



Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>

Original Article



Environmental hydrogeochemistry of Abkharvar Behbahan channel, southwest of Iran

Rezvan Khavari*, Fatemeh Mosavi

Department of Geology, Behbahan Branch, Islamic Azad University, Behbahan, Iran.

* Corresponding Author Email: Khavari.iau@gmail.com

Received: 16 October 2022

Revise Date: 16 November 2022

Accepted: 01 December 2022

DOI: 10.22113/JMST.2022.365857.2498

ABSTRACT

The Abkharvar channel is 7 km long in Behbahan Plain located in an arid to semi-arid zone. Since it has restricted water resources, preserving its quality is very important. To investigate the contamination possibility, 6 places were sampled in the studied area. The water samples were analyzed for heavy elements As, Fe, Pb, Se, Zn, Mn, Cr, anions Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, CO₃⁻, HCO₃⁻, and cations Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺, K⁺. And important water quality parameters including Ph, EC, and TDS, using ICP-OES, FAES, OAS, titration, drying and conductivity methods. The pH levels in all samples are within the WHO standard and the standard of wastewater discharged to surface water and agricultural uses. The concentration of SO₄²⁻ anion and Mg²⁺, Na⁺, Ca²⁺ cations, and important water quality factors including EC, and TDS in the sample taken from the Maroon River (S6) exceeds the allowed levels of WHO standard for drinking water. Geochemical data show that water chemistry is influenced by processes including evaporation, water-rock interactions, and human activities.

Keywords: Abkharvar Behbahan, Maroon river, Heavy metals, Anions, Cations Introduction

1. INTRODUCTION

The importance of water resources, especially surface runoff, and their protection against pollution is a very controversial issue. The use of chemical fertilizers and pesticides in agricultural activities, the entry of urban and industrial wastewater, as well as fossil fuels as man-made factors, and the effect of geological formations, such as carbonate and chalk formations that have a high solubility in water, as Natural factors can reduce the quality of water resources

2. MATERIALS AND METHODS

In this research, to investigate the level of water pollution of the Kharvar Behbahan water channel, sampling was done from 6 points estimated as the main places of sewage discharge, from the upstream (S1) to the entrance to the Maron River (S6). In each section, three samples were taken in 250 ml acid-washed polyethylene

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



sampling containers, to analyze and measure the amount of anions and cations, heavy metals, and nitrate concentration. Immediately after sampling, the pH and EC values of the samples were determined at the same sampling location by HACH-Semion5 EC meter and Genway PH meter. 6 samples from each station were chemically analyzed to determine the concentration of As, Fe, Mn, Zn, Pb, Se, and Cr elements by inductively coupled optical emission spectroscopy (ICP-OES) in Zanjan Earth Science Laboratory. Two other series were sent to Arvand Khak Azma laboratory to measure the concentration of main anions and cations, total dissolved solids (TDS), and nitrate, and were analyzed by FAES, OAS, titration, drying methods, and spectrum methods. Atomic absorption spectroscopy and optical emission spectroscopy were analyzed.

3. RESULTS

According to the water analysis results of the Kharvar Behbahan Water channel, the amount of pH changes is between 1.8 and 3.8 and the average is 2.8, which shows that the water is alkaline. In all samples, this parameter is within the standard level of wastewater discharged into the surface waters of Iran's Environmental Protection Organization (5.8-5.6). The EC value of the samples varies from 2030 to 4010 $\mu\text{moh/cm}$ and the average shows 3023 $\mu\text{moh/cm}$. According to the WHO standard, the EC limit for drinking water is 1500 $\mu\text{moh/cm}$, and all samples have an electrical conductivity higher than the limit of this standard and the standard of the wastewater discharge to surface water and agricultural and irrigation purposes of Iran's Environmental Protection Organization. Also, as the water travels a longer path, the amount of EC increases due to the presence of Lahbari and Aghajari producers and the dissolution of evaporative minerals.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

The water pollution of Abkhorvar Behbahan channel, located in Behbahan plain, was investigated and studied. The results of the chemical analysis of 6 samples taken from the water of Abkhorvar and the Maroon River inlet were compared with the drinking water standard belonging to the World Health Organization (WHO) and the standards of the wastewater discharged to surface water and agricultural and irrigation purposes of the Environmental Protection Organization of Iran. The pH levels in all samples are within the WHO drinking water standard and the standard for wastewater discharged to surface water and agricultural uses. The concentration of the main anions and cations in most of the samples is higher than the standard limits. The trend of changes in the concentration of anions is $\text{CO}_3^{2-} < \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$, cations $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ < \text{Na}^+$ and heavy elements $\text{Se} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{As}$. The amount of EC, TDS, and the concentration of SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , and K^+ ions in the sample taken from the water inlet to the Maroon River is higher than the WHO drinking water standard, while The amount of nitrate as well as other heavy elements in this sample is within the limit of the WHO drinking water standard. The trend of changes of calcium and sulfate ions and total dissolved solids is similar in the studied area, which can indicate a common source, such as the dissolution of gypsum, calcite, and anhydride minerals, as well as the entry of urban and industrial wastewater, for these ions. The concentration of nitrate, sulfate, and bicarbonate ions in the center of the city is increasing, which can be attributed to the entry of wastewater rich in organic substances.



هیدروژئوشیمی زیست محیطی کانال آب خروار بهبهان، جنوب غرب ایران

رضوان خاوری*، فاطمه موسوی

گروه زمین شناسی، واحد بهبهان، دانشگاه آزاد اسلامی، بهبهان، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Khavari.iau@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2022.365857.2498

چکیده

کانال آب خروار بهبهان که شامل فاضلاب شهری و صنعتی و روان آب‌ها می‌باشد، به طول ۷ کیلومتر در دشت بهبهان در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده و از نظر منابع آبی محدود می‌باشد، لذا حفظ کیفیت آب و جلوگیری از آلوده شدن آن از اهمیت خاصی برخوردار است. به منظور بررسی میزان آلودگی کانال آب خروار بهبهان و تاثیر آلودگی احتمالی بر رودخانه مارون، از ۵ محل در مسیر کانال و یک نقطه در مکان ورود به رودخانه مارون نمونه برداری انجام گرفت. نمونه‌های آب برای تعیین غلظت عناصر سنگین $Cr, Mn, Zn, Se, Pb, Fe, As$ ، آنیون‌های Cl^- ، SO_4^{2-} ، NO_3^- ، CO_3^{2-} ، HCO_3^- و کاتیون‌های Ca^{2+} ، Na^+ ، Mg^{2+} ، K^+ ، و پارامترهای مهم کیفی آب شامل pH، EC و TDS مورد آنالیز قرار گرفتند. میزان pH در همه نمونه‌ها در حد استاندارد آب آشامیدنی WHO و استاندارد فاضلاب خروجی تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی سازمان محیط زیست ایران می‌باشند. غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی در بیشتر نمونه‌ها مقدار بالاتر از حد مجاز استاندارد را نشان می‌دهد. روند تغییرات غلظت آنیون‌ها به ترتیب $CO_3^{2-} > NO_3^- > HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-}$ ، کاتیون‌ها $k^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^+$ و نیز غلظت عناصر سنگین به ترتیب $As > Pb > Cr > Zn > Fe > Mn > Se$ می‌باشد. میزان EC، TDS و غلظت یون‌های SO_4^{2-} ، HCO_3^- ، Cl^- ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، Na^+ و k^+ در نمونه برداشت شده از محل ورود آب خروار به رودخانه مارون بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی WHO است، در حالیکه میزان نیترات و همچنین سایر عناصر سنگین در این نمونه، در حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO است. روند تغییرات یون‌های کلسیم و سولفات و کل جامدات محلول، در منطقه مورد مطالعه مشابه است، که می‌تواند نشان دهنده منبع مشترکی، مانند انحلال کانی‌های ژئیس، کلسیت، انیدرید و همچنین ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی، برای این یون‌ها باشد. غلظت یونهای نیترات، سولفات و بی‌کربنات در مرکز شهر روند افزایشی دارد، که این امر را میتوان در اثر ورود فاضلاب غنی از مواد آلی دانست.

واژگان کلیدی: آب خروار بهبهان، رودخانه مارون، فلزات سنگین، آنیون‌ها، کاتیون‌ها.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



۱. مقدمه

محدوده مورد مطالعه ۶۲ در صد و نهشته های کواترنری و آبرفتی ۳۸ در صد می باشد. حاشیه شمال شرق تا شرق دشت بهبهان بیشتر تحت تاثیر سازند گچساران قرار گرفته و انتظار می رود که کیفیت آب سطحی و زیر زمینی آن مطلوب نباشد. حاشیه شمال غربی تا جنوب دشت بهبهان متاثر از سازند کنگلومرای بختیاری بوده و آبدهی آن با توجه به رسوبات درشت دانه کنگلومرای زیاد می باشد. جهت کلی جریان آب در منطقه از حواشی شمالی و شرق تا جنوب دشت بهبهان به طرف رودخانه مارون است (Bazrafkan et al., 2010).

۲. مواد و روش ها

رودخانه مارون در شمال و رودخانه خیرآباد در جنوب شهرستان بهبهان قرار گرفته و اراضی این دشت را زهکشی می نمایند. حوضه آبریز کانال آب خروار با طولی حدود ۷ کیلومتر، مساحت تقریبی ۳۰۰۰ هکتار و دبی حداکثر ۱۸/۱۱ متر مکعب بر ثانیه، در جنوب غربی شهرستان بهبهان یکی از مهم ترین کانال های طبیعی آبیاری و زهکشی در محدوده مورد مطالعه است که رواناب های ایجاد شده در حوضه های آبریز اطراف شهرستان را در خود تجمع کرده، پس از عبور از مرکز شهر، به رودخانه مارون می ریزد. این حوضه که در گذشته ای نه چندان دور مسبب خطر اصلی سیل گیری بهبهان قلمداد می شده و یکی از سه مسیلی است که سیلاب های ورودی شهر بهبهان از آن خارج می شود، در حال حاضر تبدیل به کانال فاضلاب شهری شده است و فاضلاب شهری بهبهان از طریق این کانال به درون رودخانه مارون سرازیر می شود. این کانال روباز، علاوه بر آلوده کردن منطقه مرکزی شهرستان بهبهان، باعث ایجاد خطر برای اکوسیستم های رودخانه مارون شده است (Eziz et al., 2018). همچنین بسیاری از روستاهای اطراف بهبهان آب آشامیدنی و کشاورزی خود را به صورت مستقیم از رودخانه مارون تامین می کنند که با ورود فاضلاب شهری به این رودخانه سلامت آنها به شدت تهدید می شود.

در این تحقیق جهت بررسی میزان آلودگی آب کانال آب خروار بهبهان، در مسیر آن از بالادست (S1) تا محل ورود به رودخانه مارون (S6) از ۶ نقطه تخمین زده شده بعنوان محل های اصلی خروج فاضلاب ها، نمونه برداری انجام شد (جدول ۱). در هر بخش سه نمونه در ظروف نمونه برداری پلی اتیلن 250 میلیلیتری اسیدشویی شده، به منظور آنالیز و اندازه گیری میزان آنیون ها و کاتیون ها، فلزات سنگین و غلظت نیترات، برداشت شد. بلافاصله بعد از نمونه برداری مقادیر PH و EC نمونه ها در همان محل نمونه برداری توسط EC متر مدل HACH-

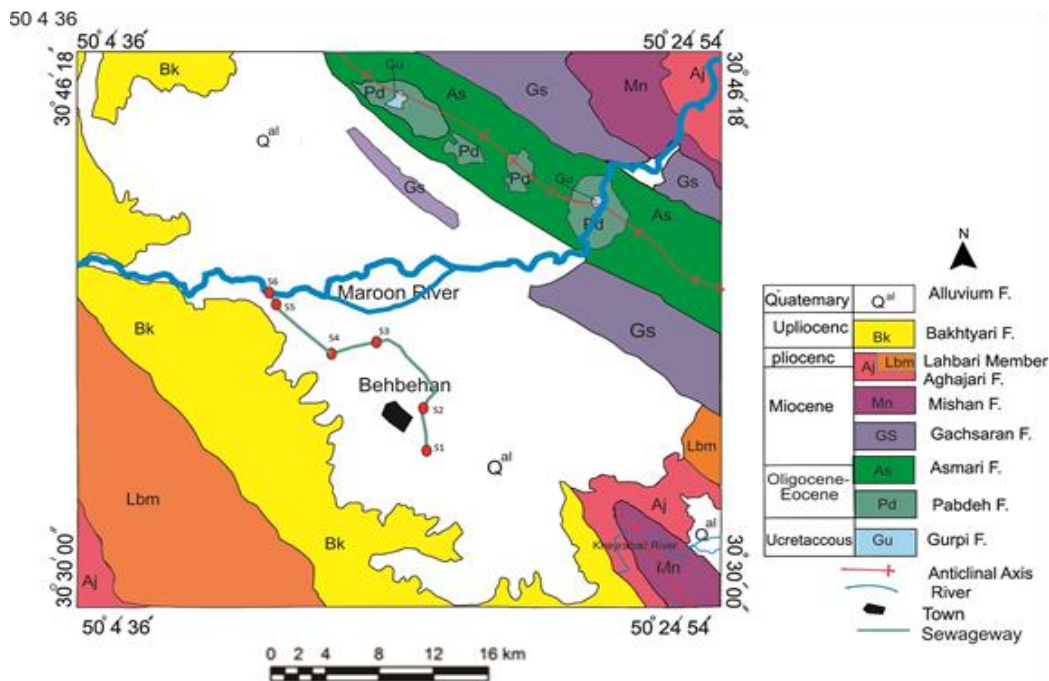
اهمیت منابع آبی بخصوص رواناب های سطحی در تامین نیازهای آبی انسان، حیوانات و صنایع، لزوم حفاظت آن ها در برابر آلودگی ها را بیش از پیش مطرح می کند (Jia et al., 2020; La Vigna, 2022). مصرف کودهای شیمیایی و آفت کش ها در فعالیت های کشاورزی (Du et al., 2015)، ورود فاضلاب های شهری و صنعتی، همچنین سوزاندن سوخت های فسیلی به عنوان عوامل انسان زاد و تاثیر سازندهای زمین شناسی، مانند سازندهای کربناتی و گچی که قابلیت انحلال زیادی در آب دارند، به عنوان عوامل طبیعی، می توانند کیفیت منابع آب را کاهش دهند (Koponen et al., 2002; McIntyre and Wheatler, 2004).

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، جوامع شهری فاقد خدمات اصلی دفع ضایعات جامد و تصفیه فاضلاب می باشند و بسیاری از صنایع نیز مقید به انجام فعالیت های زیست محیطی و رعایت قوانین مربوطه نیستند. در نتیجه این جوامع عموماً از یک سطح سلامتی پایین و همچنین مشکلات زیست محیطی رنج می برند (Barton, 1977). بررسی تغییرات غلظت برخی عناصر سنگین و یون های اصلی، تخمین منشأ آلودگی ها، به منظور بررسی عوامل متعدد آلودگی این منابع آبی و تلاش در جهت حفظ آنها در برابر آلودگی ها نقش بسیار مهمی را ایفا می کنند. برای این منظور کانال آب خروار بهبهان که بخشی از رودخانه مارون واقع در جنوب غرب ایران است، مورد مطالعه قرار گرفت (Chilton, 1997).

شهرستان بهبهان با آب و هوای نیمه بیابانی و یا کوهپایه ای، میانگین دمای سالانه ۳۰ درجه سانتی گراد، میانگین بارش سالانه ۳۳۶ میلی متر، میانگین تبخیر سالانه ۳۴۰۱ میلی متر، در جنوب شرقی استان خوزستان قرار دارد. دشت بهبهان از لحاظ موقعیت زمین شناسی و بر اساس تقسیم بندی زمین ساختی در ناحیه زاگرس چین خورده (Stocklin, 1968) و بر پایه تقسیم بندی (Berberian, 1995) در حوضه پیش ژرفای زاگرس قرار می گیرد. تاقدیس های پازنان و رگ سفید به ترتیب در جنوب، جنوب غربی و تاقدیس های بنگستان و خاییز به ترتیب در شمال، شمال شرقی محدوده بهبهان واقع شده است (شکل ۱). سازندهای زمین شناسی که در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند مربوط به کرتاسه زیرین تا عهد حاضر می باشند. آهک های ضخیم لایه داربان قدیمی ترین سنگ های منطقه هستند و نهشته های کواترنری به صورت واریزه های دامنه ای و سپس نهشته های آبرفتی به صورت پادگانه های آبرفتی و مخروط افکنه ها در راستای دره های بزرگ تا میانه دشت قرار دارند. بر اساس دیدگاه (Daneshian et al., 2020)، رخنمون سطحی کل سازندها در

کاتیون^{-۶}های اصلی، مجموع کل جامدات محلول (TDS) و نیترات به آزمایشگاه ارونند خاک آزما فرستاده شدند و به وسیله روش های ، FAES، OAS، تیتراسیون، روش های خشک کردن و طیف سنجی جذب اتمی و طیف سنجی نشر نوری مورد آنالیز قرار گرفتند.

PH و Semsion5 متر مدل Genway تعیین شد. ۶ نمونه از هر ایستگاه جهت تعیین میزان غلظت عناصر As, Fe, Mn, Zn, Cr, Se, Pb با روش اسپکتروسکوپی نشر نوری جفت شده القایی (ICP-OES)، در آزمایشگاه علوم زمین زنجان، تجزیه شیمیایی شدند. دو سری دیگر برای اندازه گیری غلظت آنیون^{-ها} و



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (Fakhari, 1993) و موقعیت نقاط نمونه برداری.

Fig. 1- Geological map of study area (Fakhari, 1993) and location of sampling points.

جدول ۱- مختصات نمونه‌های مطالعه شده.

Table 1- Location of studied samples.

Stations	Location	Long	Lat
S1	Shaikhsedogh street	3383691	428051
S2	Takhti treatment plant	3385290	427864
S3	Emamkhomaini School	3386551	424476
S4	Bagherzadeh Street	3387228	425453
S5	Lasbid Chanel	3391667	419587
S6	Maron River entrance	3391921	419350

شده است. با توجه به نتایج تجزیه آب کانال آب خروار بهبهان میزان تغییرات pH بین ۸/۱ تا ۸/۳ و متوسط ۸/۲ است، که نشان می دهد آب مسیل قلیایی می باشد. این پارامتر در همه

۳. نتایج و بحث

نتایج اندازه گیری غلظت آنیون^{-ها} و کاتیون^{-های اصلی}، همچنین پارامترهای pH, EC, نمونه^{-ها} در جدول ۲ نشان داده

مقدار جامدات محلول (TDS) نمونه‌ها از ۸۰۰ تا ۱۴۵۰ میلی گرم بر لیتر تغییر می‌کند و مقدار متوسط آن ۱۱۷۳/۳ mg/l است (شکل ۲). در همه نمونه‌های آنالیز شده WHO، از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی تجاوز می‌کند (۵۰۰ میلی گرم بر لیتر). روند تغییرات غلظت آنیون‌ها در منطقه مورد مطالعه به ترتیب $SO_4^{2-} > NO_3^- > CO_3^{2-} > HCO_3^- > Cl^-$ و کاتیون‌ها نیز به ترتیب $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > k^+$ می‌باشد (جدول ۲ و شکل ۲). غلظت بالای آنیون‌ها و کاتیون‌ها در آب کانال آب خروار بهبهان به علت وجود فاضلاب‌های صنعتی و انسانی در این منطقه و همچنین انحلال سنگهای کربناتی و رسوبات تبخیری حاوی کانیهای ژپس، کلسیت و هالیت در طول مسیر کانال است.

نمونه‌ها در حد استاندارد فاضلاب خروجی تخلیه به آب‌های سطحی سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۶/۵-۸/۵) می‌باشد.

میزان EC نمونه‌ها بین ۲۰۳۰ تا ۴۰۱۰ $\mu\text{moh/cm}$ متغیر و میانگین $3023 \mu\text{moh/cm}$ را نشان می‌دهد. بر اساس استاندارد WHO حد مجاز EC برای آب آشامیدنی $500 \mu\text{moh/cm}$ است که همه نمونه‌ها هدایت الکتریکی بالاتر از حد مجاز این استاندارد و استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران را دارند. همچنین هر چه آب مسیر طولانی‌تری را طی می‌کند میزان EC بعلت وجود سازنده‌های لِهبری و آغاجری و انحلال کانی‌های تبخیری افزایش می‌یابد.

جدول ۲- نتایج تجزیه آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی و پارامترهای آماری نمونه‌های آب.

Table 2- Analysis results of main anions and cations and statistical parameters of water samples

N	pH	EC ($\mu\text{moh/cm}$)	TDS (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	k ⁺ (mg/l)
S1	8.1	4010	1350	5.1	0	225	850	596.4	681.2	400	229.2	58.9
S2	8.3	2030	1200	6	0	250	500	255.6	590.5	132	257.9	39
S3	8.2	2360	800	10.4	0	325	550	479.2	599	230	137.9	78
S4	8.3	3630	1450	18.4	0	190	890	415.3	725	280	283.1	64
S5	8.3	3360	1425	22.4	0	50	900	465	780.7	360	257.7	92
S6	8.1	2750	815	10.9	0	150	800	397.6	599.3	70	180.2	102
Average	8.2	3023.3	1173.3	12.2	0	198.3	748.3	434.8	662.6	245.3	224.3	72.3
Max	8.3	4010	1450	22.4	0	325	900	596.4	780.7	400	283.1	102
Min	8.1	2030	800	5.1	0	50	500	255.6	590.5	70	137.9	39
Desirable Limit (WHO, 2008)	6.5- 8.5	1500	500	45	-	-	200	200	200	50	75	-
Wastewater Discharge Standarad to Surface Water	6.5- 8.5	-	-	50	-	-	400	600	-	75	100	-
Wastewater Discharge Standarad to Agricultural and Drinking Water	6.5- 8.5	-	-	10	-	-	500	600	-	-	100	-



شکل ۲- نمودار غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در منطقه مورد مطالعه.

Fig. 2- The concentration diagram of the main cations and anions in the study area

میزان غلظت نیترات از ۵/۱ تا ۲۲/۴ میلی گرم بر لیتر تغییر می‌کند و مقدار متوسط آن ۱۲/۲ میلی گرم بر لیتر است. غلظت این یون در نمونه‌های تجزیه شده در حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO (۴۵ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب های سطحی سازمان حفاظت محیط زیست ایران می‌باشد (۵۰ میلی گرم بر لیتر). بیشترین مقدار نیترات مربوط به نمونه S5 است (۲۲/۴ میلی گرم بر لیتر) که در انتهای کانال آب خروار بهبهان برداشت شده است. غلظت بالای نیترات احتمالاً مربوط به منابع کشاورزی از جمله کودها و باقی مانده ی محصولات و فضولات حیوانی است. نیترات آلی و دیگر منابع غیر کشاورزی مانند مخازن سپتیک و فاضلاب حاوی نیترژن و فاضلاب صنعتی نیز در این مورد می تواند نقش داشته باشند (Singh, et al., 2014).

مهم‌ترین منبع ایجاد کننده یون سدیم در آب‌ها هالیت است. این یون همچنین از طریق فلدسپات ها، کانی‌های رسی و محلول‌هایی مانند سولفات سدیم می تواند به آب وارد شود. در اغلب مناطق جنوبی ایران به دلیل وجود گنبد های نمکی این یون به همراه کلراید بیشترین مواد حل شده موجود در آب‌های سطحی و زیرزمینی را تشکیل می‌دهند (Pourakbar et al., 2014). مقدار غلظت سدیم منطقه از ۷۸۰/۷ تا ۵۹۰/۵ میلی گرم بر لیتر تغییر می‌کند و متوسط آن ۶۶۲/۶ میلی گرم بر لیتر است. غلظت سدیم در همه نمونه‌های تجزیه شده از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) بالاتر می‌باشد. منشأ هالیت در منطقه مورد مطالعه لایه‌های تبخیری سازندهای گچساران، آغاجری و لهری می‌باشد. این یون در فاضلاب های انسانی و پساب شهری وجود دارد، زیرا یکی از ویژگی‌های فاضلاب‌های خانگی، بالا بودن غلظت نمک در آن- هاست.

مقدار سولفات در نمونه‌های تجزیه شده از ۵۰۰ تا ۹۰۰ میلی گرم بر لیتر تغییر می‌کند و متوسط غلظت آن در منطقه مورد مطالعه ۷۴۸/۳ mg/l است. به جز نمونه S2، سولفات در همه نمونه‌ها غلظتی بیش از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب های سطحی سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۴۰۰ میلی گرم بر لیتر) دارند، بنابراین برای آبیاری مناسب نیستند. نمونه S5 مربوط به انتهای کانال آب خروار بهبهان دارای بیشترین مقدار یون سولفات (۹۰۰ میلی گرم بر لیتر) می‌باشد. مواد آلی موجود در فاضلاب ها حاوی گوگرد آلی هستند که در اثر اکسیداسیون به سولفات تبدیل می شوند (Langmuir, 1997).

مقدار کلر در منطقه مورد مطالعه از ۲۵۵/۶ تا ۵۹۶/۴ میلی گرم بر لیتر تغییر می‌کند و متوسط غلظت یون کلر ۴۳۴ /۸۵ میلی گرم بر لیتر است. غلظت کلر در همه نمونه‌های تجزیه شده از حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی WHO (میلی گرم بر لیتر ۲۰۰) بالاتر می‌باشد و در حد مجاز استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب های سطحی (۶۰۰ میلی گرم بر لیتر) و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۶۰۰ میلی گرم بر لیتر) است.

مقدار بی کربنات در منطقه مورد مطالعه از ۵۰ تا ۳۲۵ میلی گرم بر لیتر تغییر می‌کند و متوسط غلظت آن ۱۹۸ /۳ میلی گرم بر لیتر است. مقدار این یون در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه افزایش می یابد، که علت آن می تواند وجود مارن و آهک و همچنین ورود فاضلاب غنی از مواد آلی به کانال آب خروار بهبهان باشد. در اثر تجزیه مواد آلی، دی اکسیدکربن تولید شده در آب تولید یون بیکربنات می کند و غلظت آن افزایش می یابد (Li et al., 2011).

یون⁻ها در نمونه برداشت شده در انتهای مسیر کانال آب خروار بهبهان بیش تر از غلظت یون⁻ها در رودخانه مارون می⁻باشد (جدول ۳). غلظت سولفات، کلر، سدیم، کلسیم و منیزیم در این نمونه⁻ها بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی WHO می⁻باشد، بنابراین برای آشامیدن مناسب نیستند. غلظت آنیون⁻ SO₄²⁻ و کاتیون⁻های Ca²⁺، Na⁺، Mg²⁺ و عوامل مهم کیفی آب از جمله EC، TDS در نمونه برداشت شده از رودخانه مارون (S6) بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی WHO می⁻باشد، در حالی که میزان نیترات و همچنین عناصر سنگین Zn، Mn، Fe، Se، As، Pb و Cr در این نمونه در حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO است.

مهاجرت عناصر جزئی و سمی به منابع آب، با خواص خاک از قبیل pH، مواد آلی، ساختار افق های خاک، ترکیب و اندازه های دانه های خاک، توانایی جذب، فراوانی میکروارگانیزم ها و در نهایت انحلال پذیری اشکال مختلف شیمیایی آنها و توانایی جذب عناصر با کلوئیدهای خاک کنترل می شوند (Eby, 2004; Faryabi et al., 2007). نتایج تجزیه عناصر سنگین As، Cd، Fe، Mn، Zn، Se، Pb و Cr در نمونه⁻های برداشت شده، در جدول ۴ و شکل ۳ نشان داده شده است.

مهم ترین منابع ایجاد کننده کلسیم و منیزیم، کانی های رسی آمفیبول، فلدسپات، گچ، کلسیت و دولومیت است (Magesh et al., 2013). غلظت کلسیم از ۷۰ تا ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر تغییر و متوسط آن ۲۴۵ mg/l است. غلظت کلسیم بجز در نمونه S6 که از محل ورود آب خروار به رودخانه مارون برداشت شده است، در بقیه نمونه⁻ها از حد استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب⁻های سطحی (۷۵ میلی گرم بر لیتر) و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران بالاتر می باشند. یکی از دلایل غلظت بالای کلسیم، احتمالاً وجود مارن در این مناطق می⁻باشد. غلظت منیزیم منطقه مورد مطالعه از ۱۳۷/۹ تا ۲۸۳/۱ میلی گرم بر لیتر تغییر می کند و مقدار متوسط منیزیم ۲۲۴/۳ میلی گرم بر لیتر است. غلظت منیزیم در همه نمونه⁻ها بالاتر از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO (۷۵ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد خروجی فاضلاب تخلیه به آب های سطحی (۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران می⁻باشد (۱۰۰ میلی گرم بر لیتر). نمونه S4 بیشترین مقدار منیزیم را دارد (۲۸۳/۱ میلی گرم بر لیتر).

مقایسه نتایج تجزیه نمونه⁻های قبل از رودخانه مارون (S5) و محل ورود به رودخانه مارون (S6) نشان می دهد که غلظت

جدول ۳ - مقایسه ویژگی های نمونه S5 (انتهای کانال آب خروار) و S6 (محل ورود به رودخانه مارون).

Table 3- Comparison of the characteristics of S5 (the end of the Kharvar water channel) and S6 samples (the entrance to the Maroon River).

N	pH	EC (µmoh/cm)	TDS (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	k ⁺ (mg/l)
S5	8.3	3360	1425	22.4	0	50	900	465	780.7	360	257.7	92
S6	8.1	2750	815	10.9	0	150	800	397.6	599.3	70	180.2	102

جدول ۴- نتایج تجزیه عناصر سنگین آب کانال آب خروار بهبهان.

Table 4- Results of heavy metals Analysis of Abkhorvar Behbahan chanel.

N	Cr (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)	AS (mg/l)
S1	0.02	0.5	0	0	0.02	0.6	0.02
S2	0.07	0.002	0	0	0.08	0.05	0
S3	0.07	0.2	0.9	0.2	0.03	0.4	0.05
S4	0.01	0.3	0	0.2	0.007	0.3	0.01
S5	0.03	0.04	0.1	0.002	0	0.05	0
S6	0	0	0.001	0	0	0	0
Average	0.03	0.2	0.2	0.06	0.02	0.2	0.01
Max	0.07	0.5	0.9	0.2	0.08	0.6	0.05
Min	0	0	0	0	0	0	0
Wastewater discharge standarad to surface water	2	1	3	2	1	1	1.0

Wastewater discharge standard to agricultural and drinking water	2	1	3	2	1	1.0	1.0
Desirable limit (WHO, 2008)	-	-	-	-	-	-	-
Maximum permissible limit (WHO, 2008)	0.05	0.4	0.3	3	0.01	0.01	0.01

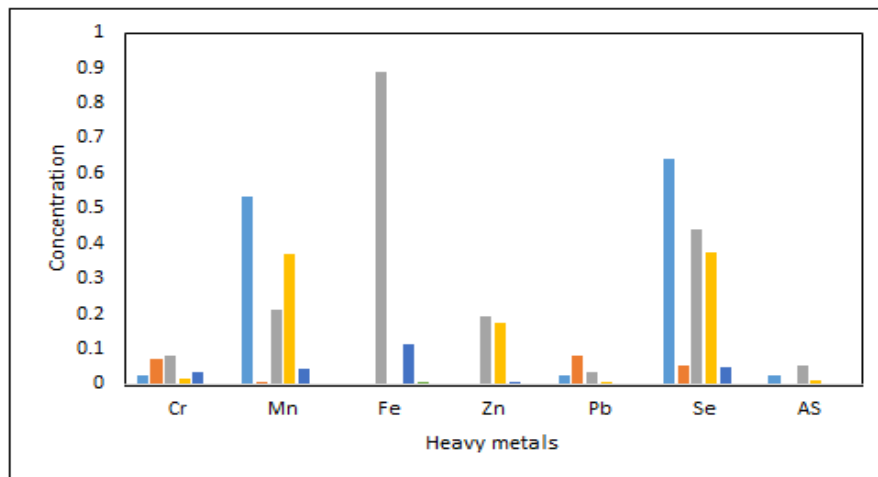


Fig. 3- Heavy Metal Concentration Chart in The Study Area.

شکل ۳- نمودار غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه

مناطق شهری احتمالاً مربوط به فاضلاب صنعتی و شهری می‌باشد.

تغییرات آهن در کانال از ۰ تا ۰/۰۸۹ میلی گرم بر لیتر و متوسط آن ۰/۰۱۶ میلی گرم بر لیتر است. بجز نمونه (S3=0.89)، آب کانال در همه ایستگاه‌های برداشت نمونه غلظت آهنی در حد مجاز استانداردهای گفته شده دارد. احتمالاً بالا بودن غلظت آهن در این نمونه بعلاوه خوردگی لوله‌های فلزی فاضلاب است که فاضلاب شهری را به کانال آب خروار اضافه می‌کنند.

مقدار روی در همه نمونه‌ها با مقدار مجاز در استانداردهای آب آشامیدنی WHO، همچنین استاندارد خروجی فاضلاب‌های تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران مطابقت دارد و از ۰ تا ۰/۱۹۴ تغییر میکند. مقدار متوسط روی در منطقه ۰/۰۶۱ میلی گرم بر لیتر است و بیشترین غلظت در مرکز شهر است. تغییرات کروم از ۰ تا ۰/۰۷۹ میلی گرم بر لیتر متغیر و متوسط آن ۰/۰۳۸ میلی گرم بر لیتر، میزان سرب از ۰ تا ۰/۰۸۳ میلی گرم بر لیتر است و متوسط آن ۰/۰۲۵ میلی گرم بر لیتر، تغییرات آرسنیک از ۰ تا ۰/۰۵۲ بوده و متوسط آن ۰/۰۱۴ mg/l، بدست آمد. همه نمونه‌های تجزیه

مقدار سلنیم در کانال آب خروار از ۰ تا ۰/۶۴۳ میلی گرم بر لیتر تغییر می‌کند. غلظت سلنیم در همه نمونه‌های آنالیز شده بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی WHO است. همه نمونه‌ها نسبت به استاندارد خروجی فاضلاب‌های تخلیه به آب‌های سطحی (۱ میلی گرم بر لیتر) غلظت سلنیم کمتری دارند، در حالیکه نیمی از نمونه‌های تجزیه شده (S2=0.05, S6=0) مجاز استاندارد خروجی فاضلاب‌های تخلیه به آب‌های سطحی برای مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۰/۱ میلی گرم بر لیتر) نشان می‌دهند، نیمی دیگر میزان سلنیم بالاتر از حد این استاندارد دارند. بیشترین غلظت این عنصر در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه است.

در منطقه مورد مطالعه مقدار منگنز از ۰ تا ۰/۵۳۲ تغییر میکند و مقدار متوسط آن ۰/۱۹ میلی گرم بر لیتر است. همه نمونه‌ها غلظتی در حد مجاز استاندارد خروجی فاضلاب‌های تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران دارند (۱ میلی گرم بر لیتر) و بجز نمونه S1 (۰/۵۳ میلی گرم بر لیتر)، مابقی غلظت منگنز در حد استاندارد آب آشامیدنی WHO را نشان می‌دهند. حداکثر مقدار منگنز در

آنیون⁻ها به ترتیب $\text{NO}_3^- > \text{CO}_3^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ ، کاتیون⁺ها $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ و عناصر سنگین $\text{As} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Se}$ می⁻باشد. میزان EC، TDS و غلظت یون⁻های SO_4^{2-} ، HCO_3^- ، CO_3^{2-} ، NO_3^- ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، Na^+ و K^+ ، در نمونه برداشت شده از محل ورود آب خروار به رودخانه مارون بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی WHO است، در حالیکه میزان نیترات و همچنین سایر عناصر سنگین در این نمونه، در حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی WHO است. روند تغییرات یون⁻های کلسیم و سولفات و کل جامدات محلول، در منطقه مورد مطالعه مشابه است، که می تواند نشان دهنده منبع مشترکی، مانند انحلال کانی های ژئیس، کلسیت، انیدرید و همچنین ورود فاضلاب های شهری و صنعتی، برای این یون⁻ها باشد. غلظت یونهای نیترات، سولفات و بیکرینات در مرکز شهر روند افزایشی دارد که این امر را میتوان در اثر ورود فاضلاب غنی از مواد آلی دانست.

۶. تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان جهت همکاری در انجام امور آزمایشگاهی و مشاهدات صحرایی کمال تشکر و قدردانی را دارند.

شده از نظر میزان کروم، سرب و آرسنیک غلظتی در حد مجاز استانداردهای داخلی و بین المللی دارند. بیشترین غلظت این عناصر مربوط به مناطق شهری می⁻باشد که احتمالاً منشأ انسان زاد دارند. افزایش غلظت سرب در مناطق شهری به احتمال زیاد حاصل از احتراق بنزین خودروهای عبوری بر روی خاک و گیاهان مجاور جاده بوده که همراه با بارندگی از سطح آنها شسته شده و وارد کانال آب خروار می شود. همچنین فاضلاب تعمیرگاه های خودرو نیز به این آب اضافه می شود و باعث بالا رفتن غلظت سرب می شود.

۴. نتیجه گیری نهایی

آلودگی آب کانال آب خروار بهبهان، واقع در دشت بهبهان، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. نتایج تجزیه شیمیایی ۶ نمونه برداشت شده از آب مسیل آب خروار و ورودی رودخانه مارون با استاندارد آب آشامیدنی متعلق به سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استانداردهای فاضلاب خروجی تخلیه به آب⁻های سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری سازمان حفاظت محیط زیست ایران مقایسه شدند. میزان pH در همه نمونه⁻ها در حد استاندارد آب آشامیدنی WHO و استاندارد فاضلاب خروجی تخلیه به آب⁻های سطحی و مصارف کشاورزی می باشند. غلظت آنیون⁻ها و کاتیون⁺های اصلی در بیشتر نمونه⁻ها مقدار بالاتر از حد مجاز استانداردها را نشان می⁻دهند. روند تغییرات غلظت

References:

- Barton, C.R., 1977. Strategies for Improving Urban Waste Management: Lessons from a Decade of World Bank Lending. *In Proceeding of Workshop in Washington DC, 2-4, Haz. Waste World/Superfund XVII Conference.*
- Bazrafkan, M., Kalantari, N. Barjasteh, A, Damough, N.A. and Foroughi, M.J., 2010. Hydrogeochemistry of karstic formations in Behbahan Region. *1st Iranian. National Conference on Water Resources. Kermanshah Regional Water Company, Kermanshah, Iran.* pp. 367-375. (In Persian).
- Berberian, M., 1995. Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics*, 241(3-4), pp.193-224. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(94\)00185-C](https://doi.org/10.1016/0040-1951(94)00185-C)
- Chilton, J., 1997. *Groundwater in the Urban Environment*, A. A. Balkema. Rotterdam, 280p.
- Daneshian, H., Kalantari, N. and Alijani, F., 2020. Hydrochemistry and Stable Isotopes Characteristics of Groundwater in an Urban Aquifer, Southwest of Iran. *Geopersia*, 11(1), pp.81-100. DOI:10.22059/GEOPE.2020.294287.648520.
- Du, P., Xie, Y., Wang, S., Zhao, H., Zhang, Z., Wu, B. and Li, F., 2015. Potential sources of and ecological risks from heavy metals in agricultural soils, Daye City China. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, pp. 3498-3507. DOI: 10.1007/s11356-014-3532-1.
- Eby, G.N., 2004. *Principles of Environmental Geochemistry*. Thomson Learning Academic Resource Center, 516p. DOI:10.1180/0671321.

- Eziz, M., Mohammad, A., Mamut, A. and Hini, G., 2018. A human health risk assessment of heavy metals in agricultural soils of Yanqi Basin, Silk Road Economic Belt, China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24, pp.1352–1366. DOI:10.1080/10807039.2017.1412818.
- Fakhari, M., 1993. *Geological map of Behbahan scale 1/100000*. Tehran. National Iranian Oil Company. (In Persian).
- Faryabi, M., Kalantari, N., Rahimi, M. and Haydari, M., 2007. Determining the effective factors on the chemical quality of Behbahan Plain ground water using hydrogeochemical diagrams and inverse geochemical modeling. *Geological Survey and Mineral Exploration of Iran*: p 9. (In Persian)
- Jia, H., Qian, H., Zheng, L., Feng, W., Wang, H. and Gao, Y., 2020. Alterations to groundwater chemistry due to modern water transfer for irrigation over decades. *Science of the Total Environment*, 717, p.137170. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137170>
- Koponen, S., Pulliainen, J., Kallio, K., and Hallikainen, M., 2002. Lake Water Quality Classification with Airborne Hyperspectral Spectrometer and Simulated MERIS Data. *Remote Sens. Environ*, 79(1), pp. 51-59. DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00238-3
- Langmuir, D., 1997. *Aqueous Environmental Geochemistry*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 601.
- La Vigna, F., 2022. Urban groundwater issues and resource management, and their roles in the resilience of cities. *Hydrogeology Journal*, 30(6), pp.1657-1683. DOI: 10.1007/s10040-022-02517.
- Li X-D, Liu C-Q, Liu X-L, Bao L-R., 2011. Identification of dissolved sulfate sources and the role of sulfuric acid in carbonate weathering using dual-isotopic data from the Jialing River, Southwest China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42(3), pp. 370-80. DOI:10.1016/j.jseaes.2011.06.002
- Magesh, N.S., Krishnakumar, S., Chandrasekar, N. and Soundranayagam, J.P., 2013. Groundwater quality assessment using WQI and GIS techniques, Dindigul district, Tamil Nadu, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, pp.4179-4189. <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0673-8>
- Mcintyre, N., and Wheeler, H., 2004. A tool for risk-based management of surface water quality. *Environ Model Software*, 19, pp. 1131. DOI:10.1016/j.envsoft.2003.12.003.
- Pourakbar, M, Masafari, M, Shaker Khatibi, M. and Moradi, A., 2014. Groundwater quality assessment from a hydrogeochemical viewpoint (A case study of Sarab Country). *Journal of Water and Sewage*, 3, pp.116-126. (In Persian).
- Singh, C.K., Rina, K., Singh, R.P. and Mukherjee, S., 2014. Geochemical characterization and heavy metal contamination of groundwater in Satluj River Basin. *Environmental earth sciences*, 71, pp.201-216. doi.org/10.1007/s12665-013-2424-x
- Stocklin, J., 1968. Structural History and Tectonics of Iran. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 52(7), pp. 1229-1258. DOI:10.1306/5D25C4A5-16C1-11D7-8645000102C1865D.