

Technical Note

Evaluation of Gotvand Dam Construction Impacts on Time Series Variability of Water Quality Parameters

M. Nazeri Tahroudi^{1*} and A. Shahidi²

Abstract

The aim of this study was to evaluate the temporal trends of surface water quality parameters of Karun River in Sosan and Gotvand hydrometric stations to study the effects of Gotvand dam Construction. The water quality variables were TDS, EC, pH and SAR studied for the period of 1998 to 2014. The results of modified Mann-Kendall test for Sosan station indicated that the TDS underwent increasing and decreasing trends in monthly scale. August had the most significant increasing trend in TDS variable and based on the calculated Sen slope, this variable increased about 180.32 (mg/l) in recent 16 years. The temperature rise in this month could be one of the reasons for this raise. Also the trend of EC variables in Sosan station followed that of TDS and has a non-significant increasing trend for most of the months. It could be due to the reduced volume of flow, temperature rise, or the geological formations of the region. Gotvand station is located downstream of the Sosan station and the Gotvand dam. The results of modified Mann-Kendall test for Gotvand station indicated the significant deteriorating trend in water quality of Karun River downstream of Gotvand dam. TDS variable has an increasing and decreasing trend in Gotvand station in monthly scale while EC variable in this station has an increasing trend in all months. Comparing the results of modified Mann-Kendall test for the two stations of Sosan and Gotvand showed that the water quality has strongly changed in Gotvand station. Evaluating the time of change in time series trend showed that the most significant failure occurred in 2007 as the Gotvand reservoir filling had started. Overall results indicated that changes in water quality parameters of Karun river during the studied period are significant in Gotvand hydrometric station. In 2014 the EC value in this station increased about 160 percent compared to 2003. the results of evaluation the slope of trend line and the trend of quality parameters in the studied time period indicated that the trend of EC and TDS variables was increase about 50 and 47 percent in Gotvand and about 10 and 8 percentages in Sosan hydrometric station, respectively.

Keywords: Electrical Conductivity, Gotvand Dam, Mann-Kendall Test, Pettitt Test, Time Series.

Received: October 19, 2016

Accepted: January 9, 2017

یادداشت فنی

بررسی تأثیر احداث سد گتوند بر تغییرات سری زمانی پارامترهای کیفی جریان

محمد ناظری تهرودی^{۱*} و علی شهیدی^۲

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات زمانی پارامترهای کیفی آب سطحی رودخانه کارون در محل ایستگاه‌های هیدرومتری سوسن و گتوند به منظور بررسی اثر احداث سد گتوند بر روی رودخانه کارون می‌باشد. متغیرهای کیفی مورد بررسی شامل TDS، EC، pH و SAR در دوره آماری ۱۳۷۷-۱۳۹۳ می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون من-کندال اصلاح شده در ایستگاه هیدرومتری سوسن نشان داد که متغیر TDS تلفیقی از روند افزایشی و کاهش‌ی را در مقیاس ماهانه تجربه کرده است. در این بین ماه مرداد با روند افزایشی معنی‌دار در متغیر TDS مواجه بوده و با توجه به شیب سن محاسبه شده، مقدار این پارامتر در ۱۶ سال اخیر (mg/l) ۱۸۰/۳۲ افزایش یافته است که افزایش درجه حرارت در این ماه می‌تواند یکی از دلایل این افزایش باشد. همچنین روند تغییرات پارامتر EC در ایستگاه سوسن نیز مشابه TDS بوده و در اکثر ماه‌های سال روند افزایشی غیرمعنی‌دار داشته است. علت آن می‌تواند کاهش حجم جریان، افزایش درجه حرارت و یا سازندهای زمین‌شناسی منطقه باشد. ایستگاه گتوند بعد از ایستگاه سوسن و در پایین دست سد گتوند واقع شده است. نتایج حاصل از آزمون من-کندال اصلاح شده نشان دهنده کاهش معنی‌دار کیفیت آب رودخانه کارون بعد از سد گتوند می‌باشد. متغیر TDS روندی افزایشی و کاهش‌ی را در محل ایستگاه گتوند در مقیاس ماهانه تجربه کرده است. پارامتر EC در محل ایستگاه گتوند در تمامی ماه‌های سال وجود روند افزایشی را تأیید می‌کند. با مقایسه نتایج حاصل از آزمون من-کندال اصلاح شده برای دو ایستگاه سوسن و گتوند می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که کیفیت آب در محل ایستگاه گتوند به شدت تغییر کرده است. نتایج بررسی زمان تغییر روند سری‌های زمانی مورد مطالعه نشان داد که بیشترین شکست معنی‌دار در سال ۱۳۸۶ که آنگیزی سد گتوند شروع شده است، رخ داده است. به طور کلی نتایج نشان داد که تغییرات پارامترهای کیفی جریان رودخانه کارون در ایستگاه هیدرومتری گتوند معنی‌دار بوده و تغییرات زیادی داشته است. به طوری که مقدار EC جریان رودخانه در این ایستگاه در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۲ حدود ۱۶۰ درصد افزایش یافته است. بررسی شیب خط روند و روند تغییرات پارامترهای کیفی مورد بررسی در طی دوره آماری مورد بررسی نشان داد که روند تغییرات پارامترهای EC و TDS در ایستگاه هیدرومتری گتوند به ترتیب حدود ۵۰ و ۴۷ درصد و در ایستگاه سوسن به ترتیب حدود ۱۰ و ۸ درصد افزایش یافته است.

کلمات کلیدی: آزمون پتیت، آزمون من-کندال، سد گتوند، سری زمانی، هدایت الکتریکی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۷/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۰/۲۰

1- Ph.D Student of Water Resources, Sciences and Water Engineering Department, University of Birjand, Birjand, Iran. m_nazeri2007@yahoo.com

2- Associate Professor of Sciences and Water Engineering Department, University of Birjand, Birjand, Iran

*- Corresponding Author

۱- دانشجوی دکتری منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان اسفند ۱۳۹۶ امکانپذیر است.

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

ساختگاه طرح سد و نیروگاه آبی گتوند علیا در نقطه جغرافیایی به طول ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه و ۱۰ ثانیه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه و ۸ ثانیه شمالی و در فاصله ۳۸۰ کیلومتری از مصب رودخانه کارون و در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان گتوند واقع در استان خوزستان قرار دارد. عملیات احداث تونل‌های انحراف طرح سد و نیروگاه گتوند علیا در اردیبهشت ماه سال ۱۳۷۶ و عملیات اصلی ساختمانی سد در سال ۱۳۸۰ آغاز شد و انحراف کامل آب رودخانه نیز پس از پایان عملیات اجرایی فرازبند، در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۲ صورت گرفت (Iran Water and Power Resources Development Company (IWPC)). در این مطالعه جهت بررسی روند تغییرات پارامترهای EC، TDS، SAR و pH ایستگاه‌های هیدرومتری سوسن و گتوند از آزمون من- کندال اصلاح شده و همچنین جهت بررسی زمان تغییر روند پارامترهای مذکور از آزمون پتیت استفاده شد که جهت اطلاع از آماره این آزمون‌ها به ترتیب به (Kumar et al. (2009) و Pettitt (1979) مراجعه شود.

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی جریان رودخانه در محل ایستگاه‌های سوسن و گتوند به ترتیب به شرح شکل‌های ۱ و ۲ ارائه گردید. با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که در ایستگاه سوسن در ماه‌های مهر، آبان، آذر، خرداد، تیر و شهریور روند افزایشی غیر معنی‌دار و در ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت روند کاهشی غیر معنی‌دار در سری‌های TDS وجود دارد. در این بین ماه مرداد با روند افزایشی معنی‌دار در متغیر TDS مواجه بوده و با توجه به شیب سن محاسبه شده مشاهده می‌شود که مقدار این پارامتر در ۱۶ سال اخیر (mg/l) ۱۸۰/۳۲ افزایش یافته که افزایشی حدود ۳۵ درصد را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد با افزایش درجه حرارت در ماه مرداد میزان تبخیر افزایش یافته و همچنین در این ماه میزان دبی جریان کاهش می‌یابد که هر دو عامل باعث افزایش غلظت املاح نظیر هدایت الکتریکی در آب می‌شود. از سوی افزایش درجه حرارت آب تأثیر مستقیم بر میزان هدایت الکتریکی و به طبع آن افزایش TDS دارد و با افزایش درجه حرارت، مقادیر EC و TDS نیز به صورت مستقیم افزایش می‌یابد. روند تغییرات پارامتر EC نیز مشابه TDS بوده و افزایشی و کاهشی داشته است. در ماه‌های مهر، آبان، آذر، خرداد، تیر، مرداد و شهریور روند افزایشی غیر معنی‌دار و در ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت روند کاهشی غیر معنی‌دار در سری‌های EC مشاهده گردید. پارامتر pH در مقیاس ماهانه روند

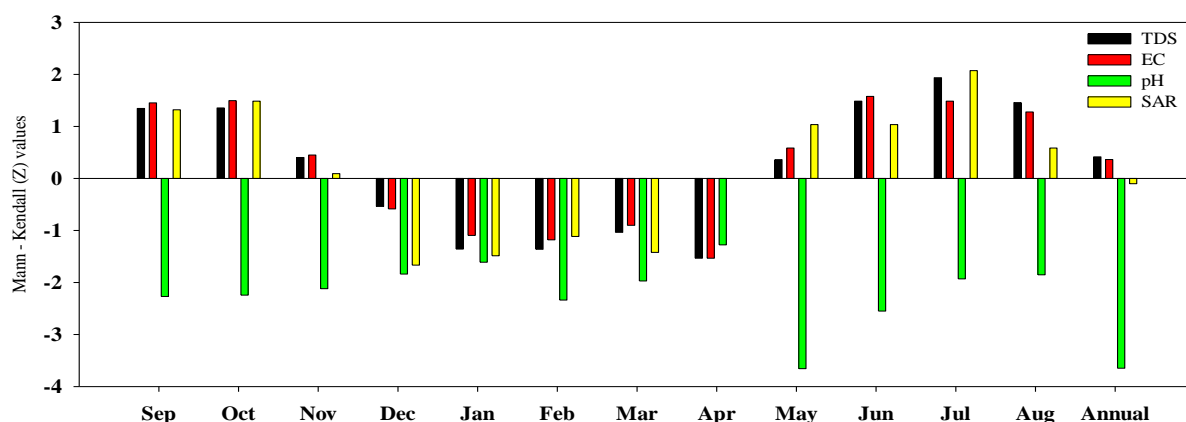
امروزه در اکثر کشورهای جهان کمبود منابع آب یکی از مسائل اساسی و استراتژیک آن کشور محسوب می‌شود که کشور ما نیز از این قضیه مستثنی نمی‌باشد. یکی از راه‌های مقابله با این مسئله و نیز استفاده بهینه از منابع آب، احداث سد بر روی رودخانه‌هایی با آبدهی قابل توجه می‌باشد. سدها اثرات مخرب و همچنین مفید دارند. در مجموع باید کوشش کرد که اثرات مضر و مفید زیست محیطی و همچنین اجتماعی ارزیابی شوند تا این هزینه‌ها به عنوان بخشی از ارزیابی اقتصادی یک پروژه سد، لحاظ گردند. بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی جریان رودخانه در محل احداث سدها می‌تواند عملکرد و اثرات زیست محیطی آن‌ها را نشان دهد. محققین مختلفی در مناطق مختلف جهان از آزمون آماری ناپارامتری رتبه‌ای من- کندال بطور وسیع برای ارزیابی معنی دار بودن وجود روند در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و متورولوژیکی از قبیل کیفیت آب، استفاده کرده‌اند. Anbazhagan and Nair (2004) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تغییرات مکانی عناصر شیمیایی آب زیرزمینی را در دشت پانول بررسی کرده و نقشه‌های مناطق آب‌های زیرزمینی مطلوب و نامطلوب را تهیه کردند. (Hassanvand (2010) در تحقیقی به بررسی اثر سازندهای منطقه گتوند در بررسی آلودگی سد گتوند پرداخت. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که مقایسه نتایج کیفی آب بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸، نشان از افزایش مقادیر EC، pH، سولفات، کلر و سدیم دارد. Nakhaei et al. (2011) در تحقیقی به بررسی کیفیت آب رودخانه کارون در سرشاخه پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که سازندهای زمین‌شناسی به عنوان مهم‌ترین عامل کنترل کیفیت آب‌های سطحی در رودخانه کارون می‌باشد. (SolaimaniSardo et al. (2013) مطالعه‌ای به بررسی روند متغیرهای شیمیایی کیفیت آب رودخانه چم انجیر خرم‌آباد پرداختند. آنها در مطالعه خود از آزمون ناپارامتری من- کندال بهره برده و نشان دادند که برخلاف وجود روند نزولی در متغیرهای اسیدیته و دبی جریان سایر پارامترهای مورد بررسی از قبیل هدایت الکتریکی، بی‌کربنات، کلر، کلسیم، منیزیم و TDS دارای روند صعودی و معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد بودند که این تغییرات کاهش کیفیت آب و افزایش املاح محلول را تأیید می‌کند. هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی روند تغییرات و زمان تغییر روند سری زمانی پارامترهای کیفی رودخانه کارون از قبیل TDS، EC، SAR و pH در محل ایستگاه‌های هیدرومتری سوسن و گتوند واقع بر رودخانه کارون در دوره آمار ۹۳-۱۳۷۷ می‌باشد.

اما در ایستگاه گتوند نه تنها روند کاهشی EC از بین رفته است بلکه در چهار ماه از سال EC به صورت معنی‌داری افزایش یافته است. این امر می‌تواند به شدت فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی موجود در پایین دست سد را با مخاطرات فراوانی مواجه نماید. در مقیاس سالانه، در بالادست سد و در ایستگاه سوسن نرخ تغییرات EC در هر سال برابر با $3/41$ (mhos/cm μ) بوده اما در ایستگاه گتوند (بعد از سد گتوند) این عدد به $39/98$ (mhos/cm μ) رسیده است. با توجه به نتایج بررسی زمان تغییر روند داده‌های مورد بررسی مشاهده می‌شود که در محل ایستگاه هیدرومتری سوسن و گتوند به ترتیب در ۱۴ و ۱۷ ماه شکست معنی‌دار در سری داده‌ها رخ داده است. این امر از آبان ماه ۱۳۸۱ آغاز و تا آبان ماه ۱۳۸۷ ادامه داشته است. در ایستگاه گتوند که در پایین دست ایستگاه سوسن واقع شده است، تغییرات به مراتب شدیدتری در سری‌های کیفی رودخانه مورد مطالعه رخ داده به طوری که ۱۷ ماه شکست در متغیرهای کیفی را تجربه کرده‌اند. بیشترین تغییرات نیز در سال ۱۳۸۶ و در شهریور ماه رخ داده است. جهت بررسی آنالیز کیفی آب سطحی در منطقه مورد مطالعه داده‌های کیفی مربوط به دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۲ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی آنالیز کیفی و طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس مصرف کشاورزی به شرح جدول ۱ و بر اساس سختی کل به صورت جدول ۲ ارائه گردید.

۳-۱- نتایج آزمون پتیت (بررسی زمان تغییر روند داده‌های مورد بررسی)

نتایج بررسی کیفیت آب سطحی بر اساس مصرف کشاورزی نشان داد که مقدار EC ایستگاه گتوند در ۱۲ سال مورد بررسی (از ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲) حدود ۱۶۰ درصد و ایستگاه سوسن حدود ۸۰ درصد افزایش یافته است.

کاهشی داشته است که در ماه‌های مهر، آبان، آذر، دی، اسفند، فروردین، خرداد، تیر، مرداد و شهریور کاهش موجود در داده‌ها معنی‌دار بوده است. این امر به مفهوم اسیدیته شدن آب است و اراضی و مخزن‌های پایین دست را می‌تواند به شدت تحت تأثیر قرار دهد. در دو ماه بهمن و اردیبهشت نیز روند کاهشی هم‌چنان وجود دارد ولی معنی‌دار نیست اما در صورت ادامه روند فعلی می‌توان انتظار داشت که در سال‌های آتی تغییرات مربوطه در pH معنی‌دار گردد. براساس شیب سن محاسبه شده بیشترین مقدار کاهش pH، در ماه آبان و برابر با $-0/88$ در ۱۶ سال اخیر رخ داده است. یکی از متغیرهای مهم در تعیین کیفیت آب آبیاری پارامتر SAR می‌باشد. در مطالعه حاضر نتایج آزمون من-کندال اصلاح شده برای متغیر SAR در ایستگاه هیدرومتری سوسن تغییرات چندان شدیدی را نشان نمی‌دهد. فقط در ماه دی و مرداد می‌توان به ترتیب روند کاهشی و افزایشی معنی‌دار در SAR مشاهده کرد. با توجه به شیب سن محاسبه شده نرخ تغییرات SAR در ماه دی برابر با $-0/42$ و در ماه مرداد $0/083$ در هر سال محاسبه گردید. به طور کلی ۱۱ ماه از سال روند تغییرات در مقدار TDS افزایشی بوده است. با مقایسه نتایج این ایستگاه با ایستگاه سوسن مشاهده می‌شود که روند تلفیقی (روندهای افزایشی و کاهشی) TDS در ایستگاه سوسن به روند افزایشی در تمامی ماه‌ها تبدیل شده است. این امر نشان دهنده افزایش TDS در پایین دست سد می‌باشد. مقدار افزایش در سری شهریور TDS، با توجه به شیب سن محاسبه شده برابر با $453/92$ (mg/l) در ۱۶ سال اخیر می‌باشد که نشان‌دهنده افزایش ۶۰ درصدی مقادیر TDS در این ماه می‌باشد. با توجه به شکل ۲ پارامتر EC در محل ایستگاه گتوند در تمامی ماه‌های سال وجود روند افزایشی را تأیید می‌کند. در ماه‌های آبان، بهمن، تیر و شهریور روند افزایشی معنی‌دار در سری‌های EC رخ داده است. در ایستگاه سوسن روند تغییرات EC تلفیقی از کاهش و افزایش را نشان می‌داد



شکل ۱- روند تغییرات پارامترهای کیفی آب سطحی در ایستگاه هیدرومتری سوسن (آزمون من-کندال اصلاح شده)

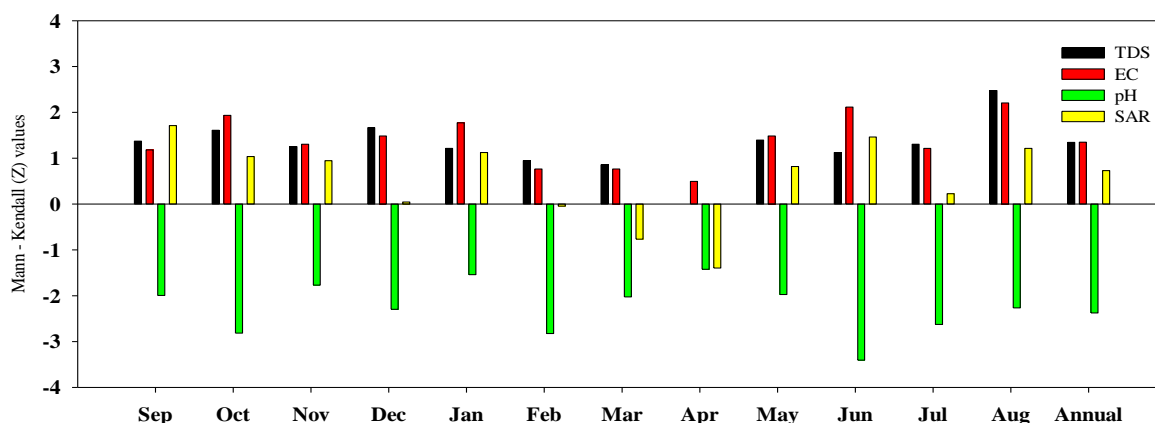


Fig 2- Trend of change in surface water quality in Gotvand Station (Modified Mann- Kendall test)
 شکل ۲- روند تغییرات پارامترهای کیفی آب سطحی در ایستگاه هیدرومتری گتوند (آزمون من- کندال اصلاح شده)

Table 1- Results of water quality evaluation (agricultural consumption)
 جدول ۱- نتایج بررسی کیفیت آب (مصرف کشاورزی)

Sampling location	Water quality for agriculture	Year	Class	EC (µmhos/cm)	SAR
Gotvand Station	Slightly salty - suitable for agriculture	2001 (1380)	C2-S1	718	1.96
	Salty water - Suitable for agriculture	2013 (1392)	C3-S2	1877	5.5
Sosan Station	Slightly salty - suitable for agriculture	2001 (1380)	C2-S1	430	1.01
	Salty water - Suitable for agriculture	2013 (1392)	C3-S1	776	2.56

Table 2- Investigating the water quality of the study area for the total hardness
 جدول ۲- بررسی کیفیت آب منطقه مورد مطالعه بر اساس سختی کل

Sampling location	Year	Water quality, based on the total hardness	Permanent hardness	Temporary hardness	Total hardness
Gotvand Station	2001 (1380)	Hard	0.00	160.26	160.26
	2013 (1392)	Quite hard	150.46	244.00	394.46
Sosan Station	2001 (1380)	Hard	0.00	151.22	151.22
	2013 (1392)	Hard	0.00	202.99	202.99

است. معمولاً سختی آبها در فصل باران، کم و در فصل خشکی، زیاد می شود که می تواند یکی از دلایل افزایش این پارامتر در ایستگاه سوسن باشد. هم چنین نتایج نشان داد که میزان سختی کل ایستگاه گتوند و سوسن در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۰ به ترتیب حدود ۱۴۶ و ۳۴ درصد افزایش یافته است. یکی از مهم ترین چالش های ایجاد شده پیرامون این سد، بحث وجود گنبدها و رگه های نمکی در اطراف محل آبرگیری سد است.

بر اساس جدول ۲ می توان مشاهده کرد که سختی دائم ایستگاه گتوند در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۸۰ حدود ۱۵۰ برابر افزایش یافته و آب سطحی این ایستگاه در طبقه بندی کاملاً سخت قرار گرفته است. سختی دائم در ایستگاه سوسن در طی سال های مورد بررسی تغییری نداشته است ولی میزان سختی کل افزایشی حدود ۳۳ درصد را نشان می دهد. میزان شدت سختی آب، به بستر جریان آب در سطح و زیر زمین بستگی دارد. آب های نواحی آهکی سختی زیادتری تا آب های نواحی گرانیتی و یا شنی دارند. سختی آب در طول زمان نیز تغییر پذیر

۳-۲- تحلیل نتایج

واقع شده است. نتایج حاصل از آزمون من- کندال اصلاح شده برای ایستگاه هیدرومتری گتوند نشان دهنده کاهش چشمگیر کیفیت آب رودخانه کارون بعد از سد گتوند می‌باشد. متغیر TDS روندی افزایشی و کاهشی را در محل ایستگاه گتوند در مقیاس ماهانه تجربه کرده است. با مقایسه نتایج این ایستگاه با ایستگاه سوسن می‌توان نتیجه گرفت که روند سری‌های TDS در پایین دست سد به شدت افزایشی می‌باشد. پارامتر EC در محل ایستگاه گتوند در تمامی ماه‌های سال وجود روند افزایشی را تأیید می‌کند. در ماه‌های آبان، بهمن، تیر و شهریور روند افزایشی معنی‌دار در سری‌های EC رخ داده است. در ایستگاه سوسن روند تغییرات EC تلفیقی از کاهش و افزایش را نشان می‌داد اما در ایستگاه گتوند نه تنها روند کاهشی EC از بین رفته است بلکه در چهار ماه از سال EC به شدت افزایش یافته و روند تغییرات آن معنی‌دار شده است.

در مقیاس سالانه، در بالادست سد و در ایستگاه سوسن نرخ تغییرات EC در هر سال برابر با $3/41$ (mhos/cm μ) بوده اما در ایستگاه گتوند (بعد از سد گتوند) این عدد ۱۱ برابر افزایش داشته و به عدد $39/98$ (mhos/cm μ) افزایش در هر سال رسیده است. پارامتر pH در مقیاس ماهانه روند کاهشی شدیدی داشته است که این امر به مفهوم اسیدیته شدن و عدم بهبود کیفیت آب در پایین دست ایستگاه سوسن می‌باشد؛ چراکه در ایستگاه سوسن نیز جریان رودخانه با کاهش pH مواجه بوده و بعد از سد گتوند نیز امر اصلاح نشده است. روند کلی SAR نیز در مقیاس سالانه افزایشی است که نسبت به ایستگاه سوسن شرایط نامطلوبی را نشان می‌دهد. همچنین نتایج حاصل از بررسی هیدروشیمیایی آب ایستگاه‌های مورد بررسی حاکی از نامطلوب شدن کیفیت آب منطقه مورد مطالعه در طی دوره آماری را دارد.

۵- مراجع

- Anbazhagan S, Nair A M (2004) Geographic information system and groundwater quality mapping in Panvel Basin, Maharashtra, India. *Environmental Geology* 45(6):753-761
- Hassanvand M (2010) Gotvand's dam water pollution assessment due to the geological conditions of the dam reservoir. Thesis Master of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology (in Persian)
- Kumar S, Merwade V, Kam J, Thurner K (2009) Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology* 374(1-2):171-183
- Madadinia M, Monavari S M, Karbasi A, Nabavi S M, Rajabzadeh I (2014) Evaluation the Karoon water

نتایج کلی تحقیق نشان داد که در بالادست ایستگاه گتوند (ایستگاه سوسن) تغییرات معنی‌داری در کیفیت آب رخ نداده است؛ اما بعد از محل سد و در ایستگاه سد گتوند، تغییرات معنی‌داری در پارامترهای کیفی آب رودخانه به وقوع پیوسته است. بیشترین میزان تغییرات نیز بر اساس نتایج تست پتیت در سال ۱۳۸۶ رخ داده است. با توجه به اینکه در سال ۱۳۸۶ ساخت بدنه سد تقریباً کامل شده و آبیگری محدودی نیز در آن انجام می‌شده است، می‌توان نتیجه گرفت که ساخت سد گتوند پارامترهای کیفی رودخانه کارون را تحت تأثیر قرار داده و از سال ۱۳۹۰ که دریاچه سد به طور کامل پر شده، می‌توان انتظار داشت که پس از آمار برداری‌های آتی، آثار احداث سد در تغییر پارامترهای کیفی رودخانه به روشنی قابل تشخیص باشد. (Madadinia et al. (2014) نیز در بررسی کیفیت آب رودخانه کارون در بازه اهواز به موضوع کاهش کیفیت آب اشاره کردند. با گذشت زمان مشاهده شد که تیپ آب ایستگاه گتوند از C2-S1 به حالت C3-S2 تغییر کرده و شور شده که این موضوع با تحقیقات Hassanvand (2010) در ارزیابی آلودگی آب سد گتوند علیا مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد که در بالادست سد گتوند کیفیت مطلوب‌تری از آب مشاهده می‌شود که (Nakhaei et al. (2011) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که آب سرشاخه‌های کارون از کیفیت مناسبی برخوردار بوده و در محدوده استانداردهای جهانی واقع شده است.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق روند تغییرات متغیرهای کیفی دو ایستگاه هیدرومتری سوسن و گتوند به منظور بررسی اثر احداث سد گتوند بر روی رودخانه کارون مورد ارزیابی قرار گرفت. متغیرهای کیفی مورد بررسی شامل EC، TDS، (هدایت الکتریکی)، pH و SAR در دوره آماری ۱۳۹۳-۱۳۷۷ می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون من- کندال اصلاح شده برای ایستگاه هیدرومتری سوسن نشان داد که متغیر TDS تلفیقی از روند افزایشی و کاهشی را در مقیاس ماهانه تجربه کرده است. در این بین ماه مرداد با روند افزایشی معنی‌دار در متغیر TDS مواجه بوده و با توجه به شیب سن محاسبه شده، مقدار این پارامتر در ۱۶ سال اخیر (mg/l) $180/32$ افزایش یافته است. همچنین روند تغییرات پارامتر EC در ایستگاه سوسن نیز مشابه TDS بوده و در اکثر ماه‌های سال روند افزایشی غیرمعنی‌دار داشته است. در مطالعه حاضر نتایج آزمون من- کندال اصلاح شده برای متغیر SAR در ایستگاه هیدرومتری سوسن تغییرات چندان شدیدی را نشان نمی‌دهد. فقط در ماه دی و مرداد می‌توان به ترتیب روند کاهشی و افزایشی معنی‌دار در SAR را مشاهده کرد. ایستگاه گتوند بعد از ایستگاه سوسن و در پایین دست سد گتوند

Pettitt AN (1979) A non-parametric approach to the change-point problem. Applied statistics 126-135

SolaimaniSardo M, Vali A A, Ghazavi R, Saidi Goraghani H R (2013) Trend Analysis of Chemical Water Quality Parameters; Case study Cham Anjir River. Journal of Irrigation & Water Engineering 3(12):95-106 (In Persian)

quality in Ahwaz reach using water quality indexes. Environmental science and technology 16(1):49-60 (In Persian)

Nakhaei M, Mosaei F, Ramazani A, Amiri V (2011) Assessment quality of Karoon River and its branches in Chaharmahal and Bakhtiari Province. Iranian Journal of Geology 5(20):59-72 (In Persian)