اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۴، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۶، ص ۵۲-۳۹

پراکنش و پایش کیفی آب قنوات شرق تهران به‌منظور مدیریت منابع آب

یاسمن جعفری اول[۱]، ناصر عبادتی[۲]، حسین یوسفی[۳*]، بهرنگ کلانتری[۴]، محمد میرزایی[۵]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه شاهد تهران

۲. استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلام‌شهر

۳. استادیار دانشکدهٔ علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

٤. دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی شهری دانشگاه شهید بهشتی تهران

۵. دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰٦/۱٤؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۱۱/۳۰)

چکیده

امروزه، بسیاری از قنوات تهران در معرض و تهدید آلودگی زیست‌محیطی قرار گرفته‌اند. به همین‌دلیل بررسی‌های زیست‌محیطی و پایش کیفیت آب قنوات به‌عنوان موضوعی مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری مطرح است. هدف از این پژوهش، پایش کیفیت آب قنوات پهنهٔ شرق تهران از نظر شاخص‌های زیست‌محیطی است. روش تحقیق این پژوهش، برای جمع‌آوری آمار و اطلاعات ابتدا برپایهٔ مطالعات اسنادی و سپس بازدیدهای میدانی، نمونه‌برداری و همچنین آزمایش‌هایی استوار است که مراکز پژوهشی دیگر انجام داده‌اند. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که قنوات پهنهٔ شرق تهران از نظر کیفیت آب تقریباً تفاوت کمی دارند، ولی در برخی متغیرهای کیفی از نظر نوع مصرف آب براساس نوع طبقه‌بندی قابل تفکیک هستند. متغیرهای مهمی از کیفیت شیمیایی آب از قبیل نیترات، سولفات، فلزات سنگین، NH_3، EC، TDS، PH، DO نشان می‌دهند که کیفیت آب قنوات در بیشتر موارد نسبت به استانداردهای ملی و سازمان جهانی بهداشت برای شرب در حد مناسب و در برخی از جمله ده‌خیر شهر ری آلودگی بیولوژیکی بیش از حد مجاز دارند. همچنین از نظر شاخص لازم برای مصارف کشاورزی نیز نتایج آزمایش‌ها حکایت از مطلوب‌بودن قنوات پهنهٔ شرقی تهران دارد. به‌طور کلی، هرچه از مناطق شمال شرقی تهران به سمت جنوب شرق تهران پیش می‌رویم، به‌دلیل کاهش عمق سطح آب زیرزمینی بار آلودگی و املاح آب افزایش می‌یابد.

کلیدواژگان: پهنهٔ شرق تهران، سلامت، کیفیت آب، قنات.

* نویسندهٔ مسئول Hosseinyousefi@ut.ac.ir

مقدمه

آب به‌عنوان عنصری منحصربه‌فرد، جایگاه حساسی در زندگی بشر دارد. به‌گونه‌ای که شالوده و عنصر ضروری همهٔ جوامع و پدیدآورندهٔ فرهنگ‌ها، از سپیده دم تمدن تا کنون بوده است [۱]. آب‌های سطحی و زیرزمینی از جمله منابع طبیعی باارزش محسوب می‌شوند، اما در طول تاریخ به این منابع به اندازهٔ کافی توجه نشده است؛ در نتیجه آب‌های موجود آلوده شده یا در معرض خطر آلودگی قرار گرفته‌اند. از این‌رو پایش دقیق برای جلوگیری از آلودگی احتمالی آن‌ها ضروری است [۲]. حیات موجودات و سلامتی انسان‌ها بیش از هر چیز به آب سالم و بهداشتی بستگی دارد. به موازات افزایش جمعیت در دنیا، نیاز آبی در بخش‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی نیز افزایش شایان توجهی یافته و این امر استفادهٔ بیش از حد از منابع آبی را به همراه داشته است [۳]. با توجه به شرایط اقلیمی ایران که میانگین بارندگی در بیشتر مناطق آن کمتر از بارش جهانی است. می‌توان گفت که آب به‌عنوان یکی از دغدغه‌های مهم ایرانیان و بزرگ‌ترین چالش برای مردمان این سرزمین محسوب می‌شود. در این میان قنات به‌عنوان جالب‌ترین سیستم آبیاری سنتی و ابداع‌شده در ایران، یکی از سیستم‌های سازگار با محیط زیست است که جوامع روستایی و شهری اقلیم نیمه‌خشک نیز از آن بهره‌مندند. قنات سازهٔ نظام‌یافتهٔ مهندسی دیرپا و تکوین‌یافته طی سده‌های طولانی در ایران داشته است [۱].

قنات به آب مازاد منبع آب زیرزمینی وابسته است. درضمن، منبعی است که اغلب کیفیت بهتر و ثابت‌تری نسبت به آب‌های سطحی دارد؛ بنابراین به برکت چنین سیستم مفید آب‌رسانی در طول تاریخ، جوامع انسانی در سطوح کوچک و متوسط مناطق گرمسیری از آن بهره یافته و زمینهٔ آبادانی شهر و روستا و رونق مزارع و باغ‌ها را فراهم کرده‌اند. از آنجا که سیستم آب‌رسانی قنات در زیر زمین شکل می‌گیرد بنابراین انتقال آب جمع‌آوری‌شده در سفرهٔ زیرزمینی مناطق بالادست منطقه بدون مصرف انرژی مصنوعی می‌تواند تحت شیب طبیعی و ملایم، در مسیرهای طولانی و با حجمی کم تا متوسط یعنی بین یک تا ۵۰۰ لیتر در ثانیه جریان یابد و در اراضی پایین‌دست، آب را به مصرف‌کنندگان و بخش‌های تولیدی نظیر کشاورزی، صنعتی و یا خدماتی برساند. ناگفته نماند قنوات علاوه بر داشتن تأثیر مهم در محیط‌های روستایی مناطق خشک در محیط‌های شهری نیز اهمیت دارند. در این رهگذر می‌توان به تأثیر کاربردی قنوات در شهر تهران به‌عنوان بزرگ‌ترین مرکز انسانی ایران اشاره کرد که ضرورت احیا و استفادهٔ بهینه از آن احساس می‌شود [۴]. فراوانی رشته قنوات پهنهٔ شرقی تهران از یک سو و برخورداری از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آنها از توسعهٔ شهری از سوی دیگر موضوعی است که در سال‌های اخیر نظر بسیاری از ذی‌نفعان و مسئولان ذی‌ربط شهری تهران را به خود معطوف داشته است. شایان یادآوری است که در دهه‌های اخیر خسارت زیادی به قنوات تهران وارد آمده است و بر اثر بی‌توجهی در حفظ و حراست از این دستاورد اجدادی و گسترش ساخت‌وسازهای شهری، قنوات شهری به فضاهایی معضل‌ساز تبدیل شده‌اند تا جایی که آب برخی از قنوات فعال شهر تهران بی‌استفاده و در بسیاری اوقات در حال هدرروی و وضعیت قنوات نیمه‌فعال و متروکهٔ تهران نیز بسیار تأسف‌بار است. بسیاری از قنوات تهران در معرض تهدید آلودگی زیست‌محیطی قرار گرفته‌اند. بنابراین، مدیریت قنوات تهران در حال حاضر با چالش‌های جدی و متنوعی روبه‌روست. ضمن اینکه مواردی از قبیل فقدان بررسی‌های زیست‌محیطی و پایش کیفیت آب قنوات برای مصارفی از قبیل فضای سبز، کشاورزی و خدمات آن مزید بر علت شده‌اند تا قنوات تهران به‌عنوان موضوعی مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری مطرح شوند. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، پایش کیفیت آب قنوات از نظر شاخص‌های زیست‌محیطی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا از روش تحلیل دادهٔ ثانویه (اسنادی) به جمع‌آوری اطلاعات و آمار قنوات شهری به‌ویژه پهنهٔ شرقی تهران از طریق کلیهٔ منابع قابل دسترس و موجود شامل کتب، گزارش‌های مربوط به آمار و اطلاعات قنوات، حفاظت کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی شهر تهران و نقشه‌های قابل دسترس به جمع‌آوری و مطالعهٔ نسبی از قنوات اقدام شد. همچنین بازدیدهای میدانی و پیمایش انجام شد و پس از تعیین موقعیت مکانی مظهر قنوات پایش‌های دوره‌ای، از مطالعات پژوهشی صورت‌گرفته استفاده شد [۵]. در این زمینه برمبنای ابعاد و چگونگی پایش کیفیت آب قنوات برای مصارف مختلف از قبیل شرب، فضای سبز، کشاورزی و نظایر آن استفاده شد. سپس با استفاده از نتایج آزمایش‌های

آب مطالعات قبلی تغییرات بررسی شد [۵]، این متغیرها مشتمل بر متغیرهای شیمیایی و بیولوژیکی (نمونه‌های موردی حداقل از ۱۵ قنات شهری) از استانداردهای ملی و سازمان بهداشت جهانی (WHO) استفاده و نسبت به تجزیه و تحلیل مقادیر و نتایج آزمایش‌های مربوط به آن اقدام شد. محل نمونه‌برداری صورت‌گرفته توسط مطالعات قبلی کنترل و نمونه‌برداری از مظهر قنوات را تأیید کرد و در مرحلهٔ بعد با استفاده از نمودارهای شولر و ویلکوکس برای استفادهٔ شرب و کشاورزی برای تجزیه و تحلیل کیفیت آب قنوات پهنهٔ شرقی تهران استفاده کرد.

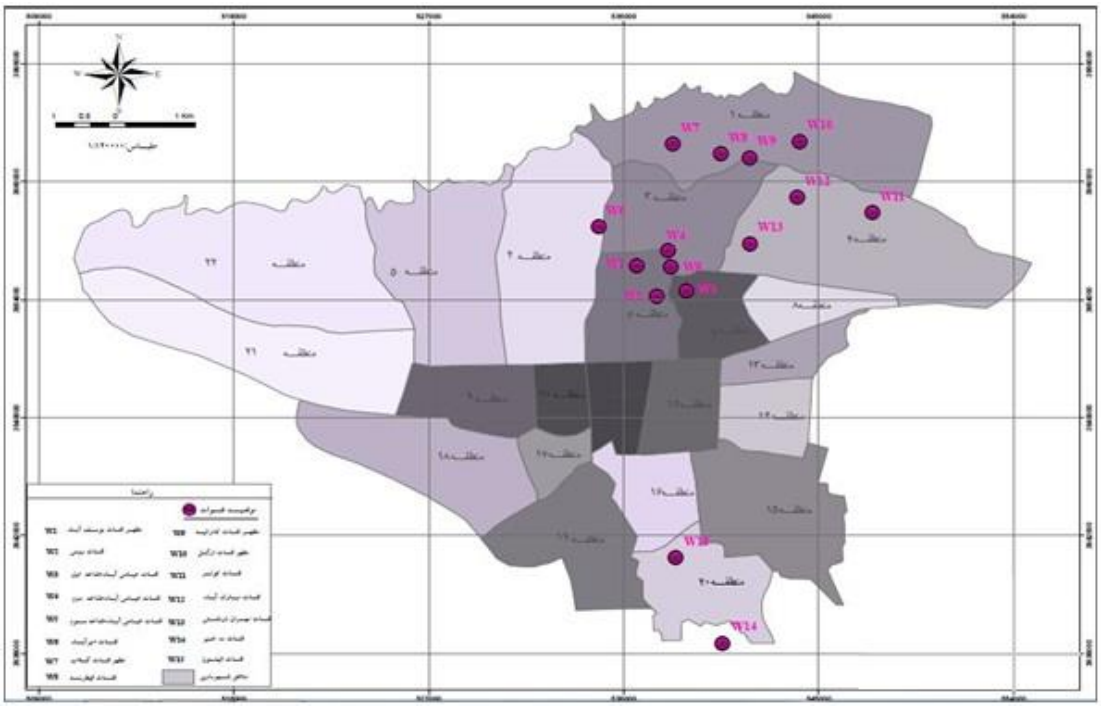
محدودهٔ مطالعه‌شده

محدودهٔ مطالعاتی مد نظر برای بررسی‌های زیست‌محیطی قنوات، پهنهٔ شرق شهر تهران است. بنا به آمار منتشرشدهٔ واحد محیط زیست شهرداری تهران، در حال حاضر از مجموع ۵۰۰ رشته قنات موجود در مناطق شهر تهران، حدود ۱۵۵ رشته فعال، حدود ۱۵۰ رشته نیمه‌فعال و ۱۹۵ رشته متروکه هستند [۵]. توضیح اینکه برخی از این قنوات مانند قنات مهرگرد و قنات سنگلج بسیار قدیمی هستند و سایر قنوات در سال‌های قبل از ۱۳۰۰ ش برای تأمین آب شرب شهری، دامپروری، باغ‌ها و اراضی کشاورزی حفاری شده‌اند. به‌منظور بررسی دقیق‌تر وضعیت کیفی آب قنوات پهنهٔ شرقی شهر تهران، با توجه مطالعات قبلی آب ۱۵ قنات آزمایش و نتایج آن دوباره تجزیه و تحلیل شده است. موقعیت جغرافیایی قنوات بررسی‌شده در جدول ۱ آورده شده است. شکل ۱ نیز موقعیت جغرافیایی قنوات نمونه‌برداری‌شده را نشان می‌دهد.

ساختار کلی قنوات: نگاه به ساختار کلی قنات از آن رو اهمیت دارد که وضعیت زیست‌محیطی آن تا حد زیادی به ساختارش بستگی دارد؛ زیرا میزان و چگونگی حفاظت، آسیب‌پذیری یا تأثیرگذاری قنات در زمان ساخت، بهره‌برداری و یا در مرحلهٔ متروکه‌شدن آن، با ابعاد کالبدی قنات متفاوت است. در ساختار یک قنات چند قسمت مهم و شایان توجه هستند. به‌طور مثال، قسمت نفوذ و تراوش تونل (جایزه‌های ریزش‌های درشت) در بالادست قنات، مجرا (کوره یا قسمت انتقال آب) و چاه‌ها یا میله‌ها (شفت‌های عمودی) در مسیر قنات، مظهر قنات، هرنج (کانال باز)، استخر ذخیرهٔ کوچک در انتهای قنات، منطقهٔ آبیاری در پایین‌دست قنات، منطقهٔ شن و ماسه، بستر خاک و سطح آب زیرزمینی داخل قنات قابل اشاره هستند [۶]. بررسی‌ها نشان می‌دهند تأثیر هر یک از قسمت‌ها در تخریب و یا جذب آلودگی‌های زیست‌محیطی و نیز در احیای قنات متفاوت است. به‌طور مثال، به‌علت

جدول ۱. قنوات نمونه‌برداری‌شدهٔ پهنهٔ شرقی تهران

شمارهٔ قنات	مشخصات
W۱	مظهر قنات یوسف‌آباد، خیابان یوسف‌آباد، خیابان ۶۲
W۲	قنات روس خیابان وزرا، بین خیابان ۶ و ۸
W۳	قنات عباس‌آباد، شاخهٔ اول: خیابان قنبرزاده، جنب درب شرقی مصلای تهران
W۴	مظهر قنات عباس‌آباد، شاخهٔ دوم: اتوبان مدرس، بین حقانی و همت
W۵	مظهر قنات عباس‌آباد، شاخهٔ سوم: اتوبان مدرس، پایین‌تر از همت
W۶	قنات امیرآباد، خیابان ایران‌زمین
W۷	مظهر قنات گلاب خیابان فرشته، میدان تختی
W۸	قنات قیطریه، ضلع شمالی پارک قیطریه
W۹	مظهر قنات کامرانیه، خیابان نادر بیات
W۱۰	مظهر قنات ازگل، خیابان ۲۲ بهمن
W۱۱	قنات کوثر، ضلع شرقی پارک جنگلی لویزان، خیابان کوهستان
W۱۲	قنات مبارک‌آباد، ضلع شرقی پارک تولد
W۱۳	قنات مهران زرتشتی، خیابان شهید عراقی بعد از خیابان کشوری، داخل مجتمع مسکونی
W۱۴	قنات ده‌خیر، شهر ری، فیروزآباد، جاده ده‌خیر، قبل از ریل آهن
W۱۵	قنات الیمون وقفی، شهر ری، میدان مادر، خیابان کمیل شمالی، منطقهٔ ۲۰



شکل ۱. محدودهٔ مطالعات قنوات نمونه‌برداری‌شدهٔ شهر تهران [۵]

طویل‌بودن یک قنات برخی از قسمت‌های کوره بیشتر در معرض تخریب و آلودگی‌های زیست‌محیطی هستند. تأثیرپذیری میله‌های قنوات نیز از نظر موقعیت، قطر، وضعیت، عمق و... متفاوت است. در این زمینه مهم‌ترین میله در قنات، مادرچاه است که میلهٔ اصلی تغذیهٔ قنات است و باید مدام آب قنات را تولید و تأمین کند. مادرچاه معمولاً در طبقات آب‌ده قرار دارد و عمیق‌ترین چاه از سری چاه‌های عمودی قنات به‌شمار می‌رود. اگر مادرچاه بنا به دلایلی مبتلا به آلودگی‌های زیست‌محیطی شود، آلودگی‌ها به همهٔ قسمت‌های پایین‌دست قنات منتشر می‌شود. مشابه مادرچاه، کارکرد سایر میله‌های قنات نیز در هوادهی، هدایت مسیر قنات از بالا به پایین، تسهیل در خروج خاک و سنگ ناشی از حفاری، تسهیل در لایروبی قنات است. عمق میله‌ها در قنات از صفر (در مظهر قنات) تا حداکثر مادرچاه افزایش می‌یابد. بدین‌منظور به‌علت دسترسی مردم به میله‌های قنوات، تأثیرپذیری این قسمت از قنوات نیز به آلودگی‌های زیست‌محیطی نظیر تخلیهٔ ضایعات و پسماندهای جامد و مایع بیشتر متصور است [۳]. برای ممانعت از این مشکل در بالای میله‌ها معمولاً با استفاده از خاک‌های اضافی یا دیواره‌های حفاظتی لبه‌سازی و یا با نصب دریچه اقدام می‌کنند. این کار سبب جلوگیری از نفوذ سیلاب‌ها و هرزآب‌های سطحی به قنات است. مجرای قنات وظیفهٔ انتقال آب را از مادرچاه به مظهر قنات به عهده دارد. بدیهی است این قسمت از قنات نیز در معرض بیشترین آلودگی‌های زیست‌محیطی است [۷]. رسوب‌های انباشته‌شده در مسیر قنات زمینهٔ آلودگی آن را بیشتر فراهم می‌آورند. با انجام سالانهٔ لایروبی این مشکل حل‌شدنی است. مظهر قنات در واقع محل برخورد انتهایی‌ترین مجرای قنات با سطح زمین است. مظهر قنات آب انتقالی را به مصرف‌کنندگان آن می‌رساند. در مظهر قنات به‌دلیل سهولت دسترسی مردم و احشام به آب بدیهی است که پتانسیل جذب آلودگی‌های زیست‌محیطی زیادتری دارد [۲] گاهی دسترسی مصرف‌کنندگان به آب قنات در مظهر قنات امکان‌پذیر نیست؛ در این‌صورت از قسمت هرنج یا کانال رو باز قنات استفاده می‌شود که طول مسیر هرنج در قنات‌های گوناگون متفاوت است. قسمت هرنج قنات نیز در معرض آلودگی و تخریب و آسیب‌پذیری قرار دارد. بنابراین، به‌منظور جلوگیری از آلودگی‌ها، فرسایش یا ریزش خاک در دو طرف هرنج معمولاً درختانی نظیر زبان‌گنجشک یا بید کاشته می‌شوند.

مزایا و معایب زیست‌محیطی قنوات: منابع آب‌های زیرزمینی به موازات اهمیت منابع آب‌های سطحی مورد

استفادهٔ انسان‌ها در تأمین آب آشامیدنی، شرب، کشاورزی، صنعتی و غیره است. معمولاً دسترسی به آب‌های زیرزمینی از طریق چند گزینهٔ متفاوت نظیر چشمه‌ها، قنوات، چاه‌های دستی، چاه‌های نیمه‌عمیق و عمیق امکان‌پذیر است [۶]. بنا به مقتضیات اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و جغرافیایی هر یک از گزینه‌های اشاره‌شده معایب و مزایایی دارند که در مقایسه با یکدیگر قابل تفسیرند. شاخص‌های مقایسه‌ای برای ارزیابی گزینه‌ها متعدد هستند، ولی در اینجا به‌منظور بررسی اجمالی انواع گزینه‌های مربوط به بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی فقط از مؤلفه‌هایی نظیر مقیاس نیاز به انرژی، میزان آب‌دهی، نیاز به ملزومات و مراقبت و نیز سازگاری با محیط زیست شایان توجه هستند که برای مقایسهٔ گزینه‌های اشاره‌شده به‌کار گرفته شده‌اند. ماتریس رنگی و توصیفی در جدول‌های ۲ و ۳ و مقایسهٔ گزینه‌ها مبتنی بر مؤلفه‌های انرژی، آب‌دهی، ملزومات و سازگاری با محیط زیست به نمایش می‌گذارند.

جدول ۲. ماتریس رنگی مقایسهٔ گزینه‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی [۵]

گزینه	مقیاس مصرف انرژی در استحصال آب	مقیاس میزان آب‌دهی	مقیاس نیاز به ملزومات و مراقبت	مقیاس سازگاری با محیط زیست
قنات				
چاه نیمه‌عمیق				
چاه عمیق				
چشمه				
چاه دستی				

علائم: صفر | کم تا متوسط | متوسط | متوسط تا زیاد | زیاد | زیاد تا خیلی زیاد | خیلی زیاد

جدول ۳. ماتریس توصیفی مقایسهٔ گزینه‌های بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی [۵]

گزینه	مقیاس مصرف انرژی در استحصال آب	مقیاس میزان آب‌دهی	مقیاس نیاز به ملزومات و مراقبت	مقیاس سازگاری با محیط زیست
قنات	صفر	کم تا متوسط (دبی متوسط ۲۵-۷۵ لیتر در ثانیه)، مستمر، در زمان خشکسالی آب‌دهی کاهش می‌یابد	بی‌نیازی به تکنولوژی مهم محاسبهٔ دقیق شیب در حفر، صرف هزینهٔ زیاد در حفاری، لایروبی، ضرورت نگهداری و حفاظت و مراقبت.	سازگار با محیط زیست است، ولی برای هدررفتن آب هنگام شب و یا در فصول غیرضروری، نیاز به برنامه‌ریزی دارد.
چاه نیمه‌عمیق	نسبتاً زیاد	کم تا متوسط - معمول حدود دو لیتر در ثانیه	ضرورت پمپاژ، نیاز به هزینه و مراقب فنی دائمی دارد.	نیمه‌سازگار است زیرا با خطر کاهش آب یا خشک‌شدن در زمان خشکسالی مواجه است.
چاه عمیق	خیلی زیاد	معمولاً ۳۰ لیتر در ثانیه	به هزینه و مراقبت فنی دائمی نیاز دارد، رعایت فاصلهٔ دو چاه، عمق چاه، ضرورت پمپاژ.	با خطر کاهش سطح آب سفره‌های زیرزمینی همراه است.
چشمه	صفر	کم تا خیلی زیاد	بدون هزینه، نیازمند رعایت بهداشت	سازگار با محیط زیست است و اگر با خطر کاهش یا خشک‌شدن در زمان خشکسالی همراه باشد، امری طبیعی است.
چاه دستی	کم	کم و بنا به مقتضیات	میزان هزینهٔ نسبتاً کم، ولی نیازمند رعایت بهداشت	سازگار با محیط است

نتیجهٔ کلی‌ای که از دو ماتریس رنگی و توصیفی اشاره‌شده به‌دست می‌آید این است که جایگاه نسبی قنوات در محیط زیست اعم از شهری و روستایی به‌دلیل نداشتن مصرف انرژی اهمیت ویژه‌ای دارد و درزمینهٔ سایر مؤلفه‌ها با توجه به جمیع جهات به‌عنوان فناوری سبز تلقی می‌شود.

بحث و نتایج

استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO-2007) برای کاتیون‌ها، آنیون‌ها، کل مواد جامد محلول و هدایت الکترونیکی از خواص شیمیایی آب و pH از خواص فیزیکی آب به‌منظور مقایسهٔ نتایج با آن آورده و به‌کار گرفته خواهد شد. برای مشخص‌کردن کیفیت آب افزون بر استانداردهای ملی و بین‌المللی از استاندارد نمودار شولر نیز استفاده می‌شود. در گزارش‌های هیدرولوژی نیز برای طبقه‌بندی از نظر شرب، به‌طور معمول از نمودار شولر استفاده می‌شود. در این نمودار براساس پنج شاخص شیمیایی سدیم، کلر، فسفات، کل مواد جامد محلول (TDS) و سختی، آب از نظر مصرف آشامیدنی به شش گروه «خوب»، «قابل قبول»، «متوسط»، «نامناسب»، «کاملاً نامطلوب» و «غیرقابل شرب» تقسیم می‌شوند. در طبقه‌بندی ویلکوکس دو عامل هدایت الکترونیکی و نسبت جذب سدیم SAR (خطر قلیایی‌شدن) برای تعیین کیفیت مصارف کشاورزی در نظر گرفته شده و هر یک از چهار قسمت تقسیم می‌شود که مجموع ۱۶ گروه کیفیت آب را ایجاد می‌کند و در آن S نماینده SAR و C نشان‌دهندهٔ هدایت الکترونیکی است. گروه‌های مختلف یادشده در نمودار در قالب آب‌های «خیلی خوب»، «خوب»، «متوسط» و «نامناسب» طبقه‌بندی می‌شوند [۸].

جدول ۴. مقادیر استاندارد سازمان جهانی بهداشت برحسب میلی‌گرم در لیتر [۸]

متغیر	استاندارد سازمان جهانی بهداشت
pH	۸/۵ ـ ۶/۵
Na	۲۰۰
K	۱۲
Ca	۷۵
Mg	۵۰
TH	۱۰۰
THD	۵۰
EC	۱۵۰۰
CO_3	-
HCO_3	۱۵۰
SO_4	۲۰۰
CI	۲۰۰

تجزیهٔ کیفی آب قنوات پهنهٔ شرقی تهران: به‌طور کلی، انجام فقط یک مرحله نمونه‌برداری نمی‌تواند ملاک مناسبی برای بررسی کیفیت منابع آب به‌شمار آید؛ اما تحلیل این نتایج می‌تواند نمایی کلی از کیفیت منابع آب را در اختیار قرار دهد. به‌طورکلی، پارامترهای کیفی آب در دو دستهٔ کلی زیر قرار می‌گیرند:[۹]

- پارامترهای شیمیایی
- پارامترهای بیولوژیکی

برای انجام مطالعات زیست‌محیطی قنوات مطالعه‌شده و برای تبیین برنامهٔ پایش زیست‌محیطی سعی شد کلیهٔ پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی قنوات پهنهٔ شرقی تهران که توسط شرکت آب منطقه‌ای و یا واحدهای مختلف شهرداری تهران نمونه‌برداری و تجزیه شده است، بررسی شود.

پارامترهای شیمیایی کیفیت آب: کل جامدات محلول، سختی، فلوریدها، فلزات، مواد آلی و مواد مغذی

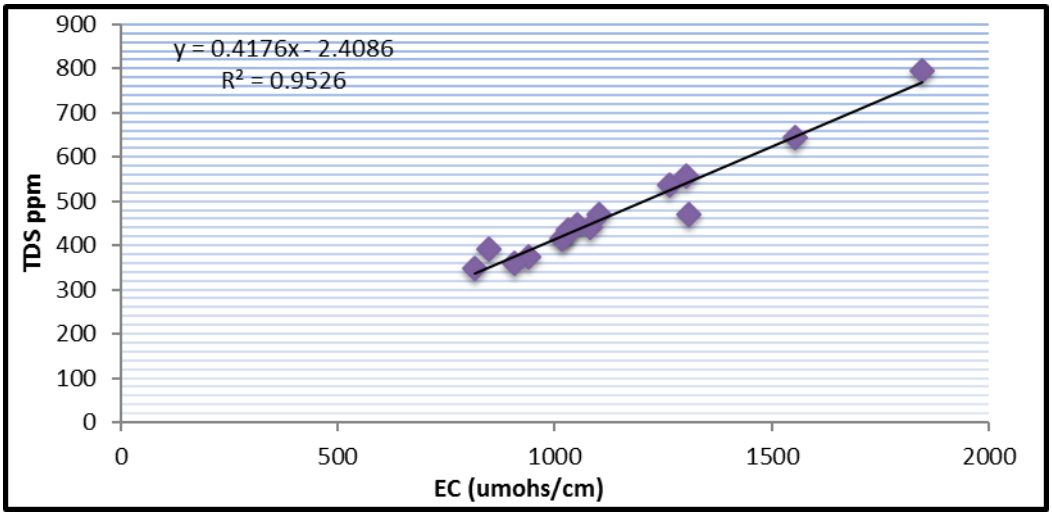
پارامترهای شیمیایی مورد توجه در کیفیت آب به‌شمار می‌روند [۱۰] که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

اسیدیته و قلیائیت: میزان اسیدی یا قلیایی‌بودن آب به‌وسیلهٔ غلظت یون‌های هیدروژن موجود در آب بیان می‌شود. مقدار مجاز اسیدیتهٔ آب طبق استاندارد ملی حدود ۶/۵ تا ۹/۳ و برای حالت مقدار مطلوب حدود ۷ تا ۸/۵ توصیه می‌کند. میزان اسیدیتهٔ مناسب برای آب‌های زراعی و کشاورزی حدود ۷ـ ۸/۵ و pH مناسب آب شرب بین ۶ تا ۸/۵ است، ولی pH اغلب آب‌ها حدود ۷ تا ۸ است و کمی قلیایی هستند [۱۱]. قنوات پهنهٔ شرقی شهر تهران میزان اسیدیتهٔ بین ۷ـ ۸/۱ دارند، ولی در مقیاس قلیائیت آنها، اندکی تفاوت وجود دارد. پارامترهای قلیائیت، سختی و pH آب با یکدیگر در تعامل‌اند و تعیین‌کنندهٔ آن هستند که آیا آب قابلیت ایجاد رسوب را دارد و یا خورنده است و یا در حالت پایدار است. آب‌های اسیدی pH کم و خاصیت خورندگی زیاد هستند و اگر این آب وارد سیستم توزیع شود، به لوله‌های بتونی و فلزی شبکه آسیب می‌رساند و موجب انحلال فلزات سنگین مانند مس و سرب در آب می‌شود. جدول ۵ شرایط کیفی ۱۵ قنات مطالعه‌شده براساس شاخص رسوب‌گذاری و خورندگی را نشان می‌دهد.

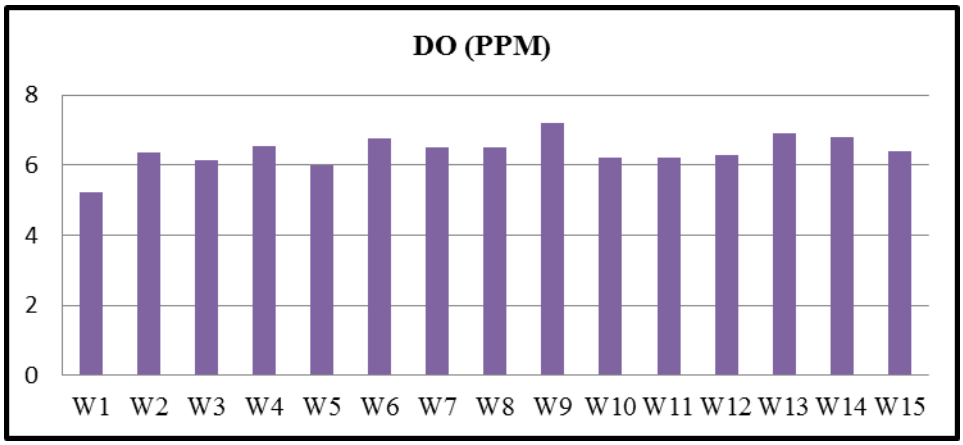
هدایت الکتریکی (EC) و کل مواد جامد محلول در آب (TDS): قابلیت هدایت الکتریکی معیاری برای سنجش توانایی یک محلول برای انتقال الکتریکی است. از آنجا که این توانایی تابعی از حضور یون‌های موجود در یک محلول است، اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی نشان‌دهندهٔ خوبی دربارهٔ کل مواد حل‌شده (TDS) در آب به‌شمار می‌آید که با اعمال یک ضریب که دربارهٔ هر آبی فرق می‌کند و قابل تبدیل به یکدیگر است. عموماً برای قضاوت دربارهٔ مناسب‌بودن یک آب برای مقاصد کشاورزی، دانستن غلظت این دو پارامتر به‌همراه غلظت سدیم نیز معیار مناسبی در ارزیابی وضعیت آب از لحاظ مصارف کشاورزی است. شکل ۲ رابطهٔ همبستگی بین (TSD) و (EC)در قنوات منطقهٔ مطالعه‌شده را نشان می‌دهد.

جدول ۵. شرایط کیفی قنوات پهنهٔ شرق تهران براساس شاخص رسوب‌گذاری و خورندگی [۵]

قنوات	کیفیت آب برای مصارف صنعتی	PH_S - PH	PH	ضریب C	Ca (mg/l)	قابلیت برحسب CaO
W1	خورنده	۰/۱۶	۷/۰۴	۷/۲	۱۲۹/۴۵	۱۰۱/۲
W2	رسوب‌گذار	-۰/۴۷	۷/۴	۷/۴	۸۶/۳۷	۹۱/۳۴
W3	رسوب‌گذار	-۰/۴۶	۷/۲	۷/۲	۱۰۹/۸۱	۱۲۰/۵۵
W4	خورنده	۰/۰۳	۷/۴	۷/۴	۸۶/۵۷	۸۱/۵۶
W5	رسوب‌گذار	۰/۰۳	۷/۳	۷/۳	۹۰/۹۸	۱۰۲/۳۴
W6	رسوب‌گذار	-۰/۳۷	۷/۶	۷/۶	۸۴/۹۶	۵۵/۲
W7	خورنده	-۰/۴۶	۷/۸	۷/۸	۹۰/۱۸	۳۶/۱۱
W8	متعادل	۰	۷/۲	۷/۲	۱۴۲/۶۸	۸۹/۱۹
W9	خورنده	۰/۲	۷/۲	۷/۴	۱۴۶/۲۹	۴۸/۴۴
W10	خورنده	۰/۰۶	۷/۴۴	۷/۵	۱۲۵/۸۵	۴۸/۳
W11	رسوب‌گذار	-۰/۲	۸/۱	۷/۹	۴۸/۴۹	۴۸/۳
W12	خورنده	۰/۱۳	۷/۱۷	۷/۳	۱۲۳/۲۴	۷۵/۹
W13	خورنده	۰/۱۵	۷/۰۵	۷/۲	۱۱۹/۴۳	۹۶/۱۴
W14	رسوب‌گذار	-۰/۵۶	۷/۵۶	۷	۱۴۰/۰۷	۱۳۸/۷۱
W15	رسوب‌گذار	-۰/۱	۷/۶	۷/۵	۱۱۰/۲۲	۵۵/۲



شکل ۲. رابطهٔ همبستگی بین (TSD) و (EC) در قنوات پهنهٔ شرقی تهران [۵]



شکل ۳. میزان DO در قنوات پهنهٔ شرقی تهران [۵]

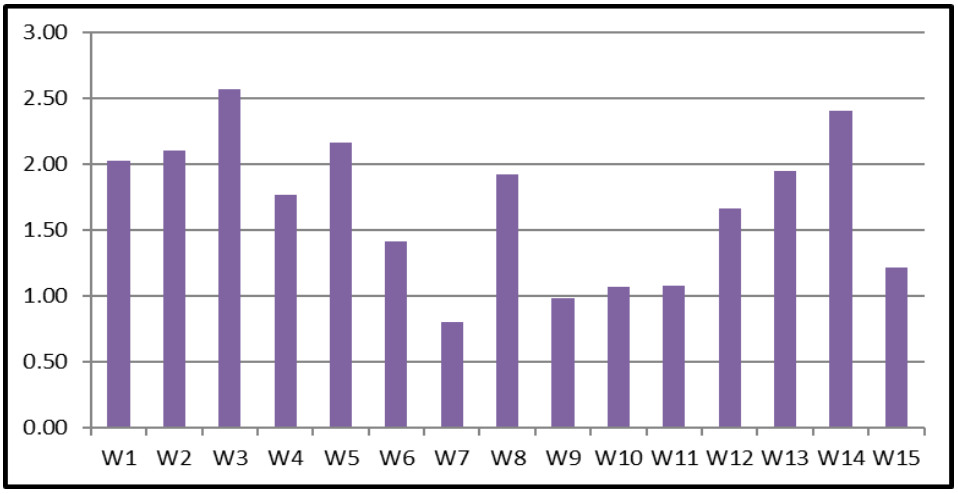
اکسیژن محلول (DO): یکی از معیارهای قابل استفاده برای تشخیص پاک یا آلوده بودن آب، مقدار اکسیژن محلول در آن است. معمولاً آب‌های سطحی در حد اشباع یا در بعضی موارد حتی بیشتر و آب‌های زیرزمینی به نسبت کمتر از آن اکسیژن محلول دارند. کاهش مقدار اکسیژن می‌تواند عوامل مختلفی مانند مصرف اکسیژن برای هضم و اکسید مواد آلی باشد که این خود نشان‌دهندهٔ آلوده‌شدن آب است. بنابراین، اندازه‌گیری این پارامتر امری اجتناب‌ناپذیر است [۱۱]. شکل ۳ میزان DO در قنوات پهنهٔ شرق شهر تهران را نشان می‌دهد.

سدیم: نظر به اینکه اثر سدیم به میزان سدیم و نیز کلسیم و منیزیم بستگی دارد، بنابراین در مسئلهٔ ارزیابی سمیت بالقوه از نسبت جذبی سدیم SAR برای آب و خاک استفاده می‌شود. در مناطق خشک، بنا به مقتضیات کشاورزی و فضای سبز استفاده از آب قنوات اجتناب‌ناپذیر است. چنانچه میزان جذب سدیم و یا املاح سدیم آب قابل دسترسی بیش از حد مجاز باشد، آب مصرفی برای شرب نامساعد و در کشاورزی و فضای سبز نیز سبب خرابی جنس خاک و کم‌شدن قابلیت نفوذ آب در زمین می‌شود. شاخص SAR، در واقع نسبت جذب سدیم یا خطر سدیم در آب را نشان می‌دهد. در طبقه‌بندی آب‌ها براساس نسبت جذب سدیم، چنانچه SAR کمتر از ۱۰ و در حد یک یا دو باشد آب شیرین و قابل شرب و در حد عالی است. اگر بین ۱۰ تا ۲۶ باشد، خوب تا متوسط و اگر بیش از ۲۶ واحد باشد، آب نامناسب است. برای امور کشاورزی و فضای سبز اگر میزان آن حدود ۶ باشد، برای خاک‌های قابل کشت و محصولات رضایت‌بخش است؛ ولی از ۱۵ بالاتر، برای آبیاری کشاورزی و باغ‌ها و فضای سبز نامطلوب

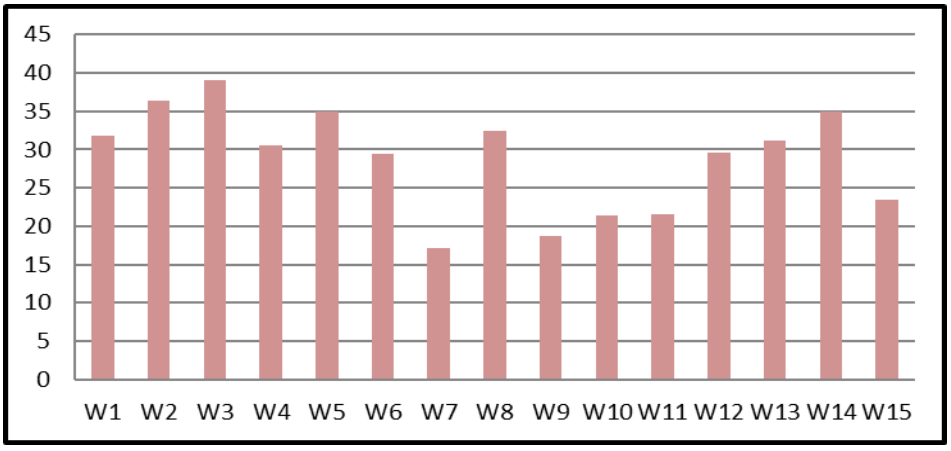
است. قنوات پهنهٔ شرقی تهران درخصوص داشتن میزان سدیم در مقیاس گوناگونی هستند. شکل ۴ مقیاس مختلف SAR را در قنوات پهنهٔ شرقی تهران نشان می‌دهد.

از درصد حلالیت سدیم برای تعیین کیفیت آب آبیاری استفاده می‌شود. میزان درصد حلالیت سدیم به‌صورت زیر محاسبه می‌شود که در آن تمام غلظت‌های یونی به‌صورت میلی‌اکی‌والان در هر لیتر بیان شده است. شکل ۵ میزان حلالیت سدیم در قنوات پهنهٔ شرقی تهران را نشان می‌دهد.

$$\%Na = \frac{Na + K}{Ca + Mg + Na + K} * ۱۰۰ \qquad (۱)$$



شکل ۴. میزان SAR در قنوات پهنهٔ شرق تهران



شکل ۵. میزان حلالیت سدیم در قنوات شهر تهران

فلزات سنگین: بسیاری از فلزهای سنگین برای انسان سمی هستند در این میان چهار فلز جیوه (Hg)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd) و آرسنیک (As) به‌علت کاربرد گسترده در صنعت به‌گونه‌ای وارد منابع آبی زیرزمینی می‌شوند، توزیع وسیع آنها بیشترین خطر را از نظر زیست‌محیطی به‌همراه دارند. سیانور نیز از جمله مواد سمی است که توان نفوذ به آب‌های زیرزمینی را داراست. طبق استاندارد ملی، بیشتر غلظت مجاز آرسنیک در آب آشامیدنی ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر است. آرسنیک بیش از حد استاندارد آب آشامیدنی، سبب ایجاد سرطان پوست و ریهٔ انسان‌ها می‌شود. سیانور و ترکیبات آن فقط در آب‌های صنعتی یافت می‌شود. زمانی که pH آب برابر ۸ یا کمتر باشد، به‌صورت هیدروژن سیانید یا اسید سیانیدریک درمی‌آید و بیشتر ترکیبات آن سمی و کشنده است. بیشترین حد مجاز سیانور طبق استاندارد ملی حدود ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر است. سرب به‌عنوان یکی از عناصر سمی

قابل تجمع در بدن به‌شمار می‌رود. بیشترین غلظت مجاز سرب در آب آشامیدنی ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر است. درضمن، حدود مجاز فلز کادمیوم، جیوه، کرم و بر به‌ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر توصیه شده است [۱۰]. در قنوات پهنهٔ شرق تهران آلودگی به فلزات نیکل، جیوه، آرسنیک، سلنیوم و آلومینیم که می‌تواند منشأ صنعتی داشته باشد، مشاهده نشده است.

آمونیاک NH_3: آمونیاک در آب یک شاخص آلودگی احتمالی باکتریایی، فاضلاب و مواد زاید حیوانی است. آمونیاک در سیستم‌های تصفیهٔ آب می‌تواند کارایی گندزدایی را مختل کند و به تشکیل نیتریت در سیستم‌های توزیع آب منجر شود و سبب مشکلاتی در حذف منگنز شود و از طرفی می‌تواند مشکلات طعم و بو ایجاد کند. مقادیر طبیعی آمونیاک در آب‌های زیر زمینی و سطحی معمولاً کمتر از ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر است. آب‌های زیرزمینی بی‌هوازی ممکن است محتوی تا ۳ میلی‌گرم در لیتر باشند. میزان آمونیاک در قنوات پهنهٔ شرقی تهران کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر برآورد شده است.

نیترات، نیتریت و فسفات: آلودگی آب‌های زیرزمینی یا از طریق منابع نقطه‌ای مثل چاه‌های جذبی فاضلاب یا از طریق منابع غیرنقطه‌ای مانند مصرف کودهای نیتروژنی در مزارع کشاورزی صورت می‌پذیرد. به علت محلول‌بودن نیترات این ترکیب به‌راحتی به‌وسیلهٔ آب از لایه‌های مختلف خاک عبور می‌کند و به سفره‌های آب‌های زیرزمینی راه می‌یابد. فسفات از طریق فاضلاب‌های خانگی که حاوی دترجنت‌ها و پاک‌کننده‌های سنتتیک (تهیه‌شده از فسفات هستند) یا از فسفات موجود در پساب‌های کشاورزی و یا فاضلاب‌های صنعتی وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود. فسفات نیز مانند نیترات از عناصر ضروری برای رشد جلبک‌ها است و می‌تواند به مقدار شایان توجهی در اوتریفیکاسیون منابع آبی دخالت کند. مقدار فسفات برحسب فسفر نباید از ۰/۶ میلی‌گرم در لیتر تجاوز کند. وجود نیترات (NO_3) و نیتریت (NO_2) در آب بیشتر نشان‌دهندهٔ نفوذ فضولات حیوانی یا کود به داخل سیستم آب‌رسانی است. بیشترین حد مجاز نیترات‌های موجود در آب آشامیدنی نباید از ۴۵ میلی‌گرم در لیتر برحسب یون نیترات و برحسب نیتروژن نباید از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر تجاوز کند. بیشترین حد غلظت نیتروژن نیتراتی قابل تحمل برای دام و طیور نیز کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر است. آب‌های زیرزمینی به‌ندرت بیش از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر برحسب ازت نیتریت دارند مگر اینکه به‌شدت با فاضلاب آلوده شده باشند. ناگفته نماند حضور نیتریت همراه با میزان زیاد آمونیاک در آب نشان‌دهندهٔ آلودگی آب با فاضلاب است [۱۲]. قنوات پهنهٔ شرقی تهران درخصوص داشتن میزان نیتریت دارای میزانی کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر هستند، ولی از لحاظ نیترات و فسفات در مقیاس گوناگونی هستند به‌طوری که آزمایش‌های به‌عمل‌آمده نشان داده است میزان نیترات قنات ده‌خیر شهر ری حدود ۱۳۴ میلی‌گرم در لیتر و قنات روس وزرا ۱۳/۴ میلی‌گرم در لیتر و میزان فسفات شاخهٔ سوم قنات عباس‌آباد حدود ۰/۱۸ و قنات مبارک‌آباد حدود ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر بوده‌اند.

کل هیدروکربن‌های نفتی TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) TPH: عبارتی است که به هرگونه هیدروکربن موجود در نفت خام گفته می‌شود. نفت خامی که در ساخت انواع فرآورده‌های نفتی به‌کار می‌رود، می‌تواند محیط زیست را آلوده کند. مواد شیمیایی موجود در TPH عبارت‌اند از: هگزان، بنزن، تولوئن، Xylenes، نفتالین، و Fluorine، ترکیبات بنزین، سوخت جت، روغن‌های معدنی و سایر فرآورده‌های نفتی است. آلودگی هیدروکربن‌های نفتی در قنوات بررسی‌شده مشاهده نشده است.

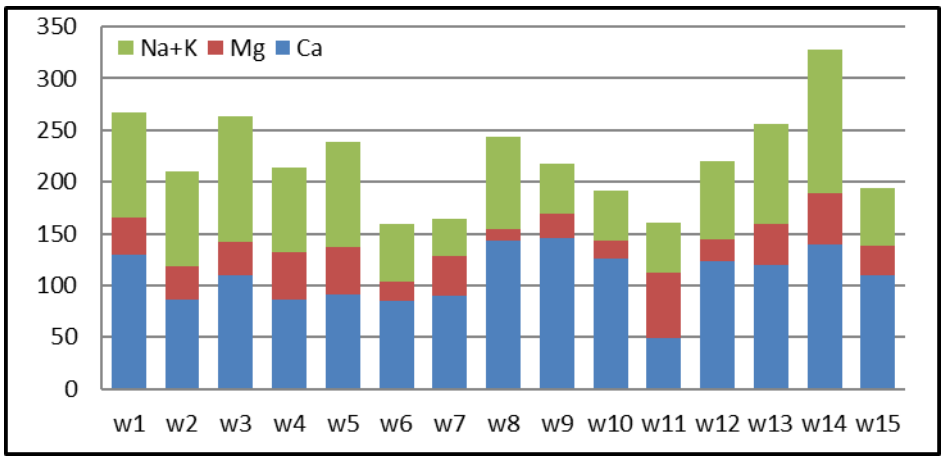
سختی (TH): سختی کل شامل سختی موقت یا سختی کربناتی به اضافهٔ سختی دائم یا سختی غیرکربناتی است. سختی موقت بر اثر جوشاندن آب ته‌نشین می‌شود و جرم داخل ظروف را تشکیل می‌دهد و به املاح کربنات و بی‌کربنات کلسیم و منیزیم مربوط می‌شود. سختی دائم به‌وسیلهٔ عناصری چون سولفات‌ها و کلرورهای منیزیم و کلسیم پدید می‌آید که بر اثر جوشیدن رسوب نمی‌دهند. سختی معمولاً برحسب واحد میلی‌گرم در لیتر برحسب کربنات کلسیم ($mgr/lit\ CaCo_3$) بیان می‌شود. حد آستانهٔ طعم برای یون کلسیم بسته به آنیون مربوط به آن در محدودهٔ ۱۰۰-۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر است [۱۳]. جدول ۷ مقادیر کمی سختی طبقه‌بندی‌شده برای آب‌های مختلف و جدول ۸ شرایط کیفی قنوات پهنهٔ شرقی تهران براساس شاخص سختی را نشان می‌دهند.

جدول ۶. مقادیر کمی سختی طبقه‌بندی‌شده برای آب‌های مختلف [۱۱]

شرح	سختی	
	meq/l	mg/l $CaCO_3$
نرم	<۱	<۵۰
نسبتاً سخت	۱-۳	۵۰-۱۵۰
سخت	۳-۶	۱۵۰-۳۰۰
بسیار سخت	>۶	> ۳۰۰

جدول ۷. شرایط کیفی قنوات پهنهٔ شرقی تهران براساس شاخص سختی [۵]

قنوات	کیفیت آب براساس سختی کل	سختی دائم	سختی موقت	سختی کل
W1	کاملاً سخت	۳۹۶/۶۸	۷۷/۱۶	۴۷۳/۸۵
W2	کاملاً سخت	۰	۳۴۶/۷۳	۳۴۶/۷۳
W3	کاملاً سخت	۰	۴۰۷/۷۷	۴۰۷/۷۷
W4	کاملاً سخت	۰	۴۰۴/۳	۴۰۴/۳
W5	کاملاً سخت	۰	۴۱۵/۳۱	۴۱۵/۳۱
W6	سخت	۰	۲۸۹/۱۸	۲۸۹/۱۸
W7	کاملاً سخت	۰	۳۸۲/۷۸	۳۸۲/۷۸
W8	کاملاً سخت	۰	۴۰۵/۲۸	۴۰۵/۲۸
W9	کاملاً سخت	۰	۴۵۸/۴۱	۴۵۸/۴۱
W10	کاملاً سخت	۰	۳۷۸/۲۹	۳۷۸/۲۹
W11	کاملاً سخت	۰	۳۸۲/۷۵	۳۸۲/۷۵
W12	کاملاً سخت	۰	۳۹۵/۳	۳۹۵/۳
W13	کاملاً سخت	۰	۴۶۳/۳۱	۴۶۳/۳۱
W14	کاملاً سخت	۰	۵۴۸/۸۸	۵۴۸/۸۸
W15	کاملاً سخت	۰	۳۹۲/۲۹	۳۹۲/۲۹



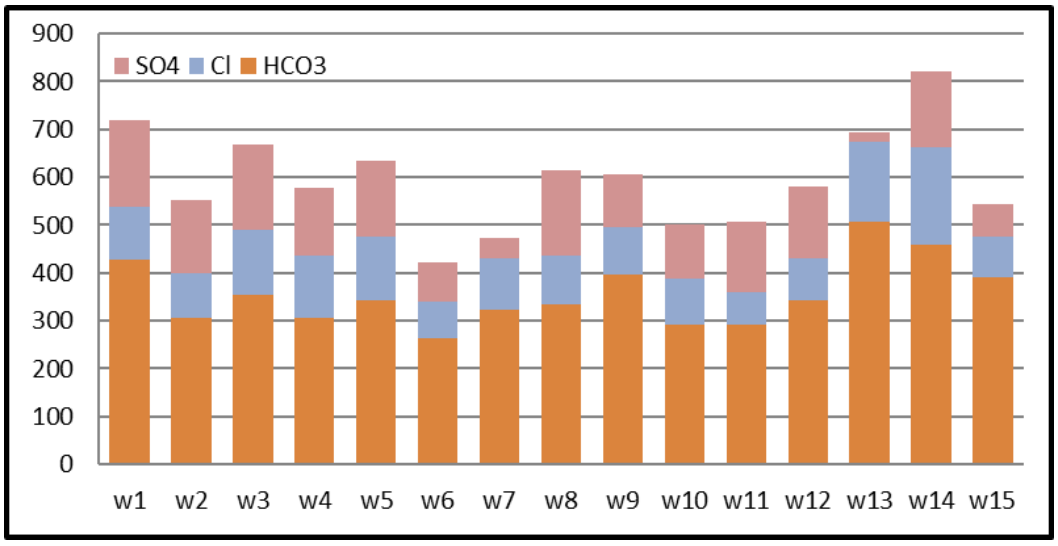
شکل ۶. میزان کاتیون‌ها در آب قنوات پهنهٔ شرق تهران

کاتیون‌ها: کلسیم و منیزیم از جمله کاتیون‌های مهم در آب هستند. کلسیم معمولاً به‌صورت کربنات، بی‌کربنات و سولفات کلسیم ظاهر می‌شود. از نظر تندرستی زیادبودن غلظت کلسیم در آب چندان اهمیتی ندارد و زیادی کلسیم به‌صورت رسوب در آب ته‌نشین می‌شود. سازمان بهداشت جهانی بیشترین غلظت کلسیم را ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب Ca^{+2} و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب کربنات کلسیم پیشنهاد می‌کند. قنوات پهنهٔ شرقی تهران در خصوص داشتن میزان کلسیم در مقیاس گوناگونی هستند به‌طوری که آزمایش‌های به‌عمل‌آمده استانداردهای بین‌المللی سازمان بهداشت جهانی میزان منیزیم معادل ۳۰ میلی‌گرم در لیتر را برای سولفات‌های بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین غلظت مجاز ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر را به شرط اینکه غلظت سولفات کمتر باشد، پیشنهاد می‌کند. شکل ۶ میزان کاتیون‌ها در آب قنوات پهنهٔ شرقی تهران نشان می‌دهد.

آنیون‌ها: دی‌اکسید کربن، بی‌کربنات، کربنات از آنیون موجود در آب تلقی می‌شوند. مقدار دی‌اکسید کربن آزاد در آب بستگی به PH و قلیائیت آب دارد و دربارهٔ خاصیت خورندگی آب مسئولیت مهمی ایفا می‌کند. آب‌های سطحی معمولاً کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر دی‌اکسید کربن آزاد دارند، ولی برخی آب‌های زیرزمینی بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر دی‌اکسید کربن دارند. ترکیب دی‌اکسید کربن ضمن انحلال در آب با عوامل موجود در آن ترکیب می‌شود و یا در ترکیب با آب، قسمتی از آن به‌صورت اسید کربنیک در می‌آید و قسمتی دیگر به یون‌های کربنات و بی‌کربنات تبدیل می‌شود. در آب‌های طبیعی که PH آن حدود ۸ باشد بین کربنات و بی‌کربنات کلسیم موجود در آب تعادلی بر اثر وجود دی‌اکسید کربن ایجاد می‌شود که از ترسیب کربنات کلسیم جلوگیری می‌کند.

سولفات: تأثیر سولفات در آب آشامیدنی این است که سهم عمده‌ای در سختی دائم یا غیرکربناتی آن دارد. غلظت زیاد سولفات در تغییر طعم آب مؤثر است و بیشتر از حد استاندارد می‌تواند اثر مسهلی داشته باشد. مقدار مطلوب سولفات ۲۰۰ و بیشترین حد مجاز آن ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. احیای سولفات توسط باکتری‌های بی‌هوازی سبب تولید هیدروژن سولفوره (H_2S) با بوی بد تخم مرغ گندیده می‌شود. شکل ۷ میزان آنیون‌ها در آب قنوات پهنهٔ شرقی تهران را نشان می‌دهد.

پارامترهای بیولوژیکی کیفیت آب: پارامترهای بیولوژیکی کیفیت آب در واقع بیانگر کارکردی است که آب در انتقال بیماری‌ها دارد. پارامترهای بیولوژیکی عبارت‌اند از شاخص کلیفرم، BOD و COD. که در اینجا بررسی می‌شوند.



شکل ۷. میزان آنیون‌ها در آب قنوات شهر تهران

شاخص کلیفرم: کلیفرم‌ها مهم‌ترین باکتری‌های نشانگر هستند که در آزمایش باکتریولوژیکی آب‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند. گرچه این باکتری‌ها غیر از مدفوع در منابع دیگر نظیر آب و خاک نیز ممکن است یافت شوند، فراوانی بسیارشان در مدفوع انسان و سایر حیوانات خونگرم و داشتن ویژگی‌های دیگر است که سبب می‌شود این باکتری‌ها در آزمایش‌های مستمر آب‌های آشامیدنی اهمیت خاصی داشته باشند. نبود کلیفرم در آب قنوات نشان‌دهندهٔ میزان بهداشتی‌بودن آب آنهاست. میزان مجاز کلیفرم برای آب آشامیدنی ۲ و مقدار مطلوب به‌میزان صفر در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب است، ولی مقدار مجاز برای آب‌های زراعی حدود ۱۰۰۰ عدد و برای مقدار مطلوب حدود ۱۰۰ عدد در۱۰۰ میلی‌لیتر توصیه شده است. نتایج آزمایش‌ها حکایت از آلودگی میکروبی برخی قنوات پهنهٔ شرقی تهران را دارند.

:COD, BOD BOD شاخصی است برای بیان میزان اکسیژنی که باکتری‌های هوازی موجود در آب به آن نیاز دارند تا مواد آلی قابل تجزیهٔ بیولوژیکی را به محصولات نهایی تجزیه کنند. ازدیاد ناگهانی BOD بر اثر ورود فاضلاب و ضایعات به آب قنوات سبب کاهش اکسیژن محلول در آب و مرگ آبزیان بومی می‌شود. شاخص CODبرای بیان میزان اکسیژن مورد نیاز فعل انفعالات شیمیایی آب است که بیشتر بر اثر ورود فاضلاب‌های صنعتی افزایش می‌یابد. کلیهٔ قنوات مطالعه‌شده تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی شهر تهران است و آلوده به ترکیبات اکسیژن‌خواه و میکروارگانیسم‌های مدفوعی است. این امر سبب ایجاد محدودیت در استفاده از جریان آب این قنوات خواهد شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه‌شده تحقیق می‌توان گفت که به‌طور کلی انجام فقط یک مرحله نمونه‌برداری نمی‌تواند ملاک مناسبی برای بررسی کیفیت منابع آب به‌شمار آید؛ اما تحلیل این نتایج می‌تواند نمایی کلی از کیفیت منابع آب را در اختیار قرار دهد. از مهم‌ترین نتیجه‌گیری‌های انجام‌شده موارد زیر است:

۱. بررسی و نتایج وضعیت کیفی آب قنوات در این مطالعات نشان می‌دهد پایش مستمر کیفیت آب قنوات تهران امری ضروری است و می‌تواند تصویری واضح از شرایط کیفی و تغییرات احتمالی جریان آب قنوات ایجاد کند. بررسی‌های میدانی و کنترل مجاری و مظهر قنوات نشان می‌دهد شبکهٔ قنوات موجود وضعیت پایدار و رضایت‌بخشی ندارند و مرمت و اصلاح سازه‌ای آنها با توجه به توسعهٔ ساخت‌وسازها ضروری است.

۲. کل قنوات نمونه‌برداری‌شده از لحاظ داشتن میزان کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سولفات و کلر برای کاربری آب شرب در حد استاندارد قرار داشتند و وضعیت کیفیت قنوات تهران براساس نمودار شولر در حد خوب، قابل قبول و متوسط هستند، ولی از نظر آلودگی میکروبی با یکدیگر متفاوت‌اند.

۳. میزان سولفات در نمونه‌های مختلف در مقیاس‌های گوناگونی هست: قنات مهران زرتشتی با ۲۱ میلی‌گرم در لیتر کمترین و قنات یوسف‌آباد با ۱۸۱ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میزان سولفات را داشتند. بنابراین، میزان سولفات نمونه‌ها کمتر از حد مطلوب استاندارد برای کاربری شرب است.

۴. از لحاظ مقدار هدایت الکتریکی در مقایسه با استاندارد کاربری کشاورزی همهٔ قنوات کمتر از حد مجاز استاندارد قرار داشتند و از نظر نسبت جذب سدیم (SAR) به‌غیر از قنوات گلاب (فیروزه) و کامرانیه که کیفیت عالی دارند، باقی قنوات از شرایط کیفی خوبی برخوردارند.

۵. از نظر شاخص بیولوژیکی بررسی انجام‌گرفته نشان داد که آلودگی میکروبی در قنوات کم‌عمق زیادتر از قنوات عمیق بود و در مناطقی که اندازهٔ خلل و فرج خاک و سنگ‌ها زیاد باشد نشت آلودگی بیشتر است و قنات ده‌خیر شهر ری آلودگی میکروبی بیش از حد مجاز دارد.

سپاسگزاری

نگارندگان از سازمان بوستان‌ها و فضای سبز شهرداری تهران به‌دلیل دراختیارگذاشتن آمار و گزارش‌های موجود کمال قدردانی و تشکر را دارند.

منابع

[1].Abizadeh, E.; A View to Aqueducts centering on Training and Reviving Iranian Native Technology, Culture and Architecture. Armanshahr Journal.2011; Third Year (5), pp. 1-22.

[2]. Heydari, M, Bidgoli H.N.; Chemical Analysis of Drinking Water of Kashan District, Central Iran. World Applied Sciences Journal 2012;16(6):pp.799-805

[3].W.H.O.Guidelines for safe recreational water environments. Vol. 2: (Swimming pools and similar environment). Geneva: World Health Organization; 2006:pp.316-112.

[4] Sabetjo M.; Aqueduct important role in protecting the environment. Subterranean National Conference.2010.gonabad:pp.12-24.

[5] Toossab Consulting Engineers Company; Study of Qantas water quality of in Tehran, Report Number 430752 –5139,2011, Tehran221p.

[6] Edwards M.; Controlling Corrosion in Drinking Water Distribution System; A Grand Challenge for the21 St Century. Water Science & Technology 2002;4(9):58-68

[7] Jahad Keshavarzi organization; First Phase Studies on studies and identification of Subterranean, Tehran, to assess water quality testing Subterranean, Tehran.2003. p 312-152

[8] Ebadati,N. Hoshmandzade,M. Water Quality evaluation of Dez River in the Dezful hydrometric station,.jornal of Ecohydrology, Volume 1, Issue 2, Autumn 2014, Page 69-81

[9].Ishaku J M. Ezeigbo H I. 2010.Groundwater Quality monitoring in Jimeta-Yola area, North-eastern Nigeria. WATER RESOURCES Journal of the Nigerian Association of Hydrogeologists (NAH), 20(2): 1-14.

[10] Dahaghani M, Azam K. Mohamadi A.; An Investigation on Physico-Chemical and Microbiological Quality of Public Swimming Pools in Tehran City, Journal of research environmental health, 2015,Winter (1):29-35

[11] Yazdanbakhsh A. Eslami A. Rezaei S.; Quality assessment of Tehran's Firoozabad Channel surface runoff for irrigation uses. Journal of Health in the Field. 2015: autumn (3):19-26

[12] Maleki A, Khorsandi. A. Qanat in Iran The Case Study Of Tehran Qanats. Tehran: Processing Enterprises and Urban Planning;2005.pp.234-257.

[13] Sadatinejad S. Razavi l. Shirani M.; dimensions of Social, economic and environmental the aqueduct, 2006, 1th Conference on optimum utilization of water resources. University Shahrekord, 2006, pp.124-138.