مقاله پژوهشی

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۹، زمستان ۱۴۰۰ صص ۱۸۹-۲۰۰

بررسی کیفیت آب با کاربرد شاخص (NSF)WQI

(مطالعه موردی: سد چمگردلان ایلام)

پریسا امیری*[۱]

Parisaamiri76@yahoo.com

سید محمود شریعت[۲]

مهدی احمدی کلان[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۱**

چکیده

زمینه و هدف: پایش کیفیت آب رودخانه‌های تأمین کننده آب سدها، از مهمترین ابزار جهت ارتقاء کیفی آب مخازن سدها می‌باشد. با توجه به اهمیت سد چمگردلان، به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین آب شرب شهر ایلام و وجود منابع آلاینده از قبیل فاضلابهای روستایی، فضولات واحدهای گاوداری و مرغداری در حوضهٔ آبریز آن، بررسی کیفی آب این سد با کاربرد شاخص (NSF)WQI امری ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مقطعی، پارامترهای کیفی شامل اکسیژن محلول، دما، کدورت، pH، BOD، TDS، فسفات، نیترات و کلیفرم مدفوعی در ۷ ایستگاه طی فروردین ماه تا شهریور سال ۱۳۹۲ اندازه‌گیری شدند و هر ماه یکبار نمونه‌برداری با سه تکرار انجام گرفت. داده‌های به دست آمده بر اساس شاخص کیفی آب سازمان بهداشت ملی آمریکا (NSFWQI) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج شاخص مذکور، کیفیت آب در تمام ایستگاه‌های مطالعاتی در گروه سوم و با میزان کیفیت ۷۰- ۵۰ قرار گرفت. بالاترین کیفیت و بیشترین میزان شاخص به مقدار۶۳/۴۷ مربوط به ایستگاه خروجی و پایین‌ترین کیفیت به میزان ۵۱/۴ در ایستگاه تلاقی به دست آمد.

۱- دانشجوی دکترای علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسوول).

۲- استاد دانشکده بهداشت دانشگاه تهران.

۳- کارشناس ارشد علوم محیط زیست، کارشناس اداره کل حفاظت محیط زیست استان ایلام.

بحث و نتیجه‌گیری: منابع آب بالقوه در معرض آلودگی ناشی از عوامل طبیعی و انسانی است. شاخص NSF(WQI) در ایستگاه‌های سد حدود(۶۴-۵۳) می‌باشد و این بیانگر این است که قرار گرفتن آب در شرایط مخزن باعث بهبود وضعیت کیفی آن گردیده است. اطلاعات بدست آمده از کیفیت آب رودخانه ها و تاثیر منفی کاربری های مختلف موجود در حوضه آبریز، امکان تصمیم‌گیری در خصوص پهنه بندی حوضه ، برای استقرار کاربریهای سازگار جدید و برنامه ریزی جهت نظارت بر نحوه کنترل و کاهش منابع آلاینده موجود را برای مسئولین فراهم می‌آورد.

واژه گان کلیدی: منابع آلاینده، حوضهٔ آبریز، شاخص کیفیت آب، سد چمگردلان.

Human and Environment, No. 59, Winter 2021, pp. 189-200

Detecting of Water Quality Using National Sanitation Foundation (WQI) Index (Case Study: Ilam ChamGardallan's Dam)

Parisa Amiri[1]*

Parisaamiri76@yahoo.com

Seyyed Mahmoud Shariat[2]

Mehdi Ahmadikallan[3]

Received: November 23, 2016 **Accepted:** January 1, 2018

Abstract

Background and Objective: The water quality monitoring of rivers is the most important method for increasing quality of the dam resourvior. To study the quality of chamgardallan's dam as the main source of drinking water of ilam city and for existing of pollution resources, such as wastewater of village, livestock manure in the watershed' dam is essential.

Materials and Methods:In this cross sectional study, standard parameters including dissolved oxygen. Temperature, biochemical oxygen demand, most propable number of Coliforms, fecal coliform, Turbidity, total dissolved solids, pH and others were measured at seven different stations during 6 mount.. Every mounth were done once sampling with three times review. Sampling points were selected somewhat were shown the real quality of water in rivers and dam.water quality index was calculated using water quality index calculator given by National Sanitation Foundation(NSF) information system.

Results:on basis of WQI index , water quality in all of stations were at the third group about 50-70.the highest value of WQI of the samples was 63.47 in khoroji station and the lowest value of WQI was 51.4 in Talaghi station.

Conclusion: Water resources are at risk of natural resources and human agents. NSFWQI in dam stations was about 53-64. this subject showed locating water in resourvior was the cause of water quality improvement.

Results the water quality of rivers and the negative effects of differences uses in watershed provided easier deciding for managers about zoning of watershed for establishing of harmonic uses and planning for conservating on control and decrease of pollution resources.

Keywords: pollutant resources, watershed, NSF (WQI), Chamgardallan's Dam.

1- Shahid Beheshti University.Tehran, Iran. ،Phd Student's in Environmental Science and Engineering

2- Professor in faculty of health, university of Tehran

3- Department of environment ،MSc of environment pollutions

مقدمه

آب یکی از فراوان‌ترین ترکیبات است که هیچ وقت بصورت خالص در طبیعت یافت نمی‌شود، زیرا از یک سو به دلیل قدرت حلالیتی که دارد، تمام عناصر موجود در مسیر خود را کم و بیش حل می‌کند و از سوی دیگر بشر آن را مستقیم یا غیرمستقیم آلوده می‌کند (۱). احداث سد به‌عنوان مانعی مهم در برابر جریانهای طبیعی رودخانه، نقش تعدیلی ویژه‌ای در رژیم آبی رودخانه دارد (۲، ۳). ساخت و بهره‌برداری از مخازن سدها باعث افزایش زمان ماند آب می‌گردد و این عامل منجر به متفاوت شدن کیفیت آب خروجی از سد در مقابل آب ورودی به مخزن می‌شود (۱). سد و مخزن آن باعث ایجاد تغییرات عمده کیفی آب رودخانه می‌شوند، هرچند این پدیده به خودی خود منفی نبوده و بسته به جایگاه سد، اقلیم منطقه و نوع بهره‌برداری از سد می‌تواند نقش بسیار مثبتی نیز در روند کیفیت آبهای سطحی داشته باشد (۳). فرآیندهای طبیعی و فعالیتهای انسانی بر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پیکره‌های آبی اثر گذاشته و موجب بروز مشکلاتی در کیفیت آب سدها می‌شوند (۴، ۵). بنابراین، امروزه دیدگاهها نسبت به اهداف و جایگاه سدها گسترده‌تر شده و دامنه آن مشمول کنترل کیفی در کنار اهداف کمی مورد انتظار از سد نیز گشته است. طراحان و کارشناسان نیز باید با اتکا به تخصص‌های لازم علوم زیست‌محیطی فرآیندهای حاکم بر مخزن و تاثیر آنها را بر پارامترهای کیفی آب شناخته و با علم به آنها در جانمایی و تخصیص سازه‌های جانبی سد و شیوه بهره‌برداری درست مبنی بر تامین کیفیت آب اقدام های اساسی را انجام دهند.

در تحقیقی که توسط پرهام و همکاران (۱۳۸۶)، به منظور بررسی کیفیت آب دریاچه سد کرخه و تعیین میزان غلظت ازت و فسفر و تعیین بیلان آن انجام شد، نتایج حاصل از اندازه-گیری فاکتورهای فسفات، نیترات، آمونیاک، اکسیژن محلول، pH و مقایسه آنها با استانداردهای EPA,WHO,EEC که در اکثر موارد غلظت این فاکتورها کمتر از حد مجاز تعیین شد. آب دریاچه سد کرخه برای کلیه مصارف عمومی از قبیل کشاورزی، آبیاری، آبزیان و شرب مناسب دانسته شد (۶). به منظور پایش کیفی آب مخزن سد، تحقیقی بر روی سد مخزنی گیلارلو انجام گرفت و مهمترین آلاینده‌های تاثیرگذار بر کیفیت آب، فاضلاب انسانی، کشاورزی و اثرات زمین شناسی معرفی شد (۷). شاخص WQI و کمبود اکسیژن محلول در طول رودخانه‌های گواداراما[1] و مانزانارس[2] مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج مطالعه مذکور نشان داد که شاخص WQI در ابتدای رودخانه Guadarrama دارای مقدار عددی ۷۰(کیفیت خوب) و در انتهای آن در حدود ۶۴ (کیفیت متوسط) NSFWQI[3] کیفیت رودخانه‌های ماهاندیا[4]و اتاوابانکی[5]در ناحیه پارادایپ[6] هندوستان را بررسی نمودند که برای این شاخص چهار پارامتر pH، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، کلیفرمهای مدفوعی اندازه گیری شدند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که کیفیت آب بر اساس شاخص مورد استفاده به دلیل فعالیتهای انسانی و صنایع کاهش یافته است (۹). کیفیت آب سد آیدوغموش با اندازه گیری پارامترهای کیفی و شاخص NSF(WQI) توسط شکوهی و همکاران (۱۳۹۰) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج مطالعه مذکور نشان داد که استفاده از آب این سد جهت تأمین آب شرب نیازمند تصفیه است ولی استفاده از آن برای شیلات و گونه های مقاوم آبی و به‌عنوان آب شرب حیوانات اهلی مناسب می باشد (۱۰). میرمشتاقی و همکاران (۱۳۹۰)، گاتوت و همکاران(۲۰۱۱) از شاخص کیفی NSF(WQI) برای طبقه بندی کیفی رودخانه ها استفاده کردند و نتایج آنها کارایی این شاخص را نشان می دهد (۱۱، ۱۲). مطالعاتی که با هدف بررسی کیفیت منابع آبی به ویژه سدها انجام می‌شود، می‌تواند در اجرای دیگر تحقیقات بسیار تاثیرگذار باشد. از اینرو خوشنامود و همکاران (۱۳۸۹) از نتایج بررسی کیفیت سد قشلاق سنندج، مبنی بر غلظت بیش

1- Guadarrama
2- Manzanares
3- National sanitation foundation water quality index
4- Mahandia
5- Atavabanki
6- Paradip

از حد مجاز جیوه در آن استفاده کرده و مطالعه‌ای برای بررسی جیوه تجمع یافته در بافت ماهی کپور انجام دادند که غلظت این آلاینده بیشتر از حد استاندارد بدست آمد (۱۳).

در حوضه آبریز سد چمگردلان ۲۱ روستا وجود دارد که جمعیتی حدود ۱۱ هزار نفر را در خود جای داده است. فاضلاب این روستاها بدون هیچگونه تصفیه‌ای وارد آبرهه‌ها شده و بصورت مستقیم یا غیرمستقیم کیفیت آب سرشاخه‌های ورودی به مخزن سد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در تمام روستاها نگهداری دام بصورت سنتی در منازل می‌باشد و از آنجائیکه بعضاً بصورت عشایر کوچ‌رو می‌باشند اسکان آنها در مجاورت رودخانه‌ها بوده و فضولات دامی خود را در نزدیکترین فاصله به رودخانه رها کرده و با اولین بارندگی حجم زیادی از فضولات مستقیم وارد رودخانه می‌شود. از دیگر عوامل مهم آلاینده حوضهٔ آبریز سد چمگردلان، دفع غیربهداشتی بخشی از زباله‌های شهر ایلام در حوضهٔ آبریز سد می‌باشد، که به دلیل سهل‌انگاری برخی رانندگان وسایل نقلیهٔ حمل زباله، محموله خود را قبل از رسیدن به محل تعیین شده، در حوضهٔ آبریز رودخانه‌های منتهی به سد خالی می‌کنند. لذا انباشته شدن این زباله‌ها و شیرابه حاصل از آن در فصول بارش تهدید جدی برای کیفیت آب سد خواهد بود. همچنین، سر شاخه‌های ورودی به مخزن سد، پذیرندهٔ آلاینده‌های ناشی از منابع آلوده کننده نظیر فاضلاب واحدهای مرغداری و گاوداری می‌باشد. بنابراین، تغییر در کیفیت آب سرشاخه ها و به تبع آن تغییر در کیفیت آب مخزن و همچنین کیفیت آب خروجی آن قابل انتظار خواهد بود. لذا در این تحقیق، کیفیت آب سد چمگردلان با کاربرد شاخص (NSF)WQI بررسی شده و منابع آلاینده احتمالی نیز مشخص گردیده تا در انجام مطالعات بعدی یا اقدامات اجرایی توسط ارگانهای ذیربط مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش ها

سد چمگردلان در ۲۲ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان ایلام با حوضه‌ای با مختصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و با هدف تأمین آب شرب شهر ایلام، کنترل سیلاب و آبیاری اراضی کشاورزی منطقه، در محل تلاقی سه رودخانه گل‌گل، اما، چاویز- چشمه‌کبود که در نهایت رودخانهٔ کنجانچم را تشکیل می‌دهند، احداث گردیده است. با توجه به محدودیت منابع آب زیر زمینی در اطراف شهر ایلام، احداث سد مذکور جهت ذخیره آب به‌عنوان مهمترین منبع آب شرب و نزدیک‌ترین منبع آبی به مرکز استان می‌تواند اهمیت اقتصادی- اجتماعی بسزایی داشته باشد. در این مطالعه، پس از تهیه نقشه محدوده مطالعاتی (شکل۱و۲) با استفاده از نرم افزار Arc.GIS تعداد ۷ ایستگاه (جدول۱) در سرشاخه‌های ورودی، مخزن سد و خروجی آن تعیین گردید. ایستگاههای ورودی به مخزن به گونه ای انتخاب شدند که هیچ منبع آلایندهٔ انسان سازی در پایین دست آنها نباشد و تا حد امکان کیفیت آب رودخانه ها را قبل از ورود به مخزن مشخص نمایند. لذا ایستگاه های اما،گل‌گل و تلاقی به ترتیب بر روی رودخانه های اما، گل‌گل، و تلاقی رودخانه های چاویز- چشمه کبود انتخاب شدند. ایستگاه‌های شماره یک، شماره دو و شماره سه در مخزن سد به گونه‌ای انتخاب شدند که علاوه بر نشان دادن کیفیت واقعی آب مخزن، امکان نمونه برداری در طول دوره و در شرایط یکسان در آنها انجام گیرد. به‌منظور بررسی کیفیت آب خروجی از مخزن سد، ایستگاه خروجی در فاصلهٔ ۱۰۰متری از دریچه‌های سد انتخاب گردید. نمونه برداری بصورت ماهیانه از ایستگاه‌های مورد نظر انجام شد. با توجه به پایین بودن دبی پایهٔ جریان رودخانه‌ها و با فرض ثابت بودن کیفیت آب در مقطع عرضی رودخانه‌ها در ورودی و خروجی سد، نمونه‌برداری بصورت سطحی از عرض میانی رودخانه انجام شد. با توجه به بررسی‌های اولیه مبنی بر تغییرات برخی فاکتورها با افزایش عمق در ایستگاه‌های داخل مخزن و نیز عمیق بودن آب در این ایستگاه‌ها نسبت به میانگین عمق سد، از اعماق سطحی، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متری با استفاده از بطری نانسن نمونه گرفته شد. فاکتورهای دما، درصد اشباع اکسیژن، کدورت و pH در محل نمونه برداری توسط مولتی پارامتر HACK اندازه گیری شد و سپس نمونه ها در مجاورت یخ و دمای زیر ۴ درجه سانتی

گراد و در کمتر از ۲۴ ساعت به آزمایشگاه منتقل شدند و انجام آزمایشاتTDS، BOD، نیترات، فسفات وکلیفرم مدفوعی مطابق با روشهای کتاب استاندارد متد ۲۰۰۵صورت گرفت(۱۴).

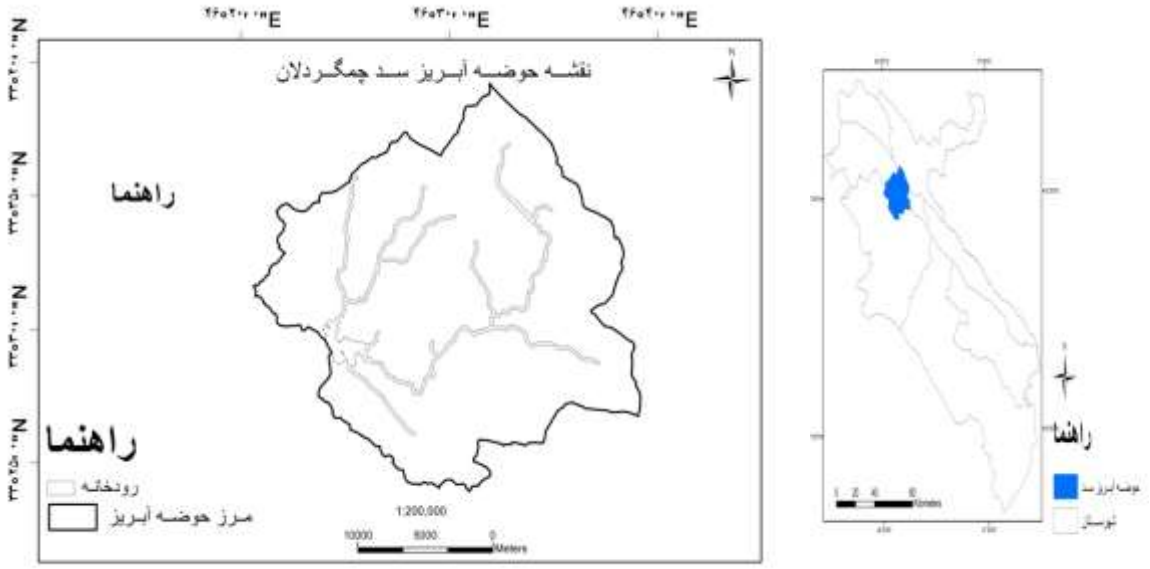
جدول۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری

نام ایستگاه	طول جغرافیایی(N)	عرض جغرافیایی(E)
شماره(۱)	۴۶° ۲۵' ۸"	۳۳° ۲۹' ۴"
شمارهٔ (۲)	۴۶° ۲۴' ۲۴"	۳۳° ۲۸' ۵۵"
شماره (۳)	۴۶° ۲۴' ۹"	۳۳° ۲۹' ۱۷"
اما	۴۶° ۲۵' ۱۵ /۵"	۳۳° ۲۸' ۸ /۳"
تلاقی	۴۶° ۲۴' ۵۰ /۵"	۳۳° ۳۰' ۵۷"
گل گل	۴۶° ۲۸' ۵۶ /۵"	۳۳° ۲۷' ۵۶ /۵"
خروجی	۴۶° ۲۳' ۱۱"	۳۳° ۲۹' ۲۶"

جهت بررسی نتایج حاصل از بررسی فاکتورهای مورد نظر در طی ماه های نمونه برداری از نمودارهای مختلف در قالب نرم افزار EXCEL۲۰۱۰ استفاده شده است. به منظور تحلیل آماری نتایج بدست آمده از نرم افزار آماری۱۹ SPSS و برای مقایسه فاکتورها در ایستگاه‌های مختلف از روش آنالیز واریانس یکطرفه با سطح معناداری ۰/۰۵ و آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. در ادامه بر اساس محاسبات انجام گرفته مطابق شاخص نظام کیفیت آب (NSF(WQI، میزان کیفیت آب در ایستگاه‌های مختلف به دست آمد. این شاخص در سال ۱۹۷۰تحت حمایت سازمان بهداشت ملی آمریکا بر اساس نظرسنجی از تعداد گسترده ای از افراد متخصص در این زمینه ارائه شد. نتایج این شاخص سطحی از کیفیت آب را در یک حوضه آبی مانند دریاچه، رودخانه و نهر ارائه می‌کند. برای این منظور با استفاده از نمودارهای خاص هر پارامتر مقدار عیار (Qi)مشخص و با ضرب آن در مقدار (Wi)،کیفیت (QiWi) برای هر پارامتر بدست می‌آید. سپس از حاصل تمام مقادیر QiWi بدست آمده با استفاده از رابطهٔ $NSFWQI=\sum_{i=1}^{n}W_iI_i$ میزان شاخص کیفیت هر ماه معین و سپس با استفاده از مجموع شاخص کیفیت ۶ ماه نمونه برداری، شاخص کیفیت آب بر اساس جدول (۲) در هر ایستگاه بدست می‌آید.(www.NSF.org.2006)(۱۵).

جدول۲- راهنمای شاخص کیفیت آب

محدوده شاخص	کیفیت آب	کلاس بندی نوع استفاده از منبع آبی
۹۰-۱۰۰	عالی	دارای حالت طبیعی، در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیاز به تصفیه ندارد مناسب برای پرورش شیلات و گونه های حساس
۷۰-۹۰	خوب	در صورت استفاده از آن جهت تامین شرب نیازمند تصفیه متداول است، مناسب برای پرورش ماهی و گونه های حساس آبی، مناسب برای مقاصد تفریحی چون شنا.
۵۰-۷۰	متوسط	در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیازمند تصفیه پیشرفته است، مناسب برای پرورش شیلات و گونه های مقاون آبی، مناسب بعنوان آب شرب حیوانات اهلی
۲۵-۵۰	بد	مناسب برای آبیاری اراضی کشاورزی
۰-۲۵	خیلی بد	برای هیچکدام از استفاده های مذکور مناسب نمی باشد و تنها توانایی حمایت تعداد محدودی از اشکال آبزیان وجود دارد



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی در استان و نقشه حوضه آبریز سد

شکل ۲- تصویر ماهواره ای دریاچهٔ سد

یافته‌ها

نتایج آماری نشان داد که دما، pH ، کدورت، اکسیژن محلول، کل جامدات محلول، نیترات، فسفات، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی و کلیفرم مدفوعی اختلاف معناداری را نشان دادند($p<0.05$)بر اساس شاخص کیفیت آب و با توجه به جدول(۴)،کیفیت آب در تمام ایستگاههای نمونه برداری با محدودهٔ (۷۰-۵۰) درطبقهٔ سوم شاخص قرار گرفت و بالاترین میزان شاخص کیفیت آب در ایستگاه خروجی با مقدار ۶۳/۴۷ و پایین ترین در ایستگاه تلاقی با مقدار ۵۱/۴ بدست آمد (جدول۵).

جدول ۴- حداقل و حداکثر مقادیر بدست آمده در ایستگاههای مطالعاتی

پارامتر	مقدار		ایستگاه	
	حداقل	حداکثر	کمترین	بیشترین
دما	۱۶/۷۳	۲۱/۸۳	خروجی	اما
pH	۷/۱۸	۸/۱۲	خروجی	تلاقی
کدورت	۳/۶۱	۲۴/۰۵	خروجی	تلاقی
اکسیژن محلول	۶/۲۸	۱۰/۹۲	خروجی	شماره سه
مواد جامد محلول	۲۸۷	۴۵۵	خروجی	تلاقی
نیترات	۲/۰۳	۹/۰۳	خروجی	تلاقی
فسفات	۰/۰۰	۰/۰۲	خروجی	تلاقی
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	۱/۳۸	۴/۱۸	خروجی	تلاقی
کلیفرم مدفوعی	۵۱/۴	۹۸۵	تلاقی	گل گل

جدول۵- میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه گیری شده

پارامتر	واحد	گل گل	اما	تلاقی	خروجی	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳
دما	^oC	۱۸/۶۴± ۲/۷۸	۲۱/۸۳±۳/۱۰	۲۰/۶۳±۲/۹۲	۱۶/۷۳±۲/۰۷	۱۷/۶۴±۰/۹۷	۱۷/۳۲±۰/۸۲	۱۷±۰/۵۹
pH	-	۸/۰۹±۰/۳۴	۸/۲۶ ±۰/۸۲	۸/۱۲±۰/۱۲	۷/۱۸±۰/۱۱	۷/۵۶±۰/۲۵	۷/۳۶±۰/۲۹	۷/۳۱±۰/۲۴
کدورت	JTU	۸/۹۲±۰/۵۷	۱۵/۶۵±۷/۲۴	۲۴/۰۵±۵/۲۵	۳/۶۱±۱/۳۲	۱۳/۲۶±۴/۶۶	۹/۶۸±۱/۸۶	۸/۰۸±۲/۰۶
TDS	Mg/l	۴۰۶/۷۸±۵۹/۶۷	۲۹۵/۵۶±۲۴/۵۲	۴۵۵/۳۳±۶۴/۵۱	۲۸۷/۷۲±۱۸/۷	۳۹۲/۴۴±۴۸/۴۰	۳۹۰/۰۶±۱۰۳/۲۱	۳۱۹/۸۹±۱۱۲/۹۴
اکسیژن محلول	Mg/l	۹/۲۳±۱/۲۰	۹/۰۳±۱/۵۶	۸/۵۷±۱/۷۷	۱۰/۹۲±۳/۰۸	۷/۷۱±۱/۳۸	۷/۵۴±۰/۴۴	۶/۲۸±۰/۶۵
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	Mg/l	۴/۰۶±۰/۵۲	۲/۸۸±۱/۶۱	۴/۱۸±۲/۲۴	۱/۳۸±۰/۶۱	۲/۰۸±۰/۸۶	۲/۸±۰/۵۱	۱/۸۲±۰/۸
نیترات	Mg/l	۴/۵۱±۱/۱۲	۴/۷۶±۱/۳۹	۹/۰۳±۰/۷۳	۲/۰۳±۰/۸۱	۳/۹۱±۰/۹۴	۳/۴۸±۰/۴۹	۳/۷۱±۱/۳۰
فسفات	Mg/l	۰/۰۱ ± ۰/۰۱	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۲±۰/۰۱	۰/۰۰±۰/۰	۰/۰۱±۰/۰۰	۰/۰۱±۰۰/۰	۰/۰۱۰±۰/۰۰
کلیفرم مدفوعی	MPN/ 100ml	۹۸۵/۳۳±۲۷۴/۱۰	۶۱۲/۱۷±۳۷۹/۲۳	۹۳۷/۷۸±۳۲۱/۳۱	۱۵/۸۳±۵/۶	۳۱۰/۵۶±۱۱۲/۶۴	۲۱۲/۶۱±۱۳۷/۰۰	۱۵۷/۷۲±۶۷/۵

جدول۶- طبقه بندی شاخص کیفیت آب در ایستگاههای نمونه برداری

ایستگاه	گل گل	اما	تلاقی	خروجی	شماره یک	شماره دو	شماره سه
WQI	۵۲	۵۲/۸	۵۱/۴	۶۳/۴۷	۵۳/۵۱	۵۵	۵۷/۳۱

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده، پارامترهای دما، pH ، کدورت، اکسیژن محلول و کل جامدات محلول، نیترات، فسفات، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی و کلیفرم مدفوعی از نظر آماری اختلاف داشتند. براساس نتایج بدست آمده، بیشترین میزان دما در ایستگاه اما به میزان ۲۱/۸۳ درجه سانتی گراد و کمترین در ایستگاه خروجی به میزان ۱۶/۷۳ می‌باشد، بنظر می رسد شرایط مخزن و ماندگاری آب باعث کاهش دما در خروجی سد گردیده است، که مطالعه احمت و همکاران (۲۰۰۵) بر روی سد کیلیکایا نتیجه مذکور را تایید می‌کند (۳). همچنین با توجه به

اینکه خروجی سد، از لایه های زیرین مخزن می باشد،کاهش دمای آب در این ایستگاه قابل انتظار می باشد.

بر اساس نتایج حاصله، بیشترین میزان pH در ایستگاه تلاقی و کمترین میزان در ایستگاه خروجی به دست آمد. pH از مهمترین خواص فیزیکی و شیمیایی آب است که نه تنها بطور مستقیم بر تنوع و پراکندگی موجودات زنده اثر می گذارد، بلکه طبیعت بسیاری از واکنشهای رخ داده در محیط را نیز تعیین می‌کند (۱۶). در دریاچه ها و مخازن پشت سدها در اثر ورود مواد مغذی و سایر شرایط مناسب، جمعیت ماکروفیت ها یا فیتوپلانکتونها افزایش یافته و در نتیجه متابولیسم سلولی افزایش می یابد و چنانچه آب دارای خاصیت بافری مناسب باشد، تغییرات زیادی در مقادیر pH ایجاد نمی شود و در برخی مطالعات تغییرات و نوسانات مقادیر pH در مورد اکوسیستم های یوتروفیک گزارش شده است (۱۷). در مطالعه انجام شده بر روی مخزن سد چمگردلان، نتایج آماری ایستگاههای مورد بررسی از نظر pH تفاوتی نداشت. بنظر می‌رسد منابع آلاینده بر روی pH دریاچه در درازمدت تاثیرگذار باشد.

بر اساس نتایج بدست آمده، تغییرات میزان کدورت در آب مخزن در ایستگاههای ورودی و خروجی تقریباً یک روند ثابت را طی می کند. اما از ایستگاه شمارهٔ یک مخزن به سمت ایستگاه شمارهٔ سه یک روند نزولی دارد که این امر می‌تواند ناشی از کاهش تلاطم در طول مخزن باشد که مطالعات کریج و همکاران (۲۰۰۳) بر روی دریاچه سد پرامپتون، نتیجه مذکور را تایید می‌کند (۱۸).

قابلیت انحلال اکسیژن محلول در آب، به عوامل همچون فشار جزیی اکسیژن در هوا، درجه حرارت آب و میزان املاح آب بستگی دارد (۱۹). بخش مهندسی دانشگاه گیویل در بررسی کیفیت آبهای ورودی و خروجی دریاچه اوکاکان به این نتیجه رسید که با ارائه اقدامات مدیریتی میزان مواد مغذی و آلودگی دریاچه و درنتیجه میزان اکسیژن محلول درایستگاههای ورودی و خروجی افزایش پیدا کرده است (۲۰). بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین میزان اکسیژن محلول در ایستگاه خروجی بدست آمد که با توجه به تاثیر سد بر کیفیت آب و کاهش میزان BOD قابل انتظار بود. تغییرات اکسیژن محلول در ایستگاههای ورودی و داخل مخزن سد یک روند تقریباً ثابتی را طی می کند.

روند تغییرات میزان TDS در ایستگاههای داخل مخزن به گونه ای است که از ایستگاه شمارهٔ یک به سمت ایستگاه شماره سه روند نزولی داشته و این حاکی از آن است که میزان بار رسوبی با تغییرات طولی دریاچه کمتر شده است و بنظر می رسد میزان آن در نزدیک دیواره ها و دریچه ها، همانند برکه های طبیعی کمتر است که مطالعات کریج و همکاران (۲۰۰۳) بر روی دریاچه سد پرامپتون، نتیجه مذکور را تایید میکند (۱۸).

تخلیه آلاینده های آلی و معدنی از جمله مواد مغذی، به‌عنوان مهم‌ترین عامل مخرب کیفیت آب رودخانه دانسته شد (۲۱). بر اساس نتایج آماری بدست آمده، ایستگاههای مورد بررسی از نظر میزان نیترات و فسفات تفاوت معناداری را نشان می دهد. تغییرات میزان نیترات و فسفات در ورودی و خروجی دریاچه نشان می‌دهد، میزان این ترکیبات در آب خروجی از مخزن نسبت به ایستگاههای ورودی به دریاچه و ایستگاههای داخل دریاچه کمتر می باشد. بر اساس مطالعات انجام شده، چنانچه در مخازن و دریاچه ها رشد جلبکی و میکروارگانیسم ها بالا باشد از مواد مغذی استفاده می‌کنند، در نتیجه غلظت مواد مغذی در خروجی مخزن کمتر می‌شود، بعبارت دیگر، افزایش غلظت مواد مغذی در خروجی می‌تواند ناشی از کند شدن یا توقف رشد جلبک در مخزن و کاهش مصرف مواد مغذی باشد و بالعکس(۲۲). همچنین، نتیجه بدست آمده با نتایج مطالعات کازا و همکاران(۱۹۸۳) بر روی دریاچه سد جوزالاکویس مطابقت دارد (۲۳). بر اساس نتایج آماری بدست آمده، ایستگاههای مورد بررسی از نظر میزان BOD دارای اختلاف معنا دار می باشند. بیشترین میزان BOD در ایستگاه تلاقی به دست آمد که با توجه به ورود حجم زیادی فاضلاب روستایی به داخل رودخانه ها و دبی پایین رودخانه ها، افزایش میزان آن قابل انتظار بود. به نظر می رسد، شرایط ماندگاری در مخزن

روی کاهش میزان BOD آب اثر مثبت داشته به گونه ای که کمترین میزان BOD در ایستگاه خروجی مخزن بدست آمد. بر اساس نتایج بدست آمده، تغییرات کلیفرم در ایستگاههای مورد بررسی دارای اختلاف آماری معنی داری می باشد. بیشترین میزان کلیفرم در ایستگاه گل گل بدست آمد که با توجه به وجود تعداد زیادی روستا و واحدهای دامی در بالادست ایستگاه گل گل و ورود حجم زیادی فاضلاب خام به داخل رودخانه، نتیجه بدست آمده قابل انتظار می باشد و مطالعات الیزابت و همکاران(۲۰۰۵) بر روی رودخانهٔ کاتاهوچی نتیجه مذکور را تایید می‌کند(۲۴).در ایستگاه خروجی، بنظر می رسد شرایط ماندگاری آب مخزن بر روی کاهش تعداد کلیفرم اثر مثبت داشته به گونه ای که کمترین تعداد کلیفرم در این ایستگاه بدست آمد.

میرزایی و همکاران با پهنه بندی رودخانه جاجرود به این نتیجه رسیدند که به دلیل ورود آلاینده های میکروبی، ذرات معلق و افزایش کدورت، کیفیت آب کاهش یافته است (۲۵). بر اساس تقسیم بندی کیفیت آب، تمام ایستگاهها در طبقهٔ سوم شاخص قرار گرفتند. در این طبقه، ایستگاه تلاقی با میزان کیفیت ۵۱/۴ بدترین وضعیت را در بین ایستگاههای مورد نظر داشت، که بنظر می رسد این امر ناشی از ورود مستقیم فاضلاب روستای چشمه‌کبود به رودخانه چشمه‌کبود، ورود مستقیم فضولات دامی و خانگی روستای بلیین و روستای چاویز به رودخانه چاویز و دبی پایین آب رودخانه می باشد. شکوهی و همکاران(۱۳۹۰) در مطالعه ای که بر روی سد آیدوغموش داشتند به این نتیجه رسیدند که فضولات دامی به عنوان آلاینده های غیر نقطه ای از عوامل تاثیرگذار بر کیفیت آب سد مورد مطالعه می باشند(۱۰). بالاترین میزان کیفیت در این طبقه به مقدار ۶۳/۴۷ مربوط به ایستگاه خروجی مخزن می باشد و این امر نشان دهندهٔ توانایی سد درکاهش میزان آلاینده هاست، که نتیجه مطالعه نیکو نهاد و همکاران (۱۳۸۵) بر روی آب مخزن سد کرخه با استفاده از شاخص NSF(WQI) نتیجه مذکور را تایید میکند (۲۶). کیفیت آب رودخانه گل‌گل براساس شاخص NSF نسبت به ایستگاه تلاقی وضعیت بهتری دارد. احتمال می‌رود، این امر ناشی از دبی و توان خودپالایی بالای این رودخانه نسبت به رودخانه تلاقی چاویز- چشمه کبود باشد. کیفیت آب رودخانه اما، بر اساس شاخص NSF(WQI) در مقایسه با حوضهٔ گل‌گل و چاویز، از وضعیت نسبتاً بهتری برخوردار می‌باشد. به نظر می‌رسد، کیفیت بالاتر آب این رودخانه، ناشی از عدم وجود واحدهای گاوداری و مرغداری در این زیر حوضه باشد. براساس شاخص NSF، کیفیت آب در ایستگاههای داخل مخزن سد در حدود (۵۸-۵۳) می باشد و این بیانگر این است که قرار گرفتن آب در شرایط مخزن باعث بهبود وضعیت کیفی آن گردیده است.

به طور کلی، آلودگی آب پدیده‌ای است که در آن کیفیت شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آبهای طبیعی به واسطه ورود فاضلابها، زباله‌ها و دیگر زائدات ناشی از فعالیتهای صنعتی، شهری، روستایی و کشاورزی تغییر می‌کند. کیفیت آبهای سطحی یک منطقه تحت تاثیر دو عامل فرآیندهای طبیعی(میزان رسوبگذاری، خوردگی خاک) و فرآیندهای غیرطبیعی نظیر فعالیتهای کشاورزی و صنعتی است (۲۷). می‌توان چنین نتیجه گرفت که تمام منابع آب، بالقوه در معرض آلودگیهای طبیعی و انسانی می‌باشند. پیامدهای ناشی از آلودگی آب، بویژه آلودگی میکروبی سبب می‌شود که کنترل آب از نظر بیولوژیکی و مواد مغذی از اهمیت بالایی برخوردار باشد و بطور کلی منابع آبی که در معرض چنین آلودگیهایی هستند، نیاز به تصفیه دارند. مقایسه داده های بدست آمده از این بررسی با شاخص کیفیت آب NSF(WQI) نشان می دهد که تخلیه فاضلابهای روستایی، دامی و کشاورزی به داخل رودخانه ها موجب شده کیفیت آب در رده سوم قرار گیرد. بنابراین، بمنظور حفظ کیفیت آبهای ورودی به مخزن سد و طولانی شدن روند پیری دریاچه، شناسایی منابع آلاینده(واحدهای دامداری، مرغداری، سکونتگاهها و...) و کنترل آلاینده های ورودی با اجرای قوانین و مقررات و دستورالعملهای سختگیرانه جهت جلوگیری از تخلیه فاضلاب و زباله های روستایی، فضولات حیوانی روستاهای مجاور به داخل آب رودخانه، آموزش و اطلاع رسانی به کشاورزان روستاهای

اطراف حوضه در خصوص برداشت و استفاده مناسب از آب رودخانه و تشویق آنها به استفاده از روش های مبارزه بیولوژیک و مدیریت اصولی اراضی کشاورزی و در نهایت تهیه بانک اطلاعات کیفی آب رودخانه ها، شامل وضعیت کمی و کیفی رودخانه های ورودی به سد، نحوه مدیریت فاضلاب خروجی واحدهای فعال موجود در حوضه آبریز سد و پیشنهاد بهترین روش مدیریت فاضلاب خروجی هر واحد، آمار میزان کود و سم مصرفی سالیانه در حوضه آبریز و ارائه راهکار مناسب جهت تشویق کشاورزان به استفاده از روش های بیولوژیک و نهایتاً پهنه بندی حوضه آبریز سد برای استقرار کاربریهای های سازگار جهت تصمیم گیری آتی مسئولین پیشنهاد می گردد.

منابع

1- 1.Ahmet, k, kadri, Yurekli, Cengiz, o., 2005, Effects of kilickaya Dam on concentration and load value of water quality in kelkit stream in Turkey, Ankara University.

۲-هاشمی. سید حسین و همکاران ،" سهم بندی بار آلودگی ورودی از زیرحوضه ها به مخزن سد امیرکبیر با استفاده از مدل QUAL2K"، مجله محیط شناسی، ۱۳۹۰،جلد ۳۷ شماره۱، ۸-۱.

3- Carney, E., 2009. Relative influence of lake age and watershed land use on tropic state and water quality of artificial lakes in Kansas. J Lake Reserve Manage, vol. 25, pp. 199-207

4- Lu, X., Li, LY., Lei, K., Wang, L., Zhai, Y., Zhai, M.. 2010. Water quality assessment of Wei River, China using fuzzy synthetic evaluation, J Environ Earth Sci, vol.60, No. 8, pp.1693-99.

5- Azzellino, A., Salvetti, R., Vismara, R., Bonomo, L., 2006. Combined use of the EPAQUAL2E Simulation model and factor analysis to assess the source apportionment of point and non point loads of nutrients to surface waters, J Sci Total Environ, vol.371, No. 1-3, pp. 214-22

۶- پرهام. هوشنگ، جعفرزاده حقیقی فرد. نعمت اله " بررسی تغییرات غلظت ازت و فسفر و برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در دریاچه پشت سد کرخه و تعیین بیلان آن. مجله علوم دانشگاه شهید چمران"، جلد ۱۷، شماره ب، ص ۱۲۵-۱۱۷.

۷-شاملو. احمد، ناصری. سیمین،" پایش کیفی آب مخزن سد گیلارلو. مجله علمی آب و فاضلاب"، دوره ۱۵، جلد ۳، شماره ۵۱، ص ۲۷-۲۲.

8- Sanchez, E., Colmenarejo, M., Vicente, J., Rubio, A., Garcia, M., Travieso, L., Borha, R., 2007. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Journal of Ecological Indicators, vol. 7, No. 2, pp. 315-28.

9- Samantray, P., Mishra, B. K., Panda, C. R., Rout, sp., 2009. Assessment of water Quality index in Mahandi and Atharabanki Rivers and Taladanda Canal in Paradip, Area, India. J., Hum, Ecol, vol. 26 No. 3, pp.153-61.

۱۰- شکوهی. رضا و همکاران، " بررسی کیفیت آب دریاچه سد آیدغموش با استفاده از شاخص کیفیت آب NSFWQI و بیلان مواد مغذی"، مجله سلامت و محیط، دوره ۴، ۱۳۹۰، ص ۴۵۰- ۴۳۹.

۱۱- میرمشتاقی. مهدی و همکاران، " بررسی کیفیت آب رودخانه سفیدرود و پهنه بندی آن با استفاده از شاخص های کیفی NSFWQI و OWQI"، مجله اکوبیولوژی تالاب، ۱۳۹۰، دوره ۳، شماره ۹، ص ۳۴-۲۳.

12- Gatot, E. S., Sumiharni, 2011. Proposing water quality index calculation method for Indonesian

water quality monitoring Program. International Journal of Engineering and Science, vol. 2 No. 2, pp. 47-52.

۱۳- خوشناموند. مهدی،کبودوندپور.شهرام، "پایش جیوه تجمع یافته در بافت های مختلف ماهی کپور نقره ای (Hypophthalmichthys Molitrix) دریاچه سد قشلاق سنندج"، مجله سلامت و محیط زیست، ۱۳۸۹، دوره سوم، جلد ۳، ص ۲۹۸-۲۹۱

14- Eaton, A., Clesceri, L., Rice, W., 2005, Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water. 21th ed. Washington Dc: American Public Health Association.

15- NSF.2006. National Sanitation Foundation. Available from: http://www.NSF Consumer. Org/ Environment/WQI. Asp.[Accessed 6,10,2004]

۱۶- کیان ارثی فرحناز،" بررسی تغییرات غلظت ازت و فسفر در دریاچه سد کرخه و تعیین بیلان آن"، پایان نامۀ کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات اهواز، سال ۱۳۸۲

17- Neal, C., Harrow, M., Williamss, R. J., Dissolved carbon dioxid and oxygen in the River Thames: spring-summer, 1997, Science of The Total Environment. 1998, vol. 210-211, No.-6, pp. 205-17

18- Craig, M., &Bruce, F.,Versar Inc, 2003.,Water Quality Monitoring at Prompton Reservoir-U.S. Army Crops of engineers Philadelphia District-Philadelphia. PA 1910.

۱۹- همایون نژاد. ایمان،" بررسی کیفیت آب مخازن چاه نیمۀ زابل"، پایان نامۀ کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات اهواز، سال ۱۳۸۵.

20- Charles, e., &ViLA. j., JR. 2001, An updated water Quality Asses ment for the occoouan Reservoir And. tributary water shed , 1973-1992.

۲۱- صباحی. حسین و همکاران،" بررسی تاثیر فعالیتهای کشاورزی بر کیفیت آب رودخانه سیکان"، مجله علوم محیطی، شماره ۴، صفحه ۲۹.

۲۲- افشار. احمد، سعادت پور. مهدی،" یوتریفیکاسیون در دریاچه سدها: دومین مدلسازی دریاچه سد کرخه"، مجله آب و فاضلاب.۲۰، ۱۳۸۸، جلد۳، شماره ۷۲، : ص ۸۰-۹۳.

23- Kasza, H., 1983.The effect of the Goczalkowice dam reservoir on the hydrochemical condition of the River Vistula below the dam (Southern Poland).Act Hydrobiol. Vol. 28. Pp. 83-97

24- M.Barin,Gregory&Fri-Elizabeth, 2000, Fecal Colifrom.BacteriaConcentration Atlanta,Georgia-may- octobr.1994-1995.Resourses investigation Report.

۲۵- میرزایی. محمد و همکاران، " پهنه بندی کیفیت رودخانه جاجرود"، مجله مطالعات زیست محیطی، جلد۳۱، شماره ۳۷، ص ۲۶-۱۷.

۲۶- نیکو نهاد. علی، "بررسی تغییرات کیفی آب مخزن سد کرخه در ورودی، مخزن و خروجی با استفاده از شاخصهای کیفی" NSF WQI ، OWQI ، DS WQI " پایان نامه کارشناسی ارشد،دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات اهواز، سال۱۳۸۶.

۲۷- دهقان زاده رضا و همکاران،" ارائه پیشنهاداتی برای بهبود ویژگیهای کیفی رودخانه مهران در تبریز"، جلد ۳، شماره ۲، ص ۲۳۸ -۲۲۷.