



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

مقاله پژوهشی

تجزیه و تحلیل کیفیت آب آشامیدنی شبکه‌های توزیع شهرستان ری با استفاده از نرم‌افزار IWQIS

بهنام سپهرنیا^۱، رامین نبی‌زاده^{۲*}، امیرحسین محوی^۳، سیمین ناصری^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۲- (نویسنده مسئول): دکترای بهداشت محیط، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۵- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۶- مرکز تحقیقات کیفیت آب، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: در این مطالعه محاسبه شاخص کیفی آب (WQI) توسط نرم‌افزار ایرانی IWQIS برای بررسی کیفیت آب آشامیدنی در شبکه‌های توزیع شهرستان ری انجام شده است. روش بررسی: ۷۳ نمونه آب شرب در طول سال ۱۳۹۲ و مقایسه ۱۸ پارامتر فیزیکوشیمیایی مطابق با استاندارد ۱۰۵۳ آب آشامیدنی ایران بررسی شدند. یافته‌ها: نتایج نشان داد که هفت پارامتر سختی کل، منیزیم، نترات، سدیم، فلئوئور، کلرور و سولفات به ترتیب در ۳۱/۵، ۴۶/۶، ۵۰/۶۸، ۴۵/۲، ۴۲/۴۶، ۲/۷ و ۲۸/۷۶٪ از نمونه‌ها غلظت‌هایی خارج از حدود مجاز را داشته‌اند. میانگین غلظت این پارامترها نیز به ترتیب ۳۷، ۳۲، ۴۷/۴۳، ۱۸۷، ۰/۵، ۱۶۹ و ۲۶۳ mg/L بدست آمده و در خصوص نترات، فلئوئور و سدیم، جمعیت در معرض خطر دریافت غلظت‌های نامتعارف این سه پارامتر از آب آشامیدنی شهرستان ری به ترتیب ۵/۶، ۷۹/۱ و ۱۳/۵٪ از جمعیت کل این شهرستان است. نتیجه‌گیری: متوسط شاخص کیفی آب آشامیدنی در شهرستان ری ۷۱/۲۲ و در محدوده کیفی خوب ارزیابی شد. ۱۷ نمونه (۲۳/۲٪) در محدوده کیفیت عالی، ۵۴ نمونه (۷۴٪) خوب، یک نمونه (۱/۴٪) خیلی ضعیف و یک نمونه (۱/۴٪) نیز در محدوده کیفیت نامناسب قرار داشت و هیچ نمونه‌ای در محدوده کیفیت ضعیف قرار نگرفته است. نمونه‌های مربوط به فصل پاییز بدترین کیفیت را نشان داده‌اند.

واژگان کلیدی: کیفیت آب آشامیدنی، شبکه توزیع آب، شاخص کیفی آب

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

mabizadeh@tums.ac.ir

مقدمه

تصور یک محیط بهداشتی و سالم بدون آب ممکن نیست. توسعه بهداشت و حفاظت از محیط زیست همواره به تامین آب سالم وابسته است (۱). مشکل تامین آب در کشورهای جهان سوم و در حال توسعه، فقط کمبود منابع آب نیست، بلکه عدم بکارگیری تکنولوژی مناسب در امر تامین، تصفیه و توزیع آب با تکیه بر توانمندی‌های محلی و بومی، عدم بهره‌گیری صحیح از منابع مالی ملی و یا بین‌المللی، عدم تدوین استراتژی لازم متناسب با شرایط ملی، منطقه‌ای و محلی از دلایل اصلی است (۲). همانگونه که کمیت آب مورد توجه است، کیفیت آب نیز شاخصی است که باید توجه بیشتری به آن معطوف داشت (۳). کیفیت آب از جمله مسائلی است که با سلامتی، بهداشت فردی و عمومی جامعه نسبت مستقیم دارد و لزوم پایش آب و تامین شرایط بهداشتی و استاندارد برای آشامیدن باعث شده که کنترل کیفیت آب از اهمیت بالایی برخوردار باشد (۴).

جهت کنترل کیفیت آب و پی بردن به سطح کیفیت آن از شاخص‌های کیفی آب استفاده می‌شود. شاخص کیفی آب به عنوان ابزاری است که اطلاعات پیچیده در مورد پارامترهای اساسی کنترل کیفیت آب را به صورت یک عدد شاخص و ساده، جهت درک بهتر مسئولین و مردم عادی تبدیل می‌کند (۵-۸). بیشترین شاخص‌های کیفی بر اساس میزان استاندارد و یا حد مورد انتظار مربوط به هر پارامتر محاسبه می‌شوند و با توجه به میزان تأثیری که هر پارامتر می‌تواند به نوبه خود برای سلامتی یا مصرف دیگر داشته باشد یک فاکتور وزنی مناسب به آن اختصاص داده می‌شود. در نهایت کیفیت آب به صورت خوب تا بد تفسیر می‌شود (۹). شاخص کیفی آب توانایی نقد کردن و تبیین متغیرهای کیفی آب را برای شرح دادن کیفیت آب که به سادگی قابل درک برای عموم مردم نیست را دارا است (۱۰).

WQI (Water Quality Index) یا همان شاخص کیفیت آب، توانایی کاهش انباشت اطلاعات برای بدست آمدن یک مقدار عددی جهت شرح دادن داده‌های خام در یک قالب

ساده، قابل فهم و منطقی را داراست. WQI یک عدد (مشابه یک درجه) است که برای نشان دادن کیفیت آب بصورت کلی در یک منطقه یا یک زمان معین براساس پارامترهای مجزای کیفیت آب است. WQI بازتاب کننده یک شرایط کلی از فاکتورهای مرتبط به هم در کیفیت آب برای هر سیستم آبی است (۱۱). از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی آب می‌توان به شاخص کیفی آب طراحی شده توسط انجمن ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI)، شاخص کیفی آب طراحی شده توسط انجمن محیط زیست کانادا (CCMEWQI)، شاخص کیفی آب اورگان (OWQI) و شاخص کیفی آب با روش حسابی وزنی (WAWQI) اشاره کرد.

در سال ۲۰۱۲ نرم‌افزارهای قبلی در زمینه شاخص‌های کیفیت آب توسط Nabizadeh و همکاران در دانشگاه علوم پزشکی تهران مورد مطالعه قرار گرفت و با هدف تهیه و تدوین نرم‌افزاری مناسب تبیین‌گر کیفیت آب با تکیه بر مدل‌های کیفی و شاخص‌ها و ارائه الگوی راهنمای گزارش کیفیت آب اصلاحاتی بر روی WQI انجام شد و نرم‌افزار جدیدی تهیه گردید. این نرم‌افزار (Iranian Water Quality Index Software) نام داشته و در تهیه آن از تجارب بکار رفته در تهیه سایر نرم‌افزارهای تبیین‌گر شاخص کیفی آب استفاده گردیده است و بدین ترتیب نرم‌افزار کامل و جامعی است (۱۲). کیفیت آب آشامیدنی در شهرستان ری که اکثراً از منابع آب زیرزمینی است، بدلیل شرایط خاص توپوگرافی منطقه و قرارگیری در جنوب ابرشهر تهران می‌تواند بسیار متغیر و مشکوک به آلودگی باشد. همچنین با توجه به اینکه فاضلاب‌های شهری و صنعتی در شهر تهران بدون تصفیه‌سازی و با مدیریت نامناسب شهری معمولاً در محیط زیست رها سازی شده و یا در چاه‌های جذبی دفع می‌شوند، قرارگرفتن شهر ری در پایین دست شهر تهران، احتمال آلودگی منابع آب زیرزمینی این شهرستان را محتمل نموده است. همچنین پساب‌های کشاورزی را نیز می‌توان از عمده موارد نگرانی در خصوص آلودگی آب‌های زیرزمینی

۲۰۱۳ بررسی کیفیت آب آشامیدنی شهر Pogradec در کشور آلبانی با استفاده از WQI طراحی شده توسط انجمن محیط زیست کانادا (CCME) انجام گردید. میانگین محاسبه شده شاخص کیفیت آب آشامیدنی این شهر عدد ۸۷/۸۱ که تفسیر خوب را به خود اختصاص می‌دهد بود اما کدورت آب توسط محققین به عنوان مشکل اصلی در کیفیت آب شرب این شهر بیان شده است (۲۱). بررسی کیفیت آب آشامیدنی در Tiruchirappalli هندوستان با مطالعه ۱۱ پارامتر مهم آب و مجموعاً ۱۰۸ نمونه مورد بررسی واقع شده و بعد از بررسی پارامترهای مهم آب نیز شاخص کیفیت آب آشامیدنی محاسبه گردیده و براساس این شاخص هیچ نمونه‌ای دارای شرایط عالی نبوده و فقط ۴ نمونه خوب گزارش شده است. ۶۸ نمونه دارای کیفیت خیلی ضعیف، ۲۳ نمونه بد و ۱۳ نمونه نیز با کیفیت متوسط بوده است (۲۲). در سال‌های اخیر Mosaferi و همکاران و همچنین Asl Hashemi و همکار با بررسی شاخص‌های کیفی آب نحوه محاسبه، کاربری و تفسیر نتایج این شاخص‌ها را مورد ارزیابی و بررسی قرار داده‌اند (۲۳، ۲۴). Saeidi و همکاران در یک پژوهش اقدام به توسعه WQI و تهیه شاخص (groundwater quality index) (GWQI) و مطالعه موردی بر روی کیفیت آب ۱۶۳ حلقه چاه آب شرب در یک دوره سه ساله در استان قزوین و بعد از ارزیابی کیفیت آب چاه‌های مورد نظر اقدام به تهیه نقشه برای نمایش مصور نتایج بدست آمده کردند (۲۵). مطالعه بر روی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی روستاهای دشت سنقر کرمانشاه با استفاده از نرم‌افزار Aq.Qa تپ آب در ۹۷٪ موارد را بی‌کربنات کلسیم و آب‌های زیرزمینی ناحیه راقلیایی تعیین کرده است. در این مطالعه غلظت فلوراید در ۱۰۰٪ موارد کمتر از حداقل مجاز و غلظت نیترات در ۳٪ منابع در هر دو فصل کم آب و پر آب بیشتر از حداکثر مجاز بود (۲۶). Khandan Barani کیفیت آب مخازن چاه نیمه شهر زابل را با WQI بررسی نموده و سه مخزن مورد مطالعه در این پژوهش را با کیفیت متوسط آب جهت مصرف شرب ارزیابی نموده است (۲۷).

این منطقه ذکر نمود. در این مطالعه برای اولین بار از نرم‌افزار IWQIS بصورت عملی و جهت مطالعه شاخص‌های کیفی آب آشامیدنی شهرستان ری استفاده گردیده و کیفیت آب شرب این منطقه پس از مقایسه هر یک از پارامترهای کیفی مورد مطالعه با استانداردهای ملی و جهانی توسط این نرم‌افزار رتبه‌بندی و تفسیر گردید.

Horton در سال ۱۹۶۵ اولین شاخص عمومی جهت ارزیابی کیفیت آب را ارائه داد. سپس این شاخص در سال ۲۰۰۷ توسط NSF گسترش یافت (۷، ۱۳-۱۵). Srinivas Rao و همکار در سال ۲۰۰۸ آب‌های زیرزمینی شهر Visakhapatnam در کشور هند را بوسیله WQI بررسی نمودند. در این مطالعه ۸ ایستگاه نمونه برداری با کیفیت عالی، ۲۱ ایستگاه دارای کیفیت خوب در تمام فصول سال و ۵ ایستگاه با کیفیت ضعیف و خیلی ضعیف بودند (۱۶). مطالعه بر روی کیفیت آب مخزن ذخیره آتلانگا در شهر آتلانگاتپس (Atlangatepec) در کشور مکزیک و شاخه اصلی آن یعنی رودخانه زائوپان (Zahuapan) در سال ۲۰۰۹ انجام گرفت و WQI در این رودخانه حاکی از کیفیت ضعیف و در مقابل کیفیت آب مخزن بهتر بوده و شاخص کیفی آن در محدوده خوب قرار دارد (۱۷). بررسی کیفیت آب مخازن ذخیره در منطقه Luis L. Leon dam در نزدیکی شهر الداما (Aldama) کشور مکزیک با WQI نیز نشان داده است که شاخص کیفیت آب ارتباطی با عمق آب نداشته اما با فصل مرتبط بوده و با اینکه در اغلب سال کیفیت آب عالی بوده است اما در فصل پاییز بدلیل بارندگی به کیفیت تنزل یافته است (۱۸). Jinturkar و همکاران در سال ۲۰۱۰ اقدام به تعیین شاخص کیفی آب با ابزاری بنام منطق فازی در یکی از شهرهای هند نمودند. نتایج این بررسی نشان داد که حدود ۸۱٪ از نمونه‌های بررسی شده مناسب برای آشامیدن هستند (۱۹). همچنین Rejith نیز به بررسی WQI در منابع آب زیرزمینی شرب کشور هند پرداخته و نتایج بدست آمده نشان داد که اغلب نمونه‌ها در محدوده متوسط تا خوب قرار گرفته است (۲۰). در سال

مواد و روش‌ها

با بررسی منابع آب تامین‌کننده آب شرب مناطق شهری و روستایی شهرستان ری، اقدام به اخذ ۷۳ نمونه آب از شبکه‌های آبرسانی این شهرستان در سال ۱۳۹۲ توسط شبکه بهداشت و درمان شهرستان ری گردیده است. طبق آخرین سرشماری کشور جمعیت شهرستان ری بیش از ۶۶۰ هزار نفر است که اغلب آن در شهری بعنوان مرکز شهرستان ساکن هستند. با مراجعه به نتایج آزمایشات صورت گرفته بر روی این نمونه‌ها در آزمایشگاه مرجع آب معاونت بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، اطلاعات مورد نیاز اخذ گردیده و جهت مقایسه با استانداردها و استفاده در سیستم نرم‌افزاری IWQIS مورد استفاده قرار گرفت. در مورد هر یک از نمونه‌های مورد بررسی در این مطالعه ۱۸ پارامتر فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل واقع شده و با توجه به استاندارد شماره ۱۰۵۳ سازمان استاندارد ایران که در حال حاضر مبنای ارزیابی و تصمیم‌گیری در خصوص ویژگی‌های شیمیایی آب آشامیدنی در ایران است، نمونه‌های دارای غلظت غیرمجاز پارامترهای مورد مطالعه و جمعیت استفاده‌کننده از این آب‌ها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل بوسیله نرم‌افزارهای SPSS و Excel واقع شده و نتایج حاصله با توجه به بخش‌های پنج‌گانه شهرستان ری و همچنین بر حسب فصول مختلف سال جداگانه بررسی گردید. در مرحله اصلی مطالعه با استفاده از نرم‌افزار IWQIS و انتخاب ۱۴ پارامتر فیزیکی و شیمیایی و وزن‌دهی به این پارامترها طبق اولویت و اهمیت حضور

در آب آشامیدنی از لحاظ بهداشتی و تاثیر بر سلامتی، اقدام به تدوین شاخص کیفی آب و بررسی ۷۳ نمونه مورد نظر با استفاده از این شاخص شده است. در این سیستم بالاترین وزن به پارامترهای نیترات و نیتريت با وزن ۵ تعلق داشته و کمترین وزن نیز ۲ بوده و به پارامترهایی چون پتاسیم، کلسیم و منیزیم تعلق دارد. سایر پارامترها نیز دارای وزن ۳ و یا ۴ هستند. این نرم‌افزار پس از انجام محاسبات دقیق و کامل، به هر نمونه آب با توجه به غلظت پارامترهای موجود در آن و وزن در نظر گرفته شده برای هر پارامتر، عددی را به عنوان شاخص کیفی ارائه می‌دهد. این شاخص که یک مقدار عددی و بدون واحد است طبق جدول شماره ۱ قابل تفسیر است

جدول ۱- تفسیر نتایج بدست آمده از نرم‌افزار IWQIS جهت رتبه‌بندی کیفی نمونه‌های آب

رنگ نمایش دهنده کیفیت مورد نظر	تفسیر (رتبه‌بندی کیفی)	عدد بدست آمده از نرم‌افزار IWQIS
	عالی (Excellent)	< ۵۰
	خوب (Good)	۵۰ - ۱۰۰
	ضعیف (Poor)	۱۰۰ - ۲۰۰
	خیلی ضعیف (Very Poor)	۲۰۰ - ۳۰۰
	نامناسب (Unsuitable)	> ۳۰۰

یافته‌ها

نتایج بدست آمده از بررسی ۱۸ پارامتر فیزیکوشیمیایی و مقایسه آنها با استاندارد ۱۰۵۳ ایران در جداول ۲ و ۳ ذکر شده است.

جدول ۲- آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب آشامیدنی شبکه‌های توزیع شهرستان ری

پارامتر	میانگین	میانه	مد	انحراف معیار	واریانس	بیشترین مقدار	کمترین مقدار
قلیائیت ^۱	۲۶۳	۲۶۰	۲۵۰	۸۰	۶۴۰۳	۵۱۰	۱۰۵
سختی کل ^۱	۳۷۵	۳۰۰	۲۳۰	۱۷۷	۳۱۴۲	۷۲۶	۵۰
کلسیم	۹۹/۱۹	۸۴	۷۲	۳۹/۸	۱۵۸۷	۱۸۵	۱۲
سختی کلسیمی	۲۴۸	۲۱۰	۱۸۰	۹۹/۶	۹۹۱۶	۴۶۲/۷	۳۰

ادامه جدول ۲- آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب آشامیدنی شبکه‌های توزیع شهرستان ری

پارامتر	میانگین	میان	مد	انحراف معیار	واریانس	بیشترین مقدار	کمترین مقدار
منیزیم	۳۲	۲۷	۱۲	۲۳	۵۳۰	۱۱۱	۴/۸
سولفات	۲۶۳	۱۷۵	۱۷	۱۹۲	۳۷۰۷۰	۷۴۲/۷	۱۶/۹
باقیمانده تبخیر	۸۱۰	۸۲۳	۴۹۸	۴۰۰	۱۶۰۲۰۰	۱۸۸۷	۹۱
نیتريت ^۲	۰/۰۰۰۲۱	۰	۰	۰/۰۰۱۳	۰	۰/۱	۰
نترات ^۲	۴۷/۴۳	۵۲/۳	۱۶/۵	۲۲/۶	۵۱۱/۹	۱۱۵	۹/۷۸
فلوئور	۰/۵	۰/۴۹	۰/۴	۰/۲	۰/۰۴۱	۱/۱۵	۰
EC ^۲	۱۴۱۶	۱۴۵۰	۸۸۰	۶۱۱/۸	۳۷۴۳۰۰	۲۹۰۰	۵۴۰
بیکربنات	۲۸۲/۵	۲۷۵	۲۷۵	۷۶/۶	۵۸۷۰	۵۲۰	۹۸
pH	۷/۶	۷/۶	۷/۶	۰/۰۸	۰/۰۰۷	۷/۹۹	۷/۳۶
دما ^۴	۲۳/۱۷	۲۳/۵	۲۰/۳	۳/۴۴	۱۱/۸	۲۹/۱	۱۶/۲
TDS	۷۰۷	۷۲۰	۳۴۰	۳۰۵	۹۳۱۱۰	۱۴۵۰	۲۷۰
سدیم	۱۸۷	۱۹۲	۸۷	۹۶/۷	۹۳۵۹	۴۹۶/۳	۳۹/۵
پتاسیم	۲/۳۵	۲/۲	۱/۱	۱/۱۹	۱/۴	۶/۹	۱
کلرور	۱۶۹	۱۶۱	۲۶۴	۹۳/۷	۸۷۷	۴۳۵/۵	۴۳/۳۸

۱- مقادیر کلیاتیت و سختی کل بر حسب $\text{mg/L} - \text{CaCO}_3$ است.

۲- میزان نیتريت آب برحسب $\text{NO}_2^- (\text{mg/L})$ و میزان نترات برحسب $\text{NO}_3^- (\text{mg/L})$ ذکر شده است.

۳- هدایت الکتریکی آب برحسب $\mu \text{ mhos/cm}$ ذکر شده است.

۴- دمای آب برحسب $^\circ\text{C}$ است.

جدول ۳- تعداد و درصد نمونه‌های دارای غلظت‌های بیش از حد مجاز برخی از پارامترهای شیمیایی در آب آشامیدنی شهرستان ری

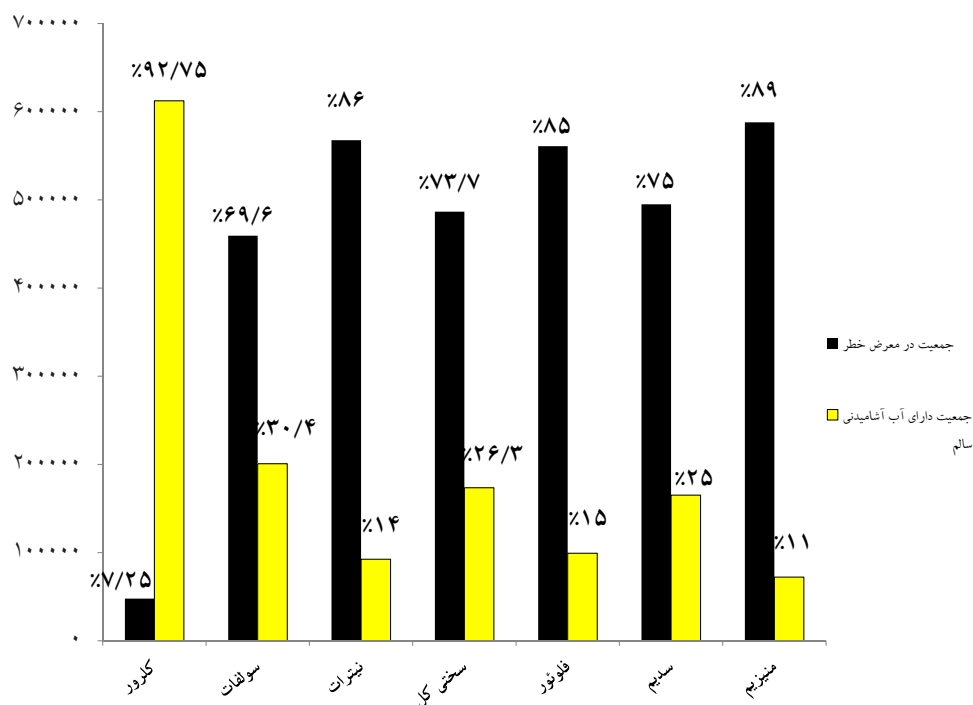
پارامتر	حداکثر مطلوب			حداکثر مجاز			غلظت بیش از حداکثر مجاز یا نامطلوب	
	استاندارد	تعداد	درصد	استاندارد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
سختی	۲۰۰	۶	۸/۲	۵۰۰	۴۴	۶۰/۳	۲۳	۳۱/۵
TDS	۱۰۰۰	۵۷	۷۸	۱۵۰۰	۱۶	۲۲	۰	۰
منیزیم	۳۰	۳۹	۵۳/۴	-	-	-	۳۴	۴۶/۶
کلسیم	۳۰۰	۷۳	۱۰۰	-	-	-	۰	۰
سولفات	۲۵۰	۴۲	۵۷/۵	۴۰۰	۱۰	۱۳/۷	۲۱	۲۸/۷
کلرور	۲۵۰	۵۳	۷۲/۶	۴۰۰	۱۸	۲۴/۶	۲	۲/۷

ادامه جدول ۳- تعداد و درصد نمونه‌های دارای غلظت‌های بیش از حد مجاز برخی از پارامترهای شیمیایی در آب آشامیدنی شهرستان ری

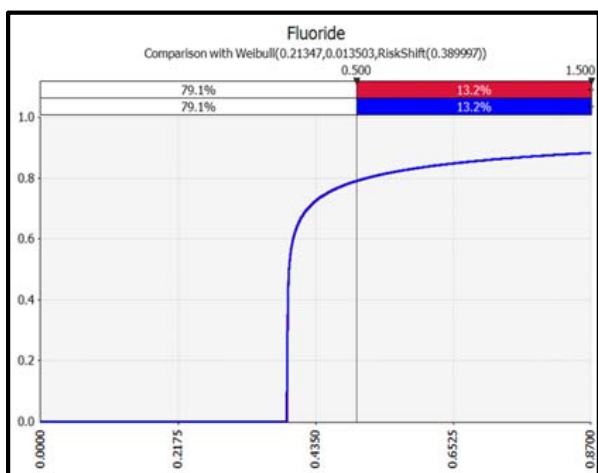
پارامتر	حداکثر مطلوب			حداکثر مجاز			غلظت بیش از حداکثر مجاز یا نامطلوب	
	استاندارد	تعداد	درصد	استاندارد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
نیتريت	-	-	-	۳	۷۳	۱۰۰	۰	۰
نیترات	-	-	-	۵۰	۳۶	۴۹/۳	۳۷	۵۰/۷
سدیم	۲۰۰	-	-	۲۰۰	۴۰	۵۴/۸	۳۳	۴۵/۲
فلوئور	-	-	-	۰/۵-۱/۵	۴۲	۵۷/۵	۳۱	۴۲/۵

۱۰۵۳ ایران است در این مطالعه برآورد شده و طبق نمودار شماره ۱ است.

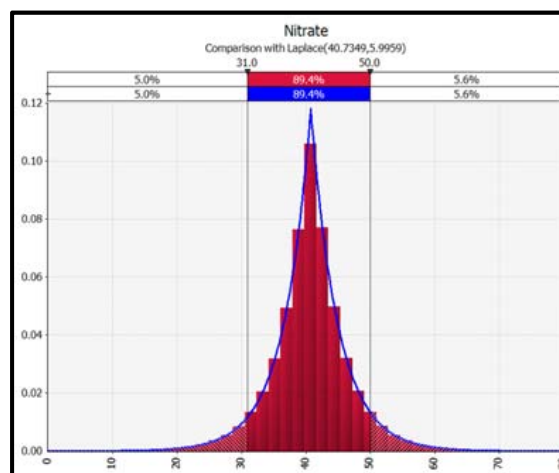
جمعیتی از شهرستان ری که آب آشامیدنی مورد استفاده آنها دارای غلظت‌های بیش از حدود مجاز ذکر شده در استاندارد



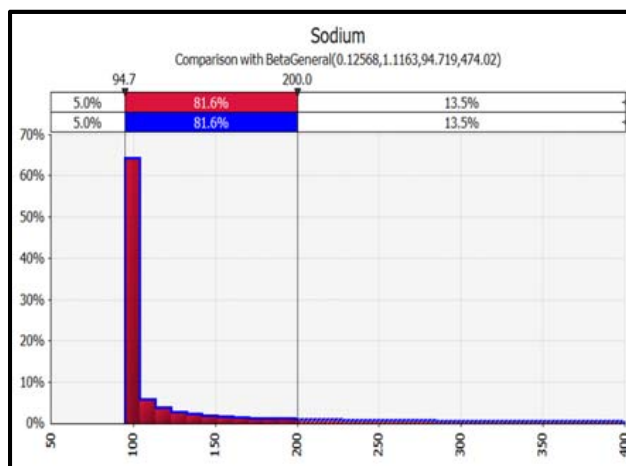
نمودار ۱- جمعیت استفاده‌کننده از آب دارای غلظت نامناسب ۷ پارامتر شیمیایی



(b)



(a)

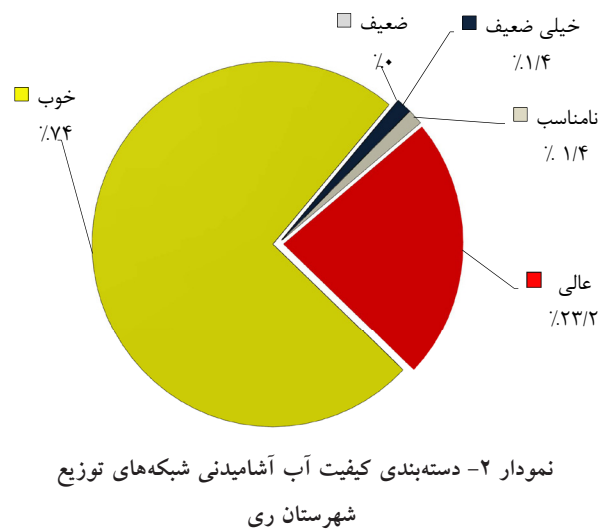


(c)

شکل ۱- جمعیت در معرض خطر و میزان دریافت روزانه نیترات (a)، فلونور (b) و سدیم (c) هر فرد از آب آشامیدنی شهرستان ری

جدول ۴- مقادیر بدست آمده از شاخص کیفیت آب (WQI)

ویژگی	WQI
میانگین	۷۱/۲۲
میانه	۵۹/۳۸
مد	۲۲/۸۶
انحراف معیار	۴۳/۶۳
واریانس	۱۹۰۴
بیشترین مقدار	۳۱۶/۲
کمترین مقدار	۲۲/۸۶



نمودار ۲- دسته‌بندی کیفیت آب آشامیدنی شبکه‌های توزیع شهرستان ری

بحث

از ۱۸ پارامتر فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه ۷ پارامتر سختی کل، منیزیم، نیترات، سدیم، فلئور، کلرور و سولفات غلظت‌هایی خارج از حدود مجاز ذکر شده در استاندارد ۱۰۵۳ ملی ایران را داشته‌اند. بر خلاف این مطالعه که در نتایج حاصله از آن ۷ پارامتر دارای غلظت‌های بیش از حدود مجاز و غیراستاندارد بوده‌اند، مطالعات صورت گرفته بر روی آب آشامیدنی شهر یزد (۲۸)، چاه‌های قابل شرب شهرستان خوی (۴) و آب شرب شهر تبریز (۲۹) غلظت کلیه پارامترهای اندازه‌گیری شده فیزیکی و شیمیایی را منطبق بر استانداردهای ملی و جهانی و کیفیت آب را مطلوب ارزیابی نموده است. در مطالعات داخل کشور اکثر نتایج حاکی از غلظت‌های مجاز پارامترهای شیمیایی در آب آشامیدنی مناطق مختلف کشور است. اما در خصوص میزان فلئور در آب آشامیدنی وضعیت متفاوت بوده و غالب نتایج بر غلظت کمتر از حد مجاز فلئور در آب دلالت دارند.

برآورد جمعیت استفاده‌کننده از آب آشامیدنی که ۷ پارامتر سختی کل، منیزیم، نیترات، سدیم، فلئور، کلرور و سولفات دارای غلظت بیش از حدود مجاز در آب بوده است در دو مرحله انجام گردیده و در مرحله اول به ترتیب ۷۳/۷، ۸۹، ۸۶، ۷۵، ۸۵ و ۷/۲۵٪ از جمعیت شهرستان ری در معرض دریافت غلظت‌های بیش از حد مجاز این پارامترها در آب آشامیدنی برآورد شدند. در این قسمت از مطالعه افرادی که در شهرستان ری و در سال ۱۳۹۲ حداقل یکبار در محل سکونتشان آب آشامیدنی دارای میزان بیش از حد مجاز ذکر شده در استاندارد ۱۰۵۳ یکی از ویژگی‌های مذکور توزیع شده است، جمعیت دریافت‌کننده مقادیر بیش از حد مجاز این پارامترهای شیمیایی و یا همان افراد در معرض خطر در رابطه با آن ویژگی ارزیابی شده است. همچنین با بررسی دقیق‌تری که با استفاده از نرم‌افزار R و مشارکت دادن ارتباط میان غلظت، جمعیت تحت پوشش هر شبکه، تکرار غلظت‌های غیرمجاز در سال، تعداد نمونه و ... و بررسی دقیق احتمالات

انجام گردید، در خصوص نیترات، فلئور و سدیم، جمعیت در معرض خطر دریافت غلظت‌های نامتعارف این سه پارامتر از آب آشامیدنی شهرستان ری به ترتیب ۵/۶٪ (۳۶۹۷۰ نفر)، ۷۹/۱٪ (۵۲۲۱۹۲ نفر) و ۱۳/۵٪ (۸۹۱۲۳ نفر) از جمعیت کل این شهرستان بدست آمده است. در شکل ۱ و در سه قسمت مجزا با استفاده از مدل سازی بوسیله نرم‌افزار R و ایجاد ارتباط منطقی بین میزان سدیم، نیترات و فلوراید در آب آشامیدنی و با توجه به محل توزیع این آب‌ها و جمعیت استفاده‌کننده و تعداد دفعات تکرار غلظت‌های نامناسب در طول یکسال، جمعیت در معرض خطر محاسبه شده است.

در کل از ۷۳ نمونه مورد بررسی، ۱۷ نمونه (۲۳/۲٪) در محدوده کیفیت عالی (Excellent)، ۵۴ نمونه (۷۴٪) در محدوده کیفی خوب (Good)، یک نمونه (۱/۴٪) در محدوده کیفی خیلی ضعیف (Very Poor) و یک نمونه (۱/۴٪) نیز در محدوده کیفیت نامناسب (Unsuitable) قرار داشت و هیچ نمونه‌ای در محدوده کیفیت ضعیف (Poor) قرار نگرفت. میانگین شاخص کیفی آب آشامیدنی در شبکه‌های توزیع شهرستان ری عدد ۷۱/۲۲ بدست آمده است که در محدوده خوب (Good) قرار گرفته است. بر این اساس نمونه‌های مربوط به فصل پاییز با میانگین شاخص کیفی ۱۰۳/۶ بدترین کیفیت را دارند و بهترین کیفیت نیز به نمونه‌های فصل زمستان با میانگین شاخص کیفی ۵۵/۱۸ تعلق دارد. به جز فصل پاییز که کیفیت آب آشامیدنی در این فصل ضعیف است و می‌توان این امر را به وارد شدن به فصل بارندگی مرتبط دانست، در سه فصل دیگر میانگین شاخص کیفی آب در محدوده خوب (Good) هستند. آب آشامیدنی مربوط به بخش فشافویه با میانگین شاخص کیفی ۱۵۶/۴ بدترین کیفیت را داشته و بخش مرکزی شهرستان ری با دارا بودن آب آشامیدنی دارای شاخص کیفی ۵۷/۹۷ بهترین وضعیت را دارد. میانگین شاخص در ۴ بخش مرکزی، کهریزک، قلعه نو و خاوران بین ۵۰ تا ۱۰۰ یعنی در محدوده خوب (Good) طبقه بندی شده و تنها آب آشامیدنی بخش فشافویه طبق ارزیابی‌های انجام شده در

ساری نیز نشان داده است که ۷۶/۷٪ از چاه‌ها دارای کیفیت قابل قبول و باقی دارای کیفیت نامناسب هستند (۳۱). مطالعاتی که در داخل کشور و با استفاده از WQI انجام پذیرفته است بیشتر بر روی منابع آب معطوف بوده و به بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها، سدها، چاه‌های آب زیرزمینی و ... اختصاص دارد. موردی که بتوان آن را بررسی کیفیت آب شرب با استفاده از WQI نماید وجود نداشته و از شاخص کیفی آب برای بررسی کیفیت منابع اصلی و اولیه تامین آب شرب استفاده شده است. اکثر رودخانه‌ها و تالاب‌های مورد مطالعه نیز در این بررسی‌ها دارای کیفیت متوسط و ضعیف ارزیابی شده‌اند.

نتیجه‌گیری

بررسی کیفیت آب آشامیدنی شبکه توزیع شهرستان ری با WQI نشان از کیفیت خوب آن داشته است اما بسیاری از پارامترهای فیزیکوشیمیایی دارای مقادیر نامطلوب در کل سال ارزیابی گردید. از نتایج این مطالعه و سایر مطالعات مشابه به خوبی مشخص است که وضعیت پارامترهای شیمیایی در آب نمی‌تواند به تنهایی گویای وضعیت کیفی آب است. بنابراین برای تشخیص کیفیت آب بایستی توجه بیشتری را به شاخص‌های کیفی آب معطوف نموده و کاربرد این شاخص‌ها بصورت یک اصل و معیار ضروری برای ارزیابی کیفیت آب شرب در شبکه‌های توزیع و منابع تامین آب مورد توجه قرار گیرد. در این راستا استفاده از نرم‌افزارهای تعیین‌کننده شاخص کیفی آب از جمله نرم‌افزار ایرانی IWQIS می‌تواند سودمند واقع شود.

در انتها پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه در فصول پاییز و زمستان شاهد نزول کیفیت آب آشامیدنی در شهرستان ری هستیم باید اقدامات کنترلی و آمادگی لازم برای مقابله با این مشکلات احتمالی اندیشیده شود. همچنین میزان فلوئور در آب آشامیدنی شهرستان ری در بیش از ۴۲٪ از نمونه‌ها کمتر از حد مطلوب بوده است بنابراین احداث واحدهای فلوئورزنی به آب آشامیدنی باید مورد بازنگری جدی قرار

محدوده ضعیف (Poor) است.

از ۱۷ نمونه دارای کیفیت عالی فقط ۱ نمونه به فصل تابستان تعلق دارد و فصول بهار و زمستان با ۶ نمونه بیشترین تعداد نمونه‌های دارای کیفیت عالی را دارند. اما در فصل تابستان بیش از ۹۴/۷٪ از نمونه‌ها دارای کیفیت خوب (Good) بوده و وضعیت مناسبی دارند. دو نمونه قرار گرفته در وضعیت کیفی خیلی ضعیف و نامناسب نیز هر دو در فصل پاییز بوده و از این لحاظ می‌توان کیفیت آب آشامیدنی در فصل پاییز را نسبت به سایر فصول نازل ارزیابی نمود. دلیل این امر را شاید بتوان به وارد شدن به فصل بارندگی مرتبط دانست. همچنین با توجه به وجود کشاورزی سنتی و جمعیت بالای شهرستان ری و به تبع آن افزایش برداشت آب در فصول قبل از فصل پاییز و کمبود بارندگی و پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی و تنزل کیفیت این آب‌ها، در فصل پاییز کاهش کیفیت آب شرب در شهرستان ری که از طریق منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود، دور از ذهن نیست. در بررسی کیفیت آب مخازن ذخیره در کشور مکزیک مشخص شده است که شاخص کیفیت آب ارتباطی با عمق آب نداشته اما با فصل مرتبط بوده و با اینکه در اغلب سال کیفیت آب عالی بوده است اما در فصل پاییز بدلیل بارندگی به کیفیت ضعیف تنزل یافته است (۱۸). نتیجه این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعه بر روی شاخص کیفی آب آشامیدنی شهرستان ری تطبیق بیشتری داشته و در فصل پاییز شاخص کیفی آب شرب شهرستان ری نیز کیفیت پایین‌تری را نشان داده است. بیشترین میزان شاخص کیفیت آب رودخانه تایگریس (Tigris) در کشور عراق نیز در فصل بهار و کمترین آن در فصل پاییز بوده است (۳۰).

بررسی کیفیت آب آشامیدنی شبکه توزیع شهرستان ری با WQI نشان از کیفیت خوب آن داشته است اما بررسی کیفیت آب مخازن چاه نیمه شهر زابل با استفاده از شاخص WQI جهت تعیین کیفیت آب برای مصارف شرب نشان داده است که سه مخزن مورد مطالعه در این پژوهش از کیفیت متوسط آب جهت مصرف شرب برخوردارند (۲۷). ارزیابی آب شرب شهر

سال ۱۳۹۲) در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۴ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است. در انتها از تمامی عزیزانی که در این مطالعه ما را یاری نمودند قدردانی نموده و از زحمات آنان در راستای اعتلای جایگاه علم و دانش در کشور تشکر می‌کنیم.

منابع

1. Khani M, Sharifipoor R. Environmental Health: Water and Water Pollution. 9th ed. Tehran: Khaniran; 2011 (in Persian).
2. Sepehrnia B, Fahiminia M, Hoseyni S. Assessment of present position and canonical systems for use in water treatment in rural areas. The First Conference on Protect of Environment & Rural Sustainable Development; 2007; Qom University of Medical Science, Iran (in Persian).
3. Zazoli M, Bazrafshan E. Water & Wastewater Technology. Tehran: Samat; 2009 (in Persian).
4. Panahi T, Esmat Saatlo SM, Parvishi AR, Rezaei H. Monitoring of physical and chemical quality parameters in drinking water wells in Khoy Township (2008). The first Conference of Rural Drinking Water Quality; 2009; Oromieh (in Persian).
5. Stigter T, Ribeiro L, Dill AC. Application of a groundwater quality index as an assessment and communication tool in agro-environmental policies—Two Portuguese case studies. Journal of Hydrology. 2006;327(3):578-91.
6. Liou S-M, Lo S-L, Wang S-H. A generalized water quality index for Taiwan. Environmental Monitoring and Assessment. 2004;96(1-3):35-52.
7. House MA, Newsome DH. Water quality indices for the management of surface water quality. Water Science and Technology. 1989;21:1137-48.
8. Kim AG, Cardone CR. Scatter score: a reconnaissance method to evaluate changes in water quality. Environmental Monitoring and Assessment. 2005;111:277-95.
9. Rickwood C, Carr G. Development and sensitivity analysis of a global drinking water quality index. Environmental monitoring and assessment. 2009;156(1-4):73-90.

گرفته و در صورت صلاحدید مسئولان به ایجاد این واحدها مبادرت‌گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه با عنوان تجزیه و تحلیل کیفیت آب آشامیدنی شهرستان ری با استفاده از نرم‌افزار IWQIS (در

10. Qasim SR, Motley EM, Zhu G. Water Works Engineering—Planning, Design & Operation. New Jersey: Prentice-Hall; 2000.
11. Kakati S, Sama H. Water quality index of drinking water of Lakhimpur district. Indian Journal of Environmental Protection. 2007;27(5):425-28.
12. Nabizadeh R, Valadi Amin M, Alimohammadi M, Naddafi K, Mahvi AH, Yousefzadeh S. Development of innovative computer software to facilitate the setup and computation of water quality index [dissertation]. Tehran: Tehran University of Medical Sciences; 2013 (in Persian).
13. Smith DG. A better water quality indexing system for rivers and streams. Water Research. 1990;24(10):1237-44.
14. Landwehr JM. A static view of a class of water quality indices. Water Resources Research. 1979;15(2):460-68.
15. Ramesh S, Sukumaran N, Murugesan A, Rajan M. An innovative approach of drinking water quality index—A case study from Southern Tamil Nadu, India. Ecological Indicators. 2010;10(4):857-68.
16. Rao GS, Nageswararao G. Assessment of ground water quality using water quality index. Archive of Environmental Sciences. 2013;7:1-5.
17. Castilla-Hernández P, Torres-Alvarado MD, Herrera-San Luis JA, Cruz-López N. Water quality of a reservoir and its major tributary located in east-central Mexico. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2014;11(6):6119-35.
18. Rubio-Arias H, Contreras-Caraveo M, Manuel Quintana R, Saucedo-Teran RA, Pinales-Munguia A. An overall water quality index (WQI) for a man-made aquatic reservoir in Mexico. International Journal of Environmental Research and Public Health.

- 2012;9(5):1687-98.
19. Jinturkar A, Deshmukh S, Agarkar S, Chavhan G. Determination of water quality index by fuzzy logic approach: a case of ground water in an Indian town. *Water Science and Technology*. 2010;61(8):1987-94.
20. Rejith PG, Jeeva SP, Vijith M, Sowmya AAH. Determination of groundwater quality index of a highland village of Kerala (India) using geographical information system. *Journal of Environmental Health*. 2009;71:51-58.
21. Damo R, Icka P. Evaluation of water quality index for drinking water. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2013;22(4):1045-51.
22. Vidyalakshmi R, Rajakumar S. Determination of land use stress on drinking water quality in Tiruchirappalli, India using derived indices. *Water Quality, Exposure and Health*. 2013;5:11-29.
23. Mosaferi M, Ghayordost F, Porakbar M. Use and importance of WQI in drinking water quality Analyses. 16th National Conference on Environmental health; 2013; Tabriz, Iran (in Persian).
24. Asl Hashemi A, Heydari A. Water quality index (WQI). First Conference of Environmental Engineering; 2007; Tehran, Iran (in Persian).
25. Saeedi M, Abessi O, Sharifi F, Meraji H. Development of groundwater quality index [dissertation]. Tehran: Iran University of Science and Technology; 2010 (in Persian).
26. Setare P, Zinatizadeh AA, Hasani AH, Sharifpoor M. Analyses of groundwater chemical quality with use Aq.QA software: A case study in villages of Songhor Plain (Kermanshah.Iran). 14th National Conference on Environmental Health; 1-3 Nov 2011; Yazd, Iran (in Persian).
27. Khandan Barani MA, Yazdanpanah N. Study on physical, chemical and biological qualities of Chah-Nimeh water reservoirs in Zabol for year 2011. *Journal of Zabol University Of Medical Sciences and Health Services*. 2011;5(2):15-24 (in Persian).
28. Samaei MR, Ebrahimi A, Ehrampoosh MH, Talebi P, Khalili MH, Morovati R. A Study of the Physical and Chemical quality of Potable Water in Yazd. *Journal of Tolo-e-Behdasht*. 2007;6(2):50-57 (in Persian).
29. Asl Hashemi A, Mohamadpoor P, Baghal Asghari F. Assessment of Tabriz drinking water chemical quality. 2nd Conference of Environmental Engineering; 2008; Tehran, Iran (in Persian).
30. Rabee AM, Bahha AK, Ahmed. Seasonal variations of some ecological parameters in Tigris River water at Baghdad region, Iraq. *Journal of Water Resources Protection*. 2011;3:262-67.
31. Deyanati R, Ghasemi SM, Babamir R, Barafraشتهpor M, Belark D. Assessment of Sari drinking water quality with Schular method, Geostatistic method and GIS. 16th National Conference on Environmental Health; 2013; Tabriz, Iran (in Persian).



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

Original Article



Water Quality Analysis of Drinking Water Distribution Systems of Rey Township Using IWQIS Software

B Sepehria¹, R Nabizadeh^{*2}, AH Mahvi^{3,4}, S Naseri^{5,6}

¹ Master of science student in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Professor in Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ Center for Solid Waste Research (CSWR), Institute for Environment Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴ Department of Environmental Health Engineering, Schools of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁵ Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁶ Center for Water Quality Research (CWQR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 17 October 2015

Revised: 3 January 2016

Accepted: 10 January 2016

Published: 6 June 2016

Key words: Drinking Water Quality, Water Distribution System, Water Quality Index

***Corresponding Author:**

rnabizadeh@tums.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: In this study, WQI was estimated using an Iranian software called IWQIS to assess drinking water quality in Rey Township distribution systems.

Materials and Methods: The assessment of 73 samples of drinking water during 2013 and the comparison of 18 physicochemical parameters with the standard Code of 1053 (Iran National Standard) was done.

Results: The results showed that the concentration of 7 parameters is out of normal range in special percentage of the samples. Those parameters are as follow: total hardness (31.5%), Mg (46.6%), nitrate (50.68%), Na (45.2%), F (42.46%), Cl (2.7%), Sulfate (28.76%) of samples. The medium concentration of these parameters was: total hardness (375 mg/L), Mg (32 mg/L), Nitrate (47.43 mg/L), Na (187 mg/L), F (0.5 mg/L), Cl (169 mg/L), and Sulfate (263 mg/L). It is estimated that 5.6% of the population of this township are highly exposed to nitrate, 79.1% to fluoride and 13.5% are exposed to sodium. The average WQI in Rey Township in a good spectrum is 71.22.

Conclusion: 17 samples (23.2%) were assessed in excellent spectrum, 54 samples (74%) in good and 1 sample (1.4%) in very poor spectrum and 1 sample in unsuitable condition were assessed. No sample was assessed in poor situation. The samples of the autumn showed the worst quality.