

## **Assessment of Surface Water Quality Using Water Quality Index for Drinking, Agricultural, and Industrial purposes (Case Study: Masouleh Rudkhan River in Gilan)**

**Leila Ooshaksaraie<sup>1\*</sup>; Amirhossein Ebhaneh<sup>2</sup>**

- \*1. Department of Environmental Engineering, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran  
2. MSc., Department of Civil Engineering, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

\*Email Address: [le.ooshaksaraei@iau.ac.ir](mailto:le.ooshaksaraei@iau.ac.ir)

### **Article Info**

**Article Type:**  
Research Paper

### **Article History:**

Received Date:  
**2025/03/04**  
Revised Date:  
**2025/04/27**  
Accepted Date:  
**2025/04/28**  
Published Date:  
**2025/08/07**

### **Keywords:**

Masouleh Rudkhan river,  
World Health Organization,  
Wilcox and Schoeller diagram,  
Langelier Saturation and Ryznar  
Stability Index, Chemistry software.

### **ABSTRACT**

The purpose of this study is to investigate the quality of water resources for drinking, agricultural, and industrial uses, based on World Health Organization (WHO) standards, the Wilcox and Schoeller diagrams using Chemistry software, and the Langelier Saturation Index (LSI) and Ryznar Stability Index (RSI) in a section of the Masouleh Rudkhan River located in Guilan Province. Data from three hydrometric stations, Zudel, Kamadul, and Chamethqal, were used to assess water quality parameters, including pH, Ca, Mg, Na, EC, TDS, SAR, TH, Cl, SO<sub>4</sub>, and HCO<sub>3</sub>. By comparing the water quality variables with the World Health Organization standards, it was indicated that the water quality of the river in the study area was within the permissible range. According to the Willcox and Schuller quality indices, the river water was suitable for agricultural use and good for drinking purposes. Based on the Langelier and Ryznar indices, the available water resources were reported as corrosive. Therefore, to prevent irreparable damage, appropriate and comprehensive management is required, which can reduce excessive extraction of water resources through supply and demand management. Additionally, to preserve and protect these waters resources, further studies such as preparing quantitative and qualitative maps of the region's water resources using modern and accurate methods, are effective.

**Cite this article:** Leila Ooshaksaraie , Amirhossein Ebhaneh (2025), Assessment of Surface Water Quality Using Water Quality Index for Drinking, Agricultural, and Industrial purposes (Case Study: Masouleh Rudkhan River in Gilan), Journal of Environmental Sciences Studies, 10(2), Pages 10346 – 10362.

## EXTENDED ABSTRACT

### Introduction

Surface water is the most important water resources and plays a significant role in supplying water for various activities such as agriculture, industry, and drinking. There are various standards to assess drinking water quality. The Schoeller diagram can identify drinking water quality. To determine agricultural water quality, the Wilcox classification can be used. Also, to classify water for industrial uses, the Langelier Saturation and Ryznar Stability index are used. Numerous studies have been conducted on water resources quality such as; Cham Anjir River water quality, based on the Schoeller diagram, is good and acceptable for drinking, Tuo River water quality have high salinity and low alkalinity, which can be used for irrigation, while the Bian River water quality had high salinity and were suitable for irrigating plants with high salt tolerance. The purpose of this study is to determine the water quality of the Masouleh Rudkhan River at the Chamethqal, Zudel, and Kamadul hydrometric stations in the Masouleh Rudkhan watershed.

### Materials and methods

In this research, data recorded at three hydrometric stations, Zudel, Kamadul, and Chamethqal, located in the Masouleh Rudkhan watershed in Guilan Province, were used. This study examined parameters such as pH, Ca, Mg, Na, EC, TDS, SAR, TH, Cl, SO<sub>4</sub>, and HCO<sub>3</sub> were examined as key water resource quality parameters. The Zudel, Kamadul and Chamethqal stations are located upstream, midstream and downstream of the river. In assessing the water quality of the Masouleh Rudkhan River for drinking and agricultural purposes, Chemistry software was used, along with the Schoeller and Wilcox diagrams. River water quality is investigated using the World Health Organization standard and Langelier Saturation and Ryznar Stability Index for industrial use.

### Results and discussion

It can be summarized that pH, Ca, Mg, Na, TDS, TH, Cl, SO<sub>4</sub>, and HCO<sub>3</sub> are within a good range, EC is moderate, and SAR is at a low risk of alkalization. The Schoeller diagram indicates that the Masouleh Rudkhan River water quality is in good category for drinking purposes. The Wilcox diagram shows that the river water quality is slightly saline and suitable for agriculture. The results of the Langelier Saturation and Ryznar Stability Index indicate that the Masouleh Rudkhan River water quality is corrosive for industrial uses and can have an adverse effect on well equipment and water supply facilities. The results of this study consistent with the studies conducted by Akhourzadeh on the Dez River and by Izadi et al., on the Khorramabad River.

### Conclusion

The following suggestions are provided for water resource management. Water supply and demand management can be reduced excessive water withdrawal from water resources. Due to the limited availability of water resources and increasing final cost of water extraction, allocating water resources to projects with the highest efficiency is essential. Economic comparison and prioritization of projects are of great importance. Preparing quantitative and qualitative maps of the region's water resources using modern and accurate methods is effective. The use of new irrigation technologies compatible with climatic and agricultural conditions should be carefully selected.



## ارزیابی کیفی آب های سطحی با استفاده از شاخص های کیفیت آب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت (مطالعه موردی: رودخانه ماسوله رودخان در گیلان)

لیلا اوشک سرائی<sup>۱\*</sup>، امیر حسین ابهانه<sup>۲</sup>

\*۱- گروه مهندسی محیط زیست، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران  
 ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه عمران، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران  
 \*ایمیل نویسنده مسئول: le.ooshaksaraei@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله علمی پژوهشی	هدف از این پژوهش، بررسی کیفیت منابع آب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، نمودار ویلکاکس و شولر با استفاده از نرم افزار Chemistry، شاخص های لائزلیه و رایزنر در بخشی از رودخانه ماسوله رودخان واقع در استان گیلان می باشد. داده های مربوط به سه ایستگاه زودل، کمادول و چمئقال رودخانه ماسوله رودخان برای پارامترهای کیفی شامل pH، Ca، Mg، Na، EC، TDS، SAR، TH، Cl، SO <sub>4</sub> ، HCO <sub>3</sub> استفاده شد. با مقایسه متغیرهای کیفی آب با استاندارد سازمانی جهانی بهداشت مشخص گردید که کیفیت آب رودخانه در محدوده مطالعه دارای مقادیری در محدوده مجاز این استاندارد بودند. با توجه به شاخص کیفی ویلکاکس و شولر آب رودخانه برای مصارف کشاورزی در حد مناسب و از نظر شرب در حد خوب قرار گرفت. از نظر ضریب لائزلیه و رایزنر منابع آبی موجود خورنده گزارش گردید. بنابراین برای جلوگیری از آسیب های جبران ناپذیر به مدیریت مناسب و جامع نیاز است که می توان با مدیریت عرضه و تقاضا، برداشت بی رویه از منابع آب را کاهش داد. همچنین برای حفظ و صیانت از این آب ها نیازمند مطالعات دیگر مانند تهیه نقشه های کمی و کیفی منابع آب منطقه با استفاده از روش های نوین و دقیق موثر است.
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۳/۱۲/۱۴	
<b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۴/۰۲/۰۷	
<b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۴/۰۲/۰۸	
<b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۴/۰۵/۱۶	
<b>کلید واژه ها:</b> رودخانه ماسوله رودخان، استاندارد سازمان جهانی بهداشت، نمودار شولر ویلکاکس، شاخص لائزلیه و رایزنر، نرم افزار Chemistry.	

همواره منابع آب، به ویژه آب های شیرین یکی از عوامل اصلی حفظ بهداشت و توسعه پایدار جوامع است که افزون بر کمیت، وضع کیفی آن نیز اهمیت ویژه ای دارد. حفاظت و استفاده بهینه از منابع آب از اصول توسعه پایدار هر کشور محسوب می شود. آب های سطحی جاری یا رودخانه ها از مهم ترین منابع آب هستند و عامل مهمی در تامین آب مورد نیاز فعالیت های مختلف مانند کشاورزی، صنعت و شرب به شمار می روند. ورود آلاینده های تجزیه پذیر زیستی به رودخانه باعث ایجاد اختلال در توازن اکسیژن محلول گردیده و ورود مواد مغذی از منابع مختلف به ویژه فاضلاب خانگی و پساب های کشاورزی و صنعتی، موجب تغییرات کیفی منابع آب می . بر اساس پیش بینی سازمان ملل بحران کم آبی به سرعت در حال توسعه بوده و هم اکنون چندین کشور به طور جدی با این بحران درگیر هستند و تعدادی دیگر از کشورها از جمله ایران تا سال ۲۰۲۵ به جمع آنها خواهند پیوست . از آنجائی که رودخانه ها به عنوان یکی از منابع مهم تامین کننده نیاز آبی جوامع بشری در بیشتر کشورها محسوب می شوند؛ بنابراین شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از آن از اهمیت بالایی برخوردار است . ترکیبات مختلفی در آب ها وجود دارند که بر کیفیت شیمیایی و فیزیکی آن موثرند . کیفیت آب تعیین کننده نوع استفاده از آب برای مصارف مختلف است. کمیت زیاد منابع آب در یک محیط نمی تواند تضمین کننده رفع نیازهای محیط باشد، بلکه باید آب از نظر کیفی بررسی شود و متناسب با کیفیت آن برای مصارف مختلف استفاده گردد. کیفیت آب یکی از جنبه های هیدروژئوشیمی است که درباره توصیف شیمیایی آب، توزیع مکانی انواع متشکله های شیمیایی و قابلیت مصرف آب برای اهداف صنعتی، کشاورزی و مصارف خانگی و شهری بحث می کند . در مورد آبهای سطحی، باید اطلاعات مربوطه را پردازش کرده و نتیجه خلاصه شده آن را برای کاربردهای مختلف به متخصصین ارائه نمود . معمولاً جهت تعیین مناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف، پس از نمونه گیری، آزمایش های تجزیه شیمیایی روی نمونه ها انجام شده و با مقایسه نتایج آنها با مقادیر استاندارد، کیفیت آب جهت هر نوع مصرف مشخص می گردد . برای استفاده های شرب، صنعت، کشاورزی و سایر مصارف، استانداردهای ویژه ای وجود دارد. در این استانداردها ممکن است محدوده مجاز پارامترهای مختلف، متناسب با نوع مصرف متفاوت باشد. در حالیکه به دلیل ورود مواد آلی به داخل رودخانه ها، ضرورت دارد وضعیت کیفی آب رودخانه ها مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرد . استانداردهای متفاوتی برای بررسی کیفیت آب آشامیدنی وجود دارد. یکی از این استانداردها، نمودار نیمه لگاریتمی شولر است . برای تعیین کیفیت آب کشاورزی از طبقه بندی ویلکاکس که یکی از مهمترین طبقه بندی ها در این زمینه می باشد، استفاده می شود. همچنین برای طبقه بندی آب برای مصارف صنعتی از ضریب اشباع شدگی لانتزلیه استفاده می شود که از تفاوت مقدار اسیدیت آب و میزان اسیدیت اشباع حاصل می گردد. تاکنون مطالعات زیادی درباره بررسی کیفیت شیمیایی آب ها صورت گرفته است که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد: سلیمانی (۱۳۹۲) در تجزیه شیمیایی و روندیابی شاخص های کیفیت شیمیایی آب رودخانه چم انجیر خرم آباد به این نتیجه رسیدند که آب این رودخانه براساس نمودار شولر در دسته خوب و قابل قبول از نظر شرب قرار دارد و مانعی برای نوشیدن ندارد. شیرزاد نیا و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی اثرگذاری زیر حوضه ها بر پارامترهای کیفیت آب رودخانه چهل چای پرداخته و اظهار داشتند که اولویت هر زیرحوزه بر پارامترهای کیفیت آب، NSFQI متفاوت بوده و مطابق طبقه بندی با شاخص رودخانه چهل چای در کلاس متوسط کیفی قرار گرفته است . حیدری نژاد و همکاران (۱۳۹۷)، به پژوهشی با هدف پایش کیفی پارامترهای شیمیایی فیزیکی منابع آب زیرزمینی سه شهرستان در استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج نشان داد که اکثر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شهرستان خواف در محدوده استاندارد ملی بوده و اما شهرستان تایباد و رشتخوار از نظر برخی پارامترها فراتر از محدوده استاندارد هستند . جعفری اول و همکاران (۱۳۹۶)، در پژوهشی به پایش کیفیت آب قنوات پهنه شرق تهران از نظر شاخص های زیست محیطی پرداختند. از نظر شاخص های لازم برای کشاورزی، نتایج آزمایش ها حکایت از مطلوب بودن قنوات پهنه شرقی تهران داشتند. همایون نژاد و همکاران (۱۳۹۵) کیفیت آب مخازن چاه های نیمه زایل را با استفاده از نمودار شولر، قابل قبول ارزیابی کردند. سلیمانی مطلق و همکاران (۱۳۹۲) در ارزیابی تاثیرات خشکسالی بر کیفیت آب های سطحی از نمودار شولر بهره گرفتند و پی بردند که کیفیت آب شرب این منابع، از خوب به قابل قبول تغییر پیدا کرده است . از شاخص های مورد استفاده در بررسی کیفیت منابع آب در سطح جهان نیز می توان به بررسی شاخص WQI برای رودخانه سابارماتی هندوستان اشاره کرد که نتایج این مطالعه نشان داد ایستگاه های واقع در نواحی شهری دارای بدترین کیفیت آب بوده که علت اصلی کاهش کیفیت آب به دلیل فعالیت های انسانی بالا، تخلیه غیرقانونی فاضلاب و پساب های صنعتی، نبود سرویس بهداشتی مناسب، محوطه های حفاظت نشده رودخانه ها و رواناب شهری است . ارزیابی کیفی منابع آب در حوزه آبریز زاینده رود و بررسی آسیب پذیری این حوزه نشان داد، کیفیت آب این رودخانه به دلیل ورود فاضلاب شهری و صنعتی و پساب حاوی کود و سم کشاورزی در رده کیفی بد قرار دارد که باعث آسیب پذیری بالای این رودخانه در برابر عوامل طبیعی و انسان ساخت گردیده است . ارزیابی کیفیت آب رودخانه بهشت آباد در محل تلاقی چشمه شلمزار با آب کوه رنگ نشان داد که کیفیت آب در طبقه متوسط و خوب در تغییر بوده که ورود آلاینده های کشاورزی و تخلیه فاضلاب واحدهای خدماتی رفاهی در بالادست و ایستگاه های پرورش ماهی منجر به

کاهش کیفیت آب شدند. خصوصیات هیدروشیمیایی و ارزیابی کیفیت آب رودخانه ها در مناطق مختلف شهرها بررسی شد. نتایج ارزیابی کیفیت آب آبیاری نشان داد نمونه های رودخانه Tuو دارای نمک زیاد و قلیایی کم هستند که می تواند برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرد، در حالی که نمونه های آب رودخانه Bian دارای نمک زیاد بودند و برای آبیاری گیاهان با تحمل شدید نمک مناسب بود. از این رو مطالعه دقیق منابع آبی از لحاظ مصارف مختلف به منظور ارائه راهکارهایی در جهت حفاظت، مدیریت و بهره برداری بهینه از منابع آبی، امری ضروری به نظر می رسد. با توجه به توضیحات بیان شده، هدف این مقاله تعیین کیفیت آب رودخانه ماسوله رودخان در ایستگاه هیدرومتری چمئقال، زودل و کمادول در حوضه آبریز ماسوله رودخان است که با استفاده از استاندارد سازمان جهانی بهداشت، نمودار شولر و ویلکوکس برای مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت بررسی می شود.

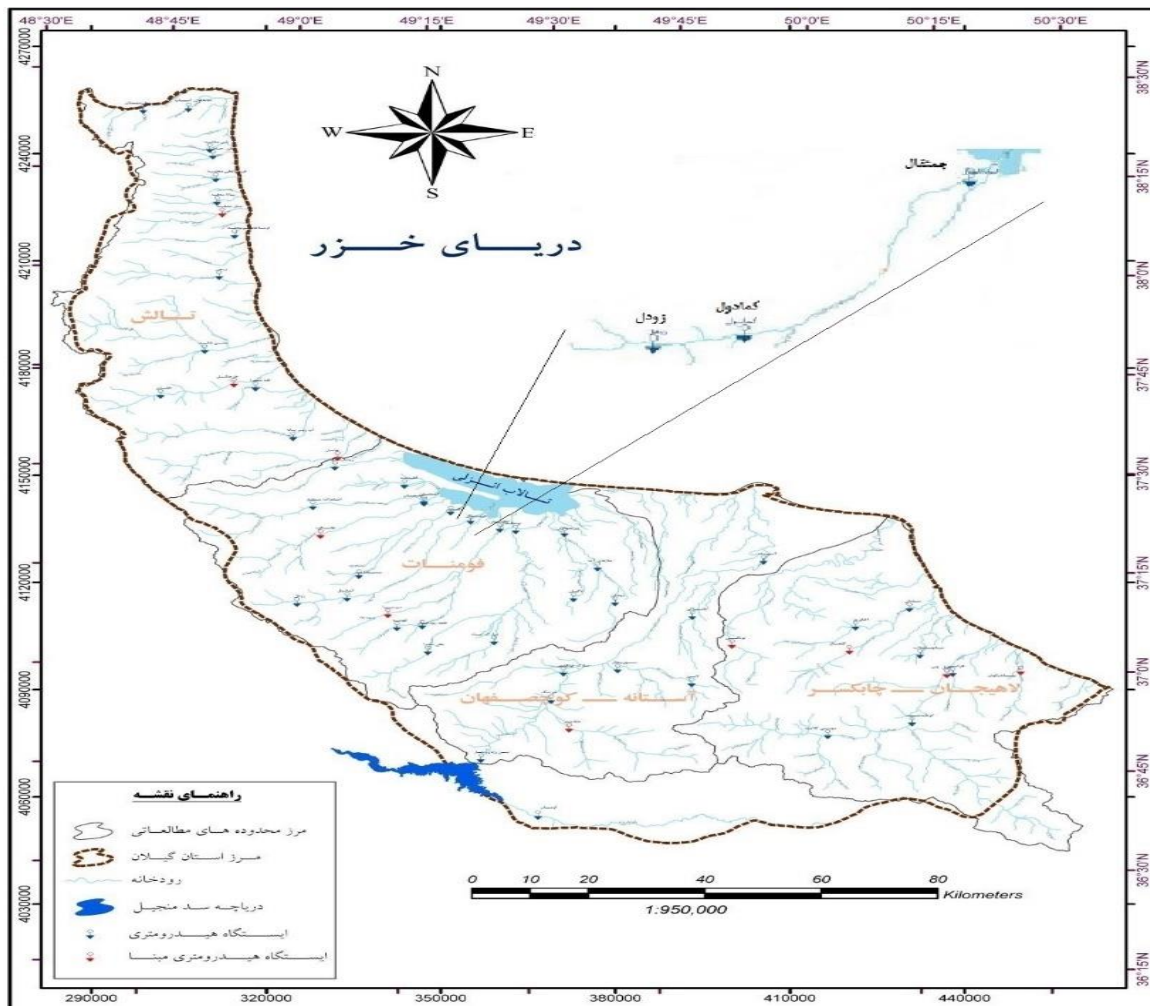
## ۲- روش انجام تحقیق

### • محدوده مورد مطالعه و انتخاب نقاط نمونه برداری

ماسوله رودخان از ارتفاعات ۲۹۰۰ متری ماسوله در استان گیلان سرچشمه می گیرد و پس از گذشتن از جنگل، از جنوب غرب به شمال شرق، با پیوستن شاخه های دیگری به آن، وارد دشت فومنات شده و با عبور از شمال غرب و شمال شهر صومعه سرا به تالاب انزلی می پیوندد. این رودخانه پرآب و دائمی بوده و طول آن حدود ۶۰ کیلومتر است که بیش از ۳۵ کیلومتر آن در داخل دشت جریان دارد. جهت بررسی کیفیت آب ماسوله رودخانه، داده های ثبت شده در سه ایستگاه هیدرومتری چمئقال، زودل و کمادول واقع در حوضه آبریز ماسوله رودخان برای بازه زمانی نه ساله استفاده شده است. در این مطالعه پارامترهای هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، نسبت جذب سدیم، سختی کل، کلر، سولفات، بیکربنات، کلسیم، منیزیم، سدیم و اسیدیته به عنوان پارامترهای شاخص کیفیت منابع آب مورد بررسی قرار گرفتند. ایستگاه اول در بالادست رودخانه در روستای زودل به طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۹ دقیقه، ایستگاه دوم در اواسط رودخانه در روستای کمادول به طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۷ دقیقه و به عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه و ایستگاه سوم در پایین دست رودخانه در روستای چمئقال به طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۱ دقیقه و به عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه قرار دارند (شکل ۱).

### • کیفیت آب از نظر مصارف شرب، کشاورزی و صنعت

در این تحقیق برای بررسی کیفیت آب رودخانه ماسوله رودخان جهت مصارف شرب و کشاورزی از نرم افزار Chemistry با بهره گیری از نمودارهای شولر و ویلکاکس استفاده شده است. برای مصارف صنعت، کیفیت آب رودخانه با استفاده از شاخص های لانژلیه و رایزنر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین داده های حاصل با استانداردهای جهانی مقایسه و مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس استانداردها، آب شرب، کشاورزی و صنعت باید دارای ویژگی های خاص شیمیایی باشد و املاح آن از حدود خاصی تجاوز نکند.



شکل ۱. نقشه مطالعاتی رودخانه ماسوله و موقعیت ایستگاه های هیدرومتری

• استاندارد سازمان جهانی بهداشت

برای خواص شیمیایی آب مانند کاتیون ها، آنیون ها، کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی و خواص فیزیکی آب مانند pH، استاندارد سازمان جهانی بهداشت (۲۰۰۷) به منظور مقایسه نتایج تحقیق با آن آورده و به کار گرفته خواهد شد (جدول ۱).

جدول ۱. مقادیر استاندارد سازمان جهانی بهداشت برحسب میلی گرم در لیتر

متغیر	استاندارد سازمان جهانی بهداشت
pH	۵/۵-۶/۸
Na	۲۰۰
K	۱۲
Ca	۷۵
Mg	۵۰
TH	۱۰۰
TDH	۵۰۰
EC	۱۵۰۰
CO <sub>3</sub>	-
HCO <sub>3</sub>	۱۵۰
SO <sub>4</sub>	۲۰۰
Cl	۲۰۰

### • نمودار شولر

برای مشخص کردن کیفیت آب، افزون بر استانداردهای ملی و بین المللی از استاندارد نمودار شولر نیز استفاده شده است. یکی از تقسیم بندی های مصرف آب شرب، استفاده از دیاگرام شولر است. نمودار شولر که بر اساس استانداردهای پیشنهادی آب شرب انسان طراحی شده است، می تواند برای تعیین قابلیت شرب نمونه های آب بر اساس غلظت یون های عمده مورد نیاز بدن به کار رود. در نمودار براساس پنج شاخص شیمیایی کلر، سدیم، سولفات، سختی و کل مواد جامد محلول، آب ها از نظر مصرف آشامیدنی به شش گروه خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطلوب و غیرقابل شرب تقسیم می شوند. در جدول (۲) محدوده های مختلف متغیرهای به کاررفته برای آب شرب آمده است.

جدول ۲. طبقه بندی شولر برای کیفیت آب شرب

متغیر	خوب	قابل قبول	متوسط	نامناسب	کاملاً نامطلوب	غیرقابل شرب
pH	۷/۳	۷/۸	۹	۱۰	۱۱	>۱۱
Ca	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۱۰۰۰	>۱۰۰۰
Mg	۰-۷۰	۷۰-۱۲۰	۱۲۰-۲۰۰	۲۰۰-۴۰۰	۴۰۰-۸۰۰	>۸۰۰
Na	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۲۰	۲۲۰-۴۷۰	۴۷۰-۹۲۰	۹۲۰-۱۹۰۰	>۱۹۰۰
TDS	۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۴۰۰۰-۸۱۰۰	>۸۱۰۰
TH	۰-۲۵۰	۲۵۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	>۴۰۰۰
Cl	۰-۱۹۰	۱۹۰-۳۸۰	۳۸۰-۸۰۰	۸۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۳۰۰۰	>۳۰۰۰
SO <sub>4</sub>	۰-۱۵۰	۱۵۰-۳۰۰	۳۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۲۲۰۰	>۲۲۰۰
HCO <sub>3</sub>	۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	>۲۰۰۰

### • نمودار ویلکاکس

یکی از طبقه بندی های بسیار متداول، طبقه بندی بر اساس دیاگرام ویلکاکس می باشد که توسط دپارتمان کشاورزی آمریکا ارائه گردیده است. در طبقه بندی ویلکاکس دو عامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم SAR (خطر قلیایی شدن) برای تعیین کیفیت مصارف کشاورزی در نظر گرفته شده است. هریک به چهار قسمت تقسیم می شود که در آن S نماینده SAR و C نشان دهنده هدایت الکتریکی است. گروه های مختلف ذکر شده در طبقه بندی ویلکاکس باعث به وجود آمدن ۱۶ کلاس مختلف کیفیت آب می شود. در این طبقه بندی C نشان دهنده شوری و S نشان دهنده مقدار جذب سدیم است. این گروه ها در قالب آب های خیلی خوب، خوب، متوسط و نامناسب طبقه بندی می شوند (جدول های ۳-۵)

جدول ۳. طبقه بندی آب برای کشاورزی بر اساس SAR یا خطر قلیایی شدن

SAR	طبقه	میزان خطر
<۱۰	S <sub>1</sub>	خطر قلیایی شدن کم
۱۱-۱۸	S <sub>2</sub>	خطر قلیایی شدن متوسط
۱۸-۲۶	S <sub>3</sub>	خطر قلیایی شدن زیاد
>۲۶	S <sub>4</sub>	خطر قلیایی شدن خیلی زیاد

جدول ۴. طبقه بندی آب برای کشاورزی بر اساس EC

EC	طبقه	کیفیت از نظر خطر برای خاک
<۲۵۰	C <sub>1</sub>	کم
۲۵۰-۷۵۰	C <sub>2</sub>	متوسط
۷۵۰-۲۲۵۰	C <sub>3</sub>	زیاد
>۲۲۵۰	C <sub>4</sub>	خیلی زیاد

جدول ۵. رده های مختلف آب و نوع کیفیت بر اساس تقسیم بندی ویلکوکس

نوع کیفیت آب برای کشاورزی	رده آب
شیرین، بی ضرر	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>
کمی شور، تقریباً مناسب	C <sub>1</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
شور، با تمهیدات لازم مناسب	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>1</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>3</sub>
خیلی شور، مضر	C <sub>4</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>1</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>1</sub> S <sub>4</sub>

• شاخص های لانتزیه و رایزنر

در رابطه با کیفیت آب از دیدگاه مصارف صنعتی، مهمترین مساله عدم خوردگی و رسوبگذاری آب می باشد. شاخص های لانتزیه و رایزنر از متداول ترین شاخص های تعیین میزان خوردگی و رسوب گذاری آب است. فرایند محاسبه شاخص های لانتزیه و رایزنر در روابط (۱) تا (۹) ارائه شده است.

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

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

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

$$B = -13.12 \times \log_{10}(^{\circ}C + 273) + 34.55 \quad (4)$$

$$-0.4C = \log_{10}(TH) \quad (5)$$

$$D = \log_{10}(Alk) \quad (6)$$

$$TH(CaCO_3 \text{ as } mg/l) = 50 \times (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (7)$$

$$Alk(CaCO_3 \text{ as } mg/l) = (HCO_3^- + CO_3^{2-}) \quad (8)$$

$$RSI = 2pH_s - pH \quad (9)$$

در آنها، LSI شاخص لانتزیه، RSI شاخص رایزنر، pH مقدار اندازه گیری شده با دستگاه و pH<sub>s</sub> در حالت اشباع، TDS کل جامدات محلول بر حسب میلی گرم در لیتر، C<sup>o</sup> درجه سانتیگراد، TH سختی کل با واحد میلی گرم در لیتر برحسب معادل کربنات کلسیم CaCO<sub>3</sub>، Alk قلیائیت کل با واحد میلی گرم در لیتر برحسب CaCO<sub>3</sub> و غلظت های کلسیم، منیزیم، کربنات و بیکربنات بر حسب میلی اکی والان در لیتر است. همچنین تفسیر گستره مقادیر شاخص های لانتزیه و رایزنر در جدول (۶) ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد، بین شاخص لانتزیه و رایزنر، رابطه ای معکوس وجود دارد به طوری که آبی که خاصیت رسوب گذاری داشته باشد دیگر تمایل به خوردگی ندارد.

جدول ۶. تفسیر گستره مقادیر شاخص های لانتزیه و رایزنر

مقدار شاخص رایزنر	مقدار شاخص لانتزیه	تفسیر
RSI < 6.5	LSI > 0	تمایل به ترسیب کربنات کلسیم (رسوبگذار)
RSI = 6.5	LSI = 0	عدم خوردگی و رسوبگذاری
RSI > 6.5	LSI < 0	تمایل به انحلال کربنات کلسیم (خورنده)

### ۳- نتایج

• کیفیت آب بر مبنای استاندارد ها

منابع آب های سطحی و زیرزمینی همواره حاوی نمک های محلول و عناصر به مقدار کم یا زیاد می باشند؛ همچنین آب باران که وارد زمین می شود حاوی مقدار بسیار کمی از نمک های محلول است و بطور کامل خالص نمی باشد. انواع و غلظت عناصر محلول در منابع آب های سطحی و زیرزمینی به منشأ، سرعت حرکت و مسافت طی شده آب، سنگ ها و مواد در تماس با آن بستگی دارد. در صورت موجود بودن بسیاری از عناصر در یک منطقه و به نسبت میزان حلالیت آن ها، می توانند به صورت محلول در منابع آب های سطحی و زیرزمینی مشاهده شوند. در مطالعات کیفی منابع آب، تعیین نوع و مقادیر عناصر محلول در آب بسیار با اهمیت است و از نظر کاربردی جهت تامین آب برای مصارف شهری، کشاورزی و صنعتی به متخصصان و مهندسان کمک شایانی خواهد کرد. برای بررسی کیفیت آب ماسوله رودخان در محدوده ایستگاه های زودل، کمادول و چمثقال بر مبنای استانداردها می توان به مواردی در جدول (۷) اشاره کرد.

جدول ۷. کیفیت آب ماسوله رودخان بر مبنای استاندارد سازمان جهانی بهداشت

کیفیت	مقدار متوسط	متغیر
خوب	۷/۴۶	pH
خوب	۱۲/۷۳	Na
خطر قلیایی شدن کم	۰/۶۲۶	SAR
خوب	۴۷/۱۷	Ca
خوب	۱۲/۷۳	Mg
خوب	۱۶۵/۵	TH
خوب	۲۶۸	TDH
متوسط	۴۳۴/۵	EC
خوب	۱۴۹/۳۳	HCO <sub>3</sub>
خوب	۳۰	SO <sub>4</sub>
خوب	۳۸/۳	Cl

**pH:** متوسط pH آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده ایستگاه های زودل، کمدول و چمثقال ۷/۴۶ است؛ از این رو کیفیت آب رودخانه در محدوده مطلوب قرار دارد.

**EC:** متوسط مقدار هدایت الکتریکی آب رودخانه ۴۳۴/۵ میکروموس بر سانتی متر است که بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی در وضعیت مناسب می باشد.

**SAR:** متوسط نسبت جذب سدیم آب رودخانه در محدوده ایستگاه های زودل، کمدول و چمثقال ۰/۶۲۶ است؛ از این رو کیفیت آب رودخانه در محدوده خطر قلیایی شدن کم قرار دارد.

**کلسیم:** مقدار متوسط کلسیم آب رودخانه ۴۷/۱۷ میلی گرم در لیتر است؛ از این جهت کیفیت آب رودخانه بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، مطلوب است.

**منیزیم:** مقدار متوسط منیزیم آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده مورد مطالعه ۱۲/۷۳ میلی گرم در لیتر است؛ از این رو بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت در وضعیت خوبی قرار دارد.

**سدیم:** متوسط مقدار سدیم آب رودخانه در محدوده ایستگاه های زودل، کمدول و چمثقال ۱۲/۷۳ میلی گرم در لیتر است که بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، کیفیت آب رودخانه ماسوله رودخان از لحاظ سدیم مشکلی ندارد.

**TDS:** متوسط مقدار TDS آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده مورد مطالعه ۲۶۸ میلی گرم در لیتر است؛ از این رو کیفیت آب رودخانه در حد خوب می باشد و فاقد مشکل است.

**سختی کل:** مقدار متوسط سختی کل آب رودخانه ۱۶۵/۵ میلی گرم در لیتر است؛ از این جهت کیفیت آب رودخانه در محدوده ایستگاه های زودل، کمدول و چمثقال بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، در حد خوب می باشد.

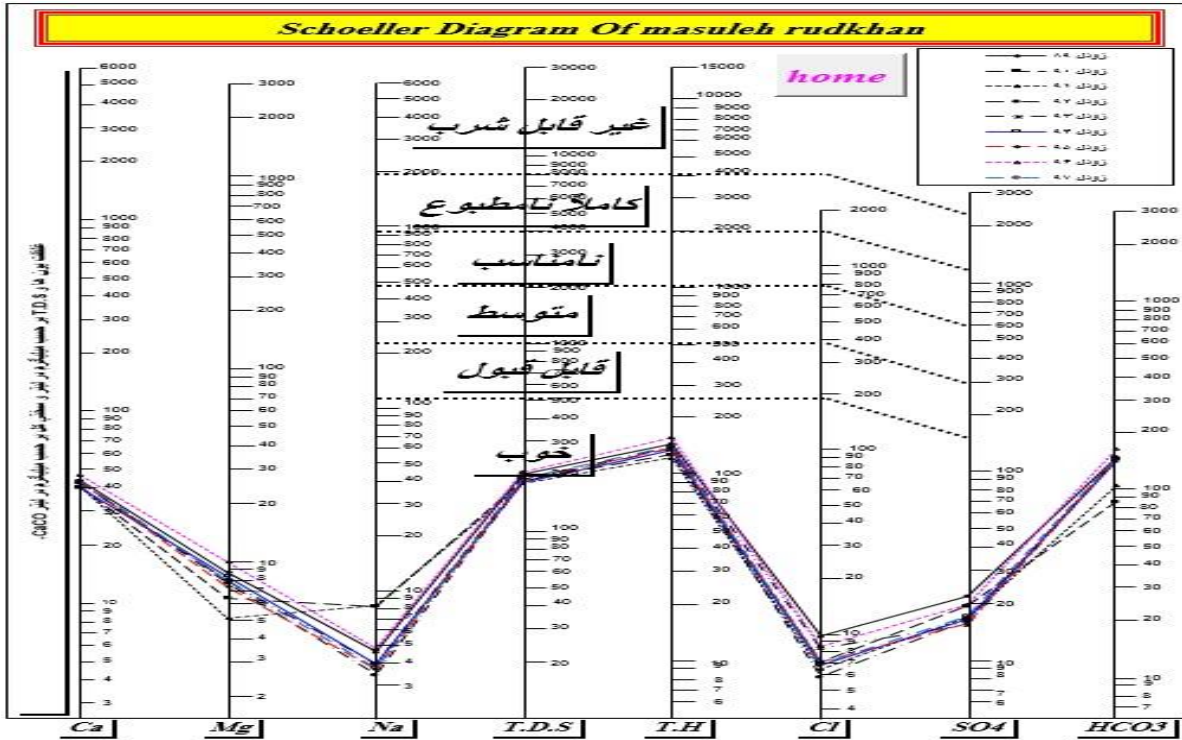
**کلراید:** متوسط مقدار کلراید ۸۳/۳ میلی گرم در لیتر است که در مقایسه با استاندارد سازمان جهانی بهداشت در حد خوب ارزیابی می شود.  
**سولفات:** متوسط مقدار سولفات ۳۰ میلی گرم در لیتر است؛ از این رو کیفیت آب رودخانه بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت در وضعیت مطلوبی قرار دارد.

**بی کربنات:** مقدار متوسط بی کربنات در آب رودخانه ماسوله رودخان ۱۴۹/۳۳ میلی گرم در لیتر است که در مقایسه با استاندارد سازمان جهانی بهداشت از حد مجاز کمتر است.

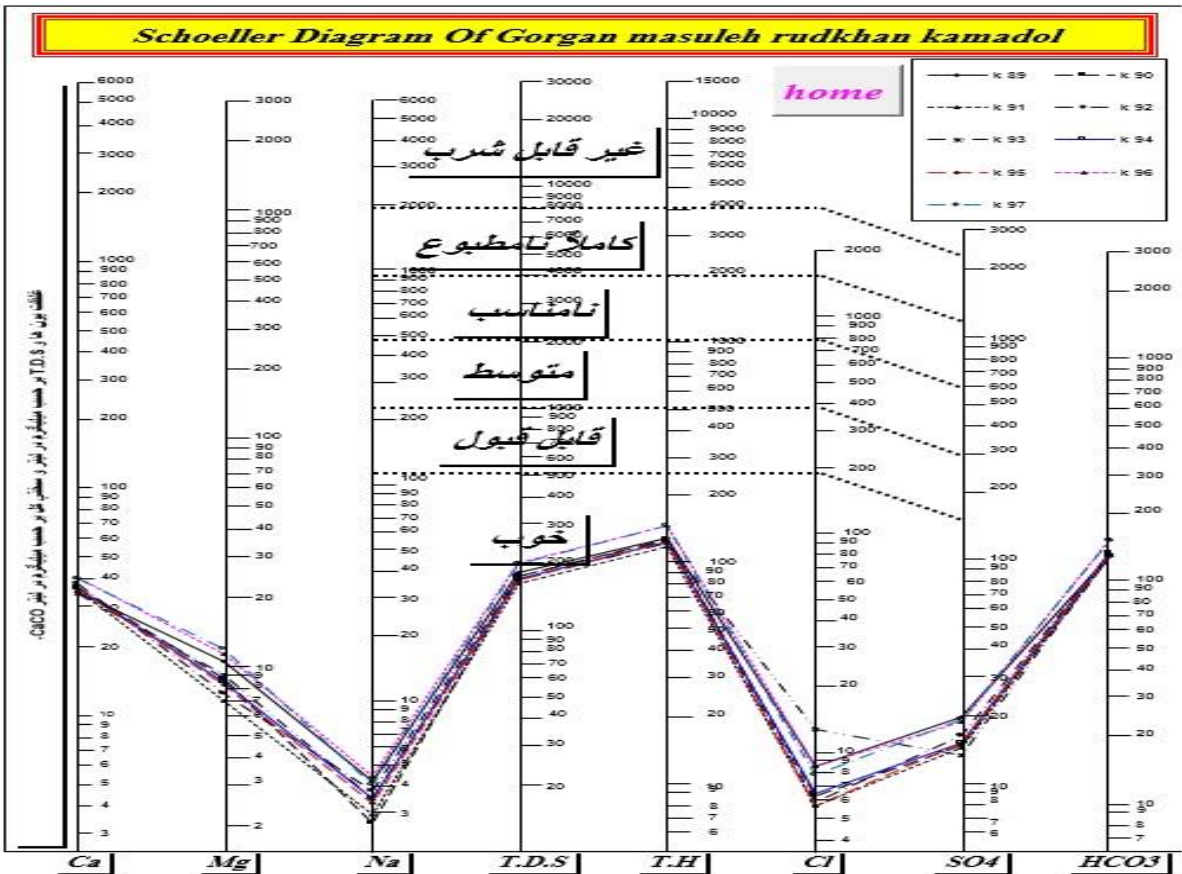
#### • کیفیت آب از نظر مصارف شرب

برای ارزیابی کیفیت آب محدوده مورد مطالعه جهت مصارف شرب نمودار شولر ارائه شده است (شکل های ۲-۴). بر اساس نمودار شولر، آب آشامیدنی ایستگاه های زودل، کمدول و چمثقال از نظر آشامیدن از کیفیت خوبی برخوردار می باشند. بر همین اساس نمونه ها در محدوده خوب و قابل قبول قرار می گیرند و فقط نمونه های ایستگاه چمثقال نسبت به ایستگاه های قبل، از مقادیر بالاتر و پارامترهای TH و TDS در سال ۱۳۹۷ در وضعیت قابل قبول قرار دارند. شاخص هایی که در این روش از آن ها برای تحلیل وضعیت آب استفاده می شود می توان املاح محلول، سختی، کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات و بی کربنات را نام برد. سختی آب با توجه به میزان یون های کلسیم و منیزیم تعیین می شود. مطابق دیاگرام شولر، ارزیابی کیفی آب رودخانه برای مصارف شرب حاکی از آن است که مقادیر سولفات، کلر و

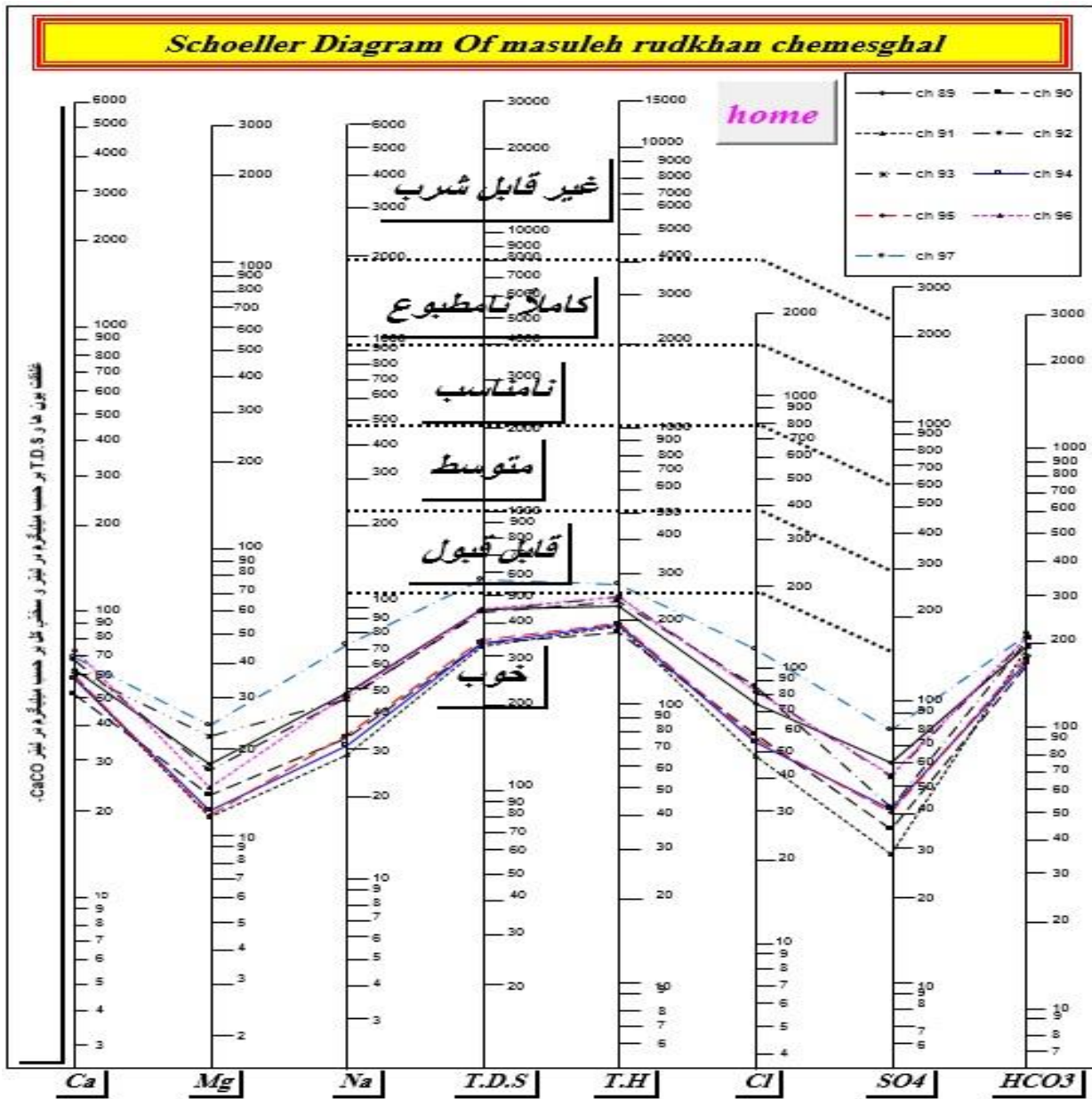
سدیم در محدوده مورد مطالعه در طبقه خوب و مطلوبی قرار دارد. همچنین میزان املاح محلول و سختی کل آب رودخانه در طبقه خوب دسته بندی شده است. در طبقه بندی منابع آب های سطحی و زیرزمینی برای مصارف شرب، برخی یون های نادر آب نیز علاوه بر یون های اصلی با اهمیت می باشند. به دلیل اهمیت از نظر سمی بودن، عناصری مانند آرسنیک و یون های نیترات باید مقدار کنترل شده ای در منابع آب شرب داشته باشند. بنابراین تصمیم گیری در مورد منابع آب های سطحی و زیرزمینی برای مصارف شرب فقط با استفاده از عناصر عمده نمی تواند نتیجه صحیح را ارائه دهد. با توجه به توسعه فعالیت های کشاورزی، میزان زیاد یون های نفوذی از آبیاری و آلودگی منابع آب ها بر اثر استفاده از کودهای مختلف، آلودگی منابع آب های سطحی و زیرزمینی توسط آلاینده ها به خصوص یون نیترات دور از انتظار نمی باشد.



شکل ۲. نمودار شولر آب ایستگاه زودل



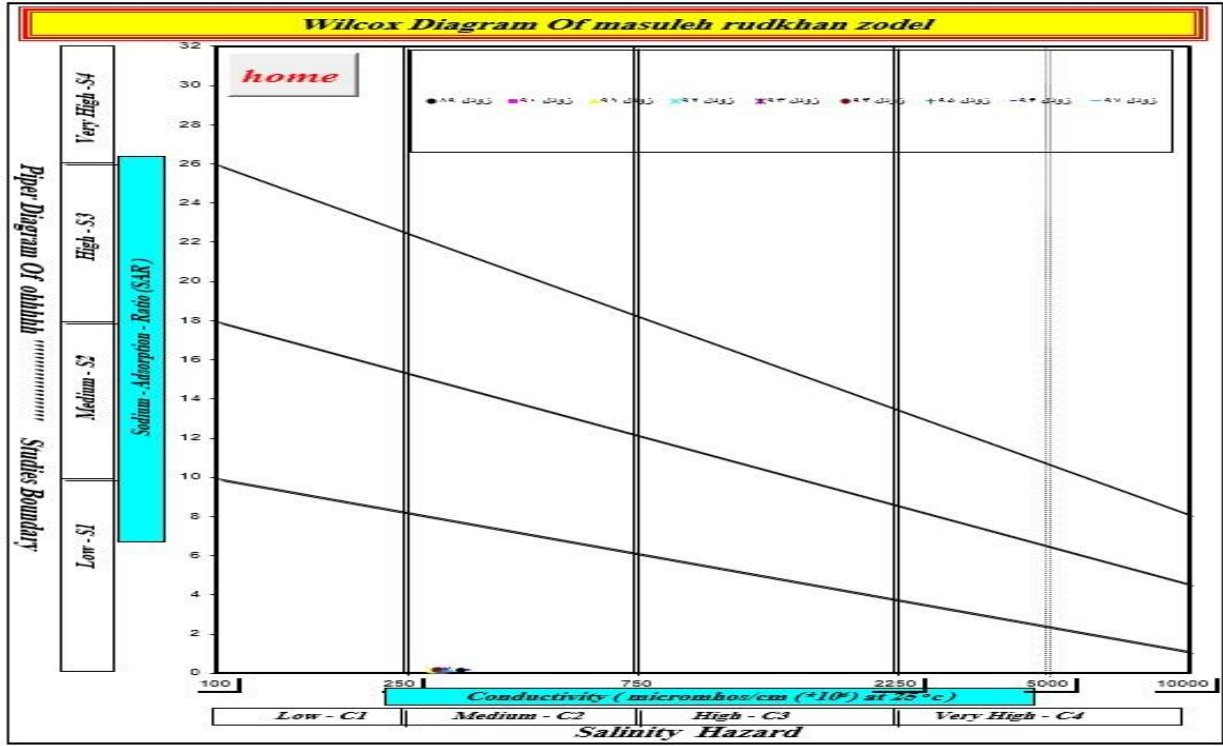
شکل ۳. نمودار شولر آب ایستگاه کامادول



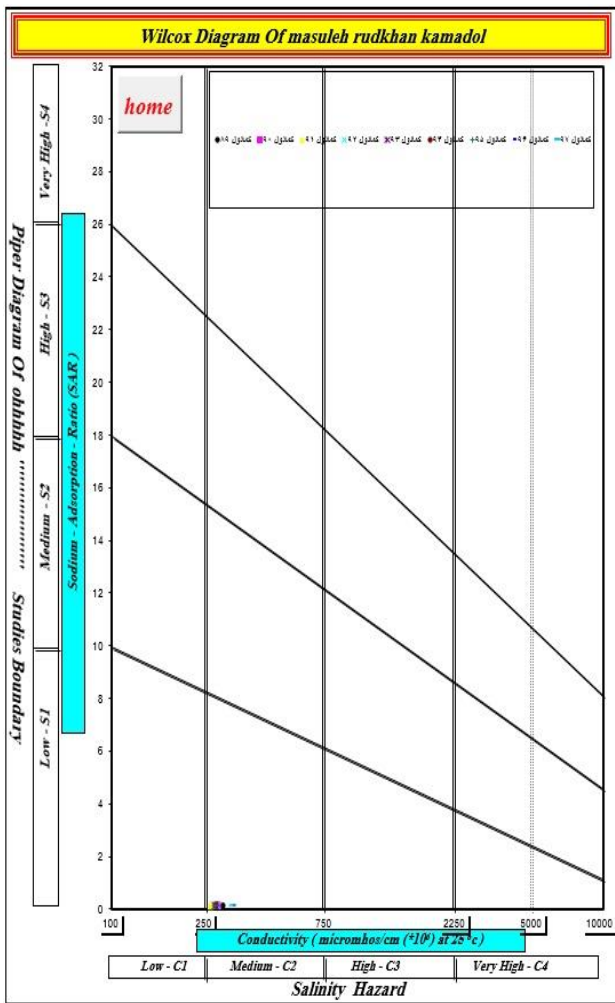
شکل ۴. نمودار شور آب ایستگاه چمقال

#### • کیفیت آب از نظر مصارف کشاورزی

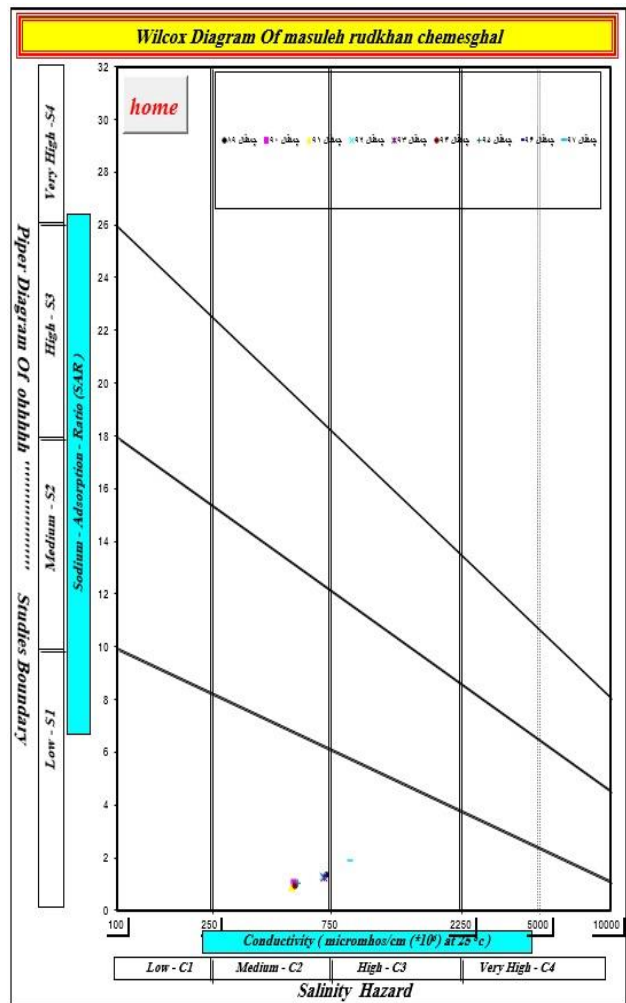
برای طبقه بندی منابع آب کشاورزی منطقه مورد مطالعه می توان از نمودار ویلکاکس استفاده نمود که روشی بسیار متداول است. این نمودار بر اساس دو معیار خطر سدیم (SAR) و خطر شوری (EC)، آب کشاورزی را به شانزده رده طبقه بندی می کند. بر این اساس آب رده های  $C_4S_4$  و  $C_1S_1$  به ترتیب بهترین و بدترین منابع آب برای مصارف کشاورزی و بقیه رده ها با توجه به موقعیت آن ها در نمودار ارزیابی می شوند. مهمترین معیارهای کیفی در طبقه بندی آب برای مصارف کشاورزی، مقدار سدیم و شوری (هدایت الکتریکی) آن است؛ زیرا علاوه بر اینکه بر رشد گیاه مؤثر می باشند، میزان تناسب آب برای مصارف کشاورزی و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک را مشخص می نمایند. نمودار ویلکاکس برای بررسی کیفیت آب ماسوله رودخان جهت مصارف کشاورزی در شکل های ۵-۷ ارائه شده است. مطابق این نمودارها کیفیت آب ایستگاه های زودل، کامدول و چمقال رودخانه در رده  $C_2S_1$  با کیفیت کم شور و مناسب برای کشاورزی و فقط نمونه های ایستگاه چمقال در سال ۱۳۹۷ در رده  $C_3S_1$ ، با کیفیت شور و با اعمال تمهیدات لازم مناسب برای کشاورزی قرار می گیرد. بنابراین ارزیابی ها نشان می دهد که این منبع آب برای کشاورزی از نظر نسبت جذب سدیم (SAR کمتر از ۳) مناسب و از نظر هدایت الکتریکی (بین ۰ تا ۱۰۰۰ میکرو موس بر سانتیمتر) در محدوده عالی قرار دارند.



شکل ۵. نمودار ویلکاکس آب ایستگاه زودل



شکل ۶. نمودار ویلکاکس آب ایستگاه کمادول



شکل ۷. نمودار ویلکاکس آب ایستگاه چمشغال

### • کیفیت آب از نظر مصارف صنعت

آب ماده ضروری برای برخی صنایع مانند داروسازی، نساجی و کاغذسازی است که در آماده سازی مواد، تولید و سرد کردن دستگاه ها استفاده می شود. آب مصرفی صنایع با خصوصیت خورنده و رسوبگذار می تواند اثر نامطلوب بر کیفیت تولید، دستگاه ها و تاسیسات صنعتی داشته باشد. از این رو خوردگی و رسوبگذاری آب در شبکه های آبرسانی و تاسیسات صنعتی به عنوان مهمترین پارامتر تعیین کیفیت آب برای مصارف صنعتی باید مورد ارزیابی قرار گیرند. اکثر آب ها با خوردگی که موجب از بین رفتن مواد فلزی و یا با رسوبگذاری که موجب گرفتگی لوله های مشبک و... در جداره چاه می شوند. pH و pH<sub>s</sub> مهمترین عامل برای بررسی کیفیت آب از نظر مصارف صنعتی است، زیرا نوع آب را از نظر رسوبگذاری یا خوردگی می تواند تعیین کند. همچنین برخی کاتیون ها و آنیون ها می توانند اثر رسوبگذاری یا خوردگی بر روی تاسیسات آبرسانی و تجهیزات آبکشی چاه ها داشته باشند. برای بررسی کیفیت آب ماسوله رودخان به منظور مصارف صنعتی از ضرایب شاخص های لانه و رایزنر استفاده شده است. همانطور که در جدول (۸) مشاهده می گردد نمونه ها خورنده می باشند که نشان دهنده سولفات بودن آب های منطقه مورد مطالعه است و می تواند بر روی منصوبات چاه و تاسیسات آبرسانی اثر نامطلوب برجای گذارد. در صورتیکه استفاده از آب های رسوبده در دیگ های بخار و گرمکن های فشار ضعیف صنعت مناسب نیست. اندیس اشباع آب کمی مثبت برای کنترل خوردگی آب بهتر است زیرا می تواند از خوردگی فلزات با ایجاد لایه های بسیار نازک رسوب جلوگیری کند.

جدول ۸. کیفیت آب ایستگاه های زودل، کمادول و چمثقال در ماسوله رودخان برای مصارف صنعتی

ایستگاه	شاخص لانه (LSI)	شاخص رایزنر (RSI)	کیفیت آب
زودل	-۹/۵۷	۲۶/۳۴۳	خورنده
کمدول	-۹/۵۷۳	۲۶/۲۷۵	خورنده
چمثقال	-۹/۷۶۵	۲۶/۸۱۸	خورنده

### ۴- نتیجه گیری

منابع آب های سطحی و زیرزمینی با کیفیت و کمیت مناسب، مناطق قابل اطمینان برای تامین نیازهای انسان محسوب می شود. یکی از عوامل مهم و تعیین کننده در مصارف مختلف آب، کیفیت فیزیکی و شیمیایی آن است. بطور کلی افزایش املاح و مواد محلول در آب باعث کاهش کیفیت منابع آب می گردد. در این مقاله، پارامترهای کیفی و مصارف مختلف شرب، صنعت و کشاورزی منابع آب رودخانه ماسوله رودخان ارزیابی شد. نتایج بررسی کیفیت آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده ایستگاه های زودل، کمادول و چمثقال بر مبنای استاندارد ها نشان داد: متوسط pH آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده مطالعه ۷/۴۶ است که نشان دهنده قلیایی بودن آب رودخانه است. اکثر رودخانه های ایران و جهان خاصیت قلیایی اندکی دارند. بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت دامنه تغییرات مقدار pH بین ۶/۵-۸ است؛ از این رو کیفیت آب رودخانه در محدوده مطلوب قرار دارد. نیرمالا و همکاران مقدار pH را در آب شهر میسور ۷/۷۳، ۷/۹۲، ۸/۲۶ و ۷/۵۷ به دست آوردند، در صورتیکه متوسط شاخص pH در تحقیق عبادتی و هوشمندزاده تطابق مناسبی با مقدار ماسوله رودخان ندارد زیرا متوسط pH آب ۰/۰۲ از حداکثر استاندارد سازمان جهانی بهداشت بیشتر است. چانگ معتقد است که یکی از علل افزایش pH، افزایش استفاده از آلکالین در جنت ها و مواد آلکالین از فاضلاب های صنعتی است؛ ولی در محدوده مطالعاتی رودخانه ماسوله رودخان احتمالاً افزایش pH به دلیل وجود مناطق وسیع کشاورزی و استفاده از مواد شیمیایی مانند در جنت ها است که از این نظر با نتایج چانگ تطابق مناسبی وجود دارد. بر اساس شاخص TDS می توان گفت آب رودخانه ماسوله رودخان در حد خوب می باشد و فاقد مشکل است؛ زیرا متوسط TDS حدود ۴۶٪ کمتر از استاندارد جهانی است. همچنین می توان گفت آب شفافیت مناسبی دارد و کدر نیست. شریفی نیا و همکاران متوسط TDS را در دریاچه زریوار ایران حدود ۲۰۱/۶ میلی گرم در لیتر به دست آوردند که تقریباً وضعیت مشابهی با آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده ایستگاه های مورد مطالعه دارد. کیفیت آب رودخانه ماسوله رودخان با استفاده از شاخص EC در محدوده ایستگاه های زودل، کمادول و چمثقال در وضعیت مناسب و حدود ۷۱٪ کمتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی است. همچنین می توان گفت آب قابلیت استفاده برای شرب انسان را دارد که بیانگر آن است فعالیت های کشاورزی و فاضلاب شهری در اطراف رودخانه تا قبل از ایستگاه ها کم و مناسب است. مقدار متوسط شاخص EC آب شهر تنوا توسط دورمیشی و همکاران حدود ۴۳۶ میکروموس بر سانتی متر به دست آمد که تقریباً مشابه مقدار ایستگاه های مورد مطالعه است و از این لحاظ کیفیت آب رودخانه ها وضعیت یکسانی دارند. مقدار متوسط کلسیم آب رودخانه ماسوله رودخان از مقدار مجاز استاندارد سازمان جهانی بهداشت، حدود ۳۷٪ کمتر است؛ از این رو کیفیت آب رودخانه بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت مطلوب است. مقدار متوسط شاخص کلسیم ۴۷/۱۷ میلی گرم در لیتر به دست آمد که به طور تقریبی با مقدار کلسیم در تحقیق گودگات و همکاران تطابق مناسبی دارد. قزاز و همکاران مقدار متوسط کلسیم را ۱۲/۳۰ میلی گرم در لیتر به دست آوردند که خیلی کمتر از آب رودخانه ماسوله رودخان است. بر اساس مقایسه متوسط مقدار سدیم با استاندارد سازمان جهانی بهداشت، کیفیت آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده ایستگاه های زودل، کمادول و چمثقال از لحاظ سدیم مشکلی ندارد. مقدار متوسط سدیم حدود ۹۰٪ کمتر از مقدر مندرج در استاندارد مذکور است. این کاتیون نمی تواند سبب تشکیل رسوب و ایجاد خوردگی در دیگ های بخار و ایجاد

مشکلات در کارخانه های یخ سازی شود زیرا غلظت سدیم کمتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر است. قزاز و همکاران متوسط مقدار سدیم را ۲۷/۲۹ میلی گرم در لیتر به دست آوردند که با مقدار سدیم آب ماسوله رودخان نزدیکی دارد و کمتر از متوسط مقدار سدیم در آب رودخانه دز می باشد. بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، از نظر مقدار متوسط منیزیم آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده مورد مطالعه در وضعیت خوبی قرار دارد و حدود ۷۵٪ کمتر از مقادیر استاندارد ذکر شده است که به طور تقریبی با مقدار منیزیم در تحقیق عبادتی و هوشمندزاده تطابق مناسبی دارد. همچنین بر این اساس کیفیت آب رودخانه از نظر سختی کل در حد خوب می باشد که به طور تقریبی با میزان سختی برآورد شده در تحقیق عبادتی و هوشمندزاده تطابق دارد. با مقایسه مقدار متوسط کلراید با استاندارد سازمان جهانی بهداشت نیز می توان دریافت که آب رودخانه فاقد مشکل است؛ زیرا حدود ۸۰٪ کمتر از مقدار مجاز استاندارد این سازمان است. بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، از نظر مقدار متوسط آنیون سولفات، آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده مورد مطالعه در وضعیت مطلوبی قرار دارد. مقدار متوسط سولفات حدود ۸۵٪ کمتر از مقادیر استاندارد ذکر شده و کمتر از متوسط مقدار سولفات رودخانه دز است. به دلیل کم بودن مقدار آن، این آب برای صنایع مناسب است، تلخ مزه نیز نیست و محدودیتی برای استفاده ندارد. مقدار متوسط بی کربنات در آب رودخانه ماسوله رودخان در مقایسه با استاندارد سازمان جهانی بهداشت، حدود ۴۵٪/۰٪ از حد مجاز کمتر است. این مقدار کمتر از متوسط مقدار بی کربنات در آب رودخانه دز می باشد. از لحاظ نسبت جذب سدیم، کیفیت آب رودخانه ماسوله رودخان در محدوده ایستگاه های زودل، کمدول و چمقال در محدوده خطر قلیایی شدن کم قرار دارد. ریحان و علام متوسط نسبت جذب سدیم را ۱۵/۲۹ میلی گرم در لیتر به دست آوردند که از رودخانه ماسوله رودخان بیشتر است. علت را می توان کمتر بودن سدیم آب این رودخانه دانست. همچنین نتایج این پژوهش نشان می دهد، منابع آب محدوده مطالعاتی از نظر شرب دارای وضعیت خوب و قابل قبول، از نظر کشاورزی دارای کیفیت کم شور و مناسب و از نظر صنعت خورنده می باشد. آب های دارای اندیس اشباع مثبت، رسوبده بوده و استفاده از آنها در گرمکن های فشار ضعیف و دیگ های بخار در صنعت مناسب نمی باشد. آب های دارای اندیس اشباع منفی خورنده اند که می تواند بر روی تاسیسات آبرسانی و منصوبات چاه اثر نامطلوب داشته باشد. آب های با اندیس اشباع صفر دارای حالت تعادل بوده و خاصیت رسوبدهی و خوردگی ندارند. برای کنترل خوردگی آب بهتر است اندیس اشباع آب کمی مثبت باشد تا با ایجاد لایه های بسیار نازک رسوب از خوردگی فلزات جلوگیری نماید. جهت بررسی منابع آب محدوده مورد مطالعه نمودار شولر برای ارزیابی مصارف شرب تهیه شده است. بر اساس این نمودار، کیفیت آب رودخانه در محدوده مطالعاتی در گروه خوب و قابل قبول از نظر شرب قرار داشته و مانعی از نظر شرب ندارند. نمودار ویلکاکس برای بررسی منابع آب محدوده مورد مطالعه جهت ارزیابی مصارف کشاورزی ارائه شده است. نتایج حاصل از نمودار ویلکاکس نشان داد که کیفیت آب رودخانه در محدوده خوب (کم شور) و مناسب برای کشاورزی قرار دارند. فقط یک ایستگاه در یک سال در گروه قابل قبول از نظر شرب و در گروه متوسط (شور) و قابل استفاده برای کشاورزی با اعمال تمهیدات لازم قرار می گیرند. کیفیت آب محدوده مورد مطالعه از لحاظ مصارف صنعتی بر اساس ضرایب شاخص های لانتزیه و رایزنر نشان داد که سه ایستگاه خاصیت خورنده دارند. بررسی منابع آب رودخانه ماسوله رودخان نشان می دهد که میزان غلظت عناصر در آب های سطحی خروجی حوضه می تواند کیفیت کمتری به دلیل اثر فعالیت های انسانی بر منابع آبی داشته باشد ولی این مقدار کیفیت نیز در رده کیفیت مناسب قرار می گیرد، بنابراین تمامی منابع آبی منطقه مورد مطالعه از نظر استانداردهای آب آشامیدنی در رده کیفیت مناسب قرار دارند. بطور کلی بر اساس ارزیابی کیفیت آب از نظر شرب، کشاورزی و صنعت با استفاده از نمودار شولر، ویلکوکس و روش لانتزیه می توان کیفیت آب حوضه مطالعاتی را مناسب جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت عنوان نمود. مطالعات مختلفی در بررسی کیفیت منابع آبی از نظر مصارف شرب، کشاورزی و صنعت بر اساس دیگرام های شولر، ویلکاکس و شاخص اشباع شدگی لانتزیه و رایزنر انجام گرفته است. نتایج این پژوهش با مطالعات آخورزاده (۱۳۹۷) در رودخانه دز و ایزدی و همکاران (۱۳۹۸) در رودخانه خرم آباد مطابقت دارد. Ige et al., (2017) کیفیت منابع آب منطقه ایوغربی نیجریه برای مصارف شرب و کشاورزی را با استفاده از ۲۰ نمونه آب جمع آوری شده از چاه ها بررسی نمودند. نتایج نشان داد اکثر نمونه ها برای آبیاری و شرب مناسب می باشند. سلطانی و جهانگیر (۱۳۹۷) کیفیت منابع آب های سطحی منطقه جنوب غربی استان سیستان و بلوچستان از نظر شرب، صنعت و کشاورزی را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که آب تمامی ایستگاه ها جزء یکی از کلاس های  $C_3S_2$ ،  $C_3S_1$ ،  $C_2S_1$  قرار گرفته و برای کشاورزی مناسب، برای صنعت در سه ایستگاه در وضعیت متعادل و مابقی ایستگاه ها حالت رسوب گذار و خورنده و برای شرب به غیر از کلسیم بقیه عناصر در محدوده خوب تا قابل قبول قرار گرفته اند. برای مدیریت منابع آب پیشنهادهایی در ادامه داده شده است. می توان با مدیریت عرضه و تقاضا، برداشت بی رویه از منابع آب را کاهش داد. به دلیل محدود بودن منابع آب در دسترس و افزایش هزینه نهایی برداشت آب، تخصیص منابع آبی به طرح های با بیشترین بهره وری ضروری است. مقایسه و اولویت بندی اقتصادی طرح ها اهمیت زیادی دارد. تهیه نقشه های کمی و کیفی منابع آب منطقه با استفاده از روش های نوین و دقیق موثر است. کاربرد فناوری های جدید آبیاری سازگار با شرایط اقلیمی و کشاورزی با دقت انتخاب شود. همچنین توصیه می شود برنامه پایش مستمر کیفیت آب و توسعه شیوه های مدیریت موثر برای استفاده از منابع آب انجام گیرد.

- Chai, Y., Xiao, C., Li, M., Liang, X. 2020. Hydrogeochemical Characteristics and Groundwater Quality Evaluation Based on Multivariate Statistical Analysis. *Water*, 12(10): 2792.
- Gazzaz, N.M., Yusoff, M.K., Zaharin Aris, A., Juahir, H., Ramli, M.F. 2012. Artificial neural network modeling of the water quality index for Kinta River (Malaysia) using water quality variables as predictors, *Marine Pollution Bulletin*, 64(11): 2409-2420.
- Ige, O.O., Okunola, N., Obasju, D.O., Omrinoye, O.A. 2017. Hydrochemical evaluation of water resources in IWO southwestern Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management*, 10(7): 958-967.
- Jackson, C.R., Meister, R., Prudhomme, C. 2011. Modelling the effects of climate change and its uncertainty on UK Chalk groundwater resources from an ensemble of global climate model projections, *Journal of Hydrology*, 399(1-2): 12-28.
- Karanth, K.R., 1987. *Ground Water assessment: development and management*, Tata McGraw-Hill education.
- Kosha, A.S., Geeta, S.J. 2015. Evaluation of water quality index for River Sabarmati, Gujarat, India. *Appl. Water Sci.*, (7): 1349-1358.
- Mirzaei, M., Solgi, E., Salman-Mahiny, A. 2016. Evaluation of surface water quality by NSFQI index and pollution risk assessment, using WRASTIC Index in 2015. *J. Arch. Hygiene Sci.*, 5(4): 264-277.
- Moftah Haghimi, M. 2010. Water quality zoning using different quality indices (Case study: Toluq River), *J. Soil Water Conserv. Res.*, 2: 10-16.
- Nirmala, B., Suresh Kumar, B.V., Suchetan, P.A., Shet Prakash, M. 2012. Seasonal Variations of Physico Chemical Characteristics of Ground Water Samples of Mysore City, Karnataka, India, *International Research Journal of Environment Sciences*, 1(4): 43-49.
- Raihan, F., Alam, J.B. 2008. Assessment of ground water quality in Sunamganj of Bangladesh, Iran. *J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 5(3): 155-166.
- Schoeller, H. 1965. Qualitative evaluation of groundwater resources. *Methods and techniques of groundwater investigations and development*. UNESCO, Paris, 54-83.
- Sharifinia, M., Ramezanpour, Z., Imanpour, J., Mahmoudifard, A., Rahmani, T. 2019. Water quality assessment of the Zarivar Lake using physico-chemical parameters and NSF- WQI indicator, Kurdistan Province-Iran, *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 7(1): 87-97.
- Srinivasa Reddy, K. 2013. Assessment of groundwater quality for irrigation of Bhaskar Rao Kunta watershed, Nalgonda District, India, *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 5(7): 418-425.
- Wang, Q., Wu, X., Zhao, B., Qin, J., Peng, T. 2015. Combined multivariate statistical techniques, Water Pollution Index (WPI) and Daniel trend test methods to evaluate temporal and spatial variations and trends of water quality at Shanchong River in the Northwest Basin of Lake Fuxian, China. *Plos One*, 10(4):1-17.
- Wilcox, L.V. 1958. Determining the quality of irrigation water (No. 197). US Department of Agriculture.

- استواری، ی. بیگی هرچگانی ح.ا. ۱۳۹۲. مقایسه پتانسیل های رسوب گذاری و خوردگی و مولفه های آنها در سفره های آب زیرزمینی دشت های لردهگان و جمال. *مجله مهندسی آب و محیط زیست ایران*، ۱(۲): ۲۶-۱۵.
- اسفندیاری، م.، حکیم زاده اردکانی، م.ا. ۱۳۸۹. ارزیابی وضعیت بالفعل بیابان زاپی، با تأکید بر تخریب منابع خاک براساس مدل IMDPA (مطالعه موردی: آباده طشک- فارس). *فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۷(۴): ۶۲۴-۶۳۱.
- ایزدی، ز.، بهرامی، ن.، مریدی نژاد، رضا. ۱۳۹۸. ارزیابی کیفیت آب رودخانه خرم آباد برای مصارف شرب و کشاورزی. *اولین گردهمایی علمی محیط زیست کاربردی، تهران*.
- آخوردزاده، ح. ۱۳۹۷. طبقه بندی آب در رودخانه دز برای شرب، کشاورزی و صنعت، یازدهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز.
- آذر، ع.، زهتابیان، غ.، نظری سامانی، ع.، خسروی، ح. ۱۳۹۴. پایش بیابان زاپی دشت گرمسار با تأکید بر دو معیار آب و کشاورزی، مرتع و آبخیزداری. *مجله منابع طبیعی ایران*، ۶۸(۳): ۴۲۸-۴۳۹.

- آقایی، م.، حشمت پور، ع.، قره محمدلو، م.، سیدیان، س. م. ۱۳۹۹. بررسی کیفیت آب رودخانه چهل چای با استفاده از شاخص IRWQISC. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲(۵): ۱۵۳-۱۶۶.
- پیری علم، ر.، شمس خرم آبادی، ق.ا.، شاهمنصوری، م.ر. فرزاد کیا، م. ۱۳۸۷. تعیین پتانسیل خوردندگی یا رسوب گذاری آب آشامیدنی شبکه های توزیع شهر خرم آباد با استفاده از اندیس های خوردندگی. فصلنامه عملی-پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان، ۱۰(۳): ۱-۳.
- جعفری اول، ی.، عبادتی، ن.، یوسفی، ح.، کلاتنتری، ب.، میرزایی، م. ۱۳۹۶. پراکنش و پایش کیفی آب قنوات شرق تهران به منظور مدیریت منابع آب. اکوهیدرولوژی، ۴(۱): ۵۲-۳۹.
- حسینی وردجانی، س.م.، خوش روش، م.، قهرمان، م.، نادری، م. ۱۴۰۲. ارزیابی تناسب کیفیت آبهای زیرزمینی برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت (مطالعه موردی: جنوب استان چهارمحال و بختیاری). محیط زیست و مهندسی آب، ۹(۴): ۵۳۱-۵۱۵.
- حشمتی، ا.، خدانشناس، س. ر. ۱۳۹۶. ارزیابی کیفیت آبخوان دشت بجنورد با استفاده از نمودارهای کیفی و نقشه های هم میزان برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت. چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت، ایران.
- حیدری نژاد، ز.، حیدری، م.، سلیمانی، ح.، نجفی صالح، ح. ۱۳۹۷. ارزیابی کیفیت فیزیکی و شیمیایی منابع آب زیرزمینی شهرستان های خواف، تایباد و رشتخوار طی سال های ۱۳۸۴-۱۳۹۴. مجله طب پیشگیری، ۵(۱): ۴۲-۳۶.
- رستگاری مهر، م. ۱۳۹۰. مطالعه زمین شیمی زیست محیطی فلزات سنگین در آب و رسوبات بخشی از رودخانه زاینده رود (شعاع ۵۰ کیلومتری از مرکز شهر اصفهان: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
- سالاری، م. ۱۴۰۲. بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از شاخص های کیفیت آب جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت (مطالعه موردی: دشت شیراز). مطالعات علوم محیط زیست، ۸(۴): ۷۵۷۴-۷۵۸۶.
- سعیدی پور، م. ۱۳۹۸. ارزیابی کیفی آب رودخانه های کارون و دز در فصول تر و خشک با استفاده از شاخص کیفی ویلکاکس و شولر جهت مصارف کشاورزی و شرب: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و مناطبی خوزستان.
- سلطانی، ک.، جهانگیر، م.ح. ۱۳۹۷. پهنه بندی کیفی منابع آب شهری، صنعتی و کشاورزی در منطقه جنوب شرقی استان سیستان و بلوچستان. نشریه علمی- ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۳(۴): ۳۲-۱۸.
- سلیمانی مطلق، م.، طالبی، ع.، زارعی، م. ۱۳۹۲. بررسی اثرات خشکسالی بر کیفیت منابع آب سطحی حوزه آبخیز کشکان. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۶(۱۲): ۱۵۴-۱۶۵.
- سلیمانی، س. ۱۳۹۲. آنالیز و روندیابی شاخص های کیفیت شیمیایی آب، مطالعه موردی رودخانه چم انجیر خرم آباد. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۱۲(۳): ۱۰۶-۹۵.
- شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان، ۱۳۹۴. مطالعات پایش کیفی آب رودخانه ماسوله رودخان و حوضه های پیش رودبار و پلناگ ور و تعداد ۲۰ حلقه چاه. مهندسين مشاور طيف ساز سبز.
- شیرزادنيا، ج.، حشمتپور، ع.، فتح آبادی، ا.، اکبری، ر. ۱۳۹۶. نقش زیرحوضه ها در پارامترهای کیفیت آب رودخانه چهل چای. مجله محیط زیست و مهندسی آب، ۷(۴): ۳۷۸-۳۹۰.
- صداقت، م. ۱۳۸۷. زمین و منابع آب (آب های زیرزمینی). انتشارات دانشگاه پیام نور.
- عبادتی، ن. ۱۳۹۳. بررسی کیفیت آب رودخانه دز برای مصارف مختلف شرب، صنعت و کشاورزی. گزارش طرح پژوهشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر.
- عبادتی، ن.، هوشمندزاده، م. ۱۳۹۳. بررسی کیفیت آب رودخانه دز در ایستگاه آب سنجی دزفول. مجله اکوهیدرولوژی، ۱(۲): ۶۹-۸۱.
- عطافر، ز.، الماسی، ع.، سرخوش، م.، درگاهی، ع. ۱۳۹۴. مطالعه روند تغییرات کیفیت میکروبی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان کرمانشاه طی دوره ده ساله (۹۲-۱۳۸۳). مجله مهندسی بهداشت محیط، ۳(۱): ۹-۱۹.
- فتحی، ا.، زمانی، ر.، محمودی، ا.، زارعبیدی، ر. ۱۳۹۷. ارزیابی کیفیت آب رودخانه بهشت آباد در محل تالقی چشمه شلمزار با آب کوهرننگ. مجله محیط زیست و مهندسی آب، ۴(۲): ۱۷۸-۱۸۳.
- لطفی، ع.، ظهرايي، ن.، محمدرزبهبانی، م. ۱۳۹۶. بررسی کیفیت آب رودخانه سیکان با استفاده از شاخص های NSFQI و BCWQI. محیط زیست و مهندسی آب، ۳(۴): ۳۶۷-۳۷۷.
- مختاری، ا.، عالیقدری، م.، حضرتی، ص.، صادقی، ه.، قراری، ن. قربانی، ل. ۱۳۸۹. ارزیابی وضعیت خوردندگی و رسوب گذاری شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل با استفاده از شاخص های Langelier و Ryznar. مجله عملی پژوهشی سلامت و بهداشت اردبیل، ۱(۱): ۲۳-۱۴.
- معتمدی راد، م.، مختاری، ل.گ.، بهرامی، ش.، زنگنه، م.ع. ۱۴۰۰. ارزیابی کیفیت منابع آبی از نظر شرب، کشاورزی و صنعت در آبخوان کارستی روئین اسفراین استان خراسان شمالی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱(۶۲): ۷۳-۹۳.
- مقدم یکتا، ن.، رفعتی، م.، کریمی، ع.، سجادی، ن. ۱۴۰۱. بررسی کیفیت آب رودخانه شهری و ارزیابی تناسب آن ها با کاربری حفاظت از محیط زیست (مطالعه موردی رودخانه کن). مجله محیط زیست و مهندسی آب، ۸(۳): ۷۳۸-۷۵۲.

- مهدوی، م. ۱۳۸۸. هیدرولوژی عمومی، انتشارات علم و ادب.
- همایون نژاد، ا.، امیریان، پ.، پیری، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت آب مخازن چاه نیمه زابل از نقطه نظر شرب و کشاورزی ( با تکیه بر نمودارهای شولر و ویلکوکس). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(۱): ۱-۱۲.
- یوسفی، آ.، ۱۳۹۴. ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه بوانات از نظر شرب و کشاورزی: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
- یوسفی، ح.، ریحانی، ا.، امینی، ل.، قاسمی، ل. ۱۴۰۱. ارزیابی کیفیت آب قنا تنها با استفاده از برنامه Chemistry جهت مصارف مختلف در نائین. نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۳ (۵۰): ۴۶۳-۴۸۶.