Journal of Health

Vol. 16, No. 2, Summer 2025, Pages 108-123

Assessment of Physicochemical Properties and Trace Element Concentrations in Surface, Ground, and Municipal Waters of Ardabil Province, Iran

Mehdi Vosoughi[1,2], Farnam Mokhtar Koureh[3], Mehdi Fazlzadeh[4,2], Abdollah Dargahi*[5,2], Ali Normohammadi*[6]

1. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran
2. Social Determinants of Health Research Center, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran
3. Student Research Committee, Khalkhal University of Medical Sciences, Khalkhal, Iran
4. Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran
5. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Khalkhal School of Medical Sciences, Khalkhal, Iran
6. M.Sc in Environmental Health Engineering, School of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

**** Corresponding authors.*** Tel: +989141597607, Fax: +984532432002, E-mail: a.dargahi29@yahoo.com
E-mail: ali.n.barandaq@gmail.com

Received: Feb 23, 2024 Accepted: Jul 17, 2025

ABSTRACT

Background & objectives: Water resources are increasingly vulnerable to contamination due to agricultural runoff, industrial effluents, and urban wastewater, posing serious environmental and public health concerns. Water pollution, as a key indicator of ecosystem degradation, requires rigorous monitoring. This study aimed to assess the levels of turbidity, total dissolved solids (TDS), total hardness (TH), sodium adsorption ratio (SAR), temperature, pH, and selected microelements in surface water, groundwater, and municipal distribution systems throughout Ardabil Province, Iran.

Methods: This descriptive cross-sectional study was conducted over the course of one year (1400-1401) focusing on the water resources of Ardabil Province. In this study, the levels of turbidity, TDS, total hardness, SAR, temperature, pH, as well as several trace elements including potassium (K), silicon (Si), lithium (Li), beryllium (Be), boron (B), aluminum (Al), phosphorus (P), titanium (Ti), vanadium (V), cobalt (Co), selenium (Se), bromine (Br), strontium (Sr), molybdenum (Mo), cesium (Cs), barium (Ba), and uranium (U) in surface water, groundwater, and the municipal water distribution network of Ardabil Province. All major rivers, drinking water treatment plants, springs, wells, and the water distribution networks across different regions of Ardabil Province were studied.

Results: Trace metal concentrations were generally low across most samples; however, elevated levels were detected at specific locations. Notably, aluminum concentrations in surface water reached 182.5 µg/L and 259.9 µg/L at two sites along the Qezel Ozen River, and 2615.3 µg/L and 2636.2 µg/L at two sites along the Aras River. Additionally, water from an agricultural channel branching off the Aras River in Bilesavar exhibited aluminum levels of 2561.7 µg/L.

Discussion: The physicochemical parameters such as TDS, TH, SAR, temperature, and pH were found to be within acceptable limits as defined by national and WHO standards in most water sources. Turbidity levels were also compliant, except in certain surface water samples. Overall, trace element concentrations were below regulatory thresholds and are unlikely to pose significant health risks to consumers.

Keywords: Water Quality; Trace Metals; Surface Water; Groundwater; Municipal Distribution; Ardabil Province; TDS; Turbidity; Hardness

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

بررسی کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروالمنت‌ها در منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی و شبکه‌های توزیع آب استان اردبیل

مهدی وثوقی[۱،۲]، فرنام مختار کوره[۳]، مهدی فضل زاده[۲،٤]، عبداله درگاهی[۲،۵]*، علی نورمحمدی[۶]*

۱. دانشیار مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
۲. مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
۳. دانشجوی کمیته تحقیقات، دانشکده علوم پزشکی خلخال، خلخال، ایران
٤. استادیار مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
۵. دانشیار مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی خلخال، خلخال، ایران
۶. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
* نویسندگان مسئول. تلفن: ۰۹۱٤۱۵۹۷۶۰۷ فکس: ۰٤۵۳۲٤۳۲۰۰۲
ایمیل: a.dargahi29@yahoo.com و ali.n.barandaq@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: منابع آب به علت تخلیه‌ی انواع مختلف آلاینده‌های موجود در پسآب‌های کشاورزی، صنعتی و شهری به عنوان یکی از کانون‌های بحرانی از نظر آلودگی مطرح هستند و آلودگی آب از نمونه‌های بارز تخریب منابع زیستی است. هدف از این مطالعه بررسی میزان کدورت، TDS، سختی کل (TH)، SAR (نسبت جذب سدیم)، دما، pH و میکروالمنت‌ها در منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی و شبکه‌های توزیع آب استان اردبیل می باشد.

روش کار: این مطالعه از نوع توصیفی- مقطعی بوده که به مدت یکسال در سال ۱٤۰۱-۱٤۰۰ در منابع آب استان اردبیل انجام شد. در این مطالعه میزان کدورت، TDS، سختی کل، SAR، دما، pH، K، Si، Li، Be، B، Al، P، Ti، V، Co، Se، Br، Sr، Mo، Cs، Ba و U در منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی و شبکه توزیع آب استان اردبیل در تمامی رودخانه‌های مهم، تصفیه‌خانه‌های آب شرب، چشمه‌ها، چاه‌ها و شبکه‌های توزیع آب در نقاط مختلف استان اردبیل مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد غلظت فلزات (K، Si، Li، Be، B، Al، P، Ti، V، Co، Se، Br، Sr، Mo، Cs، Ba و U) اندازه‌گیری‌شده در اکثر نمونه‌ها پایین است اما مقادیر بالا نیز در برخی از این نمونه‌ها مشاهده می‌شوند. به عنوان مثال غلظت فلز آلومینیوم در منابع آب‌های سطحی در دو محل رودخانه قزل‌اوزن به میزان ۱۸۲/۵ µg/L و ۲۵۹/۹ µg/L، در دو محل رودخانه ارس به میزان ۲۶۱۵/۳ µg/L و ۲۶۳۶/۲ µg/L و یک محل در کانال آب کشاورزی منشعب از رودخانه ارس در بیله‌سوار به میزان ۲۵۶۱/۷ µg/L بود.

نتیجه‌گیری: میزان TDS، سختی، SAR، دما و pH در محدوده استانداردهای ملی و WHO بودند ولی میزان کدورت به غیر از منابع آب‌های سطحی در همه منابع در محدوده این استانداردها بود. فلزات مورد مطالعه در منابع آب دارای غلظت‌های پایین‌تر از مقادیر استاندارد ملی بودند و از نظر وجود این فلزات در آب، سلامتی مصرف‌کنندگان تهدید نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: کدورت، سختی کل، آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، TDS، اردبیل

دریافت: ۱٤۰۳/۱۲/۵ **پذیرش:** ۱٤۰٤/٤/۲۶

مقدمه

در گذشته ثابت شده است که تشکیل جوامع انسانی، تشکل‌های اجتماعی و به تبع آن، کشاورزی به آب برای تأمین غذا و صنعتی شدن نیاز دارد (۱). دسترسی به آب پاک و سالم برای مصرف انسان توسط مجمع عمومی سازمان ملل متحد در ژوئیه ۲۰۱۶ به عنوان

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

یک حق انسانی اعلام شد (۲). آب آشامیدنی علاوه بر تأمین نیازهای روزانه آب انسان برای مقاصد مختلف، راه اصلی تأمین عناصر و مواد معدنی مورد نیاز بدن مانند کلسیم و منیزیم است. میزان این عناصر در آب‌های زیرزمینی معمولاً بیشتر از سایر منابع است (۳). با توجه به اینکه تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی منجر به تغییرات عمده‌ای در چرخه هیدرولوژیکی می‌شوند، تخریب کیفیت آب به یک مسئله حیاتی در سراسر جهان برای توسعه پایدار بشر تبدیل شده است (۴،۵). منابع آب آشامیدنی طبیعی در معرض خطر بالای آلودگی از بسیاری از منابع آلاینده مانند توالت‌های گودالی، آفت‌کش‌ها و کودهای کشاورزی، زباله‌های خانگی و صنعتی و نشت از محل‌های دفن زباله هستند (۶).

آب یک منبع ضروری است از این رو، تضمین کیفیت خوب آب آشامیدنی یک عامل اساسی در تضمین سلامت عمومی است، زیرا آب آشامیدنی نقش قابل توجهی در عفونت‌ها و بیماری‌های انسانی دارد (۷). طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)، در سال ۲۰۱۱، نزدیک به ۱/۷ میلیارد کودک مبتلا به اسهال ناشی از مصرف آب آلوده در کشورهای در حال توسعه جان خود را از دست دادند. علاوه بر این، در سطح جهان، ۵۲۵۰۰۰ کودک مبتلا به اسهال عفونی در سال ۲۰۱۸ به دلیل کیفیت پایین آب، بهداشت و شرایط بهداشتی جان خود را از دست دادند (۸). کیفیت پایین آب به عنوان یکی از مظاهر فقر در کشورهای در حال توسعه در نظر گرفته می‌شود (۹) و با افزایش سریع جمعیت، افزایش سریع شهرنشینی، صنعتی شدن و فعالیت‌های انسانی، میزان آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی بیش از هر زمان دیگری در سراسر جهان در حال افزایش است (۷،۱۰،۱۱).

پایش پارامترهای فیزیکوشیمیایی کیفیت آب نقش محوری در ارزیابی محیط آب، اکوسیستم، هیدروشیمی و بوم‌شناسی و بازیابی کیفیت آب دارد (۱۲-۱۴). تجزیه و تحلیل کیفیت نمونه‌برداری آب، طیف وسیعی از آزمایش‌های نمونه آب را مطابق با الزامات کیفیت آب برای ارزیابی غلظت خواص اجزای تشکیل‌دهنده از منابع انجام می‌دهد (۱۵). همچنین، قوانین، استانداردهای غلظت پارامترهای مختلف کیفیت آب را در سراسر جهان کنترل کرده‌اند (۱۶،۱۷). طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، کدورت آب آشامیدنی قبل از ضدعفونی باید کمتر از NTU ۱ باشد، در غیر این صورت، اثربخشی کلرزنی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. در مناطقی که منابع کمتری در دسترس است، کدورت باید کمتر از NTU ۵ باشد. رعایت این استانداردها برای تأسیسات آب جهت اطمینان از ارائه آب آشامیدنی سالم به عموم مردم بسیار مهم است (۱۸).

آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (US EPA)، TDS را در مقررات ثانویه آب آشامیدنی (SDWR) خود با حد مجاز TDS در آب ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر فهرست کرده است. SDWRها دستورالعمل‌های فدرال غیرقابل اجرا هستند که باعث اثرات زیبایی یا آرایشی می‌شوند. نمونه‌هایی از اثرات زیبایی شامل طعم، رنگ یا بو است، در حالی که اثرات زیبایی شامل تغییر رنگ پوست یا دندان می‌شود (۱۹-۲۱). طبق (۲۲)، TDS بالای ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای مصرف آشامیدنی نامناسب است. بسته به میزان TDS در آب‌های سطحی، آنها ممکن است به عنوان آب شور یا آب شور طبقه‌بندی شوند. آب شور دارای TDS از ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ تا حدود ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر است (۲۰،۲۳). در آب‌های طبیعی، سختی معمولاً از ۱۰ تا بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر متغیر است. مقادیر بالای ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبتاً نادر هستند (۲۴). سختی، اگرچه عموماً به عنوان یک پارامتر آلودگی در نظر گرفته نمی‌شود، اما با آن همبستگی دارد (۲۵). سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) آب‌هایی با سختی بین ۰ تا ۶۱ میلی‌گرم در لیتر را به عنوان آب نرم، ۶۱ تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر را به عنوان آب

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

نسبتاً سخت و ۱۲۱ تا ۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر را به عنوان آب سخت و آب‌هایی با سختی بیش از ۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر را به عنوان آب بسیار سخت طبقه‌بندی کرده است. طبق استانداردهای WHO (۱۶)، ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر حداکثر حد مجاز سختی در هر آبی است که می‌توان به عنوان آب آشامیدنی از آن استفاده کرد. بنابراین، برای وجود آب آشامیدنی سالم، اولین گام در شناخت کیفیت آب، بررسی پارامترهای آب شرب می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه، بررسی کیفیت فیزیکیو شیمیایی و میکروالمنت‌ها می‌باشد که از جمله پارامترهای مهم تأثیرگذار بر بهداشت، سلامت آب مصرفی و سطح رضایت‌مندی مصرف‌کنندگان محسوب می‌شوند. از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی می‌توان به کدورت، دما، سختی کل (TH)، pH ، TDS و SAR (نسبت جذب سدیم) اشاره کرد. کمبود یا افزایش بیش از حد این عوامل می‌تواند سلامت انسان را به خطر بیندازد. بنابراین، پایش کیفیت آب و تأمین شرایط بهداشتی و استاندارد برای آب آشامیدنی ضروری است.

روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی- مقطعی[1] بود که در فصول پاییز و زمستان سال ۱۴۰۰ و بهار و تابستان سال ۱۴۰۱ در منابع آب استان اردبیل انجام شد. استان اردبیل از سه حوزه اصلی آبریز ارس- دره‌رود با مساحت ۱۲۴۸۳ کیلومتر مربع و ۶۹ درصد مساحت استان، قزل اوزن با مساحت ۳۷۰۰ کیلومتر مربع و ۲۲ درصد مساحت استان و بالهارود با مساحت ۱۷۷۰ کیلومتر مربع و ۹ درصد مساحت استان تشکیل شده است. کل ظرفیت منابع آبی استان اردبیل ۳۴۳۰ میلیون مترمکعب می‌باشد که شامل دو بخش آب‌های سطحی با ۳۱۳۲ میلیون متر مکعب و آب‌های زیرزمینی در حدود ۲۹۸ میلیون متر مکعب است. منابع آب‌های سطحی ۹۱/۳۱ درصد و زیرزمینی و چشمه‌ها ۸/۶۹ درصد منابع آبی استان را تشکیل می‌دهند. استان اردبیل با مساحت حدود ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع، در مختصات جغرافیایی ′۴۵ °۳۷ تا ′۴۲ °۳۹ عرض شمالی و ′۳۰ °۴۷ تا ′۵۵ °۴۸ طول شرقی واقع شده است.

در این تحقیق میزان سختی، SAR، TDS، سختی کل، کدورت، دما، pH ، K، Si، Li، Be، B، Al، P، Ti، V، Co، Se، Br، Sr، Mo، Cs، Ba و U در منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی و شبکه توزیع آب استان اردبیل در تمامی رودخانه‌های مهم استان اردبیل که شامل ارس، قره‌سو، بالخلی‌چای، خیاوچای، گرمی‌چای، قزل‌اوزن، هیروچای و کیوی‌چای، تصفیه‌خانه‌های آب شرب شهرهای اردبیل، بیله‌سوار، پارس‌آباد، خلخال، گرمی و مشکین‌شهر، چشمه‌ها، چاه‌ها و شبکه‌های توزیع آب در نقاط مختلف استان اردبیل مورد مطالعه قرار گرفت. برخی از آزمایشات پژوهش حاضر در آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل و آزمایشات مربوط به فلزات در آزمایشگاه شرکت نوین شیمیار تهران انجام گرفت.

روش نمونه‌برداری در این مطالعه از نوع مرکب می‌باشد و همان‌طور که از نام آن مشخص است، نمونه مورد نظر با ترکیب کردن نمونه‌های لحظه‌ای[2] در برداشت‌های مکرر تهیه می‌شود و اصلی‌ترین دلیل و هدف برای این شیوه نمونه‌برداری، آنالیز فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی آب می‌باشد و برای انجام آزمایش‌های میکروبی روش مناسبی نمی‌باشد. نکته مهم در این شیوه نمونه‌برداری، توجه به فواصل بین هر مرتبه نمونه‌گیری می‌باشد. نمونه‌ها در ظروفی از جنس پلی‌پروپیلن با حجم ۲۰ میلی‌لیتر جمع‌آوری گردیدند. میزان pH آب توسط pH متر دیجیتال و کیت پرتابل سنجش pH با قرص فنل‌رد در محل نمونه‌برداری‌ها اندازه‌گیری شد. جهت تثبیت‌کردن نمونه‌های آب برداشت شده، از

[1] Descriptive-Cross Sectional Study

[2] Grab

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

اسیدنیتریک ۶۵ درصد استفاده گردید (۲۶). نمونه‌ها بعد از آماده‌سازی و تثبیت شدن، در کلدباکس و در مجاورت یخ در دمای ۲ الی ٤ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه شرکت نوین شیمیار تهران ارسال شدند. به منظور تعیین سطح فلزات در نمونه‌ها از دستگاه ICP-Ms [1] (سری ٤٥٠٠ ساخت کشور انگلستان) مجهزشده به نمونه‌بردار خودکار ASX-۵۲۰ (انگلستان) و یک نبولایزر مین‌هارد شیشه‌ایی (ساخت کشور آمریکا) استفاده شد.

در این مطالعه از قسمت‌های مختلف منابع آب استان اردبیل نمونه‌برداری گردید. نمونه‌برداری به‌گونه‌ای انجام شد که کل مناطق استان را به طور کامل تحت پوشش قرار دهد. در مطالعه‌ی حاضر تعداد ۵۰ ایستگاه نمونه‌برداری و ۲۰۰ نمونه از کل منابع آب استان اردبیل (چشمه، رودخانه، چاه، تصفیه خانه آب و شبکه توزیع) مورد بررسی قرار گرفت. روش نمونه‌برداری و نگهداری نمونه‌ها مطابق روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب انجام شد (۲۷).

یافته‌ها

میانگین غلظت پارامترهای کدورت، TDS، سختی کل و SAR برای شهرستان‌های مختلف استان اردبیل بر اساس نوع منبع آب، در جدول ۱ ارائه شده است. جدول ۲ میانگین غلظت این پارامترها را به تفکیک منابع آب سطحی، آب‌های زیرزمینی و شبکه توزیع نمایش می‌دهد. همچنین، جدول ۳ میانگین غلظت این پارامترها را در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری برای هر یک از منابع فوق (آب سطحی، زیرزمینی و شبکه توزیع) نشان می‌دهد.

نمودارهای ۱ تا ٤، میانگین غلظت کدورت، TDS، سختی کل و SAR را در سطح کل استان و به تفکیک نوع منبع نمایش می‌دهند؛ در حالی که نمودارهای ۵ تا ۸ تغییرات ماهانه میانگین غلظت این پارامترها را در طی دوره نمونه‌برداری نشان می‌دهند.

نتایج نشان داد که در منابع آب‌های زیرزمینی میانگین میزان کدورت ۱/۰۸ NTU، TDS ۲۷۵/۳ mg/l، سختی کل ۱۹۹/۲ $mg/l\ CaCO_3$، SAR ۳/۰۱٪، دما بین ۶/۱ و ۱۰/۹ درجه سانتیگراد و pH بین ۶/۸ تا ۷/۸ بدست آمد و میزان آنها کمتر از استانداردهای ملی و WHO بود (جدول ۳). همچنین در منابع آب‌های سطحی میانگین میزان کدورت ۱۵/۶ NTU، TDS ۵۳۷/۹۸ mg/l، سختی کل ۲۸۱/۱ mg/l_{CaCO3}، SAR ۶/۲۵٪، دما بین ۳/۵ تا ۲۲ درجه سانتیگراد و pH بین ۷/۲ تا ۱۰ بود که فقط میزان کدورت بیشتر از استانداردهای ملی و WHO بود (جدول ۳). در آب‌های شبکه توزیع کدورت ۰/۰۳ NTU، TDS ۲۹۳/۵ mg/l، سختی کل ۱۷۰/۵ $mg/l\ CaCO_3$، SAR ۳/۸٪، دما بین ٤/۶ تا ۲۲ درجه سانتیگراد و pH بین ۶/۸ تا ۷/۸ بدست آمد و میزان آنها کمتر از استانداردهای ملی و WHO بود (جدول ۳).

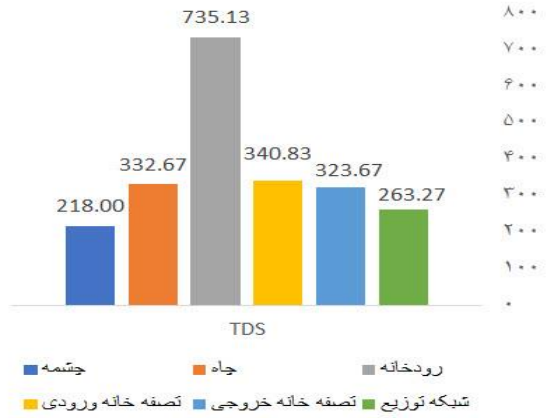
میزان کدورت در منابع آب‌های زیرزمینی و شبکه توزیع در بهمن ماه و در منابع آب‌های سطحی در اردیبهشت ماه بیشترین بود. میزان TDS در منابع آب‌های زیرزمینی در آذر ماه، در منابع آب‌های سطحی در تیر ماه و در آب‌های شبکه توزیع در بهمن ماه بیشترین بود. میزان سختی کل در منابع آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی در تیر ماه و در آب‌های شبکه توزیع در بهمن ماه بیشترین بود. میزان SAR در منابع آب‌های زیرزمینی در آذر ماه، در منابع آب‌های سطحی در تیر ماه و در آب‌های شبکه توزیع در بهمن ماه بیشترین بود. میزان دما در منابع آب‌های زیرزمینی و شبکه توزیع در اردیبهشت ماه و در منابع آب‌های سطحی در تیر ماه بیشترین بود. میزان pH در منابع آب‌های زیرزمینی در اردیبهشت ماه، در منابع آب‌های سطحی در تیر ماه و در آب‌های شبکه توزیع در بهمن ماه بیشترین بود.

نتایج حاصل از بررسی حضور ۱۷ فلز K ، Si، Li، Be، B، Al، P، Ti، V، Co، Se، Br، Sr، Mo، Cs، Ba و U در منابع آب استان اردبیل در فصول بهار، تابستان،

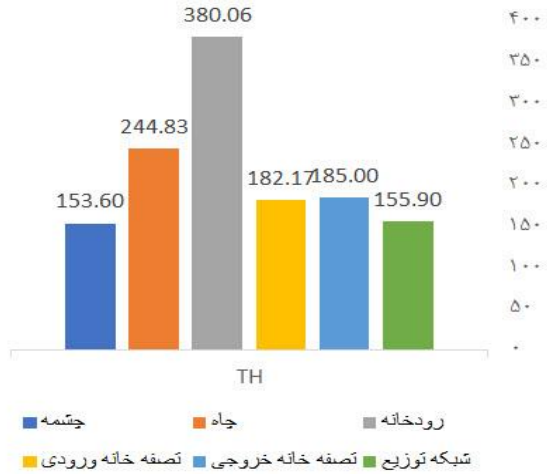
[1] Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

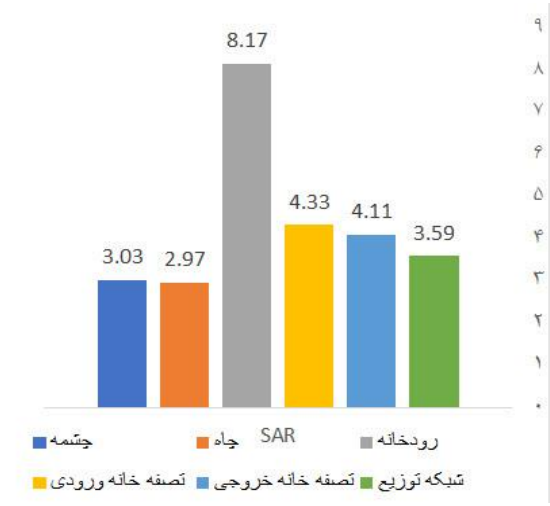
پاییز و زمستان و میانگین غلظت این فلزات در جداول ۴-۷ ارائه شده‌اند. نتایج نشان داد غلظت فلزات اندازه گیری شده در اکثر نمونه‌ها پایین‌تر از میزان استانداردهای ملی ۱۰۵۳ ایران و WHO است اما مقادیر بالا نیز در برخی از این نمونه‌ها مشاهده می‌شوند. به عنوان مثال غلظت فلز آلومینیوم در منابع آب‌های سطحی در دو محل رودخانه قزل‌اوزن به میزان ۱۸۲/۵ µg/l و ۲۵۹/۹ µg/l، در دو محل رودخانه ارس به میزان ۲۶۱۵/۳ µg/l و ۲۶۳۶/۲ µg/l و یک محل در کانال آب کشاورزی منشعب از رودخانه ارس در بیله‌سوار به میزان ۲۵۶۱/۷ µg/l بود (جدول ۵).



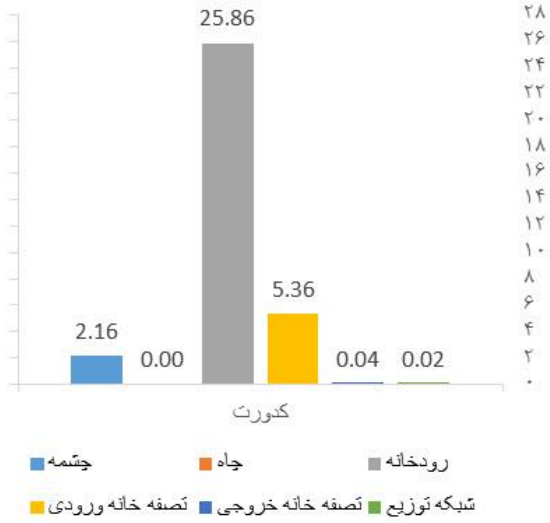
شکل ۱. میانگین غلظت TDS (mg/l) در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نوع محل



شکل ۲. میانگین غلظت سختی کل (CaCO mg/l۳) در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نوع محل



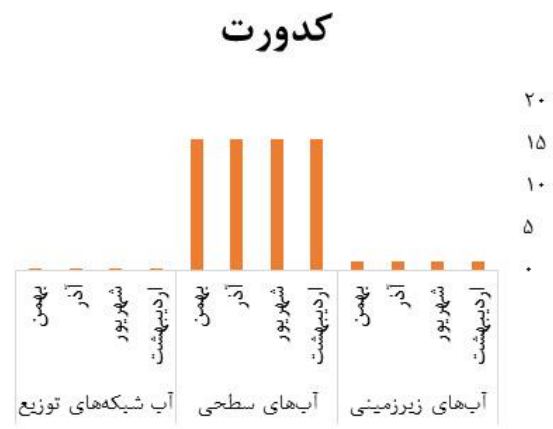
شکل ۳. میانگین غلظت SAR (٪) در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نوع محل



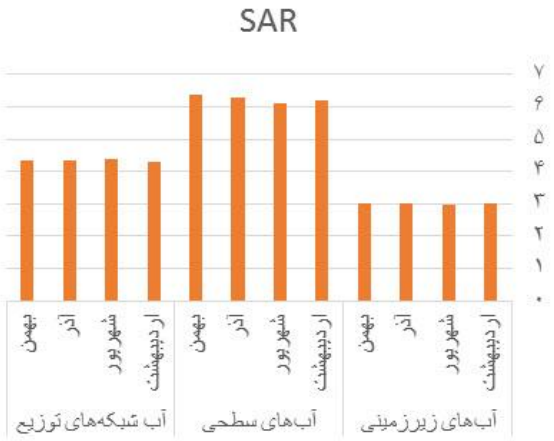
شکل ٤. میانگین غلظت کدورت (NTU) در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نوع محل

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]

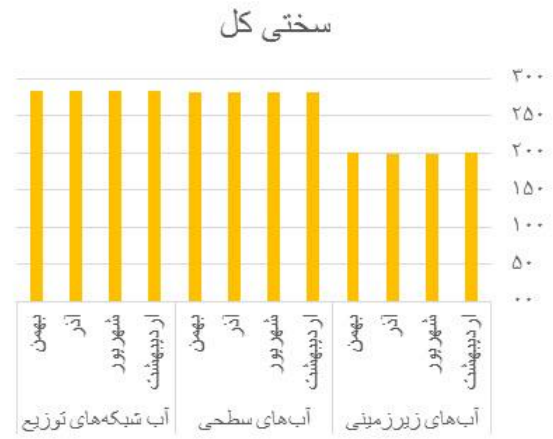
[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]



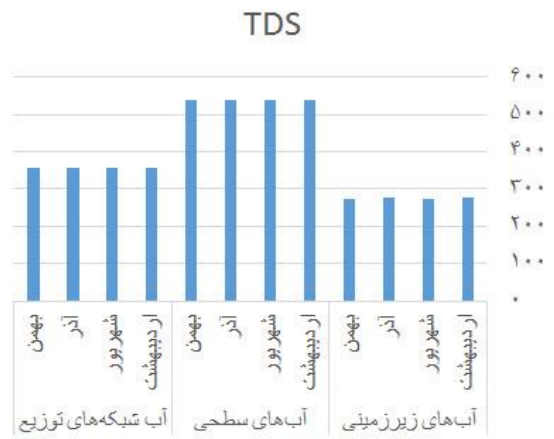
شکل ۵. میانگین غلظت کدورت (NTU) در منابع آب استان اردبیل بر حسب فصول سال



شکل ۷. میانگین غلظت SAR (٪)در منابع آب استان اردبیل بر حسب فصول سال



شکل ۶. میانگین غلظت سختی کل (mg/l) در منابع آب استان اردبیل بر حسب فصول سال



شکل ۸. میانگین غلظت TDS (mg/l) در منابع آب استان اردبیل بر حسب فصول سال

جدول ۱. میانگین غلظت کدورت، TDS، سختی کل و SAR در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نام محل نمونه‌برداری

شهرستان	محل نمونه‌برداری	تعداد	کدورت (NTU)	TDS (mg/l)	سختی کل (mg/l CaCO3)	SAR(%)
خلخال	چشمه	۳	۰	۲۹۹/۶۷	۷٤/۶۷	۲/۳
	رودخانه	٤	۳۵/۲۵	۱۰۱۶/۲۵	۳۱۲	۱۳/۱۲
	چاه	۲	۰	۳۸۸	۱۸۷/۵	۳/۰۶
	آب شرب	۱	۰/۳۸	۱۱۲/۶۷	۹۹	۱/۳
کوثر	چاه	۲	۰	۲۱۸/۵	۲۵۸	۳/۱۵
	رودخانه	۱	٤۰/۲	۲۷۸	۹۶	۲/۵
	آب شرب	۱	۰	۲۵۹	۶۱	۲/۶
نیر	چشمه	۱	۱۰/۸	۱۳۸	۱۳۱	۱/۳
	آب شرب	۱	۰	۱٤۵	۱۳۱	۱/۲
سرعین	چاه	۱	۰	۳۸۰	۱۹۶	۳/۳
	آب شرب	۱	۰	۱۹۱	۱۲۹	۳/۹۵

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

نمین	چشمه	۱	۰	۵۳	٤۱۳	۶/۹
	آب شرب	۱	۰	۱۹۲	۱۵۰	۲/۲
اردبیل	رودخانه	۲	۲۰/۰۵	۸۱۹	۲۶۹	۹/۶
	آب شرب	۲	۶/۵	۳۶۳/۳	۱۲٤/۳	۵/۱
مشکین‌شهر	رودخانه	٤	۲۰/۸۸	٤۳۸/۷۵	۲۶۰/۵	۳/۸
	چاه	۱	۰	٤۰۳	۳۸۲	۲/۱۵
	آب شرب	۱	۰	۱۰۸/۶۷	٤۶/۶۷	۲/۱
گرمی	رودخانه	۲	۳۳/۵	۹۰۶	۱۱۰۸	۳/۶
	آب شرب	۱	۰	٤۵۱	۲٤۷	۵/۶
بیله‌سوار	رودخانه	۱	۱۱	۵۱۰	۳۲۱	۱۱/۵
	آب شرب	۱	۲۳۵/۳۳	۲۳۹/۱۷	۱۰٤/۷	۱۰۶/۵
پارس‌آباد	رودخانه	۲	۱۵/۵	۸۵۲	۳۱۰	۱۱/۳
	آب شرب	۱	۲۰۳/۲۵	۲۰۶/۰۳	۱۹۳/۳۵	۱۹٤/۳

جدول ۲. میانگین غلظت کدورت، TDS، سختی کل و SAR (٪) در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نوع منابع

محل نمونه برداری	کدورت(NTU)	TDS(mg/l)	سختی کل(mg/l CaCO3)	SAR(%)
آب‌های زیرزمینی	۱/۰۸	۲۷۵/۳	۱۹۹/۲	۳
آب‌های سطحی	۱۵/۶	۵۳۸	۲۸۱/۱	۶/۳
آب‌های شبکه توزیع	۰/۰۳	۲۹۳/۵	۱۷۰/۵	۳/۸

جدول ۳. میانگین غلظت کدورت، TDS، سختی کل و SAR (٪) در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نوع محل و فصل سال

محل نمونه برداری	سال	ماه	کدورت (NTU)	TDS (mg/l)	سختی کل (mg/l CaCO3)	SAR(%)
آب‌های زیرزمینی (چشمه‌ها، چاه‌ها)	۱٤۰۰	آذر	۱/۰۸	۲۷۶/۳	۲۰۰	۳/۰۹
		بهمن	۱/۰۹	۲۷۵	۱۹۸	۲/۹۹
	۱٤۰۱	اردیبهشت	۱/۰۷	۲۷۶	۱۹۹	۳/۰۵
		تیر	۱/۰۸	۲۷٤	۲۰۰/۹	۳
	میانگین		۱/۰۸	۲۷۵/۳	۱۹۹/۲۲	۳/۰۱
آب‌های سطحی (رودخانه‌ها، ورودی تصفیه‌خانه‌های آب)	۱٤۰۰	آذر	۱۵/۶	۵۳۷/۹	۲۸۱/۰۹	۶/۲
		بهمن	۱۵/۶	۵۳۸	۲۸۱/۱۲	۶/۱
	۱٤۰۱	اردیبهشت	۱۵/۶٤	۵۳۷/۹۸	۲۸۱/۱۳	۶/۳
		تیر	۱۵/۶	۵۳۸/۰۱	۲۸۱/۱	۶/٤
	میانگین		۱۵/۶	۵۳۷/۹۸	۲۸۱/۱	۶/۲۵
آب شبکه‌های توزیع (آب شبکه‌های توزیع، خروجی تصفیه‌خانه‌های آب)	۱٤۰۰	آذر	۰/۰۲	۳۵۶/۳	۲۸٤	٤/۳
		بهمن	۰/۰۲۱	۳۵۶/٤	۲۸۳/۹	٤/٤
	۱٤۰۱	اردیبهشت	۰/۰۲	۳۵۶/۳	۲۸٤	٤/۳٤
		تیر	۰/۰۱۹	۳۵۶/۳	۲۸٤/۱	٤/۳۲
	میانگین		۰/۰۲	۳۵۶/۳	۲۸٤	٤/۳

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

جدول ٤. میانگین غلظت فلزات در منابع آب استان اردبیل به تفکیک محل نمونه‌برداری بر حسب µg/l

شهرستان	محل نمونه برداری	K	Si	Li	Be	B	Al	P	Ti	V	Co	Se	Br	Sr	Mo	Cs	Ba	U
خلخال	چشمه	۰/۲	۰/۶	۲/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۶	۰/۰	۰/۰	۰/۳	۰/۶	۰/۰	۰/۰	۱۳۶/۵	٤/۳	۰/۰	۱۵/۵	۰/۰
خلخال	چشمه	۰/۲	۱/۳	٤/۶	۰/۰	۰/۱	۰/۲	۰/۰	۰/۱	۰/۹	۰/٤	۰/۰	۰/۰	٤۲۱/۲	۱/۲	۰/۰	۱۷/۸	۰/۵
خلخال	چشمه	۰/٤	۰/۸	۰/۶	۰/۰	۰/۰	۱/٤	۶/۲	۰/۱	۱/۸	۰/۳	۰/۶	۰/۰	۱۵۲/۸	۱/۶	۰/۰	٤/۵	۰/۶
خلخال	رودخانه	۲/۱	۰/۷	۲/٤	۰/۰	۰/۱	۱/۷	۳۲۱/۵	۰/۲	۰/۸	۰/۵	۰/۱	۲۵۲/۶	۳۶٤/۵	۲/۵	۰/۱	۳۰/۵	۰/۳
خلخال	رودخانه	۱/۶	۰/۷	۲/۲	۰/۰	۰/۱	۱/٤	۰/٤	۰/۱	۰/۸	۰/٤	۰/۱	۳۲۱/۷	۳٤۲/۵	۱	۰/۱	۲۸/۲	۰/۳
خلخال	رودخانه	۸/۸	۱/۱	۳۰/۳	۰/۱	۰/٤	۱۸۲/۶	٤	۷/۷	۳/۶	۰/٤	۰/۱	۶۸۱	۳۶۰۳	۱/۳	۰/۱	۲۶/۶	۰/۶
خلخال	رودخانه	۹/۱	۱/۱	۳۳/۵	۰/۰	۰/٤	۲۵۶	۷	۱۰/۹	۳/۶	۰/٤	۰/۱	۶۹۳/۳	۳۶۷۲	۱/۲	۰/۱	۲۶/۷	۰/۶
خلخال	چاه	۰/۶	۰/۹	۱/۶	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۰/۰	۰/۱	۰/۹	۰/۵	۰/۰	۱۰/۲	۱۳۸۸	۰/۹	۰/۰	۳۷/۸	۰/٤
خلخال	چاه	۰/۳	۱/۵	۳/٤	۰/۰	۰/۱	۰/٤	۰/۰	۰/۲	۱/۲	۰/۲	۰/۰	۰/۰	۱۵۵۷	۰/۵	۰/۰	۱۵/٤	۱/۱
خلخال	ورودی تصفیه‌خانه	۰/۶	۰/۷	۱/۱	۰/۱	۰/۰	۲/۷	۰/۰	۰/۲	۰/۸	۰/۵	۰/۰	۲٤۶/۹	۲۵۵/۶	۱/۵	۰/۰	۲۱/۲	۰/۲
خلخال	خروجی تصفیه‌خانه	۰/۶	۰/۶	۱/۶	۰/۰	۰/۰۳	۰/٤	۰/۰	۰/۱	۰/۵	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۲۵۵/۶	۱/۲	۰/۰	۲۱/۰	۰/۲
خلخال	شبکه توزیع	۰/۷	۰/۷	۱/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۶	۰/۰	۰/۱	۰/۵	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۲۵۲/۸	۱/۲	۰/۰	۲۱/۰	۰/۲
کوثر	چاه	۱/٤	۱/۹	۹/٤	۰/۰	۰/۱	۲/۵	۹/۱	۰/۱	٤/٤	۰/۲	۰/۰	۱۱/۵	۲۵۸/۲	۰/۹	۰/۰	۱۷/۷	۰/۷
کوثر	چاه	۰/۶	۱/۵	٤/۱	۰/۰	۰/۱	۰/۲	۰/۰	۰/۱	٤/۱	۰/٤	۰/۱	۱۲۵/۲	۲۱٤٤	۰/۸	۰/۰	۳۶/۳	۱/۷
کوثر	رودخانه	۰/۹	۰/۸	۱/۲	۰/۰	۰/۱	۱۲/۲	۷۳/۸	۰/۶	۱/٤	۰/۳	۰/۱	۳۲۰/۷	۲۳٤/۲	۰/۹	۰/۱	۱۳/۳	۰/۳
کوثر	شبکه توزیع	۰/٤	۰/۹	۰/۸	۰/۰	۰/۰	۱/۹	۵/۵	۰/۱	۲/۲	۰/٤	۰/۰	۱۲٤/۲	۲۲۶/٤	۱/۳	۰/۰	۳/۹	۰/۳
نیر	چشمه	۱/۷	۰/۳	۱٤/٤	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۲/۶	۰/۱	۷/۶	۰/۰	۰/۱	۰/۰	۱۶۷/۲	۲/۶	۱/٤	۲/۷	۰/۹
نیر	شبکه توزیع	۱/۷	۰/۸	۱۱/۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۸/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۶۱	۱/۹	۰/۳	۲/۳	۰/۳
سرعین	چاه	۰/۸	۰/۸	۵٤/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۱۷	۰/۰	۰/۳	۱۲/٤	٤۲٤/۹	۰/۹	۰/۰	۲۲/۹	۸/۹
سرعین	شبکه توزیع	۳/۵	۰/۷	۲۳۵	۰/۰	۰/۱	٤/۶	۰/۰	۰/٤	۰/۹	۰/۰	۰/۱	٤۶/۳	۲٤۵/۱	۲/۲	۶/۷	۱۱/۵	۰/۹
نمین	چشمه	۰/۷	۰/٤	۰/۷	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۵/۶	۰/۰	۳۷	۰/۰	٤/۸	۸۹۸/۸	۹۹٤/۲	۹/۱	۰/۷	۰/۷	۷/۲
نمین	شبکه توزیع	۰/۷	۰/٤	۲/٤	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۷/۵	۰/۰	۲/٤	۰/۰	۱۵۳/۸	۰/۸	۰/۰	۳/۷	۲/۸
اردبیل	رودخانه	۶/٤	۰/۹	٤٤۵	۰/۰	۰/۱	۱/۷	٤/۶	۰/۲	۳/۶	۰/۰	۰/۰	٤۹٤/۲	۷۱۶/۲	۶/٤	۳/٤	۱۹/۱	۵/۶
اردبیل	رودخانه	۸/۰	۰/۹	٤۲۵	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۵	۰/۰	۲/٤	۰/۰	۰/۱	٤٤۱/۱	۶۸۳/۲	۵/۱	۲/۹	۲۵/۱	٤/۱
اردبیل	ورودی تصفیه‌خانه	٤/۲۷	۰/۷	۳۳۳	۰/۰	۰/۰	۶٤/۷	۰/۰	۳/۶	۵/٤	۰/۰	۰/۰	۱۶۳/۲	۲۶۷/۶	۲/٤	۸/۹	۱۵/۵	۱/۱
اردبیل	خروجی تصفیه‌خانه	۳/۵	۰/۷	۲٤۲	۰/۰	۰/۱	۳/۵	۰/۰	۰/۲	۲/۷	۰/۰	۰/۱	٤۶/۱	۲٤۷/۶	۲/۱	۶/۸	۱۲/۳	۱/۱
اردبیل	شبکه توزیع	۳/۶	۰/٤	۲۶۱	۰/۱	۰/۱	۲/۳	۰/۰	۰/۲	۱/۸	۰/۰	۰/۱	۶۲/۱	۲۷۰/۲	۲/۱	۷/۵	۱۳/۷	۱/۵
اردبیل	شبکه توزیع	۳/۵	۰/۵	۲۵۵	۰/۱	۰/۱	۲/۶	۰/۰	۰/۲	۱/۸	۰/۰	۰/۱	۶۳/۸	۲۶۶/۶	۲/۱	۶/۵	۱٤/۳	۱/۳
مشکین‌شهر	رودخانه	۳/۵	۱/۳	۱۲۹	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۳/۵	۰/۳	۳/۶	۰/۰	۰/۲	۱۵۸/۹	٤۵/۸	٤/۳	۶/٤	۹/۶	۰/۱
مشکین‌شهر	رودخانه	۰/۹	۱/۳	۳۱/۷	۰/۰	۰/۱	۰/۳	۳/۵	۰/۰	۰/۷	۰/۰	۰/۳	۳۵۶/۸	۸۷۸/۹	٤	۱/۵	۳/۶	۰/۰
مشکین‌شهر	رودخانه	٤	۱/۱	۱۸۲	۰/۰	۰/۱	۰/۰	۵/۷	۰/۰	۷/۶	۰/۰	۰/۰	۳۵۲/۸	۹۰۳/۱	۳/۸	۰/۰	۱٤/۹	۱٤
مشکین‌شهر	رودخانه	٤/۳	۱/۱	۱۸۳	۰/۱	۰/۰	۸/٤	۸/٤	۰/۰	۸/٤	۰/۰	۰/۶	۱۱/۹	٤۲۱/۹	۸/۵	۰/۰	۲۵/۳	۹/۷
مشکین‌شهر	چاه	۶/۵	۰/۸	۵۲/٤	۰/۰	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۱۷	۰/۰	۰/۶	۱۱/۹	٤۲۱/۹	۸/۵	۰/۰	٤/۵	۰/۰
مشکین‌شهر	شبکه توزیع	۱/۵	۰/۷	۵۶/۲	۰/۱	۰/۱	۳۶	۰/۰	۰/۸	۲/٤	۰/۰	۰/۰	۶۹/۶	۷٤/۳	۰/۷	٤/۷	٤/۵	۰/۰
مشکین‌شهر	ورودی تصفیه‌خانه	۱/۶	۰/۶	۷٤/۲	۰/۱	۰/۰	۶/۸	۰/۰	۰/۰	۱/۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۷۰/۱	۲/۶	۵/۱	٤/۰	۰/۰
مشکین‌شهر	خروجی تصفیه‌خانه	۱/٤	۰/۶	۷۵/۱	۰/۱	۰/۰	۶/۹	۰/۰	۰/۲	۲/۶	۰/۰	۰/۳	۰/۰	۷۰/۱	۲/۶	۵/۱	٤/۰	۰/۰
گرمی	رودخانه	۶/۶	۰/۷	۸۰/۵	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۲/۷	۰/۰	۰/۶	۰/۰	۰/۹	۱۷۱/۶	۲۱٤۱	٤/٤	۰/۰	۱۶/۶	۳/۲
گرمی	رودخانه	۳/۲	۰/۶	٤۷/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۳	۰/۷	۰/۰	۰/۹	۰/۱	۰/۵	۱۰۳/۹	۱۳٤۱	۵/۷	۰/۰	۲۳/۵	۳/۹
گرمی	شبکه توزیع	۲/۷	۰/۸	۲۹/۵	۰/۱	۰/۱	۶/۲	۰/۰	۰/۷	٤	۰/۱	۰/۶	۱٤۳/۹	۳۹۳/۳	۷/۸	۰/۰	۲٤/۱	۳/۳
گرمی	ورودی تصفیه‌خانه	۲/۵	۰/۶	۲۷/٤	۰/۱	۰/۰	۳	۰/۰	۰/۱	۳/۶	۰/۰	۰/۹	۱۵۷/۵	۳۹۷/۹	۷/۸	۰/۰	۲۵/۱	۲/۹
گرمی	خروجی تصفیه‌خانه	۲/۵	۰/۶	۲۸/۵	۰/۱	۰/۱	٤/۸	۰/۰	۰/۱	۳/۵	۰/۱	۰/۱	۱۶۷/۹	۳۹۸/۹	۷/۷	۰/۰	۲۵	۳/۶
بیله‌سوار	رودخانه	٤/۳	٤/۹	۳۵/٤	۰/۰	۱	۲۵۶۱/۷	۲۱۳/۸	۷۳/۵	۲٤	٤/۱	۰/۵	۳٤۹/۹	۱۱۰۷	۱۰	۰/۶	۱۱۳	٤/۲
بیله‌سوار	ورودی تصفیه‌خانه	۲/۷	۰/۶	۳۱/۲	۰/۰	۰/۱	۹/۲	۰/۰	۰/۸	۵/۵	۰/۱	۰/۰	۱۵۵	۳۸۵/۷	۸/۹	۰/۰	۲٤	٤/۸
بیله‌سوار	خروجی تصفیه‌خانه	۲/۸	۰/۷	۳۰/۷	۰/۱	۰/۱	۷/۱	۰/۰	۰/۸	٤	۰/۱	۰/۷	۱٤۵/۸	۳۹۵/۷	۸/۶	۰/۰	۲۶/۷	٤
بیله‌سوار	شبکه توزیع	۲/۷	۰/۷	۳۱/۳	۰/۰	۰/۱	۷/۵	۰/۰	۰/۸	٤/۱	۰/۱	۰/۸	۱٤۳/۲	۳۹۳/۹	۸/۵	۰/۰	۲٤/۲	٤/۱
پارس‌آباد	رودخانه	۳/۹	۹	۳٤/۶	۰/۲	۱/۵	۲۶۱۵/۳	۲۰۹	۷۲/۹	۲۲	۳/۹	۰/۳	۱۱۰۳	۳٤۲	۹/۵	۰/۵	۱۱۱	۳/۸
پارس‌آباد	رودخانه	۳/۸	۹	۳۳/۷	۰/۳	۱/۳	۲۶۳۰/۷	۲۰۹	۷۵/۶	۲۲	۳/۵	۰/٤	۳٤۰/۶	۱۱۱٤	۹/۹	۰/۵	۱۱۶	۳/۶
پارس‌آباد	ورودی تصفیه‌خانه	۲/۷	۰/۸	۳۰/۵	۰/۰	۰/۱	۸/۱	۰/۰	۰/۷	۶/۸	۰/۱	۰/۹	۱۶۲/۹	۳۷۶/۷	۹/۶	۰/۰	۲۷	۵/۸
پارس‌آباد	خروجی تصفیه‌خانه	۲/۹	۰/۷	۳۱/۹	۰/۰	۰/۱	۷	۰/۰	۰/۶	۶/۱	۰/۱	۰/۸	۱۵۷/۹	۳۸٤/۶	۹/۲	۰/۰	۲۷/۷	۶/۱
پارس‌آباد	شبکه توزیع	۲/۶	۰/۷	۳۱/۶	۰/۱	۰/۱	۷/۹	۰/۰	۰/۷	۵/۲	۰/۰	۰/۸	۱۵٤/۹	۳۸۵/٤	۸/۹	۰/۰	۲٤/۹	۵/۸

جدول ۵. میانگین غلظت فلزات در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نام محل نمونه‌برداری بر حسب µg/l

شهرستان	محل نمونه برداری	K	Si	Li	Be	B	Al	P	Ti	V	Co	Se	Br	Sr	Mo	Cs	Ba	U
خلخال	چشمه	۰/۲۸	۰/۹۱	۲/٤٤	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۷۲	۲/۱	۰/۰٤	۰/۹۹	۰/٤۳	۰/۰۳	۰/۰	۲۳۶/۸	۲/٤	۰/۰۲	۱۲/۶	۰/٤
	رودخانه	۵/٤	۰/۹۲	۱۷/۱	۰/۰۳	۰/۲۲	۱۱۱/٤	۸۳/۲	٤/۷۳	۲/۲	۰/٤٤	۰/۰۸	٤۸۷/۱	۱۹۹۵	۱/۵۳	۰/۰۷	۲۸	۰/٤
	چاه	۰/٤٤	۱/۲	۲/۵	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۲۵	۰/۰	۰/۱٤	۱/۰۵	۰/۳۳	۰/۰۲	۵/۱	۱٤۷۳	۰/۷	۰/۰۲	۲۶/۶	۰/۷
	شبکه توزیع	۰/۶۳	۰/۶۷	۱/٤۲	۰/۰٤	۰/۰۳	۱/۲٤	۰/۰	۰/۱	۰/۵۸	۰/۵	۰/۰۳	۰/۰	۲۵۱/۸	۱/۳٤	۰/۰۲	۲۱/۱	۰/۲

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

کوثر	چاه	۱/۰۱	۱/۶۹	۶/۷۵	۰/۰۳	۰/۰۶	۱/۳۱	٤/٦	۰/۱	٤/۲۵	۰/۳	۰/۰۳	۶۸/٤	۱۲۰۱	۰/۸۳	۰/۰٤	۲۷	۱/۲
	رودخانه	۰/۸۵	۰/۷۸	۲/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۱۲/۲	۷۳/۸	۰/۵۸	۱/۳۷	۰/۲۸	۰/۰۹	۳۲۰/۷	۲۳٤/۲	۰/۸۹	۰/۰۶	۱۳/۳	۰/۲
	شبکه توزیع	۰/۳۹	۰/۸۸	۰/۸	۰/۰۳	۰/۰٤	۱/۸۷	۵/٤۸	۰/۰۷	۲/۱۶	۰/۳۷	۰/۰٤	۱۲٤/۲	۲۲۶/۳	۱/۳۳	۰/۰٤	۳/۸۷	۰/۳
نبر	چشمه	۱/۷۲	۰/۳۱	۱٤/٤	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۱۶	۲/۵۶	۰/۱۲	۷/۵۸	۰/۰	۰/۱٤	۰/۰	۱۶۷/۲	۲/۵۹	۱/٤	۲/۶۷	۰/۹
	شبکه توزیع	۱/۷۱	۰/۸۱	۱۱/۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰	۰/۰	۸/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱۶۱	۱/۸۶	۰/۲۵	۲/۳۵	۰/۳
سرعین	چاه	۰/۷۹	۰/۸۰	۵٤/۲	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰۲	۰/۱۹	۰/۰۱	۱۶/۶	۰/۰	۰/۳۳	۱۲/۳	٤۲۵	۰/۸۷	۰/۰	۲۲/۳	۸/۹
	شبکه توزیع	۳/٤۹	۰/۷۰	۲۳٤/٤	۰/۰٤	۰/۰۷	٤/۵۹	۰/۰	۰/۳۵	۰/۹۰	۰/۰	۰/۱٤	٤۶/۳	۲٤۵/۱	۲/۲۳	۶/۷	۱۱/۵	۱
نمین	چشمه	۰/۶۵	۰/٤۳	۰/۶۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۵/۵۵	۰/۰	۳۶/۷	۰/۰	۴/۸	۸۹۸/۸	۹۹٤/۲	۹/۰۷	۰/۰	۰/۷	۷/۲
	شبکه توزیع	۰/۶۶	۰/٤٤	۲/۳۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰	۰/۰	۷/۵٤	۰/۰۱	۲/٤۳	۰/۰۱	۱۵۳/۸	۰/۸۵	۰/۰	۳/۷	۲/۷
اردبیل	رودخانه	۷/۲٤	۰/۸۷	٤۳٤/۷	۰/۰٤	۰/۰۸	۰/۹	٤/۸	۰/۰۸	۳	۰/۰۱	۰/۰٤	٤۶۷/۷	۶۹۹/۷	۵/۷۶	۳/۲	۲۲	٤/۸
	شبکه توزیع	۳/۷۲	۰/۵۸	۲۷۲/۶	۰/۰۵	۰/۰٤	۱۸/۲۵	۰/۰	۱/۰۲	۲/۹	۰/۰	۰/۰۷	۸۳/۸	۲۶۲/۹	۲/۱۵	۷/٤	۱٤	۱/۳
مشکین‌شهر	رودخانه	۳/۲۶	۱/۱۹	۱۳۱/۳	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۱٤	۵/۲۸	۰/۰۷	۵/۰۷	۰/۰۱	۰/۴۳	۱۷۷/٤	۴۹۶/۷	۳/۱۳	۲	۱۰/۶	۶/٤
	چاه	۶/۵۳	۰/۷۸	۵۲/٤	۰/۰۲	۰/۰٤	۰/۰۱	۰/۰	۰/۱۸	۱۷/۳	۰/۰	۰/۲۵	۱۱/۹	٤۲۱/۹	۸/٤۸	۰/۰	۲۵/۳	۹/۷
	شبکه توزیع	۱/۵۱	۰/۶٤	۶۸/۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۱۷/۱۵	۰/۰	۰/۳۳	۲/۱۹	۰/۰	۰/۲۸	۰/۰	۷۱/۳	۱/٤۲	۵	٤/٤	۰/۰۳
گرمی	رودخانه	٤/۸۸	۰/۶۶	۶۳/۸	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۱۶	۱/۷	۰/۰۱	۰/۷۸	۰/۰٤	۰/۷۲	۱۳۷/۵	۱۷٤۱	۵/۰۵	۰/۰۱	۲۰/۱	۳/۵
	شبکه توزیع	۲/۵۶	۰/۶۷	۲۸/۵	۰/۰٤	۰/۰۵	٤/۶٤	۰/۰	۰/۲۹	۳/۷	۰/۰٤	۰/۶۹	۱۵۶/٤	۳۹۶/۷	۷/۷۶	۰/۰	۲٤/۷	۳/۳
ییله‌سوار	رودخانه	٤/۲۶	٤/۹۵	۳۵/٤	۰/۰۱	۰/۰٤	۲۵۶۱/۷	۲۱۳/۸	۷۳/۵	۲۳/۵	٤/۰۷	۰/۵٤	۳٤۹/۹	۱۱۰۷	۹/۹۹	۰/۶	۱۱۳/۱	٤/۱
	شبکه توزیع	۲/۷۵	۰/۶۹	۳۱/۰۵	۰/۰٤	۰/۰۷	۷/۹٤	۰/۰	۰/۷۸	٤/۵٤	۰/۰۸	۰/۷۹	۱٤۸	۳۹۱/۸	۸/۶۸	۰/۰	۲۵	٤/۳
پارس‌آباد	رودخانه	۳/۸۹	۹/۰۲	۳٤/۱۵	۰/۲۵	۱/۳۶	۲۶۲۳	۲۰۹	۷٤/۳	۲۲/۱	۳/۷۳	۰/۳	۳٤۱/۳	۱۱۰۸	۹/۷٤	۰/۵	۱۱۳	۳/۷
	شبکه توزیع	۲/۷۱	۰/۷۳	۳۱/۳	۰/۰۵	۰/۰۸	۷/۶۶	۰/۰	۰/۶۸	۶/۰۵	۰/۰۵	۰/۷۹	۱۵۸/۵	۳۸۲/۲	۹/۲٤	۰/۰	۲۶/۵	۵/۹

جدول ۶. میانگین غلظت فلزات در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نوع محل بر حسب µg/l

محل نمونه برداری	K	Si	Li	Be	B	Al	P	Ti	V	Co	Se	Br	Sr	Mo	Cs	Ba	U
چشمه	۰/۶٤	۰/۷	٤/۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/٤۷	۲/۹	۰/۰۵	۹/۵	۰/۲۶	۱/۰۱	۱۷۹/۸	۳۷٤/٤	۳/۷۷	۰/۳	۸/۲۵	۱/۸
چاه	۱/۷	۱/۲	۲۰/۸	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۵۲	۱/۵	۰/۱٤	۷/٤	۰/۲	۰/۱	۲۸/۵	۱۰۳۲/۳	۲/۱	۰/۰۲	۲۵/۹	۳/۸
رودخانه	٤/۵	۲/۲	۱۰۶	۰/۰۶	۰/۳۳	۵۱۶/۷	۶۷	۱۵/۱	۶/۶	۰/۸۵	۰/۳	۳۲۶/٤	۱۱۵۰/٤	٤/٤	۱/۰۱	۳۷	۳/۵
ورودی تصفه‌خانه	۲/٤	۰/۷	۸۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۱۶/۰۶	۰/۰	۰/۹	۳/۱	۰/۱	۰/۵	۱۰۶/٤	۲۹۱/۵	۵/۱۸	۲/۳	۱۹/۶	۲/۵
خروجی تصفه‌خانه	۲/۳	۰/۶۵	۶۸/۲	۰/۰۳	۰/۰۶	٤/۹	۰/۰	۰/۳	۳/۲	۰/۱۲	۰/٤٤	۸۶/۳	۲۹۲/۰۷	۵/۲۵	۱/۱	۱۹/٤	۰/۱۶
شبکه توزیع	۲/۱	۰/۶۶	۸۳/۲	۰/۰٤	۰/۰۵	۶/۳	۰/۵	۰/۳	۳/۵	۰/۱	۰/٤۵	۶۷/۱	۲۵۶/۱	۳/٤	۲/۳	۱۳/۵	۱/۹

جدول ۷. میانگین غلظت فلزات در منابع آب استان اردبیل به تفکیک نوع محل و فصل سال بر حسب µg/l

محل نمونه برداری	ماه‌های سال	K	Si	Be	Li	B	Al	P	Ti	V	Co	Se	Br	Sr	Mo	Cs	Ba	U
آب‌های زیرزمینی	اردیبهشت	۱/۲	۰/۹	۰	۱۲/۶	۰/۱	۰/۵	۲/۱	۰/۱	۸/٤	۰/۲	۰/۶	۱۰٤/۱	۷۰۳/۳	۲/۹	۰/۱	۱۷/۱	۲/۹
	شهریور	۱/۱۵	۰/۹۶	۰/۰۳	۱۲/۶۷	۰/۰٤	۰/٤۸	۲/۲۸	۰/۱	۸/٤۲	۰/۲۲	۰/۵٤	۱۰٤/۳	۷۰۳/۵	۲/۸۵	۰/۱٤	۱۶/۹۳	۲/۷
	آذر	۱/۱۶	۰/۹۶	۰/۰۳	۱۲/۶	۰/۰٤	۰/٤۹	۲/۱۹	۰/۱	۸/٤۵	۰/۲۲	۰/۵۸	۱۰٤/۱	۷۰۳/۲۸	۲/۹۵	۰/۱۶	۱۶/۸۷	۲/۶۹
	بهمن	۱/۱۸	۰/۹۷	۰/۰۳	۱۲/۸	۰/۰٤	۰/٤۸	۲/۲	۰/۰۹	۸/٤۵	۰/۲۵	۰/۵۷	۱۰٤/۰۱	۷۰۳/۲۷	۲/۹۶	۰/۱۶	۱۷/۳۶	۲/۹۲
	میانگین	۱/۲	۱	۰	۱۲/۷	۰	۰/۵	۲/۲	۰/۱	۸/٤	۰/۲	۰/۶	۱۰٤/۱	۷۰۳/۳	۲/۹	۰/۲	۱۷/۱	۲/۸
آب‌های سطحی	اردیبهشت	۳/٤۶	۱/٤۵	۰/۰۵	۹٤/۶	۰/۱۹	۲۶۶/۲۶	۳۳/۳۵	۷/۹۶	۵/۲	۰/٤۹	۰/۳۸	۲۱۶/۱	۷۲۱/۰۲	٤/۷۶	۱/۶۷	۲۸/۳۶	۲/۹٤
	شهریور	۳/۳۵	۷/۰٤	۰/۰۵	۹٤/۵	۰/۲	۲۶۶/۶۳	۳۳/۶۷	۸/۰۳	۵/۳۸	۰/٤۹	۰/٤٤	۲۱۶/۵۶	۷۲۰/۷۳	٤/۷۸	۱/۶٤	۲۸/۲۵	۳/۰٤
	آذر	۳/٤۱	۱/٤۷	۰/۰٤	۹٤/٤	۰/۱۹	۲۶۶/۳۹	۳۳/۵	۷/۹۸	۵/۲۷	۰/٤۸	۰/۳۹	۲۱۶/٤۵	۶۶۱/۶	٤/۷۷	۱/۶۷	۲۸/۱۶	۳/۰۱
	بهمن	۳/۵۲	۳/۵۷	۰/۰٤	۹۳/۳۵	۰/۱۹	۲۶۶/۳۷	۳۳/۵۵	۸/۰۶	۵/۳۲	۰/٤۷	۰/٤	۲۱۶/٤۹	۷۲۱/۲	٤/۸۶	۱/۷	۲۸/٤	۳
	میانگین	۳/٤۳	۳/۳۸	۰/۰٤	۹٤/٤۶	۰/۱۹	۲۶۶/٤	۳۳/۵۲	۸/۰۱	۵/۳	۰/٤۸	۰/٤	۲۱۶/٤	۷۰۶/۱۳	٤/۷۹	۱/۶۷	۲۸/۳	۲/۹۹
آب شبکه‌های توزیع	اردیبهشت	۲/۱۹	۰/۶۹	۰/۰٤	۷۵/۵۷	۰/۰۶	۵/۶۳	۰/۲۳	۰/۳۲	۳/۳۳	۰/۱	۰/٤	۷۶/۶	۲۷۳/۷۵	٤/۳۲	۲/۱٤	۱۶/۳۳	۲/۱۸
	شهریور	۲/۲۲	۰/۶۵	۰/۰٤	۷۵/۶۵	۰/۰۵	۵/۵۸	۰/۲۳	۰/۳۵	۳/٤۲	۰/۱۱	۰/٤۲	۷۶/۸۳	۲۷٤/۰٤	٤/۳	۲/۱۵	۱۶/۵	۲/۲
	آذر	۲/۲۳	۰/۶٤	۰/۰٤	۷۵/۸	۰/۰۵	۵/۶۸	۰/۲۶	۰/۳۶	۳/٤	۰/۱۱	۰/٤۱	۷۶/۶٤	۲۷٤/۱۸	٤/۳۲	۲/۱٤	۱۶/۳۵	۲/۱۶
	بهمن	۲/۲٤	۰/۶۶	۰/۰۳	۷۵/۷۸	۰/۰۵	۵/۶	۰/۲۵	۰/۳	۳/۳	۰/۱	۰/۵۳	۷۶/۷۵	۲۷٤/٤۸	٤/٤	۲/۲	۱۶/۶۵	۲/۱۶
	میانگین	۲/۲۲	۰/۶۶	۰/۰٤	۷۵/۷	۰/۰۵	۵/۶۳	۰/۲٤	۰/۳٤	۳/۳۶	۰/۱۱	۰/٤٤	۷۶/۷	۲۷٤/۱۱	٤/۳٤	۲/۱۶	۱۶/٤۵	۲/۱۸

بحث

از طریق تجزیه و تحلیل میزان میانگین کدورت، TDS، سختی کل، SAR، دما و pH در منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی و شبکه‌های توزیع مشخص شد که میزان اکثر پارامترهای کیفی نمونه‌های آب در محدوده قابل قبول توصیه شده توسط WHO و استاندارد ملی قرار دارند. در این تحقیق غلظت فلزات مورد مطالعه در منابع آب استان اردبیل مورد

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان میدهد که برخی از فلزات نظیر آلومینیوم از مقادیر استاندارد آب شرب بالاتر است.

بیشترین میانگین کدورت در منابع آب زیرزمینی با میزان ۱/۰۹ NTU در بهمن ماه (جدول ۳ و شکل ۵) و در چشمه‌ها با میزان ۲/۱۶ NTU بود که کمتر از میزان استانداردهای ملی و WHO می‌باشد (شکل ٤)، علت وجود کدورت ۲/۱۶ NTU در چشمه‌ها می‌تواند با وجود کوهستانی بودن و نفوذ برف‌ها به زمین در نقاط مختلف استان باشد. میزان کدروت در منابع آب‌های سطحی در اردیبهشت ماه به میزان ۱۵/٦٤ NTU و در رودخانه‌ها به میزان ۲۵/۹ NTU بود که بالاتر از میزان استانداردهای ملی و WHO می‌باشد (شکل ٤ و جدول ۲). میانگین غلظت کدروت در منابع آب شرب شهرستان‌های کوثر، نیر، سرعین، نمین، مشکین شهر و گرمی ۰ NTU می‌باشد و بیشترین میزان کدورت در رودخانه هیروچایی پایین تر از خروجی تصفیه خانه فاضلاب با مقدار ٤۸ NTU بود. مطالعه‌ای که‌هانینگتون نگابیرانو در کیانامیرای اوگاندا در سال ۲۰۱٤ در مورد تأثیر تغییرات فصلی پارامترهای فیزیکی بر کیفیت آب جریان ثقلی داشتند با مطالعه ما همخوانی دارد (۲۸). میانگین میزان کدورت در آب شبکه‌های توزیع به میزان ۰/۰۳ NTU (جدول ۲) بود که بسیار کمتر از میزان استانداردهای ملی و WHO می‌باشد که نشان‌دهنده سیستم عملیاتی مطلوب در تصفیه‌خانه‌های آب می‌باشد و از نظر مقبولیت عموم مردم نیز قابل قبول می‌باشد.

TDS در آب چاه‌ها با میانگین ۳۳۲/۷ mg/l بود (شکل ۱) و بیشترین در چاه پایین دست لندفیل شهر خلخال با میزان ٤۱۲ mg/l و کمترین در روستای نیلق شهرستان کوثر با مقدار ۱۷۷ mg/l بود که جزء آب‌های با کیفیت عالی قرار می‌گیرند. بالا بودن میزان TDS چاه پایین دست لندفیل شهر خلخال به رودخانه هیروچای، می‌تواند بدلیل قرار گرفتن در پایین دست محل دفن زباله شهر خلخال می‌تواند باشد. عباس و همکاران در سال ۲۰۱۰ گزارش دادند که کل مواد جامد محلول در ۸۸ درصد نمونه‌ها در چاه‌های غزه بیشتر از استانداردهای WHO بود (۲۹). TDS در آب چشمه‌ها با میانگین ۲۱۸ mg/l بود (شکل ۱) و بیشترین در چشمه ۵ کیلومتری جاده خلخال به اردبیل با مقدار ۳۹۱ mg/l با کیفیت خوب و کمترین در شهر نمین با میزان ۵۳ (جدول ۱) جزء آب‌های با کیفیت عالی هستند. میانگین TDS در آب‌های زیرزمینی ۲۷۵/۳ mg/l بود (جدول۲). یافته‌های این مطالعه در منابع آب‌های سطحی نشان داد در تیر ماه به مقدار ۵۳۸/۰۱ mg/l بود که جزء آب‌های با کیفیت خوب می‌باشد و میانگین کل جامدات محلول در تمام نقاط مورد مطالعه از آذر ۱٤۰۰ تا تیر سال ۱٤۰۱ به طور قابل توجهی متفاوت است (جدول ۳). در رودخانه قزل اوزن در تیر ماه ۱۸۲۷ mg/l بیشترین و در ورودی تصفیه خانه آب شهر خلخال با مقدار ۱۰۶ mg/l کمترین بود. TDS در شبکه‌های توزیع آب در بهمن ماه به میزان ۳۵۶/٤ mg/l بود که جزء آب‌های با کیفیت خوب می‌باشد (جدول ۳ و شکل ۸). بیشترین مقدار در خروجی تصفیه خانه شهر گرمی به مقدار ٤۸۹ mg/l جزء آب‌های با کیفیت خوب بود و کمترین در شبکه توزیع شهر مشکین شهر به میزان ۱۰۶ mg/l بود که در گروه آب‌های با کیفیت عالی طبقه‌بندی می‌شود.

مقدار سختی آب به بستر جریان آب در سطح زمین و زیر زمین بستگی داردمعمولاً سختی آب سطحی در فصل باران، در زمان کم آبی و فصول گرم و خشک، زیادتر می‌شود. در رودخانه گرمی چایی در تیر ماه میزان TH ۱۲۶۲ mg/l بود که به دلیل ورود فاضلاب شهر، میزان سختی آن میتواند بیشتر باشد و این امر می‌تواند به دلیل دمای بالاتر در فصل تابستان نیز باشد که فرآیندهای انحلال، ظرفیت تبادل یونی، واجذب و هوازدگی را تسهیل می‌کند. به طور معمول آبی که از اعماق زمین برداشت می‌شود سنگین تر است به این دلیل که آب با مواد آلی درون زمین

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

ترکیب شده که یک ترکیب سخت بوجود می‌آورد ولی آب خیاوچای مشکین‌شهر با میزان سختی کل ۳۸ mg/l که در پایاب آب‌های گرم وجود دارد میزان آن کمتر از استانداردهای ملی و WHO می‌باشد. در مطالعه حیدری نژاد و همکاران، سختی کل تایباد، خواف و رشتخار به ترتیب ۵۹٤، ۲۸۵ و ۳۶۲ mg/l کربنات کلسیم بود که آب تایباد و رشتخار را به عنوان آب‌های خیلی سخت و آب خواف را در گروه سخت قرار داد (۳۰) ولی آب شبکه توزیع شهر مشکین شهر با میزان ٤۶ mg/l و کیوی با میزان ۶۱ mg/l جزء آب‌های نرم، خلخال با میزان ۹۹ mg/l سبک، سرعین، نیر، اردبیل، نمین، بیله سوار و گرمی با ۱۲۹، ۱۳۱، ۱۳۵، ۱۵۰، ۲۰۱ و ۲٤۵ mg/l جزء آب‌های سخت و پارس آباد با میزان با ۳۸۳ mg/l جزء خیلی سخت طبقه‌بندی می‌شوند (جدول۱). سختی آب به دلیل خاک‌های قلیایی در منطقه است و بخشی از ساختار زمین شناسی طبیعی چنین مناطقی است که مشکلات بهداشتی خاصی ایجاد نمی کند، اما برای مصارف صنعتی نیاز به تصفیه دارد. به نظر می‌رسد برداشت کنترل نشده از منابع آب زیرزمینی، خشکسالی‌های مکرر و غیره می‌تواند افزایش سختی کل را توجیه کند که باعث افزایش مقدار مواد معدنی در آب می‌شود.

نسبت جذب سدیم (SAR) یک عامل در تعیین مناسب بودن آب برای آبیاری است. به طور کلی می‌توان گفت که، هرچه نسبت جذب سدیم بالاتر باشد، آن آب کمتر مناسب برای آبیاری است. آبیاری با استفاده از آب با نسبت جذب سدیم بالا، نیاز به اصلاح خاک را در دراز مدت ایجاد می‌کند. اگر آب آبیاری با SAR بالا به مدت چندین سال به خاک اعمال شود، سدیم در آب می‌تواند کلسیم و منیزیم را در خاک جایگزین کند. این امر موجب کاهش توانایی خاک برای تشکیل دانه‌های پایدار و از دست دادن ساختار خاک می‌شود. این کار همچنین منجر به کاهش نفوذ پذیری خاک به آب می‌شود که منجر به مشکلات تولید محصول می‌شود. خاک‌های شنی مشکل کمتری دارند، اما اگر SAR بیشتر از ۹ باشد قطعاً خاک مناسب کشاورزی نمی باشد. هنگامی که SAR کمتر از ۳ باشد، مشکلی وجود نخواهد داشت. نتایج مطالعات تخم‌افشان و همکاران (۳۱) در منطقه فراشبند نشان داد بر اساس دیاگرام ویلکاکس منطقه جنوب در کلاس C۳ -S۱ با آب شور و قابل استفاده برای کشاورزی بوده و بقیه مناطق با کلاس C٤-S۱ و S۲-C٤ با کیفیت خیلی شور برای کشاورزی نامناسب بودند ولی در این مطالعه تمامی چشمه‌ها و چاه‌ها و ۵۶/۲۵ درصد رودخانه‌های استان اردبیل مناسب برای آبیاری کشاورزی می‌باشد.

اگرچه پتاسیم ممکن است باعث برخی عوارض بهداشتی در افراد مستعد شود ولی جذب پتاسیم از آب آشامیدنی پایین تر از مقداری است که عوارض نامطلوب بهداشتی رخ دهد. نتایج نشان داد که در منابع آب‌های زیرزمینی، سطحی و شبکه‌های توزیع برای پتاسیم در تمامی فصول کمتر از میزان استاندارد بود و حتی با وجود استفاده از کودهای کشاورزی در کلیه مناطق استان مقدار پتاسیم در رودخانه‌ها هم خیلی کمتر از استانداردهای ملی و WHO است. در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۰/٦٤ µg/L تا ۱/۷ µg/L (با میانگین ۰/۱±۱/۲µg)، در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۲/٤ µg/L تا ٤/۵ µg/L (با میانگین ۰/۱۸±۳/٤۳ µg) و در شبکه‌های توزیع از مقدار ۲/۱٤ µg/L تا ۲/۳ µg/L (با میانگین ۰/۱۳±۲/۲۲ µg) متغیر بود (جدول ۶). کمترین در چشمه نوعی یری خلخال در بهمن ماه با میزان ۰/۱۹ µg/L و بیشترین در رودخانه قزل‌اوزن نیز در بهمن ماه با میزان ۹/۱۲ µg/L بود.

در آب سیلیس به صورت H_4SiO_4 , H_3SiO_4 موجود می‌باشد. برای سیلیسیم هیچ رهنمودی ارائه نشده است ولی طبق توصیه باید به مقدار ۵-۲۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد. غلظت سیلیسیم در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۰/۷ µg/L تا ۱/۲ µg/L (با میانگین ۰/۰۷±۰/۹۶µg/L)، در منابع آب‌های سطحی از

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

مقدار ۰/۶۸ µg/L تا ۲/۲ µg/L (با میانگین ۱/۴±۰/۱ µg/L) و در شبکه‌های توزیع از مقدار ۰/۶۵ µg/L تا ۰/۶۶ µg/L متغیر بود (جدول ۶). کمترین در چشمه بولاغلار نیر با میزان ۰/۳۱ µg/L و بیشترین در رودخانه ارس با میزان ۹/۰۳ µg/L بود.

غلظت آلومینیوم در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۰/۴۷ µg/L تا ۰/۵۲ µg/L (با میانگین ۰/۵۰±۰/۰۵ µg/L)، در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۱۶/۰۶ µg/L تا ۵۱۶/۸ µg/L (با میانگین ۲۶۶/۴±۰/۴۳ µg/L) و در شبکه‌های توزیع از مقدار ۴/۹۴ µg/L تا ۶/۳۱ µg/L (با میانگین ۵/۶۳±۰/۲۶ µg/L) متغیر بود(جدول ۶). کمترین در رودخانه قره سو در منطقه ارباب‌کندی مشکین‌شهر در مرداد ماه با میزان ۰/۰۰۲ µg/L و بیشترین در رودخانه ارس در بهمن ماه با میزان ۲۶۳۰/۷۳ µg/L بود که از میزان استاندارد ملی ایران خیلی بالاتر می‌باشد. میزان آلومینیوم در ۳۱/۲۵ درصد رودخانه‌ها و ۱۰ درصد تمامی نمونه‌ها بالاتر از استاندارد ملی ایران بود. در مطالعه‌ای که ویسنر[1] و همکاران در مورد نابرابری آب آشامیدنی و غلظت آلومینیوم: ارزیابی ابعاد اجتماعی- فضایی در یک چشم‌انداز شهری در فلوریدا انجام دادند در ۵۶ درصد از نمونه‌های تحلیل شده بالاتر از حد تشخیص بود و ۶ درصد از نمونه‌ها بالاتر از حداکثر سطح آلاینده ثانویه فلوریدا بودند (۳۲). با توجه به نتایج و بسیار پایین بودن میزان این فلز در نمونه‌ها، در ورودی و خروجی تصفیه‌خانه‌های آب و شبکه توزیع شهرهای پارس‌آباد و بیله‌سوار، میزان آن از استاندارد ملی بیشتر می‌باشد. عملکرد تصفیه‌خانه‌ها در خصوص این فلز نیز به گونه‌ای است که مقادیر متوسط غلظت این فلز در آب خروجی تصفیه‌خانه‌ها در مقایسه با آب خام ورودی کاهش چشمگیری ندارد. در چنین مناطقی بررسی زمین شناسی و تعیین غلظت فلزات سنگین در خاک و آب می‌تواند در بهبود کیفیت آب منطقه و حفظ سلامت جامعه محلی مؤثر باشد.

غلظت لیتیم در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۴/۴۸ µg/L تا ۲۰/۸۵ µg/L (با میانگین ۶/۱۲±۲۳/۰ µg/L)، در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۸۲/۸۹ µg/L تا ۱۰۶/۰۲ µg/L (با میانگین ۹۴/۴۶±۰/۴۵ µg/L) و در شبکه‌های توزیع از مقدار ۶۸/۱۹ µg/L تا ۸۳/۲۱ µg/L (با میانگین ۷۵/۷±۰/۰۵ µg/L) متغیر بود (جدول ۶). کمترین در چشمه علی‌آباد خلخال به اردبیل در بهمن ماه با میزان ۰/۵۶ µg/L و بیشترین در منطقه پایینی رودخانه بالخلی‌چای اردبیل در مرداد ماه با میزان ۴۴۴/۷۷ µg/L بود. لیتیم در ۲۷/۳ درصد از نمونه‌های آب زیرزمینی، ۸۱/۸ درصد از نمونه‌های آب سطحی و ۷۶/۴۷ درصد از نمونه‌های آب شبکه‌های توزیع بالاتر از سطح غربالگری مبتنی بر سلامت (HBSL) غیرنظارتی ۱۰ میکروگرم بر لیتر بود.

غلظت بریلیوم در منابع آب‌های زیرزمینی در چشمه‌ها با میزان ۰/۰۳ µg/L و در چاه‌ها نیز با همان مقدار بود. در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۰/۰۳ µg/L تا ۰/۰۶ µg/L (با میانگین ۰/۰۴±۰/۰۲ µg/L) و در شبکه‌های توزیع در خروجی تصفیه‌خانه‌ها با مقدار ۰/۰۳ µg/L و در آب شبکه‌های توزیع با مقدار ۰/۰۴ µg/L (با میانگین ۰/۰۳۸±۰/۰۱ µg/L) بود (جدول ۶). کمترین در کانال آب کشاورزی بیله‌سوار در بهمن ماه و خروجی تصفیه‌خانه مشکین‌شهر در مرداد ماه با میزان ۰/۰۱ µg/L و بیشترین در رودخانه ارس در بهمن ماه با میزان ۰/۳ µg/L بود.

غلظت باریم در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۸/۲۵ µg/L تا ۲۵/۹ µg/L (با میانگین ۱۷/۰۷±۰/۳ µg/L)، در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۱۹/۵۹ µg/L تا ۳۷/۰۰ µg/L (با میانگین ۲۸/۲۹±۰/۲۹ µg/L) و در شبکه‌های توزیع از مقدار ۱۳/۴۷ µg/L تا ۱۹/۴۴ µg/L (با میانگین ۱۶/۴۵±۰/۴۳ µg/L) متغیر بود (جدول ۶). کمترین

[1] Weisner

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

در چشمه نمین در مرداد ماه با میزان ۰/۷ µg/L و بیشترین در رودخانه ارس در بهمن ماه با میزان ۱۱۵/۹ µg/L بود که از میزان استاندارد ملی ایران و WHO پایین‌تر بود و از نظر کیفیت آب آشامیدنی برای مصرف کنندگان خطری نخواهد داشت.

غلظت بور در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۰/۰۳ µg/L تا ۰/۰۶ µg/L (با میانگین ۰/۰۰۹±۰/۰۴۶µg/L)، در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۰/۰۵ µg/L تا ۰/۳۳ µg/L (با میانگین ۰/۰۲±۰/۱۹µg/L) و در آب شبکه‌های توزیع با مقدار ۰/۰۵ µg/L و در خروجی تصفیه‌خانه‌ها با مقدار ۰/۰۶ µg/L (با میانگین ۰/۰۱±۰/۰۵۴µg/L) متغیر بود(جدول ۶). کمترین در ورودی تصفیه‌خانه آب خلخال در بهمن ماه با میزان ۰/۰۲ µg/L و بیشترین در رودخانه ارس در بهمن ماه با میزان ۱/۴۵ µg/L بود که از میزان استاندارد ملی ایران و WHO پایین‌تر بود.

غلظت وانادیم در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۵/۵۹µg/L تا ۹/۴۶ µg/L (با میانگین ۰/۱۱±۷/۵۲ µg/L)، در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۳/۹۷ µg/L تا ۶/۶۱µg/L (با میانگین ۰/۲۲±۵/۲۹µg/L) و در شبکه‌های توزیع از مقدار ۳/۲۳ µg/L تا ۳/۴۹ µg/L (با میانگین ۰/۲±۳/۶µg/L) متغیر بود(جدول ۶). کمترین در چشمه مجره خلخال در بهمن ماه با میزان ۰/۲۵ µg/L و بیشترین در چشمه نمین در مرداد ماه با میزان ۳۶/۷ µg/L بود که از میزان استاندارد ملی ایران پایین‌تر می‌باشد.

غلظت سلنیوم در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۰/۱۱µg/L تا ۱/۰۱ µg/L (با میانگین ۰/۰۲±۰/۵۶µg/L)، در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۰/۳µg/L تا ۰/۵۱µg/L (با میانگین ۰/۰۶±۰/۴۱µg/L) و در شبکه‌های توزیع در خروجی تصفیه‌خانه‌ها با مقدار ۰/۴۴µg/L و در آب شبکه‌های توزیع با مقدار ۰/۴۵ µg/L (با میانگین ۰/۴۴±۰۷/۰۷ µg/L) بود (جدول ۶). کمترین در رودخانه بالخلی‌چای اردبیل در مرداد ماه با میزان ۰/۰۰ µg/L و بیشترین در چشمه نمین در مرداد ماه با میزان ۴/۸ µg/L بود که از میزان استاندارد ملی ایران و WHO پایین‌تر بود.

غلظت مولبیدن در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۲/۰۷µg/L تا ۳/۷۷ µg/L (با میانگین ۰/۰۹±۲/۹۲µg/L)، در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۴/۴۱µg/L تا ۵/۱۸µg/L (با میانگین ۰/۱۱±۴/۷۹µg/L) و در شبکه‌های توزیع در آب شبکه‌های توزیع با مقدار ۳/۴۲ µg/L و در خروجی تصفیه‌خانه‌ها با مقدار ۵/۲۵µg/L (با میانگین ۰/۰۸±۴/۳۴) بود(جدول ۶). کمترین در رودخانه خیاوچای مشکین‌شهر در مرداد ماه با میزان ۰/۴ µg/L و بیشترین در کانال آب کشاورزی بیله‌سوار در بهمن ماه با میزان ۱۰/۰ µg/L بود که از میزان استاندارد ملی ایران پایین‌تر بود.

غلظت اورانیوم در منابع آب‌های زیرزمینی از مقدار ۱/۸۵µg/L تا ۲/۷۳ µg/L (با میانگین ۰/۰۸±۲/۲۹µg/L)، در منابع آب‌های سطحی از مقدار ۲/۴۹µg/L تا ۳/۵µg/L (با میانگین ۰/۱±۲/۹۹µg/L) و در شبکه‌های توزیع از مقدار ۱/۸۷ µg/L تا ۲/۴۹ µg/L (با میانگین ۰/۱۴±۲/۱۸µg/L) متغیر بود(جدول۶). کمترین در ورودی تصفیه‌خانه مشکین شهر در مرداد ماه با میزان ۰/۰۳ µg/L و بیشترین در خروجی سد پیرازمیان مشکین‌شهردر مرداد ماه با میزان ۱۳/۴۷ µg/L بود که از میزان استاندارد ملی ایران و WHO پایین‌تر بود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که میزان کدورت در منابع آب‌های سطحی بالاتر از حداکثر مجاز استانداردهای ملی و WHO می‌باشد، میزان TDS در تمامی منابع آب کمتر از استانداردهای ملی و WHO بوده ولی در رودخانه قزل‌اوزن بالاتر از حداکثر مجاز

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

استانداردهای ملی و WHO بود، میزان میانگین سختی کل فقط در رودخانه‌های قزل‌اوزن و گرمی‌چایی بیشتر از میزان مجاز استاندارد ملی ایران و WHO بود. فلزات مورد مطالعه در منابع آب دارای غلظت‌های پایین‌تر از مقادیر استانداردهای ملی و WHO بودند و از نظر وجود این فلزات در آب، سلامتی مصرف‌کنندگان تهدید نمی‌شود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی اردبیل با کد طرح IR.ARUMS.REC.1402.311 است که نویسندگان بدین طریق مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت تحقیقات و فناوری به عمل می‌آورند.

References

1- Ustaoğlu F, Tepe Y, Taş B. Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. Ecological indicators. 2020;113:105815.
2- Rahman A, Jahanara I, Jolly YN. Assessment of physicochemical properties of water and their seasonal variation in an urban river in Bangladesh. Water Science and Engineering. 2021;14(2):139–48.
3- Abolli S, Alimohammadi M, Zamanzadeh M, Yunesian M, Yaghmaeian K, Aghaei M. Water safety plan: A novel approach to evaluate the efficiency of the water supply system in Garmsar. Desalination and Water Treatment. 2021;211:210–20.
4- Jin G, Xu J, Mo Y, Tang H, Wei T, Wang Y-G, et al. Response of sediments and phosphorus to catchment characteristics and human activities under different rainfall patterns with Bayesian Networks. Journal of Hydrology. 2020;584:124695.
5- Jin G, Zhang Z, Yang Y, Hu S, Tang H, Barry DA, et al. Mitigation of impact of a major benzene spill into a river through flow control and in-situ activated carbon absorption. Water research. 2020;172:115489.
6- Lukubye B, Andama M. "Physico-chemical quality of selected drinking water sources in Mbarara Municipality, Uganda." Journal of Water resource and protection 2017;9(07): 707.
7- Akaho A, Tikeri G, David A. Physicochemical analysis of potable water in baham community, western region of Cameroon. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 2022;26(7):1203–9.
8- Braga FHR, Dutra MLS, Lima NS, da Silva GM, de Cássia Mendonça de Miranda R, da Cunha Araújo Firmo W, et al. Study of the influence of physicochemical parameters on the Water Quality Index (WQI) in the Maranhão Amazon, Brazil. Water. 2022;14(10):1546.
9- Hassan AS, Abubakar IiB, Musa A, Limanchi MT. Water quality investigation by physicochemical parameters of drinking water of selected areas of Kureken Sani, Kumbotso local government area of Kano. International Journal of Mineral Processing and Extractive Metallurgy. 2017;2(5):83–6.
10-Daud M, Nafees M, Ali S, Rizwan M, Bajwa RA, Shakoor MB, et al. Drinking water quality status and contamination in Pakistan. BioMed research international. 2017;2017(1):7908183.
11-Ugbaja VC, Otokunefor TV. "Bacteriological and Physicochemical Analysis of Groundwater in Selected Communities in Obio Akpor, Rivers State, Nigeria". Microbiology Research Journal International 2015;7 (5):235–242.
12-Whitehead P, Bussi G, Hossain MA, Dolk M, Das P, Comber S, et al. Restoring water quality in the polluted Turag-Tongi-Balu river system, Dhaka: Modelling nutrient and total coliform intervention strategies. Science of the total environment. 2018;631:223–32.
13-Sarkar M, Islam J, Akter S. Pollution and ecological risk assessment for the environmentally impacted Turag River, Bangladesh. Journal of Materials and Environmental Science. 2016;7(7):2295–304.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]

14-Islam MS, Afroz R, Mia MB. Investigation of surface water quality of the Buriganga river in Bangladesh: laboratory and spatial analysis approaches. Dhaka University Journal of Biological Sciences. 2019;28(2):147–58.
15-Ayodeji AS, Abubakar S, Samuel E. Physicochemical analysis of underground water in Zaria Metropolis, Kaduna State, Nigeria. Am J Chem Eng. 2017;5(6):158–62.
16-Abduljabar P, Hassan N, Karimi H. "Assessment of physicochemical parameters of spring water sources in Amediye district, Kurdistan region of Iraq." International Journal of Health and Life Sciences 2020;6(1): 1–7.
17-Abduljabar P, Hassan N, Karimi H. Assessment of physicochemical parameters of spring water sources in Amediye district, Kurdistan region of Iraq. International Journal of Health and Life Sciences. 2020;6(1):1–7.
18-Matos T, Martins M, Henriques R, Goncalves L. A review of methods and instruments to monitor turbidity and suspended sediment concentration. Journal of Water Process Engineering. 2024;64:105624.
19-U.S. EPA. 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables. Available online: https://www.epa.gov/ system/files/documents/2022-01/dwtable2018.pdf (accessed on 29 June 2023).
20-Adjovu GE, Stephen H, James D, Ahmad S. Measurement of total dissolved solids and total suspended solids in water systems: A review of the issues, conventional, and remote sensing techniques. Remote Sensing. 2023;15(14):3534.
21-Mejia Ávila D, Torres-Bejarano F, Martínez Lara Z. Spectral indices for estimating total dissolved solids in freshwater wetlands using semi-empirical models. A case study of Guartinaja and Momil wetlands. International Journal of Remote Sensing. 2022;43(6):2156–84.
22-Shareef MA, Toumi A, Khenchaf A, editors. Estimating of water quality parameters using SAR and thermal microwave remote sensing data. 2016 2nd International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP); 2016: IEEE.
23-Shevah Y. Adaptation to water scarcity and regional cooperation in the Middle East. Reference module in earth systems and environmental sciences, from comprehensive water quality and purification. 2014;1:40–70.
24-Tiwari D, Bajpai R. Assessment of water quality in terms of total hardness and iron of some freshwater resources of Kanpur and its suburbs. Nature Environment and Pollution Technology, 2012;11(2), 235-238.
25-Stocks P. Incidence of congenital malformations in the regions of England and Wales. British Journal of Preventive & Social Medicine. 1970;24(2):67.
26-Clesceri LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 20). Washington, DC: American public health association. 1998:1325.
27-American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 6). American public health association. 1926.
28-Ngabirano H, Byamugisha D, Ntambi E. Effects of Seasonal Variations in Physical Parameters on Quality of Gravity Flow Water in Kyanamira Sub-County, Kabale District, Uganda. Journal of Water Resource and Protection, 2016;8: 1297-1309.
29-Abbas M, Barbieri M, Battistel M, Brattini G, Garone A, Parisse B. Water quality in the Gaza Strip: the present scenario. Journal of Water Resource and Protection. 2013;5(01):54.
30-Heidarinejad Z, Heidari M, Soleimani H, Najafi Saleh H. Assessment of physical and chemical quality of water resources in Khaf, Taybad, Roshtkhar cities during 2005-2015. Journal of Preventive Medicine. 2018;5(1):36–44.
31-Tokhm Afshan A, Farzadian A. Analysis of Groundwater Quality Factors in Farashband Area for Agriculture and Drinking. Journal of Environmental Science Studies. 2021;6(2):3740–51.
32-Weisner ML, Harris MS, Mitsova D, Liu W. Drinking water disparities and aluminum concentrations: Assessing socio-spatial dimensions across an urban landscape. Social Sciences & Humanities Open. 2023;8(1):100536.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.61882/j.health.16.2.108]