مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره یازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۷، صفحات ۹۷ تا ۱۱۰

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی کیفیت هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی حوزه سیاهو، شمال شرق شهر بندرعباس

مهدی غلام دخت بندری[۱،*]، پیمان رضائی[۲]، زهرا غلام دخت بندری[۳]

۱- اداره مهندسی و مطالعات، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲- گروه زمین شناسی و پژوهشکده جنگل های حرا، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۳- آزمایشگاه آب و خاک، یزد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۳۰
تاریخ ویرایش: ۹۶/۱۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۸
تاریخ انتشار: ۹۷/۰۳/۳۰

واژگان کلیدی: آب شرب، کیفیت آب، شاخص هیدروژئوشیمیایی، بندرعباس

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
Gholamdokht.bandari@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: بررسی کیفیت آب گامی مهم در جهت استفاده بهینه و مناسب از منابع آب برای شرب و همچنین انتخاب الگوی کشت مناسب و سازگار با کیفیت آب است. از این‌رو ضرورت مطالعه ویژگی‌های کیفی آب در برنامه‌های مدیریت منابع آب به شدت مورد توجه قرار گرفته است.

روش بررسی: در مطالعه حاضر، کیفیت هیدرژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی در حوزه سیاهو شهرستان بندرعباس از نظر شرب، کشاورزی و صنعت مطالعه شده است. بدین منظور پارامترهای ویژگی کیفی مربوط به سه چاه عمیق، سه دهنه چشمه، یک رشته قنات آبدار و یک نمونه آب سطحی به‌عنوان داده ورودی استفاده شد. ویژگی‌ها و نمودار تعیین کیفیت آب با استفاده از نرم افزارهای Aq.qa و AquaChem ارزیابی شدند.

یافته‌ها: آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در رده آب‌های خیلی سخت قرار دارند. براساس نمودار پایپر (PIPER) رخساره هیدروشیمیایی غالب منطقه از نوع سولفاته‌کلسیک و کلروره‌سدیک هستند. با توجه به شاخص کیفی ویلکاکس (Willcox) و شولر (Schuller) آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی در حد متوسط و از نظر شرب در حد قابل قبول قرار گرفت. از نظر ضریب اشباع لانژلیه (SI)، منابع آبی موجود خورنده تا رسوبگذار است.

نتیجه‌گیری: داده‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد یکی از مشکلات منابع آبی موجود در حوزه سیاهو مقدار بالای نمک و مواد محلول بوده، که نشان‌دهنده تاثیر بسزای سازندهای زمین‌شناسی (تبخیری، شیلی، کربناتی) و گنبد نمکی بر منابع آب زیرزمینی و کاهش کیفیت منابع آب است.

Please cite this article as: Gholamdokht Bandari M, Rezaee P, Gholamdokht Bandari Z. Assessment of the hydrogeochemical quality of underground in the Siahoo region, northeast of Bandar Abbas. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(1):97-110.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

مقدمه

افزایش جمعیت و افزایش نیاز آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب فشار زیادی به منابع آب زیرزمینی ایران وارد کرده است. با عبور آب از لایه‌های مختلف خاک و سازندهای موجود در مسیر حرکت آب از بالادست به پایین دست، کیفیت آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد (۱). انحلال کانی‌های سازنده خاک شامل: ترکیبات سدیم، پتاسیم و منیزیم و ... که در مسیر حرکت آب زیرزمینی قرار دارند، موجب می‌شود در آب آشامیدنی ایجاد طعم کنند، بطوری‌که آب‌هایی که میزان کلرور آنها بیش از حد است، شور و آب‌های که میزان سولفات سدیم و سولفات منیزیم آنها زیاد است، گس و تلخ مزه‌اند. کلسیم و منیزیم از مهمترین عناصر مورد نیاز بدن هستند، از طرفی غلظت زیاد این فلز موجب سختی آب نیز می‌شود (۲) غلظت زیاد نیترات در آب باعث بروز بیماری متهموگلوبینا، سیانوزیس نوزادان، اختلالات تنفسی، بیماری‌ها و سرطان‌های گوارشی و ... می‌شود (۳). ارزیابی کیفیت آب با هدف مناسب بودن آن، برای مصرف شرب و کشاورزی با استفاده از شاخص‌های مختلف انجام می‌شود. رخساره‌های هیدروشیمیایی جهت نمایش اختلاف در ترکیب شیمیایی آب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۴). یکی از روش‌های متداول برای طبقه‌بندی و مقایسه انواع آب براساس ترکیب یونی، استفاده از نمودار پایپر (PIPER) و شاخص‌های کیفی ویلکاکس (Willcox) و شولر (Schuller) است. نمودار PIPER علاوه بر اینکه ماهیت نمونه آب را به شکل گرافیکی نشان می‌دهد، وابستگی آن را نیز با نمونه‌های دیگر به منظور شناسایی سهم طبیعی، سنگ شناسی و انسانی نشان می‌دهد و به اظهار نظر در مورد تکامل شیمیایی آن در طول مسیر جریان کمک می‌کند (۵). از جمله مطالعات صورت گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. Khandouzi و همکاران (۶) به بررسی کیفیت هیدروژئوشیمیایی بهداشتی آب زیرزمینی شهرستان رامیان استان گلستان با استفاده از نمودار PIPER و شاخص‌های کیفی Willcox و Schuller پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که آب‌های زیرزمینی برای مصرف کشاورزی در حد متوسط و از نظر شرب مناسب است و از نظر کشاورزی در رده C3-S1 قرار دارند. Solgi و همکار (۷) کیفیت آب رودخانه ارس را با استفاده از متغیرهای فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی قرار دادند، بررسی پارامترهای اندازه‌گیری شده Na، K، Ca، pH، TDS و EC نشان داد کیفیت آب رودخانه ارس در محدوده مورد مطالعه در وضعیت مناسب قرار ندارد. یکی از روش‌های مرسوم برای تعیین کیفیت آب شرب، دیاگرام نیمه لگاریتمی شولر است که نخستین بار توسط شولر در سال ۱۹۶۲ ارائه شده (۸) و تاکنون نیز نتایج قابل توجهی در پی داشته است. Ebadati و همکار (۹) جهت بررسی کیفیت آب رودخانه دز، از نمودار شولر استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند آب رودخانه دز به لحاظ شرب مناسب است. Homayon Nezhad و همکاران (۱۰) کیفیت آب مخازن چاه‌های نیمه زابل را با استفاده از نمودار شولر، قابل قبول ارزیابی کردند. Soleymani Motlagh و همکاران (۱۱) در ارزیابی تاثیرات خشکسالی بر کیفیت آب‌های سطحی از نمودار شولر بهره گرفتند و پی بردند که کیفیت آب شرب این منابع، از خوب به قابل قبول تغییر پیدا کرده است. در این تحقیق در راستای اهداف فوق، کیفیت شیمیایی و هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی حوزه سیاهو در شهرستان بندرعباس استان هرمزگان، جهت مصارف شرب و کشاورزی با استفاده از نمودار PIPER و شاخص‌های کیفی Willcox و Schuller مورد بررسی قرار گرفته است و عوامل مختلف در کیفیت آب محدوده مورد مطالعه، از جمله میزان املاح محلول، تیپ شیمیایی آب، قابلیت‌ها و محدودیت‌های مصرفی آب بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

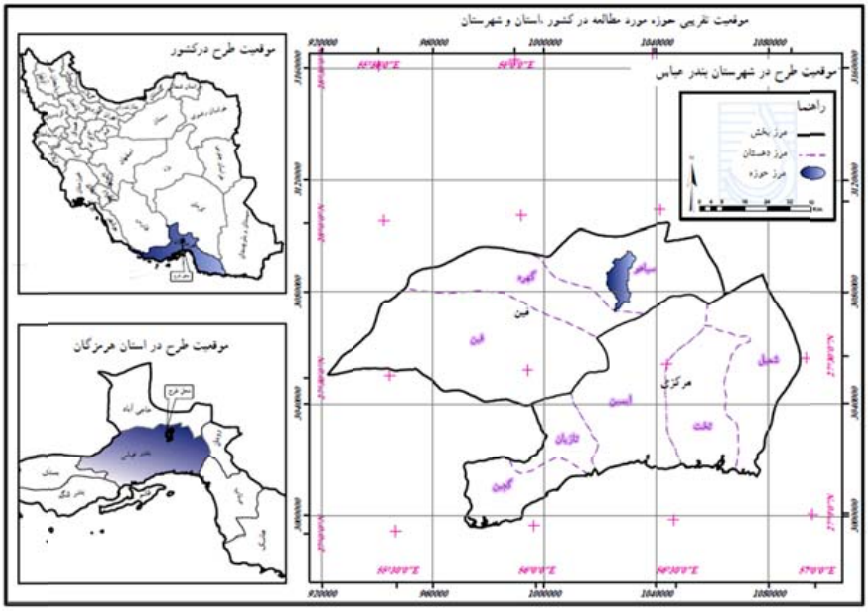
محدوده مورد مطالعه در استان هرمزگان شهرستان بندرعباس بخش فین واقع در طول‌های جغرافیایی "۴۹ '۱۷ °۵۶ تا "۲۰ '۲۴ °۵۶ و عرض‌های شمالی "۴۳ '۴۰ °۲۷ تا "۲۱ '۵۲ °۲۷ قرار دارد (شکل ۱). جهت بررسی زمین

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

شناسی منطقه در سال ۱۳۹۵ عملیات میدانی انجام شد، پس از بازدید و شناخت پدیده‌های زمین شناسی منطقه با استفاده از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ بندرعباس، نقشه زمین شناسی حوزه سیاهو با استفاده از مدل‌های رقومی و GIS تهیه گردید.

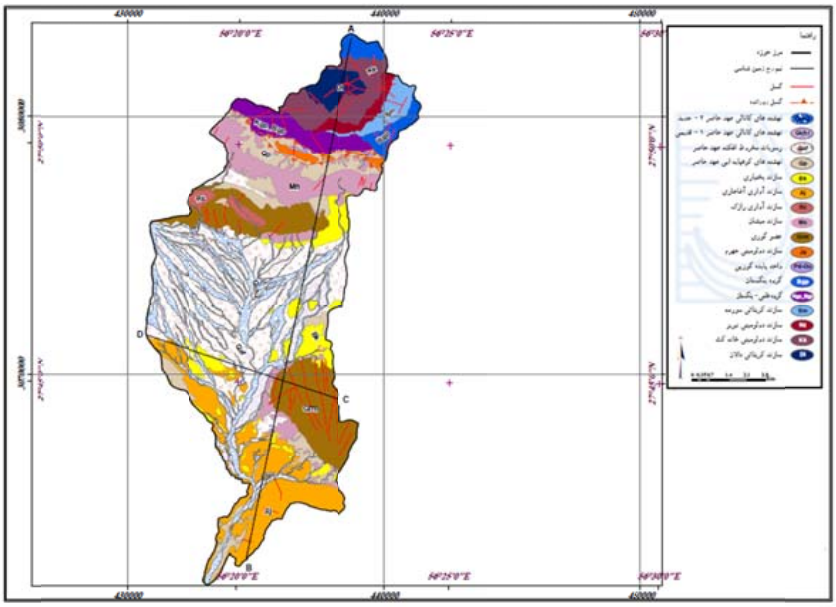
از نظر زمین‌شناسی، حوزه سیاهو در مرز دو پهنه زاگرس چین خورده و پهنه زاگرس مرتفع (روراندگی‌ها) جای گرفته است (۱۲). از مهمترین سازندهای مشاهده شده در این حوزه می‌توان به سازند کربناتی دالان، سازند دولومیتی خانه کت، سازند دولومیتی نی‌ریز، گروه خامی، سازند کربناتی سورمه، سازند شیلی پابده و گورپی، سازند دولومیتی جهرم، سازند میشان، سازند آغاجاری و سازند کنگلومرای بختیاری اشاره کرد، که بخش اعظمی از این تشکیلات ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهند (شکل ۲). از نظر تشکیلات زمین شناسی و سنگ شناسی عمده این سازندها کربناته، تبخیری، آهکی و دولومیتی، ماسه سنگ، مارن و شیل هستند (۱۲).

اثر واحدهای سنگی و رسوبی بر روی کیفیت منابع آب در محدوده مطالعاتی سیاهو را می‌توان بصورت زیر خلاصه نمود: الف) مارن‌ها، این رسوبات اغلب حاوی مقدار زیادی رسوب آهکی-رسی است. این عامل موجب افزایش املاح موجود در آب این رسوبات می‌گردد. ب) ماسه سنگ‌ها، سطح قابل توجهی از جنوب گستره مورد مطالعه از رسوبات ماسه سنگی تشکیل شده است. ماسه سنگ‌های حوزه دارای خمیره سخت آهکی هستند و چون اجزاء آنها نیز از قطعات سنگ‌های آهکی و چرتی تشکیل شده اثر آنها بر منابع آبی شبیه آهک‌ها و دولومیت‌ها است. ج) کربناته‌ها، قابلیت حل شدن ترکیبات آهکی به مقدار گاز کربنیک موجود در هوا و خاک بستگی دارد. د) رسوبات آبرفتی، فرسایش نهایی سازندهای مختلف در ارتفاعات اطراف موجب پیدایش رسوبات آبرفتی می‌گردد که خود منبع با ارزشی برای حفظ و ذخیره‌سازی منابع آب زیرزمینی است. سرعت نفوذ کم آب، وفور املاح گوناگون، تغییرات عمق سطح آب، نفوذ از منابع زیرزمینی و سطحی مجاور از عوامل تغییر کیفیت شیمیایی منابع موجود در رسوبات آبرفتی است. در شرایط عادی و معمولی در صورت عدم دخالت عوامل ثانویه شرایط رسوبگذاری و حرکت آب زیرزمینی به نحوی است که کیفیت آب در ابتدای دشت‌ها، کربناته، در میانه دشت‌ها سولفاته و در بخش‌های انتهایی و خروجی کلروره است که البته این شرایط در همه جا حکمفرما نیست. با توجه به بازدیدهای صحرایی در منطقه و بررسی نقشه‌های زمین شناسی مشخص



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۲- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

شـد، کل حوزه را می‌توان از نظر آب زیرزمینی به چهار بخش تقسیم نمود. بخش مرکزی، بخش ارتفاعات شمالی، بخش غربی و جنوبی، بخش ارتفاعات شـرقی. بخش اول را می‌توان شـامل مرکز حوزه، روستای سیاهو و مخروط افکنه‌های بین این روستا و روسـتای سغ است، دانست. در بخش جنوبی حوزه که تقریبا بیشـتر آن پوشـیده از رخنمون‌های سـنگی آغاجاریست هیچ نشـانی از آب‌های زیرزمینی دیده نمی‌شـود. در بخش شمالی حوزه، وجود یک چشـمه نسبتا پرآب (چشمه پشت سغ) که از لایه‌های آهکی بالا دست خود سرچشمه گرفته، وجود منابع آب کارسـتی را در این بخش از حوزه محتمل می‌سـازد. در نهایت آبخوان غربی حوزه که تنها شـواهد موجود از آن چشـمه‌های مرکز حوزه و زیر دست روستای سیاهو و همچنین جنوب حوزه است. در این بخش بدلیل تاثیر پذیری رسوبات مخروط افکنه‌ای غربی حوزه از گنبد نمکی مجاور آن، می‌بایست چشمه‌های آب شـور موجود در زیردست سـیاهو و جنوب حوزه را مستقیما با این بخش در ارتباط دانسـت. تنها منشـا مخرب آب در منطقه همین گنبد نمکی اسـت که با اینکه در داخل حوزه قرار ندارد اما از طریق ارتباط سـفره زیرزمینی سبب شوری تقریبا تمامی خروجی‌هـای آب زیرزمینی در غرب حوزه و همچنین آب‌های سطحی در آبراهه‌های منتهی به آبراهه رودشور است، می‌شود. آنچـه در مورد بخش غربی-جنوبی و بخش مرکزی حوزه گفته شـد مربوط به سـفره‌های آزاد آبرفتی اسـت. این دو بخش هر چنـد ذخیره چندانـی ندارند، اما همین میـزان نیز از یکدیگر منفـک و بی ارتباط هسـتند. چرا که در صـورت ادغام این دو بخش کیفیت منابع مرکزی حوزه نیز می‌بایسـت افت شدیدی را از خود نشـان دهند. سـفره‌های اشاره شده در شمال و شرق حوزه نیز با اسـتناد به منابع آب موجود در آنها (چاه عمیق در پلانژ تاقدیس آهکی نیزه و چشمه کارستی شمال پشت سغ) از جمله آبخوان‌های آهکی و کارستیک هستند.

- روش بررسی

در این تحقیق برای بررسی و ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی برای مصارف آشـامیدن، کشـاورزی و صنعـت در منطقه مورد مطالعه، تحلیل‌های هیدوژئوشـیمیایی برروی ۱۵ ویژگی کیفی مربوط به سـه حلقه چاه عمیق، سـه دهنه چشمه و یک رشته قنـات آبدار در محدوده مورد مطالعه انجام گردید. همچنین به منظور بررسـی وضعیت کیفی آب‌های سـطحی، نمونه برداری از یک چشـمه در محلی دورتر از سرچشـمه نیز برداشت شده تـا بتوان تاثیر رخنمون‌ها بر رواناب‌های سـطحی را تا حدودی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

تخمین زد. نمونه‌های آب براســاس دســتورالعمل‌های موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳) برداشت و به آزمایشگاه آب و خاک یزد منتقل شــدند و براســاس روش‌های استاندارد (۱۴)، pH و هدایت الکتریکی (EC) با دســتگاه‌های pH متر و دستگاه ســنجش هدایت الکتریکی، غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، بی کربنات، کلر به روش تیتراســیون (حجم ســنجی)، غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم به روش فلیم فتومتری (Flame photometry) و یون ســولفات به روش اسپکتروفتومتری (Spectrophootometry) اندازه‌گیری شــدند. برای صحت ســنجی نتایج از نمونه شاهد (Spiked) اســتفاده شد (۱۵). برای بررســی دقت نتایج از یک نمونه تکراری (Duplicate) در میان نمونه‌ها اســتفاده شــد، که بدین منظور می‌بایست دو نمونه از یک چاه برداشــته شــود و در میــان نمونه‌ها قرار داده شوند، اگر آزمایش‌ها درســت انجام شود بایستی گزارش آنالیز آزمایشگاهی برای نمونه‌های تکراری نتایج یکسانی را نشان دهد (۱۵). در نهایت برای بررســی دقت کلی داده‌های بدست آمده، از روش محاســبه بالانس یونی برای تمام نمونه‌ها استفاده شد. زیرا در حالت کلی، آب شــرب از نظر الکتریکی خنثی اســت و بایــد بین کاتیون‌ها و آنیون‌های آن برحســب Meq/L تعادل برقرار باشــد. لذا در این تحقیق بالانس یونی نمونه‌ها محاســبه شــده و نمونه‌های با خطای بالانس بیشتر از ۵ درصد را مجدد مورد آنالیز قرار داده تا خطای آنها به کمتر از ۵ درصد برســد. نتایج آنالیز آزمایشگاهی در جدول ۱ آمده است (حجم نمونه‌ها ۳۰۰ mL و در لوله پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شدند). در ادامــه برای ارزیابی ویژگی‌های کیفی آب و ترســیم نمودارهای پایپر، شــولر و ویلکاکس با اســتفاده از نــرم افزارهای Aq.qa و AqaChem استفاده شد. نقشــه‌های خروجی با استفاده از تلفیق نقشــه‌های زمین شناسی مدل رقومی ارتفاعی با استفاده از نرم افزارهای Arc map و GIS تهیه شده است.

جدول ۱- نتایج ویژگی‌های کیفی نمونه‌های آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه*

پارامتر / نمونه	BSW8	BSS2	BSS3	BSW1	BSW9	BSQ5	BSS7-2	BSS7-1
EC	۹۱۵	۳۱۱۷	۱۷/۸۷	۱۰۴۰	۱۰۹۹۰	۴۶۴۷	۱۳۷۲	۹۱۵
pH	۷/۸۵	۷/۹۹	۸/۱۴	۸/۰۹	۷/۸۷	۷/۶۵	۸/۲۴	۷/۹۴
K^+	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۴۵	۰/۲۶	۰/۰۸	۰/۰۴
Na^+	۰/۴۱	۱۹/۹۴	۹/۱۶	۱	۹۱/۴۱	۲۵/۳۵	۱/۸	۰/۵۱
Mg^{2+}	۴	۷/۱۵	۵/۵	۵/۲	۵	۷/۵	۶	۴
Ca^{2+}	۵/۵	۴/۸۵	۳/۵	۵	۱۵	۱۲/۵	۶	۴
SO_4^{2-}	۴/۸۲	۵/۳	۴/۰۹	۶/۱۳	۶	۷	۷/۵۷	۴/۹۷
Cl^-	۱/۵۵	۲۲	۱۰	۱/۵	۱۰۲/۷۵	۳۲	۲/۳۵	۰/۵۵
HCO_3^-	۳/۵	۴/۵	۳/۷	۳/۳۵	۴	۷	۴	۴
TDS	۶۸۸/۸۸	۱۹۷۵/۶	۱۱۲۷/۲	۷۳۹/۱۹	۶۶۵۹/۹	۲۸۳۲/۲	۹۳۷/۳۱	۶۶۳/۳۸
SAR	۰/۱۵	۶/۸۷	۳/۶۶	۰/۳۶	۲۱/۸۵	۶/۲۹	۰/۶	۰/۱۹
SSP	۴/۱۲	۶۲/۱۲	۵۰/۱۹	۸/۸۹	۸۱/۷۲	۵۵/۵۸	۱۲/۷۹	۵/۳۴
سختی کل	۴۷۵	۶۰۰	۴۵۰	۵۱۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۵۰
قلیاییت	۱۷۵	۲۲۵	۱۸۵	۱۶۷/۵	۲۰۰	۳۵۰	۲۰۰	۲۰۰
مجموع آنیون	۹/۸۷	۳۱/۱۸	۱۷/۷۹	۱۰/۹۸	۱۱۲/۷۵	۴۶	۱۳/۹۲	۹/۵۲
مجموع کاتیون	۹/۹۵	۳۲/۱	۱۸/۲۵	۱۱/۲۵	۱۱۱/۸۶	۴۵/۶۱	۱۳/۸۸	۹/۵۵

*واحد تمام یون‌ها بر حسب Meq/L، EC بر حسب µmhos/cm است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

یافته‌ها

هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی اندازه‌گیری میزان یون‌های محلول است که در واقع اندازه‌گیری غیر مستقیم مواد جامد محلول در آب و تابعی از دمای آب و TDS است (۱۶). EC آب به دلیل وجود مواد جامد معدنی محلول مانند کاتیون‌های کلرید، سولفات، سدیم، منیزیم و کلسیم است (۱۶). میزان EC به غیر از نمونه BSS7-1 و BSW1 در بقیه نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط WHO (۱۷) است. به نظر می‌رسد تشکیلات زمین شناسی و گنبد نمکی موجود در منطقه نقش مهمی در بالا بودن غلظت آن داشته است. بیشترین میزان هدایت الکتریکی منابع آبی موجود در حوزه سیاهو مربوط به چشمه شور کوچ تمبی با کد BSS2 است که می‌توان آن را با سفره زیرزمینی غرب حوزه (مرتبط با گنبد نمکی مجاور حوزه) دانست. میزان هدایت الکتریکی این چشمه ۱۰۹۹۰ µmhos/cm است. این مقدار از هدایت الکتریکی نشان از کیفیت نامطلوب آب‌های آبخوان بخش غربی از نظر شیمیایی است. نمونه‌های BSS3 و BSW8 نیز در ارتباط با همین سفره و دارای هدایت الکتریکی بالا هستند. کمترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به دو نمونه، یکی چاه عمیق شمال غرب حوزه (BSW1) و دیگری چشمه آهکی شمال پشت سغ (BSS7-1) به میزان ۹۱۵ µmhos/cm است. کیفیت مطلوب چشمه آهکی واضح است. اما تاثیر سازندهای مسیر انتقال آب این چشمه به پایین دست نیز قابل تامل است. نمونه (BSS7-2) مربوط به همین چشمه اما پس از انتقال به پایین دست با استفاده از شیوه‌های سنتی، کانال‌های روباز و حفر آبراهه در سازندها و واحدهای سنگی مسیر است. میزان هدایت الکتریکی آب چشمه پس از طی مسافت حدود ۳ km از ۹۱۵ به ۱۳۷۲ µmhos/cm رسیده است. این مقایسه نشان می‌دهد تاثیرات سازندهای مارنی همچون میشان بر وضعیت منابع آن تا چه اندازه است. بطورکلی در حوزه سیاهو از سمت شمال شرق به جنوب غرب بر میزان املاح و مواد محلول در آب افزوده شده و سبب افت کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌گردد.

سختی کل

تعیین میزان سختی آب به لحاظ تشخیص کاربرد مصرف آشامیدنی و بهداشتی، کشاورزی، صنعت و همچنین محاسبات مربوط به سبک یا نرم کردن آب حائز اهمیت است. به منظور ارزیابی منابع آب محدوده مورد مطالعه از نظر سختی، علاوه بر معیارهای تعریف شده توسط Schuller، از رده بندی ارائه شده توسط Maccarty and Sawyer نیز استفاده می‌شود (۱۸). در این رده بندی آب‌های با سختی mg/L ۷۵-۰ آب نرم، mg/L ۱۵۰-۷۵ را آب سخت و آب‌های با سختی بالای

جدول ۲- طبقه بندی سختی در نمونه‌های محدوده سیاهو

ردیف	نمونه	سختی کل	سختی موقت	سختی دائم	کیفیت آب براساس سختی کل
۱	BSW1	۴۷۲/۱۹	۳۵۰	۱۲۲/۱۹	کاملا سخت
۲	BSW8	۵۹۵/۲۸	۴۵۰	۱۴۵/۲۸	کاملا سخت
۳	BSW9	۴۴۶/۳۸	۳۷۰	۷۶/۳۸	کاملا سخت
۴	BSQ5	۵۰۶/۴۸	۳۳۵	۱۷۱/۴۸	کاملا سخت
۵	BSS2	۹۹۶	۴۰۰	۵۹۶	کاملا سخت
۶	BSS3	۹۹۴/۶	۷۰۰	۲۹۴/۶	کاملا سخت
۷	BSS7-2	۵۹۵/۹۲	۴۰۰	۱۹۵/۹۲	کاملا سخت
۸	BSS7-1	۳۹۷/۲۸	۳۹۷/۲۸	۰	کاملا سخت

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

mg/L ۳۰۰ را آب‌هـای کاملا سـخت نامیده می‌شـود. با این روش منابـع آب محدوده مطالعاتی سـیاهو براسـاس سـختی تقسـیم بندی شـده و در جدول ۲ ارائه گردیده اسـت. بر این اسـاس تمامی نمونه‌های برداشت شـده در محدوده آب‌های با منشاء کاملا سخت قرار می‌گیرند. کمترین میزان سختی مربوط به نمونه چاه دستی سیاهو و چشمه آهکی پشت سغ است.

کل مواد جامد محلول (TDS)

TDS بیشتر در برگیرنده نمک‌های معدنی مانند بی کربنات‌ها، کربنات‌ها، کلرید، سولفات، منیزیم، سدیم و پتاسیم است (۱۹). مقـدار کل مواد جامد محلول (TDS) با توجه به همبسـتگی مثبـت با هدایت الکتریک (EC)، با افزایش EC غلظت آن نیز افزایش پیدا کرده اسـت (نمودار ۱). در بین نمونه‌های موجود در حوزه سـیاهو املاح محلول بین ۶۶۳ تا ۶۶۵۹ متغیر است. براساس استاندارد WHO، (TDS≤۱۴۰۰)، مقدار TDS بجز نمونـه BSW1، BSQ5 و BSS7-2 در بقیه نمونه‌ها دارای غلظت زیادی است. بالا بودن این غلظت ناشی از تاثیر گنبدهای نمکی بر آب این محدوده است.

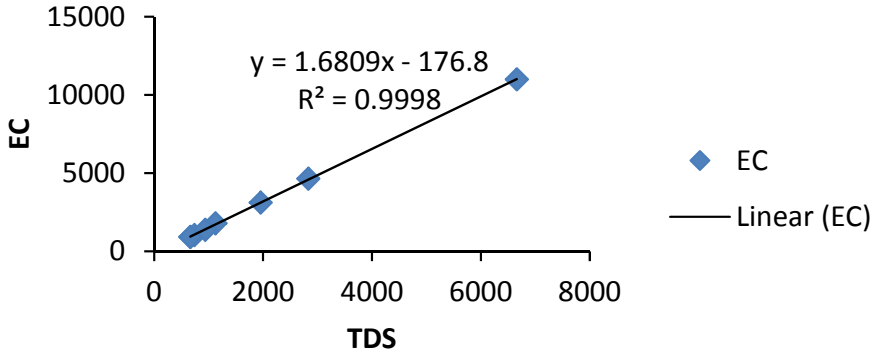
تیپ و رخساره آب

رخسـاره‌های هیدروشـیمیایی آب زیرزمینـی تعیین کننده توده‌های آبی با ماهیت ژئوشـیمی متفاوت است. برای توصیف تفاوت‌های شـیمیایی آب‌های زیرزمینی از اصطلاح رخسـاره هیدروشیمیایی اسـتفاده می‌شود (۲۰). رخسـاره‌ها تابعی از لیتولوژی، پویایی محلول‌ها و الگوی جریان آب در آبخوان است. اسـاس طبقه بندی رخسـاره‌ها مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های عمـده (برحسـب Meq/L) آب زیرزمینی اسـت (۲۱). یکی از روش‌های متداول در تعیین تیپ و رخسـاره هیدروشـیمی آب، اسـتفاده از نمودار پایپر اسـت (۲۲). در این طبقه بندی، آب‌ها براسـاس کاتیون‌ها به سه رخساره منیزییک، کلسیک و سـدیک و نیز بر پایه آنیون‌ها به سه تیپ بی کربناته، سولفاته و کلروره تقسیم بندی می‌شوند. در جدول ۳، تواتر یونی، تیپ و رخساره هیدروژئوشـیمیایی دشت و نحوه توسعه آنها نشان داده شده اسـت. براسـاس نمودار پایپر تیپ کیفی شیمیایی آب، همانطورکـه در جـدول ۳ مشـاهده می‌گـردد، در بین نمونه‌های آزمایش شـده، نمونه‌های مربـوط به حوزه آبخوان مرکزی و شـمالی تیپی سـولفاته دارند بجز نمونه حوزه قنات شـمال که رخسـاره آنها کلسیک اسـت. باز می‌توان تاثیرات سـنگ‌های مارنی را برروی تیپ آب‌های مجاور خود مشاهده کـرد. نمونه‌های متاثر از گنبد نمکی (مربوط به آبخوان غربی) نیز مشـخصا تیپ و رخساره‌ای همخوان با شرایط خود دارند و همگی کلرور سدیک هستند.

جدول ۳- تیپ و رخساره نمونه‌های آب محدوده سیاهو

ردیف	نمونه	غلظت آنیون ها	غلظت کاتیون ها	تیپ آب	رخساره آب	تیپ و رخساره
1	BSW1	$SO_4 > HCO_3 > Cl$	Ca > Mg > Na+K	سولفاته	کلسیک	سولفاته کلسیک
۲	BSS7-2	$SO_4 > HCO_3 > Cl$	Ca = > Mg > Na+K	سولفاته	کلسیک	سولفاته کلسیک
۳	BSS7-1	$SO_4 > HCO_3 > Cl$	Ca = > Mg > Na+K	سولفاته	کلسیک	سولفاته کلسیک
۴	BSQ5	$SO_4 > HCO_3 > Cl$	Mg > Ca > Na+K	سولفاته	منیزیک	سولفاته منیزیک
۵	BSW8	$Cl > SO_4 > HCO_3$	Na+K > Mg > Ca	کلروره	سدیک	کلروره سدیک
۶	BSW9	$Cl > SO_4 > HCO_3$	Na+K > Mg > Ca	کلروره	سدیک	کلروره سدیک
۷	BSS2	$Cl > SO_4 > HCO_3$	Na+K > Ca > Mg	کلروره	سدیک	کلروره سدیک
۸	BSS3	$Cl > SO_4 > HCO_3$	Na+K > Ca > Mg	کلروره	سدیک	کلروره سدیک

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]



نمودار ۱- همبستگی مثبت بین EC و TDS در نمونه‌های مورد مطالعه (واحد TDS بر حسب Meq/L، EC بر حسب µmhos/cm است)

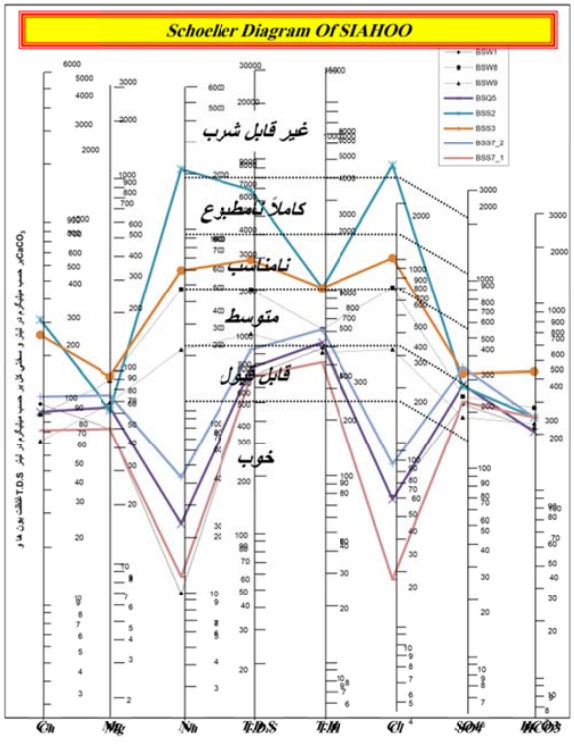
ارزیابی منابع آب از نظر شرب، کشاورزی و صنعتی

بـرای ارزیابـی منابع آب از نظر مصارف شـرب رده بندی‌هایی انجام شده اسـت که متداول‌ترین آنها تقسیم بندی شولر است (۲۳). در ایـن رده بندی بـر پایه میزان املاح محلول آب یعنی آنیون‌هـا، کاتیون‌هـا و غیره، شـش گروه خـوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملا نامطبوع، و غیرقابل شرب تعیین شده است. جهت بررسی منابع آب محدوده مورد مطالعه نمودار شولر برای ارزیابی شـرب تهیه و ارائه شـده است (شکل ۳). با توجه به این نمودار نمونه چشـمه‌های BSS2 و BSS3 در محدوده غیرقابل شـرب قرار می‌گیرنـد و نمونه مربوط به چاه BSW8 دارای کیفیت نامناسـب برای شـرب اسـت. بر همین اسـاس نمونه‌های مربوط به چاه عمیق حوزه و چشمه آهکی پشت سغ در محدوده خوب و قابل قبول برای شرب جای می‌گیرند. سایر نمونه‌ها نیز در محدوده قابل قبول تا متوسط هستند.

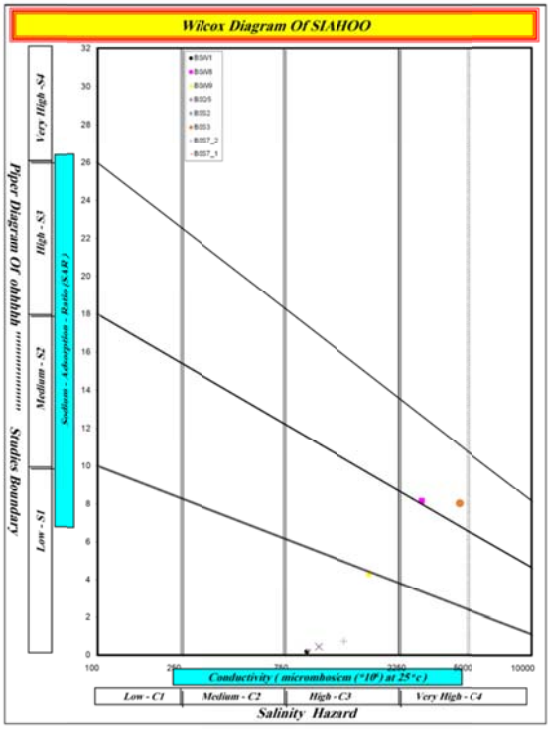
ویلکاکس با ترسـیم نسـبت جذبی سـدیم در مقابل شـوری، نمـوداری بـرای ارزیابی کیفی آب‌ها جهت مصارف کشـاورزی ارائـه کرده اسـت (۲۴). نمودار ویلکاکس آب کشـاورزی را به ۱۶ رده تقسـیم می‌کند که آب‌های کشاورزی با کیفیت آبیاری خیلی خـوب در رده C1-S1 و آب‌های کشـاورزی با کیفیت خـوب در رده‌های C1-S2، C2-S2، C2-S1 قرار می‌گیرند. در صورتـی که دانه بندی و نفوذپذیری خاک مناسـب باشـد، رده‌هـای C1-S3، C2-S3،C3-S1، C3-S2 و C3-S3 برای آبیاری در حد متوسط است و در نهایت رده‌های C4-S1، C4-S2، C1-S4، C2-S4، C4-S3، C3-S4 و C4-S4 نیز برای آبیاری نامناسـب هستند. این نمودار با استفاده از نرم افزار Aqua.Chem ترسیم گردید. براساس نمودار ویلکاکس در شکل ۴ نتایج بیانگر این مطلب بوده که مقدار بالای نمک‌ها یکی از مشکلات آبی است که در این منطقه برای آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمونه‌های آب زیرزمینی از نظر کشاورزی نیز چندان مطلوب نبوده و سه نمونه مربوط به آبخوان غربی در کلاس C4-S3 و C4-S4 قرار می‌گیرند که بسیار شور و برای کشـاورزی نامناسب‌اند. سـایر نمونه‌ها در گروه C3-S1 جای می‌گیرنـد و با وجود شـوری، برای آبیاری باغـات منطقه قابل اسـتفاده هستند. در جدول ۴ وضعیت نمونه‌های موجود از نظر کشاورزی توصیف شده است.

یکی دیگر از فاکتورهایی کـه در ارزیابی آب‌های صنعتی مورد نظر اسـت، قابلیت رسـوبگذاری و خورندگی آب‌هاست. جهت بررسـی کیفیت آب منابع دشـت به منظور مصارف صنعتی از ضریب اشـباع لانژلیه (SI) اسـتفاده شده است (۱۴). آب‌های دارای اندیـس اشـباع منفـی، خورنده بـوده و می‌تواند برروی منصوبات چاه و تاسیسـات آبرسانی اثر نامطلوب برجای گذارد. آب‌های دارای اندیس اشـباع مثبت، رسوبده بوده و استفاده از آنهـا در دیگ‌های بخار و گرمکن‌های فشـار ضعیف در صنعت جایز نیسـت. آب‌های با اندیس اشباع صفر دارای حالت تعادل بوده و خاصیت خورندگی و رسوبدهی ندارند. معمولا به منظور کنترل خورندگی آب همواره بهتر است اندیس اشباع آب کمی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۳- نمودار شولر آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه



شکل ۴- نمودار ویلکاکس آب‌های زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه

جدول ۴- توصیف نمونه‌های محدوده سیاهو از نظر ارزیابی کشاورزی

ردیف	نمونه	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
۱	BSW8	۸/۱۴	۳۱۱۷	C4-S3	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
۲	BSS2	۲۸/۹۱	۱۰۹۹۰	C4-S4	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
۳	BSS3	۸/۰۲	۴۶۴۷	C4-S3	خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب
۴	BSW1	۰/۱۹	۹۱۵	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۵	BSW9	۴/۳۲	۱۷۸۷	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۶	BSQ5	۰/۴۴	۱۰۴۰	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۷	BSS7-2	۰/۷۳	۱۳۷۲	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
۸	BSS7-1	۰/۲۶	۹۱۵	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی

مثبت بوده (۰/۵+) تا با ایجاد لایه‌های بسیار نازک رسوب از خوردگی فلزات جلوگیری نماید. لانگلیر (Langelier) یا لانژلیه (۱۴)، وضعیت خورندگی و رسوبدهی آب را با استفاده از ضریب اشباع لانژلیه SI نشان می‌دهد، که در سه گروه تقسیم‌بندی شده است. گروه اول SI<0 آب خورنده، گروه دوم SI=0 آب نه خاصیت خورندگی و رسوبدهی دارد و گروه سوم SI>0 آب رسوبگذار است. براین اساس بررسی کیفیت آب حوزه با استفاده از نتایج شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه، از

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

نظر خورندگی و رسوبدهی برای مصارف صنعتی به شرح جدول ۵ ارزیابی شد. همانطور که مشاهده می‌گردد نمونه BSW1 و BSS7-1 رسوبگذار و بقیه نمونه‌ها خورنده هستند، که نشان‌دهنده سولفاته بودن تیپ آب‌های منطقه مورد مطالعه است.

بحث

در شکل ۵ منابع تاثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی، مطالعات صحرایی، جنس رسوبات و GIS تهیه و نشان داده شده است. آلاینده‌های منابع آب را می‌توان به دو گروه آلاینده‌های طبیعی و انسانی تقسیم کرد. بدلیل گسترش اندک کشاورزی و بدلیل نبود مراکز صنعتی در حوزه، آلایندگی‌های انسانی مطرح و قابل توجه نیست. در مقابل وجود آلاینده طبیعی آب که شامل سنگ مادری (مارن، تبخیری‌ها، فسفات‌ها و گنبد نمکی) است و نقش مهمی در کیفیت آب دارد در حوزه بسیار پررنگ است و نمی‌توان تاثیر گنبدهای نمکی و لایه‌های مارنی سازند آغاجاری و میشان را در کاهش شدید کیفیت آب در محدوده حوزه نادیده گرفت. ذکر این نکته در مورد این موضوع نیز الزامی به نظر می‌رسد که بدلیل عبور آبراهه‌های فصلی غرب حوزه که بواسطه منشاگیری از ارتفاعات با رخنمون گنبد نمکی دارای کیفیت رواناب بسیار نامناسب و شوری است، که بطور مشخص برروی منابع آبی در غرب و جنوب غرب حوزه تاثیر گذاشته و سبب افت قابل توجه کیفیت آنها شده است. وجود لایه‌های مارنی در شمال حوزه نیز تاثیر مستقیم بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه داشته است، و این تاثیر را در مقایسه با دو نمونه آب BSS7-1 و BSS7-2 می‌توان به‌راحتی مشاهده نمود. این تاثیر به حدی است که همانطور که در جدول ۵ می‌توان دید، آبی با خاصیت خورندگی (از نظر خواص لانژلیه) پس از تماس با این منابع آلاینده، به آبی رسوبگذار تبدیل شده است و میزان املاح موجود در آن تقریبا ۱/۵ برابر شده است. منابع آلاینده طبیعی و مشخصا رخنمون‌های گنبد نمکی غرب حوزه (خارج از حوزه)، بدلیل وسعت، نفوذ قابل توجه و تاثیرگذاری فراوان بر منطقه غیر قابل اجتناب است. تنها راه برای جلوگیری از تاثیرات مستقیم این رخنمون‌ها بر منابع آب زیرزمینی، ایزوله نمودن رواناب‌های سطحی حاصل از این برونزدها و جلوگیری از نفوذ سیلاب از سطح این رخنمون‌ها به آبخوان است که مسلما چندان نیز ساده نیست. به علاوه احداث سدهای زیرزمینی نیز می‌تواند به این مهم دست یافت. در مورد رخنمون‌های میشان و مارن‌های آغاجاری در بالادست و مرکز حوزه از آنجا که عمده رسوبات تولید شده در قالب طرح‌های آبخیزداری قابل کنترل هستند می‌توان اجرای این دست از طرح‌ها را در پایین دست

جدول ۵- توصیف محاسباتی ارزیابی صنعتی لانگلیر برای نمونه‌های محدوده سیاهو

ردیف	نمونه	قلیائیت بر حسب CaO	Ca (mg/L)	ضریب C	pHs	pH	pHs-pH	کیفیت آب برای مصارف صنعتی
۱	BSW1	۱۰/۹۹	۱۱۰	۱۱/۳	۸/۲	۷/۸۵	۰/۳۵	رسوبگذار
۲	BSW8	۴۶۴/۸۶	۹۷	۱۱/۳۲	۶/۷	۷/۹۹	-۱/۲۹	خورنده
۳	BSW9	۲۱۴/۱۹	۷۰	۱۱/۳۱	۷/۱	۸/۱۴	-۱/۰۴	خورنده
۴	BSQ5	۲۴/۹۵	۱۰۰	۱۱/۳	۷/۹	۸/۰۹	-۰/۱۹	خورنده
۵	BSS2	۲۱۱۹/۹۸	۳۰۰	۱۱/۳۵	۵/۵	۷/۸۷	-۲/۳۷	خورنده
۶	BSS3	۵۳۹/۱۹	۲۵۰	۱۱/۳۳	۶/۲	۷/۹۵	-۱/۴۵	خورنده
۷	BSS7-2	۴۴/۵۲	۱۲۰	۱۱/۳۱	۷/۶	۸/۲۴	-۰/۶۴	خورنده
۸	BSS7-1	۱۳/۲۹	۸۰	۱۱/۳	۸/۳	۷/۹۴	۰/۳۶	رسوبگذار

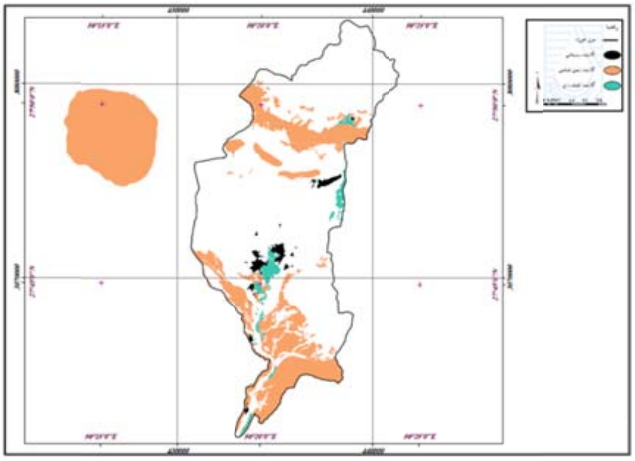
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

رخنمون‌ها پیشنهاد داد.

بـا توجه بـه مطالعات صحرایـی و وجود گسـترش قابل توجه نهشته‌های نفوذپذیر مخروط افکنه‌ای در شمال و مرکز محدوده شرایط نفوذ مسـاعدتری برای اجرای طرح‌های تغذیه‌ای وجود دارد. ایـن بخش به خوبی می‌تواند عمده سـیلاب‌های فصلی را طـی اجرای چنـد طرح تغذیه‌ای در خود جـای دهد و موجب قوت گرفتن آبخوان پایین دسـت، کاهش املاح آبخوان غربی و احیای قنوات قدیمی حوزه شـود. اما نکته اینجاست که وسعت و گسترش آبراهه‌های بخش مرکزی حوزه به قدریست که شاید نتوان آنها را در قالب طرح‌های آبخیزداری قرار داد. آنچه مسلم اسـت این بخش از حوزه پتانسـیل بسـیار بالایی برای کنترل سیلاب‌های فصلی حوزه دارد. با توجه به بارش‌های اندک سالانه و همچنین بالا بودن سنگ بستر در منطقه مورد مطالعه، بهترین گزینه از نظر شرایط زمین شناسی جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی و کنترل سیلاب، بخش‌های مخروط افکنه‌ای شمال و مرکز حوزه اسـت که بدلیل وجود رسوبات درشت دانه می‌تواند تاثیر بسزایی برروی وضعیت آبخوان سیاهو از نظر کمی و کیفی داشـته باشـد. در این مناطق ضخامت مناسـب آبرفت، درشت دانه، قرارگیری در بالادسـت آبخوان دشت، و اجرای طرح‌های آبخیـزداری تاثیـر مثبتی بر آبخوان خواهند داشـت. اما تاکید می‌شـود در اجرای این طرح‌ها، می‌بایسـت مطالعات دقیق زیر سـطحی بـرای ارائه راه حلـی در جهت عـدم تداخل آب‌های تحت تاثیر گنبد نمکی با آب‌های شـیرین تر نفوذی از سـطح صورت پذیرد تا نتیجه مطلوب حاصل گردد. به‌علاوه می‌بایست راهی موثر برای جلوگیری از جایگزینی رسـوبات ریزدانه حمل شـده در محل اجرای طرح پیش بینی نمود. براساس مطالعات زمین‌شناسـی و رسوب شناسی (رسـوبات درشت دانه ی کف مخروط افکنه و آبراهه‌ای فراوان) در شـکل ۶، مناطق مسـتعد برای اجرای طرح‌های آبخیزداری در جهت کنترل و کیفیت آب زیرزمینی نشان داده شده است.

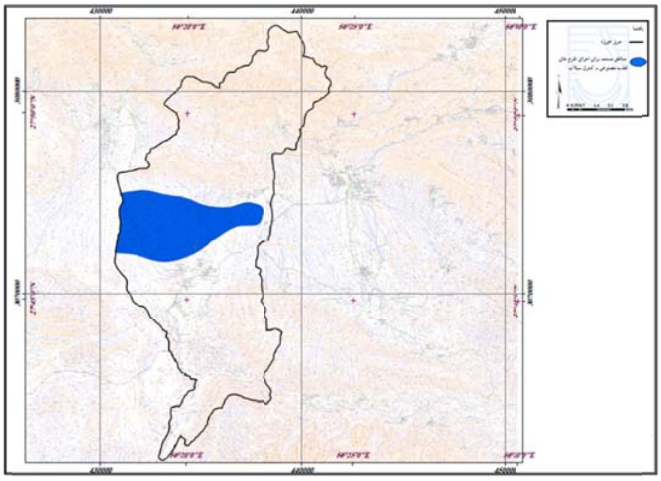
نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشـان می‌دهد، منابع آب محدوده مطالعاتی سیاهو در محدوده آب‌های با منشاء کاملا سخت قرار می‌گیرند. بطور کلی در حوزه سیاهو از سمت شمال شرق به جنوب غرب بر میزان املاح و مواد محلول در آب افزوده شـده و سـبب افت کیفیـت آب‌های زیرزمینـی می‌گردد. تیپ کیفیت شـیمیایی آب نمونه‌هـای مربوط به آبخوان مرکزی و شـمالی حوزه تیپی سـولفاته دارند و بجز نمونه قنات شمال حوزه رخساره آنها نیز کلسیک است. نمونه‌های متاثر از گنبد نمکی (مربوط به آبخوان



شکل ۵- نقشه آلاینده‌های منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۶- مناطق مستعد برای اجرای طرح آبخیزداری در منطقه مورد مطالعه

غربی) نیز مشـخصا تیپ و رخسـاره‌ای همخوان با شرایط خود دارند و همگی کلرورسدیک هستند. نمونه‌های آب زیرزمینی از نظر کشـاورزی نیز چندان مطلوب نبوده و سه نمونه مربوط به آبخوان غربـی در کلاس C4-S3 و C4-S4 قرار می‌گیرند که بسیار شور و برای کشاورزی نامناسب هستند. سایر نمونه‌ها در گـروه C3-S1 جای می‌گیرند و با وجود شـوری، برای آبیاری باغات منطقه قابل استفاده هستند. با توجه به نمودار Schuller نمونه چشـمه‌های BSS2 و BSS3 در محدوده غیرقابل شرب قـرار می‌گیرند و نمونه مربوط به چـاه BSW8 دارای کیفیت نامناسب برای شرب است. بر همین اساس نمونه‌های مربوط به چاه عمیق حوزه و چشـمه آهکی پشـت سغ در محدوده خوب و قابـل قبول برای شـرب قرار می‌گیرند. سـایر نمونه‌ها نیز در محدوده قابل قبول تا متوسـط هستند. در میان نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه از نظـر مصارف صنعتی، نمونه BSW1 و BSS7-1 رسـوبگذار و بقیه نمونه‌ها خورنده هستند. به نظر می‌رسـد حوزه مورد مطالعه که بدلیـل عبور آبراهه‌های فصلی غرب حوزه که بواسطه منشاگیری از ارتفاعات با رخنمون گنبد نمکی دارای کیفیت رواناب بسـیار نامناسب و شوری است، که بطور مشـخص برروی منابع آبـی در غرب و جنوب غرب حوزه تاثیر گذاشـته و سـبب افت قابل توجه کیفیت آنها شده است. وجود لایه‌های مارنی در شمال حوزه نیز تاثیر مستقیم بر کیفیت آب زیرزمینی منطقه داشته است. اجرای طرح‌های تغذیه‌ای در بخش‌های مخروط افکنه‌ای شمال و مرکز حوزه به دلیل مساعد بودن شـرایط زمین شناسی زیر سطحی و رسوبات درشت دانه، بتواند تاثیر بسـزایی بر روی وضعیت آبخوان سـیاهو چه از نظر کمی و چه کیفی داشته باشد. در مورد EC و TDS نیز نزدیک بودن متغیرهای تاثیرگذار بر این دو و همبسـتگی موجود بین این دو متغیر می‌تواند نشان‌دهنده یکسان بودن منابع تاثیرگذار بر آنها باشـد که بیشـترین آن آلودگی ناشی از تاثیر گنبدهای نمکی است، همبسـتگی بین Na وEC به دلیل تاثیر مستقیم سـدیم بر میزان EC است و سدیم یکی از عوامل بوجود آمدن هدایت الکتریکی است، در رابطه با همبستگی TDS و Na نیز به همین ترتیب که سـدیم از عوامل تاثیرگذار بر TDS اسـت. وجود گنبد نمکی در خارج محدوده مورد مطالعه و تاثیرات آن از طریق نهشـته‌های رسـوبی مخروط افکنه‌ای که مشترکا در داخـل و خارج حوزه وجود دارند، از دیگـر عوامل تاثیرگذار بر کیفیت منابع آب زیرزمینی حوزه است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شـامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشـی از مطالعات با عنوان "مطالعه تفصیلی اجرایی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

حوزه آبخیز سیاهو" در سال ۱۳۹۴ که با حمایت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان هرمزگان به انجام رسیده است.

بدینوسیله نویسندگان این مقاله از این اداره کل به منظور مساعدت در انجام این پژوهش تشکر می‌نمایند.

References

1. Todd D, Mays L. Groundwater Hydrogeology. New York: John Wiley and Sons; 2005.
2. Lalehzari R, Tabatabaei S. Groundwater quality analysis in Shahrekord aquifer. Journal of Environmental Studies. 2010;36(53):55-62 (in Persian).
3. Wylie B, Shaffer M, Hall M. Regional assessment of NLEAP NO3-N leaching indices. Journal of the American Water Resources Association. 1995;31(3):339-408.
4. Kalantari N, Alijani F. Research of under ground water quality of Abbas Khuzestan plain. Science Journal of Shahid Chamran University. 2008;19:84-100 (in Persian).
5. Sayyed M, Wagh G, Supekar A. Assessment of impact on the groundwater quality due to urbanization by hydrogeochemical facies analysis in SE part of Pune city, India. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences. 2013;3(2):148-59.
6. Khandouzi F, Pari Zangane A, Abbasali Zamani A, Dadban Shahamat Y. Survey of hydrogeochemical quality and health of groundwater in Ramian, Golestan Province, Iran. Journal of Health Research in Community. 2015;1(3):41-52 (in Persian).
7. Solgi E, Sheikhzadeh H. Study of water quality of Aras River using physico-chemical variables. Iran-Water Resources Research. 2016;12(3):207-13 (in Persian).
8. Schoeller H. The Groundwater. Paris: Mas-son and Cie; 1962.
9. Ebadati N, Hooshmand Zadeh M. Water quality evaluation of Dez River in the Dezful hydrometric station. Iranian Journal of Ecohydrology. 2014;1(2):69-81(in Persian).
10. Homayoon Nezhad I, Amirian P, Piri I. Investigation on water quality of Zabol Chahnimeh reservoirs from drinking water and agricultural viewpoint with focus on Schoeller and Vilcoks diagrams. Journal of Environmental Science and Technology. 2016;18(1):1-13 (in Persian).
11. Soleimani Motlagh M, Talebi A, Zareei M. The study of drought on the quality of surface water resources in Kashkan watershed. Journal of Watershed Management Research. 2015;6(12):154-65 (in Persian).
12. Aqanbati A. Geological of Iran. Iran: Geological Survey of Iran; 2006.
13. ISIRI. Water quality – Guidance on sampling techniques, number 2347. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 1983 (in Persian).
14. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
15. Barcelona M, Gibb J, Hehenfrich J, Garske E. Practical guide for groundwater sampling. USA: Illinois State Water Survey; 1985.
16. Rao G, Rao G. Study of groundwater quality in greater Visakhapatnam city, Andhra Pradesh (India). Journal of Environmental Science and Engineering. 2010;52(2):137-46.
17. WHO. Guidelines for Drinking Water Quality. 3rd ed. Switzerland: World Health Organization; 2008.
18. Peiyue L, Qian W, Jianhua W. Groundwater suitability for drinking and agricultural usage in Yinchuan Area, China. International Journal of Environmental Sciences. 2011;1(6):1248-56.
19. Kotaiah B, Swamy N. Environmental Engineering Laboratory Manual. India: Charotar Publishing House; 1994.
20. Fetter C. Contaminant Hydrogeology. New Jersey: Prentice Hall; 1999.
21. Sikdar P, Chakraborty S, Adhya E, Paul P. Land use/ Land cover changes and groundwater potential zoning in and around Raniganj coal mining area, Bardhaman District, West Bengal-A GIS and remote sensing approach. Journal of Spatial Hydrology. 2004;4(2).
22. Piper A. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. American Geophysical Union. 1994;25(6):914-28.
23. Davoodi F, Seidzadeh H. Plain alluvial aquifer groundwater quality Bojnourd for drinking, agriculture and industry. 8th Conference of Iranian Association of Engineering Geology and The Environment; 2013; Mashhad (in Persian).
24. Wilcox L. The quality of water for irrigation use. Washington, DC: US Department of Agricultural Technical Bulletin; 1962.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Assessment of the hydrogeochemical quality of underground in the Siahoo region, northeast of Bandar Abbas

M Gholamdokht Bandari[1,*], P Rezaee[2], Z Gholamdokht Bandari[3]

1- Department of Engineering and Studies, Department of Natural Resources and Watershed Management of Hormozgan Province, Bandar Abbas, Iran

2- Department of Geology and Mangrove Forest Research Institute, Faculty of Basic Sciences, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran

3- Water and Soil Laboratory, Yazd, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 21 November 2017
Revised: 10 February 2018
Accepted: 17 February 2018
Published: 20 June 2018

Keywords: Drinking water, Water quality, Hydrochemistry index, Bandar Abbas

***Corresponding Author:**
Gholamdokht.bandari@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: Water quality assessment is an important step for optimal and proper use of water resources for drinking and selection of suitable and consistent water quality patterns. Therefore, the necessity of studying water quality characteristics in water resource management programs has been highly considered.

Materials and Methods: In this study, the hydrogeochemical quality of groundwater resources in the Siahoo region of Bandar Abbas was studied for drinking, agricultural and industrial purposes. Qualitative parameters of three wells, three springs, one juicy aqueduct and one surface water sample were used as input data. Water quality characteristics and charts were evaluated using Aq.qa and AquaChem software.

Results: Groundwater of the studied area was in the category of very hard water. According to the PIPER chart, the dominant hydrochemical facies were sulfatecolic and chloroformate species. According to the Willcox and Schuller qualitative index, groundwater for agricultural use was moderate and was acceptable for drinking water. In terms of the saturation index of islands, the existing water resources are corrosive to the sediment.

Conclusion: The data of this study indicate that one of the problems of the available water resources in Siahoo region is the high amount of salt and soluble materials, which show the effect of geological formations (evaporation, Chile, carbonates) and salt domes on the groundwater resources and reduction of the quality of water resources.

Please cite this article as: Gholamdokht Bandari M, Rezaee P, Gholamdokht Bandari Z. Assessment of the hydrogeochemical quality of underground in the Siahoo region, northeast of Bandar Abbas. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(1):97-110.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-03]