Sustainable Urban & Regional Development Studies Quarterly

Volume 5, Issue 4 - Serial Number 18, Winter 2025 **Online ISSN: 2783-0764**
Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_220234.html?lang=en

Investigating the level of water pollution in areas of alteration and mineralization (Case study: Northwest of Meshginshahr)[1]

Alireza Saffari[1], Seyyed Ghafoor Alavi*[2]
1 PhD student in Economic Geology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Earth Sciences, Economic Geology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received Date: 02 November 2024 **Accepted Date:** 01 February 2025

Abstract

Background and Aim : Water is one of the most important and fundamental factors for the life of living organisms, in this regard, one of the most important categories that affects it is alteration and mineralization. In this regard, the soils of the northwest of Meshginshahr, which have been exposed to mineralization and alteration processes, contain large amounts of toxic and heavy elements that affect the water quality of this region. On this basis, the aim of the present study is to study the level of contamination of water in wells, springs and rivers by heavy metals in alteration and mineralization areas in the northwest of Meshginshahr.

Methods and Material: In the present study, library and field studies have been used as needed. Based on these data, a hydrographic map of the region was prepared using topographic maps (1:250,000, 1:50,000) and aerial photographs (1:20,000). In the following work process, water sampling was carried out from 3 sources: wells, springs and rivers, and existing standards (WHO) were used for chemical analysis of these samples. In this regard, sampling was carried out from 20 points of wells, springs, waterways and the Qara Su River in altered and non-altered areas.

Results and Findings: Studies conducted based on the Piper, Wilcox, Schuler diagrams and also the Stiff diagram showed that most of the waters in the study area are undesirable, non-potable and harmful for agriculture. The Langier coefficient also indicates very high sedimentation to corrosion. Another part of the research findings was based on the geochemical behavior of the elements (iron, arsenic, copper, molybdenum, lead, antimony and zinc). Studies conducted in this regard also showed that in most cases the waters under study contain more elements than the permitted limit and the declared standard. However, regarding the lead element, all the water samples in the area have a desirable quality compared to the recommended standard for irrigation.The results obtained from the chemical analysis of the waters in the studied area show that the groundwater of the alteration areas is mainly sulfated, magnesium and calcium, and with the intensification of alteration, the amount of earth elements and strong acids also increases. Most of the waters of the mineralization and alteration areas are among the undesirable and poorly known waters and are also harmful for drinking and agriculture. The high content of sulfate ions, low pH and high corrosiveness of these types of waters are among the factors that make them undesirable. Considering the pollution that has occurred in the surface and groundwater of the area, the purification of drinking water for the residents of the area can play an effective role in reducing the transfer of toxic metals to the biological cycle.

Keywords: Water, alteration, mineralization, environment, soil, Meshginshahr.

[1]This article is an extracted from a Ph.D Thesis titled "Investigation of the geochemical mineralization and alteration of intrusive masses in the Meshginshahr region and their role in environmental pollution" first author, supervisors: second author, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

* **Correspong Author Email :**Seyyed Ghafoor Alavi

Cite this article: Alavi, S. G. and Saffari, A. (2025). Investigating the level of water pollution in areas of alteration and mineralization (Case study: Northwest of Meshginshahr). Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 5(4), 347-362.

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

دوره ۵، شماره ٤، شماره پیاپی ۱۸، زمستان ۱٤۰۳ شاپا:۰۷٦٤-۲۷۸۳

Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_220234.html?lang=fa

بررسی میزان آلودگی آب در مناطق دگرسانی و کانی سازی (مطالعه موردی: شمال غرب مشگین شهر)[1]

علیرضا صفاری[1] ، سید غفور علوی[2*]

۱. دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲. استادیار گروه علوم زمین، زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: آب از پراهمیت‌ترین و بنیادی‌ترین عوامل حیات موجودات زنده است، در این خصوص یکی از مهم‌ترین مقوله‌هایی که آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد دگرسانی و کانی‌سازی می‌باشد. در این راستا خاک شمال غرب مشگین شهر که در معرض فرآیندهای کانی‌سازی و دگرسانی قرار گرفته اند، حاوی مقادیر زیادی عناصر سمی و سنگین هستند که بر کیفیت آب این منطقه اثر می‌گذارد. بر این مبنا هدف پژوهش حاضر مطالعه میزان آلودگی آب موجود در چاه، چشمه و رودخانه توسط فلزات سنگین در مناطق دگرسانی و کانی‌سانی در شمال غرب مشگین‌شهر می‌باشد.

روش شناسی: در پژوهش حاضر به فراخور نیاز از مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی بهره برده شده است. بر اساس این داده ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰،۱:۲۵۰۰۰۰) و مطالعه عکس‌های هوایی (۱:۲۰۰۰۰) نقشه هیدروگرافی منطقه تهیه شد. در ادامه فرآیند کار نیز به نمونه‌برداری آب از ۳ منبع چاه، چشمه و رودخانه پرداخته شده و جهت آنالیز شیمیایی این نمونه‌ها از استانداردهای موجود (WHO) استفاده شد. در این خصوص از ۲۰ نقطه از منابع چاه، چشمه، آبراهه و رودخانه قره سو در مناطق دگرسانی و غیر دگرسانی به صورت موردی نمونه‌برداری انجام شد..

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: بررسی‌های به عمل آمده بر اساس نمودار پایپر، ویلکوکس، شولر و همچنین نمودار استیف نشان داد اغلب آب‌های منطقه مورد مطالعه در زمره آب‌های نامطلوب و غیرقابل شرب و مضر برای کشاورزی هستند. ضریب لانژیه نیز بیانگر رسوب‌دهندگی تا خورندگی بسیار بالا می‌باشند. بخش دیگر یافته‌های پژوهش نیز مبتنی بر رفتار ژئوشیمیایی عناصر (آهن،آرسینک، مس، مولیبدین، سرب، آنتیموان و روی) بوده است. بررسی‌های به عمل آمده در این خصوص نیز نشان داد در اغلب موارد آب‌های مورد مطالعه دارای عناصر بیشتری نسبت به حد مجاز و استاندارد اعلام شده می‌باشند. این در حالی است در خصوص عنصر سرب تمامی نمونه‌های آب منطقه در مقایسه با استاندارد توصیه شده جهت آبیاری از کیفیت مطلوب برخوردارند. نتایج به دست آمده از تجزیه شیمیایی آب‌ها در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که آب‌های زیرزمینی مناطق دگرسانی عمدتاً سولفاته، منیزیمی و کلسیمی هستند و با تشدید دگرسانی میزان عناصر خاکی و اسیدی¬های قوی نیز افزایش می‌یابد.. اغلب آب‌های مناطق کانی‌سازی و دگرسانی در زمره آب‌های نامطلوب و بد شناخته شده و جهت شرب و کشاورزی نیز مضر هستند.

کلید واژه ها: آب، دگرسانی، کانی‌سازی، زیست‌محیطی، خاک، مشگین شهر.

---

۱. این مقاله مستخرج از رساله دکتری تحت عنوان"بررسی کانی‌سازی و دگرسانی ژئوشیمیایی توده‌های نفوذی منطقه مشگین شهر و نقش آن ها در آلودگی محیط زیست" نویسنده اول، استادراهنما:نویسنده دوم دانشگاه تبریز، تبریز، ایران است.

* **نویسنده مسئول** : ghafour_alavi@tabrizu.ac.ir

ارجاع به این مقاله: علوی, سید غفور و صفاری, علیرضا . (۱۴۰۳). ۲۳.بررسی میزان آلودگی آب در مناطق دگرسانی و کانی سازی (مطالعه موردی: شمال غرب مشگین شهر). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای, ۵(۴), ۳۴۷-۳۶۲.

مقدمه و بیان مسأله

آلودگی محیط زیست یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که سلامت و امنیت غذایی جامعه را تهدید می‌کند (Cai et al,2012). توسعه صنایع و فعالیت‌های انسانی عامل اصلی این مشکلات می‌باشد (صفاری و همکاران،۱۰۰۷:۱۴۰۱). آلودگی آب به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر محیط اطراف و تنوع زیستی جانداران اثر می‌گذارد. این نوع آلودگی علاوه بر اثرات زیست‌محیطی مخربی که دارد با نفوذ به زنجیره غذایی انسان، مشکلات بهداشتی و اجتماعی فراوانی را به وجود می‌آورد و خسارات قابل توجهی را به اقتصاد ملی تحمیل می‌نماید (غبیشاوی و همکاران،۱۴۰۰).

آلودگی ناشی از آب یکی از مهم ترین تهدیدهای جدی پیش روی بسیاری از کشورها است که از تخلیه پسماندهای صنعتی در آب‌ها یا مصرف کود و سموم شیمیایی کشاورزی به وجود می‌آید(شایان یگانه و همکاران، ۱۴۰۰). آب یکی از منابع حیاتی است که به طوربالقوه بر تمامی جنبه‌های زندگی روزمره تاثیر می‌گذارد دسترسی به آب آشامیدنی سالم یکی از شاخص‌های بهداشتی تعیین شده توسط سازمان جهانی بهداشت و مورد توجه مسئولین ذیربط جوامع مختلف می‌باشد. امروزه برر سی‌های کیفی آب، دامنه‌ی گ سترده تری پیدا کرده و م سائل مربوط به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را نیز شامل می‌گردد. یکی از چالش‌های اساسی و مهم در زمینه‌های زیست محیطی، افزایش تدریجی و یا تجمع غلظت فلزات سنگین در غلظت بالا به سبب عدم تجزیه آنها در محیط می‌باشد (Lasata,2003).

منابع آلودگی، ا ساساً به دو گروه زمین زاد و انسان زاد تقسیم‌بندی می شوند. منابع زمین زاد شامل آلودگی‌های نا شی از سازندهای زمین‌شناسی، چشمه‌های معدنی، منابع آب شور و لب شور است و از آلودگی‌های انسان زاد می‌توان به فعالیت‌های صنعتی، حمل و نقل، مصرف کودهای کشاورزی، فعالیت‌های معدنکاری و پسماندها و پساب‌ها اشاره کرد (خاک منبع طبیعی فلزات سنگین و دیگر عناصر شیمیایی است و فعالیتهای بشری نیز موجب افزایش چند برابری غلظت فلزات سنگین در خاک (Chandrasekaran et al, 2015) و یک تهدید روزافزون برای سلامتی و همین طور کاهش کیفیت محیط‌زیست انسانی می‌باشد (Igwe and Abia,2006). آلودگی فلزات سنگین از مهمترین معضلات جهانی آلودگی خاک می‌باشد که با فعالیت‌های انسانی از قبیل معدنکاوی، صنایع فلزی و شیمیایی، وسایل نقلیه فرسوده و غیره در ارتباط است(Colin,1995). از طرف دیگر کانی‌سازی و دگرسانی‌های حاصل از آنها، تغییرات مهمی را در ترکیب شیمیایی و کانی شناسی سنگ‌های اولیه به وجود می‌آورد و باعث آزاد سازی و تمرکز برخی از عنا صر فلزی سمی و سنگین در محیط می شود. لذا در چنین مناطقی گسترش و پراکندگی عناصر سمی در منابع آب، خاک و گیاه و ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی دور از انتظار نیست. بنابراین تخریب سنگ‌های مناطق کانی سازی و دگرسانی می‌تواند به عنوان مرکزی برای آلودگی‌های غیرمتمرکز طبیعی تلقی شود از آنجا که زون قره داغ- طارم در شمال غرب کشور به عنوان یک زون فلززایی (دارای مناطق کانی سازی و دگرسانی‌های وسیع) مطرح است و در برخی از مناطق آن نیز فعالیت‌های معدنی وسیعی انجام گرفته و یا در حال انجام است، بررسی امکان آلودگی این گونه مناطق از دیدگاه زیست محیطی و م شکلات به وجود آمده در منابع آبی و خاکی آنها ضروری به نظر می‌ر سد ، چرا که فلزات سنگین و سمی نهایتاً در خاک تجمع یافته و از طریق گیاهان و یا آب وارد چرخه غذایی دام و ان سان می شوند در منطقه معدنی شمال مشگین شهر به عنوان بخشی از زون قره داغ- طارم مطالعات معدنی و زمین شناسی زیادی انجام گرفته و نتایج به د ست آمده وجود کانی سازی مس، سرب، روی، کبالت، نیکل، طلا و نقره را نیز تایید کرده ا ست، همچنین برا ساس داده‌های به د ست آمده گ سترش و نوع زون‌های کانی سازی و دگر سانی و همچنین هاله‌های اولیه و ثانویه مربوط به عنا صر فلزی تعیین شده است(سازمان صنایع و معادن استان اردبیل، ۱۳۸۱).

مطالعات زیادی در ایران و در سایر نقاط جهان در خصوص آلودگی آب صورت گرفته است. در ادامه به گزیده‌ای از آنها ا شاره می‌گردد:

حاجی زاده و همکاران (۱۳۸۵)، آب‌های زیر زمینی منطقه فیروز آباد شاهرود را از دیدگاه زیست محیطی مورد ارزیابی قرار داده و به این نتیجه ر سیده‌اند که ترکیب سنگ شناسی افیولیت‌ها بر کیفیت آب‌های منطقه تاثیر منفی دا شته است. سبحان اردکانی (۱۳۹۵) آلودگی آر سینک، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز را در منابع آب زیرزمینی دشت رزن همدان طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۱ بررسی کرد. میانگین مقادیر شاخص‌های HPI،Cd و HPI در فصل بهار به ترتیب ۳/۵۴-

، ۴۵/۰۷ و ۳/۵۹ و بسیار کمتر از آستانه خطر شاخص‌ها بود. نجاتی جهرمی و همکارن (۱۳۹۶) در پژوهشی به ارزیابی منابع آب زیرزمینی آبخوان ورامین از نظر قابلیت شرب؛ آلودگی با فلزات سنگین پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد غلظت میانگین کادمیم در دوره‌های خشک و تر به ترتیب برابر ۷/۵ و 8 µg/Lو غلظت میانگین سرب آب‌های زیرزمینی دشت ورامین برابر 12/5 µg/Lکه بیشتر از مقدار مجاز شرب هستند.

تحلیل همبستگی پیرسون (Pearson correlation analysis) داده‌های کیفی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت ورامین، همبستگی قوی در میان برخی از جفت فلزات سنگین همانند Pbو Coبا Cd، Cuو Mnرا نشان می‌دهد که نمایانگر منابع مشترک آلودگی، وابستگی متقابل و رفتار یکسان در طول حرکت آن فلزات در محیط آبخوان است. نتایج به‌دست آمده از بررسی شاخص‌های ارزیابی فلزات سنگین (HEI)و شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI)موید آن است که آلودگی آبخوان ورامین نسبت به فلزات سنگین در اکثر بخش‌ها خطرناک نیست، اما در بخش‌هایی تغییرات شدید در غلظت برخی فلزات قابل مشاهده است. جعفری و حسن زاده (۱۳۹۸) به ارزیابی کیفیت بوم شناسی تالاب انزلی از نظر فلزات سنگین آب با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد ارزش عددی شاخص HPI، در محدوده ۳/۵۹-۲۳/۳ با میانگین ۹۷/۲۷ تعیین شد که این میانگین نشان دهنده سطح آلودگی متوسط فلزات سنگین در تالاب انزلی است. شاخص (HPI) در قسمت شرقی تالاب انزلی و منطقه پیربازار، آلودگی شدید و خطر بوم شناسی فلزات سنگین و در منطقه آب کنار وضعیت مطلوب بوم شناسی را نشان داد. کم قرار دارد که نیازمند توجه ویژه بر کیفیت آب این تالاب به‌منظور جلوگیری از آلودگی آن است.

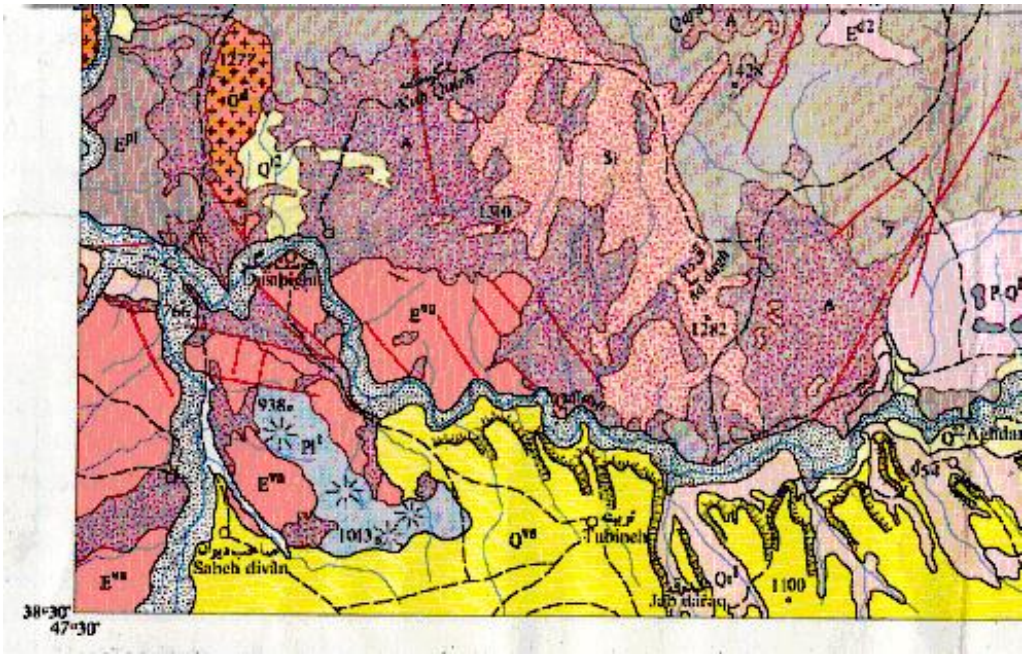
نورا و همکاران (۲۰۰۵)، توزیع مقدار عنصر آرسنیک را در خاک و محصولات کشاورزی، به منظور اندازه گیری میزان تأثیر آبیاری با آب‌های زیرزمینی غنی از آرسنیک بر روی سیستم خاک-گیاه و نیز میزان تأثیر آن بر سلامتی انسان و محیط زیست، مورد بررسی قرار داده اند. این مطالعه در دلتای بنگال که یک ناحیه کشاورزی با کاربرد شدید کودهای شیمیایی است، انجام گرفته و نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که آبیاری بیش از اندازه محصولات کشاورزی (برنج و گندم) با آب زیرزمینی که محتوی بیش از ۵۰۰ میکروگرم بر لیتر آرسنیک است، سبب غنی شدن خاک‌های لایه های فوقانی به میزان چهار برابر مقدار زمینه شده است. چیو من و جیو (۲۰۰۶)، غلظت عناصر فلزی سنگین و کمیاب را در آب‌های زیر زمینی دامنه‌های طبیعی و مناطق شهری هنگ کنگ مطالعه کرده و تاثیرات سوء مس را مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

بررسی سوابق تحقیق بیان کننده این مطلب است که مراکز متمرکز و غیر متمرکز می‌توانند در تغلیظ عناصر سمی فلزی، شبه فلزی و غیر فلزی در منابع آب موثر باشند و با وارد کردن این عناصر به چرخه زیستی، اثرات سوء زیست محیطی زیادی را به وجود آورند. این اثرات زمانی که در مناطق غیر متمرکز معدنی و به ویژه با فعالیت‌های استخراج و فرآوری همراه باشد تاثیرات محسوسی خواهد داشت. از آنجا که در منطقه مورد مطالعه منبع آلوده کننده آب از نوع غیر متمرکز بوده و هیچ گونه بررسی علمی زیست محیطی در آن تا به حال صورت نگرفته، لذا انجام این تحقیق جهت شناخت کمیت و کیفیت آلودگی ضروری به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به اینکه بخش وسیعی از شمال غرب کشور به ویژه امتداد زون قره داغ- طارم را مناطق دگر سانی و کانی سازی تشکیل می‌دهند بدیهی است که مطالعه موردی این منطقه (به عنوان یک منطقه پایلوت آزمایشی) می‌تواند بسیار سودمند باشد. هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان آلودگی خاک منطقه مورد مطالعه و نیز تعیین منشأ این آلودگی است. بر این اساس با نمونه برداری از خاک و تجزیه شیمیایی آنها میزان تغییرات عناصر سمی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی پیشینه پژوهش حاکی از آن است، هیچ موردی از تاثیر مناطق دگرسانی و کانی سازی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی ذکر نشده است حال آن که موضوع اصلی این پژوهش است و این مورد نوآوری پژوهش حاضر را توجیه می‌نماید.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی در شمال و شمال غرب آتشفشان سبلان و در قسمتی از دامنه‌های جنوبی رشته کوه‌های آذربایجان- البرز غربی در شمال غرب شهرستان مشگین شهر در یک ناحیه نسبتاً کوهستانی واقع شده است. رشته کوه‌های این منطقه تقریباً دارای دو روند هستند؛ یک روند آن دارای جهت غربی- شرقی و روند دیگر دارای جهت شمال غربی- جنوب شرقی است.

شیب توپوگرافی درکل منطقه تند است. البته در نواحی اطراف رودخانه قره سو تراس‌های آبرفتی تشکیل شده است که این تراس‌ها نسبت به مناطق دیگر ارتفاع کمتری داشته و در نتیجه پست‌تر از نقاط دیگر منطقه هستند. بلندترین نقطه‌ای که در منطقه دوست بیگلو و پیرامون آن وجود دارد قلعه ارشق، با ارتفاع ۱۳۱۰ متر از سطح دریا است و پست‌ترین نقطه نیز مربوط به کف رودخانه قره سو با ارتفاع حدود ۸۰۰ متر از سطح دریا است. محدوده معدنی و دگرسانی شمال مشگین شهر تحت عنوان منطقه دوست بیگلو در ۲۷ کیلومتری شمال غرب شهرستان مشگین شهر، بین طول‌های جغرافیایی ″۱۲ ′۳۲ °۴۷ تا ″۹ ′۳۵ °۴۷ و عرض‌های جغرافیایی ″۴۶ ′۳۲ °۳۸ تا ″۲۵ ′۳۴ °۳۸ واقع شده است. این محدوده در یک ناحیه کوهستانی تا تپه ماهوری در شمال و شمال شرق روستای دوست بیگلو و نیز شرق و شمال شرق قشلاق ذاخور قرار گرفته است. شکل (۱) محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه به همراه نقشه زمین شناسی، **A**: زون‌های دگرسانی آرژیلیکی و فیلیک، **S**: سیلیسی، E^{pl}، E^{d2}، E^{va}: آذرآواری‌ها و گدازه‌های ائوسن، O^{d}: توده‌های نیمه نفوذی و Q^{vc}، Q^{t1} و Q^{al} : نهشته‌های کواترنری

روش پژوهش

در پژوهش حاضر از مطالعات کتابخانه‌ای، دفتری، میدانی بهره برده شده است. در ادامه به هریک پرداخته می‌شود:

مطالعات دفتری: طی انجام این مطالعات پس از گردآوری اطلاعات قبلی، محدوده‌های دگرسان شده و کانی‌سازی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و عکس هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ به همراه اطلاعات زمین‌شناسی تهیه گردیده و در این نقشه‌ها ضمن ترسیم همبری لیتولوژی‌های مختلف و پدیده‌های کانی سازی و دگرسانی حاصل از آنها، ساختارهای تکتونیکی مهم همچون گسل‌ها مشخص شدند. ضمن مطالعه عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی موجود، نقشه هیدروگرافی منطقه تهیه و در آن رودخانه‌ها، آبراهه‌ها، چشمه‌ها و چاه‌های آب موجود نشان داده شدند.

مطالعات میدانی: بعد از جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های قبلی موجود و مطالعه آنها و تهیه نقشه‌های پایه و مقدماتی مطالعات میدانی آغاز شد. در زیر مراحل مختلف مطالعات میدانی مورد بررسی قرار می گیرد.

- **کنترل و اصلاح نقشه‌های تهیه شده براساس بازدیدهای صحرایی**: بعد از گردآوری اطلاعات موجود شامل نقشه های زمین شناسی و توپوگرافی، گزارش‌ها، عکس های هوایی و انجام کارهای دفتری، برنامه ریزی‌های لازم جهت انجام عملیات صحرایی انجام گرفت. در این مرحله باپیمایش و پی جویی سطح منطقه و با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و نقشه های توپوگرافی ، اقدام به تهیه نقشه زمین شناسی و دگرسانی شد. به این صورت که کلیه واحدهای زمین شناسی اعم از واحدهای

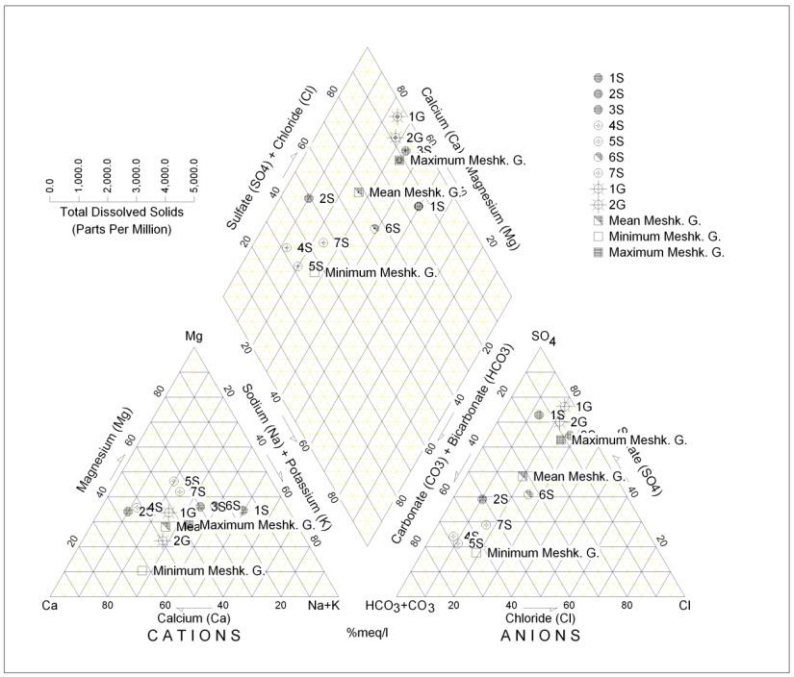
سنگی- رسوبی، ولکانیک ها و پلوتونیک، ساختارهای تکتونیکی، آثار کانی سازی و محل نمونه‌های برداشت شده، بر روی نقشه‌های پایه مشخص شد. با توجه به اهمیت مشخص کردن ارتباط دگرسانی‌ها و کانی‌سازی موجود با منابع آب سعی شد زون‌های دگرسانی با استفاده از داده‌های موجود و با دقت زیاد تفکیک شود. در این مرحله از نتایج مطالعات پتروگرافی، مینرالوگرافی، XRD و ICP انجام گرفته توسط سازمان صنایع و معادن استان اردبیل استفاده شده است (سازمان صنایع و معادن استان اردبیل،۱۳۸۱).

- **مرحله نمونه برداری آب آماده سازی** : در این مرحله نمونه برداری از ۲۰ نمونه آب از چاه، چشمه و آبراهه و رودخانه قره سو در مناطق دگرسانی غیر دگرسانی به صورت موردی جمع‌آوری شد. برداشت نمونه‌های آب با دست انجام گرفت و حداکثر تا ۳ روز بعد از برداشت نمونه آب و در شرایط نگهداری در محیط خنک (حدود ۴ درجه سانتی گراد) به آزمایشگاه منتقل شد. در مرحله نمونه گیری ابتدا ظروف نمونه برداری به حجم ۱/۵ لیتر و به تعداد لازم اسید شویی شده و نمونه‌ها از مرکز محل نمونه‌برداری و از زیر سطح آب به آرامی و بدون اغتشاش جمع آوری شد. نمونه‌های یاد شده از نظر شیمیایی (CO_3^{-2} ، HCO_3^-، SO_4^{-2} ، K^+ ، Na^+ ، Mg^{+2} ، Ca^{+2} ، pH ، EC ،TH ،TDS و Cl^-) و ژئوشیمیایی عناصر فلزی مورد تجزیه قرار گرفتند. برای تعیین غلظت این عناصر هم از روش ICP استفاده شده است.

یافته‌ها

بعد از اتمام مطالعات میدانی و دریافت نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی، داده‌های به دست آمده از این مطالعات مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. یافته‌های پژوهش حاضر به شرح زیر می‌باشد:

طبقه بندی پایپر: مطابق شکل (۲) و همچنین جدول های ۱و۲ که موقعیت آب‌های زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهدآب‌های مناطق دگرسانی عمدتاً سولفاته منیزیمی و کلسیمی هستند و با تشدید دگرسانی میزان قلیایی‌های خاکی و اسیدی‌های قوی نیز افزایش می‌یابد. دو نمونه از آب چشمه‌های منطقه دگرسانی در شمال روستای دوست بیگلو به حدی سولفاته هستند که با اسید تفاوت چندانی ندارند.



شکل ۲- موقعیت آب های‌چشمه ها و چاه های مناطق دگرسانی و غیردگرسانی در نمودار پایپر

جدول ۱- مشخصات آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در نمودار

شماره نمونه	کاتیون ها	آنیون ها	سختی
1S	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات بیش از کربتات و بیکربنات	سختی غیر کربناته بیش از ۵۰ درصد
2S	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	سختی کربتاته بیش از ۵۰ درصد
3S	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	سختی غیر کربتاته بیش از ۵۰ درصد
4S	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	کربتات و بیکربنات بیش از سولفات و کلرور	سختی کربتاته بیش از ۵۰ درصد
5S	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	کربتات و بیکربنات بیش از سولفات و کلرور	سختی کربتاته بیش از ۵۰ درصد
6S	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند
7S	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	کربتات و بیکربنات بیش از سولفات و کلرور	سختی کربتاته بیش از ۵۰ درصد
1W	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم و کلرور	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	سختی غیر کربتاته بیش از ۵۰ درصد
2W	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	سختی غیر کربتاته بیش از ۵۰ درصد

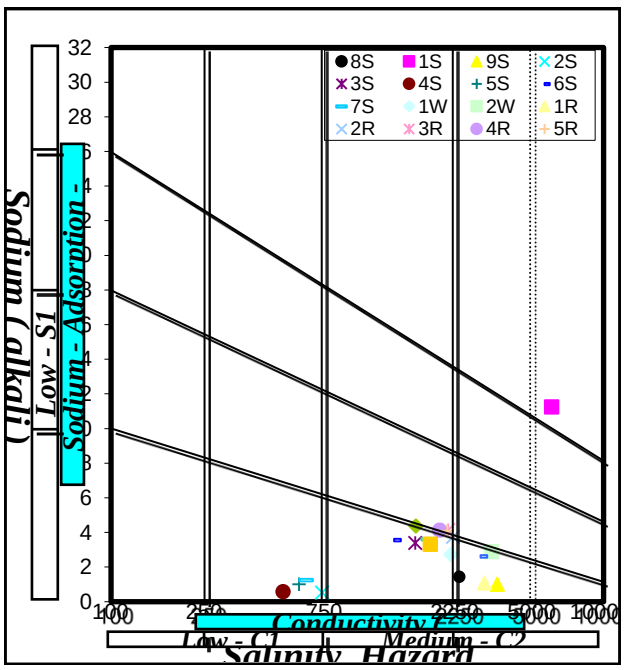
جدول۲- مشخصات آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه در نمودار

شماره نمونه	آنیون	کاتیون	سختی
1R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	سختی غیر کربتاته بیش از ۵۰ درصد
2R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند
3R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند
4R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند
5R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند
6R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	سختی غیر کربتاته بیش از ۵۰ درصد
7R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند
8R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند
9R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند

10R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند
11R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	هیچ زون آنیون و کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی کند
12R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	سولفات و کلرور بیش از کربتات و بیکربنات	سختی کربناته بیش از ۵۰ درصد
13R	منیزیم و کلسیم بیش از سدیم و پتاسیم	کربتات و بیکربنات بیش از سولفات و کلرور	سختی کربناته بیش از ۵۰ درصد

این آب‌ها به دلیل قابلیت انحلال بالای خود حاوی عناصر مختلف فلزی به میزان قابل توجهی هستند به نحوی که دارای رنگ هستند. رنگین بودن این آب‌ها و در نتیجه عدم امکان تیتراسیون سبب شده تا اندازه‌گیری کاتیون‌ها و آنیون‌های آب ممکن نشود. در آب رودخانه‌های مناطق دگرسانی نیز مانند آب‌های زیرزمینی، اسیدی‌های قوی نسبت به اسیدی‌های ضعیف و قلیایی‌های خاکی نسبت به قلیایی‌ها بیشتر است. تاثیر زون‌های دگرسانی بر کیفیت آب رودخانه اصلی قره سو با دبی بالا (۱۰/۵ مترمکعب در ثانیه معادل ۳۲۳/۲ میلیون متر مکعب در سال) نسبت به آب رودخانه‌های فرعی و آبراهه‌های منطقه کمتر است. در نتیجه می‌توان افزایش یون‌های سولفاته و سختی کربناته و غیر کربناته را در آب‌های سطحی و زیر زمینی منطقه به زون‌های دگرسانی نسبت داد.

نمودار ویلکوکس: در یک نمونه آب چشمه (1S) میزانEC به حدی زیاد است که از حد نهایی موجود در نمودار ویلکوکس فراتر است و لذا امکان نشان دادن نمونه بر روی این نمودار میسر نشده است. اغلب آبهای چشمه‌ها و چاه‌های مناطق دگرسانی در رده C4S1 و C4S2 (آب‌های خیلی شور و مضر برای کشاورزی) قرار دارند. آب رودخانه‌ها و آبراهه‌ها نیز با نزدیک شدن به مناطق دگرسانی تغییر کیفیت داده و با افزایشEC آنها از کیفیت می‌افتند. شکل (۳) و جدول (۳) مشخصات آب‌های سطحی و زیرزمینی محدوده مطالعاتی را در نمودار ویلکوکس نشان می‌دهد.



شکل ۳- موقعیت آب های سطحی و زیرزمینی منطقه در نمودار ویلکوکس

جدول۳- مشخصات آب های سطحی و زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در نمودار ویلکوکس

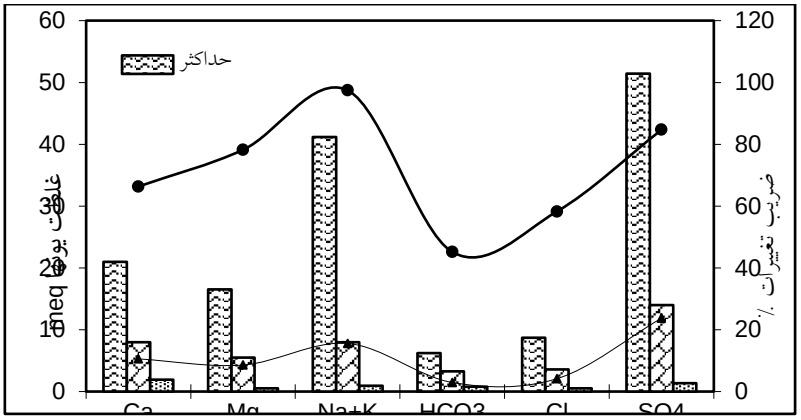
شماره نمونه	SAR	EC	رده آب	کیفیت آب برای کشاورزی
1S	۱۱/۵۲	۶۱۶۰	C4-S4	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
2S	۰/۵۲	۷۲۰	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
3S	۳/۳۹	۱۷۲۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
4S	۰/۵۹	۵۰۰	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
5S	۱/۰۱	۵۸۰	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
6S	۳/۳۵	۱۴۱۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
7S	۱/۳۵	۶۲۰	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
8S	۱/۴۳	۲۶۰۰	C4-S1	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
9S	۱/۰۱	۳۷۰۰	C4-S1	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
1W	۲/۷۲	۲۴۰۰	C4-S1	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
2W	۲/۸۹	۳۵۰۰	C4-S1	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
1R	۱/۰۹	۳۲۸۰	C4-S1	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
2R	۳/۷۵	۲۴۵۰	C4-S1	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
3R	۴/۱۴	۲۳۴۰	C4-S2	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
4R	۴/۱۳	۲۱۶۰	C3-S2	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
5R	۴/۰۹	۲۳۲۰	C4-S2	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
6R	۲/۶۲	۳۱۷۰	C4-S1	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
7R	۳/۶۲	۱۹۴۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
8R	۴/۳۷	۱۷۳۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
9R	۳/۳۱	۱۹۸۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
10R	۳/۳۴	۱۹۱۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
11R	۱/۴۸	۱۸۹۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
12R	۴/۳۶	۱۳۹۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
13R	۱/۵۲	۸۶۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی

-**دیاگرام استیف:** در این دیاگرام، تمرکز نسبی یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلرید، بیکربنات و سولفات به صورت اشکال چند ضلعی برای هر نمونه به صورت جداگانه نشان داده می‌شود. در این نمودار نیز همانند نمودار پایپر، سه رخساره سدیمی، منیزیمی، کلسیمی و سه تیپ بی‌کربناته، سولفاته و کلروره برای انواع آب‌ها در نظر گرفته می‌شود. نتایج این طبقه بندی قرابت و نزدیکی زیادی با طبقه بندی پایپر نشان داده و تیپ سولفاته شدید آب های مناطق دگرسانی را مورد تأیید قرار می‌دهد. شکل (۴) .

- ضریب لانژلیه

برای ارزیابی اثر آب بر سازه‌ها و تجهیزات زیرزمینی در ایجاد تأسیسات و طرح‌های صنعتی و عمرانی از ضریب لانژلیه **(Langellier)**، استفاده می‌شود و آب از دیدگاه مقدار رسوبگذاری یا خورندگی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در روش لانژلیه براساس مقادیر باقی مانده خشک، درجه حرارت، **pH** ، کلسیم و قلیائیت، مقدار **pH** معادل **(pHs)** به دست می‌آید. سپس با در دست داشتن مقدار **pH** معادل مقدار اندیس پایداری **(2pHs-pH)** مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در صورتی که اندیس پایداری از عدد ۶ کوچکتر باشد، بیکربنات کلسیم در اثر عدم تعادل کربنیک، رسوب خواهد کرد. بنابراین در صورتی که**-2pHs pH<6** باشد، آب از نوع رسوب دهنده و در صورتی که **2pHs-pH>7** باشد، آب از نوع خورنده و در صورتی که اندیس

پایداری از عدد ۸ بیشتر باشد، آب از خاصیت خورندگی زیادی برخوردار است. پایه و اساس این شاخص بر این فرضیه بنا شده است که آبی که تمایل به رسوب جرم کربنات کلسیم بر روی سطوح فلزی دارد، خاصیت خورندگی کمتری از خود نشان می‌دهد.



شکل ۴-پارامترهای آماری مختلف برای آنیون ها و کاتیون های موجود در آب منطقه مورد مطالعه

پس شاخص مشهور لانژلیه تفاوت بین **pH** حقیقی آب و **pH** اشباع آن است. در **pH** اشباع، آبی که دارای قلیائیت و سختی کلسیم یکسانی است در حال تعادل با کربنات کلسیم جامد می‌باشد. در محاسبه **pH** اشباع، علاوه بر سختی کلسیم و قلیائیت ، غلظت کل جامدات محلول و درجه حرارت آب نیز در نظر گرفته می‌شود. آب‌هایی که دارای **pH** بیش از **pH** اشباع (شاخص لانژلیه مثبت) نسبت به کربنات کلسیم هستند، فوق اشباع محسوب می‌شوند و بنابراین تمایل به رسوب جرم دارند. برعکس آب هایی که دارای **pH** کمتر از **pH** اشباع (شاخص لانژلیه منفی) نسبت به کربنات کلسیم مستند، غیراشباع بوده و بنابراین خورنده در نظر گرفته می‌شوند. به طور ایده‌آل ، **pH** آب توزیع شده باید مساوی یا اندکی بالاتر از **pH** اشباع آن باشد.بررسی تغییرات ضریب لانژلیه آب های آلتره و غیرآلتره منطقه طرح نشان داده که آب های آلتره دارای ویژگی رسوب دهندگی تا خورندگی بسیار شدید هستند. این نوع آب ها فوق العاده برای سلامت انسان و محیط زیست خطرناک و در صورت استفاده به شدت به سیستم‌های انتقال آب صدمه وارد می‌سازند. جدول (۴) کیفیت منابع آب منطقه را برای مصارف صنعتی نشان می‌دهد.

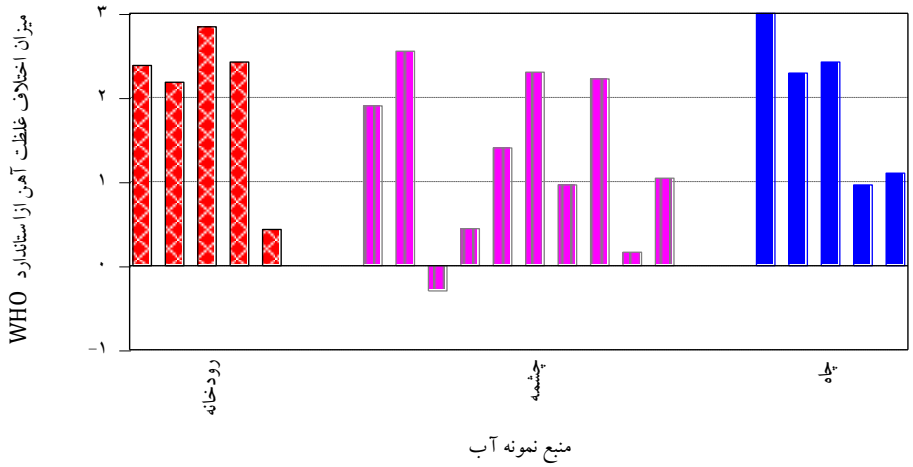
جدول ۴- کیفیت منابع آب منطقه برای مصارف صنعتی

شماره نمونه	قلیائیت بر حسب CaO	Ca (mg/l)	ضریب C	PHs	PH	PHs-PH	کیفیت آب برای مصارف صنعتی
1S	۹۵۰/۲۷	۲۲۸	۱۱/۳۴	۶	۷/۶۸	-۱/۶۸	رسوبگذار
2S	۲۲/۷۲	۹۲	۱۱/۲۹	۸	۷/۳۲	۰/۶۸	خورنده
3S	۱۸۲/۴۴	۱۱۶	۱۱/۳۱	۷	۶/۵	۰/۵	خورنده
4S	۲۳/۴۱	۷۲	۱۱/۲۹	۸/۱	۷/۷۲	۰/۳۸	خورنده
5S	۳۹/۰۴	۴۶	۱۱/۲۸	۸	۸/۵۶	-۰/۵۶	رسوبگذار
6S	۱۶۳/۲۱	۷۶	۱۱/۳	۷/۲	۷/۶۳	-۰/۴۳	رسوبگذار
7S	۴۷/۰۹	۴۸	۱۱/۲۹	۷/۹	۷/۵	۰/۴	خورنده
8S	۱۱۳/۴۵	۱۱۴	۱۱/۳۴	۷/۲	۳/۷۵	۳/۴۵	خورنده
9S	۹۶/۵۵	۴۲۰	۱۱/۳۵	۶/۷	۴/۰۳	۲/۶۷	خورنده
1W	۲۰۱/۰۹	۲۵۶	۱۱/۳۳	۶/۶	۷/۴۳	-۰/۸۳	رسوبگذار
2W	۲۰۱/۰۹	۲۶۴	۱۱/۳۳	۶/۶	۶/۷۶	-۰/۱۶	رسوبگذار
1R	۱۰۸/۲۵	۳۴۰	۱۱/۳۴	۶/۸	۵/۳	۱/۵	خورنده

2R	۲۵۴/۳۲	۱۸۶	۱۱/۳۲	۶/۶	۷/۶۱	-۱/۰۱	رسوبگذار
3R	۲۵۰/۴۲	۱۶۴	۱۱/۳۲	۶/۷	۷/۷۵	-۱/۰۵	رسوبگذار
4R	۲۵۲/۰۲	۱۶۰	۱۱/۳۲	۶/۷	۷/۷۲	-۱/۰۲	رسوبگذار
5R	۲۵۱/۲	۱۶۰	۱۱/۳۲	۶/۷	۷/۲۶	-۰/۵۶	رسوبگذار
6R	۲۱۳/۷۵	۳۸۰	۱۱/۳۳	۶/۴	۵/۹۷	۰/۴۳	خورنده
7R	۲۰۲/۶۵	۱۰۰	۱۱/۳۱	۷	۷/۶۲	-۰/۶۲	رسوبگذار
8R	۱۸۹/۸۴	۱۱۸	۱۱/۳۱	۷	۷/۹۷	-۰/۹۷	رسوبگذار
9R	۲۰۲/۶۵	۱۰۰	۱۱/۳۱	۷	۷/۵۵	-۰/۵۵	رسوبگذار
10R	۱۸۹/۸۴	۱۳۶	۱۱/۳۱	۶/۹	۷/۹۹	-۱/۰۹	رسوبگذار
11R	۸۷/۲۶	۱۴۴	۱۱/۳۱	۷/۲	۷/۸۱	-۰/۶۱	رسوبگذار
12R	۱۸۳/۶۱	۳۸	۱۱/۳۱	۷/۵	۸/۰۸	-۰/۵۸	رسوبگذار
13R	۶۷/۰۵	۶۴	۱۱/۲۹	۷/۷	۷/۳۸	۰/۳۲	خورنده

- **رفتار ژئوشیمیایی عناصر در آب های سطحی و زیر زمینی**

آهن: آهن با مقادیر ۵۰-۰/۵ میلی‌گرم در لیتر در آب‌های شیرین یافت می‌شود. به طور معمول آهن در آب‌های زیرزمینی به صورت یون محلول ضروری است. محدوده عادی غلظت آهن در آب‌های زیر زمینی و یا آب‌های سطحی با منشأ زیرزمینی ۰/۰۱- ۱۰ میلی گرم در لیتر تعیین شده است که ممکن است حداکثر مقدار آن به بیش از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر نیز برسد. غلظت آهن موجود در آب های منطقه بین ۱/۷ تا ۵/۱۷ میلی گرم در لیتر تغییر می‌کند، که بر اساس استاندارد آب‌های زیرزمینی، در محدوده معمولی قرار می‌گیرند. میزان آهن موجود در نمونه‌های آب نسبت به استاندارد ایران ۱/۷ تا ۵/۱۷ برابر و نسبت به استاندارد **WHO**، از ۱/۰۸ تا ۲/۵۸ برابر است (Dragun، ۱۹۸۸).شکل (۵).

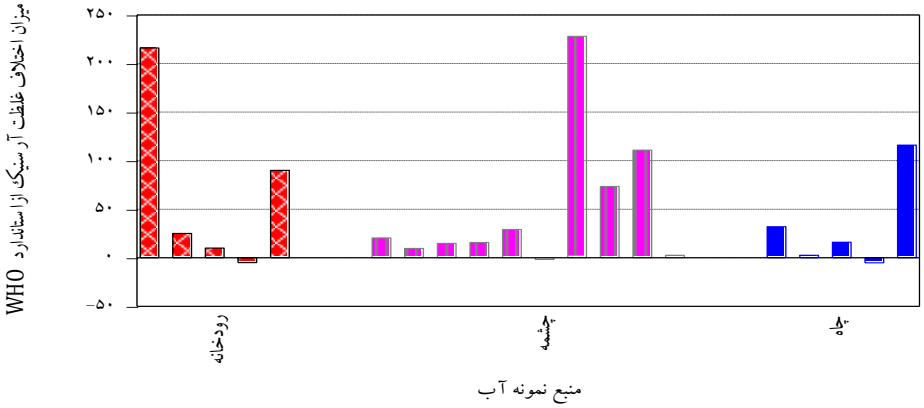


شکل ۵. افزایش و کاهش عنصر آهن در آب‌های منطقه نسبت به استاندارد WHO (۲ میلی گرم بر لیتر)

به غیر از یک نمونه آب، بقیه نمونه‌ها دارای آهن بیشتری نسبت به حد مجاز اعلام شده از طرف WHO (۲ میلی‌گرم در لیتر) بوده و غیر قابل شرب هستند. بالا بودن اکسیدآهن حاصل از هوازدگی و دگرسانی کانی‌های مافیک در این ناحیه و تشکیل وسیع اکسید آهن در طبقات دگرسانی به خصوص زون‌های سیلیسی عاملی بر افزایش سطحی آن در خاک، آب و حتی گیاه شده است. با توجه به حد بیشینه این عنصر برای آبیاری دائمی یعنی ۵ میلی‌گرم در لیتر (**Ayers and Westcut,2003**). به جز یک نمونه بقیه نمونه های برداشت شده از آب‌های منطقه می‌تواند در آبیاری مداوم مورد استفاده قرار گیرد.

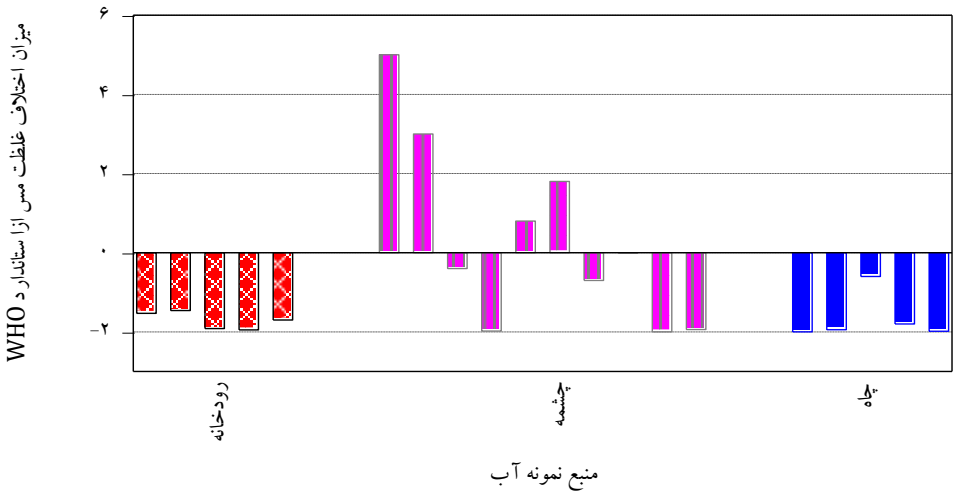
وقتی یون Fe^{2+} در معرض هوا قرار می‌گیرد اکسیده شده، تولید حالت فریک می‌کند که نامحلول بوده و به صورت هیدروکسید فریک رسوب می کند و باعث رنگ قهوه‌ای آب و لکه‌های قهوه‌ای مشخص در ظرف شوها و پارچه‌های شسته شده می شود. به منظور مناسب بودن طعم و ظاهر آب، همچنین جلوگیری از به وجود آمدن لکه در لباس های شسته شده، حداکثر میزان آهن در آب ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر توصیه شده است.

آرسنیک: مقایسه مقادیر این عنصر در نمونه‌های آب رودخانه‌ها، چشمه‌ها و چاه‌های منطقه نشان می‌دهد که به جز سه نمونه بقیه نمونه‌ها دارای غلظت بیش از حد استاندارد هستند (شکل ۸). آرسنیک در آب‌های زیرزمینی منطقه تمرکز زیادی را نشان می‌دهد و در رودخانه‌هایی که منشأ اصلی آب در آنها منابع زیر زمینی است نیز فوق العاده بالاست. به طور کلی ۷ نمونه از آب‌های منطقه براساس استاندارد (Fergusson,1989). مسمومیت‌زا هستند. بررسی غلظت عناصر سنگ‌ها و خاک ها در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که غلظت آرسنیک در اکثر نمونه‌ها از متوسط آن بالاتر است. با توجه به غلظت زیاد این عنصر در محیط‌های سنگی و خاکی منطقه می‌توان آلوده بودن آنها را به این عنصر بسیار سمی از منبع مواد معدنی و سنگ‌های دگرسان شده مورد توجه قرار داده و امکان ورود بیش از حد استاندارد آن را در چرخه زیست محیطی از جمله آب‌های سطحی و زیرزمینی توجیه کرد. منشأ اصلی آرسنیک در منابع خاک و آب منطقه مورد مطالعه کانی‌های فلزی مختلف از جمله پیریت، کالکوپیریت، گالن و اسفالریت بوده و از طریق آب آشامیدنی و گیاهان وارد چرخه غذایی دام‌ها و انسان‌ها می‌شود. شکل (۶)



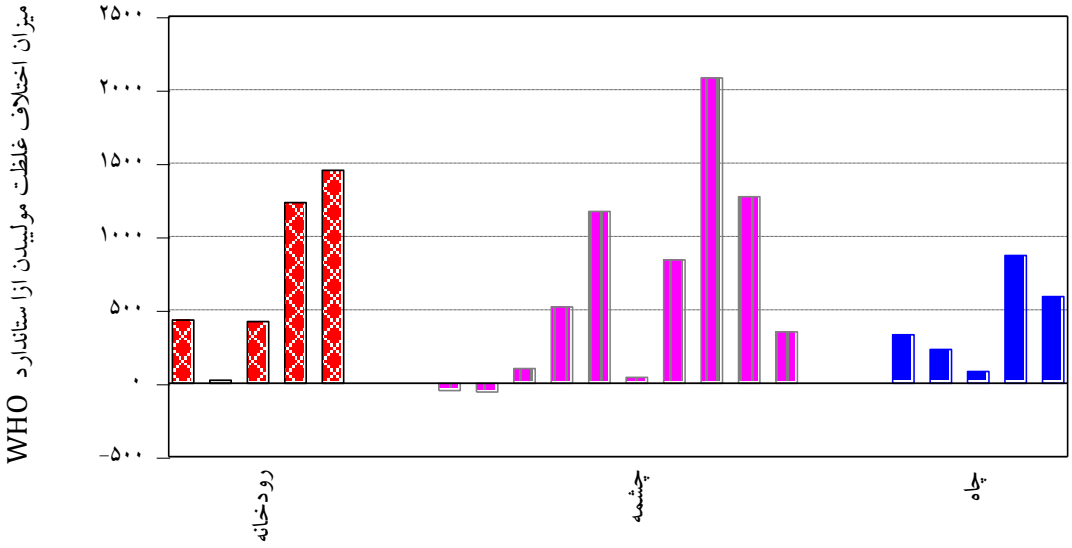
شکل۶. نمودار غنی‌شدگی و تهی‌شدگی آرسنیک نسبت به مقدار استاندارد(۱۰ میکروگرم بر لیتر)

مس: مس در آب‌های طبیعی در غلظت‌های بسیار پایین وجود دارد ولی آب‌های خورنده و آب های اشباع از اکسیژن می‌توانند از لوله‌های آب مقداری مس در آب وارد کنند. مقادیر زیاد مس در آب، علاوه بر ایجاد طعم های نامطبوع باعث پیدایش لکه‌های سیاه، روی کاشی و لباس‌های سفید در حین شستشو می شود. مقدار ۱ (Fergusson,1989, EPA,1999) الی ۲ میلی گرم در کیلوگرم (WHO,1993) از مس در آب‌های آشامیدنی مجاز است. براساس استانداردهای فوق به ترتیب ۷ و ۴ نمونه از آب‌های منطقه مورد مطالعه که منشأ زیرزمینی دارند غیر قابل شرب هستند. براساس استاندارد ایران میزان این عنصر در آب‌های آلوده زون های کانی سازی و دگرسانی منطقه تا ۵ برابر مقدار مجاز نیز می‌رسد. مقدار ۰/۰۱ تا ۰/۵ میلی گرم در لیتر نیز حد نرمال مس در آب آشامیدنی معرفی شده است (اسماعیلی ساری،۱۳۸۱). حد بیشینه این عنصر برای آبیاری دائمی ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد شده که برای تعدادی از گیاهان غلظت‌های ۰/۱ تا ۱ میلی گرم در لیتر سمی است، لذا ۸ نمونه آب زیرزمینی و ۴ نمونه آب رودخانه جهت آبیاری دائمی مناسب نیستند؛ مقایسه غلظت آب‌های منطقه با مقدار رهنمود آن برای شرب دام‌ها (۰/۵ میلی گرم در لیتر) نیز نشان می‌دهد که ۸ نمونه آب زیرزمینی و یک نمونه آب رودخانه مناسب آشامیدن دام نیست (National academy,1972, Part,1972). شکل (۷).



شکل۷. افزایش و کاهش عنصر مس در آب‌های منطقه نسبت به استاندارد WHO (۲ میلی گرم بر لیتر)

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آزاد سازی مس از مناطق معدنی و زون‌های دگرسان آن سبب آلوده شدن خاک و در نهایت آب می‌شود. میزان این آلودگی علاوه بر اینکه در خاک‌های منطقه از حد استاندارد بسیار بالاتر است بلکه میزان غلظت آن در برخی از نمونه‌های آب نیز چندین برابر مقدار مجاز اعلام شده است. این آب‌ها در منطقه علاوه بر اینکه به عنوان آب شرب اهالی و دام‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد بلکه در آبیاری باغات و زمین‌های زراعی نیز از همین منابع استفاده می شود.



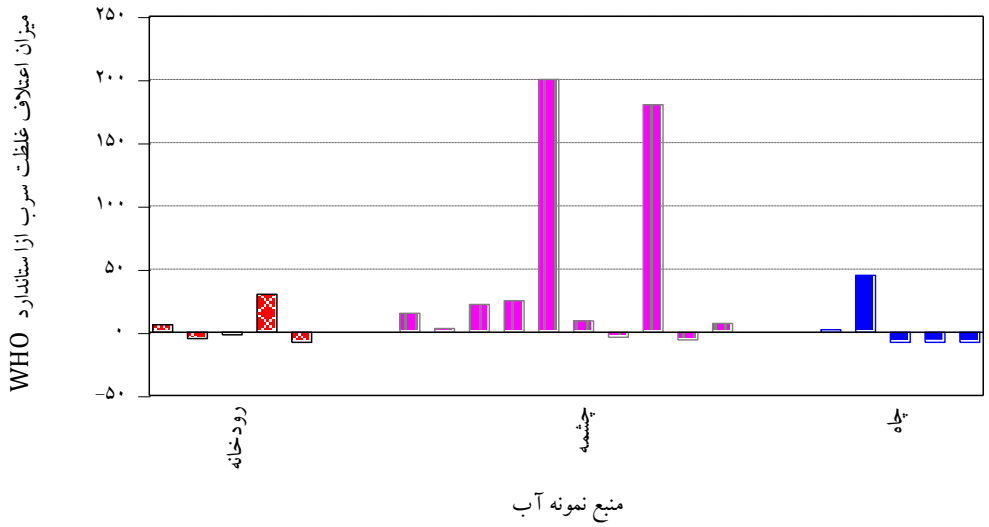
شکل ۸.. افزایش و کاهش عنصر مولیبدن در آب‌های منطقه نسبت به استاندارد WHO (۷۰ میکروگرم در لیتر)

مولیبدن: غلظت مولیبدن در آب آشامیدنی به طور معمول کمتر از ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر است. در مناطق نزدیک به معادن غلظت‌های تا ۲۰۰ میکروگرم در لیتر گزارش شده است. مقدار رهنمودی مولیبدن در آب آشامیدنی ۰/۰۷ میلی‌گرم در لیتر است (اسماعیلی ساری،۱۳۸۱). حد بیشینه این عنصر برای آبیاری دائمی ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر است (National academy,1972, Part,1972).

در بیش از ۹۰ درصد از نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه میزان عنصر مولیبدن نسبت به استاندارد **WHO** افزایش نشان می‌دهد، به نحوی که در یک نمونه آب چشمه منطقه این میزان بالغ بر ۳۰ برابر است. وجود مولیبدنیت با منشأ هیدروترمال

در این مناطق عامل افزایش و تمرکز این عنصر در آب است. نمونه‌هایی از آب منطقه با غلظت‌های ۰/۰۱ تا ۲/۱۵ میلی‌گرم در لیتر نسبت به غلظت طبیعی مولیبدن (۵ میلی گرم در لیتر) در آب‌های زیرزمینی پایین تر است(Netherlands Ministry of Housing,1991). **شکل (۸)**

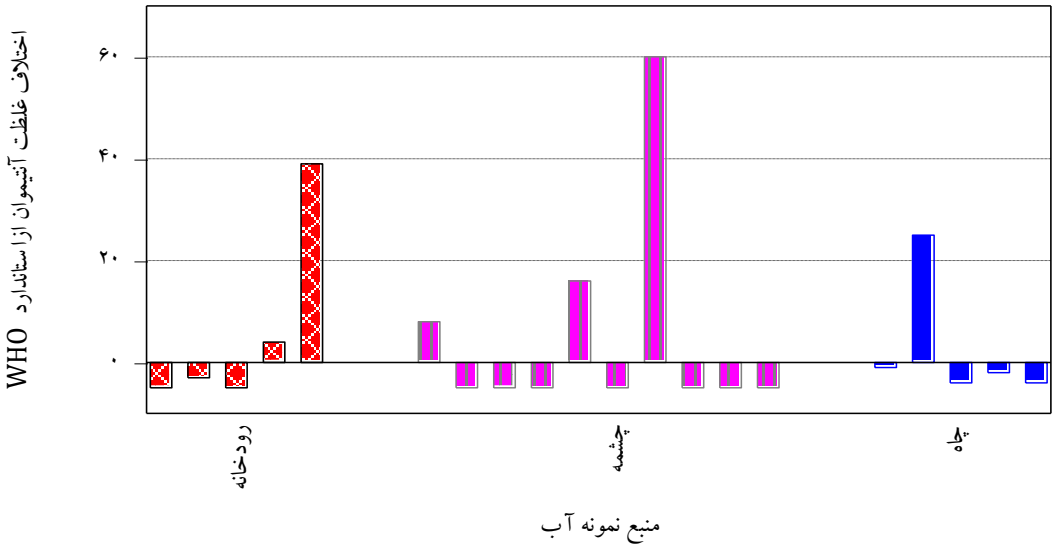
سرب: میزان سرب در آب دریاچه‌ها و رودخانه‌های دنیا به طور طبیعی در گستره ۱۰-۱ میکروگرم در لیتر تعیین شده است. مقادیر بالای سرب در آب های طبیعی به ندرت مشاهده شده است، زیرا مکانیسم‌های زیادی در کنترل مقادیر سرب در آب‌های طبیعی دخیل است. براساس استاندارد بهداشت جهانی مقدار رهنمودی سرب در آب آشامیدنی ۱۰ میکروگرم بر لیتر است (WHO). ۱۲ نمونه از نمونه‌های آب مناطق دگرسانی و مینرالیزه دارای میزان سرب بالاتر از این حد مجاز هستند. بالاترین میزان این عنصر با ۲۱۰ میکروگرم در لیتر، در آب یکی از چشمه های مناطق دگرسانی و مناطق کانی سازی هیدروترمال دیده شده می‌شود (شکل ۱۱). میزان سرب براساس استاندارد ایران (۵۰۰ میکرو گرم در لیتر) در تمامی نمونه‌ها زیر حد استاندارد است. حضور اندیس‌های فلزی به خصوص کانی گالن از منشأ هیدروترمالی قسمت‌های مرکزی منطقه شاهدی بر این ادعا است که رگه‌های هیدروترمالی کانه‌دار حاصل از نفوذ توده نیمه نفوذی سبب بالا رفتن میزان سرب آب‌های موجود شده است. تمام نمونه‌های آب منطقه در مقایسه با استاندارد توصیه شده جهت آبیاری (۵ میلی گرم در لیتر ((National academy,1972, Part,1972). از کیفیت مطلوب برخوردارند اما دو نمونه آب چشمه جهت شرب دام کیفیت مناسبی ندارند (نسبت به ۱۰۰). شکل (۹)



شکل ۹. افزایش و کاهش عنصر سرب در آب‌های منطقه نسبت به استاندارد WHO (۱۰ میکروگرم در لیتر)

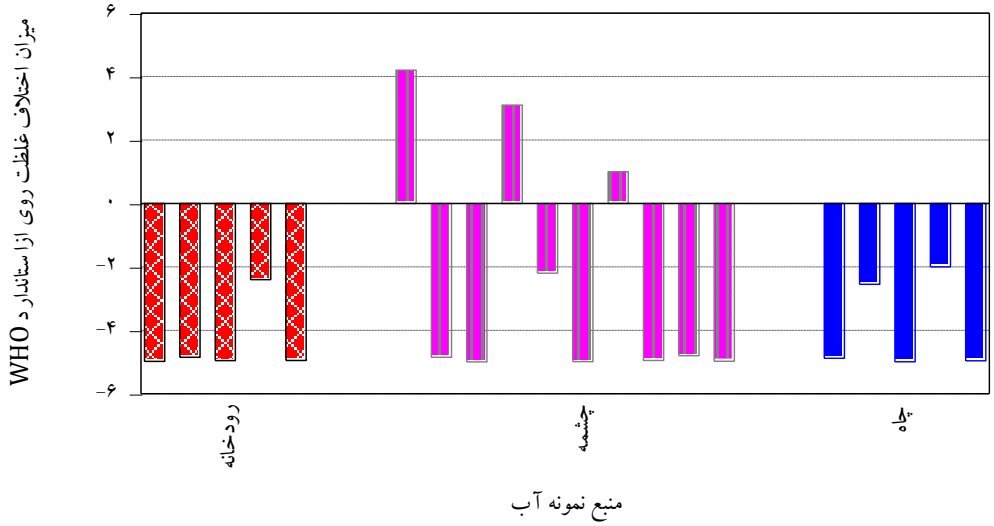
آنتیموان: در آب‌های غیر آلوده مقدار آنتیموان کمتر از ۱ میکروگرم در لیتر است. مقایسه غلظت آنتیموان آب‌های منطقه با این مقدار نشان می‌دهد که ۸ نمونه از آب های منطقه آلوده هستند. در ۶ نمونه از آب‌های منطقه غلظت آنتیموان از ۵ میکرو گرم در لیتر (۳۵) و تنها در ۱ نمونه آب از ۵۰ میکروگرم در لیتر (EC) تجاوز می‌کند. شکل (۱۰).

با توجه به غلظت این عنصر در محیط‌های خاکی و سنگی منطقه، می‌توان آلوده بودن برخی از مناطق و نمونه‌های آب را به این عنصر سمی از منبع مواد معدنی و سنگ‌های دگرسان شده پذیرفت و امکان ورود بیش از حد استاندارد آن را در چرخه غذایی دام و انسان مورد توجه قرار داد. هر چند انتظار می‌رود این عنصر تحرک کمی داشته (Filella and et al,2002) و در خاک متمرکز شده و کمتر وارد آب و یا گیاه شود، اما میزان ورود این عنصر در برخی از محیط‌های آبی می‌تواند به دلیل شرایط اکسیداسیون و همچنین pH اسیدی آن باشد.



شکل ۱۰. افزایش و کاهش عنصر آنتیموان در آب‌های منطقه نسبت به استاندارد WHO (۵ میکروگرم در لیتر)

روی: روی در مقادیر بیش از حد مجاز به آب طعم نامطبوعی می‌دهد. به علاوه آب‌های حاوی مقادیر بیش از ۵ میلی‌گرم در لیتر حالت کدری به خود می‌گیرند. میزان روی در سه نمونه آب چشمه به ترتیب ۱/۸۴، ۱/۶۲ و ۱/۲ برابر استاندار فوق (۵ میلی گرم در لیتر، WHO) است. میزان این عنصر در ۶ نمونه از آب‌های زیرزمینی و ۲ نمونه از آب‌های رودخانه‌ای بالاتر از حد استاندارد ایران است که می‌تواند با کانی هایی مانند اسفالریت در ارتباط باشد. حد بیشینه این عنصر برای آبیاری دائمی ۲ میلی‌گرم در لیتر است، که در این صورت در ۷ نمونه آب میزان افزایش روی از ۱/۲۲ تا ۴/۶ برابر است. شکل (۱۱).



شکل ۱۱. افزایش و کاهش عنصر روی در آب‌های منطقه نسبت به استاندارد ایران (۵ میلی گرم در لیتر)

بحث

بخشی از عناصر فلزی و حتی شبه فلزی و غیر فلزی موجود در سنگ‌ها، نهشته‌ها و به خصوص زون‌های دگرسانی و مینرالیزه منطقه مورد مطالعه، در طول دوره هوازدگی طولانی مدت، حرکت کرده و جابجا شده‌اند. عناصر فلزی یک و دو ظرفیتی جهت اتصال به ساختمان کانی‌های رسی موجود در خاک‌های منطقه مانند کائولینیت، ایلیت، ژاروسیت و آلونیت و همچنین اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و منگنز و احتمالاً آلومینیم مانند هماتیت و گوتتیت مناسب هستند. جذب سطحی این عناصر علاوه بر **pH**، به غلظت عنصر، میزان پوشش سطحی و نوع جذب کننده نیز بستگی دارد. چنانکه جذب فلزات انتقالی مانند کبالت، مس، نیکل و روی، که به شدت جذب آکسید آهن می‌شوند، به **pH** وابسته بوده و در **pH**<۶ به حداقل می رسد. بنابراین پدیده جذب نمی‌تواند فاکتور اصلی در پایداری جذب عناصر باشد. از طرف دیگر، اگرچه مس و روی می‌توانند با مواد آلی

کمپلکس‌های قوی بسازند اما مواد آلی در خاک پایدار نیستند و به طور گسترده تحت تاثیر فرایندهای تخریب و فساد قرار می‌گیرند. اثرات فوق باعث تحرک و جابجایی گسترده عناصر فلزی در محیط‌های مختلف منطقه می‌شود. تمرکز بیش از حد استاندرد و مجاز برخی از عناصر سمی و بیماری‌زا در منابع آبی منطقه نتیجه این فرایندها بوده و نگران کننده است. چرا که این آب‌ها در منطقه علاوه بر اینکه به عنوان آب شرب اهالی و دام‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد بلکه آبیاری باغات و زمین‌های زراعی نیز با آن صورت می‌گیرد. لذا احتمال گسترش بیماری‌های مختلف مرتبط با آب‌ها و گیاهان آلوده در منطقه دور از انتظار نیست. ولی متاسفانه آمار و اطلاعات مستند و دقیق از بیماری‌های شایع در مراکز درمانی و بهداشتی وجود ندارد. اما بنا به اظهارات شفاهی اهالی و پزشکان معالج، گسترش بیماری‌های پوستی، کبد و همچنین سرطان نسبت به مناطق دیگر بیشتر است.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر جهت مطالعه میزان آلودگی آب موجود در چاه، چشمه و رودخانه در مناطق دگرسانی و کانی سازی شمال غرب مشگین شهر ابتدا از طبقه‌بندی پایپر، نمودار ولکوکس، نمودار شولر و همچنین نمودار استیف استفاده گردید. در این خصوص بررسی‌های به عمل آمده بر مبنای طبقه بندی پایپر حاکی از آن است که آب‌های مناطق دگرسانی محدوده مورد مطالعه سولفاته منیزیمی و کلسیمی می‌باشند. بر اساس دیاگرام ویلکوکس اغلب آبهای چشمه‌ها و چاه‌های مناطق دگرسانی در کلاس C4S1 و C4S2 آب‌های خیلی شور و مضر برای کشاورزی) قرار دارند. مطابق با دیاگرام شولر نیز اغلب آب های دگرسانی در زمره آبهای نامطلوب و غیرقابل شرب شناخته شده اند. دلیل آن بالا بودن یون سولفات، مزه ترش و خورندگی بالای این نوع آب ها می‌باشد. بر اساس نمودار استیف نیز همچون طبقه‌بندی پایپر سولفاته بودن شدید آب های مناطق دگرسانی دارای سولفاته شدید می‌باشند. در ادامه کار از ضریب لانژلیه بهره برده شد. یافته‌های پژوهش نشان داد در خصوص عنصر آهن به غیر از یک نمونه آب، بقیه نمونه‌ها دارای آهن بیشتری نسبت به حد مجازو استاندارد اعلام شده بوده و غیر قابل شرب می‌باشند. مقایسه مقادیر عنصر آرسینگ در نمونه‌های آب رودخانه‌ها، چشمه‌ها و چاه‌های منطقه نشان می‌دهد که به جز سه نمونه بقیه نمونه‌ها دارای غلظت بیش از حد استاندارد هستند. به گونه‌ای که غلظت آرسنیک در اکثر نمونه‌ها از متوسط آن بالاتر است. بررسی عنصر مس حاکی از آن است میزان آلودگی علاوه اینکه بسیار بالاتر از حد استاندارد است بلکه میزان غلظت آن در برخی از نمونه‌های آب نیز چندین برابر مقدار مجاز اعلام شده است. بررسی عنصر مولیبدن بیانگر آن است که در بیش از ۹۰ درصد از نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه میزان عنصر مولیبدن نسبت به استاندارد WHO افزایش نشان می‌دهد.

بررسی عنصر سرب حاکی از آن است تمام نمونه‌های آب منطقه در مقایسه با استاندارد توصیه شده جهت آبیاری از کیفیت مطلوب برخوردارند اما دو نمونه آب چشمه جهت شرب دام کیفیت مناسبی ندارند. عنصر بعدی که در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفت عنصر آنتیموان می‌باشد. یافته‌های پژوهش در این خصوص نشان داد آب‌های منطقه مورد مطالعه آلوده هستند. از آن جایی که این عنصردارای تحرک کمی می‌باشد و در خاک متمرکز شده و کمتر وارد آب شود. آخرین عنصری که مورد بررسی قرار گرفت عنصر روی می‌باشد. بررسی‌های به عمل آمده در این خصوص نشان داد در سه نمونه آب چشمه ۱ برابر استاندار بوده، در ۶ نمونه از آب‌های زیرزمینی و ۲ نمونه از آب‌های رودخانه‌ای بالاتر از حد استاندارد ایران است که می‌تواند با کانی هایی مانند اسفالریت در ارتباط باشد. با عنایت به اینکه حد بیشینه این عنصر برای آبیاری دائمی ۲ میلی‌گرم در لیتر است لذا در ۷ نمونه آب میزان افزایش روی را شاهد بوده‌ایم. بررسی ویژگی‌های زیست محیطی عناصر مورد بررسی به ویژه آرسنیک نشان دهنده مسمومیت زایی شدید آنها است. لذا بررسی جدی راهکارهای کاهش آلودگی های زیست محیطی موجود در منطقه فوق العاده ضروری است. ذکر این نکته ضروری است که استانداردهای مورد استفاده در این مطالعه و دیگر مطالعات زیست محیطی قراردادی هستند و به طور کامل بیان کننده میزان و شدت آلودگی نیستند. با این وجود در این مطالعه از استانداردهایی استفاده شده است که بیشترین کاربرد را در مطالعات زیست محیطی دارند. با توجه به آلودگی‌های به وجود آمده در آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه، تصفیه آب آشامیدنی ساکنین منطقه می‌تواند نقش موثری در کاهش میزان انتقال فلزات سمی به

چرخه زیستی داشته باشد. به عنوان مثال استفاده از آلومینای فعال می‌تواند به عنوان یک جاذب مطمئن در حذف آرسنیک از آب آشامیدنی در سیستم‌های ساده تصفیه خانگی و در قالب ستون های جاذب به کار رود.

منابع و مأخذ

اسماعیلی ساری، عباس.(۱۳۸۱). آلاینده ها، بهداشت و استانداردهای محیط زیست. انتشارات نقش مهر.

- بیاتی، سمیرا؛ زمانی، رسول؛ محمودی، احمد؛ مافی غلامی، داوود (۱۳۹۷). ارزیابی کیفیت آب تالاب چغاخور از نظر فلزات سنگین با استفاده از شاخص های MI، HPI، HEIT اکوهیدرولوژی، ۷ (۴)، ۱۰۲۱-۱۰۳۱

https://doi.org/10.22059/ije.2020.309854.1382

- جعفری فر،فائزه؛ حسن زاده، نسرین. (۱۳۹۸). ارزیابی کیفیت اکولوژیکی تالاب انزلی برای فلزات سنگین با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین .(HPI) مجله سلامت و محیط زیست، ۱۲ (۲۹)، ۱۷۳-۱۸۴

http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-6137-fa.html

- حاجی زاده، هادی؛ کرمی، غلامحسین؛ سعادت، سعید .(۱۳۸۵). ارزیابی زیست محیطی آب های زیرزمینی در منطقه فیروزآباد شاهرود. دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس

- سازمان صنایع و معادن استان اردبیل.(۱۳۸۱). اکتشاف عمومی عناصر فلزی در شمال غرب کشور.

- سبحان اردکانی سهیل .(۱۳۹۵). ارزیابی آلودگی به عنوان، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس و منگنز در منابع آب زیرزمینی دشت رزن با استفاده از شاخص‌های آلودگی کیفی آب. مجله دانشگاه علوم پزشکی نیشابور، ۴ (۴)، ۳۳-۴۵

https://www.sid.ir/paper/264414/fa

- شایان یگانه، علی اکبر یزدی، فیروزی، جمال آبادی، جواد .(۱۴۰۰). بررسی تاثیر ویژگی‌های زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی بر تغییرات کیفیت آب در محدوده ارتفاعات جغتای خراسان رضوی از حیث کرومیت، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافایی، ۲۱(۶۱)، ۷۹-۹۴

/https://ensani.ir/fa/article/459414

- صفاری،مهرنوش؛ جعفریان، عبدالرضا؛ گنجویان، محمد علی؛ اسماعیلی، جواد.(۱۴۰۰). بررسی شدت آلودگی عناصر سنگین در خاک‌های سطحی (منطقه مورد مطالعه: شهرستان شهر کرد)، فصلنامه کواترنری ایران ، ۷ (۴)، ۱۰۰۶-۱۰۲۳

https://doi.org/10.22034/irqua.2022.702442

- غبیشاوی، فاضل؛ اکبری، احمد؛ دادرس مقدم، امیر؛ حسینی، سید مهدی.(۱۴۰۰). شهرنشینی، آلودگی آب و رشد اقتصادی در استان‌های ایران با رهیافت پانل فضایی، مجله آب و فاضلاب، ۳۲(۶)، ۴۸-۵۷

https://doi.org/10.22093/wwj.2021.269544.3106

-مظفری، زانا .(۱۴۰۱). تاثیر سرمایه اجتماعی و سرمایه انسانی بر آلودگی آب استان‌های ایران، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، دوره ۱۴(۱)، ۱-۱۹

https://doi.org/10.30495/jae.2022.17266.1854

- نجاتی جهرمی، زهره؛ ناصری، حمیدرضا؛ نخعی، محمد؛ علیجانی، فرشاد.(۱۳۹۶). ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی آبخوان ورامین از نظر قابلیت شرب؛ آلودگی با فلزات سنگین، فصلنامه سلامت و محیط زیست، ۱۰ (۴)، ۵۵۹-۵۷۲

http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5906-fa.html

-Ayers, R. S. and Westcut D. W. (2003). Water quality for agriculture, translated by: Haj Rasouliha, Sh., University Publishing Center

- Bhattacharya , A.; Routh J.; Jacks, G.; Bhattacharya, P. and Mörth, M. (2006). Environmental assessment of abandoned mine tailings in Adak, Västerbotten district (northern Sweden). Applied Geochemistry 21 : 1760–1780

https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2006.06.011

-Cai, L., Xu, Z., Ren, M., Guo, Q., Hu, X., Hu, G. and Peng, P. (2012). Source identification of eight hazardous heavy metals in agricultural soils of Huizhou, Guangdong Province, China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 78: 2-8.
http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.07.004
- Council of the European Union, 1998. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal L 330, 05/12/1998, pp. 32–54
- Colin B.(1995) Environmental chemistry . Freeman and Company.
-Chandrasekaran, A., Ravisankar, R., Harikrishnan, N., Satapathy, K. K., Prasad, M. V. R., & Kanagasabapathy, K. V. (2015). Multivariate statistical analysis of heavy metal concentration in soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu, India– Spectroscopical approach. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 137, 589-600
https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.08.093
- Chi-Man L. and Jiu J. J. (2006). Heavy metal and trace element distributions in groundwater in natural slopes and higly urbanized spaces in Mid-Levels area, Hong Kong. Water Research, 40(753-767)
https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.08.093
-EPA, (1999) National recommended water quality criteria correction.EPA 822-Z- 99-001
-Dragun, J. (1988). The soil chemistry of hazardous materials. Hazardous materials control research institute, Silver Spring, MD.
-Fergusson L. (1989) The heavy elements: Chemistry, environmental impact and health effects. Pergamon Press, Oxford.
-Filella M., Belzile N. and Chen YU-Wei, 2002. Antimony in the environment: areview focused on natural waters, I. Occurrence. Erth-Science Review, 57, 125-176.
https://doi.org/10.1016/S0012-8252(02)00089-2
-Igwe, J., and Abia, A. A. (2006). A bioseparation process for removing heavy metals from waste water using biosorbents. African Journal of Biotechnology. 5(11): 1167-1179
-Kabata-Pendias, A., Pendias, H.(2001). Trace Elements in Soils and Plants, third ed. CRC Press, Boca Raton, Florida
-Lasate, M. M., (2003). Phytoextraion of toxic metal": A review of biological mechanism, Review and analyses with heavy metal. J Environ, Qual, 31: 109-120.
-Norra S., Z.A. Berner, P. Agarwala , F. Wagner,D. Chandrasekharam, D. Stuben .(2005). Impact of irrigation with As rich groundwater on soil and crops: A geochemical case study in West BengalDelta Plain, India. Applied Geochemistry, 20: 1890–1906.
https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2005.04.019
-National academy of sciences and National academy of engineering. (1972). Water quality criteria. United states environmental protection agency. Washington DC. Report No. EPA-R373-033. 592.
https://www.aaees.org/aaeesawardsceremony
-Netherlands Ministry of Housing.(1991). Environmental quality standards for soils and waters, Ministry of Housing, Physical planning and environment.
-Pratt P. F. (1972). Quality criteria for trace elements in irrigation waters. California Agricultural Experiment Station.
-WHO (world Health Organization).(1993). Guidelines for drinking water quality, vol.1.WHO, Geneva. 44-WHO Regional Office for Europe, 1987, who Regional Publications, European Series, No. 23.