چاه شماره ۴ در محدوده استاندارد قرار نگرفته‌اند که این امر ممکن است به دلیل ورود پساب حاصل از تصفیه خانه مرکزی ارومیه و یا آبشویی سطح زمین در فصول تر باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود یک مرحله تصفیه همچون جذب سطحی با کربن فعال و یا نانوذرات، برای حذف فلزات مذکور در چاه‌های ۹ و ۴ انجام شود و یا اینکه در

جدول ۸ . میزان ریسک غیر سرطانی کل فلزات سنگین از طریق بلع برای کودکان به تفکیک چاه

فلز سنگین	چاه ۱	چاه ۲	چاه ۳	چاه ۴	چاه ۵	چاه ۶	چاه ۷	چاه ۸	چاه ۹	چاه ۱۰	چاه ۱۱	چاه ۱۲	چاه ۱۳
کادمیوم	۰/۰۵۳	۰/۲۰۰	۰/۱۰۷	۰/۰۸۰	۰/۱۳۳	۰/۰۴۰	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳	۰/۶۸۰	۰/۰۵۳	۰/۱۷۳	۰/۱۰۷	۰/۰۱۳
مس	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۶۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱
آهن	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۲
منگنز	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۲۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
نیکل	۰/۰۲۰	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۵۵	۰/۰۲۱	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۱	۰/۰۱۸	۰/۰۲۳	۰/۰۲۰	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳
سرب	۰/۰۱۰	۰/۰۸۶	۰/۰۱۰	۰/۲۴۸	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰
HI	۰/۰۹۶	۰/۳۱۹	۰/۱۵۰	۰/۴۵۸	۰/۱۸۸	۰/۰۹۴	۰/۰۵۱	۰/۰۶۶	۰/۷۱۷	۰/۰۹۶	۰/۲۴۲	۰/۱۶۵	۰/۰۵۳



شکل ۲. میزان حساسیت غیر سرطانی نسبت به فلزات سنگین مختلف در: الف) کودکان و ب) بزرگسالان

صورت امکان آب چاه‌های مذکور پس از اختلاط با هم و ترقیق، به روستاها انتقال یابند.

از آنجا که غلظت پایین‌تر از حد مجاز تضمینی بر عدم ریسک غیر سرطانی ایجاد نمی کند، بنابراین شاخص HI در تمامی چاه‌ها محاسبه شده و مشخص گردید که میزان شاخص مذکور کمتر از یک است که بیانگر عدم خطرات غیرسرطانی برای هر دو گروه کودکان و بزرگسالان است و به‌طور کلی کیفیت آب چاه‌های منطقه مناسب ارزیابی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Abedi, M. 2015. Investigation of nitrate and nitrite in drinking water of Gorgan region of Iran via distribution maps in GIS. Master thesis, Semnan University, Semnan, Iran (In Farsi).
2. Baynes, R. E., B. Barlow, S. E. Mason and J. E. Riviere. 2010. Disposition of melamine residues in blood and milk from dairy goats exposed to an oral bolus of melamine. *Food and Chemical Toxicology* 48(8-9): 2542-2546.
3. Covello, V. T. and M. W. Merkhofer. 1993. Risk Assessment Methods: Approaches for Assessing Health and Environmental. Plenum Press, New York, USA.
4. Dastgoshadeh, F., O. Tooni, S. Moghadam Sheikhjan, G. Taghinejad, N. Hemmatian and R. Hatami. 2014. Contamination assessment of heavy metals in dust of selected roads in Karaj, Iran. *Journal of Environmental Studies* 40(2): 331-344.
5. Dekamvand, V. 2017. The Study of Contaminant Elements in Ground Waters, Fars Province. Master thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran (In Farsi).
6. Dong, W., Y. Zhang and X. Quan. 2020. Health risk assessment of heavy metals and pesticides: A case study in the main drinking water source in Dalian, China. *Chemosphere* 242: 125113.
7. Environmental Protection Agency U. S., 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables. EPA 822-F-18-001. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency.
8. Fakhri, Y., A. Mousavi Khaneghah, M. R. Hadiani, H. Keramati, R. Hosseini Pouya, B. Moradi and B. S. da Silva. 2017. Non-carcinogenic risk assessment induced by heavy metals content of the bottled water in Iran. *Toxin Reviews* 36(4): 313-321.
9. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2010. No: 1053. Drinking Water: Physical and chemical specifications. 5th Revision, Tehran, ISIRI.
10. Jafarzadeh, S., R. F. Fard, E. Ghorbani, A. Saghafipour, E. Moradi-Asl and Y. Ghafuri. 2020. Potential risk assessment of heavy metals in the Aharchai River in northwestern Iran. *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C 115: 102812.
11. Karyab, H., M. Yunesian, S. Nasseri, A. H. Mahvi, R. Ahmadkhaniha, N. Rastkari and R. Nabizadeh. 2013. Polycyclic aromatic hydrocarbons in drinking water of Tehran, Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 11(1): 25.
12. Miranzadeh, M. B., A. A. Mahmoodzadeh, M. Hasanzadehand and M. Bigdeli. 2011. Concentrations of heavy metals in Kashan water distribution network in 2010. *Journal of Health* 2(3): 56-66.
13. Mirzabeygi, M., A. Abbasnia, M. Yunesian, R. N. Nodehi, N. Yousefi, M. Hadi A. H. Mahvi. 2017. Heavy metal contamination and health risk assessment in drinking water of Sistan and Baluchistan, Southeastern Iran. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 23(8): 1893-1905.
14. Mohammadi, A. A., A. Zarei, S. Majidi, A. Ghaderpoury, Y. Hashempour, M. H. Saghi and M. Ghaderpoori. 2019. Carcinogenic and non-carcinogenic health risk assessment of heavy metals in drinking water of Khorramabad, Iran. *MethodsX* 6: 1642-1651.
15. Molak, V. 1997. Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management. CRC Press, New York, USA.
16. Organization WH. Guidelines for Drinking-water Quality. fourth edition incorporating the first addendum World Health Organization; 2017. Available online at: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1staddendum/en/
17. Ricolfi, L., M. Barbieri, P. V. Muteto, A. Nigro, G. Sappa and S. Vitale. 2020. Potential toxic elements in groundwater and their health risk assessment in drinking water of Limpopo National Park, Gaza Province, Southern Mozambique. *Environmental Geochemistry and Health* 42(9) 1-13.
18. Saleh, H. N., M. Panahande, M. Yousefi, F. B. Asghari, G. O. Conti, E. Talaee and A. A. Mohammadi. 2019. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of heavy metals in groundwater wells in Neyshabur Plain, Iran. *Biological Trace Element Research* 190(1): 251-261.
19. Sarvestani, R. A. and M. Aghasi. 2019. Health risk assessment of heavy metals exposure (lead, cadmium, and copper) through drinking water consumption in Kerman city, Iran. *Environmental Earth Sciences* 78(24): 714.
20. Shahriyari, J. M. R. Rezaei, H. Kamani and M. H. Sayadi Anari. 2020. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of heavy metals in drinking tap water in Zabol city, Iran. *Journal of Neyshabur University of Medical Science* 8 (3) :59-75
21. USEPA. 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables. In. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2018.
22. Wang, X., T. Sato, B. Xing and S. Tao. 2005. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the Total Environment* 350(1-3): 28-37.
23. Yazdani, J. 2018. Investigation of pollutant toxicity of urban Urmia wastewater on groundwater. Master thesis, Lorestan University, Lorestan, Iran (In Farsi).

24. Zhang, Y., C. Chu, T. Li, S. Xu, L. Liu and M. Ju. 2017. A water quality management strategy for regionally protected water through health risk assessment and spatial distribution of heavy metal pollution in 3 marine reserves. *Science of the Total Environment* 599: 721-731.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 26, No. 2, Summer 2022, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Risk Assessment of Urmia Groundwater Contamination by Heavy Metals of Urban Industrial Effluents

Z. Kolivand and A. Pardakhti[1*]

(Received: February 8-2021; Accepted: September 28-2021)

Abstract

In the past years, by increasing population and water consumption, as well as the high cost of developing surface water resources, the exploitation of groundwater resources has increased significantly. In the current situation, a significant part of the country's water consumption in all sectors of consumption is provided by groundwater sources. On the other hand, the development of industry and the entry of pollutants, including heavy metals, into the groundwater endanger the health of humans. The present research has investigated the non-cancerous risk caused by heavy metals in the groundwater of Urmia plain for both children and adults. This research is based on a descriptive-analytical method based on the available data, in which the concentration of polluting metals obtained from the studies conducted in the fall and winter of 2016 from the number of 12 wells supplying rural drinking water in the Urmia plain has been analyzed. Also, human health risk assessment was measured using the United States Environmental Protection Agency index. The results showed that there are six heavy metals including cadmium, copper, iron, manganese, nickel, and lead in the region's groundwater, among which two of the wells have cadmium and lead values higher than national and international standards. Also, the total non-cancer risk index through ingestion and skin absorption for both children and adults groups was found to be 0.23 and 0.096, respectively, which is less than one, and this indicates that the water quality of the region is suitable for drinking.

Keywords: Risk assessment, Non-carcinogenic, Heavy metals, Groundwater, Urmia plain

1. Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
*: Corresponding author, Email: Alirezap@ut.ac.ir