



وزارت نیرو

شرکت مدیریت منابع آب ایران

شرکت آب منطقه‌ای مازندران

گروه تحقیقات و پژوهش‌های کاربردی

خلاصه گزارش طرح:

**پایش و پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه با استفاده از شاخص‌های متفاوت کیفی
(مطالعه موردی: رودخانه تجن)**

کد طرح:

MAE-91014

پژوهشگر:

دکتر گیتی فرقانی تهرانی

داور طرح:

مهندس مهرداد قلینژاد

تاریخ انتشار:

۱۳۹۶

پروژه ارزیابی اثربخشی و مستندسازی پروژه‌های تحقیقاتی

شناسنامه طرح

این گزارش نتیجه اجرای طرح تحقیقاتی با عنوان «پایش و پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه با استفاده از شاخص‌های متفاوت کیفی (مطالعه موردی: رودخانه تجن)» می‌باشد که پیشنهاد انجام آن پس از داوری و بررسی در جلسه شماره ۸ مورخ ۹۱/۸/۲۵ کمیته تحقیقات آب منطقه‌ای مازندران مورد تایید قرار گرفت.

قرارداد این طرح در تاریخ ۹۳/۰۴/۱۶ به شماره ۹۸۳۸/۵۰۰ بین شرکت آب منطقه‌ای مازندران به‌عنوان کارفرما و دانشگاه صنعتی شاهرود به‌عنوان مجری (مشاور) تنظیم و با حمایت و پشتیبانی مالی از محل طرح‌های عمرانی (تملك دارایی و سرمایه‌ای) شرکت آب منطقه‌ای مازندران انجام شده و در تاریخ ۹۶/۱۱/۱۸ خاتمه یافته است.

پژوهشگر این طرح **دکتر گیتی فرقانی تهرانی** بوده، داوری نهایی طرح توسط **مهندس مهرداد قلی‌نژاد** انجام گردیده است.

گروه تحقیقات کاربردی
شرکت آب منطقه‌ای مازندران

نواحی و از سوی دیگر افزایش بارش و دبی رودخانه در طی این دوره، عامل اصلی این وضعیت بوده است. شاخص مدیریتی Said وضعیت کیفی پایداری را در دوره‌های نمونه‌برداری برای رودخانه تجن نشان می‌دهد. به گونه‌ای که تمام نمونه‌ها را رده کیفی بد طبقه‌بندی می‌کند. شاخص Said حداقل کیفیت آب رودخانه تجن را در نواحی پایین‌دست، در ایستگاه آنتی‌بیوتیک‌سازی در اردیبهشت‌ماه و حداکثر کیفیت را در ایستگاه ارتفاعی سلیمان‌تنگه در آبان‌ماه نشان می‌دهد. بررسی‌های زمانی نشان داد، غلظت پارامترهای کیفی در بسیاری از ایستگاه‌های نمونه‌برداری، در طول دوره‌های پرباران و مرطوب (آذر، دی و اسفند) نسبت به دوره‌های گرم (اردیبهشت، تیر و شهریور) سریعاً به مقادیر بالاتر از حد مجاز استانداردهای کیفی افزایش یافته و تنزل کیفی آب را به دنبال دارد. بررسی‌های مکانی نیز تغییرات وسیع مقدار عددی پارامترهای کیفی و کاهش کیفیت آب رودخانه در نواحی میانی و پایین‌دست حوزه آبریز رودخانه تجن است. از این رو می‌توان نتیجه گرفت بارگذاری جمعیت، فعالیت‌های شهری و صنعتی متنوع در حوزه آبریز رودخانه تجن، کارگاه‌های شن و ماسه، استخرهای پرورش ماهی، زمین‌های زراعی و کودهای شیمیایی و سموم گیاهی مصرفی در آن و توسعه شهری، اصلی‌ترین منابع آلاینده رودخانه بوده و رودخانه به واسطه عوامل مذکور در بیشتر مسیر جریان خود فاقد توان خودپالایی بوده و حتی ریزش‌های جوی، افزایش دبی و حجم آب رودخانه و رقیق‌شدگی آب در برخی از بازه‌های زمانی، تاثیری بر بهبود کیفی آب رودخانه ندارد.

کلید واژه‌ها: رودخانه تجن، پهنه‌بندی کیفی، شاخص NSFQI، شاخص BCWQI، شاخص مدیریتی سید

مقدمه

رودخانه‌ها جزء کوچکی از آب‌های جاری جهان هستند. با این وجود از اجزای حیاتی هیدرولوژیک محسوب می‌شوند و سالانه ۳۷-۳۲ متر مکعب آب به اقیانوس‌ها منتقل می‌کنند (ابراهیم‌نژاد، ۱۳۸۴). همچنین از منابع اساسی تامین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت مطرح می‌باشند. این منابع با توجه به تغییرات اقلیمی اخیر، توسعه اراضی شهری و روستایی همواره در معرض آلودگی ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه حاصل از لندفیل‌های زباله، رواناب‌ها و پساب‌های سطحی و غیره بوده که موجب محدودیت

کمی و کیفی این منابع می‌گردد (Enrique et al., 2007). با فرض آن‌که مکانیزم‌های طبیعی نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خودپالایی رودخانه سهم عمده در کنترل و یا تشدید این غلظت‌ها خواهند داشت؛ اولین قدم در تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها، کسب آگاهی از تغییرات کیفی آب رودخانه‌ها در ابعاد زمان و مکان و همچنین مشخص نمودن منابع اصلی و انواع آلاینده‌ها است. پایش کیفی منابع آب، ابزاری جهت تعیین مشکلات ناشی از عوامل طبیعی و یا فعالیت‌های انسانی بر روی منابع آب، تخمین اثرات آبی، کوتاه‌مدت و بلندمدت آن است (رحمانی، ۱۳۸۱). تضاد آشکار بین محدودیت منابع آب و نیاز مصرفی روزافزون جوامع، استمرار اقدامات پایش و کنترل را ضروری می‌نماید. با توجه به ضرورت انجام مطالعات پایش و پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها در کشور، بررسی و پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه تجن مورد توجه قرار گرفت.

مطالعات پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها، امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته در بخش مدیریت منابع آب نهادینه شده و زمینه‌ساز مدیریت صحیح کیفیت آب رودخانه‌ها شده است. پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه اولین و مهم‌ترین مرحله در مدیریت کیفیت آب است؛ چرا که دید تحلیل‌گر را نسبت به روند و چگونگی تغییرات آلودگی نسبت به زمان، مکان و شرایط خاص روشن می‌سازد. با توجه به ضرورت انجام مطالعات پایش و پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها در کشور، بررسی و پهنه‌بندی کیفی رودخانه تجن مورد توجه قرار گرفت. وجود مراکز مهم جمعیتی، صنایع و کشاورزی در اطراف این رودخانه و شرایط باران منطقه بر اهمیت موضوع می‌افزاید.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به منظور شناسایی تاثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی، صنعتی، کشاورزی و مراکز مسکونی بر کیفیت آب رودخانه تجن واقع در استان مازندران، ابتدا اطلاعات اولیه حوضه آبریز تجن، شامل نقشه‌های موقعیت مکانی، مرز زیرحوضه‌ها، وضعیت زمین‌شناسی، موقعیت رودخانه‌ها، خطوط توپوگرافی، وضعیت زیرحوضه‌ها، موقعیت ایستگاه‌های آبنسجی و بارانسجی و همچنین گزارشات و سوابق مطالعات پیشین از آرشیو دفتر مطالعات سازمان آب منطقه‌ای مازندران اخذ شده است. سپس طرح مورد مطالعه به شرح ذیل دنبال شد:

- ۱- تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری منتخب (۱۵ ایستگاه).
- ۲- انجام نمونه‌برداری در ماه‌های شهریور، آبان، آذر، دی، اسفندماه ۱۳۹۳، اردیبهشت و تیرماه ۱۳۹۴ (۷ دوره زمانی) و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه
- ۳- اندازه‌گیری و سنجش پارامترهای کیفی بر اساس استاندارد متد آمریکا (APHA, ۲۰۰۲)، شامل هدایت الکتریکی (EC)، مقدار کل جامد محلول (TDS)، مقدار کل جامد (TS)، دمای آب، pH، غلظت عناصر کمیاب نیترات و فسفات، میزان اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD)، میزان اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD₅) و تعداد کلی فرم مدفوعی.
- ۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFWQI, BCWQI و مدیریتی Said.
- ۵- ورود داده‌ها به محیط ArcGIS، پهنه‌بندی کیفی بر اساس شاخص‌ها و تهیه نقشه‌های نهایی.

نتایج و بحث

منطقه مورد مطالعه، حوزه آبریز رودخانه تجن است. رودخانهی تجن (گرماب‌رود) از بهم پیوستن سرشاخه‌های متعددی تشکیل شده و از کوه‌های هزارجریب و چشمه‌سارهای دهستان پشتکوه سرچشمه گرفته، پس از عبور از شهر ساری در فرح‌آباد به دریای خزر می‌ریزد. مسیر این رودخانه از سرچشمه تا ۸ کیلومتری جنوب شهر ساری کوهستانی و پس از این نقطه جلگه‌ای می‌گردد. این رودخانه از سه شاخه اصلی تشکیل یافته است. شاخه زارم رود (ظالم‌رود) در شرق حوضه آبریز، شاخه اصلی تجن در مرکز و شاخه سفید رود در جنوب‌غربی حوضه واقع شده است. شاخه اصلی تجن از دامنه شمالی کوه ۳۷۲۸ متری شادر واقع در ۶۰ کیلومتری بهشهر سرچشمه گرفته، در روستای شپرت با شاخه‌های اولیه دیگر تلاقی نموده و از این نقطه به نام تجن نامیده می‌شود، سپس رودخانه مذکور در جهت غربی از میان دره‌های تنگ و باریک گذشته و شاخه‌های کوچکی بنام فک‌بن، ستور، آب تیرجاری، روشن‌آباد و سادات محله را دریافت می‌کند و در روستای تازه‌آباد با شاخه سفیدرود تلاقی می‌کند تا این محل آنرا رودخانه چهاردانگه هم می‌نامند. از این محل رود تجن به طرف شمال تغییر مسیر داده و در روستای بالاکولا واقع در ۱۶ کیلومتری ساری با زارم‌رود تلاقی می‌کند. در حوالی روستای تنگ‌لته رودخانه از دره‌های عمیق کوهستانی خارج شده و وارد جلگه ساری می‌گردد.

حوضه آبریز این رودخانه وسعتی معادل ۴۱۴۷ کیلومترمربع در مقطع ورود به دریا و محیطی بیش از ۴۰۰ کیلومتر را در برمی‌گیرد. شیب متوسط رودخانه ۱/۷۳۵ در هزار است. مرتفع‌ترین ارتفاعات این

حوضه بالغ بر ۳۷۰۰ متر است. رژیم رودخانه از نظر هیدرولوژیکی بارانی، برفی با جریانی دائمی و پایدار ولی با دبی‌های متغیر فصلی است.

رودخانه تجن به‌عنوان یکی از رودخانه‌های دائمی و شریان پرآب کشور، با توجه به موقعیت منابع آلاینده پیرامون خود، از جمله زه‌آب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های خانگی، پساب‌های صنعتی، تصرفات غیرمجاز و برداشت‌های بی‌رویه شن و ماسه از بستر آن به شدت از لحاظ کیفیت آب دچار تغییرات واقع شده است. چنانچه بر اساس سوابق مطالعاتی، آب رودخانه در بالادست از کیفیت بسیارخوب تا مطلوب به کیفیت بعضاً نامطلوبی در قسمت‌های پایین دست تغییر می‌یابد.

کیفیت شیمیایی آب رودخانه در طبقه‌بندی مصارف کشاورزی، در بخش‌های بالایی و میانی دشت بسیار خوب با هدایت الکتریکی کمتر از ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شده؛ اما در بخش‌های پایانی دارای تنزل کیفیت است، گرچه محدودیت چندانی برای کشت‌های متداول ایجاد نمی‌کند.

شاخص‌های کیفی آب، ابزار مدیریتی قوی جهت تعیین مسایل آلودگی و تخمین اثرات آنی، کوتاه‌مدت و بلندمدت است (رحمانی، ۱۳۸۱). اطلاعات خام حاصل از پایش کیفی منابع آب با استفاده از روابط ریاضی خاص هر شاخص به یک مقیاس عددی قابل درجه‌بندی کیفی تبدیل می‌شوند. شاخص‌ها در واقع اعداد منفردی هستند؛ که از دو یا چند نماینگر زیست‌محیطی به‌دست می‌آیند. دو فرم اصلی و ابتدایی برای شاخص‌های زیست‌محیطی وجود دارد.

الف) شاخص آلودگی (مقیاس افزایشی): شاخص‌هایی نظیر BCWQI و Liou که با افزایش آلودگی، عدد شاخص آن‌ها افزایش می‌یابد.

ب) شاخص کیفی (مقیاس کاهش‌ی): شاخص‌های OWQI، CWQI، NSFQI که با افزایش آلودگی، عدد شاخص کاهش می‌یابد.

شاخص NSFQI از پرکاربردترین شاخص‌ها جهت طبقه‌بندی کیفیت آب‌های سطحی می‌باشد؛ این شاخص در حدود سال ۱۹۷۰ توسط بنیاد ملی بهداشت آمریکا^۱ توسعه یافت و برای مونیتورینگ تغییرات کیفیت آب و مقایسه کیفی منابع آب در یک ناحیه و حتی سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. براون و همکاران در ابتدا حدود ۳۵ پارامتر آلودگی را معرفی کرده و سپس براساس نظر افراد متخصص، ۹ پارامتر را برای ایجاد شاخص اصلی انتخاب کردند (جدول ۱). با اندازه‌گیری پارامترهای

1- National Sanitation foundation

کیفی لازم، مقدار زیرشاخص هر یک از پارامترها از روی منحی‌های تبدیل به‌دست می‌آیند. با استفاده از مقدار کمی پارامتر و منحی‌های استاندارد، سطح کیفی آب از صفر تا صد تقسیم‌بندی می‌شود (جدول ۲). در واقع هر یک از زیر شاخص‌های ارزیابی شده از منحی‌های مربوطه در فاکتور وزنی خود ضرب شده و از حاصل جمع آن‌ها طبق رابطه ۱ شاخص NSFQI محاسبه می‌گردد:

$$\text{NSFWQI} = \sum_{i=1}^n (W_i * I_i) \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن، NSFQI شاخص کیفیت آب با مقدار متغیر از صفر تا صد (جدول ۲)، W_i وزن یا درجه اولویت عامل از ۰ تا ۱ (جدول ۱)، I_i کیفیت پارامتر از ۰ تا ۱۰۰ (منحی‌های شاخص) است (شمسایی و همکاران، ۱۳۸۴).

جدول ۱- پارامترهای مورد بررسی و روش اندازه‌گیری آن‌ها بر اساس استاندارد متد APHA و وزن آنها در شاخص NSFQI

متغیر نمونه‌برداری	نام اختصاری	وزن پارامتر	روش اندازه‌گیری
اکسیژن موردنیاز زیستی	BOD ₅	۰/۱۱	روش بطری BOD و یدرومتری وینکلر
اکسیژن محلول در آب	DO	۰/۱۷	با استفاده دستگاه DO متر پرتابل مدل SENSION6
اسیدیته	pH	۰/۱۱	الکتروود pH متر
کدورت	Turbidity	۰/۰۸	کدورت‌سنجی به روش نفلومتری
کل جامدات	TS	۰/۰۷	روش وزن‌سنجی
درجه حرارت آب	T	۰/۱۰	ترمومتر دیجیتال
فسفات	PO ₄	۰/۱۰	اسپکتروفوتومتری
نیترات	NO ₃	۰/۱۰	اسپکتروفوتومتری
کلی‌فرم مدفوعی	FC	۰/۱۶	استاندارد صافی‌های غشایی و با دستگاه پمپ خلا یا روش ۹ MPN لوله‌ای

شاخص آلودگی BCWQI به‌عنوان یک شاخص افزایشی، در سال ۱۹۹۵ توسط وزارت محیط زیست، پارک‌ها و زمین کانادا برای ارزیابی کیفیت آب ایجاد شد. در این روش، پارامترهای کیفی آب با یک معیار معین سنجیده شده و میزان تخطی از آن تعیین می‌گردد. این حد می‌تواند رهنمودهای

توصیه شده برای حفظ قابلیت بهره‌برداری آب در طراحی موردنظر و یا هر استاندارد دیگری که میزان مصارف مختلف آب در آن مطرح است؛ را در برگیرد. بنابراین یکی از مزایای این روش استفاده از استانداردهای هر حوزه، منطقه و یا کشور است و این امکان را می‌دهد تا براساس تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده موجود در هر استاندارد، طبقه‌بندی کیفی صورت گیرد. برای محاسبه شاخص نهایی از رابطه ۲ استفاده می‌شود.

جدول ۲- طبقه‌بندی شدت آلودگی رودخانه براساس شاخص NSFQI

NSFWQI	توصیف	رده کیفی	علائم رنگی
۹۱-۱۰۰	عالی	A	آبی
۷۱-۹۰	خوب	B	سبز
۵۱-۷۰	متوسط	C	زرد
۲۶-۵۰	بد	D	نارنجی
۰-۲۵	خیلی بد	E	قرمز

$$\text{BCWQI} = \left[\sqrt{\left(F_1^2 + F_2^2 + \left(\frac{F_3}{3} \right)^2 \right)} \right] / 1.453 \quad \text{رابطه ۲:}$$

که در آن، F_1 : درصد پارامترهایی که از حد تجاوز نموده‌اند، F_2 : تعداد دفعاتی که در مجموع اندازه‌گیری‌ها از حد معین تجاوز کرده‌اند، F_3 : ماکزیمم تخطی از حد استاندارد است.

$$100 / [\text{مقدار اندازه‌گیری شده} / (\text{حد ماکزیمم مجاز} - \text{مقدار اندازه‌گیری شده})] = \text{درصد تخطی}$$

باید توجه داشت که هرگاه مقدار برداشت شده، کمتر از حداقل مجاز باشد؛ می‌بایست از رابطه زیر برای به‌دست آوردن درصد تخطی استفاده شود.

$$100 / [\text{مقدار اندازه‌گیری شده} / (\text{مقدار اندازه‌گیری شده} - \text{حد ماکزیمم مجاز})] = \text{درصد تخطی}$$

عدد ۱/۴۵۳ برای حصول اطمینان از رسیدن ماکزیمم عدد شاخص BCWQI به عدد انتخاب شده است. نکته مهمی که دقت شاخص BCWQI را بالا می‌برد، تکرار نمونه‌برداری و افزایش تعداد ایستگاه‌های برداشت است. در مورد معایب این روش باید گفت که این شاخص، روند کیفی آب را تا زمانی که از حدود استاندارد تجاوز نکرده باشد، نشان نمی‌دهد. همچنین به علت استفاده از ماکزیمم تخطی (F_3)، مشخص نمی‌شود که چه تعداد از برداشت‌ها در حدود بالای حد ماکزیمم استاندارد واقع شده‌اند. جدول ۳ پارامترهای مورد بررسی و روش اندازه‌گیری آنها در ارزیابی شاخص BCWQI ارائه شده است. در جدول ۴ حالات کیفی بر اساس مقدار شاخص BCWQI آورده شده است (Lands and Parks, 1996).

جدول ۳- پارامترهای مورد بررسی در شاخص BCWQI و روش اندازه‌گیری آنها بر اساس استاندارد متد APHA

متغیر نمونه‌برداری	نام اختصاری	روش اندازه‌گیری
اکسیژن موردنیاز شیمیایی	COD	تیتراسیون با محلول تیوسولفات سدیم در حضور یدور قلیایی
هدایت الکتریکی آب	EC	الکتروود EC سنج
اکسیژن موردنیاز زیستی	BOD ₅	روش بطری BOD و یدرومتری وینکلر
اکسیژن محلول در آب	DO	با استفاده دستگاه DO متر پرتابل مدل SENSION6
اسیدیته	pH	الکتروود pH متر
کدورت	Turbidity	کدورت‌سنجی به روش نفلومتری
کل جامدات محلول در آب	TDS	روش وزن‌سنجی
فسفات و نترات	PO ₄ , NO ₃	اسپکتروفوتومتری
کلی فرم مدفوعی	FC	استاندارد صافی‌های غشایی و با دستگاه پمپ خلا یا روش MPN نه لوله‌ای

جدول ۴- توصیف کیفی آب رودخانه بر اساس شاخص BCWQI

توصیف	BCWQI
عالی	۰-۳
خوب	۴-۱۷
متوسط	۱۸-۴۳
بد	۴۴-۵۹
بسیار بد	۶۰-۱۰۰

شاخص مدیریتی سید در سال ۲۰۰۳ میلادی توسط احمد سید ارایه شده است (Said, 2003). مزیت این روش تعداد کم مشخصه‌های موردنیاز آن و عدم نیاز آن به استفاده از منحنی‌های شاخص مانند روش NSFQI است. این شاخص با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود. مقدار عددی این شاخص بین حداقل ۰ تا حداکثر ۳ متغیر است. آبی رده کیفی بسیار خوب در این شاخص مرتبط با نمونه آبی با محتوی اکسیژن اشباع ۱۰۰ درصد در آب، بدون فسفات و کلی فرم مدفوعی، کدورت کمتر از ۱ NTU و هدایت الکتریکی کمتر از ۵ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. مقدار ۲/۹۹ تا ۲ آب با کیفیت خوب است. آبی با کیفیت متوسط دارای مقدار عددی بین ۱/۹۹ تا ۱ است؛ زمانی که یک یا دو متغیر رو به وخامت است؛ با اعمال تمهیدات تصفیه برای کاربری مناسب می‌گردد. مقدار کمتر از ۱ آبی با کیفیت پایین و در رده کیفی بد قرار دارد. این روش به دلیل دخالت پارامتر کلی فرم مدفوعی برای طبقه‌بندی آب‌هایی که در آن فضولات حیوانی و انسانی وجود دارد؛ دارای اهمیت است (جدول ۵).

$$WQI = \text{Log} \left(\frac{(DO)^{1/5}}{(3/8)^{Po_4} \cdot (Tur)^{1/5} \cdot (1/5)^{FC/10000} + 0.14(EC)^{1/5}} \right) \quad \text{رابطه ۳:}$$

جدول ۵- توصیف کیفی آب رودخانه بر اساس شاخص Ahmad Said

مقدار شاخص سید	توصیف
=۳	بسیار خوب
۲-۲/۹۹	خوب
۱-۱/۹۹	متوسط
<۱	بد

مقدار عددی و وضعیت شاخص کیفی NSFQI برای دوره‌های نمونه‌برداری در جدول ۶ آورده شده است. بر این اساس در طی دوره‌های نمونه‌برداری، شاخص کیفی NSFQI از ۴۲/۹ (ایستگاه R15، نزدیک دریا) تا ۹۱ (ایستگاه R14، پروریج‌آباد) بوده؛ که از لحاظ پهنه‌بندی رودخانه در دسته‌بندی بد تا عالی قرار می‌گیرد. بیشترین تناوب وضعیت کیفی آب، برای رده کیفی متوسط معادل ۶۸/۵ درصد (۷۲ بار) بوده است. از این رو آب رودخانه تجن، مناسب برای آبیاری و مصارف کشاورزی و نیازمند تصفیه پیشرفته (تصفیه میکروبی) برای مصارف شرب است. همچنین به دلیل تنوع

کم ارگانسیم‌های آبی، شرایط برای رشد جلبکی فراهم است. پس از آن رده کیفی بد با فراوانی ۱۶/۲ درصد (۱۷ بار) در جایگاه دوم قرار دارد؛ در این وضعیت آب رودخانه، تنها برای آبیاری اراضی کشاورزی مناسب بوده و توانایی حمایت تنوع آبی به شدت کم شده و مشکلات آلودگی آب را ایجاد می‌کند. کلاس کیفی خوب به میزان ۱۲/۴ درصد (۱۳ بار) در کل دوره‌های نمونه‌برداری اتفاق افتاده است؛ در این وضعیت آب رودخانه برای پرورش ماهی، شناکردن و شرب مشروط بر طی مراحل تصفیه مقدماتی قابل استفاده است. وضعیت کیفی عالی (رده کیفی A) تنها در تیرماه در ایستگاه R14 (پروریج‌آباد) رخ داده است (جدول ۷).

جدول ۶- مقدار عددی و وضعیت شاخص کیفی NSFQI در طی دوره‌های نمونه‌برداری

نام ایستگاه	علامت	مختصات UTM		دوره‌های نمونه‌برداری						
		UTMx	UTMy	شهریور	آبان	آذر	دی	اسفند	اردیبهشت	تیر
				۹۳	۹۳	۹۳	۹۳	۹۳	۹۴	۹۴
ورودی سفیدرود	R01	۷۲۶۶۷۷	۳۹۹۷۷۳۵	۶۲/۲	۴۶/۶۶	۶۳/۸۳	۶۴/۵۶	۵۵/۴	۶۰/۳۳	۷۳
میانی چهاردانگه	R02	۷۳۰۲۵۳	۴۰۱۸۴۵۱	۶۴/۱	۶۵/۳۷	۵۸/۷۹	۶۲/۰۱	۵۵/۹	۶۱/۳۵	۶۰
ورند	R03	۶۹۶۴۳۰	۴۰۲۴۲۵۱	۶۷/۷	۵۶/۱۴	۴۷/۲۵	۵۴/۸۹	۴۹/۷۳	۶۹/۷۹	۸۲
علی‌آباد	R04	۷۱۰۰۱۵	۴۰۰۵۶۴۶	۷۷/۷	۸۷/۶۴	۶۱/۵۲	۶۴/۵۹	۶۱/۴۸	۷۱/۵۵	۷۹
کرچا	R05	۷۰۷۶۷۹	۴۰۰۶۳۵۸	۷۳/۲	۶۰/۰۲	۵۹/۷۱	۶۰/۶۱	۵۹/۰۳	۶۸/۸۸	۷۸
سلیمان‌تنگه	R06	۷۰۰۱۴۶	۴۰۱۴۳۵۵	۶۸/۹	۴۶/۶۵	۶۱/۰۸	۶۳/۲۹	۶۰/۸۳	۸۶/۲۶	۷۸
واستان	R07	۶۹۵۳۴۲	۴۰۲۳۷۰۵	۶۴/۹	۹۵/۶۵	۵۹/۳۰	۶۱/۳۰	۵۵/۵۵	۷۱/۷۰	۸۸
ریگ‌چشمه	R08	۶۹۵۱۳۷	۴۰۲۷۵۸۱	۷۱/۳	۳۶/۵۴	۵۰/۸۶	۵۲/۲۵	۵۲/۷۹	۷۱/۱۶	۷۳
گرم‌رود	R09	۶۹۴۰۱۹	۴۰۳۴۶۷۱	۵۵/۹	۵۷/۰۵	۵۴/۸۰	۵۳/۳۶	۴۹/۷۷	۶۷/۸۵	۸۶
چوب و کاغذ	R10	۶۸۶۹۲۰	۴۰۳۹۹۲۲	۵۷/۸	۵۳/۱۳	۴۳/۶۵	۴۸/۳۸	۴۹/۰۵	۶۵/۴۸	۶۶
پل شهر	R11	۶۸۶۵۳۸	۴۰۴۸۴۸۸	۶۱	۵۸/۳۱	۵۶/۴۹	۴۹/۹۶	۵۰/۴۴	۶۲/۰۱	۸۳
آنتی‌بیوتیک‌سازی	R12	۶۸۷۹۱۳	۴۰۵۶۵۲۹	۴۸	۵۴/۹۱	۵۵/۴۸	۴۹/۹۴	۴۹	۵۰/۹۸	۶۸
کردخیل	R13	۶۸۷۸۶۲	۴۰۶۵۰۴۲	۴۸/۶	۵۷/۷۳	۵۴/۶۱	۴۶/۸۳	۴۸/۲۷	۶۵/۲۱	۶۷
پروریج‌آباد	R14	۷۰۸۵۹۹	۴۰۱۳۷۴۴	۶۶/۶	۶۹/۹۰	۶۴/۱۳	۶۰/۹۴	۵۶/۷۱	۶۷/۷۱	۹۱
نزدیک دریا	R15	۶۸۸۸۴۷	۴۰۷۴۰۰۹	۵۲	۴۶/۱۳	۴۷/۱۳	۴۲/۸۹	۴۴/۶۹	۶۱/۱۶	۶۱

مقدار عددی و وضعیت شاخص آلودگی BCWQI برای دوره‌های نمونه‌برداری در جدول ۸ آورده شده است. بر این اساس در طی دوره‌های نمونه‌برداری، شاخص آلودگی BCWQI (که در آن از استاندارد حفظ حیات آبی سازمان محیط‌زیست ایران استفاده شد) از ۱۱/۳۵ (ایستگاه‌های R14 و R4، پروریج‌آباد و علی‌آباد) تا ۸۷/۷۸ (ایستگاه R12، آنتی‌بیوتیک‌سازی) در حد رده کیفی بد تا خوب تغییر داشته است. بررسی آماری در کل دوره‌های نمونه‌برداری نشان می‌دهد، آب رودخانه تجم از لحاظ شاخص آلودگی BCWQI با فراوانی ۵۰/۵ درصد (۵۳ بار) رده کیفی متوسط، ۲۵/۷ درصد (۲۷ بار) رده کیفی بسیار بد، ۲۴/۸ درصد (۲۶ بار) رده کیفی بد و نهایتاً به میزان ۰/۰۲ درصد (۲ بار) رده کیفی خوب داشته و در هیچ‌یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری وضعیت کیفی عالی (رده A) مشاهده نشده است.

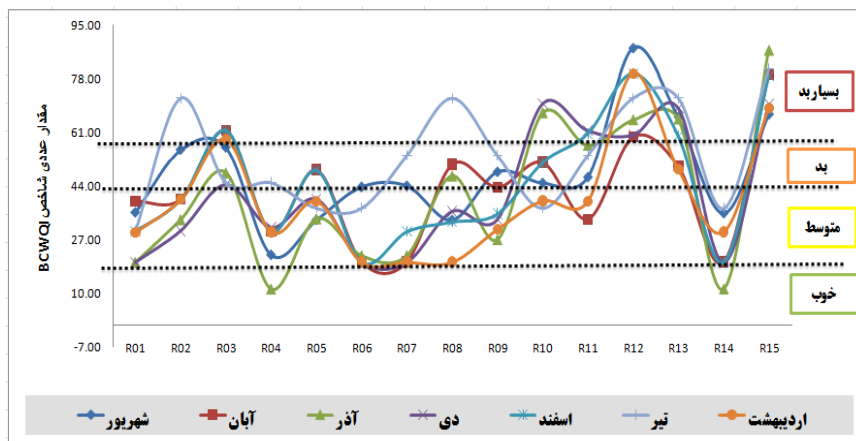
جدول ۷- راهنمای شاخص کیفیت آب NSFQI

محدوده	کیفیت آب	کلاس‌بندی نوع استفاده از منبع آبی
۱۰۰-۹۱	عالی	دارای وضعیت طبیعی، در صورت استفاده از آن برای تامین آب شرب نیاز به تصفیه ندارد. مناسب برای پرورش شیلات و گونه‌های حساس آبی
۹۰-۷۱	خوب	در صورت استفاده از آن برای تامین آب شرب نیاز به تصفیه متداول دارد. مناسب برای پرورش ماهی و گونه‌های حساس آبی، مناسب برای مقاصد تفریحی نظیر شنا
۷۰-۵۱	متوسط	در صورت استفاده از آن برای تامین آب شرب نیاز به تصفیه پیشرفته دارد. مناسب برای پرورش ماهی و گونه‌های مقاوم آبی، مناسب برای شرب حیوانات اهلی
۵۰-۲۶	بد	مناسب برای آبیاری اراضی کشاورزی
۲۵-۰	بسیار بد	برای هیچ‌کدام از استفاده‌های مذکور مناسب نمی‌باشد و تنها توانایی حمایت تعداد محدودی از اشکال آبزیان وجود دارد.

پهنه‌بندی تغییرات شاخص آلودگی BCWQI در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در هفت دوره، در محیط ArcMap ترسیم شده است (شکل ۱). نظیر روند تغییرات شاخص کیفی NSFQI به جز تیر ماه که حداکثر مسیر جریان رودخانه دارای وضعیت بد (D) و بسیار بد (E) بوده؛ در سایر دوره‌های نمونه‌برداری، گسترش مسیرهای جریان رودخانه با رده کیفی متوسط (C) بیشتر بوده است.

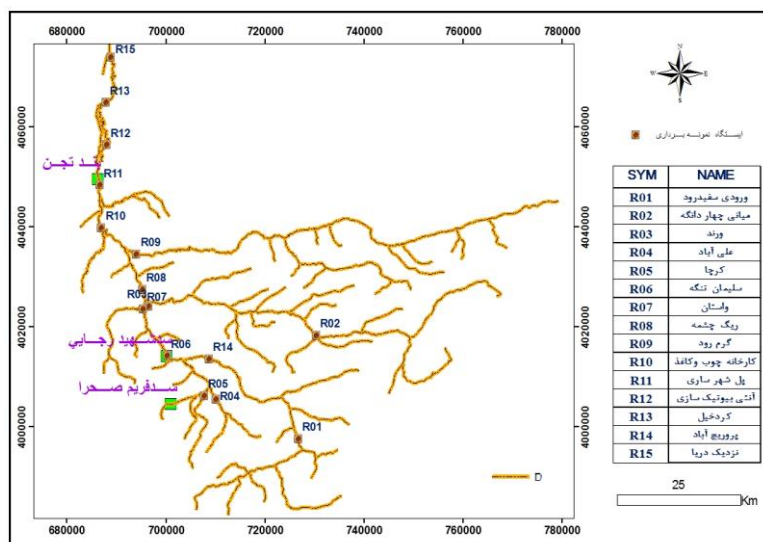
جدول ۸- مقدار عددی و وضعیت شاخص آلودگی BCWQI در طی دوره‌های نمونه‌برداری

نام ایستگاه	علامت	مختصات UTM		دوره‌های نمونه‌برداری						
		UTMx	UTMy	شهریور	آبان	آذر	دی	اسفند	اردیبهشت	تیر
				۹۳	۹۳	۹۳	۹۳	۹۳	۹۴	۹۴
ورودی سفیدرود	R01	۷۲۶۶۷۷	۳۹۹۷۷۳۵	۳۵/۵	۳۹/۲	۸۲/۱۹	۸۲/۱۹	۱۹/۹۲	۳۹/۳۳	۲۹/۹
میانی چهاردانگه	R02	۷۳۰۲۵۳	۴۰۱۸۴۵۱	۵۵/۵	۳۹/۸	۳۷/۳۳	۸۲/۲۹	۱۹/۹۳	۳۹/۸۱	۷۱/۸
ورند	R03	۶۹۶۴۳۰	۴۰۲۲۴۵۱	۵۶/۲	۶۱/۷	۲۶/۴۸	۴۹/۴۴	۲۹/۶۰	۵۸/۷۸	۴۵/۱
علی‌آباد	R04	۷۱۰۰۱۵	۴۰۰۵۶۴۶	۲۲	۲۹/۶	۳۵/۱۱	۸۹/۳۰	۲۹/۶۳	۲۹/۴۹	۴۵/۱
کرچا	R05	۷۰۷۶۷۹	۴۰۰۶۳۵۸	۳۳/۱	۴۹/۲	۶۵/۳۳	۸۷/۳۹	۲۹/۷۱	۳۹/۲۴	۳۷
سلیمان‌تنگه	R06	۷۰۰۱۴۶	۴۰۱۴۳۵۵	۴۳/۷	۱۹/۹	۹۴/۲۱	۸۶/۱۹	۳۲/۶۴	۱۹/۹۲	۳۷
واستان	R07	۶۹۵۳۴۲	۴۰۲۳۷۰۵	۴۴	۱۹/۹	۹۶/۲۱	۸۱/۱۹	۳۵/۱۹	۱۹/۸۹	۵۳/۷
ریگ‌چشمه	R08	۶۹۵۱۳۷	۴۰۲۷۵۸۱	۳۳/۱	۵۰/۹	۲۵/۴۷	۹۶/۳۵	۳۹/۸۰	۱۹/۹۱	۷۱/۸
گرم‌رود	R09	۶۹۴۰۱۹	۴۰۳۴۶۷۱	۴۸/۴	۴۳/۶	۰۴/۲۷	۳۸/۳۳	۴۹/۰۶	۳۰/۳۰	۵۳/۷
چوب و کاغذ	R10	۶۸۶۹۲۰	۴۰۳۹۹۲۲	۴۴/۹	۵۱/۵	۳۷/۶۷	۱۵/۷۰	۵۱/۵	۳۹/۳۳	۳۷
پل شهر	R11	۶۸۶۵۳۸	۴۰۴۸۴۸۸	۴۶/۸	۳۳/۵	۰۸/۵۷	۵۷/۶۱	۵۹/۸۳	۳۹/۱۷	۵۳/۷
آنتی‌بیوتیک‌سازی	R12	۶۸۷۹۱۳	۴۰۵۶۵۲۹	۸۷/۸	۵۹/۶	۱۲/۶۵	۱۶/۶۰	۶۰/۶۶	۷۶/۷۳	۷۱/۸
کردخیل	R13	۶۸۷۸۶۲	۴۰۶۵۰۴۲	۶۵/۹	۵۰/۳	۴۰/۶۵	۷۲/۶۸	۶۱/۶۵	۴۹/۲۸	۷۱/۸
پروریج‌آباد	R14	۷۰۸۵۹۹	۴۰۱۳۷۴۴	۳۵/۳	۱۹/۹	۳۵/۱۱	۸۵/۱۹	۷۸/۹۸	۲۹/۵۱	۳۷
نزدیک دریا	R15	۶۸۸۸۴۷	۴۰۷۴۰۰۹	۶۶/۸	۷۹/۳	۲۲/۸۷	۸۸/۶۹	۷۹/۶۶	۶۸/۷۵	۸۱/۱



شکل ۱- وضعیت شاخص آلودگی BCWQI در طی دوره‌های نمونه‌برداری از رودخانه تجن

مقدار عددی و وضعیت شاخص مدیریتی سید برای دوره‌های نمونه‌برداری در جدول ۴ آورده شده است. مقدار شاخص، از حداقل کیفیت در ایستگاه آنتی‌بیوتیک‌سازی (R12) معادل ۱/۳۳- در اردیبهشت‌ماه تا حداکثر کیفیت در ایستگاه سلیمان‌تنگه (R6) با مقدار عددی برابر ۰/۶۸ در آبان‌ماه در نوسان بوده است. از اینرو کیفیت آب رودخانه تجن بر اساس شاخص Said در تمام دوره‌ها پایدار بوده و در تمامی نمونه‌ها، وضعیت کیفی بد رخ داده است (شکل ۲). همچنین این شاخص کاهش کیفیت آب رودخانه را در نواحی پایین‌دست با فراوانی بیشتری نشان داده است.



شکل ۲- وضعیت کیفی رودخانه تجن بر اساس شاخص مدیریتی Said - کل دوره‌های نمونه‌برداری

نتیجه‌گیری

در حوضه آبریز رودخانه تجن، نواحی ارتفاعی و بالادست حوضه، پیرامون ایستگاه‌های نمونه‌برداری نظیر ایستگاه‌های ۴، ۵، ۶ و ۱۴، بالا بودن کیفیت آب رودخانه را به دلیل گسترش کمتر آلاینده‌های انسان‌زاد، نسبت به ایستگاه‌های پایین‌دست و مجاور مراکز مسکونی، نظیر ایستگاه‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۵ شاهد بودیم. یکی از عوامل موثر بر کیفیت مطلوب تا متوسط آب، رودخانه تجن در مسیر جریان خود از نواحی ارتفاعی حوضه (سرچشمه رودخانه)، سرشاخه‌ها فرعی و انشعابات

متعددی را دریافت می‌دارد؛ الحاق سرشاخه‌ها، عمدتاً افزایش دبی و افزایش پتانسیل خودپالایی رودخانه را به دنبال دارد. در فرایند خودپالایی، مواد قابل تجزیه توسط میکروارگانیسم‌های موجود در آب تجزیه شده و محتوی آلودگی آب تنزل می‌یابد. اما با گذر از حد کوه-دشت و وارد شدن به نواحی جلگه‌ای، افزایش فعالیت‌های آلوده‌ساز انسانی و دریافت آلاینده‌های متعدد و کاهش دبی و عمق بستر رودخانه، توان خودپالایی خود را تا حدود زیادی از دست می‌دهد. از این رو در ایستگاه‌های داخل محدوده شهری و خروجی حوضه (ایستگاه‌های کارخانه چوب-کاغذ، پل شهر، آنتی‌بیوتیک‌سازی، کردخیل و نزدیک دریا)، آب رودخانه در تمام فصول، کیفیت پایین‌تری نسبت به سایر ایستگاه‌های نمونه‌برداری دارد. فعالیت‌های عمرانی و پل‌سازی در بستر رودخانه، فعالیت واحدهای صنعتی و راهیابی فاضلاب واحدهای صنعتی به رودخانه بدون اعمال تمهیدات تصفیه‌ای خاص، فاضلاب‌ها، کارگاه‌های شن و ماسه، افزایش آلاینده‌های حاصل از شهرک‌های صنعتی، دامپروری و تخلیه فاضلاب‌های خانگی به رودخانه، زهکش شدن رودخانه در انتهای حوضه آبریز، افزایش غلظت جامدات کل، کلی‌فرم مدفوعی، BOD_5 ، کدورت و تا حدودی pH و کاهش کیفیت آب را در پی دارد. عمدتاً وضعیت کیفی آب رودخانه در این ایستگاه‌ها تا حد بسیار بد تقلیل یافته است.

نتایج اندازه‌گیری‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین غلظت اکسیژن محلول به ترتیب در شهریور ($8/1 \text{ ppm}$) و آذرماه ($2/8 \text{ ppm}$) مشاهده شده است. بالا بودن میزان DO در شهریورماه، ناشی از اختلاط کامل آب و کاهش نسبی دمای آب در این ماه می‌باشد. تعداد کلی‌فرم مدفوعی در کل دوره نمونه‌برداری، از حد استاندارد تخلیه کلی‌فرم به آب‌های سطحی (1100) بیشتر بوده؛ پساب استخرهای پرورش ماهی مهمترین تهدید کیفی رودخانه‌هاست. فاضلاب استخرهای پرورش ماهی و واحدهای رفاهی-خدماتی بیشتر بر پارامتر کلی‌فرم مدفوعی اثر گذاشته و باعث افزایش این فاکتور از حد استاندارد کیفی می‌شود. بیشترین غلظت BOD_5 در طول ماه‌های نمونه‌برداری، مربوط به ایستگاه نزدیک دریا (R15) در ماه آبان ($34/6 \text{ ppm}$) و شهریور ($26/4 \text{ ppm}$) و کمترین غلظت BOD_5 در اردیبهشت‌ماه به میزان $0/008 \text{ ppm}$ در ایستگاه سلیمان‌تنگه (R6) بوده است. این پارامتر در اکثر نمونه‌ها از حد استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی تجاوز کرده است. دلیل این امر می‌تواند تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌های روستایی پایین‌دست به روخانه باشد. بیشترین مقدار کدورت مربوط به ایستگاه ورنه (R03) در ماه‌های آذر (667 NTU) و دی (764 NTU) و حداقل مقدار آن در ایستگاه سلیمان‌تنگه

(R6) در اردیبهشت‌ماه به‌میزان $1/6$ NTU بوده است. ورود سیلاب‌های سطحی و جریان‌های متلاطم به رودخانه به سبب افزایش بارش در طی ماه‌های سرد سال، شستشو و بهم‌خوردگی رسوبات بستر رودخانه و گل‌آلودگی را که عامل اصلی افزایش کدورت آب بوده؛ فراهم می‌آورد.

بررسی نتایج شاخص‌های مورد مطالعه در این تحقیق نشان داد؛ نتایج دو روش سید و BCWQI در منطقه یکسان بوده و کمی محافظه‌کارانه‌تر از روش NSFQI است. به گونه‌ای که روش NSFQI شرایط را عمدتاً مناسب ارزیابی کرده، اما روش سید با تغییر عمده سیاست‌های مدیریتی و BCWQI نوسان بالای کیفیت آب از شرایط خوب تا بسیار بد را نتیجه داد. همچنین روش NSFQI که در ساختار آن از عامل وزنی استفاده می‌شود، دقت بالایی داشته و شدیداً به پارامترهای آلودگی حساس است و با حذف هر یک از پارامترها به دلیل تغییر ضرایب وزنی نتیجه حاصله تغییر قابل‌توجهی می‌یابد. در حالی‌که در روش BCWQI افزایش و یا کاهش مقدار یک پارامتر تاثیر یکسانی بر روی شاخص کل دارد. چرا که میزان درصد تخطی پارامترهای اندازه‌گیری شده نسبت به یک استاندارد خاص ایجاد می‌گردد. لذا در این روش حذف یکی از پارامترهای آلودگی، تاثیر چندانی در مقدار عددی محاسبه‌ای آن ندارد، بلکه افزایش تعداد اندازه‌گیری‌ها و یا تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری دقت ارزیابی‌ها را ارتقا می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از سه شاخص کیفی مذکور، وضعیت غیرقابل‌قبولی برای کیفیت آب رودخانه در مصارف شرب را نشان می‌دهد، لذا نیاز به تصفیه همواره وجود دارد. ولی در اکثر مواقع کیفیت مطلوب از آب برای مصارف کشاورزی را ارائه می‌دهند. بررسی زمانی شاخص‌ها نیز نشان داد؛ در طی ماه‌های سرد و فصول پربارش سال، میزان کلی فرم، کل جامدات، شوری آب (EC) و کدورت با شستشوی زمین‌ها و اراضی کشاورزی افزوده می‌گردد. کاهش نسبی متوسط مقدار شاخص‌های NSFQI، نیز بر این امر دلالت دارد. هوازگی و انحلال سازندهای زمین‌شناسی به‌خصوص سازندهای دارای ژئیس و هالیت و یا سازندهای آهکی (کلسیت و دولومیت‌دار) نیز در روند افزایش مواد معدنی و محلول آب رودخانه اثرگذار است.

تشکر و قدردانی

این طرح پژوهشی با حمایت مالی معاونت فنی و پژوهش‌های شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، دفتر امور پژوهشی و پشتیبانی علمی آن شرکت و کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران به انجام رسیده است که به این وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. ابراهیم‌نژاد، م. ۱۳۸۴. اکولوژی رودخانه: ساختار و عمل آب‌های جاری (کتاب)، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۳۸ صفحه.
۲. رحمانی، ع. ۱۳۸۱. مطالعه بررسی آلودگی منابع آب تحت‌الارضی دشت همدان- بهار، طرح پژوهشی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان.
۳. شمسایی. ۱۳۸۴. بررسی تطبیقی شاخص‌های کیفی و پهنه‌بندی کیفی رودخانه کارون و دز، مجله آب و فاضلاب، شماره ۱۶.
4. APHA, American Public Health Association. 2002. Standard Methods for the Examination of Water and wastewater 20th ed. Prepared and published jointly by: APHA, AWWA and WPCF.
5. Enriqu, S. and Manuel, F.C. 2007. Use of the Water Quality Index and Dissolved Oxygen Deficit as Simple Indicators of Watersheds Pollution. Ecological Indicators. 7: 315-328.
6. Lands, and Parks. 1996. Water quality status report, British Columbia, Ministry of Environment, Water Quality Section, Victoria.
7. Said, A. 2003. Water quality evaluation using water quality index for streams, <http://emrc.usu.edu / tmd1 / ineel / papers / said-awa.pdf>.

Abstract

In order to recognize the water quality of Tajan River, the contamination indicators used are NSFQI, BCWQI and Ahmad Said Index. This study sampling of Tajan River for 7 months and 15 point were carried and parameters: Biochemical Oxygen Demand (BOD), Conductivity, Dissolved Oxygen (DO), pH, Fecal Coliform, Nitrat, Temperature, Phosphate, Total Solids analyzed. Classification of water quality of this river has studied by NSFQI, BCWQI index and Said simple management methods and river satisfied with GIS. According to the NSFQI index, the highest frequency with medium grade was 68.5%. Therefore, Tajan River in most cases requires advanced treatment for drinking. After that, the bad quality class is second with a frequency of 16.2%; river water is suitable only for irrigation of agricultural land. Good quality status has also occurred in 12.4% of the total sampling period; river water is suitable for fish farming, fishing and drinking provided that preliminary qualification is used. The excellent qualitative status (quality class A) occurred only in June at the Parvarij-Abad Station. Based on the BCWQI index, Tajan River water has had a medium to good description throughout the measurement period. The highest frequency was 49.5% with a medium qualitative. Good quality status occurred only during the month of December and at high altitude stations in Parvarij-Abad and Ali-Abad. The relative reduction of human pollutants in these areas and, on the other hand, the increase of rainfall and river flow during this period was the main factor of this situation. The Said management index shows the quality of sustainability in sampling periods for the Tajan River. It categorizes all samples as bad grades. The Said index shows the minimum water quality in the Tajan River in downstream areas, at the Antibiotic Station in May and the maximum quality at the Solayman Strait Altitude Station in November. The results of time studies show that the concentration of quality parameters in many sampling stations during wet and dry periods (December, January and March month) compared to the warm periods (May, June and August) and the change of course Agricultural crops have risen rapidly to higher levels than qualitative standards and cause water degradation. The spatial surveys also represent a large variation in the numerical value of the quality parameters and decreasing the water quality of the river in the middle and lower reaches of the Tajan River basin. Therefore, it can be concluded that population loading, diverse urban and industrial activities in the riverside of Tajan rivers, sandy workshops, fish farming pools, agricultural land and chemical fertilizers and pesticides used in it and urban development, The main sources of the pollutant are the river and the river due to the above mentioned factors is not capable of self-propagation on most of its flow. Even loss of life, increase of discharge and volume of river water and dilution of water at some time intervals have an impact on river water quality improvement. does not have. It is essential to take sustainable management strategies and credit expertise to prevent the flow of pollutants into the river, to organize agricultural and industrial activities, watershed management and the use of legal levers and public participation to improve Tajan River water quality.

Keywords: Tajan River, Qualitative Zoning, NSFQI Index, BCWQI Index, Said Management Index