



Environment and Water Engineering

Homepage: www.jewe.ir



ISSN: 2476-3683

Research Paper

Scaling and Corrosion Quality Zoning of Groundwaters in Bijar-Divandere Plain, Kurdistan Province

Houshang Ghamarnia^{1*} and Seyedeh Somayeh Enayati Hosseini²

¹Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

²M. Sc. Alumni, Department of Water Resource Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

Paper information

Received: January 03, 2022

Revised: January 25, 2022

Accepted: January 25, 2022

Keywords:

Corrosion

GIS

Scaling

Water Quality

*Corresponding author:

hghamarnia@razi.ac.ir



Abstract

The groundwater quality changes of the Bijar-Divandere Plain located in Kurdistan Province, for scaling and corrosion, by using the information during the years 2009 to 2018 and for each year, two months of June and October were selected as high and low groundwater conditions in the GIS environment, respectively. Moreover, by evaluating various indicators to determine corrosion and scaling, valid indicators such as Langelier, Ryznar, and Pocius for industrial use, scaling and corrosion analysis were used. The results of mentioned indicators in general showed that the groundwater of the western and eastern parts of the plain was prone to corrosion and to scaling respectively. The Ryznar index also showed that the water quality of the center part of the plain is a neutral condition. It is recommended to use aeration to remove iron and manganese, cathodic protection, priming, glazing, and painting of the desired facilities in the western parts of the Bijar-Divandere plain to prevent water corrosion. Moreover, for the central parts to the east of the plain with water sedimentation properties and adverse effects on agriculture, industry, and health of the region, the use of scaling inhibitors such as the use of phosphate compounds and less extraction of water resources are recommended.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Introduction

Due to population growth, increasing welfare, development of industries, and agriculture along with climate change, groundwater resources are always changing quantitatively and qualitatively. Therefore, it seems necessary to study the quantitative and qualitative changes of groundwater to manage. Moreover, the phenomena of corrosion and scaling are caused by groundwater in irrigation and water supply facilities and water transmission and distribution

lines. This phenomenon has financial and economic damage and many adverse health effects as well. As a result of corrosion, some heavy elements such as lead and arsenic will enter to drink water, which can make many health problems. Also, due to the deposition process, various problems such as accumulation of salts and sediment in the walls of facilities, and main and distribution pipes will occur, which results in reducing the life of pipes, increasing hydraulic pressure drop, and reducing water flow



and efficiency of all valves and fittings available in the water supply systems. This research aimed to investigate the groundwater quality changes of the Bijar-Divandere Plain for scaling and corrosion, using the Geographic Information System.

Material and Methods

The present study was conducted in the Bijar-Divandere plain located in Kurdistan province. This province is located in the northwest of Iran (Fig. 1).

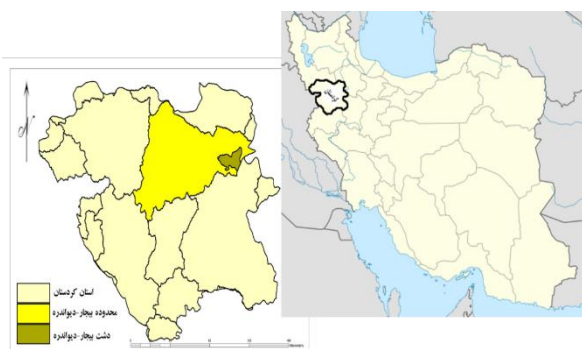


Fig. 1 Location of the region under study in the country, province, city, and plain

According to Demarten's classification, Kurdistan province is divided into four types of semi-arid, Mediterranean, humid, and very humid climates. According to this classification, the study area has a semi-arid climate. About 1.7% of the total area of the country is in this province. The type of land and structure of the study area is composed of sedimentary rocks, especially clayey, calcareous and sandy mixtures, which are related to the changes of the third geological period. The city of Bijar is located $47^{\circ} 36'$ east of Greenwich and $35^{\circ} 52'$ north of the equator. The average altitude of this city was 1948 m above sea level. This area has a cold and dry climate so the temperature difference between the coldest and hottest days of the year reaches 79°C . The minimum temperature in the region was related to February at 38°C below zero and the maximum was related to July and August at 41°C above zero. The average annual rainfall in the region is 344 mm, which is a good rainfall compared to the annual rainfall of the whole country. In the case of the study area, moving to the west increases the amount of rainfall, and moving to the east reduces the amount of rainfall. The lowest rainfall is related to the middle and upper eastern areas, equal to 250 mm and the highest rainfall is related to the

western highlands and is equal to 400 mm. Most of the rainfall is in the highlands and a small amount of it is in the plains. In the present investigation to study the groundwater quality changes for scaling and corrosion, using the information in the years 2009 to 2018 and for each year two months of June and October were selected as high and low groundwater conditions using the Geographic Information System (GIS) respectively. Moreover, by evaluating various Indicators to determine corrosion and scaling, valid indicators such as Langelier, Ryznar, and Pocius for industrial use and scaling and corrosion analysis were used. If the value of the Langelier index value was higher than zero, the water will be scaling and if the index value was below zero, the water will be corrosive. According to the Ryznar index, if the calculated value was greater than 6, it is considered to be corrosive water and if it was less than 6, it is considered scaling water. If the Pocius value was less than 6, the water tends to be sedimentary, and if the calculated value for the Pocius index was greater than 6, the water tends to be corrosive. Based on the obtained information and to prepare groundwater zoning maps of the Bijar-Divandarreh plain, the geographic information system of geostatistical interpolation (kriging was used about the desired quality parameters).

In this regard, after preparing the desired raster layers for effective parameters, the desired zoning maps were extracted and prepared. The numbers of observation wells in the study area were 15 wells. In this study, the values of the indices for each well were calculated and then the required zoning was done using ArcGIS software. In addition, for each method in each year for the two months of June and October, as high and low groundwater level months, using GIS, classification maps were prepared respectively.

Results

According to the Langelier index, the whole plain was composed of groundwater with two corrosive qualities in the western part and scaling quality in the eastern part. According to the studied indices, a neutral, balanced, or stabilized state was not observed in the groundwater quality. The results of the above-mentioned indicators in general showed that the groundwater in the western areas of the plain was prone to corrosion and the eastern areas were prone to scaling. The results of the Ryznar index

showed that the water quality of the center part of plain was as neutral condition. According to the Procopius index, in June, the qualitative zoning maps of the plain were divided in two groups of sediment deposition in the northeast and corrosive in most other areas.

All the studied indicators have shown the same results for the groundwater quality of the Bijar-Divandere plain. The results indicated that the groundwater of the western part of the plain was corrosive and from the center to the east of the plain, low scaling, low or balanced corrosion, and somewhat neutral and part of the east and northeast of the plain was sedimentary.

Conclusions

According to the results obtained in this study, it can be concluded that:

1. In the western parts of the Bijar-Divandarreh plain with corrosive properties to prevent this phenomenon, the use of aeration to remove iron and manganese, cathodic protection, coating, glazing, and painting of facilities, the use of corrosion-resistant pipes such as polyethylene

pipes and water pH adjustment using lime were recommended.

2. For the central parts to the east of the plain with water deposition properties and adverse effects on agriculture, industry, and the health of the locals, the use of sediment inhibitors such as phosphate compounds and less harvesting of water sources was recommended.

3. The Ryznar index has shown that the water quality of a part in the center of the plain was neutral. Moreover, if additional tests were performed and the issue was proven, therefore no need to use inhibitors to control scaling and corrosion.

Data Availability

The data used in this research are presented in the paper.

Conflicts of Interest

The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت بیجار - دیواندره در استان کردستان از نظر رسوب‌گذاری و خورندگی

هوشنگ قمرنیا^{۱*} و سیده سمیه عنایتی حسینی^۲

^۱استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
^۲آ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، د دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۱۰/۱۳]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۰/۱۱/۰۵]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۱۱/۰۵]

واژه‌های کلیدی:

رسوب‌گذاری

خورندگی

دشت بیجار - دیواندره

جی آی اس

*نویسنده مسئول:

hghamarnia@razi.ac.ir

در پژوهش پیش رو به بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت بیجار - دیواندره، از نظر رسوب‌گذاری و خورندگی، با استفاده از اطلاعات دریافتی در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ و در هر سال برای دو ماه خرداد و مهرماه به ترتیب به‌عنوان ماه‌های پر آب و کم آب، با بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پرداخته شد. همچنین با ارزیابی شاخص‌های متعدد جهت تعیین خورندگی و رسوب‌گذاری، شاخص‌های معتبری نظیر لانژلیه، رایزنز و پوکوریوس برای کاربری صنعتی و تحلیل رسوب‌گذاری و خورندگی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از شاخص‌های ذکر شده، بیانگر این امر بود که آب زیرزمینی نواحی غربی دشت مستعد خورندگی و نواحی شرقی مستعد رسوب‌گذاری می‌باشند. شاخص رایزنز کیفیت آب بخشی از مرکز دشت را خنثی نشان داد. پیشنهاد می‌گردد در قسمت‌های غربی دشت بیجار - دیواندره برای جلوگیری از خورندگی آب از هوادهی برای حذف آهن و منگنز، حفاظت کاتدی، آسترپوشی، لعاب‌کاری و رنگ‌کاری تأسیسات مورد نظر استفاده گردد. همچنین برای مناطق مرکزی به‌طرف شرق دشت با خاصیت رسوب‌گذاری آب و بروز تأثیرات نامطلوب بر کشاورزی، صنعت و سلامت اهالی منطقه، استفاده از مواد بازدارنده رسوب‌گذاری نظیر استفاده از ترکیبات فسفات و همچنین برداشت کمتر از منابع آب توصیه می‌شود.

۱- مقدمه

بررسی کیفیت شیمیایی آن ضروری است (Setare and Ahmadi 2011; Świetlik et al. 2012; Nanbakhsh 2003). در ضمن، پدیده‌های خورندگی و رسوب‌گذاری حاصل از آب‌های زیرزمینی در تأسیسات آبیاری و آب‌رسانی و خطوط انتقال و توزیع آب، علاوه بر ایجاد خسارت‌های مالی و اقتصادی، اثرات سوء بهداشتی عیدیه‌ای را به دنبال دارد (Shahmansoori et al. 2008; Viessman and)

آب زیرزمینی از اصلی‌ترین منابع تأمین‌کننده آب کشاورزی، شرب و صنعت در مناطق مختلف کشور به شمار می‌آید. در بسیاری از نقاط جهان در حدود ۶۰٪ از آب آشامیدنی و ۴۰٪ از آب‌های بخش کشاورزی و صنعت نیز از طریق آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. از طرفی کشور ما جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب شده و نقش آب‌های زیرزمینی در تأمین آب اکثر نقاط کشور چشمگیر است، لذا،



نتایج پهنه‌بندی نشان داد کیفیت آب زیرزمینی در قسمت‌های غربی، جنوب و جنوب شرقی بهتر از سایر بخش‌ها بوده است (Safavi Gerdini et al. 2018). در پژوهشی برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت مرودشت واقع در استان فارس با استفاده از روش‌های مختلف، از روش زمین‌آماري کريجينگ ساده برای پهنه‌بندی شاخص‌های رايزنر و لانژلیر و مؤلفه‌های آن‌ها استفاده گردید. بعد از بررسی‌های انجام‌شده در نهایت از نظر پتانسیل‌های خوردنگی و رسوب‌گذاری با کیفیت متوسط ارزیابی شد (Honarbakhsh and Sourı 2018). در مطالعه‌ای به بررسی پتانسیل رسوب‌گذاری و خوردنگی آب زیرزمینی دشت دزفول - اندیمشک پرداخته شد. نتایج نشان داد که آب قسمت‌های اعظم دشت دارای مشکل خوردنگی بوده و مابقی قسمت‌ها رسوب‌گذار هستند (Alidadi et al. 2019). مطالعات آب زیرزمینی دشت چاردلی، حذفاصل استان‌های کردستان و همدان براساس نتایج حاصل از اطلاعات ۲۲ حلقه چاه انجام شد. بررسی وضعیت کیفی آبخوان، نشان‌دهنده کاهش کیفیت آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۳ و سپس بهبود وضعیت آن تا سال ۱۳۸۷ به بعد بود. نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی آبخوان آب زیرزمینی نیز نشان‌دهنده افت کیفیت بین سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ در مناطق خروجی آبخوان بوده است (Ghamarnia and Roshandel 2019). شمال قوچان (خراسان رضوی) جهت مصارف شرب و صنعت موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشانگر آن بود که اکثر نمونه‌ها از نظر آشامیدن در رده متوسط و قابل‌قبول قرار داشتند. همچنین براساس شاخص لانژلیه ۸۲/۳۵٪ از نمونه‌ها رسوب‌گذار و ۱۷/۶۵٪ از آن‌ها خورنده تشخیص داده شدند. (Rokhashmah et al. 2021).

از آنجایی‌که تاکنون آب زیرزمینی دشت بیجار - دیواندره واقع در استان کردستان از لحاظ خوردنگی و رسوب‌گذاری موردبررسی قرار نگرفته است. لذا، هدف از پژوهش حاضر پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی دشت بیجار - دیواندره جهت بررسی و تحلیل رسوب‌گذاری و خوردنگی آن با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۱ می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در استان کردستان انجام شد. این استان در

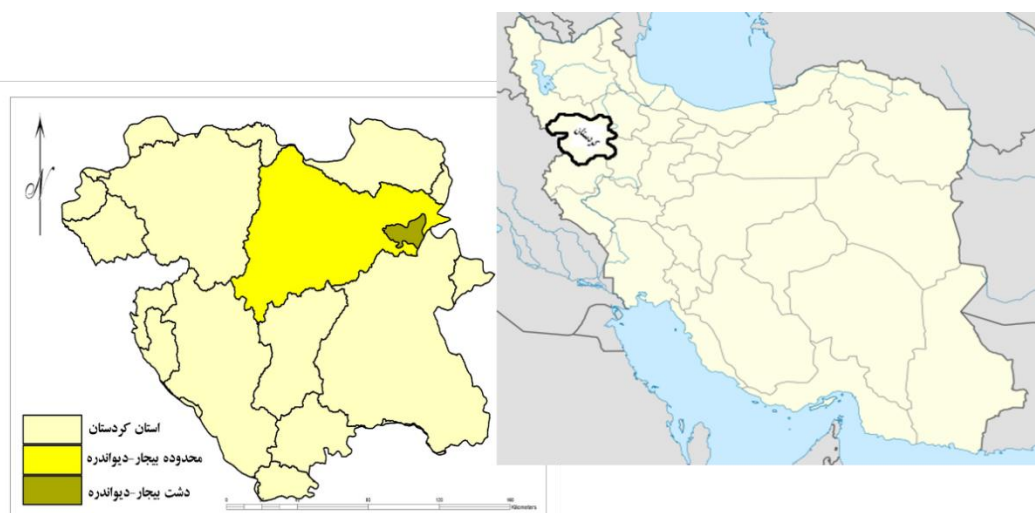
(Hammer 2008). در اثر عمل خوردنگی، پاره‌ای از عناصر سنگین نظیر سرب و آرسنیک نیز وارد آب گردیده که سبب بروز مشکلات بهداشتی و سلامتی عدیده‌ای می‌گردد (and Ahmadi 2011; Karbassi and Nabi Setare) (Bidhendi 2000; Asgary 1998). همچنین در اثر فرآیند رسوب‌گذاری، مشکلات مختلفی نظیر تجمع املاح و رسوب در دیواره تأسیسات، لوله‌های انتقال و توزیع آب رخ داده که تبعات ناشی از این پدیده، کاهش طول عمر لوله‌ها، افزایش افت فشار هیدرولیکی و کاهش میزان جریان آب و کارایی کلیه شیرآلات و اتصالات موجود در سیستم آبرسانی می‌باشد (Ghanizadeh and Ghaneian 2009; Lauer 2003). در پژوهشی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور در دو بخش کشاورزی و صنعت در طی سال‌های ۱۳۸۱ الی ۱۳۸۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عناصر سدیم، کلسیم و سولفات به ترتیب، بیشترین مقادیر را در بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها دارا بوده و به تدریج کیفیت آب‌ها کاهش و درصد مربوط به کلاس C_4S_4 که بدترین کیفیت را دارد نیز افزایش یافته است. همچنین براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که در آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور خاصیت رسوب‌گذاری وجود دارد (Hoseinsarbazy and Esmaili 2015). (Alipour et al. 2014, 2014) ضمن بررسی آب شرب در شبکه‌های بندرعباس، با استفاده از شاخص‌های لانژلیه، رايزنر، لارسون، اسکولد، پوکوریوس و تهاجمی، خورنده بودن آب موردنظر را تأیید نمودند. (Khorsandi and Mohammadi 2015) ضمن بررسی منابع آب روستاهای شهرستان ارومیه، با استفاده از شاخص‌های لانژلیه، رايزنر، پوکوریوس و لارسون، خوردنگی منابع آب موردنظر را تأیید کردند.

پتانسیل خوردنگی و رسوب‌گذاری در شبکه آب شرب شهری شهرستان تربت‌حیدریه در سال ۲۰۱۳ با استفاده از پنج شاخص مختلف بررسی شد، نتایج نشانگر آن بود که آب مورد استفاده در شبکه‌های آبرسانی دارای خاصیت خوردنگی می‌باشد (Mirzabeygi et al. 2015). بررسی و ارزیابی تغییرات مکانی متغیرهای کیفی آب زیرزمینی جنوب دشت قروه و دهگلان در دوره آماری مربوط به سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۹۱ انجام شد. در این راستا متغیرهای کیفی مربوط به ۷۰ حلقه چاه آبخوان جنوب دشت قروه و دهگلان واقع در استان کردستان موردبررسی قرار گرفت. طبقه‌بندی کیفیت آب از نظر شولر و ویلکاکس موردبررسی قرار گرفت.

¹Geographic Information System

۷۹ می‌رسد. حداقل دما در منطقه مربوط به بهمن‌ماه با $^{\circ}\text{C}$ ۳۸- و حداکثر آن مربوط به ماه‌های تیر و مرداد با $^{\circ}\text{C}$ ۴۱ بوده است. متوسط بارش سالیانه منطقه 344 mm است که در مقایسه با آمار بارش سالیانه کشور از بارندگی مناسبی برخوردار می‌باشد. در مورد منطقه مورد مطالعه با حرکت به سمت غرب، به میزان بارندگی افزوده شده و به طرف شرق حرکت از میزان بارندگی کاسته می‌شود. کمترین میزان بارش مربوط به نواحی پست میانی و منتهی‌الیه شرق، معادل 250 mm و بیشترین رقم بارش مربوط به ارتفاعات غرب محدوده و معادل 400 mm است. بیش‌تر بارندگی ایجاد شده در ارتفاعات صورت گرفته و مقدار کمی از آن در دشت صورت می‌پذیرد. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان را نشان می‌دهد.

شمال غرب کشور ایران قرار دارد. براساس طبقه‌بندی دمارتن، استان کردستان به چهار نوع اقلیم نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، مرطوب و بسیار مرطوب تقسیم شده است (Hanafi and Hatami 2013). براساس این طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. در حدود ۱/۷٪ از مساحت کل کشور را این استان تشکیل داده است. نوع زمین و ساختمان محدوده مورد مطالعه مرکب از سنگ‌هایی رسوبی به‌ویژه ترکیبات رسی و آهکی و شنی مخلوط بوده که مربوط به دگرگونی‌های دوران سوم زمین‌شناسی است. شهر بیجار در طول $36^{\circ} 47'$ شرقی گرینویچ و عرض شمالی $35^{\circ} 52'$ استوا واقع شده است. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا 1948 m می‌باشد. این محدوده دارای آب‌وهوای سرد و خشک است، به‌نحوی که اختلاف درجه حرارت سردترین و گرم‌ترین روز سال به $^{\circ}\text{C}$



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور، استان و شهر و دشت

Fig. 1 Location of the region under study in the country, province, city, and plain

$$LSI = pH - pH_s \quad (1)$$

که، LSI : مقدار شاخص لانژلیه، pH مقدار pH اندازه‌گیری شده نمونه آب، pH_s مقدار pH اشباع آب است.

$$PH_s = (9.3 + A + B) - (C + D) \quad (2)$$

$$A = (\log_{10}^{TDS} - 1) \quad (3)$$

$$B = (-13.12 \times \log_{10}^{Ca^{2+}}) + 34.55 \quad (4)$$

$$C = (\log_{10}^{Ca \text{ as } CaCO_3}) - 0.4 \quad (5)$$

$$D = \log_{10}^{ALK \text{ } CaCO_3} \quad (6)$$

TDS : مجموع مواد محلول در آب برحسب (mg/l) ، C : دمای

۱-۳- شاخص‌های مورد استفاده

در این پژوهش با ارزیابی شاخص‌های متعدد جهت تعیین خورندگی و رسوب‌گذاری آب‌های زیرزمینی، شاخص‌های معتبری نظیر لانژلیه، رایزنز و پوکوریوس برای کاربری صنعتی و تحلیل رسوب‌گذاری و خورندگی انتخاب شدند.

۱-۱-۳- شاخص لانژلیه

این شاخص بیانگر وضعیت آب به لحاظ خورندگی و رسوب‌گذاری است که به شرایط مختلفی از قبیل اسیدیته آب، TDS ، غلظت کربنات، غلظت بی‌کربنات، دمای آب و قلیائیت بستگی دارد. اساس کار، محاسبه $(pH \text{ اشباع آب})$ است. مقدار شاخص از رابطه (۱) محاسبه شد.

رسوب‌گذاری آب، شاخص پوکوریوس از رابطه (۸) محاسبه شد (Rokhashmah et al. 2021).

$$PSI = (2(pH_s) - pH_{eq}) \quad (8)$$

که، pH_{eq} مقدار pH تعادلی آب و از رابطه (۹) محاسبه می‌شود.

$$pH_{eq} = (1.465 \times \log_{10}^{ALK CaCO_3}) + 4.54 \quad (9)$$

پارامتر pH_s نیز، مانند شاخص لانژیل محاسبه می‌شود. پس از محاسبه مقدار شاخص چنانچه مقدار به‌دست‌آمده کوچک‌تر از ۶ باشد آب به رسوب‌گذار بودن تمایل داشته و اگر مقدار محاسبه شده برای شاخص عددی بزرگ‌تر از ۶ باشد، آب تمایل به خوردگی دارد. در این پژوهش براساس اطلاعات به‌دست‌آمده و جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت بیجار- دیواندره، سامانه اطلاعات جغرافیایی درون‌یابی زمین‌آمار (کریجینگ) در رابطه با پارامترهای مدنظر کیفی بکار برده شده است. ضمناً در این رابطه پس از تهیه لایه‌های رستری موردنظر جهت پارامترهای مؤثر، درنهایت نقشه‌های پهنه‌بندی موردنظر استخراج و تهیه شدند.

نمونه آب برحسب ($^{\circ}C$)، Ca as $CaCO_3$: کلسیم موجود در کلسیم کربنات (mg/l) و ALK $CaCO_3$ قلیایت نمونه آب برآثر کلسیم کربنات (mg/l) است. اگر مقدار شاخص، عددی بالاتر از صفر باشد آب رسوب‌گزار و اگر عددی زیر صفر باشد آب خورنده خواهد بود.

۳-۲-۱- شاخص رایزنر

شاخص رایزنر به‌عنوان مبنای سنجش ضخامت رسوب در سامانه‌های آبرسانی، به‌منظور پیش‌بینی اثر شیمیایی آب مورداستفاده قرار می‌گیرد. اندیس پایداری رایزنر در اثر مشاهدات تجربی، سرعت خوردگی و تشکیل لایه در لوله‌های فولادی به‌دست‌آمده است. براساس این شاخص، اگر مقدار محاسبه شده بزرگ‌تر از ۶ باشد آب خورنده و چنانچه کوچک‌تر از ۶ باشد آب رسوب‌گذار تلقی می‌گردد و فرمول محاسبه‌ی آن رابطه (۷) است.

$$RSI = (2(pH_s) - pH) \quad (7)$$

که، RSI : مقدار شاخص رایزنر پارامتر pH_s نیز مانند شاخص لانژیل محاسبه می‌شود.

۳-۲-۳- شاخص پوکوریوس

یکی دیگر از شاخص‌های مربوط به بررسی خوردگی و

جدول ۱ - موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای مورد مطالعه

Table 1 Location of the observed observation wells

Well number	Well name	UTMx	UTMy
1	حلویی	732501	3974091
2	علی بدل	731554	3979762
3	مخور	732828	3977237
4	قاملو ۱	733875	3976074
5	قاملو ۲	737757	3980040
6	تخت	739608	3975373
7	سیدان ۱	742734	3977656
8	سیدان ۲	743729	3976645
9	سیدان ۳	744367	3978991
10	زاغه فولاد	747659	3976835
11	چوپ	745787	3969726
12	دولت کند	750296	3984314
13	حسن‌آباد حومه	739956	3970890
14	خورخوره ۱	753064	3983613
15	خورخوره ۲	754779	3978622

هر چاه مقادیر شاخص‌ها محاسبه شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS پهنه‌بندی‌های مورد لزوم صورت گرفته است. درنهایت نقشه‌های کلاس‌بندی تهیه گردید. همچنین

تعداد چاه‌های مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه شامل ۱۵ حلقه بود. موقعیت و مشخصات جغرافیایی چاه‌های موردنظر برای مطالعه در جدول (۱) آمده است. در این پژوهش برای

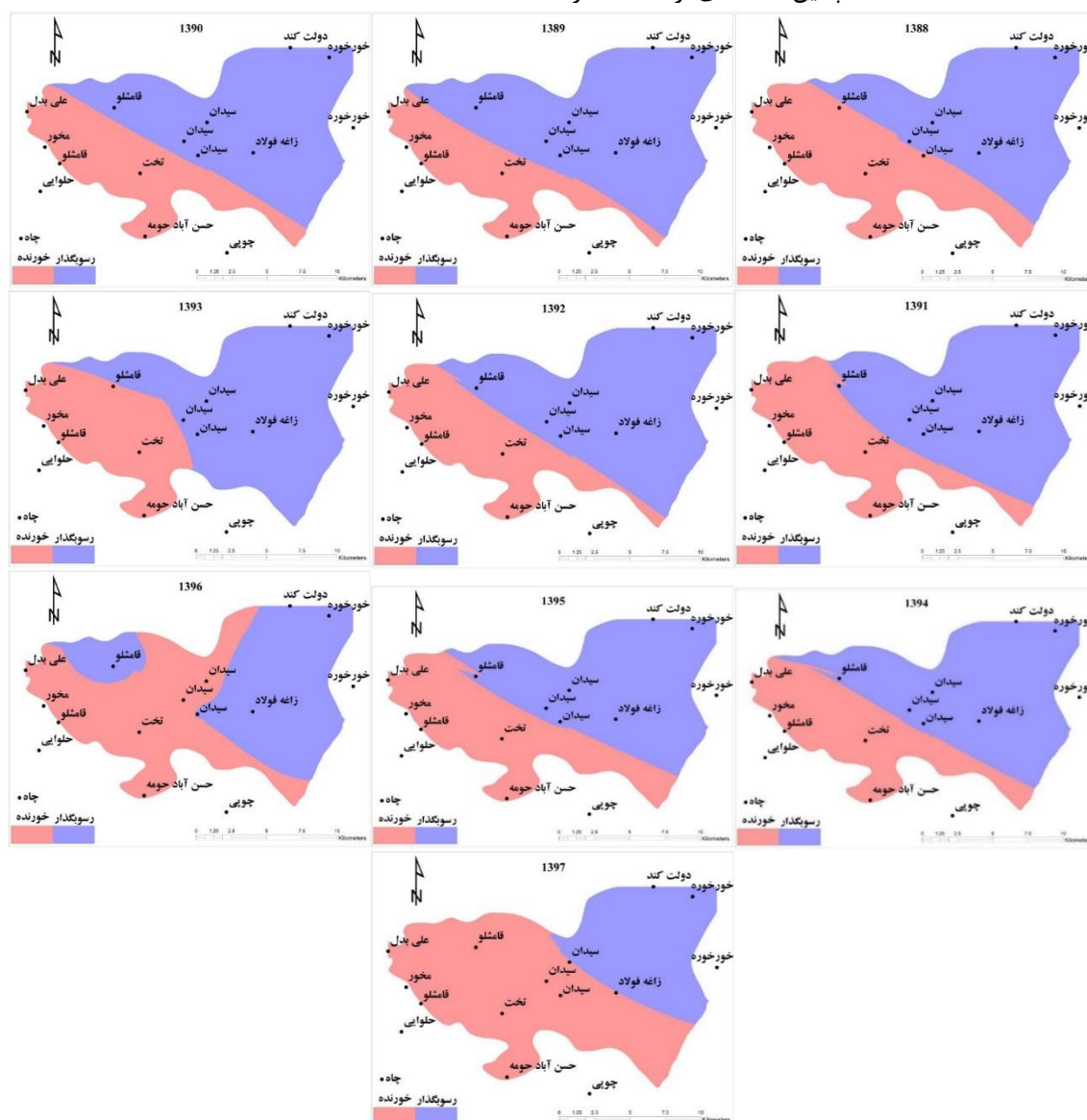
شکل شماره (۲) نشانگر آن هستند که در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در خردادماه به طرف بخش مرکزی دشت، تمایل به خوردگی آب زیرزمینی افزایش چشمگیری، نسبت به سایر سال‌ها پیدا کرده است. نقشه‌های پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خوردگی براساس شاخص لانژلیه در مهرماه نیز همانند خردادماه بوده که آب زیرزمینی دشت را، در دو گروه کیفی رسوب‌گذار در بخش شرقی و خورنده در بخش غربی شامل شده است. همچنین آب زیرزمینی با کیفیت تثبیت شده یا خنثی در دشت وجود ندارد.

برای هر روش در هر سال برای دو ماه خرداد و مهرماه به ترتیب به عنوان ماه‌های پر آب و کم آب، با بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پرداخته شد.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- پهنه‌بندی بر اساس شاخص لانژلیه

براساس شاخص لانژلیه تمام دشت را آب زیرزمینی با دو کیفیت خورنده در بخش غربی و کیفیت رسوب‌گذار در بخش شرقی دشت تشکیل داده و حالت خنثی، متعادل یا تثبیت شده طبق شاخص موردبررسی، در کیفیت آب زیرزمینی دشت، مشاهده نشده است. همچنین نقشه‌های ارائه شده در



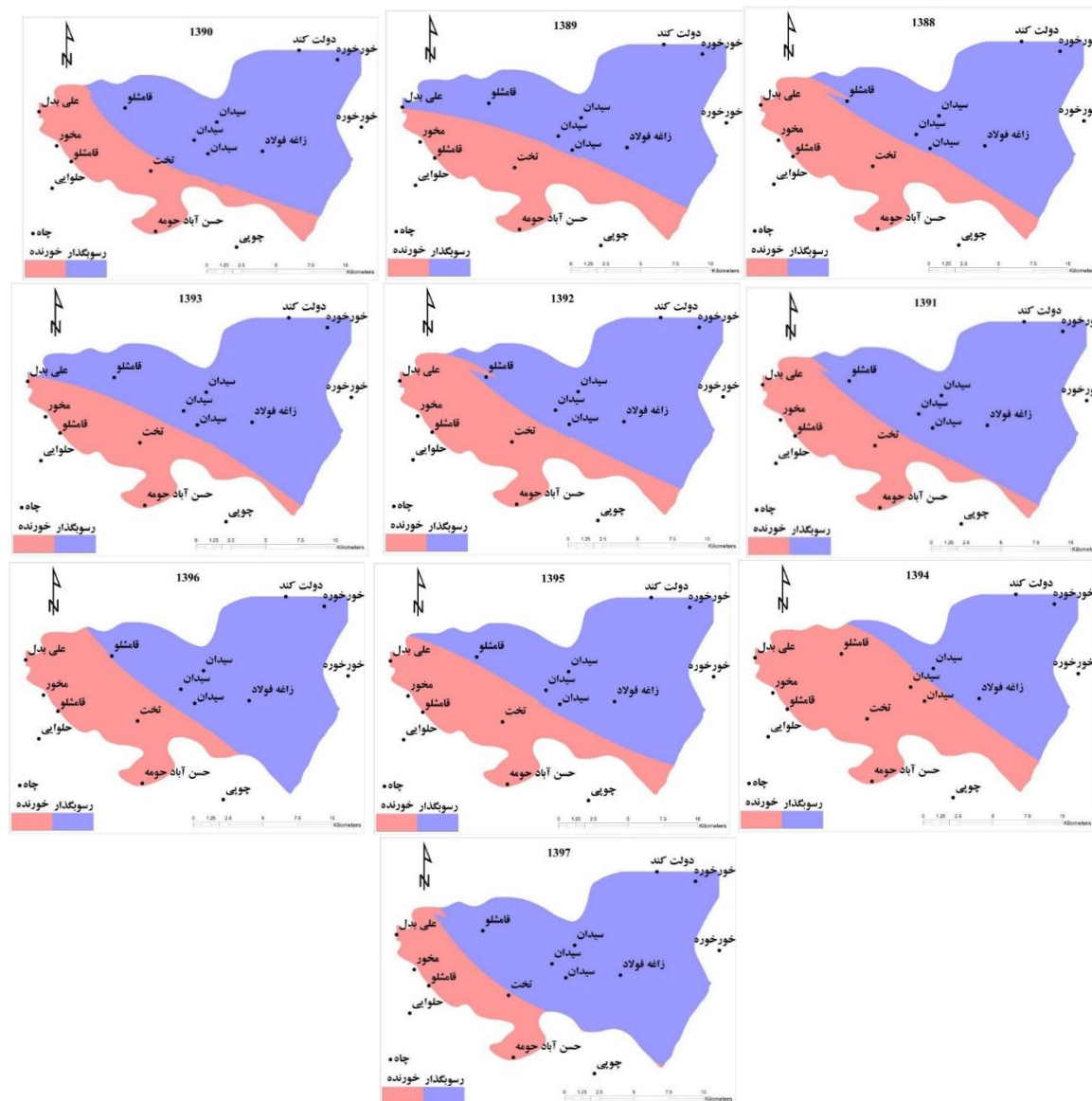
شکل ۲- نتایج پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خوردگی آب زیرزمینی با شاخص لانژلیه (خرداد)

Fig. 2 Results of scaling and groundwater corrosion zoning based on the Langelier index (June)

باید عنوان نمود که در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ تغییر قابل‌ملاحظه‌ای از نظر وسعت دربرگیرنده کیفیت‌های

در مورد تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در مهرماه نسبت به خردادماه همان‌گونه که در شکل (۳) نشان داده شده است،

آب زیرزمینی در دشت وجود نداشته است. ضمناً در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ آب زیرزمینی با کیفیت رسوب‌گذاری ۱۳۹۴ برعکس بوده است. نواحی بیشتری از دشت را در برگرفته که این امر در سال



شکل ۳- نتایج پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خوردگی آب زیرزمینی با شاخص لانژیله (مهر)

Fig. 3 Results of scaling and groundwater corrosion zoning based on the Langelier index (October)

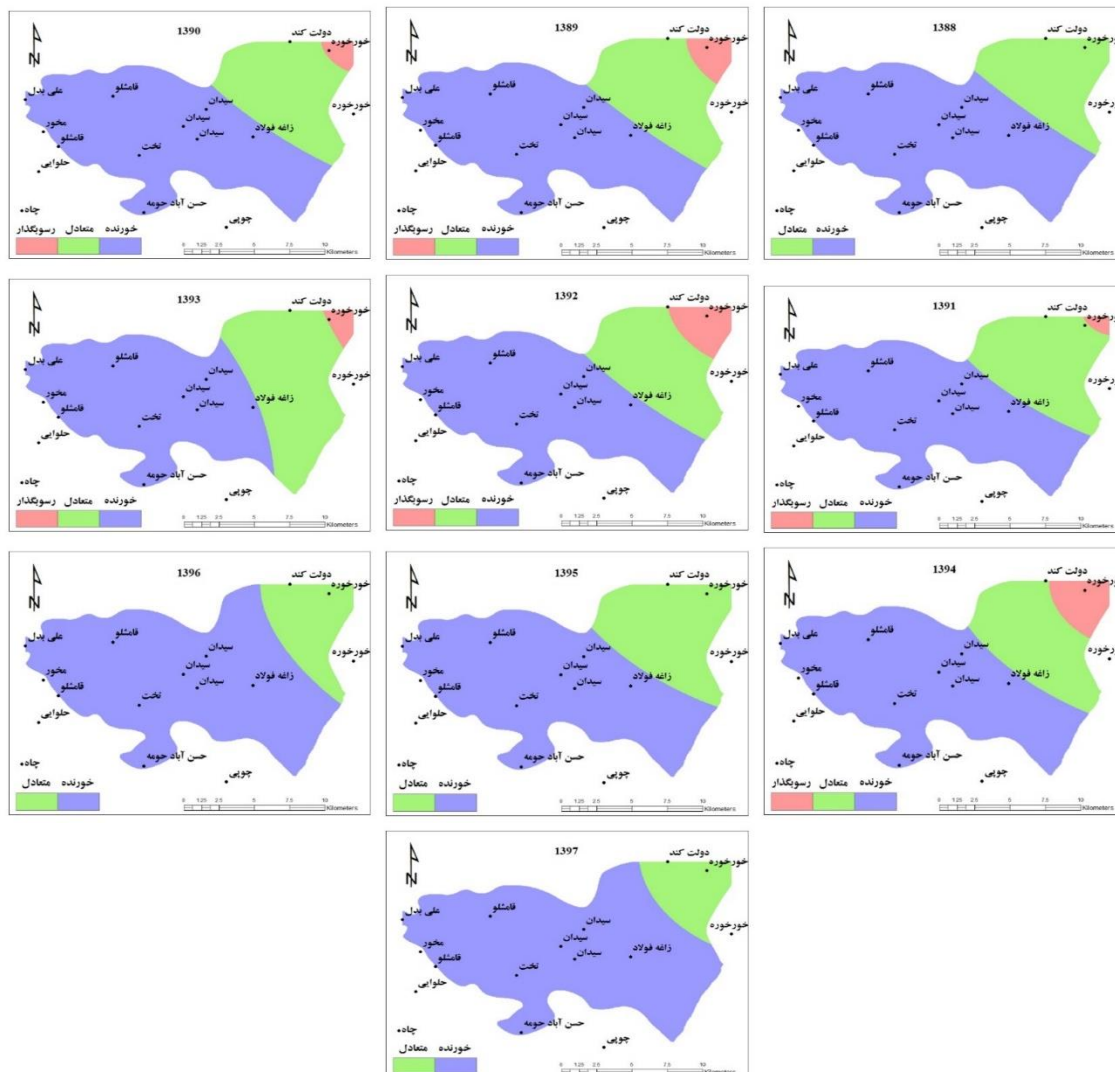
۳-۲- پهنه‌بندی بر اساس شاخص رایزنر

خوردگی یا انحلال کربنات کلسیم در دیگر نواحی دشت می‌باشد، همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی مهر و خردادماه ارائه شده در اشکال (۴) و (۵) گویای این امر هستند که در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ آب زیرزمینی دارای هر سه خاصیت خوردگی، خنثی و رسوب‌گذاری بوده است. مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی مهرماه با خردادماه یعنی ماه پرآب سال در شکل (۴) نشانگر آن بوده است که کیفیت آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ و سال ۱۳۹۴ بهبود یافته است. دلیل موضوع آن است که در این سال‌ها آب زیرزمینی بخشی

بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خوردگی با استفاده از شاخص رایزنر در خردادماه نشان می‌دهد که در تمام سال‌های آماری، بخشی از دشت دارای آب زیرزمینی با کیفیت خنثی یا متعادل بوده و نواحی مرکزی به‌طرف شرق دشت را در برگرفته که در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال‌های دیگر بیشترین وسعت را به خود اختصاص داده است. در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ کیفیت آب زیرزمینی دشت در دو حالت، خنثی در بخش شمال شرقی و تمایل به

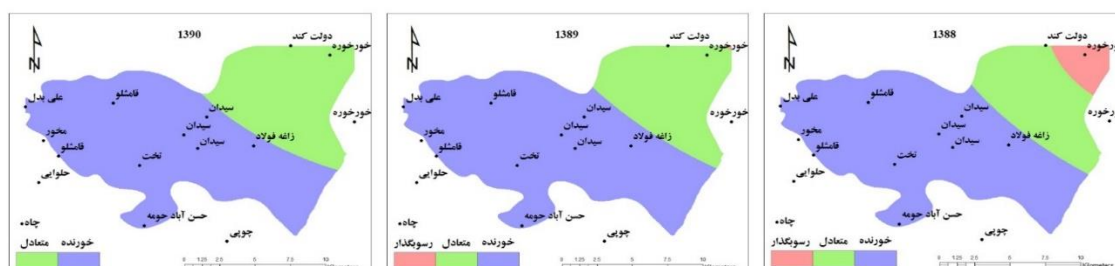
زیرزمینی به رسوب‌گذاری در بخش بیش‌تری از دشت مشاهده شده است. درنهایت شکل (۵) نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مهرماه دشت در بهترین وضعیت خود قرارگرفته و بخش مربوط به کیفیت خنثی آب زیرزمینی بیشترین مساحت را نسبت به سال‌های دیگر داشته و بخشی از شمال شرق دشت که دارای خاصیت رسوب‌گذاری بود به خاصیت خنثی تغییر کیفیت یافته است.

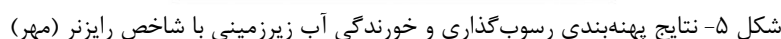
از دشت که دارای خاصیت رسوب‌گذاری بوده به حالت خنثی تغییر پیدا کرده است. همچنین آب زیرزمینی دشت در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با افت کیفیت روبرو بوده است، زیرا در خردادماه سال ۱۳۸۸ هیچ بخشی از دشت خاصیت رسوب‌گذاری نداشته و اما در مهرماه سال ۱۳۸۸، این کیفیت در آب زیرزمینی دشت مشاهده شده است. در ضمن، در سال ۱۳۹۲ نسبت به خردادماه کیفیت آب زیرزمینی تغییر زیادی نداشته و در سال ۱۳۹۳ تمایل آب



شکل ۴- نتایج پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خوردگی آب زیرزمینی با شاخص رایزنر (خرداد)

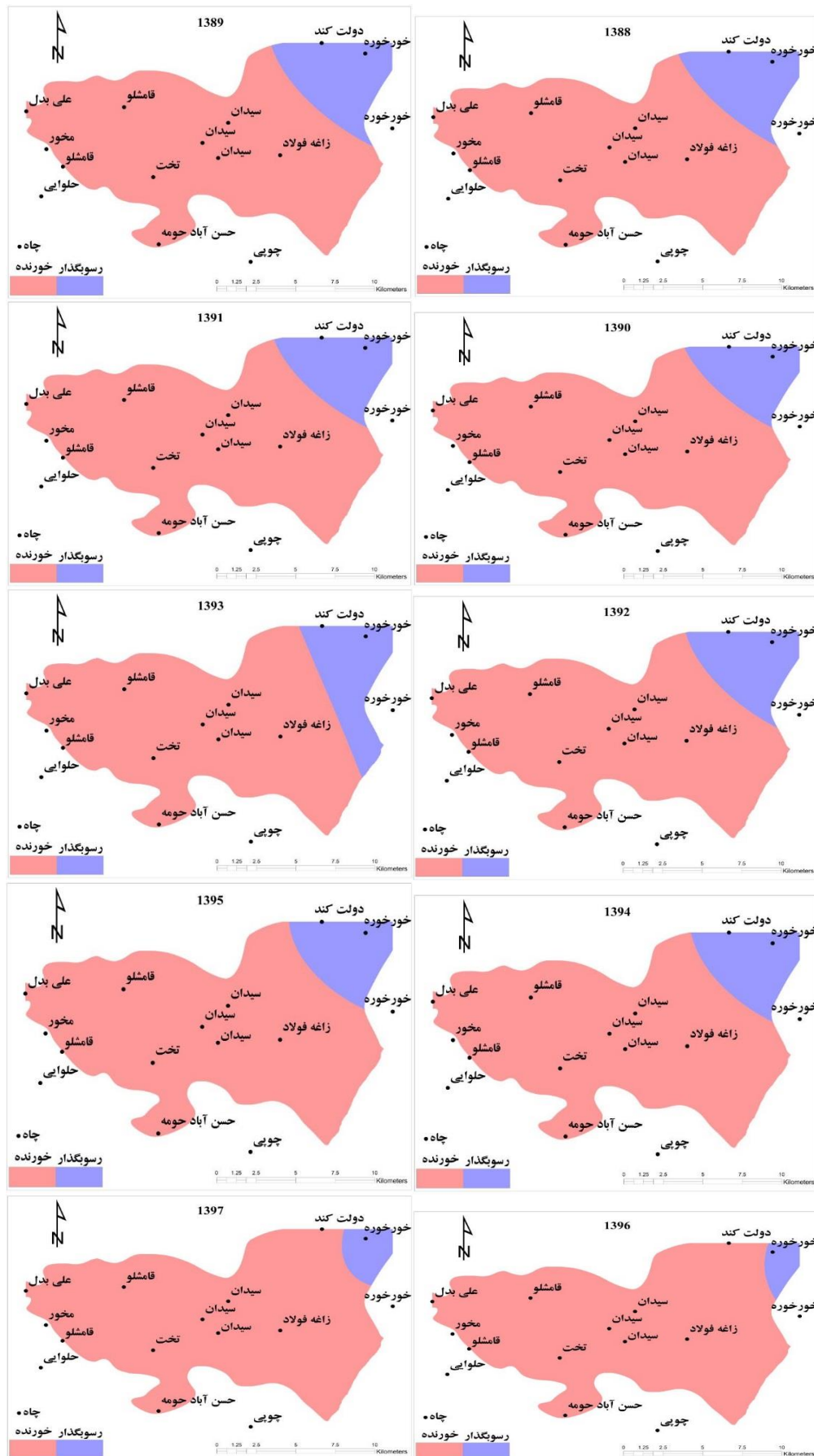
Fig. 4 Results of scaling and groundwater corrosion zoning with Ryznar index (June)





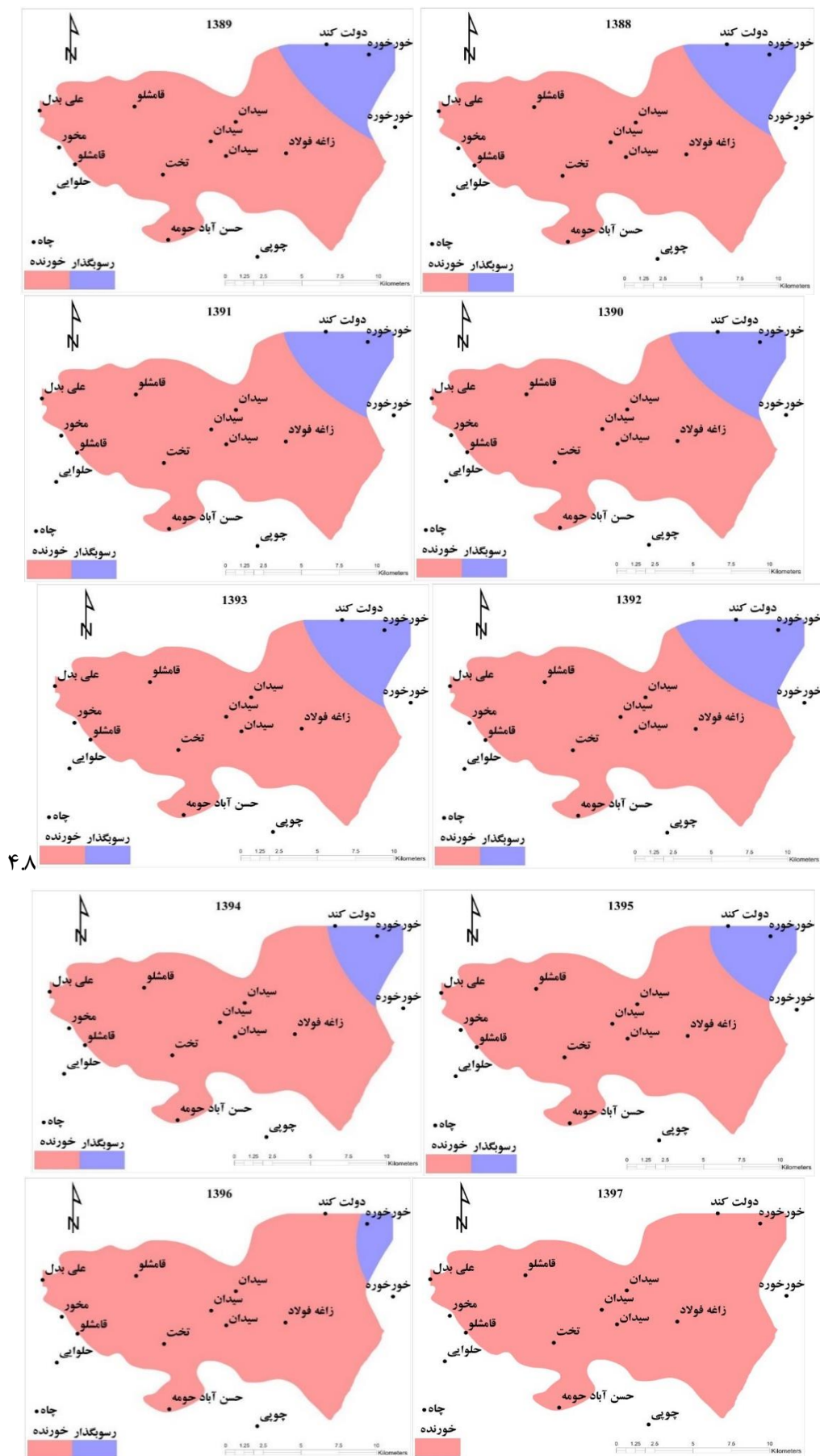
به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت که کیفیت آب زیرزمینی و خواص خورندگی و رسوب‌گذاری آن‌ها بستگی به بافت زمین‌شناسی و زمین زاد هر منطقه دارد. هرچند که بررسی‌ها نشانگر آن است که تمامی شاخص‌های موردنظر تقریباً نتایج یکسانی را برای کیفیت آب زیرزمینی دشت بیجار- دیواندره را نشان داده‌اند. همه نتایج حاکی از آن هستند که آب زیرزمینی بخش غربی دشت دارای خاصیت خورندگی بوده و از مرکز به‌طرف شرق دشت، خاصیت رسوب‌گذاری کم، خورندگی کم و یا متعادل و تا حدودی خنثی و بخشی از شرق و شمال شرقی دشت خاصیت رسوب‌گذاری را دارا می‌باشند. البته باید توجه داشت که به دلیل تقسیم‌بندی متفاوت هر شاخص، انواع کیفیت‌های موردنظر مساحت‌های متفاوتی را در بر گرفته‌اند.

همان‌گونه که شکل (۶) نشان می‌دهد، در تمامی سال‌های بررسی براساس شاخص پوکوریوس، توزیع مکانی پارامترهای تأثیرگذار بر ایجاد کیفیت خوردگی و رسوب‌گذاری در آب زیرزمینی دشت به‌گونه‌ای بوده که در خردادماه نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی دشت به دو گروه رسوب‌گذار در شمال شرقی و خورنده در بخش اعظم سایر نواحی، تقسیم شده است. نتایج پهنه‌بندی ارائه شده در شکل (۷) با استفاده از شاخص پوکوریوس در مهرماه نیز همان نتایج خردادماه را به دست داده است، با این تفاوت که در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۷ توزیع مکانی پارامترهای تأثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی دشت به‌گونه‌ای بوده که خاصیت رسوب‌گذاری آب زیرزمینی دشت کاهش‌یافته و در سال ۱۳۹۷ کیفیت آب زیرزمینی کل محدوده‌ی دشت دارای خاصیت خوردگی، شده است.



شکل ۶- پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خوردگی آب زیرزمینی با شاخص پوکوریوس (خرداد)

Fig. 6 Results of scaling and groundwater corrosion zoning with Pocorius index (June)



شکل ۷- پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خوردگی آب زیرزمینی با شاخص پوکوریوس (مهر)
Fig. 7 Results of scaling and groundwater corrosion zoning with Pocorius index in (October)

گزارش شدند (Rokhashmah et al. 2021).

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که:

۱- در قسمت‌های غربی دشت بیجار- دیواندره با خاصیت خوردندگی برای جلوگیری از این پدیده، استفاده از هوادهی برای حذف آهن و منگنز، حفاظت کاندی، آسترپوشی، لعاب‌کاری و رنگ‌کاری تأسیسات، استفاده از لوله‌های مقاوم در مقابل خوردندگی نظیر لوله‌های پلی‌اتیلنی و تنظیم pH آب با استفاده از آهک قابل توصیه می‌باشند.

۲- برای مناطق مرکزی به‌طرف شرق دشت با خاصیت رسوب‌گذاری آب و بروز تأثیرات نامطلوب بر کشاورزی، صنعت و سلامت اهالی منطقه، استفاده از مواد بازدارنده رسوب‌گذاری نظیر استفاده از ترکیبات فسفات و همچنین برداشت کمتر از منابع آب قابل توصیه هستند.

۳- شاخص رایزنر کیفیت آب بخشی از مرکز دشت را خنثی نشان داده است که در صورت انجام آزمایش‌های تکمیلی و اثبات موضوع، نیازی به استفاده از مواد بازدارنده جهت کنترل رسوب‌گذاری و خوردندگی نخواهد بود.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های تولیدشده در این پژوهش در متن مقاله ارائه شده است.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که، هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

- Alidadi, H., Tavakoli Sani, S. B., Zarif Gharaati Oftadeh, B., Tafaghodi, M., Shamszadeh, S. H., Fakhari, M., Navaei fezabady, A. A. and Yazdani, M. (2019). Corrosion and scaling potential in drinking water distribution system: a case study of Mashhad. J. Res. Environ. Health, 4 (4), 272-282. [In Persian]. DOI: [10.22038/jreh.2019.35801.1247](https://doi.org/10.22038/jreh.2019.35801.1247)
- Alipour, V., Dindarloo, K., Mahvi, A. and Rezaei, L. (2015). Evaluation of corrosion and scaling tendency indices in a drinking

در بررسی خواص رسوب‌گذاری و خوردندگی، از آنجاکه در شاخص رایزنر گروه‌های بیش‌تری جهت کیفیت آب زیرزمینی تعریف شده‌اند، لذا از دقت بالاتری نیز برخوردار می‌باشند. ضمناً تاکنون بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت بیجار- دیواندره موردپژوهش و تجزیه‌وتحلیل قرار نگرفته است، بنابراین امکان مقایسه و تحلیل آن با نتایج سایر محققان امکان‌پذیر نمی‌باشد. در تأیید نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های بکار برده شده در این پژوهش مطالعات زیادی در اقصی نقاط کشور به انجام رسیده است. آب شهر کوهدشت با استفاده از شاخص‌های لانژلیه و رایزنر خوردنده تشخیص داده شد و توصیه‌هایی جهت کنترل pH آن صورت پذیرفت (Ebrahim et al. 2012). خوردندگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر تبریز با استفاده از شاخص‌های لانژلیه، رایزنر و پورکورپوس نشان داده است که آب موردنظر دارای خاصیت خوردندگی می‌باشد (Taghipour et al. 2012). منابع آب روستاهای شهرستان قم با استفاده از شاخص‌های لانژلیه، رایزنر و پورکورپوس و شاخص خوردندگی حاکی از خوردنده بودن کلیه منابع آب موردبررسی بوده است (Rezaei et al. 2013). بررسی رسوب‌گذاری و خوردندگی آب زیرزمینی شهر ساری با نگرش کاربری صنعتی، شهری و کشاورزی براساس شاخص لانژلیه نشانگر خاصیت رسوب‌گذاری آب منطقه بوده است. نتایج به‌دست‌آمده نشانگر این موضوع بوده که میزان رسوب‌گذاری در محدوده مرکز منطقه موردنظر دارای بیشترین مقدار بوده است (Ehsaney et al. 2013). بررسی آب منطقه رفسنجان با استفاده از شاخص‌های لانژلیه، پورکورپوس رایزنر و ته‌اجمی، رسوب‌گذار گزارش شده است (Malakootian et al. 2014). در بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت شمال قوچان (خراسان رضوی) براساس شاخص لانژلیه ۸۲/۳۵٪ از نمونه‌ها رسوب‌گذار و ۱۷/۶۵٪ از آن‌ها خوردنده تشخیص و

- water distribution system: a case study of Bandar Abbas city, Iran. J Water Health, 13(1), 203-209. DOI: [10.2166/wh.2014.157](https://doi.org/10.2166/wh.2014.157)
- Asgary, H. (1998). Prevent corrosion and deposition of hard water supply networks. Sixth National Congress on Environmental Health1, Tehran, Iran Medical Sciences University, p: 3-9 [In Persian].
- Ebrahimi, A., Kamarehie, B., Asgari, G., Mohammadi, A. S. and Roshanaei G. (2012).

- Drinking water corrosivity and sediment in the distribution network of Kuhdasht, Iran. *Res. Health Syst*; 8(3), 479-86. 9 [In Persian].
- Ehsaney, S., Salehpour, M., Ehsaney, A. H. and Abassy, P. (2013). Investigation of salinity, sedimentation and corrosion potential of groundwater in Sari with industrial, urban and agricultural use. *J. Human Environ.*, (24), 20-30. [In Persian].
- Ghamarnia, H. and Roshandel, F. (2019). Assessment of Groundwater Quality in Chardoley Plain Located in Kurdistan Province. *J. Water Resour. Eng.*, 12(41), 145-160. [In Persian]. DOI: [20.1001.1.20086377.1398.12.41.11.9](https://doi.org/10.1001.1.20086377.1398.12.41.11.9)
- Ghanizadeh, G. and Ghaneian, M. T. (2009). Corrosion and precipitation potential of drinking water distribution system in military centers. *J. Milit. Med.*, 11(3), 25-9 [In Persian].
- Hanafi, A. and Hatami, I. (2013). Producing climate map for Kurdistan Province using information technology system. *J. Sci. Res. Quart. Geogra. Data (Sepehr)*, 88 (22), 24-28 [In Persian].
- Honarbakhsh, A. and Souri, M. M. (2018). Ostovari Y. Qualitative Assessment and Mapping of Corrosion and Sedimentation Potential of Marvdasht Groundwater. *J. Environ. Water Eng.*, 4(3), 229-240. [In Persian].
- Hoseinsarbazy, A. and Esmaili, K. (2014). Investigation of Groundwater Resource Quality change on agriculture and technology (Case study: The Plain of Neyshabour). *Iran. J. Irrig. Drain.*, 1(8), 74-85. [In Persian].
- Karbassi, A. R. and Nabi Bidhendi, G. R. (2000). Corrosion in water distribution system and drinking water quality. *J. Mohit Shenasi.*, 17, 24- 33 [in Persian].
- Khorsandi, H. and Mohammadi, A. (2015). Evaluation of corrosion and scaling potential in rural water distribution network of Urmia, Iran. *Desal. Water Treat.*, 57(23), 1-8. DOI: [10.1080/19443994.2015.1042058](https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1042058)
- Lauer, W. (2003). Introduction to water treatment: principles and practices of water supply operations, AWWA Press.
- Malakootian, M., Mobini, M. and Sharife, I. (2014). Evaluation of corrosion and scaling potential of wells drinking water and aqueducts in rural areas adjacent to Rafsanjan Fault during October to December 2013. *J. Rafsanjan Univ. Med. Sci.*, 13(3), 293-304.
- Mirzabeygi, M., Naji, M., Abbasnia, A., Javad Salimi, J. and Mahvi, A.H. (2015). Evaluation of Corrosion and Scaling Potential in Water Distribution System of Torbat Heydariyeh City. *J. Torbat Heydariyeh Univ. Med. Sci.*, 3(1), 8- 15. [In Persian].
- Nanbakhsh, H. (2003). Chemical and microbial quality of drinking water sources Urmia in 1379. *Urumia Medical journal.*, 11(6), 41-50 [In Persian].
- Rezaei Kalantari, R., Yarib A. R., Ahmadi, E., Azaric, A, Tahmasbi Zade, M. and Gharagazlo, F. (2013). Survey of corrosion and scaling potential in drinking water resources of the villages in Qom province by use of four stability indexes (With Quantitative and qualitative analysis). *Arch. Hygiene Sci.*, 2(4), 127-134.
- Rokhashmah, N., Mahmudy Gharaie, M. H., Mahboubi, A. and Moussavi Harami, R. (2021). Assessment of groundwater quality in North Quchan plain (Khorasan Razavi Province); implication for drinking and industrial usage. *Sci. Quart. J. Geosci.*, 31(1), 119, 85-97. [In Persian].
- Safavi Gerdini, M., Mohammadrezapour, O., Bahrami, E., Mohamadi Sedigh, M. and Salarijazi, M. (2018). Geostatistical Assessment of spatial and temporal variations of ground water quality parameters in Qorveh and Dehgolan South Plain., 9(33), 167-183. [In Persian].
- Setare, P. and Ahmadi, E. (2011). Analysis of the chemical quality of groundwater resources using software Aq.Qa (prairie Songhor village of Kermanshah). Fourth Conference on Environmental Health., Yazd, p:123-9 [In Persian].
- Shahmansoori, M., Pourmoghadas, H. and Shams, G. (2008). Survey of micro pollutant of pipes corrosion in the water distribution system. *J. Res. Med. Sci.*, 8(2), 1-7 [In Persian].
- Świetlik, J., Raczyk-Stanisławiak, U., Piszora P. and Nawrocki, J. (2012). Corrosion in drinking water pipes: The importance of green rusts, *Water Res.*, 46(1), 1-10.

- DOI: [10.1016/j.watres.2011.10.006](https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.10.006)
- Taghipour, H., Shakerkhatibi, M., Pourakbar, M. and Belvasi, M. (2012). Corrosion and scaling potential in drinking water distribution system of Tabriz, northwestern Iran, Health promotion perspectives., 2(1), 103-111. DOI: [10.5681/hpp.2012.013](https://doi.org/10.5681/hpp.2012.013)
- Viessman, W. and Hammer, M. (2008). Water Supply and Pollution Control. Edt, New York, Prentice Hall Press.

How to cite this paper:

Ghamarnia, H. and Enayati Hosseini, S. S. (2023). Scaling and corrosion quality zoning of groundwaters in Bijar-Divandere Plain, Kurdistan Province. Environ. Water Eng., 9(1), 45–60. DOI: [10.22034/jewe.2022.322892.1707](https://doi.org/10.22034/jewe.2022.322892.1707)
