مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۱۸، دی ۱۳۹۸، ۹۹۶-۹۸۵

ارزیابی کیفیت منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان با استفاده از مدل شاخص کیفیت آب در سال ۱۳۹۷: یک مطالعه توصیفی

هادی اسلامی[۱]، رضوان تاجیک[۲]، مهدیه اسمعیلی[۳]، عباس اسماعیلی[۴]، محمد مبینی[۵]

دریافت مقاله: ۹۸/۱/۱۱ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۸/۴/۱۱ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۸/۴/۲۴ پذیرش مقاله: ۹۸/۴/۲۵

چکیده

زمینه و هدف: در سال‌های اخیر، استفاده بیش از حد از منابع آب زیرزمینی و تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی موجب آلودگی و کاهش کیفیت منابع آب آشامیدنی شده است. در نتیجه این مطالعه با هدف تعیین کیفیت منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان با استفاده از شاخص کیفیت آب (Water Quality Index; WQI) در سال ۱۳۹۷ انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی بر روی ۷ چاه آب آشامیدنی شهر رفسنجان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. اطلاعات یک ساله (سال ۱۳۹۶) مربوط به ۱۱ پارامتر شامل pH، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، بی‌کربنات، کلرور، سولفات، نیترات، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم از شرکت آب و فاضلاب منطقه رفسنجان گرفته شد و سپس برای ارزیابی و محاسبه کیفیت آب نیز از مدل WQI سازمان بهداشت جهانی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج به دست آمده نشان داد که میانگین غلظت تمامی پارامترهای مورد بررسی منابع آب اشامیدنی شهر رفسنجان در محدوده استاندارد سازمان بهداشت جهانی قرار دارد. ارزیابی شاخص کیفیت کل آب منطقه بر اساس مدل WQI نشان داد که کیفیت آب ۱۴/۲۸ درصد از منابع در محدوده عالی و بسیار خوب و ۸۵/۷۲ درصد در محدوده خوب قرار دارد. هم چنین میانگین و انحراف معیار کیفیت منابع آب بر اساس مدل WQI نیز ۴/۷۱±۵۵/۷۸ بوده که در محدوده خوب قرار دارد.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج کیفیت منابع آب شهر رفسنجان، جهت جلوگیری از پایین آمدن این کیفیت بایستی اجرای اصول صحیح مدیریت منابع آب و جلوگیری از برداشت بی رویه بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آب آشامیدنی، آب زیرزمینی، شاخص کیفیت آب، رفسنجان

۱- (نویسنده مسئول) استادیار مرکز تحقیقات محیط کار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران
تلفن: ۳۴۲۵۹۱۷۶-۰۳۴، دورنگار: ۳۴۲۸۰۰۷۱- ۰۳۴، پست الکترونیکی: Hadieslami1986@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران
۴- دانشیار مرکز تحقیقات محیط کار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران
۵- مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران

مقدمه

امروزه با رشد روزافزون جمعیت، نیاز مردم برای آب جهت استفاده‌های مختلف از جمله فعالیت‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی افزایش یافته و این امر موجب استفاده بیش از حد از منابع آبی شده است [۳-۱]. در سال‌های اخیر تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و هم چنین شیرابه‌های زباله‌ها به محیط زیست، کاربرد وسیع کودهای کشاورزی و استفاده از آفت کش‌ها و حشره‌کش‌ها موجب آلودگی و کاهش کیفیت منابع آبی شده است [۵-۴]. آب‌های آشامیدنی ناسالم و با کیفیت پایین می‌توانند بر روی سلامتی انسان تأثیرگذار باشند و منجر به بروز بسیاری از بیماری‌های حاد و مزمن و یک عامل بسیار مهم در مرگ و میر جوامع به حساب می‌آیند [۶]. آب آشامیدنی سالم باید دارای شاخص‌های کیفی مناسب (مانند خواص فیزیکی و شیمیایی) باشد. یکی از این شاخص‌ها، مقدار غلظت یون‌های اصلی موجود در آب است. هم چنین شور شدن آب زیر زمینی در حال تبدیل شدن به یک مشکل بسیار جدی در سرتاسر جهان است، به گونه‌ای که مسئله شوری به عنوان رایج ترین آلودگی آب زیر زمینی بیان می‌شود [۸-۷].

کیفیت منابع آب زیرزمینی را می‌توان از طریق مقایسه مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده با مقادیر استاندارد آن‌ها ارزیابی کرد، اما این روش قدیمی و ساده بوده که نمی‌تواند یک تصویر جامع و قابل فهم برای عموم از وضعیت کیفیت آب در منطقه خاص نشان دهد [۹]. برای غلبه بر این مشکل، شاخص‌های زیادی برای تجزیه و تحلیل کیفیت آب برای تبدیل مقادیر پارامترهای مختلف به یک شاخص همگانی و کامل ارائه شده است. یکی از این شاخص‌ها، شاخص کیفیت آب (Water Quality Index; WQI) می‌باشد [۱۰-۹].

شاخص کیفیت آب در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافته و ابزاری است جهت ارزیابی و پایش میزان تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفیت آب که می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی در زمینه کیفیت منبع آب در اختیار ما قرار دهد [۱۳-۱۱]. هم چنین این شاخص برای ارزیابی میزان تأثیر فعالیت‌های انسانی و طبیعی بر روی کیفیت منابع آب بر اساس سنجش چندین پارامتر کلیدی آب، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۴]. در مطالعه‌ای که توسط Krishan و همکاران در جهت بررسی کیفیت آب برای اهداف آشامیدنی به وسیله شاخص WQI در هند انجام گرفت، نتایج نشان داد که WQI یک شاخص بسیار مناسب جهت ارزیابی کیفیت آب محسوب می‌شود و بر اساس این شاخص، کیفیت آب در کلاس خوب و قابل قبول قرار دارد [۱۰]. در مطالعه‌ای دیگر که توسط Babiker و همکاران به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از شاخص WQI در دشت ناسونو در ژاپن انجام شده، نتایج نشان داد که کیفیت این آب‌ها بسیار مناسب بوده و شاخص WQI محاسبه شده بالای ۹۰ بوده است [۱۵]. در واقع WQI منعکس کننده تأثیر ترکیبی چندین پارامتر کیفیت آب می‌باشد که در سال‌های اخیر جهت پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی جهت مصارف آشامیدنی به دلیل در بر

داشتن اطلاعات جامع، کامل و قابل فهم از وضعیت کیفیت آب، بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱۷-۱۶].

با توجه به این که منطقه رفسنجان مانند اکثر نقاط ایران دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد که بارندگی نامنظم و کمی داشته و منابع آب زیرزمینی به عنوان تنها منبع آب جهت مصارف مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۸]، در نتیجه با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی شهرستان رفسنجان، این مطالعه با هدف تعیین کیفیت منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان با استفاده از شاخص کیفیت آب در سال ۱۳۹۷ انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی می‌باشد. در این مطالعه، ابتدا اطلاعات مربوط به پارامترهای فیزیکوشیمیایی ۷ چاه آب آشامیدنی شهر رفسنجان در سال ۱۳۹۶ از شرکت آب و فاضلاب منطقه رفسنجان جمع آوری گردید. ۱۱ پارامتر مورد بررسی در این پژوهش شامل pH، هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity; EC)، کل جامدات محلول (Total Dissolved Solids; TDS)، بی‌کربنات (HCO_3^-)، کلرور (Cl^-)، سولفات (SO_4^{2-})، نیترات (NO_3^-)، کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (mg^{2+})، سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) بود که اطلاعات مربوط به آنالیز یک ساله (هر سه ماه یک بار و چهار بار در سال) آن‌ها از شرکت آب و فاضلاب منطقه رفسنجان گرفته شده و به صورت میانگین یک ساله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت [۲].

مدل WQI برای ارزیابی میزان تأثیر فعالیت‌های انسانی و طبیعی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی بر اساس سنجش چندین فاکتور کلیدی محاسبه می‌شود [۱۴]. مدل WQI طی سه مرحله محاسبه و ارزیابی می‌شود. در مرحله اول ۱۱ پارامتر انتخاب شد (pH، EC، TDS، HCO_3، Cl، SO_4، NO_3، Ca، Mg، Na و K) و به هر پارامتر بر اساس اهمیت آن در کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف آشامیدنی و میزان تأثیر آن بر سلامتی، یک وزن (wi) داده می‌شود. به هر پارامتر وزن بین ۱ تا ۵ داده شد. بیش‌ترین وزن ۵ بوده که به نیترات و TDS داده شده، وزن ۴ به pH، EC و SO_4، وزن ۳ به بیکربنات و کلرور، وزن ۲ به کلسیم، سدیم و پتاسیم و وزن ۱ به منیزیم اختصاص داده شد [۸]. در مرحله دوم، وزن نسبی (Wi) برای هر پارامتر از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Wi = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

که در اینجا، Wi: وزن نسبی برای هر پارامتر، wi: وزن داده شده به هر پارامتر و n: تعداد پارامترهای مورد بررسی می‌باشند. در مرحله سوم، کیفیت نسبی (qi) برای هر پارامتر از تقسیم مقدار اندازه‌گیری شده هر پارامتر در نمونه بر مقدار استاندارد سازمان بهداشت جهانی آن پارامتر [۱۹]، از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود [۱۴]:

$$qi = (Ci/Si) \times 100$$

که در اینجا، qi: کیفیت نسبی هر پارامتر، Ci: غلظت اندازه گیری شده هر پارامتر در نمونه (میلی‌گرم بر لیتر) و Si: استاندارد WHO برای هر پارامتر (میلی‌گرم بر لیتر)

می‌باشد. سپس برای محاسبه WQI، شاخص بحرانی یا SIi برای هر پارامتر از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود و جمع SIi مربوط به هر پارامتر، به ما میزان WQI را می‌دهد:

$$SIi= qi\times Wi$$

$$WQI = \sum SIi$$

که در اینجا، SIi: شاخص بحرانی هر پارامتر، qi: کیفیت نسبی هر پارامتر و Wi: وزن نسبی برای هر پارامتر می‌باشد [۱۴]. در نهایت پس از محاسبه شاخص کیفیت آب برای پارامترها، طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس جدول ۱ انجام شد. هم‌چنین پس از جمع آوری اطلاعات، برای رسم نمودارهای مربوطه و تجزیه و تحلیل اطلاعات و تعیین شاخص کیفیت آب از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

جدول ۱- کلاس‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص کیفیت آب [۲۰، ۱۴]

محدوده شاخص WQI	کیفیت آب
کمتر از ۵۰	عالی و بسیار خوب
کمتر از ۱۰۰ - ۵۰	خوب
کمتر از ۲۰۰ - ۱۰۰	ضعیف
کمتر از ۳۰۰ - ۲۰۰	بسیار ضعیف
بیشتر از ۳۰۰	نامناسب برای اهداف آشامیدنی

نتایج

در جدول ۲، میانگین و انحراف معیار غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان pH در محدوده ۸/۲۵–۷/۹۲، هدایت الکتریکی در محدوده ۸۰۹/۲۱–۵۲۲/۵۱ میکروزیمنس بر سانتی متر (µS/cm)، کل جامدات محلول در محدوده ۴۲۰/۶۱–۲۴۷/۸۵ میلی‌گرم بر لیتر (mg/L)، سختی کل در محدوده ۱۹۰/۶۸-۱۰۳/۷۲ میلی‌گرم بر لیتر، نیترات در محدوده ۱۸/۲۱-۴/۵۵ میلی‌گرم بر لیتر، سولفات در محدوده ۹۲/۴۵-۶۰/۸۱ میلی‌گرم بر لیتر، کلرور در محدوده ۱۱۹/۱۵-۳۵/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر، سدیم در محدوده ۲۹۳/۲۱-۲۳/۱۸ میلی‌گرم بر لیتر، پتاسیم در محدوده ۶/۲۵–۲/۹۵ میلی‌گرم بر لیتر، و منیزیم در محدوده ۳۹/۴۸-۱۰/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر بوده است.

جهت محاسبه شاخص کیفیت آب، ابتدا استاندارد سازمان بهداشت جهانی [۱۹] مربوط به پارامترهای مورد بررسی و مقدار وزن مربوط به هر پارامتر بر اساس اهمیت بهداشتی و تأثیر روی سلامت آن و در نهایت وزن نسبی پارامترها محاسبه و در جدول ۳ ارائه شده است. هم چنین میانگین و انحراف معیار کیفیت نسبی پارامترها بر اساس میانگین غلظت سالیانه هر پارامتر و میانگین شاخص بحرانی کل چاه‌های مورد بررسی از منابع آب رفسنجان در جدول ۳ ارائه شده است. میانگین و انحراف معیار شاخص کیفیت آب کل منابع آب نیز از مجموع میانگین شاخص بحرانی پارامترها به‌دست می‌آید که برابر ۴/۷۱±۵۵/۷۸ بوده است.

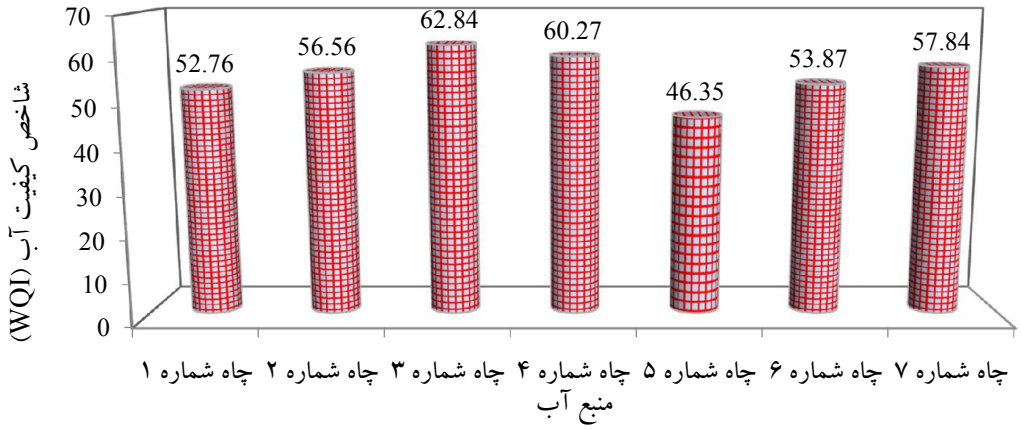
در نمودار ۱ نیز شاخص کیفیت آب برای چاه‌های مورد بررسی در منطقه رفسنجان ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، شاخص کیفیت آب در محدوده ۴۶ تا ۶۲/۵ بوده که نشان می‌دهد وضعیت کیفیت آب آشامیدنی شهر رفسنجان بر اساس پارامترهای مورد بررسی در محدوده خوب قرار دارد.

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان در سال ۱۳۹۷

پارامتر	چاه شماره ۱	چاه شماره ۲	چاه شماره ۳	چاه شماره ۴	چاه شماره ۵	چاه شماره ۶	چاه شماره ۷	میانگین و انحراف معیار کل چاه‌ها
pH	۸/۲۵±۰/۴۴	۷/۹۷ ± ۰/۵۲	۸/۱۵ ± ۰/۷۱	۷/۹۲ ± ۰/۵۶	۸/۱۵ ± ۰/۳۲	۸/۱۱ ± ۰/۶۳	۸/۰۲ ± ۰/۷۷	۸/۰۸±۰/۱۱
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر)	۷۲۱/۴۲±۲۳/۷۱	± ۱۶/۳۵ ۶۲۵/۷۸	± ۱۴/۳۴ ۸۰۰/۸۱	± ۱۹/۶۷ ۸۰۹/۲۱	± ۲۱/۳۳ ۵۲۲/۵۱	± ۱۴/۹۵ ۵۲۴/۴۲	± ۱۷/۸۲ ۷۵۰/۱۲	۶۷۹/۱۸±۱۲۲/۳۸
کل جامدات محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۳۵۳/۵۱±۲۱/۱۸	± ۱۸/۳۲ ۳۱۰/۷۲	± ۱۵/۴۱ ۴۰۰/۸۲	± ۱۹/۷۵ ۴۲۰/۶۱	± ۱۲/۹۰ ۲۴۹/۷۳	± ۱۴/۶۱ ۲۴۷/۸۵	± ۱۳/۲۱ ۳۸۱/۷۲	۳۳۷/۸۵ ± ۷۰/۲۲
بی کربنات (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۲۳/۳۲±۱۹/۲۱	± ۱۲/۵۵ ۱۹۸/۶۱	± ۱۱/۹۱ ۱۹۷/۶۵	± ۲۱/۶۵ ۲۱۰/۶۱	± ۱۷/۴۳ ۱۸۱/۷۱	± ۱۴/۸۵ ۱۷۱/۶۵	± ۱۱/۹۲ ۱۴۵/۷۲	۱۸۹/۸۹ ± ۲۵/۹۲
کلراید (میلی‌گرم بر لیتر)	۸۲/۳۵±۸/۵۱	۵۵/۲۱ ± ۶/۲۵	± ۱۲/۷۲ ۱۱۹/۱۵	± ۹/۹۵ ۱۰۱/۴۵	۳۶/۷۲ ± ۷/۳۲	۳۵/۲۸ ± ۵/۷۸	۶۰/۷۱ ± ۶/۶۲	۷۰/۱۲ ± ۳۲/۰۸
سولفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۶۴/۳۱±۷/۱۸	۷۰/۳۲ ± ۶/۴۵	۹۲/۴۵ ± ۹/۲۲	۹۰/۵۲ ± ۵/۷۴	۶۰/۸۱ ± ۸/۴۱	۵۹/۹۲ ± ۵/۸۲	۸۰/۳۶ ± ۸/۳۱	۷۴/۰۹ ± ۱۳/۷۴
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۴/۷۱±۰/۸۹	۱۸/۲۱ ± ۲/۶۵	۷/۲۳ ± ۱/۱۴	۴/۵۵ ± ۰/۹۴	۶/۲۵ ± ۱/۰۳	۷/۹۹ ± ۱/۷۶	۱۲/۱۵ ± ۲/۳۴	۸/۷۲ ± ۴/۹۱
کلسیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۷/۱۲±۲/۸۶	۳۲/۴۵ ± ۳/۲۴	۲۳/۱۷ ± ۳/۴۱	۱۶/۷۲ ± ۲/۵۳	۴۸/۴۱ ± ۵/۲۱	۴۹/۳۱ ± ۴/۸۲	۲۵/۵۵ ± ۲/۶۲	۳۰/۳۹ ± ۱۳/۶۹
منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۰/۱۶±۱/۲۳	۳۹/۴۸ ± ۳/۷۲	۱۶/۶۱ ± ۲/۳۵	۱۵/۷۴ ± ۲/۸۱	۱۱/۷۳ ± ۱/۸۸	۱۲/۳۲ ± ۱/۹۵	۲۰/۲۸ ± ۲/۴۶	۱۸/۰۴ ± ۱۰/۰۵
سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۴/۵۲±۳/۲۱	۲۳/۱۸ ± ۲/۸۹	± ۹/۳۶ ۱۲۰/۴۹	۹۰/۴۴ ± ۷/۲۵	۴۴/۷۱ ± ۴/۵۲	± ۱۲/۶۷ ۲۹۳/۲۱	۶۰/۸۲ ± ۵/۲۴	۹۳/۹۱ ± ۹۴/۶۶
پتاسیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۲/۹۵±۰/۵۳	۶/۲۵ ± ۰/۹۵	۴/۱۵ ± ۰/۴۵	۳/۵۲ ± ۰/۳۷	۳/۲۳ ± ۰/۸۲	۳/۴۲ ± ۰/۷۸	۴/۳۱ ± ۰/۹۲	۳/۹۷ ± ۱/۱۱
سختی کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۹۰/۶۸±۱۱/۴۶	± ۱۰/۷۵ ۱۶۳/۴۵	± ۱۰/۳۴ ۱۲۸/۶۲	± ۱۰/۴۵ ۱۰۳/۷۲	± ۱۱/۲۴ ۱۶۹/۸۲	± ۱۱/۸۶ ۱۷۴/۶۷	± ۱۰/۵۷ ۱۵۹/۲۸	۱۵۵/۷۴ ± ۲۹/۶۹

جدول ۳- مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی، وزن و وزن نسبی محاسبه شده برای پارامترهای فیزیکو شیمیایی منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان در سال ۱۳۹۷ [۲۱]

پارامتر	استاندارد WHO	وزن (wi)	وزن نسبی (Wi)	میانگین کیفیت نسبی کل (qi)	میانگین شاخص بحرانی کل (Sli)
pH	۶/۵–۸/۵	۴	۰/۱۱۴	۹۵/۰۷ ± ۱/۳۶	۱۰/۸۶ ± ۰/۱۴
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر)	۵۰۰	۴	۰/۱۱۴	۱۳۵/۸۳ ± ۲۴/۴۷	۱۵/۵۲ ± ۲/۵۸
کل جامدات محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۵۰۰	۵	۰/۱۴۲	۶۷/۵۷ ± ۱۴/۰۴	۹/۶۵ ± ۱/۸۵
بی کربنات (میلی‌گرم بر لیتر)	۵۰۰	۳	۰/۰۸۶	۳۷/۹۷ ± ۵/۱۸	۳/۲۵ ± ۰/۴۱
کلراید (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۵۰	۳	۰/۰۸۶	۲۸/۰۴ ± ۱۲/۸۳	۲/۴۰ ± ۱/۰۱
سولفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۵۰	۴	۰/۱۱۴	۲۹/۶۳ ± ۵/۴۹	۳/۳۸ ± ۰/۵۸
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۴۵	۵	۰/۱۴۲	۱۹/۳۹ ± ۱۰/۸۹	۲/۷۷ ± ۱/۴۴
کلسیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۷۵	۲	۰/۰۵۷	۴۰/۵۲ ± ۱۸/۲۶	۲/۱۳ ± ۰/۹۶
منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۵۰	۱	۰/۰۲۹	۳۶/۰۹ ± ۲۰/۱۱	۱/۸۹ ± ۰/۴۹
سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۰۰	۲	۰/۰۵۷	۴۶/۹۵ ± ۴۷/۳۳	۲/۶۸ ± ۲/۵۰
پتاسیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۲	۲	۰/۰۵۷	۳۳/۱۳ ± ۹/۲۷	۱/۸۹ ± ۰/۴۹
جمع		۳۵	۰/۹۹۸	-	۵۵/۷۸ ± ۴/۷۱
میانگین شاخص کیفیت آب کل				۵۵/۷۸ ± ۴/۷۱	



نمودار ۱- شاخص کیفیت آب محاسبه شده برای چاه‌های آب آشامیدنی شهر رفسنجان در سال ۱۳۹۷

بحث

بر اساس نتایج این مطالعه، میانگین pH منابع آب شهر رفسنجان ۰/۱۱±۸/۰۸ بوده که بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای pH (۶/۵–۸/۵)، pH آب در محدوده استاندارد بوده است. معمولاً pH به طور مستقیم بر روی سلامتی اثر ندارد ولی یک پارامتر بسیار مهم در تعیین

کیفیت منبع آب می‌باشد که می‌تواند روی محلول و نامحلول بودن بسیاری از آلاینده‌ها در منابع آب اثر گذار باشد [۱۹]. میانگین pH در این مطالعه نشان می‌دهد که یون بی کربنات به صورت غالب وجود دارد و چاه‌های منطقه طبیعت قلیایی دارند دارند [۵].

میانگین میزان هدایت الکتریکی در این مطالعه ۱۲۲/۳۸±۶۷۹/۱۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده و بر اساس استاندارد حداکثر مجاز مقادیر EC در آب آشامیدنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۱۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) [۱۹]، میزان EC در محدوده استاندارد بوده است.

میانگین مقادیر کل جامدات محلول ۷۰/۲۲±۳۳۷/۸۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. مقادیر TDS در واقع نشان دهنده وزن مواد باقی مانده بعد از تبخیر و خشک کردن نمونه آب است [۲۲]. بر اساس طبقه بندی TDS برای آب‌های زیرزمینی، آب‌های با TDS کم‌تر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر را آب‌های شیرین، TDS بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ را آب‌های لب شور و آب‌های بیش از ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر را آب‌های شور دسته بندی می‌کنند [۲۳]. در نتیجه منابع آب شهر رفسنجان بر اساس میزان TDS در محدوده آب‌های شیرین قرار دارند.

میانگین مقادیر سختی کل در این مطالعه ۲۹/۶۹±۱۵۵/۷۴ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. آب‌های با سختی بالای ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌توانند باعث ایجاد تشکیل رسوب در شبکه توزیع شوند [۲۴]. در نتیجه منابع آب مورد مطالعه بر اساس میزان سختی، جزء آب‌های با سختی پایین محسوب می‌شوند و البته احتمال خوردگی لوله‌های شبکه توزیع می‌تواند بالا رود.

غلظت نیترات در منابع آب رفسنجان نیز ۴/۹۱±۸/۷۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده که بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (حداکثر ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر) نیترات در محدوده استاندارد بوده است. نیترات از جمله آنیون‌های محلول در آب و تأثیرگذار بر روی سلامت است که حضور آن در آب‌های زیرزمینی بیش‌تر ناشی از پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های انسانی می‌باشند [۲۵].

میانگین غلظت سولفات در این مطالعه ۱۳/۷۴±۷۴/۰۹ میلی‌گرم بر لیتر بوده که پایین‌تر از حداکثر غلظت مجاز آن در آب آشامیدنی (۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. هم چنین غلظت یون‌های کلراید و بی‌کربنات نیز به ترتیب ۳۲/۰۸± ۷۰/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر و ۲۵/۹۲± ۱۸۹/۸۹ میلی‌گرم بر لیتر بوده که هر دو پایین تر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (برای کلراید ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای بی کربنات ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بوده است. وجود یون کلراید در منابع آب زیرزمینی می‌تواند ناشی از منابع مختلفی از قبیل هوا دیدگی، نشت رسوبات خاک‌ها و سنگ‌ها به داخل منابع آب و پساب‌های شهری و صنعتی می‌باشد [۱۴]. غلظت کربنات‌ها در آب‌های طبیعی بیشتر وابسته به میزان دی اکسید کربن محلول، درجه حرارت، pH، کاتیون‌ها و بعضی نمک‌های محلول می‌باشد و معمولاً

غلظت آن‌ها در آب‌های زیرزمینی بیشتر از آب‌های سطحی می‌باشد [۱۴].

در این مطالعه از بین کاتیون‌های مورد بررسی غلظت کاتیون‌های کلسیم و منیزیم به ترتیب ۱۳/۶۹±۳۰/۳۹ میلی‌گرم بر لیتر و ۱۰/۰۵±۱۸/۰۴ میلی‌گرم بر لیتر بوده که هر دو در محدوده استاندارد سازمان بهداشت جهانی (برای کلسیم ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای منیزیم ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) بوده است. وجود کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در آب‌های زیرزمینی عمدتاً ناشی از کربنات‌های معدنی از قبیل کلسیت و دولومیت می‌باشد [۲۶]. هم‌چنین میانگین غلظت کاتیون‌های سدیم و پتاسیم در منابع آب شهر رفسنجان به ترتیب ۹۴/۶۶±۹۳/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر و ۱/۱۱±۳/۹۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده که بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (برای سدیم ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای پتاسیم ۱۲ میلی‌گرم بر لیتر) غلظت هردو کاتیون‌ها پایین‌تر از میزان استاندارد بوده است [۱۹].

در نهایت بر اساس نتایج این مطالعه، میانگین شاخص کیفیت کل آب آشامیدنی شهر رفسنجان ۴/۷۱±۵۵/۷۸ بوده و بر اساس مدل شاخص کیفیت آب سازمان بهداشت جهانی، ۱۴/۲۸ درصد از منابع در محدوده عالی و بسیار خوب و در ۸۵/۷۲ درصد از منابع در محدوده خوب قرار گرفته است. در مطالعه‌ای که توسط Mohebbi و همکاران در زمینه کاربرد شاخص کیفیت آب برای ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی در کل کشور ایران انجام گرفت، میانگین کشوری شاخص اصلاح شده کیفیت آب آشامیدنی در ۸۵ درصد منابع وضعیت خوب گزارش شده است که با نتایج مطالعه ما همخوانی دارد [۹].

در مطالعه‌ای دیگر که توسط Khosravi و همکاران بر روی ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی برای اهداف آشامیدن در بیرجند با استفاده از شاخص کیفیت آب انجام گرفت، نتایج نشان داد که ۱۰/۵ درصد از منابع آب دارای کیفیت عالی، ۳۱/۵۷ درصد در محدوده خوب، ۳۶/۸۴ درصد در محدوده ضعیف، ۱۵/۷ درصد در محدوده خیلی ضعیف و ۵ درصد در محدوده غیر قابل استفاده برای آشامیدن قرار داشته است [۲۱].

در مطالعه‌ای که توسط al-hadithi و همکاران بر روی ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه Haridwar در کشور هند با استفاده از شاخص کیفیت آب انجام گرفت، نتایج نشان داد که ۴۸ درصد از منابع در محدوده بسیار خوب و ۴۸ درصد در محدوده خوب و ۴ درصد در محدوده بسیار ضعیف قرار داشته است [۲۷]. در مطالعه‌ای دیگر که توسط Ketata-Rokbani و همکاران بر روی ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی سفره‌های آب منطقه El Khairat در شمال شرقی کشور تونس با استفاده از مدل شاخص کیفیت آب انجام گرفت، نتایج نشان داد که کیفیت بیش از ۸۲ درصد از منابع آب در محدوده ضعیف و بسیار ضعیف قرار دارد [۲۰]. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با مطالعات مشابه نشان می‌دهد که کیفیت آب در منابع آب شهر رفسنجان بر اساس شاخص کیفیت آب مناسب می‌باشد اما این شاخص تمامی‌پارامترهای آب نظیر فلزات سنگین را در بر ندارد و نمی‌توان به طور

قطع بیان کرد که کیفیت آب از تمامی‌جنبه‌ها مناسب است و در نتیجه در درجه اول برای جلوگیری از پایین آمدن این کیفیت بایستی اصول صحیح مدیریت منابع آب و جلوگیری از برداشت بی رویه از منابع آبی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

مهمترین محدودیت این مطالعه نیز نداشتن اطلاعات در زمینه غلظت فلزات سنگین منابع آب می‌باشد و لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی سایر پارامترها نظیر غلظت فلزات سنگین نیز در شاخص آورده شود و مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه کیفیت منابع آب زیرزمینی شهر رفسنجان بر اساس شاخص کیفیت آب مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله، کیفیت ۸۵/۷۲ درصد از منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان در محدوده خوب قرار دارد. هم چنین میانگین و انحراف معیار کیفیت کل منابع آب آشامیدنی بر اساس شاخص کیفیت آب نیز ۴/۷۱±۵۵/۷۸ بوده که در محدوده خوب قرار گرفته است. لذا جهت جلوگیری از پایین آمدن این کیفیت پیشنهاد می‌شود اجرای اصول صحیح مدیریت منابع آب و جلوگیری از برداشت بی‌رویه بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با کد ۹۷۲۱۸ مصوب دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان می‌باشد و بدین وسیله از تمامی‌حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان و هم چنین شرکت آب و فاضلاب شهر رفسنجان جهت همکاری در ارائه اطلاعات مربوطه نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

References

[1] Ibrahim MN. Assessing Groundwater Quality for Drinking Purpose in Jordan: Application of Water Quality Index. *J Ecol Eng* 2019; 20(3): 101-11.

[2] Eslami H, Almodaresi S, Khosravi R, Fallahzadeh R, Peirovi R, Taghavi M. Assessment of Groundwater Quality in Yazd-Ardakan Plain for Agricultural Purposes Using Geographic Information System (GIS). *Journal of Health* 2018; 8(5): 575-86.

[3] Eslami H, Hematabadi PT, Ghelmani SV, Vaziri AS, Derakhshan Z. The performance of advanced sequencing batch reactor in wastewater treatment plant to remove organic materials and linear alkyl benzene sulfonates. *Jundishapur J Health Sci* 2015; 7(3): 33-9.

[4] Abbasnia A, Yousefi N, Mahvi AH, Nabizadeh R, Radfard M, Yousefi M, 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). *Hum Ecol Risk Assess* 2019; 25(4): 988-1005.

[5] Varol S, Davraz A. Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/Turkey). *Environ Earth Sci* 2015; 73(4): 1725-44.

[6] Milovanovic M. Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. *Desalination* 2007; 213(1): 159-73.

[7] Aly AA, Al-Omran AM, Alharby MM. The water quality index and hydrochemical characterization of groundwater resources in Hafar Albatin, Saudi Arabia. *Arab J Geosci* 2015; 8(6): 4177-90.

[8] Khosravi H, Karimi K, Mesbahzadeh T. Investigation of Spatial Structure of Groundwater Quality Using Geostatistical Approach in Mehran Plain, Iran. *Pollution* 2016; 2(1): 57-65.

[9] Mohebbi MR, Saeedi R, Montazeri A, Vaghefi KA, Labbafi S, Oktaie S, et al. Assessment of water quality in groundwater resources of Iran using a modified drinking water quality index (DWQI). *Ecol indic* 2013; 30 (2013): 28-34.

[10] Krishan G, Singh S, Kumar C, Garg P, Suman G. Assessment of Groundwater Quality for Drinking Purpose by Using Water Quality Index (WQI) in Muzaffarnagar and Shamli Districts, Uttar Pradesh, India. *Hydrol Current Res* 2016; 7(227): 1-4.

[11] Boyacioglu H. Development of a water quality index based on a European classification scheme. *Water Sa* 2007; 33(1): 101-6.

[12] Icaga Y. Fuzzy evaluation of water quality classification. *Ecol Indic* 2007; 7(3): 710-8.

[13] Ocampo-Duque W, Schuhmacher M, Domingo JL. A neural-fuzzy approach to classify the ecological status in surface waters. *Environ Pollut* 2007; 148(2): 634-41.

[14] Logeshkumaran A, Magesh N, Godson PS, Chandrasekar N. Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. *Appl Water Sci* 2015; 5(4): 335-43.

[15] Babiker IS, Mohamed MA, Hiyama T. Assessing groundwater quality using GIS. *Water Resour Manag* 2007; 21(4): 699-715.

[16] Singh P, Tiwari A, Singh PK. Assessment of groundwater quality of Ranchi township area, Jharkhand, India by using water quality index method. *Int J Chem Tech Res* 2015; 7(01): 73-9.

[17] Tiwari AK, Singh AK. Hydrogeochemical investigation and groundwater quality assessment of Pratapgarh district, Uttar Pradesh. *J Geolo Soc India* 2014; 83(3): 329-43.

[18] Hosseinifard SJ, Aminiyan MM. Hydrochemical characterization of groundwater quality for drinking and agricultural purposes: a case study in Rafsanjan plain, Iran. *Water Qual Expos Health* 2015; 7(4): 531-44.

[19] WHO. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization. Geneva 2011. p. 303-4.

[20] Ketata-Rokbani M, Gueddari M, Bouhlila R. Use of geographical information system and water quality index to assess groundwater quality in El Khairat Deep Aquifer (Enfidha, Tunisian Sahel). *Iran J Energy Environ* 2011; 2(2): 133-44.

[21] Khosravi R, Eslami H, Almodaresi SA, Heidari M, Fallahzadeh RA, Taghavi M, et al. Use of geographic information system and water quality index to assess groundwater quality for drinking purpose in Birjand city, Iran. *Desalin Water Treat* 2017; 67 (2017): 74-83.

[22] Bahar MM, Reza MS. Hydrochemical characteristics and quality assessment of shallow groundwater in a coastal area of Southwest Bangladesh. *Environ Earth Sci* 2010; 61(5): 1065-73.

[23] Selvam S, Manimaran G, Sivasubramanian P, Balasubramanian N, Seshunarayana T. GIS-based evaluation of water quality index of groundwater resources around Tuticorin coastal city, South India. *Environ Earth Sci* 2014; 71(6): 2847-67.

[24] Ramesh K, Elango L. Groundwater quality assessment in Tondiar basin. *Indian J Environm Prot* 2006; 26(6): 497.

[25] Pang Z, Yuan L, Huang T, Kong Y, Liu J, Li Y. Impacts of human activities on the occurrence of groundwater nitrate in an alluvial plain: a multiple isotopic tracers approach. *J Earth Sci* 2013; 24 (1): 111-24.

[26] Magesh N, Krishnakumar S, Chandrasekar N, Soundranayagam JP. Groundwater quality assessment using WQI and GIS techniques, Dindigul district, Tamil Nadu, India. *Arab J Geosci* 2013; 6(11): 4179-89.

[27] Al-hadithi M. Application of water quality index to assess suitability of groundwater quality for drinking purposes in Ratmao–Pathri Rao watershed, Haridwar District, India Mufid. *Am J Sci Ind Res* 2012; 3 (6): 395-402.

Assessment of the Quality of Rafsanjan Drinking Water Resources using Water Quality Index (WQI) Model in 2018: A Descriptive Study

H. Eslami[1], R. Tajik[2], M. Esmaeili[3], A. Esmaeili[4], M. Mobini[5]

Received: 31/03/2019 Sent for Revision: 02/07/2019 Received Revised Manuscript: 15/07/2019 Accepted: 16/07/2019

Background and Objectives In recent years, excessive use of groundwater resources and the discharge of urban and industrial wastewater in the environment has contaminated and reduced the quality of groundwater resources. The aim of this study was to determine the quality of drinking water resources in Rafsanjan city using water quality index (WQI) in 2018.

Materials and Methods: This descriptive study was carried out on 7 drinking water wells in Rafsanjan city in 2018. One year data (2017 year) about 11 parameters including pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), bicarbonate ($HCO3^-$), chlorine (Cl^-), sulfate (SO_4^-), nitrate (NO_3^-), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), sodium (Na^+) and potassium (K^+) was obtained from water and wastewater company of Rafsanjan. Then the WQI model was used for evaluation and calculation of water quality.

Results: The results showed that the mean concentration of all parameters of the water resources in Rafsanjan was within the World Health Organization (WHO) standard. The assessment of the water quality of Rafsanjan based on the WQI model showed that the water quality of 14.28% of the resources was in the excellent and very good range and 85.72% in the good range. The mean and standard deviation score of water resources quality according to the WQI model was 55.78±4.71, which is in a good quality range.

Conclusion: Considering the quality of drinking water resources in Rafsanjan, in order to prevent the reduction of this quality, the implementation of proper management and preventing unnecessary use of water resources should be considered.

Key words: Drinking water, Groundwater, Water quality index, Rafsanjan

Funding: This study was funded by Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran

Conflict of interest: None declared

Ethical approval: The Ethics Committee of Rafsanjan University of Medical Sciences approved the study (IR.RUMS.REC.1397.119).

How to cite this article: Eslami H, Tajik R, Esmaeili M, Esmaeili A, Mobini M. Assessment of the Quality of Rafsanjan Drinking Water Resources Using Water Quality Index (WQI) Model in 2018: A Descriptive Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2020; 18 (10): 985-96. [Farsi]

1- Assistant Prof. Occupational Environment Research Center, Dept. of Environmental Health Engineering, School of Health, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, ORCID: 0000-0001-5137-4764
(Corresponding Author) Tel: (034) 34259176, Fax: (034) 34280071, E-mail: Hadieslami1986@yahoo.com
2- BSc Student of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, School of Health, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, ORCID: 0000-0002-4233-7942
3- BSc Student of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Dept. of Environmental Health Engineering, School of Health, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, ORCID: 0000-0002-7723-9269
4- Associate Prof., Occupational Environment Research Center, Dept. of Environmental Health Engineering, School of Health, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, ORCID: 0000-0002-4321-5947
5- Lecturer, Dept. of Environmental Health Engineering, School of Health, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, ORCID: 0000-0003-2779-531X