مجله محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

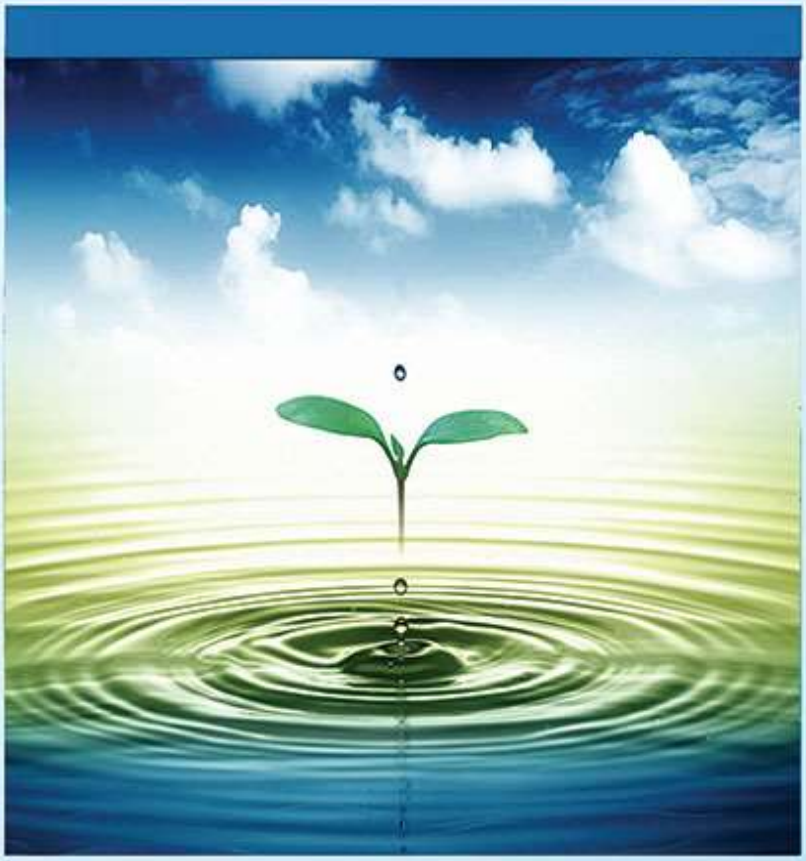
Journal of Environment and Water Engineernig
ISSN: 2476-3683

بررسی کیفیت آب رودخانه سیکان با استفاده از شاخص‌های NSFWQI و BCWQI

علی لطفی، نرگس ظهرابی و مریم محمدی‌روزبهانی

دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۳۷۷-۳۶۷

Vol. 3(4), Winter 2018, 367 – 377



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

Assessing the Water Quality of Seikan River using NSFWQI and BCWQI Indicators

Lotfi A., Zohrabi N. and Mohammadiroozbahani M.

ارجاع به این مقاله: لطفی ع.، ظهرابی ن. و محمدی‌روزبهانی م. (۱۳۹۶). بررسی کیفیت آب رودخانه سیکان با استفاده از شاخص‌های NSFWQI و BCWQI. محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۳، شماره ۴، صفحات: ۳۷۷ –۳۶۷

Citing this paper: Lotfi A., Zohrabi N. and Mohammadiroozbahani M. (2018). Assessing the water quality of seikan river using NSFWQI and BCWQI indicators. J. Environ. Water Eng., 3(4), 367 – 377.

بررسی کیفیت آب رودخانه سیکان با استفاده از شاخص‌های NSFWQI و BCWQI

علی لطفی[۱]، نرگس ظهرابی*[۲] و مریم محمدروزبهانی[۳]

[۱]کارشناسی ارشد، گروه آلودگی های محیط زیست، دانشکده کشاورزی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[۲]استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[۳]استادیار، گروه آلودگی های محیط زیست، دانشکده کشاورزی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

*نویسنده مسئول: nargeszohrabi@gmail.com

اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۶/۰۴/۳۱] **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۶/۰۶/۳۱]**

چکیده

در این تحقیق به‌منظور بررسی وضعیت کیفی بخشی از رودخانه سیکان در استان ایلام تعداد پنج ایستگاه نمونه‌برداری بر روی این رودخانه انتخاب و نمونه‌برداری در دو فصل پاییز و زمستان ۱۳۹۴ انجام شد. پهنه‌بندی یا طبقه‌بندی کیفی آب این رودخانه بر اساس شاخص‌های NSFWQI و BCWQI انجام شد. نتایج نشان‌داد که در شاخص NSFWQI، سرچشمه و بالادست رودخانه در وضعیت کیفی متوسط قرار داشتند. سایر ایستگاه‌ها نیز در دو فصل پاییز و زمستان وضعیت بد را نشان‌دادند. همچنین شاخص BCWQI ایستگاه ۱ و ۲ در پاییز، وضعیت کیفی خوب و سایر ایستگاه‌ها در فصل تابستان و تمامی ایستگاه‌ها در زمستان در وضعیت مناسب قرار داشتند. این نتایج نشان از اعتبار بیشتر روش NSFWQI نسبت به BCWQI دارد. زیرا در برنامه نرم‌افزار NSFWQI، شاخص‌های اندازه‌گیری شده می‌توانند با توجه به محدوده وزنی خود، اثر همپوشانی بر سایر پارامترها داشته و لذا شاخص کل بدست آمده از اعتبار بالاتری برخوردار است. نتایج همچنین نشان داد که آب این رودخانه در دو فصل مورد بررسی برای مصارف کشاورزی و آبزیان مناسب است. از این‌رو نتایج این شاخص امکان تصمیم‌گیری در خصوص پایش و کنترل منابع آلوده کننده آب رودخانه و استفاده مؤثر از آن را جهت مصارف مختلف برای مسئولین ذی‌ربط فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: رودخانه سیکان؛ NSFWQI؛ BCWQI؛ کیفیت آب

۱- مقدمه

کیفیت آب در بخش شرب، کشاورزی و صنعت مبنای بسیاری از محاسبات و برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب است. عوامل طبیعی و انسانی در هر منطقه سبب تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در کیفیت منابع آب می‌شود. به علت اهمیت کیفیت آب از نظر شرب، کشاورزی و صنعت، کارهای بسیاری در این زمینه انجام‌شده است (Miroofi and Meghlouli Bayat 2009). پایش و کنترل آب‌های سطحی جهت مصارف مختلف آن امری لازم و ضروری محسوب می‌شود تا از این طریق آبی باکیفیت بالا جهت مصارف مختلف در دسترس مصرف‌کنندگان قرار گیرد. همگام با پیشرفت و توسعه فناوری، اطلاعات بیشتر با شرایط آسان و درزمانی کوتاه‌تر در اختیار انسان قرار می‌گیرد. در مورد آب‌های سطحی، باید اطلاعات مربوطه را پردازش کرده و نتیجه خلاصه‌شده آن را برای کاربردهای مختلف به متخصصین ارائه نمود. همان‌گونه که پیشتر نیز اشاره شد یکی از روش‌های ساده که می‌تواند شرایط کیفی آب را بازگو نماید، استفاده از شاخص‌های کیفی آب می‌باشد. شاخص‌های کیفی آلودگی روش‌هایی هستند که در مدیریت کیفی آب می‌توان از آن به‌عنوان یک ابزار مدیریتی قوی برای تصمیم‌گیری‌های مربوطه استفاده نمود (Samadi et al. 2009). شاخص‌ها با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول مکان و زمان نشان می‌دهد. به کمک شاخص‌های کیفی می‌توان نقاطی را که ازنظر آلودگی بیشتر مورد تهدید می‌باشند مشخص و منابع آب را مدیریت کرد (Ebrahimpour et al. 2011). پس از استحصال و تأمین آب، استفاده از آن با کیفیتی متناسب با نوع مصرف، از اهمیت بالایی برخورداراست. برای استفاده‌های شرب، صنعت، کشاورزی و سایر مصارف، استانداردهای ویژه‌ای وجود دارد. در این استانداردها ممکن است محدوده مجاز پارامترهای مختلف، متناسب با نوع مصرف متفاوت باشد. در حالی‌که به دلیل ورود مواد آلی به داخل رودخانه‌ها، ضرورت دارد وضعیت کیفی آب رودخانه‌ها موردمطالعه و ارزیابی قرار گیرد (Moftah Haghimi 2010). در خصوص بررسی کیفیت آب به وسیله شاخص‌های کیفی منابع آب تاکنون مطالعات بسیاری انجام شده است (Gupta et al. 2017; Misaghi et al. 2017). Melendez و همکاران در سال ۲۰۱۳، کیفیت آب رودخانه آیورا در کشور کلمبیا را با استفاده از شاخص NSFWQI طبقه بندی نمودند. به این منظور نمونه برداری از ۳ ایستگاه طی سه زمان مختلف انجام شد و پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب مورد سنجش قرار گرفتند. پس از بررسی داده‌ها، ایستگاه شماره یک به‌عنوان منطقه‌ای با شرایط کیفی خوب معرفی شد. در حالی که وضعیت در دو ایستگاه دیگر حاکی از پسرفت شرایط کیفی آب، به ویژه در پایین دست رودخانه بود. در پایان نیز چارچوبی به منظور تجزیه و تحلیل اثرات ناشی از فعالیت های مختلف انسانی بر کیفیت آب رودخانه ارایه شد. Jeyaraj و همکاران در سال ۲۰۱۴، کیفیت آب دریاچه سولار واقع در کشور هندوستان را با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور پارامترهای کیفی مربوط به این شاخص شامل اسیدیته، اکسیژن محلول، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی، نیترات، فسفات، دما، کدورت، کلیفرم مدفوعی و کل جامدات مورد سنجش قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده، کیفیت آب دریاچه در تمامی نقاط در بازه گروهی متوسط طبقه بندی گردید و در نهایت پساب واحدهای صنعتی موجود در محدوده مورد نظر به عنوان مهمترین منبع آلاینده تاثیرگذار بر شرایط کیفی آب شناخته شد. این تحقیق باهدف بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های NSFWQI و BCWQI جهت مشخص شدن تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه سیکان انجام‌شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه و داده‌های پژوهش

رودخانه سیکان از دامنه‌های شرقی کبیرکوه (نگین زاگرس) سرچشمه گرفته و در استان ایلام قرار دارد. کبیرکوه در زاگرس مرکزی، مهم‌ترین رشته‌کوه استان ایلام محسوب می‌شود. این رشته‌کوه در جنوب دره شهر، بین عرض‌های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه و طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵ دقیقه واقع‌شده است و به خاطر

بارندگی نسبتاً زیاد یکی از مهم‌ترین کانون‌های آبریز استان می‌باشد. چشمه‌های متعدد از جمله رودخانه سیکان، سراب دره شهر، سراب لارت، سراب بدره، سراب آبدانان، رودماهوته، سراب ماژین و غیره از این رشته‌کوه سرچشمه می‌گیرند. ارتفاع سراب سیکان ۷۳۰ متر از سطح دریا است. این تحقیق در سه ماه پائیز و سه ماه زمستان ۱۳۹۴ به‌عنوان فصول پر آب و با بارندگی زیاد انجام شده‌است. نمونه‌برداری در طول دو فصل پاییز و زمستان از پنج ایستگاه که از سرچشمه شروع‌شده و تا نواحی مسکونی را پوشش می‌دهد، انجام شده‌است. جهت دقت بیشتر در انتخاب ایستگاه‌ها پس از تعیین ایستگاه، موقعیت مکانی هر ایستگاه توسط دستگاه GPS خوانده شد. جدول (۱) موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان می‌دهد. جهت اندازه‌گیری پارامترهای نیترات، فسفات، TDS، BOD، DO، EC، دما، کدورت، pH، سختی کل، کلیفرم مدفوعی در هر بار مراجعه به نقاط نمونه‌برداری برداشت‌گردید، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل‌شده و مطابق با روش‌های ارایه شده در رهنمود سازمان جهانی بهداشت (WHO, 2009) مورد سنجش قرار گرفتند. به‌منظور حفظ و نگهداری از نمونه‌ها تا انتقال به آزمایشگاه، نمونه‌ها در مجاورت یخ و در دمای زیر ۴° C در یونولیت نگهداری و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند. بر روی هر ظرف حاوی نمونه اطلاعات مربوط به ایستگاه، ساعت، تاریخ و دما یادداشت گردید. برای تثبیت فسفات از سولفوریک اسید به میزان یک سی‌سی در لیتر استفاده شد. هم‌زمان با نمونه‌برداری در محل میزان pH، دما و اکسیژن محلول و EC به‌وسیله دستگاه پرتابل در محل اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- مختصات ایستگاه‌های موردمطالعه

نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی	
	X	Y
ایستگاه ۱	۴۷۱۸۲۱۲	۳۳۰۶۹۱۸
ایستگاه ۲	۴۷۱۹۲۲۱	۳۳۰۸۳۵۰
ایستگاه ۳	۴۷۲۰۲۱۷	۳۳۱۰۰۳۲
ایستگاه ۴	۴۷۲۱۱۸	۳۳۱۰۹۴۰
ایستگاه ۵	۴۷۲۱۴۵۵	۳۳۱۱۴۷۸

۲-۲- روش محاسبه شاخص کیفی آب

۲-۲-۱- شاخص NSFWQI

برای محاسبه شاخص کیفی NSFWQI در هر ایستگاه اطلاعات کیفی ۹ پارامتر شامل: کلیفرم مدفوعی،کل مواد جامد، نیترات، pH، BOD_5، اکسیژن محلول، کدورت و تغییرات دما تهیه شد، سپس مقادیر به‌دست آمده وارد نرم‌افزار NSFWQI شد. در مرحله بعد مقادیر محاسبه‌شده در جدول وزن‌دهی قرار داده شد و در پایان نیز مقدار شاخص کیفیت آب برای ایستگاه موردنظر به‌دست آمد. مقادیر شاخص کیفیت آب برای ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رابطه (۱) محاسبه گردید (Water Research Center, 2005; Halajean et al. 2009).

$$FWQI = \sum_{i=1}^{n} (W_i I_I) \qquad (۱)$$

که در آن I زیر شاخص هر پارامتر به‌دست آمده از منحنی و W_i فاکتور وزنی هر پارامتر است.

۲-۲-۲- شاخص BCWQI

رابطه (۲) شاخص BCWQI افزایشی است. این شاخص در سال ۱۹۹۵ توسط وزارت محیط‌زیست، پارک‌ها و زمین کانادا برای بررسی کیفیت آب طراحی‌شد (BCWQI, 1996). این روش با یک حد معین سنجیده‌شده و مقدار عددی بالاتر از آن حد تعیین می‌گردد. این حد می‌تواند رهنمودهای توصیه‌شده برای حفظ قابلیت بهره‌برداری از آب را در طراحی موردنظر و یا هر استانداردی که میزان مصارف مختلف آب در آن مطرح است را در برگیرد. بنابراین امکان این را می‌دهد تا بر اساس پارامترهای اندازه‌گیری شده موجود در هر استاندارد، طبقه‌بندی کیفی صورت گیرد (جدول ۲) (BCWQI, 1996; Khorbane et al. 2013).

$$BCWQI = \frac{\sqrt{F_1^2 + F_3^2 + \left(\frac{F_2}{3}\right)^2}}{1/453} \qquad (۲)$$

که در آن F_1 درصد پارامترهایی که از حد معین تجاوز نموده‌اند، F_2 تعداد دفعات تجاوز از حد معین درمجموع اندازه‌گیری‌ها به‌صورت درصدی از کل دفعات برداشت و F_3 که به‌صورت درصد تخطی مقدار اندازه‌گیری شده - حداکثر مجاز/ مقدار اندازه‌گیری شده به‌دست می‌آید، ماکزیمم تخطی از حد معین است.

جدول ۲- توصیف کیفی شاخص BCWQI (BCWQI, 1996; Khorbane et al., 2013).

مقدار شاخص	توصیف کیفی
۳-۰	عالی
۱۷-۴	خوب
۴۳-۱۸	مناسب
۵۹-۴۴	متوسط
۱۰۰-۶۰	ضعیف

در جدول (۳) استاندارد شیخستانی که به عنوان یک استاندارد تنظیم شده برای آب‌های ایران می‌باشد، آورده شده است (Sheykhestani, 2001). در این شاخص کیفیت آب بر اساس نوع استفاده از آن به سه گروه آشامیدنی، حفظ حیات آبی و تراز آبیاری تقسیم شده است.

جدول ۳- ترازهای مختلف برای معیار کیفیت آب (Sheikhestani, 2001)

نام پارامتر	واحد سنجش	تراز (۱) آشامیدنی	تراز (۲) حفظ حیات آبی	تراز (۳) آبیاری
pH	-	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۸/۵	۶-۹
هدایت الکتریکی	میکروزیمنس برسانتیمتر مربع	<۴۰۰	<۳۰۰۰	>۳۰۰۰
کل جامدات محلول	mg/l	<۵۰۰	<۲۰۰۰	>۲۰۰۰
کدورت	NTU	<۱	.<۵۰	>۱۵۰
اکسیژن محلول	mg/l	>۵	>۵	<۵
BOD5	mg/l	<۳	<۵	>۵
COD	mg/l	-	<۴	>۴
نیترات	mg/l	<۱۰	<۵	>۳۰
فسفات	mg/l	<۰/۲	<۰/۱	>۰/۱
قلیاییت	mg/l	<۴۰۰	>۲۰	<۶۰۰
کلی‌فرم	MPN per100	<۱	<۱۰۰	>۱۰۰۰
کادمیم	mg/l	<۰/۰۱	<۰/۰۱۲	<۰/۰۱
سرب	mg/l	<۰/۰۵	<۰/۱	<۵

۳-۲- تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد. پیش از شروع آزمایش نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون K-S مورد بررسی قرار گرفت. جهت مقایسه میانگین بین داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون t استفاده شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ رسم شدند.

۳- یافته‌ها و بحث

بعد از انجام آزمایش‌ها بر روی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از ایستگاه‌های مطالعاتی، میانگین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در فصل پاییز (میانگین سه ماه) و زمستان (میانگین سه ماه) به ترتیب در جداول (۴ و ۵) نشان داده‌شده است.

جدول ۴- میانگین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه سیکان در پاییز

پارامتر ایستگاه	ایستگاه ۱	۲	۳	۴	۵
فسفات (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۰±۰۳/۰۰۱ a	۰/۰±۰۶/۰۰۱ b	۰/۰±۰۸/۰۰۱c	۰/۰±۱۵/۰۰۲d	۰/۰±۴/۰۰۲e
نیترات (میلی‌گرم در لیتر)	۳/۰±۱۱/۱۲a	۲/۰±۷۷/۱۴b	۴/۰±۰۸/۱۲c	۵/۰±۶۷/۱۳d	۹/۰±۲۴/۱۲e
کلیفرم مدفوعی (MPN per100	۰a	۱۰±۲۵۰/۴۸b	۱۴±۴۷۰/۶۸c	۲۰±۷۵۰/۲۰d	۲۸±۱۳۰۰/۰۳e
جامدات کل (میلی‌گرم در لیتر)	۱۹±۲۴۲/۲۱a	۲۲±۲۲۴/۰۲a	۳۵±۳۹۸/۳۱b	۲۰±۵۴۴/۹۴c	۱۶±۶۵۲/۷۵d
کدورت ((NTU	۱/۰±۷۵/۰۴a	۲/۰±۲۸/۰۵b	۲/۰±۷۴/۰۴c	۳/۰±۵/۰۲d	۴/۰±۸۵/۰۳e
دما (سانتی‌گراد)	۱±۱۹/۲۵a	۲۰/۱±۱/۱۱a	۲۳/۱±۲/۳b	۲۱/۱±۷/۰۵a	۲۱/۱±۷/۲۳a
DO(میلی‌گرم در لیتر)	۹/۰±۵/۱۵a	۸/۰±۷/۱۳b	۵/۰±۳/۰۹c	۵/۰±۵/۱۵c	۵/۰±۹/15 d
BOD5(میلی‌گرم در لیتر)	۱/۰±۶۵/۰۵a	۵/۰±۵۴/۰۷b	۵/۰±۹/۰۶c	۶/۰±۸/۱۲d	۵/۰±۸۲/۱۶c
EC(میکروزیمنس در سانتیمتر)	۱۱±۴۳۶/۵۸a	۱۴±۳۸۷/۶۵b	۱۳±۵۹۳/۲۸c	۱۵±۷۹۲/۹۹d	۱۴±۸۷۱/۰۸e
pH	۷/۰±۵۲/۱۵a	۸/۰±۴/۱۱b	۸/۰±۳/۱۰b	۷/۰±۹۸/۱۵b	۸/۰±۱۸/۱۷b

حروف غیرمشابه نشان از اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است

جدول ۵- میانگین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در ایستگاه‌های موردمطالعه در رودخانه سیکان در زمستان

پارامتر ایستگاه	ایستگاه ۱	۲	۳	۴	۵
فسفات (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۰±۰۶/۰۰۰۱a	۰/۰±۰۰۱۵/۰۰۰۱b	b ۰/۰±۰۰۱۵/۰۰۰۱	۰/۰±۰۲۵/۰۰۰۱c	۰/۰±۰۵/۰۰۰۱d
نیترات (میلی‌گرم در لیتر)	۵/۰±۶۷/۱۲a	۳/۰±۵۲/۱۱b	۴/۰±۹۹/۱۲c	۶/۰±۵۵/۱۳ d	۹/۰±۹۹/۱۵e
کلیفرم مدفوعی (MPN per100)	۰a	۲۰±۲۱۰/۱۷b	۲۱±۴۱۰/۶۵c	۱۸±۶۸۰/۹۸d	۲۵±۱۱۲۰/۴۵e
جامدات کل (میلی‌گرم در لیتر)	۱۸±۲۷۰/۳۵a	۱۵±۲۴۰/۹۲b	۱۸±۴۱۰/۳۳c	۲۰±۵۷۰/۴۹d	۱۶±۶۶۰/۹۹e
کدورت (NTU)	۲/۰±۵/۱۲a	۴/۰±۶۱/۰۷b	۵/۰±۴/۰۹c	۶/۰±۵۵/۱۰d	۹/۰±۴/۱۴e
دما (سانتی‌گراد)	۱±۱۷/۲۸a	۱۸/۱±۳/۱۵ab	۱۹/۱±۴/۰۶ab	۱±۲۰/۲۰b	۲۰/۱±۴/10b
DO(میلی‌گرم در لیتر)	۰±۱۰/۲۸b	۹/۰±۹/۱۵b	۰±۸/۶۱a	۸/۰±۵/۲۴a	۸/۰±۷/۹۰a
BOD5 (میلی‌گرم در لیتر)	۱/۰±۸۵/۱۷a	۵/۰±۷۳/۲۸b	۶/۰±۲/۲۶b	۷/۰±۲/۱۹c	۶/۰±۰۵/۱۲b
EC(میکروزیمنس در سانتیمتر)	۴۳۹/۲۲±۵/۷۷a	۴۹۲/۲۴±۵/۱۶b	۱۵±۵۹۷/۳۴c	۲۰±۷۹۴/۱۷d	۲۰±۸۷۴/۸۱e
pH	۷/۰±۵۲/۲۶a	۸/۰±۶/۱۸b	۸/۰±۷۰/۱۱b	۸/۰±۷۲/۲۰b	۸/۰±۸۵/۲۶b

حروف غیرمشابه نشان از اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

مطابق جدول (۴) در فصل پائیز در تمامی ایستگاه‌ها مقدار فسفات بیش از حد مجاز بوده است. با توجه به جدول (۵) مشخص می‌شود که در فصل زمستان فقط ایستگاه‌های ۴ و ۵ (واقع در پائین‌دست رودخانه)، خارج از استاندارد بودند. وقوع این امر به این دلیل است که حوزه آبریز رودخانه سیکان خیلی وسیع نبوده و بیشتر سطح این حوزه تحت تأثیر توده باران‌زای غربی و جنوب غربی قرار دارد، لذا در روزهای بارانی سال، حجم وسیعی از سیلاب وارد رودخانه

می‌شود که سبب کاهش سطح فسفات در زمستان می‌شوند. با توجه به جداول (۴ و ۵) مشخص می‌شود که میزان فسفات در تمام ایستگاه‌ها در فصل پاییز مقادیر بالاتری را در مقایسه با زمستان داشته است، که اختلاف معنی‌داری نیز وجود داشته است ($P<۰/۰۵$). در فصل پاییز تمامی ایستگاه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($P<۰/۰۵$) اما در فصل زمستان ایستگاه‌های ۲ و ۳ اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان ندادند ($P>۰/۰۵$). لذا با توجه به این موارد می‌توان گفت در مجموع رودخانه سیکان از نظر مقدار فسفات در فصل پائیز در شرایط نامطلوب اما در فصل زمستان در شرایط مطلوب قرار داشت. با توجه به جداول (۴) و (۵)، نیترات در دو فصل زمستان و پائیز در تمام ایستگاه دارای اختلاف معنی‌دار بوده است ($P<۰/۰۵$). لذا رودخانه سیکان در فصل زمستان با اختلافی معنی‌دار مقادیر بالاتری از نیترات را در مقایسه با پاییز نشان داده است ($P<۰/۰۵$). در مقایسه با استاندارد حفظ حیات آبی در پائیز ایستگاه‌های ۴ و ۵ که در پائین‌دست رودخانه قرار داشتند خارج از استاندارد بودند که علت آن را می‌توان به دلیل حضور مجتمع‌های مسکونی و فعالیت‌های کشاورزی در اطراف رودخانه در پائین‌دست دانست. در زمستان علاوه بر دو ایستگاه ذکرشده، ایستگاه ۱ نیز خارج از استاندارد قرار گرفته است. در مجموع میزان نیترات رودخانه سیکان در فصل پائیز در حد تراز استاندارد حیات آبی و در زمستان خارج از این استاندارد قرار داشت که دلیل آن استفاده از کودهای شیمیایی نیتراته و فسفاته در زمین‌های کشاورزی مجاور بوده است (Yadollahi et al. 2010). با توجه به شاخص کلیفرم مدفوعی، مشخص گردید که در دو فصل پائیز و زمستان بین ایستگاه‌ها (جداول ۴ و ۵)، اختلاف معنی‌دار وجود داشته است ($P<۰/۰۵$). در هر دو فصل با حرکت به انتهای رودخانه میزان کلیفرم مدفوعی افزایش معنی‌داری را نشان‌داد و فصل پائیز با اختلاف معنی‌دار در مقایسه با فصل زمستان مقادیر کلیفرم مدفوعی بالاتر بوده است ($P<۰/۰۵$). وجود کلیفرم در آب به‌خصوص در ایستگاه‌های انتهایی می‌تواند دلیل بر حضور پساب و فاضلاب دامی یا انسانی باشد، که از راه‌های متفاوت از قبیل رهاسازی فاضلاب‌های مجتمع‌های انسانی یا دامی در آب ایجاد می‌گردد. لذا در مجموع رودخانه سیکان، ازنظر پارامتر کلیفرم مدفوعی در هر دو فصل خارج از استاندارد تراز حیات آبی بوده است.

پارامتر pH در فصل پاییز و زمستان در ایستگاه ۱ با سایر ایستگاه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بوده است ($P<۰/۰۵$) و از این نظر در هر دو فصل به‌جز ایستگاه ۱ سایر ایستگاه‌ها خارج از محدوده استاندارد حفظ حیات آبی بوده‌اند. لذا درمجموع رودخانه سیکان ازنظر پارامتر pH در دو فصل پائیز و زمستان خارج از محدوده استاندارد حفظ حیات آبی قرار گرفته است. در فصل پاییز ایستگاه ۳ و ۵ ازنظر پارامتر BOD_5 اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($P>۰/۰۵$) و در فصل زمستان علاوه بر دو ایستگاه ۳ و ۵ ایستگاه ۲ نیز با این دو ایستگاه اختلاف معنی‌دار نداشت. در مجموع رودخانه سیکان ازنظر پارامتر BOD_5 بین دو فصل اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$). مقایسه اعداد به‌دست آمده با شاخص حفظ حیات آبی، نشان داد که در فصل پاییز و زمستان فقط ایستگاه ۱ در حد مجاز تراز حیات آبی قرار داشت و سایر ایستگاه‌ها خارج از این استاندارد بودند. لذا باید گفت رودخانه سیکان در دو فصل پاییز و زمستان ازنظر پارامتر BOD_5 خارج از حد استاندارد حفظ حیات آبی قرار داشته است. دلیل سنجش پارامتر BOD_5 وجود زیستمندهای اکسیژن‌خواه بود که با افزایش میزان خرده‌زیستمندها افزایش یافت. میزان پایین‌تر این شاخص در ایستگاه‌های پایین‌دستی شاید به علت وجود پساب‌های حاوی خرده‌زیستمندها و افزایش میزان آن در ایستگاه‌های پایین‌دست باشد. اکسیژن محلول در فصل پاییز در تمام ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه‌های ۳ و ۴ دارای اختلاف معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). در فصل زمستان دو ایستگاه بالادست یعنی ۱ و ۲ با سایر ایستگاه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($P<۰/۰۵$). فصل زمستان با اختلاف معنی‌دار نسبت به پائیز میزان اکسیژن محلول بالاتری را نشان داد. که دلیل آن را می‌توان کاهش میزان دمای هوا و تأثیر آن بر کاهش میزان دمای آب و انحلال بیشتر اکسیژن محلول در آب دانست. مقایسه اعداد به‌دست آمده و استاندارد حفظ حیات آبی، نشان می‌دهد که در هر دو فصل تمام ایستگاه‌ها در محدوده مجاز برای این استاندارد قرار داشته‌اند و در مجموع رودخانه سیکان در هر دو فصل مورد مطالعه از نظر پارامتر

اکسیژن محلول در حد استاندارد قرار داشته است. پارامتر هدایت الکتریکی در هر دو فصل پائیز و زمستان، در تمام ایستگاه ها دارای اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). ولی بررسی این پارامتر در رودخانه سیکان بین دو فصل اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (P>۰/۰۵). ازنظر استاندارد حفظ حیات آبی تمام ایستگاه در حد استاندارد قرار داشتند و رودخانه سیکان درمجموع دو فصل نیز در محدود مجاز برای این استاندارد قرار گرفته است. پارامتر TDS در هر دو فصل پائیز در تمام ایستگاه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بودند (P<۰/۰۵) و در فصل زمستان فقط ایستگاه‌های ۱ و ۲ فاقد اختلاف معنی‌دار بودند (P<۰/۰۵). بررسی این پارامتر در رودخانه سیکان بین دو فصل پاییز و زمستان، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). از نظر استاندارد حفظ حیات آبی برای پارامتر TDS تمام ایستگاه در حد استاندارد قرار داشتند و رودخانه سیکان در مجموع دو فصل نیز در محدود مجاز برای این استاندارد قرار گرفته است. نتایج بررسی پارامتر کدورت حاکی از این بود که در هر دو فصل پائیز و زمستان، در تمام ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشته است (P<۰/۰۵). بررسی این پارامتر در رودخانه سیکان بین دو فصل پائیز و زمستان دارای اختلاف معنی‌دار داشته است و در فصل پائیز مقادیر بالاتری از این پارامتر اندازه‌گیری شده است. لذا با توجه به نتایج مشخص می شود با حرکت به سمت پائین‌دست رودخانه میزان کدورت در هر دو فصل پاییز و زمستان افزایش یافته است. کدورت به دلیل ورود مواد مختلف، حالت کلوئیدی بستر رودخانه در آب و نیز افزایش ارگانیسم های پلانکتونیک میکروسکوپی آب می‌باشد (فیتوپلانکتون‌ها) که برحسب نوع ایستگاه و موقعیت توپوگرافی بستر، دبی، ورود پساب‌ها و نیز فصول قابل‌تغییر است و در زمستان به دلیل وقوع بارندگی و افزایش دبی آب کدورت در مقایسه با پائیز بیشتر است. در جدول(۶) پارامترهای اندازه‌گیری شده بین دو فصل با یکدیگر مقایسه شده‌اند. بر این اساس، پارامترهای فسفات، نیترات، کلیفرم مدفوعی، کدورت، اکسیژن محلول بین دو فصل پاییز و زمستان دارای اختلاف معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۵).

جدول ۶- مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده در دو فصل پائیز و زمستان

پارامتر ایستگاه	پائیز	زمستان
فسفات (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۰±۱۴/۰۶ a	۰/۰±۰۱/۰۰۹b
نیترات (میلی‌گرم در لیتر)	۴/۰±۹۷/۱۷a	۶/۰±۱۴/۱۸b
کلیفرم مدفوعی (MPN per100)	۲۸±۵۵۴/۷۵a	۲۳±۴۸۴/۴۵b
جامدات کل (میلی‌گرم در لیتر)	۲۰±۴۱۲/۹۹a	۱۵±۴۳۰/۸۰a
کدورت ((NTU	۳/۰±۰۲/۳۸a	۵/۰±۷۰/۵۵b
دما (سانتی‌گراد)	۲۱/۰±۱۴/۹۳a	۱۹/۰±۰۲/۵۸a
DO(میلی‌گرم در لیتر)	۶/۰±۹۸/۴۱a	۹/۰±۰۲/۱۰b
BOD5(میلی‌گرم در لیتر)	۵/۰±۱۴/۲a	۵/۰±۴۰/۳۵a
EC(میکروزیمنس در سانتیمتر)	۶۱۵/۴۸±۸۰/۲۵a	۶۳۹/۳۵±۴۰/۶۸a
pH	۸/۰±۰۷/۳۷a	۸/۰±۴۷/۴۴a

حروف غیرمشابه نشان از اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

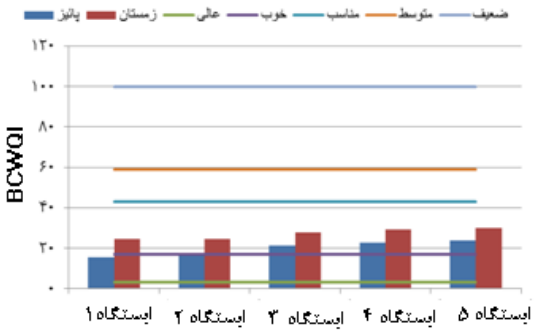
در جدول (۷)، خلاصه نتایج شاخص‌های NSFWQI و BCWQI در ایستگاه‌های بررسی‌شده آورده شده‌است. بر اساس این جدول شاخص NSFWQI در پاییز و زمستان به ترتیب با ۵۴ و ۵۵ و BCWQI با ۱۷/۵ و ۲۴/۷ بالاترین سطح این شاخص را نشان دادند.

جدول۷- نتایج شاخص‌های کیفی NSFWQI و BCWQI در رودخانه سیکان.

ایستگاه	شاخص	پاییز		زمستان	
		مقدار	توصیف	مقدار	توصیف
۱	NSFWQI	۵۲	متوسط	۵۱	متوسط
	BCWQI	۱۵/۳	خوب	۲۴/۵	مناسب
۲	NSFWQI	۵۴	متوسط	۵۵	متوسط
	BCWQI	۱۷/۵	خوب	۲۴/۷	مناسب
۳	NSFWQI	۴۷	بد	۴۵	بد
	BCWQI	۲۱/۱	مناسب	۲۷/۷	مناسب
۴	NSFWQI	۴۰	بد	۴۱	بد
	BCWQI	۲۲/۶	مناسب	۲۹/۲	مناسب
۵	NSFWQI	۳۹	بد	۳۹	بد
	BCWQI	۲۳/۸	مناسب	۳۰/۱	مناسب

نتایج شاخص NSFWQI نشان می‌دهد که حداکثر شاخص کیفیت آب در زمستان در ایستگاه ۲ و با مقدار ۵۵ و حداقل آن در ایستگاه ۵ با ۳۹ در پاییز ثبت شد (جدول ۷). در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه ایستگاه‌های ۱ و ۲ در وضعیت متوسط و سایر ایستگاه در وضعیت بد قرار داشتند.

اما از نظر شاخص BCWQI ایستگاه‌ها در وضعیت خوب و مناسب قرار داشتند، بهترین وضعیت مربوط به ایستگاه ۱ (۱۵/۳) و بدترین وضعیت مربوط به ایستگاه ۵ (۳۰/۱) بود. در شکل (۱) تغییرات فصلی شاخص BCWQI در ایستگاه‌های مطالعاتی در طول دوره نشان داده شده است.



شکل ۱-تغییرات فصلی شاخص BCWQI در ایستگاه‌های مطالعاتی در طول دوره بررسی در رودخانه سیکان

نتایج حاصل از نرم‌افزار NSFWQI نشان داد، در رودخانه سیکان دو ایستگاه ۱ و ۲ که در بالادست قرار داشت در دو فصل پاییز و زمستان از نظر وضعیت این شاخص، در حد متوسط قرار داشتند. به این معنی که در صورت استفاده از این آب جهت تأمین آب شرب به تصفیه پیشرفته نیاز است و این آب برای پرورش شیلات و گونه‌های مقاوم آبی و برای شرب حیوانات اهلی مناسب است، سایر ایستگاه در وضعیت بد قرار داشتند به این معنی که برای آبیاری اراضی کشاورزی مناسب بود (Bollinger et al., 1999). اما نتایج حاصل از شاخص BCWQI نشان داد که در فصل پاییز دو ایستگاه ۱ و ۲ در وضعیت خوب و سایر ایستگاه در وضعیت مناسب قرار داشتند. در فصل زمستان تمام ایستگاه‌ها در وضعیت مناسب قرار داشتند. دلیل کاهش کیفیت آب با حرکت از سرچشمه به پایین‌دست که در هر دو شاخص قابل مشاهده است، تخلیه فاضلاب و پساب‌های انسانی و کشاورزی است (Langhammer et al., 2012). در حقیقت تخلیه فاضلاب به آب رودخانه نه‌تنها باعث کاهش کیفیت آب در ایستگاه خروجی شده است، بلکه ایستگاه‌های پایین‌دست را نیز تحت تأثیر قرار داده است. علت تفاوت زیاد در نتایج این دو شاخص

به ماهیت این دو شاخص برمی‌گردد. شاخص BCWQI به دلیل استفاده از پارامتر ماکزیمم تخطی مجاز در مقدار عددی، دقت نمونه‌های برداشت شده را مورد ارزیابی قرار نمی‌دهد (Khorbane et al., 2013) و به دلیل اینکه این شاخص از استانداردهای هر حوضه، منطقه یا کشور استفاده می‌کند و
در این تحقیق نیز شاخص حیات آبی منطقه مدنظر بود، نتایج مطلوب‌تر بودند و دلیل دیگر این‌است که تا زمانی که مقادیر از حد استاندارد تجاوز نکرده باشد روند کیفی آب نشان داده نمی‌شود، که در این تحقیق نیز اکثر پارامترها از
حد استاندارد تجاوز نکردند و دیگر اینکه به دلیل استفاده از ماکزیمم تخطی (F_3) در این شاخص مشخص نمی‌شود چه تعداد از برداشت‌ها در حد بالای ماکزیمم استاندارد واقع شده‌اند (Khorbane et al., 2013)، که نتیجه آن نشان دهنده وضعیت مناسب و خوب در این شاخص در مقابل وضعیت متوسط و بد شاخص NSFWQI است.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق پهنه‌بندی یا طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه سیکان بر اساس شاخص‌های NSFWQI و BCWQI انجام شد. نتایج این تحقیق به طور خلاصه در این بخش ارایه شده است:

۱- شاخص کیفی NSFWQI در ایستگاه‌هایی که در سرچشمه و بالادست رودخانه واقع بودند، وضعیت کیفی متوسط را نشان داد.

۲- بر طبق شاخص کیفی NSFWQI سایر ایستگاه‌های واقع در محدوده مطالعاتی (به جز ایستگاه‌های واقع در سرچشمه و مناطق بالادست رودخانه) در دو فصل پاییز و زمستان وضعیت کیفی بد را نشان دادند.

۳- طبق شاخص BCWQI ایستگاه‌های واقع در سرچشمه و مناطق بالادست رودخانه در فصل پاییز در وضعیت کیفی خوب و سایر ایستگاه‌ها در این فصل در وضعیت مناسب قرار داشته‌اند.

۴- با توجه به شاخص BCWQI تمامی ایستگاه‌ها در فصل زمستان در وضعیت کیفی مناسب قرار داشته‌اند.

با توجه به ماهیت شاخص‌ها و طبقه‌بندی خاص هر شاخص، مجموع نتایج به دست آمده نشان می‌دهد رودخانه سیکان در وضعیتی هشدار آلودگی کیفی قرار دارد و باید نسبت به کنترل شرایط فعلی که منجر به کاهش کیفیت آب‌شده است اقدام شود.

References

BCWQI. (1996). Ministry of Environment, Lands, and Parks: The Water Quality Section. British Columbia Water Quality Status Report. Victoria, BC. 179p.

Bollinger J. E., Steinberg L. J., Harrison M. J., Crews J. P., Englande A. J. and Velasco-Gonza´lez C. (1999). Comparative analysis of nutrient data in the lower Mississippi River. Water Res., 33, 2627–2632.

Ebrahimpour S., Mohammadzadeh H. and Mohammadi A. (2011). Assessing the water quality of Zarivar wetland lake and its zoning using qualitative indices (NSFWQI) and (OWQI) and the use of geographic information system. Fourth Iranian Water Resources Management Conference. Amirkabir University of Technology [In Persian].

Gupta N., Pandey P. and Hussain J. (2017). Effect of physicochemical and biological parameters on the quality of river water of Narmada, Madhya Pradesh, India. Water Sci., 31(1), 11-23.

Halajean L., Afkhami M. and Nabavi M. (2009). Investigating the water quality of the Shawor River using the WQI index and providing management solutions to improve its quality. Master's Dissertation. Life science. Islamic Azad University Science and research Branch [In Persian].

Jeyaraj M., Nirmaladevi G. and Magudeswaran P.N. (2014). Assessment of water quality index of Sulur Pond , CombatoreTamilnadu India. J Emer. Tren. Scie. Technol., 1(7), 28-37.

Khorbane S., Gohari S. and Banedah H. (2013). Determination of water quality indices for

choosing the most suitable indicator in unity dam. Eleventh General Irrigation Seminar and Evaporation Reduction. Kerman [In Persian].

Langhammer J., Hartvich F., Mattas D., Rödlová S. and Zbořil A. (2012). The variability of surface water quality indicators in relation to watercourse typology Czech Republic. Environ. Monit. Assess., 184(6), 3983–3999.

Melendez G., Quintero C. and Ramirez A. (2013). Application of water indices NSFWQI, DSWQI and BMWP to AyuraCreek, Antioquia Colombia. Journal of Gestion and Ambiente., 16(1), 97-108.

Miroofi S. and Meghlouli Bayat R. (2009). Investigating the chemical quality of Karaj river water. 5th National Conference on Watershed Manage. Sciences and Eng. (Sustainable Manage. of Natural Disasters) [In Persian].

Misaghi F., Delgosha F., Razzaghmanesh M. and Myers B. (2017). Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. Sci. Total Environ., 589(1), 107-116.

Moftah Haghimi M. (2010). Water quality zoning using different quality indices (Case study: Toluq River). J. Soil Water Conserv. Res., 2, 10-16. [In Persian].

Samadi M., Resident Rahmani A. and Terabzadeh H. (2009). The qualitative water distribution in the Valley of Morad Beyk Hamadan River based on the NSFWQI index and the use of the Geographic Information System (GIS). Sci. J. Hamedan Uni. Med. Sci. Health Serv., 16(3), 25-32 [In Persian].

Sheikhestani N. (2001). Determination of surface water quality index and its application in qualitative vulnerability assessment and qualitative zoning of rivers. Master's Dissertation. Faculty of Civil Eng. Iran University of Science and Technology. [In Persian]

Shokuhi R., Hosinzadeh E., Roshanaei G., Alipour M. and Hoseinzadeh S. (2012). Evaluation of Aydughmush Dam Reservoir Water Quality by National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) and Water Quality Parameter Changes. Iranian J. Health Environ., 4(4), 439-450 [In Persian].

Water Research Center. (2005). Calculating NSF Water Quality Index. Available at: www.waterresearch.net/index.php/watertreatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters.

WHO. (2009). Standard Method for Examination of water and waste water. 21st Ed. World Health Organization, Guidelines for drinking water quality 3rd edition.

Yadollahi S., Shapouri Kamali A. and Yale-Me'ili Sari A. (2010). Investigating the Possibility of the Impact of the Sovereign Communities of the Sangal River on Determining the Quality of Water in the Literacy Region of the Region. J. Marine Bio., Ahwaz University [In Persian].

Assessing the Water Quality of Seikan River using NSFWQI and BCWQI Indicators

Ali Lotfi[1], Narges Zohrabi[2]* and Maryam Mohammadiroozbahani[3]
[1]M.Sc., Department of Science and Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahwaz, Iran
[2]Assist. Professor, Department of Science and Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahwaz, Iran
[3]Assist. Professor, Department of Environmental Pollution, Faculty of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
Corresponding author*: nargeszohrabi@gmail.com

Original Paper
Received: July 22, 2017 **Accepted:** September 22, 2017

Abstract
In this research, five sampling stations were selected on the Seikan River in order to investigate the water quality of the river and sampling was carried out during autumn and winter 2015. Zoning or classification of water quality of the river was determined based on BCWQI was NSFWQI indicators. Qualitative indicators showed the NSFWQI index was within average condition at the source and upstream stations; other stations showed bad situation in fall and winter. In the case of BCWQI index, the stations 1 and 2 had good conditions in fall, whereas, the other stations in this season and the whole stations were in suitable conditions in winter. These results indicated that NSFWQI has better validity rather than BCWQI because in the software program for NSFWQI, measured indicators can overlap other parameters based on their weight limits. Hence, the index resulted has higher validity. Therefore, the results of this indicator provide decision making for monitoring and controlling the polluting sources of the river water and its proper application in different water consumption for the authorities. The results showed that the river's water is appropriate for agriculture and aquaculture in both seasons.

Keywords: Seikan River; NSFWQI; BCWQI; Water Quality