

جلد ۱، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴

ارزیابی کیفی آب شرب و پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آن در شبکه توزیع (مطالعه موردی: آب شرب شهر اسفدن)

علی رضوانی^{۱*}، سمیرا محمدپور^۲، حسین اسداللهی^۳

۱- گروه مهندسی عمران- دانشکده مهندسی- دانشگاه بزرگمهر قائنات- قائنات- ایران.

۲- گروه مهندسی عمران- دانشکده مهندسی- دانشگاه بزرگمهر قائنات- قائنات- ایران.

۳- گروه مهندسی عمران- دانشکده مهندسی- دانشگاه بزرگمهر قائنات- قائنات- ایران.

چکیده

منابع آب زیرزمینی به عنوان تنها منابع پایدار آب آشامیدنی در استان خراسان جنوبی برای تأمین نیاز آب شرب شهرها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این منابع اغلب دارای غلظت بالایی از ترکیبات یونی هستند که کیفیت آن‌ها را برای مصارف شرب و صنعتی تحت تأثیر قرار می‌دهند، بنابراین، آنالیز و تحلیل کیفی منابع آب زیرزمینی در طول دوره بهره‌برداری امری ضروری است. در این راستا، با استفاده از داده‌های مربوط به آنالیز آب منابع زیرزمینی شهر اسفدن در استان خراسان جنوبی به بررسی کیفی آن از نظر قابلیت استفاده برای شرب و همچنین پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری در شبکه توزیع پرداخته شد. بدین منظور، قابلیت شرب منابع آب زیرزمینی شهر اسفدن برای یک بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰، بر اساس استانداردهای کیفی آب شرب ایران (۱۰۵۳) و سازمان بهداشت جهانی مورد ارزیابی قرار گرفت و همچنین، برای بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آن از شاخص‌های اشباع لانه‌ای، پایداری رایزور، رسوب‌گذاری پوکوریوس و لارسون اسکولد استفاده گردید. نتایج این تحقیق، بیانگر سطح کیفی مطلوبی آب شرب شهر اسفدن مطابق استاندارد آب شرب ایران و سازمان بهداشت جهانی بوده و نزدیک به دو دهه

خشک‌سالی در استان خراسان جنوبی سبب کاهش کیفیت منابع آب این شهر نشده است. همچنین، بر اساس شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری مذکور، آب در طی بازه زمانی مورد مطالعه معمولاً در وضعیتی نسبتاً خورنده قرار داشته است و احتمال آسیب ضعیف به شبکه انتقال و توزیع آب وجود دارد، بنابراین، به‌طور کلی، شهر اسفدن از منابعی سالم و دارای سطح استاندارد بالا برای مصارف خانگی بهره می‌برد.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۴

واژه‌های کلیدی:

منابع آب، شبکه توزیع آب شهری، کیفیت آب، شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری، شهر اسفدن.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: arezvani@buqaen.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه تأمین آب سالم و با کیفیت، یک نیاز اصلی جوامع بشری محسوب می‌شود و ارتباط تنگاتنگی با سطح سلامت جامعه دارد. ارزیابی کیفی منابع آب با استفاده از شاخص‌های گوناگونی انجام می‌شود که در این میان "شاخص پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب" به عنوان پارامتری مهم در زمینه تعیین کیفیت آب محسوب می‌گردد [۱]. پدیده خوردگی، یک واکنش الکتروشیمیایی بین جداره لوله و آب است که در این پدیده، لایه داخلی لوله با یک فرایند اکسیداسیون تجزیه شده و سبب ورود برخی از یون‌های سازنده جدار لوله به داخل آب می‌گردد. پدیده رسوب‌گذاری، یک پدیده چند فازی است که طی آن کاتیون‌های دو ظرفیتی داخل آب (کلسیم و منیزیم)، با آنیون‌های محلول شرایط را برای تشکیل نمک‌های کم محلول فراهم می‌نماید و این رسوب‌ها بصورت لایه‌ای در جدار لوله ظاهر می‌شوند [۲].

پدیده خوردگی و رسوب‌گذاری اثرات منفی بر شبکه توزیع آب و کیفیت آب داخل لوله‌ها می‌گذارد و سبب کاهش طول عمر اجزا شبکه توزیع آب (پمپ‌ها، مخازن، لوله‌ها و ...)، نشستی آب و کاهش کیفی آب شرب می‌گردد. بر اساس دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی، پایش کیفی آب در شبکه توزیع (از نظر تمایل به خوردگی و رسوب‌گذاری) برای اطمینان از تحویل آبی سالم و بهداشتی به مشتریان امری ضروری است، زیرا، یک شبکه توزیع آب سالم می‌تواند آب با کیفیت مطلوب را از تصفیه خانه آب تحویل گرفته و در اختیار مشتری قرار دهد [۳]. همچنین، پدیده خوردگی و رسوب‌گذاری، هزینه بسیار بالایی را در فاز بهره‌برداری بر تأسیسات شبکه انتقال و توزیع آب تحمیل می‌کند و سبب اتلاف حجم زیادی از آب تولیدی می‌گردد. به‌طور مثال، در آمریکا سالیانه چند صد میلیارد دلار صرف هزینه‌های ناشی از خوردگی‌های ناشی از آب در شبکه انتقال و توزیع می‌گردد و حجم آب اتلافی ناشی از نشستی‌های شبکه توزیع بین حدود ۵٪ (در شبکه‌های نو) تا ۳۰٪ (در شبکه‌های با عمر طولانی) حجم آب تولیدی برآورد می‌شود [۴].

عوامل مؤثر بر خوردگی و رسوب‌گذاری لوله‌ها را می‌توان در چهار گروه به‌صورت مقابل تقسیم‌بندی نمود: (۱) کیفیت میکروبیولوژیکی آب (تأثیر حضور گونه‌های میکروبیولوژیکی بر pH سیال)، (۲) کیفیت فیزیکوشیمیایی آب (تأثیر حضور گونه‌های مختلف یونی محلول، ترکیبات معلق، دما و ...)، (۳) شرایط هیدرولیکی جریان (سرعت جریان) و (۴) جنس لوله‌ها و تأسیسات مورد استفاده [۵].

روش‌های مختلفی برای ارزیابی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری یک سیال وجود دارد که در این میان، روش‌های غیر مستقیم ارزیابی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری بر پایه شاخص‌های کیفی آب از اهمیت بالایی برخوردار هستند. این شاخص‌ها وضعیت آب را از نظر توانایی در تشکیل رسوب کربنات کلسیم مورد ارزیابی قرار می‌دهند و بر این اساس، آب را به سه وضعیت اصلی غیر رسوب-گذار، اشباع و فوق اشباع نسبت به کربنات کلسیم تقسیم‌بندی می‌کنند [۶]. متداول‌ترین شاخص‌ها در این زمینه شامل شاخص اشباع لائزلیه^۱، شاخص پایداری رایزنر^۲، شاخص رسوب‌گذاری پوکوریوس^۳ و شاخص لارسون-اسکولد^۴ هستند [۷]. بر طبق استانداردهای جهانی، آب‌های خورنده سبب مشکلات متعددی در زمینه آسیب به تأسیسات و تجهیزات شبکه انتقال و توزیع آب می‌گردد و همچنین بر کیفیت آب شبکه تأثیر نامطلوب می‌گذارد، بنابراین، آب استحصال از منابع آب سطحی و زیرزمینی به ترتیب هر دو سال یک بار و هر سال یک بار بایستی از نظر پتانسیل خوردگی مورد ارزیابی قرار گیرد [۸]. مطالعات متعددی توسط محققین در نقاط مختلف ایران و جهان با هدف ارزیابی پدیده خوردگی و رسوب‌گذاری آب در شبکه توزیع صورت گرفته است که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

فریدی‌راد و قلی‌نژاد [۸] در تحقیقی، کیفیت شیمیایی و پتانسیل خوردگی آب آشامیدنی شهر پردیس را مورد ارزیابی قرار دادند. در این راستا، طی یک سال از پنج چاه فلمن اطراف رودخانه جاجرود و مخزن مربوط به آبگیر سد لتیان نمونه‌برداری انجام شد. سپس براساس مقادیر کمی و کیفی نمونه‌های آب، پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آن‌ها با استفاده از شاخص‌های لائزلیه، رایزنر، پوکوریوس و لارسون-اسکولد مشخص شد. بر طبق نتایج، آب ورودی تمایل به خوردگی دارد و نیاز به اقدامات اصلاحی برای جلوگیری از خوردگی در خطوط انتقال و توزیع آب مانند انتخاب لوله‌های از جنس مقاوم، اجرای پوشش مقاوم روی دیواره داخلی لوله یا اصلاح پی اچ آب ضروری است [۸].

صالحی و همکاران [۹] پژوهشی را در راستای ارزیابی پدیده خوردگی و رسوب‌گذاری منابع تأمین و توزیع آب شرب شهر سوق در استان کهگیلویه و بویراحمد بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵ انجام دادند. در این پژوهش توصیفی، پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شبکه آب‌رسانی، با استفاده از شاخص‌های لائزلیه، رایزنر، پوکوریوس و تهاجمی بر روی ۸۴ نمونه آب مربوط به چاه‌های تغذیه، مخازن آب و شبکه آب‌رسانی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر

3. Puckorius Scaling Index (PSI).

4. Larson-Skold Index (LS).

1. Langelier Saturation Index (LSI).

2. Ryznar Stability Index (RSI).

منظور، پارامترهای شیمیایی آب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و کیفیت و خوردگی آن بر اساس شاخص‌های لانتلیه، رایزنر، پوکوریوس، لارسون-اسکولد و تهاجمی جهت اهداف صنعتی ارزیابی گردید. بر اساس نتایج، شاخص‌های مذکور، وضعیت آب را خورنده گزارش نمودند. همچنین، نتایج شاخص کیفیت آب آشامیدنی نشان داد که ۱/۲ درصد چاه‌ها در گروه‌های عالی، ۵۲/۱ درصد خوب، ۳۹ درصد ضعیف، ۶ درصد بسیار ضعیف و ۱/۷ درصد در طبقه‌های نامناسب برای مصارف شرب قرار دارند. همچنین، شاخص کیفیت آب آبیاری بیانگر قرارگیری به ترتیب ۱۹/۹ درصد و ۸۰/۱ درصد چاه‌ها در کلاس «عالی» و «خوب» بود [۷].

مطالب فوق به خوبی اهمیت مطالعه و پایش مستمر کیفی آب استحصال از منابع مختلف را نشان می‌دهد که در این میان، ارزیابی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب از جهات مختلف (حفاظت از تأسیسات و تأمین کیفیت مطلوب آب) بسیار حائز اهمیت است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کیفی آب شرب شهر اسفدن واقع در استان خراسان جنوبی، برای مصارف شرب و پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آن در شبکه توزیع تعریف گردید و به منظور انجام این تحقیق، ابتدا آنالیز نمونه‌های آب شرب شبکه توزیع آب این شهر جمع‌آوری شد و سپس با استفاده از استانداردهای کیفی آب آشامیدنی، کیفیت آب شرب و با استفاده از شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری، پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب و تأثیر احتمالی آن بر شبکه انتقال و توزیع، مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

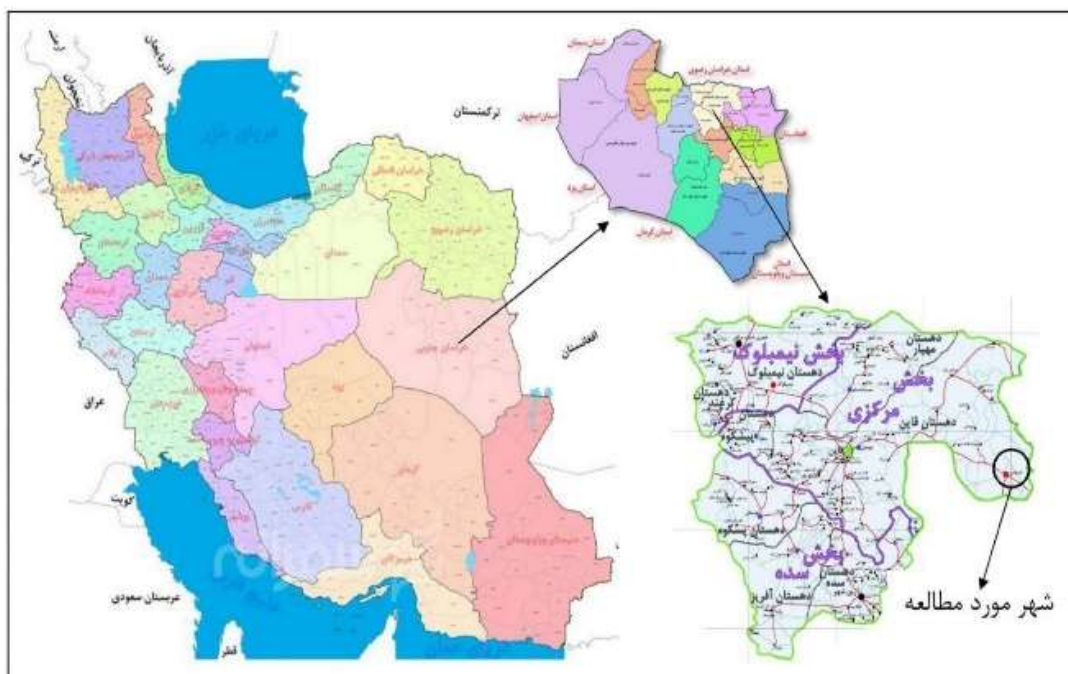
شهر اسفدن با جمعیتی بالغ بر ۳۵۹۸ نفر بر طبق سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، در بخش مرکزی شهرستان قائنات در خراسان جنوبی واقع شده است. آب شرب شهر اسفدن در حال حاضر (سال ۱۴۰۱) از چاه عمیق تأمین می‌شود و پس از استحصال، کلر زنی و به شبکه تزریق می‌گردد. شکل شماره ۱، موقعیت شهر اسفدن را در نقشه تقسیمات سیاسی کشور نشان می‌دهد.

اساس نتایج، منابع تأمین آب منطقه، دارای خوردگی کم تا متوسط بودند و در برخی موارد، اندکی تمایل به ایجاد رسوب پوخته تخم‌مرغی داشتند. همچنین، مقدار شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری شبکه تأمین و توزیع آب شهر، تمایل به رسوب کربنات کلسیم را نشان می‌دهد. بر اساس یافته‌ها، میانگین دمای آب شبکه آب‌رسانی در خط انتقال و مخازن ذخیره فلزی روکار حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد که عامل اصلی تشکیل رسوب در شبکه است [۹].

دیانته و محمودی [۱۰] به بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری منابع آب آشامیدنی آمل، بابل، قائم‌شهر، ساری و نکا در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۵ با شاخص‌های لانتلیه، رایزنر، پوکوریوس، تهاجمی و لارسون-اسکولد پرداختند. بر اساس نتایج این تحقیق، از ۱۹۲ نمونه آب در این شهرها، حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد آن‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف در وضعیت رسوب‌گذار قرار داشتند، بنابراین، در مجموع می‌توان وضعیت آب شهرهای مذکور را رسوب‌گذار توصیف نمود [۱۰].

گارسیا و همکاران [۱۱] در تحقیقی به ارزیابی و تحلیل کیفیت آب آشامیدنی شهر آزوگ در کشور پرو پرداختند. آن‌ها با استفاده از اطلاعات مربوط به پارامترهای فیزیکی-شیمیایی آب و همچنین شاخص کیفیت آب^۱ و شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری به ترتیب کیفیت آب و پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آن را در شبکه توزیع، تعیین نمودند. در این تحقیق، ۳۰ نمونه به‌صورت ماهانه به مدت شش ماه از سراسر شبکه توزیع آب آشامیدنی جمع‌آوری شد. کدورت، دما، هدایت الکتریکی، pH، کل جامدات محلول، سختی کل و آنالیز یونی نمونه‌های آب با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید. پردازش داده‌ها نشان داد که بر اساس شاخص‌های لانتلیه، رایزنر و پوکوریوس آب آشامیدنی در آزوگ خورنده است و همچنین کیفیت آب شرب طبق شاخص WQI در رده خوب و عالی قرار دارد [۱۱].

عباس‌نیا و همکاران [۷] در پژوهشی به مطالعه و ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی ۶۵۴ حلقه چاه روباز در استان سیستان و بلوچستان ایران برای اهداف شرب و کشاورزی پرداختند. بدین



شکل ۱: نقشه ایران و موقعیت شهر اسفدن در تقسیمات سیاسی ایران.

جدول ۱: اطلاعات مربوط به شاخص‌های پایداری آب [۱۲، ۱۳].

نام شاخص	معادله	مقدار شاخص	تفسیر وضعیت محلول نسبت به رسوب کربنات کلسیم
شاخص اشباع لائولیه	$LSI = pH - pH_s$	$LSI < 0$	شرایط فوق اشباع و تمایل به تشکیل رسوب کربنات کلسیم (رسوب‌گذار)
		$LSI = 0$	شرایط اشباع، وضعیت تعادلی کربنات کلسیم در محلول (خنثی)
		$LSI > 0$	شرایط غیر اشباع- تمایل به انحلال کربنات کلسیم (خورنده)
شاخص پایداری رایزنر	$RSI - 2pH_s - pH$	$RSI < 6$	شرایط فوق اشباع و تمایل به تشکیل رسوب کربنات کلسیم (رسوب‌گذار)
		$6 < RSI < 7$	شرایط اشباع، وضعیت تعادلی کربنات کلسیم در محلول (خنثی)
		$RSI > 7$	شرایط غیر اشباع- تمایل به انحلال کربنات کلسیم (خورنده)
شاخص رسوبگذاری پوکوریوس	$PSI = 2pH_{eq} - pH_s$ $pH_{eq} = 1.465 \times \log(T-ALK) + 4.54$	$PSI < 6$	احتمال رسوب‌گذاری وجود دارد (رسوب‌گذار)
		$PSI = 6$	شرایط اشباع نسبت به کربنات کلسیم (خنثی)
		$PSI > 6$	احتمال رسوب‌گذاری وجود ندارد (خورنده)
شاخص لارسون-اسکولد	$LS = \frac{([Cl^-] + [SO_4^{2-}])}{([HCO_3^-] + [CO_3^{2-}])}$	$LS > 1.2$	رسوب‌گذار
		$0.8 < LS < 1.2$	تعادلی
		$LS < 0.8$	خورنده

* در جدول فوق pH: مقدار pH آب در محل، pH_s : مقدار pH آب در حالت تعادلی، T-ALK: مقدار قلیائیت کل بر حسب مولار و در رابطه لارسون-اسکولد غلظت آنیون‌ها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر وارد می‌گردد.

استانداردهای کیفی و شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری آب

در مطالعه توصیفی حاضر، ابتدا به بررسی کیفی آب برای مصارف شرب بر اساس استانداردهای ۱۰۵۳ ایران و سازمان بهداشت جهانی پرداخته شد و سپس پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب در شبکه توزیع طی بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ توسط شاخص‌های اشباع لانتزلیه، پایداری رایزنر، رسوب‌گذاری پوکوریوس و لارسون-اسکولد مورد مطالعه قرار گرفت. کلیه تحلیل‌ها بر پایه اطلاعات دریافتی از شرکت آب و فاضلاب خراسان جنوبی انجام گرفت. جدول شماره ۱، اطلاعات لازم در مورد شاخص‌های پایداری آب را ارائه می‌کند.

آمار و اطلاعات آنالیز آب

جدول ۲: اطلاعات کیفی آب شرب شهر اسفدن را در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰.

ردیف	پارامتر	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۸	۱۳۹۰	۱۳۹۳	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۸	۱۴۰۰
۱	تاریخ	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۸	۱۳۹۰	۱۳۹۳	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۸	۱۴۰۰
۲	کدورت (NTU)	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۴۴	۰/۲۵	۰/۳۲
۳	پی‌اچ	۷/۸۵	۸/۱	۷/۹	۷/۶۳	۸/۰۴	۷/۵۶	۷/۹	۷/۵۶	۷/۹
۴	TDS (mg/L)	۵۸۹/۸۵	۵۴۸	۶۲۱	۶۲۳	۵۵۵/۵	۵۴۵/۳	۵۰۸	۵۶۶/۸	۶۲۳
۵	EC (μS/cm)	۸۸۰	۸۱۸	۸۷۷	۹۳۰	۸۲۹	۸۱۴	۷۵۸	۸۴۶	۹۳۰
۶	دما (°C)	۲۴	۲۳/۵	۲۲	۲۵/۴	۲۱	۲۰/۸	۲۵/۹	۲۵/۳	۱۸/۷
۷	کلر (mg/L)	۹۰	۸۷/۹	۸۸/۳	۸۹/۵	۸۸/۶	۸۵/۸	۸۶/۹	۸۸	۸۸/۵
۸	سولفات (mg/L)	۹۹	۱۰۰	۹۲	۸۹/۷	۸۷/۳	۹۷/۹	۹۵/۷	۹۷	۱۰۲
۹	کربنات (mg/L)	.	.	.	.	.	.	.	.	.
۱۰	بی‌کربنات (mg/L)	۲۲۰/۴۷	۲۴۱/۲	۲۶۰/۳۶	۲۶۱/۹۴	۲۵۸/۷۵	۲۵۸/۳۵	۲۴۱/۶	۲۴۲/۴	۲۴۷/۱۸
۱۱	نیترات (mg/L)	۱۷	۱۶/۵۲	۱۷/۳	۱۶/۴	۱۶	۱۵	۱۵/۳	۱۴/۲	۱۵/۴
۱۲	نیتریت	.	.	.	.	.	.	.	.	.

یک از چالش‌های اساسی در مطالعات مربوط به منابع آب در کشور ایران، عدم وجود بانک‌های اطلاعاتی جامع در زمینه ثبت آمار و آنالیزهای کیفی و کمی منابع موجود است که باعث ایجاد مشکلات متعدد در زمینه ارزیابی و پیش‌بینی وضعیت منابع آب می‌گردد. این مشکل در زمینه اطلاعات کیفی و کمی آب شرب شهر اسفدن نیز مشهود است. بر این اساس، با اطلاعات موجود ارزیابی کیفیت آب منابع از نظر شرب و پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آن مورد بررسی قرار گرفت. جدول شماره ۲، اطلاعات کیفی آب شرب شهر اسفدن را در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ ارائه می‌کند.

(mg/L)										
۳۶/۴۲	۳۱/۹۱	۳۲/۶۸	۳۲/۲۲	۳۶/۲۶	۳۳/۶۶	۳۷/۰۴	۳۳/۴۶	۳۱/۱۳	کلسیم	۱۳
(mg/L)										
۲۱/۲۷	۲۲/۷۹	۲۲/۸۸	۲۱/۶۵	۲۱/۲۷	۲۲/۳۱	۲۱/۵۵	۲۲/۲۲	۲۲/۰۳	منیزیم	۱۴
(mg/L)										
۱۲۲/۷۵	۱۲۳/۰۱	۱۲۱/۸۷	۱۲۲/۳۷	۱۲۰/۸۵	۱۲۱/۳۴	۱۲۰/۸۵	۱۲۰/۳۲	۱۲۰/۱۶	سدیم	۱۵
(mg/L)										
۲/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۳۹	۲/۴۱	۲/۴	۲/۴۱	۲/۴	۲/۴	پتاسیم	۱۶
(mg/L)										
۱۷۸/۲۱	۱۷۳/۱۵	۱۷۵/۴۸	۱۶۹/۲۶	۱۷۷/۸۲	۱۷۵/۰۹	۱۸۰/۹۳	۱۷۴/۷	۱۶۸/۰۹	سختی کل	۱۷
(mg/L as CaCO ₃)										
۹۱/۰۵	۷۹/۷۷	۸۱/۷۱	۸۰/۵۴	۹۰/۶۶	۸۳/۶۵	۹۲/۶	۸۳/۶۵	۷۷/۸۲	سختی کلسیمی	۱۸
(mg/L as CaCO ₃)										
۲۰۲/۶۱	۱۹۸/۶۹	۱۹۸/۰۳	۲۱۱/۷۶	۲۱۲/۰۹	۲۱۴/۷۰	۲۱۳/۳۹	۱۹۷/۷۱	۱۸۰/۷۱	قلیائیت میتیل اورانژ	۱۹
(mg/L as CaCO ₃)										
.	.	.	.	.	.	.	.	.	قلیائیت فنل فتالین	۲۰
(mg/L as CaCO ₃)										

* مقادیر تمامی پارامترهای آنالیز آب بر اساس دستورالعمل کتاب استاندارد آب و فاضلاب اندازه‌گیری شده است.

۳. بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی کیفیت آب شرب شهر اسفدن برای مصارف شرب

در گام نخست این تحقیق، به ارزیابی کیفیت منابع آب شرب اسفدن برای مصارف شرب پرداخته شد. بدین منظور، استانداردهای آب آشامیدنی ایران (۱۰۵۳) [۱۳] و سازمان بهداشت جهانی [۱۴] ملاک ارزیابی قرار گرفت. جدول ۳ به مقایسه غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شرب شهر اسفدن و استانداردهای مذکور می‌پردازد.

همان‌گونه که در جدول شماره ۳، مشاهده می‌شود، مقادیر غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شرب شهر اسفدن در محدوده مطلوب استاندارد آب آشامیدنی ایران (۱۰۵۳) [۱۳] و محدوده مجاز سازمان بهداشت جهانی قرار دارد. استاندارد آب آشامیدنی ایران نسبت به استانداردهای جهانی در وضعیت مناسبی قرار دارد و رعایت حدود "مطلوب" پارامترهای کیفی استاندارد مذکور سبب ارائه آبی کاملاً بهداشتی به مصرف‌کننده می‌گردد. در این استاندارد پارامتر قلیائیت، تنها پارامتری که در برخی مواقع، مقدار آن اندکی بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی قرار می‌گیرد.

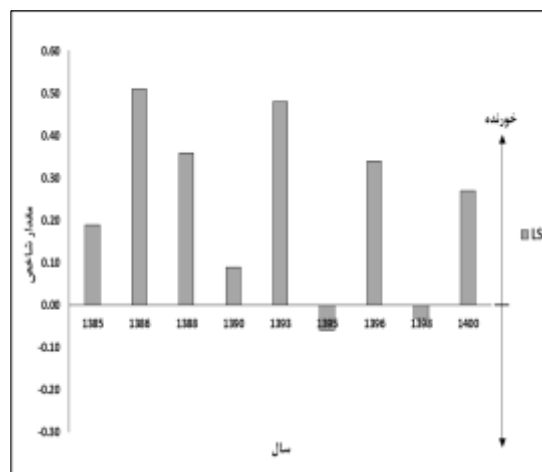
نکته حائز اهمیت دیگر عدم تغییر کیفیت آب منابع شرب شهر اسفدن طی نزدیک به دو دهه خشک‌سالی اخیر و بالتبع اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی در ایران است که حجم بالای ذخیره آبخوان در این منطقه را نشان می‌دهد.

ارزیابی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر اسفدن

پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر اسفدن با استفاده از ۴ شاخص مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف به‌صورت زیر ارائه می‌گردد:

- شاخص لائزلیه وضعیت آب را در اغلب سال‌ها همراه با پتانسیل خوردگی توصیف می‌کند. شکل ۲ پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر اسفدن را بر اساس شاخص اشباع لائزلیه نشان می‌دهد.

- شاخص‌های پایداری رایزنر و پایداری پوکوریوس وضعیت آب را در کلیه سال‌ها همراه با پتانسیل خوردگی توصیف می‌کند. در این میان، بر اساس شاخص رایزنر میزان خوردگی آب در برخی از سال‌ها بیشتر از ۷/۵ بوده که بیانگر شدت خوردگی زیاد آب است. شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر اسفدن را بر اساس شاخص پایداری رایزنر و رسوب‌گذاری پوکوریوس نشان می‌دهد.



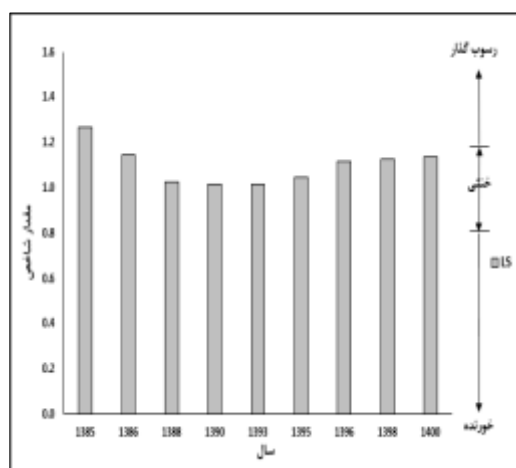
شکل ۲: پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر اسفدن بر اساس شاخص اشباع لانزلیه.

جدول ۳: مقایسه کیفی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب شرب شهر اسفدن با استانداردهای آب شرب ایران و سازمان بهداشت جهانی.

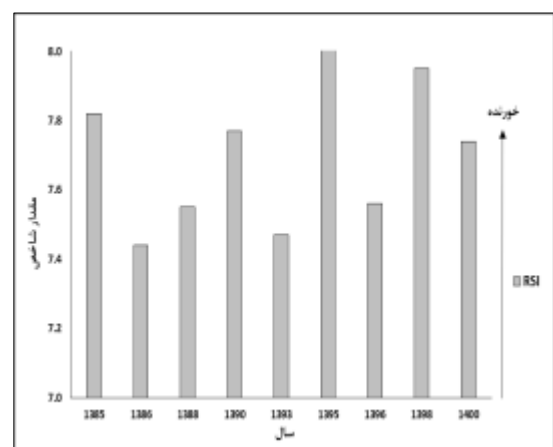
حداکثر غلظت مجاز پارامتر بر اساس استاندارد آب آشامیدنی – وضعیت آب از نظر شرب

پارامتر	محدوده تغییرات غلظت	استاندارد ۱۰۵۳	وضعیت آب	WHO	وضعیت آب
کدورت (NTU)	۰/۲۵ – ۰/۴۴	۵	مطلوب	۵	مجاز
پی اچ	۷/۵۶ – ۸/۱	۶/۵ – ۹/۲	مطلوب	۶/۵ – ۸/۵	مجاز
TDS (mg/L)	۵۰۸ – ۶۲۳	۱۵۰۰	مطلوب	۱۰۰۰	مجاز
دما (°C)	۱۸/۷ – ۲۵/۹	---	---	۱۲ – ۲۵	مجاز
کلر (mg/L)	۸۵/۸ – ۹۰	۴۰۰	مطلوب	۲۵۰	مجاز
سولفات (mg/L)	۸۷/۳ – ۱۰۲	۴۰۰	مطلوب	۲۵۰	مجاز
نیتрат (mg/L)	۱۵ – ۱۷/۳	۵۰	مطلوب	۵۰	مجاز
نیتريت (mg/L)	۰	۳	مطلوب	۲	مجاز
کلسیم (mg/L)	۳۱/۱۳ – ۳۷/۰۴	۳۰۰	مطلوب	۱۰۰	مجاز
منیزیم (mg/L)	۲۱/۲۷ – ۲۲/۸۸	۳۰	مطلوب	۵۰	مجاز

سدیم (mg/L)	۱۲۰/۳۲ - ۱۲۲/۳۷	۲۰۰	مطلوب	۲۰۰	مجاز
پتاسیم (mg/L)	۲/۳۹ - ۲/۴۱	--	--	۲۰	مجاز
سختی کل (mg/L as CaCO ₃)	۱۶۸/۰۹ - ۱۸۰/۹۳	۵۰۰	مطلوب	۵۰۰	مجاز
قلیائیت کل (mg/L as CaCO ₃)	۱۸۰/۷۱ - ۲۱۴/۷۰	--	--	۲۰۰	--



شکل ۵: پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب شرب شهر اسفدن بر اساس شاخص رسوب گذاری لارسون-اسکولد.

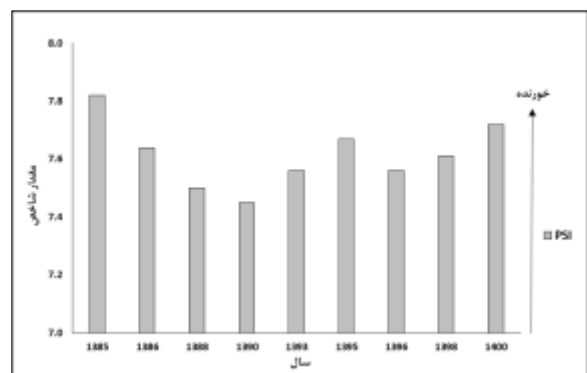


شکل ۳: پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب شرب شهر اسفدن بر اساس شاخص پایداری رایزنر.

- شاخص لارسون-اسکولد، بهترین توصیف را برای وضعیت آب شرب شهر اسفدن از نظر پتانسیل خوردگی-رسوب گذاری ارائه می دهد و بر این اساس، به طور کلی، وضعیت آب شرب منطقه در وضعیت متمایل به خوردگی است.

۴. نتیجه گیری

مطالعه تحلیلی-توصیفی حاضر با هدف ارزیابی کیفیت آب شرب شهر اسفدن و همچنین پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آن انجام گرفت. در این راستا کیفیت آب شرب با استانداردهای ملی و جهانی مرتبط با کیفیت آب برای مصارف خانگی مقایسه گردید و در ادامه با استفاده از شاخص های علمی به بررسی پتانسیل خوردگی و



شکل ۴: پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب شرب شهر اسفدن بر اساس شاخص رسوب گذاری پوکوریوس

- شاخص لارسون-اسکولد وضعیت آب شرب را در اغلب اوقات در وضعیت خنثی توصیف می نماید. شکل ۵ پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب شرب شهر اسفدن را بر اساس شاخص لارسون-اسکولد نشان می دهد.

potential of drinking water resources in Noor city (Iran) by using stability indices,” DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals), 2016.

[7]. A. Abbasnia, et al, “Evaluation of groundwater quality using water quality index and its suitability for assessing water for drinking and irrigation purposes: Case study of Sistan and Baluchistan province (Iran),” *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, vol. 25, no. 4, pp. 988-1005, 2019. doi: 10.1080/10807039.2018.1458596.

[8]. F. Faridirad, M. Gholinezhad, “Investigating Corrosion and Scaling Indices of Potable Water in City of Pardis Water Treatment Plant,” DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals), 2021. doi: <https://doi.org/10.22112/jwwse.2021.261859.1234>.

[۹]. ع. صالحی سروک، ع. المدرسی، س. ا. میرحسینی، م. شیشه بر، ع. ا. جمالی، و ع. کنگازیان، “بررسی عوامل تشکیل رسوب در شبکه توزیع آب شرب شهر سق و رابطه آن با خواص آب”، آب و فاضلاب، دوره ۳۲، شماره ۱، ص. ۱۰۶-۱۲۴ <https://sid.ir/paper/399962/fa.۱۴۰۰>

[10]. A. Dianati, M. Mahmoudi, “Investigation of Sedimentation and Corrosion Indices of Drinking Water Resources in the Cities of Mazandaran Province,” DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals), 2018.

[11]. F. García-Ávila, L. Ramos- Fernández, D. Pauta, D. Quezada, “Evaluation of water quality and stability in the drinking water distribution network in the Azogues city, Ecuador,” *Data in Brief*, vol. 18, pp. 111-123, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.03.007>.

[۱۲] F. W. Pontius, “Water quality and treatment: A handbook of community water supplies Water quality and treatment,” *A handbook of community water supplies* (pp. 1194-1194), 1990.

[۱۳]. کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، استاندارد ۱۰۵۳-الف، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران، ۱۳۹۰.

[۱۴] World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization 2017.

رسوب‌گذاری آن پرداخته شد و بر این اساس نتایج زیر حاصل گردید:

- کیفیت آب شرب شهر اسفدن بر اساس استانداردهای آب آشامیدنی ایران و سازمان بهداشت جهانی در وضعیت بسیار مطلوبی قرار دارد و برای مصارف خانگی و شرب بسیار مناسب است.
- بهترین توصیف برای وضعیت آب شرب شهر اسفدن از نظر پتانسیل خوردگی-رسوب‌گذاری توسط شاخص لارسون-اسکولد ارائه می‌گردد.
- آب شرب مورد مطالعه بطور کلی، در وضعیت خنثی و تا حد بسیار کمی متمایل به خوردگی بوده و لذا احتمال ایجاد خوردگی در شبکه انتقال و توزیع آب وجود دارد.
- وضعیت تعادلی آب نسبت به رسوب کربنات کلسیم سبب رسوب‌گذاری در تأسیسات گرمایشی شهر مورد مطالعه می‌گردد و لذا استفاده از روش‌های مختلف سختی‌گیری برای کنترل رسوب کربنات کلسیم ضروری است.

منابع

[1]. R. Amini Shouresh, R. Reza, J. Ali, A. Maleki, “EVALUATION OF CORROSION AND SCALING POTENTIAL OF DRINKING WATER SUPPLY SOURCES OF MARIVAN VILLAGES, IRAN,” vol. 3, no. 3, pp. 172-178, 2015. doi: <https://doi.org/10.22102/jaehr.2015.40200>.

[2]. H. Khorsandi, A. Mohammadi, S. Karimzadeh, and J. Khorsandi, “Evaluation of corrosion and scaling potential in rural water distribution network of Urmia, Iran,” *Desalination and Water Treatment*, vol. 57, no. 23, pp. 10585-10592, 2015. doi: <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1042058>.

[3]. M. Mirzabeygi, M. Naji, N. Yousefi, M. Shams, H. Biglari, A. H. Mahvi, “Evaluation of corrosion and scaling tendency indices in water distribution system: a case study of Torbat Heydariye, Iran,” *Desalination and Water Treatment*, vol. 57, no. 54, pp. 25918-25926, 2016. doi: <https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1162206>.

[4]. H. Taghipour, M. Shakerkhatibi, M. Pourakbar, and M. Belvasi, “Corrosion and scaling potential in drinking water distribution system of tabriz, northwestern iran,” *Health promotion perspectives*, vol. 2, no. 1, pp. 103-11, 2012. doi: <https://doi.org/10.5681/hpp.2012.013>.

[5]. G. H. Asgari, B. Ramavandi, M. Tarlaniazar, A. Fadaie Nobandegani, Z. Berizie, “Survey of chemical quality and corrosion and scaling potential of drinking water distribution network of Bushehr city,” *ISMJ*, vol. 18, no. 2, pp. 353-361, 2015.

[6]. A. Amouei, S. H. Fallah, H. Asgharnia, R. Bour, S. M. Mehdiinia, “Evaluation of corrosion and scaling

The qualitative assessment of drinking water and its corrosion and scaling potential in urban water distribution network (Case study: drinking water of Esfeden city)

Ali Rezvani^{1*}, Samira Mohammad poor², Hosein Asadollahi³.

- 1- Department of Civil Engineering - Faculty of Engineering - Bozormehr Qaenat University - Qaen – Iran.
- 2- Department of Civil Engineering - Faculty of Engineering - Bozormehr Qaenat University - Qaen – Iran.
- 3- Department of Civil Engineering - Faculty of Engineering - Bozormehr Qaenat University - Qaen – Iran.

Abstract

Underground waters are the only sustainable water reservoirs that used in South Khorasan province to overcome the challenge of lack of drinking water in population communities. These resources usually have high concentrations of ionic compounds that adversely affect their quality for drinking and industrial usages. Therefore, qualitative analysis of underground water resources during their exploitation period is essential. In the current study, the quality of underground water sources of Esfeden city (a new city in South Khorasan province) was investigated for the period of time 2006 to 2021. For this purpose, the chemical quality of water in the distributing network of Esfeden was compared with the drinking water quality standard of Iran (1053) and the World Health Organization (WHO). In addition, the corrosion or scaling potential of water in the distribution network was predicted by four different indexes (Langelier Saturation Index, Ryznar Stability Index, Puckorius Scaling Index and Larson-Skold Index). The results show that based on the drinking water standard of Iran and the WHO, the drinking water of Esfaden city has high quality, and nearly two decades of drought in South Khorasan province hasn't been decreased the quality of the water resources of this city. Also, the aforementioned corrosion and sedimentation indicators show the studied water is relatively corrosive and it is capable of causing minor damages to the distribution network. Therefore, in general, the water distribution system of Esfaden city supplies healthy water for domestic usages.

Keywords: Water resources; Urban water distribution network; Water quality; Corrosion and scaling indexes; Esfeden city.