

Contribution of two Sioul and Ghadah tributaries in reducing the water quality of the Meimeh River: determination of critical points and remedial solutions

Haji Karimi ^{1*}, Ghobad Rostamizad ², Sajjad Moghadasifar ³, Ahmadreza Karimi ⁴

¹ Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

² Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran

³ M.Sc. Graduated Student, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

⁴ M.Sc. Student, Department of Hydrogeology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Abstract

Introduction

Meimeh River which is located in the southern region of the Ilam Province, Iran, originates from good quality karst aquifer of the Kabir Koh anticline but its water quality decreases during the flow path of the river. The main geological formation at the flow path of the river is Gachsaran formation which partly composed of gypsum and sometimes salty (Halite) rocks. The aim of this study is to determine the contribution of Sioul and Ghadah tributaries in the salinity levels of the Meimeh river water and determining the critical points and also providing remedial solutions for this problem.

Materials and Methods

In order to determine the locations of quality changes along the Meimeh River, several field visits were arranged and finally 35 sampling stations were determined along the river flow path. Monthly sampling and field measurements were scheduled in the selected stations for measuring the discharge, EC and Temperature for the 2016-2017 hydrologic year. After transferring the water samples to the laboratory, their chemical properties including major cations and anions were measured in the central laboratory of Ilam University.

Results and Discussion

Meimeh River has several tributaries and its discharge increases gradually. One of its main tributaries is the Sarkadeh River which collect mainly the water of sulfur spring and Sioul River. The results showed that the Meimeh River quality gradually decreased along its path after originating from the karst formations and entering the Gachsaran formation, (EC at the source and the final station was measured as 500 and 12500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, respectively). The results of mass balance showed that 28% Sulfur Springs, 21% Sioul river and 25% gradual changes by Gachsaran formation are effective in the salinity of the Meimeh River. In other words, about 50% of the Meimeh River's salinity is due to the impact of the Sarkadeh River.

Conclusion

In order to modify the water quality of the Meimeh River, it is necessary to reduce the impact of tributaries which has the highest undesirable effects on the Meimeh River water quality. Since the Sarkadeh River has the highest impact on the quality of the Meimeh River, the main action was to enhance the water quality of this branch. For this purpose, by constructing channels along the salinity zones of Sioul river, as well as creation of a water transmission pipe line for transferring the water of sulfur springs to the downstream of the Meimeh dam, can reduced more than 50% of the river water salinity and enhance the EC of the Meimeh River from 12500 (current situation) to 5700 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (doing above activities).

Keywords: Meimeh River, Salinity, Gachsaran Formation, Water Quality.

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: haji.karimi@gmail.com

Citation: Karimi, H., Rostamizad, Gh., Moghadasifar, S., Karim, A. (2022). Contribution of two Sioul and Ghadah tributaries in reducing the water quality of the Meimeh River: determination of critical points and remedial solutions. *Water and Soil Management and Modeling*, 2(3), 79-93.

DOI: 10.22098/mmws.2022.10286.1082

DOR: 20.1001.1.27832546.1401.2.3.7.6

Received: 03 February 2022, Received in revised form: 16 March 2022, Accepted: 16 March 2022, Published online: 28 May 2022

Water and Soil Management and Modeling, Year 2022, Vol. 2, No. 3, pp. 79-93

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





سهم اثر دو سرشاخه سیول و قدح در کاهش کیفیت آب رودخانه میمه؛ تعیین نقاط بحران خیز و ارائه راهکارها

حاجی کریمی^{۱*}، قباد رستمی زاد^۲، سجاد مقدسی فر^۳، احمدرضا کریمی^۴

^۱ استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
^۲ استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبهای زیرزمینی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده

کیفیت آب سطحی در تعیین شرایط زیست محیطی، سلامت عمومی و توسعه اجتماعی و اقتصادی نقش حیاتی دارد. این مطالعه با هدف تعیین سهم اثر دوسر شاخه سیول و قدح در کاهش کیفیت آب رودخانه میمه و تعیین نقاط بحران خیز و ارائه راهکارهای رفع آن انجام شده است. برای این منظور با بررسی های میدانی ایستگاه های نمونه برداری (۳۵ ایستگاه) در طول مسیر رودخانه تعیین و به مدت یک سال (۱۳۹۵-۱۳۹۶) به صورت ماهانه در ایستگاه های منتخب اقدام به اندازه گیری دبی، EC، دما و نمونه برداری از آب رودخانه شد. در ادامه بعد از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه خصوصیات فیزیکی - شیمیایی آن ها نیز اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که رودخانه در طول مسیر خود پس از جدا شدن از سازندهای کارستی، به دلیل وارد شدن به سازندهای تبخیری به ویژه سازند گچساران، کیفیت آن دچار کاهش تدریجی می شود (هدایت الکتریکی در سرچشمه و ایستگاه پایانی به ترتیب معادل ۵۰۰ و ۱۲۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر اندازه گیری شد). همچنین نتایج محاسبات بیلان حجمی نشان داد چشمه گوگردی قدح ۲۸ درصد، رودخانه سیول ۲۱ درصد و تغییر تدریجی توسط سازند گچساران ۲۵ درصد در شوری رودخانه میمه موثر هستند. به عبارتی حدود ۵۰ درصد شوری رودخانه میمه ناشی از تأثیر رودخانه سرکده (تلاقی سرشاخه های سیول و چشمه گوگردی قدح) می باشد. با احداث کانال هایی در مسیر زون های شوری رودخانه سیول و همچنین ایجاد یک خط انتقال که بصورت ثقلی آب چشمه گوگردی را به پایین دست سد منتقل نماید، می توان تا ۵۰ درصد از شوری رودخانه کاست و هدایت الکتریکی رودخانه میمه را از ۱۲۵۰۰ به ۵۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر کاهش داد.

واژه های کلیدی: رودخانه میمه؛ سازند گچساران؛ شوری، کیفیت آب

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: h.karimi@ilam.ac.ir

استناد: کریمی، ح.، رستمی زاد، ق.، مقدسی فر، س.، و کریمی، ا. (۱۴۰۱). سهم اثر دو سرشاخه سیول و قدح در کاهش کیفیت آب رودخانه میمه؛ تعیین نقاط بحران خیز و ارائه راهکارها. *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۳)، ۷۹-۹۳.
DOI: 10.22098/mmws.2022.10286.1082
DOR: 20.1001.1.27832546.1401.2.3.7.6



تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۴، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۱، دوره ۲، شماره ۳، صفحه ۷۹ تا ۹۳

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی © نویسندگان

۱- مقدمه

کیفیت آب نقش مهمی در تعیین محیط اکولوژیکی و سلامت عمومی دارد (Lu et al., 2015; Shi et al., 2017). آب تازه، تمیز و ایمن یک منبع کلیدی برای توسعه اقتصادی، اجتماعی و اقتصادی است (Pérez-Gutiérrez et al., 2017). تخریب کیفیت آب ناشی از منابع آلودگی نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای یک معضل زیست‌محیطی جهانی است (Zielinski et al., 2016; Shoemaker et al., 2017). آلودگی مواد مغذی مرتبط با تولیدات کشاورزی و پساب‌های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب علل اصلی تخریب کیفیت آب‌های سطحی هستند (Ribaud et al., 2001; Pettit et al., 2012; Rodrigues et al., 2018). علاوه بر این عوامل طبیعی (از قبیل شدت، مدت و فراوانی بارش، نوع پوشش گیاهی، توپوگرافی، نوع خاک و دبی رودخانه) مشکلات مربوط به مدیریت کیفیت آب را افزایش می‌دهند. Xu et al. (2019) به بررسی تغییرات فصلی و مکانی کیفیت آب سطحی در حوضه رود دن در دوره ۲۰۰۹ - ۲۰۱۵ و تعیین عوامل اصلی تأثیرگذار و سهم آن‌ها در کیفیت آب در فصل‌های مختلف با استفاده از تحلیل آماری، پرداخته‌است. نتایج نشان داد پوشش گیاهی در حوضه رودخانه دن از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ به ویژه در اراضی جنگلی افزایش قابل توجهی داشته است و غلظت بالای شاخص‌های اصلی آلودگی آب در محل‌های مانیتورینگ پایین‌دست رودخانه ثبت شد. علاوه بر این، نیترات و فسفر بیش‌ترین سهم را در آلودگی و کاهش کیفیت آب ایجاد کرده؛ به طوری که غلظت نیترات در طول تابستان و غلظت‌های فسفر در طول فصل بهار افزایش نشان داد.

Tavana et al. (2021) آلاینده‌های مؤثر در کاهش کیفیت آب رودخانه‌های غرب استان مازندران را در دو فصل کشت (تابستان) و غیر کشت (زمستان) مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد میزان غلظت فلزات نمونه‌های آب با استاندارد ایران و جهان در هر چهار رودخانه بیشتر از حد مجاز است. Sohrabzadeh et al. (2018) روند تغییرات کیفیت آب حوزه آبخیز رودخانه تالار با استفاده از روش ناپارامتری من-کندال را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان دهنده وجود روند صعودی معنادار در میزان Na و TDS سالانه و فصلی بوده، ولی روند SO₄ تنها به صورت سالانه و در فصل بهار دارای روند صعودی معنادار بوده و در سایر فصول روند صعودی غیرمعنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشته است. Khalili et al. (2020) کیفیت آب رودخانه گرمارود با استفاده از شاخص‌های مختلف مورد بررسی قرار دادند که نتایج آنها نشان داد کیفیت آب در ایستگاه شماره یک نسبتاً خوب و در ایستگاه‌های شماره دو و سه کیفیت بد است. Sabzevari et al.

(2020) تغییرات بلند مدت سالانه و فصلی کیفیت رودخانه الشتر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد الگوی تغییرات پارامترها در مقیاس‌های سالانه و فصلی مشابه هم بوده است، طوری که غلظت پارامترهای HCO₃، Na، pH و SAR کاهش و غلظت عناصر Mg، Ca، TH، TDS، EC، Cl و SO₄ افزایش داشته است.

Talebi et al. (2019) به بررسی روند تغییرات کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود در دوره‌های خشکسالی و ترسالی پرداختند که نتایج آنها نشان داد، با وقوع خشکسالی‌ها میزان غلظت یون‌ها در منابع آب افزایش یافته و با وقوع ترسالی غلظت یون‌ها در آب بهبود یافته است. به طوری که در ایستگاه اسکندری یون منیزیم در فصل خشک ۳۷ درصد و در ایستگاه پل زمان‌خان یون سولفات در فصل خشک ۵۶ درصد افزایش یافته است. تیپ آب موجود در هر ایستگاه از نوع سدیم بیکربنات بود که می‌تواند مربوط به عامل زمین شناسی باشد. Naderi et al. (2018) به بررسی کیفیت آب رودخانه قره‌سو در استان گلستان به روش توصیفی-مقطعی با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های آماری متغیرهای کیفی و پارامترهای بیولوژیکی آب در ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در رودخانه قره‌سو در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که کیفیت آب رودخانه قره‌سو به علت غلظت بالای یون‌های سولفات، سدیم و کلر به لحاظ شرب، نامناسب است و به لحاظ کشاورزی، دارای کیفیت متوسط است. Fathi et al. (2018) کیفیت آب رودخانه بهشت-آباد (چشمه شلمزار- تلافی با آب کوه‌رنگ) واقع در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص کیفیت آب مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه نه پارامتر کیفی آب در طول رودخانه در پنج ایستگاه انتخابی به مدت سه ماه از تیرماه ۱۳۹۴ تا شهریور ۱۳۹۴ با استفاده از روش استاندارد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت آب طی مدت پژوهش در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بین طبقه کیفیت متوسط و خوب در تغییر بوده است. در مطالعه‌ای دیگر مدل‌سازی و مدیریت کیفیت آب رودخانه با استفاده از رویکرد کنترل منبع در رودخانه زرنه‌رود مورد بررسی قرار گرفت (Biglari et al., 2019). نتایج نشان داد آلودگی رودخانه از طرف سرچشمه آن به طرف پایین‌دست در اواخر تابستان بیشتر شده است که این امر ناشی از ورود کودهای کشاورزی و تخلیه فاضلاب واحدهای خدماتی رفاهی در بالادست و کارگاه‌های پرورش ماهی است. تحلیل منابع آلاینده نشان داد منابع گسترده مانند زباله‌ها و فضولات انباشته شده در ساحل رودخانه بیشترین سهم را در آلودگی آب (مواد مغذی) دارند و از بین منابع نقطه‌ای و آلاینده‌های کشاورزی، منابع نقطه‌ای سهم

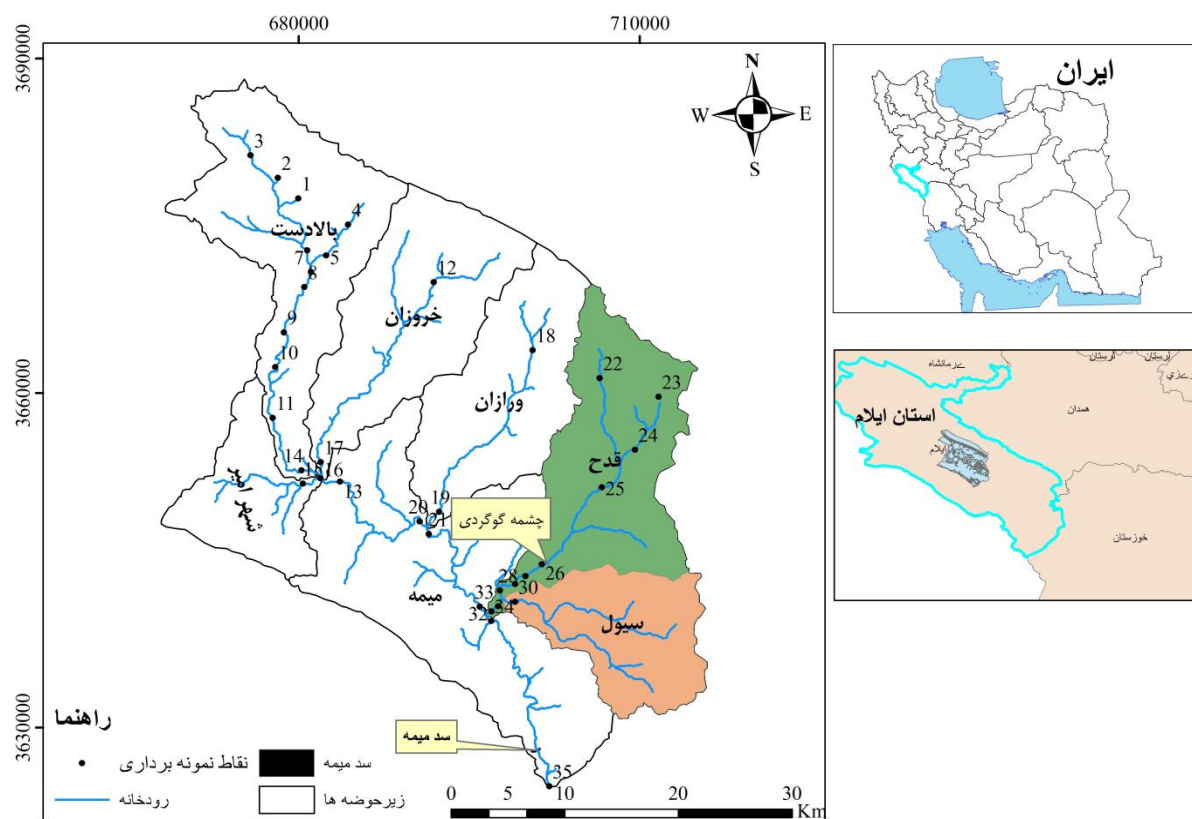
حوزه آبخیز میمه با مساحت ۱۷۶۴۱۰ هکتار در شهرستان دهلران استان ایلام قرار گرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۵۳' ۴۸' ۴۶° تا ۷' ۱۸' ۴۷° طول شرقی و ۶" ۴۲' ۳۳° تا ۱۰" ۱۹' ۳۳° عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع حوزه ۲۴۹۱ متر در ارتفاعات کبیرکوه و حداقل ارتفاع در خروجی حوزه برابر ۱۹۶ متر از سطح دریا است. متوسط بارش و دمای سالانه به ترتیب ۴۵۰ میلی‌متر و ۱۶/۸۸ درجه سانتیگراد است. حوزه آبخیز مورد مطالعه بخشی از زون ساختاری زاگرس چین‌خورده است و واحدهای زمین‌ریختی متفاوتی از کوه، تپه‌ماهور و مناطق دشت‌گون است، که در ارتباط با ساختارهای زمین‌شناختی منطقه شکل گرفته‌اند. مناطق مرتفع و کوهستانی غالباً تاقدیس‌های با سنگ‌شناسی سخت‌فرسا از جنس سازندهایی مثل آسماری، ایلام، سروک و ممیر امام حسن از سازند گورپی هستند که با سایر بخش‌های سخت‌فرسا از سازندهای منطقه همراه است. نقاط هموارتر مثل تپه‌ماهورها از سازندهای سست‌تری چون سازند گچساران تشکیل شده‌اند. نواحی دشت‌گون نیز از رسوبات آبرفتی حاصل از فرسایش ارتفاعات پهنه پوشیده‌اند.

بیشتر آلاینده‌های را در فصل تابستان و پاییز و آلاینده‌های کشاورزی سهم بیشتر را در فصل بهار دارند.

با توجه به احداث سد مخزنی میمه بر روی رودخانه میمه و استفاده از آب این سد برای مصارف کشاورزی، دامپروری و صنعت لازم بود مطالعاتی در این زمینه برای بررسی کیفیت آب رودخانه صورت پذیرد. از طرفی تاکنون مطالعات مدونی بر روی محل‌های دقیق تغییر کیفیت آب رودخانه میمه و میزان تأثیر-گذاری آنها بر کیفیت آب رودخانه انجام نشده است که در این مطالعه به آنها پرداخته می‌شود. علاوه بر این سهم اثر سرشاخه-هایی مانند سیول و قدح که بعد از تلاقی آنها با رودخانه میمه کیفیت آب با سرعت بیشتری کاهش پیدا کرده تعیین و در نهایت راهکارهای علاج بخشی جهت جلوگیری از کاهش کیفیت آب ارائه شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1- The location of the study area

است. این دسته اطلاعات شامل بررسی ادبیات تحقیق و پیشینه موضوع و مبانی نظری است، همچنین داده‌هایی از جمله شرایط محیطی منطقه، آمار و ارقام مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری و

۲-۲- روش تحقیق

اطلاعات مورد نیاز با توجه به ضرورت موضوع به چند گروه قابل تقسیم است. گروه اول شامل داده‌های اسنادی و کتابخانه‌ای

بخش دیگری از داده‌ها هم از طریق روش‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آماری به دست آمد که از جمله آن‌ها می‌توان به نتایج آنالیزهای نمونه‌های آب در آزمایشگاه، تجزیه و تحلیل داده‌های شرایط هیدروژیک و محیطی منطقه، ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه آبخیز و سازندهای زمین‌شناسی منطقه اشاره کرد.

در بخش آزمایشگاهی نیز پس از برداشت نمونه‌های آب و انتقال آنها به آزمایشگاه آب منطقه‌ای ایلام، میزان آنیون‌ها (Cl^- ، SO_4^{2-} ، HCO_3^-)، کاتیون‌ها (K^+ ، Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+})، pH ، SAR ، TDS ، EC درصد سدیم، مجموع آنیون‌ها و مجموع کاتیون‌ها اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه نمونه‌گیری در طول یک سال و در هر ماه یکبار انجام می‌شد و از طرفی در ۳۵ ایستگاه نمونه برداشت می‌شد، در مجموع ۴۲۰ نمونه در آزمایشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

در ادامه میزان سهم چشمه گوگردی و رودخانه سیول و زون‌های شوری موجود در مسیر آن و در میزان شوری رودخانه سرکده و در ادامه میزان سهم رودخانه سرکده در شوری رودخانه میمه با استفاده از معادله بیلان حجمی (Purandara et al., 2004) مورد بررسی قرار گرفت (رابطه ۱). شماتیک آن در شکل (۲) نشان داده شده است.

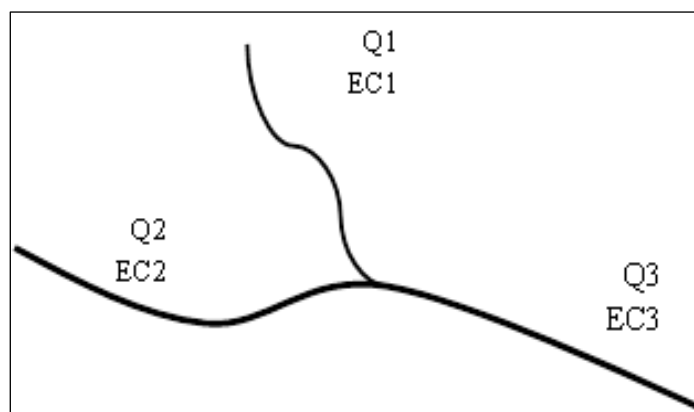
$$(Q_1 \times EC_1) + (Q_2 \times EC_2) = (Q_3 \times EC_3) \quad (1)$$

که در آن، Q_1 ، Q_2 و Q_3 به ترتیب دبی سرشاخه اول، دبی سرشاخه دوم و دبی حاصل تلاقی سرشاخه اول و دوم به مترمکعب در ثانیه. همچنین EC_1 ، EC_2 و EC_3 به ترتیب هدایت الکتریکی سرشاخه اول، دوم و حاصل تلاقی سرشاخه اول و دوم است.

باران‌سنجی که از وزارت نیرو و سازمان هواشناسی و آب منطقه‌ای استان ایلام استخراج شد. گروه دوم که از دیدگاه موضوع اهمیت بیشتری دارد، شامل گردآوری داده‌های میدانی است. بخش عمده این داده‌ها با استفاده از مشاهدات میدانی به دست آمد و شامل مشخص کردن محل نمونه‌گیری‌ها با استفاده از GPS، اندازه‌گیری سرعت آب با استفاده از مولینه، برآورد دبی و نمونه‌گیری آب در محل تلاقی سرشاخه با رودخانه اصلی (قبل و بعد از تلاقی در مدت سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ و هر ماه یکبار)، اندازه‌گیری EC و دمای آب رودخانه با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج، بررسی وضعیت چشمه‌های شور در مسیر رودخانه و ارزیابی میدانی سازندهای زمین‌شناسی هستند.

به‌منظور تعیین موقعیت و تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری، در محل تلاقی هریک از سرشاخه‌ها به رودخانه اصلی میمه و همچنین چشمه‌های موجود در منطقه، اقدام به نمونه‌برداری گردید. دوره پایش نیز یک دوره یک‌ساله (سال آبی ۹۶-۱۳۹۵) در نظر گرفته شد که دوره تواتر پایش در هر ایستگاه به‌صورت ماهانه (۱۲ بار در طول سال) انجام شد. بر همین اساس تعداد ۳۵ ایستگاه نمونه‌برداری (جدول ۱) انتخاب شد که موقعیت آن‌ها در منطقه (شکل ۱) نشان داده شده است.

نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز رودخانه میمه منطبق بر ۸ برگه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ شامل کلم‌بالا (۱-۵۳۵۶)، میمه (۲-۵۳۵۶)، بیشه‌دراز (۱-۵۳۵۵)، زرانگوش (۱-۵۴۵۶)، آبدانان (۱-۵۴۵۵)، دره‌شهر (۲-۵۴۵۶)، کوه‌سرسفید (۴-۵۴۵۵)، تم‌تمو (۳-۵۴۵۵) شرکت ملی نفت ایران استخراج گردید. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیش از ۴۵/۴ درصد از سطح حوضه معادل ۸۰۴/۵ کیلومترمربع توسط سازند گچساران پوشیده شده است (جدول ۲).



شکل ۲- شماتیک معادله بیلان حجمی

Figure 2- Schematic of the volumetric balance equation

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های نمونه برداری
Table 1- Specifications of sampling stations

Code	Station	X	Y	Code	Station	X	Y
1	Eastern spring	679172	3678669	19	Varazan River	692252	3649372
2	Western Spring	678245	3679501	20	before Varazan	691231	3648078
3	Seasonal spring	677104	3679599	21	After Varazan	691243	3647811
4	Source of Gourab	684358	3675118	22	Chamasiyab	706486	3661352
5	Gourab River	681254	3671787	23	Gandab	711664	3659673
6	After Gourab	680978	3671474	24	after of bridge	709595	3654919
7	Before Gourab	680886	3671796	25	old bridge	708125	3652628
8	Haftkadeh Hydrometer	681035	3670336	26	before of sulfur spring	700058	3643601
9	Imamzadeh Fakhreddin	679045	3664923	28	After of sulfur spring	699821	3643683
10	Gypsum spring in raodside	678829	3663823	29	before of Sioul	697845	3641626
11	Haftkadeh village	677687	3660154	29	Sulfur spring	699959	3643601
12	Takhtan	691886	3669952	30	Sioul River	697942	3641447
13	After Kharvazan	682465	3651879	31	after sioul	697693	3641467
14	Before Shar-e-Amir	681564	3652782	32	before meymeh	696590	3640207
15	Shar-e-Amir	681601	3652197	33	Before sarkadeh	696343	3640348
16	After Shar-e-Amir	682190	3651970	34	After sarkadeh	696488	3639921
17	Kharvazan River	682069	3652570	35	Dehloran Bridge	702045	3624751
18	Kan-e-Shaloo	700593	3663852				

جدول ۲- میزان سطح پوشش سازندهای زمین شناسی موجود در منطقه
Table 2- Coverage area of geological formations in the region

Formations	Sioul		Ghadah		Total of basin	
	Area	%	Area	%	Area	%
Gachsaran(Mg)	97.12	64.76	88.29	31.78	804.55	45.38
Aghajari (MPLa)	-	-	1.03	0.37	42.12	2.38
Asmari (OLMa)	18.37	12.24	29.24	3.50	123.59	6.97
Kalhor (OLMa.k)	8.59	5.72	9.36	3.37	43	2.43
Pabdeh (Pgp)	24.06	16.04	63.58	22.89	257.3	14.51
Sarvak (Ksa)	-	-	31.45	11.32	205.91	11.62
Surgah (Ksu)	-	-	1.21	0.44	6.72	0.38
Ilam(Ki)	-	-	9.22	3.32	38.54	2.17
Gurpi (Kgu)	-	-	34.64	12.47	79.12	4.46
E. Hasan (Kg.e)	-	-	14.33	5.16	45.05	2.54
Symareh (Kg.s)	-	-	-	-	5.03	0.28
Quaternary (Q)	1.84	1.23	14.97	5.39	121.83	6.87

۳- نتایج و بحث

جدول (۳) به طور خلاصه شامل مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل، انحراف معیار (SD) و ضریب تغییرات (CV) ۱۲ پارامتر کیفیت آب اندازه گیری شده در طول دوره نمونه برداری یک ساله در ۳۵ سایت در امتداد رودخانه میمه است. طبق جدول (۳)، پراکندگی بالا (SD و CV بالا) برای برخی از متغیرهای EC، TDS، Cl-

جدول (۳) به طور خلاصه شامل مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل، انحراف معیار (SD) و ضریب تغییرات (CV) ۱۲ پارامتر کیفیت آب اندازه گیری شده در طول دوره نمونه برداری یک ساله در ۳۵ سایت در امتداد رودخانه میمه است. طبق جدول (۳)، پراکندگی بالا (SD و CV بالا) برای برخی از متغیرهای EC، TDS، Cl-

افزایش قابل توجهی در دبی رودخانه می شود.

جدول ۳- آمار توصیفی پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه های آب در رودخانه میمه

Table 3- Descriptive statistics of the physico-chemical parameters of water samples in Meymeh River

	Variable	Q ***	TDS*	EC**	pH	HCO ₃ ^{-*}	CL ^{-*}	SO ₄ ^{2-*}	Ca ^{2+*}	Mg ^{2+*}	Na ⁺	K ⁺	SAR	TH*
Autumn	Mean	0.803	5383.1	7800.6	7.7	3.2	57.1	18.6	23.4	6.2	48.8	0.3	29.5	1475.9
	Max	2.7	56860.7	84866.7	7.9	6	762	85.7	70.5	33.3	745.8	4	336.3	4856.7
	Min	0.005	255	399.3	7.5	2.3	0.5	0.3	3	0.6	0.4	0	0.3	200
	SD	0.818	10392.6	15462.8	0.1	0.8	142.4	15.5	15.2	7.4	137.1	0.7	81.6	1029.4
	CV%	101.8	193.1	198.2	1.4	24.1	249.4	83.2	64.8	119.3	280.9	236.5	276.7	69.7
Winter	Mean	1/279	4234.7	6340.8	7.7	3.6	38.4	21.3	23	6.1	34	0.3	8.6	1438.2
	Max	9.44	36180	54000	7.9	6.7	377.3	160.3	64.9	30.1	448.6	1.2	93.7	4550
	Min	0.005	267.3	418.3	7.5	2.6	0.5	0.5	3	0.5	0.5	0	0.3	191.7
	SD	1.663	6688.1	9975.5	0.1	0.8	77.3	26.1	13.4	7.2	82.5	0.2	19.3	1007.3
	CV%	130	157.9	157.3	1.4	21.4	201.2	122.5	58.3	118.9	242.8	78.0	226	70
Spring	Mean	0.635	4759.5	7066.6	7.5	3.6	42.2	25.3	25.4	5.1	40.5	0.3	8.1	1525.6
	Max	3.21	41986.7	59666.7	7.9	6.9	378.1	246.1	74.6	16.5	535.5	0.8	113.1	4556.7
	Min	0.012	267	417.7	7.2	2.7	0.4	0.4	3.2	0.3	0.4	0.0	0.3	200
	SD	0.691	7548.3	10849.2	0.2	0.8	78.6	39.3	15.2	4.9	96.2	0.2	19.8	984
	CV%	108.7	158.6	153.5	2.3	21.1	186.1	155.2	59.8	95.5	237.3	62.0	243.3	64.5
Summer	Mean	0.173	7166.4	10647.8	7.7	3.4	106.7	28.1	33.1	7.8	97.4	0.3	23.5	2009.9
	Max	0.64	75352.7	112466.7	7.9	6.3	1543	56.4	99	30.2	1471	1.5	103	6458.3
	Min	0.002	264.7	414.3	7.1	2.3	0.3	0.5	4.2	1.4	0.5	0	3.9	283.3
	SD	0.157	13161.9	19693.3	0.2	0.9	269.7	13.6	19.5	7.3	255.9	0.3	26.3	1287.6
	CV%	90.5	183.7	185	2.1	27.9	252.6	48.5	59	93.7	262.8	75.8	112.1	64.1

*mg/L

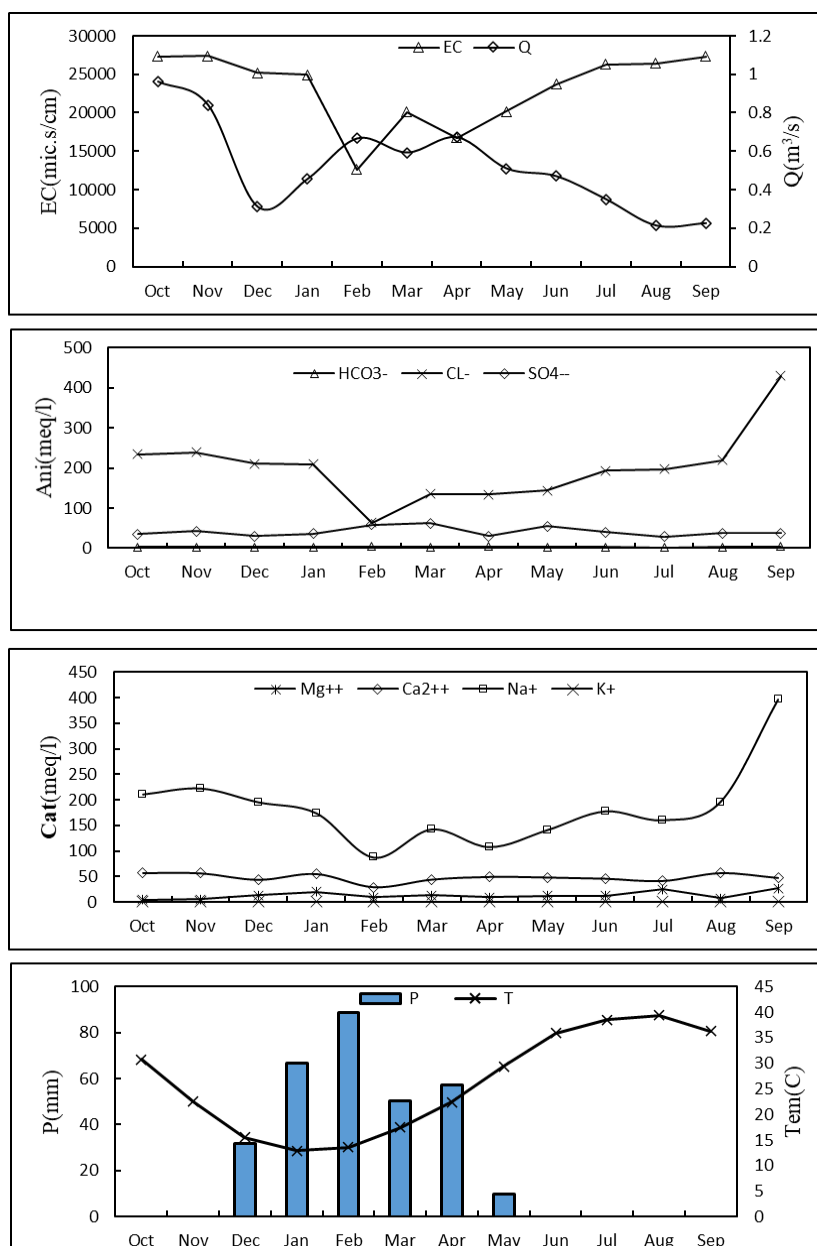
**µs/cm

***m³/s

۳-۱- بررسی تغییرات زمانی

سازند گچساران)، تبخیر زیاد و افزایش غلظت این پارامترها در آب رودخانه است. علاوه بر این، این افزایش غلظت در میزان EC (در سرچشمه ۴۵۰ الی ۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر)، آنیون ها و کاتیون ها از سرچشمه به سمت پایین دست رودخانه محسوس تر است؛ به طوری که در آخرین ایستگاه ها این میزان اختلاف به بیش از چند برابر (۱۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر) هم می رسد.

تغییرات زمانی پارامترهای شیمیایی آب، در هر یک از ایستگاه های تعیین شده در طول سرشاخه سرکده طی ۱۲ ماه (۹۵-۹۶) مورد بررسی قرار گرفت. به عنوان نمونه تغییرات زمانی پارامترهای شیمیایی آب رودخانه در ایستگاه سرکده قبل از تلاقی میمه در شکل (۳) نشان داده شده است. همان طوری که در شکل (۳) مشخص است در فصول گرم سال و با کاهش دبی، میزان EC، کاتیونها و آنیونها نیز افزایش می یابد. دلیل افزایش این پارامترها عبور رودخانه از سازندهای با املاح زیاد (مخصوصا



شکل ۳- تغییرات زمانی کیفیت آب رودخانه میمه در محل ایستگاه سرکده قبل از تلاقی با میمه در سال ۱۳۹۵-۹۶

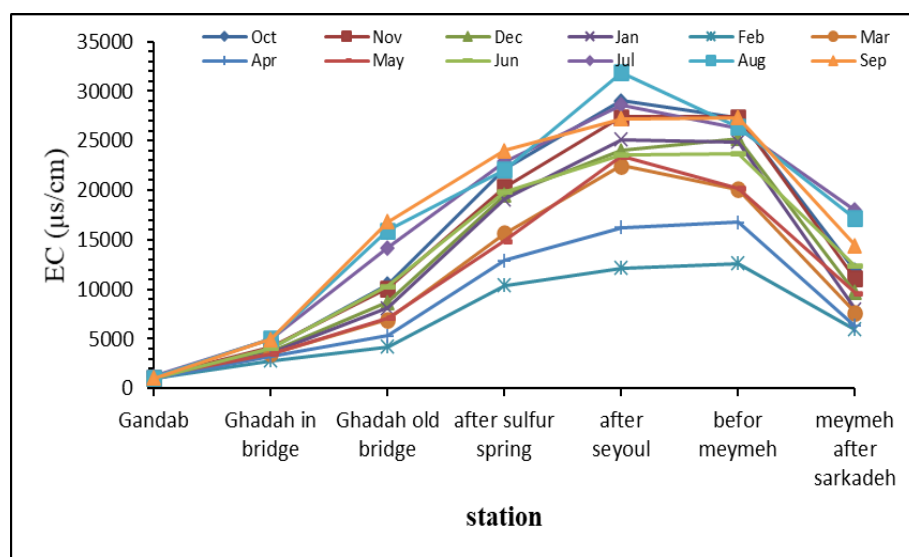
Figure 3- Temporal variation of water quality of Meymeh River at the location of the Sarkadeh station before the confluence with the Meymeh in 2016-2017 year

۳-۲- بررسی تغییرات مکانی

با توجه به اینکه هدایت الکتریکی بیانگر کل مواد محلول در آب بوده و تغییرات این پارامتر نشانگر نحوه تغییرات املاح آب رودخانه است، از طرف دیگر به دلیل کثرت پارامترهای اندازه‌گیری شده، تغییرات هدایت الکتریکی جهت بررسی تغییرات مکانی رودخانه مورد ارزیابی قرار گرفت. بنابراین، بر اساس مطالعات میدانی و اندازه‌گیری‌های به‌عمل آمده مشخص گردید که رودخانه در طول مسیر خود پس از جدا شدن از سازندهای کارستی کبیرکوه، به دلیل وارد شدن به سازندهای تبخیری به‌ویژه سازند گچساران کیفیت آن دچار کاهش تدریجی می‌شود. این موضوع درباره سرشاخه سرکده نیز صدق می‌کند به طوری که متوسط سالانه هدایت الکتریکی در ایستگاه گنداب حدود ۱۰۷۲ و در طول مسیر بعد از عبور از سازند گچساران در محل ایستگاه قبل تلاقی سرکده به رودخانه میمه این مقدار به ۲۴۰۱۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر می‌رسد (شکل ۴). همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود روند شور شدن آب از سرچشمه به سمت پایین‌دست به تدریج افزایش پیدا کرده به طوری که در محل‌های تلاقی با چشمه گوگردی و سرشاخه سیول به اوج خود می‌رسد. البته بعد از تلاقی با سیول تا ایستگاه قبل از تلاقی با رودخانه میمه (طی مسافت حدود چهار کیلومتر) به مقدار کمی این میزان شوری نزولی می‌شود که دلیل آن تبخیر زیاد در منطقه و رسوب نمک‌های محلول آب در بستر رودخانه بصورت کفه‌های نمکی است. این کاهش کیفیت آب در طول رودخانه میمه نیز مورد بررسی قرار گرفت به طوری که میزان هدایت الکتریکی رودخانه میمه در سرچشمه

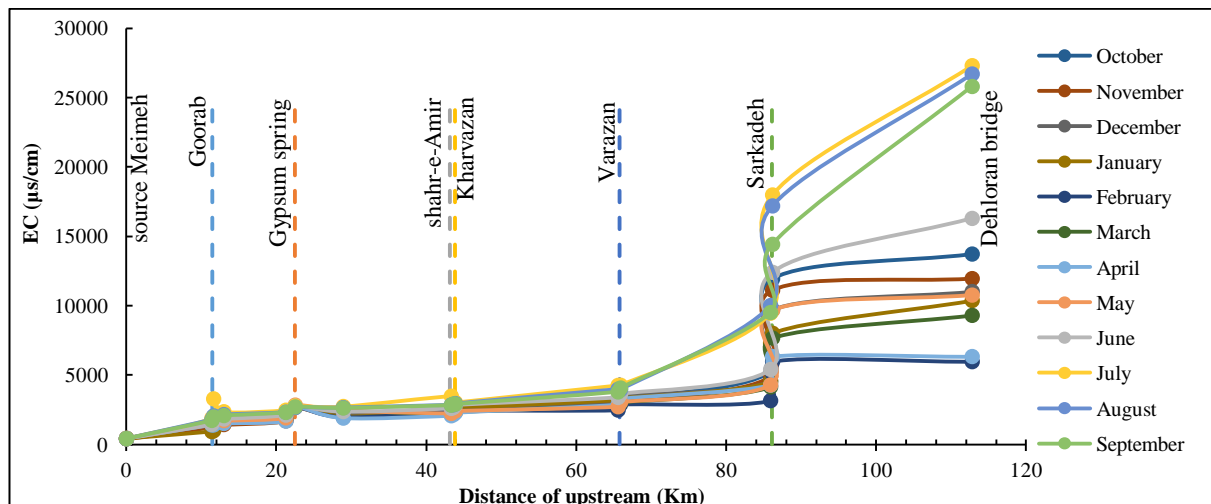
که حدود ۴۵۰ الی ۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده به تدریج به سمت پایین دست افزایش یافته و در محل اتصال رودخانه های خروزان و ورازان این مقدار به حدود ۳۵۰۰ و در پایین دست آن به ۴۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌رسد. در محل اتصال رودخانه سرکده به رودخانه میمه در اثر ورود آب چشمه گوگردی قدح و رودخانه سیول مقدار متوسط سالانه هدایت الکتریکی رودخانه سرکده به بیش از ۲۳۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌رسد (به عنوان مثال در شهریور ماه EC در ایستگاه سرکده قبل از تلاقی میمه و ایستگاه سیول به ترتیب معادل ۲۷۰۰۰ و ۱۲۱۸۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر برآورد شد). و پس از ریختن آب رودخانه سرکده به رودخانه میمه، مقدار هدایت الکتریکی رودخانه میمه به بیش از ۱۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌رسد (شکل ۵). لازم به ذکر است که در فصول پرآب سال و در زمان‌های سیلابی، با افزایش دبی و به دلیل رقیق شدن آب رودخانه میزان این پارامترها کاهش می‌یابد و آب رودخانه از کیفیت بهتری برخوردار است.

بنابراین، با توجه به بررسی‌های میدانی و براشت نمونه‌های آب در ایستگاه‌های پایش و اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و همچنین تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های آب مشخص شد که رودخانه سرکده عامل اصلی کاهش کیفیت آب در دبی پایه رودخانه میمه است. بر همین اساس به تفکیک به بررسی وضعیت سرشاخه سیول و چشمه گوگردی (سرشاخه‌های رودخانه سرکده) پرداخته شد.



شکل ۴- تغییرات مکانی EC در طول رودخانه میمه در سال ۱۳۹۵-۹۶

Figure 4- Spatial variations of the total hardness parameter along the Meymeh River in 2016-2017 year



شکل ۵- تغییرات تدریجی کیفیت آب رودخانه میمه از بالادست به سمت پایین دست در سال ۱۳۹۵-۹۶

Figure 5- Spatial variations in the electrical conductivity of Meymeh River at the confluence of several tributaries in 2016-2017 year

می‌رسد. همچنین این مقدار با عبور رودخانه از زون دو به ۱۲۲۱۰۰ و در محل تلاقی رودخانه سیول به آبراهه دهنه به ۱۲۷۶۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر می‌رسد. علاوه بر این، میزان تغییرات هدایت الکتریکی در دیماه ۹۵ و تیرماه ۹۶ در محل‌های قبل و بعد از زون‌های شوری مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است.

بررسی نتایج آنالیز نمونه‌های آب برداشت شده نشان می‌دهد که عامل اصلی کاهش کیفیت آب شاخه سیول، انحلال نمک‌های داخل سازند گچساران است؛ زیرا مقدار کلر و سدیم به شدت افزایش یافته است. بر همین اساس برای جلوگیری از نفوذ آب در این بخش به داخل سازند گچساران و تماس آب با لایه‌های نمکی که در این مناطق وجود دارند، بایستی از تماس آب رودخانه با این لایه‌ها با ساختن کانال‌هایی در این محدوده‌ها جلوگیری به عمل آید.

۳-۳- بررسی شرایط هیدروژئولوژیکی شاخه سیول

علاوه بر بررسی‌های میدانی در طول رودخانه سرکده و سرشاخه‌های آن (سیول و قدح) جهت نمونه‌برداری‌های دوره‌ای (هر ماه یک‌بار)، شرایط هیدروژئولوژیکی رودخانه سیول طی سه مرحله بازدید میدانی مورد بررسی قرار گرفت. این سه مرحله بازدید در مهرماه ۹۵، دی‌ماه ۹۵ و تیرماه ۹۶ انجام گرفت و ضمن مشخص نمودن زون‌های شوری و بررسی شرایط آن‌ها، در محل‌های قبل و بعد از زون‌های شوری اقدام به نمونه‌برداری گردید. همچنین تغییرات کیفیت آب و دبی رودخانه در طول مسیر کنترل و مشخص شد که تنها در دو زون تغییر در کیفیت آب رودخانه اتفاق می‌افتد و آبدی رودخانه در طول مسیر ثابت است. نتایج اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در محل‌های برداشت نمونه که تغییر کیفیت مشاهده شده است در جدول (۴) ارائه شده است. در رودخانه سیول قبل از زون شوری یک در مهرماه مقدار هدایت الکتریکی ۴۰۳۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر اندازه‌گیری شد که این مقدار بلافاصله بعد از عبور از زون یک به ۳۴۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر

جدول ۴- نتایج اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در قبل و بعد از زون‌های شوری سرشاخه سیول

Table 4- Results of electrical conductivity measurements before and after the salinity zones of the Sioul branch

Station	UTM		El. (m)	EC (µ.s/cm)		
	X	Y		Oct 2016	Dec 2016	Jul 2017
Sioul before of salinity zone N.1	705347	3638162	662	4030	4520	7140
Sioul after of salinity zone N.1	705220	3638330	652	34700	43800	58900
Sioul before of salinity zone N.2	702759	3638238	605	45900	43650	84200
Sioul after of salinity zone N.2	702616	3638476	601	122100	101700	187800
Sioul after of dehbaneh	701492	3639659	577	127600	113543	183700

چشمه مؤثرند و یا چرخش عمقی آب و مشارکت و تلفیق آب‌های سازند گچساران و شورابه‌های اعماق زمین از میادین نفتی بالادست در شوری آن نقش دارند. وجود ترکیبات گوگردی (بوی تند سولفید هیدروژن) و بالاتر بودن دمای آن نسبت به سایر منابع آب منطقه،

۳-۴- بررسی شرایط چشمه گوگردی

منشأ آب‌های گوگردی قدح یکی از سؤالات اساسی است که نیازمند مطالعات تکمیلی است. بالا بودن میزان املاح این چشمه نشانگر آنست که یا املاح سازند گچساران بویژه افق‌های نمک‌دار در شور شدن این

چشمه گوگردی در مسیر رودخانه قدح و بالادست محل اتصال رودخانه سیول به سرکده قرار گرفته است که با دارا بودن دبی متوسط سالانه حدود ۳۰۰ لیتر بر ثانیه سهم به‌سزایی در کاهش کیفیت رودخانه سرکده و در مجموع کاهش کیفیت رودخانه میمه دارد. با استفاده از محاسبه بیلان شوری آن این میزان سهم در شوری رودخانه میمه برآورد شد. نتایج تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌های ایستگاه چشمه گوگردی و دو ایستگاه قبل و بعد آن به شرح جدول (۵) است. در صورت حذف و یا انتقال آب چشمه گوگردی به پایین دست سد، EC آب رودخانه قدح بعد از چشمه گوگردی از ۱۵۹۷۱ به ۴۵۶۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر کاهش می‌یابد. همچنین میزان سهم رودخانه سیول و زون‌های شوری موجود در مسیر آن در میزان شوری رودخانه سرکده با استفاده از معادله بیلان حجمی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌های سرشاخه سیول در جدول (۶) آورده شده است.

نشانه‌گر چرخش عمقی آب در این محدوده و احتمال وجود یک گسل در این نواحی است. با عنایت به شکل‌پذیر بودن سازند گچساران و چین‌خوردگی‌های شدیدی که در آن اتفاق افتاده، امکان تشخیص گسل به سادگی امکان‌پذیر نیست؛ هرچند که وجود چین‌خوردگی شدید و خردشدگی لایه‌های گچی در محل ظهور چشمه کاملاً مشخص است. بررسی‌های میدانی نشان داد که در نواحی پیرامون چشمه گوگردی قدح و در داخل سازند گچساران، آب برخی آبراهه‌ها به داخل زمین فرو رفته و در پایین دست به‌طور مجدد ظاهر نمی‌شوند (شکل ۵). با عنایت به بالاتر بودن ارتفاع این نقاط نسب به چشمه گوگردی قدح، پتانسیل حرکت این آب‌ها به طرف چشمه گوگردی قدح وجود دارد. احتمال عبور یک گسل سراسری در دامنه جنوبی تاقدیس سمند به‌ویژه در داخل سازند گچساران وجود دارد که باعث انتقال و هدایت آبها به چشمه قدح (با عنایت به قرارگیری آن در خط القعر منطقه) می‌شود.

جدول ۵- نتایج تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌های ایستگاه چشمه گوگردی و دو ایستگاه قبل و بعد آن (میانگین ۱۲ ماه)

Table 5- Results of laboratory analysis of samples of sulfur spring station and two stations before and after it (average of 12 months)

Station	Q(m ³ /s)	EC(μ.s/cm)
Ghadah before of sulfur spring	0.187	4562
sulfur spring	0.279	21590
Ghadah after of sulfur spring	0.435	15971

جدول ۶- نتایج تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌های سرشاخه سیول

Table 6- Results of laboratory analysis of Sioul branch samples

Station	Q(m ³ /s)	EC(μ.s/cm)
Ghadah before of sulfur spring	0.187	4562
Sioul before of salinity zone N.1	0.054	4000
Sioul before of ghadah	0.06	77750
Sarkadeh before of Maymeh	0.522	23177

علاوه بر تأثیر سرشاخه سرکده در کاهش کیفیت آب رودخانه میمه، در محل‌هایی دیگر به شرح زیر در فاصله کوتاهی به میزان قابل ملاحظه‌ای بر شوری آب رودخانه افزوده می‌شود:

- در پایین دست رودخانه ورازان به دلیل ورود آب چشمه‌های شوری که در حاشیه و کف رودخانه قرار دارند (موقعیت جغرافیایی ۶۹۳۹۹۲ و ۳۶۴۵۹۴۳) هدایت الکتریکی از حدود ۳۵۰۰ تا حدود ۴۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش می‌یابد.

- رودخانه میمه در ابتدای مخزن سد میمه شاهد ورود چشمه‌هایی از جناحین و همچنین کف رودخانه است که موقعیت جغرافیایی آن‌ها ۷۰۰۲۶۳ و ۳۶۳۳۳۹۸ است. در اثر ورود آب این چشمه‌ها به رودخانه، مقدار هدایت الکتریکی از حدود ۱۱۰۰۰ به حدود ۱۲۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌رسد.

به‌طورکلی سهم شوری هر یک از عوامل شور کننده فوق در کاهش کیفیت آب رودخانه میمه مطابق جدول (۸) محاسبه گردیده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود حدود ۵۰ درصد شوری رودخانه

در صورت جلوگیری از تماس آب رودخانه سیول با زون‌های شوری شماره یک و دو با انجام عملیات مهندسی رودخانه و همچنین انتقال آب چشمه گوگردی قدح، EC آب رودخانه سرکده از ۲۳۱۷۷ به ۴۴۵۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر (با دبی ۳۴۱ لیتر بر ثانیه) کاهش می‌یابد.

در نهایت با محاسبه بیلان حجمی هدایت الکتریکی رودخانه میمه و با در نظر گرفتن حذف عوامل شوری رودخانه سرکده (چشمه گوگردی و زون‌های شوری سرشاخه سیول)، هدایت الکتریکی اصلاح شده نهایی نیز محاسبه گردید. نتایج تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌های قبل و بعد تلاقی رودخانه سرکده به رودخانه میمه (بررسی بیلان شوری) در جدول (۷) ارائه شده است.

بنابراین، در صورت جلوگیری از تماس آب رودخانه سیول با زون‌های شوری یک و دو با انجام عملیات مهندسی رودخانه و همچنین انتقال آب چشمه گوگردی، و در نهایت اصلاح کیفیت آب رودخانه سرکده، EC آب رودخانه میمه از ۱۱۰۲۹ قبل از اصلاح به ۵۷۴۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر کاهش می‌یابد.

میمه ناشی از تأثیر چشمه گوگردی قدح و رودخانه سیول است که با تمهیدات لازم می‌توان تا ۵۰ درصد از شوری رودخانه کاست و هدایت الکتریکی رودخانه میمه را از ۱۲۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ۵۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رساند.

جدول ۷- نتایج تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌های قبل و بعد تلاقی رودخانه سرکده به رودخانه میمه

Table 7- Results of laboratory analysis of samples before and after the confluence of Sarkadeh River with Meymeh River

Station	Q(m ³ /s)	EC(mic.s/cm)
Maymeh before of sarkadeh	1.233	5996
Maymeh after of sarkadeh	1.746	11029
Maymeh at the dam site	1.746	12500

جدول ۸- سهم هر یک از منابع آلاینده در کاهش کیفیت آب رودخانه

Table 8- Contribution of each of the pollution sources in the river quality reduction

No.	Position	Contribution (%)
1	salt spring at the downstream of the Varazan	12
2	Sulfur spring	28
3	Sioul River	21
4	Salt springs inside at the dam reservoir	10
5	Gradual change by Gachsaran Formation	25

طرح سد میمه از مدل منطقه‌ای L-MOMENT با استفاده از روابط بین مساحت حوضه‌ها و سیلاب‌های رخ داده در منطقه مورد مطالعه و حوزه‌های آبخیز اطراف، دبی سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف در محل زون‌های شوری محاسبه شد (جدول ۹). مبنای طراحی کانال مورد نظر بر اساس دبی‌های ۵۰۰ ساله در نظر گرفته و در زون‌های شوری ۱ و ۲ به ترتیب دبی‌های حدود ۱۰۰ و ۱۲۰ متر مکعب بر ثانیه برآورد گردید. در ضمن جهت جلوگیری از تماس آب با زون‌های شوری لازم است کانال‌هایی با این ظرفیت‌ها و به طول تقریبی ۳۰۰ متر ساخته شود (شکل ۷). مزیت اجرای کانال‌ها در زون‌های شوری اینست که در همه شرایط سال اعم از ماه‌های خشک سال و همچنین در فصول بارندگی و سیلابی، امکان انحلال و شوری آب شاخه سیول به حداقل می‌رسد.

با توجه به اینکه در پایین دست این تلاقی سد میمه (بالادست پل جاده دهلران) در حال احداث بوده و از آب این سد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری مزارع استفاده خواهد شد، لذا جهت بهبود وضعیت کیفی آب این رودخانه و انجام اقدامات لازم در این زمینه بایستی تمهیدات لازم اندیشیده شود.

۷-۳- راهکارهای علاج بخشی

با توجه به اینکه مشخص شد که بیش از ۵۰ درصد از شوری رودخانه میمه مربوط به سرشاخه سیول و چشمه گوگردی است، جهت رفع این مشکل می‌توان راه کارهایی به شرح زیر ارائه داد:
راهکار اول- جلوگیری از تماس آب و سیلابهای جاری شده با زون‌های شوری با احداث کانال. برای این منظور جهت برآورد دبی سیلاب در محل هر یک از زون‌های شوری براساس گزارش سیمای

جدول ۹- مقادیر دبی سیلاب در دوره‌های برگشت مختلف به روش L-MOMENT (m³/s)

Table 9- Flood discharge values in different return periods by L-MOMENT method (m³/s)

Tr (year)	2	5	10	20	50	100	500	1000
Salinity zone N.1	10.7	20.8	29	39.4	55.9	71.4	106.9	150.8
Salinity zone N.2	12	23.3	32.7	44.3	62.9	80.3	119.5	169.5



شکل ۷- شماتیک سازه‌های احداثی در محل زون‌های شوری: (الف) زون شوری ۱، (ب) زون شوری ۲

Figure 7- Schematic of structures constructed at the site of salinity zones: (a) salinity zone No.1, (b) salinity zone No.2

میکروزیمنس بر سانتی‌متر و چشمه‌های شور حاشیه و کف رودخانه میمه در محل سد موجب کاهش کیفیت آب رودخانه میمه می‌شوند. به عبارتی، چشمه شور پایین دست ورازان ۱۲ درصد، چشمه گوگردی قح ۲۸ درصد، رودخانه سیول ۲۱ درصد، چشمه‌های شور داخل مخزن سد ۱۰ درصد و تغییر تدریجی توسط سازند گچساران ۲۵ درصد در شوری رودخانه میمه نقش دارند. این نتایج با یافته‌های دیگر پژوهشگران (Moghadasifar, 2018; Khezri, 2017; Kaveh.,) (Mohamadi behzad, 2013; 2016) مطابقت دارد.

- همان‌گونه که ملاحظه می‌شود سهم چشمه گوگردی قح و رودخانه سیول در کاهش کیفیت آب رودخانه میمه به ترتیب برابر ۲۸ و ۲۱ درصد است. به عبارتی حدود ۵۰ درصد شوری رودخانه میمه ناشی از تأثیر رودخانه سرکده (که حاصل تلاقی رودخانه سیول و چشمه گوگردی قح بوده) است که می‌توان با احداث کانال‌هایی در مسیر زون‌های شوری رودخانه سیول و همچنین ایجاد یک خط انتقال که بصورت تکی آب را به پایین دست سد منتقل می‌نماید می‌توان تا ۵۰ درصد از شوری رودخانه کاست و هدایت الکتریکی رودخانه میمه را از ۱۲۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ۵۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر رساند.

با توجه به که این محاسبات بیشتر بر اساس دبی پایه رودخانه انجام شده است و در سال ۹۵-۹۶ که این مطالعه به انجام رسیده یک سال خشک محسوب می‌شود، و چنانچه سیلاب‌هایی که هر ساله در این منطقه اتفاق می‌افتد نیز در نظر گرفته شوند، مقدار هدایت الکتریکی آب مخزن سد به حدود ۵۲۰۰ تا ۵۳۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر خواهد رسید.

در نهایت با توجه به هزینه پایین‌تر راه‌کار دوم برای حل معضل رودخانه سیول، پیشنهاد می‌شود که این راه‌کار در اولویت اول قرار گیرد. چون با توجه به ساختار سازندهای زمین‌شناسی و وجود گسل در منطقه، احداث تونل به احتمال زیاد با ریزش مواجه خواهد شد. در مورد چشمه گوگردی انتقال آب از طریق لوله‌های قطور با بسترسازی و احداث دیوارهای بتونی بهترین راه‌کار است.

سیاسگزاری

مطالعه حاضر در چهارچوب تفاهم نامه همکاری بین شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام و دانشگاه ایلام انجام شده است. بدین وسیله از همکاری‌های ارزنده مدیرعامل و معاون محترم طرح و توسعه شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام که اعتبار انجام این پژوهش در قالب طرح تحقیقاتی تأمین کرده، کارشناسان آزمایشگاه شرکت آب منطقه‌ای و همچنین کلیه همکارانی که به هر نحو در انجام این مطالعه همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

راه‌کار دوم - انتقال آب سرشاخه سیول به پایین دست سد به وسیله تونل جهت جلوگیری از تماس آن با نمک‌های سازند گچساران است. از این رو اگر آب این مسیل را قبل از زون شوری یک به‌وسیله یک تونل به پایین دست سد منتقل شود، آب این رودخانه قبل از شور شدن انتقال یافته و می‌تواند مورد استفاده برای کشاورزی و فضای سبز قرار گیرد. برای این منظور لازم است یک بند کوتاه به ارتفاع حدود ۱۵ متر احداث تا آب بتواند وارد تونل گردد. سد مذکور باید دارای سرریزی با ظرفیت حدود ۱۰۰ متر مکعب در ثانیه باشد تا بتواند سیلاب‌هایی که ظرفیت آنها از ظرفیت انتقال تونل بیشتر است، از خود عبور نماید. تونلی به طول ۴۲۰۰ متر از قبل از زون شوری یک شروع و در بالادست آبراهه‌ای که به پشت یک سد کوتاه در محل سد منتهی می‌گردد پایان می‌یابد. قطر تونل ۳ متر پیشنهاد می‌گردد. ارتفاع از سطح دریا ورودی و خروجی تونل به ترتیب ۶۶۷ و ۵۱۳ متر و شیب مسیر تونل ۳/۵ درصد است. این تونل پتانسیل عبور بیش از ۱۵۰ متر مکعب بر ثانیه آب را دارد.

بمنظور جلوگیری از ورود آب چشمه گوگردی قح به رودخانه میمه لازم است آب چشمه از طریق بسترسازی و دیواره‌های آب بند بتنی مهار شده و سپس از طریق لوله‌های قطور که در طول مسیر رودخانه حفر شده باشند، به پایین دست سد و حتی به ایستگاه بیات در خروجی حوزه در مرز ایران و عراق منتقل شود. اگرچه انتقال آب چشمه گوگردی به ایستگاه بیات قدری پر هزینه‌تر است اما به دلیل عدم تأثیر گذاری بر کیفیت آب دشت دهلران، گزینه مناسب‌تری است.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس بررسی‌های میدانی و تجزیه و تحلیل اندازه‌گیری‌های بعمل آمده، مجموعه عوامل موثر در کاهش کیفیت رودخانه میمه به شرح ذیل مشخص گردید:

- رودخانه در طول مسیر خود پس از جدا شدن از سازندهای کارستی کبیرکوه، به دلیل وارد شدن به سازندهای تبخیری بویژه سازند گچساران، کیفیت آن دچار کاهش تدریجی می‌شود. به طوریکه میزان هدایت الکتریکی رودخانه میمه تا محل اتصال رودخانه‌های خروزان و ورازان به حدود ۳۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌رسد که این تغییر کیفیت تدریجی است و بیشتر ناشی از انحلال گچ‌های سازند گچساران است؛ زیرا تیپ آب بیشتر سولفات است. بنابراین، مجموعه عواملی نظیر انحلال گچ‌های سازند گچساران، در پایین دست رودخانه ورازان به دلیل ورود آب چشمه‌های شوری در حاشیه و کف رودخانه قرار دارند هدایت الکتریکی از حدود ۳۵۰۰ تا حدود ۴۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، چشمه گوگردی قح با متوسط هدایت الکتریکی سالانه ۲۱۶۰۰ و دبی متوسط ۰/۵ مترمکعب بر ثانیه، سرشاخه سیول با متوسط سالانه هدایت الکتریکی ۷۷۷۵۰

منابع

- سهرابی زاده، ز.، شریفی مقدم، ا.، و حکیم زاده اردکانی، م.ع. (۱۳۹۷). تحلیل روند تغییرات کیفیت آب حوزه آبخیز رودخانه تالار با استفاده از روش ناپارامتری من-کندال. فصلنامه اکوسیستم های طبیعی/ایران، ۳(۹)، ۱-۲۰.
- طالبی، ع.، علمی، م.ر.، رجبی محمدی، ف.، و پرویزی، س. (۱۳۹۷). بررسی روند تغییرات کیفیت آب رودخانه زاینده رود در دوره های خشکسالی و ترسالی. محیط زیست و مهندسی آب، ۴(۴)، ۳۱۰-۳۲۰.
- مقدسی فر، س. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه میمه و عوامل موثر بر آن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ایلام.
- بیگلری، م.ر.، سیما، س.، و سعادت پور، م. (۱۳۹۷). مدل سازی و مدیریت کیفیت آب رودخانه با رویکرد کنترل آلودگی در مبدأ به منظور تأمین سلامت آبزیان (مطالعه موردی: زرینه رود). تحقیقات منابع آب/ایران، ۱۴(۵)، ۵۷-۷۰.
- خضری، ا. (۱۳۹۶). بررسی علل شوری رودخانه زهره گچساران و راهکارهای جلوگیری از آن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ایلام.
- سبزواری، ی.، حیدری مطلق، آ.، و نصرالهی، ع. (۱۳۹۸). بررسی تغییرات بلند مدت سالانه و فصلی کیفیت رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه الشتر). محیط زیست و مهندسی آب، ۵(۴)، ۲۹۲-۳۰۳.
- Chamshir dam and its capability for agricultural use. *Advanced Applied Geology*, 6 (3), 74-83.
- Naderi, M.H., Zakerinia, M., & salarjazi, M. (2018). Evaluation of the Influential Factors on Water Quality Components of Qarasoo River in Golestan Province. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 12(5), 1240-1252.
- Pérez-Gutiérrez, J.D., Paz, J.O., & Tagert, M.L.M. (2017). Seasonal water quality changes in on-farm water storage systems in a south-central U.S. agricultural watershed. *Agricultural Water Management*, 187, 131-139.
- Pettit, N.E., Jardine, T.D., Hamilton, S.K., Sinnamon, V., Valdez, D., Davies, P.M., Douglas, M.M., & Bunn, S.E. (2012). Seasonal changes in water quality and macrophytes and the impact of cattle on tropical floodplain waterholes. *Marine and Freshwater Research*, 63, 788-800.
- Purandara, B.K., Varadarajan, N., & Kumar, C.P. (2004). Application of chemical mass balance to water quality data of Malaprabha River. *Journal of Spatial Hydrology*, 4 (2), 1-23.
- Ribaudo, M.O., Heimlich, R., Claassen, R., & Peters, M. (2001). Least-cost management of nonpoint source pollution: source reduction versus interception strategies for controlling nitrogen loss in the Mississippi Basin. *Ecological Economics*, 37, 183-197.
- Rodrigues, V., Estrany, J., Ranzini, M., Cicco, V., Martín-Benito, J., Hedro, J., & Lucas-Borja, M. (2018). Effects of land use and seasonality on stream water quality in a small tropical catchment: the headwater of Córrego Água Limpa, São Paulo (Brazil). *Science of The Total Environment*, 622/623, 1553-1561.
- Sabzevari, Y., Heidari Motlagh, A., & Nasrolahi A.H. (2020). Investigating the long-term annual and seasonal changes in river quality (case study: Aleshtar River). *Environment and Water Engineering*, 5(4), 292-303 (in Persian).

References

- Biglari, M.R., Sima, S., & Saadatpour, M. (2019). Modeling and management of the river water quality for aquatic life using a source control approach (case study: The Zarrineh River)., *Iranian Journal of Water Resources Research*, 14(5), 57-70 (in Persian).
- Fathi, E., Zamani, A., Mahmoudi, R., & Zare Bidaki, R. (2018). Evaluation of water quality of Behesht Abad river at the confluence of Shalmzar spring with Koohrang water. *Environment and Water Engineering*, 4(2), 178-183.
- Kaveh, A., Habib Nejadroshan, M., Shahedi, K., & Ghorbani, J. (2013). Investigation of temporal and spatial changes of water quality (Case study: Talar River, Mazandaran province). *Water Resources Engineering*, 6(18), 49-61.
- Khalili, R., Parvinnia, M., & Zali, A. (2020). Water quality assessment of Garmarood River using the national sanitation foundation water quality index (NSFWQI), river pollution index (RPI) and weighted arithmetic water quality index (WAWQI). *Environment and Water Engineering*, 6(3), 274-284.
- Khezri, E. (2017). Investigation of salinity causes of Zohreh Gachsaran river and strategies to prevent it. M.Sc. Thesis, Ilam University, Ilam, Iran (in Persian).
- Lu, Y., Song, S., Wang, R., Liu, Z., Meng, J., Sweetman, A.J., Jenkins, A., Ferrier, R.C., Li, H., Luo, W., & Wang, T. (2015). Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China. *Environment International*, 77, 5-15.
- Moghadasifar, S. (2018). Determining the effective factors in reducing the quality of Maymeh River and presenting cure solutions. M.Sc. Thesis, Ilam University, Ilam, Iran (in Persian).
- Mohammadi Behzad, H.R., Kalantari, N., Biglari, B., & Torabi Kaveh, M. (1395). Investigation of salinity of Zohreh river water downstream of

- Shi, P., Zhang, Y., Li, Z.B., Li, P., & Xu, G.C. (2017). Influence of land use and land cover patterns on seasonal water quality at multi-spatial scales. *Catena*, 151, 182–190.
- Shoemaker, C.M., Ervin, G.N., & Diorio, E.W. (2017). Interplay of water quality and vegetation in restored wetland plant assemblages from an agricultural landscape. *Ecological Engineering*, 108, 255–262.
- Sohrabizadeh, Z., Sharifi Moghadam, E., & Hakimzadeh Ardakani, M.A. (2018). Analysis of trend of water quality changes in Talar river basin using non-parametric Man-Kendall method. *Natural Ecosystems of Iran*, 9(3), 1-20 (in Persian).
- Talebi, A., Elmi, M.R., Rajabi Mohammadi, F., & Parvizi, S. (2019). Trend investigation of water quality variations in Zayande-Roud River during dry and wet years. *Environment and Water Engineering*, 4(4), 310–320 (in Persian).
- Xu, G., Li, P., Lu, K., Tantai, Z., Zhang, J., Ren, Z., & Cheng, Y. (2019). Seasonal changes in water quality and its main influencing factors in the Dan River basin. *Catena*, 173, 131-140.
- Zielinski, M., Dopieralska, J., Belka, Z., Walczak, A., Siepak, M., & Jakubowicz, M. (2016). Sr isotope tracing of multiple water sources in a complex river system, Notec River, central Poland. *Science of the Total Environment*, 548, 307–316.