CC BY

مقاله علمی – پژوهشی:

ارزیابی پراکنش باکتری‌های شاخص در سرشاخه‌های رودخانه قشلاق و گاوه رود سد ژاوه استان کردستان

رضا صفری*[۱]، زهرا یعقوب زاده[۱]

*safari1351@gmail.com

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

تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۱

چکیده

ارزیابی شاخص‌های میکروبی منابع آبی نظیر رودخانه‌ها، دریاها و سدها از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا میکروارگانیسم‌های مذکور باعث تغییر آب از نظر کیفی و بهداشتی می‌شوند و از سویی، بر تغییرات کمی و کیفی سایر موجودات تاثیرگذارند. در این مطالعه، جمعیت باکتری‌های شاخص شامل باکتری‌های هتروتروف، کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های مدفوعی در سرشاخه‌های قشلاق و گاوه رود سد ژاوه استان کردستان مورد بررسی قرار گرفت. ایستگاه‌های مورد بررسی شامل بالادست قشلاق، شاخه قشلاق رود ۱، شاخه قشلاق رود ۲، شاخه گاوه رود و شاخه سیروان بود. نتایج نشان داد که میانگین و انحراف معیار باکتری‌های هتروتروف یا شمارش کلی باکتری‌ها در فصول پاییز ۱۳۹۹، زمستان ۱۳۹۹، بهار ۱۴۰۰ و تابستان ۱۴۰۰ در ایستگاه‌های پنج گانه به‌ترتیب ۷/۳۰±۰/۲۲، ۶/۵۴±۰/۶۳، ۷/۰۸±۰/۶۷، ۷/۵۸±۰/۳۲ واحد تشکیل کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر، شمارش کلی فرم‌ها به‌ترتیب ۴/۱۱±۱/۰۷، ۳/۶۱±۱/۲۷، ۴/۴۸±۰/۵۵ و ۵/۲۳±۱/۲۲ واحد تشکیل کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر و شمارش کلی‌فرم های مدفوعی به‌ترتیب ۲/۸۴±۱/۰۷، ۳/۰۴۲±۰/۷۹، ۲/۸۶±۱/۱۸ و ۳/۴۴±۱/۹۸ واحد تشکیل کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود. آلودگی رودخانه خارج از دامنه استاندارد بوده که علت آن نیز ورود فاضلاب‌های روستایی ناشی از مزارع کشاورزی و ورود پساب از مناطق کشاورزی است. در این تحقیق، بیشترین منبع آلوده‌کننده رودخانه قشلاق و گاوه رود، به دلیل بهینه نبودن سیستم تصفیه خانه شهرستان سنندج بوده است ولی نمی توان سایر منابع آلاینده نظیر فاضلاب ناشی از انواع دام‌ها، انواع سموم و کودهای حاصل از فعالیت های کشاورزی، شستشوی و فرسایش خاک و ... را نیز نادیده گرفت. یکی از روش‌های پیشنهادی جهت کاهش میزان باکتری‌های شاخص در رودخانه قشلاق، بهینه‌سازی فرآیند تصفیه‌خانه فاضلاب و تکمیل فرآیند ساخت و تجهیز آن است.

لغات کلیدی: باکتری‌های شاخص، رودخانه‌های قشلاق و گاوه رود، سد ژاوه، استان کردستان

*نویسنده مسئول

مقدمه

کیفیت آبهای سطحی در یک ناحیه به‌شدت وابسته به طبیعت، صنعت، کشاورزی و سایر فعالیت‌های انسانی است. در بیشتر کشورها تلاش‌های مدیریتی جدی برای جلوگیری از تخریب کیفیت آبهای سطحی صورت می‌گیرد. از مهم‌ترین عوامل آلوده‌کننده آبهای سطحی به‌خصوص رودخانه ها، ورود فاضلاب‌های صنعتی، شهری یا خانگی است که باعث انتقال عوامل میکروبی و شیمیایی به اکوسیستم‌های آبی می‌شوند. بنابراین، ارزیابی پارامترهای میکروبی منابع آبی نظیر رودخانه‌ها، دریاها و سدها از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا این میکروارگانیسم‌ها جزو اصلی زنجیره غذایی بوده و تغییرات کمی و کیفی آنها بر جمعیت سایر موجودات تاثیرگذار هستند. وجود برخی از باکتری‌های شاخص نظیر *اشریشیا، کلستریدیوم*، سایر کلی فرم‌ها، *آنتروکوک‌ها* در محیط‌های آبی حاکی از کیفیت پایین آنها بوده که خود نشان از آلودگی مدفوعی است. از سوی دیگر، برخی از باکتری‌های هتروتروف نیز وجود دارند که هنگام افزایش جمعیت آنها، نه تنها کیفیت آب کاهش می‌یابد بلکه برخی از آنها به لحاظ زئونوز بودن باعث بروز بیماری‌های مشترک بین آبزیان و انسان می‌شوند. بنابراین، ارزیابی کمی و کیفی باکتری‌های شاخص در محیط‌های آبی از جمله آبهای سدها و حوضه‌های آبریز آنها از اهمیت خاصی برخوردار است (Helmer and Ivanildo,1997; Aenab and Singh, 2015).

کلی‌فرم‌های مدفوعی بیشتر در مدفوع و روده انسان و حیوانات خونگرم وجود دارند. با این‌وجود، شاخص خوبی برای وجود باکتری‌های بیماری‌زا هستند. تعداد بالای کلی‌فرم‌های مدفوعی در آب، شاخص‌های مفیدی برای باکتری‌های بیماری‌زا مثل *سالمونلا تیفی* (عامل حصبه) و *شیگلا* (عامل اسهال خونی) هستند. برخی از عوامل نظیر نشت فاضلاب انسانی، پسماندهای حیوانی، دمای بالا و مواد مغذی بر جمعیت این گروه از باکتری‌ها تاثیرگذارند (Safari and Yaghoubzadeh,. 2013; Aenab and Singh, 2015). دانیالی و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه عوامل تاثیرگذار بر کیفیت آب سد خمیران گزارش دادند که عوامل مختلفی از جمله بارندگی، دبی آب ورودی، مشخصات مختلف حوضه آبریز، آب و هوا و استفاده از اراضی اطراف مسیر سرچشمه آب ورودی تا مخزن سد (به دلیل دوری) جهت کشاورزی، مرغداری و آبزی پروری و مصارف مختلف روستاهای منطقه، بر تغییرات کیفی آب سد خمیران تأثیرگذارند. غیور کاظمی و پیاده (۱۳۹۱) در تحقیق تغییرات باکتری‌های شاخص شامل کلی‌فرم کل، *اشرشیاکلی و استرپتوک مدفوعی* در مخزن آب سد شیروان گزارش کردند که آب جمع‌آوری شده در پشت سد (بدون هیچ‌گونه تصفیه‌ای)، قابل استفاده جهت مصارف آبیاری در امورکشاورزی است. همچنین از آب مورد نظر، با انجام عملیات تصفیه، می‌توان به عنوان آب شرب در سیستم‌های شهری مورد استفاده قرار داد. یعقوب‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی کمی وکیفی اندیکاتورهای میکروبی دریاچه پشت سد شهید رجایی استان مازندران (ساری) بیان کردند که بیشترین بار آلودگی شاخص باکتریایی در اکثر ایستگاه‌های این سد در مرداد و شهریور ماه است. در مقایسه نتایج این مطالعه و استانداردهای ایران در خصوص آب سطحی گزارش کردند که تمامی باکتری‌های شاخص مورد بررسی در دامنه استاندارد قرار داشته است.

Iliev و همکاران (۲۰۱۵) وضعیت میکروبی دریاچه سد Dospat (بلغارستان) را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که بیشترین جنس‌های غالب کلی‌فرم‌ها شامل *Pantoea aglomerans ،Serratia marcosens*، *Hafnia alvei* و *Enterobacter cloacae* بوده است.

Elahcene و همکاران (۲۰۱۹) در تجزیه و تحلیل فیزیکوشیمیایی و باکتریولوژیک کیفیت آب در انواع مختلف آب از سد Ain Zada در شهر Bordj Bou Arreridj (الجزایر) گزارش دادند، گونه‌های کلی‌فرم کل، باکتری کل، *ایکلای، استرپتوکوک مدفوعی* و گونه‌هایی از *کلستریدیوم* از آب این سد که برای مصارف انسانی در نظر گرفته شده بود، شناسایی شدند. آنها بیان کردند که آب خام و آب قبل از تصفیه، خطرات شدیدی برای سلامتی مصرف‌کنندگان به‌همراه دارد و برای مصرف مستقیم انسان بدون تصفیه، نامناسب است. Akbar و همکاران

(۲۰۲۲) در بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیک سدهای Rawal و Khanpur (پاکستان) بیان کردند که استفاده از آب این سدها برای مصارف آشامیدنی بی‌خطر است به‌جز چند محل از سد Rawaland که شمارش میکروبی آن بالا بود. مطالعات بیشتر در مورد کیفیت آب برای اطمینان از تامین آب آشامیدنی سالم برای مصرف‌کنندگان مورد نیاز است.

Owili (۲۰۰۳) اثر تخلیه فاضلاب بر کیفیت آب دریای Hafnarfjordur (ایسلند) را مورد بررسی قرار داد. کلی‌فرم‌های مدفوعی به عنوان باکتری‌های شاخص و فاکتورهای شیمیایی فسفات، نیترات، سیلیکات و اکسیژن محلول به عنوان شاخص شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. جمعیت کلی‌فرم‌های مدفوعی از ۱۷۰ تا بیشتر از ۱۶۰۰۰ بیشترین تعداد احتمالی در۱۰۰ میلی‌لیتر بود. جمعیت باکتری‌های مذکور در نزدیکی خروجی فاضلاب بیشتر از مناطق دورتر بوده است. با افزایش مواد مغذی نظیر فسفات و نیترات، جمعیت باکتری‌های شاخص مدفوعی نیز افزایش داشته و ارتباط مستقیم مابین پارامترهای میکروبی شیمیایی وجود داشته است. سد ژاوه (کردستان) در ۱۵ کیلومتری شهر سنندج واقع شده است (شرکت خدمات مهندسی برق مشانیر، ۱۳۹۷). آب این سد از دو سرشاخه قشلاق و گاوه رود تأمین می‌شود که شاخه قشلاق به دلیل عبور از شهر سنندج از آلودگی بسیار بالایی برخوردار است. یکی از جنبه‌های مهم پیش‌بینی اثرات زیست‌محیطی ناشی از ورود آلاینده‌ها به اکوسیستم رودخانه‌های قشلاق، گاوه رود و سیروان است. در این مطالعه، جمعیت باکتری‌های شاخص شامل باکتری‌های هتروتروف، کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های مدفوعی در سرشاخه‌های قشلاق و گاوه رود سد ژاوه مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از مواردی که در ارزیابی کیفی رودخانه مورد بررسی قرار نگرفته است، عدم آنالیز کیفی و ماندگاری باکتری‌های شاخص در رودخانه بوده و از آن‌جایی‌که تصفیه‌خانه سیستم فاضلاب شهرستان سنندج، از عملکردی خوبی برخوردار نبوده است و رودخانه در معرض آلودگی میکروبی قرار دارد، لذا، ارزیابی باکتری‌های شاخص و تاثیر خودپالایی رودخانه بر روند ماندگاری باکتری‌های مذکور از اهمیت خاصی نیز برخوردار است.

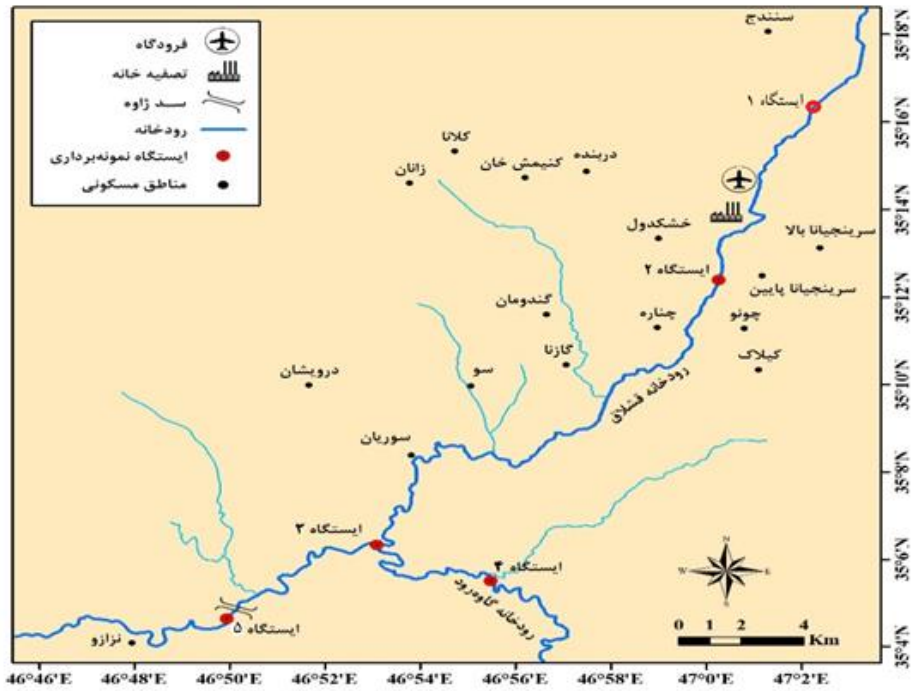
مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه رودخانه‌های قشلاق و گاوه رود سد ژاوه در استان کردستان بود (شکل ۱). این مطالعه در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به صورت فصلی و ۵ نمونه در هر فصل، در پاییز ۱۳۹۹، زمستان ۱۳۹۹، بهار ۱۴۰۰ و تابستان ۱۴۰۰ نمونه‌برداری انجام گردید. ایستگاه ۱ (قبل از تصفیه‌خانه)، ایستگاه ۲ (۱ کیلومتر بعد از تصفیه‌خانه)، ایستگاه ۳ (۴ کیلومتر بعد از تصفیه‌خانه)، ایستگاه ۴ (۱۴ کیلومتر بعد از تصفیه‌خانه) و ایستگاه ۵ (۲۱ کیلومتر بعد از تصفیه‌خانه) است. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری در جدول ۱ ارائه شده است.

نمونه‌برداری

برای نمونه‌برداری از ظروف درب سمباده‌ای استریل با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر (استریل شده در درجه حرارت ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه) استفاده گردید. نمونه‌برداری از لایه سطحی (۲۰ سانتی‌متری زیرسطح آب) در جهت جریان آب به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر انجام شد. ظروف نمونه‌برداری، در مجاورت یخ نگهداری و طی مدت زمان کوتاه، نمونه‌ها جهت کشت و بررسی به آزمایشگاه میکروبیولوژی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل شدند (APHA, 2017).



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در حوضه آبریز سد ژاوه سنندج

Figure 1: The location of the sampling stations in the catchment area of Javeh Dam Sanandaj

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در حوضه آبریز سد ژاوه سنندج

Table 1: The location of the sampling stations in the catchment area of the Javeh Sanandaj dam

شماره ایستگاه	ایستگاه	مختصات جغرافیایی	عمق (متر)
۱	بالادست قشلاق (قبل از تصفیه خانه-زیر پل)	N ۳۵° ۲۲' ۳۶" E ۴۷° ۰۱' ۱۲"	۰/۷۰
۲	شاخه قشلاق رود ۱	N ۳۵° ۱۲' ۱۲" E ۴۶° ۵۹' ۳۳"	۰/۵۰
۳	شاخه قشلاق رود ۲	N ۳۵° ۰۸' ۰۸" E ۴۶° ۵۳' ۵۹"	۱/۲۰
۴	شاخه گاوه رود	N ۳۵° ۰۵' ۰۴" E ۴۶° ۵۵' ۲۱"	۰/۸۰
۵	شاخه سیروان- پشت سد	N ۳۵° ۰۳' ۵۲" E ۴۶° ۴۹' ۵۱"	۲/۰

جداسازی و شمارش باکتری‌ها

فاکتورهای باکتریایی مورد بررسی شامل شمارش کلی باکتری‌ها یا باکتری‌های غیور کاظمی هتروتروف، شمارش کلی‌فرم‌ها و شمارش کلی‌فرم‌های مدفوعی بوده است. نمونه‌ها ابتدا با استفاده از فیلتر میلی پور با منافذ ۰/۴۵ میکرون صاف شده و کاغذ صافی حاوی نمونه فیلتر شده،

در محیط‌های کشت مناسب قرار داده شد. جهت شمارش کلی باکتری‌ها، از محیط پلیت کانت آگار استفاده شده و نمونه‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری شده و برای شمارش کلی فرم کل و کلی فرم مدفوعی کل از محیط کشت ECC (Ecc CHROMagar) کروم آگار استفاده شده و نمونه‌ها به‌ترتیب در دمای ۳۷ درجه و ۴۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری شدند (Alonso *et al.*, 1996; Alonso *et al.*, 1999; Agarwal and Govind, 2010; APHA, 2017).

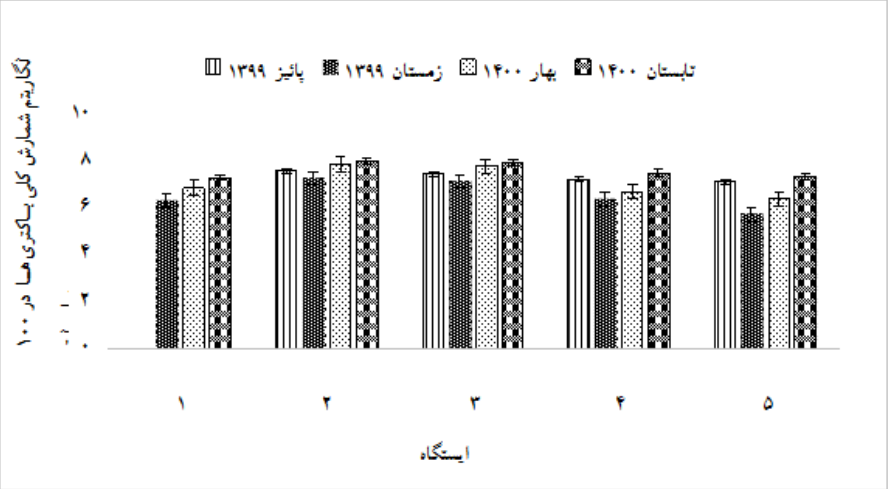
روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شده و پس از نرمال کردن داده‌ها (لگاریتم تعداد باکتری‌ها) و جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین مقادیر حاصل هر شاخص، از تست آنالیز واریانس یک طرفه استفاده گردید. در صورت مشاهده اختلاف معنی‌دار جهت آزمون تعقیبی از آزمون توکی استفاده شد (نصیری، ۱۳۸۸).

نتایج

شمارش کلی باکتری‌ها

نتایج میانگین و انحراف معیار شمارش کلی باکتری‌ها در فصول و ایستگاه‌های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار شمارش کلی باکتری‌ها در فصول پاییز ۱۳۹۹، زمستان ۱۳۹۹، بهار ۱۴۰۰ و تابستان ۱۴۰۰ در ایستگاه‌های ۵ گانه به‌ترتیب ۷/۳۰±۰/۲۲، ۶/۵۴±۰/۶۳، ۷/۰۸±۰/۶۷، ۷/۵۸±۰/۳۲ تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده است. لگارتیم تعداد باکتری‌ها در فصل تابستان ۱۴۰۰ و زمستان ۱۳۹۹ به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار بودند. تعداد باکتری‌های مذکور در ایستگاه‌های ۲ و ۳ در تمامی فصول بیشتر از سایر ایستگاه‌ها دیگر بوده ($p\leq۰/۰۵$) و ایستگاه ۵ (پشت سد ژاوه) نسبت به سایر ایستگاه‌ها از شمارش کلی پایین‌تری برخوداری بوده است. میانگین تغییرات فصول مختلف با فصل زمستان ۱۳۹۹ معنی‌دار بوده است ($p\leq۰/۰۵$).

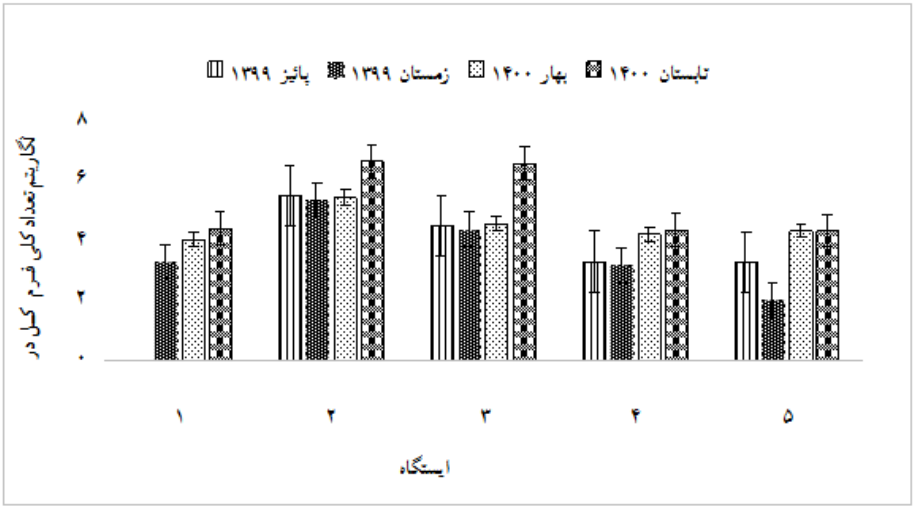


شکل ۲: تغییرات لگاریتم شمارش کلی باکتری‌ها (واحد تشکیل کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در ایستگاه‌ها و فصول مختلف حوضه آبریز سد ژاوه سنندج (۱۴۰۰-۱۳۹۹)

Figure 2: Changes in the logarithm of the total count of bacteria (CFU/100ml) in different stations and seasons of the catchment area of Javah Sanandaj, dam (2020-2021)

شمارش کلی‌فرم‌ها

نتایج میانگین و انحراف معیار لگاریتم شمارش کلی فرم‌ها در فصول و ایستگاه‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار کلی‌فرم‌ها در فصول پاییز ۱۳۹۹، زمستان ۱۳۹۹، بهار ۱۴۰۰ و تابستان ۱۴۰۰ در ایستگاه‌های مورد بررسی به‌ترتیب ۰۷/±۴/۱۱، ۱/۲۷±۳/۶۱، ۰/۵۵±۴/۴۸ و ۱/۲۲±۵/۲۳ واحد تشکیل کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده است. لگاریتم تعداد کلی‌فرم‌ها در فصل تابستان ۱۴۰۰ و زمستان ۱۳۹۹ به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار بوده است ($p\leq$۰/۰۵). به طور کلی، تعداد باکتری‌های گروه کلی‌فرم در ایستگاه‌های ۲ و ۳ و در برخی از موارد ایستگاه ۴ (در تمامی فصول) از سایر ایستگاه‌ها بیشتر بوده است. مقدار آلودگی گزارش شده برای زمستان ۹۹ در ایستگاه ۵ کمتر از ایستگاه ۴ است. همچنین مقدار آلودگی بهار ۱۴۰۰ ایستگاه ۱ کمتر از ایستگاه ۴ و ۵ است.

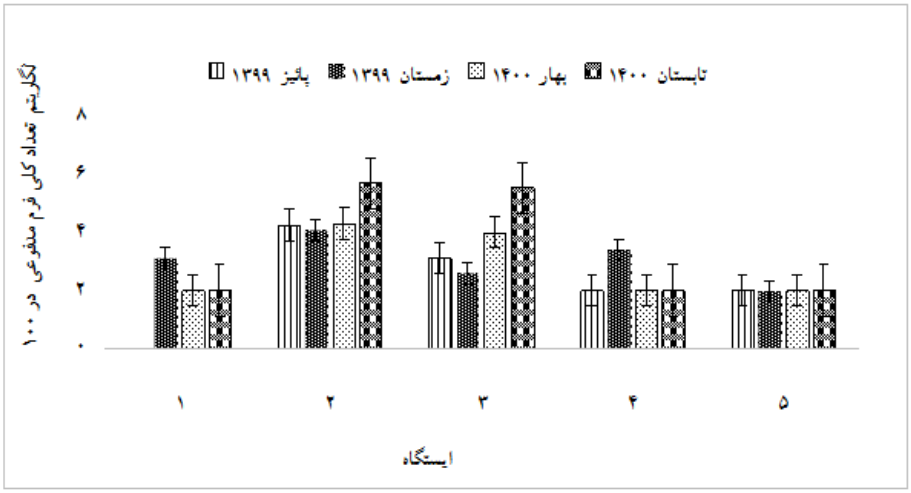


شکل ۳: تغییرات لگاریتم شمارش کلی فرم‌ها (واحد تشکیل کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در ایستگاه‌ها و فصول مختلف حوضه آبریز سد ژاوه سنندج (۱۴۰۰-۱۳۹۹)

Figure 3: Changes in the logarithm of the total count of forms (CFU/100ml) in different stations and seasons in the catchment area of Javeh Dam, Sanandaj (2020-2021)

شمارش کلی‌فرم‌های مدفوعی

نتایج میانگین و انحراف معیار تعداد کلی‌فرم‌های مدفوعی در فصول و ایستگاه‌های مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار تعداد کلی فرم‌های مدفوعی در فصول پاییز ۱۳۹۹، زمستان ۱۳۹۹، بهار ۱۴۰۰ و تابستان ۱۴۰۰ به‌ترتیب ۱/۰۷±۲/۸۴، ۰/۷۹±۳/۰۴۲، ۱/۱۸±۲/۸۶ و ۱/۹۸±۳/۴۴ تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده است. لگاریتم تعداد کلی‌فرم‌های مدفوعی در فصل تابستان ۱۴۰۰ و پاییز ۱۳۹۹ به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار بوده است. بیشترین بار آلودگی کلی‌فرم مدفوعی در ایستگاه‌های ۲ و ۳ در تمامی فصول مشاهده گردید (به‌جز آلودگی زمستان ۹۹ که در ایستگاه‌های ۱ و ۴ بیشتر از ایستگاه‌های ۲ و ۳ است) که در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بوده است ($p\leq$۰/۰۵). کمترین آلودگی مربوط به ایستگاه ۵ بوده است ($p\leq$۰/۰۵). میانگین تغییرات لگاریتم کلی‌فرم های مدفوعی در فصول مختلف معنی‌دار نبوده است ($p>$۰/۰۵).



شکل ۴: تغییرات لگاریتم شمارش کلی فرم‌های مدفوعی (واحد تشکیل کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در ایستگاه‌ها و فصول مختلف حوضه آبریز سد ژاوه سنندج (۱۳۹۹-۱۴۰۰)

Figure 4: Changes in the logarithm of the count of fecal coliforms (CFU/100ml) in different stations and seasons in the catchment area of Javeh Dam, Sanandaj (2020-2021)

بحث

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که به طور کلی، جمعیت باکتری‌ها در ایستگاه‌های ۲ و ۳ بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بوده که علت آن نیز وجود مواد مغذی موجود در پساب تصفیه‌خانه شهرستان سنندج بوده است که در مجاورت ایستگاه ۲ و در فاصله نزدیک از ایستگاه ۳ قرار دارد (نصراله‌زاده ساروی و همکاران، ۱۴۰۱). عدم تصفیه کامل فاضلاب انسانی و متعاقب آن تخلیه به رودخانه، زمینه را برای رشد باکتری‌های مختلف فراهم کرده است. تخلیه بالایی از فاضلاب انسانی به رودخانه باعث افزایش بار آلودگی به‌خصوص باکتری‌های گروه کلی‌فرم مدفوعی و نیز *اشرشیا کلی* شده است. طبق اطلاعات به‌دست آمده، تصفیه‌خانه شهرستان سنندج به علت عدم کارآیی لازم، دارای عملکرد خوبی است و در واقع، رودخانه مستقیماً با فاضلاب انسانی در ارتباط است (نصراله‌زاده ساروی و همکاران، ۱۴۰۱). در مطالعات یعقوب‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی میکروب‌های شاخص و تخم نماتود در آبهای سطحی، زیرزمینی و پساب حوضه سد منگل (استان مازندران) و یعقوب‌زاده و صفری (۱۴۰۱) در ارزیابی تعیین کیفیت باکتریایی آب رودخانه های نسارود و خیرود در استان مازندران، حد مجاز کلی‌فرم کل و کلی‌فرم مدفوعی در آب سد به‌ترتیب ۱۰۰۰ و ۴۰۰ واحد تشکیل کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد. باکتری‌های گروه انتروباکتریاسه و باکتری شاخص *اشرشیا کلی* جزو فلور طبیعی دستگاه گوارش انسان بوده است و در هر گرم از مدفوع تا 10^{11} عدد از این باکتری وجود دارد و به‌واسطه تولید انواع ویتامین‌ها، دارای اهمیت خاصی در متعادل نمودن دستگاه گوارش هستند. ولی وجود آنها در آب نشان از آلودگی مدفوعی است. از این‌رو، به آنها «باکتری‌های شاخص» گفته می‌شود. همان‌طوری‌که در این مطالعه نشان داده شد، ایستگاه ۲ و ایستگاه ۳ که در ۳ کیلومتری ایستگاه ۲ واقع شده، آلوده به باکتری‌های گروه کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی بوده و از سویی، تعداد باکتری‌های هتروتروف در ایستگاه‌های مذکور بالا بوده است. شدت آلودگی به‌حدی بالا بوده که شاخه قشلاق رود فاقد خودپالایی لازم بوده و نتوانسته است، جمعیت باکتری‌ها را به طور معنی‌دار کاهش دهد. بعد از ایستگاه ۴ و تلاقی شاخه گاوه رود با شاخه قشلاق رود، جمعیت باکتری‌ها روند کاهشی داشته ولی رودخانه کماکان فاقد خودپالایی لازم بوده است. ایستگاه ۵ (شاخه سیروان پشت

سد)، در اکثر فصول، دارای کمترین آلودگی بوده و از ایستگاه ۱ که در بالاتر از تصفیه خانه قرار داشته، از وضعیت بهتری برخوردار بوده است. جمعیت باکتری‌های مورد مطالعه به‌خصوص کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های مدفوعی در ایستگاه‌های ۱ و ۵ در اکثر فصول در محدوده استانداردهای WHO و کشور کانادا برای آبهای سطحی بوده است [$۱۰^{۶}$ برای باکتری‌های هتروتروف، $۱۰^{۴}$ برای کلی‌فرم‌ها و $۱۰^{۲}$-۴×۱۰^{۲} $\times۱$ برای کلی فرم‌های مدفوعی (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)] (Uyttendaele *et al.*, 2015). در برخی از موارد، جمعیت باکتری‌های مورد بررسی در سایر ایستگاه‌های، در برخی از فصول، در محدوده استاندارد قرار داشته ولی در اکثر موارد، داده‌ها خارج از استانداردهای بین المللی بوده است. وجودی یزدی و همکاران (۱۳۸۴) کیفیت باکتریولوژیک و فیزیکوشیمیایی آب ورودی و خروجی سد طرق مشهد را مورد مطالعه قرار دادند و نتایج مطالعه آنها نشان داد که در اکثر نمونه‌ها، آلودگی آب به کلی‌فرم‌کل و کلی‌فرم مدفوعی بیش از ۱۶۰۰۰ بیشترین تعداد احتمالی در۱۰۰ میلی‌لیتر بوده است که در مقایسه با مطالعه حاضر آلودگی بیشتری داشته و بالاتر از حد استاندارد بوده است. در مطالعه غیور کاظمی و پیاده (۱۳۹۱) نتایج حاکی از آلودگی پائین آب سدشیروان به باکتری‌های شاخص شامل کلی‌فرم کل، اشرشیاکلی و استرپتوک مدفوعی بوده به‌طوری‌که قابل استفاده جهت آبیاری در آمور کشاورزی بوده است. در مطالعه Agarwal و Govind (۲۰۱۰) فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی دریاچه سد Tehri (هند) مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که حداکثر تعداد کلی‌فرم کل، کلی‌فرم مدفوعی و باکتری‌های هتروتروف در فصل تابستان و حداقل در زمستان مشاهده گردید. نتایج مطالعه مذکور با تحقیق حاضر مطابقت داشته و نشان از بالا بودن جمعیت باکتری‌ها در فصول گرم‌تر بوده است (به‌جز در بعضی مواقع آلودگی فصول سرد بالاتر از فصول گرم یا مساوی با آن است.) و تغییرات دمایی تعیین‌کننده جمعیت باکتری‌هاست. در مطالعه Augustyn و همکاران (۲۰۱۶) شاخص‌های میکروبی در رودخانه Wisloka (لهستان) طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۹ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که جمعیت کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های مدفوعی روند کاهشی داشته ولی جمعیت انتروکوک‌ها افزایشی بوده است. در تمام سال‌های مورد مطالعه، منشاء آلودگی ایجاد شده (به‌جز سال ۲۰۰۶)، انسان‌ساخت بوده است. در مطالعه Nguyen (۲۰۱۸) باکتری‌های شاخص مدفوعی و کربن آلی در رودخانه سرخ (ویتنام) مورد ارزیابی قرار گرفت. در مطالعه مذکور گزارش شده است که فاضلاهای شهری تصفیه نشده و پساب‌های صنعتی مهم‌ترین منابع کربن آلی و باکتری‌های مدفوعی در اکوسیستم‌های آبی هستند. نتایج میانگین تعداد کل کلی‌فرم در ۱۰ ایستگاه نشان داد که تعداد آنها ۳۹۱۰۰ کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده که در مقایسه با استاندارد کشور ویتنام (۵۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر) بسیار بیشتر بوده است. اختلاف معنی‌داری بین تغییرات فصلی برای تعداد باکتری‌های شاخص وجود داشته و در فصول بارانی، تعداد باکتری‌ها بیشتر بوده است. نتایج تحقیق مذکور با مطالعه حاضر کاملاً هم‌سو بوده و حاکی از تاثیر فاضلاب‌های تصفیه نشده بر افزایش جمعیت باکتری‌ها در رودخانه بوده است و از سویی، تاثیر تغییرات فصلی بر تغییرات میکروبی را نشان می‌دهد. در مطالعه Shornikova و Arslanova (۲۰۲۰) جمعیت میکروبی رودخانه Middle Ob (روسیه) طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۹ مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان داد که از مناطق ۵ گانه مورد مطالعه در مناطق غیر آلوده، باکتری‌های گرم‌مثبت غالب بوده و در مناطق نفتی، جمعیت باکتری‌های گرم منفی به طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر بوده است. از توزیع فصلی باکتری‌های مقاوم در رودخانه می‌توان به ماهیت و شدت آلاینده‌های انسان‌ساخت در رودخانه پی برد. در مطالعه Mushi و همکاران (۲۰۲۱) آلودگی مدفوعی آب رودخانه در حوزه آبریز منطقه گرمسیری اتیوپی مورد ارزیابی قرار گرفت. پارامترهای شاخص میکروبی شامل اشرشیاکلی، کلستریدیوم پرفرنجنس و انتروکوک‌ها در خاک و آب رودخانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که منشاء اصلی آلودگی «غیور کاظمی» باکتری‌های شاخص در رودخانه ناشی از فعالیت دام و انسان بوده است. نتایج

مطالعه مذکور با مطالعه حاضر هم‌خوانی داشته است و اثرات فاضلاب انسانی بر افزایش جمعیت باکتری‌های مختلف را نشان می‌دهد. در مطالعه Aminirad و همکاران (۲۰۲۱) توانایی خودپالایی رودخانه هراز طی فصول گرم و سرد مورد ارزیابی قرار گرفته است و منابع آلاینده رودخانه هراز اعم از فاضلاب‌های شهری، رستوران‌ها، فاضلاب‌های صنعتی و پساب مزارع پرورش ماهیان سردآبی در رودخانه هراز نیز مورد شناسایی قرار گرفت. براساس مدل‌های مورد استفاده، رودخانه هراز در بالادست دارای خودپالایی بیشتری در مقایسه با مناطق میانی و پایین دست بوده است. به لحاظ آلودگی بالاتر و وجود انواع مواد آلاینده در مناطق میانی و پائین دست، قدرت خودپالایی رودخانه کاهش داشته است به‌طوری‌که در ایستگاه‌های مجاور تصفیه‌خانه سنندج، به دلیل لود بالای مواد آلی و انواع آلاینده‌ها، رودخانه فاقد خودپالایی بوده است. در مطالعه Jozwiakowski و همکاران (۲۰۲۱) تاثیر آلاینده‌های انسان‌ساخت بر کیفیت آب رودخانه Ciemiega (کالیفرنیا) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد آلودگی رودخانه خارج از دامنه استاندارد بوده که علت آن نیز ورود فاضلاب‌های روستایی ناشی از مزارع کشاورزی و ورود پساب از مناطق کشاورزی بوده است. در مطالعه حاضر بیشترین منبع آلوده‌کننده رودخانه، فاضلاب تصفیه نشده شهرستان سنندج بوده که دارای بیشترین تاثیر بوده است ولی نمی‌توان سایر منابع آلاینده نظیر فاضلاب ناشی از انواع دام‌ها، انواع سموم و کودهای حاصل از فعالیت های کشاورزی، شستشوی و فرسایش خاک و ... را نیز نادیده گرفت.

در این مطالعه با توجه به نقص سیستم تصفیه‌خانه در شهرستان سنندج، روند آلودگی ایستگاه‌های ۲ و ۳ بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بود که به دلیل ورود بی‌رویه فاضلاب انسانی است. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد ضمن اتخاذ تصمیمات لازم جهت بهینه‌سازی سیستم تصفیه‌خانه، مطالعه مجدد جهت ارزیابی کیفی رودخانه صورت پذیرد.

منابع

دانیالی، س.ر.، محمدی ایدغمیش، ف. و ابوالحسنی، ع.، ۱۳۸۹. عوامل مؤثر بر تغییرات کیفی آب دریاچه سد خمیران. چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. آبان ۱۳۸۹دردانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست. صفحه ۲۱.

شرکت خدمات مهندسی برق مشانیر. ۱۳۹۷. مطالعه پالایش کیفی سد ژاوه. گزارش شرکت خدمات مهندسی برق مشانیر، مجموعه طراحی و چاپ میم گرافیک تهران، ۹۲ صفحه.

غیور کاظمی ، م. و پیاده، ف.، ۱۳۹۱. تشخیص و معرفی پاتوژن های موجود در مخازن آب سدها. ششمین همایش ملی مهندسی محیط زیست. آبان ۱۳۹۱در دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، صفحه ۴۹.

نصراله‌زاده ساروی، ح.، پورنگ، ن.، صفری، ر.، نادری م.، واحدی، ف.، نصراله تبار، ع.، مخلوق، آ.، کیهان ثانی، ع.، رضائی، م.، دریانبرد، غ.، فیروزکندیان، ش.، فاضل، ع.، داودی، ا.، احمدنژاد، ا.، حسن نیاکلاگر، ح.، آذینی، م.ر.، بینائی، م. و یونسی پور ح.، ۱۴۰۱. بررسی پارامترهای کیفی آب و رسوبات سرشاخه‌های قشلاق و گاوه رود (سنندج-کردستان) و نقش آن در پیش بینی پدیده تغذیه گرایی سد ژاوه. گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۷۵ صفحه.

نصیری، ر.، ۱۳۸۸. آموزش گام به گام SPSS نسخه ۱۷. مرکز فرهنگی نشر گستر، تهران، ۳۴۴ صفحه.

وجودی یزدی، ز.، کته شمشیری، ت. و محمد خانی، ع.، ۱۳۸۴. بررسی کیفیت باکتریولوژیکی و فیزیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی آب ورودی و خروجی سد طرق مشهد در سال ۸۴-۱۳۸۳. هشتمین همایش ملی بهداشت محیط تهران. آبان ۱۳۸۴در دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران. صفحه ۶۷.

یعقوب زاده، ز.، نگارستان، ح.، رامین، م.، نصراله زاده ساروی، ح.،سعیدی،ع.ا.، زاهدی، آ.، حبیبی، ف. و محمودی، ح.ر.، ۱۳۹۳. بررسی میکروب‌های

شاخص و تخم نماتود در آب‌های سطحی، زیرزمینی و پساب حوضه سد منگل (استان مازندران). گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۴۷ صفحه.

یعقوب زاده، ز.، رامین، م.، نصراله زاده ساروی، ح.، پورغلام، ر.، مخلوق، آ.، صفری، ر.، قیاسی، م.، بهروزی، ش.، مقیم، م.، رمضانی، ح.، قانعی، م.، ابراهیم زاده، م. و عرب احمدی، ع.ا.، ۱۳۹۴. بررسی کمی وکیفی اندیکاتورهای میکروبی دریاچه پشت سد شهید رجایی استان مازندران (ساری). گزارش نهایی، انتشارات مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۴۷ صفحه.

یعقوب‌زاده، ز.، صفری، ر.، ۱۴۰۱. تعیین کیفیت باکتریایی آب رودخانه‌های نسارود و خیرود استان مازندران در زمان رهاسازی ماهیان سفید. مجله علمی شیلات ایران، ۳۱(۲): ۴۹-۳۹ . DOI 10.22092/ISFJ.2022.127186

Aenab, A.M. and Singh, S.K., 2015. Critical assessment of river water quality and wastewater treatment plant (WWTP). *International Journal of Advanced Research*, 3(1): 405-411.

Agarwal, A. K. and Govind, S.R., 2010. Physico-Chemical and microbiological study of Tehri Dam eservoir, Garhwal Himalaya, India. *Journal of American Science*, 6(6): 65-71.

Akbar, S., Nazir, A. and Shah, S.A., 2022. Analysis of physico-chemical and microbiological parameters of Rawal and Khanpur Dams. *International Journal of Scientific Research in Chemical Sciences*, 9(2): 1-7.

Alonso, J. L. Amoros, I. Chong, S. and Garelich, S., 1996. Quantitative determination of Escerichia coli in water using CHROMagar E. coli. *Journal of Microbiolgical Methods*, 25: 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

Aminirad, H. Abessi, O. Golbabaei Kootenaei, F. Mirrezaei, M.A. Taghizade Firozjaee,T. Saeidi, P. and Darvishi, G., 2021. Investigation of self-purification capacity and water quality of Haraz river during dry and wet season. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 8(1), pp.21-27. DOI: 10.22126/ARWW.2021.6175.1201

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.

Augustyn, L. Babula, A. Joniec, J. Stanek-Tarkowska, S. Hajduk, E. and Kaniuczak, J., 2016. Microbiological indicators of the quality of river water, used for drinking water supply. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(2): 511-519. DOI: 10.15244/pjoes/60899.

Elahcene, O., El-Azim, A. and Aidoud, A., 2019. Physico-chemical and bacteriological analysis of water quality in different types of water from the Ain Zada Dam of Bordj Bou Arreridj (Algeria). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 23(3), 423-439.

Helmer, R. and Ivanildo, H., 1997. Water pollution control - a guide to the use of water quality management principles. World Health Organization E & FN Spon, 459 P.

Iliev, I., Kostadinova, S., Marhova, M., Hubenova, T. and Zaikov, A., 2015. Microbial status of dospat dam lake, bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(1): 33-39.

Jozwiakowski, K. Listosz, A. Micek. A. Marzec. M. Gizińska-Górna, M. Rybczyńska-Tkaczyk, K. Bohacz, J. Wójcik, M. Brodowska, N. 2021. Assessment of the influence of anthropogenic pollution on water quality of the Ciemięga river. *Journal of Ecological Engineering*, 22(5): 143–155. DOI: 10.12911/22998993/135776

Mushi, D., Kebede, G., Linke. R.B., Lakew, A., Hayes, D.S., Graf, W. and Farnleitner, A.H., 2021. Microbial fecal pollution of river water in a watershed of tropical Ethiopian highlands is driven by diffuse pollution sources. *Journal of Water and Health*, 19(4): 575-591.

Nguyen, H.T.M., 2018. Fecal indicator bacteria and organic carbon in the Red River, Viet Nam: measurements and modeling. PhD. Dissertation, Vietnamese Academy of Science and Technology.198 P.

Owili, M.A., 2003. Assesment of impact of sewage effluents on coastal water quality in Hafnarfjordur, Iceland. The United Nations Fishery Training Program, Final Report, 39 P.

Safari, R. and Yaghoubzadeh, Z., 2013. Bacterial Bioindicators in Shirood River in Mazandaran Province. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 23(98): 289-299.

Shornikova, E. and Arslanova, M., 2020. The experience of application of microbiological indicators in monitoring procedures of aquatic ecosystems in the Middle Ob basin. Paper presented at the Innovative Technologies in Science and Education (ITSE-2020), Divnomorskoe village, Russian Federation, 19-30 August, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202021007013.

Uyttendaele, M., Jaykus, L.A., Amoah, P., Chiodini, A., Cunliffe, D., Jacxsens, L., Holvoet, K., Korsten, L., Lau, M., McClure, P. and Medema, G., 2015. Microbial hazards in irrigation water: standards, norms, and testing to manage use of water in fresh produce primary production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(4): 336-355. DOI:10.1111/1541-4337.12133.

Evaluation of indicator bacteria distribution in the headwaters of the Qeshlaq and Gawh Roud rivers of the Javah dam in Kurdistan Province

Safari R.[1*]; Yaghoubzadeh Z.[1]

*safari1351@gmail.com

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

Abstract

Evaluation of microbial indicators of water resources such as rivers, seas, and dams is important because these microorganisms can change the quality and sanitary of water and also affect the quantitative and qualitative changes of other organisms. In this study, the distribution of indicator bacteria including heterotrophic bacteria, coliforms, and fecal coliforms was investigated in the headwaters of the Qeshlaq and Gawh Roud rivers of the Javah dam in Kurdistan Province. The investigated stations include upstream of the Qeshlaq, Qeshlaq river branch 1, Qeshlaq river branch 2, Gaveh Roud branch, and Sirvan branch. The results showed that the mean and standard deviation of the heterotrophic bacteria in autumn 2020, winter 2021, spring 2021, and summer 2021 in five stations were 7.300±0.22, 6.54±0.63, 7.08±0.67, 7.58±0.32 CFU/100 mL, respectively, the coliform count was 4.11±1.07, 3.61±1.27, 4.48±0.55, 5.23±1.22 CFU/100 mL, respectively, and the counting fecal coliforms count was 2.84±1.07, 3.042±0.79, 2.86±1.18, 3.44±1.98 CFU/100 mL, respectively. The pollution of the river exceeded the standard range, which is caused by the inflow of rural sewage from agricultural fields and the inflow of sewage from agricultural areas. In this research, the most polluting resources of the Qeshlaq and Gaveh Roud rivers were the untreated sewage of Sanandaj city, but other contamination resources such as sewage from livestock, various poisons, and fertilizers resulting from the agricultural activities, washing, and soil erosion cannot be ignored. One of the suggested solutions to reduce the number of indicator bacteria from the Qeshlaq river is optimizing the sewage treatment plant process and completing its construction and equipment.

Keywords: Indicator bacteria, Qeshlaq and Gaveh Roud rivers, Javah dam, Kurdistan Province

*Corresponding author