فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)
سال هشتم، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۷
صص: ۵۱-۴۱

ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی بخشی از روستاهای شمال شرقی شهرستان ماهنشان، بخش دندی، استان زنجان)

محمدصادق علیائی[۱]

استادیار، عضو هیات علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (معاونت پژوهش و فناوری)، تهران، ایران

علی باریکلو

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۵ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۵/۱۸

چکیده

با توجه به آلودگی فزاینده منابع آب و اهمیت پایش مداوم آنها، در این تحقیق نسبت به بررسی جامع عناصر کمیاب و فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی بخشی از شهرستان ماهنشان و بخش دندی، به‌منظور بررسی تأثیر فعالیت‌های معدنی و صنایع وابسته در این منطقه و فعالیت‌های کشاورزی اقدام شد. در طول مدت تحقیق تعداد ۱۲ نمونه در سه تکرار از ۶ حلقه چاه عمیق تأمین کننده آب شرب روستایی انتخاب و فلزات سنگین (سرب، آرسنیک، کادمیوم و کروم) توسط پلاسمای جفت شده القایی (ICP - OES) مورد آنالیز قرار گرفتند و بیشترین سطح آلایندگی با سازمان بهداشت جهانی، رهنمون آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا و استاندارد ملی ایران مقایسه شدند. نتایج اندازه‌گیری‌ها نشان داد از عناصر اندازه‌گیری شده، کم‌تراز سطح مجاز است. همچنین ارزیابی ریسک سلامت انسان‌ها با استفاده از شاخص محیط زیست (EPA) مورد سنجش قرار گرفت. میانگین غلظت فلزات سنگین در فصل بهار برای سرب، آرسنیک، کروم و کادمیوم به ترتیب، ۰/۰۰۰۸۳، ۰/۰۰۰۸۷، ۰/۰۰۲۴ و ۰/۰۰۰۷۹ و در فصل تابستان ۰/۰۰۰۹۰، ۰/۰۰۰۸۴، ۰/۰۰۲۹ و ۰/۰۰۰۸۰ میلی‌گرم بر لیتر بدست آمد. نتایج نشان داد اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده با استاندارد جهانی و ملی وجود ندارد. نتایج ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین سلامت ساکنین منطقه، برای بیماری‌های سرطانزایی ۵- ۱۰×۱۹ و برای بیماری‌های غیر سرطانزایی ۶-۱۰×۴ بدست آمد. نتایج غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده و مقایسه آن با استانداردها (استاندارد ملی ایران، ۱۹۹۷؛ استاندارد سازمان جهانی بهداشت، ۲۰۰۳؛ استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۳) نشان داد که خطری از لحاظ بهداشتی منطقه مورد مطالعه را تحدید نمی-کند.

واژگان کلیدی: ریسک، محیط زیست، فلزات سنگین، بخش دندی، شهرستان ماهنشان

۱- (نویسنده مسئول) msoliaei@gmail.com

مقدمه

امروزه اهمیت آب شیرین و تأثیر به‌سزای 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 ۱/۴ 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 (سبحان اردکانی و همکاران، ۲۰۱۵). امروزه با توجه به کاهش و کمبود نزولات جوی و به تبع آن کمبود منابع آب سطحی قابل شرب و در دسترس، استحصال از منابع آب زیرزمینی بدون توجه به محدودیت‌ها یا نیاز به بازچرخش آن مورد توجه قرارگرفته است (کردوانی، ۲۰۱۲). بنابراین، منابع آب زیرزمینی از جمله مهمترین منابع تأمین آب شرب و کشاورزی محسوب می‌شوند که منبع اصلی تأمین آب شرب بیش از ۱/۵ میلیارد نفر در سرتاسر جهان است (Razban, 2013). فلزات سنگین به‌عنوان یک مساله خطرساز از ابعاد مختلف و به طور جدی می‌توانند زیست انسان و سایر موجودات زنده را به خطر بیاندازند. یکی از عمده‌ترین منابع تولیدکننده این عناصر، سنگ‌های معادن و غبارهای آتشفشانی می‌باشند ولی در کنار این‌ها، انسان خود به اشکال مختلف مانند صنایع رنگرزی، آبکاری فلزات و ... در انتشار فلزات سنگین نقش دارد (Razban, 2013). در دهه‌های اخیر آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های آبی هم در کشورهای در حال توسعه و هم در کشورهای توسعه‌یافته به یک مشکل جهانی تبدیل شده است (ملکی و همکاران، ۲۰۱۰؛ شریعتی و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین، آنچه در حال حاضر بیش از هر مقوله‌ای افکار بشر را به خود جلب نموده است، مسأله آلودگی محیط‌زیست با فلزات سنگین می باشد که به‌دلیل غیرقابل جذب بودن و داشتن اثرات فیزیولوژیکی، در غلظت پایین نیز بر فعالیت و سلامت جانداران تاثیرگذار هستند (سبحان اردکانی و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به صنعتی شدن و افزایش رشد جمعیت، تقاضای آب با کیفیت مناسب روز به روز در حال افزایش است، اگرچه غالب منابع آبی به‌وسیله فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و فاضلاب‌ها آلوده شده‌اند ولی هنوز از منابع آب زیرزمینی به‌دلیل فرآیند طبیعی فیلتراسیون در بافت خاک، به‌عنوان منابع آبی بی‌خطر نام برده می‌شود. بسیاری از عناصر موجود در آب آشامیدنی از جمله آهن، مس، روی، منگنز و غیره وجودشان برای سلامتی انسان ضروری است. با این حال، افزایش غلظت این عناصر و خوردن آنها در مقادیر بیش از حد مجاز ممکن است باعث بروز مشکلات بسیار جدی برای سلامتی بشر شود (محمدی و همکاران، ۲۰۱۴). سازمان مواد سمی و ثبت بیماری‌های ایالت متحده بدلیل آنکه افراد در نتیجه تماس با خاک سطحی آسیب بهداشتی می‌بینند، فهرستی از سایت‌های صنعتی فرآوری فلزات تهییه و گزارش نموده است. غلظت سرب در خون کودکانی که در مناطق آلوده زندگی می‌کنند بالاتر از کودکانی است که خارج از این منطقه زندگی می‌نمایند (Rodenbeck and Crellin, 2008). موارد فوق در حالی است که مسمومیت با سرب و کادمیوم بسیار خطر ناک بوده و شامل آسیب به سیتم عصبی، کلیه و خون می‌باشد و در رابطه با سرب

مسائلی چون کاهش بهره هوشی و سطح یادگیری کودکان را موجب می‌شود (WHO, 2003). تا کنون چندین مطالعه در ضمینه ارزیابی کیفی، بررسی غلظت عناصر و به ویژه فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی در ایران و سایر کشورها انجام شده است (محمدی و اسماعیلی، ۲۰۰۷). رزبان نسبت به بررسی غلظت فلزات سنگین منابع آب زیرزمینی دشت قهاوند طی فصول بهار و تابستان ۱۳۹۱ اقدام کرد و نتیجه گرفت که میانگین غلظت عناصر آرسنیک، روی، سرب و مس در فصول بهار و تابستان به ترتیب برابر ۱/۱۹±۷/۴۹، ۲۰/۰۷±۱۳/۷۲، ۰/۴۴±۲/۳۶، ۲/۰۱±۹/۲۱، ۱/۱۸±۹/۰۳، ۱/۹۲±۷/۱۰، ۰/۶۵±۲/۷۸، ۱/۲۳±۹/۲۸ قسمت در میلیارد و میانگین غلظت همه عناصر مورد مطالعه کمتر از رهنمود WHO می‌باشد (Razban, 2013). سواری و همکاران به بررسی پتانسیل نشت فلزات سنگین و خوردگی در شبکه توزیع آب آشامیدنی اهواز پرداختند. آن‌ها میانگین غلظت فلزات سرب، کادمیم، روی، مس، آهن و منگنز را به ترتیب ۸۴۸/، ۰۹۷/، ۳۱۸۰، ۱۶۸، ۲۵۷ و ۶/ ۳۰ میکروگرم برلیتر در آب بدست آوردند (سواری و همکاران، ۲۰۰۸). در تحقیقی که میران‌زاده و همکاران بر روی غلظت فلزات سنگین در شبکه توزیع شهر کاشان انجام دادند نشان دادند که غلظت فلزات سنگین در آب شبکه توزیع کاشان بالاتر از حد استاندارد ملی و بین المللی نبوده و خطری برای مصرف کنندگان در بر نخواهد داشت (میران زاده و همکاران، ۲۰۱۱). رجایی و همکاران نسبت به ارزیابی مخاطره سلامت فلزات سنگین منابع آب زیرزمین دشت علی آباد کتول طی فصول پاییز ۱۳۸۸ و بهار ۱۳۸۹ اقدام کرده و نتیجه گرفتند که میانگین غاظت عناصر آرسنیک، روی، کادمیوم و کروم در نمونه-های پاییز به ترتیب برابر ۰/۰۰۲۲، ۰/۰۱۴۳، ۰/۰۰۰۰۰۶ و ۰/۰۰۲۵ میلی‌گرم بر لیتر و در نمونه‌های فصل بهار به ترتیب برابر ۰/۰۰۰۹، ۰/۰۰۴۵، ۰/۰۰۶۶، ۰/۰۰ و ۰/۰۰۲۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همچنین بین میانگین غلظت عناصر در نمونه‌ها با استانداردهای ملی و جهانی اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد (رجایی و همکاران، ۲۰۱۲). تحقیق حاضر بدلیل اهمیت زیست‌محیطی و بهداشتی موضوع به بررسی غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی پرداخته است. بنابراین با توجه به توسعه کاربری کشاورزی در منطقه مورد مطالعه، استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی توسط زارعین (عالی‌قدر و همکاران، ۲۰۰۷)، فعالیت‌های معدنی و صنایع وابسته به معدن سرب و روی انگوران در منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) و عدم پاییش عناصر تجمع یافته در منابع آب زیر زمینی منطقه مورد مطالعه به منظور بررسی عوارض مخرب بر سلامت شهروندان، در این مطالعه با هدف ارزیابی کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی این منطقه نسبت به بررسی غلظت فلزات سنگین Pb، Cr، As و Cd به عنوان عناصر غالب در منابع آب زیرزمین اقدام شد.

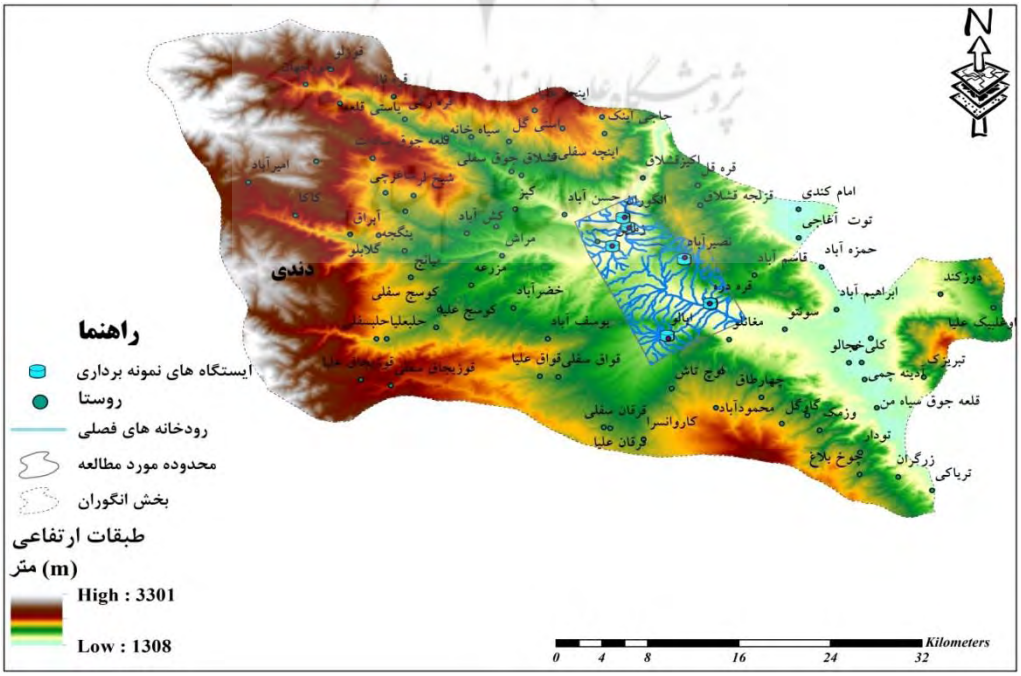
منطقه مورد مطالعه

شهرستان ماهنشان در باختر استان زنجان، یکی از هفت شهرستان استان با مساحت ۴۱۸۰ کیلومترمربع در امتداد ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه طول خاوری و ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی خط استوا با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این شهرستان موقعیت جغرافیایی ویژه و ممتازی از نظر قرارگیری و ارتباط با دیگر نواحی دارد، و از شمال به استان آذربایجان شرقی، از باختر با آذربایجان غربی از جنوب به استان کردستان و از خاور به شهرستان‌های زنجان و ایجرود محدود می‌شود. وضعیت جوی و شرایط اقلیمی منطقه، کوهستانی و شش ماه سال پوشیده از برف دارای آب و هوای به نسبت سردی است. شهرستان

ماهنشان اقلیم خشک و سردی دارد و میانگین بارش سالانه در آن ۲۵۱/۹ میلی‌متر محاسبه شده است (شریعتی و همکاران، ۱۳۹۰). شهرستان ماهنشان یکی از قطب‌های معدنی استان زنجان می‌باشد که از نظر میزان تولید، اهمیت و ارزش و تأثیر در رشد و توسعه استان مقام اول و از نظر میزان ذخیره در رتبه سوم استان قرار دارد. شهرستان ماهنشان دارای بزرگترین معدن سرب و روی خاورمیانه (سرب و روی انگوران)، اولین معدن طلای استان (طلای توزلار)، تنها معدن فعال بور کشور (بر قره گل)، تنها معدن تالک شیست استان، معادن غنی آهن، فلدسپات، نمک، گچ، سنگ‌های تزئینی و ساختمانی، کائولن وخاک‌های صنعتی، مس و سایر اندیس‌های معدنی می‌باشد (پایگاه اطلاع رسانی فرمانداری شهرستان ماهنشان، ۱۳۹۷).

روش‌شناسی

در طول ۳۰ سال فعالیت صنایع معدنی در دشت دندی و انگوران باطله‌های فراوانی با عیارهای مختلف عناصر گاه سمی و خطرناک در زمین‌های مجاور کارخانه‌جات رهاسازی شده‌اند بنابراین در قدم اول باید این میزان ورودی به آب و خاک و منبع آلایندگی مشخص شود (حسنی پاک، ۱۳۸۰). در این پژوهش توصیفی – مقطعی، نمونه‌برداری در ماه‌های اردیبهشت در فصل بهار ۱۳۹۶ و مرداد ماه از فصل تابستان ۱۳۹۶ از ۶ حلقه چاه تأمین کننده آب شرب که در فواصل ۵ تا ۳۰ کیلومتری هم قرارا دارند صورت گرفت و تعداد ۳۶ نمونه آب از ایستگاه‌ها برای سنجش میزان آلودگی فلزات سنگین برداشت شد. نمونه‌برداری از آنها با استفاده از ظروف پلی‌اتیلنی که از قبل توسط اسید نیتریک شسته شده بودند انجام شد در زمان نمونه‌برداری و قبل از برداشت نمونه آب، برای اطمینان پمپاژ آب از سفره آب زیرزمینی ابتدا چند دقیقه صبر کرده سپس ظرف را سه بار با آب چاه شست و شو داده و از هر ایستگاه حدود نیم لیتر آب برداشت شد (رامش و الانگو، ۲۰۱۲). موقعیت‌های ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل (۱): نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در اراضی مورد مطالعه

نقاط نمونه‌برداری در محدوده روستاهای انگوران، زماین، نصیر آباد، آق درق، خانیک و قره درق در اطـراف بخـش دندی واقع شده است و موقعیت جغرافیایی این روستاها در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول (۱): موقعیت جغرافیایی روستاهای مورد بررسی

شماره	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۴۰۵۱۶۳۱/۴۴	۷۳۷۴۴۴/۶۳
۲	۷۳۷۷۹۱/۵۳	۴۰۵۰۶۵۶/۸۸
۳	۷۳۶۶۳۹/۵۷	۴۰۴۷۹۹۲/۸۹
۴	۷۴۱۷۸۳/۸۸	۴۰۴۷۹۹۲/۸۹
۵	۷۴۳۶۶۳/۸۲	۴۰۴۳۷۳۴/۱۹
۶	۷۴۰۸۳۶/۸۲	۴۰۴۰۳۸۳/۸۸

منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۲ جانمایی صنایع معدنی سرب و روی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طـور کـه در شـکل قابـل مشاهده است دلیل انتخاب این منطقه برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی وجود معدن سرب و روی انگوران و صنایع وابسته به آن در این منطقه و بررسی تأثیر بخشی از این فعالیت‌ها بر کیفیت منابع آب زیرزمینی چند روستا در منطقه بود.

شکل (۲): جانمایی صنایع معدنی سرب و روی منطقه (نقاط قرمز رنگ) برروی تصویر ارسالی گوگل، ۲۰۰۹.

منبع: شریعتی و همکاران، ۱۳۹۰

پس از اندازه‌گیری دما و pH نمونه‌ها در محل توسط دستگاه قابل حمل کالیبره، نمونه‌ها بـه منظـور قرائـت غلظـت عناصر در یخدان با دمای پایین نگه‌داری و در اسرع وقت به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه به منظور تثبیت و جلوگیری از رسـوب‌گذاری عناصر محلول در نمونه‌ها، به ۲۵ میلی‌لیتر از نمونه آب، یک میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضـافه و نمونـه بـه مدت ۱۰ دقیقه روی هیتر در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد در زیر هود قرار داده شد. نمونـه‌هـا بـه مـدت ۱۰ دقیقـه بـا دور ملایم (۸۵ دور در دقیقه) بر روی شیکر قرار داده شده و سپس توسط کاغذ صـافی واتمـن شماره ۴۲ صاف شـدند. به منظور قرائت غلظـت عناصـر در نمونـه‌هـا، ابتـدا دسـتگاهICP-OES مـدل 730-ES ساخت شرکت Varian کالیبره شد (سبحان‌اردکانی و همکاران، ۲۰۱۴). در نهایت غلظت فلزات سـنگین بـر حسـب ppb توسط دستگاه پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) در سـه تکـرار قرائـت شـد. بـرای ارزیـابی وضـعیت

عناصر سنگین در منابع آب مورد بررسی از روش ارزیابی ریسک سلامت بر اساس روش آژانس حفاظت محیط زیست (EPA) استفاده شد.

ارزیابی ریسک سلامت

بر طبق آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) برای ارزیابی ریسک سلامت تکنیک‌هایی وجود دارد که می‌توانیم تحت شرایط زیر از آنها استفاده کنیم. این ارزیابی ریسک تحت شرایط مصرف آب در هر روز، می‌تواند در تمام طول عمر انسان یا برای یک دوره مشخص محاسبه گردد. در این تکنیک میانگین آب مصرفی برای نوشیدن حدود ۳ لیتر و میانگین وزن بدن انسان ۷۰ کیلوگرم می‌باشد. بنابراین دوز هر یک از ماده شیمیایی با توجه به مقدار آبی که شخص در هر روز استفاده می‌نماید از معادله زیر بدست می‌آید (EPA, 2003).

$$ADDd = \frac{(DW \times C)}{BW} \quad (۱)$$

ADDd: دوزی که با آب نوشیدنی وارد بدن می‌شود؛ DW: میانگین حجمی آب نوشیدنی روزانه، ۳ لیتر؛C: غلظت موجود در آب به میلی‌گرم بر لیتر؛ BW: وزن بدن، ۷۰ کیلوگرم.

ارزیابی میانگین دوز روزانه به ما اجازه می‌دهد که درک جداگانه‌ایی از هر یک از آلاینده‌های آب داشته باشیم. آنالیز داده‌های هر یک از فلزات منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است.

ارزیابی دوز- واکنش برای ساکنین منطقه

این مرحله از فعالیت‌ها رابطه کمیت بین ریسک و اثرات آن را آشکار می‌سازد مدل خطی پیشنهاد شده از سوی آژانس حفاظت از محیطزیست (EPA) برای ارزیابی ریسک با استفاده از معادله زیر بیان می‌شود:

$$Risk = ADDd \times UR \quad (۲)$$

ADDd، دوز ماده روزانه (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)؛ واحد Ur:واحد ریسک است که به عنوان یک فاکتوری از نسبت ریسک تعیین شده می‌باشد که بستگی به غلظت یا دوز قابل دسترس دارد. واحد ریسک (Ur) بستگی به اثر (سرطانزایی، غیرسرطانزایی) که در این مواد دارد ارزش صحیحی را می‌پذیرد. مقادیر UR برای عناصر مورد بررسی سرب، کروم، آرسنیک و کادمیوم به ترتیب ۰/۰۰۸۵، ۰/۱، ۱/۵ و ۰/۳۸ کیلوگرم – روز در میلی‌گرم برای سرطانزایی و ۰/۰۰۰۰۷۸، ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۰۵ کیلوگرم – روز در میلی‌گرم برای غیرسرطانزایی می‌باشد (EPA, 2003؛ رجایی و همکاران، ۱۳۹۱).

با استفاده از غلظت ترکیبات فلزات موجود در آب و ریسک خطر هر یک از آلاینده‌ها ریسک خطر کل از معادله زیر بدست می‌آید.

$$Risk_{SUM} = 1 - (1 - Risk_1) \times (1 - Risk_2) \ldots \times (1 - Risk_n) \quad (۳)$$

$Risk_{sum}$ (ریسک مجموع): مجموع ریسک هر یک از اثرات می‌باشد. $Risk_1$، $Risk_2$ ریسک غلظت هر یک از آلاینده‌ها به طور جداگانه می‌باشد.

نتایج نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های برداشتی از آب زیرزمینی در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد دامنه تغییرات و میانگین غلظت آرسنیک در دو فصل بین صفر تا ۰/۰۰۲۴ و

۰/۰۰۲۹ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد، همچنین دامنه تغییرات و میانگین غلظت سرب در دو فصل به ترتیب بین صفر تا ۰/۰۰۰۹ و ۰/۰۰۰۶ و دامنه تغییرات و میانگین کروم صفر تا ۰/۰۰۰۸۷ تا ۰/۰۰۰۸۲ بود. دامنه تغییرات و میانگین عنصر کامیوم صفر تا ۰/۰۰۰۷ و ۰/۰۰۰۶ میلی‌گرم بر لیتر بدست آمد.

جدول (۲): نتایج غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در بهار و تابستان و حدود استاندارد مربوط به آنها (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

بهار					تابستان			
ایستگاه	Pb	Cr	As	Cd	Pb	Cr	As	Cd
۱	۰/۰۰۰۶۵	۰/۰۰۰۸۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۹۸	۰/۰۰۰۹۱	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۰۹۸
۲	۰/۰۰۰۵۴	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۹۴	۰/۰۰۰۹۶	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۹
۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۷۴	۰/۰۰۰۹۹۹	۰/۰۰۰۸۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۹۸
۴	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۰۰۹۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۰۰۹۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۰۸۷
۵	۰/۰۰۰۵۱	۰/۰۰۰۹۳	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۸۷	۰/۰۰۰۹۳	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۶۵
۶	۰/۰۰۰۵۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۷۵	۰/۰۰۰۶۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۴۷
میانگین	۰/۰۰۰۸۳	۰/۰۰۰۸۰	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸۴	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۰۸
استاندارد ملی ایران، ۱۹۹۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۰۵
استاندارد سازمان جهانی بهداشت، ۲۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۰۳
استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۳	۰/۰۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵	۰/۰۰۵

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج ذکر شده در جدول ۲ غلظت فلزات سنگین در فصل بهار آرسنیک فراوان‌ترین فلز و بعد از آن به ترتیب فلزات سرب، کروم و کادمیوم قرار گرفتند. در فصل تابستان این نسبت‌ها با کمی تغییر آرسنیک مجدداً فراوان‌ترین فلز و کروم، سرب و کادمیوم به ترتیب از بیشترین تا کمترین غلظت را به خود اختصاص دادند. نتایج غلظت فلزات نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین چاه‌ها وجود ندارد.

نتایج مندرج در جدول ۳ بیانگر آن است که در نمونه‌های آب فصل بهار هیچ گونه همبستگی مثبت و معنی‌دار از نظر آماری وجود ندارد.

جدول (۳): نتایج آزمون پیرسون برای بررسی همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب فصل بهار

	Pb	Cr	As	Cd
Pb	۱			
Cr	۰/۴۶۷	۱		
As	۰/۷۹۷	۰/۲۷۱	۱	
Cd	۰/۶۰۷	۰/۵۸۸	۰/۵۴۳	۱

نتایج مندرج در جدول ۴ بیانگر آن است که در نمونه‌های آب فصل تابستان فقط بین عناصر سرب و کادمیوم با ضریب همبستگی ۰/۹۱ = rو سطح معنی‌داری ۰/۰۱ > P همبستگی مثبت و معنی‌دار از نظر آماری وجود دارد.

جدول (۴): نتایج آزمون پیرسون برای بررسی همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب فصل تابستان

	Pb	Cr	As	Cd
Pb	۱			
Cr	۰/۶۶۹	۱		
As	۰/۶۳	۰/۲۶	۱	
Cd	۰/۹۱۸**	۰/۷۴۶	۰/۵۵۳	۱

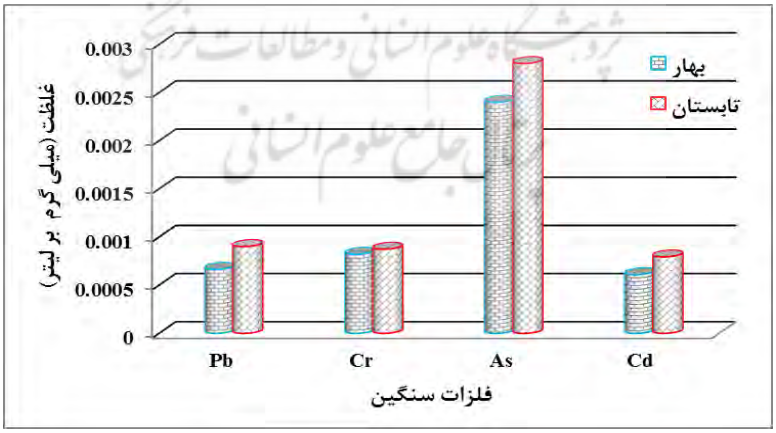
منبع: یافته‌های پژوهش

****همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱**

نتایج میزان غلظت فلزات سنگین با استانداردهای آب آشامیدنی مقایسه گردید و نشان داد که غلظت فلزات سنگین پایین‌تر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی (WHO)، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و استاندارد ملی

می‌باشد. بنابراین منابع آب آشامیدنی چاه‌های موجود در منطقه از نظر فلزات سنگین منابع مطمئنی هستند و به دلایل مختلف از جمله ترکیبات زمین‌شناسی منطقه، عدم یا کاهش نفوذ فاضلاب‌های شهری و روستایی به منابع آب، شرایط جغرافیایی و محیط حاکم بر منطقه و غیره در معرض آلودگی به فلزات سنگین نیستند (Graves et al, 2004). تحقیقات گین و همکاران نشان داد که غلظت‌های فلزات سنگین در طول زمان تغییر می‌کند و مشخص شد چاه‌های موجود در یک محل می‌تواند بطور گسترده‌ای دارای غلظت‌های متفاوتی از فلزات باشند. در واقع غلظت فلزات سنگین در چاه‌ها، مرتبط با محل و عمق چاه‌ها بوده و در چاه‌های کم – عمق‌تر در نواحی مشخص زمین-شناسی غلظت بالاتر بوده است (Giben et al, 2003). مطالعاتی که عالی‌قدر و همکاران بر روی میزان غلظت فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شهر اردبیل انجام دادند نشان داد که غلظت این فلزات در آب این شهر فراتر از حد استاندارد نبوده است (عالیقدر و همکاران، ۲۰۰۷). مطالعه محمدیان و همکاران بر روی غلظت فلزات سنگین در آب چاه‌های مجاور کارخانه سرب و روی زنجان نشان داده است که غلظت سرب و روی در هیچ یک از نمونه‌ها از استاندارد ملی فراتر نبوده است ولی غلظت سرب و کادمیوم به ترتیب در ۵۹ و ۵۳ درصد نمونه‌ها بیشتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی بوده است (محمدی و همکاران، ۲۰۰۸). باسکارداس و همکاران، در ارزیابی آلودگی آرسنیک در آب‌های زیرزمینی در غرب بنگال، هند و بنگلادش اعلام کردند که از ۱۹ بخش غرب بنگال ۹ بخش، آرسنیک فراتر از استاندارد بین‌المللی ۵۰ میکروگرم بر لیتر بوده و ۵ بخش بین ۱۰ تا ۵۰ میکرو گرم بر لیتر می‌باشد (Bhaskar D et al, 2009). نتایج مطالعه حاضر در خصوص فلزات سنگین نشان‌دهنده آن است که مقدار اندازه‌گیری شده فلزات نسبت به مقدار استاندارد ملی و جهانی در حد مطلوب بوده و غلظت فلزات در هیچ یک از چاه‌ها فراتر از حد مجاز استاندارد نبوده است.

نمودار درصد فراوانی فلزات سنگین در طول دوره نمونه‌برداری (شکل ۳) حاکی از آن است که آرسنیک فراوان‌ترین فلز سنگین در منطقه بوده و بعد از آن به ترتیب فلزات سرب، کروم و کامیوم قرار گرفتند.



شکل ۳: نمودار میانگین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در فصل بهار و تابستان

در جدول ۵ محاسبات ارزیابی ریسک برای هر یک از فلزات نشان داده شده است بر اساس این جدول مشخص می‌شود که با توجه به غلظت فلزات در آب سرب کمترین تأثیر و آرسنیک بیشترین تأثیر را در ریسک سرطانزایی انسان‌ها دارد. ترتیب قرار گرفتن فلزات و شدت اثرات آنها بدین صورت می‌باشد آرسنیک >کروم > سرب > کادمیوم. همچنین جدول ۲ در مورد تأثیر فلزات سنگین بر بیماری‌های غیرسرطانزایی نشان می‌دهد که آرسنیک

بیشترین و سرب کمترین تأثیر را دارد. ارزیابی ریسک سلامت برای بیماری سرطانزایی در فصل بهار ۱۹×۱۰^{-۵} و در فصل تابستان ۱۸×۱۰^{-۵} بدست آمد.

جدول (۵): محاسبه ریسک سرطانزایی و غیر سرطانزایی فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی مورد بررسی

	فصل بهار				فصل تابستان			
	عناصر مورد بررسی				عناصر مورد بررسی			
پارامترهای مورد بررسی	Pb	Cr	As	Cd	Pb	Cr	As	Cd
ADDd	۲۹×۱۰^{-۶}	۳۵×۱۰^{-۶}	۱۲×۱۰^{-۵}	۲۶×۱۰^{-۶}	۳۹×۱۰^{-۶}	۳۷×۱۰^{-۵}	۱۲×۱۰^{-۵}	۳۴×۱۰^{-۶}
Risk $_{Cancer}$	۲×۱۰^{-۷}	۴×۱۰^{-۶}	۱۸×۱۰^{-۵}	-	۷×۱۰^{-۶}	۳×۱۰^{-۶}	۹۶×۱۰^{-۵}	-
Risk $_{Un\ Cancer}$	۱×۱۰^{-۹}	۱۵×۱۰^{-۸}	۲۷×۱۰^{-۸}	۱۲×۱۰^{-۹}	۳×۱۰^{-۸}	۱۸×۱۰^{-۸}	۳۶×۱۰^{-۸}	۱۷×۱۰^{-۹}
	Risk $_{sum}$				Risk $_{sum}$			
Cancer[1]	۱۸×۱۰^{-۵}				۱۹×۱۰^{-۵}			
Un Cancer[2]	۱×۱۰^{-۷}				۴×۱۰^{-۶}			

منبع: یافته‌های پژوهش

۱: سرطانزایی

۲: غیر سرطانزایی

ارزیابی ریسک برای بیماری‌های غیرسرطانزایی در فصل بهار ۴×۱۰^{-۵} و در فصل تابستان ۱×۱۰^{-۶} بدست آمد. مووموت و سینزینیس در تحقیقی که بر روی ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین منطقه‌ای از روسیه انجام دادند ارزیابی ریسک فلزات سنگین را برای بیماری‌های سرطانزایی $۳/۹۵ \times ۱۰^{-۵}$ و برای بیماریهای غیرسرطانزایی $۳ \times ۱۰^{-}$ ۰/۹۸ بدست آوردند (مووموت و سینزینیس، ۲۰۰۵). رجایی و همکاران، در مطالعه‌ای در منطقه علی‌آبادکتول، بیان کردند که منابع آب‌زیرزمینی منطقه، منابع مطمئنی بوده و آلوده به فلزاتسنگین نمی‌باشد و تهدیدی برای مصرفکنندگان به وجود نمی‌آورد. همچنین نتایج ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین ارزیابی ریسک سلامت برای بیماری‌های سرطانزایی و بیماری‌های غیرسرطانزایی منطقه مورد مطالعه در طول دوره تحقیق به ترتیب $۲/۳۲ \times ۱۰^{-۴}$ و $۲/۵۳ \times ۱۰^{-۴}$ فرد بدست آمد. مقایسه نتایج ارزیابی ریسک دو مطالعه نشان می‌دهد آلودگی فلزاتسنگین منطقه علی‌آبادکتول نسبت به منطقه مورد مطالعه در روسیه کمتر است در نتیجه ارزیابی ریسک آن کمتر می‌باشد (رجایی و همکاران، ۱۳۹۱).

نتیجه‌گیری و دستاوردهای پژوهش

گام اول در ارزیابی گستردگی و شدت آلودگی فلزات سنگین در منابع آب، تعیین غلظت فلزات می‌باشد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر در بخشی از اراضی شمال شرقی منطقه دندی در شهرستان ماهنشان زنجان، منابع آب زیرزمینی منطقه، منابع مطمئنی بوده و آلوده به فلزات سنگین نمی‌باشد و تهدیدی برای مصرف کنندگان به وجود نمی‌آورد همچنین نتایج ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین برای بیماری‌های سرطانزایی و غیرسرطانزایی در طول دوره تحقیق به ترتیب ۱۸×۱۰^{-۵} و ۱×۱۰^{-۶} فرد بدست آمد. با استناد به نتایج محاسبه ارزیابی ریسک سلامت و همچنین، مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد بررسی در نمونه‌های مورد بررسی در نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد بررسی با استاندارد سازمان جهانی بهداشت، استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و

استاندارد ملی ایران، در حال حاضر منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه آلوده بـه فلـزات سـنگین مـورد بررسـی نیست.

منابع

پایگاه اطلاع رسانی فرمانداری شهرستان ماهنشان، ۱۳۹۷، (https://ostandari-zn.ir/mahneshangov).

حسنی پاک، علی اصغر (۱۳۸۰). اصول اکتشافات ژئوشیمیایی. تهران. انتشارات دانشگاه تهران: ص ۱۳۶.

دبیری، مینو (۱۳۹۴)، آلودگی محیط زیست (هوا، آب، خاک و صدا). انتشارات اتحاد: ص ۱۵۸.

رجایی قاسم، پورخباز عای رضا، حصاری مطلق سمانه، (۱۳۹۱). ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین منابع آب زیرزمینـی دشـت علـی آبادکتول. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، سال ۴، شماره ۲، صص ۱۶۲-۱۵۵.

سبحان اردکانی سهیل، جمالی مریم، معانی جو محمد، (۱۳۹۳). بررسی غلظت آرسـنیک، روی، کـروم و منگنـز در منـابع آب زیـرزمینـی دشت رزن و تهیه نقشه پهنه‌بندی عناصر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه علوم و تکنولـوژی محـیط زیسـت، سال ۱۶، شماره ۲، صص ۳۷-۲۵.

سبحان اردکانی سهیل، رزبان سیده شیما، معانی جو محمد، (۱۳۹۳). ارزیابی برخی از فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی دشت قهاونـد همدان سال (۱۳۹۵). ماهنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، سال ۱۸، شماره ۶، صص ۳۴۸-۳۳۹.

سبحان اردکانی سهیل، معانی جو محمد، اسدی هاله، (۱۳۹۳). بررسی غلظت سرب، کادمیوم، مس و منیزیم در منابع آب زیرزمینی دشـت رزن، مجله پزشکی بالینی ابن سینا، سال ۲۱، شماره ۴، صص ۳۲۹-۳۱۹.

سواری جاسم، جعفرزاده حقیقی فرد نعمت‌اله، حسنی امیرحسام، شمس خرم آبادی قدرت‌اله، بررسـی پتانسـیل نشـت فلـزات سـنگین و خوردگی در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز، (۱۳۸۶). مجله آب و فاضلاب، سال ۱۸ شماره ۴، صص ۲۴-۱۸.

شریعتی شهرام، آقا نباتی سید علی، موسوی حرمی سید رضا، مدبری سروش، آدابی محمد حسین، (۱۳۹۰). بررسی میزان آلایندگی ناشـی از صنایع معدنی و فرآوری سرب و روی بر آب و خاک منطقه انگوران- دندی. مجله علوم زمین، سال ۲۱، شـماره ۸۱، صـص ۴۵-۵۴.

عالی قدر مرتضی، حضرتی صادق، قنبری محسن، (۱۳۸۶). اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در منابع آب آشـامیدنی شـهر اردبیـل سـال (۸۵-۸۴)، دهمین همایش ملی بهداشت محیط، همدان. صص ۱۲۵ - ۱۲۹.

کردوانی پرویز، (۱۳۹۱). منابع آب و منابع آب در ایران: آب‌های سطحی و زیرزمینی و مسائل بهره برداری از این منـابع. تهـران. دانشـگاه تهران: ص ۴۲۰.

محمدی علی اکبر، محوی امیر حسین، عمویی عبدالایمان، فلاح سیده حوریه، اصغر نیـا حسـینعلی، خفاییـه علـی اکبـر، ارزیـابی کیفیـت فیزیکی وشیمیایی آب‌های زیرزمینی قابل شرب مناطق روستائی شهرسـتان خـواف، (۱۳۹۲). ماهنامـه علمـی پژوهشـی طلـوع بهداشت یزد، سال ۱۲، شماره ۴، ص ۱۹۸.

میران زاده، محمدباقر، محمودزاده، حسن زاده، بیگدلی، (۱۳۹۱). بررسی غلظت فلزات سنگین در شبکه توزیع آب شـهر کاشـان در سـال ۱۳۸۹. مجله سلامت و بهداشت، سال ۲، شماره ۳، صص ۶۶-۵۶.

Aghazadeh, N. Mogaddam AA. (2011).Investigation of hydrochemical characteristics of groundwater in the Harzandat aquifer, Northwest of Iran. Environ Monit Assess. 176: 183-95.

Bhaskar, D. Mohammad, MR. Bishwajit, N. (2009). Ground water Arsenic Contamination, Its Health Effects and Approach for Mitigation in West Bengal, India and Bangladesh, Water Qual Expo Heal, 1(1): 5-21.

Buragohain, M. Bhuyan, B. Sarma, HP. (2010). Seasonal variations of lead, arsenic, cadmium and aluminium contamination of groundwater in Dhemaji district, Assam, India. Environ Monit Assess, 170: 345-51.

EPA. (2003). National Primary Drinking Water Standards. US. Environmental Protection Agency. Available from: http://www.epa.gov/safewater.

Geen, V. Zheng, Y. Versteeg, R. (2003). Spatial variability of arsenic in 6000 tube wells in a 25 km2 area in angeladesh, Water Resou Resea, 39(5): 1140-1156.

Graves, GA. Wan, Y. Fike, DL. (2004). Water quality characteristics of storm water from major land uses in south Florida, J of American Water Resour Associa, 40(6): 1405-1419.

ISIRI. (1997). Specifications for Drinking Water. 4th ed.Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

Malik, N. Biswas, AK. Qureshi, TA. Borana, K. Virha, R. (2010). Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal. Environ Monit Assess, 160(1-4): 267-76.

Momot, O. Synzynys, B. (2005). Toxic Aluminium and Heavy Metals in Groundwater of Middle Russia: Health Risk Assessment, Environ Resea and Pub Heal, 2(2): 214-218.

Muhammad, S. Tahir Shah, M. Khan, S. (2011). Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. Microchem J, 98(2): 334-43.

Ramesh, K. Elango, L. (2012). Groundwater quality and its suitability for domestic and agricultural use in Tondiar river basin, Tamil Nadu, India. Environ Monit Assess, 184: 3887-99.

Rodenbeck, SE. Crellin, JR. (2008). Public Health Assessment.Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Available from: http://atsdr.cdc.gov/HAC/ PHA/zinc/nzc_p3.html.

Shariati, F. Esmaili Sari, A. Mashinchian Moradi, A. Pourkazemi, M. (2012). Metal bioaccumulation in Persian sturgeon after sublethal exposure. Int J Marine Sci Eng, 2(1): 81-90.

U.S.Environmental Protection Agency (EPA). (2003). Ground water & Drinking water Contaminantes and MCLs.: 84.

WHO. (2003). Guidelines for drinking water quality, 3 rd ed.Geneva: World Health Organization: 38.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی