JEHE Journal of Environmental Health Engineering , 2026; 14(1):1-12 Original Article
Alborz University of Medical Sciences

Comprehensive assessment of drinking water quality based on physicochemical, microbial, and corrosion indicators in Zanjan city

Received: 12 December 2025, Accepted: 29 April 2026

Jalil Nassiri[1], Ghasem Mohammadi[1], Esrafil Asgari[2*], Mohammad Naghiloo[3], Adel Mirza Alizadeh[4], Shahram Nazari[5]

[1] *Master of Science in Environmental Health Engineering, Deputy of Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran*
[2] *Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran*
[3] *Master's student of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran*
[4] *Assistant Professor, Department of Food Safety and Hygiene, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran*
[5] *Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Khalkhal University of Medical Sciences, Khalkhal, Iran*

***Corresponding Author:**
asgari.esrafil@zums.ac.ir

How to Cite This Article:
Nassiri J, Mohammadi G, Asgari E, Naghiloo M, Mirza Alizadeh A, Nazari S. Comprehensive assessment of drinking water quality based on physicochemical, microbial, and corrosion indicators in Zanjan city. Journal of Environmental Health Engineering. 2025;14(1):1-12.

DOI:

ABSTRACT

Background: Drinking water quality has a direct effect on public health. Given the heavy reliance of Zanjan city on groundwater resources and existing hydrogeological challenges, this study aimed to comprehensively assess the physicochemical and microbial quality of the city's drinking water in 2023–2024 and compare it with national and international standards.

Materials and Methods: This descriptive-analytical study was conducted using official data from the Zanjan drinking water distribution network. Periodic sampling was performed from water sources and distribution points. Physicochemical parameters (such as turbidity, pH, TDS, hardness, and major ions) and microbial indicators (total coliforms, fecal coliforms, and HPC) were measured using standard methods and compared with national and WHO permissible limits. Corrosion indices (LSI and RSI) were also calculated.

Results: The physicochemical quality of water complied with the standards for most parameters. Mean turbidity (0.47 NTU) was low, pH (6.6) was balanced, and TDS (367 mg/L) was favorable. However, total hardness was elevated in some samples, and residual chlorine concentration was at the lower desirable limit. Microbiologically, 100% of samples were free of fecal coliforms, and HPC in all samples was below the EPA limit. The LSI (0.34) and RSI (5.93) indicated water stability and very low corrosivity.

Conclusion: The drinking water of Zanjan city in 2023–2024 was in a favorable and safe condition for human consumption in terms of physicochemical and microbial quality. Nevertheless, continuous monitoring of sensitive parameters such as hardness, residual chlorine, and TDS is essential, particularly given the dependence on groundwater and hydrogeochemical variations.

Keywords: Drinking water quality, Physicochemical monitoring, Microbial indicators, Groundwater, Zanjan city

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

Copyright © 2026 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.

JEHE Alborz University of Medical Sciences
مجله مهندسی بهداشت محیط، دوره ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۱ تا ۱۲
مقاله پژوهشی

ارزیابی جامع کیفیت آب شرب بر اساس شاخص‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و خورندگی در شهر زنجان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۹

جلیل نصیری[۱]، قاسم محمدی[۱]، اسرافیل عسگری[۲]*، محمد نقیلو[۳]، عادل میرزاعلیزاده[۴]، شهرام نظری[۵]

[۱] کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، معاونت بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

[۲] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

[۴] استادیار، گروه بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

[۵] استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی خلخال، خلخال، ایران

***پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
asgari.esrafil@zums.ac.ir

نحوه استناد به این مقاله:
Nassiri J, Mohammadi G, Asgari E, Naghiloo M, Mirza Alizadeh A, Nazari S. Comprehensive assessment of drinking water quality based on physicochemical, microbial, and corrosion indicators in Zanjan city. Journal of Environmental Health Engineering. 2025;14(1):1-12.

DOI:

چکیده

زمینه و هدف: کیفیت آب آشامیدنی تأثیر مستقیمی بر سلامت عمومی دارد. با توجه به وابستگی شدید شهر زنجان به منابع آب زیرزمینی و چالش‌های هیدروژئولوژیک، این مطالعه با هدف ارزیابی جامع کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی این شهر در سال ۱۴۰۳ و مقایسه آن با استانداردهای ملی و بین‌المللی انجام شد.

مواد و روش ها: این مطالعه توصیفی-تحلیلی بر اساس داده‌های رسمی شبکه آب شرب شهر زنجان انجام شد. نمونه‌برداری از منابع تأمین و نقاط توزیع به‌صورت دوره‌ای صورت گرفت. پارامترهای فیزیکوشیمیایی (مانند کدورت، pH، TDS، سختی، یون‌های اصلی) و میکروبی (کلی فرم ها، کلی فرم مدفوعی و HPC) با روش‌های استاندارد سنجش و با حدود مجاز ملی و WHO مقایسه شدند. شاخص‌های خورندگی (LSI و RSI) نیز محاسبه گردید.

یافته ها: کیفیت فیزیکوشیمیایی آب در اکثر پارامترها در محدوده استانداردها قرار داشت. میانگین کدورت (۰/۴۷ NTU) پایین، pH (۶/۶) متعادل و TDS (۳۶۷ میلی گرم بر لیتر) مطلوب بود. با این حال، سختی کل در برخی نمونه‌ها بالا و غلظت کلر باقیمانده در حد پایین مطلوب مشاهده شد. از نظر میکروبی، ۱۰۰ درصد نمونه‌ها فاقد کلی فرم مدفوعی بودند و HPC در تمام نمونه‌ها کمتر از حد مجاز EPA بود. شاخص‌های LSI (۰/۳۴) و RSI(۵/۹۳) نشان‌دهنده پایداری آب و خورندگی بسیار کم بودند.

نتیجه گیری: آب آشامیدنی شهر زنجان در سال ۱۴۰۳ از نظر فیزیکوشیمیایی و میکروبی در وضعیت مطلوب و ایمن برای مصرف انسانی قرار دارد. با این حال، پایش مستمر پارامترهای حساس مانند سختی، کلر باقیمانده و TDS، به‌ویژه با توجه به وابستگی به منابع زیرزمینی و تغییرات هیدروژئوشیمیایی، ضروری است.

واژه های کلیدی: کیفیت آب آشامیدنی، پایش فیزیکوشیمیایی، شاخص‌های میکروبی، آب زیرزمینی، شهر زنجان

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

مقدمه

کیفیت آب آشامیدنی یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر سلامت عمومی، توسعه اجتماعی-اقتصادی و پایداری محیط‌زیستی است [۱]. بر اساس تعریف سازمان جهانی بهداشت (WHO)، آب شرب سالم نباید در طول عمر مصرف، هیچ‌گونه خطری برای سلامت مصرف‌کنندگان ایجاد کند [۲]. ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب معیارهای کلیدی برای تعیین قابلیت شرب بودن آن هستند و هرگونه تغییر نامطلوب در این ویژگی‌ها می‌تواند سلامت جامعه را تهدید کند [۲]. دسترسی به آب شرب ایمن همچنان یکی از چالش‌های مهم جهان است [۳]. طبق گزارش‌ها، درصد قابل توجهی از جمعیت جهان هنوز به آب شرب سالم دسترسی ندارند و بیماری‌های منتقله از آب همچون اسهال، یکی از علل مرگ‌ومیر بالا، به‌ویژه در کودکان محسوب می‌شود [۴]. آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب می‌تواند مستقیماً سلامت انسان را تهدید کند. در ایران نیز مطالعات متعدد نشان داده‌اند که کیفیت آب آشامیدنی در مناطق مختلف کشور تحت تأثیر عوامل زمین‌شناسی، منابع برداشت، شرایط شبکه توزیع، و تغییرات اقلیمی قرار دارد [۵]. به‌عنوان مثال، برخی مطالعات گزارش داده‌اند که پارامترهایی مانند سختی، سولفات، سدیم و هدایت الکتریکی (EC) در بخش‌هایی از کشور فراتر از حدود استاندارد ملی بوده است [۶]. مطالعه جعفرزاده و همکاران در مورد شاخص‌های رایزنار، پاکوریوس، هجومی و لانژلیه نشان داد که آب شرب در پنج شهر منتخب استان بوشهر در وضعیت خورنده قرار دارد. علاوه بر این، بیشتر پارامترهای مورد استفاده برای تعیین کیفیت آب، از حدود استانداردهای ملی ایران فراتر رفته‌اند [۷]. همچنین بررسی‌های انجام‌شده در شهرهای اهواز، قم، گتاب و سایر مناطق بیانگر آن است که کیفیت آب شرب می‌تواند در اثر عواملی مانند تخلیه پساب‌ها، کاهش کیفیت منابع سطحی، و افت سطح آب زیرزمینی دستخوش تغییر گردد [۶،۸،۹]. مطالعه مجدی و همکاران درباره آب شرب روستاهای شهرستان تکاب در استان آذربایجان غربی نشان داد که برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی در تعدادی از مناطق با حدود استاندارد ملی و بین‌المللی تطابق نداشته و نیازمند اقدامات اصلاحی هستند [۱۰]. همچنین، حسن پور و همکاران نشان دادند اگرچه اغلب پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب شرب اردبیل در محدوده استانداردهای ملی و WHO قرار داشتند، اما مقادیر کادمیوم، فسفات، سختی کل، فلوئور و نیتریت در بخشی از نمونه‌ها از حدود مجاز فراتر رفتند [۱۱].

استان زنجان نیز از این قاعده مستثنی نیست. این استان به دلیل موقعیت زمین‌شناسی خاص، وابستگی شدید به منابع آب زیرزمینی، افت سطح آبخوان‌ها و بارش‌های محدود سال‌های اخیر، با چالش‌های متعددی در حوزه کیفیت و پایداری منابع آب مواجه است [۱۲، ۱۳]. پارامترهای فیزیکوشیمیایی از جمله یون‌های اصلی، سختی کل، کل جامدات محلول (TDS)، EC و کدورت، شاخص‌هایی تعیین‌کننده در ارزیابی کیفیت آب شرب به شمار می‌آیند. این عوامل علاوه بر تأثیر بر ویژگی‌های حسی آب، می‌توانند بر کارکرد تصفیه‌خانه‌ها و سلامت تجهیزات تأثیر بگذارند. با توجه به گزارش‌های سازمان آب منطقه‌ای زنجان و داده‌های هیدرولوژیکی، کاهش ورودی به سدها و پایین بودن ذخایر مخازن آب سطحی، فشار بر منابع زیرزمینی را افزایش داده است [۱۴]. بیش از ۹۰ درصد آب شرب از سفره‌های زیرزمینی تأمین می‌شود، که اهمیت پایش کیفیت شیمیایی و میکروبی را افزایش می‌دهد [۱۴]. مطالعات مشابه در استان‌های دیگر (مانند مازندران) نشان داده‌اند که افزایش برداشت از منابع زیرزمینی و تغییرات هیدرولوژیکی می‌توانند منجر به تغییر غلظت یون‌ها، سختی، EC و سایر شاخص‌های کیفیت آب شوند [۵].

از سوی دیگر، شاخص‌های میکروبی شامل کلی فرم ها، کلی فرم مدفوعی و باکتری‌های هتروتروف (HPC)، مهم‌ترین معیارهای بهداشتی در ارزیابی سلامت آب

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

آشامیدنی محسوب می‌شوند. مطالعات مختلف در ایران نشان داده‌اند که هرگونه نقص در کلرزنی، نشست فاضلاب یا مشکلات شبکه توزیع می‌تواند منجر به حضور این شاخص‌های میکروبی گردد و خطرات بهداشتی قابل توجهی ایجاد کند.

با وجود مطالعات متعدد در کشور، اطلاعات منسجم و به‌روز درباره وضعیت سالیانه کیفیت آب شرب شهر زنجان محدود است. ازاین‌رو، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شهر زنجان در سال ۱۴۰۳ و مقایسه آن با استانداردهای ملی (استاندارد ۱۰۵۳) و بین‌المللی (WHO) انجام شده است. این مطالعه علاوه بر بررسی مقالات موجود، از داده‌های واقعی شبکه آب شرب بهره می‌گیرد و می‌تواند تصویری دقیق از وضعیت فعلی کیفیت آب و چالش‌های احتمالی پیش‌رو ارائه دهد.

مواد و روش ها

این پژوهش یک مطالعه توصیفی–تحلیلی از نوع مرور نظام‌مند داده‌های موجود است که با هدف بررسی وضعیت کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شهر زنجان در سال ۱۴۰۳ انجام شده است. داده‌های اصلی این مطالعه به‌صورت رسمی از معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی زنجان اخذ شده‌اند. نمونه‌برداری توسط کارشناسان بهداشت محیط معاونت بهداشتی از منابع تأمین آب (چاه‌ها، مخازن) و نقاط مختلف شبکه توزیع شهری به‌صورت دوره‌ای و در جهار فصل سال و مطابق دستورالعمل‌های کشوری انجام شده است. نمونه‌ها در ظروف مناسب و استریل جمع‌آوری و در شرایط زنجیره سرد به آزمایشگاه معتمد منتقل شده‌اند. پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل: یون‌ها (بر اساس روش‌های استاندارد متد)، EC (با دستگاه هدایت‌سنج)، TDS (روش وزنی یا محاسباتی)، سختی کل (تیتراسیون با EDTA) و کدورت (اندازه‌گیری توربیدیمتری). تمام روش‌ها مبتنی بر روش‌های استاندارد متد بوده‌اند [۱۵].

آزمایش‌های میکروبی بر اساس دستورالعمل‌های ابلاغی وزارت بهداشت و استاندارد ملی انجام شده است: آزمون احتمالی و تأییدی کلی فرم ها (روش MPN)، آزمون کلی فرم مدفوعی در دمای ۴۴/۵ درجه و HPC در محیط R^2A. قابل ذکر اینکه تنها داده های مربوط به HPC از شرکت آب و فاضلاب استان زنجان اخذ گردیده است. برای ارزیابی وضعیت کیفیت آب، حدود مجاز زیر به‌عنوان ملاک مقایسه استفاده شده است: استاندارد ملی ایران – شماره ۱۰۵۳، راهنمای کیفیت آب آشامیدنی WHO و در موارد خاص، استانداردهای سازمان EPA آمریکا نیز بررسی شده‌اند. برای تحلیل داده‌های دریافتی از معاونت بهداشتی: میانگین، حداقل، حداکثر و انحراف معیار محاسبه شد. درصد انطباق نمونه‌ها برای هر پارامتر با حدود استاندارد تعیین شد. وضعیت کیفیت آب شبکه توزیع مقایسه شد. برای تفسیر و تقویت تحلیل‌ها از منابع منتشرشده علمی استفاده شد.

منطقه مورد مطالعه و منابع تأمین آب

شهر زنجان مرکز استان زنجان در شمال‌غرب ایران واقع شده و در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این شهر در منطقه‌ای کوهستانی از پهنه البرز آذربایجان واقع شده و ارتفاع متوسط آن حدود ۱۶۵۰ متر از سطح دریا است. اقلیم غالب منطقه نیمه‌خشک سرد بوده و میزان بارندگی سالانه در اغلب سال‌ها کمتر از میانگین بلندمدت کشور است. الگوی بارش عمدتاً زمستانی–بهاره و شدیداً متغیر بوده و وابستگی زیادی به بارش‌های نقطه‌ای و کوتاه‌مدت دارد. بر اساس گزارش‌های سال آبی ۱۴۰۴–۱۴۰۳، مجموع بارش ثبت‌شده در استان حدود ۲۹۱ میلی‌متر بوده که نسبت به سال گذشته کاهش جزئی و در مقایسه با میانگین بلندمدت ۴/۳۳ درصد کمتر است. ماهیت نامنظم بارش‌ها سبب شده تأثیر قابل توجهی بر تغذیه آبخوان‌های زیرزمینی نداشته باشد [۱۶]. این

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

شرایط همراه با خشکسالی‌های متوالی، فشار مضاعفی بر منابع آبی استان و شهر زنجان وارد کرده است.

شبکه توزیع آب شهر زنجان شامل مخازن ذخیره، خطوط انتقال، ایستگاه‌های پمپاژ و شبکه توزیع شهری است. به‌دلیل پراکندگی مکانی چاه‌ها و تغییرات کیفیت منابع زیرزمینی، ترکیب آب ورودی به شبکه متغیر بوده و نیازمند پایش منظم است. معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی زنجان و شرکت آب و فاضلاب استان مسئولیت پایش مستمر کیفیت آب را بر عهده دارند. عملیات پایش شامل موارد زیر است: نمونه‌برداری منظم از چاه‌ها، مخازن و شبکه توزیع، سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی (شامل کدورت، TDS، EC، pH، سختی کل و غلظت یون‌های اصلی)، کنترل میکروبیولوژیک شامل آزمون‌های احتمالی و تأییدی کلی فرم ها، کلی فرم مدفوعی و HPC.

یافته ها

کیفیت فیزیکوشیمیایی آب آشامیدنی

بر اساس داده‌های سال ۱۴۰۳ (جدول ۱)، نتایج نشان می‌دهد که کیفیت فیزیکوشیمیایی آب آشامیدنی شهر زنجان در سال ۱۴۰۳ مطلوب و در محدوده استانداردهای ملی و WHO قرار دارد.

جدول ۱. خلاصه آنالیز آماری سالیانه پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شرب شهر زنجان در سال ۱۴۰۳ [۱۷،۱۸]

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین و انحراف معیار	استاندارد WHO	استاندارد ۱۰۵۳	
					حداکثر مطلوب	حداکثر مجاز
کدورت (NTU)	۰/۱۸	۱/۳۴	۰/۴۷±۰/۲۷	≤۵	≤۱	≤۵
pH	۶/۳	۷/۸	۶/۶±۰/۳	۶/۸-۵/۵	۶/۸-۵/۵	۶/۹-۵
کلر آزاد باقیمانده (mg/L)	۰	۱	۰/۴±۰/۳	۰/۱-۵	۱	۰/۰-۲/۵
TDS (mg/L)	۱۷۴	۱۰۰۰	۳۶۷±۱۸۱	۱۰۰۰-۶۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰
EC (µm/cm)	۲۰۱	۱۷۵۸	۵۳۹±۲۶۶	-	-	-
سختی کل ($asCaCO_3$ mg/L)	۱۲۴/۷	۸۶۳/۵	۲۶۶±۱۳۳	۵۰۰-۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰
سدیم (mg/L)	۷۹	۳۸۶/۸	۶۵±۱۳۳	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
پتاسیم (mg/L)	۳/۵	۱۹/۷	۶/۳±۱/۲	۱۲-۸	-	-
فلوئور (mg/L)	۰	۱	۰/۳±۰/۲	۰/۱-۵/۵	۰/۵	۱/۵
کلرور (mg/L)	۴	۱۶۹/۹	۳۴±۲۳/۶	۲۵۰	۲۵۰	۴۰۰
بیکربنات (mg/L)	۳۷۲	۳۵۳۸	۸۹۹/۷۳۲±۴۳	۱۲۰	-	-
سولفات (mg/L)	۸/۵	۲۳۹/۸	۴۶±۵۸/۸	۴۰۰-۲۰۰	۲۵۰	۴۰۰
کلسیم (mg/L)	۱۳/۷	۶۵۰	۹۰/۸۷±۵/۳	۲۰۰-۷۵	۳۰۰	-
منیزیم (mg/L)	۳/۹	۲۳۹/۸	۳۳/۲۲±۵/۹	۵۰-۳۰	۳۰	-
نیترات (mg/L)	۵/۳	۴۵	۱۹/۹±۱۰/۶	۵۰-۲۵	-	۵۰

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

کیفیت میکروبی آب آشامیدنی

بر اساس داده‌های جدول ۲، برای آزمون میکروبی مرحله احتمالی ۹۴ درصد نمونه‌ها و در آزمون تأییدی ۹۸ درصد نمونه‌ها شرایط مطلوب داشتند. کلی فرم مدفوعی و HPC در ۱۰۰ درصد نمونه‌ها در محدوده استاندارد قرار داشتند

.

جدول ۲. توزیع فراوانی MPN در ۱۰۰ میلی‌لیتر و HPC آب شرب شهر زنجان در سال ۱۴۰۳

محتمل ترین تعداد کلی فرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب	مرحله احتمالی تعداد (درصد)	مرحله تاییدی تعداد (درصد)	کلی فرم مدفوعی تعداد (درصد)	HPC (CFU/ml)	HPC تعداد (درصد)
<۲/۲ *	۱۵۸ (۹۴/۰۵)	۱۶۵ (۹۸/۲۱)	۱۶۸ (۱۰۰)	۰	۱۱۷ (۶۹/۶۴)
۲/۲	۳ (۱/۷۹)	۲ (۱/۱۹)	۰ (۰/۰)	≤۵۰۰ **	۵۱ (۳۰/۳۶)
۵/۱	۳ (۱/۷۹)	۱ (۰/۶)	۰ (۰/۰)	>۵۰۰	۰ (۰/۰)
۹/۲	۲ (۱/۱۷)	۰ (۰/۰)	۰ (۰/۰)		
۱۶	۱ (۰/۶)	۰ (۰/۰)	۰ (۰/۰)		
>۱۶	۱ (۰/۶)	۰ (۰/۰)	۰ (۰/۰)		
جمع	۱۶۸	۱۶۸ (۱۰۰)	۱۶۸ (۱۰۰)		۱۶۸ (۱۰۰)

* شرایط آب در مقادیر MPN کمتر از ۲/۲ درصد میلی لیتر مطلوب و در مقادیر بالاتر نامطلوب محسوب می شود.

** سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA)، حداکثر مجاز تعداد باکتری‌های هتروتروف درشبکه‌های توزیع آب را ۵۰۰CFU/ml تعیین کرده است.

خورندگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی

برای ارزیابی وضعیت خورندگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی شهر زنجان در سال ۱۴۰۳، شاخص اشباع لانژلایر Langelier Saturation Index (LSI) و شاخص پایداری رایزنر Ryznar Stability Index (RSI) محاسبه شدند. داده‌های مورد استفاده شامل میانگین TDS (۳۶۷ mg/L)، سختی کل (۲۶۶ mg/L as $CaCO_3$)، بی‌کربنات (۸۹۹ mg/Las $CaCO_3$) و pH میانگین ۶/۶ بودند. دمای متوسط آب نیز به‌صورت تقریبی ۲۰ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد. معادلات مورد استفاده و نتایج آن در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳. خلاصه شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر زنجان در سال ۱۴۰۳

پارامتر	معادله	مقدار محاسبه شده	تفسیر	وضعیت
شاخص اشباع لانژلایر (LSI)	*LSI=pH−pHs	۰/۳۴	-آب تمایل به رسوب گذاری دارد (LSI>۰) -آب تمایل به خورنده گی دارد (LSI<۰)	کمی تمایل به رسوب، پایدار، غیرخورنده
شاخص پایداری رایزنر (RSI)	*RSI=2·pHs−pH	۵/۹۳	- آب تمایل به رسوب‌گذاری دارد (RSI <۶) - آب تمایل به رسوب‌گذاری متوسط دارد	تمایل اندک به رسوب، غیرخورنده

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

			(RSI≈۶-۷) - آب خورنده است (RSI >۷)	
نتیجه کلی		–	–	آب پایدار، خطر خوردگی پایین، رسوب جزئی محتمل

*pHs – مقدار pH در اشباع با کربنات کلسیم است.

بحث

بر اساس داده‌های سال ۱۴۰۳ (جدول ۱)، کیفیت فیزیکوشیمیایی آب شرب شهر زنجان در اغلب پارامترها در محدوده استانداردهای ملی و بین‌المللی قرار دارد، اما برخی نکات قابل توجه است: کدورت، میانگین کدورت NTU ۰/۴۷±۰/۲۷ است که به‌طور قابل توجهی کمتر از حد مجاز ۵NTU مطابق با استاندارد WHO و استاندارد ۱۰۵۳ ایران است، و نشان‌دهنده تصفیه مناسب و عدم حضور ذرات معلق در سطح خطر برای سلامت است. pH، مقادیر pH بین ۶/۳ تا ۷/۸ متغیر است و میانگین ۶/۶±۰/۳ دارد. این مقادیر در محدوده استاندارد WHO برابر با ۸/۵-۶/۵ قرار داشته و حاکی از ثبات نسبتاً مناسب اسیدیته آب است. کلر آزاد باقیمانده، میانگین ۰/۴±۰/۳ میلی گرم بر لیتر است که در برخی نمونه‌ها کمتر از حداقل مطلوب استاندارد WHO است، و این امر می‌تواند به کاهش اثربخشی ضدعفونی و احتمال رشد میکروارگانیسم‌ها در شبکه منجر شود. TDS و هدایت الکتریکی، میانگین TDS برابر ۱۸۱±۳۶۷ میلی گرم در لیتر و هدایت الکتریکی ۲۶۶±۵۳۹ میکروموس بر سانتی متر است. این مقادیر در محدوده مجاز WHO قرار دارد و کیفیت شرب آب از نظر مزه و محلولیت یون‌ها مطلوب ارزیابی می‌شود. سختی کل، با میانگین ۱۳۳±۲۶۶ میلی گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم، بخشی از نمونه‌ها بالاتر از حد مطلوب WHO است، که می‌تواند بر رسوب‌گذاری در تجهیزات و تأثیرات طولانی‌مدت بر سلامت استخوان‌ها مؤثر باشد. یون‌های معدنی و نیترات، مقادیر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در اغلب نمونه‌ها در محدوده مجاز هستند، اما برخی پارامترها مانند کلسیم با میانگین ۵/۳±۹۰/۸۷ میلی گرم بر لیتر نزدیک حد پایین WHO و نیترات با میانگین ۱۰/۶±۱۹/۹ میلی گرم بر لیتر کمتر از حد مجاز WHO است. مقادیر فلوئور با میانگین ۰/۳±۰/۲ میلی گرم بر لیتر زیر حد توصیه شده است که ممکن است نیاز به بررسی مکمل‌های فلوراید در برخی مناطق باشد. نتایج نشان می‌دهد که کیفیت فیزیکوشیمیایی آب آشامیدنی شهر زنجان در سال ۱۴۰۳ مطلوب و در محدوده استانداردهای ملی و WHO قرار دارد و برای مصرف انسانی مناسب است، هرچند در برخی نقاط موارد زیر قابل توجه است: سختی بسیار بالا در برخی منابع، سدیم بالاتر از استاندارد در برخی نمونه‌ها، مقادیر نسبتاً زیاد بیکربنات و وجود نمونه‌هایی با کلر آزاد صفر که این موارد می‌تواند ناشی از ویژگی زمین‌شناسی و هیدروژئوشیمیایی منطقه یا نوسانات کیفیت آب در بخش‌هایی از شبکه باشد. لذا موارد فوق در برخی نقاط شبکه نیازمند پایش مستمر است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

نتایج مطالعات انجام‌شده در سایر مناطق کشور نیز نشان می‌دهد که کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی تحت تأثیر شرایط هیدروژئولوژیک، وضعیت منبع و کارکرد شبکه توزیع متغیر است. برای مثال، مطالعه‌ای در گتاب مازندران نشان داد که اگرچه بیشتر پارامترهای شیمیایی مانند pH، TDS و کلر آزاد در محدوده استاندارد قرار داشتند، اما افزایش کدورت، سولفات و آهن می‌تواند کیفیت حسی و بهداشتی آب را تحت‌تأثیر قرار دهد [۵]. در تحقیقی دیگر در استان خوزستان نیز گزارش شد که با وجود مطلوب بودن شاخص‌های میکروبی، برخی پارامترهای شیمیایی مانند EC، سختی، سدیم و سولفات فراتر از استانداردهای ملی و WHO بوده است [۱۹]. همچنین بررسی کیفیت آب روستاهای بیرجند و قائن نشان داد که سختی، سولفات، سدیم و کلراید در بخشی از نمونه‌ها از حدود مجاز فراتر رفته و غلظت فلوئور نیز کمتر از حد مطلوب بوده است [۲۰]. این یافته‌ها مشابه گزارش‌هایی از شهرهای قم، باردسیر و گنبدکاووس هستند که در آن‌ها برخی یون‌های اصلی، کدورت یا EC دچار نوساناتی بوده‌اند که عمدتاً به نوع منبع، بهره‌برداری و شرایط زمین‌شناسی نسبت داده شده است [۹]. همچنین در مطالعه فرجی و همکاران، HPC در ۶۱/۴ درصد از نمونه‌ها شناسایی شدند و ۹/۶ درصد از نمونه‌ها میزان بیش از ۵۰۰ CFU/ml را داشتند. میانگین HPC برابر ۱۴۰ CFU/ml و میانگین کلر آزاد باقیمانده ۰/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر بود. در ۲۱/۴ درصد از نمونه‌ها مقدار کلر باقیمانده کمتر از ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر و در ۱۹ درصد از نمونه‌ها کلری قابل شناسایی وجود نداشت. کدورت نمونه‌ها در محدوده NTU ۰/۰۵ تا ۳ قرار داشت. تحلیل آماری نیز نشان داد که بین HPC و pH، شاخص MPN، کدورت و دما همبستگی مثبت و معنی‌داری (α <۰/۰۵) وجود دارد [۲۱]. مقایسه این مطالعات با داده‌های زنجان نشان می‌دهد که هرچند بخش عمده‌ای از پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی در محدوده استاندارد قرار دارند، اما تغییرپذیری یون‌ها، سختی و برخی شاخص‌های فیزیکی مشابه آنچه در سایر مناطق کشور مشاهده شده ضرورت پایش مستمر و مدیریت منبع‌محور را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

براساس داده‌های میکروبی (جدول ۲)، کلی فرم مدفوعی و HPC، تمامی نمونه‌ها (۱۰۰ درصد) در محدوده استاندارد قرار داشته و وضعیت بهداشتی مطلوب است. MPN، بیش از ۹۴ درصد نمونه‌ها در مرحله احتمالی و ۹۸ درصد در مرحله تأییدی شرایط مطلوب داشته‌اند. HPC تعداد باکتری‌های هتروتروف کمتر از ۵۰۰ CFU/ml بوده که مطابق با استاندارد EPA است. این نتایج نشان دهنده این است که آب آشامیدنی شهر زنجان در سال ۱۴۰۳ از نظر میکروبی در وضعیت بسیار مطلوب قرار داشته است. عدم وجود هرگونه کلی فرم مدفوعی بیانگر عملکرد مناسب سیستم نگهداری و بهره‌برداری شبکه است و HPC پایین نشان‌دهنده عدم تشکیل بیوفیلم و رسوب‌های آلی قابل رشد در شبکه است. در کل نتایج بیانگر این است که شبکه توزیع و منابع آب تحت پایش مناسب بوده و اقدامات ضدعفونی مؤثر عمل کرده است. نتایج مطالعه شبکه توزیع آب شهر گرگان نشان داد که میزان آلودگی میکروبی در بخشی از نمونه‌ها قابل توجه بوده و ۱۵/۳ درصد کلی فرم کل، ۱۲/۲ درصد *کلستریدیوم پرفرنژنس* و ۲ درصد کلی فرم مدفوعی گزارش شده است. همچنین میانگین HPC در گرگان ۲۰۳ CFU/ml بود که به‌طور معنی‌داری از مقدار گزارش‌شده در زنجان (حدود ۱۴۰ CFU/ml برای موارد مجاز و عمدتاً ۵۰۰ CFU/ml >) بالاتر است. از نظر کلر آزاد باقیمانده نیز مقدار متوسط گرگان ۰/۲۲ میلی گرم در لیتر و در ۲۱/۴ درصد موارد کمتر از ۰/۲ میلی گرم در لیتر گزارش شده است، در حالی‌که کلر آزاد در زنجان به طور میانگین ۰/۴ میلی گرم در لیتر بوده و شرایط مطلوب‌تری نسبت به گرگان داشته است. از نظر پارامترهای فیزیکوشیمیایی نیز گرگان دارای EC نسبتاً بالاتر (۹۵۳ µS/cm) در مقایسه با میانگین زنجان (۵۳۹ µS/cm) بوده است. نکته مهم دیگر این است که مطالعه گرگان نشان داد

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

غلظت کلر آزاد بیش از ۰/۸ میلی گرم در لیتر قادر است رشد میکروبی و قارچی را مهار کند، در حالی‌که میانگین کلر در زنجان ۰/۴ میلی گرم در لیتر است و با وجود مطلوب بودن شاخص‌های میکروبی، این مقدار در مرز حداقل مطلوب قرار می‌گیرد و می‌تواند در دوره‌های پرمصرف یا دمای بالا نیازمند بازنگری باشد. به‌طور کلی، مقایسه این دو مطالعه نشان می‌دهد که اگرچه زنجان از نظر میکروبی وضعیت مطلوب‌تری نسبت به گرگان دارد، اما توجه به کلرزنی پایدار، پایش HPC و کنترل نوسانات فیزیکوشیمیایی همچنان ضرورت دارد [۲۲]. نتایج مطالعه انجام‌شده بر روی آبسردکن‌های دانشگاه علوم پزشکی مشهد نشان داد که هیچ‌یک از نمونه‌ها دارای آلودگی کلی فرمی نبودند؛ یافته‌ای که مشابه وضعیت زنجان در سال ۱۴۰۳ است. با این حال، در مشهد ۵۰ درصد نمونه‌ها کلر آزاد باقیمانده کمتر از حد استاندارد داشتند، در حالی‌که میانگین کلر آزاد در زنجان در محدوده قابل‌قبول بود. این مقایسه نشان می‌دهد که اگرچه هر دو منطقه از نظر شاخص‌های میکروبی در وضعیت ایمن قرار دارند [۲۳]. نتایج مطالعه انجام‌شده بر شبکه توزیع آب بوشهر نشان داد که میانگین اغلب پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی در محدوده استانداردهای ملی و WHO قرار داشتند و هیچ موردی از کلی فرم کل یا کلی فرم مدفوعی گزارش نشد؛ وضعیتی که مشابه داده‌های زنجان است. با این حال، برخی تفاوت‌های قابل توجه میان دو منطقه مشاهده می‌شود: در بوشهر، سولفات و TDS نسبتاً بالا گزارش شده‌اند، در حالی‌که در زنجان میانگین سولفات و TDS بوده و شرایط ملایم‌تر و نزدیک‌تر به استانداردهای مطلوب دارد. همچنین در بوشهر، برای HPC در حدود ۱۴ درصد نمونه‌های فراتر از حد مجاز گزارش شده است، اما در زنجان اغلب نمونه‌ها زیر حد ۵۰۰ و وضعیت بهداشتی مناسب‌تری داشته‌اند. از نظر کلر باقی‌مانده نیز بوشهر عملکرد بهتری نسبت به زنجان داشته است. در مجموع، مقایسه دو منطقه نشان می‌دهد که اگرچه بوشهر از نظر میکروبی سالم است، اما مشکلات شیمیایی مانند سولفات بالا و افزایش HPC چالش‌برانگیزتر از زنجان می باشد [۲۴].

همانطور که در جدول ۳ قابل مشاهده است، شاخص‌های لانژلیه و رایزنر نشان دادند که آب شرب زنجان عموماً پایدار و غیرخورنده است. مقدار LSI مثبت و کم (۰/۳۴) حاکی از تمایل اندک آب به رسوب‌گذاری کربنات کلسیم و وضعیت بسیار پایین خورندگی است، در حالی که RSIکمتر از ۶ (۵/۹۳) نیز تأیید می‌کند که آب خورنده نبوده و رسوب‌گذاری آن بسیار محدود است. به طور عملی، آب شرب زنجان پایدار محسوب می‌شود و خطر خوردگی لوله‌ها و تجهیزات شبکه پایین است، اما در برخی نقاط شبکه ممکن است رسوب جزئی تشکیل شود. این یافته‌ها با مطالعات مشابه در مازندران و کردستان همخوانی دارد و نشان می‌دهد که آب زنجان نسبت به مناطقی با TDS و سختی بالاتر، خورندگی کمتری دارد [۲۵، ۲۶]. پایداری آب عمدتاً ناشی از مقادیر متوسط TDS، سختی کل و pH مناسب است، در حالی که مقادیر بالای کلسیم و بی‌کربنات در دیگر مناطق می‌تواند منجر به رسوب‌گذاری قابل توجه و خورندگی متوسط شود. بنابراین، پایش دوره‌ای شاخص‌ها، مدیریت سختی و بی‌کربنات، استفاده از بازدارنده‌های رسوب در بخش‌های مستعد رسوب و کنترل عملیاتی تجهیزات شبکه برای حفظ کیفیت آب و کاهش اثرات اقتصادی و بهداشتی ناشی از رسوب و خوردگی توصیه می‌شود.

نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد که کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب شرب شهر زنجان در سال ۱۴۰۳ به طور کلی در محدوده استانداردهای ملی و بین‌المللی قرار داشته و برای مصرف انسانی ایمن است. پارامترهای کلیدی از جمله کدورت، pH، TDS و شاخص‌های میکروبی در وضعیت مطلوبی ارزیابی شدند و آب از نظر سلامت عمومی ریسک قابل‌توجهی نداشت. همچنین، مقادیر شاخص‌های پایداری LSIو RSI حاکی از خورندگی بسیار پایین و تمایل اندک

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

به رسوب‌گذاری در شبکه توزیع بود. با این وجود، برخی نکات نیازمند توجه ویژه هستند: مقادیر سختی کل در بخشی از نمونه‌ها بالاتر از حد مطلوب و غلظت کلر باقیمانده در مرز پایینی محدوده استاندارد بود. این موضوع می‌تواند در بلندمدت بر سلامت تجهیزات شبکه، اثربخشی گندزدایی و امکان رشد ثانویه میکروارگانیسم‌ها تأثیرگذار باشد. همچنین، تغییرپذیری برخی پارامترها نظیر سدیم، کلسیم و نیترات در نقاط مختلف شبکه، لزوم پایش هدفمند و مدیریت تفکیک‌شده منابع آب را آشکار می‌سازد. در نهایت، با توجه به وابستگی شدید شهر زنجان به منابع آب زیرزمینی و تأثیرپذیری کیفیت آب از شرایط هیدروژئوشیمیایی و افت سطح آبخوان‌ها، تدوین برنامه پایش مستمر، تقویت سیستم‌های بهسازی محلی در نقاط بحرانی و اجرای راهکارهای مدیریت یکپارچه منابع آب پیشنهاد می‌شود. چنین اقداماتی نه تنها پایداری کیفی آب شرب را تضمین می‌کنند، بلکه در کاهش مخاطرات بهداشتی و اقتصادی ناشی از تغییرات کیفی آب در آینده مؤثر خواهند بود.

پیشنهادات منتج از تحقیق

برای بهبود مدیریت منابع آب و تأمین پایدار آب شرب در استان، لازم است مدیریت یکپارچه بین شرکت آب منطقه‌ای، آب و فاضلاب و معاونت بهداشتی تقویت شود و پایش مستمر سفره‌های زیرزمینی انجام گیرد. کاهش اتکا به منابع زیرزمینی از طریق توسعه طرح‌های انتقال آب سطحی، احیای سدها، مدیریت تغذیه مصنوعی و افزایش کارایی سدها، و تدوین برنامه‌های اضطراری برای دوره‌های خشکسالی، از اقدامات ضروری به شمار می‌آید. هم‌چنین پایش ویژه پارامترهای حساس مانند TDS، سختی، نیترات، فلوراید و کنترل اختلاط منابع مختلف در مخازن برای حفظ کیفیت فیزیکوشیمیایی آب و جلوگیری از عبور شاخص‌ها از استانداردها پیشنهاد می‌شود. نصب واحدهای بهسازی محلی در نقاط بحرانی نیز می‌تواند در صورت افزایش شوری یا سختی، نقش مؤثری داشته باشد.

از منظر کیفیت میکروبی و زیست‌محیطی، تقویت پایش آنلاین گندزدایی، شناسایی نقاط مستعد آلودگی و افزایش نمونه‌برداری در ماه‌های پرریسک اهمیت دارد. حفاظت از آبخوان‌ها، اصلاح الگوی آبیاری و بازچرخانی آب در بخش کشاورزی و صنعت، و افزایش آگاهی عمومی نسبت به مصرف بهینه آب، گام‌های مؤثر در توسعه پایدار منابع آب هستند. در نهایت، پیشنهادهای پژوهشی شامل ارزیابی روندهای بلندمدت کیفیت آب، مطالعه جامع آلودگی‌های نوپدید و مدلسازی اثر افت آبخوان‌ها بر کیفیت آب خام می‌تواند راهنمایی برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و پیش‌بینی وضعیت آینده منابع آب فراهم کند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مساعدت کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی زنجان در انجام این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را دارند.

تعارض منافع

همه نویسندگان این مقاله اعلام می دارند هیچ گونه تعارض منافعی با یکدیگر ندارند.

حمایت مالی

این پژوهش با حمایت مالی و فنی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی زنجان انجام شده است.

ملاحظات اخلاقی

تمام داده‌های این طرح و پژوهش با مجوز رسمی معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی زنجان جمع آوری شده و بازدید میدانی محقق با مجوز همین معاونت انجام شده است و سهم نویسندگان و همکاران طرح در مقاله مطابق با عملکرد افراد آمده است. این مقاله منتج از طرح تحقیقاتی دانشجویی مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی زنجان با عنوان "بررسی کیفیت آب و ریسک غیر سرطانزایی نیترات در شبکه توزیع و منابع آب تامین کننده آب آشامیدنی شهر

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

زنجان" و با کد طرح A-12-1949-8 و با کد اخلاق IR.ZUMS.BLC.1403.140 است.

مشارکت نویسندگان

مدیریت و پردازش داده ها: جلیل نصیری، قاسم محمدی

مدیریت پروژه، نگارش، نرم افزار: اسرافیل عسگری

روش شناسی: محمد نقیلو، شهرام نظری

انجام آنالیز و تحلیل داده ها: اسرافیل عسگری ، عادل میرزاعلیزاده

بازبینی و ویرایش: اسرافیل عسگری، شهرام نظری

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]

References

1. Kong Y-L, Anis-Syakira J, Fun WH, et al. Socio-economic factors related to drinking water source and sanitation in Malaysia. International Journal of Environmental Research and Public Health 2020;17(21): 7933.
2. Organization WH. Guidelines for drinking-water quality: incorporating first addendum. 2017.
3. Boretti A, Rosa L. Reassessing the projections of the world water development report. NPJ Clean Water 2019;2(1): 15.
4. Martínez-Santos P. Does 91% of the world's population really have "sustainable access to safe drinking water"? International Journal of Water Resources Development 2017;33(4): 514-33.
5. Saghafi S, Taghizade Firozjaee T, Golbabaei Kootenaei F. Assessment of Drinking Water Quality in Mazandaran Province, Iran. Iranica Journal of Energy & Environment 2025;16(2): 364-71.
6. Karimi F, Orooji N, Takdastan A. A Survey of Physical, Chemical and Microbial Quality of Drinking Water in Ahvaz Compared to the Drinking Water Standards in Year 2016-2017. Journal of Water & Wastewater Science & Engineering 2017;2(3): 51-60 [In persian].
7. Jafarzadeh N, Ravanbakhsh M, Ahmadi Angali K, et al. Evaluation of drinking water quality indices (case study: Bushehr province, Iran). Environmental Health Engineering and Management Journal 2017;4(2): 73-9.
8. Babanejad Z, Abdoliman A, Fatemeh A, Hossein G. Evaluation of Physical, Chemical and Bacteriological characteristics of Drinking Water in Gatab Distribution Network, Mazandaran Province (Iran). . Novin Health J 2018;3(2): 59-67 [In persian].
9. Kalantary RR, Ahmadi E, Jebelli MA. Quality evaluation and stability index determination of Qom rural drinking water resources. Journal of Health in the Field 2013;1(3): 9-16 [In Persian].
10. Majdi H, Gheibi L, Soltani T. Evaluation of Physicochemical and Microbial Quality of Drinking Water of Villages in Takab Town in West Azerbaijan in 2013. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences 2015;14(8): 631-42 [In persian].
11. Hasanpour Kashani M, Shahmorad Moghanlou M. Investigation of the microbial and physicochemical quality of drinking water in Ardabil city in 2019-2020. Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems 2025;13(3): 21-36 [In Persian].
12. Eslami A, Ghafari M, Sohbatloo V, Fanaei F. Safety assessment of Zanjan drinking water system using water safety plan. Journal of Human, Environment and Health Promotion 2017;2(3): 138-46.
13. Jalalian A, Samiee H, Shokri Khoubestani M, Karimi MR. Investigation Of The Effects Of Drought And Salinity On The Chemical Quality Of The Water Resources In The Zanjans' Plain Aquifers. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention 2020;8(2): 119-29 [In Persian].
14. Hussainzadeh J, Samani S, Mahaqi A. Investigation of the geochemical evolution of groundwater resources in the Zanjan plain, NW Iran. Environmental Earth Sciences 2023;82(5): 123
15. Baird RB, Eaton AD, Rice EW. Standard methods for the examination of water and wastewater. Edition R, editor2017.
16. Javanshiri Z, Rahmdel M. Climatological standard normals of IRAN, for the period 1981–2010 and 1991–۲۰۲۰:precipitation and temperature. Meteorology and Atmospheric Physics 2024;136(3): 16.
17. Organization WH. Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda: World Health Organization; 2022.
18. Organization IsNS. Drinking water- Physical and chemical Specifications Standard. 2024.
19. Karimi F, Orooji N, Takdastan A. A survey of physical, chemical and microbial quality of drinking water in Ahvaz compared to the drinking water standards in year 2016-2017. Journal of Water and Wastewater Science and Engineering 2017;2(3): 51-60 [In persian].
20. Rajaei Q, Mehdinejad M, Hesari Motlagh S. A Survey of chemical quality of rural drinking water of Birjand and Qaen Plains, Iran. Health Care Research 2012;7: 737-45 [In Persian].
21. Faraji H, Rahimzadeh H, Salari M, et al. Investigating the physical and chemical factors affecting the microbial status of water in the water distribution network of Babol City with an emphasis on the HPC index. PLOS ONE 2025;20(6): e0324186.
22. Shahryari A, Niknejad F, Aali R, et al. Fungal and bacterial evaluation in drinking water distribution network and their association with physicochemical parameters. Desalination and Water Treatment 2024;319: 100440.
23. Ghorbanzadeh A, Kohan NA, Zangi R, Moradi F. A survey on coliform contamination and chemical parameters of potable water from water dispensers in faculties of Mashhad University of medical sciences. Journal of Food Safety and Hygiene 2018;4(3-4): 63-8.
24. Raeisi A, Soleimani F, Dobaradaran S, et al. Microbial, chemical and physical properties of drinking water in Bushehr distribution network system. Desalination and Water Treatment 2017;65: 208-14.
25. Dianati tilaki Ra, Mahmoudi M. Investigation of Sedimentation and Corrosion Indices of Drinking Water Resources in the Cities of Mazandaran Province. Journal of health research in community 2018;4(2): 57-67 [In Persian].
26. Nabizadeh Nodehi R, Mesdaghinia A, Nasseri S, et al. Analysis of Water Corrosion Tendency in Water Supply System Using Qualitative Indices and Calcium Carbonate Precipitation Potential index. Iranian Journal of Health and Environment 2017;9(4): 457-70 [In Persian].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-07]