تحلیل تاثیر ورود پسابهای سطحی بر کیفیت آب رودخانه بابلرود

فرهاد مشهدی خلردی [1]، رامین فضلاولی*[2]، عبدالهدرزی نفتچالی[2]
1- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
2- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

***نویسنده مسوول:** raminfazl@yahoo.com

چکیده

بررسی تاثیر ورود پسابهای سطحی بر کیفیت آب رودخانهها بهعنوان یکی از ارزشمندترین منابع آبهای سطحی از اهمیت زیادی در پایداری این منابع برخوردار است. در این تحقیق، روند تغییرات پارامترهای اکسیژن محلول، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، فسفر کل، نیتروژن کل و اسیدیته در طی یک بازه 7 کیلومتری رودخانه بابل‌رود که متاثر از ورود پسابهای مختلف بود، بررسی شد. این پارامترها در ماههای شهریور و مهر 1398 اندازه-گیری و مقادیر آنها با حد استاندارد برای حیات آبزیان مقایسه شد. در طول این بازه، 16 مسیر ورود پساب شناسایی شد که 11 مورد آن مربوط به فاضلابهای بهداشتی و مابقی را شیرابه زباله، پساب زهکشی و سایر پسابها تشکیل میدهند. با ورود پسابها، میزان اکسیژن محلول در طول مسیر کاهش یافت بهطوریکه مقدار آن از 8/6 میلیگرم بر لیتر در بالادست به 6/3 میلیگرم لیتر در پایین‌دست کاهش یافت. نتایج CBOD نشان‌دهنده نامناسب بودن وضعیت کیفی رودخانه در کلیه مقاطع از منظر پایداری اکوسیستم رودخانه بود. غلظت نیتروژن کل در طول مسیر در محدوده 6021 و 7163 میکروگرم در لیتر قرار داشت و همواره بیشتر از حد استاندارد بود. با این وجود، محدودیتی از منظر فسفر کل و pH برای مصرف آب این رودخانه وجود نداشت. بر اساس نتایج، در صورت عدم بهبود کیفیت پسابهای ورودی به رودخانه و حفاظت کیفی از آن، پایداری اکوسیستم رودخانه بابل‌رود تضمین نخواهد شد.

کلمات کلیدي: اکسیژن محلول، اکسیژنخواهی بیوشیمیایی، پایداری رودخانه، فاضلاب بهداشتی.

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت و کمبود منابع آب قابل استفاده از مهم‌ترین عواملی هستند که دوام و بقا حیات را مورد مخاطره قرار می‌دهند. بیش از 97 درصد از کل منابع آب موجود در کره زمین در اقیانوسها و دریاها قرار دارد که به علت غلظت بالای املاح‌شان برای مصارف انسانی قابل استفاده نیست. از این‌رو، رودخانه‌ها بهعنوان یکی از بزرگ‌ترین منابع تأمین‌کننده آب شیرین نقش مهمي در تأمين نيازهاي مختلف انساني مانند كشاورزي، صنعت و شرب دارند و بسياري از برنامهريزيهاي منابع آب در كشورها بر اساس پتانسيل بالقوه اين منابع انجام ميپذيرند به همين علت، آگاهي از كيفيت آب رودخانهها يكي از نيازمنديهاي مهم در برنامهريزي و توسعه منابع آب و حفاظت و كنترل آنها ميباشد. در عصر کنونی، گسترش شهرها و احداث واحدهای صنعتی و کشاورزی، وابسته به وجود منابع آب کافی به‌ویژه رودخانه‌ها است. با گذشت زمان و گسترش این جوامع و به تبع آن

گسترش استفاده از این منابع آبی، دخل و تصرف غیرطبیعی و تغییر شرایط کیفی آب رودخانه‌ها افزایش پیدا کرده است (Enrique et al., 2007) بهطوریکه این پدیده در دهه‌هاي اخير تهديدي جدي براي انسان و اکوسيستمهاي طبيعي تلقي می‌شود و بررسی تغییرات کیفیت آب به یکی از موضوعات مهم جهت استفاده بهینه از آن تبدیل شده است (فریادی و همکاران، 1391). سنجش، تحلیل و تفسیر داده‌های کیفی و کمی رودخانهها به طور منظم، این امکان را فراهم میسازد که شیوههای مدیریتی صحیح و مناسب اتخاذ گردد تا به تدریج از آلودگی رودخانهها کاسته شده و به سمت کیفیتی با استاندارد قابل‌قبول حرکت کند (Mirzaei et al., 2005).

بررسی کیفیت آب رودخانه به دلیل تأثیر مستقیم بر اکوسیستم موجود در آن و نیز محیط اطراف، موضوعی حساس و حیاتی است، لذا آگاهی از روند تغییرات کیفی آب رودخانه‌ها همراه با شناسایی عوامل اصلی آلودگی آن از اهمیت بسیاري برخوردار می‌باشد (طهماسبی و همکاران، 1390). بر اساس مطالعات صورت گرفته، بار آلودگی رودخانه‌های کشورمان به علت تخلیه فاضلاب‌های گوناگون شهری، صنعتی و کشاورزی با شدت بیشتری در حال افزایش است ولی جز در برخی از موارد، مطالعات جامع و دقیقی که وضعیت کیفی این رودخانه‌ها را مشخص نماید صورت نگرفته که خود مبین نیاز به توجه هرچه بیشتر به این مقوله است. یکی از مهمترین رودخانههای کشور، رودخانه بابل‌رود است که از ارتفاعات سوادکوه در استان مازندران سرچشمه میگیرد. در مسیر این رودخانه، بهدلیل تنوع کاربری اراضی، پساب منشعب از منابع متعدد وارد آن میشود که می‌تواند سبب تغییرات کیفیت آب و تاثیر بر حیات آبزیان شود. در این تحقیق، ضمن شناسایی برخی از این منابع آلاینده، تاثیر آنها بر کیفیت آب رودخانه بابل‌رود مورد بررسی قرار می‌گیرد.

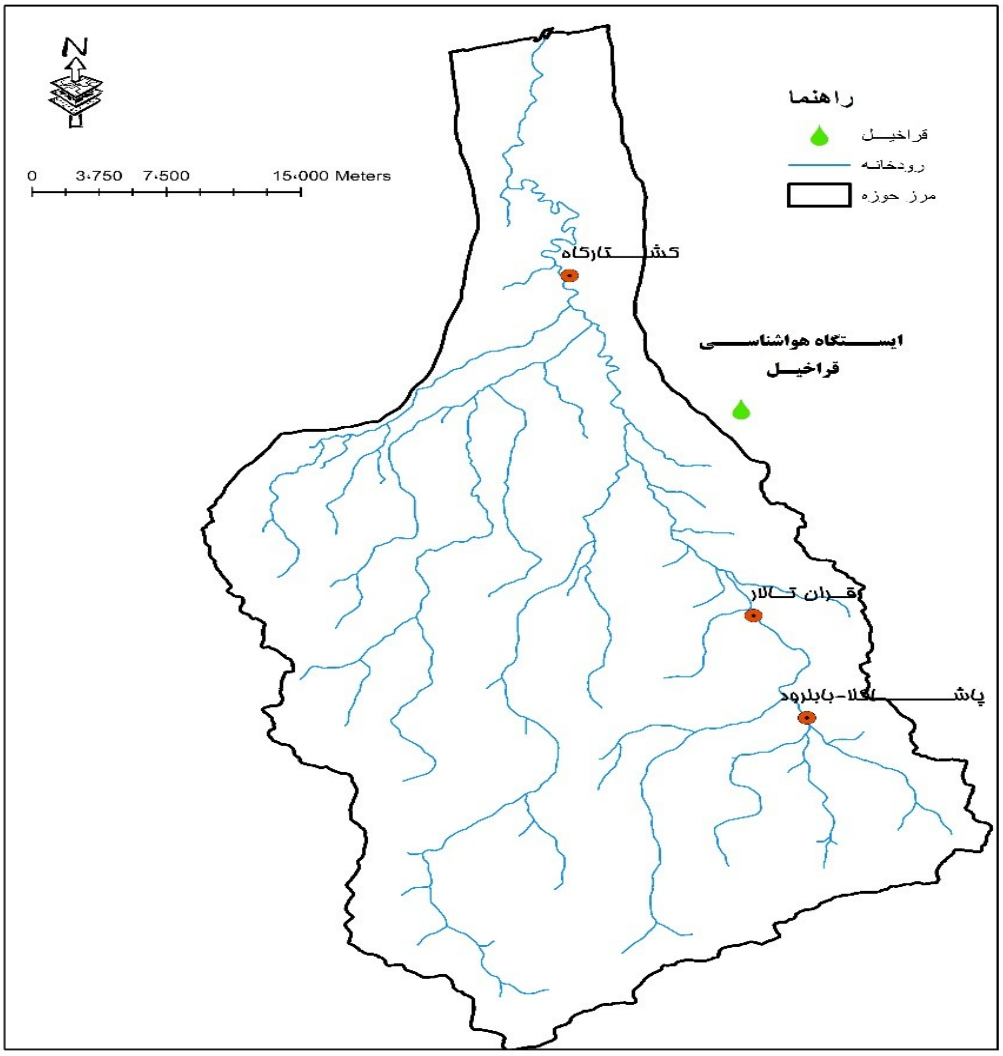
مواد و روشها

بابل‌رود یکی از رودهای پرآب شمال کشور است که در استان مازندران قرار دارد. این رود از کوههای البرز در شهرستان سوادکوه با حداکثر ارتفاع 3710 متری سرچشمه می‌گیرد. طول بابل‌رود 78 کیلومتر است و پس از گذر از جنگلهای سوادکوه، با عبور از جنگل‌ها و شالیزارها و شهر بابل و بابلسر، در ارتفاع ریزشگاه آن 10- متر به دریای مازندران میریزد. این رودخانه حوضهای به مساحت 42/1746 کیلومتر مربع را زهکشی میکند. رژیم رودخانه بارانی- برفی است و بخش عمده آبدهی سالانه آن مربوط به بارندگیهای پاییز می‌باشد. متوسط درجه حرارت منطقه از 7/9 درجه سانتیگراد در بالادست تا 7/16 درجه سانتیگراد در مناطق دشت متغیر است. مقدار بارندگی سالانه در ارتفاعات و دشت این محدوده، به ترتیب 8/539 و 5/809 میلی‌متر برآورد شد.

بخش میانی رودخانه بابل‌رود در حد فاصل پل درزی‌کلا تا بعد ایستگاه هیدرومتری کشتارگاه به منظور شبیه‌سازی کیفیت آب مورد استفاده قرار گرفت. در این بازه حجم بسیار زیادی از انواع فاضلاب‌ها وارد رودخانه می‌شود که بر کیفیت آن اثر سو مي‌گذارند. این بخش از رودخانه دارای طول تقریبی 8 کیلومتر می‌باشد. ایستگاه هیدرومتری کشتارگاه، تنها ایستگاه هیدرومتری فعال در این بازه است. رودخانه کلارود تنها شاخه‌ی فرعی است که در این محدوده به بابل‌رود ملحق می‌شود. شکل 1 محدوده‌ی مطالعاتی بهمراه ایستگاه هیدرومتری و شاخه‌ی فرعی مورد نظر و جدول 1 کاربری اراضی را نشان می‌دهد. مناطق مسکونی شهری بخش عمده‌ای از اراضی اطراف رودخانه را در بازه مطالعاتی به خود اختصاص داده است که موجب ورود حجم زیادی از فاضلاب مختلف به داخل رودخانه و در نهایت آلودگی رودخانه می‌شود. وجود شالیزارها و باغات سواحل رودخانه در محدوده‌ی موردمطالعه سبب برداشت‌های غیرمجاز آب از رودخانه می‌شود (شرکت آب منطقهای مازندران، 1398).

جدول 1: سهم کاربری‌های مختلف در حوضه بابل‌رود

نوع پوشش اراضی	درصد پوشش اراضی
جنگل‌های انبوه	33/54
جنگل‌های تنک	14/3
مراتع خوب	56/1
مراتع متوسط	45/5
اراضي كشاورزي آبي و باغات	24/32
رخنمون‌های سنگي و پرشيب فاقد پوشش	10/0
مناطق مسكوني	18/3



شکل 1: نقشه حوضه رودخانه بابل‌رود و زیرحوضه‌ها

در بازدیدهای میدانی از بازه موردمطالعه، 16 منبع آلاینده مؤثر بر وضع کیفی رودخانه شناسایی و نمونه‌برداری شد. به دلیل طول ناچیز مسیر جریان این منابع نسبت به طول رودخانه و همچنین عدم تغییر مشخصات جریان و مقاطع رودخانه، این منابع آلاینده به‌صورت نقطه‌ای در مدل معرفی گردید. در شکل 2موقعیت مکانی ورود منابع آلاینده در مسیر رودخانه نشان داده شد. عملیات نمونه‌برداری و بازدید میدانی از رودخانه بابل‌رود در تاریخ‌های 28/6/1398 و 26/7/1398 انجام شد. با توجه به موقعیت منابع آلاینده، ابتدا و انتهای بازه مطالعاتی، محدودیت‌های زمانی، نمونه‌برداری کیفی از 6 نقطه در طول رودخانه صورت گرفت. اسیدیته (pH) و اکسیژن محلول (DO) در محل اندازه‌گیری شد. اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (CBOD)، فسفر کل (TP)و نیتروژن کل (TN) متغیرهایی هستند که در شهریور و مهرماه در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند.



شکل 2: موقعیت تمامي منابع آلاینده فعال رودخانه بابل‌رود در محدوده‌ی مطالعه

به‌منظور سنجش شاخص‌های کیفیت آب رودخانه، غلظت متغیرهای کیفیت آب رودخانـه بـا مقادیر توصیه شده آبزیان مقایسـه شـد. جـدول 2 غلظت‌هـای پیشـنهادی متغیرهـای کیفی مختلف آب رودخانه‌ها برای حیات آبزیان که در این تحقیق از آن‌هـا اسـتفاده شـد را نشـان می‌دهد (بیگلری، 1395). مدل‌های کیفیت آب متعددی در سراسر جهـان در حـال اسـتفاده است که می‌توان به مدل‌های سری Qual، WASP، Wqam، SWMM و... اشاره کرد. از این میان، مدل‌های سری Qual که مدل QUAL2KW آخرین ورژن از این مجموعه است به دلیـل دارا بـود قابلیت‌هـایی همچـون: واسـنجی اتوماتیـک، شبیه‌سـازی تغییـرات آب بین لایه‌هـای سطحي آب، لایه‌ی مياني هايپريک و لایه‌ی رسوبات، استفاده از فضاي بـازه‌ای غيرمسـاوي براي شبيه‌سازي رودخانه‌ها، مدل کردن متغيرهاي کيفيت آب که با زمان تغيـير مي‌کننـد در حالت جريان پايدار و غيريکنواخت مـدل و همچـنين مدل‌سـازی در حـالت جريـان يکنـواخت برای تغییرات زمانی یک شبانه‌روز، کاربرد بیشتری دارد.

جدول 2: محدوده استاندارد متغیرهای کیفیت آب برای حیات آبزیان

متغیر	محدوده استاندارد	مرجع
DO (mg/L)	6<	گزارش مطالعات اکولوژیک رودخانه زرین رود 1395، USEPA, (1986)
BOD(mg/l)	6 >	(EEC, 1978)، (Bhatnagar & Devi, 2013; Bhatnagar et al., 2004)
EC(µm/cm)	5000 >	مطالعات اکوژیک رودخانه زرینه‌رود 1395 (، Bhatnagar & Devi, 2013; Stone & Thomforde, 2004)

pH	6 - 9	(EEC, 1978)
TEMP(°C)	30 >	گزارش مطالعات اکولوژیک رودخانه زرینه‌رود 1395
NO3(mgN/l)	1/041 >	(ANZECC, 2000)
NH4(mgN/l)	0/77 >	(EPA, 2003)
NH3(mgN/l)	0/024 >	(ANZECC, 2000)
TN(mgN/l)	5 >	(EPA, 2003)
TP(mgP/l)	0/5 >	(EPA, 2003)
ALK(mgcaco3/l)	50 - 300	(USEPA, 1986 ()، Bhatnagar & Devi, 2013; Santhosh & Singh, 2007)

نتایج و بحث

درجدول 3 نام منابع آلاینده و دبی آنها در محل ورود به رودخانه ارایه شد. در طول بازه 7 کیلومتری مورد مطالعه، 11 مسیر ورود فاضلاب بهداشتی تشکیل داده و مابقی را شیرابه زباله، پساب زهکشی و سایر پسابها تشکیل میدهد. به‌جز دبی شاخه فرعی کلارود، اگرچه دبی ورودی قابل توجه نیست، ولی برای تضمین پایداری زیست محیطی رودخانه بهتر است تدابیر لازم برای ارتقای کیفیت آب ورودی به آن در نظر گرفته شود.

جدول 3: منابع آلاینده نقطهای ورودی به رودخانه و دبی آنها

منبع آلاینده	محل ورود فاضلاب به رودخانه (فاصله از پایین‌دست رودخانه-) km	دبی (m3/s)
زهکش	82/6	0250/0
فاضلاب بهداشتی	80/6	0001/0
فاضلاب دام	15/5	0080/0
شاخه فرعی کلارود	10/5	3600/2
شیرابه زباله	00/5	0400/0
فاضلاب بهداشتی	83/4	0001/0
فاضلاب بهداشتی	95/3	0200/0
فاضلاب بهداشتی	82/3	0009/0
فاضلاب بهداشتی	60/3	0300/0
استخر شنا	16/3	0030/0
فاضلاب بهداشتی	65/2	0550/0
فاضلاب بهداشتی	60/2	0015/0
فاضلاب بهداشتی	10/2	0005/0
فاضلاب بهداشتی	95/1	0036/0
فاضلاب بهداشتی	80/1	0004/0
فاضلاب بهداشتی	50/1	0001/0

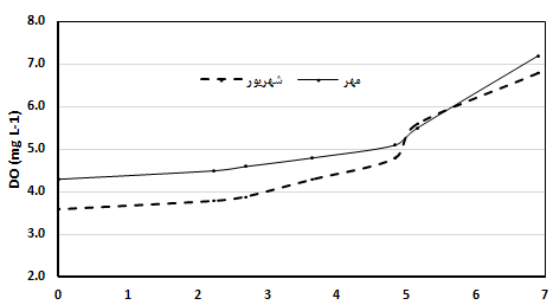
روند تغییرات پارامترهای اکسیژن محلول، اکسیژنخواهی بیوشیمیایی، فسفر کل، نیتروژن کل و اسیدیته در طول محدوده مطالعه در شکل 3 ارایه شد. برای رودخانه‌ها میزان استاندارد اکسیژن محلول بین (5-3) میلی‌گرم در لیتر توصیه شده است (کارآموز، 1378). میزان اکسیژن به دمای آب، میزان هوادهی و بار آلی رودخانه بستگی دارد. در بازه‌ی 5 تا صفر کیلومتر، غلظت اکسیژن محلول به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت.

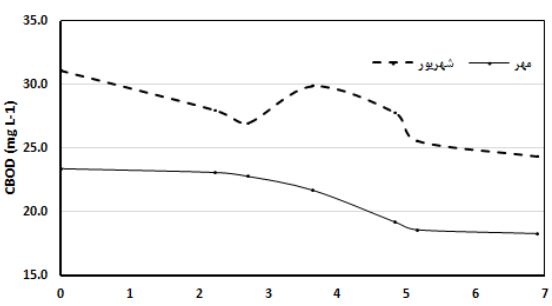
بیشترین میزان اکسیژن محلول در طول بازه مورد مطالعه مربوط به سرشاخه بازه (پل درزی‌کلا) با غلظت 8/6 میلی‌گرم بر لیتر و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه هیدرومتری کشتارگاه با غلظت 6/3 میلی‌گرم بر لیتر بود. دلیل کاهش غلظت اکسیژن محلول در این بازه، ورود مقادیر قابل‌توجه مواد مغذی به‌واسطه‌ی برخورد جریان رودخانه با فاضلاب‌ها و آلاینده‌های وارد شده به رودخانه و همچنین افزایش رسوبات و جامدات معلق است طوری‌که میانگین غلظت آلاینده‌های ورودی به رودخانه 4/1 میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. در نتیجه روند تغییرات اکسیژن محلول به سمت پایین‌دست به دلیل مصارفی از جمله حذف BOD، نیتریفیکاسیون، تنفس گیاهان و ... کاهشی بود. با جلوگیری از برداشت‌های غیر مجاز شن و ماسه در بالادست و همچنین کاهش جامدات معلق در شاخه فرعی کلارود که موجب بالارفتن رسوب در طول رودخانه می‌شود و همچنین کاهش آلاینده‌ها یا تصفیه آلاینده‌های ورودی به رودخانه، میزان اکسیژن محلول رودخانه را بهبود بخشید.

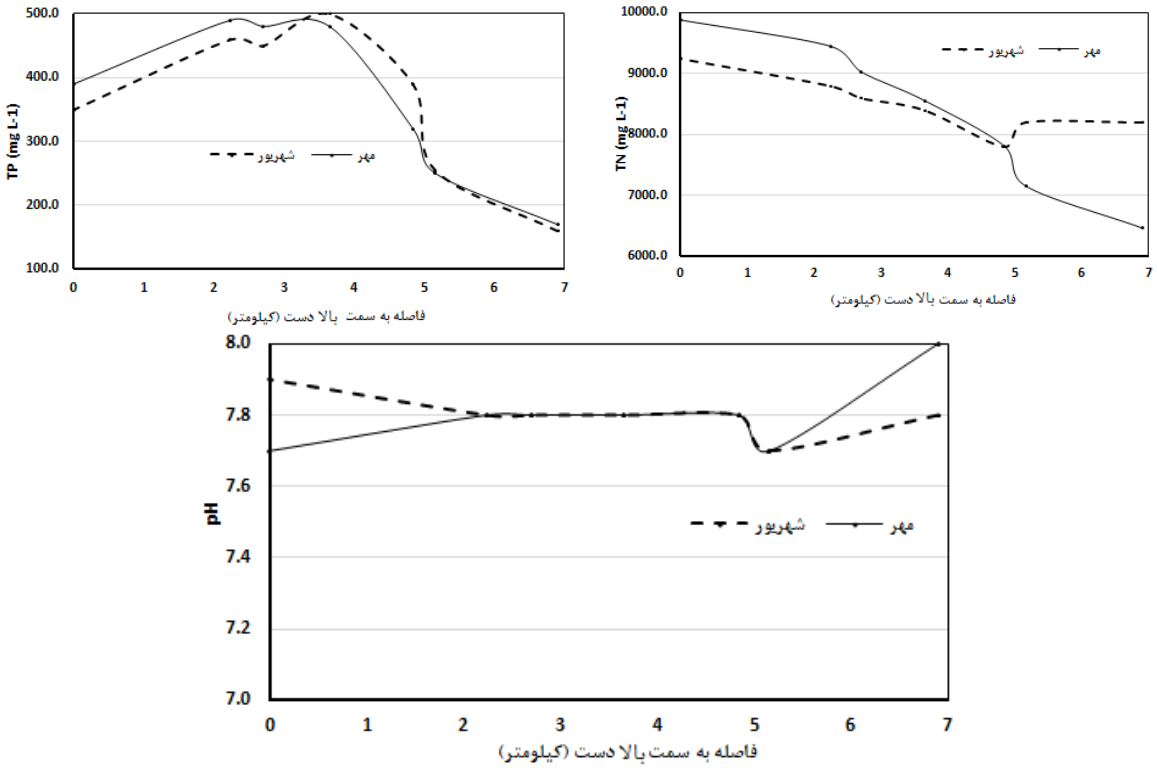
چند عامل شناخته شده بر نرخ حذف CBOD از آب اثر می‌گذارند که مهم‌ترین آن‌ها دمای آب، عوامل هیدرولیکی، هندسه‌ی رودخانه و طبیعت مواد آلی است. نرخ حذف CBOD برای رودخانه برابر با 34/0 بر روز به دست آمده است. کمترین میزان اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی در طول بازه مورد مطالعه مربوط به سرشاخه بازه (پل درزی‌کلا) با غلظت 38/24 میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین مقدار مربوط به ایستگاه هیدرومتری کشتارگاه با غلظت 12/31 میلی‌گرم بر لیتر بود. نتایج CBOD نشان‌دهنده نامناسب بودن وضعیت کیفی رودخانه در کلیه مقاطع از منظر پایداری اکوسیستم رودخانه به دلیل ورود فاضلاب‌های شهری، فاضلاب‌های بهداشتی و زه‌آب‌های کشاورزی و همچنین به علت شیب بسیار کم رودخانه و در نتیجه کاهش سرعت آب بود. معایب این وضعیت کاهش اکسیژن محلول آب و در نتیجه مرگ و میر آبزیان و سایر موجودات زنده در رودخانه می‌باشد. از راه‌کارهای اصلاح این وضعیت می‌توان به افزایش نرخ هوادهی رودخانه با استفاده از افزایش شیب هیدرولیکی رودخانه و همچنین ورود فاضلاب‌ها با کیفیت بهتر با ارایه تصفیه اولیه نام برد.

غلظت نیتروژن کل در طول بازه مطالعاتی همواره بیش از حد استاندارد بود که ناشی از ورود آلاینده‌های بهداشتی، شهری و کشاورزی می‌باشد. کمترین میزان نیتروژن کل در طول مسیر مربوط به پل تاریخی با غلظت 6021 میکرو گرم بر لیتر و بیشترین مقدار مربوط به ایستگاه هیدرومتری کشتارگاه با غلظت 7163 میکرو گرم بر لیتر بود. در شرایطی که TN از حدود استاندارد متجاوز است، ممکن است حیات آبزیان وجود داشته باشد ولی در این شرایط، اخلال در چرخه‌ی زیست آبزیان رخ می‌دهد. غلظت فسفر کل در آب در اغلب نقاط کمتر از حد مجاز توصیه شده برای حیات آبزیان است و برای استفاده کشاورزی مشکل ایجاد نمی‌کند.

بر اساس استاندارد، مقدار مجاز pH بین 6-9 می‌باشد.pH تغییرات مکانی زیادی در کل بازه نداشته و همواره در محدوده‌ی مجاز برای حیات آبزیان (9/7 تا 7/7) قرار داشت. میزان pH در کلیه بازه‌های رودخانه قلیایی بوده و در حد استاندارد بود و محدودیتی در استفاده از آن در بخش کشاورزی از لحاظ کیفی وجود ندارد.







شکل 3: روند تغییرات پارامترهای مورد مطالعه در بازه مورد مطالعه طی ماههای شهریور و مهر 1398

نتیجهگیری

مدل QUAL2KWدقت قابل‌قبولی برای شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه بابل‌رود دارد. رودخانه بابل‌رود به دلیل عرض کم مقطع و عمق بالای رودخانه دارای سرعت بسیار پایین می‌باشد و این امر موجب اختلاط بیشتر فاضلاب‌ها با رودخانه و کاهش کیفیت آب رودخانه می‌شود. در رودخانه بابل‌رود با حرکت به سمت پایین‌دست، غلظت pH تغییر چندانی نداشته داشته است. با توجه به نمودارهای شبیه‌سازی شده می‌توان نتیجه گرفت که اکسیژن محلول روندی کاهشی و مقدار اکسیژن بیولوژیکی دارای روندی نوسانی افزایشی می‌باشد که این امر حکایت از ورود حجم زیاد منابع آلاینده در مسیر رودخانه، به خصوص در بازه مطالعاتی می‌باشد.

قدرداني

نویسندگان از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بهدلیل تامین هزینههای مربوط به این تحقیق و از شرکت آب منطقهای استان مازندران بهخاطر مساعدت در نمونهبرداری و انجام آنالیزهای آزمایشگاهی کمال تشکر را دارند.

منابع

بیگلری، م، 1395، شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه، در شرایط تأمین جریان زیست‌محیطی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

بی‌نام، (1398آ)، نقشه کاربری اراضی حوضه بابل‌رود، شرکت آب منطقه‌ای مازنـدران، 1398 آ)، دفتر مطالعات پایه منابع آب.

طهماسبی، س،. افخمی، م. و تکدستان، ا،.1390. تحلیـل وضـعیت فـیزیکی، شـیمیایی و میکـروبی آب رودخانه گرگر با استفاده از شاخص کیفیت آب.NSF فصلنامه علمي- پژوهشي علوم بهداشتي، سال سوم، شمارة.4 ص64-55.

فریـادي، س، شـاهدي، ک. و نبـاتپور، م،1391. مطالعـه پارامترهـاي کیفیت آب رودخانـه تجن بـا استفاده از تکنیکهاي آماري چند متغیره. پژوهشنامه مدیریت حوضـه آبخـیز سـال سـوم/ شـماره 6. ص92-75.

کارآموز م. کراچیان ر. 1387 .برنامه‌ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منـابع آب،) چـاپ دوم(. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

Enrique S, Manuel F, Colmenarejo J.A, Angel R.G, Garcı L.T, Borja R. (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Journal of Ecological Indicators. 315-328.

Mirzaei M, Nazari A, Yari A. (2005). Quality zoning of Jajrood river. Journal of Environmental Studies. 26-37.