

## Effect of Ionic Species on Drinking Water's Corrosion and Scaling Potential of Rural Water Distribution Network in Different Climate Zones of Kermanshah Province, Iran

Zahra Eskandari<sup>1</sup>, Akram Fatemi<sup>1\*</sup>, Mahboubeh Zarabi<sup>2</sup>, Mohammad Bagher Gholivand<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Soil Science, Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran.

<sup>2</sup> Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran.

<sup>3</sup> Department of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran.

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received 16 February 2026

Revised 19 March 2026

Accepted 25 March 2026

Published online 22 June 2026

#### Keywords:

Langelier Saturation Index

Ryznar Stability Index

Puckorius Scaling Index

Aggressive Index

Larson-Skold Index

### ABSTRACT

**Objective:** Corrosion can damage pipelines and release harmful substances into drinking water, thereby reducing water quality. Various factors influence water corrosivity, including water chemistry (pH, alkalinity, dissolved oxygen, and total dissolved solids), hydraulic conditions (such as temperature and flow velocity), surrounding environmental conditions (soil), climate, and pipe material. This study aimed to investigate the effects of water type and ionic speciation on the corrosion and scaling potential of drinking water in rural distribution networks across different climatic zones of Kermanshah Province, Iran, during 1999–2018.

**Methods:** Water quality data from rural areas in five climatic zones—cold semi-dry, warm semi-dry, warm and dry, cold Mediterranean, and moderate humid—were used to calculate the most common corrosion and scaling indices. These included the Langelier Saturation Index (LSI), Ryznar Stability Index (RSI), Aggressive Index (AI), Puckorius Scaling Index (PSI), and Larson–Skold Index (L-SI). Water type and ionic speciation were determined using AqQA and Visual MINTEQ software, respectively.

**Results:** Although the Piper diagram showed that the water type in all climatic zones was similar (calcium–bicarbonate,  $\text{Ca-HCO}_3$ ), the corrosion and scaling indices, as well as ionic speciation, showed significant differences among the studied climatic zones ( $p < 0.001$ ). In the warm semi-dry climate, LSI and AI values were higher, whereas RSI and PSI values were lower than in the other climatic zones. In the moderate humid climate, the lowest LSI and AI values and the highest RSI and PSI values were observed. Ionic speciation analysis showed that calcium and magnesium were predominantly present as free ionic species, followed by complexes with sulfate and bicarbonate.

**Conclusions:** Lower corrosion potential and higher scaling tendency in warm and dry and warm semi-dry climates were attributed to the higher proportion of free calcium and magnesium ions in these climates. Consequently, water in the moderate humid climate exhibited greater corrosion potential than water in the other climatic zones.

\*Corresponding author, Email: [a.fatemi@razi.ac.ir](mailto:a.fatemi@razi.ac.ir)

**Cite this article:** Eskandari, Z., Fatemi, A., Zarabi, M., & Gholivand, M.B. (2026). Effect of ionic species on the corrosion and scaling potential of rural water distribution network in different climate zones of Kermanshah province, Iran. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 5(2), 47-64.

<http://doi.org/10.22034/nawee.2025.554328.1173>.



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/00000000000000000000>

Publisher: Gonbad Kavous University.

## **Introduction**

Water availability and water quality are globally important issues that directly affect public health. Access to clean and safe drinking water is essential for maintaining a healthy community. One of the major challenges confronting the world in the 21st century is water scarcity. Water is a critical resource subject to increasing demand and increasingly stringent quality standards worldwide. Demand for safe and clean water continues to rise due to population growth. Furthermore, water demand in agricultural and industrial sectors is also increasing.

In addition to water scarcity, water quality deterioration has become a major concern. Therefore, identifying the factors affecting water quality in water distribution networks and industrial systems is essential. Water corrosivity is a major challenge in water distribution networks. Corrosive water can damage pipelines, causing pipe deterioration and allowing dissolved materials to enter the water, thereby reducing water quality. Corrosive water may also dissolve heavy metals, resulting in unsafe concentrations of lead, cadmium, copper, and chromium in water distribution systems. Pipeline corrosion is among the most common challenges faced by water utility operators.

Water quality is also affected by scaling. Water with scaling potential can cause deposit formation inside pipes, reducing the effective internal diameter and consequently decreasing flow capacity. Several factors influence water corrosion and scaling potential, including water chemical properties (pH, alkalinity, dissolved oxygen, and total dissolved solids [TDS]), hydraulic properties (such as water temperature and flow velocity), surrounding environmental conditions (including soil and climate), and pipeline material.

Globally, these phenomena are more prevalent in warm climatic zones than in humid ones. This study aimed to investigate the effects of water type and ionic speciation on the corrosion and scaling potential of rural water distribution networks across different climatic zones of Kermanshah Province, western Iran, during the study period.

## **Methods**

Datasets on the physicochemical characteristics of water from stations located in five distinct climatic zones were obtained from the relevant water authority. The climatic zones included cold semi-dry, warm semi-dry, warm and dry, cold Mediterranean, and moderate humid climates.

Corrosion and scaling tendencies were assessed using common indices, including the Langelier Saturation Index (LSI), Ryznar Stability Index (RSI), Puckorius Scaling Index (PSI), Aggressive Index (AI), and Larson–Skold Index (L-SI). Water type and ionic speciation were determined using AqQA and Visual MINTEQ, respectively. Statistical analysis was performed using ANOVA to compare mean values among climatic zones.

## **Results**

Across all climatic zones studied, the dominant water type was calcium–bicarbonate ( $\text{Ca-HCO}_3$ ). Although water type was consistent across climatic zones, significant differences ( $p < 0.001$ ) were observed in corrosion and scaling potential, as well as ionic speciation.

In the warm semi-dry climate zone, LSI and AI values were higher, whereas RSI and PSI values were lower than those in the other zones. In contrast, the moderate humid climate zone showed the lowest LSI and AI values and the highest RSI and PSI values.

Speciation analysis revealed that calcium (Ca) and magnesium (Mg) were predominantly present as free ionic species, followed by complexes with sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) and bicarbonate ions.

### **Conclusions**

Ionic speciation analysis provides valuable insight into the corrosion and scaling behavior of water across different climatic zones. In warm and dry climatic zones, including semi-dry regions, water exhibited lower corrosivity but greater scaling tendency than in other climatic zones. This was attributed to higher concentrations of free Ca and Mg ions.

Conversely, in the moderate humid climate zone, corrosive ions such as sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) and chloride ( $\text{Cl}^-$ ) were more prevalent as free species, resulting in greater corrosion potential than in the other climatic zones.

### **Author Contributions**

Conceptualization, methodology, software, validation, formal analysis, investigation, and resources: Akram Fatemi. Data collection and writing—original draft preparation: Zahra Eskandari. Supervision and review: Mahboubeh Zarabi and Mohammad Bagher Gholivand.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript. All authors contributed equally to the conceptualization of the study and to the preparation and revision of the manuscript.

### **Author Contributions**

Conceptualization, methodology, software, validation, , and formal analysis, investigation, resources, Akram Fatemi; data collection and writing—original draft preparation of manuscript, Zahra Eskandari; Supervision and review, Mahboubeh Zarabi; Supervision and review, Mohammad Bagher Gholivand. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript. All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

### **Data Availability Statement**

Data available on request from the authors.

### **Acknowledgements**

The authors would like to thank all participants in the present study.

### **Funding**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

### **Conflict of Interest**

The authors declare no conflict of interest.

### **Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process**

The authors confirm that no generative AI tools were used at any stage of the research.



## اثر گونه‌های یونی بر پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی شبکه توزیع آب روستایی اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه، ایران

زهرا اسکندری<sup>۱</sup>، اکرم فاطمی<sup>۱\*</sup>، محبوبه ضرابی<sup>۲</sup>، محمد باقر قلیوند<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>گروه آموزشی علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

<sup>۲</sup>گروه آموزشی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

<sup>۳</sup>گروه آموزشی گروه شیمی تجزیه، دانشکده شیمی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

| اطلاعات مقاله             | چکیده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| نوع مقاله:                | هدف: از فاکتورهای مختلفی که بر خوردگی آب تاثیر می‌گذارند می‌توان به عواملی همچون ویژگیهای شیمیایی آب (pH، قلیائیت، میزان اکسیژن محلول و کل جامدات محلول (TDS) و ویژگیهای جریان هیدرولیکی (مانند دما و سرعت آب)؛ محیط اطراف (خاک) و شرایط اقلیمی و در نهایت به جنس لوله اشاره نمود. بر اساس مقیاس جهانی پتانسیل خوردگی آب در اقلیم‌های خشک کمتر از اقلیم‌های مرطوب است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر نوع آب و گونه‌های یون‌های موجود در آب بر پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی شبکه توزیع روستایی در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۷۸ بود.                                                                       |
| مقاله پژوهشی              | <b>مواد و روش‌ها:</b> اطلاعات آب مناطق مناطق روستایی در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک گرم، خشک و گرم، مدیترانه‌ای سرد، و نیمه‌مرطوب معتدل برای محاسبه متداول‌ترین شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب-گذاری آب مورد استفاده قرار گرفتند. شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شامل شاخص اشباع لانزلیه (LSI)، شاخص پایداری رایزنر (RSI)، شاخص تهاجمی (AI)، شاخص پوکوریوس (PSI) و شاخص لارسون-اسکولد (L-SI) محاسبه شدند. نوع آب و گونه‌بندی یون‌های موجود در آب به ترتیب با نرم‌افزارهای AqQa و Visual MINTEQ تعیین شد.                                                                                                                  |
| تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۷  | <b>نتایج و بحث:</b> اگرچه براساس نمودار پایپر، نوع آب در تمامی مناطق اقلیمی مورد مطالعه یکسان (کلسیمی-بی‌کربناتی) تعیین شد، شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب همچنین گونه‌های یون‌های موجود در نمونه‌های آب بین اقلیم‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری ( $p < 0.001$ ) نشان دادند. در اقلیم نیمه‌خشک گرم شاخص‌های LSI و AI بیشتر و شاخص‌های RSI و PSI کمتر از سایر اقلیم‌ها بود. در اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل، کمترین مقدار شاخص‌های LSI و AI و بیشترین مقدار شاخص‌های RSI و PSI نسبت به سایر اقلیم‌ها به دست آمد. براساس گونه‌بندی یون‌ها در آب، کلسیم و منیزیم بیشتر به‌صورت گونه آزاد و سپس ترکیب با سولفات و بی‌کربنات حضور داشتند. |
| تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۲۸ | <b>نتیجه‌گیری:</b> پتانسیل خوردگی کمتر و رسوب‌گذار بودن بیشتر آب در اقلیم‌های خشک و گرم و نیمه‌خشک گرم نسبت سایر اقلیم‌ها به دلیل درصد گونه‌های آزاد بیشتر یون‌های کلسیم و منیزیم در این دو اقلیم بود. در مقابل، درصد گونه‌های آزاد یون‌های خورنده سولفات و کلراید در اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل بیشتر از سایر اقلیم‌ها بود. به همین دلیل پتانسیل خوردگی آب در اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل بیشتر از سایر اقلیم‌ها به دست آمد.                                                                                                                                                                                                                       |
| تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۰۵   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| کلیدواژه‌ها:              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| شاخص اشباع لانزلیه        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| شاخص پایداری رایزنر       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| شاخص تهاجمی               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| شاخص پوکوریوس             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| شاخص لارسون-اسکولد        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

\* نویسنده مسئول، رایانامه: [a.fatemi@razi.ac.ir](mailto:a.fatemi@razi.ac.ir)

**استناد:** اسکندری، زهرا؛ فاطمی، اکرم؛ ضرابی، محبوبه؛ و قلیوند، محمد باقر (۱۴۰۵). اثر گونه‌های یونی و پتانسیل خوردگی و رسوب آب آشامیدنی شبکه توزیع آب روستایی اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه، ایران. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۵ (۲)، ۶۴-۴۷.

<http://doi.org/10.22034/nawee.2025.554328.1173>



## مقدمه

آب منبع طبیعی اساسی است که از حیات، اکوسیستم‌ها و جامعه بشری پشتیبانی می‌کند (Yang et al, 2021). منابع آب نقش کلیدی در حفظ کیفیت محیط زیست و حمایت از پایداری اجتماعی-اقتصادی ایفا می‌کنند (Zhu and Cao, 2024). منابع آب بر فعالیت‌های تولیدی در بخش کشاورزی، صنعت، مصرف خانگی و اکوسیستم‌ها همچنین بر امنیت غذایی، معیشت و عملکرد اکوسیستم‌ها تأثیر وسیعی دارند. در مناطق کم‌آب، منابع آبی به‌عنوان عوامل محدودکننده توسعه آینده کشاورزی و صنعت عمل می‌کنند (Zhu and Cao, 2024). از سوی دیگر، با توجه به نوع مصرف آب، کیفیت آب به اندازه کمیت آن نیز اهمیت می‌یابد (Esmaeili-Vardanjani et al, 2015). پدیده‌های خوردگی و رسوب‌گذاری بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند (Eslami et al, 2022). پتانسیل رسوب‌گذاری و خوردگی یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی کیفیت آب است (Sajil Kumar, 2019). تمایل آب به خوردگی و رسوب‌گذاری با بررسی پایداری آب مشخص می‌گردد. آب پایدار تمایل به خوردگی و رسوب‌گذاری خیلی کمی دارد (Świetlik et al, 2012). به کار بردن شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب روشی غیرمستقیم در تشخیص و اندازه‌گیری تمایل آب به خوردگی و رسوب‌گذاری می‌باشد. متداول‌ترین آنها شامل شاخص اشباع لانژلیه (LSI)<sup>۱</sup>، شاخص پایداری رایزنر (RSI)<sup>۲</sup>، شاخص تهاجمی (AI)<sup>۳</sup>، شاخص پوکوریوس (PSI)<sup>۴</sup> و شاخص لارسون-اسکولد (L-SI)<sup>۵</sup> می‌باشد (Aghazadeh et al, 2017). با بهره‌گیری همزمان از چند شاخص خوردگی می‌توان وضعیت تعادل آب را برای انجام اقدامات کنترلی با اطمینان بیشتری ارائه داد (Vairavamoorthy et al, 2007). فاکتورهای زیادی بر خوردگی آب مؤثرند که از میان آن‌ها می‌توان به خصوصیات شیمیایی آب مانند: pH، قلیائیت، غلظت اکسیژن محلول و کل جامدات محلول (TDS)، خصوصیات جریان هیدرولیکی مانند دما و سرعت آب، خاک، شرایط اقلیمی و همچنین جنس لوله اشاره کرد (Abbasnia et al, 2018). نتایج بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری با استفاده از شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب اشاره شده در بالا، نشان داده که در مناطق مختلف کشور در بسیاری مناطق آب خورنده است. برای مثال، می‌توان به نتایج پژوهش‌های انجام شده در خصوص پتانسیل خوردگی و پتانسیل آب آشامیدنی شهرستان ورامین و تمایل به خوردگی آب (مهماندوست و همکاران، ۱۳۹۷) و شبکه توزیع آب شهر کرمانشاه در سال ۲۰۱۸ (Nayeria et al, 2019)، مراکز نظامی مستقر در حوزه‌های آبریز مختلف کشور (غنی‌زاده و قانعیان، ۱۴۰۱) اشاره کرد. صالحی سروک و همکاران، (۱۴۰۰) خوردگی کم تا متوسط را برای منابع تأمین و توزیع آب شرب شهر سوق در استان کهگیلویه و بویراحمد گزارش کردند. بر اساس یافته‌های رضوانی، محمدپور و اسداللهی، (۱۴۰۳)، آب شرب شهر اسفدن بر اساس شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری مورد مطالعه، در بازه زمانی مورد مطالعه در وضعیتی نسبتاً خورنده قرار داشته است (رضوانی، محمدپور و اسداللهی، ۱۴۰۳). هنربخش، استواری و موسوی، (۱۴۰۰) با محاسبه شاخص‌های لانژلیه و رایزنر، به ترتیب پتانسیل رسوب‌گذاری کم تا متوسط و پتانسیل خوردگی پایینی را در آبخوان دشت مرودشت-خرامه گزارش کردند (هنربخش، استواری و موسوی، ۱۴۰۰). قره محمودلو و شیرزادینیا، (۱۴۰۲) نسبت خوردگی<sup>۶</sup> را تنها برای دو نمونه مربوط به چشمه‌های بخش شرقی دشت گرگان بیش از یک و گزارش کردند که آب این دو چشمه خورنده بود. پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شبکه توزیع آب مناطق روستایی اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه (نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک گرم، خشک و گرم، مدیترانه‌ای سرد، و نیمه‌مرطوب معتدل) تمایل به خوردگی در آب استان کرمانشاه گزارش شد (Fatemi et al, 2022). پارامتر کیفی دیگر، رسوب‌گذاری آب می‌باشد که فرآیندی چندفازی است و زمانی اتفاق می‌افتد که آب توسط کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم اشباع گردد (Mirzabeygi et al, 2017). یافته‌های علیدادی و همکاران، (۱۳۹۷) نشان داد که بر اساس شاخص تهاجمی، ۹۷ درصد از کل نقاط سطح شهر مشهد در سال ۱۳۹۶ رسوب‌گذار بودند (علیدادی و همکاران، ۱۳۹۷). وضعیت آب شبکه توزیع آب شهر سمنان

<sup>1</sup>. Langelier Saturation Index

<sup>2</sup>. Rayzner Stability Index

<sup>3</sup>. Aggressive Index

<sup>4</sup>. Porskurious Scaling Index

<sup>5</sup>. Larson-Skold Index

<sup>6</sup>. Corrosion Ratio

بر اساس شاخص لانژلیه رسوب‌گذار و دلیل آن بالا بودن میزان سختی در آب و رسوب تشکیل یافته در شبکه توزیع گزارش شده است (جهانگیری‌راد و رفیعی، ۱۴۰۰).

اساساً معیارهای کیفیت آب بر اساس اندازه‌گیری غلظت یون و مقدار آزاد سازی فلزات سنگین به داخل محیط آبی تعریف می‌شود که تهدید جدی برای محیط زیست و بهداشت عمومی به دلیل انباشت و پایداری آن در زنجیره غذایی ایجاد کرده است (Umoren and Onianwa, 2012). یون‌ها در آب در انواع مختلفی از گونه‌های<sup>۱</sup> خود وجود دارند، که نوع گونه بر محلول بودن مواد معدنی، رفتار جذب و واجذب و توانایی فراهمی زیستی تأثیرگذار است (Ekwere and Edet, 2012). رفتار شیمیایی یون‌ها و گونه‌های آنها در سیستم آبی به غلظت و توانایی آنها در انجام واکنش با یون‌های دیگر دارد (Organization, 2008). آگاهی از گونه‌بندی یا شکل‌های شیمیایی یون‌های آزاد و کمپلکس شده در محلول از دیدگاه شیمی محیط زیست اهمیت دارند، زیرا این گونه‌ها اطلاعاتی در مورد تحرک و در نتیجه در دسترس بودن فلز و سمیت بالقوه آنها ارائه می‌دهند (Avilés et al, 2006). مدل‌های مختلف گونه‌بندی برای تعریف توزیع پایدار گونه‌ها در سیستم و تعیین حالت‌های اشباع مواد معدنی استفاده می‌شود (Grover, 2016). مدل‌های گونه‌بندی با تجزیه و تحلیل ترکیب شیمیایی آب، توزیع گونه‌های آبی را با استفاده از یونیزاسیون و محاسبه می‌کند که یون باید حل شود یا رسوب کند. همچنین این مدل‌ها توزیع گونه‌ها را در محلول نشان می‌دهند (Zhang et al, 2010, Tepavitcharova et al, 2011).

همان‌گونه که در مرور ادبیات اشاره گردید از عوامل مؤثر بر پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب، اقلیم می‌باشد. Fatemi و همکاران، (۲۰۲۲) گزارش کردند که شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب آب آشامیدنی شبکه توزیع آب مناطق روستایی (شامل  $AI$ ,  $PSI$ ,  $RSI$ ,  $LSI$  و  $L-SI$ ) بین اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه اختلاف داشتند. این پژوهش باهدف بررسی تأثیر نوع آب و گونه‌های شیمیایی یون‌های موجود بر پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی شبکه توزیع آب اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

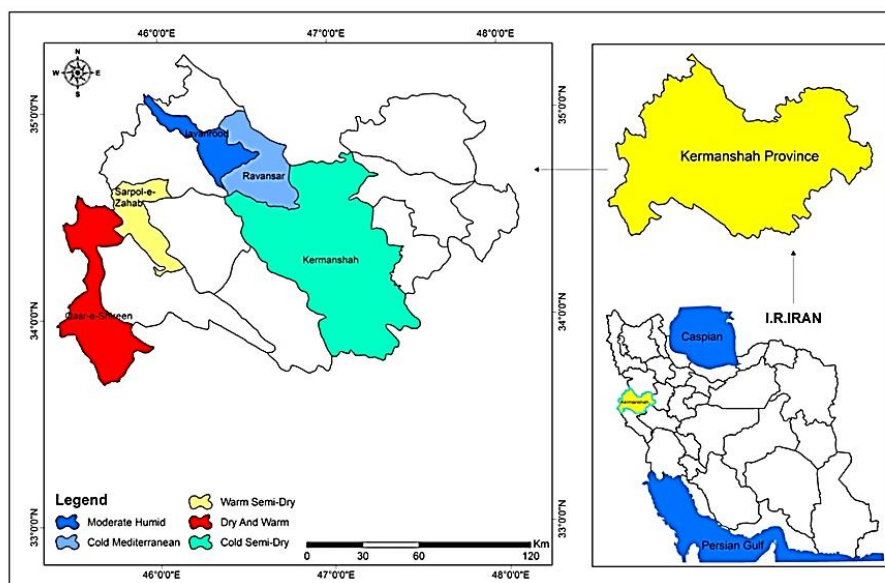
### منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه در محدوده  $33^{\circ}40'$  و  $35^{\circ}18'$  عرض شمالی و  $45^{\circ}24'$  و  $48^{\circ}07'$  طول شرقی با مساحتی در حدود  $25045$  کیلومتر مربع، دارای مناطق اقلیمی متنوعی می‌باشد. استان کرمانشاه براساس روش دومارتن دارای اقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک سرد، مدیترانه‌ای سرد، خشک و گرم، مرطوب معتدل، نیمه‌مرطوب معتدل است. در این مطالعه، شهرستان‌های کرمانشاه، سرپل ذهاب، قصرشیرین، روانسر و جوانرود به ترتیب با شرایط اقلیمی نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک گرم، خشک و گرم، مدیترانه‌ای سرد، و نیمه‌مرطوب معتدل برای نمونه برداری انتخاب شدند. موقعیت جغرافیایی نمونه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.

### مجموعه داده

اطلاعات آب مناطق روستایی در شهرستان‌های مورد مطالعه در این تحقیق از اداره آب و فاضلاب روستایی استان کرمانشاه تهیه شد. اطلاعات آب شامل  $pH$ ، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، دما، قلیائیت کل، سختی، غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب در بازه زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ جمع‌آوری شده بودند (جدول ۱). این پارامترها در آزمایشگاه کنترل کیفی اداره آب و فاضلاب با استفاده از دستگاه‌های مجهز و توسط کارشناسان مجرب و بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و بایگانی می‌شوند.

<sup>۱</sup>. Species



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه در استان کرمانشاه، ایران

جدول ۱- خلاصه آماری پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده آب در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه (بر اساس اطلاعات آزمایشگاه اداره آب و فاضلاب روستایی استان کرمانشاه)

| موقعیت و اقلیم منطقه نمونه‌برداری | شاخص آماری | هدایت الکتریکی $\mu\text{mho cm}^{-1}$ | pH   | جامدات محلول $\text{mg L}^{-1}$ | کل (T) $^{\circ}\text{C}$ | قلیائیت کل $\text{mg L}^{-1}$ | سختی $\text{mg L}^{-1}$ | کربنات $\text{meq L}^{-1}$ | بی‌کربنات $\text{meq L}^{-1}$ | کلراید $\text{meq L}^{-1}$ | سولفات $\text{meq L}^{-1}$ |
|-----------------------------------|------------|----------------------------------------|------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| کرمانشاه<br>نیمه‌خشک سرد          | میانگین    | ۳۱۹/۰۰                                 | ۷/۷۰ | ۲۲۸/۶۸                          | ۲۲/۶                      | ۱۹۹/۴۸                        | ۲۰۲/۹۰                  | ۰/۰۲                       | ۳/۲۷                          | ۰/۱۵                       | ۰/۱۳                       |
|                                   | حداقل      | ۳۴۸/۰۰                                 | ۷/۰۰ | ۲۲۰/۰۰                          | ۱۷/۰۰                     | ۱۷۸/۰۰                        | ۱۶۸/۰۰                  | ۰/۰۰                       | ۲/۹۶                          | ۰/۰۱                       | ۰/۰۵                       |
|                                   | حداکثر     | ۳۷۱/۰۰                                 | ۸/۳۰ | ۲۲۸/۷۴                          | ۲۵/۴۰                     | ۲۶/۰۰                         | ۲۰۴/۰۰                  | ۰/۰۵                       | ۴/۰۸                          | ۰/۹۴                       | ۰/۱۶                       |
|                                   | SD         | ۱۱۵/۰۰                                 | ۰/۲۹ | ۲۵/۹۸                           | ۲/۰۴                      | ۱۵/۲۶                         | ۲۵/۴۳                   | ۰/۰۱                       | ۰/۲۵                          | ۰/۱۶                       | ۰/۰۳                       |
| سرپل ذهاب<br>نیمه‌خشک گرم         | میانگین    | ۵۸۸/۹۷                                 | ۷/۵۹ | ۳۶۸/۱۹                          | ۲۱/۲۴                     | ۲۷۱/۹۷                        | ۳۰۵/۱۰                  | ۰/۰۱                       | ۴/۳۴                          | ۰/۲۷                       | ۰/۳۳                       |
|                                   | حداقل      | ۴۹۹/۰۰                                 | ۷/۲۰ | ۲۸۸/۳۰                          | ۱۲/۷۰                     | ۱۴۰/۰۰                        | ۲۰۸/۰۰                  | ۰/۰۰                       | ۲/۲۰                          | ۰/۱۵                       | ۰/۲۱                       |
|                                   | حداکثر     | ۷۱۲/۰۰                                 | ۸/۱۰ | ۴۴۱/۳۰                          | ۲۷/۹۰                     | ۳۲۳/۰۰                        | ۳۸۴/۰۰                  | ۰/۱۴                       | ۶/۰۹                          | ۰/۷۱                       | ۰/۶۱                       |
|                                   | SD         | ۵۵/۷۸                                  | ۰/۱۸ | ۳۹/۷۵                           | ۴/۲۵                      | ۴۰/۲۵                         | ۴۰/۱۸                   | ۰/۰۲                       | ۱/۰۴                          | ۰/۱۳                       | ۰/۱۲                       |
| قصرشیرین<br>خشک و گرم             | میانگین    | ۴۷۶/۱۶                                 | ۷/۷۰ | ۲۹۵/۶۳                          | ۱۹/۲۸                     | ۲۴۷/۱۶                        | ۲۶۴/۸۳                  | ۰/۰۲                       | ۴/۰۲                          | ۰/۱۷                       | ۰/۱۹                       |
|                                   | حداقل      | ۴۶۷/۰۰                                 | ۷/۶۰ | ۲۸۹/۴۰                          | ۱۲/۵۰                     | ۲۲۰/۰۰                        | ۲۳۸/۰۰                  | ۰/۰۱                       | ۳/۵۰                          | ۰/۱۰                       | ۰/۱۵                       |
|                                   | حداکثر     | ۴۸۳/۰۰                                 | ۷/۸۰ | ۳۰۵/۴۰                          | ۲۷/۱۰                     | ۲۸۴/۰۰                        | ۲۸۲/۰۰                  | ۰/۰۳                       | ۴/۶۰                          | ۰/۶۱                       | ۰/۲۲                       |
|                                   | SD         | ۵/۴۴                                   | ۰/۰۹ | ۴/۴۰                            | ۵/۷۷                      | ۱۹/۷۳                         | ۱۶/۳۶                   | ۰/۰۱                       | ۰/۳۲                          | ۰/۱۴                       | ۰/۰۲                       |
| روانسر<br>مدیترانه‌ای سرد         | میانگین    | ۴۲۹/۲۵                                 | ۷/۶۵ | ۲۶۸/۱۱                          | ۲۲/۲۹                     | ۲۱۰/۹۷                        | ۲۲۲/۰۰                  | ۰/۰۱                       | ۳/۴۳                          | ۰/۲۷                       | ۰/۱۵                       |
|                                   | حداقل      | ۳۵۰/۰۰                                 | ۷/۴۰ | ۲۷۴/۰۰                          | ۱۳/۵                      | ۱۵۰/۰۰                        | ۱۷۴/۰۰                  | ۰/۰۱                       | ۲/۶۴                          | ۰/۰۷                       | ۰/۰۳                       |
|                                   | حداکثر     | ۵۴۱/۰۰                                 | ۸/۰۰ | ۴۳۲/۱۰                          | ۲۷/۹۰                     | ۲۴۸/۰۰                        | ۳۰۴/۰۰                  | ۰/۰۳                       | ۴/۰۵                          | ۰/۶۱                       | ۲/۸۰                       |
|                                   | SD         | ۷۱/۲۹                                  | ۰/۱۸ | ۴۰/۰۴                           | ۴/۳۵                      | ۲۲/۰۹                         | ۲۵/۴۵                   | ۰/۰۱                       | ۰/۳۶                          | ۰/۲۷                       | ۰/۳۸                       |
| جوانرود<br>نیمه‌مرطوب معتدل       | میانگین    | ۳۶۲/۴۰                                 | ۷/۵۵ | ۲۲۱/۴۳                          | ۲۲/۰۸                     | ۱۹۶/۵۰                        | ۱۹۹/۹۰                  | ۰/۰۱                       | ۳/۲۰                          | ۰/۱۰                       | ۰/۰۸                       |
|                                   | حداقل      | ۳۰۵/۰۰                                 | ۷/۳۰ | ۱۹۸/۴۰                          | ۱۶/۲۰                     | ۱۱۶/۰۰                        | ۱۷۴/۰۰                  | ۰/۰۱                       | ۱/۸۹                          | ۰/۰۶                       | ۰/۰۴                       |
|                                   | حداکثر     | ۴۳۵/۰۰                                 | ۷/۵۰ | ۲۶۹/۷۰                          | ۲۷/۸۰                     | ۳۲۰/۰۰                        | ۲۵۲/۰۰                  | ۰/۰۲                       | ۵/۲۳                          | ۰/۲۱                       | ۰/۲۱                       |
|                                   | SD         | ۴۳/۵۱                                  | ۰/۱۵ | ۲۶/۷۴                           | ۴/۱۲                      | ۴۰/۰۱                         | ۲۴/۹۳                   | ۰/۰۱                       | ۰/۶۷                          | ۰/۰۳                       | ۰/۰۳                       |

Hardness \*\*\* , T.Alk\*\* , TDS\*

### شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب

رایج‌ترین روش برای اندازه‌گیری پایداری آب استفاده از شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری است. از روابط ۱ تا ۶ برای محاسبه شاخص‌های  $LSI$  (Zia et al, 2008)،  $RSI$  (Singley et al, 1984)،  $PSI$  (Zia et al, 2008) و  $AI$  (Rossum and Merrill, 1983) و  $L-SI$  (Aghazadeh et al, 2017) استفاده شد.

$$LSI = pH - pH_s^* \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$RSI = 2pH_s - pH \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$PSI = 2pH_s - pH_{eq}^{**} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$AI = pH + \log (Alk \times H) \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$L - SI = \frac{(SO_4^{2-} + Cl^-)}{(HCO_3^- + CO_3^{2-})} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$pH_s = (9.3 + A + B) - (C + D), A = (\log[TDS] - 1)/10, B = -13.12 \times \log[^\circ C + 273] + 34.55, \\ C = \log [Ca^{2+} \text{ as } CaCO_3] - 0.4, D = \log [Alkalinity \text{ as } CaCO_3]. \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$pH_{eq} = 1.465 \times \log (T.Alk) + 4.54, T.Alk: \text{Total alkalinity (mg L}^{-1} \text{ as } CaCO_3).$$

$$Alk = \text{Total alkalinity (mg L}^{-1} \text{ as } CaCO_3) \text{ and } H = \text{Calcium hardness}$$

در معادله ۱،  $pH = pH$  آب،  $pH_s$  = اشباع شده با کربنات کلسیم و در معادلات ۲ تا ۶،  $TDS$  = کل جامدات محلول،  $^\circ C$  = دما بر حسب درجه سانتی‌گراد،  $Ca^{2+} \text{ as } CaCO_3$  = سختی کلسیم،  $Total.Alkalinity$  = قلیائیت کل می‌باشد.

### تعیین ویژگی‌های شیمیایی آب با استفاده از نرم‌افزار AqQa

نمودارهای پاپیر و استیف به ترتیب برای تعیین نوع آب و ویژگی‌های هیدروشیمیایی آب اقلیم‌های مورد مطالعه استان کرمانشاه با استفاده از نرم‌افزار AqQa v1.5 ترسیم شد. از آنجایی که غلظت یون سدیم در بیشتر مناطق مورد مطالعه اندازه‌گیری و گزارش نشده بود، همچنین در هیچ یک از معادلات (۱-۶) محاسبه شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری سدیم وجود ندارد، از ورود اطلاعات مربوط به این یون برای تعیین این ویژگی‌ها صرف‌نظر شد.

### گونه‌بندی یون‌ها

از نرم افزار ترمودینامیکی *Visual MINTEQ v 3.1* برای اندازه‌گیری گونه‌بندی استفاده شد. این نرم افزار با توجه به ورودی‌هایی مانند غلظت کلی یون و  $pH$  با توجه به داده‌های پایه موجود در این سیستم و نیز واکنش‌های تعریف شده می‌تواند گونه‌بندی را تعیین کند. نرم افزار قادر به ارزیابی واکنش‌های تشکیل کمپلکس که برای تعیین حالت تعادل ترمودینامیکی یون در محلول استفاده می‌شود می‌باشد (Allison et al, 1991). از داده‌های جدول ۳ به عنوان پارامترهای ورودی نرم افزار استفاده شد. لازم به ذکر است اگرچه در معادلات محاسبه شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب یون نیترات وجود ندارد، برای محاسبه سایر گونه‌بندی یون‌های موجود در آب داده‌های این یون نیز استفاده شد.

جدول ۳- دامنه pH و غلظت یونهای آب اقلیمهای مختلف استان کرمانشاه (بر اساس اطلاعات آزمایشگاه اداره آب و فاضلاب روستایی استان کرمانشاه)

| اقلیم                     | کلسیم       | منیزیم      | کربنات    | بی کربنات   | سولفات      | نیتрат      | کلراید     | pH        |
|---------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| <i>meq L<sup>-1</sup></i> |             |             |           |             |             |             |            |           |
| نیمه خشک سرد              | ۴۱/۸ - ۵۰/۲ | ۲۲/۸ - ۱۱/۸ | ۳/۵ - ۰/۲ | ۲/۴ - ۹۶/۰۸ | ۱۵/۵ - ۶/۲  | ۱۰/۴ - ۷/۷  | ۶/۸ - ۳/۱  | ۷/۷ - ۷/۵ |
| نیمه خشک گرم              | ۷۵/۰ - ۹۸/۷ | ۱۹/۰ - ۴۱/۶ | ۲/۰ - ۰/۴ | ۲/۶ - ۲۰/۰۹ | ۱۲/۵ - ۴/۱  | ۲۲/۸ - ۱۴/۰ | ۷/۶ - ۲/۱  | ۷/۷ - ۷/۴ |
| خشک و گرم                 | ۵۵/۳ - ۶۹/۱ | ۱۶/۵ - ۳۱/۰ | ۲/۰ - ۰/۸ | ۳/۴ - ۵۰/۶۰ | ۱۴/۸ - ۹/۰  | ۱۱/۷ - ۹/۴  | ۱۰/۸ - ۳/۸ | ۷/۹ - ۷/۶ |
| مدیترانه‌ای سرد           | ۵۰/۰ - ۷۹/۶ | ۹/۵ - ۲۱/۸  | ۲/۰ - ۰/۴ | ۳/۴ - ۵۰/۰  | ۱۷/۰ - ۴/۱  | ۱۲/۰ - ۳/۵  | ۱۵/۲ - ۳/۹ | ۷/۷ - ۷/۵ |
| نیمه مرطوب معتدل          | ۴۸/۹ - ۷۵/۵ | ۶/۴ - ۱۵/۸  | ۱/۶ - ۰/۳ | ۱/۵ - ۸۹/۲  | ۳۰/۹ - ۱۹/۰ | ۱۲/۰ - ۲/۸  | ۱۳/۶ - ۵/۲ | ۷/۸ - ۷/۶ |

### تجزیه و تحلیل‌های آماری

ابتدا توزیع نرمال داده‌ها با آزمون کولموگراف-اسمیرنوف بررسی و در صورتی که برخی داده‌ها توزیع نرمال نداشتند از تبدیل لگاریتمی برای نرمال کردن داده‌ها استفاده شد. چنانچه داده‌ها پس از تبدیل همچنان توزیع نرمال نداشتند با آزمون‌های غیرپارامتریک مقایسه شدند. برای مقایسه داده‌های با توزیع نرمال از روش *ANOVA* (آزمون *F*) با سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آب

مؤسسه استاندارد تحقیقات صنعتی ایران محدوده مطلوب و مجاز برای ترکیبات موجود در آب را تحت عنوان استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ ارائه کردند (کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، ۱۳۸۸). pH، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، میانگین سختی کل، غلظت کلسیم و منیزیم، غلظت آنیون‌ها (کلراید و سولفات) در تمام اقلیم‌های مورد مطالعه در محدوده مطلوب بود (جدول ۴). هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، غلظت کلسیم، بی کربنات، کلر و سولفات بین اقلیم‌های مختلف اختلاف معنی‌داری داشتند ( $p < 0.001$ ). در اقلیم نیمه‌خشک گرم، ۹۰ درصد داده مربوط به کل جامدات محلول در محدوده ۳۰۰-۴۳۰ میلی گرم بر لیتر و در سایر اقلیم‌ها این مقدار کمتر از ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر بود. در اقلیم‌های نیمه‌خشک گرم، خشک و گرم و مدیترانه‌ای سرد به ترتیب ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد سختی آب از حد مطلوب ( $200 \text{ mg L}^{-1} \text{ as CaCO}_3$ ) تجاوز کرده است. در اقلیم نیمه‌خشک سرد و نیمه‌مرطوب معتدل همه نقاط دارای سختی کمتر از حد مطلوب بودند. در اقلیم‌های خشک و گرم و مدیترانه‌ای سرد بیشترین غلظت کلسیم و در اقلیم نیمه‌خشک سرد بیشترین غلظت کلسیم و منیزیم دیده شد.

جدول ۴- حداکثر مطلوب و حدکثر مجاز ترکیبات آب (کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، ۱۳۹۰)

| پارامتر      | pH        | کل جامدات محلول    | سختی کل                          | هدایت الکتریکی           | کلسیم              | منیزیم             | کلراید             | سولفات             |
|--------------|-----------|--------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| واحد         | -         | $\text{mg L}^{-1}$ | $\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$ | $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ | $\text{mg L}^{-1}$ | $\text{mg L}^{-1}$ | $\text{mg L}^{-1}$ | $\text{mg L}^{-1}$ |
| حداکثر مطلوب | ۶/۵ - ۸/۵ | ۱۰۰۰               | ۲۰۰                              | ۶۵۰                      | ۳۰۰                | ۳۰                 | ۲۵۰                | ۲۵۰                |
| حداکثر مجاز  | ۶/۵ - ۹   | ۱۵۰۰               | ۵۰۰                              | -                        | -                  | -                  | ۴۰۰                | ۴۰۰                |

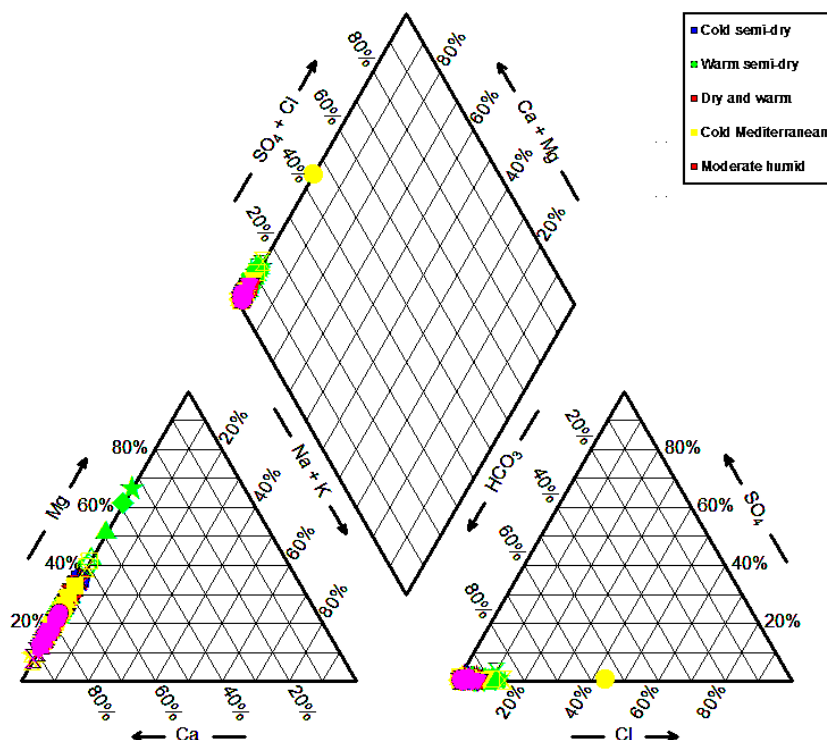
#### پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب

شاخص‌های پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی شبکه توزیع آب بین اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه، اختلاف معنی‌داری نشان دادند ( $p < 0.001$ ). میانگین شاخص‌های *AI*، *PSI*، *RSI*، *LSI* و *L-SI* به ترتیب برای اقلیم‌های نیمه‌خشک سرد (۰/۲۳، ۷/۲۳، ۷/۰۳، ۱۲/۳۰ و ۰/۰۸)، نیمه‌خشک گرم (۰/۳۹، ۶/۸۲، ۶/۳۲، ۱۲/۵۱ و ۰/۱۵)، خشک گرم (۰/۳۸، ۶/۹۶، ۶/۶۲، ۱۲/۵۲ و ۰/۰۹)، مدیترانه‌ای سرد (۰/۲۴، ۷/۸۱، ۶/۸۹، ۱۲/۳۲ و ۰/۱۲) و نیمه‌مرطوب معتدل (۰/۰۶، ۷/۴۴، ۷/۱۱، ۱۲/۱۳ و ۰/۱۲) و

۰/۰۶ محاسبه شد. میانگین کلی شاخص‌های  $LSI$ ،  $RSI$ ،  $PSI$ ،  $AI$  و  $L-SI$  به ترتیب برابر با (۰/۲۶، ۷/۱۲، ۶/۷۶، ۱۲/۳۴ و ۰/۵۲) به دست آمد. وضعیت آب بر مبنای  $LSI$  به سه دسته‌ی رسوب‌گذار ( $LSI > 0$ )، خنثی ( $0 < LSI < 0.2$ ) و خورنده ( $LSI < 0$ ) تقسیم بندی می‌شود. این طبقه‌بندی برای  $RSI$  به صورت رسوب‌گذار ( $RSI < 5$ )، خنثی ( $5 < RSI < 7$ ) و خورنده ( $RSI < 7$ )، برای  $AI$  به صورت پتانسیل خوردگی آب کم ( $AI > 12$ )، متوسط ( $10 < AI < 12$ ) و شدید ( $AI < 10$ ) و برای  $PSI$  به دو صورت رسوب-گذار ( $PSI < 6$ ) و خورنده ( $PSI > 6$ )، می‌باشد (Poorzamani et al, 2005). برای  $L-SI$  نیز مقادیر ( $L-SI < 0.8$ ) تشکیل رسوب، ( $0.8 < L-SI < 1.2$ ) پتانسیل خوردگی آب کم و ( $L-SI > 1.2$ ) زیاد در نظر گرفته شده است (Zia et al, 2008., Singley et al, 1984., Aghazadeh et al, 2017).  $Alsaqqar$  و همکاران، (۲۰۱۴)  $LSI$  آب منطقه بغداد ۰/۳۷ تا -۰/۱۳ و  $RSI$  را ۷/۶۸ تا ۷/۱۷ و خورنده گزارش کردند (Alsaqqar et al, 2014). یافته‌های ندیمی و همکاران، (۱۴۰۳) نشان داد که تمامی نمونه‌های آب آشامیدنی در روستاهای شرق کاخک در جنوب استان خراسان رضوی براساس شاخص لانژلیه تمایل به رسوب-گذاری داشتند. آنها همچنین گزارش کردند که براساس شاخص‌های رایزنر ۶۹، درصد و لارسون اسکولد و ته‌اجمی بیش از ۸۰ درصد نمونه‌های آب دارای خاصیت خوردگی بودند. براساس شاخص پوکوریوس ۶۳ درصد نمونه‌ها در وضعیت تعادل گزارش شدند.

#### ویژگی‌های هیدروشیمیایی آب در اقلیم‌های مورد مطالعه استان کرمانشاه

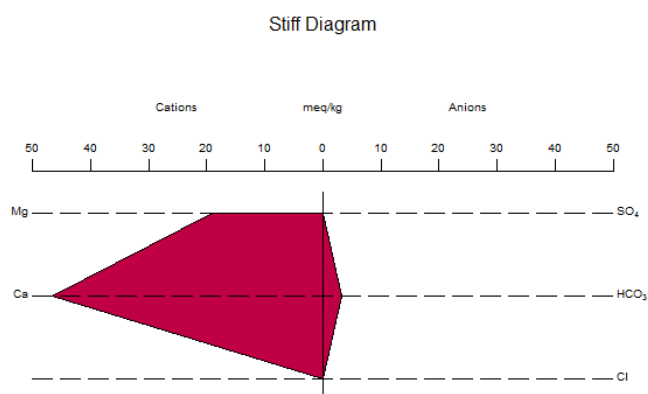
بر اساس نمودار پایپر، آب در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه از نوع کلسیم-بیکربناتی ( $Ca-HCO_3$ ) بود (شکل ۲). فاطمی، (۲۰۱۵) نوع آب رودخانه قره سو کرمانشاه در دو ایستگاه  $Ca-Mg-Na$  و  $Mg-Ca-Na$  و در دو ایستگاه دیگر  $Ca-Mg$  گزارش کرد (Fatemi, 2015). خادم پور و همکاران، (۲۰۱۷) نوع آب منطقه مطالعاتی خود را کلسیم-منیزیم-بیکربناتی گزارش کردند (Khadempour and Shahidi, 2017). کورنجو و همکاران، (۲۰۱۹) ۵۳ درصد از آب‌های منطقه ای در هند را  $Na-Ca-Cl$  اعلام کردند (Cornejoa et al, 2019). در حوضه آبریز چشمه کیله در تمامی نمونه‌های آب، غلظت کاتیون‌های قلیایی خاکی ( $Ca$ ) و  $Mg$  بیشتر از کاتیون‌های قلیایی ( $Na$  و  $K$ ) در تعداد زیادی از نمونه‌ها غلظت کربنات و بی‌کربنات بیشتر از سولفات و کلراید گزارش شد (شیرود عیسی و همکاران، ۱۴۰۲). نتایج نمودار پایپر رودخانه اوغان استان گلستان نشان داد که تیپ و رخساره هیدروشیمی ایستگاه‌های گالیکش و اوغان بی‌کربناته کلسیک می‌باشد (قره محمودلو و صیادی، ۱۴۰۴).



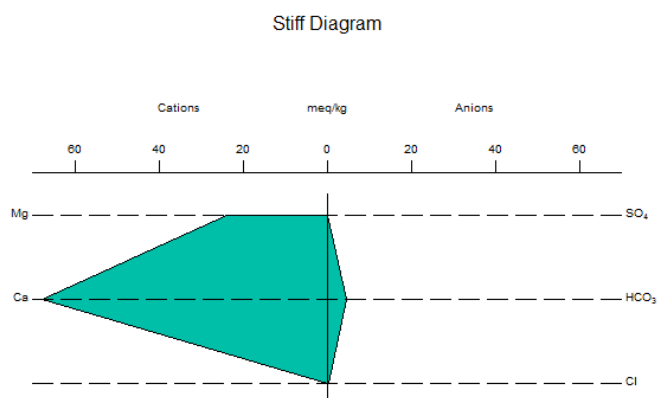
شکل ۲- نمودار پایپر اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه با استفاده از نرم افزار *AqQa* برای تعیین نوع آب

براساس نمودار استیف (شکل ۳) تیپ آب در اقلیم‌های مورد مطالعه در استان کرمانشاه بی‌کربنات-کلسیک می‌باشد. این یافته مشابه یافته‌های پژوهش‌های پیشین بود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹ و عباسی مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). عباسی مقدم و همکاران، (۱۴۰۰) رخساره غالب هیدروشیمیایی آب رودخانه دوغ استان گلستان  $Ca-Mg-HCO_3$  و واکنش آب-سنگ را عامل اصلی در کنترل شیمی آب گزارش کردند. همچنین، براساس دیاگرام استیف تیپ آب رودخانه در ۱۰ دوره نمونه‌برداری بیکربنات کلسیک گزارش گردید. به دلیل ثابت بودن تیپ آب در کل دوره مورد مطالعه، منشاء پارامترهای کیفی آب واحد گزارش شد (عباسی مقدم و همکاران، ۱۴۰۰).

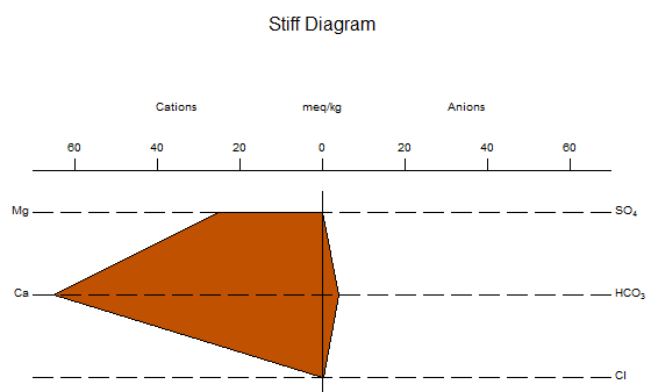
الف) نیمه خشک سرد



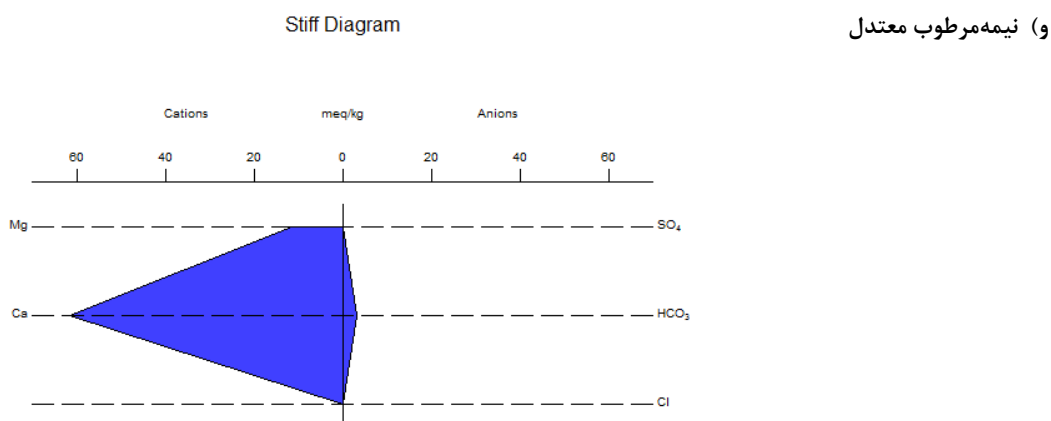
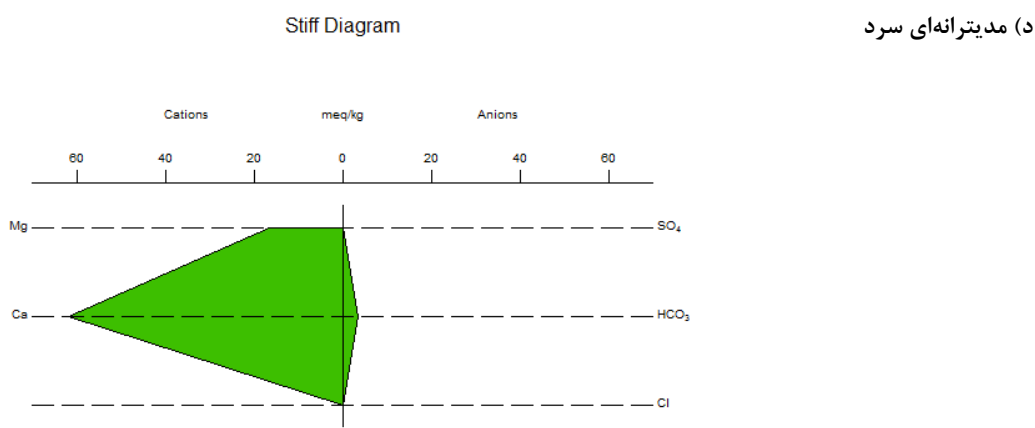
ب) نیمه خشک گرم



ج) خشک و گرم



شکل ۲- نمودار استیف اقلیم‌های مورد مطالعه استان کرمانشاه با استفاده از نرم افزار *AqQa*



ادامه شکل ۲

#### گونه‌بندی یون‌های موجود در آب با نرم‌افزار Visual MINTEQ

گونه‌بندی یون‌های موجود در آب آشامیدنی اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه انجام شد. خروجی‌های نرم‌افزار در جدول ۵ گزارش شد. در اقلیم‌های مطالعه شده استان کرمانشاه بیش از ۹۵ درصد کلسیم به گونه آزاد  $Ca^{2+}$  و کمتر از ۵ درصد به صورت گونه  $CaSO_4$  و سایر گونه‌ها کمتر از یک درصد محاسبه شد. گونه کلسیم آزاد از حداقل ۹۵ درصد در اقلیم نیمه‌خشک گرم تا ۹۹ درصد در اقلیم مدیترانه‌ای سرد تغییر کرد. روال مشابهی برای یون منیزیم در این دو اقلیم دیده شد. بیش از ۹۶ درصد منیزیم به صورت آزاد  $Mg^{2+}$  و کمتر از ۲ درصد به صورت گونه  $MgSO_4$  بود. گونه آزاد  $SO_4^{2-}$  ۷۴ تا ۸۳ درصد به ترتیب در اقلیم‌های نیمه‌خشک گرم و نیمه‌مرطوب معتدل دیده شد. گونه  $MgSO_4$  در اقلیم‌های نیمه‌مرطوب معتدل ۲ درصد و نیمه‌خشک گرم ۱۱ درصد و گونه  $CaSO_4$  از ۱۱ درصد (اقلیم نیمه‌خشک سرد) تا ۱۹ درصد (اقلیم مدیترانه‌ای سرد) محاسبه شد. ۹۴-۹۰ درصد کربنات به صورت گونه  $HCO_3^-$  و ۴-۶ درصد به صورت گونه  $H_2CO_3$  دیده شد. بین اقلیم‌های مطالعه شده استان کرمانشاه، گونه‌های  $Ca^{2+}$ ،  $Mg^{2+}$ ،  $HCO_3^-$  و  $MgSO_4$  از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان دادند ( $p < 0.001$ ). نتایج نشان می‌دهد بیشتر از ۹۹ درصد کلراید به صورت گونه آزاد است که گونه آزاد کلراید می‌تواند موجب افزایش پتاسیل خوردگی آب

شود. Richards و همکاران، (۲۰۱۰) در گونه‌بندی آب‌های منطقه مطالعاتی خود ۶۰-۱۰۰ درصد سولفات را به صورت گونه آزاد  $SO_4^{2-}$ ، ۲۰-۱۵ درصد مخلوط  $NaSO_4$ ،  $MgSO_4$  و ۴-۸ درصد  $CaSO_4$  گزارش کردند (Richards et al, 2010). Torres و همکاران، (۲۰۱۵) بر اساس تحلیل اطلاعات خروجی برنامه MINTEQ در محیط‌های آبی گزارش کرد که بیشتر یون‌ها در تمام شرایط فیزیکی و شیمیایی در گونه غالب خود باقی می‌مانند (Torres et al, 2015). نتایج پژوهش گونه‌بندی آب اروگوئه جنوبی با نرم افزار MINTEQ نشان داد که ۷۷-۹۴ درصد کلسیم به صورت گونه آزاد، ۲-۱۸ درصد همراه با سولفات، ۱/۵-۵/۸ همراه با بیکربنات بود. همچنین گونه‌بندی منیزیم نیز به صورت ۸۰-۹۵ درصد به صورت کاتیون آزاد، ۱/۶-۱۵ همراه با سولفات، ۱/۴-۳/۸ همراه با بی‌کربنات گزارش شد. ۹۹-۱۰۰ درصد کلراید نیز به صورت آنیون آزاد گزارش شد (Torres et al, 2015).

جدول ۵- دامنه درصد گونه‌های غالب موجود در آب اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه (محاسبات پژوهش)

| یون       | گونه        | نیمه‌خشک سرد | نیمه‌خشک گرم | خشک و گرم | مدیترانه‌ای سرد | نیمه‌مرطوب معتدل |
|-----------|-------------|--------------|--------------|-----------|-----------------|------------------|
|           |             | %            | %            | %         | %               | %                |
| $Ca^{2+}$ | $Ca^{2+}$   | ۹۹/۹۸-۲/۴    | ۹۸/۹۵-۲/۰    | ۹۸/۵-۲/۱  | ۹۹/۹۸-۵/۴       | ۹۹/۹۷-۴/۸        |
|           | $CaSO_4$    | ۱/۰-۴۴/۵     | ۴/۷-۱/۷      | ۲/۰-۱/۳   | ۱/۶-۰/۳۶        | ۱/۴-۰/۴          |
| $Mg^{2+}$ | $Mg^{2+}$   | ۹۹/۳-۹۸/۷    | ۹۸/۹۶-۶/۰    | ۹۸/۹۸-۸/۲ | ۹۹/۹۸-۶/۷       | ۹۹/۹۸-۶/۱        |
|           | $MgSO_4$    | ۱/۱۵-۰/۴     | ۳/۸-۱/۲      | ۱/۶-۱/۰   | ۱/۲-۰/۲         | ۱/۱-۰/۳          |
|           | $SO_4^{2-}$ | ۸۱/۶-۸۰/۶    | ۷۷/۰-۷۴/۷    | ۷۹/۱-۷۶/۶ | ۸۱/۹-۷۸/۹       | ۸۳/۰-۷۹/۰        |
|           | $MgSO_4$    | ۷/۷-۴/۴      | ۱۱/۳-۵/۰     | ۹/۲-۷/۳   | ۱۰/۸-۳/۲        | ۵/۲-۲/۰          |
|           | $CaSO_4$    | ۱۲/۹-۱۰/۸    | ۱۸/۵-۱۲/۷    | ۱۶/۲-۱۲/۹ | ۱۶/۵-۱۲/۹       | ۱۹/۲-۱۳/۳        |
|           | $HCO_3^-$   | ۹۳/۲-۹۲/۹    | ۹۱/۳-۹۰/۰    | ۹۳/۴-۹۳/۱ | ۹۲/۹-۹۲/۶       | ۹۴/۰-۹۳/۲        |
|           | $CO_3^{2-}$ | ۴/۹-۴/۸      | ۹/۵-۵/۸      | ۳/۸       | ۴/۸-۴/۷         | ۳/۹-۳/۸          |
|           | $CaHCO_3^+$ | ۱/۱-۰/۹      | ۱/۸-۱/۲      | ۱/۴-۱/۱   | ۱/۴-۱/۲         | ۱/۶-۱/۱          |
|           | $Cl^-$      | ۹۹/۶-۹۹/۵    | ۹۹/۴-۹۹/۳    | ۹۹/۴-۹۹/۳ | ۹۹/۶-۹۹/۴       | ۹۹/۶-۹۹/۴        |
|           | $NO_3^-$    | ۹۹/۷         | ۹۹/۶-۹۹/۴    | ۹۹/۶      | ۹۹/۷-۹۹/۵       | ۹۹/۷-۹۹/۵        |

در محیط‌های آبی عناصر فراوان تر می‌توانند گونه‌بندی عناصر دیگر را تحت تأثیر قرار دهند مانند محیط‌هایی که مقدار قابل توجهی کلسیم و منیزیم دارند (Mañay et al, 2013). فراوان‌ترین گونه یون‌های قلیایی خاکی به صورت کاتیون آزاد است. یون‌های قلیایی خاکی حتی زمانی که با آنیون‌ها واکنش می‌دهند گونه اصلی آنها همواره به صورت کاتیون آزاد باقی می‌ماند. همچنین به صورت همراه با سولفات یا کربنات نیز حضور دارند. گونه‌های دیگر این یون‌ها همراه با  $HCO_3^-$  و  $Cl^-$  خیلی ناچیز است (Helmreich et al, 2010). کلراید و نیتрат که تمایلی به ترکیب شدن با سایر یون‌ها ندارند با هیچ یک از یون‌های موجود ترکیب نشده‌اند و غالباً به صورت آزاد دیده می‌شوند. گونه‌بندی یون‌های قلیایی وهالیدی به پارامترهایی مانند  $pH$  عمق و سختی آب بستگی دارد. به طور کلی آنیون‌های یک ظرفیتی اثر زیادی بر گونه‌بندی کاتیون‌ها ندارند؛ در مقابل نیز تعامل کاتیون‌های یک ظرفیتی با آنیون‌های مختلف (به جز آنیون‌هایی با بار زیاد) به طور کلی ناچیز است (Grover, 2016). در نهایت می‌توان در جمع‌بندی به ارتباط بیشتر بین گونه‌بندی و پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب اشاره کرد. آب خورنده قادر به حل کردن یون‌هایی مانند کلسیم و منیزیم است (Alsaqqar et al, 2014). همانگونه که در معادله  $L-SI$  (رابطه ۵) دیده می‌شود با افزایش غلظت گونه‌های آزاد سولفات و کلراید پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب افزایش می‌یابد.

## نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که نوع آب در اقلیم‌های مورد مطالعه استان کرمانشاه، کلسیم - بی‌کربناتی بود. با این حال، بررسی گونه‌بندی یون‌های موجود در نمونه‌های آب نشان داد که بین اقلیم‌های مورد مطالعه اختلاف وجود داشت. به گونه‌ای که درصد گونه‌های آزاد یون‌های کلسیم و منیزیم در اقلیم‌های خشک و گرم و نیمه‌خشک گرم بیشتر از سایر اقلیم‌ها بود. غلبه یون‌های

کلسیم و منیزیم و بی‌کربنات بر سایر یون‌ها موجب کاهش پتانسیل خوردگی و سبب رسوب‌گذار بودن آب می‌شود. بر همین اساس، به دلیل افزایش پتانسیل رسوب‌گذاری آب، پتانسیل خوردگی آب در دو اقلیم خشک و گرم و نیمه‌خشک گرم نسبت به سایر اقلیم‌ها کمتر بود. همچنین در اقلیم نیمه‌خشک گرم به دلیل بالابودن غلظت کل جامدات محلول و سختی کل مقدار شاخص‌های  $LSI$  و  $AI$  بیشتر و شاخص‌های  $RSI$  و  $PSI$  کمتر از سایر اقلیم‌ها به دست آمد. هر چقدر غلظت یون سولفات به صورت آزاد در آب بیشتر باشد پتانسیل خوردگی آب افزایش می‌یابد. غلظت یون‌های خورنده سولفات و کلراید در اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل بیشتر از سایر اقلیم‌ها بود. از سوی دیگر، اقلیم نیمه‌مرطوب معتدل کمترین غلظت کل جامدات محلول، قلیائیت و سختی، کمترین مقدار شاخص‌های  $LSI$  و  $AI$  و بیشترین مقدار شاخص‌های  $RSI$  و  $PSI$  نسبت به سایر اقلیم‌ها داشت. پتانسیل خوردگی آب بیشتر در این اقلیم نسبت به سایر اقلیم‌ها به این عوامل نسبت داده می‌شود.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

### مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله

نویسنده دوم: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله

نویسنده سوم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله  
نویسنده چهارم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

### تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

### حامی مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه رازی، دانشکده علوم کشاورزی در قالب پژوهانه پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول انجام شده است.

### منابع

- جهانگیری راد، مهسا؛ و رفیعی، محمد (۱۴۰۰). بررسی علل تشکیل رسوب در خطوط توزیع آب استان سمنان و راهکارهای جلوگیری از تشکیل آن. سلامت و محیط زیست، ۱۴(۳)، ۴۹۹-۵۱۶.
- حسینی، امیرحسام، ستاره، پرستو، جاوید، امیرحسین، و زینتی زاده، علی اکبر (۱۳۹۹). کاربرد نرم افزار AqQA در بررسی کیفیت و تعیین مشخصات شیمیایی منابع آب زیرزمینی (مطالعه روستاهای دشت سنقر، کرمانشاه). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۲ (پیاپی ۹۳))، ۱۱۷-۱۲۶.
- رضوانی، علی، محمدپور، سمیرا، اسداللهی، حسین (۱۴۰۳). ارزیابی کیفی آب شرب و پتانسیل خوردگی و رسوب-گذاری آن در شبکه توزیع (مطالعه موردی: آب شرب شهر اسفدن) (۲۰۲۴) توسعه پایدار و ساختمان هوشمند، ۱(۱)، ۷۲-۸۲.
- شیرود عیسی، نیکو، گنجی، علیرضا، مقیمی کندلوس، علی، حکیمی آسیابر، سعید (۱۴۰۲). ارزیابی هیدروژئوشیمیایی حوضه آبریز چشمه کیله با استفاده از نرم افزارهای ArcGIS و AqQA، مقایسه موردی دو زیرحوضه دوهزار و سه هزار. پژوهشهای دانش زمین، ۱۴(۴)، ۴۱-۲۱.

صالحی سروک، عبدالحسین؛ المدرسی، علی؛ میرحسینی، سیدابوالقاسم؛ شیشه بر، مسعود؛ جمالی، علی اکبر و کنگازیان، عبدالحسین (۱۴۰۰). بررسی عوامل تشکیل رسوب در شبکه توزیع آب شرب شهر سق و رابطه آن با خواص آب. آب و فاضلاب، ۳۲(۱)، ۱۰۶-۱۲۴.

علیدادی، حسین، توکلی ثانی، سیده بلین، ظریف قرائتی افتاده، بتول، تفقیدی، محمد، شمس زاده، سید حسین، فخاری، مریم، نوائی فیض ابادی، علی اصغر، یزدانی، محسن (۱۳۹۷). پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری در شبکه توزیع آب آشامیدنی: مطالعه موردی شهر مشهد، ۱۳۹۶. مجله پژوهش در بهداشت محیط، ۴(۴): ۲۷۲-۲۸۲.

عباسی مقدم، حمیدرضا، قره محمدلو، مجتبی، جندقی، نادر، حشمت پور، علی، و سید، مصطفی (۱۴۰۰). هیدروشیمی و کیفیت آب رودخانه دوق کلاله با استفاده از روش های گرافیکی، تحلیل خوشه ای و شاخص های کیفی. مهندسی منابع آب، ۱۴(۴۹)، ۱۳-۲۹.

غنی‌زاده، قادر، قانعیان، محمد تقی (۱۴۰۱). پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب آشامیدنی در سیستم های آب رسانی مراکز نظامی. طب نظامی، ۱۱(۳): ۱۵۵-۱۶۰.

قره محمودلو، مجتبی، شیرزادینا، جواد (۱۴۰۲). ارزیابی و مقایسه کیفیت منابع آبی چشمه و چاه از نظر قابلیت شرب و آبیاری (مطالعه موردی: شرق دشت گرگان. رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست، ۲(۱)، ۴۷-۶۶.

قره محمودلو، مجتبی، صیادی، مریم (۱۴۰۴). کاربرد نسبت‌های یونی و اندیس‌های اشباع در تفسیر فرآیندهای هیدروشیمیایی رودخانه اوغان، استان گلستان. رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست، doi: 10.22034/nawee.2024.465612.1092

کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی (۱۳۸۸). مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی (ICS:13.60.20)، استاندارد ۱۰۵۳-الف، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.

مهماندوست، حسنی، امیرحسام، احمدپناهی، همایون و پوررجب (۱۳۹۷). بررسی پتانسیل و علل خوردگی یا رسوب گذاری منابع آب شرب روستاهای شهرستان ورامین و تهیه مدل پراکنش آن در سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS. فصلنامه زمین شناسی محیط زیست، ۱۲(۴۲)، ۷۱-۸۵.

ندیمی، حجت اله، آبادی، احمد، زارعی، احمد، ریاحی منش، فروغ، سالاری، مهدی (۱۴۰۳). بررسی شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی در روستاهای شرق کاخک. مهندسی بهداشت محیط، ۱۱(۴)، ۳۹۴-۴۰۵.

هنربخش، افشین، سوری، محمد مهدی، استواری، یاسر (۱۳۹۷). ارزیابی کیفی و تهیه نقشه‌های پتانسیل‌های خوردگی و رسوب‌گذاری آب زیرزمینی مرودشت. محیط زیست و مهندسی آب، ۴(۳)، ۲۲۹-۲۴۰.

Abbassimoghadam, H., G Mahmoodlu, M., Jandaghi, N., Heshmatpour, A., Seyed, M., 2021. Hydrochemistry and water quality of Kalaleh Doogh River using graphical methods, cluster analysis, and quality indices. *Water Resources Engineering*, 14(49), 13-29. (In Persian).

Abbasnia, A., Alimohammadi, M., Mahvi, A. H., Nabizadeh, R., Yousefi, M., Mohammadi, A. A., Pasalari, H., Mirzabeigi, M., 2018. Assessment of groundwater quality and evaluation of scaling and corrosiveness potential of drinking water samples in villages of Chabahr City, Sistan and Baluchistan Province in Iran. *Data in Brief*, 16, 182-192.

Aghazadeh, N., Chitsazan, M., Golestan, Y., 2017. Hydrochemistry and quality assessment of groundwater in the Ardabil Area, Iran. *Applied Water Science*, 7, 3599-3616.

Alidadi, H., Tavakoli Sani, S. B., Zarif Gharaati Oftadeh, B., Tafaghodi, M., Shams Zadeh, S. H., Fakhari, M., Navaei Fezabady, A. A., Yazdani, M., 2019. Corrosion and scaling potential in drinking water distribution system: a case study of Mashhad, 2017. *Journal of Research in Environmental Health*, 4, 272-282.

Allison, J. D., Brown, D. S., Novo-Gradac, K. J., 1991. *MINTEQA2/PRODEFA2, A geochemical assessment model for environmental systems: Version 3.0 User's Manual*, Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, US.

Alsaqqar, A. S., Khudair, B. H., Ali, S. K., 2014. Evaluating water stability indices from water treatment plants in Baghdad City. *Journal of Water Resource and Protection*, 6, 1344.

Avilés, A., Rodero, J., Amores, V., De Vicente, I., Rodríguez, M. I., Niell, F. X., 2006. Factors controlling phosphorus speciation in a Mediterranean Basin (River Guadalfeo, Spain). *Journal of Hydrology*, 331, 396-408.

- Cornejoa, L., Lienqueob, H., Vilcab, P., 2019. Hydro-Chemical Characteristics, Water quality assessment and water relationship (HCA) of the Amuyo Lagoons, Andean Altiplano, Chile. *Desalination and Water Treatment*, 153, 36-45.
- Ekwere, A., Edet, A. 2012., Distribution and chemical speciation of some elements in the ground waters of Oban area (South-Eastern Nigeria). *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 4, 207-214.
- Eslami, H., Ayeneh Heidari, F., Salari, M., Esmacili, A., Nassab Hosseini, A., Dolatabadi, M., 2022. Investigation of corrosion and scaling potential in drinking water in Rafsanjan, Iran. *Journal of Environmental Health and Sustainable Development*, 7, 1623-1631.
- Esmacili-Vardanjani, M., Rasa, I., Amiri, V., Yazdi, M., Pazand, K., 2015. Evaluation of groundwater quality and assessment of scaling potential and corrosiveness of water samples in Kadkan Aquifer, Khorasan-E-Razavi Province, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 53.
- Fatemi, A., 2015. Long-Term assessment of water quality and soil degradation risk via hydrochemical indices of Gharasoo River, Iran. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 2, 131-136.
- Fatemi, A., Eskandari, Z., Gholivand, M. B., Zarabi, M., 2022. Corrosion and scaling potentials of rural water distribution network in different climate zones of Kermanshah Province, Iran. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 9, 1-9. <https://doi.org/10.22126/Arww.2022.5678.1187>.
- Ghanizadeh Gh., Ghaneian M. T., 2022. Corrosion and precipitation potential of drinking-water distribution systems in military centers. *Journal of Military Medicine*, 11, 155-160.
- Gharemahmoodlu, M., Shirzadnia, J., 2023. Assessment and comparison of the spring and well water resources quality for drinking and irrigation purposes (case study: east of Gorgan plain). *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 2(1), 47-66. doi: 10.22034/nawee.2023.392449.1037. (In Persian).
- Gharemahmoodlu, M., Sayadi, M., 2025. Application of ionic ratios and saturation indexes in interpreting of Oqan River hydrochemical processes, Golestan Province. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, e232316 doi: 10.22034/nawee.2024.465612.1092. (In Persian).
- Grover, B. P. C., 2016. Geochemical modelling of the speciation, transport, dispersal and fate of metal contaminants in water systems in the vicinity of tailings storage facilities.
- Hassani, Amir Hesam., Setareh, Parastoo., Javid, Amir Hossein., Zinatizadeh, Ali Akbar., 2020. Application software Aq. QA the Quality of Chemical Characterization of Groundwater Resources (Case study Sonqor, Kermanshah). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(2 (93) ), 117-126 (in Persian).
- Helmreich, B., Hilliges, R., Schriewer, A., Horn, H., 2010. Runoff pollutants of a highly trafficked urban road–correlation analysis and seasonal influences. *Chemosphere*, 80, 991-997.
- Honarbaksh, A., Ostovari, Y., Mousavi, A. A., 2021. Qualitative assessment and mapping of corrosion and sedimentation potential of Marvdasht-Kharameh groundwater. *Journal of Water Science & Engineering*, 11, 22-7.
- Jahangiri-Rad, M., Rafiee, M., 2021. Factors affecting scale formation in water distribution networks of Semnan city and preventive measures. *Iranian Journal Of Health and Environment*, 14, 499-516.
- Khadempour, F., Shahidi, A., 2017. Qualitative assessment of surface water using the CWQI method and with the Aquachem software (Case Study: Ghain River in South Khorasan).
- Mañay, N., Goso, C., Pistón, M., Fernández-Turiel, J., García-Vallés, M., Rejas, M., Guerequiz, R., 2013. Groundwater arsenic content in Raigón aquifer system (San José, Uruguay). *Revista SUG N°18*, 20.
- Mehmandost, A., Hasani, A., Ahmadpanahi, H., Poorrajab, R., 2018. Investigating The potential and causes of corrosion or scaling of drinking water resources in Varamin Village villages and preparation of its distribution model in GIS geographic information system. *Iranian Journal of Environmental Geology*, 12, 71-85.
- Mirzabeygi, M., Yousefi, N., Abbasnia, A., Youzi, H., Alikhani, M., Mahvi, A. H., 2017. Evaluation of groundwater quality and assessment of scaling potential and corrosiveness of water supply networks, Iran. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 66, 416-425.
- Nadimi, H., Alahabadi, A., Zarei, A., Riahi manesh, F., Salari, M., 2024. Investigating the indicators of corrosiveness and sedimentation of drinking water in the Villages of East Kakhk. *Journal of Environmental Health Engineering*, 11, 394-405. (In Persian).
- Nayeria, D., Mousavia, S. A., Darvishia, P., Mahmoudia, A., Nooria, E., Delavaric, S., 2019. Evaluation of water quality and stability in the drinking water distribution network: a case study in the Kermanshah city, Iran. *Desalination and Water Treatment*, 166, 180-185. <http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2019.24623>.
- Research, I. I. F. S. A. E., 1997. Drinking water -physical and chemical specification. ICS:13.060.020. (Standard Number 1053). 5th Ed. Iran. (In Persian).

- Rezvani, A., Poor, S. M., Asadollahi, H., 2024. The qualitative assessment of drinking water and its corrosion and scaling potential in urban water distribution network (case study: drinking water of Esfeden City). *Sustainable Development and Smart Building Journal*, 1, 72-82.
- Richards, L. A., Vuachère, M., Schäfer, A. I., 2010. Impact of pH on the removal of fluoride, nitrate and boron by nanofiltration/reverse osmosis. *Desalination*, 261, 331-337.
- Rossum, J. R., Merrill, D. T., 1983. An evaluation of the calcium carbonate saturation indexes. *Journal-American Water Works Association*, 75, 95-100.
- Sajil Kumar, P. J., 2019. Assessment of corrosion and scaling potential of the groundwater in the Thanjavur District using hydrogeochemical analysis and spatial modeling techniques. *SN Applied Sciences*, 1, 395.
- Salehi Servak, A., Almodaresi, A., Merhosaeni, S. A., Sheshbor, M., Jamali, A. A., Kangazian, A., 2021. Investigation of the sediment formation factors in drinking water distribution network of the city of Sough and its relationship to water properties. *Journal of Water and Wastewater; Ab Va Fazilab*, 32, 106-124. (In Persian).
- Shiroud Issa, N., Ganji, A., Moghimi Kandelous, A., Hakimi Asiabar, S., 2023. Hydrogeochemical assessment of cheshmeh kileh catchment (Mazandaran Province) by arcgis and aqqa software, case comparison of Dohezar and Sehezar Sub-Basins. *Researches in Earth Sciences*, 14, 21-41. (In Persian).
- Świetlik, J., Raczky-Stanisławiak, U., Piszora, P., Nawrocki, J., 2012. Corrosion in drinking water pipes: the importance of green rusts. *Water Research*, 46, 1-10. [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Watres.2011.10.006](http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Watres.2011.10.006).
- Tepavitcharova, S., Todorov, T., Rabadjieva, D., Dassenakis, M., Paraskevopoulou, V., 2011. Chemical speciation in natural and brine sea waters. *Environmental Monitoring and Assessment*, 180, 217-227.
- Torres, J., Gonzatto, L., Goso, C., Fernández Turiel, J. L., Rejas Alejos, M., Garcia Vallès, M., Kremer, C., Kremer, E., 2015. Using chemical modeling to asses water quality in the Raigón aquifer system in Southern Uruguay. *Journal of Environment Pollution and Human Health*, 2015, Vol. 3, Num. 2, P. 31-38.
- UMOREN, I., ONIANWA, P., 2012. Surface water quality status and chemical speciation of Qua Iboe River system, Niger-Delta, Nigeria. *Elixir Pollution*, 47, 9064-9073.
- Vairavamoorthy, K., Yan, J., Galgale, H. M., Gorantiwar, S. D., 2007. IRA-WDS: A GIS-Based risk analysis tool for water distribution systems. *Environmental Modelling & Software*, 22, 951-965. [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Envsoft.2006.05.027](http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Envsoft.2006.05.027).
- Yang, D., Yang, Y., Xia, J., 2021. Hydrological cycle and water resources in a changing world: a review. *Geography and Sustainability*, 2, 115-122.
- Zhang, T., Ding, L., Ren, H., Guo, Z., Tan, J., 2010. Thermodynamic modeling of ferric phosphate precipitation for phosphorus removal and recovery from wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 176, 444-450.
- ZHU, Q., CAO, Y., 2024. Research on provincial water resources carrying capacity and coordinated development in China based on combined weighting TOPSIS model. *Scientific Reports*, 14, 12497.
- Zia, K. M., Bhatti, H. N., Bhatti, I. A., Nawaz, R., 2008. A Phs Equation for calcium carbonate scale prediction in cooling water system. *Journal-Chemical Society of Pakistan*, 30, 182.