(DOI): 10.22092/ISFJ.2025.134555 34(4) 69-81 Iranian Scientific Fisheries Journal

Microbial monitoring of surface water resources in the Sirvan River tributary catchment basin (Sanandaj) during 2023-2024

Yaghoubzadeh Z.[1]*, Turk Pahnabi F.[1]

*za_yaghoub@yahoo.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

Received: August 2025 Accepted: October 2025 Published: November 2025

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Introduction

The Sirvan River is a vital freshwater source in Kurdistan Province, flowing through both urban and rural landscapes. Its proximity to human settlements, agricultural zones, and livestock operations increases the risk of contamination from untreated wastewater and surface runoff. Consequently, microbial monitoring of surface water within this watershed is essential for evaluating the region's sanitary and environmental conditions. Microorganisms in aquatic ecosystems, beyond their ecological functions, are widely recognized as reliable indicators of water quality. Fluctuations in microbial populations often signal the presence of pollutants such as domestic sewage, animal waste, and nutrient compounds (Bradshaw *et al.,* 2016). Among these indicators, coliform bacteria particularly fecal coliforms and *Escherichia coli* are of critical importance due to their intestinal origin and thermotolerance, making them precise markers of contamination from human and animal sources (Aenab and Singh, 2015). Numerous international studies have explored the factors influencing the presence and distribution of indicator bacteria in surface waters. For example, Pall *et al.* (2013) and Islam *et al*. (2017) examined the roles of temperature, precipitation, land use, and wastewater treatment efficiency in microbial load variation. Newton and McMahon (2011) investigated the relationship between organic and inorganic compounds and microbial community structure in lakes. At the watershed scale, Flood *et al.* (2022) highlighted the influence of geological and hydrological features on microbial contamination in rivers. Similarly, Park *et al.* (2021) demonstrated the impact of vegetation cover and land slope on bacterial distribution in South Korea. In Iran, several studies have addressed microbial water quality. Roshani-Sefidkouhi *et al*. (2025) assessed the Chahnimeh reservoirs in Sistan and Baluchestan Province, while Khatib Haghighi and Ghaani (2018) evaluated urban and rural drinking water sources in Gilan Province using total and fecal coliform indicators. However, most of these investigations were limited to cross-sectional designs or specific seasons. Comprehensive studies on spatial and seasonal variations of microbial indicators in Iranian rivers particularly the Sirvan

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

River remain scarce. This study presents a year-long monitoring of microbial indicators, including total coliforms, fecal coliforms, and *E. coli*, across six stations in the Sirvan River watershed, covering a full hydrological cycle (July 2023 to June 2024). By analyzing seasonal and spatial trends and examining the influence of surrounding human activities, this research offers a novel approach to surface water quality assessment. The findings aim to identify pollution hotspots, evaluate sanitary conditions, and inform water quality management strategies for Kurdistan Province and similar regions.

Results

Microbial contamination in the Sirvan River watershed was assessed by quantifying total bacteria, total coliforms, fecal coliforms, and *E. coli* across multiple stations and seasons during 2023–2024. Maximum recorded values were 1×10^8 CFU/100 ml for total bacteria, 7×10^5 for total coliforms, 4.2×10^5 for fecal coliforms, and 3.7×10^5 for *E. coli*. The highest total bacterial count occurred at Station 2 in November 2023, while peak coliform and *E. coli* levels were observed at Station 4 in January 2024. Seasonal analysis revealed that bacterial concentrations peaked in summer (6.56 ± 0.32 log CFU/100 ml) and were lowest in winter (5.55 ± 0.87 log CFU/100 ml). Spatially, Station 3 consistently exhibited the highest bacterial load, while Station 2 had the lowest. Statistically significant differences were found between winter and other seasons ($p\leq0.05$), as well as among stations ($p\leq0.05$). Total coliforms followed a similar seasonal pattern, with highest mean counts in summer (4.87±0.77 log CFU/100 ml), followed by autumn (4.27±0.95), spring (3.86±0.50), and winter (3.12±1.91). Stations 3 and 4 were the most contaminated, while Stations 1 and 5 consistently showed the lowest levels. Seasonal variation in total coliforms was statistically significant ($p\leq0.05$), with summer values markedly higher than winter. Fecal coliforms also peaked in summer (3.23±1.72 log CFU/100 ml) and were lowest in winter (2.72±1.72). Station 4 recorded the highest levels, significantly differing from other stations ($p\leq0.05$), while Stations 1 and 5 had the lowest. However, seasonal differences in fecal coliforms were not statistically significant. *E. coli* concentrations were highest in summer (3.09±1.58 log CFU/100 ml) and lowest in winter (2.97±1.51). Stations 3 and 4 again showed the highest contamination, with statistically significant differences compared to other stations ($p\leq0.05$). Stations 1 and 5 did not show significant contamination levels. Seasonal variation in *E. coli* density was not statistically significant. Overall, the data revealed pronounced spatial heterogeneity in microbial contamination, with consistently elevated levels at Stations 3 and 4 areas characterized by intensive human and agricultural activity. Seasonal effects, particularly during summer and autumn, were major contributors to increased bacterial loads due to higher temperatures and runoff. These findings underscore the need for targeted pollution control measures in identified hotspots within the Sirvan River catchment.

Discussion and conclusion

The elevated bacterial concentrations observed in downstream stations (2, 3, and 4) of the Sirvan River reflect the impact of human activities, including the discharge of untreated or partially treated sewage and agricultural runoff (Helmer and Hespanhol, 1997; Agarwal and Rajwar, 2010; Aenab and Singh, 2015). These conditions are exacerbated by warm water temperatures, reduced flow rates, increased evaporation,

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

and higher pollutant loads factors consistent with microbial contamination patterns in similar ecosystems (Rusiñol *et al*., 2020; Rather *et al*., 2023; Al-Afify *et al*., 2023). The presence of *E. coli* in elevated concentrations is a clear indicator of fecal contamination and poses serious health risks to communities near the river. The findings highlight the inadequacy of existing wastewater treatment systems and the urgent need for infrastructure upgrades to mitigate pollution. Lower bacterial concentrations at upstream sites suggest the effectiveness of natural filtration by vegetation, topographical separation from pollution sources, and hydrological buffering (Yaghoubzadeh and Safari, 2016; Wang *et al.,* 2022). This study reinforces the importance of regular microbial water quality monitoring in the Sirvan River watershed using robust indicators such as *E. coli*. Effective management requires prioritizing the identification and control of both point and non-point source pollution, especially during peak contamination seasons. Strategies should include improved wastewater treatment, public awareness campaigns, and ecological restoration of water bodies. Integrated watershed management, supported by collaboration among water, health, and environmental authorities, is essential for safeguarding water quality and public health.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest

Acknowledgment

We hereby sincerely thank the Caspian Sea Ecology Research Center and Iranian Fisheries Science Research Institute for providing the scientific and laboratory basis for this research.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

مجله علمی شیلات ایران ۸۱-۶۹ (٤) ٣٤ (DOI): 10.22092/ISFJ.2025.134555

مقاله علمی – پژوهشی:

پایش میکروبی منابع آب سطحی در حوضه آبریز سرشاخه‌های رودخانه سیروان (سنندج) طی سال‌های ۱۴۰۳-۱۴۰۲

زهرا یعقوب‌زاده*[۱]، فائزه ترک‌پهنابی[۱]

*za_yaghoub@yahoo.com

۱-پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ١٤٠٤ تاریخ پذیرش: مهر ١٤٠٤ تاریخ چاپ: آبان ١٤٠٤

چکیده

پایش میکروبی منابع آب سطحی به‌ویژه در نواحی حساس مانند حوضه‌های آبریز سدها، نقش حیاتی در حفظ سلامت عمومی و پایداری اکوسیستم‌های آبی ایفاء می‌کند. این مطالعه با هدف بررسی وضعیت آلودگی میکروبی در حوضه آبریز رودخانه سیروان در استان کردستان طی سال‌های آبی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ انجام شد. نمونه‌برداری‌ها به صورت ماهانه و با رعایت شرایط استریل از شش ایستگاه منتخب شامل ایستگاه ۱ (بالادست قشلاق، زیر پل)، ایستگاه ۲ (شاخه قشلاق رود قبل از تصفیه خانه)، ایستگاه ۳ (شاخه قشلاق رود، پایین دست تصفیه خانه)، ایستگاه ۴ (شاخه قشلاق رود، حدود ۳ کیلومتر پایین‌تر از ایستگاه ۲)، ایستگاه ۵ (شاخه گاوه رود) و ایستگاه ۶ (شاخه سیروان، پشت سد) انجام گرفت. شاخص‌های میکروبی شامل شمارش کل باکتری‌ها، کلیفرم‌های کل، کلیفرم‌های مدفوعی و *Escherichia coli* با استفاده از محیط‌های کشت پلیت کانت آگار و ECC کروم آگار مطابق با استاندارد APHA (۲۰۱۷) اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بار میکروبی در ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری دارد ($p\leq$۰/۰۵) به‌طوری‌که ایستگاه ۴، واقع در پایین‌دست تصفیه‌خانه، دارای بیشترین میزان آلودگی بود و در ماه آبان غلظت کلیفرم‌های کل تا ۷۰۰۰۰۰ واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر ثبت شد. در مقابل، ایستگاه ۵ واقع در منطقه‌ای با کمترین فعالیت انسانی، دارای کمترین بار میکروبی بود. تحلیل فصلی داده‌ها نیز بیانگر افزایش قابل‌ملاحظه شاخص‌های آلودگی در فصل تابستان به‌ویژه در ایستگاه‌های مجاور فعالیت‌های انسانی و کشاورزی بود. یافته‌های این تحقیق نشان‌دهنده نقش مؤثر فاضلاب‌های انسانی، رواناب‌های کشاورزی و ناکارآمدی سیستم‌های تصفیه در کاهش کیفیت بهداشتی منابع آب سطحی منطقه است. با توجه به اهمیت رودخانه سیروان در تأمین آب شرب و کشاورزی استان کردستان، نتایج این مطالعه می‌تواند مبنایی برای شناسایی نقاط بحرانی، اصلاح زیرساخت‌های تصفیه و تدوین برنامه‌های پایش و مدیریت مستمر کیفیت آب سطحی در سطح حوضه آبریز باشد.

لغات کلیدی: پایش میکروبی، کلیفرم مدفوعی، *Escherichia coli*، رودخانه سیروان، کیفیت آب

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

مقدمه

رودخانه سیروان یکی از منابع حیاتی تأمین آب در استان کردستان است که در مسیر خود از مناطق شهری و روستایی عبور می‌کند و در معرض تهدید ورود آلاینده‌های زیستی قرار دارد. نزدیکی این رودخانه به مراکز انسانی، فعالیت‌های کشاورزی و دامداری، احتمال ورود فاضلاب و رواناب‌های آلوده را افزایش می‌دهد. از این‌رو، پایش میکروبی منابع آب سطحی در این حوضه آبریز، ابزاری ضروری برای ارزیابی وضعیت بهداشتی و زیست‌محیطی منطقه محسوب می‌شود.

میکروارگانیسم‌های موجود در اکوسیستم‌های آبی، علاوه بر نقش زیستی، به عنوان شاخص‌هایی معتبر برای سنجش کیفیت آب شناخته می‌شوند. تغییرات در جمعیت آنها می‌تواند نشان‌دهنده ورود آلاینده‌هایی نظیر فاضلاب انسانی، فضولات دامی یا ترکیبات مغذی باشد (Bradshaw *et al.*, 2016). در میان شاخص‌های میکروبی، باکتری‌های گروه کلیفرم به‌ویژه کلیفرم‌های مدفوعی و گونه‌های *Escherichia coli* اهمیت ویژه‌ای دارند. این باکتری‌ها به دلیل منشأ روده‌ای و توانایی رشد در دمای بالا، شاخص دقیقی برای تشخیص آلودگی ناشی از فاضلاب انسانی و حیوانی محسوب می‌شوند (Aenab and Singh, 2015).

مطالعات بین‌المللی متعددی به بررسی عوامل مؤثر بر حضور و پراکنش باکتری‌های شاخص در منابع آب سطحی پرداخته‌اند از آن جمله می‌توان به مطالعه Pall و همکاران (۲۰۱۳) و Islam و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی نقش دما، بارندگی، نوع کاربری اراضی و عملکرد سیستم‌های تصفیه در افزایش بار میکروبی و مطالعه Newton و McMahon (۲۰۱۱) بر تحلیل ارتباط میان ترکیبات آلی و معدنی با ساختار جامعه میکروبی در دریاچه‌ها، اشاره کرد. در سطح حوضه‌های آبریز، Flood و همکاران (۲۰۲۲) تأکید کرده‌اند که ویژگی‌های زمین‌شناسی و هیدرولوژیک با بار میکروبی رودخانه‌ها ارتباط مستقیم دارند. مطالعاتی مانند Park و همکاران (۲۰۲۱) در کره جنوبی نیز نشان داده‌اند که پوشش گیاهی و شیب زمین در پراکنش باکتری‌های شاخص مؤثرند.

در ایران نیز پژوهش‌هایی در زمینه کیفیت میکروبی منابع آب سطحی انجام شده است که می‌توان به مطالعه Roshani-Sefidkouhi و همکاران (۲۰۲۵) بر کیفیت آب مخازن چاه‌نیمه سیستان و بلوچستان، در مطالعه‌ای Khatib Haghighi وGhaani (۲۰۱۸) بر آلودگی منابع آب آشامیدنی شهری و روستایی استان گیلان بر اساس شاخص‌های کلیفرم کل و مدفوعی، اشاره کرد. با این‌حال، بیشتر این مطالعات به بررسی‌های مقطعی یا محدود به یک فصل خاص پرداخته‌اند و پژوهش‌های جامع در خصوص تغییرات فصلی و مکانی شاخص‌های میکروبی در رودخانه‌های کشور به‌ویژه رودخانه سیروان، بسیار محدود است. با توجه به نقش شاخص‌های میکروبی در ارزیابی بهداشت منابع آبی، کنترل دقیق و مستمر این شاخص‌ها در منابع سطحی ضروری است (USEPA, 2019).

در پژوهش حاضر به پایش جامع و یک‌ساله شاخص‌های میکروبی شامل کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و *E. coli* در شش ایستگاه منتخب از حوضه آبریز رودخانه سیروان طی یک چرخه کامل آبی (تیر ۱۴۰۲ لغایت خرداد ۱۴۰۳) پرداخته شد. این مطالعه با تمرکز بر روندهای فصلی و مکانی و بررسی ارتباط میان فعالیت‌های انسانی پیرامون رودخانه و تغییرات میکروبی، رویکردی نوآورانه را در تحلیل کیفیت آب سطحی ارائه می‌دهد. یافته‌های این تحقیق می‌توانند مبنایی برای شناسایی مناطق بحرانی آلودگی، تحلیل وضعیت بهداشتی رودخانه و تدوین برنامه‌های مدیریت کیفیت آب در استان کردستان و مناطق مشابه در کشور باشند.

مواد و روش کار

ایستگاه‌های مورد مطالعه

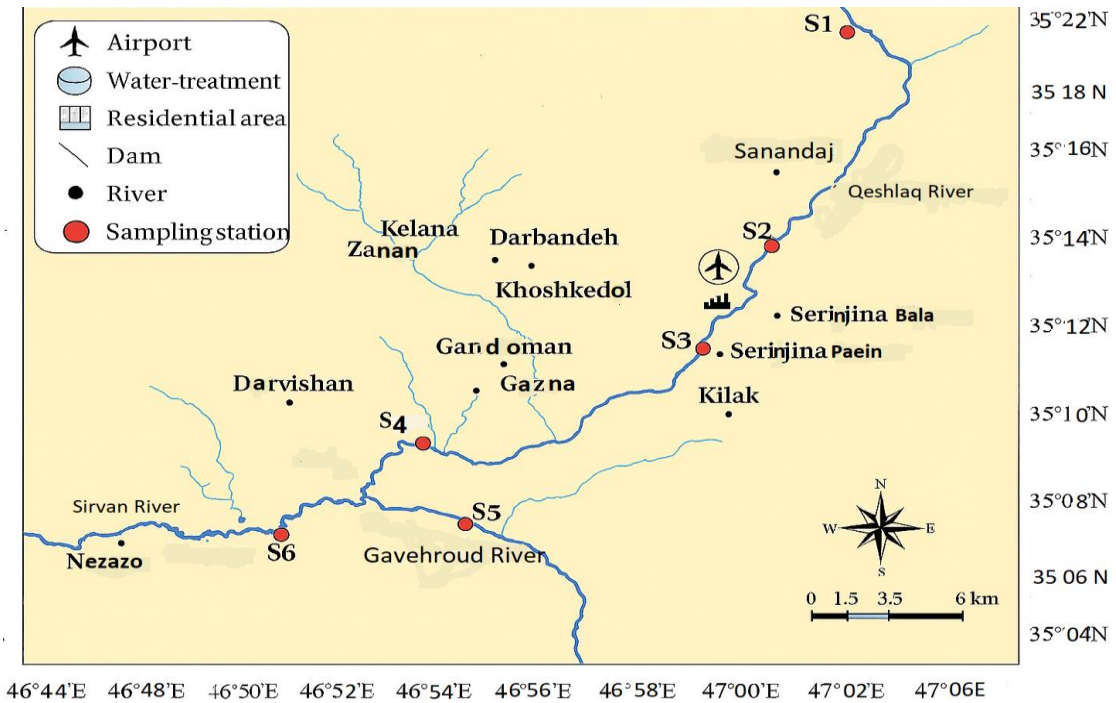
شش ایستگاه در نقاط مختلف حوضه آبریز رودخانه سیروان -سنندج تعیین شدند و در زمان‌های مشخص، نمونه‌برداری از آنها انجام گرفت. در جدول ۱، مشخصات جغرافیایی و اسامی این ایستگاه‌ها ارائه شده و در شکل ۱ نیز موقعیت مکانی آنها در نقشه نشان اده شده است.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در حوضه آبریز رودخانه سیروان -سنندج

Table 1: Location of sampling stations in the Sirvan River-Sanandaj catchment area

Station No.	Station name	Geographic coordinates
1	Upstream of Qeshlaq (before the treatment plant, under the bridge)	35° 22′ 36″ N 47° 01′ 12″ E
2	Qeshlaq River Branch (before the treatment plant – near the airport)	35° 16′ 22″ N 47° 26′ 19″ E
3	Qeshlaq River Branch (downstream of the treatment plant)	35° 12′ 12″ N 46° 59′ 33″ E
4	Qeshlaq River Branch (3 km downstream of the previous station)	35° 08′ 08″ N 46° 53′ 59″ E
5	Gavehroud River Branch	35° 05′ 04″ N 46° 55′ 21″ E
6	Sirvan River Branch (behind the dam)	35° 03′ 52″ N 46° 49′ 51″ E



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در حوضه آبریز رودخانه سیروان -سنندج

Figure 1: Location of sampling stations in the Sirvan River-Sanandaj catchment area

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری به صورت ماهانه و در بازه زمانی تیر ۱۴۰۲ لغایت خرداد ۱۴۰۳ انجام گرفت. در این مدت، نمونه‌های آب سطحی از شش ایستگاه تعیین‌شده برداشت شد. برای این منظور، از بطری‌های استریل ۱۰۰ میلی‌لیتری با درب محکم استفاده شد که پیش از استفاده در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه استریل شده بودند. نمونه‌برداری از لایه سطحی آب (حدود ۲۰ سانتی‌متری

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

زیرسطح) به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر صورت گرفت. بلافاصله پس از برداشت، نمونه‌ها در یخدان با دمای کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و در کوتاه‌ترین زمان ممکن برای انجام کشت و آزمایش‌های میکروبی به آزمایشگاه میکروبیولوژی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل گردند (Agarwal and Rajwar, 2010; APHA, 2017).

آماده‌سازی نمونه‌های میکروبی

پس از انتقال نمونه‌های آب به آزمایشگاه فرآیند رقت‌سازی انجام شد. به منظور کاهش تراکم بالای باکتری‌ها و دستیابی به شمارش قابل‌اعتماد، رقت‌های ده‌دهی متوالی از نمونه‌ها تهیه گردید. برای این منظور، ۱ میلی‌لیتر از نمونه خام به لوله حاوی ۹ میلی‌لیتر آب مقطر استریل منتقل شد تا رقت 10^{-1} ایجاد گردد. سپس ۱ میلی‌لیتر از این سوسپانسیون به ۹ میلی‌لیتر دیگر منتقل و رقت 10^{-2} حاصل شد. این فرآیند به همین ترتیب تا رسیدن به رقت‌های 10^{-3} و 10^{-4} ادامه یافت.

از هر رقت مناسب، ۱۰۰ میکرولیتر به محیط کشت انتخابی انتقال داده شد و به روش کشت سطحی یا فیلتراسیون غشایی کشت داده شد (با توجه به نوع شاخص میکروبی مورد بررسی). به منظور شمارش کل باکتری‌ها از محیط کشت پلیت کانت آگار و برای شمارش کلیفرم‌های کل، کلیفرم‌های مدفوعی و اشریشیاکلی محیط کشت ECC کروم آگار مورد استفاده قرار گرفت. پس از انکوباسیون در شرایط دمایی ویژه برای کلیفرم کل ۳۷ درجه سانتی‌گراد و برای کلیفرم مدفوعی ۴۴ درجه سانتی‌گراد، شمارش کلنی‌های مشخص انجام شده و نتایج به صورت واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش گردید (Alonso *et al.,* 1999; WHO, 2022; APHA, 2017). برای ارزیابی کیفیت میکروبی نمونه‌های آب، از شاخص‌های استاندارد شامل کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و باکتری *E. coli* استفاده شد. مقادیر مجاز این شاخص‌ها بر اساس منابع معتبر بین‌المللی نظیر سازمان جهانی بهداشت (WHO)، آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA) و استاندارد ملی ایران تعیین گردید. محدوده‌های قابل‌قبول برای هر شاخص در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: شاخص‌ها و استانداردهای میکروبی کیفیت آب بر اساس استانداردهای ملی ایران و دستورالعمل‌های WHO/EPA

Table 2: Microbial Indicators and Standards for Water Quality Based on Iranian National Standards and WHO/EPA Guidelines

Microbial Indicator	Iran National Standard (Drinking Water)	WHO / EPA Guideline	Application
Total Bacteria (at 22°C)	< 500 CFU/mL	Not routinely monitored in surface water; only in treated water	General quality indicator
Total Coliforms	Absent in 100 mL	Absent in 100 mL (drinking water); < 10 CFU/100 mL (surface water)	Indicator of general contamination
Fecal Coliforms	Absent in 100 mL	< 200 CFU/100 mL for recreational water; 30-day mean < 126 CFU/100 mL	Indicator of fecal contamination
Escherichia coli (*E. coli*)	Absent in 100 mL	Absent in drinking water; CFU/100 mL thresholds for recreational water (varies by use)	Specific indicator of human pollution

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

در مطالعه حاضر، داده‌های میکروبی جمع‌آوری‌شده از شش ایستگاه در حوضه آبریز رودخانه سیروان شامل شمارش کل کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های مدفوعی و باکتری *E. coli* به عنوان متغیرهای وابسته و ایستگاه‌های نمونه‌برداری به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. ثبت و دسته‌بندی داده‌ها با

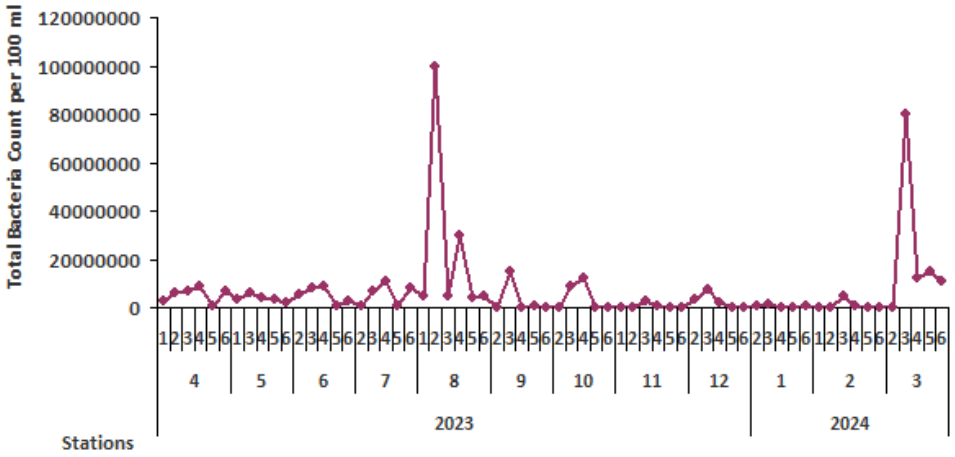
[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 صورت گرفت و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. سطح معنی‌داری آزمون‌ها در ضریب اطمینان ۹۵ درصد (α=0.05) در نظر گرفته شد. در صورت امکان‌پذیر بودن، میانگین‌ها به صورت Mean ± SD گزارش شدند. نرمال‌بودن داده‌ها پیش از تحلیل با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. پس از نرمال‌سازی به روش Rank Cases داده‌هایی که نرمال شدند، مقایسه میانگین آنها با استفاده از آزمون پارامتریک ANOVA و آزمون تعقیبی دانکن انجام شد. داده‌هایی که حتی پس از نرمال‌سازی نیز نرمال نشدند. ازاین‌رو، برای تحلیل آنها از آزمون‌های ناپارامتریک Mann-Whitney استفاده شد.

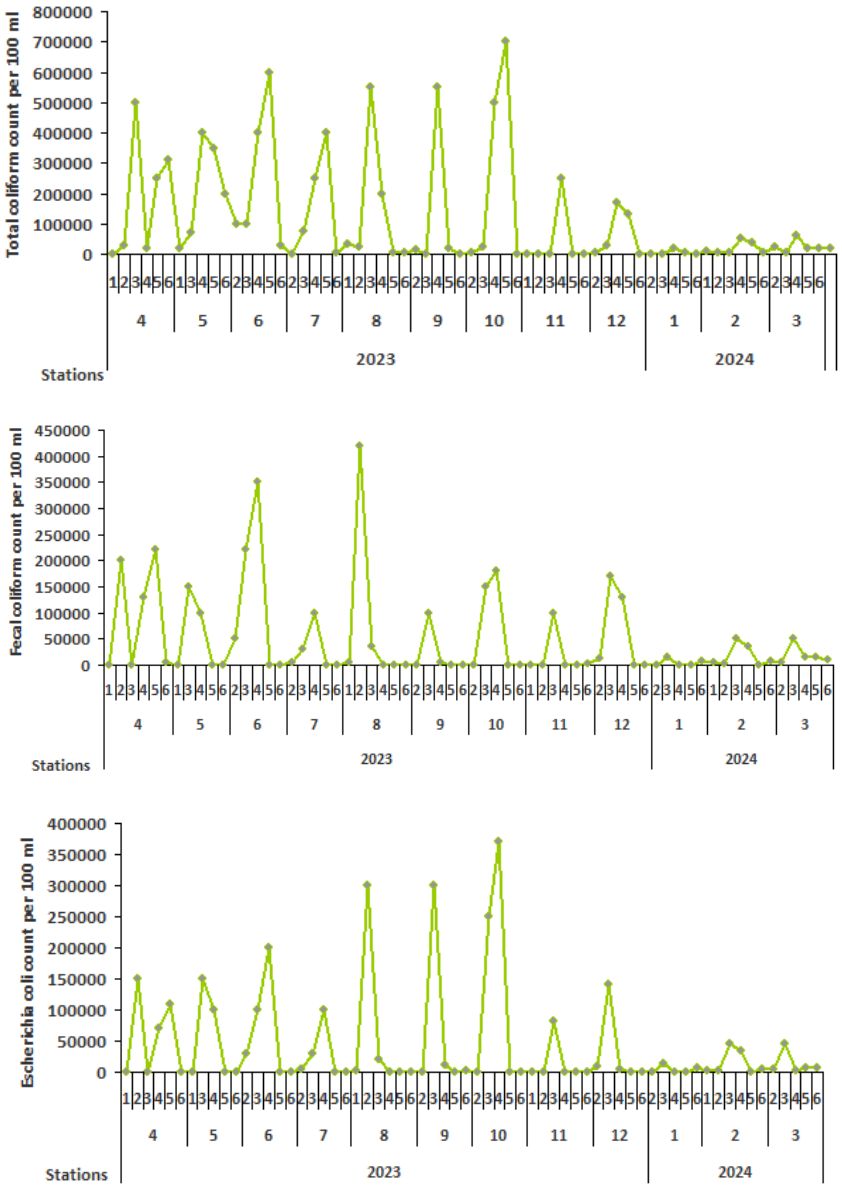
نتایج

شمارش کل باکتری‌ها، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و *E. coli*

در شکل ۲ تغییرات شمارش کل باکتری‌ها، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و *E. coli* (واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف رودخانه سیروان نشان داده شده است. حداکثر شمارش کل باکتری‌ها، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و *E. coli* به‌ترتیب برابر $۱/۰\times۱۰^{۸}$، $۷/۰\times۱۰^{۵}$، $۴/۲\times۱۰^{۵}$ و $۳/۷\times۱۰^{۵}$ واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر ثبت گردید. حداکثر شمارش کل باکتری‌ها در ایستگاه در ایستگاه ۲ آبان ماه ۱۴۰۲ و حد اکثر کلیفرم کل در ایستگاه ۴ دی‌ماه ۱۴۰۲ و حداکثر شمارش کلیفرم مدفوعی در ایستگاه ۲ آبان ماه ۱۴۰۲ و حداکثر شمارش *E. coli* در ایستگاه ۴ دی‌ماه ۱۴۰۲ مشاهده گردید. داده‌های خام مربوط به کل باکتری‌ها، نرمال نبود (p<۰/۰۵). پس از نرمال‌سازی، داده‌های مربوط به کل باکتری‌ها به نرمالیتی رسیدند (p>۰/۰۵). میانگین تغییرات کل باکتری‌ها در ماه‌های مختلف معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵). داده‌های خام مربوط به کلیفرم کل نرمال نبود (p<۰/۰۵). پس از نرمال‌سازی، داده‌های مربوط به کلیفرم کل به نرمالیتی رسیدند (p>۰/۰۵). میانگین تغییرات کلیفرم کل در ماه‌های مختلف معنی دار نبود (p>۰/۰۵). داده‌های خام مربوط به کلیفرم مدفوعی نرمال نبود (p<۰/۰۵). پس از نرمال‌سازی نیز نرمال نشدند (p<۰/۰۵). میانگین تغییرات کلیفرم مدفوعی در ماه‌های مختلف معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵). داده‌های خام مربوط به *E. coli* نرمال نبود (p<۰/۰۵). پس از نرمال‌سازی نیز نرمال نشدند (p<۰/۰۵). میانگین تغییرات *E. coli* در ماه‌های مختلف معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵).



[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]



شکل ۲: تغییرات شمارش کل باکتریها، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و اشریشیاکلی (واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف رودخانه سیروان -سنندج (۱۴۰۳-۱۴۰۲)

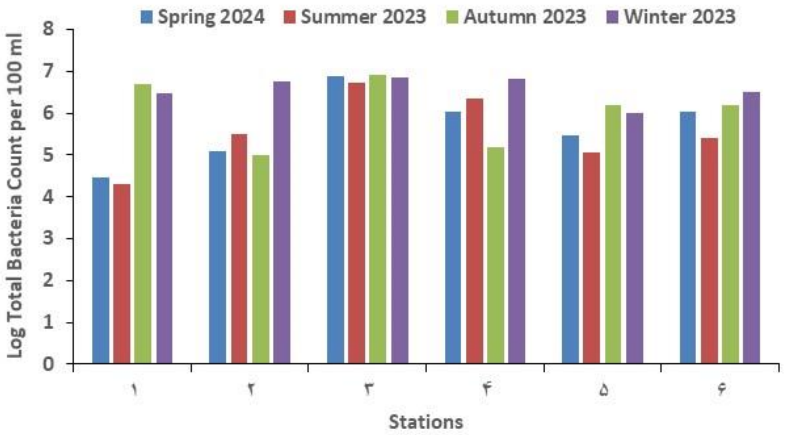
Figure 2: Changes in total bacterial count, total coliform, fecal coliform and Escherichia coli (CFU/100ml) at different stations and months of the Sirvan River-Sanandaj (2023-2024)

شمارش کل باکتری‌ها

نتایج میانگین و انحراف معیار شمارش کلی باکتری‌ها در فصول و ایستگاه‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. میانگین و انحراف شمارش کلی باکتری‌ها در فصول تابستان ۱۴۰۲، پاییز ۱۴۰۲، زمستان ۱۴۰۲ و بهار ۱۴۰۳ در ۶ ایستگاه به‌ترتیب ۶/۵۶±۰/۳۲، ۶/۰۲±۰/۷۸، ۵/۵۵±۰/۸۷، ۵/۶۶±۰/۸۳ تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر بوده است. لگاریتم تعداد باکتری‌ها در فصل تابستان ۱۴۰۲ بیشترین مقدار و در فصل زمستان ۱۴۰۲ کمترین مقدار را نشان داد ($p>0/05$). تعداد باکتری‌های مذکور در ایستگاه ۳

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

در تمامی فصول بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بوده و ایستگاه ۲ نسبت به سایر ایستگاه‌ها از بار میکروبی پایین‌تری برخوداری بوده است (p>۰/۰۵).

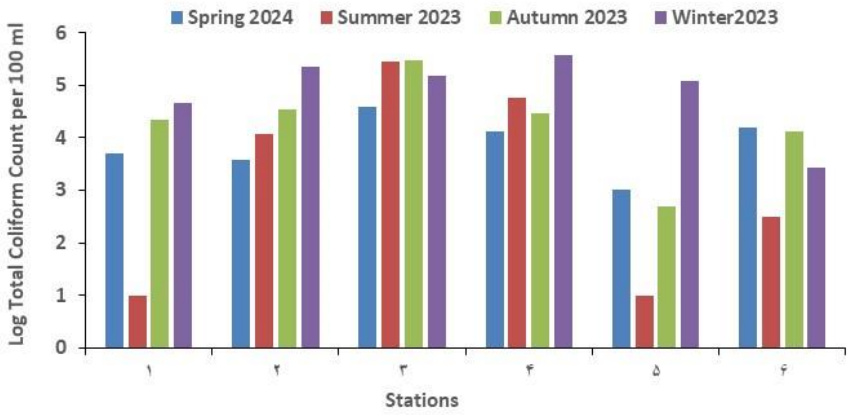


شکل ۳: تغییرات شمارش کل باکتریها (واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در ایستگاه‌ها و فصول مختلف رودخانه سیروان (۱۴۰۲-۱۴۰۳)

Figure 3: Changes in total bacterial count (CFU/100ml) at different stations and seasons of Sirvan River (2023-2024)

شمارش کلیفرم کل

نتایج میانگین و انحراف معیار شمارش کلیفرم‌های کل در فصول و ایستگاه‌های مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار کلیفرم ها در فصول تابستان ۱۴۰۲، پاییز ۱۴۰۲، زمستان ۱۴۰۲ و بهار ۱۴۰۳ در ایستگاه‌های مورد بررسی به‌ترتیب ۴/۸۷+۰/۷۷، ۴/۲۷±۰/۹۵، ۳/۱۲±۱/۹۱ و ۳/۸۶±۰/۵۰ تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر بوده است. لگاریتم تعداد کلیفرم‌ها در فصل تابستان ۱۴۰۲ و زمستان ۱۴۰۲ به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بوده است (p<۰/۰۵). تعداد باکتری‌ها و کلیفرم‌ها در ایستگاه‌های۴ و ۳ و در برخی از موارد ایستگاه ۲ نیز از سایر ایستگاه‌ها بیشتر بوده است. ایستگاه ۵ و ۱ دارای آلودگی کمتری در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها بوده است (p<۰/۰۵).



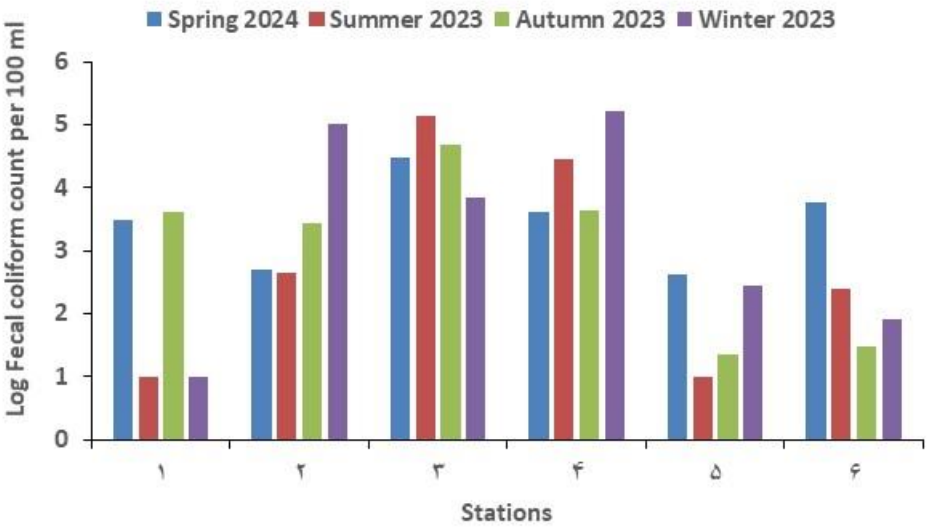
شکل ۴: تغییرات شمارش کلیفرم کل (واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در ایستگاه‌ها و فصول مختلف رودخانه سیروان (۱۴۰۲-۱۴۰۳)

Figure 4: Changes in total coliform count (CFU/100ml) at different stations and seasons of Sirvan River (2023-2024)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

شمارش کلیفرم‌های مدفوعی

نتایج میانگین و انحراف معیار تعداد کلیفرم‌های مدفوعی در فصول و ایستگاه‌های مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار تعداد کلیفرم‌های مدفوعی در تابستان ۱۴۰۲، پاییز ۱۴۰۲، زمستان ۱۴۰۲ و بهار ۱۴۰۳ به‌ترتیب ۳/۲۳±۱/۷۲، ۳/۰۳±۱/۳۳، ۲/۷۲±۱/۷۲ و ۳/۴۴±۰/۷۰ تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر بوده است. لگاریتم تعداد کلیفرم‌های مدفوعی در فصل تابستان ۱۴۰۲ و زمستان ۱۴۰۲ به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار بوده است. بیشترین بار آلودگی کلیفرم مدفوعی در ایستگاه‌های ۴ مشاهده گردید که در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بوده است. کمترین آلودگی مربوط به ایستگاه ۱ و ۵ بوده است ($p<۰/۰۵$). میانگین تغییرات این گروه از باکتری‌ها در فصول مختلف معنی‌دار نبوده است ($p>۰/۰۵$).



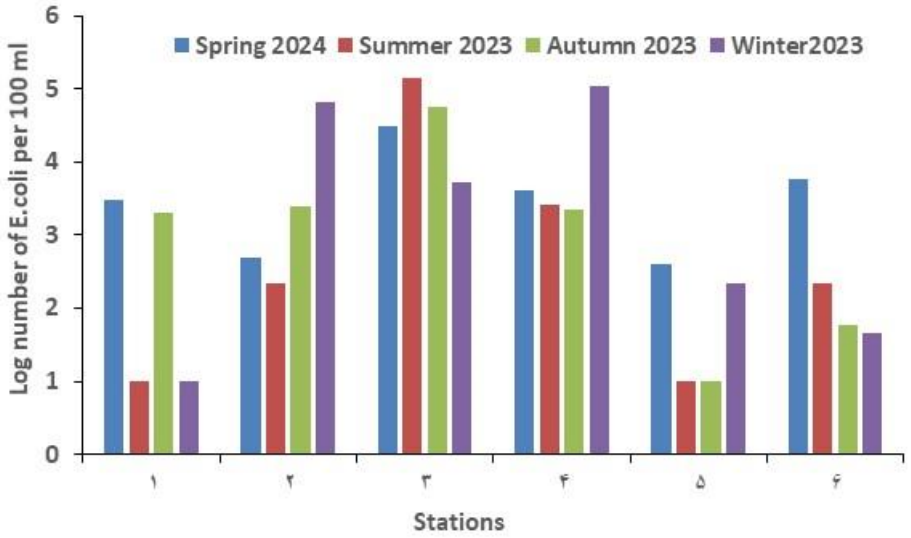
شکل ۵: تغییرات شمارش کلیفرم مدفوعی (واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در ایستگاه‌ها و فصول مختلف رودخانه سیروان (۱۴۰۲-۱۴۰۳)

Figure 5: Changes in fecal coliform count (CFU/100 ml) at different stations and seasons of the Sirvan River (2023-2024)

شمارش *E. coli*

نتایج میانگین و انحراف معیار تعداد *E. coli* کلی در فصول و ایستگاه‌های مختلف در شکل ۶ نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار تعداد کلیفرم‌های مدفوعی در فصول تابستان ۱۴۰۲، پاییز ۱۴۰۲، زمستان ۱۴۰۲ و بهار ۱۴۰۳ به‌ترتیب ۳/۰۹±۱/۵۸، ۳/۰۲±۱/۵۶، ۲/۹۷±۱/۵۱ و ۳±۱/۳۲ تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر بوده است. لگاریتم تعداد کلیفرم های مدفوعی در فصل تابستان ۱۴۰۲ و زمستان ۱۴۰۲ به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بوده است. بیشترین بار آلودگی کلیفرم مدفوعی در ایستگاه‌های ۳ و ۴ مشاهده گردید که در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بوده و کمترین آلودگی مربوط به ایستگاه ۵ و ۱ بوده است ($p<۰/۰۵$). میانگین تغییرات این گروه از باکتری‌ها در فصول مختلف معنی‌دار نبوده است ($p>۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]



شکل ۶: تغییرات شمارش *Escherichia coli* (واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در ایستگاه‌ها و فصول مختلف رودخانه سیروان (۱۴۰۳-۱۴۰۲)

Figure 6: Changes in *Escherichia coli* count (CFU/100 ml) at different stations and seasons of Sirvan River (2023-2024)

بحث

نتایج حاصل از پایش میکروبی منابع آب سطحی در حوضه آبریز رودخانه سیروان طی سال آبی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ نشان داد که شاخص‌های میکروبی شامل شمارش کل باکتری‌ها، کلیفرم‌های کل، کلیفرم‌های مدفوعی و *E. coli* در برخی ایستگاه‌ها به‌ویژه در فصول گرم سال، از حدود مجاز تعیین‌شده به‌وسیله استانداردهای ملی و بین‌المللی برای مصارف آشامیدنی و تفریحی فراتر رفته‌اند. بیشترین غلظت‌های میکروبی در ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ مشاهده شد که در نواحی پایین‌دست و در مجاورت سکونت‌گاه‌های روستایی، اراضی کشاورزی و دامداری قرار دارند. شاخص‌های باکتریایی در منابع سطحی باید تحت کنترل دقیق قرار گیرند (USEPA, 2019).

شمارش کل باکتری‌ها به عنوان شاخصی عمومی برای ارزیابی آلودگی میکروبی منابع سطحی شناخته می‌شود. افزایش قابل‌توجه این شاخص در ایستگاه ۲ طی ماه آبان احتمالاً ناشی از ورود رواناب‌های سطحی، فعالیت‌های کشاورزی و تخلیه فاضلاب‌های خانگی است. کلیفرم‌های کل که شامل گروهی از باکتری‌های گرم‌منفی هستند و در محیط‌های مختلفی از جمله خاک، آب و دستگاه گوارش یافت می‌شوند، در ماه دی افزایش چشمگیری داشتند. این افزایش می‌تواند با بارندگی‌های زمستانی و ورود مواد آلی به منابع آب مرتبط باشد، زیرا این مواد به عنوان منبع تغذیه مناسبی برای رشد باکتری‌ها عمل می‌کنند. بر اساس استانداردهای سازمان جهانی بهداشت، حضور کلیفرم‌های کل در آب آشامیدنی باید صفر باشد و در آبهای سطحی نیازمند پایش مستمر است (Health Canada, 2022; WHO, 2022).

کلیفرم‌های مدفوعی به عنوان شاخص اختصاصی‌تر آلودگی با منشأ انسانی یا حیوانی شناخته می‌شوند. حضور این باکتری‌ها در ایستگاه ۲ در آبان‌ماه احتمالاً ناشی از ورود مستقیم فاضلاب یا رواناب‌های دامی است. عدم مشاهده تفاوت آماری معنادار در تغییرات ماهانه ممکن است به دلیل پایداری منابع آلودگی یا تأثیر محدود عوامل فصلی باشد. *E. coli* به عنوان شاخص دقیق آلودگی مدفوعی انسانی، نقش مهمی در ارزیابی بهداشت منابع آبی ایفاء می‌کند. حضور این باکتری در ایستگاه ۴ در دی‌ماه می‌تواند

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

نشان‌دهنده تخلیه فاضلاب انسانی یا نشت از سیستم‌های دفع باشد. بر اساس دستورالعمل‌های آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA)، مقدار مجاز *E. coli* در آبهای تفریحی باید کمتر از ۱۲۶ واحد تشکیل‌دهنده کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر باشد در حالی‌که مقادیر اندازه‌گیری‌شده در این مطالعه از این حد فراتر رفته‌اند. مطابق با دستورالعمل‌های منتشره ا سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA, 2019)، پایش و ارزیابی باکتری‌های مدفوعی در منابع آبی سطحی از اهمیت بالایی برخوردار است.

مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که ورود فاضلاب‌های خانگی، کشاورزی و دامی بدون تصفیه کافی، از مهم‌ترین منابع ورود میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و شاخص‌های باکتریایی به منابع آب سطحی محسوب می‌شود (Helmer and Hespanhol, 1997; Agarwal and Rajwar, 2010; Aenab and Singh, 2015). یافته‌های این مطالعه نیز این موضوع را تأیید می‌کند به‌ویژه در ایستگاه‌هایی که در مجاورت منابع آلاینده قرار دارند، بیشترین بار باکتریایی مشاهده شده است.

همچنین تفاوت‌های فصلی نیز در نتایج مشاهده شد. در فصول سرد سال (پاییز و زمستان)، افزایش بارش‌ها و کاهش شدت نور خورشید و اشعه فرابنفش، شرایط مساعدی برای رشد و پایداری باکتری‌ها فراهم می‌کند (Rusiñol *et al*., 2020; Al-Afify *et al*., 2023; Rather *et al*., 2023). این الگو با یافته‌های مطالعات پیشین در ایران نیز تطابق دارد؛ از جمله پژوهش‌های صورت‌گرفته در رودخانه هراز (Yaghoubzadeh and Safari, 2018)، سد آزاد سنندج (Yaghoubzadeh and Safari, 2015) و تالاب انزلی (Faeed *et al*., 2015) که همگی افزایش چشمگیر شاخص‌های باکتریایی را در فصل تابستان گزارش کرده‌اند. وجود باکتری *E. coli* که شاخص اختصاصی‌تری برای آلودگی مدفوعی انسانی محسوب می‌شود، در مقادیر قابل‌توجه می‌تواند نشان‌دهنده ورود گسترده پساب‌های انسانی بدون تصفیه کافی باشد. حضور این باکتری علاوه بر خطرات بیماری‌زایی مستقیم، ممکن است نشانگر وجود سایر عوامل بیماری‌زای خطرناک مانند سالمونلا، کمپیلوباکتر و ویروس‌های روده‌ای باشد (Alonso *et al.,* 1996; Byappanahalli *et al*., 2012; Corsi *et al.,* 2021; Dagher *et al.,* 2021). استفاده از محیط کشت کروم آگار برای شناسایی *E. coli* نیز موجب افزایش دقت شناسایی و کاهش تداخل نتایج با سایر باکتری‌ها می‌شود (Alonso *et al.,* 1999). مقایسه مکانی نتایج بین ایستگاه‌ها نشان داد که ایستگاه‌هایی با کاربری کشاورزی و دامداری بالا، بار میکروبی بیشتری دارند. این یافته‌ها با گزارش‌های Dimpor و همکاران (۲۰۲۵) و Gao و همکاران (۲۰۲۲) هم‌خوانی دارد که نشان دادند، استفاده نادرست از اراضی و زهکش‌های سطحی کشاورزی، تأثیر مستقیم بر آلودگی میکروبی منابع آب دارد. همچنین نبود حریم حفاظتی در حاشیه رودخانه‌ها و مخازن، موجب ورود مستقیم رواناب‌های آلوده و افزایش بار کلیفرم‌ها و باکتری‌های روده‌ای می‌شود (Safari and Yaghoubzadeh, 2013).

در مقابل، ایستگاه‌هایی مانند ۱ و ۵ که در بالادست حوضه قرار دارند یا کمتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی هستند، مقادیر پایین‌تری را از شاخص‌های میکروبی نشان دادند. این موضوع نقش مهم پوشش گیاهی طبیعی، فاصله از منابع آلاینده و شیب زمین را در کاهش آلودگی میکروبی برجسته می‌سازد (Yaghoubzadeh and Safari, 2016; Wang *et al.,* 2022). همچنین مطالعات نشان داده‌اند که جوامع میکروبی منابع آبی می‌توانند تحت تأثیر سطح تغذیه‌گرایی و نوع استفاده از زمین دچار تغییر شوند که این تغییرات می‌توانند به عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت آب تلقی شوند (Gao *et al.,* 2022; Wang *et al.,* 2022).

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از پژوهشکده اکولوژی دریای خزر و موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور که زمینه علمی و آزمایشگاهی این تحقیق را فراهم کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Aenab, A.M. and Singh, S.K., 2015. Critical assessment of river water quality and wastewater treatment plant

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

411.

Agarwal, A.K. and Rajwar, G.S., 2010. Physico-chemical and microbiological study of Tehri dam reservoir, Garhwal Himalaya, India. *Journal of American Science*, 6(6): 65-71.

Al-Afify, A.D., Abdo, M.H., Othman, A.A. and Abdel-Satar, A.M., 2023. Water quality and microbiological assessment of Burullus Lake and its surrounding drains. *Water, Air, and Soil Pollution*, 234(6): 385. DOI:10.1007/s11270-023-06351-3

Alonso, J.L., Amoros, I., Chong, S. and Garelick, H., 1996. Quantitative determination of Escherichia coli in water using CHROMagar® E. coli. *Journal of Microbiological Methods*, 25(3): 309-315. DOI:10.1016/0167-7012(96)00002-4

Alonso, J.L., Soriano, A., Carbajo, O., Amoros, I. and Garelick, H., 1999. Comparison and recovery of *Escherichia coli* and thermotolerant coliforms in water with a chromogenic medium incubated at 41 and 44.5 C. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(8):3746-3749. DOI:10.1128/AEM.65.8.3746-3749.1999

APHA (American Public Health Association), 2017. Standard method for examination of water and wastewater. American public health association publisher, 18th edition, Washington, USA.1113 P.

Bradshaw, J.K., Snyder, B.J., Oladeinde, A., Spidle, D., Berrang, M.E., Meinersmann, R.J., Oakley, B., Sidle, R.C., Sullivan, K. (WWTP). *International Journal*, 3(1):405-**and Molina, M., 2016.** Characterizing relationships among fecal indicator bacteria, microbial source tracking markers, and associated waterborne pathogen occurrence in stream water and sediments in a mixed land use watershed. *Water Research*, 101:498-509.

Byappanahalli, M.N., Nevers, M.B., Korajkic, A., Staley, Z.R. and Harwood, V.J., 2012. Enterococci in the environment. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 76(4):685-706. DOI:10.1128/mmbr.00023-12

Corsi, S.R., De Cicco, L.A., Hansen, A.M., Lenaker, P.L., Bergamaschi, B.A., Pellerin, B.A., Dila, D.K., Bootsma, M.J., Spencer, S.K., Borchardt, M.A. and McLellan, S.L., 2021. Optical properties of water for prediction of wastewater contamination, human-associated bacteria, and fecal indicator bacteria in surface water at three watershed scales. *Environmental Science & Technology*, 55(20):13770-13782. DOI:10.1021/acs.est.1c02644

Dagher, L.A., Hassan, J., Kharroubi, S., Jaafar, H. and Kassem, I.I., 2021. Nationwide assessment of water quality in rivers across Lebanon by quantifying fecal indicators densities and profiling antibiotic resistance of *Escherichia coli*. *Antibiotics*, 10(7):883. DOI:10.3390/antibiotics10070883

Dimpor, J.J., Lucky, O.P., Kwarkye, D.F., Watts, S., Oguayo, C.P., Ojewole, C.O. and Kusi, J., 2025. Identifying

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

Helmer, R. and Hespanhol, I., 1997. Water pollution control: a guide to the use of water quality management principles. CRC Press. England London, 459 P.

Islam, M.S., Ahmed, M.K., Habibullah-Al-Mamun, M. and Masunaga, S., 2017. Seasonal variation and land use impact on microbial contamination in Betna River, Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(3):1–12. DOI:10.3329/bjm.v35i2.42640

Khatib Haghighi, M. and Ghaani, M. 2018. Assessment of microbial contamination in drinking water sources in Gilan Province. *Iranian Journal of Public Health*, 47(9), pp. 1320–1328.

Newton, R.J. and McMahon, K.D., 2011. Seasonal differences in bacterial community composition following nutrient additions in a eutrophic lake. *Environmental Microbiology*, 13(4):887-899. DOI:10.1111/j.1462-2920. 2010.02387.x

Pall, E., Niculae, M., Kiss, T., Şandru, C.D. and Spînu, M., 2013. Human impact on the microbiological water quality of the rivers. *Journal of Medical Microbiology*, 62(11): 1635-1640.

Park, S.R., Hwang, S.J., An, K. and Lee, S.W., 2021. Identifying key watershed characteristics that affect the biological integrity of streams in the Han River watershed, Korea. *Sustainability*, 13(6): 3359. DOI:10.3390/su13063359

Rather, R.A., Ara, S., Padder, S.A., Sharma, S., Pathak, S.P. and Baba, T.R., 2023. spatiotemporal patterns and drivers of fecal indicator bacteria in an urban lake for water quality assessment and management. *Heliyon*, 11(1). DOI:10. 1016/j.heliyon .2024.e40955

Faeed, M. Babaei, H. Abedini, A., 2015. Investigation of microbial and physicochemical parameters in Anzali Wetland. *Quarterly Scientific Research Journal of Wetland Ecobiology*, 7(3), 45-54. (In Persian)

Flood, M.T., Hernandez-Suarez, J.S., Nejadhashemi, A.P., Martin, S.L., Hyndman, D. and Rose, J.B., 2022. Connecting microbial, nutrient, physiochemical, and land use variables for the evaluation of water quality within mixed use watersheds. *Water Research*, 219:118526. DOI:10.1016/j. watres.2022.118526

Gao, N., Liang, Y., Li, J., Cui, K. and Lu, W., 2022. Bacterial community composition and indicators of water quality in Caizi Lake, a typical Yangtze-connected freshwater lake. *FEMS Microbiology Letters*, 369(1):1-8. DOI:10.1093/femsle/fnac084

Health Canada, 2022. Guidelines for Canadian drinking water quality – technical document*:* Total Coliforms. Available at: https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-total-coliforms.html

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

Seasonal fluctuation of water quality and ecogenomic phylogeny of novel potential microbial pollution indicators of Veshaw River Kashmir-Western Himalaya. *Environmental Pollution*, 320:121104. DOI:10.1016/j.envpol.2023.121104

Roshani-Sefidkouhi, M., Mortezazadeh, F., Eslamifar, M., Babanezhad, E., Sheikhi, M. and Gholami-Borujeni, F., 2025. Water quality assessment using IRWQIsc and NSFWQI water quality indicators; A case study: Talar River (Iran). *Heliyon*, 11(2). DOI:10.1016/j.heliyon.2025.e41812

Rusiñol, M., Hundesa, A., Cárdenas-Youngs, Y., Fernández-Bravo, A., Pérez-Cataluña, A., Moreno-Mesonero, L., Moreno Trigos, MY., 2020. Microbiological contamination of conventional and reclaimed irrigation water: Evaluation and management measures. *The Science of The Total Environment*, 710:1-11. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.136298

Safari, R. and Yaghoubzadeh, Z., 2013. Bacterial bioindicators in Shirood River in Mazandaran Province. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 22(98):289-299. (In Persian)

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2019. Ambient water quality criteria for bacteria – 2019 Update. Washington, DC: US EPA.

Wang, Y., Guo, M., Li, X., Liu, G., Hua, Y., Zhao, J., Huguet, A. and Li, S., 2022. Shifts in microbial communities in shallow lakes depending on trophic states: feasibility as an evaluation index for eutrophication. *Ecological Indicators*, 136: 108691.DOI:10.1016/j.ecolind.2022.108691

WHO (World Health Organization), 2022. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed., WHO Press, Geneva.

Yaghoubzadeh, Z. and Safari, R., 2015. Evaluation of bacterial contamination of surface waters of Haraz River. *Cellular and Molecular Research (Iranian Journal of Biology)*, 28(1):136-144. (In Persian)

Yaghoubzadeh, Z. and Safari, R., 2016. Evaluation of coliform bacteria and Nematode eggs in Haraz River runoff. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25(1):29-38. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110221. (In Persian).

Yaghoubzadeh, Z. and Safari, R., 2018. Bacterial contamination of Sanandaj Azad dam lake in Kurdestan Province in 2015-16. *Journal of Research in Environmental Health*, 4(1):36-48. (In Persian)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]