JEHE Alborz University of Medical Sciences Journal of Environmental Health Engineering , 2024; 11(4):394-405 Original Article

Investigating the indicators of corrosiveness and sedimentation of drinking water in the villages of East Kakhk

Received: 01 May 2024, Accepted: 10 June 2024

Hojjat Nadimi[1], Ahmad Alahabadi[1], Ahmad Zarei[2], Forough Riahimanesh[1], Mehdi Salari[1*]

[1]*Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran.*

[2]*Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Infectious Diseases Research Center, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran*

***Corresponding Author:**
msalari_22@yahoo.com

How to Cite This Article:
Nadimi H, Alahabadi A, Zarei A, Riahimanesh F, Salari M. Investigating the indicators of corrosiveness and sedimentation of drinking water in the villages of East Kakhk. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;11(4):394-405.

DOI:
10.61186/jehe.11.4.394

ABSTRACT

Background: This study investigated the corrosive and scaling potential of drinking water in the rural areas of eastern Kakhk, southern Khorasan Razavi, Iran. Corrosion and scaling are critical issues that lead to the deterioration of water distribution infrastructure and decreased water quality. The analysis was conducted using indices such as the Langelier Saturation Index (LSI), Ryznar Stability Index (RSI), Puckorius Scaling Index (PSI), Larson-Skold Index (LS), and the Aggressiveness Index (AI).

Materials and Methods: A total of 32 water samples were collected from 16 locations, including one city and 15 rural regions. Samples were drawn from springs, qanats, and distribution systems. Key physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity, and concentrations of calcium and magnesium were measured. Each sample was analyzed twice in accordance with APHA standards, and corrosion and scaling indices were calculated.

Results: The LSI revealed that 100% of the samples had a tendency to form scale, while the RSI indicated that 68.75% were corrosive. Over 80% of the samples were confirmed to be corrosive by the Larson-Skold and Aggressiveness indices. However, the Puckorius Index showed that 62.5% of the samples were in a balanced state, without a strong inclination towards either corrosion or scaling.

Conclusion: These results emphasize the need for continuous monitoring of water quality and the adoption of preventive measures to mitigate corrosion and scaling in rural water systems. The findings provide important insights for decision-makers to develop strategies aimed at preserving water infrastructure and ensuring long-term sustainability.

Keywords: water corrosion, water scaling, Langelier Saturation Index, rural drinking water, groundwater quality

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]

Copyright © 2024 The Authors.
Published by Alborz University of Medical Sciences
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License. (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).Non-commercial uses of the work are permitted,provided the original work is properly cited.

مقاله پژوهشی

مجله مهندسی بهداشت محیط، دوره ۱۱، شماره ۴، تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۳۹۴ تا ۴۰۵

JEHE
Alborz University of Medical Sciences

بررسی شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی در روستاهای شرق کاخک

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۱

حجت ندیمی[۱]، احمد اله آبادی[۱]، احمد زارعی[۲]، فروغ ریاحی منش[۱]، مهدی سالاری[۱*]

[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

[۲] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات بیماری‌های عفونی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

***پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
msalari_22@yahoo.com

نحوه استناد به این مقاله:
Nadimi H, Alahabadi A, Zarei A, Riahimanesh F, Salari M. Investigating the indicators of corrosiveness and sedimentation of drinking water in the villages of East Kakhk. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;11(4):394-405.

DOI:
10.61186/jehe.11.4.394

چکیده

زمینه و هدف: این مطالعه با هدف ارزیابی شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی در روستاهای شرق کاخک، واقع در جنوب استان خراسان رضوی، انجام شد. خوردگی و رسوب‌گذاری از مشکلات اساسی در سیستم‌های توزیع آب هستند که می‌توانند باعث تخریب لوله‌ها و تأسیسات آبی و کاهش کیفیت آب شوند.

مواد و روش ها: در این پژوهش، از ۱۶ منطقه شامل یک شهر و ۱۵ منطقه روستایی، ۳۲ نمونه آب از منابع مختلف مانند چشمه‌ها، قنوات و سیستم توزیع جمع‌آوری شد. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نظیر pH، هدایت الکتریکی، غلظت کلسیم و منیزیم اندازه‌گیری شدند و شاخص‌های مختلف خوردگی و رسوب‌گذاری محاسبه گردید. آنالیزها مطابق با استانداردهای APHA انجام شدند.

یافته ها: نتایج نشان داد که تمامی نمونه‌ها طبق شاخص لانژلیه تمایل به رسوب‌گذاری داشتند، در حالی که شاخص رایزنر بیانگر آن است که ۶۸/۷۵ درصد نمونه‌ها دارای خاصیت خوردگی بودند. شاخص‌های لارسون اسکولد و شاخص تهاجم نیز حاکی از آن بودند که بیش از ۸۰ درصد نمونه‌ها ویژگی‌های خوردگی داشتند، در حالی که شاخص پوکوریوس نشان داد که ۶۲/۶۵درصد نمونه‌ها در وضعیت تعادل بودند.

نتیجه گیری: یافته‌ها بر اهمیت نظارت مستمر بر کیفیت آب و اعمال اقدامات اصلاحی مناسب جهت کنترل خوردگی و رسوب‌گذاری تأکید می‌کنند. این مطالعه به مهندسان و تصمیم‌گیران در حوزه آب و فاضلاب کمک می‌کند تا راهکارهای مؤثری برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی ارائه دهند.

واژه های کلیدی: خوردگی آب، رسوب‌گذاری آب، شاخص لانژلیه، آب آشامیدنی روستایی، کیفیت آب زیرزمینی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]

مقدمه

خوردگی و رسوب‌گذاری به عنوان دو معضل اساسی در تأمین و توزیع آب آشامیدنی، از جمله مشکلات پیچیده و پرهزینه‌ای هستند که همواره در زمینه مهندسی آب و فاضلاب مطرح بوده‌اند [۱]. این دو پدیده نه تنها بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند، بلکه عمر مفید تأسیسات آبرسانی و لوله‌ها را نیز به طور قابل توجهی کاهش می‌دهند [۲،۳]. خوردگی، یک فرآیند فیزیکی-شیمیایی است که در نتیجه تماس آب با مواد موجود در محیط به وقوع می‌پیوندد و منجر به تغییرات ساختاری و خواص فیزیکی و شیمیایی مواد می‌شود. این پدیده می‌تواند سبب ایجاد حفره در لوله‌ها، کاهش ضخامت دیواره‌های لوله‌ها و حتی تخریب کامل آن ها شود [۳]. علاوه بر این، خوردگی می‌تواند فلزات سنگینی مانند سرب، مس، روی و آرسنیک را که به طور طبیعی در مواد سازنده لوله‌ها و اتصالات وجود دارند، وارد آب آشامیدنی کند. این فلزات سنگین با تجمع در بدن انسان، منجر به بروز بیماری‌های جدی مانند مسمومیت‌های فلزی، مشکلات عصبی، بیماری‌های قلبی-عروقی و سرطان می‌شوند [۴].

از سوی دیگر، رسوب‌گذاری نیز یک فرآیند شیمیایی است که در آن کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم با سایر مواد محلول در آب واکنش می‌دهند و به شکل لایه‌ای رسوبی در جداره‌های داخلی لوله‌ها ته‌نشین می‌شوند [۵]. این رسوبات، به ویژه رسوبات کربنات کلسیم، می‌توانند با ایجاد لایه‌های ضخیم در داخل لوله‌ها، موجب کاهش قطر داخلی آنها شوند [۶]. این کاهش قطر، به مرور زمان باعث کاهش دبی آب عبوری از لوله‌ها، افزایش افت فشار در شبکه، و در نهایت افزایش هزینه‌های بهره‌برداری از تأسیسات آبی می‌شود [۵]. همچنین، رسوبات ممکن است با ایجاد موانع فیزیکی در مسیر جریان آب، عملکرد صحیح شیرآلات و تجهیزات کنترل فشار را مختل کنند [۳،۷].

مطالعات متعددی که در مناطق مختلف جهان انجام شده‌اند، نشان می‌دهند که خوردگی و رسوب‌گذاری آب تحت تأثیر عواملی مانندpH ، دما، سختی، اسیدیته، میزان کلر باقیمانده، میزان کل جامدات محلول و حضور میکروارگانیسم‌ها قرار دارند [۴-۸]. در مناطقی مانند رفسنجان، تمایل آب به رسوب‌گذاری بیشتر است و این امر نیازمند راهکارهای کنترلی متفاوتی است [۹]. علاوه بر این، مطالعاتی که در کشورهای مختلف انجام شده‌اند، به خوبی نشان داده که خوردگی و رسوب‌گذاری می‌توانند خسارات مالی و بهداشتی قابل توجهی را به بار آورند. به عنوان نمونه، در کشور ترکیه، خسارات ناشی از خوردگی به قدری بالا بوده که هزینه‌های آن معادل چندین برابر تولید ناخالص داخلی آن کشورگزارش شده است [۴].

با توجه به اهمیت این موضوع، در این تحقیق، هدف اصلی ارزیابی شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی در روستاهای کاخک است. در این راستا، از شاخص‌های معتبری مانند لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس، لارسون اسکولد و شاخص تهاجم برای تحلیل کیفیت آب استفاده خواهد شد. نتایج این مطالعه می‌تواند به ارائه راهکارهای عملی جهت بهبود کیفیت آب و کاهش هزینه‌های مرتبط با خوردگی و رسوب‌گذاری کمک کند.

مواد و روش کار

شهر کاخک و مناطق روستایی آن در شرق ایران و در جنوب استان خراسان رضوی واقع شده‌اند. این منطقه در نواحی نیمه‌خشک قرار دارد که منابع آبی بسیار کمیاب هستند [۱۰]. آب آشامیدنی در کاخک و مناطق روستایی بخش شرقی آن از استخراج آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود و تمام جمعیت این منطقه برای نیازهای آشامیدنی و آبیاری خود به آب‌های زیرزمینی وابسته هستند(شکل ۱). این منطقه دارای آب و هوای نیمه‌خشک است که تابستان از ماه ژوئن آغاز می‌شود و میانگین دمای سالانه و بارندگی به ترتیب ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد و ۱۵۰ میلی‌متر است [۱۰]. دمای سردترین ماه (ژانویه) به منفی ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]

در حالی که دمای گرم‌ترین ماه (ژوئن) تا ۴۳ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد [۱۰].

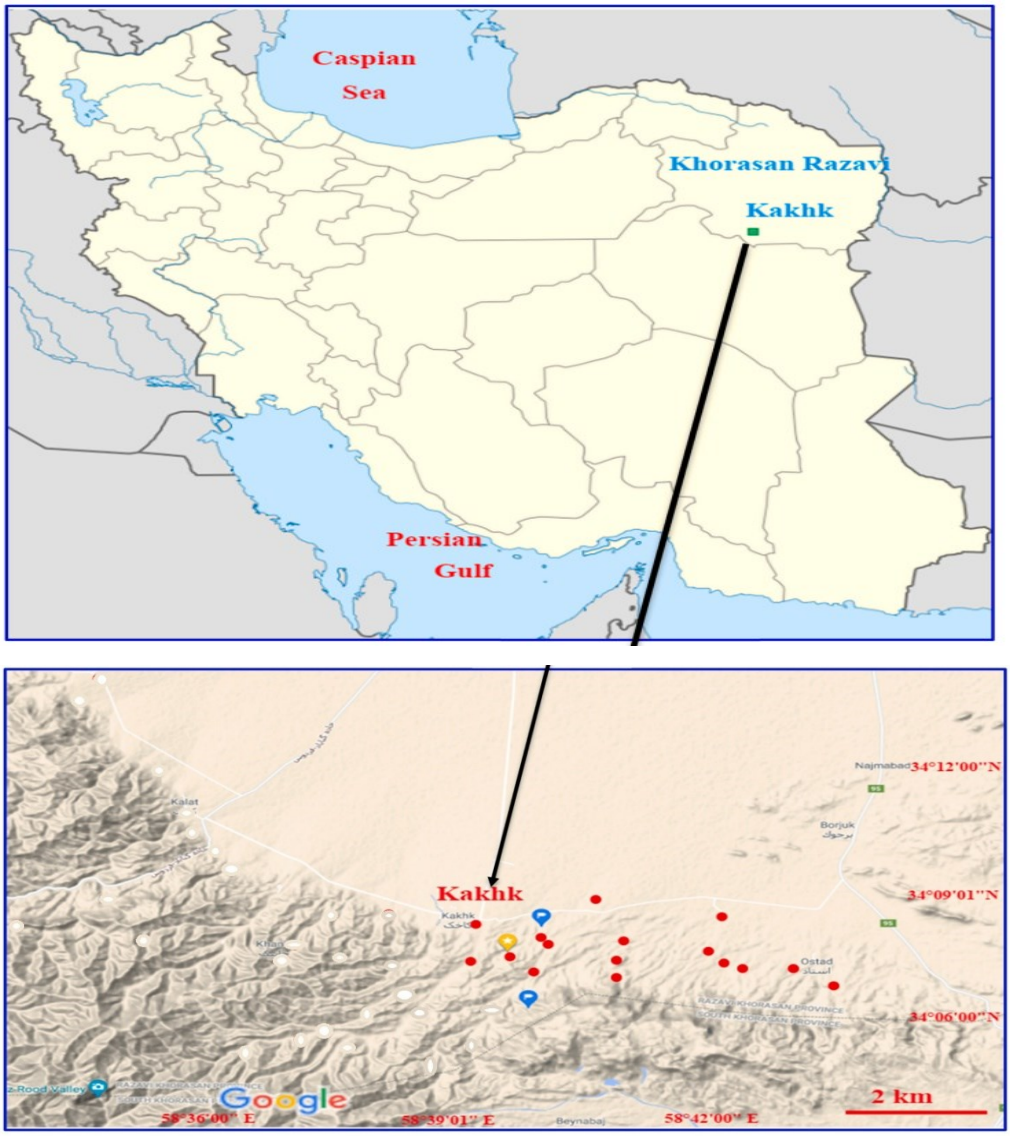
در این مطالعه، نمونه‌برداری از روستاهای منطقه به‌طور جداگانه انجام شد تا تأثیر شرایط جغرافیایی بر خوردگی و رسوب‌گذاری آب به‌طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد. روستاهای شرقی بخش کاخک در ارتفاعات پایین‌تر و مناطق بیابانی واقع شده‌اند، در این مناطق ، به دلیل تبخیر بالاتر و کاهش میزان بارندگی، معمولاً غلظت املاح معدنی در آب بیشتر است [۱۰]. این امر می‌تواند منجر به افزایش شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری شود. این تمایز در شرایط جغرافیایی و اقلیمی یکی از دلایل اصلی برای انتخاب این منطقه در تحقیق حاضر بوده است. از این رو کیفیت آب در ۱۶ منطقه (شامل ۱ شهر و ۱۵ منطقه روستایی) ارزیابی شد. تمامی مناطق روستایی شرق بخش کاخک مورد بررسی و نمونه‌برداری قرار گرفتند. در مجموع ۳۲ نمونه آب (۲ نمونه از هر منطقه) از چشمه‌ها، قنوات و سیستم توزیع آب جمع‌آوری شد که به طور مطلق برای مصارف خانگی استفاده می‌شدند. نمونه‌برداری دو بار از هر منطقه انجام شد. نمونه‌ها در بطری‌های پلی‌استایرن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری پیش‌تمیز شده جمع‌آوری شدند. نمونه‌های آب قبل از جمع‌آوری با استفاده از کاغذ صافی Whatman 42 (اندازه منافذ ۲.۵ میکرومتر) تصفیه شدند. پارامترهایی مانند هدایت الکتریکی و pH به‌صورت لحظه‌ای در محل‌های نمونه‌برداری با استفاده از pH متر دیجیتال (AZ 8601) و هدایت سنج (AZ 86503 Benchtop) اندازه‌گیری شدند و سایر پارامترها در آزمایشگاه تعیین شدند. پس از جمع‌آوری، تمامی نمونه‌های آب زیرزمینی برچسب‌گذاری و مهر و موم شدند و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تمامی نمونه‌ها ظرف ۲۴ ساعت از جمع‌آوری در آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی سبزوار تجزیه و تحلیل شدند. تمامی آنالیزها مطابق با روش‌های ذکر شده در کتاب روشهای استاندارد برای بررسی آب و فاضلاب انجام شد [۱۱]. سدیم و پتاسیم با استفاده از فتومتر شعله‌ای محاسبه شدند. برای دقت آنالیزها، نمونه‌ها برای هر پارامتر به صورت دوگانه آنالیز شدند و تنها مقادیر میانگین گزارش شده و برای محاسبه شاخص ها استفاده شدند. برای محاسبه شاخص‌های رسوب‌گذاری و خوردگی،اندیس لانژلیه (LSI)، اندیس رایزنر(RI) ، اندیس پوکوریوس، اندیس لارسون- اسکولد و شاخص تهاجم به‌عنوان شاخص‌های اصلی در این مطالعه به کار گرفته شدند. این شاخص‌ها با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی و با به‌کارگیری فرمول‌های مرتبط محاسبه شدند(جدول ۱). اندیس لانژلیه به صورت اختلاف بین pH واقعی آب و pH تعادلی محاسبه شد. اگر نتیجه محاسبه مثبت باشد، آب تمایل به رسوب‌گذاری دارد و اگر منفی باشد، آب خورنده است. برای محاسبه اندیس رایزنر، از فرمول استفاده شد که در آن pH واقعی آب و درجه حرارت آب به‌عنوان ورودی‌ها قرار گرفتند. این شاخص نیز به عنوان معیاری برای ارزیابی خوردگی و رسوب‌گذاری استفاده شد [۴].

اندیس پوکوریوس و لارسون-اسکولد نیز با توجه به مقادیر کلسیم، منیزیم، و سایر پارامترهای کیفیت آب محاسبه شدند. شاخص تهاجم با استفاده از ترکیب اطلاعات مختلف مانند pH، قلیائیت و سختی کل محاسبه گردید تا یک نمای کلی از پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب در منطقه مورد مطالعه ارائه دهد [۱۲].

این شاخص‌ها در نهایت به صورت مجزا و ترکیبی تحلیل شدند تا مشخص شود که آب منطقه مورد مطالعه بیشتر دارای خاصیت خوردگی است یا رسوب‌گذاری و به چه میزان باید اقداماتی برای کنترل این خواص در سیستم آبرسانی صورت گیرد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی روستاهای مورد مطالعه

جدول ۱- شاخص‌های خوردگی مورد استفاده برای تعیین وضعیت خوردگی و رسوبگذاری آب شرب روستاهای بخش کاخک

شاخص	شرایط آب	مقدار شاخص	فرمول محاسبه
LSI	رسوبگذار	۰>	$LSI=pH_S-pH$
	تثبیت شده	LSI۰=	
	خورنده	۰<	
RSI	رسوبگذار	۷>	$RSI=2pH_S-pH$
	تثبیت شده	۷ ≤ RSI < ۶	
	خورنده	۶RSI ≤	
PSI	تمایل به رسوبگذاری	۶PSI >	$PSI=2pH_S-pH_{eq}$
	تمایل به خوردگی	۶PSI ≤	

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]

LS	تشکیل فیلم محافظ بدون دخالت یون های کلرید و سولفات	۰/۸LS >	$LS=\frac{[Cl]+[SO4]}{[HCO3]+[CO3]}$
	تشکیل فیلم محافظ با دخالت یون های کلرید و سولفات	۰/۸ > LS ≥ ۱/۲	
	خورنده	۱/۲LS ≥	
AI	به شدت خورنده	۱۰AI <	$AI=\frac{H}{Alkalinity\ as\ CaCO3}\log_{10}+pH_s$
	خورنده	۱۰ > AI ≥ ۱۲	
	رسوبگذار	۱۲AI ≥	

یافته ها و نتایج

در این بخش، نتایج حاصل از اندازه گیری پارامتر های فیزیکی و شیمیایی لازم برای محاسبه‌ی شاخص‌ها (جدول۲) و همچنین نتایج محاسبه‌ی شاخص‌های مختلف خوردگی و رسوبگذاری بر روی نمونه‌های آب جمع‌آوری شده از روستاهای شرقی شهر کاخک(شکل۲) ارائه خواهد شد .با تحلیل این نتایج، می‌توان به ارزیابی دقیق‌تر وضعیت کیفی آب از نظر پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری پرداخت و در نهایت، راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت آب پیشنهاد نمود.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

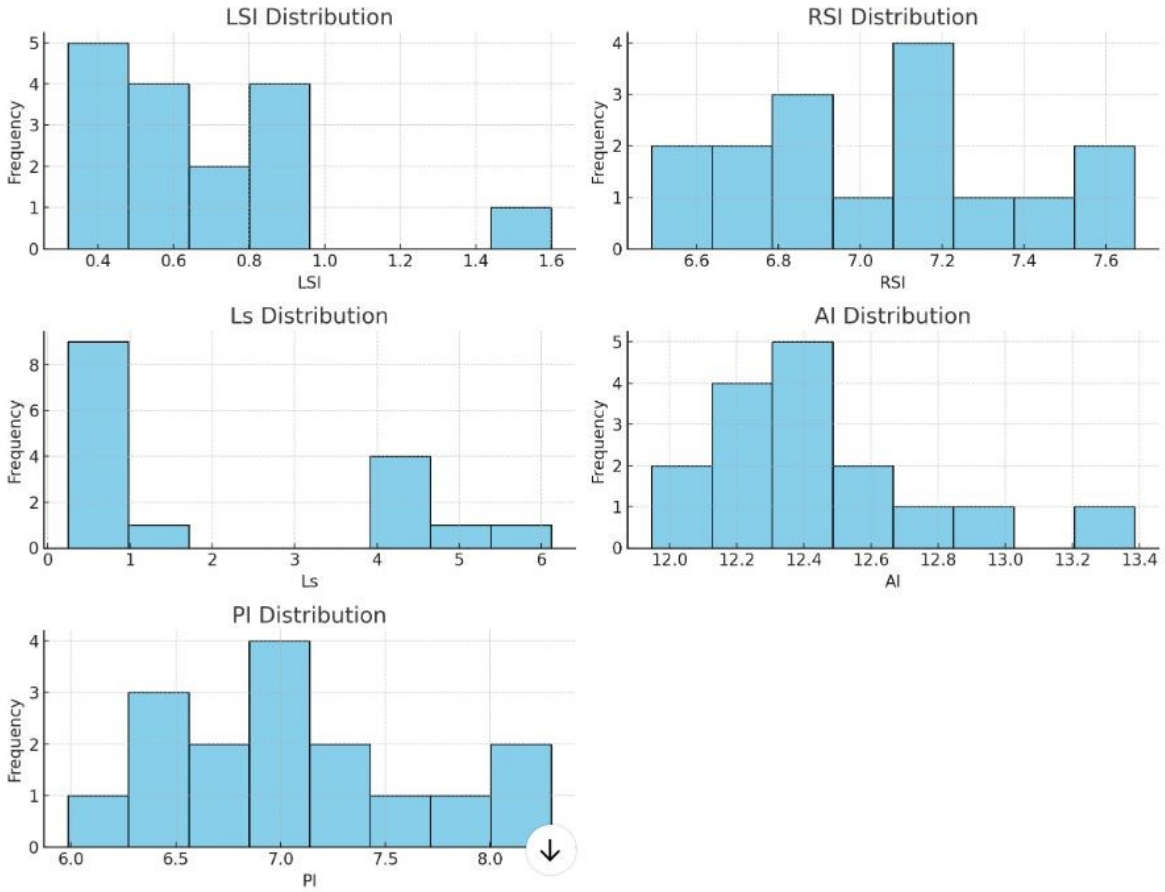
[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]

جدول ۲- پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

محل مطالعه	CO3 (mg/L)	HCO3 (mg/L)	CL (mg/L)	SO4 (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	pH _	TH (mg/L)	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)
کاخک	۰	۴۴۸/۹۶	۵۰/۹۸	۷۰/۷۱	۴۲/۴	۶۸/۱۶	۷/۹۶	۳۱۸/۴	۹۳۷	۵۹۰/۳۱
رزگ	۰	۱۳۹/۰۸	۳۷/۹۹	۳۷/۰۶	۴۰/۰	۱۳/۹۲	۸/۲۰	۳۲۸	۴۳۱	۲۷۱/۵۳
بنفش	۱۲	۱۵۳/۲۳	۳۶/۴۹	۳۳/۸۸	۴۹/۶	۲۲/۰۸	۸/۴۵	۳۳۸	۴۶۷	۲۹۴/۲۱
کَسَک	۰	۲۱۷/۱۶	۳۲/۴۹	۳۵/۰۴	۵۱/۲	۳۰/۷۲	۸/۲۹	۳۳۱/۶	۵۰۷	۳۱۹/۴۱
اُستاد	۳	۱۴۲/۷۴	۸۶/۴۷	۹۲/۲۷	۳۲/۸	۳۴/۰۸	۸/۳۳	۳۳۳/۲	۷۳۸	۴۶۴/۹۴
کاریزحاج‌غلامرضا	۴۳/۲	۲۵۳/۷۶	۲۹/۹۹	۴۲/۷۸	۲۳/۲	۶۳/۸۴	۸/۳۶	۳۳۴/۴	۷۴۴	۴۶۸/۷۲
علی ابن منصور	۹/۶	۵۲۵/۸۲	۴۶/۹۹	۱۰۶/۰۸	۳۲/۰	۹۹/۸۴	۸/۳۱	۳۳۲/۴	۱۰۶۰	۶۶۷/۸
کلاته شیخی	۰	۶۰۴/۵۱	۶۴/۹۸	۱۲۲/۸۰	۴۶/۴	۱۰۴/۶۴	۸/۱۱	۳۲۴/۴	۱۲۸۸	۸۱۱/۴۴
کلاته ملا	۲۷	۶۱۷/۳۲	۲۰۷/۹۴	۹۱/۶۵	۸۲/۴	۹۹/۸۴	۸/۶۶	۳۴۶/۴	۱۵۵۰	۹۷۶/۵
کلاته ولی	۵۸/۲	۵۲۲/۱۶	۲۹۵/۹۱	۱۶۴/۶۹	۲۲/۴	۱۱۱/۳۶	۸/۵۹	۳۴۳/۶	۱۷۳۰	۱۰۸۹/۹
محیی آباد بالا	۰	۲۸۰/۶۰	۱۱۰۷/۶۶	۳۳۶/۴۸	۵۷/۶	۱۰۷/۵۲	۸/۱۷	۳۲۶/۸	۲۸۷۰	۱۷۷۶/۶
کلاته شمس	۰	۳۰۶/۸۳	۱۰۶۷/۶۷	۳۲۴/۸۵	۶۲/۴	۱۱۱/۳۶	۸/۱۲	۳۲۴/۸	۲۸۷۰	۱۸۰۸/۱
دهنو	۰	۳۰۷/۴۴	۱۰۳۹/۶۸	۳۱۶/۳۲	۶۱/۶	۱۲۵/۲۸	۸/۰۲	۳۲۰/۸	۲۸۷۰	۱۸۰۸/۱
حسن آباد	۰	۲۹۵/۸۵	۹۸۳/۷۰	۳۱۸/۶۴	۶۱/۶	۱۱۵/۲۰	۸/۱۷	۳۲۶/۸	۲۸۷۰	۱۸۰۸/۱
مرغش	۰	۲۹۸/۹	۱۰۲۳/۶۸	۳۱۲/۴۴	۶۵/۶	۱۱۳/۷۶	۷/۹۸	۳۱۹/۲	۲۸۷۰	۱۸۰۸/۱
محیی‌آباد پایین	۱۰/۲	۳۴۷/۰۹	۱۴۹۱/۵۴	۶۹۴/۸۶	۹۰/۴	۲۴۲/۸۸	۸/۳۴	۳۳۳/۶	۴۳۶۰	۲۷۴۶/۸

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]



شکل۲- نتایج ۵ شاخص خوردگی و رسوبگذاری محاسبه شده

نتایج نشان داد که تمامی نمونه‌های آب، طبق شاخص لانژلیه(LSI) ، تمایل به رسوب‌گذاری دارند که این مسئله با فرضیه اصلی تحقیق مبنی بر رسوب‌گذار بودن آب‌ها همخوانی دارد(جدول۳). همچنین، شاخص رایزنر (RSI) نشان داد که ۶۸/۷۵ درصد از نمونه‌ها خورنده هستند، که می‌تواند به دلیل pH پایین و حضور یون‌های خورنده مانند کلرید و سولفات باشد[۱۳]. شاخص لارسون اسکولد (Ls) نیز تأیید کرد که بیش از ۸۰ درصد از نمونه‌ها دارای ویژگی‌های خوردگی هستند، که این امر ناشی از وجود یون‌های خورنده و مواد شیمیایی در آب است[۴]. شاخص تهاجم (AI) نیز تأیید کرد که تمامی نمونه‌ها به شدت خورنده هستند(جدول۳).

این وضعیت می‌تواند به ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه مرتبط باشد؛ سنگ‌های آهکی و حاوی کربنات کلسیم در این منطقه، تمایل به رسوب‌گذاری را افزایش می‌دهند[۱۴]. علاوه بر این، فعالیت‌های انسانی مانند استفاده از کودهای شیمیایی حاوی سولفات و دفع نامناسب فاضلاب‌ها، می‌تواند به افزایش خوردگی آب‌ها منجر شود[۳]. تغییرات دمایی و اقلیمی نیز به عنوان عوامل تشدیدکننده خوردگی و رسوب‌گذاری آب در منطقه کاخک نقش دارند[۳،۱۵].

مقایسه با کشورهای همسایه ایران نیز نشان می‌دهد که وضعیت مشابهی در برخی مناطق مشاهده شده است. در عراق، به دلیل وجود مقادیر بالای یون‌های خورنده مانند کلرید و سولفات، آب‌های این کشور نیز خورنده هستند[۱۶]. در ترکیه، به ویژه در مناطق خشک، تمایل به رسوب‌گذاری آب‌ها به دلیل غلظت بالای کلسیم و منیزیم مشاهده شده است[۱۷]. در افغانستان نیز کیفیت آب‌های زیرزمینی به دلیل فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی به شدت تحت تأثیر

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]

قرار گرفته و شاخص‌های خوردگی بالایی را نشان می‌دهد [۱۷].

جدول ۳- وضعیت شاخص‌های آب

شاخص	شرایط آب	درصد نمونه‌ها	توضیحات
LSI	رسوب‌گذار	٪۱۰۰	آب تمایل به رسوب‌گذاری دارد.
RSI	خورنده	٪۶۸/۷۵	آب تمایل به خوردگی دارد.
	استاندارد	٪۳۱/۲۵	آب در تعادل است.
Ls	خورنده	٪۵۰	آب تمایل به خوردگی دارد.
	خیلی خورنده	٪۱۲/۵	آب شدیداً خورنده است.
AI	خورنده	٪۸۷/۵	آب تمایل به خوردگی دارد.
PI	رسوب‌گذار	٪۴۳/۷۵	آب تمایل به رسوب‌گذاری دارد.
	استاندارد	٪۵۶/۲۵	آب در تعادل است.

بحث

این مطالعه به بررسی دقیق تمایلات خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی در مناطق روستایی شرق کاخک با استفاده از شاخص‌هایLSI ، RSI، Ls، AIو PIپرداخته است. این شاخص‌ها درک جامعی از کیفیت آب در این منطقه ارائه می‌دهند و پیامدهای مهمی برای بهداشت عمومی و نگهداری زیرساخت‌ها دارند.

نتایج نشان داد که ٪۱۰۰ از نمونه‌های آب تمایل به رسوب‌گذاری دارند که بر اساس LSI مشخص شد. این تمایل پایدار به رسوب‌گذاری با غلظت بالای یون‌های کلسیم و بی‌کربنات در آب‌های زیرزمینی این منطقه هماهنگ است. حضور این یون‌ها در سطوح بالا می‌تواند منجر به رسوب‌گذاری مواد معدنی در دیواره لوله‌ها و زیرساخت‌های آبی شده و کارایی جریان را کاهش دهد و هزینه‌های نگهداری را افزایش دهد. این تمایل به رسوب‌گذاری در مقایسه با یافته‌های مطالعه Porsan و همکاران در شمال ایران که آب‌های آن تمایل کمتری به رسوب‌گذاری داشتند و بیشتر خورنده بودند، متفاوت است [۱۸]. این تفاوت‌ها ممکن است به ترکیبات شیمیایی مختلف آب، شرایط اقلیمی و تفاوت‌های زمین‌شناسی مربوط باشد. به طور خاص، غلظت بالای یون‌های کلسیم و بی‌کربنات در منطقه کاخک می‌تواند دلیل اصلی تمایل آب به رسوب‌گذاری باشد، در حالی که شرایط خوردگی در مناطق با pH پایین‌تر و مواد محلول کمتر، مانند شمال ایران، بیشتر مشاهده می‌شود [۱۸]. علاوه بر این، RSIنشان داد که ٪۶۸/۷۵ از نمونه‌ها خورنده بودند و ٪۱۲/۵ از آن‌ها تمایل به خوردگی شدید داشتند. خوردگی، به‌ویژه در این نمونه‌های تهاجمی‌تر، خطرات قابل توجهی برای زیرساخت‌های آبی دارد زیرا باعث تسریع در تخریب لوله‌ها و امکان نشت فلزات مضر مانند سرب و مس به آب آشامیدنی می‌شود. طبیعت خورنده آب کاخک می‌تواند به pH پایین و مقدار کم TDSدر برخی از نمونه‌ها مرتبط باشد که شرایطی را ایجاد می‌کند که در آن لایه‌های محافظ کربناتی تشکیل نمی‌شوند. در مقابل، مطالعات انجام شده در مناطق دیگر مانند دلتای نیجر نیز ویژگی‌های متغیر خوردگی و رسوب‌گذاری را مشاهده کردند که نیاز به ارزیابی‌های محلی کیفیت آب را که به شرایط محیطی و زمین‌شناسی خاص آن منطقه اختصاص دارند، بیشتر نشان می‌دهد [۱۹]. یافته‌های این مطالعه همچنین به محدودیت‌های

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]

اتکا به شاخص‌های منفرد برای پیش‌بینی خوردگی یا پتانسیل رسوب‌گذاری آب اشاره دارد. همان‌طور که در مطالعه‌ای در پتنا، هند مشاهده شد، استفاده از ترکیبی از شاخص‌ها درک کامل‌تر و دقیق‌تری از رفتار آب ارائه می‌دهد. در مورد کاخک، استفاده جامع ازLSI ، RSIو AIتصویر روشن‌تری از دینامیک خوردگی و رسوب‌گذاری ارائه کرد و بر ضرورت استفاده از ارزیابی‌های چندشاخصی در مدیریت کیفیت آب تأکید دارد [۲۰].

از دیدگاه گسترده‌تر، خوردگی و رسوب‌گذاری در سیستم‌های آبی به عنوان نگرانی‌های جهانی شناخته می‌شوند که بر کیفیت آب و طول عمر زیرساخت‌ها تأثیر می‌گذارند. مطالعاتی از مناطقی مانند محوبا، اوتار پرادش، هند نیز بر اهمیت پایش مستمر و اجرای اقدامات پیشگیرانه به‌ویژه در مناطقی که مستعد رسوب‌گذاری هستند، تأکید می‌کنند. [۲۱] در کاخک که تمایلات رسوب‌گذاری غالب است، نظارت مداوم و تصفیه آب برای جلوگیری از آسیب به زیرساخت‌ها ضروری است. این موضوع به‌ویژه از آن جهت مهم است که رسوبات می‌توانند به مرور زمان قطر لوله‌ها را کاهش داده و جریان آب را کاهش داده و مصرف انرژی برای انتقال آب را افزایش دهند. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده یک توزیع پیچیده از تمایلات خوردگی و رسوب‌گذاری آب است. شاخص LSI نشان داد که تمام نمونه‌های آب در این منطقه دارای تمایل به رسوب‌گذاری هستند، که احتمالاً به دلیل غلظت بالای یون‌های کلسیم و بی‌کربنات در آب است [۲]. این موضوع می‌تواند منجر به مشکلاتی در سیستم‌های لوله‌کشی و زیرساخت‌های آبی شود، زیرا رسوبات می‌توانند باعث انسداد لوله‌ها و کاهش کارایی سیستم‌های آبی شوند [۵].

از سوی دیگر، شاخص‌های RSI ، Ls و AI نشان دادند که بخش قابل توجهی از آب‌های منطقه دارای تمایل به خوردگی هستند. خوردگی بالا، به ویژه در ۱۲/۵٪ از نمونه‌ها که بسیار خورنده تشخیص داده شدند، می‌تواند منجر به آسیب جدی به لوله‌ها و دیگر تجهیزات آبی شود [۶].

همچنین، این مسئله می‌تواند منجر به نشت فلزات سنگین به آب شرب شده و به طور بالقوه بر سلامت عمومی تأثیر منفی بگذارد [۲۲].

خوردگی و رسوب‌گذاری آب می‌تواند تأثیرات زیادی بر زیرساخت‌های آبی و سلامت عمومی در این منطقه داشته باشد. رسوب‌گذاری می‌تواند باعث انسداد لوله‌ها، کاهش جریان آب و افزایش هزینه‌های نگهداری سیستم‌های توزیع آب شود [۵]. از سوی دیگر، خوردگی می‌تواند به تخریب سریع لوله‌ها و تجهیزات منجر شده و باعث ورود فلزات سنگین به آب آشامیدنی گردد، که می‌تواند سلامت عمومی را به خطر بیندازد [۲۳].

برای مدیریت و کنترل این وضعیت، استفاده از روش‌های پیشرفته تصفیه آب، مانند نرم کردن آب برای کاهش غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم، و همچنین استفاده از پوشش‌های محافظ بر روی لوله‌ها برای کاهش خوردگی پیشنهاد می‌شود [۲۴]. همچنین، افزودن مواد شیمیایی مناسب به آب برای تنظیم pH و کاهش خوردگی می‌تواند به حفظ کیفیت آب و سلامت عمومی کمک کند [۲۴].

برای تحقیقات آینده، پیشنهاد می‌شود که بررسی‌های بیشتری در زمینه تأثیرات فصلی و تغییرات شیمیایی در طول سال انجام شود. همچنین، استفاده از تکنیک‌های پیشرفته‌تر برای تحلیل و مدیریت خوردگی و رسوب‌گذاری، مانند مدل‌سازی ریاضی و استفاده از فناوری‌های نوین در تصفیه آب، می‌تواند به بهبود نتایج و ارائه راهکارهای موثرتر کمک کند.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که آب آشامیدنی روستاهای شرق کاخک دارای تمایلات مختلفی به خوردگی و رسوب‌گذاری است. بر اساس شاخص‌های مورد بررسی، تمامی نمونه‌های آب تمایل به رسوب‌گذاری داشتند که این امر به دلیل غلظت بالای یون‌های کلسیم و بی‌کربنات در آب این منطقه است. از سوی دیگر، بخش قابل توجهی از نمونه‌ها بر اساس شاخص‌های خوردگی، خورنده تشخیص

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]

داده شدند که می‌تواند به تخریب زیرساخت‌های آبی و ورود فلزات سنگین به آب آشامیدنی منجر شود. این یافته‌ها نشان‌دهنده نیاز به مدیریت دقیق و اقدامات اصلاحی برای کنترل خوردگی و رسوب‌گذاری در سیستم‌های آبرسانی منطقه است.

برای بهبود کیفیت آب و جلوگیری از خسارات زیرساختی و تهدیدات بهداشتی، پیشنهاد می‌شود که از روش‌های تصفیه مانند نرم‌کردن آب و استفاده از مواد شیمیایی مناسب برای تنظیم pH استفاده شود. همچنین، پایش مداوم کیفیت آب و به‌کارگیری ترکیب شاخص‌های مختلف برای ارزیابی دقیق‌تر خوردگی و رسوب‌گذاری، ضروری به‌نظر می‌رسد. اجرای این اقدامات می‌تواند به حفظ کیفیت آب، کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و بهبود سلامت عمومی منطقه کمک کند.

این پژوهش، با روشن کردن اهمیت ارزیابی دقیق کیفیت آب در مناطق روستایی، اطلاعات مهمی برای تصمیم‌گیران و مهندسان آب فراهم می‌کند و می‌تواند به‌عنوان یک مبنای علمی برای طراحی و اجرای سیاست‌ها و استراتژی‌های مؤثرتر در مدیریت منابع آب زیرزمینی به‌کار رود.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر حاصل از طرح دانشجویی می‌باشد که با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی سبزوار با کد اخلاق
(IR.MEDSAB.REC.1403.049) و کد طرح ۴۰۲۰۳۰ انجام شده است. از این رو، محققین این مطالعه بر خود لازم می‌دانند از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه که نهایت همکاری را در طول انجام این پژوهش داشتند و همچنین از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی گناباد که امکانات آزمایشگاهی لازم را برای انجام این مطالعه فراهم نمودند، ، صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل آورند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]

References

1. Adimalla N, Qian H. Groundwater quality evaluation using water quality index (WQI) for drinking purposes and human health risk (HHR) assessment in an agricultural region of Nanganur, south India. Ecotoxicology and environmental safety 2019;176: 153-61.
2. Allaoua N, Hafid H, Chenchouni H. Exploring groundwater quality in semi-arid areas of Algeria: Impacts on potable water supply and agricultural sustainability. Journal of Arid Land 2024;16(2): 147-67.
3. Gholizadeh A, Mokhtari M, Naimi N, et al. Assessment of corrosion and scaling potential in groundwater resources; a case study of Yazd-Ardakan Plain, Iran. Groundwater for Sustainable Development 2017;5: 59-65.
4. Arkoç O. Assessment of scaling properties of groundwater with elevated sulfate concentration: a case study from Ergene Basin, Turkey. Arabian Journal of Geosciences 2013;6: 4377-85.
5. Tyagi S, Sarma K. Qualitative assessment, geochemical characterization and corrosion-scaling potential of groundwater resources in Ghaziabad district of Uttar Pradesh, India. Groundwater for sustainable development 2020;10: 100370.
6. Rezaei Kalantari R, Yari AR, Ahmadi E, et al. Survey of corrosion and scaling potential in drinking water resources of the villages in Qom province by use of four stability indexes (With Quantitative and qualitative analysis. Archives of Hygiene Sciences 2013;2(4): 127-34.
7. Pietrucha-Urbanik K, Skowrońska D, Papciak D. Assessment of corrosion properties of selected mineral waters. Coatings 2020;10(6): 571.
8. Dargahi A, Amirian F, Naderi M, et al. Assessment of Scale Formation and Corrosion of Drinking Water Supplies in Dehloran (Iran) in 2014. Journal of Environmental Health Engineering 2017;4(2): 93-103 [In Persian].
9. Malakootian M, Mobini M, Sharife I, Haghighi fard A. Evaluation of Corrosion and Scaling Potential of Wells Drinking Water and Aqueducts in Rural Areas Adjacent to Rafsanjan Fault in During October to December 2013. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences 2014;13(3): 293-304 [In Persian].
10. Qasemi M, Darvishian M, Nadimi H, et al. Characteristics, water quality index and human health risk from nitrate and fluoride in Kakhk city and its rural areas, Iran. Journal of Food Composition and Analysis 2023;115: 104870.
11. Rice EW, Bridgewater L, Association APH. Standard methods for the examination of water and wastewater: American public health association Washington, DC; 2012.
12. Mirzabeygi M, Naji M, Yousefi N, et al. Evaluation of corrosion and scaling tendency indices in water distribution system: a case study of Torbat Heydariye, Iran. Desalination and Water Treatment 2016;57(54): 25918-26.
13. Davoudi M, Skandari Torbaghan A, Barjasteh Askar Fi, et al. The investigation of chemical quality and stability indices of drinking water in rural areas of Taybad City in 2015-16. Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences 2016;4(2): 4-13 [In Persian].
14. Mirzabeygi M, Yousefi N, Abbasnia A, et al. Evaluation of groundwater quality and assessment of scaling potential and corrosiveness of water supply networks, Iran. Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA 2017;66(6): 416-25.
15. Din IU, Muhammad S, ur Rehman I. Groundwater quality assessment for drinking and irrigation purposes in the Hangu District, Pakistan. Journal of Food Composition and Analysis 2023;115: 104919.
16. Fayydh AM, Zaidan TA, Al-Heety EA. Evaluation of groundwater quality in al-waffa and kubaysa areas using multivariate statistical analysis, Al-anbar, Western Iraq. The Iraqi Geological Journal 2020: 10.٧-٢٧
17. Aydin H, Ustaoğlu F, Tepe Y, Soylu EN. Assessment of water quality of streams in northeast Turkey by water quality index and multiple statistical methods. Environmental forensics 2021;22(1-2): 270-87.
18. Porsan ZP, Zarei A, Alimohammadi M. Evaluation of corrosion and scaling potential of drinking groundwater in Gonbad-e Kavus. Desalination and Water Treatment 2020;195: 19-25.
19. Bolaji T, Olumayede E, Ojo A. Evaluation of corrosion and scaling potentials of oilfield waters in an offshore producing facility, Niger Delta. Water Science and Technology 2022;85(12): 3493-509.
20. Kumar S, Singh R, Maurya N. Assessment of corrosion potential based on water quality index in the distribution network of urban Patna, Bihar, India. Nature Environment and Pollution Technology 2022;21(5): 2117-27.
21. Mankikar TY. Comparison of indices for scaling and corrosion tendency of groundwater: Case study of unconfined aquifer from Mahoba District, UP State. Applied Water Science 2021;11(6): 94.
22. Ravindiran G, Janardhan G, Rajamanickam S, et al. Study on hydrogeochemical assessment, groundwater quality index for drinking, seawater mixing index and human health risk assessment of nitrate and fluoride. Groundwater for Sustainable Development 2024;25: 101161.
23. Shams M, Mohamadi A, Sajadi SA. Evaluation of corrosion and scaling potential of water in rural water supply distribution networks of Tabas, Iran. World Appl Sci J 2012;17(11): 1484-89.
24. Rukavishnikov VS, Efimova NV, Savchenkov MF, et al. Quality of drinking water and risk to the health of the population of the south Baikal region (Russia). Emerging Contaminants 2024;10(2): 100300.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-27]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.394]