



ISSN 2588-3941

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال دوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

نشریه علمی - ترویجی

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال دوم، شماره سهمی‌سالانه

دانشگاه آزاد اسلامی - بابل

پیشگفتار

مقالات علمی

- بررسی و مقایسه کارایی رویکردهای مختلف تنظیم شیرهای فشارشکن در بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع آب
محمدامین غیبی، میلاد لطیفی و سید تقی (امید) نایینی

- مفهوم و محاسبه‌ی شاخص DALYs در برآورد بار بیماری‌ها
کاوه علی‌نژاد و مجید قنادی

- بررسی عوامل موثر فرآیندی در تخریب علف‌کش بنتازون در آب‌های آلوده توسط نانواکسیدهای فلزی تیتانیوم (IV) و آهن (III)
بر پایه زئولیت طبیعی
مهرداد فرهادیان، آرش ساکی و نیلا داوری

- مطالعه تاثیر استفاده از فرآیند ترکیبی ازناسیون و بیولوژیکی در تصفیه فاضلاب
رضا ایرانی، علی برادر خوش‌فطرت و داود کاه‌فروشان

- بررسی باکتری‌های تولیدکننده بیوفیلم در آب شرب شهری و روش‌های مقابله با آن‌ها
زهرا صالحی ریحانی و زهرا خوشنود

- بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شهر اهواز و مقایسه آن با استانداردهای آب شرب در سال ۱۳۹۵
فردوس کریمی، نغمه عروچی و افسین تکدستان

- تأثیر متقابل قنات و شبکه آب شهری در محدوده خیابان ناصرخسرو تهران
احمد مالکی و ملیحه کنجانی حصاری

مطلوب عمومی

- اصحابه
فراخوان ایده‌کاوی
فناوری برتر
معرفی کتاب
پایان نامه برتر
گزارش فعالیت‌های انجمن

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

سال ۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

این نشریه طبق نامه شماره ۱۴۰۲۹/۱۶/۳/۱۸/۲۹۰۱۲۹ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ از کمیسیون بررسی نشریات علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، اعتبار علمی-ترویجی دریافت نموده است.

صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سردبیر

اعضای

هیئت تحریریه



شرکت آب و فاضلاب استان تهران

این شماره با حمایت مادی و معنوی شرکت آب و فاضلاب استان تهران به چاپ رسیده است.

شورای سیاستگذاری
صنعت آب و فاضلاب

مشاورین
هیئت تحریریه

کارشناس اجرایی
طراح و صفحه آرا
ناشر
ترتیب انتشار
شمارگان
آدرس:
تلفن:
فکس:
ایمیل:

انجمن آب و فاضلاب ایران

دکتر مسعود تابش

دکتر حمیدرضا صفوی

دکتر بیژن بینا: استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

دکتر مسعود تابش: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر علی ترابیان: استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

دکتر افشین تکدستان: دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

دکتر سید حسین سجادی فر: استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهریار و مشاور معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر محمد حسین صراف زاده: دانشیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تهران و رئیس کرسی یونسکو در بازیافت آب

دکتر حمیدرضا صفوی: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

دکتر ناصر طالب بیدختی: استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شیراز

دکتر علی اکبر عظیمی: استادیار بازنیسته دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

مهندس مجید قنادی: کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط و مشاور معاون مهندسی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

دکتر سیمین ناصری: استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

دکتر سارا نظیف: استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

دکتر منوچهر وثوقی: استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف

مهندس علی اصغر قانع: معاونت فنی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

مهندس محمد پرورش: مدیر عامل و رئیس هیئت مدیره شرکت آب و فاضلاب استان تهران

مهندی بابایی: معاون برنامه ریزی و منابع انسانی شرکت آب و فاضلاب استان تهران

مهندس افشین شفاقی: مدیر دفتر پژوهش و بهبود بهره وری شرکت آب و فاضلاب استان تهران

مهندس محمد شیری: رئیس گروه پژوهش شرکت آب و فاضلاب استان تهران

بختیار احمدی: کارشناس پژوهش شرکت آب و فاضلاب استان تهران

ناهید اختنی

نیاز مهدی اصفهانی

انجمن آب و فاضلاب ایران

فصلنامه

۱۰۰۰ نسخه

تهران، خیابان طالقانی، بین قدس و وصال، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

۰۲۱-۸۸۹۵۶۰۹۷

۰۲۱-۸۸۳۹۱۳۹۰

info@jwwse.ir

فهرست مطالب

پیشگفتار

مقالات علمی

- ۱ برسی و مقایسه کارایی رویکردهای مختلف تنظیم شیرهای فشارشکن در بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع آب محمدامین غیبی، میلاد طیفی و سید تقی (امید) نایینی
- ۴ مفهوم و محاسبه‌ی شاخص DALYs در برآورد بار بیماری‌ها کاوه علی‌نژاد و مجید قنادی
- ۱۴ بررسی عوامل موثر فرآیندی در تخریب علف‌کش بنتازون در آب‌های آلوده توسط نانواکسیدهای فلزی تیتانیوم (IV) و آهن (III) بر پایه زئولیت طبیعی آرش ساکی، مهرداد فرهادیان و نیلا داوری
- ۲۱ مطالعه تاثیر استفاده از فرآیند ترکیبی ازناسیون و بیولوژیکی در تصفیه فاضلاب رضا ایرانی، علی برادر خوش‌فطرت و داود کاهفروشان
- ۳۳ بررسی باکتری‌های تولید‌کننده بیوفیلم در آب شرب شهری و روش‌های مقابله با آن‌ها زهرا صالحی ریحانی و زهرا خوشنود
- ۴۱ بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شهر اهواز و مقایسه آن با استانداردهای آب شرب در سال ۱۳۹۵ فردوس کریمی، نعمه عروجی و افسین تکدستان
- ۵۱ تأثیر متقابل قنات و شبکه آب شهری در محدوده خیابان ناصرخسرو تهران احمد مالکی و مليحه کنجانی حصاری

مطالب عمومی

- ۶۶ مصاحبه
- ۷۴ فرآخوان ایده کاوی
- ۷۵ فناوری برتر
- ۸۰ معرفی کتاب
- ۸۱ پایان نامه برتر
- ۸۲ گزارش فعالیت‌های انجمن



آب و فاضلاب انجام می‌شود و هرگونه فراز و فرود مترتب بر این شرکت‌ها، بر این واحد نیز تأثیرگذار است و باید آن را تنها منبعث از این واحد دانست. با این توضیح، در پاسخ به این پرسش به چند نکته به اختصار اشاره می‌شود. به یقین مشارکت صاحب‌نظران و خبرگان در نقد کارکرد و ارایه راهکارهایی برای بهبود و توسعه خدمات کنترل و بهبود آب در کشور، راهگشا و نقش‌آفرین خواهد بود.

نخست آن که با نگاه به پیشینه کنترل و نظارت بر کیفیت آب شرب در شهرها و روستاهای کشور چنین استنباط می‌شود که از گذشته‌های دور، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی که متولی سلامت جامعه در همه‌ی ابعاد آن است، در کنار کارکردهای درمانی و بهداشتی، کیفیت آبهای آشامیدنی را در حد توان تجهیزاتی و انسانی، صرفاً از منظر اثرگذاری بر سلامت رصد می‌کرده است و سازمان‌های دیگر متولی تأمین و توزیع آب شرب نیز موضوع کیفیت آب را تنها از منظر سلامت میکروبی آن، تا حدودی دنبال می‌کردن. این امر در طول زمان سبب شد تا موضوع سلامت و کیفیت آب، چنان با یکدیگر عجین و لازم و ملزم شناخته شوند تا در نزد بسیاری، کیفیت آب، منحصر به تأمین سلامت عمومی دانسته شود. این نکته، هرچند در دهه‌های گذشته خالی از اشکال می‌نمود، اما با گذشت زمان و افزایش تقاضا برای آب، مطالبه‌های اجتماعی پیرامون کیفیت نیز از مرز سلامت فراتر رفته و به حوزه‌های اثرگذاری بر پایداری و دوام تأسیسات و جنبه‌های مقبولیت آب از منظر شاخص‌های زیبایی شناختی آن تسری یافته است. به تعبیر دیگر، کیفیت آب دیگر نمی‌تواند منحصر و محدود به سلامت آب باشد و متولیان آن، باید خواسته‌ها از کیفیت آب را به‌گونه‌ای برآورده سازند که رضایت مشترکان را از حیث حفاظت لوله‌ها و تجهیزاتی که در تماس با آب هستند و نیز جنبه‌های ظاهری آب، همچون بو، مزه، رنگ و مانند آن تأمین کند.

دوم آن که مجریان کنترل و بهبود کیفیت آب می‌دانند که آزمایشگاه با تجهیزات گوناگون، پیچیده و گران قیمت آن، تنها یکی از ابزارهای مدیریت کیفیت است. دامنه کارکرد یک آزمایشگاه مجهز، محدود به تعیین مقدار عامل‌های کیفیت آب است، بدون آن، صلاحیت اظهارنظر پیرامون علت‌های وجودی و یا چگونگی زدایش و یا تقلیل محتوای گزارش

مهندس مجید قنادی
مشاور معاون مهندسی و توسعه
شرکت مهندسی آب و فاضلاب
کشور



در نگاه فیلسوفان، کیفیت، احساس مبتنی بر قیاس است و اساس آن بر پذیرش و مقبولیت نهاده شده است و محصول مشترک سه وجه وجودی انسان (دانش، اخلاق و اندیشه) است. احساس رضایت از کالا یا خدمتی، به معنای پذیرش کیفیت آن است. در این نگاه، کیفیت، احساسی است که در مواجه با پدیده‌ها در ما شکل می‌گیرد و میلی است که «بد» را پس می‌زند و «نیکو» را طلب می‌کند.

در نگاه صنعتی، کیفیت، دارایی راهبردی و ملاک اعتباربخشی سازمان‌ها است. می‌دانیم که خدمات آب و فاضلاب با شش مؤلفه کمیت، کیفیت، پوشش، استمرار، قیمت و رضایتمندی، در معرض قضایت و داوری است. عامل کیفیت، افزون بر جایگاه ویژه خود، در تحقق رضایتمندی مشترکان نیز نقش‌آفرین است و حوزه کارکرد آن، منابع تأمین، تأسیسات انتقال، پالایش، ذخیره‌سازی و توزیع آب را تا محل مصرف را شامل می‌شود.

پس از تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب، با سرمایه‌گذاری‌های سنگین در ایجاد زیرساخت‌های آزمایشگاهی و احداث دو کارخانه ویژه تولید کلر در تبریز و اصفهان، همراه با گسترش تأسیسات کلرنی آب، شاخص‌های سلامت میکروبی آب، در حدود قابل قبولی قرار گرفت و امکان اشراف به نسبت کامل بر روند تغییرات کیفیت آب‌ها فراهم شد. تداوم موفقیت در این عرصه، نیازمند شناسایی دغدغه‌ها و آسیب‌های آن از یک سو و از دیگر سو تعیین راهکارهای گره‌گشایی از تنگناها در نیل به افق مطلوب و آرمانی این بخش است. اکنون این پرسش مطرح است که پس از حدود سه دهه از فعالیت واحدهای کنترل کیفیت در شرکت‌های آب و فاضلاب، چه آسیب‌ها و دغدغه‌هایی پیش روی آن‌ها است؟ و راههای مقابله و برونو رفت از آن‌ها چیست؟

پیش از پاسخ به این پرسش، ابتدا باید یادآور شویم که عملکرد واحدهای کنترل کیفیت در درون ساختار شرکت‌های

پنج ساله)، با نقد عملکردها و دستاوردهای کسب شده، با عبور از سرفصل‌های گذشته، الگوهای کاری جدیدی را پیش روی این بخش قرار دارد. انگیزه، خلاقیت و دلیستگی سازمانی آحاد کارکنان، پیش‌نیاز و لازمه ظهور و تحقق چنین رخداد مبارکی است. در این حوزه و سایر حوزه‌های مرتبط با خدمات آب و فاضلاب، ما نه تنها نیازمند دسترسی و بهره‌مندی از تازه‌ترین دانش‌های فنی و فناوری هستیم، بلکه باید توانایی طراحی و اقدام‌های یکپارچه و هماهنگ با سایر دستگاه‌ها و در عین حال سازگار با فرهنگ ملی، توان راهبری و محیط زیست را کسب کرده و ارتقاء بخسیریم.

مهندس مجید قنادی
مشاور معاون مهندسی و توسعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب
کشور
و عضو هیئت تحریریه

شده را داشته باشد. آزمایشگاه یکی از ابزارهای مدیریت کیفیت است و نه همه آن و در کنار آن، ابزارهایی همچون پیش‌بینی و تهدید حریم‌های بهداشتی منابع آب و تأسیسات استحصال، ذخیره‌سازی و انتقال و توزیع آن، شیرهای تخلیه و تجهیزات شست و شوی مخازن و لوله‌های آبرسانی، تجهیزات گندزدایی، بانک اطلاعات و مستندهای پایه برای تحلیل و پردازش اطلاعات و از همه مهم‌تر، کارشناسان و کارکنان زیده و توانمند با قابلیت‌های برقراری ارتباط درون و برون سازمانی و توانایی تحلیل داده‌ها، از دیگر ابزارهای مدیریت کیفیت است. توجه و تمرکز متوازن، به هریک از ابزارهای برشمرده، پیش‌نیاز موققیت در مدیریت کیفیت آب است.

سوم آن که با گذشت زمان، به دلیل‌های گوناگون، آسیب‌پذیری منابع آبی کشور از منظر کمیت و کیفیت بیشتر شده و آلاینده‌های آن به طیف اشکال برتر عامل‌های زنده و عامل‌های معدنی و آلی گسترش یافته است. در موضوع رصد کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب‌ها، رویه رایج کنونی این است که نتایج آزمایشگاهی، با استاندارد ملی مقایسه و حکم به سلامت و یا آلودگی آب داده می‌شود. چنین رویه‌ای، که معیار قضاوت، به سادگی مقایسه نتیجه خروجی آزمایشگاه با عدددهای مندرج در استانداردهای ملی است، سبب می‌شود تا افراد غیرمتخصص نیز خود را صاحب‌نظر در موضوع کیفیت آب بدانند و به آسانی زبان به اظهار‌نظر پیرامون کیفیت آب بگشایند. جان کلام آن که عامیانه شدن موضوع کیفیت آب، از جمله آسیب‌های کنونی این بخش است. تمهید اندیشیده شده برای مقابله با این پدیده، محدود ساختن دسترسی به اطلاعات و داده‌های کیفیت آب‌ها بوده است. به‌نظر می‌رسد در کشور ما، نهادهای قانونی و متولی مرتبط با کنترل کیفیت آب، هنوز نتوانسته‌اند ملاک قضاوت در خصوص کیفیت آب را از مرز مقایسه با استاندارد فراتر برده و شاخص‌های ملی متناسب با کاربری‌های متصور آب را جایگزین آن سازند. در این زمینه، ضرورت تدوین شاخص‌های ملی سنجش کیفیت آب که از وزن‌دهی و تلفیق داده‌های خام آزمایشگاهی به دست می‌آید، محسوس است.

چهارم آن که همچون هر واحد تخصصی دیگر، واحدهای کنترل و نظارت بر کیفیت آب نیز در بستر زمان، نیازمند به روزآوری و نوآوری هستند و تکرار گذشته، هرچند به درستی و بدون کاستی انجام شود، ارتقا و پیشرفت به دنبال نخواهد داشت. شاید لازم باشد با تواتر چندساله (مثلاً در بازه‌های زمانی

Studying the Performance of Different Approaches for PRVs Setting and Improving Reliability in Water Distribution Networks

Mohammad Amin Gheibi^{1*}, Milad Latifi² and Mohammad Taghi (Omid) Naeini³

1- PhD Student in Civil Engineering-Water, Shahid Ab-baspour College of Engineering, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran.

2- PhD, School of Civil Engineering, College of Engineering, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, School of Civil Engineering, College of Engineering, Tehran, Iran.

* Corresponding Author, Email: m_gheibi@sbu.ac.ir

Received: 29/7/2017

Revised: 13/10/2017

Accepted: 14/10/2017

Abstract

High pressure in water distribution networks leads to various problems such as increased leakage, bursts and unexpected consumptions. Hence, pressure management plans are implemented using pressure reducing valves (PRVs), tanks and pump stations. In this study, PRVs are applied for pressure management in three different approaches; fixed outlet, time modulation and flow modulation. In fixed outlet PRVs, a steady set pressure is considered for each PRV during the day. A simulation-optimization model is developed to find the optimal set pressures for all PRVs. In time modulation approach, PRVs are able to apply different pressure settings at different hours of the day which results the better control of the hourly pressure fluctuations in the water network. In this approach, optimization of set pressures is carried out. In flow modulation PRVs, the set pressure is regulated according to the average pressure in the network. In addition, in this study a new reliability index is introduced considering the average pressure and hourly pressure fluctuations and their effects on consumer's satisfaction. This index is considered as an optimization objective function. Finally, comparing the performance of the above approaches shows that flow modulation, time modulation and fixed outlet approach are the most reliable, respectively.

Keywords: Consumer's satisfaction, Flow modulation, PRV, Time modulation, Water distribution.

بررسی و مقایسه کارایی رویکردهای مختلف تنظیم شیرهای فشارشکن در بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع آب

محمدامین غببی^{۱*}، میلاد لطیفی^۲ و سید تقی (امید) نایینی^۳

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران-آب، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- دکتری مهندسی عمران-آب، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: m_gheibi@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۷/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۲

چکیده

بالا بودن فشار در شبکه‌های توزیع آب موجب بروز مشکلات متعددی مانند افزایش نشت، حوادث و مصرف ناخواسته می‌شود. بهاین منظور برنامه‌های مدیریت فشار با به کارگیری شیرهای فشارشکن، مخازن و پمپ‌ها اجرا می‌شوند. در این تحقیق از شیرهای فشارشکن با سه روش رویکرد فشار خروجی ثابت، نوسان زمانی و نوسان دبی برای مدیریت فشار در شبکه توزیع آب استفاده شده است. در شیرهای با خروجی ثابت، یک فشار تنظیمی یکسان در تمام ساعات بر روی جریان اعمال می‌شود. یک مدل شبیه‌ساز و بهینه‌ساز برای یافتن تنظیمات بهینه این شیرها توسعه داده شده است. شیرهای نوسان زمانی قادر هستند در ساعات مختلف شباه روز، فشار تنظیمی متغیری را اعمال نمایند. بهاین ترتیب می‌توان نوسانات ساعتی فشار در شبکه را بهتر کنترل نمود. در این مورد هم بهینه‌سازی تنظیمات شیرها انجام شده است. در شیرهای نوسان دبی با توجه به فشار متوسط شبکه مقدار فشار خروجی تنظیم می‌شود. به علاوه، در این پژوهش شاخص قابلیت اطمینان جدیدی بر پایه رضایت مشترکین و لحاظ نمودن اثر نوسانات و متوسط فشار، معرفی و به عنوان تابع هدف بهینه‌سازی به کار گرفته شده است. درنهایت به ترتیب رویکردهای نوسان دبی، نوسان زمانی و خروجی ثابت دارای بیشترین اطمینان پذیری هستند.

کلمات کلیدی: شبکه‌های توزیع آب، مدیریت فشار، رضایت مشترکین، شیر فشارشکن، نوسان زمانی، نوسان دبی.

۱- مقدمه

شبکه صورت می‌گیرد مدیریت فشار اطلاق می‌شود، به شکلی که حقوق قانونی مشترکان و مصرف‌کنندگان تأمین شود و تغییرات و ناپایداری در فشار وجود نداشته باشد. امروزه مطالعات انجام شده در زمینه مدیریت فشار در شبکه‌های آب هم در فاز طراحی و هم در فاز بهره‌برداری روی لوله‌ها، عملکرد پمپ‌ها و شیرها و همچنین استفاده از مخازن کمکی متتمرکز شده است. Nicolini and Zovatto (2009) با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه مدلی برای بهینه‌سازی در انتخاب تعداد، جانمایی و تنظیمات شیرهای کاهنده فشار در شبکه توزیع آب را ارائه دادند. Awad et al. (2010) با استفاده از شیرهای فشارشکن نوسان زمانی^۱ به کمینه‌سازی نشت در شبکه‌های آب با ابزار الگوریتم ژنتیک پرداختند. Abdel Meguid et al. (2011) به بررسی شیرهای فشارشکن با نوسان دبی^۲ در شبکه و مقایسه نتایج آزمایشگاهی با نتایج مدل عددی پرداختند که نتایج ایشان نشان‌دهنده عملکرد مناسب این شیرها بوده است. Costa et al. (2010) بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع آب را در فاز بهره‌برداری با استفاده از الگوریتم ژنتیک و با هدف کاهش هزینه‌های بهره‌برداری از پمپ‌ها انجام دادند. Tabesh et al. (2011) بهترین مکان و بهترین مقدار تزریق کلر در شبکه‌های توزیع آب را با هدف تعیین مقدار بهینه کلر موجود در گره‌ها یافتند. Kurek and Ostfeld (2013) بهینه‌سازی چندهدفه شبکه آب را با الگوریتم ژنتیک به منظور بهینه‌سازی با اهداف کیفیت آب با در نظر گرفتن سن آب و مقدار کلر موجود در آب و عملکرد پمپ‌ها با بررسی پمپ دور متغیر و اندازه تانک‌های ذخیره موردنظری قرار دادند.

شیرهای فشارشکن ابزاری هستند که با نصب بر روی یک لوله اجازه نمی‌دهند فشار در پایین دست شیر از حد معینی فراتر رود. مدیریت فشار در شبکه‌هایی که از شیر فشارشکن استفاده می‌شود، عموماً به منظور کنترل میزان نشت در شبکه توزیع آب انجام می‌شود (Tabesh and Hoomehr, 2009). با این حال می‌توان از ابزارهای مدیریت فشار برای بهبود شاخص قابلیت اطمینان در شبکه نیز بهره گرفت. به خصوص در شبکه‌هایی که اضافه یا کمبود فشار موجب پایین آمدن شاخص‌های قابلیت اطمینان شده باشد، استفاده از این ابزارها بسیار مؤثر خواهد بود. (Latifi et al., 2015).

در این تحقیق، برای مدیریت فشار در شبکه‌های در دست بهره‌برداری از شیرهای فشارشکن با فشار خروجی ثابت،

در سال‌های اخیر، شبکه‌های توزیع آب از لحاظ گستردگی و کیفیت بهره‌برداری تکامل یافته و اهمیت بسیاری در سطح رفاه جامعه پیدا کرده است. از این‌رو افزایش قابلیت اطمینان، بهبود وضعیت سرویس‌دهی و عملکرد این شبکه‌ها با توجه به محدودیت‌های مالی و اجرایی در طول دوره بهره‌برداری تبدیل به یک ضرورت گشته است. وظیفه اصلی شبکه‌های توزیع آب، رساندن آب کافی با فشار مناسب و کیفیت مطلوب به دست مصرف‌کنندگان است (Tabesh, 1998). در این میان، عدم توزیع یکنواخت فشار در شبکه موجب بروز مشکلات متعددی برای مشترکین و بهره‌برداران می‌شود. افزایش بیش از حد فشار در شبکه، احتمال خرابی در اجزای شبکه را افزایش داده و باعث کوتاه شدن عمر شبکه می‌شود. آنچه مشترکین را بیش از همه دچار مشکل می‌کند کمبود و نوسانات فشار در بخشی از شبکه است. برای اطمینان از بهره‌مند شدن مشترکین از آب تحت الگوی متغیر تقاضا، برنامه‌ریزی و مدیریت در حین بهره‌برداری از شبکه آب امری ضروری است.

برای بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع آب نیاز به مدیریت صحیح جهت رسیدن به حالت بهینه با توجه به مسائل اقتصادی و همچنین بالا بردن قابلیت اطمینان سیستم است. قابلیت اطمینان سامانه‌های آبرسانی یکی از بهترین معیارها در زمینه طراحی و مدیریت این سامانه‌ها است. در این زمینه محققین زیادی به ارائه تعاریف مختلف از قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع آب پرداخته‌اند. (Ostfeld et al., 2002; Liserra et al., 2002; Chandramouli, 2012).

شاخص‌های ذکر شده برای ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه عموماً بر مبنای شکست مکانیکی و یا عملکرد هیدرولیکی شبکه تعریف شده‌اند. با این حال یک شاخص قابلیت اطمینان که علاوه بر خصوصیات هیدرولیکی شبکه، رضایت مشترکین را نیز لحاظ نماید، تاکنون معروف نشده است. یکی از مسائلی که در بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع آب اهمیت فراوانی دارد، رضایت مشترکین و مصرف‌کنندگان شبکه است. تاکنون برای رضایت مشترکین تعریف دقیق و کاملی ارائه نشده است. در این تحقیق، به منظور کمی کردن رضایت مشترکین و بهبود آن، از یک مدل ریاضی استفاده شده است. به مجموعه برنامه‌ها و عملیاتی که به منظور تنظیم فشار در

شبکه، روش شبیه‌سازی مبتنی بر فشار^۴ پیشنهاد شده و طی یک دهه اخیر مورد استقبال قرارگرفته است. در این دیدگاه، دبی تأمین شده در هر گره، تابعی از فشار موجود در آن گره است. لذا برای انجام تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار لازم است رابطه مناسبی بین فشار در گره و مقدار دبی تأمین شده برقرار شود. برای مرتبط نمودن فشار گرهی با دبی تأمین شده در گره، روابط متعددی ارائه شده است (Tabesh et al., 2013; Ciapponi et al., 2015; Wagner et al., 1988).

برای محاسبه مقدار دبی تأمین شده در شرایطی که فشار تأمین شده بیش از فشار مطلوب باشد، روابطی ارائه شده که در میان آن‌ها رابطه (۱-ب) و (۱-ج) بیشتر از سایرین مورد استفاده قرارگرفته است. برای برآورده دبی تأمین شده در حالتی که فشار تأمین شده کمتر از فشار مطلوب باشد، نیز روابطی ارائه شده است (Ciapponi et al., 2015). با در نظر گرفتن مصارف داخلی منازل رابطه (۱-الف) را ارائه کردند که مشابهت زیادی به نتایج (Tanyimboh and Templeman, 2010) دارد. در این پژوهش، تلفیقی از رابطه Tabesh et al. (2013) و رابطه پیشنهادشده توسط Ciapponi et al. (2015) مورد استفاده قرار گرفته است. بر این اساس دبی تأمین شده بر حسب فشار گرهی از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$\left\{ \begin{array}{ll} Q^{avl} = Q^{req} \frac{\exp(-2.570 + 7.873 \times H^{avl}/H^{req})}{1 + \exp(-2.570 + 7.873 \times H^{avl}/H^{req})} & \text{if } H_j \leq H_j^{des} \\ Q_j^{avl} = Q_a + Q_b \left(\frac{H_j - H_j^{\min}}{H_j^{req} - H_j^{\min}} \right)^{\frac{1}{n}} & \text{if } H_j^{req} \leq H_j \leq H_j^{max} \\ Q_j^{avl} = Q_a + Q_b \left(\frac{H_j^{max} - H_j^{\min}}{H_j^{req} - H_j^{\min}} \right)^{\frac{1}{n}} & \text{if } H_j > H_j^{max} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (\text{Ciapponi et al., 2015}) \\ (\text{Tabesh et al., 2013}) \\ (\text{Tabesh et al., 2013}) \end{array} \quad \begin{array}{l} (\text{-الف}) \\ (\text{-ب}) \\ (\text{-ج}) \end{array}$$

که Q^{avl} : دبی در دسترس در گره موردنظر، Q^{req} : دبی تقاضا در گره، H^{avl} : هد فشار موجود در گره و H^{req} : هد فشار مورد نیاز برای تأمین تمام دبی تقاضا (Q^{req}) است. اگرچه در تحقیق ایشان به صراحت به مقدار H^{req} اشاره نشده است، اما اغلب محققین این مقدار را بین ۲۵ تا ۳۵ متر فشار آب در نظر گرفته‌اند. در این پژوهش، مقدار $H^{req} = 30$ (m) شده است. همچنین Q_a و Q_b : بهترین ترتیب دبی تأمین شده وابسته به حجم و دبی تأمین شده وابسته به فشار هستند. دبی وابسته

شیرهای فشارشکن با نوسان زمانی استفاده شده و شیرهای فشارشکن با نوسان دبی معرفی شده است. در شبکه‌هایی که فشار در نقاط مختلف آن به طور متعادل توزیع نشده است، نصب شیر فشارشکن در نقاط مناسب و تنظیم آن روی فشار مناسب می‌تواند به تعادل فشار در نقاط مختلف بینجامد.

۲- روش تحقیق

در این تحقیق، یک مدل شبیه‌ساز به منظور شبیه‌سازی وضعیت شبکه و یک مدل بهینه‌ساز برای یافتن فشار تنظیمی شیرهای فشارشکن ایجاد شده است. این دو مدل به نحو مناسبی به یکدیگر متصل شده‌اند تا بتوانند اهداف مدل اصلی را برآورده کنند.

۲-۱- تحلیل شبکه توزیع آب

یک مدل شبیه‌ساز برای تحلیل وضعیت هیدرولیکی شبکه موردنیاز است. به این منظور مدلی برای تحلیل شبکه با استفاده Todini and گرادیان ایجاد شده است. این روش توسط

Pilati (1987) معرفی شده و به دلیل پایداری بالا امروزه در غالب نرم‌افزارهای تجاری تحلیل شبکه توزیع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش‌های سنتی تحلیل شبکه‌های توزیع آب مبتنی بر تأمین تمام تقاضای گرهی صرفنظر از فشار در گره‌ها هستند. در این روشکرد، فرض می‌شود که در تمام فشارها دبی مورد تقاضا تأمین می‌شود، فرضی که در موقع بحرانی تا حد زیادی از واقعیت به دور است. به منظور شبیه‌سازی واقعی‌تر شرایط

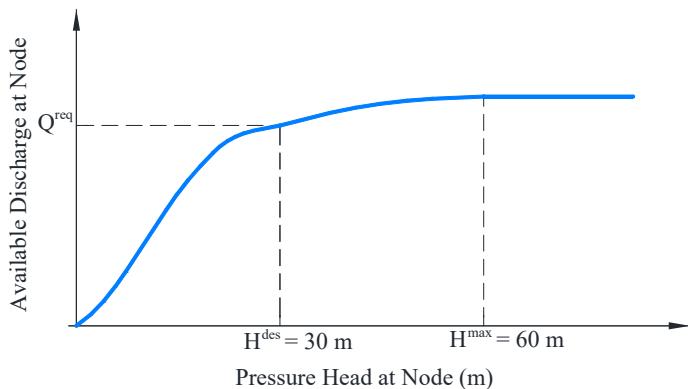
دبي: در اين شيرها با نصب حسگر فشار در نقاطی از شبکه و بر اساس فشار قرائت شده در آن نقاط، يك مدار الکترونيکي دستور تغيير فشار تنظيمی را به فشارشکن صادر می کند. در اين نوع از فشارشکنها لازم است يك منحنی فرمان برای هر يك از شيرها تهييه شده و دستور تغيير فشار تنظيمی بر اساس آن صادر شود.

۲-۲- قابلیت اطمینان پیشنهادی

پس از انجام تحلیل هیدرولیکی و محاسبه فشار در گرهها و دبی در لولهها باید مقدار کمی شاخص قابلیت اطمینان را برای شبکه محاسبه نمود. همان‌گونه که در مقدمه اشاره شد، روابط متعددی برای محاسبه شاخص قابلیت اطمینان وجود دارد. در این تحقیق، بر روی هدف جلب رضایت مشترکین و رساندن آب به مقدار کافی و فشار مناسب و در نظر گرفتن کمترین تغییرات در طول شبکه روز تمرکز شده است. همان‌گونه که قبلًا اشاره شد، تغییرات (نوسانات) زیاد فشار در طول شبکه روز باعث نارضایتی و عدم اعتماد مشترکین به عملکرد مناسب و

به حجم بخشی از دبی است که صرفنظر از مقدار فشار در گرهها بهطور ثابتی تأمین می‌شود. دبی وابسته به فشار بخشی از دبی تأمین شده است که مقدار آن تابعی از فشار تأمین شده در گره است. با توجه به تجربیات قبلی و توصیه‌های محققان دیگر، مقدار هر يك از دو دبی مذکور برابر با ۵۰ درصد کل دبی تقاضا فرض شده است. مزیت رابطه (۱) تقسیم دبی‌های موردنیاز به دو بخش حجمی و وابسته به فشار است که انطباق بیشتری با واقعیت دارد. شکل ۱ منحنی رابطه (۱) را نشان می‌دهد. در این تحقیق مقادیر فشار حداقل (H^{min})، فشار مطلوب (H^{req}) و فشار حداکثر (H^{max}) به ترتیب برابر با ۳۰، ۵ و ۶۰ متر آب درنظر گرفته شده‌اند.

همان‌گونه که اشاره شد، در این تحقیق شیرهای فشارشکن با سه روش مورد بررسی قرار می‌گیرند: (۱) شیرهای فشارشکن با خروجی ثابت: در این شیرهای فشار تنظیمی خروجی در تمام طول دوره بهره‌برداری ثابت است؛ (۲) شیرهای فشارشکن با نوسان زمانی: در این شیرهای به کمک نصب يك مدار الکترونيکی فشار تنظیمی در طول ساعت شبکه روز تغییر می‌کند. به‌این ترتیب در ساعات شب که مصرف پایین و فشار شبکه بالا می‌رود، این



شکل ۱- مقدار تقاضای تأمین شده بر حسب فشار موجود در گرهها

مطمئن شبکه می‌شود؛ بنابراین برای تأمین رضایت مشترکین باید شبکه به نحوی عمل کند که از طرفی در طی ساعت روز کمترین نوسانات فشار را داشته باشد و از طرف دیگر، متوسط فشار آن به فشار مطلوب نزدیک باشد.

در این تحقیق، برای کمی کردن این موضوع تابعی تعریف شده است که در صورت قرارگرفتن متوسط فشار در بازه مطلوب برای تأمین تقاضا و تغییرات کم فشار در طول شبکه روز،

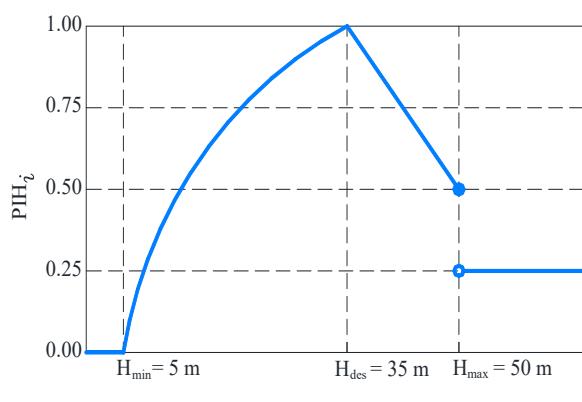
شیرهای فشار تنظیمی کمتری را عبور می‌دهند و در ساعت روز که مصرف بالا می‌تواند کمبود فشار ایجاد کند، فشار تنظیمی بیشتری را عبور می‌دهند. استفاده از این شیرهای موجب می‌شود فشار نسبتاً متعادلی در طول روز ایجاد شود. فشارهای تنظیمی این شیرهای معمولاً بر اساس ضرایب مصرف ساعتی شبکه تعیین می‌شوند. در این تحقیق روشی برای بهینه‌سازی فشارهای تنظیمی ارائه شده است. (۳) شیرهای فشارشکن با نوسان

در بخش دوم تأثیر کمبود و مازاد فشار بر رضایت مشترکین مدنظر قرار گرفته است. در این بخش، میزان متوسط فشار در بازه زمانی شبیه‌سازی محاسبه شده و با استفاده ازتابع پنالتی فازی که توسط Tabesh et al. (2013) پیشنهاد شده است، مقدار مؤلفه مربوط به اختلاف فشار از فشار معیار به دست می‌آید که این رابطه به صورت رابطه (۴) است و به صورت گرافیکی در شکل (۲-ب) نمایش داده شده است.

$$PIH_i = \begin{cases} 0 & \text{if } \bar{H}_i \leq 5 \\ \left(\frac{\bar{H}_i - 5}{30} \right)^{0.51} & \text{if } 5 < \bar{H}_i \leq 35 \\ 1 - \frac{\bar{H}_i - 35}{30} & \text{if } 35 < \bar{H}_i \leq 50 \\ 0.25 & \text{if } \bar{H}_i > 50 \end{cases} \quad (4)$$

که \bar{H}_i : متوسط فشار در بازه زمانی شبیه‌سازی در گره i -ام و PIH_i : تابع فازی مطلوبیت تغییرات فشار در گره i -ام است. درنهایت مؤلفه‌های مطلوبیت به دست آمده برای هر گره به صورت هندسی باهم ترکیب شده و شاخص رضایت مشترکین برای هر گره به صورت زیر به دست می‌آید:

$$CSI_i = \sqrt{PIH_i \times PI\sigma_i} \quad (5)$$



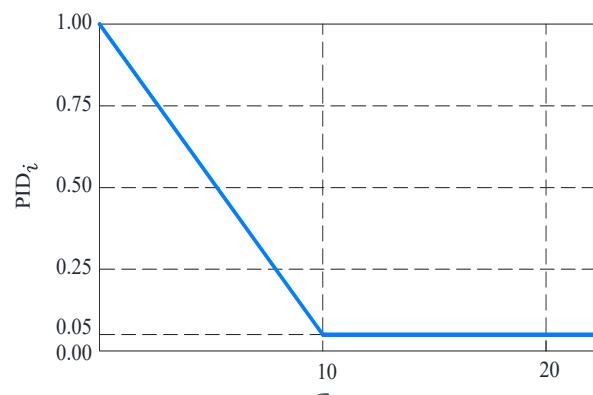
(ب)

بیشترین قابلیت اطمینان حاصل شود و در صورت فاصله گرفتن از بازه مذکور، مقدار قابلیت اطمینان کاهش یابد. این تابع به نام شاخص رضایت مشترکین^۵ معرفی می‌شود. شاخص CSI به کمک دو مؤلفه محاسبه می‌شود. در مؤلفه اول تغییرات فشار در بازه زمانی شبیه‌سازی مدنظر قرار می‌گیرد. انحراف معیار فشارها در طول بازه زمانی شبیه‌سازی محاسبه شده و به کمک تابع پنالتی، مقدار مؤلفه وابسته به انحراف معیار به دست می‌آید. انحراف معیار فشار هر گره از شبکه به صورت زیر است:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (H_{i,t} - \bar{H}_i)^2}{T}} \quad (2)$$

که σ_i : انحراف معیار فشار در گره i -ام، \bar{H}_i : فشار متوسط گره i -ام در بازه زمانی مدنظر، $H_{i,t}$: فشار در گره i -ام در زمان t -ام و T : تعداد بازه‌های زمانی شبیه‌سازی است. برای نرمال‌سازی و تعیین مطلوبیت عملکرد گره‌ها، تابع پنالتی فازی زیر برای مقادیر به دست آمده از σ_i در نظر گرفته شده است که به صورت شکل (۲-الف) قابل نمایش است.

$$PID_i = \begin{cases} 1 - \frac{\sigma_i}{10} & \text{if } 0 \leq \sigma_i < 10 \\ 0.05 & \text{if } \sigma_i \geq 10 \end{cases} \quad (3)$$



(الف)

شکل ۲- تابع پنالتی فازی برای در نظر گرفتن؛ (الف) انحراف معیار فشار؛ (ب) انحراف فشار متوسط از فشار مطلوب

فشارشکن. از آنجا که مدل شبیه‌ساز در محیط نرم‌افزار MATLAB آماده شده است، برای سهولت کار، بهینه‌سازی نیز در همین محیط انجام شده است. نرم‌افزار MATLAB برای بهینه‌سازی یک جمعیت نمونه را تولید می‌کند و تابع هدف را به ازای مقادیر آن محاسبه می‌کند. سپس بر اساس برآورد جمعیت اولیه و با اعمال عملگرهای انتخاب^۶، تزویج^۷ و جهش^۸، جمعیت جدید را تولید می‌کند. این عملیات تا رسیدن به جواب بهینه تکرار می‌شود. تعداد جمعیت اولیه برای جستجو ۲۰۰ نفر، ضریب تزویج برابر با ۰/۸ و ضریب جهش ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. بهمنظور بهینه‌سازی شبکه، کد نوشته شده برای مدل تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار در محیط نرم‌افزار MATLAB به جعبه‌ابزار الگوریتم ژنتیک این نرم‌افزار متصل شده است.

۳- مطالعه موردنی

بهمنظور ارزیابی عملکرد روش ارائه شده برای بهینه‌سازی بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع آب، بخشی از شبکه اصلی توزیع آب شهر تهران، برای مطالعه موردی انتخاب شد. این ناحیه در محدوده خیابان انقلاب تا خیابان شوش و اتویان امام علی تا خیابان ری واقع شده است و مساحت تحت پوشش آن ۸۵۰ هکتار است. با توجه به برآورد مصارف آب در این بخش، حداکثر مصرف ساعتی این منطقه حدود ۸۵۰ لیتر در ثانیه است. شبکه مورد مطالعه دارای ۵۱ کیلومتر لوله از جنس‌های آبزیست و سیمان، چدن داکتیل و پلی‌اتیلن می‌باشد. برای مدل سازی شبکه تعداد ۱۰۷ گره در نظر گرفته شده که کل دبی تقاضای شبکه از این گره‌ها تأمین می‌شود. شکل ۳ شماتیک شبکه مورد بحث را نشان می‌دهد. در این شبکه به کمک ۸ دستگاه شیر فشارشکن که در سه ردیف نصب شده، منطقه‌بندی فشاری انجام شده است. شیرهای موجود از نوع فشار خروجی ثابت هستند. در این تحقیق، اثر به کار گیری سایر رویکردهای تنظیم شیر بررسی می‌شود.

۴- نتایج

در ابتدا، شبکه با شرایط موجود آن مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. فشار تنظیمی موجود هر یک از شیرهای فشارشکن در مدل اعمال شد. با تحلیل شبکه و اجرای مدل شبیه‌ساز،

که CSI_i : شاخص قابلیت اطمینان مشترکین در گره i -ام است. برای بهدست آوردن شاخص CSI کل شبکه مقادیر بهدست آمده از هر گره به نسبت وزنی با تقاضای مصرف آن گره میانگین گیری شده است.

$$f_1 = CSI = \frac{\sum_{i=1}^{NN} Q_i^{req} \times CSI_i}{\sum_{i=1}^{NN} Q_i^{req}} \quad (6)$$

۳-۲- روش بهینه‌سازی

بهمنظور یافتن مناسب‌ترین فشار تنظیمی برای شیر فشارشکن با رویکردهای سه‌گانه ذکر شده، یک مدل بهینه‌ساز نیز ایجاد شد. در زمینه شبکه‌های توزیع آب از روش‌های مختلف بهینه‌سازی مانند الگوریتم ژنتیک، شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم بازپخت شبیه‌سازی شده و ... استفاده شده است. با توجه به پیچیدگی‌های مسئله و ماهیت غیرخطی آن، استفاده از روش‌های ریاضی و کلاسیک بهینه‌سازی امکان‌پذیر نیست. در چنین مسائلی، استفاده از الگوریتم‌های فراکاوشی مانند الگوریتم ژنتیک می‌تواند راهگشا باشد. بنابراین در این تحقیق از روش الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی تابع هدف استفاده شده است.

تابع هدف در مدل بهینه‌ساز، حداکثر نمودن شاخص قابلیت اطمینان پیشنهادی (CSI) است که مقدار آن در مدل شبیه‌ساز محاسبه می‌شود. قیود بهینه‌سازی عبارت‌اند از: معادلات هیدرولیکی حاکم بر مسئله (که در مدل شبیه‌ساز گنجانده شده است) و قیود مربوط به محدودیت فشار در گره‌ها که به‌طور ضمنی در تعریف شاخص قابلیت اطمینان (روابط ۱ تا ۴) گنجانده شده است. تابع هدف در مسئله بهینه‌سازی موجود به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} & \text{Maximize} \quad f_1(P_{i,t}) = CSI \quad i = 1, \dots, NN \\ & t = 1, \dots, 24 \\ & \text{Subject to :} \quad P_{min} < P_{set,i} < P_{max} \end{aligned} \quad (7)$$

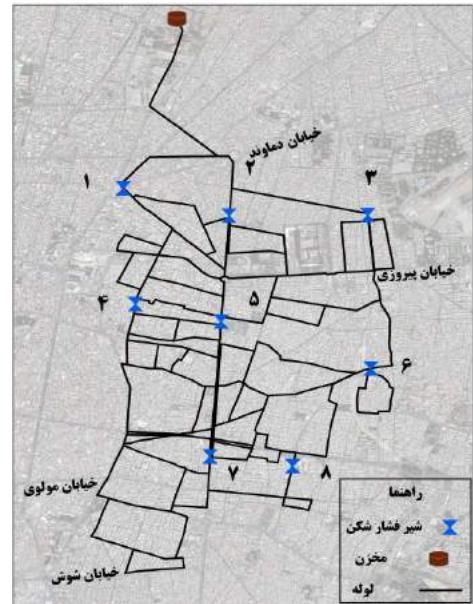
که NN : تعداد گره‌های شبکه، $P_{set,i}$: فشار تنظیمی فشارشکن i -ام و P_{max} و P_{min} : بهترین مقادیر حداقل و حداکثر فشار تنظیمی شیر فشارشکن و برابر با ۱۲ و ۳۵ متر در نظر گرفته شده‌اند. متغیرهای بهینه‌سازی نیز عبارت‌اند از فشار تنظیمی شیرهای

در حالت تنظیمات پیشنهادی با یکدیگر موازی بوده و تنها به مقدار تقریبی $1/3$ متر با یکدیگر فاصله دارند. این موضوع ناشی از ثابت بودن فشار تنظیمی در طول ساعات شبانه‌روز (علیرغم تغییر در مقدار تقاضای ساعتی) است.

برای تعیین تنظیمات شیرهای فشارشکن در حالت نوسانات زمانی، مدل شبیه‌ساز-بهینه‌ساز اجرا شد. شکل ۴-ب نمونه‌ای از فشارهای تنظیمی به دست آمده برای دو شیر نمونه را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که طی ساعات شب (صرف کمتر) فشار خروجی از شیرها کمتر بوده و طی ساعات روز (صرف بیشتر) فشار بیشتری از شیرها خارج می‌شود. نمودار فشار متوسط شبکه طی ساعات شبانه‌روز در شکل ۴-الف ترسیم شده است. در این شکل مشاهده می‌شود که با اعمال تنظیمات ساعتی به شیرها، نوسانات ساعتی فشار به خوبی کنترل شده و فشار متوسط بین $22/6$ و $24/2$ متر متغیر است. همچنین فشار متوسط کل شبکه برابر با $25/3$ متر است که در مقایسه با رویکرد قبلی مقداری کاهش یافته است.

نقشه ضعف روش تنظیم دبی بر اساس نوسانات زمانی این است که بر اساس ضرایب دبی تقاضا در طول 24 ساعت تنظیم شده است، حال آنکه ضرایب فوق در طول فصول سال متغیر بوده و به خصوص در تابستان و زمستان تفاوت فراوانی با یکدیگر دارند. مثلاً در ایام ابتدای تابستان آغاز و پایان روز به ترتیب در ساعت 6 و 21 می‌باشد که الگوی مصرفی مخصوص به خود را ایجاد می‌کند، درحالی که در ایام ابتدایی زمستان آغاز و پایان روز به ترتیب در ساعت 7 و 17 می‌باشد و الگوی مصرف ساعتی آن کاملاً با تابستان متفاوت است. همچنین عادات فرهنگی و اجتماعی مصرف‌کنندگان نیز بر روی الگوی مصرف مؤثر است، بهنحوی که در کشور ما طی یک ماه از سال (ماه رمضان) مصرف عمده آب به ساعت شبانه و پیش از طلوع آفتاب منتقل می‌شود و با پایان یافتن این ماه الگوی مصرف ساعتی به وضع قبلی باز می‌گردد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه شیرهای فشارشکن با نوسانات زمانی مزایایی نسبت به شیرهای با خروجی ثابت دارند، اما همچنان نقاط ضعفی نیز دارند.

در سناریوی آخر، مدل باید برای تعیین تنظیمات شیر فشارشکن با نوسانات دبی اجرا شود. در این حالت، یک حس‌گر در نقطه‌ای از شبکه که معرف فشار متوسط شبکه^۳ است، نصب شده و بر اساس مقدار فشار به دست آمده در این نقطه، فشار خروجی از فشارشکن‌ها تنظیم می‌شود. مزیت این رویکرد این



شکل ۴- تصویر شماتیک شبکه مورد استفاده در مطالعه موردی (مناطق ۱۳ و ۱۴ تهران)

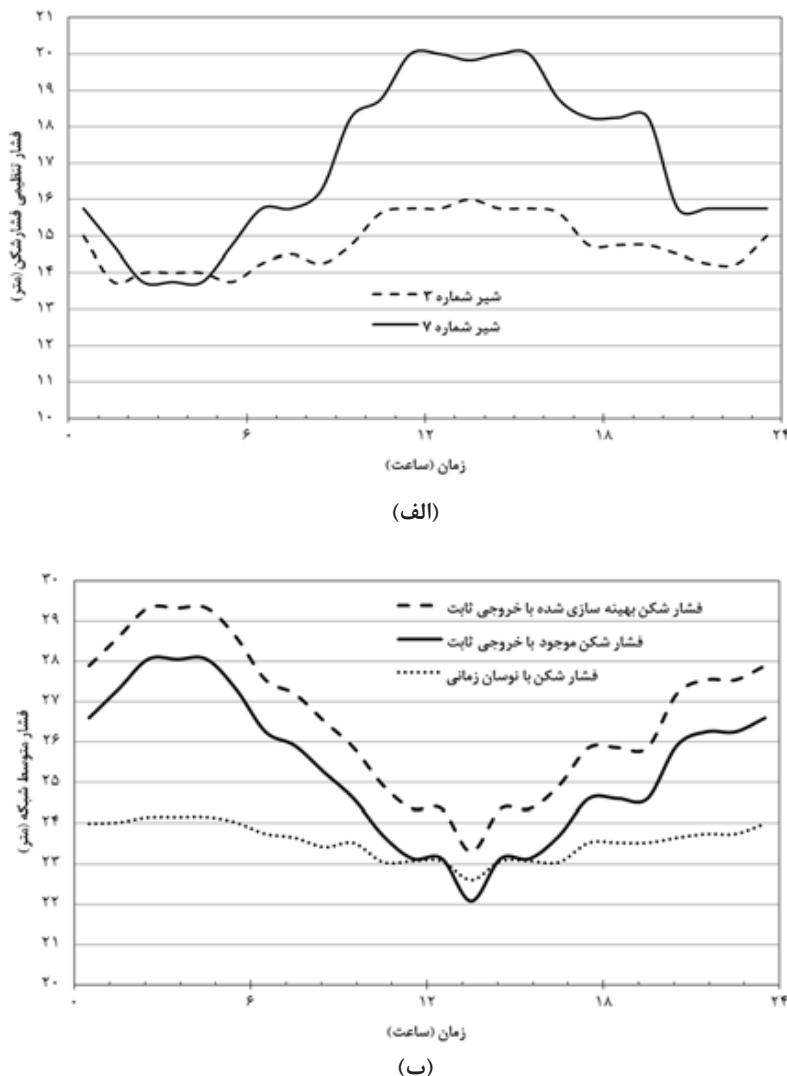
فشار متوسط شبکه در طول ساعات شبانه‌روز به دست آمده و مقدار شاخص رضایت مشترکین (CSI) محاسبه شد. مقدار فشار متوسط شبکه در این حالت در شکل ۴-الف نمایش داده شده است. ملاحظه می‌شود که فشار متوسط ساعتی بین 22 تا 28 متر در نوسان است. با توجه به نوسان قابل توجه فشار در طول ساعات شبانه‌روز، مقدار شاخص رضایت مشترکین برابر با $777/0$ به دست آمده است.

با اجرای مدل، نتایج حاصل از بهینه‌سازی شیرهای فشارشکن به دست آمده که در این بخش به آن اشاره می‌شود. در شیرهای فشارشکن با خروجی ثابت، بهینه‌سازی فشار تنظیمی در هریک از شیرهای انجام گرفت. نتایج حاکی از آن است که برای بهبود شاخص رضایت مشترکین در شبکه باید مقدار فشار تنظیمی شیرهای فشارشکن نسبت به وضع موجود کاهش یابد. فشار متوسط شبکه در ساعات مختلف شبانه‌روز در شکل ۴-الف نمایش داده شده است. ملاحظه می‌شود که با تنظیم جدید، فشار متوسط شبکه بین $23/3$ تا $29/3$ متر در نوسان است. با ملاحظه شکل ۴-الف و مقایسه نتایج با وضع موجود مشاهده می‌شود که در این حالت و با اعمال تنظیمات پیشنهادی، نوسانات زمانی فشار متوسط تغییر چندانی نکرده و تنها با نزدیک‌تر شدن فشار متوسط شبکه به فشار مطلوب، مقدار شاخص رضایت مشترکین افزایش یافته است. همچنین مشاهده می‌شود که نمودار فشار متوسط شبکه در حالت وضع موجود و

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، نتایج به کارگیری سه رویکرد مختلف در تنظیم فشار خروجی از شیر فشارشکن مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور، یک مدل شبیه‌ساز برای تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار شبکه توزیع آب و یک مدل بهینه‌ساز برای یافتن مقادیر بهینه فشار تنظیمی ایجاد شده و به نحو مناسبی به یکدیگر متصل شدند. همچنین یک شبکه توزیع آب دارای منطقه‌بندی فشاری برای انجام مطالعه موردی انتخاب شد.

است که فشار خروجی از فشارشکن تابعی از ساعات روز نبوده و به نحوی تغییر می‌کند که فشار متوسط شبکه با کمترین تغییر مواجه شود، بنابراین این رویکرد قادر نقاط ضعف رویکرد قبلی است. مدل فوق بر اساس روش پیشنهادی Abdel Meguid et al. (2011) اجرا می‌شود و تنظیمات مربوطه به دست می‌آید. ویژگی این رویکرد قابلیت انعطاف آن نسبت به تغییرات ساعتی تقاضا در طی فصول سال و همچنین مصارف پیش‌بینی نشده (مانند تقاضای آتش‌نشانی در ساعات نیمه‌شب) است.



شکل ۴- (الف) مقدار فشار متوسط شبکه در هر یک از سناریوهای ب) فشار تنظیمی دو فشارشکن نمونه در رویکرد نوسان زمانی

- (2011), "Mathematical modelling of a hydraulic controller for PRV flow modulation", *Journal of Hydroinformatics*, 13(3), 374-389.
- Awad, H., Kapelan, Z., and Savic, D., (2008), "Analysis of pressure management economics in water distribution systems", *Proceedings of Conference on Water Distribution Systems Analysis*, August 17-20, Kruger National Park, South Africa, 1-12.
- Chandramouli, S., (2015), "Reliability based optimal design of a municipal water supply pipe network", *Urban Water Journal*, 12(5), 353-361.
- Ciaponi, C., Franchioli, L., Murari, E., and Papiri, S., (2015), "Procedure for defining a pressure-outflow relationship regarding indoor demands in pressure-driven analysis of water distribution networks", *Water Resources Management*, 29(3), 817-832.
- Costa, L., Ramos, H., and Castro, M., (2010), "Hybrid genetic algorithms with advanced search for optimized operation of water supply networks", *Integrating Water Systems*, Boxall & Maksimović (eds.), Taylor & Francis Group, London, 621-626.
- Kurek, W., and Ostfeld, A., (2013), "Multi-objective optimization of water quality, pumps operation, and storage sizing of water distribution systems", *Journal of Environmental Management*, 115, 189-97.
- Liserra, T., Maglionico, M., Ciriello, V., and Di Federico, V., (2014), "Evaluation of reliability indicators for WDNs with demand-driven and pressure-driven models", *Journal of Water Resources Management*, 28(5), 1201-1217.
- Nicolini, M., and Zovatto, L., (2009), "Optimal location and control of pressure reducing valves in water networks", *Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE*, 135(3), 178-187.
- Ostfeld, A., Kogan, D., and Shamir, U., (2002), "Reliability simulation of water distribution systems – single and multiquality", *Urban Water Journal*, 4(1), 53-64.
- Tabesh, M., (1998), "Implication of the pressure dependency of outflows on data management, mathematical modeling and reliability assessment of water distribution systems", Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Liverpool, England.
- Tabesh, M., and Hoomehr, S., (2009), "Consumption management in water distribution systems by optimizing pressure reducing valves' settings using genetic algorithm", *Journal of Desalination and Water Treatment*, 2(1-3), 95-100.
- Tabesh, M., Azadi, B., and Roozbahani, A., (2011), "Quality management of water distribution networks by optimizing dosage and location of chlorine injection", *International Journal of Environ-*

بعلاوه شاخصی برای سنجش قابلیت اطمینان مشترکین معرفی شده و به عنوان تابع هدف بهینه‌سازی اختیار شد. شبکه مورد بررسی دارای شیرهای فشارشکن از نوع خروجی ثابت هستند. مقدار شاخص برای وضع موجود شبکه محاسبه شد. سپس به کمک مدل بهینه‌ساز، تنظیمات بهینه شیرها با خروجی ثابت برای دستیابی به حداکثر رضایت مشترکین محاسبه و ملاحظه شد که مقدار شاخص اندکی بهبود یافت. در مرحله بعد، مقدار فشار تنظیمی شیرها با رویکرد نوسانات زمانی محاسبه شد. در این رویکرد مقدار فشار خروجی از شیرها تابعی از ساعت شبانه‌روز بوده و بر اساس تغییر مصرف در شبکه متغیر است. در این حالت مقدار قابلیت اطمینان نسبت به رویکرد قبل بهبود قابل ملاحظه‌ای یافته است. درنهایت تنظیم فشار خروجی براساس رویکرد نوسانات دبی انجام گرفت. در این رویکرد با نصب حس‌گر فشار در نقاطی از شبکه و تهیه منحني‌های فرمان، فشار خروجی از فشارشکن‌ها به صورت تابعی از فشار قرائت شده در حس‌گر تنظیم می‌شود. ملاحظه می‌شود که رویکرد مذکور نسبت به سایر رویکردها از اطمینان‌پذیری بالاتری برخوردار بوده و می‌تواند رضایت مشترکین را بالاتر ببرد.

۶- پی‌نوشت‌ها

- 1- Time Modulation
- 2- Flow Modulation
- 3- Fixed Outlet
- 4- Head-Driven Simulation Method (HDSM)
- 5- Consumers' Satisfaction Index (CSI)
- 6- Selection
- 7- Crossover
- 8- Mutation
- 9- Average Zone Pressure (AZP)

۷- مراجع

- لطیفی، م.، غیبی، م.ا.، و نائینی، س.ت.ا.، (۱۳۹۴)، «مدیریت فشار در سیستم‌های توزیع آب با استفاده از شیرهای فشارشکن و درنظر گرفتن شاخص قابلیت اطمینان فازی»، دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، ۱۵-۱۷ اردیبهشت، تبریز، ایران.
- Abdel Meguid, H., Skwrcow, P., and Ulanicki, B.,

- mental Research*, 5(2), 321-332.
- Tabesh, M., Shirzad, A., Arefkhani, V., and Mani, A., (2013), "A comparative study between the modified and available demand driven based models for head driven analysis of water distribution networks", *Urban Water Journal*, 11(3), 221-230.
- Tanyimboh, T.T., and Templeman, A.B., (2010), "Seamless pressure-deficient water distribution system model", *Journal of Water Management*, ICE 163(8), 389-396.
- Todini, E., and Pilati, S., (1987), "A gradient algorithm for the analysis of pipe network", In: *International Conference on Computer Applications for Water Supply and Distribution*, Leicester Polytechnic, UK.
- Wagner, J.M., Shamir, U., and Marks, D.H., (1988), "Water distribution reliability: simulation methods", *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, 114(3), 276-294.

Concept of DALYs Index and its Calculation in Estimating Disease Burden

Kaveh Alinejad^{1*} and Majid Ghannadi²

1- Head of Implementing Wastewater Projects Group,
Office of Observing Water and Wastewater Projects,
National Water and Wastewater Engineering Company,
Tehran, Iran.

2- Advisor of Deputy for Engineering and Development,
National Water and Wastewater Engineering Company,
Tehran, Iran.

* Corresponding Author, Email: k_alinejad@yahoo.com

Received: 29/7/2017

Revised: 13/10/2017

Accepted: 14/10/2017

Abstract

Simultaneous with the change in the sequence and track of diseases, referred to as the “epidemiological transmission of illnesses”, and for the aim of measuring early deaths and disabilities, the use of a common basis seems essential. Since the late 1940s, researchers have identified ‘time’ as a common criterion for measuring early deaths and disabilities, and based on that, the DALYs have been introduced. This index, which is used in economic assessments and calculation of health expenditures and functions, consists of two factors: “years of life that are lost due to premature death” and “years of life associated with a type of disability with specific intensity and duration”. The World Health Organization has used this index in developing its guidelines for the microbial, chemical and radioactivity quality of drinking water. In this paper, while presenting the basic concepts of DALY, how it is calculated correctly in an effective cost estimate is presented in the form of an applied example.

Keywords: DALYs index, Disease burden, GBD, YLD, YLL.

مفهوم و محاسبه شاخص DALYs در برآورد بار بیماری‌ها

کاوه علی‌نژاد^{۱*} و مجید قنادی^۲

۱- رئیس گروه اجرای طرح‌های فاضلاب، دفتر نظارت بر

طرح‌های آب و فاضلاب، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

۲- مشاور معاونت مهندسی و توسعه، شرکت مهندسی آب و
فاضلاب کشور، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: k_alinejad@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۷/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۲

چکیده

همزمان با تغییر در ترتیب و توالی بیماری‌ها که از آن به «انتقال اپیدمیولوژیک بیماری‌ها» نام برده می‌شود و با هدف همسان‌سازی و سنجش مشترک مرگ‌های زودرس و ناتوانی‌ها، استفاده از یک مبنای مشترک ضرورت دارد. از اواخر دهه ۱۹۴۰، پژوهشگران «زمان» را به عنوان معیار مشترک سنجش مرگ‌های زودرس و ناتوانی‌ها تعیین و بر مبنای آن شاخص DALYs را معرفی کردند. این شاخص که از آن در ارزیابی‌های اقتصادی و محاسبه هزینه‌ها و عملکردهای بهداشتی استفاده می‌شود، مشکل از دو عامل «سال‌هایی از عمر که با مرگ زودرس از بین می‌رود» و «سال‌هایی از عمر که همراه با نوعی ناتوانی باشد و طول مدت خاص سپری می‌شود»، می‌باشد. سازمان جهانی بهداشت نیز در تدوین مقادیر رهنمودی خود برای کیفیت میکروبی، شیمیایی و رادیواکتیویته آب آشامیدنی، از این شاخص بهره‌گرفته است. در این مقاله ضمن ارایه مفاهیم پایه از DALYs، چگونگی محاسبه صحیح آن در برآورد هزینه موثر، در قالب یک مثال کاربردی بیان شده است.

کلمات کلیدی: بار بیماری، شاخص DALYs، GBD، YLD، YLL.

نقص در تولد و یا حصبه تا خفیف و متوسط مانند اسهال و یا فلؤوریس متفاوت است. اثرات برخی از بیماری‌ها در سنین مشخص، افراد مستعد و یا حالت‌های ویژه‌ی فیزیولوژیک ظاهر و بر جسته می‌شود. مانند تغییرات استخوانی ناشی از ابتلا به بیماری فلؤوریس که اغلب در میان بزرگسالان و سالمندان ظاهر می‌شود و نتیجه تماس با مقادیر بالای فلؤور در دوران کودکی است و یا ابتلا به عفونت ویروسی هپاتیت E که بالاترین نرخ مرگ‌ومیر را در زنان باردار دارد. ضمن آن‌که، خطر ابتلا به یک بیماری، اثرات چندگانه^۱ می‌تواند داشته باشد.

به منظور برآورد اثرات ابتلا به یک بیماری که در بردارنده هر سه عامل اثر، شدت و مدت بیماری باشد و بتوان بر مبنای آن شدت ناتوانی ایجاد شده و پیامدهای اقتصادی آن بر جامعه را تعیین کرد، نیاز به یک شاخص کمی است. از گذشته‌های دور و به طور سنتی، مقامات بیماری‌ها بهداشتی برای تعیین موارد بیماری‌زای مختلف، از شاخص‌های گوناگونی همچون «نرخ ابتلا»، «میزان مرگ و میر»^۲ و یا «نرخ امید به زندگی گزارش وضعیت سلامت و پیامدهای گوناگون یک عامل بیماری‌زا بر سلامت جامعه و یا مقایسه‌ی اثرات عاملی^۳» استفاده می‌کنند.

عبارت Disability Adjusted Life Years DALYs خوانده می‌شود، با برگردان پارسی «سال‌هایی از عمر که به ناتوانی می‌گذرد»، نخستین بار در سال ۱۹۹۳ در گزارش بانک جهانی با عنوان «روشی برای برآورد بار جهانی بیماری‌ها (GBD) طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰» توسط موری^۴ و لوپز^۵ معرفی شد. برخلاف شاخص‌های قبلی که در آن‌ها، خلاء‌ها و نارسایی‌های بهداشتی، به عنوان مبنای سنجش قرار می‌گرفت، مبنای سنجش شاخص DALYs، بر پایه انتظارهای سلامتی قرار دارد و از تفضیل شرایط موجود با وضعیت ایده‌آل و مطلوب سلامت به دست می‌آید. به تعبیر دیگر شاخص DALYs حاصل جمع دو عامل «سال‌های عمر از دست رفته» (مرگ زودرس) (YLD) و «سال‌هایی از عمر که با ناتوانی همراه است» (Pruss-Ustun et al., 2003).

در گزارش بانک جهانی و ویرایش دوم آن، به دلیل لحاظ فرضیه‌های گوناگون در تعیین وزن ناتوانی و معلولیت، روش‌های محاسبه‌ی DALYs مبهم است. مروری بر مقاله‌ها و گزارش‌های منتشر شده با موضوع DALYs نیز به دلیل فقدان شفافیت روش‌های محاسباتی و به کارگیری فرضیه‌های متعدد، چندان قابل مقایسه و اعتماد نیست. در سال‌های اخیر محققان می‌باشد (Havelar and Melse, 2003).

در گزارش بانک جهانی و ویرایش دوم آن، به دلیل لحاظ فرضیه‌های گوناگون در تعیین وزن ناتوانی و معلولیت، روش‌های محاسبه‌ی DALYs مبهم است. مروری بر مقاله‌ها و گزارش‌های منتشر شده با موضوع DALYs نیز به دلیل فقدان شفافیت روش‌های محاسباتی و به کارگیری فرضیه‌های متعدد، چندان قابل مقایسه و اعتماد نیست. در سال‌های اخیر محققان

در سده پیش روی، جهان شاهد تغییرهای بنیادین در نیازهای بهداشتی ساکنان کره زمین است. در کشورهای در حال توسعه که به تقریب چهارپنجم جمعیت را در خود جای داده‌اند، بیماری‌های غیرواگیری مانند افسردگی و بیماری‌های قلبی به همراه حوادث جاده‌ای، به سرعت جایگزین دشمنان سنتی بشر مانند بیماری‌های عفونی و سوءتعذیه شده و در صدر عامل‌های ناتوان‌کننده و مرگ‌های زودرس قرار می‌گیرند (جدول ۱). انتظار می‌رود که تا سال ۲۰۲۰ در کشورهای در حال توسعه، متعاقب سرعت شتابان سال‌مند شدن جمعیت، بیماری‌های غیرواگیر مسبب ۷ مرگ از هر ۱۰ مرگ باشند (شادپور، ۱۳۷۷).

زمانی که در جامعه‌ای شمار متولدان رو به کاستی می‌نهد، نسبت بزرگسالان به کودکان افزایش می‌یابد و به تبع آن بیماری‌های شایع در جامعه نیز، به طور عمده مربوط به بزرگسالان می‌شود. این پدیده که از آن به «انتقال اپیدمیولوژیک بیماری‌ها» نام برده می‌شود (Fewtrell and Bartram, 2001)، دشواری‌های جدی و جدیدی را پیش روی نظامهای بهداشتی قرار می‌دهد و تصمیمهای دشواری را بر روند توزیع منابع اندک در مدیریت پیشگیری و درمان بیماری‌ها تحمیل خواهد کرد. برای برآورد پیامدها و اثرگذاری و اثربازی تغییرهای بر شمرده بر رفتارهای اخلاقی، فرهنگی، زیستمحیطی و اقتصادی جامعه، لازم است تا نگاه سنتی به بیماری تغییر و جنبه‌های زیستمحیطی در ابتلا و درمان بیماری، لحاظ شود و با تکوین شاخص‌های نوین در سنجش ناتوانی‌ها و مرگ‌های زودرس که متناسب هر چهار گروه عامل‌های خطرزا، زمینه‌های اخلاقی، اجتماعی و اقتصادی باشد، مدیریت بیماری‌ها را به سامان درآورد (Pruss-Ustun et al., 2003).

به طور کلی عامل‌های بیماری‌زای شیمیایی، میکروبی و رادیواکتیو به شیوه‌های گوناگون از طریق آب، خاک، هوا، حیوانات، وسایل، تماس فردی‌فرد و ... منتقل می‌شوند و پیامد آن‌ها بر بیمار به دو صورت حاد و کوتاه‌مدت مانند اسهال و متهماً‌گلوبینمیا تا مزمن و طولانی مانند سرطان که سال‌ها به طول می‌انجامد و یا هپاتیت که فرد چند هفته بدان مبتلا است، متغیر است. شدت بیماری‌ها نیز از شدید مانند سرطان‌ها،

جدول ۱- تغییر در ترتیب و توالی بار جهانی بیماری‌ها برای ۱۵ علت طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۲۰ (شادپور، ۱۳۷۷)

سال ۲۰۲۰		سال ۱۹۹۰	
بیماری/اصدمه	ترتیب اهمیت	بیماری/اصدمه	ترتیب اهمیت
بیماری ایسکمیک قلبی	۱	عفونت‌های تنفسی تختانی	۱
افسردگی مازور تک قطبی	۲	بیماری‌های اسهالی	۲
تصادفات رانندگی	۳	ناهنجری‌های هنگام تولد	۳
بیماری‌های عروق مغز	۴	افسردگی مازور تک قطبی	۴
بیماری‌های انسدادی مژمن ریه	۵	بیماری‌های ایسکمیک قلبی	۵
عفونت‌های تنفسی تختانی	۶	بیماری‌های عروق مغزی	۶
سل	۷	سل	۷
جنگ	۸	سرخک	۸
بیماری‌های اسهالی	۹	تصادفات رانندگی	۹
ایدز	۱۰	ناهنجری‌های مادرزاد	۱۰
ناهنجری‌های هنگام تولد	۱۱	مالاریا	۱۱
خشونت	۱۲	بیماری‌های انسدادی مژمن ریه	۱۲
ناهنجری‌های مادرزادی	۱۳	سقوط	۱۳
صدمه به خود (خودکشی)	۱۴	کم‌خونی (قرقر آهن)	۱۴
سرطان‌های نای، نایزه و ریه	۱۵	سوء تغذیه (پروتئین- انرژی)	۱۵
سقوط	۱۹	جنگ	۱۶
مالاریا	۲۴	صدمه به خود (خودکشی)	۱۷
سرخک	۲۵	خشونت	۱۹
سوء تغذیه (پروتئین- انرژی)	۳۷	ایدز	۲۸
کم‌خونی (قرقر آهن)	۳۹	سرطان‌های نای، نایزه و ریه	۳۳

که کیفیت زندگی در جمعیت موردنظر تقلیل می‌یابد که خود شامل سال‌های زندگی از دست رفته و سال‌هایی از زندگی است که با ناتوانی سپری می‌شود. به این ترتیب برآورد DALYs نیاز به سه مولفه زیر دارد:

- تعداد افراد متأثر از (مبتلابه) بیماری (N)
- برآورد میانگین زمانی اثر زیان بار بیماری، شامل امید به زندگی از دست رفته و مرگ‌های زودرس (D)
- نسبت وزنی شدت شرایط نامساعد بهداشتی (S) در برآورد اولیه DALYs از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$DALYs = N \times D \times S \quad (1)$$

اصل اساسی در برآورد شاخص DALYs وزن یا شدت اثر بیماری است که دامنه آن از صفر برای بهترین حالت سلامت تا یک برای بیماری‌ها و حوادث منجر به مرگ متغیر است (جدول ۲). برای محاسبه شاخص DALYs، ضریب وزنی در مدت زمان (بر حسب سال) اثر بیماری که از آن به ماندگاری^{۱۰} بیماری تعبیر می‌شود و در تعداد مبتلایان به آن ضرب می‌شود.

کوشیده‌اند تا بیان و مفهوم شاخص DALYs و کاربرد آن را در برآورد وضعیت بهداشت و سلامت جامعه آسان‌تر سازند. سازمان جهانی بهداشت نیز در تدوین مقادیر رهنمودی خود برای کیفیت میکروبی، شیمیایی و رادیواکتیویته آب آشامیدنی از این شاخص بهره گرفته است.

۴- محاسبه DALYs در برآورد هزینه‌ی موثر

در تعیین وضعیت بهداشتی جامعه، شاخص DALYs سه مولفه مهم بهداشت عمومی را در خود جای داده است (Fox-Rushby and Hanson, 2001)

- کمیت زندگی^۷ از طریق نرخ امید به زندگی و مدت زمان ابتلا به بیماری
- کیفیت زندگی^۸ از طریق شاخص وزنی شدت اثر بیماری
- اهمیت اجتماعی^۹ از طریق تعداد افراد متأثر از بیماری (شیوع بیماری)
- بر این اساس، سلامت از دست رفته عبارت از مدت زمانی است

که: a : سن مرگ، r : نرخ نزولی^{۱۳} (غلب ۰/۳)، β : ثابت صعودی سن^{۱۴} (غلب ۰/۴)، C : عدد ثابت (۰/۱۶۵۸)، L : تعداد سال‌های زندگی انتظار داشته براساس استاندارد (در سن مرگ) و K :

ثابت مدوله صعودی سن^{۱۵} (۱) هستند.
با در نظر گرفتن عبارت D (وزن معلولیت^{۱۶}) و حاصل ضرب آن در رابطه $YLLs$ (سن)، مقدار $(YLLs)$ طبق معادله (۵) به دست می‌آید.

$$YLDs[r, k, \beta] = D \frac{KCe^{ra}}{(r+\beta)^2} \{e^{-(r+\beta)(L+a)}[-(r+\beta)(L+a) - 1] - e^{-(r+\beta)a}[-(r+\beta)a - 1]\} + \frac{1-K}{r}(1 - e^{-rL}) \quad (5)$$

که: a : سن شروع معلولیت، R : نرخ نزولی (حدود ۳ درصد)، C و β : اعداد ثابت (مانند رابطه^{۱۴})، L : دوران معلولیت (برحسب زمان) و D : وزن معلولیت هستند. مقادیر D برای برخی بیماری‌ها در جدول ۲ آمده است.

۳- محاسبه DALYs برای تخلیل هزینه موثر (مثال کاربردی)

از شاخص DALYs در ارزیابی‌های اقتصادی و محاسبه هزینه‌ها و عملکردهای بهداشتی استفاده می‌شود. بهمنظور درک صحیح و کاربردی از مفهوم و برآورد DALYs چگونگی محاسبه DALYs برای یک فرد، در دو حالت با درمان و بدون درمان در قالب یک مثال آورده شده است. در این مثال فرض بر این است که یک زن در سن ۳۵ سالگی دچار افسردگی دوقطبی^{۱۷} شده و پس از ۱۰ سال می‌میرد (WHO, 2003). برای محاسبه دو افق زمانی درمان شده و بدون درمان در نظر گرفته شده است:

افق زمانی بدون درمان: سن افسردگی (۳۵ سال) و سن مرگ (۴۵ سال)

افق زمانی با درمان: سن افسردگی درمان شده (۳۵ سال) و سن مرگ (۷۹/۱۳ سال)

محاسبه مقدار YLDs بر روی دوره زمانی بین ۳۵ تا ۴۵ سالگی که آن فرد زنده است، متمرکز است. با جایگذاری مقادیر زیر در معادله کلی، مقدار YLD بر پایه DALYs قابل محاسبه است. $C = ۰/۱۶۵۸$, $L = ۱۰$, $K = ۱$, $a = ۳۵$, $r = ۰/۰۴$, $e = ۲/۷۲$, $\beta = ۰/۰۴$ و $D = ۰/۶$, $r = ۰/۰۳$, $e = ۲/۷۲$

$$YLDs[r, k, \beta] = D \frac{KCe^{ra}}{(r+\beta)^2} \{e^{-(r+\beta)(L+a)}[-(r+\beta)(L+a) - 1] - e^{-(r+\beta)a}[-(r+\beta)a - 1]\} + \frac{1-K}{r}(1 - e^{-rL}) \quad (6)$$

در موارد منجر به مرگ، ضریب وزنی در تعداد سال‌های عمر از دسترفته که بر مبنای طول عمر مورد انتظار سنجیده می‌شود و در تعداد متوفیان ضرب می‌شود. به عنوان مثال شاخص DALYs در ابتلای به اسهال در جامعه به شیوه زیر محاسبه می‌شود (WHO, 2008, 2017).

- اسهال خفیف: ضریب وزنی ۰/۱، ماندگاری ۷ روز و ابتلای ۹۷/۵ درصد جمعیت

- اسهال شدید: ضریب وزنی ۰/۲۳، ماندگاری ۷ روز و ابتلای ۲/۵ درصد جمعیت

- نرخ مرگ در نوزادان مبتلا به اسهال ۰/۰۱۵ درصد طول عمر مورد انتظار: ۷۰ سال

$$DALY = (۰/۱ \times ۷ \div ۳۶۵ \times ۰/۰۲۵) + (۰/۲۳ \times ۷ \div ۳۶۵ \times ۰/۰۱۲۵) + (۱ \times ۷۰ \times ۰/۰۰۰۱۵) = ۰/۰۰۱۹ + ۰/۰۰۱۰۵ = ۰/۰۱۲۵$$

به تعبیر دیگر، در چنین جامعه‌ای، در صورتی که هیچ حادثه یا بیماری دیگری به جز اسهال، با مشخصه‌های گفته شده فوق وجود نداشته باشد، هریک از افراد آن جامعه ۰/۰۱۲۵ سال (یا حدود ۴/۶ روز) از عمر خود را بر اثر ابتلا به اسهال از دست می‌دهند و طول عمر آن‌ها $= ۶۹/۹۸۷۵ = ۰/۰۱۲۵ - ۷۰$ سال خواهد بود.

همچنان که گفته شد DALYs شامل مجموع سال‌های زندگی از دست رفته به علت مرگ زودتر از امید به زندگی (مرگ زودرس) (YLLs)^{۱۸} و سال‌هایی از زندگی که با معلولیت (YLDs)^{۱۹} همراه است، می‌باشد. به تعبیر دیگر:

$$DALYs = YLLs + YLDs \quad (2)$$

که $YLLs$ براساس رابطه (۳) از حاصل ضرب تعداد مرگ و میرها در تعداد سال‌های زندگی انتظار داشته براساس طول عمر مورد انتظار (L) محاسبه می‌شود.

$$(YLLs = N \times L) \quad (3)$$

با در نظر گرفتن عامل‌های r , k و β رابطه (۳) به صورت رابطه (۴) تغییر می‌کند.

$$YLLs[r, k, \beta] = \frac{KCe^{ra}}{(r+\beta)^2} \{e^{-(r+\beta)(L+a)}[-(r+\beta)(L+a) - 1] - e^{-(r+\beta)a}[-(r+\beta)a - 1]\} + \frac{1-K}{r}(1 - e^{-rL}) \quad (4)$$

طبق معادله (۷) مقدار DALYs ازدسترفته از سن ۴۵ سالگی به بعد برابر ۱۹/۹۷ است. تبدیل این مقدار به محاسبه شده در سن ۳۵ سالگی براساس رابطه (۸) صورت می‌گیرد:

$$DALY(x) = DALY(y)e^{-rs} \quad (8)$$

که x : تعداد سال‌هایی که باید کاهش داده شود. ($y - x = s$) و s : سن مرگ هستند.

از زمان شروع بیماری در سن ۳۵ سالگی، مقدار کل YLLs ازدسترفته بهعلت مرگ زودرس برابر ۱۴/۸۰ است. براساس معادله‌ها و مقادیر فوق، مقدار کل DALYs برابر است با:

$$DALYs = YLLs + YLDs = ۱۴/۸۰ + ۶/۹۵$$

$$DALY [0/03 \text{ و } 1/04] = ۲۱/۷۵$$

حال اگر فرد تحت درمان قرار می‌گرفت، می‌توانست سال‌های طولانی‌تری زنده بماند. بنابراین طبق فرمول‌های ذکر شده: $D = ۰/۳۰۲$, $c = ۰/۱۶۵۸$, $L = ۴۴/۱۳$, $K = ۱$, $\beta = ۰/۰۴$, $a = ۳۵$ و $r = ۰/۰۳$

$$YLDs = ۷/۹۴$$

$$DALYs [0/03 \text{ و } 1/04] = ۲۱/۷۵ - ۷/۹۴ = ۱۳/۸۱$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود فرضیه‌های بسیاری برای محاسبه مقدار DALYs مانند مقادیر K, β, L, D, a, r در دو حالت با درمان و بدون درمان نیاز است. همه این تضمیم‌ها، بر اختلاف مقادیر DALYs می‌تواند تاثیرگذار باشد. از این‌رو لازم است تحلیل حساسیت برای تعیین اثر فرضیه‌های گوناگون بر نتایج نهایی انجام شود. با توجه به اعداد مذکور، با کاهش مقادیر k, β, r میزان DALYs افزایش می‌یابد. همچنین در مثال یاد شده همکاری عامل‌های YLLs و YLDs در محاسبه مقدار کل DALYs نشان داده شد. محققان می‌توانند با تغییر پیش‌فرض‌ها و جایگزینی مقادیر در مثال فوق های متغیری را مجدداً محاسبه و مقایسه کنند. خلاصه داده‌های پایه و نتایج مثال پیش‌گفته در جدول ۳ نشان داده شده است. این محاسبه، سال‌هایی از عمر را که بر اثر بیماری (در دو حالت درمان شده و بدون درمان) و سال‌هایی از عمر را که بر اثر مرگ زودتر از طول عمر مورد انتظار از بین می‌رود، تعیین می‌کند و مبنایی را برای برآورد هزینه‌های تحمیل شده بر نظام بهداشتی جامعه و در کل بر اقتصاد ملی فراهم می‌سازد. بدیهی است محاسبه هزینه موثر پیامدهای اقتصادی مترب

جدول ۲- مقادیر وزن معلولیت (D) برای برخی بیماری‌ها (WHO, 2003)

بیماری	حالت بدون درمان	حالت درمان شده
ایدز	۰/۵	۰/۵
نایاروری	۰/۱۸	۰/۱۸
اسهال	۰/۱۱	۰/۱۱
سرخک	۰/۱۵	۰/۱۵
سل	۰/۲۷	۰/۲۷
مالاریا	۰/۲۰	۰/۲۰
تراخم (منجر به کوری)	۰/۴۹	۰/۶۰
تراخم (منجر به دید کم)	۰/۲۴	۰/۲۴
عفونت تنفسی (حاد)	۰/۲۸	۰/۲۸
عفونت تنفسی (زمز)	۰/۰۱	۰/۰۱
انواع سرطان	۰/۸۱	۰/۸۱
دیابت	۰/۰۳	۰/۰۱
افسردگی	۰/۳۰	۰/۶۰
سندرم واسته به الكل	۰/۱۸	۰/۱۸
پارکینسون	۰/۳۲	۰/۳۹
آلزایمر	۰/۶۴	۰/۶۴
بیماری‌های عصبی	۰/۱۱	۰/۱۱
آنژین صدری	۰/۱۰	۰/۲۳
بیماری‌های قلبی	۰/۱۷	۰/۳۲
بیماری‌های ریوی مزمن	۰/۳۹	۰/۴۳
آسم	۰/۰۶	۰/۱۰
ناشنوایی	۰/۱۷	۰/۲۲
پروستات	۰/۰۴	۰/۰۴
بیماری‌های استخوانی	۰/۱۱	۰/۱۶
صدمه‌های مغزی	۰/۳۵	۰/۴۱
صدمه‌های ستون فقرات	۰/۷۳	۰/۷۳
پیچ خورددگی مفصلی	۰/۰۶	۰/۰۶
سوختگی (بیش از ۰/۶۰)	۰/۲۵	۰/۲۵

طبق معادله (۶) مقدار DALYs ازدسترفته بهعلت معلولیت برابر ۱۹/۹۵ است. محاسبه مقداری YLLs بر فاصله‌ی زمانی از مرگ تا سن مورد انتظار برای زندگی بدون بیماری تمرکز دارد. با جای‌گذاری مقادیر زیر در معادله کلی مقدار YLL بر پایه DALYs محاسبه می‌شود: $e = ۲/۷۲$, $K = ۱$, $\beta = ۰/۰۴$, $a = ۴۵$ و $r = ۰/۰۳$, $L = ۳۴/۱۳$, $C = ۰/۱۶۵۸$

$$\text{YLLs}[r, k, \beta] = \frac{KCe^{ra}}{(r + \beta)^2} \{ e^{-(r + \beta)(L + a)} [-(r + \beta)(L + a) - 1] - e^{-(r + \beta)a} [-(r + \beta)a - 1] \} + \frac{1 - K}{r} (1 - e^{-rL}) \quad (7)$$

جدول ۳- ارایه نتایج محاسبه‌های DALYs در مثال گفته شده (WHO, 2003)

پیش‌فرضها	بدون درمان	با درمان
سن مرگ	۴۵ سال	۷۹/۱۳ سال
زندگی مورد انتظار تا سن مرگ	۳۴/۷۳	نامشخص
نرخ نزولی (r)	۰/۰۳	۰/۰۳
وزن سن (β)	۰/۰۴	۰/۰۴
وزن معلولیت (D)	۰/۶	۰/۳۰۲
سن شروع معلولیت (a) (سال)	۳۵	۳۵
دوران معلولیت (L) (سال)	۱۰	۴۴/۱۳
DALYs [۰/۰۴ و ۱]		
<i>YLLs</i>		.
<i>YLDs</i>		۷/۹۴
کل DALYs		در حالت درمان شده
DALYs [۰/۰۴ و ۱ و ۰/۰۳]		۱۳/۸۱
DALYs [۰/۰۳ و ۰ و ۰]		۱۳/۷۶
DALYs [۰ و ۱ و ۰/۰۴]		۲۵/۰۷
DALYs [۰ و ۰ و ۰]		۲۷/۴۰

کلی یک بیماری در منطقه رخداد آن است. این شاخص اثر مرگ زودرس و ناتوانی ناشی از بیماری را در یک جامعه با یکدیگر ترکیب کرده و به صورت کمی در قالب یک شاخص نشان می‌دهد. به عبارت دیگر شاخص مرگ و میر و ابتلای به بیماری به صورت یک شاخص واحد بیان می‌شود. در این شاخص، زمان ازدست‌رفته بهدلیل مرگ زودرس، به همراه زمان ازدست‌رفته بهدلیل ناتوانی ناشی از بیماری توأمًا لحاظ و سنجش می‌شود.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- Multiple effects
- 2- Morbidity rate
- 3- Mortality rate
- 4- Life expectancy
- 5- Murray
- 6- Lopez
- 7- Quantity of Life
- 8- Quality of Life
- 9- Social Magnitude
- 10- Lasting
- 11- Years of life lost (YLLs)
- 12- Years of life lived with disability (YLDs)
- 13- Discount rate

بر DALYs، حسب شاخص‌ها و متغیرهای پایه اقتصادی هر منطقه و یا کشور، متفاوت است که با لحاظ آن‌ها در برآوردهای اقتصادی، هزینه‌ی موثر DALYs برای هر منطقه یا کشور، جداگانه محاسبه خواهد شد.

۴- نتیجه‌گیری

- محاسبه و ارزیابی مقادیر DALYs در تحلیل هزینه موثر بیماری‌ها، با لحاظ چهار عامل زیر انجام می‌شود:
- درنظر گرفتن شرایط، سال‌های زندگی مورد انتظار و مدل‌های جمعیتی
- ارایه محدوده تخمین‌های DALYs (حداقل [۰/۰۱ و ۰ و ۰/۰۳] DALYs [۰ و ۰ و ۰])
- آزمون تحلیل حساسیت با توجه به تغییر پیش‌فرضها
- بیان همه فرضیات مورد استفاده در محاسبه DALYs بر این اساس محققان و سیاست‌گزاران در تحلیل و گزارش بیماری‌ها، نتایج قابل اعتمادتری از مقادیر DALYs را به دست می‌آورند. زیرا DALYs فاصله سلامت بین حالت واقعی زندگی و حالت ایده‌آل آن را محاسبه می‌کند و شاخصی از اثرگذاری

- 14- Age weighting constant
- 15- Age weighting modulation constant
- 16- Disability weight
- 17- Bipolar depression

۶- مراجع

- شادپور، پ.، (۱۳۷۷)، بار جهانی بیماری‌ها (خلاصه)، ترجمه، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی/يونیسیف.
- Fewtrell, L., and Bartram, J., (2001), *Water quality, guidelines, standards and health assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*, IWA & WHO.
- Fox-Rushby, J.A., and Hanson, K., (2001), *Calculating and presenting disability adjusted life years (DALYs) in cost effectiveness analysis*, Oxford University Press.
- Havelar, A.H., and Melse, J.M., (2003), *Quantifying public health risk in the WHO guidelines for drinking water quality, A burden of disease approach*, RIVM Report 734301022/2003.
- Pruss-Ustun, A., Mathers, C., Corvalán, C., and Woodward, A., (2003), *Introduction and methods: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels*, WHO, Geneva, Environmental Burden of Disease Series No. 10.
- World Health Organization, (2003), *Global burden of disease concept*, WHO, Geneva, 27-40.
- World Health Organization, (2008), *Guidelines for drinking water quality*, WHO, Geneva, 45-47.
- World Health Organization, (2017), *Guidelines for drinking water quality*, Fourth Edition, Incorporating the First Addendum, WHO, Geneva, 37-38.

Study on the Effective Process Parameters for Degradation of Herbicide Bentazone in Contaminated Water by Nano Metal Oxides of Titanium (IV) and Iron (III) Based on Natural Zeolite

Arash Saki¹, Mehrdad Farhadian^{2*} and Nila Davari³

1- Assistant Professor, Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

2- M.Sc. Student, School of Chemical, Petroleum and Gas Engineering, University of Shiraz, Shiraz Iran.

3- M.Sc., Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

* Corresponding Author, Email: m.farhadian@eng.ui.ac.ir

Received: 16/7/2017

Revised: 17/10/2017

Accepted: 17/10/2017

Abstract

In this study, the photocatalyst of $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ based on clinoptilolite natural zeolite was synthesized by co-precipitation method and its function in degradation of Bentazone, as one of the most widely used herbicides in agriculture, was evaluated. The effect of process parameters simultaneously including pollutant concentration (1-40 mg/l), pH (4-10) and hydrogen peroxide concentration (25-100 mg/l) on photocatalytic degradation efficiency of Bentazone was investigated using design of experiments in response surface methodology. Synthesized photocatalyst was characterized by XRD, XRF, FT-IR, FE-SEM and EDX analyses. The results of XRD, FT-IR, and EDX confirmed the presence of TiO_2 and Fe_2O_3 nanoparticles on the surface of clinoptilolite. The FE-SEM results confirmed the deposition of $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ on the surface of clinoptilolite zeolite and also the approximate particle size of $\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ was 52 nm. According to XRF results, the synthesized nanoparticles had $\text{Fe}^{3+}/\text{TiO}_2$ optimal molar ratio of 0.06. The results showed that Bentazone concentration, pH and hydrogen peroxide concentration were the most effective factors on photocatalytic degradation efficiency of Bentazone, respectively. According to the experimental data at optimal conditions (pH, pollutant concentration and hydrogen peroxide concentration are 10, 10 mg/l and 50 mg/l, respectively), degradation efficiency of Bentazone was obtained 97% and the degradation efficiency was 78% at maximum concentration of pollutant (40 mg/l). This study showed that the synthesized photocatalyst has acceptable efficiency for degradation of non-biodegradable pollutant and removal pesticides from contaminated water.

Keywords: Bentazone, Herbicide, Photocatalyst, Water treatment, Environment.

بررسی عوامل موثر فرآیندی در تخریب علفکش بنتازون در آب‌های آلوده توسط نانو اکسیدهای فلزی تیتانیوم (IV) و آهن (III) بر پایه زئولیت طبیعی

مهرداد فرهادیان^{۱*}، آرش ساکی^۲ و نیلا داوری^۳

۱- استادیار، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

* نویسنده مسئول، ایمیل: m.farhadian@eng.ui.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲۵

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۷/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۵

چکیده

در این پژوهش فتوکاتالیست ترکیبی اکسید تیتانیوم و اکسید آهن بر پایه زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت به روش هم رسوی شیمیایی سنتز شد و عملکرد آن در تخریب بنتازون به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین علفکش‌ها در کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفت. اثر همزمان عوامل فرآیندی شامل غلظت آلاینده (۱-۴۰ mg/l)، pH محلول (۱۰-۴) و غلظت هیدروژن پراکساید (۲۵-۱۰۰ mg/l) بر بازده تخریب فتوکاتالیست بنتازون با استفاده از طراحی آزمایش‌ها به روش سطح پاسخ بررسی شد. مشخصه‌بایی فتوکاتالیست سنتز شده توسط تحلیل‌های XRD، XRF، XRD، FT-IR، XRF، XRD، EDX و FE-SEM انجام شد. نتایج XRD، XRF و EDX حضور نانوذرات اکسید تیتانیوم و اکسید آهن را بر سطح زئولیت کلینوپتیلولایت تأیید کردند. نتایج FE-SEM ضمن تأیید لایه‌نشانی اکسید تیتانیوم و اکسید آهن بر سطح زئولیت کلینوپتیلولایت، اندازه تقریبی نانو ذرات را ۵۲ nm نشان داد. مطابق با نتایج XRF، نانوذرات سنتز شده با نسبت مولی بهینه Fe³⁺ به TiO_2 برابر با ۰/۰۶ حاصل شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت محلول بنتازون، pH اولیه محلول و غلظت هیدروژن پراکساید به ترتیب بیشترین اثر را بر بازده تخریب فتوکاتالیستی بنتازون دارند. مطابق با نتایج تحریب در شرایط بهینه (pH اولیه محلول، غلظت آلاینده و غلظت هیدروژن پراکساید به ترتیب برابر با ۱۰ mg/l و ۱۰ mg/l و ۵۰ mg/l) بازده تخریب بنتازون ۹۷٪ بدست آمد و در حداقل غلظت آلاینده (۴۰ mg/l) بازده تخریب ۷۸٪ حاصل شد. این پژوهش نشان داد که فتوکاتالیست سنتز شده بازده قابل قبولی در تخریب آلاینده زیست تخریب‌ناپذیر و حذف سموم کشاورزی از آب‌های آلوده دارد.

کلمات کلیدی: بنتازون، علفکش، فتوکاتالیست، تصفیه آب، محیط زیست.

۱- مقدمه

دیگر برای حذف بنتازون از آب‌های آشامیدنی، فیلتر کردن با کربن فعال مورد استفاده قرار گرفت (Heijman and Hopman, 1999). کاستی‌های روش‌های ذکر شده مانند مشکلات بازیابی جاذب و تولید آلاینده‌های ثانویه در روش جذب سطحی (Homem and Santos, 2011) و نیاز به زمان و هزینه بالا در روش فیلتراسیون (Heijman and Hopman, 1999) را می‌توان با کاربرد فناوری‌های جایگزین بهمود بخشید.

در سال‌های اخیر فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفت‌هه به دلیل کارایی بسیار بالا و همچنین عدم ایجاد آلودگی‌های ثانویه بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند و فرآیندهایی از جمله UV/H₂O₂, UV/TiO₂, UV/ZnO, UV/O₃ و UV/Fenton به طور گستردۀ برای حذف انواع مختلفی از آلاینده‌ها مانند سموم کشاورزی (علف‌کش‌ها) کاربرد دارند (Jonidi-Jafari et al., 2015).

فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفت‌هه آن دسته واکنش‌هایی هستند که با تولید و کاربرد رادیکال آزاد هیدروکسیل به عنوان یک اکسیدکننده قوی همراه بوده و به عنوان روشی موثر برای تخریب آلاینده‌های منابع آب زیزمنی، سطحی و فاضلاب صنعتی حاوی آلاینده‌های آلی زیست‌تخریب‌ناپذیر در نظر گرفته می‌شوند (Mahamuni and Adewuyi, 2010; Kaur et al., 2015; Esmaily et al., 2017).

یکی از جدیدترین و کاربردی‌ترین فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفت‌هه، فرآیندهای فتوکاتالیستی است. در این فرآیندها، آلاینده در حضور ذرات فتوکاتالیستی، تحت تأثیر تابش اشعه UV قرار گرفته و با تولید رادیکال‌های هیدروکسیل، اکسید و تجزیه می‌شود (Zazouli et al., 2017). بین انواع فتوکاتالیست‌های مورد استفاده در فرآیند فتوکاتالیستی، نانوذرات اکسید تیتانیوم به دلیل هزینه کم، سمی نبودن، جذب فرابینش و پایداری زیاد و واکنش‌پذیری بالا برای تجزیه ترکیبات آلی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Ahmad et al., 2016).

به‌منظور بازیابی راحت‌تر فتوکاتالیست، پژوهشگران مختلف از بسترهای گوناگون برای تثبیت نانوذرات استفاده کرده‌اند. کربن فعال، فایبرگلاس و زئولیت نمونه‌هایی از این بسترهای هستند (Arimi et al., 2016). استفاده از زئولیت‌های طبیعی به‌علت فراوانی نسبی در کشور ایران و بهای بسیار پایین آن‌ها در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای را در حوزه راکتورهای کاتالیستی به خود جلب کرده‌اند. یکی از فراوان‌ترین و

صرف جهانی سوموم کشاورزی در حدود دو میلیون تن در سال است که ۴۵ درصد از سوموم تنها توسعه اروپا، ۳۰ درصد در ایالات متحده آمریکا و ۲۵ درصد در سایر نقاط جهان مصرف می‌شود. سهم مصرف سوموم کشاورزی در جهان شامل ۴۷/۵ درصد علف‌کش‌ها، ۲۹/۵ درصد حشره‌کش‌ها، ۱۷/۵ درصد قارچ‌کش‌ها و ۵/۵ درصد سایر سوموم است (De et al., 2014). انواع مختلفی از سوموم کشاورزی که در سیستم‌های آبی یافت می‌شوند، ناشی از فعالیت‌های مختلف از جمله نشت مواد شیمیایی، فاضلاب‌های صنعتی و روان آب‌های کشاورزی هستند (Jonidi-Jafari et al., 2015). این ترکیبات آلی و سمی در آب‌های سطحی و زیرزمینی، خدمات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد می‌کنند. همچنین سموم کشاورزی به‌روش‌های مختلف وارد جو، خاک و در نهایت زنجیره غذایی می‌شوند و تأثیر قابل توجهی بر اکوسیستم‌های کشاورزی و محصولات باغی و زراعی خواهند داشت (Fadaei et al., 2012).

علف‌کش بنتازون با نام تجاری بازگران یکی از سوموم کشاورزی است که به‌طور نسبتاً وسیعی برای از بین بردن علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع لوپیا، ذرت، برنج و غیره به کار برده می‌شود (Gholami et al., 2016). علف‌کش بنتازون اغلب به‌صورت محلول نمک سدیم در بازار عرضه می‌شود و پس از رقیق‌سازی در آب، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pourata et al., 2009). بنتازون به‌علت ماندگاری زیاد، زیست‌تخریب‌ناپذیری، سمیت و حلالت بالا، نگرانی‌های بسیاری برای محیط زیست ایجاد می‌کند (Njoku et al., 2014; Gholami et al., 2016). همچنین بنتازون از طریق مصرف خوراکی یا جذب پوستی برای انسان سمی است و می‌تواند منجر به التهاب چشم شود (Wei et al., 2016). به‌منظور از بین بردن اثرات مخرب بنتازون بر محیط زیست و بهداشت عمومی، مطالعاتی برای حذف بنتازون از آب‌های آلوده انجام شده است. (Ayrancı and Hoda, 2004) برای حذف بنتازون، روش جذب سطحی به کمک کربن فعال را مورد بررسی قرار دادند که بیشترین میزان جذب بنتازون ۷۵٪ در مدت ۲ ساعت گزارش شد. Mukherjee et al. (2016) با روش جذب زیستی توانستند علف‌کش بنتازون را در ۱۳۵ روز حدود ۲۵٪ حذف کنند. در پژوهشی

جدول ۱ ارائه شده است.

۲-۲- روش تهیه فتوکاتالیست

برای آماده‌سازی زئولیت ابتدا ناخالصی‌های همراه با بلورهای زئولیت، به روش‌های مکانیکی جدا و سپس با استفاده از هاون چینی، نمونه‌ها آسیاب و تبدیل به پودر شد. پودر حاصل با استفاده از غربال‌های استاندارد (ASTM) با اندازه $200\text{ }\mu\text{m}$ (ASTM) (با اندازه $400\text{ }\mu\text{m}$ الک شد، با آب دیونیزه شستشو و سپس در دمای محیط خشک شد. برای دست‌یابی به بیشترین بازده تخریب براساس آزمایش‌های غربال‌گری، نسبت مولی Fe^{3+} به TiO_2 برابر با مقدار بهینه 0.06 انتخاب و pH محلول در حدود 2 تنظیم شد (Wang et al., 2011). سایر نسبت‌های مولی Fe^{3+} به TiO_2 نشان داد که تخریب بنتازون کمتر است، به طوری که کاهش نسبت مولی Fe^{3+} به TiO_2 از 0.06 به 0.03 ، منجر به کاهش تخریب بنتازون از 80% تا 70% می‌شود. علاوه بر این، افزایش نسبت مولی Fe^{3+} به TiO_2 از 0.06 به 0.09 ، باعث کاهش تخریب بنتازون از 80% تا 65% می‌شود. به منظور سنتز کاتالیست به روش همرسوی شیمیایی، ابتدا 0.47 g پودر زئولیت آماده‌سازی شده، با آب مقطر دیونیزه مخلوط و تا دمای 70°C به آن حرارت داده شد. سپس تیتانیوم کلراید (0.0686 ml) و آهن کلراید (0.0609 g) به صورت همزمان به پودر زئولیت افزوده و مخلوط شدند. محلول تهیه شده در دمای 70°C به مدت 4 ساعت مورد اختلاط قرار گرفت. پس از آن محلول به مدت 12 ساعت در دمای محیط قرار گرفت تا واکنش‌ها به طور کامل انجام شود. سپس محصول تشکیل شده با آب دیونیزه شستشو داده شد و پس از آن به مدت 2 ساعت در دمای 80°C در آون خشک شد. در نهایت فرآیند کلیسیناسیون در کوره مافلی با دمای 400°C به مدت 2 ساعت انجام شد تا فتوکاتالیست آکسید تیتانیوم/آکسید آهن/زئولیت حاصل شود.

جدول ۱- مشخصات علف‌کش بنتازون (Njoku et al., 2014; Gholami et al., 2016)

نام علف‌کش	فرمول شیمیایی	ساختار علف‌کش	وزن مولکولی (g/mol)	حلالت در آب (mg/l)	حداکثر غلظت مجاز در آب آشامیدنی (mg/l)	طول موج حداکثر جذب (nm)
بنتازون	$\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_3\text{S}$		۲۴۰/۲۸	۵۷۰	۰/۰۳	۳۳۵

ارزان‌ترین زئولیت‌های طبیعی، کلینوپتیلوالایت است که دارای قابلیت جذب بالا، سازگاری با محیط و پایداری حرارتی تا دمای 800°C است (Faramarzpour et al., 2009).

در این پژوهش با درنظر گرفتن قابلیت فتوکاتالیستی نانوذرات اکسید آهن (Yalçın et al., 2010; Davari et al., 2017)، با ثابتیت همزمان نانو ذرات اکسید تیتانیوم و اکسید آهن بر زئولیت طبیعی ایرانی (کلینوپتیلوالایت)، فتوکاتالیستی با قدرت تخریب بیشتر سنتز شد. فتوکاتالیست سنتز شده پس از مشخصه‌یابی در یک راکتور اکسیداسیون پیشرفته به کار گرفته شد و اثر عوامل عملیاتی همچون غلظت آلاینده، غلظت هیدروژن پراکساید و pH اولیه محلول بر بازده فرآیند تخریب علف‌کش بنتازون مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد شیمیایی

مواد شیمیایی اصلی مورد استفاده برای آماده‌سازی فتوکاتالیست اکسید تیتانیوم/اکسید آهن بر پایه زئولیت طبیعی شامل تیتانیوم کلراید (Cas#812382) و آهن کلراید (Cas#803945) بود. سولفوریک اسید (Cas#7664939)، سدیم هیدروکسید (Cas#1310732) و هیدروژن پراکساید (Cas#822287) به ترتیب با خلوص 97% ، 95% و 90% در طی آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. مواد شیمیایی مصرفی در این پژوهش از شرکت مرک خردباری و زئولیت طبیعی ایرانی (کلینوپتیلوالایت) از معادن سمنان تهیه شد. همچنین از علف‌کش بنتازون با خلوص 97% درصد وزنی در آزمایش‌ها استفاده شد که مرکز تحقیقات گیاه‌پزشکی تهران این نمونه را در اختیار قرار داد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بنتازون در

۳-۲- مشخصه‌یابی فتوکاتالیست

به منظور تخریب فتوکاتالیستی علفکش بنتازون در راکتور اکسیداسیون پیشرفتۀ از روش سطح پاسخ استفاده شد. در این پژوهش مطابق با جدول ۲، عوامل عملیاتی شامل غلظت بنتازون، غلظت هیدروژن پراکساید و pH اولیه محلول مورد بررسی قرار گرفت. سایر عوامل نظیر دما ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) و شدت تابش لامپ UV (توان W ۶ و طول موج ۲۵۴ nm) ثابت فرض شدند و با توجه به آزمایش‌های غربال‌گری، مقادیر بهینه برای غلظت فتوکاتالیست در محدوده $1 - ۰/۲۵$ g/l و زمان ماند ۳۰ تا ۹۰ دقیقه به ترتیب برابر با $1/۰/۵$ و 60 دقیقه در نظر گرفته شد.

۲-۶- روند انجام آزمایش‌های اکسیداسیون پیشرفتۀ برای هر آزمایش، pH محلول بنتازون تنظیم و همراه با غلظت نانوفتوکاتالیست ($0/۵$ g/l) به محفوظه راکتور منتقل شد. pH محلول با استفاده از محلول‌های رقیق شده هیدروکلریک اسید UB- و سدیم هیدروکسید، با کمک یک pH سنج (مدل ۱۰ ساخت شرکت دنور) تنظیم شد. دمای واکنش با کمک چرخش آب در لوله‌های خنک‌کننده تعییه شده دور راکتور، در دمای 1°C ثابت 25 ± 1 g شد. به منظور جداسازی نانوذرات فتوکاتالیست در نمونه‌های سوسپانسیونی از سانتریفیوز مدل UniCen-Herolab ساخت شرکت هروبل آلمان) در زمان ۱۰ min و سرعت 5000 rpm استفاده شد. سپس غلظت خروجی بنتازون به روش اسپکتروفوتومتری با استفاده از منحنی کالیبراسیون در طول موج حداکثر جذب آن (۳۳۵ nm) تعیین شد. بازده تخریب علفکش بنتازون (E) از طریق معادله (۱) محاسبه شد که C_0 و C_e به ترتیب، غلظت‌های اولیه و نهایی بنتازون بر حسب mg/l هستند.

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \quad (1)$$

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مشخصه‌یابی فتوکاتالیست

۳-۱-۱- تحلیل XRD

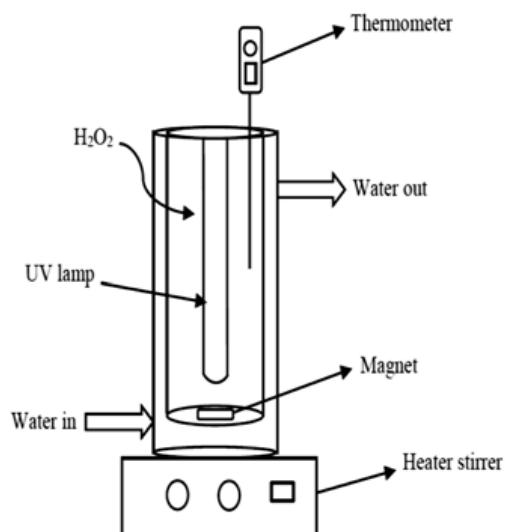
الگوهای XRD زئولیت طبیعی و فتوکاتالیست سنتز شده در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج شکل ۲ نشان داد که الگوی

۳-۲- مشخصه‌یابی فتوکاتالیست

برای مشخصه‌یابی فتوکاتالیست سنتز شده، تحلیل XRF با استفاده از دستگاه فلورسانس پرتوایکسی (مدل S4-Pioneer آلمان) و تحلیل XRD با دستگاه پراش‌سنجه پرتوایکسی (مدل D-8 Advance آلمان) تعیین شد. تحلیل FT-IR با طیفنگار فروسرخ تبدیل فوریه (مدل FT/IR-6300 ژاپن) انجام شد. عکس‌های میکروسکوپ الکترونی با دستگاه FE-SEM (مدل S-4160 ژاپن) با دقت 5 nm به دست آمد. همچنین شکل و ساختار زئولیت طبیعی و فتوکاتالیست سنتز شده، توسط یک دستگاه SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی، XL سری، فیلیپس XL30C) مجهز به تحلیل EDX (AIS2300C) مورد بررسی قرار گرفت.

۴- سامانه آزمایشگاهی

در این پژوهش از یک راکتور شیشه‌ای دو جداره به حجم 250 ml استفاده شد که از نوع ناپیوسته بود و توسط عبور آب از ژاکت دمای آن ثابت نگه داشته شد و برای اندازه‌گیری دما یک دما‌سنج دیجیتالی بر روی درب راکتور تعییه شده است. یکنواختی محلول در طول انجام واکنش با همزن مغناطیسی و مگنت تأمین شد. از یک لامپ UV به توان W ۶ و طول موج 254 nm در داخل راکتور استفاده شد. سامانه آزمایشگاهی مورد استفاده در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- سامانه آزمایشگاهی مورد استفاده

۲-۱-۳- تحلیل XRF

تحلیل‌های XRF زئولیت طبیعی و فتوکاتالیست سنتز شده در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که مقدار از پیش محاسبه شده نسبت مولی $\text{Fe}^{3+}/\text{TiO}_2$ به ۰/۰۶ با موفقیت به دست آمده و فتوکاتالیستی حاوی ۵۵ درصد وزنی اکسید تیتانیوم سنتز شده است. با تحلیل XRD، پیک مربوط به آهن به طور واضح قابل تشخیص نبوده که بهدلیل کم بودن میزان آهن است (Wang et al., 2011)، بهطوری که ۵۲/۳ درصد وزنی از فتوکاتالیست سنتز شده را آهن تشکیل می‌دهد.

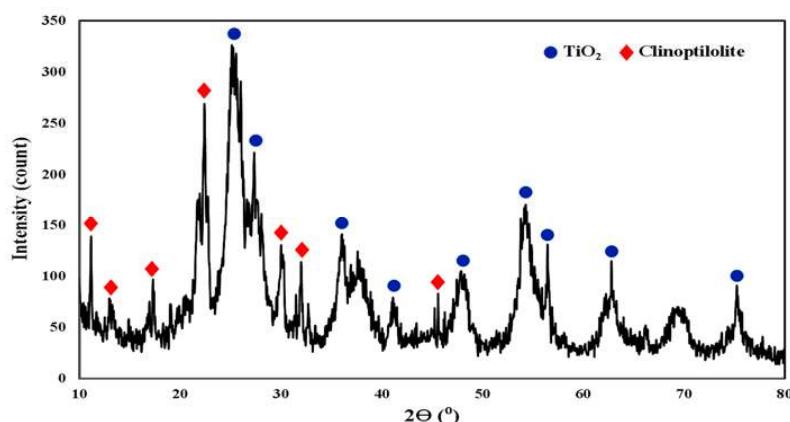
۳-۱-۳- تحلیل FT-IR

مطابق با شکل ۳ در طیف FT-IR، پیک‌های مربوط به زئولیت طبیعی در فتوکاتالیست نیز تکرار شده است. در فتوکاتالیست سنتز شده در مقایسه با زئولیت طبیعی، سه پیک اضافه در

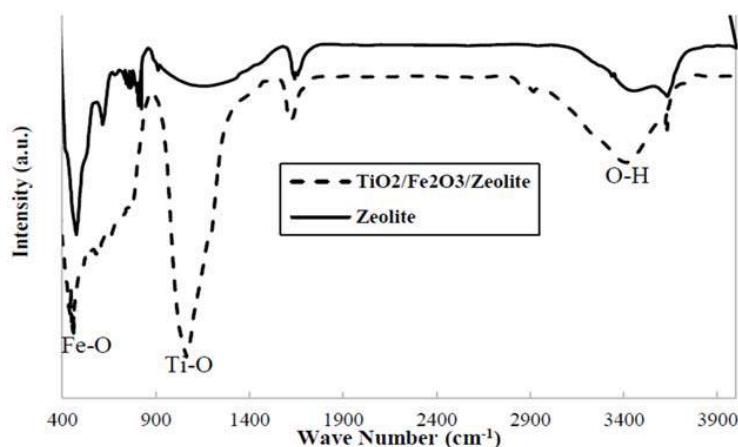
XRD زئولیت طبیعی در ۲۲/۳۱ و ۱۳/۰۱ و ۱۱/۳۵ = θ_2 دارد (پیک‌های اصلی است که با پیک‌های مراجع هم خوانی دارد (Korkuna et al., 2006)، اگرچه به علت تفاوت ساختار زئولیت طبیعی استخراج شده از منابع مختلف، تفاوت‌هایی در الگوی XRD آن‌ها مشاهده می‌شود. پیک‌های ۴/۵۴ و ۲/۲۷ در الگوی XRD فتوکاتالیست سنتز شده در شکل ۲ مرتبط با اکسید تیتانیوم قابل مشاهده است. موقعیت پیک‌های اصلی زئولیت طبیعی تقریباً بدون تغییر بوده که بیانگر ساختار زئولیت طبیعی به عنوان پایه‌ی کاتالیست است.

جدول ۲- عوامل و سطوح انتخابی در طراحی آزمایش‌ها

سطوح			عوامل
۴۰	۱۰	۱	(mg/l) غلظت علف کش بنتازون
۱۰۰	۵۰	۲۵	(mg/l) غلظت هیدروژن پراکساید
۱۰	۷	۴	pH اولیه محلول



شکل ۲- آنالیز XRD برای زئولیت طبیعی و فتوکاتالیست سنتز شده



شکل ۳- طیف FT-IR نمونه زئولیت طبیعی و فتوکاتالیست ترکیبی شامل اکسید تیتانیوم و اکسید آهن ثبت شده

جدول ۳- تحلیل XRF برای زئولیت طبیعی و فتوکاتالیست سنتز شده

ترکیب	زئولیت طبیعی (درصد وزنی)	فتوکاتالیست سنتز شده (درصد وزنی)
TiO ₂	۰/۱۹۸	۵۵/۵۰
Fe ₂ O ₃	۱/۴۶	۳/۵۰
SiO ₂	۷۹/۸۰	۲۲/۸۵
Al ₂ O ₃	۱۱/۵۳	۴/۹۵
Cl	-	۰/۷۵۵
Na ₂ O	۱/۹۳	۰/۸۸۳
K ₂ O	۱/۸۰	۰/۶۶۹
MgO	۱/۰۴	۰/۴۲۸
CaO	۱/۹۱	۰/۲۷۴
SO ₃	۰/۱۲۰	۰/۱۴۰
CuO	۰/۰۳۷	۰/۰۲۹
SrO	۰/۱۸۰	۰/۰۳۱
Total	۱۰۰	۱۰۰

است. در حدود ۲۰٪ از ذرات فتوکاتالیست دارای قطری معادل با ۱۰-۲۰ nm و کمترین سهم مربوط به ذرات فتوکاتالیست با قطر ۹۰ nm - ۸۰ است.

۲-۳- نتایج آزمایش‌های فتوکاتالیستی بنتازون و تحلیل واریانس داده‌ها

در این پژوهش تخریب بنتازون با استفاده از فتوکاتالیست سنتز شده در یک فتوکاتور و با تغییر عواملی نظیر غلظت محلول بنتازون، غلظت هیدروژن پراکساید و pH اولیه محلول در سه سطح مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۴ گردآوری شده است. بازده هریک از واکنش‌های فتوکاتالیستی (میانگین دو تکرار) به عنوان پاسخ گزارش شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج و بهینه‌سازی شرایط از نرم‌افزار Design Expert version 7.0.0 استفاده شد. در این مدل سازی در شرایط بهینه pH اولیه محلول، غلظت بنتازون و غلظت هیدروژن پراکساید به ترتیب برابر با ۱۰ mg/l و ۵۰ mg/l (بازده تخریب بنتازون ۹۸٪ حاصل شد و با حداکثر غلظت بنتازون ۴۰ mg/l) بازده تخریب به ۸۰٪ رسید.

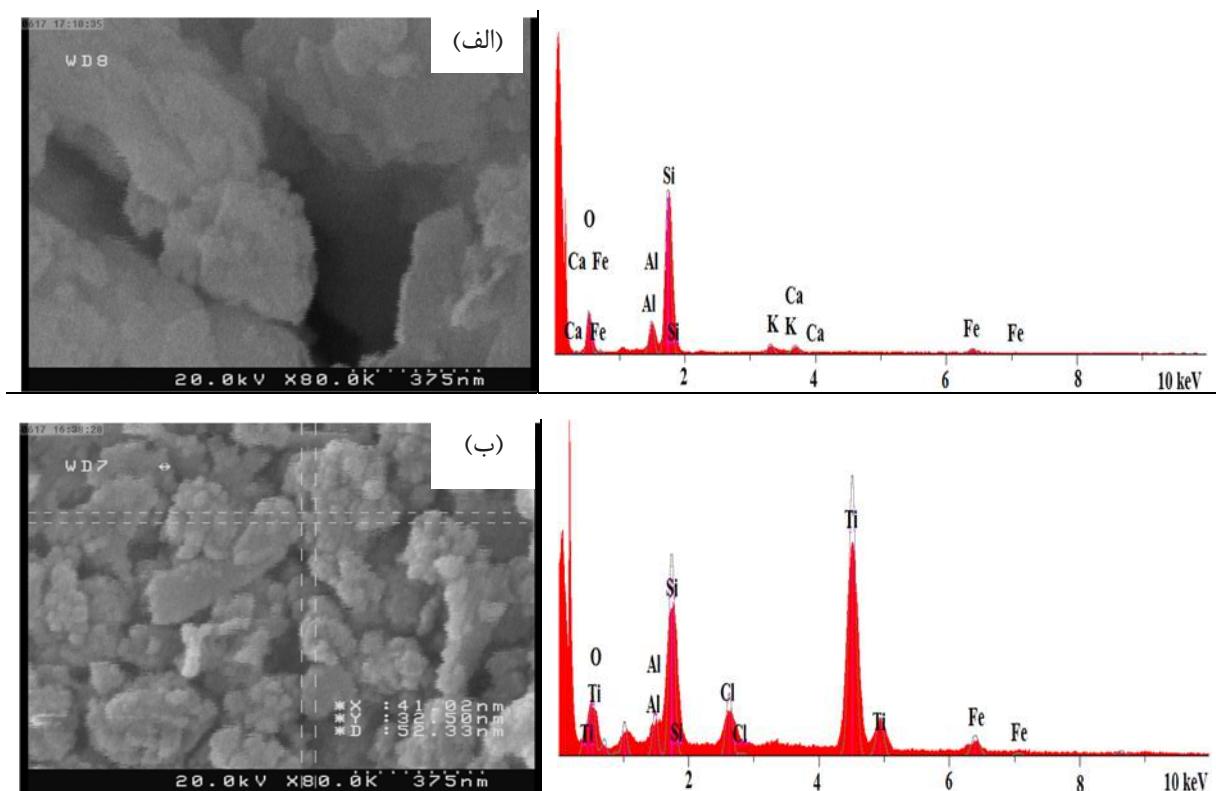
بعد از ثبت نتایج آزمایش‌های تخریب بنتازون در سامانه اکسیداسیون پیشرفته، تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از روش تحلیل واریانس صورت گرفت. نتایج تحلیل واریانس داده‌های حاصل از آزمایش در جدول ۵ ارائه شده است. ارزیابی و تحلیل

اعداد موج حدود ۱۱۰۰، ۵۶۰ و ۳۵۰۰ مشاهده می‌شود که به ترتیب مربوط به ارتعاش کششی گروه عاملی Fe-O نانو ذرات اکسید آهن (Battisha et al., 2006)، گروه عاملی Ti-O (Kannaiyan et al., 2010) و گروه هیدروکسیل O-H سطحی ذرات اکسید تیتانیوم و اکسید آهن است.

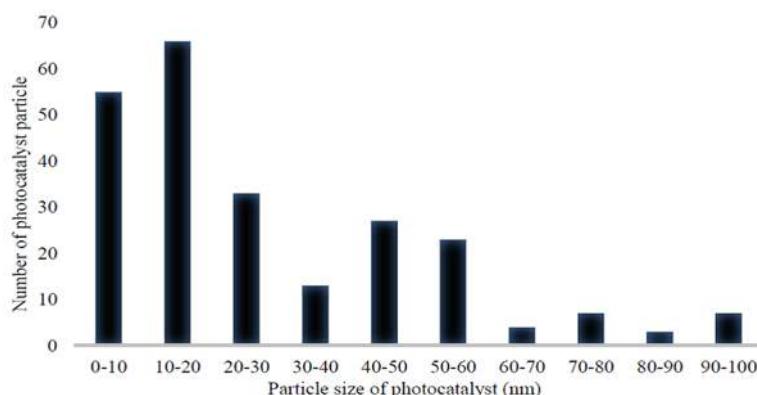
۴-۱-۳- تحلیل‌های EDX و FE-SEM

تصاویر FE-SEM و طیف EDX برای زئولیت طبیعی و فتوکاتالیست سنتز شده با مقیاس ۳۷۵ nm در شکل ۴ ارائه شده است. تصاویر FE-SEM در شکل ۴-الف، سطح صاف زئولیت طبیعی و شکل ۴-ب، سطح فتوکاتالیست سنتز شده را نشان می‌دهد که حضور نانو ذرات تثبیت شده (TiO₂) (Fe₂O₃) قابل ملاحظه است. براساس تصویر تهیه شده، اندازه تقریبی یک نمونه از نانوذرات تثبیت شده برابر با ۵۲ nm است. همچنین نتایج حاصل از طیف EDX، بارگذاری تیتانیوم و آهن (بر زئولیت طبیعی) را تأیید می‌کند.

قطر ذرات فتوکاتالیست سنتز شده با استفاده از نرم‌افزار ImageJ 1.44p اندازه‌گیری شد که در شکل ۵، نمودار توزیع اندازه ذرات فتوکاتالیست سنتز شده در این پژوهش، بین ۱ تا ۱۰۰ nm



شکل ۴- تصاویر FE-SEM و طیف EDX برای: (الف) زئولیت طبیعی و (ب) فتوکاتالیست سنتز شده



شکل ۵- توزیع اندازه ذرات فتوکاتالیست سنتز شده

برهمکنشی بین عوامل در این پژوهش وجود ندارد.

۳-۳- مدل استخراجی برای تخریب فتوکاتالیستی بنتازون
مدل آماری مرتبه دومی که طراحی Design Expert برای تخریب بنتازون در این پژوهش ارائه می‌دهد، در رابطه (۲) نشان داده شده است.

$$E = +61.67 - 27.75 * A + 4.87 * B + 3.88 * C \quad (2)$$

داده‌ها بر اساس مقدار P (به عنوان شاخص اهمیت عوامل) و مقدار F (شاخص اولویت تأثیرگذاری عوامل) انجام شد. بر اساس مبانی روش سطح پاسخ عواملی که آن‌ها کمتر از 0.05 باشد، جزء عوامل مؤثر به حساب می‌آیند. از طرفی مقدار F -value نشانگر میزان اثر هر عامل است؛ بنابراین مطابق با جدول ۵، غلظت محلول بنتازون، pH اولیه محلول و غلظت هیدروژن پراکساید عوامل مؤثر هستند و به ترتیب بیشترین اثر را بر بازده تخریب فتوکاتالیستی بنتازون دارند. همچنین

جدول ۴- نتایج تخریب فتوکاتالیستی بنتازون به روش سطح پاسخ

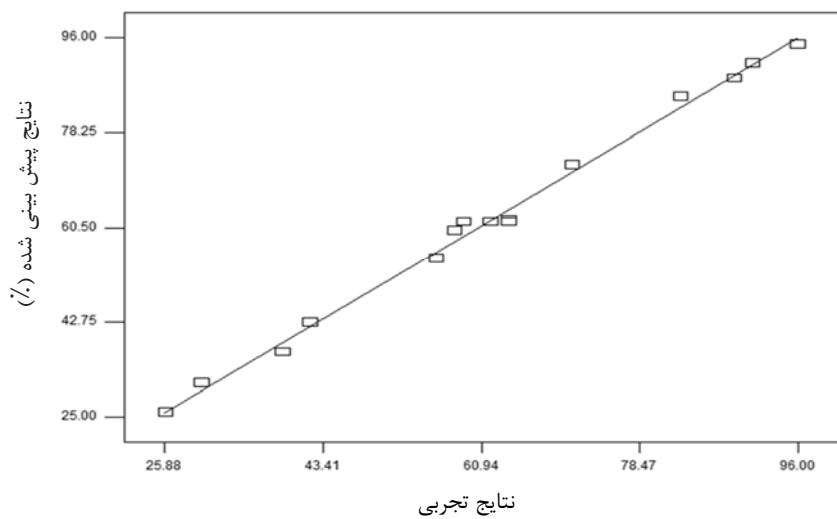
شماره آزمایش	pH	غلظت اولیه بنتازون (mg/l)	غلظت هیدروژن پراکساید (mg/l)	بازده تخریب (%) بنتازون
۱	۱۰ ± ۰/۰۱	۱ ± ۰/۰۵	۵۰ ± ۱	۹۱/۵ ± ۰/۲
۲	۷ ± ۰/۰۱	۴۰ ± ۰/۲۰	۱۰۰ ± ۱	۳۹/۱ ± ۰/۱
۳	۴ ± ۰/۰۱	۱ ± ۰/۰۵	۵۰ ± ۱	۸۹/۳ ± ۰/۲
۴	۱۰ ± ۰/۰۱	۴۰ ± ۰/۲۰	۵۰ ± ۱	۴۲/۵ ± ۰/۱
۵	۷ ± ۰/۰۱	۱۰ ± ۰/۱	۵۰ ± ۱	۶۲/۶ ± ۰/۲
۶	۷ ± ۰/۰۱	۱۰ ± ۰/۱	۵۰ ± ۱	۵۹/۷ ± ۰/۱
۷	۷ ± ۰/۰۱	۱ ± ۰/۰۵	۲۵ ± ۱	۸۳/۴ ± ۰/۳
۸	۱۰ ± ۰/۰۱	۱۰ ± ۰/۱	۲۵ ± ۱	۶۴/۱ ± ۰/۱
۹	۱۰ ± ۰/۰۱	۱۰ ± ۰/۱	۱۰۰ ± ۱	۷۱/۳ ± ۰/۲
۱۰	۷ ± ۰/۰۱	۱ ± ۰/۰۵	۱۰۰ ± ۱	۹۶/۲ ± ۰/۲
۱۱	۴ ± ۰/۰۱	۱۰ ± ۰/۱	۲۵ ± ۱	۵۶/۳ ± ۰/۱
۱۲	۷ ± ۰/۰۱	۱۰ ± ۰/۱	۵۰ ± ۱	۶۴/۲ ± ۰/۱
۱۳	۷ ± ۰/۰۱	۴۰ ± ۰/۲۰	۲۵ ± ۱	۳۰/۶ ± ۰/۱
۱۴	۴ ± ۰/۰۱	۴۰ ± ۰/۲۰	۵۰ ± ۱	۲۶/۱ ± ۰/۱
۱۵	۴ ± ۰/۰۱	۱ ± ۰/۰۵	۱۰۰ ± ۱	۵۸/۲ ± ۰/۲

جدول ۵- تحلیل واریانس داده‌ها برای تخریب فتوکاتالیستی بنتازون

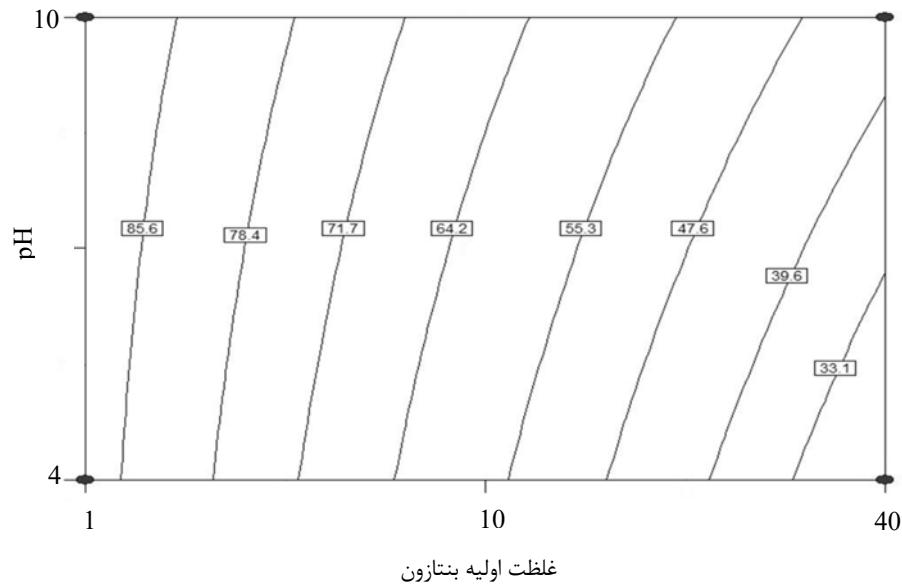
عامل	مجموع مربعات	درجه آزادی	مقدار F	مقدار P
مدل	۶۵۳۰/۵۸	۹	۷۲۵/۶۲	۰/۰۰۰۱<
غلظت محلول بنتازون	۶۱۶۰/۵۰	۱	۸۶۹/۷۲	۰/۰۰۰۱<
pH اولیه محلول	۱۹۰/۱۲	۱	۲۶/۸۴	۰/۰۰۳۵<
غلظت هیدروژن پراکساید	۱۲۰/۱۳	۱	۱۶/۹۶	۰/۰۰۹۲<
غلظت محلول بنتازون × pH	۴۹/۰۰	۱	۶/۹۲	۰/۰۶۶۵<
غلظت محلول بنتازون × غلظت هیدروژن پراکساید	۴/۰۰	۱	۰/۴۸۶۲<	۰/۳۹۰۷<
غلظت هیدروژن پراکساید × pH	۶/۲۵	۱	۰/۸۸	

(شکل ۶). همچنین مقدار R^2 اصلاح شده برابر ۰/۹۸ است که بیانگر دقت برآشش مدل است. با انجام آزمایش در شرایط واقعی، بازده تخریب بنتازون با غلظت‌های 1 mg/l و 10 mg/l بنتازون بهترتبیب برابر با 78% و 97% حاصل شد ($\text{pH} = 10$) و غلظت هیدروژن پراکساید برابر با 50 mg/l). همچنین داده‌های تجربی در شرایط بهینه فرآیندی نشان داد که غلظت فتوکاتالیست 1 g/l کارایی مناسب‌تری در تخریب بنتازون (97%) نسبت به مقدار 0.87 g/l و 0.25 g/l دارد.

که در آن A و B به ترتیب، غلظت محلول بنتازون، pH اولیه محلول، غلظت هیدروژن پراکساید و بازده تخریب بنتازون هستند. نتایج تجربی و نتایج پیش‌بینی شده از مدل برای بازده تخریب بنتازون در شکل ۶ ارائه شده است. برای نشان دادن تطابق خوب بین پاسخ‌های تجربی و پاسخ‌های پیش‌بینی شده توسط مدل، از معیار R^2 استفاده می‌شود که مقدار این متغیر بین صفر تا یک است. مقدار R^2 در مدل این پژوهش ۰/۹۰ است که نشان از تطابق خوب داده‌های تجربی با داده‌های پیش‌بینی شده از مدل دارد.



شکل ۶- نتایج تجربی (مربع‌ها) و نتایج پیش‌بینی شده از مدل (خط تیره) برای تخریب فتوکاتالیستی بنتازون



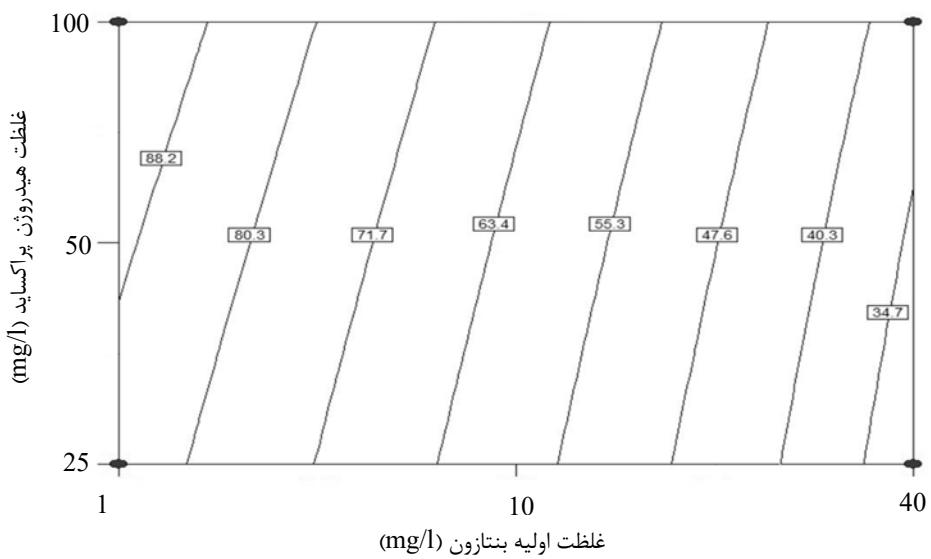
شکل ۷- بازده تخریب فتوکاتالیستی بنتازون بر حسب تغییرات غلظت اولیه بنتازون و pH

مولکول‌های بنتازون در سطح فتوکاتالیست افزایش می‌یابد که می‌تواند در کاهش تولید رادیکال‌های هیدروکسیل مؤثر باشد. نتایج این پژوهش با یافته‌های Seck et al. (2012) و Pourata et al. (2009) مطابقت دارد.

۳-۵- تأثیر pH بر تخریب فتوکاتالیستی بنتازون
همان‌طور که از شکل ۷ مشاهده می‌شود در pH بالا ($10 = \text{pH}$)، تخریب بنتازون به ۹۶٪ می‌رسد. به طور کلی با افزایش pH در غلظت ثابت بنتازون، میزان تخریب بنتازون افزایش می‌یابد. pH محلول در این پژوهش از عوامل مهم و تأثیرگذار

۴-۴- تأثیر غلظت اولیه علفکش بنتازون بر تخریب فتوکاتالیستی بنتازون

شکل ۷ نمودار خطوط هم‌تراز بازده واکنش را بر حسب تغییرات غلظت اولیه بنتازون و pH محلول نشان می‌دهد. مطابق شکل ۷، بیشترین بازده تخریب بنتازون در غلظت‌های پایین محلول بنتازون (1 mg/l) صورت می‌گیرد. علت این امر می‌تواند تولید ذرات حد واسطه بهدلیل افزایش غلظت بنتازون و اشغال سایتها فعال فتوکاتالیست توسط این ذرات باشد (Seck et al., 2012). با افزایش غلظت بنتازون، تعداد جذب



شکل ۸- بازده تخریب فتوکاتالیستی بنتازون بر حسب تغییرات غلظت اولیه بنتازون و غلظت هیدروژن پراکساید

۴- نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که فتوکاتالیست ترکیبی اکسید قیتانیوم و اکسید آهن بر پایه زئولیت طبیعی ایرانی (کلینوپیتیولایت) می‌تواند به عنوان روشی کارآمد برای تخریب بنتازون از فاضلاب‌های کشاورزی و منابع آبی مورد استفاده قرار گیرد. تحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزارهای آماری بر اساس روش سطح پاسخ بیانگر این است که افزایش غلظت هیدروژن پراکساید و pH محلول، بازده تخریب بنتازون را افزایش می‌دهد در حالی که با افزایش غلظت آلانینده، بازدهی تخریب کاهش می‌یابد.

۵- سپاسگزاری

این مقاله با همکاری و حمایت پژوهشکده محیط‌زیست دانشگاه اصفهان اجرا شده است. نویسنده‌گان این مقاله بدین‌وسیله مراتب تقدیر و سپاس‌گزاری خود را اعلام می‌نمایند.

۶- مراجع

Ahmad, R., Ahmad, Z., Khan, A.U., Mastoi, N.R., Aslam, M., and Kim, J., (2016), "Photocatalytic sys-

است (مطابق با مقادیر F و P در جدول ۵). pH محلول تأثیر مهمی بر فتوولیز هیدروژن پراکساید دارد، به طوری که مقدار فتوولیز هیدروژن پراکساید در pH بالا ($pH = 10$) افزایش می‌یابد. این امر می‌تواند به علت ضرب جذب مولی بالاتر آنیون پراکساید (HO_2^-) در $240 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ (254 nm) و در اثر جذب قسمت بار مثبت سطح فتوکاتالیست TiO_2 توسط قسمت بار منفی مولکول‌های بنتازون باشد (Mir et al., 2014). نتایج حاصل با پژوهش Beltran-Heredia هم‌خوانی دارد (Beltran-Heredia, 1996).

۳-۶-۳- تأثیر غلظت هیدروژن پراکساید بر تخریب فتوکاتالیستی بنتازون
نمودار خطوط هم‌تراز بازده واکنش بر حسب تغییرات غلظت اولیه بنتازون و غلظت هیدروژن پراکساید در شکل ۸ ارائه شده است. رابطه مستقیم pH و غلظت هیدروژن پراکساید با بازده تخریب بنتازون در شکل ۸ مشاهده می‌شود. با افزایش غلظت هیدروژن پراکساید، مقدار تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در اثر هیدرولیز مستقیم هیدروژن پراکساید افزایش می‌یابد که منجر به تخریب بیشتر بنتازون می‌شود (Chen and Liu, 2007). نتایج حاصل با یافته‌های Kruithof et al. (2003) و Seck et al. (2012) مطابقت دارد.

- catalysis of a herbicide (Bentazon)", *Desalination and Water Treatment*, 57, 13632-13644.
- Heijman, S.G.J. and Hopman, R., (1999), "Activated carbon filtration in drinking water production: model prediction and new concepts", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 151, 303-310.
- Homem, V., and Santos, L., (2011), "Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices – A review", *Journal of Environmental Management*, 92, 2304-2347.
- Jonidi-Jafari, A., Shirzad-Siboni, M., Yang, J.-K., Naimi-Joubani, M., and Farrokhi, M., (2015), "Photocatalytic degradation of diazinon with illuminated ZnO-TiO₂ composite", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 50, 100-107.
- Kannaiyan, D., Kochuveedu, S.T., Jang, Y.H., Jang, Y.J., Lee, J.Y., Lee, J., Lee, J., Kim, J., and Kim, D.H., (2010), "Enhanced photophysical properties of nanopatterned titania nanodots/nanowires upon hybridization with silica via block copolymer templated sol-gel process", *Polymers*, 2, 490.
- Kaur, T., Toor, A.P., and Wanchoo, R.K., (2015), "UV-assisted degradation of propiconazole in a TiO₂ aqueous suspension: identification of transformation products and the reaction pathway using GC/MS", *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 95, 494-507.
- Korkuna, O., Leboda, R., Skubiszewska-Zie'ba, J., Vrublev's'ka, T., Gun'ko, V.M., and Ryczkowski, J., (2006), "Structural and physicochemical properties of natural zeolites: clinoptilolite and mordenite", *Microporous and Mesoporous Materials*, 87, 243-254.
- Kruithof, J.C., Kamp, P.C., Lute, N.W., Belosevic, M., and Williams, G., (2003), "Implementation of UV/H₂O₂ treatment for inactivation of microorganisms and pesticide control", *2nd International Congress on Ultraviolet Technologies*, Vienna, Austria.
- Mahamuni, N.N., and Adewuyi, Y.G., (2010), "Advanced oxidation processes (AOPs) involving ultrasound for waste water treatment: A review with emphasis on cost estimation", *Ultrasonics Sonochemistry*, 17, 990-1003.
- Mir, N.A., Haque, M.M., Khan, A., Muneer, M., and Vijayalakshmi, S., (2014) "Photocatalytic degradation of herbicide Bentazone in aqueous suspension of TiO₂: Mineralization, identification of intermediates and reaction pathways", *Environmental Technology*, 35, 407-415.
- Mukherjee, S., Tappe, W., Weihermueller, L., Hofmann, D., Köppchen, S., Laabs, V., Schroeder, T., Vereecken, H., and Burauel, P., (2016), "Dissipation of bentazone, pyrimethanil and boscalid in biochar tems as an advanced environmental remediation: Recent developments, limitations and new avenues for applications", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4, 4143-4164.
- Arimi, A., Farhadian, M., Solaimany Nazar, A.R., and Homayoonfal, M., (2016), "Assessment of operating parameters for photocatalytic degradation of a textile dye by Fe₂O₃/TiO₂/clinoptilolite nanocatalyst using Taguchi experimental design", *Research on Chemical Intermediates*, 42, 4021-4040.
- Ayrancı, E., and Hoda, N., (2004), "Adsorption of bentazon and propanil from aqueous solutions at the high area activated carbon-cloth", *Chemosphere*, 57, 755-762.
- Battisha, I.K., Afify, H.H., and Ibrahim, M., (2006), "Synthesis of Fe₂O₃ concentrations and sintering temperature on FTIR and magnetic susceptibility measured from 4 to 300K of monolith silica gel prepared by sol-gel technique", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 306, 211-217.
- Beltran-Heredia, J., (1996), "Photolytic decomposition of bentazone", *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 66(2), 206-212.
- Chen, S., and Liu, Y., (2007), "Study on the photocatalytic degradation of glyphosate by TiO₂ photocatalyst", *Chemosphere*, 67, 1010-1017.
- Davari, N., Farhadian, M., Solaimany Nazar, A.R., and Homayoonfal, M., (2017), "Metronidazole degradation from contaminated water using TiO₂/Fe₂O₃/clinoptilolite nanophotocatalyst", *Iranian Chemical Engineering Journal*, 15, 51, (In Persian).
- De, A., Bose, R., Kumar, A., and Mozumdar, S., (2014), Chapter 2: Worldwide Pesticide Use. *Targeted Delivery of Pesticides Using Biodegradable Polymeric Nanoparticles, Chapter 2: Worldwide pesticide use*, Springer Briefs in Molecular Science.
- Esmaili, Z., Cheshmberah, F., Solaimany Nazar, A.R., and Farhadian, M., (2017), "Treatment of florfenicol of synthetic trout fish farm wastewater through nanofiltration and photocatalyst oxidation", *Environmental Technology*, 38, 2040-2047.
- Fadaei, A., Dehghani, M.H., Nasseri, S., Mahvi, A.H., Rastkari, N., and Shayeghi, M., (2012), "Organophosphorous pesticides in surface water of Iran", *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88, 867-869.
- Faramarzpour, M., Vossoughi, M., and Borghei, M., (2009), "Photocatalytic degradation of furfural by titania nanoparticles in a floating-bed photoreactor", *Chemical Engineering Journal*, 146, 79-85.
- Gholami, M., Shirzad-Siboni, M., Farzadkia, M., and Yang, J.-K., (2016) "Synthesis, characterization, and application of ZnO/TiO₂ nanocomposite for photo-

and digestate based soil mixtures for biopurification systems”, *Science of The Total Environment*, 544, 192-202.

Njoku, V.O., Islam, M.A., Asif, M., and Hameed, B.H., (2014), “Utilization of sky fruit husk agricultural waste to produce high quality activated carbon for the herbicide bentazon adsorption”, *Chemical Engineering Journal*, 251, 183-191.

Pourata, R., Khataee, A.R., Aber, S., and Daneshvar, N., (2009), “Removal of the herbicide Bentazon from contaminated water in the presence of synthesized nanocrystalline TiO₂ powders under irradiation of UV-C light”, *Desalination*, 249, 301-307.

Seck, E.I., Doña-Rodríguez, J.M., Fernández-Rodríguez, C., González-Díaz, O.M., Araña, J., and Pérez-Peña, J., (2012), “Photocatalytical removal of bentazon using commercial and sol-gel synthesized nanocrystalline TiO₂: Operational parameters optimization and toxicity studies”, *Chemical Engineering Journal*, 203, 52-62.

Wang, C., Shi, H., and Li, Y., (2011) “Synthesis and characteristics of natural zeolite supported Fe³⁺-TiO₂ photocatalysts”, *Applied Surface Science*, 257, 6873-6877.

Wei, X., Gao, N., Li, C., Deng, Y., Zhou, S., and Li, L., (2016), “Zero-valent iron (ZVI) activation of persulfate (PS) for oxidation of bentazon in water”, *Chemical Engineering Journal*, 285, 660-670.

Yalçın, Y., Kılıç, M., and Çınar, Z., (2010), “Fe⁺³-doped TiO₂: A combined experimental and computational approach to the evaluation of visible light activity”, *Applied Catalysis B: Environmental*, 99, 469-477.

Zazouli, M.A., Ghanbari, F., Yousefi, M., and Madihi-Bidgoli, S., (2017), “Photocatalytic degradation of food dye by Fe₃O₄-TiO₂ nanoparticles in presence of peroxymonosulfate: The effect of UV sources”, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5, 2459-2468.

The Investigation of Using Biological and Chemical Oxidation Combination Effect on Wastewater Treatment

Reza Irani¹, Ali Baradar Khoshfetrat² and Davood Kahforoushan^{3*}

1- M.Sc. in Chemical Engineering, Biotechnology, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran.

2- Associated Professor, Department of Membrane and Biotechnology, Faculty of Chemical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran.

3- Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Chemical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran.

* Corresponding Author, Email: kahforoushan@sut.ac.ir

Received: 4/9/2017

Revised: 2/12/2017

Accepted: 3/12/2017

Abstract

Recently, the use of hybrid techniques is taken into consideration in wastewater treatment to achieve a high efficiency and effective removal of contaminants especially for resistant contaminants. In this research, the process of a combination of chemical oxidation by ozone and biological oxidation by aerobic attached growth bioreactor in the different modes for treating of wastewater were studied. At first, the performance of aerobic biological reactor was alone studied. Synthetic wastewater (sodium acetate as carbon source and ammonium chloride as a source of nitrogen) with the initial COD of 300 mg/L and the ratio of carbon to nitrogen of 10 was used. The results showed that there is a complete nitrification in bioreactor and COD removal efficiency is 89%. When using ozone oxidation before biotreatment, it was seen that the efficiency of COD removal increased to 94.0% and TSS was achieved to 75 mg/L in output. In the next step, the ozonation was used after biotreatment and it was observed that COD removal efficiency increased to 97.0% and the amount of TSS also decreased to 35 mg/L in output. In the final step, ozonation was used simultaneously before and after biotreatment as pretreatment as well as final treatment. In this mode, the results showed that the efficiency of COD removal in the output of the system increased to 98.3% and the value of TSS was declined to 20 mg/L.

Keywords: Aerobic attached growth bioreactor, Combined treatment, Nitrification, Ozonation, Wastewater treatment.

مطالعه تاثیر استفاده از فرآیند ترکیبی ازناسیون و بیولوژیکی در تصفیه فاضلاب

* رضا ایرانی^۱, علی برادر خوش فطرت^۲ و داود کاهفروشان^۳

۱- کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

۲- دانشیار، گروه بافت و بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: kahforoushan@sut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱۳

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۹/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۲

چکیده

در حال حاضر استفاده از روش‌های ترکیبی برای رسیدن به بازده بالا در تصفیه فاضلاب‌ها و حذف موثر آلاینده‌ها بخصوص آلاینده‌های مقاوم مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق به صورت آزمایشگاهی، فرآیند ترکیبی ازناسیون توسط ازن و اکسیداسیون بیولوژیکی توسط راکتور بیولوژیک چسبیده هوازی در حالت‌های مختلف برای تصفیه فاضلاب مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا عملکرد راکتور بیولوژیک رشد چسبیده هوازی به تهایی بررسی شد. فاضلاب سنتزی (استات سدیم به عنوان منبع کربن و آمونیوم کلراید به عنوان منبع نیتروژن) با ۳۰۰ mg/L COD اولیه و نسبت کربن به نیتروژن برابر با ۱۰ مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که نیتریفیکاسیون در بیوراکتور به طور کامل انجام گرفته و راندمان حذف COD برابر ۸۹٪ است. وقتی از ازن به عنوان پیش‌تصفیه قبل از بیوراکتور استفاده شد، مشاهده شد که راندمان حذف COD در خروجی سیستم به ۹۴٪ افزایش و مقدار TSS نیز به ۷۵ mg/L کاهش یافت. در مرحله بعد ازناسیون به عنوان تصفیه نهایی بعد از بیوراکتور انجام و مشاهده شد که راندمان حذف COD در خروجی سیستم به ۹۷٪ افزایش و مقدار TSS نیز به ۳۵ mg/L کاهش یافت. در مرحله آخر، ازناسیون به طور همزمان هم به عنوان پیش‌تصفیه قبل از بیوراکتور و هم به عنوان تصفیه نهایی بعد از بیوراکتور استفاده شد، مشاهده شد که راندمان حذف COD در خروجی سیستم به ۹۸٪ افزایش و مقدار TSS نیز به ۲۰ mg/L کاهش یافت.

کلمات کلیدی: بیوراکتور رشد چسبیده هوازی، ازناسیون، نیتریفیکاسیون، تصفیه تلفیقی، تصفیه فاضلاب.

ساختاری مشابه ترکیبات اولیه غیرقابل تجزیه بیولوژیکی یا ترکیبات سمی اولیه باشند (Izanloo et al., 2006).

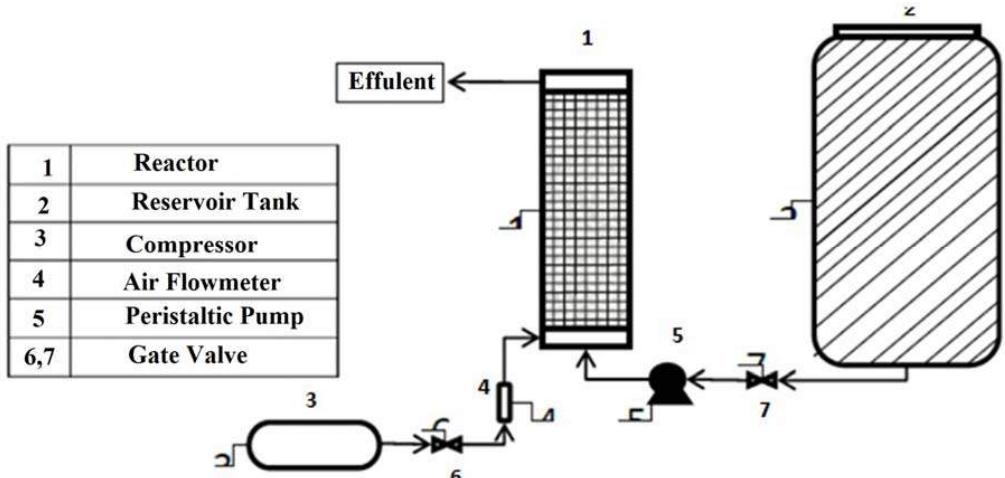
در مورد روش ترکیبی تصفیه بیولوژیکی و ازناسیون مطالعات زیادی صورت گرفته است. به عنوان نمونه در مطالعه‌ای که در زمینه حذف ریزآلاینده‌های مقاوم موجود از جمله مواد دارویی و Schaar et al. (2010) بهداشتی در فاضلاب کشور استرالیا توسط (Schaar et al. 2010) صورت گرفت، نتایج نشان داد که بازده حذف ریزآلاینده‌ها به میزان زیادی نسبت به فرآیند بیولوژیکی تنها افزایش یافته است. در تحقیق دیگری (Zhang et al. 2010) برای تصفیه فاضلاب حاصل از ککسازی از ترکیب فرایند ازناسیون و فیلتر هواده‌ی شده بیولوژیکی استفاده کردند و نشان دادند که در این روش حذف مواد آلی نسبت به روش تصفیه بیولوژیکی تنها افزایش می‌یابد. در تحقیق دیگری توسط Beltran-Heredia et al. (2000) در زمینه تصفیه فاضلاب شستشوی زیتون سیاه با استفاده از فرآیند بیولوژیکی هوازی و ترکیب دو مرحله پیش‌تصفیه ازناسیون و مرحله تخریب بیولوژیکی هوازی، نتایج حاصل نشان‌دهنده افزایش بازده حذف ترکیبات فنولی و COD در فرایند ترکیبی تخریب بیولوژیکی و ازناسیون بود. همین‌طور تحقیقاتی در راستای حذف مواد دارویی و رایحه‌های مشک با استفاده از فرایند ازناسیون و فرایند ترکیبی ازناسیون و UV توسط (Ternes et al. 2003) صورت گرفته است که نتایج بیانگر عملکرد راکتور غوطه‌ور رشد چسبیده هوازی در تصفیه فاضلاب مشک بود.

هدف از این تحقیق مطالعه تاثیر ترکیب روش ازناسیون و بیولوژیکی در حذف بار آلی فاضلاب‌ها است. بنابراین تاثیر روش ازناسیون به عنوان یک روش اکسیداسیون شیمیایی بر روی عملکرد راکتور غوطه‌ور رشد چسبیده هوازی در تصفیه فاضلاب مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق از یک سیستم پایلوت بیولوژیکی به صورت ظرف استوانه‌ای به قطر داخلی ۱۲ و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر و حجم کل ۵/۷ لیتر از جنس پلکسی گلاس به منظور انجام آزمون‌های تصفیه بیولوژیکی استفاده شد. در شکل ۱ نمودار بخش‌های مختلف سیستم پایلوت استفاده شده برای انجام آزمایشات ارائه شده است. در پایلوت به کار رفته جریان پساب و هوای ورودی به راکتور به صورت هم‌جهت و از پایین به بالا انتخاب شد. عمل

روش‌های اکسیداسیون شیمیایی به عنوان تکنولوژی‌های با توانایی بالا جهت حذف آلاینده‌های آلی که قابل حذف با روش‌های مرسوم بیولوژیکی نیستند مطرح شده‌اند. اما علی‌رغم کارایی بالای سیستم اکسیداسیون شیمیایی در مقایسه با سیستم‌های بیولوژیکی این سیستم‌ها معمولاً هزینه بالای دارند. بنابراین ترکیب این روش با روش‌های بیولوژیکی به طور موثری می‌تواند کارآیی و هزینه‌های عملیاتی آنها را کاهش دهد (Schaar et al., 2010). ترکیب روش‌های ازناسیون به عنوان پیش‌تصفیه یا تصفیه نهایی بعد از عملیات بیولوژیکی در مورد گستره وسیعی از پساب‌های صنعتی واقعی و سنتزی به کار رفته است. در اکثر این دو روش در افزایش بازده سیستم موثر بوده است (Van Haandel and Lettinga, 1994). استراتژی‌های مختلف در ترکیب فراینده بیولوژیکی و ازناسیون به صورت‌های شیمیایی - بیولوژیکی، بیولوژیکی - شیمیایی و یا بیولوژیکی - شیمیایی - بیولوژیکی که به اختصار به ترتیب BIO-CHEM، BIO-CHEM-BIO اثربخشی و هزینه‌های هر کدام از این روش‌ها باید به طور مستقل مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد (Klauson et al., 2015). یکی از کاربردهای جالب، استفاده از فرآیندهای اکسیداسیون برای پیش‌تصفیه به منظور تبدیل ترکیبات آلی مقاوم به ترکیبات تجزیه‌پذیر بیولوژیکی و حذف در فرآیندهای اکسیداسیون بیولوژیکی با هزینه‌های پایین است (Cohen, 2001). مطالعات نشان می‌دهد که تجزیه‌پذیری بیولوژیکی پساب‌ها هنگامی که در معرض پیش‌تصفیه توسط اکسیداسیون شیمیایی قرار می‌گیرند تغییر می‌کند (Oller et al., 2011). نقش اصلی پیش‌تصفیه شیمیایی، تبدیل قسمت مقام به تجزیه بیولوژیکی فاضلاب‌ها به حد واسطه‌های قابل تجزیه بیولوژیکی است درصد حذف در طول مرحله پیش‌تصفیه شیمیایی به دلیل کاهش دادن هزینه‌های غیرضروری مربوط به مواد شیمیایی مصرفی و انرژی (هزینه عملیاتی) باید حداقل شود (Oller et al., 2011). از آنجا که ۶۰٪ کل هزینه عملیاتی راکتورهای فتوکاتالیستی مربوط به مصرف الکتریسیته است، بحث انرژی بسیار مهم می‌باشد. با این حال چنان‌چه زمان پیش‌تصفیه خیلی کوتاه باشد حد واسطه‌های واکنشی تشکیل شده می‌توانند از لحاظ



شکل ۱- نمودار بخش‌های مختلف سیستم پایلوت استفاده شده برای انجام آزمایشات

اندازه‌گیری، COD اولیه فاضلاب سنتزی 300 mg/L تعیین شد. مقدار N بر حسب آمونیوم و مقدار P بر حسب فسفات دی‌هیدروژن پتابسیم با توجه به مقدار COD و نسبت بیان شده، به ترتیب 6 mg/L و 30 mg/L در نظر گرفته شد.

در مراحل آزمون تصفیه بیولوژیکی، به منظور فراهم کردن بستر رشد میکروبی در داخل راکتور، از مواد پرکننده ویژه‌ای استفاده شد. سبکی وزن، رنگ روشن، سطح مخصوص زیاد، سهولت تشکیل بیوفیلم و مقاومت مناسب در شرایط مختلف از ویژگی‌های مهم این مواد به شمار می‌روند (Jou et al., 2003). مشخصات این مواد در جدول ۱ داده شده است. از یک پمپ پریستالتیک برای تزریق فاضلاب به داخل بیوراکتور استفاده شده است.

اولین مرحله انجام این تحقیق، مرحله نصب و راهاندازی راکتور غوطه‌ور رشد چسبیده بود که به مدت ۱۵ روز به طول انجامید. در این مرحله پس از نصب قطعات و آببندی راکتور، مواد بستر در درون راکتور قرار داده شد، سپس با استفاده از یک پمپ پریستالتیک نیمی از راکتور با لجن تهیه شده از سیستم لجن فعال تصفیه‌خانه تبریز پر شد. در مرحله راهاندازی راکتور به دلیل آن که هدف رشد میکروگانیسم‌ها و تشکیل بیوفیلم است، از فاضلاب طبیعی شهر تبریز که مرحله تصفیه مقدماتی در تصفیه‌خانه بر روی آن انجام شده است و در مرحله ورود به تصفیه بیولوژیک است، خوراک راکتور تهیه شد. انتخاب خوراک طبیعی برای مرحله راهاندازی به دلیل سازگاری بیشتر میکروگانیسم تهیه شده با خوراک بود. در مرحله راهاندازی، خوراک به صورت ناپیوسته و هر ۱۲ ساعت با قطع هوای

هواده‌ی توسط توزیع کننده‌های تعییه شده در کف و جریان پساب ورودی توسط پمپ انجام شد. با استفاده از یک فلومتر شیشه‌ای مدرج، دبی هوای ورودی در مقدار 6 L/min تنظیم شد. از مخزن پلی‌اتیلنی با ظرفیت 50 لیتر برای ذخیره پساب ورودی به سیستم و تأمین آن در طول شباهنگی اعمال شده است. این مخزن مناسب با بار هیدرولیکی اعمال شده مورد استفاده قرار گرفت. مخزن مجهز به درپوش بدون درز و شیر خروجی بود. کلیه مراحل انجام تحقیق با استفاده از فاضلاب سنتزی صورت گرفته که برای تهیه فاضلاب سنتزی از استات سدیم به عنوان منبع کربن و از آمونیوم کلراید به عنوان منبع نیتروژن با نسبت کربن به نیتروژن برابر با 10 استفاده شد. همچنین از KH_2PO_4 به عنوان منبع فسفر استفاده شد. پس از

جدول ۱- مشخصات مواد پرکننده در بیوراکتور

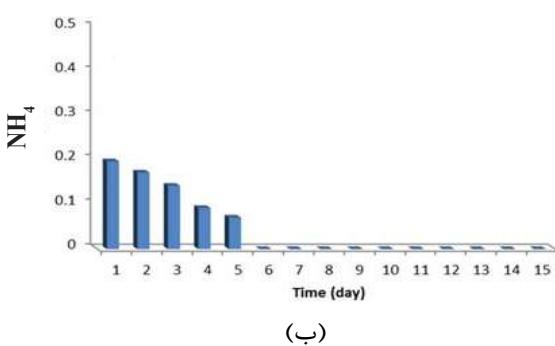
مقدار	ویژگی
پلی‌پروپیلن	جنس
۲۲	قطر داخلی (mm)
۲۳/۸	قطر خارجی (mm)
۲۶/۱	ارتفاع (mm)
۳۷۵۵	سطح هر قطعه (mm^2)
۱۱/۶	حجم هر قطعه (cm^3)
۳۲۴	نسبت سطح به حجم
۱۵۰	تعداد قطعه داخل راکتور
۸۷۵	تخلخل
۰/۵۶۳	سطح کل بستر (m^2)

برابر 1 g/hr بود. زمان ازناسیون نیز نیم ساعت درنظر گرفته شد. برای مهار کردن ازن موجود در هوای خروجی از راکتور، هوای خروجی به محلول ۲ درصد KI هدایت شد. هوای مورد نیاز دستگاه ازن توسط کپسول اکسیژن تامین شده و برای خشک کردن آن، هوا ابتدا از بستری از سیلیکاژل عبور داده شد. همچنین برای تنظیم میزان جریان هوای ورودی به دستگاه از یک رگلاتور دستی استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- عملکرد راکتور بیولوژیکی

با توجه به این که این مرحله تحقیق بررسی عملکرد تکی راکتور بیولوژیکی بود، بنابراین در این مرحله عملکرد راکتور غوطه‌ور رشد چسبیده به تهایی مورد بررسی قرار گرفت. زمان ماند هیدرولیکی ۵ ساعت و بار آلی ورودی به راکتور $1/44 \text{ Kg/m}^3\text{.d}$ و دبی هوای ورودی به راکتور L/min ۶ درنظر گرفته شده است. در شکل ۲-الف و ۲-ب) به ترتیب تعییرات COD و آمونیوم در طول زمان راهاندازی آمده است. در تمامی روزهای این مرحله مقدار DO همواره بالاتر از ۴ بود. بنابراین می‌توان بیان کرد که هیچ محدودیتی در اکسیژن وجود ندارد. pH نیز نسبت به ورودی کاهش یافته است و این کاهش دلیلی بر انجام نیتریفیکاسیون است. میزان حذف بار آلی بر اساس داده‌های ۴ روز انتهایی مرحله اول $\% ۸۹$ بود. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند در داده‌های COD روز آمد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند در داده‌های COD روز ۸ و ۱۱ اختلالاتی در هوادهی و خوراک‌دهی به راکتور رخ داد که منجر به داشتن اختلاف این داده‌ها با دیگر داده‌ها شد.

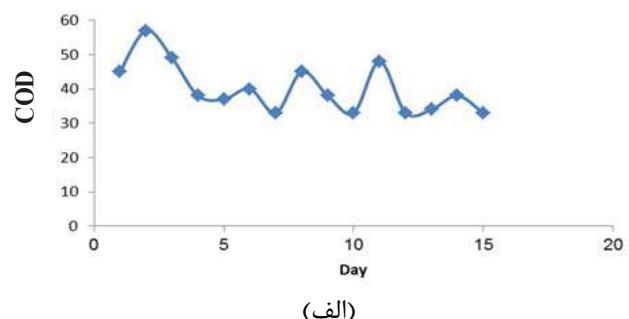


(ب)

شکل ۲- عملکرد راکتور بیولوژیکی براساس غلظت خروجی پساب؛ الف) COD و ب) آمونیوم بر حسب mg/L

ورودی و اجزا تهنشینی میکروارگانیسم‌هایی که هنوز بر روی مواد بستر قرار نگرفته‌اند، به سیستم اضافه می‌شد. سپس با خالی کردن نیمی از راکتور و پر کردن آن با فاضلاب طبیعی تهیه شده و وصل کردن جریان هوا به اتمام می‌رسد. پس از تجمع توده بیولوژیک در اطراف مواد بستر به تدریج خوراک‌دهی از حالت ناپیوسته به حالا پیوسته تغییر یافت و خوراک از خوراک طبیعی به خوراک تهیه شده سنتزی تغییر حالت داد. این مرحله برای آماده‌سازی میکروارگانیسم‌ها و بیوفیلم کمی که تشکیل شده بود، به صورت تدریجی و در طول ۷ روز به طول انجامید. سپس فاضلاب سنتزی در چهار مرحله: ۱- راکتور غوطه‌ور رشد چسبیده به تهایی ۲- همراه با ازناسیون به عنوان پیش‌تصفیه ۳- ازناسیون به عنوان تصفیه نهایی ۴- ازناسیون هم‌زمان در ورودی و خروجی سیستم بیولوژیکی انجام و شاخص‌های عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در این تحقیق، مقدار کاهش COD و آمونیوم فاضلاب اولیه به عنوان شاخص‌های عملکرد سیستم در هر مرحله درنظر گرفته شدند. اندازه‌گیری COD به روش رفلاکس بسته و اندازه‌گیری آمونیوم به روش نسلر با استفاده از دستگاه طیفسنج نوری Unico، مدل 2100 ساخت کشور آلمان براساس روش‌های استاندارد آب و فاضلاب براساس APHA (۱۹۸۵) انجام گرفت (Guzel-Seydim et al., 2004) همچنین اکسیژن محلول در هر مرحله به صورت دستگاهی با استفاده از الکترود اندازه‌گیری اکسیژن محلول، مدل Cyber Scan DO 300 انجام گرفت. برای تولید و تزریق ازن به سیستم از ازن ژنراتور مدل Ozomatic lab 802 ساخت کشور آلمان استفاده شد. ازن تولید شده از دستگاه با نرخ مورد نظر از طریق یک پخش‌کننده به پایین راکتور تزریق و پخش می‌شود. نرخ ازن استفاده شده ثابت و



(الف)

۲-۳-۱- عملکرد راکتور بیولوژیکی همراه با ازناسیون به عنوان پیش تصفیه توانسته راندمان حذف COD را حتی نسبت به مرحله دوم افزایش دهد. نتایج به دست آمده از تحلیل آمونیوم نیز شبیه مراحل قبلی است و تفاوت در این است که از همان روز اول بیوراکتور به تنها یی توانست نیتروژن را به طور کامل حذف کند.

۲-۳-۲- عملکرد راکتور بیولوژیکی همراه با ازناسیون همزمان در ورودی و خروجی

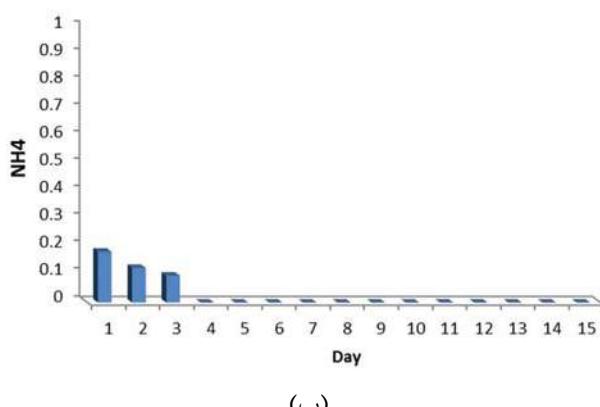
در این مرحله روش مراحل دوم و سوم به طور همزمان و با یکبار استفاده از ازن انجام شد. برای این منظور ابتدا خروجی از بیوراکتور را تحت ازناسیون قرار داده و خروجی فاز گاز آن به فاضلاب ورودی به بیوراکتور وصل شد. در این مرحله فاضلاب ورودی به بیوراکتور در حجم ۹/۵ لیتر و خروجی از بیوراکتور در حجم ۴/۵ لیتر تحت ازناسیون قرار داده شد. برای این منظور، یک راکتور جدید به سیستم اضافه شد. این راکتور از جنس پلکسی‌گلاس با حجم ۶ لیتر بود که ازن از پایین وارد راکتور شده و خروجی فاز گاز آن به راکتور ۹/۵ لیتری که حاوی فاضلاب ورودی است وصل شد. ازناسیون شبیه مراحل قبل به مدت نیم ساعت انجام شد. نمونه‌برداری نیز از خروجی راکتور ۴/۵ لیتری انجام شد. نتایج عملکرد سیستم در شکل ۵ آورده شده است. در این مرحله براساس داده‌های بدست آمده از ۴ روز آخر میزان میانگین بازده حذف بار آلی حدود ۹۸٪ به دست آمد که تقریباً شبیه مرحله قبل است. نتایج به دست آمده از تحلیل آمونیوم نیز شبیه مرحله سوم بود.

بر این اساس، نتایج نشان داد که تقریباً در مورد حذف

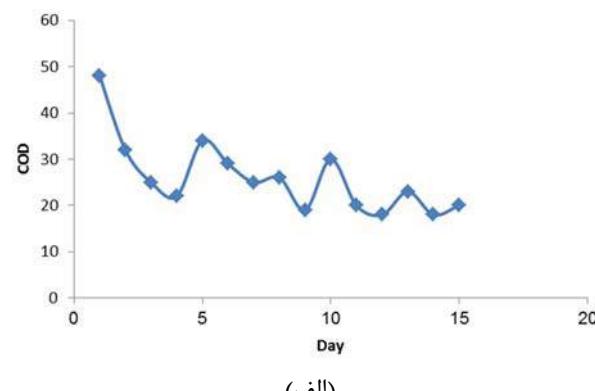
۲-۳-۲- عملکرد راکتور بیولوژیکی همراه با ازناسیون به عنوان پیش تصفیه در این مرحله تمامی شرایط شبیه مرحله اول می‌باشد و فقط فاضلاب سنتزی قبل از ورود به بیوراکتور به مدت نیم ساعت تحت ازناسیون قرار گرفته است. حجم فاضلابی که تحت ازناسیون قرار گرفته ۹ لیتر بوده که با توجه به مقدار HRT، هر ۸ ساعت یکبار ازناسیون انجام گرفت و نمونه‌برداری از خروجی بیوراکتور انجام گرفت. نتایج عملکرد سیستم در شکل ۳ آورده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند براساس داده‌های به دست آمده از ۴ روز آخر میزان میانگین بازده حذف بار آلی ۹۴٪ است. در واقع استفاده از ازن به عنوان پیش تصفیه راندمان حذف COD را به صورت محسوسی افزایش داده است. میزان حذف نیتروژن همانند مرحله قبل کامل است و بیوراکتور به تنها یی توانایی حذف کامل آمونیوم را دارد و در واقع نیتریفیکاسیون بطور کامل انجام گرفته است.

۲-۳-۳- عملکرد راکتور بیولوژیکی همراه با ازناسیون به عنوان پس تصفیه

در این مرحله نیز تمامی شرایط شبیه مراحل قبل بوده با این تفاوت که فقط خروجی بیوراکتور در حجم ۹ لیتر به مدت نیم ساعت تحت ازناسیون قرار گرفت و نمونه‌برداری از خروجی ازن راکتور انجام شد. نتایج عملکرد سیستم در شکل ۴ آورده شده است. در این مرحله با تزریق ازن در خروجی تصفیه بیولوژیکی بازده مقداری بیشتر از مراحل قبل شده و براساس داده‌های به دست آمده از ۴ روز آخر میزان میانگین بازده حذف بار آلی



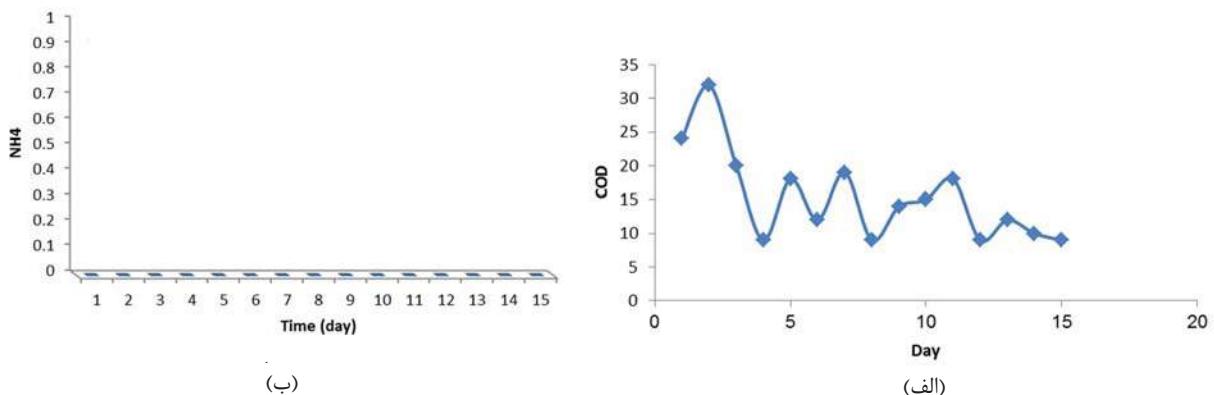
(ب)



(الف)

شکل ۳- عملکرد راکتور بیولوژیکی همراه با ازناسیون به عنوان پیش تصفیه بر اساس غلظت خروجی پساب؛

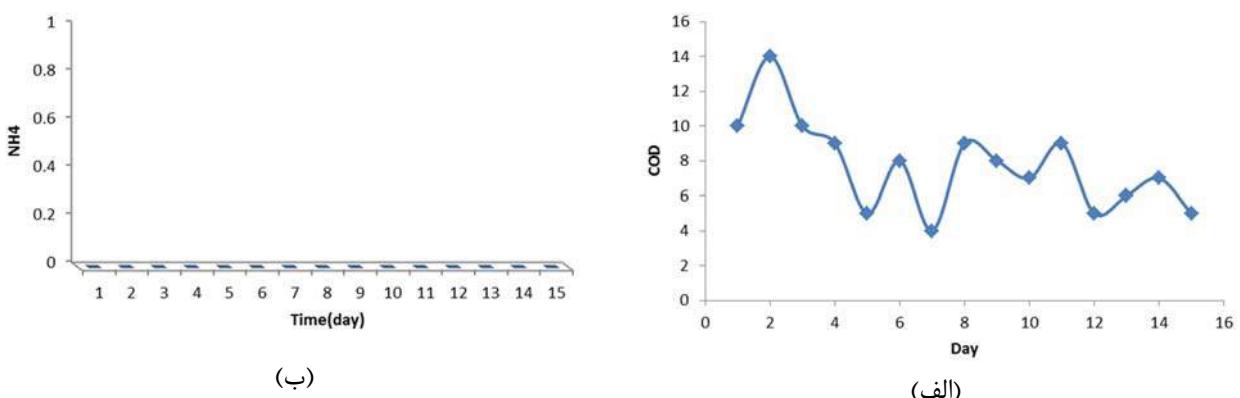
الف) COD و ب) آمونیوم بر حسب mg/L



شکل ۴- عملکرد راکتور بیولوژیکی همراه با ازناسیون در مرحله پس از تصفیه بر اساس غلظت خروجی پساب؛
الف) COD و ب) آمونیوم بر حسب mg/L

و به خصوص چنان‌چه به عنوان تصفیه نهایی پس از سیستم بیولوژیکی به کار رود می‌تواند یک راهکار مناسب برای حذف کامل ترکیبات آلی از یک فاضلاب محسوب می‌شود. در این میان آرایش‌های مختلف سیستم در افزایش یا کاهش مقدار بازده سیستم در حذف ترکیبات آلی تا حدی تاثیرگذار است، به این صورت که استفاده از ازناسیون در مرحله قبل و بعد از فرآیند بیولوژیکی به دلیل افزایش میزان اکسیداسیون ترکیبات آلی بالاترین بازده را دارد. در رتبه بعد بالاترین بازده مربوط به زمانی است که ازن به عنوان اکسیدکننده نهایی، بعد از مرحله بیولوژیکی استفاده شود. البته در مورد اخیر اختلاف حذف چندان با روش قبلی متفاوت نیست. در نهایت چنان‌چه از ازن به عنوان پیش‌تصفیه استفاده شود، بازده پایین خواهد بود. در مورد اخیر شاید تشکیل محصولات جانبی مقاوم به تجزیه دلیل

نیتروژن از فاضلاب، سیستم بیولوژیکی به تنها یکی کافی بوده و نیازی به ازناسیون احساس نمی‌شود. اما در مورد حذف COD تفاوت در بازده مراحل وجود دارد. برای مطالعه دقیق‌تر این موضوع نتایج هر چهار مرحله از لحاظ حذف COD با هم مقایسه و از تحلیل آماری به روش T-TEST برای سنجش اختلاف داده‌ها استفاده شد (Beltran-Heredia et al., 2000). در شکل ۶ مقادیر COD خروجی و مقدار p برای هر دو ارائه شده‌اند. براساس روش مذکور چنان‌چه p مربوط به دو مرحله کوچک‌تر از ۰/۰۵ شد می‌توان بیان داشت که اختلاف داده‌ها معنادار است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند اختلاف داده‌های مراحل مختلف در یک مقایسه دوبه‌دو معنادار است. بنابراین می‌توان بیان داشت که استفاده از ازن در ترکیب با یک سیستم بیولوژیکی می‌تواند بازده حذف را ارتقاء بخشیده



شکل ۵- عملکرد راکتور بیولوژیکی همراه با ازناسیون قبل و بعد از سیستم بیولوژیکی براساس غلظت خروجی پساب؛
الف) COD و ب) آمونیوم بر حسب mg/L

از ناسیون با راکتور بیولوژیک غوطه‌ور رشد چسبیده هوایی برای استفاده در سیستم‌های تصفیه فاضلاب مناسب است و با توجه به انعطاف‌پذیری که راکتور بیولوژیک غوطه‌ور رشد چسبیده هوایی در مقابل شوک‌های ناشی از تغییرات بار آبی ورودی به تصفیه‌خانه دارد، می‌تواند عملکرد مناسبی را نشان دهد و یک روش کاملاً سازگار و مناسب است. در شرایط کاملاً یکسان از نظر مقدار COD و آمونیوم ورودی و همچنین نرخ هوادهی ثابت و دبی ثابت فاضلاب ورودی به بیوراکتور، می‌توان بیان داشت که استفاده از ازن در کنار سیستم بیولوژیکی علاوه بر افزایش راندمان حذف می‌تواند از نظر میکروبی نیز خروجی سیستم را در حد مناسبی قرار دهد.

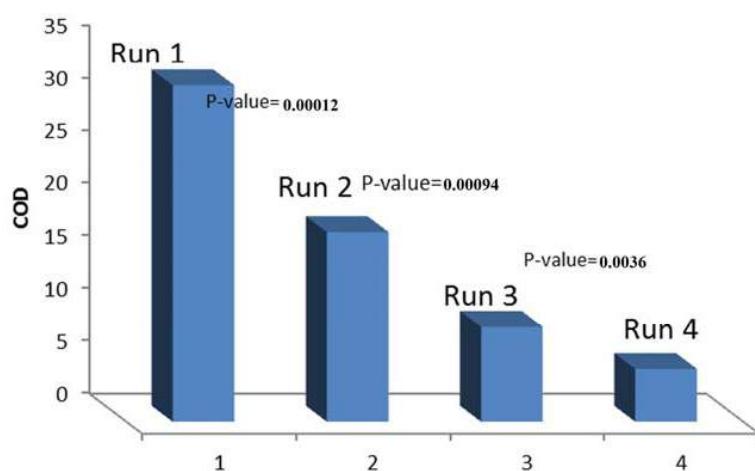
این امر باشد که در مرحله اکسیداسیون بیولوژیکی قابل تجزیه نیستند (Wert et al., 2007). در کل با توجه به نتایج بدست آمده باید علاوه بر ارزیابی اقتصادی هر کدام از روش‌ها، در مورد تاثیر نوع مواد آلی موجود در فاضلاب نیز تحقیقات بیشتری انجام گیرد. در جدول ۲ مقایسه نتایج خلاصه شده برخی از تحقیقات در ارتباط با فرآیند ترکیبی با نتیجه تحقیق حاضر ارائه شده است.

۴- نتیجہ گیری

در این تحقیق عملکرد یک راکتور بیولوژیکی در ترکیب با فرآیند انساسیون مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ترکیب

جدول ۲- مقایسه نتایج استفاده از فرآیندهای ترکیبی در تصفیه فاضلاب‌ها و تحقیق حاضر

مرجع	درصد متوسط بازده حذف	pH	حجم ازناسیون (لیتر)	زمان ازناسیون (دقیقه)	زمان ماند هیدرولیکی (دقیقه)	غلاظت ازن (mg/L)	فرآیند ترکیبی	COD ورودی (mg/L)	نوع فاضلاب
این تحقیق	۹۴	۸/۷	۹	۳۰	۳۰۰	۱ g/h	ازناسیون- بیولوژیکی (غوطه ور رشد چسبیده)	۳۰۰	ستنتزی
Zhang et al. (2014)	۵۰	۷/۵	۷/۵	۵۰	۱۲۰	۶۰	ازناسیون- بیولوژیکی (فیلتر هوادهی)	۱۸۰۰	ککسازی
Aparicio et al. (2007)	۹۰	۸/۷	۱/۶	۵۰	-	۱۳	ازناسیون- بیولوژیکی (لجن فعال)	۱۱۷-۶۸۵۱	تولید رزین
Wang et al. (2008)	۵۸	۷/۸	۱/۲	۴	-	۱۰	ازناسیون- بیولوژیکی (فیلتر هوادهی)	۵۳	خانگی



شکل ۶- مقایسه متوسط COD خروجی چهار روز آخر هر مرحله با مراحل دیگر

۵- مراجع

- biological treatments for wastewater decontamination - A review”, *Science of the Total Environment*, 409(20), 4141-4166.
- Schaar, H., Clara, M., Gans, O., and Kreuzinger, N., (2010), “Micropollutant removal during biological wastewater treatment and a subsequent ozonation step”, *Environmental Pollution*, 158(5), 1399-1404.
- Ternes, T.A., Herrmann, N., McDowell, D., Ried, A., Kampmann, M., and Teiser, B., (2003), “Ozonation: A tool for removal of pharmaceuticals, contrast media and musk fragrances from wastewater?”, *Water Research*, 37, 1976-1982.
- Van Haandel, A.C., and Lettinga, G., (1994), *An aerobic sewage treatment: A practical guide for regions with a hot climate*, John Wiley & Sons.
- Wang, S., Ma, J., Liu, B., Jiang, Y., and Zhang, H., (2008), “Degradation characteristics of secondary effluent of domestic wastewater by combined process of ozonation and biofiltration”, *Journal of Hazardous Materials*, 150(1), 109-114.
- Wert, E.C., Rosario-Ortiz, F.L., Drury, D.D., and Snyder, S.A., (2007), “Formation of oxidation byproducts from ozonation of wastewater”, *Water Research*, 41(7), 1481-1490.
- Zhang, S., Zheng, J., and Chen, Z., (2014), “Combination of ozonation and biological aerated filter (BAF) for bio-treated coking wastewater”, *Separation and Purification Technology*, 132, 610-615.
- American Public Health Association (APHA) (1985), Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th Edition, University of California, USA, 1268 p.
- Aparicio, M.A., Eiroa, M., Kennes, C., and Veiga, M.C., (2007), “Combined post-ozonation and biological treatment of recalcitrant wastewater from a resin-producing factory”, *Journal of Hazardous Materials*, 143(1-2), 285-290.
- Beltran-Heredia, J., Torregrosa, J., Dominguez, J.R., and Garcia, J., (2000), “Aerobic biological treatment of black table olive washing wastewaters: Effect of an ozonation stage”, *Process Biochemistry*, 35, 1183-119.
- Clesceri, L.S., Eaton, A.D., Greenberg, A.E., and Franson, M.A.H., (1998), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, American Water Works Association and W.E. Federation.
- Cohen, Y., (2001), “Biofiltration—the treatment of fluids by microorganisms immobilized into the filter bedding material: A review”, *Bioresource Technology*, 77(3), 257-274.
- Guzel-Seydim, Z.B., Greene, A.K., and Seydim, A.C., (2004), “Use of ozone in the food industry”, *LWT-Food Science and Technology*, 37(4), 453-460.
- Heidemarie S., Manfred, C., Gans, O., and Kreuzinger, N., (2010), “Micropollutant removal during biological wastewater treatment and a subsequent ozonation step”, *Environmental Pollution*, 158, 1399-1404.
- Izanloo, H., Mesdaghinia, A., Nabizadeh, R., Nasseri, S., Naddafi, K., Mahvi, A.H., and Nazmara, Sh., (2006), “Effect of organic loading on the performance of aerated submerged fixed-film 85 reactor (ASFFR) for crude oil-containing wastewater treatment”, *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 3(2) 85-90.
- Jou, C.-J.G., and Huang, G.C., (2003), “A pilot study for oil refinery wastewater treatment using a fixed-film bioreactor”, *Advances in Environmental Research*, 7(2), 463-469.
- Klauson, D., Kivi A., Kattel, K., Viisimaa, M., Bolobajev, J., Velling, S., Goi, A., Tenno, T., and Tenno, M., (2015), “Combined processes for wastewater purification: treatment of a typical landfill leachate with a combination of chemical and biological oxidation processes”, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 90(8), 1527-1536.
- Oller, I., Malato, S., and Sánchez-Pérez, J., (2011), “Combination of advanced oxidation processes and

Study of Biofilm Forming Bacteria in Urban Drinking Water and the Inhibitory Methods

Zahra Salehi Reyhani¹ and Zahra Khoshnood^{2*}

1- MSc. Student in Microbiology, Department of Biology, Islamic Azad University, Dezful Branch, Dezful, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Biology, Islamic Azad University, Dezful Branch, Dezful, Iran.

* Corresponding Author, Email: Zkhoshnood@gmail.com

Received: 7/10/2017

Revised: 26/12/2017

Accepted: 17/1/2018

Abstract

The maintenance of health and quality of drinking water is one of the major priorities in water supply systems. Formation of biofilm in water pipelines, tanks and domestic water purifiers is one of the important concerns in this regard. Viruses, bacteria and protozoa could easily transport with water flow among which, some certain bacteria have the ability to attach to the surfaces and form biofilms. Formation and growth of the biofilm could negatively affect the water flow, quality and health. Biofilm forming bacteria eject compounds which protect them against the damaging factors and through this process biofilm become resistant to degradation. Some of the biofilm creating bacteria also have pathogenic capabilities even in humans, which is crucially important in maintenance of the health of drinking water. Due to the importance of knowing the biofilm forming communities in urban drinking water supply, the present paper investigated the biofilm and its major bacterial agents and removal methods.

Keywords: Biofilm, Coli form, Drinking water, Escherichia coli, Microbial Pollution.

بررسی باکتری‌های تولیدکننده بیوفیلم در آب
شرب شهری و روش‌های مقابله با آن‌ها

زهرا صالحی ریحانی^۱ و زهرا خوشنود^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد میکروبیولوژی، گروه زیست‌شناسی،
دانشگاه آزاد اسلامی واحد Dezful، Dezful، ایران.

۲- استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد
dezful، Dezful، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: Zkhoshnood@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۱۵

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۱۰/۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۷

چکیده

حفظ بهداشت و کیفیت آب آشامیدنی یکی از مهم‌ترین اولویت‌ها در سیستم‌های آبرسانی بهشمار می‌رود. تشکیل بیوفیلم بر روی سطوح لوله‌های انتقال آب، مخازن و دستگاه‌های خانگی تصفیه آب، یکی از مشکلات قابل توجه و مهم در این رابطه است. ویروس‌ها، باکتری‌ها و پروتوزواها به‌وسیله آب منتقل می‌شوند. در این میان، برخی باکتری‌ها توانایی چسبیدن به سطوح و تولید بیوفیلم را دارند. رشد و گسترش بیوفیلم می‌تواند علاوه‌بر ایجاد اختلال در فرآیند جریان آب، بر کیفیت آشامیدنی و بهداشتی آن نیز تاثیر منفی داشته باشد. باکتری‌های تشکیل‌دهنده بیوفیلم به‌کمک ترشح ترکیبات محافظتی از خود در برابر عوامل آسیب‌رسان محافظت می‌کنند و بدین ترتیب بیوفیلم در برابر تخریب مقاوم می‌شود. برخی باکتری‌هایی که قابلیت تولید بیوفیلم دارند، توانایی بیماری‌زاوی در انسان را نیز دارند که این موضوع در حفظ کیفیت و بهداشت آب آشامیدنی اهمیت بالایی دارد. بدليل اهمیت شناخت جوامع تشکیل‌دهنده بیوفیلم در سیستم‌های آب شرب شهری، مقاله حاضر به معرفی بیوفیلم، مهم‌ترین باکتری‌های تشکیل‌دهنده آن و روش‌های مقابله با آن‌ها می‌پردازد.

کلمات کلیدی: بیوفیلم، اشرشیا کلی، کلیفرم، آب شرب، آلدگی میکروبی.

باکتری‌های فرصت‌طلب و بیماری‌زا فراهم کنند (Percival et al., 1998). در مقاله حاضر به معرفی بیوفیلم و مهم‌ترین باکتری‌های تشکیل‌دهنده جوامع بیوفیلمی در سیستم‌های آبرسانی با تاکید بر آب شرب شهری پرداخته می‌شود.

۲- شناخت بیوفیلم

لایه‌ی لزجی که در سطوح مرتبط با آب شکل می‌گیرد، بیوفیلم است. این لایه تجمعی از میکروارگانیسم‌های موجود در آب است که توانایی چسبیدن به سطوح را داشته و به دور خود لایه‌های محافظی ترشح می‌کنند که آن‌ها را در برابر جریانات آب و ... محافظت می‌کنند (Van der Wende and Characklis, 1990). در حقیقت بیوفیلم گروهی از سلول‌های میکروبی است که با شبکه‌ای از کانال‌های داخلی در ماتریکس گلیکوپروتئینی و پلی‌ساقاریدی خارج سلولی به نام ماده پلی‌مریک خارج سلولی (EPS) در ارتباط هستند. ماده پلی‌مریک خارج سلولی از پلی‌ساقارید، پروتئین، فسفولیپید، تیکوئیک اسید و دیگر مواد پلی‌مریک هیدراته با ۹۵ تا ۸۵ درصد آب تشکیل شده است (Chmielewski and frank, 2003).

نام بیوفیلم برای اولین بار به اجتماعات میکروبی نسبت داده شد (Costerton et al., 1978; 1995). در اصل، بیوفیلم^۱ بیانگر جامعه‌ای از میکروارگانیسم‌ها است که در آن ارتباطات درونی بین گروه‌های متفاوت وجود دارد. بیوفیلم می‌تواند از یک گونه^۲ و یا گونه‌های مختلف میکروبی تشکیل شود که می‌توانند بر روی سطوح متفاوتی از زنده تا غیرزنده تشکیل شوند (شکل ۱). میکروارگانیسم‌ها همچنین می‌توانند اجتماعات طبیعی را در فضای مابین آب و هوا تشکیل دهند. به این ترتیب کلیه سطوحی که با آب در تماس هستند، شامل سطوح زنده (سطح بدن جانداران) یا غیرزنده (لوله‌های آب، دستگاه‌های مرتبط با جریانات آب، پایه اسکله‌ها، بدن کشتی‌ها و ...) اغلب توسط لایه بیوفیلم پوشیده می‌شوند. نوع میکروارگانیسم‌های موجود در این لایه و تعداد آن‌ها مشخصاً به منبع آب، جنس و مهندسی سطوح، شدت جریانات آبی، شرایط فیزیکوشیمیایی (دما، pH، شوری و ...)، نوع فرآیندهای تصفیه‌ای و ... وابسته است (Berry and Raskin, 2006) (جدول ۱).

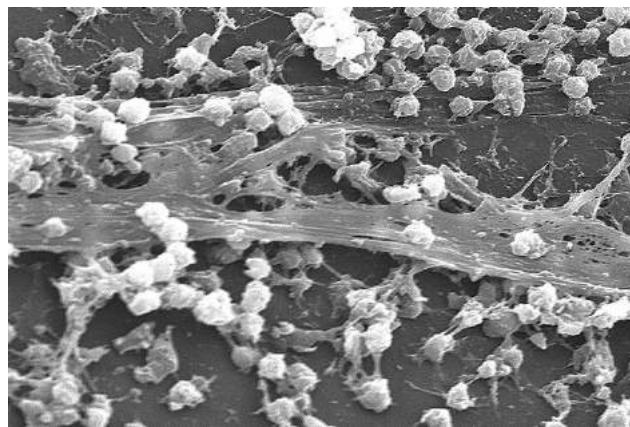
مکانیسم ارتباطی سلول به سلول در توده‌های بیوفیلم که برای

امروزه یکی از مسایل مهم در حفاظت بهداشت عمومی و سلامتی افراد جامعه تامین آب آشامیدنی سالم برای مصرف کنندگان است. اگرچه با روش‌های گوناگون در تصفیه آب می‌توان به آبی با کیفیت مطلوب از نظر ظاهری، میکروبی و شیمیایی دست یافت، اما حفظ این کیفیت در سیستم انتقال آب تا زمان Percival et al. (1998). کیفیت آب آشامیدنی در شیر آب مصرف کنندگان متاثر از خطوط توزیع، منابع ذخیره و دستگاه‌های خانگی نصب شده توسط مصرف کنندگان بوده و نگرانی‌هایی در ارتباط با نقصان کیفیت آب و بروز آلودگی‌های ثانویه میکروبی و شیمیایی در حین عملیات انتقال و توزیع آب وجود دارد (Mirhendi and Nikaeen, 2004).

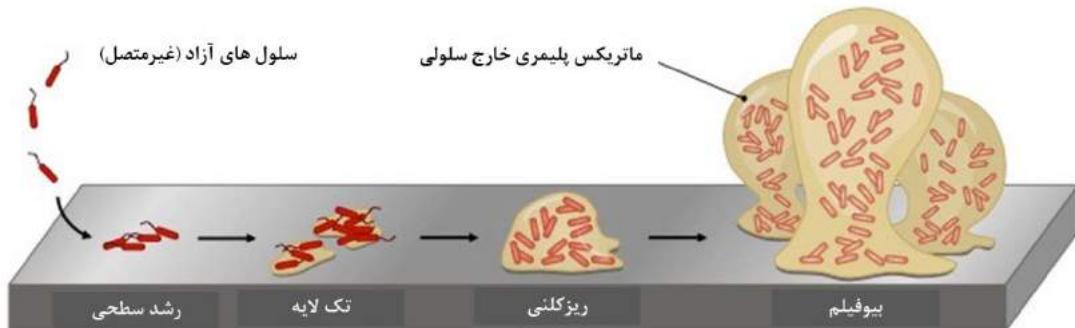
امروزه روش‌شن شده است که انواع بیماری‌های باکتریایی، تک‌یاخته‌ای^۳، ویروسی^۴، انگلی^۵ و حتی قارچی^۶ می‌توانند باعث آلودگی افراد سالم از طریق آب شوند. از این‌رو برای پیشگیری از انتقال این بیماری‌ها از طریق آب معمول است که طی مراحل تولید تا مصرف آب، آن را تحت کنترل و پایش بهداشتی و کیفی قرار دهند (نبی‌زاده و فائزی رازی، ۱۳۷۵؛ محوى، ۱۳۷۵). تشکیل بیوفیلم بر روی سطوح لوله‌های انتقال آب، مخازن و دستگاه‌های خانگی تصفیه آب یکی از مشکلات قابل توجه و مهم در این رابطه است. بیوفیلم یا غشاها بیولوژیک که یکی از قدیمی‌ترین اشکال تداوم حیات روی کره زمین می‌باشند، لایه بسیار نازکی از میکروارگانیسم‌ها هستند که به سطوح چسبیده و رشد می‌کنند (Szymanska, 2003). اگرچه رشد و توسعه بیوفیلم در بعضی از سیستم‌ها مطلوب است، اما مشکلات و نگرانی‌های زیادی در ارتباط با بیوفیلم Costerton et al. (1987). افزایش مقاومت اصطکاکی مایعات در سیستم‌های آبی (Flemming, 2002) ایجاد پدیده رسوب بیولوژیک (Flemming, 2002) و ایجاد مزه و بو در آب از مشکلات مربوط به رشد و توسعه بیوفیلم هستند (Mirhendi and Nikaeen, 2004). نگرانی مهم در ارتباط با وجود بیوفیلم در سیستم‌های آبی مقاومت میکروارگانیسم‌های بیوفیلم نسبت به گندزدایی است که موجب می‌شود بیوفیلم‌ها پناهگاه مناسبی را برای رشد

می‌سازد (Hentezer and Givskov, 2003). به سیگنال‌های کوئوروم سنسینگ، خودالقاگر^۹ گفته می‌شود چرا که توسط خود سلول‌ها تولید شده و مولکول‌های سنتز شده، اغلب به طور مثبت بر سنتز خود تاثیر می‌گذارند (Deep et al., 2011).

کنترل عملکردهای سلولی به کار می‌رود (Rumbaugh, 2011). در واقع تراکم و قدرت انتشار پایین ماتریکس پلی‌ساکاریدی موجود در بیوفیلم، شرایط ایده‌آلی را برای تجمع سیگنال‌ها و القای تولید فاکتورهای ویرولانس^{۱۰} به واسطه کوئوروم سنسینگ فراهم نموده و باکتری‌ها را آماده حمله به میزان



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی از باکتری‌های تشکیل‌دهنده بیوفیلم
(<https://en.wikipedia.org/wiki/Biofilm>)



شکل ۲- تصویر شماتیک از ساختار و ارتباطات موجود در بیوفیلم.

جدول ۱- عوامل موثر بر شکل‌گیری و رشد بیوفیلم در سیستم‌های انتقال آب

نوع اثر	عامل موثر
سطح بیشتر، اثر مثبت بر شکل‌گیری بیوفیلم	مساحت سطح
موثر بر تشکیل بیوفیلم توسط باکتری‌های هوایی دسترسی به اکسیژن	دسترسی به اکسیژن
سطح پلاستیکی قابلیت بیشتری در تشکیل بیوفیلم دارد.	جنس سطح
تخلخل بیشتر، اثر مثبت بر شکل‌گیری بیوفیلم میزان تخلخل سطح	میزان تخلخل سطح
باکتری‌های دارای زوائد چسبنده یا قابلیت ترشح ترکیبات پلی‌ساکاریدی توانایی بالاتری در تولید بیوفیلم دارند.	باکتری‌های موجود در آب
دهماهای خیلی پایین یا خیلی بالا قابلیت رشد بیوفیلم را محدود می‌کنند.	دما
بر نوع باکتری‌های تشکیل‌دهنده بیوفیلم مؤثر است.	شوری
افزایش زمان موجب افزایش ضخامت بیوفیلم می‌شود.	زمان
در دسترس بودن نوترینت‌های ضروری اثر مثبت بر تشکیل و رشد بیوفیلم دارد.	نوترینت‌های محلول
جریان‌های شدید و ناگهانی می‌توانند موجب آسیب به ساختار بیوفیلم شوند.	شدت جریان

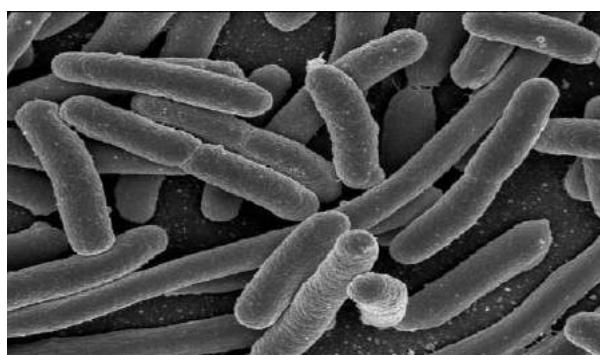
انسان منتقل می‌شود. مواد غذایی پخته چنانچه مجدداً آلوده نشوند عاری از آلودگی هستند، زیرا این باکتری در حرارت ۵۵ Rokni, 1999; Barot, 1988; (Daušt and Pivniek, 1976; Johnson et al, 1984).

۴- خطرات سلامتی و زیستمحیطی بیوفیلم

یکی از مواردی که در فرآیند تصفیه آب مورد توجه قرار می‌گیرد، تعداد باکتری‌های کلی فرم است که شاخصی از آلودگی آب به میکروب‌های بیماری‌زا به شمار می‌رود و در آب آشامیدنی تصفیه شده، نباید از حد مشخصی بیشتر باشد. این در حالی است که بیوفیلم‌ها قابلیت بهدام انداختن و جلب کلی فرم‌ها را دارند و این امر می‌تواند در برنامه‌های بهداشتی پایش آب شرب ایجاد اختلال کند (Keevil, 2002).

از سوی دیگر مشخص شده است که از جمله باکتری‌های تشکیل‌دهنده بیوفیلم، باکتری‌های فرصت‌طلبی هستند که در افراد سالم قادر به ایجاد بیماری نبوده، اما در افرادی که سیستم ایمنی ضعیفی دارند (سال‌مندان، نوزادان، بیماران سلطانی، بیماران تحت شیمی‌درمانی، بیماران مبتلا به ایدز، بیماران سوختگی یا پیوند عضو و ...) قادر به ایجاد بیماری هستند. از جمله این باکتری‌های فرصت‌طلب می‌توان به کلپسیلا اشاره کرد که قادر به تولید کپسول پلی‌ساقاریدی به دور خود است که آن را در برابر فرآیندهای ضدغونی‌کننده حفظ می‌کند (Rompre et al., 2002).

همچنین ثابت شده است که بیوفیلم شکل گرفته در لوله‌های انتقال آب می‌تواند حاوی باکتری‌های بیماری‌زایی



شکل ۴. تصویر میکروسکوپ الکترونی از باکتری میله‌ای شکل اشرشیاکلی.

(https://en.wikipedia.org/wiki/Pathogenic_Escherichia_coli) منبع:

۳- باکتری‌های متداول تشکیل‌دهنده بیوفیلم

کلی فرم‌ها مهم‌ترین باکتری‌های شاخص مورد استفاده در آزمایش باکتریولوژیک آب هستند که از سال ۱۹۱۴ توسط اداره بهداشت عمومی آمریکا به عنوان شاخص آلودگی آب آشامیدنی معروفی شدند (Tallon et al., 2005). امروزه متداول‌ترین روش برای سنجش کیفیت میکروبی آب آشامیدنی استفاده از آزمون وجود یا عدم وجود باکتری‌های گروه کلی فرم کل و کلی فرم مدفوعی است (Zazouli and Bazrafshan, 2009) گروه کلی فرم‌های کل^{۱۰} عبارت هستند از باکتری‌های میله‌ای شکل هوازی و بی‌هوازی اختیاری (شکل ۳)، متعلق به گروه باکتری‌های گرم منفی و فاقد اسپور^{۱۱} که قادرند در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد با تولید اسید و گاز، قند لاکتوز را تخمیر کنند و لزوماً همه آن‌ها منشأ مدفوعی ندارند (Zazouli and Bazarfshan, 2009).

از دیگر گونه‌های مهم شناخته شده می‌توان به انتروباکتریاسه اشاره کرد که به عنوان شاخص بهداشتی وجود آلودگی ثانویه مورد بررسی قرار می‌گیرند (Rokni, 1999). اشرشیاکلی عضو خانواده انتروباکتریاسه بوده و قادر به تخمیر لاکتوز و تولید اسید و گاز هستند. جنس Escherichia شامل شش گونه است که جنس اشرشیاکلی ۵ گونه شاخص آن است (Johnson et al., 1984; Bokkenhenuser and Mosenthal, 1981) اشرشیاکلی معمول‌ترین ارگانیسم هوازی در دستگاه گوارش انسان و برخی از حیوانات دیگر بوده و شاخص آلودگی مواد غذایی و آب به مدفوع است (شکل ۴). طبق گزارش‌های موجود اشرشیاکلی از طریق آب، گوشت، شیر و فرآورده‌های آن به



شکل ۳. تصویر میکروسکوپ الکترونی از باکتری‌های میله‌ای شکل کلی فرم

(<https://wiki.epfl.ch/biodesign-realworld/background/coliform>) منبع:

خوردگی در سیستم‌های لوله‌کشی و مخازن را دارند. در تحقیقات بر روی جداسازی باکتری‌های تشکیل‌دهنده بیوفیلم از سیستم توزیع آب در آفریقای جنوبی، بهحضور سودوموناس آئروژینوزا، کلبسیلا و انتروباکتر اشاره شده است (September et al., 2007). همچنین در مطالعه‌ای که توسط نبی‌زاده اصل و ولی‌زاده (۱۳۹۵) انجام گرفت، مشخص شد که باکتری باسیلوس سوبتیلیس قابلیت تشکیل بیوفیلم بر سطح لوله‌های انتقال آب از جنس پلی‌وینیل‌کلراید، پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن‌گلاکیول را دارد. در تحقیق دیگری که بر روی آب شیرین کن‌های شهر قم انجام شده است نشان داده شد که ۶٪ آب تصفیه شده دارای آلدگی میکروبی است. یکی از دلایل این آلدگی میکروبی، تشکیل لایه‌ی بیوفیلم بر روی فیلترهای دستگاه بیان شده است (Yari et al., 2007). همچنین در مطالعه‌ی بیوفیلم لوله‌های انتقال آب در کشورهای فرانسه، انگلیس، پرتغال و لاتویا مشخص شد که لوله‌های آهنی قابلیت تشکیل بیوفیلم را دارند که مهم‌ترین باکتری موجود در آن، اشرشیاکلی است (Juhna et al., 2007).

در مطالعه‌ای که بهمنظور معرفی روش‌های جدید بررسی کیفیت آب صورت‌گرفته نشان داده شد که علاوه‌بر مطالعه معمول نمونه‌های آب در برنامه‌های پایش سیستم‌های آبرسانی، مطالعه‌ی بیوفیلم شکل گرفته در لوله‌های انتقال آب می‌تواند نقش مهمی در تعیین سلامت آب آشامیدنی داشته باشد. در این مطالعه نشان داده شد که در حالی که نمونه آب مورد بررسی از نظر محتوای باکتریابی (اشرشیاکلی) مطابق استاندارد آب آشامیدنی اروپا می‌باشد، اما بیوفیلم موجود در لوله‌ها حاوی مقادیر قابل توجهی از این باکتری است که در صورت تغییر در شدت جریان آب ممکن است در لوله‌ها گسترش یافته و منجر به آلدگی و اثرات نامطلوب آن شود (Techneau, 2009). براساس استاندارد آب آشامیدنی ایران و سازمان جهانی بهداشت، کلیه آب‌های آشامیدنی باید قادر باکتری شاخص کلی فرم بوده و تا حدود ۳ باکتری در ۹۵ درصد موارد در شبکه آب آشامیدنی می‌تواند باشد (موسسه ملی استاندارد ایران، ۱۳۷۶).

طی تحقیقی که بر روی بیوفیلمی که در آب سردکن‌ها تشکیل می‌شود، نشان داده شد این آلدگی می‌تواند ناشی از مواردی چون آلدگی آب ورودی، اتصالات نامناسب آب سردکن و یا وجود درز در بدنه آب سردکن باشد (عالی‌پور و زارع، ۱۳۸۷). همچنین نتایج تحقیقی توسط Benoit

باشد که مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها هستند. این امر می‌تواند یک معضل جدی در سیستم‌های آبرسانی بهشمار رود (Berry and Raskin, 2006). علاوه‌بر این مشخص شده است که برخی باکتری‌ها می‌توانند در آب‌های ضدعفونی شده نیز زنده بمانند. از جمله روش‌های این باکتری‌ها برای دور ماندن از بقایای مواد ضدعفونی‌کننده (مانند کلر) می‌توان به چسبیدن به سطوح، تولید کپسول‌ها و پوشش‌های پلی‌ساکاریدی، تجمع، تغییرات ژنتیکی و ... اشاره کرد که همگی در ساختار بیوفیلم مشاهده می‌شوند (Wingender and Flemming, 2004).

۵- یافته‌های تشکیل بیوفیلم در آب‌های شرب شهری

بیوفیلم ممکن است در بخش‌های مختلف یک سیستم آبرسانی، از محل تصفیه خانه گرفته، تا مخازن، لوله‌های انتقال آب، دستگاه‌های تصفیه آب خانگی و ... تشکیل شود (شکل ۵). تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه‌ی بررسی باکتری‌های تشکیل‌دهنده بیوفیلم در شرایط مختلف محیطی صورت گرفته است. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای برروی لوله‌های آب یونیت‌های دندان‌پزشکی که آب شهری در آن‌ها جریان داشته است، مهم‌ترین باکتری‌های تشکیل‌دهنده بیوفیلم استافیلوكوک اورئوس تشخیص داده شد (صفوی و همکاران، ۱۳۸۴). در مطالعه مشابه دیگری بر روی بیوفیلم یونیت‌های دندان‌پزشکی مورد استفاده با آب شرب شهری نشان داده شد که باکتری‌های گرم مثبت (استافیلوكوک) و گرم منفی (سودوموناس آئروژینوزا) علی‌رغم عدم آلدگی آب ورودی، قادر به تولید بیوفیلم در این لوله‌ها هستند (هنرمند و همکاران، ۱۳۸۸).

در مطالعه دیگری که توسط Boe-Hansen et al. (2003) صورت گرفت، با استفاده از یک مدل سیستم آبرسانی شهری نشان داده شد که آب شرب شهری حاوی میکروارگانیسم‌هایی است که قابلیت تشکیل بیوفیلم بر سطح این لوله‌ها را دارد. این در حالی است که مطالعه Bomo et al. (2004) نشان می‌دهد که بیوفیلم موجود در لوله‌های انتقال آب شرب می‌تواند حاوی باکتری آئروomonas باشد. از سوی دیگر Anand et al. (2014) بیان کردند که باکتری‌های موجود در بیوفیلم قابلیت کاتالیزوری واکنش‌های شیمیایی و میکروبی منجر به

ضدغونی کننده مادر گام نخست در ممانعت از شکل‌گیری بیوفیلم در سیستم‌های آبرسانی به شمار می‌رود (van der Kooij, 2000). یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای از بین بردن بیوفیلم موجود در لوله‌های آب، انجام دوره‌ای فرآیند فلاشینگ^{۱۲} یا شستشوی تحت فشار لوله‌ها است که موجب کنده شدن بیوفیلم‌ها می‌شود. هرچند که این روش به دلیل هزینه‌بردار بودن و نیاز به قطع جریان معمول آبرسانی و حضور پرسنل و ... روشی پرهزینه به شمار می‌رود. جلوگیری از خوردگی لوله‌ها و تعویض لوله‌های آسیب‌دیده نیز یکی دیگر از راه‌های موثر کنترل بیوفیلم‌ها است، چرا که محل‌های دچار خوردگی سطح مناسبی برای اتصال بیوفیلم به شمار می‌روند (USEPA, 1992). پایش مداوم و کنترل میزان نوتربینت‌های موجود در آب که شرایط را برای رشد میکروب‌ها فراهم می‌کنند از دیگر راه‌های جلوگیری و مبارزه با بیوفیلم در سیستم‌های آبرسانی است (USEPA, 1992).

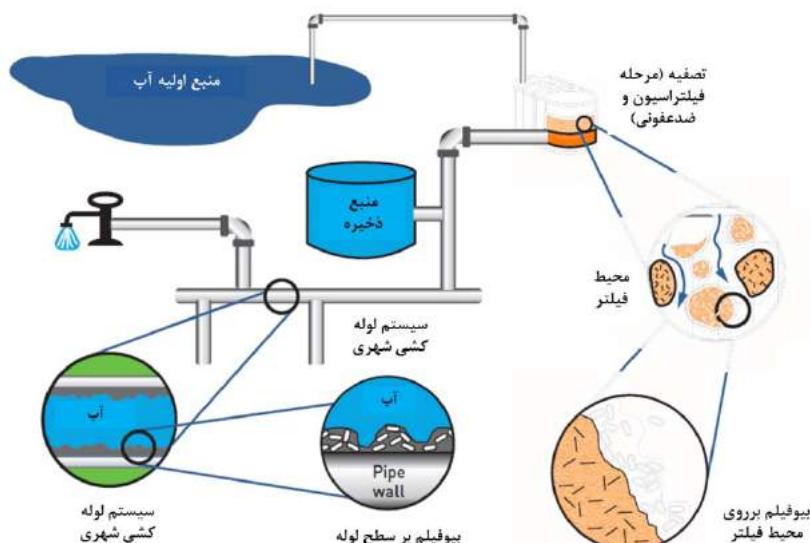
Dwivedi and Singh (2015) به منظور راه‌کاری در کنترل بیوفیلم باکتریایی، به بررسی توان تشکیل بیوفیلم ۳۰ سویه Streptococcus پرداختند و نهایتاً به منظور حذف بیوفیلم ۱۸ سویه که بیوفیلم قوی و متوسط داشتند از دو ترکیب امبلین و پیپرین استفاده کردند. نتایج نشان از تأثیر معنی‌دار ضد بیوفیلمی این ترکیبات بود. هرچند که لازم به ذکر است این روش به دلیل مضرات ترکیبات شیمیایی برای انسان، به منظور استفاده در خطوط تولید صنایع غذایی پیشنهاد نمی‌شود. در مطالعه دیگری

در شمال آمریکا که در آن آلودگی میکروبی آب سردکن‌ها را با آب بطری‌های پخش شده بررسی کرده بود نشان داد که ۲۲ درصد از آب سردکن‌های مورد مطالعه دارای آلودگی میکروبی بوده است (Levesgue et al., 1994).

نتیجه آزمایش‌های شمارش پلیت‌هتروفیک نشان داده که اگر چه در دستگاه آب سردکن مخازنی برای ذخیره آب موجود است اما صاف و یکددست بودن سطوح فلزی این مخازن و جنس آن‌ها که ورقه فولاد ضدزنگ است مانع از رشد بیوفیلم می‌شود. مطالعات انجام شده بر روی سطوح مختلف نشان داد که باکتری‌ها بر روی سطوح و یا لوله‌های پلاستیکی پلیمری نظیر لاتکس، پلی‌بورتان و پلی‌وینیل‌کلراید نسبت به سطوح شیشه‌ای و استیل (فولاد ضدزنگ) آسان‌تر چسبیده و رشد و توسعه می‌یابند (Rogers, 1994; Williams, 1996) به علاوه میکروسکوپ الکترونی نشان داد که احتمالاً سطوح موج‌دار در تجمع بیوفیلم تاثیر دارند (Kettering, 2002).

۶- روش‌های کنترل بیوفیلم در سیستم‌های توزیع آب و آب شرب

سازمان محیط‌زیست آمریکا (EPA) استانداردها و پروتکلهای را برای پایش و از بین بردن بیوفیلم‌های شکل گرفته در سیستم‌های توزیع آب شرب منتشر کرده است (USEPA, 1992). انجام روش مناسب تصفیه آب و استفاده از ترکیبات



شکل ۵- تصویر سیستم آبرسانی و محل‌هایی که امکان تشکیل بیوفیلم دارند.
(MSU, Center for Biofilm Engineering, 1999)

۷- بحث

نتایج مطالعات مختلف تاکنون مشخص کرده است که بیوفیلم‌ها از گستره وسیعی از باکتری‌ها شکل می‌گیرند و مبارزه با آن‌ها به منظور حفظ سلامت آب آشامیدنی در سیستم‌های توزیع آب نیازمند توجه به فاکتورها و روش‌های مختلفی است. همچنان نشان داده شده است که یکی از دلایل تشکیل میزان بیوفیلم زبری سطح مورد نظر است به طوری که چسبیدن باکتری‌ای در مجاورت یک سطح خشن بهتر از یک سطح صاف صورت می‌پذیرد. زیرا در سطح خشن بهدلیل پستی و بلندی‌های زیاد افزایش سطح وجود دارد که می‌تواند باعث جذب بیشتر باکتری‌ها شود. در یک بررسی نشان داده شد که متوسط چگالی جمعیت سلول‌های چسبیده در سطح شیشه صاف Characklis et al., (1990). بهاین دلیل بیان شده است که مبارزه با خودگی در سیستم‌های انتقال آب یکی از روش‌های مقابله با بیوفیلم است. Salmonella در مطالعه مهدوی و همکاران (۱۳۸۷)، سویه enteritidis مورد استفاده با هیدروفوبیستی ۷۳٪ روی سطح شیشه‌ای نسبت به استیل و پلی‌اتیلن، قدرت تشکیل بیوفیلم بیشتری از خود نشان داد و از آنجا که سطح شیشه‌ای و استیل نسبت به سطوح پلی‌اتیلن، هیدروفیل تر هستند، می‌توان به نقش مهم جاذبه‌ی ناشی از هیدروفوبیستی سطح باکتری و سطح هیدروفیل در تشکیل بیوفیلم پی‌برد. همچنان، هیدروفوبیستی بالای بین سطح باکتری و سطح شیشه‌ای با ایجاد نیروی دافعه از اتصال باکتری و در نهایت، تشکیل بیوفیلم روی این سطح جلوگیری می‌کند. بنابراین محققین نتیجه‌گیری کردند که پدیده‌های اتصال و تشکیل بیوفیلم باکتری‌ای از یک عامل تأثیر نمی‌پذیرند، به طوری که هیدروفوبیستی بالا برای تشکیل بیوفیلم لازم هست، اما کافی نیست. در این تحقیق مسئله دیگری که مورد توجه قرار گرفت جنس سطوح و رابطه آن با میزان چسبیدن باکتری‌ها و تشکیل بیوفیلم بود که شاید بتوان مطلب را به وسیله آب‌گریزی و آب‌دوستی سطح توجیه کرد (Zottola, 1994). نتایج نشان داد که باکتری‌ها به سطوح پلاستیک که آب‌گریز هستند نسبت به سطوح آب‌دوست شیشه و فلزاتی نظیر روی، بیشتر می‌چسبند.

Nan et al. (2015) با افزودن عنصر مس دوظرفیتی به ساختار آلیاژی استیل ضدزنگ، سبب ممانعت از چسبیدن باکتری Staphylococcus aureus به سطح استیل شدند. آنان علت این امر را ممانعت مس برای چسبیدن پلی‌ساکارید خارج سلولی به سطح اعلام کردند، زیرا که باکتری‌هایی که دارای سطح سلولی هیدروفوب هستند نسبت به باکتری‌هایی که دارای سطح سلولی هیدروفیل هستند، در اتصال به سطوح دارای خاصیت هیدروفوبیستی بالا، موفق‌تر می‌باشند. نتایج بررسی‌های Gunduz and Tuncel (2006) بر روی بیوفیلم جداسازی شده از خط تولید بستنی نشان داد که بیشترین باکتری‌های گرم منفی به خانواده Enterobacteriaceae تعلق داشته است. آن‌ها گونه‌های Citrobacter، Enterobacter، Proteus و Shigella را شناسایی کردند. سایر باکتری‌های گرم منفی Pseudomonas، Aeromonas و Moraxell بود. باکتری‌های گرم مثبت شناسایی شده عبارت بودند از: Bacillus، Staphylococcus، Lactic و Listeria. آن‌ها ظهار داشتند که بیشترین مشکل را Listeria و Shigella ایجاد می‌کنند. در این پژوهش نیز باکتری‌های Shigella و Staphylococcus شناسایی شدند.

Adetunji et al. (2014) در پی یافتن روشی به منظور کنترل بیوفیلم باکتری‌ای، به بررسی تأثیر زمان گرم‌خانه‌گذاری بر میزان سرعت رشد و گسترش بیوفیلم پرداختند. آنان با افزایش زمان گرم‌خانه‌گذاری از ۱۸ تا ۲۲ ساعت برای باکتری‌های Staphylococcus، Escherichia coli، *Escherichia coli*, *monocytogenes* aureus نشان دادند که نه تنها با افزایش زمان گرم‌خانه‌گذاری، جمعیت میکروبی کاهش نمی‌یابد بلکه افزایش حجم بیوفیلم توسط این باکتری‌ها اتفاق می‌افتد.

Rivardo et al. (2009) بر روی بیوسورفکتانت Mطالعات (2009) بر روی بیوفیلم Bacillus licheniformis و Bacillus subtilis بر روی بیوفیلم Staphylococcus aureus و Escherichia coli سبب کاهش مسائل عملیاتی در غشاء‌های فیلتراسیون در طول بازه‌های زمانی طولانی شستشو محسوب می‌شود، به گونه‌ای که در سیستم‌های اولترافیلتراسیون و فیلتر غشائی اسمز معکوس امکان روبرو شدن با بیوفیلم‌های تکامل‌یافته وجود دارد (Anand et al., 2014).

۱۰- مراجع

- داورخواه ربانی، م.، ارشادی، ا.، و زارعی، ا.، (۱۳۷۸)، «بررسی کیفیت باکتری شناسایی آب آب خوری‌های عمومی شهر کاشان در تابستان ۱۳۷۷»، مجموعه مقالات دومین سمینار کشوری بهداشت محیط تهران، ۵۴۸-۵۴۲.
- دهقانی، م. ۵، قادرپوری، م.، فضل‌زاده دولیل، م.، و گل‌مهدی، س.، (۱۳۸۸)، «بررسی کیفیت میکروبی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان سقز»، فصلنامه سلامت و محیط، ۱۳۹-۱۳۲، (۲).
- رخش خورشید، ع.، جعفری مدرک، م.، کرد مصطفی‌پور، ف.، و قنبری، م.، (۱۳۸۰)، «بررسی میزان آلودگی آب شرب در شهر زاهدان»، مجموعه مقالات چهارمین همایش کشوری بهداشت محیط، یزد، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوqi یزد، ۳۶-۲۸.
- رضی، ف.، (۱۳۸۸)، کنترل کیفیت در آزمایشگاه‌های پزشکی، انتشارات نوید شیراز.
- شاه منصوری، م.، فرخ‌زاده، ح.، یوسفی، ح.، ع.، و محمودی، م.، (۱۳۸۰)، «بررسی شاخص‌های آلودگی بیولوژیکی در منابع آب آشامیدنی شهرستان مبارکه»، مجموعه مقالات چهارمین همایش بهداشت محیط یزد، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوqi یزد، ۶۸۹-۶۸۱.
- رکنی، ن.، (۱۳۷۸)، اصول سلامت مواد غذایی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- زاژولی، م.، و بذرافشان، ا.، (۱۳۸۸)، فناوری آب و فاضلاب، انتشارات سمت، تهران، ایران.
- صفوی، م.، قائم مقامی، ا.، امین‌زاده، م.، علوی، ک.، و طاهری، س.، (۱۳۸۴)، «بررسی تاثیر بیلپرون بر کاهش کلنی‌های تعدادی از باکتری‌های محیطی آلوده‌کننده مجازی آب یونیت‌های دندانپزشکی»، مجله دندانپزشکی جامعه اسلامی دندانپزشکان، ۱۷، (۴)، ۷۶-۸۴.
- محوی، ا.، (۱۳۷۵)، جنبه‌های بهداشتی و زیباستاختی کیفیت آب، انتشارات بال‌گستر، مشهد.
- میرهندي، ش.، و نيك‌آئين، م.، (۱۳۸۳)، ميكروبيولوري فاضلاب، انتشارات دانشگاه علوم پزشکي تهران، تهران، ایران.
- نبی‌زاده، ر.، و فائزی رازی، د.، (۱۳۷۵)، رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی، مؤسسه علمی و فرهنگی نص، تهران.
- نبی‌زاده اصل، س.، و ولی‌زاده، ر.، (۱۳۹۵)، مقاييسه روش‌های جداسازی بيوفيلم‌های باكتريائي تشکيل شده بر سطوح لوله‌های انتقال آب و وسائل استفاده شده در شيردوشي در دامداری‌ها، نشریه پژوهش‌های علوم دامی ايران، ۱۸، ۱۸-۲۵.
- موسسه ملي استاندارد ايران، (۱۳۷۶)، ويژگی‌های فيزیکی و شيميايی آب آشاميدنی، شماره ۱۰۵۳، تهران، ايران.
- هنرمند، م.، شهرکی، ش.، فرهاد ملاشاهی، ل.، قلی‌پور، ر.، و

با توجه به موارد ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که شکل‌گیری بیوفیلم‌ها در سیستم‌های آبرسانی امری معمول و اجتناب‌ناپذیر است که در صورتی که با عوامل دیگری همچون آسیب‌دیدگی و خوردگی لوله‌ها، عدم انجام تصفیه کارآمد و ... همراه شود می‌تواند در برگیرنده باکتری‌های بیماری‌زاوی باشد که ممکن است برای مصرف کنندگان آب مشکلات بهداشتی بهار آورد. در مجموع می‌توان گفت مواد سنتیک بر پایه هیدروکربن‌ها (مانند ظروف پلاستیکی) بیشتر در معرض تشکیل بیوفیلم و ایجاد آلودگی هستند. بهطور کلی هر چه خلل و فرج میکروسکوپی سطوح کمتر باشد احتمال چسبیدن پایدار باکتری‌ها به آن‌ها کم‌تر بوده و بنابراین تشکیل بیوفیلم‌ها نیز کمتر صورت می‌پذیرد. بنابراین لوله‌های زنگزده و فرسوده و وسائل پلاستیکی قدیمی و خشن‌دار می‌توانند احتمال آلودگی میکروبی را بالا برد و مشکلاتی ایجاد نمایند. طراحی مناسب شبکه آبرسانی از عوامل مهم در کنترل بیوفیلم است. با توجه به روش‌های بررسی شده برای جداسازی باکتری‌ها در این تحقیق می‌توان پیشنهاداتی مانند استفاده از مواد پاک‌کننده، حذف لکه‌های حاوی میکرووارگانیسم‌ها از روی سطوح توسط آب سرد و گرم و به کارگیری عوامل شیمیایی و در نهایت ضدعفونی را برای حذف کامل بیوفیلم‌ها ارایه کرد. همچنین در پاکسازی از طریق عوامل پاک‌کننده شیمیایی و نیروهای فیزیکی، استفاده از درجه حرارت بالا می‌تواند اثربخش باشد.

۹- پی‌نوشت‌ها

- 1- Bacterial
- 2- Protozoan
- 3-Virus
- 4- Parasitic
- 5- Fungal
- 6- Biofilm
- 7- Single species
- 8- Virulence
- 9- Autoinducer
- 10- Total coliform
- 11- Spore
- 12- Flushing

- قائدی، م.، (۱۳۸۸)، «بررسی میزان آلودگی باکتریایی آب یونیت‌های دانشکده دندانپزشکی زاهدان»، طبیب شرق، ۶۱-۵۳، (۴)۱۱
- Deep, A., Chaudhary, U., and Gupta, V., (2011), "Quorum and bacterial pathogenicity, from molecules to disease", *Journal of Laboratory Physicians*, 3(1), 4-11.
- Flemming, H., (2002), "Biofouling in water system-cases, causes and countermeasures", *Applied Microbiology and Biotechnology*, 59(6), 629-640.
- Johnson, K., (1984), "Bacillus cereus foodborne illness a update", *Journal of Food Protection*, 4, 145-153.
- Juhna, T., Birzniece, D., Larsson, S., Zulenkova, D., Shapiro, A., Azevedo, N.F., Menard-Szczebara, F., Castagnet, S., Feliers, C., and Keevil, C.W., (2007), "Detection of *Escherichia coli* in biofilms from pipe samples and coupons in drinking water distribution networks", *Applied Environmental Microbiology*, 73(22), 7456-7464.
- Keevil, C.W., (2002), "Pathogens in environmental biofilms", In: Encyclopedia of Environmental Microbiology, Bitton, G. (ed.), Wiley, New York, 16, 2339-2356.
- Percival, S., Knapp, J.S., Edyvean, R., and Wales, D., (1998), "Biofilms, mains water and stainless steel", *Water Research*, 32, 2187-2193.
- Rivardo, F., Turner, R., Allegrone, G., Ceri, H., and Martinotti, M., (2009), "Antiadhesion activity of two biosurfactants produced by *Bacillus* spp. prevents biofilm formation of human bacterial pathogens", *Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*, 83(3), 541-553.
- Rogers, J., Dowse, H., Dennis, P., Lee, J., and Keevil, C., (1994), "Influence of plumbing materials on biofilm formation and growth on *legionella pneumophila* in potable water system", *Applied Environmental Microbiology*, 60(6), 1842-1851.
- Rompire, A., Servais, P., Baudart, J., de-Roubin, M., and Laurent, P., (2002), "Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches", *Journal of Microbiological Methods*, 49, 31-54.
- September, S., Els, F., Venter, S., and Brozel, V., (2007), "Prevalence of bacterial pathogens in biofilms of drinking water distribution systems", *Journal of Water Health*, 5(2), 219-227.
- Simona, L., Linda, M., and Talis, J., (2009), "Applicability of biofilm sampling for detection of pathogens in drinking water distribution networks", *Data from Coupons and Concentration Methods*, D3.6.8.3., 48-59.
- Szymanska, J., (2003), "Biofilm and dental unit Adetunji, V.O., Kehinde, A.O., Bolatito, O.K., and Chen, J., (2014), "Biofilm formation by *Mycobacterium bovis*: Influence of surface kind and temperatures of sanitizer treatments on biofilm control", *BioMed Research International*, 25(2), 16-23.
- Anand, S., Singh, D., Avadhanula, M., and Marka, S., (2014), "Development and control of bacterial biofilms on dairy processing membranes", *Comparative Review of Food Science and Food Safety*, 13(1), 18-33.
- Barot, M., (1988), "Loction of campylobacter jejuni in infected chicken livers", *Journal of Clinical Microbiology*, 17, 291-295.
- Berry, D., Xi, C., and Raskin, L., (2006), "Microbial ecology of drinking water distribution systems", *Current Opinions in Biotechnology*, 17, 297-302.
- Boe-Hansen, R., Martiny, A.C., Arvin, E., and Albrechtsen, H.J., (2003), "Monitoring biofilm formation and activity in drinking water distribution networks under oligotrophic conditions", *Water Science and Technology*, 47(5), 91-97.
- Bomo, A.M., Storey, M.V., and Ashbolt, N.J., (2004), "Detection, integration and persistence of aeromonads in water distribution pipe biofilms", *Journal of Water and Health*, 2(2), 83-96.
- Characklis, W.G., McFeters, G.A., and Marshall, K.C., (1990), "Physiological ecology in biofilm systems", In: Biofilms, W.G. Characklis, W.G., and Marshall K.C. (eds.), John Wiley & Sons, New York, 341-394.
- Costerton, J., Cheng, K., Geesey, G., Ladd, T., Nickel, J., Dasgupta, M., and Marrie, T., (1987), "Bacterial biofilm in nature and disease", *Annual Review on Microbiology*, 41, 435-463.
- Chmielewski, R., and Frank, J., (2003), "Biofilm formation and control in food processing facilities", *Food Science*, 2, 22-32.
- Costerton, J., Geesey, G., and Cheng, K., (1978), "How bacteria stick", *Scientific American*, 238, 86-95.
- Costerton, J., Lewandowski, Z., Caldwell, D., Korber, D., and Lappinscott, H., (1995), "Microbial biofilms", *Annual Reviews of Microbiol*, 49, 711-745.
- Daust, S., and Pivnick, H., (1976), "Small infections doses of salmonella", *Lancet*, 1, 866.

watlines”, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 10, 151-157.

U.S. EPA. U.S. Environmental Protection Agency, (1992), “Control of biofilm growth in drinking water distribution systems”, EPA/625/R-92/001, Washington, D.C.

van der Kooij, D., (2000), “The unified biofilm approach: A framework for addressing biological phenomena in distribution systems”, *International Distribution Research Symposium*, Denver, CO. 53.

Van der Wende, E., and Characklis, W.G., (1990), “Biofilms in potable water distribution systems”, In: *Drinking Water Microbiology*, McFeters, G.A. (ed.), Springer-Verlag, New York, 115-135.

Williams, J., Andrew, N., and Santiago, J., (1996), “Microbial contamination of dental unit waterlines: Current preventive measures and emerging options”, *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 17, 691-708.

Wingender, J., and H. Flemming, (2004), “Contamination potential of drinking water distribution network biofilms”, *Water Science and Technology*, 49, 277-286.

Yari, A., Safdari, M. and Hadadian, L., (2007), “Chemical and physical and microbial quality evaluation of treated water bydesalination in Qom during 2002”, *Qom Medical Journal*, 1, 45-54.

Zottola, E.A., (1994), “Microbial attachment and biofilm formation: A new problem in food industry”, *International Journal of Food Microbiology*, 23(2), 125-148.

A Survey of Physical, Chemical and Microbial Quality of Drinking Water in Ahvaz Compared to the Drinking Water Standards in Year 2016-2017

Ferdos karimi¹, Naghmeh Orooji² and Afshin Takdastan^{3*}
1- M.Sc. in Civil Engineering, Managing Director of Ahvaz Water and Wastewater Company, Ahvaz, Iran.
2- Ph.D. Student, Department of Environmental Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran.
3- Associate Professor, Environmental Health Engineering and Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
* Corresponding Author, Email: afshin_ir@yahoo.com

Received: 19/10/2017

Revised: 3/2/2018

Accepted: 3/2/2018

Abstract

The physical, chemical and microbial properties of water are crucial criteria for its drinking suitability. Unfavorable changes in these parameters may threaten consumers' health. The aim of this study was to give a clear view of physical, chemical and microbial quality of drinking water distribution network in Ahvaz compared to the national and WHO standards. This study was a cross-sectional survey conducted based on 48-week sampling program in Ahwaz water treatment plants No. 1, 2, 3, 4 and 5 as well as in six points in water distribution networks. Water analyses were implemented according to the standard methods. Nine tube of fermentation method was used to determine fecal and total coliform bacteria. The mean values of measured parameters were as follows: electrical conductivity 2282.5 $\mu\text{s}/\text{cm}$, turbidity 2.3 NTU, pH 7.8, alkalinity 144.8, hardness 535.5 mg/L as CaCO₃, calcium 137.2, magnesium 46.3, chloride 473.2, sodium 311.2, residual chlorine 1, TDS 1382.7, fluoride 0.53, nitrate 6.7, sulphate 370.2 mg/L, total coliform (0) MPN/100 ml, and fecal coliform (0) MPN/100 ml. Accordingly, the quality of drinking water in Ahvaz was not problematical from the health point of view and except the EC, hardness, sodium, and sulphate, all cited results met the national and WHO standards.

Keywords: Drinking water, Physiccal-chemical quality of drinking water, Standard no. 1053, WHO.

پژوهی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی
آب آشامیدنی شهر اهواز و مقایسه آن با
استانداردهای آب شرب در سال ۱۳۹۵

فردوس کریمی^۱، نغمه عروجی^۲ و افشین تکدستان^{۳*}
۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران، مدیرعامل و رئیس هیئت مدیره شرکت آب و فاضلاب اهواز، اهواز، ایران.
۲- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران.
۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات فناوری‌های زیستمحیطی دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شهر، اهواز، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: afshin_ir@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۲۷

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۴

چکیده

ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی مبنای قضاوی قابل شرب بودن آن است. تغییرات نامطلوب در این پارامترها می‌تواند سلامت صرف‌کنندگان را تهدید کند. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب شرب شهر اهواز و مقایسه آن با استانداردهای ملی و سازمان بهداشت جهانی (WHO) است. در این مطالعه که از نوع توصیفی - مقطعی بوده، نمونه‌برداری در مدت زمان ۴۸ هفته (سال ۱۳۹۵) از تصفیه‌خانه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ شهر اهواز و نقطه در شبکه توزیع آب انجام شد. تحلیل نمونه‌های آب براساس روش‌های مندرج در استانداردها صورت گرفت. آزمایش‌های میکروبی کلیفرم کل و کلیفرم مدفعی با روش تخمیر ۹ لوله‌ای انجام شد. میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده شبکه توزیع آب به ترتیب هدایت الکتریکی ۲۲۸۲/۵ میکروزیمنس بر سانتیمتر، کدورت ۰/۳ NTU، pH ۷/۸، قلائیت ۱۴۴/۸ و سختی کل ۵۳۵/۵ میلی‌گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم، کلسیم ۱۳۷/۲ میزیم ۴۶/۳، کلراید ۴۷۳/۲، سدیم ۳۱۱/۲، کلر باقی‌مانده ۱، کل جامدات محلول ۱۳۸۲/۷، فلوراید ۰/۵۳، نیترات ۶/۷ و سولفات ۳۷۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر، کلیفرم کل (۰)، کلیفرم مدفعی ۰ MPN/100mL بود. کیفیت بهداشتی آب آشامیدنی شهر اهواز مشکل‌آفرین نیست. به جزء EC، سختی، سدیم و کلراید، کلیه پارامترها استانداردهای ملی (۱۰۵۳) و WHO آب آشامیدنی را برآورده می‌کنند.

کلمات کلیدی: آب آشامیدنی، کیفیت فیزیکوشیمیایی آب، استاندارد ۱۰۵۳، WHO.

جمله پارامترهای مهمی هستند که در بهداشت و سلامت آب مصرفی و همچنین سطح رضایتمندی مصرف کنندگان جایگاه خاصی دارند. باید توجه داشت که در این بین بررسی عوامل میکروبی و شیمیایی بهدلیل عدم قضاوت با چشم ظاهری از اهمیت بالاتری برخوردار نداشت. کیفیت آب را با خواص فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آن بیان می‌کنند. مثل شفافیت، رنگ، بو، نمک‌های محلول در آب، سختی، pH، کلی فرم کل، کلی فرم مدفوعی و غیره (Hanjra and Qureshi, 2010).

مطالعات زیادی در رابطه با کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی در مناطق مختلفی از جهان ارائه شده است. Rajaei et al. (2012) در بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روزتایی دشت بیرونی و قائن به این نتیجه رسیدند که میزان سختی، سولفات، سدیم، کلراید، هدایت الکتریکی فراتر از حد اکثر مجاز استاندارد ملی و میزان فلورئور در ۹۲٪ از نمونه‌های تحلیل شده کمتر از حداقل فلوراید توصیه شده است. ملکوتیان و مومنی (۱۳۹۱) طی مطالعه‌ای در بررسی کیفیت آب شرب بردوسیر به این نتیجه رسیدند که میزان نیتریت و نیترات در کلیه نمونه‌ها کمتر از حد مجاز استاندارد ایران و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی است. رضایی کلانتری و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی کیفیت آب شرب روزتاهای استان قم به این نتیجه رسیدند که میزان رنگ، TDS، کدورت، pH، کلسیم، منیزیم، فلورئور و آمونیاک در مناطق مورد مطالعه از وضعیت مطلوب و قابل قبولی نسبت به استانداردهای داخلی برخوردار است ولی میزان فسفات، سختی و کلرور در این مناطق بیش از حد مجاز می‌باشد.

مسافری و اجلالی (۱۳۹۲) در بررسی کیفیت فیزیکوشیمیایی آب‌های شرب شهرستان‌های استان آذربایجان غربی به این نتیجه رسیدند که در مقایسه با استانداردهای ملی و بین‌المللی آب شرب در برخی از این مناطق، مقادیر بعضی از پارامترهای کیفی آب شرب مطابق با حدود مجاز نبوده و لازم است اقدام اصلاحی در این خصوص صورت گیرد. اصل هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی آب شرب شهر هریس به این نتیجه رسیدند که اگرچه این آب از نظر pH مشکلی ندارد اما از نظر سختی و قلیائیت شاهد یک روند افزایشی است که ممکن است مصرف کنندگان آب شرب را به استفاده از منابع ناسالم دیگر سوق دهد. Naji Ebrahim et al. (2013) در بررسی کیفیت فیزیکی شیمیایی آب آشامیدنی شهری در یمن به این نتیجه

آبی را که قرار است به عنوان آب آشامیدنی استفاده شود، باید مطابق با استانداردهای موجود باشد، که از طرف سازمان‌های معترف ملی یا جهانی ارایه می‌شود. هدف اصلی بررسی‌های کیفی آب آشامیدنی، حفظ بهداشت عمومی و سلامت مصرف کنندگان است (Radmanesh et al., 2013). منبع اصلی تامین آب شرب شهر اهواز از رودخانه کارون به عنوان یکی از شریان‌های مهم آبی کشور، بیش از ۹۰۰ کیلومتر از مسیر ۱۲۰ کیلومتری خود را در استان خوزستان طی می‌کند. با توجه به طبقات و لایه‌های زمین و همچنین حمل رسوبات وجود آب شور در مسیر رودخانه و همچنین حمل رسوبات و نمک‌های محلول دیگر از کیفیت آب می‌کاهد. تخلیه مستقیم و بدون پالایش انواع زهاب‌های اراضی کشاورزی، پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری خانگی و روزتاهای مسیر، در دشت خوزستان موجب افزایش انواع آلودگی‌های فیزیکی یا شیمیایی و بیولوژیکی آب رودخانه کارون در اثر تخلیه مستقیم و بدون پالایش این پساب‌ها است.

شایان ذکر است که سایر بلاهای طبیعی نظیر طوفان‌ها، گرد و خاک‌های شدید در سطح استان، حرکت شن‌های روان، وجود دود و گاز‌های سمی خطرناک حاصل از فعالیت انواع مرآکز و کارخانجات صنعتی منطقه نظیر صنایع فولاد، شرکت نورد و لوله اهواز، شرکت کریں ایران، چاههای نفت منطقه و غیره تاثیر بهسزایی در آلودگی منابع سطحی و زیرزمینی این نواحی دارد (Hanjra and Qureshi, 2010). بنابراین این موضوع، نگرانی‌های زیادی در مورد امکان آلودگی منابع آب آشامیدنی شهر اهواز با انواع آلاینده‌ها به وجود آورده است.

بنابراین تحقیق در مورد وجود و شناسایی انواع آلاینده‌ها و میزان آن‌ها در منابع آب آشامیدنی، از اهمیت زیادی برخوردار است. چنان‌چه آلاینده‌های آب و میزان آن‌ها مشخص شدند، در این صورت در مرحله بعد می‌توان راهکارهای حذف این آلاینده‌ها را مورد بررسی و اجرا قرار داد و مانع از وارد شدن زیان و خسارت بیشتر به شهر وندان شد. از طرفی چنان‌چه مشخص شود آلاینده‌ای در منابع آب حضور ندارد و یا غلظت آن‌ها از میزان مجاز کمتر است، این امر باعث آرامش خاطر مسئولین و نیز آرامش و امنیت روانی بیشتر شهر وندان خواهد شد. از این منظر، خواص فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب از

در جدول شماره ۱ و موقعیت نقاط نمونهبرداری روی نقشه در شکل شماره ۱، ارائه شده است. در مجموع تعداد آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی انجام شده در آب تصفیه‌خانه‌های اهواز ۳۸۴۰ مورد و تعداد آزمایش‌های شبکه توزیع ۷۶۸ و تعداد آزمایش‌های میکروبی ۵۲۸ مورد بوده است. در تحلیل داده‌ها میانگین نتایج به دست آمده مدنظر بوده است. روش نمونه‌برداری لحظه‌ای انتخاب شد. قابل ذکر است برای برداشت نمونه‌ها از ظروف ۲ لیتری پلی‌اتیلنی تمیز و مواد شیمیایی استفاده شد که همگی ساخت شرکت مرک آلمان^۲ با درجه خلوص بالا بودند. نمونه‌های برداشت شده برای انجام آزمون‌های شیمیایی، فیزیکی و میکروبی به آزمایشگاه مرکزی آب اهواز منتقل و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

به طور کلی آزمایش‌ها در دو دسته آزمایش‌های دستگاهی و تیتریمتري براساس روش‌های استاندارد طبق جدول ۲، برای آزمایش‌های آب و فاضلاب صورت پذيرفت (APHA, 2005). بر اين اساس برای نمونه‌برداری میکروبی، از ظروف شيشه‌اي استريل حاوي تيوسولفات سديم استفاده شد. نمونه‌ها در مجاورت يخ نگهداري و برای انجام آزمایشات میکروبی بلافاصله به آزمایشگاه آب و فاضلاب منتقل و مورد آزمایش قرار گرفتند. اندازه‌گيري دما، EC، DO و كلر باقیمانده، ابتدا در محل‌های نمونه‌برداری و با استفاده از دستگاه EC متر مدل دستگاه pH (WTW330/SET)، دستگاه DO متر پرتايل مدل (WTW340/SET OXI) ساخت کشور آلمان و كلر باقیمانده با استفاده از كيت كلرسينجي اندازه‌گيري شد. سنجش كلرايد، سختي، كلسيم، منيزيم و قليائيت به روش تيتریمتري، آنيون‌ها و كاتيون‌های فلورايد، آهن، فسفات، نيترات، نيتريت، آمونياك، آلومينيم و COD با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل DR5000 مارک HACH، TOC با استفاده از دستگاه TOC متر SHIMADZU مدل TOC-VCSH سديم، ليتيم و پتاسييم با استفاده از دستگاه فليم فتوتمتر و برای اندازه‌گيري غلظت ديگر عوامل از دستورالعمل مندرج در كتاب روش‌های استاندارد استفاده شده است. سنجش باكتري‌های كلري فرم كل و مدفوعي نيز طبق روش تخمير چندلوله‌اي انجام شد و نتایج به صورت MPN/100mL گزارش شدند. در نهاييت نيز نتایج به دست آمده توسط نرم‌افزار EXCELL و با استفاده از تحليل واريانس يك‌طرفه^۳ مورد تجزيه و تحليل قرار گرفت و ميانگين غلظتهاي به دست آمده با استاندارد ملي ۱۰۵۳

رسيدند که غلظت پaramترهای فیزیکی و شیمیایی و ترکیبات نیتروژن مطابق با استاندارد WHO بوده اما غلظت همه عناصر و یون‌های فلزی کمتر از استاندارد پذيرفته شده برای آب آشامیدنی است.

طی مطالعه‌ای Gyamfi et al. (2012) در بررسی تحليل شیمیایی نمونه‌های آب آشامیدنی در شهر آکرا در غنا، نشان دادند که غلظت پaramترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب برای مصرف آب شرب از كيفيت مطلوبی برخوردار است. pH در تمام نمونه‌ها در محدوده استاندارد WHO از ۸/۵ - ۶/۵ به دست آمد، Belgin (2006) طی مطالعه‌ای بر روی منابع تامين‌كننده آب استان افیون^۱ ترکیه، به اين نتیجه رسيد که ميزان غلظت نيتريت و نيترات به ترتیب در ۱۱٪ و ۱۸٪ نمونه‌ها بيش از حد استاندارد است. بنابراین با توجه به اهميت و نقش پايش کيفی آب در تامين آب شرب سالم و بهداشتی، اين مطالعه بهمنظور بررسی كيفيت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب شرب شهرستان اهواز انجام شد، تا با مقایسه نتایج حاصل با استانداردهای كيفيت آب در ايران و رهنماوهای WHO وضعیت کيفی آب شرب جمعیت تحت پوشش کنترل و مشخص شود.

۲- مواد و روش‌ها

مرحله نمونه‌برداری يکی از مهم‌ترین مراحل انجام مطالعه است، زيرا اگر نمونه‌های انتخاب شده نماینده واقعی جمعیت مطالعه نباشد، نتایج آزمایش بی معنی خواهد بود. تحقيق حاضر يک مطالعه توصيفی است که به صورت مقطعی برای بررسی كيفيت آب از نظر فیزیکی و شیمیایی به مدت ۱۲ ماه در شبکه آب آشامیدنی شهر اهواز (شامل شش نقطه: كيكاووس ۳۰ متری - خيابان شهيد رستگاري)، ملاشيه، غزنوي، سپيدار، كوت عبدال... (شهر كارون) و زرگان) و خروجی آب تصفیه‌خانه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ اهواز انجام شده است. نمونه‌های اين تحقيق، تحت نظارت شرکت آب و فاضلاب شهر اهواز و براساس فاصله از تصفیه‌خانه‌ها و پراکندگی در سطح شهر انتخاب شدند. كلیه نقاط نمونه‌برداری تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب اهواز قرار دارند و به صورت روتين نمونه‌برداری و مورد آزمایش قرار می‌گيرند. مشخصات و موقعیت جغرافیایی تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه

جدول ۱- نشانی و مشخصات جغرافیایی تصفیه خانه های اهواز

نشانی جغرافیایی				محل	نام تصفیه خانه	ردیف			
مختصات ورودی تصفیه خانه آب		سیستم مختصات جغرافیایی							
Longitude	Latitude	Y	X						
۴۸/۰۷۰۴۹۹۷۴	۳/۳۵۵۶۴۵۸	۳۴۷۱۲۹۷	۲۸۱۶۴۸	فلکه ملی راه، روبروی زوویه	شماره ۱	۱			
۴۸/۶۷۴۱۱۱۲۱	۳۱/۳۵۶۰۵۲۵	۳۴۷۲۴۰۰	۲۷۸۸۱۷	اتوبان شهید مدرس، روبروی شهرک زردهشت	شماره ۲	۲			
۴۸/۶۸۷۶۱۵۰۱	۳۱/۳۳۱۷۲۰۱	۳۴۶۸۶۷۸	۲۷۹۹۸۶	خ آبیاری، جنب مرقد حضرت علی بن مهزیار	شماره ۳	۳			
۴۸/۶۶۲۶۹۹۱۲	۳۱/۲۵۷۸۰۰۵	۳۴۶۰۵۳۳	۲۷۷۴۴۱	اتوبان آیت... بهمنیانی، کوت عبدال...	شماره ۴	۴			
۴۸/۶۳۰۸۴۴	۳۱/۲۷۲۹۴۹۶	۳۴۶۲۲۷۷	۲۷۴۴۴۳	معین زاده، جنب منازل سازمانی نیروی انتظامی	شماره ۵	۵			



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه برداری روی نقشه شهر اهواز

جدول ۲- پارامترهای مورد بررسی

روش مورد استفاده	پارامتر مورد بررسی	روش مورد استفاده	پارامتر مورد بررسی
4500-p/D, Stannous Chloride Method	فسفات	2130 Turbidity B, Nephelometric Method	کدورت
5220-Chemical Oxygen Demand (COD)-D, Closed Reflux, Colorimetric Method	COD	4500-H+ B, Electrometric Method	pH
5310 B, High-Temperature Combustion Method	TOC	2320.B- B, Titration Method	قلیابیت
4500-NH3 F, Phenate Method	آمونیاک	3500-Al-B, Eriochrome Cyanine R Method	آلومینیم
3500- K.B., Flame Emission Photometric Method	پتابسیم	2540 C, Total Dissolved Solids Dried at 180 °C	EC
3500-FE-B, Phenanthroline Method	آهن	Cellosoli 325, wtw oxi 34i	DO
3500-Li-B, Flame Emission Photometric Method	لیتیم	4500-CL B, Argentometric Method	کلراید
3500-Na sodium-B, Flame Emission Photometric Method	سدیم	2340C-Edta Titrimetric Method	سختی
4500-F-D, SPADNS Method	فلوراید	3500-CAB, Edta Titrimetric Method	کلسیم
4500-SO42-E, Turbidimetric or Spectrophotometric Method	سولفات	4500 - No_3^- - B. Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method	نیترات
4500-No2 -B, Colorimetric Method	نیتریت	F. 9221 Multiple, Escherichia Coli Procedure Using Fluorogenic Substrate	کلی فرم مدفعی
9221 Multiple-B, Standard Total Coliform Fermentation Technique	کلی فرم کل	4500-Cl G, DPD Colorimetric Method	کلر باقی مانده

و مقایسه صورت گرفته با استانداردهای ملی ایران و سازمان بهداشت جهانی نشان داده شده است (موسسه ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۸؛ WHO, 2011).

نتایج پارامترهای کلی فرم کل و مدفعوعی برای تمام نمونه‌های جمع‌آوری شده صفر به دست آمد. که این موضوع نشان‌دهنده سالم بودن آب شرب شهر اهواز از لحاظ میکروبی است. بررسی نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین میزان سختی کل

ایران و استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقایسه شد (موسسه ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۸؛ WHO, 2011).

۳- نتایج و بحث

پس از نمونه‌برداری و انجام آزمایش بر روی نمونه‌های آب، میانگین مقادیر پارامترهای مختلف مطابق با جداول ۳ تا ۶

جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر کاتیون‌های اندازه‌گیری شده در خروجی شیرهای تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز

شبکه توزیع	$*T_5$	$*T_4$	$*T_3$	$*T_2$	$*T_1$	استاندارد WHO	استاندارد ملی ایران		واحد	پارامتر
							حداکثر مجاز	حد مطلوب		
۱۳۷/۲	۱۴۱/۸	۱۴۱/۴	۱۴۰/۳	۱۳۳/۶۶	۱۳۶/۸	- ۷۵ ۲۰۰	-	۳۰۰	mg/L	کلسیم
۴۶/۳	۴۶/۸۱	۴۵/۵	۴۱/۳	۴۴/۰۷	۳۷/۲	۵۰ - ۳۰	-	۳۰	mg/L	منیزیم
۲/۸	۲/۶۳	۲/۷	۲/۷	۲/۵۷	۲/۶	۱۲ - ۸	-	-	mg/L	پناسیم
۰/۰۲	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱	۰/۰۳۴	۰/۰۲۵	۰/۰۴۷	- ۰/۱ ۰/۲	- ۰/۱ ۰/۲	۰/۱	mg/L	آلومینیم
۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰	۰/۳	-	۰/۳	mg/L	آهن
۲/۶۷	۲/۶	۲/۷	۲/۷	۲/۳۳	۲/۶	-	-	-	mg/L	لیتیم
۳۱۱/۲	۲۸۱/۴	۲۹۴/۸	۲۷۲/۳	۲۶۶/۵	۲۴۲	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	mg/L	سدیم

(T_1^* : تصفیه‌خانه شماره ۱، T_2 : تصفیه‌خانه شماره ۲، T_3 : تصفیه‌خانه شماره ۳، T_4 : تصفیه‌خانه شماره ۴، T_5 : تصفیه‌خانه شماره ۵)

جدول ۴- مقایسه میانگین مقادیر آبیون‌های اندازه‌گیری شده در خروجی شیرهای تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز

شبکه توزیع	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	استاندارد WHO	استاندارد ملی ایران		واحد	پارامتر
							حداکثر مجاز	حد مطلوب		
۰/۰۳	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۶۵	۰/۵۳	۰/۵۸۵	۱/۵ - ۰/۵	۱/۵	۰/۵	mg/L	فلوراید
۳۷۰/۲	۳۷۲/۱۹	۳۵۷/۵	۳۸۵	۳۴۲/۷۳	۳۵۲/۴	- ۲۰۰ ۴۰۰	۴۰۰	۲۵۰	mg/L	سولفات
۸۸/۳	۹۱/۲۴	۸۸/۶۶	۸۰/۸۴	۸۵/۳۶	۸۲/۲۹	- ۱۵۰ ۵۰۰	-	-	(HCO_3) mg/L	بیکربنات
۰/۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۵	۰/۱	۳	-	mg/L	نیتریت
۶/۷	۷/۰۶	۷/۱۱	۶/۳۹	۶/۶۵	۶/۳۹	۵۰ - ۲۵	۵۰	-	mg/L	نیترات
۴۷۳/۲	۴۶۹/۱	۴۴۹/۴	۴۰۳/۶	۴۴۵/۰۱	۳۵۳/۲	۲۵۰	۴۰۰	۲۵۰	mg/L	کلراید
•	•	•	•	•	•	-	-	-	mg/L	کربنات
۰/۰۰۳	•	•	•	•	۰/۰۰۱	•	-	۰/۲	۰/۱	فسفات

(T_1^* : تصفیه‌خانه شماره ۱، T_2 : تصفیه‌خانه شماره ۲، T_3 : تصفیه‌خانه شماره ۳، T_4 : تصفیه‌خانه شماره ۴، T_5 : تصفیه‌خانه شماره ۵)

جدول ۵- مقایسه میانگین مقادیر پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده در خروجی شیرهای تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز

شبکه توزیع	$*T_5$	$*T_4$	$*T_3$	$*T_2$	$*T_1$	استاندارد WHO	استاندارد ملی ایران		واحد	پارامتر
							حداکثر مجاز	حد مطلوب		
۵۳۵/۵	۵۵۱/۰۸	۵۱۲/۲	۵۲۳/۴	۵۱۷/۴۶	۴۹۵/۶	- ۱۰۰ ۵۰۰	۵۰۰	۲۰۰	mg/L (CaCO ₃)	سختی کل
۳۹۰/۷	۴۰۱/۴۲	۳۶۷/۱	۳۹۰/۷	۳۷۵/۷۹	۳۶۰/۷	-	-	-	mg/L (CaCO ₃)	سختی دائم
۱۴۴/۸	۱۴۹/۵۹	۱۴۵/۲	۱۳۲/۶	۱۴۰/۶۷	۱۳۴/۹	-	-	-	mg/L (CaCO ₃)	سختی موقعت
۱۴۴/۸	۱۴۹/۵۹	۱۴۵/۲	۱۳۲/۶	۱۴۰/۶۷	۱۳۴/۹	- ۲۰۰ ۵۰۰	-	۱۲۰	mg/L (CaCO ₃)	قلیلیت کل
-	۳/۸۱	۴/۸۴۳	۴/۰۸	۴/۸۱	۴/۲۸۳	-	-	-	mg/L (CaCO ₃)	اسیدیته کل
-	۳/۳۵	۴/۲۶	۳/۶	۴/۲۳	۳/۷۶	-	-	-	mg/L (CaCO ₃)	گاز کربنیک
۳/۵۵	۴/۱۳	۳/۷۱	۲/۸۷۳	۳/۵۶	۳/۴۷۵	-	-	-	mg/L (kmno ₄)	مواد آلی
۲/۶۳	۲/۵۵	۱/۸	۲/۵۶	۲/۵۷	۲/۱	-	-	-	mg/L	COD
۱/۳۸	۱/۸۲	۱/۷۱۲	۰/۹۹	۰/۹۲	۰/۸۳۷	-	-	-	mg/L	TOC
۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۱۴۵	۰/۱۴۳	۰/۱۲	۰/۱۶۳	- ۰/۰۵ ۰/۵	-	۱/۵	mg/L	آمونیاک
۶/۵	۶/۴۹	۶/۵۴	۶/۷۳	۶/۴۸	۶/۶۹	Min = ۴	-	-	mg/L	DO
۱	۱/۱۵	۱/۲۷۵	۱/۱۵	۱/۱۲	۱/۱۵۸		۱ - ۰/۵	-	mg/L	کلر آزاد باقیمانده
۲۲۸۲/۵	۲۲۳۱۶/۳	۲۲۹۷/۳	۲۱۵۰	۲۱۸۶/۳۲	۱۹۷۱/۸		-	-	µs/cm	EC
۱۳۸۲/۷	۱۴۲۹/۷	۱۴۳۱	۱۳۲۸/۳	۱۲۹۸/۴۴	۱۱۹۳/۸	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	mg/L	TDS

T_1 : تصفیه‌خانه شماره ۱ ، T_2 : تصفیه‌خانه شماره ۲ ، T_3 : تصفیه‌خانه شماره ۳ ، T_4 : تصفیه‌خانه شماره ۴ ، T_5 : تصفیه‌خانه شماره ۵)

آشامیدنی هم وجود خواهد داشت. نتایج این تحقیق با مطالعه جعفرزاده و همکاران (۱۳۸۶) همخوانی دارد. حداکثر میزان کلسیم در تصفیه‌خانه ۵ (۱۴/۸ mg/L) و حداقل میزان آن در تصفیه‌خانه ۲ (۱۳۳/۶۶ mg/L) به دست آمد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان کلسیم در تمام تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع، زیر حد استاندارد ایران و سازمان بهداشت جهانی (WHO) است. ویژگی اصلی کمبود کلسیم در کودکان، نرمی استخوان و تغییر شکل ساختاری استخوان‌های در حال رشد است، در حالی که در بزرگسالان در پوکی استخوان نقش دارد. نتایج به دست آمده برای منیزیم

مربوط به تصفیه‌خانه شماره ۵ (۵۵۱/۰۸ mg/L CaCO₃) و کمترین مقدار مربوط به تصفیه‌خانه ۱ (۴۹۵/۶ mg/L CaCO₃) است. میانگین سختی کل در چهار تصفیه‌خانه و شبکه توزیع به جز تصفیه‌خانه ۱ از حد مطلوب استاندارد ۱۰۵۳ ایران تجاوز کرده و مقدار آن از حداکثر مجاز نیز بالاتر است. همچنین با مقایسه میزان سختی کل با استانداردهای مدون داخلی و خارجی مشخص شد که این آب در ردیف آبهای سخت و خیلی سخت قرار می‌گیرد. این در حالی است که از آنجا که در تصفیه‌خانه‌های مورد آزمایش، عملیات سختی‌گیری صورت نمی‌گیرد، سختی به دست آمده در آب رودخانه در آب

جدول ۶- مقایسه میانگین مقادیر پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده در خروجی شیرهای تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز

شبکه توزیع	$*T_5$	$*T_4$	$*T_3$	$*T_2$	$*T_1$	استاندارد WHO	استاندارد ملی ایران		واحد	پارامتر
							حداکثر مجاز	حد مطلوب		
۲/۳	۳/۸۹	۳/۵	۱/۴۲۵	۱/۱۶	۱/۴	≤۵	۵	≤۱	NTU	کدورت
۷/۸	۷/۷۹	۷/۷۳۵	۷/۷۳	۷/۷۳	۷/۶۷	- ۶/۵ ۸/۵	۹- ۶/۵	۸/۵ - ۶/۵	-	pH
۲۳/۹	۲۴/۵۴	۲۵/۳۷	۲۳/۳۳	۲۱/۷۳	۲۵	-	-	-	⁰C	درجه حرارت

(T_1 : تصفیه‌خانه شماره ۱، T_2 : تصفیه‌خانه شماره ۲، T_3 : تصفیه‌خانه شماره ۳، T_4 : تصفیه‌خانه شماره ۴، T_5 : تصفیه‌خانه شماره ۵)

EC و TDS افزایش پیدا کند (زاهدی کولاکی، ۱۳۸۳). حداکثر میزان قلیاییت در تصفیه‌خانه ۵ مشاهده شد. میزان قلیاییت از حد مطلوب استاندارد ملی بالاتر ولی نسبت به استاندارد WHO در محدوده قابل قبولی قرار دارد. میانگین آمونیاک، نیتریت و نیترات در محدوده استاندارد ۱۰۵۳ ایران و WHO قرار دارد. از این منظر آب شربی که در سیستم توزیع اهواز در جریان است از لحاظ وجود آمونیاک، نیتریت و نیترات مشکل جدی ندارد و محدودیتی از نظر بهداشتی برای مصرف کنندگان ایجاد نمی‌کند. وجود نیترات در آب شرب باعث بروز بیماری کودکان آبی می‌شود که در این بیماری هموگلوبین خون با نیترات ترکیب شده و متهموگلوبین تشکیل می‌دهد که قدرت اکسیژن‌رسانی نداشته و باعث خفگی کودکان می‌شود (WHO, 2005). تغییرات اسیدیته و گاز کربنیک به ترتیب بین ۳/۸۱ mg/L CaCO₃ تا ۴/۸۴ mg/L CaCO₃ ۳/۳۵ تا ۴/۲۶ بوده است. استانداردی برای اسیدیته و گازکربنیک آب توسط مراجع بهداشتی تعیین نشده است. نتایج فلوراید نشان داد که تغییرات نامحسوسی بین خروجی تصفیه‌خانه‌ها و شبکه توزیع وجود دارد و میانگین به دست آمده در محدوده قابل قبولی نسبت به استانداردهای ملی و قرار دارد. اطلاعات اپیدمیولوژیکال گواه بر این مطلب است که غلظت بالاتر $1/۵$ mg/L این ماده احتمال مسمومیت دندانی را بر اثر فلورور به طور خطرناکی بالا می‌برد (بصیر و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین میزان یون فلوراید رودخانه‌های مارون، کارون و کرخه مورد بررسی قرار گرفته است و مشخص شد که متوسط غلظت یون فلوراید برابر $۰/۵$ mg/L بوده است (بصیر و همکاران، ۱۳۸۵).

در مقایسه با استانداردهای ملی ایران و WHO نشان داد که منیزیم در ۱۰۰٪ نمونه‌ها فراتر از حد مطلوب استاندارد ملی ایران ولی در محدوده قابل قبولی نسبت به استاندارد WHO قرار دارد. کمبود منیزیم باعث فشار خون بالا و بیماری‌های قلیی و عروقی، بیماری آترووژنیز، دیابت نوع ۲ و سکته مغزی می‌شود (WHO, 2009).

میانگین کدورت در نمونه‌های مورد مطالعه از حد مطلوب استاندارد ملی تجاوز کرده و در محدوده مجاز قرار دارد ولی نسبت به استاندارد WHO در دامنه قابل قبولی قرار دارد. کدورت از عوامل پایش کیفیت روزانه آب است که بر دیگر خصوصیات کیفی نیز تأثیر دارد. مقدار متوسط pH در تمامی نمونه‌ها، تغییرات نامحسوسی داشته است و در حد مطلوبی نسبت به استانداردهای مدون داخلی و خارجی قرار دارد و محدودیتی از نظر مصارف شرب و صنعتی ایجاد نمی‌کند. حداکثر مقدار TDS در استاندارد ملی برابر 1500 mg/L WHO ۱۰۰۰ mg/L بوده است. نتایج نشان داد که میزان کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی به ترتیب بین $۲۳۱۶/۳$ تا $۱۹۷۱/۸$ mg/L $۱۱۹۳/۸$ تا ۱۴۳۱ بر سانتی‌متر متغیر است که این میزان برای TDS، از حد مطلوب استاندارد بالاتر و در محدوده مجاز قرار دارد. علت بالا در آن‌ها، سدسازی، کاهش جریان آب رودخانه کارون، ریختن زهاب‌های کشت و صنعت نیشکر، ریختن فاضلاب‌های شهری و روستایی و صنعتی است. با افزایش دما، میزان EC افزایش می‌یابد، بنابراین در طی سال‌هایی که خشکسالی رخ می‌دهد و دمای هوا افزایش می‌یابد، می‌توان انتظار داشت که

است (بصیر و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه به نتایج، غلظت اکسیژن محلول در تمامی نمونه‌ها تغییرات نامحسوسی داشته است. هرگز استانداردی برای DO عمدتاً بهدلیل غیرسمی بودن توسط مراجع بهداشتی تعیین نشده است. حداکثر میزان مواد آلی از طریق ارزش پرمگناتی و TOC در تصفیه‌خانه ۵ بهترتیب mg/L $1/82$ و $4/13$ بددست آمد. حداکثر میزان COD در شبکه توزیع معادل mg/L $2/65$ بددست آمد. استانداردی برای مواد آلی توسط مراجع بهداشتی تعیین نشده است. امین و همکاران (۱۳۹۲) طی مطالعه‌ای بیان کردند که اگر چه ارتباط معناداری از نیتریت، نیترات و TOC محتوی در آب با بیماری‌های دستگاه گوارش ثبت نشد، اما باید در نظرداشت که این چنین تهدیدکننده‌های سلامتی ممکن است به مرور زمان به وجود آید و کیفیت محتوای آب باید برای جلوگیری از بیماری‌های مختلف کنترل شود. حداقل میزان کلر باقیمانده در شبکه توزیع معادل mg/L 1 و حداکثر آن در تصفیه‌خانه 4 معادل mg/L $1/275$ بددست آمد. مقدار توصیه شده کلر آزاد باقیمانده پس از مدت زمان نیم ساعت در شرایط عادی حداقل $0/8 - 0/5$ در هر نقطه از شبکه و حداقل $0/2$ در محل مصرف آب بر حسب میلی‌گرم بر لیتر است (WHO, 2005).

Mohammad Rafi et al. (2011) در بررسی تجزیه و تحلیل آب آشامیدنی در برخی از مناطق روستایی Nandyal هند باین نتیجه رسیدند که غلظت بسیاری از پارامترهای مورد بررسی در نمونه‌های آب آشامیدنی در بعضی از مناطق ($7/39 - 5/47$) mg/L SO_4^{2-} : $41/2$ - 73 $s/cm\mu$, pH: $49-1168$, EC: $0/07 - 0/18$ mg/L , NO_3^- : $11/19 - 39/76$ mg/L , AL: $0/08 - 0/94$ mg/L , Fe: $0/08 - 0/09$ است. Akoto and Adiyiah (2007) در بررسی تحلیل شیمیایی آب آشامیدنی در منطقه Brong Ahafo غنا باین نتیجه رسیدند که غلظت بسیاری از پارامترهای مورد بررسی در نمونه‌های آب آشامیدنی در بعضی از مناطق ($7/54 - 5/57$) $s/cm\mu$, pH: $0/99$ mg/L , EC: $35-1216$, SO_4^{2-} : $3/33 - 8/02$ mg/L , NO_3^- : $0/05 - 0/06$ mg/L , AL: $0/05 - 0/15$ mg/L , Fe: $0/09 - 0/11$ mg/L . زیر حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی است و هیچ ارتباطی بین غلظت فلزات در نمونه‌های آب آشامیدنی وجود ندارد.

Nasrolahi Omran et al. (2010) طی مطالعه‌ای باین

غلظت کلرور در تمام نمونه‌های مورد مطالعه از حد مجاز فراتر رفته و سبب تشديد طعم شوری در آب شده است ولی در تصفیه‌خانه 1 در نزدیکی حداکثر مجاز استاندارد ملی قرار دارد. غلظت‌های اضافی کلراید سرعت خورندگی فلزات در شبکه توزیع را بسته به قلاییت آب افزایش می‌دهد و این مورد می‌تواند به غلظت زیاد فلزات در آب منجر شود. براساس نتایج بدست آمده، میزان سولفات اندازه‌گیری شده در تمام نمونه‌ها، از حد مطلوب بالاتر و در نزدیکی حد مجاز استاندارد قرار دارد. حداکثر میزان سولفات در تصفیه‌خانه 5 اندازه‌گیری شده است. غلظت بالای سولفات در آب آشامیدنی منجر به اسهال زودگذر می‌شود. USEPA برای حفاظت کودکان مقدار حداکثر مجاز برای سولفات را بر اساس اثرات گوارابی آن $250 mg/L$ در نظر می‌گیرد (EPA, 2004). غلظت کربنات در تمامی نمونه‌ها mg/L $91/24$ با مقدار 5 بیکربنات در تصفیه‌خانه mg/L 0 بددست آمد. حداکثر سختی دائم و موقت در تصفیه‌خانه 5 اندازه‌گیری شد.

غلظت فسفات در تمام نمونه‌ها در دامنه قابل قبولی نسبت به استاندارد ملی و WHO قرار دارد. نتایج آزمایش سدیم بیانگر بیش از حد مجاز بودن میزان سدیم در تمام نمونه‌ها بیش از حد مطلوب توصیه شده برای مصارف آشامیدنی است. سدیم در غلظت‌های بالا در آب آشامیدنی برای افرادی که دچار بیماری‌های قلبی، کلیوی و دستگاه گردش خون هستند خطرناک است. غلظت پتاسیم در تمام نمونه‌ها از حد استاندارد WHO پایین‌تر بود. در مطالعه‌ای در کشور هند، علت افزایش سدیم و پتاسیم در آب، فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی ذکر شده است (Guo and Wang, 2004). حداکثر میزان آهن در تصفیه‌خانه $2 (0/009 mg/L)$ اندازه‌گیری شده است بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده مقدار این کاتیون از لحاظ شرب نسبت به استاندارد مشکل‌ساز نیست. میزان تغییرات لیتیم بین $2/33 mg/L$ تا $2/7$ اندازه‌گیری شده است.

لیتیم در استانداردهای اولیه آب آشامیدنی لحاظ نمی‌شود و حداکثر مقدار پیشنهادی آن mg/L 5 است. حداکثر مقدار آلومینیم در تصفیه‌خانه $3 (0/034 mg/L)$ و حداقل آن در تصفیه‌خانه 5 معادل $0/011 mg/L$ اندازه‌گیری شد و در تمامی نمونه‌ها زیر حد استاندارد ملی و WHO توصیه شده قرار گرفته است. در کل ارتباط مثبت بین AL موجود در آب آشامیدنی و بیماری آلزایمر در چندین مطالعه اپیدمیولوژی به ثبت رسیده

بهویژه طرح توسعه نیشکر در بالادست شهر اهواز در کنار کاهش دبی رودخانه باعث افزایش میزان EC آب می‌شود. بررسی‌های به عمل آمده از عملکرد تصفیه‌خانه‌های مورد مطالعه نشان داده است که در هیچ‌یک از آن‌ها عملیات پیش‌تنهشینی و کاهش سختی سختی انجام نمی‌گیرد، بقیه مراحل تصفیه در کل تصفیه‌خانه‌ها به خوبی اجرا شده و آب خروجی از تصفیه‌خانه، استانداردهای لازم آب شرب را دارا است. با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود که نسبت به تجهیز تصفیه‌خانه‌ها به وسایل مجهز اقدام شود و بررسی‌های کاربردی برای انتقال آب از سرچشممهای بالادست به وسیله خطوط لوله و تعبیه مخازن و سیستم‌های تحت فشار در مسیر انتقال انجام پذیرد. همچنین بالا بردن توان اجرایی و مدیریتی کمی و کیفی آب، تطبیق با استانداردهای معتبر بهداشت جهانی، نگهداری صحیح از شبکه‌ها و بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های موجود، پایش، کنترل به موقع باید همیشه مدنظر مسئولان و بهره‌برداران امور آب قرار گیرد.

در مجموع بهترین روش برای تضمین کیفیت آب آشامیدنی، اجرای سیستم مدیریت جامع با همکاری کلیه ارگان‌های ذیربسط است. رویکرد جدید سازمان بهداشت جهانی برای دست‌یابی به این هدف اجرای برنامه ایمنی آب است. محدوده اجرای برنامه ایمنی آب، کل سیستم تامین آب آشامیدنی از حوزه آب‌گیر تا مصرف را شامل می‌شود. اهداف برنامه ایمنی آب آشامیدنی اطمینان از کیفیت آب آشامیدنی براساس مدیریت خطر است که عبارتند از: پیشگیری از آلودگی منبع آب آشامیدنی تصفیه آب برای کاهش یا حذف آلودگی برای رسیدن به استانداردها، پیشگیری از آلودگی مجدد آب در مدت ذخیره‌سازی، توزیع و مصرف.

۵- پی‌نوشت‌ها

- 1- Afyon
- 2- Merck
- 3- One-Way ANOVA

۶- مراجع

اصل هاشمی، ا.، مرادزاده، ا.، و احمدیان، س.، (۱۳۹۲)، «مطالعه آب آشامیدنی شهرستان هریس در فاصله زمانی

نتیجه رسیدند که کلیه نمونه‌های مورد آزمایش از نظر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در محدوده استانداردهای ملی و جهانی بوده است از نظر سختی آب شرب گرگان جزء آب‌های خیلی سخت می‌باشد. Sadeghi and Rouholahi (2007) در اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهر اردبیل به این نتیجه رسیدند که سولفات ۹٪ نمونه‌ها، سختی کل ۴۱٪، فسفات در ۷۱٪ نمونه‌های تحلیل شده بیشتر از حداقل مجاز بوده و فلوئور در ۵۷٪ نمونه‌های تحلیل شده کمتر از حداقل فلوئور توصیه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده و نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه^۳ در سطح اطمینان ۹۵٪ مشخص شد که بین عوامل کیفی در ۵ تصفیه‌خانه و شبکه توزیع آب اهواز در اکثر موارد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در تحلیل نتایج، نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های اندازه‌گیری شده، شاید به این معنی است که کیفیت آب خروجی از تصفیه‌خانه‌های آب، مشخصات خود شبکه و شرایط محیطی موجود در نقطه از شبکه توزیع آب اهواز تا اندازه زیادی با هم مشابه است.

برای مشخص کردن کیفیت آب علاوه‌بر استانداردهای ملی و بین المللی از استانداردهای دیگری هم استفاده می‌شود که دیاگرام Schoeller یک نوع از آن است. براساس طبقه‌بندی پارامترهای کیفی آب در تمام مناطق در وضعیت خوب تا متوسط قرار گرفتند. نتایج نشان داد که pH و کلسیم در وضعیت قابل قبول، منیزیم و بی‌کربنات در وضعیت خوب، سدیم، TDS و سولفات در وضعیت متوسط و سختی کل و کلراید در وضعیت قابل قبول تا متوسط قرار گرفتند.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات و نتایج به دست آمده، کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شهر اهواز در محدوده توصیه شده و در مقایسه با استانداردهای ایران و سازمان بهداشت جهانی از کیفیت نسبتاً مطلوبی برخوردار است. موارد اصلی محدود کننده آن EC، سختی، سدیم، کلراید است که این وضعیت می‌تواند علاوه‌بر مشکل‌ساز بودن در شبکه آبرسانی باعث ایجاد طعم و ظاهر نامناسب شود، اما در نهایت می‌توان گفت که آب آشامیدنی شهر اهواز از نظر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی مشکل بهداشتی ایجاد نمی‌کند و برای مصرف آشامیدنی مناسب است. ورود زه‌کش‌های کشاورزی

- 2010”, *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, 11(4), 403-410.
- Mohammad Rafi, K., Rmachar, T., and Umamahesh, M., (2011), “A study on chemical analysis of drinking water from some communities in Nandyal rural areas of Kurnool district, Andhra Pradesh, India”, *International Journal of Civil and Structural Engineering*, 2(1).
- Ebrahim, N., Kershi, R.M., Saif, B.N., and Rastrelli, L., (2013), “Physico-chemical analysis of drinking water from Maoh (Zafar) village, Yemen”, *World Applied Sciences Journal*, 26(2), 244-247.
- Nasrolahi Omran, A., Bay, A., Pourshamsian, Kh., Karimi, Kh., Hashemi, M., and Maghsoodloo, B., (2011), “Study of physical, chemical and bacteriological quality of drinking water in Gorgan in 2010”, *Journal of Medical Laboratory*, 5(1), 13-17.
- Radmanesh, F., Zarei, H., and Salari, M., (2013), “Water quality index and suitability of water of Gotvand basin at district Khuzestan, Iran”, *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(4), 707-713.
- Rajaei, G., Mehdinejad, M.H., and Hesari Motlagh, S., (2012), “A Survey of chemical quality of rural drinking water of birjand and qaen plains, Iran”, *Journal of Health Systems Research*, 7(6), 18-26.
- Rezaei Kalantary, R., Azari, A., Ahmadi, E., and Ahmadi Jebelli, M., (2013), “Quality evaluation and stability index determination of Qom rural drinking water resources”, *Journal of Health in the Field*, 1(3), 9-16.
- Sadeghi, H., and Rouholahi, S., (2007), “Study of Ardabil drinking water physicochemical parameters”, *Journal of Ardabil University of Medical Sciences (JAUMS)*, 7(1), 52-56.
- Hanjra, M.A., and Qureshi, M.E., (2010), “Global water crisis and future food security in an era of climate”, *Journal of Food Policy*, 35(5), 365-377.
- Smken, B., Ozdemir, M., Yavuz, H., and Pamuk, S., (2006), “The microbiological quality and residual nitrate/nitrite level in Turkish sasusage (soudjouck) produced in Afyon Province, Turkey”, *Journal of Food Control*, 17(11), 923-928.
- World Health Organization, (2009), *Calcium and magnesium in drinking-water*, Geneva.
- World Health Organization, (2005), *Nutrients in drinking water*, Geneva.
- World Health Organization, (2011), *Guidelines for drinking water quality, Vol. 1: Recommendations*, 4th Edition, Geneva.
- »، شانزدهمین کنفرانس ملی سلامت محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ایران. امین، م.م.، پورصفا، پ.، همامی، ف.، و خادمی کیا، س. (۱۳۹۲) «ارتباط بین نیترات، نیتریت و TOC در آب و بیماری‌های دستگاه گوارش»، شانزدهمین کنفرانس ملی سلامت محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.
- صیری، ل.، خانه مسجدی، م.، حقیقی، م.، و نعمتی اصل، س. (۱۳۸۵) "بررسی رابطه بین فلوروسیس و شیوع با غلظت فلوراید در آب آشامیدنی خوزستان در کودکان ۱۰ تا ۱۲ ساله در سال ۱۳۸۱"، نشریه دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، ۲۴-۱۴، ۲۴.
- عفرزاده، ن.، مراقی، ش.، مرعشی، ش.، و موید، پ. (۱۳۸۶)، «بررسی کیفیت باکتریولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی حوضچه‌های تصفیه خانه آب اهواز»، نشریه علوم پزشکی جندی شاپور، ۲۶(۲)، ۲۲۷-۲۳۴.
- زاهدی کولاکی، ا. (۱۳۸۳)، «تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت آب در شهر بوشهر»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
- مسافری، م.، و اچالایی، ا. (۱۳۹۲)، «مطالعه کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی آذربایجان غربی»، شانزدهمین کنفرانس ملی علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.
- موسسه ملی استاندارد ایران، (۱۳۸۸)، «ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، شماره ۱۰۵۳»، تهران، ایران.
- Akoto, O., and Adiyiah, J., (2007), “Chemical analysis of drinking water from some communities in the Brong Ahafo region”, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4(2), 211-214.
- APHA, (2005), “Standard methods for the examination of water and waste water”, 21st Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., USA.
- EPA, (2004), “Edition of the drinking water standards and health advisories”, EPA822-R-04-005, Office of Water Protection Agency, Washington D.C.
- Guo, H., and Wang, Y., (2004), “Hydrogeochemical processes in shallow quaternary aquifers from the northern part of the Datong Basin”, *Chinese Journal of Applied Chemistry*, 19, 19-27.
- Gyamfi, E.T., Ackah, M., Anim, A.K., Hanson, J.K., Kpattah, L., Enti-Brown, S., Adjei-Kyereme, Y., and Nyarko, E.S., (2012), “Chemical analysis of potable water samples from selected suburbs of Accra, Ghana”, *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 2(2), 118-127.
- Malakotian, M., and Momeni, J., (2013), “Quality survey of drinking water in Bardsir, Iran 2009-

The Effect of Interaction Between Qanat and Water Distribution in Naser-Khosro Street of Tehran

Ahmad Maleki¹ and Maliheh Konjani Hesari²

1- Former Manager for Water supply, Tehran Water and Wastewater Company

2- Research and Improve Productivity Department, South-West Tehran Water and Wastewater Company

Abstract

In this paper which is written as an experience acquired from one of the experts in water and wastewater industry, interaction between qanats and municipal water network has been investigated. The recorded problems seen in Naser-Khosrow experience is about during year 1997. After representing street in Tehran the experience and reviewing the case, major difficulties of current qanats located in urban areas together with suggestions to reduce occurrence or effects of this problem is presented. This article can be useful for experts and authorities in urban and rural water and wastewater companies, regional water companies and also consulting engineers and contractors.

Keywords: Experience, Municipal water network, Qanat.

۱۳۳۲ به حدود ۶۳۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۸۹-۹۰ رسیده است که نشانگر کاهش ۳۰ درصدی است. شهر تهران هم جزو شهرهای دارای قنات در ایران است که تعداد قنات‌های واقع در محدوده شهری آن در حال حاضر حدود ۶۰۰ رشته با طول بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر می‌باشد. بعد از اجرای شبکه آب شهری و واگذاری انشعابات آب تهران، به تدریج قنوات این شهر از رونق افتاد و اکثر آن‌ها بلا استفاده و مسلوب المنفعه شد و آب آن‌ها فقط به مصارف فضای سبز و غیر شرب می‌رسد.

۲- نمونه تجربه: نفوذ آب به داکت انتقال برق و افت فشار در محدوده خیابان ناصرخسرو

تأثیر متقابل قنات و شبکه آب شهری در محدوده خیابان ناصرخسرو تهران

احمد مالکی و مليحه کنجانی حصاری

مدیر اسبق تامین آب شرکت آب و فاضلاب استان تهران (صاحب تجربه)

کارشناس پژوهش و بهبود بهره‌وری شرکت آب و فاضلاب جنوب غربی استان تهران (نگارنده تجربه)

چکیده

در این مقاله که به شکل تجربه‌ای کسب شده از یکی از خبرگان صنعت آب و فاضلاب نگاشته شده است تأثیر متقابل قنوات و شبکه آب شهری مورد بررسی قرار گرفته است. تجربه ثبت شده مربوط به مشکلات مشاهده شده در محدوده خیابان ناصرخسرو تهران در سال ۱۳۷۶ می‌باشد. پس از بیان تجربه و واکاوی آن، عده مشکلات قنات‌های موجود در بافت شهری کشور به همراه توصیه‌هایی برای کاهش وقوع یا تأثیرگذاری این مشکلات ارائه شده است. این مقاله می‌تواند برای متخصصین و مسئولین در شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی، شرکت‌های آب منطقه‌ای و نیز مهندسین مشاور و پیمانکاری مفید باشد.

کلمات کلیدی: قنات، شبکه توزیع آب، تجربه

۱- مقدمه و بیان مسئله

در کشور ایران که مبدأ پیدایش قنات با قدمتی چند هزار ساله است، قنات‌های بیشماری وجود داشته و دارد و براساس آمار دفاتر وزارت کشاورزی، تعداد قنات‌های ایران قبل از اصلاحات ارضی (دهه ۳۰) حدود ۵۰۰۰۰ رشته و میزان تخلیه آب سالیانه آن‌ها حدود ۱۸ میلیارد مترمکعب ذکر شده است. در حال حاضر تعداد قنات‌های کشور که آمار آن توسط دفتر مطالعات پایه منابع آب وزارت نیرو همه ساله در سایت wrs.wrm.ir منتشر می‌شود نزدیک به ۴۰۰۰۰ رشته تخمین زده شده است. میزان تخلیه سالانه آب توسط قنوات در سطح مملکت در حال کاهش بوده و مقدار آن از ۱۸۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال -۳۳

۱-۲- شرح مسئله

قدیمی ترین قنات موجود در تهران قنات مهرگرد است که قدمت آن به بیش از هفتاد سال می‌رسد و نقشی اصلی در تأمین آب شرب اهالی تهران در گذشته خصوصاً دوره صفویه و قاجاریه ایفا می‌کرده است (شکل ۱). حتی آب بازار تهران نیز تا دهه ۱۳۷۰ از همین قنات تأمین می‌شد (بازار تا دهه ۱۳۷۰ فاقد شبکه توزیع آب بود).

۲-۴- اقدامات تشخیصی

مقرر شد یک مقنی به داخل داکت شرکت برق فرستاده شده تا احتمال ورود آب از قنات به شبکه برق مورد بررسی قرار گیرد. پس از استخراج نمونه آب نشت پیدا کرده و بررسی آن، دمای نمونه آب کمتر از دمای معمول آب جاری در قنوات تشخیص داده شد. این یافته، فرضیه نشت مستقیم آب از قنات به شبکه برق را تضعیف کرد.

۲-۵- دمای آب در قنوات و شبکه آب شهری

دمای آب زیرزمینی در تهران ۱۵ الی ۲۵ درجه سانتیگراد

تماس منطقه برق حوزه خیام با اداره اوقاف تهران در خرداد ماه سال ۱۳۷۶ و اعلام مشاهده نشت آب در داکت انتقال برق در خیابان ناصرخسرو شهر تهران. همچنین از گذشته نیز شکایاتی مبنی بر افت فشار آب در مدرسه علمیه مروی (واقع در پایین دست محل مشاهده نشت آب) گزارش شده بود. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به این که در محدوده مورد بحث، شبکه آب به صورت حلقوی بوده و از چند جا آبگیری انجام می‌شد، افت فشار در شبکه آب شهری چندان محسوس نبود و شکایات مبنی بر افت فشار به طور پراکنده واصل می‌شد.

۲-۲- فرضیات اولیه

پس از مطرح شدن مسئله با منطقه مربوطه آب و فاضلاب و تشكیل تیم کارشناسی برای بررسی موضوع، نظریه اولیه به این شکل مطرح شد که محدوده وقوع مشکل در بالادست شیر فشارشکن واقع شده و طبیعتاً کم فشار است. همچنین این فرضیه مطرح شد که آب از قنات مهرگرد وارد داکت شده است.



شکل ۱- موقعیت قنات مهرگرد در نقشه قنوات تهران قدیم

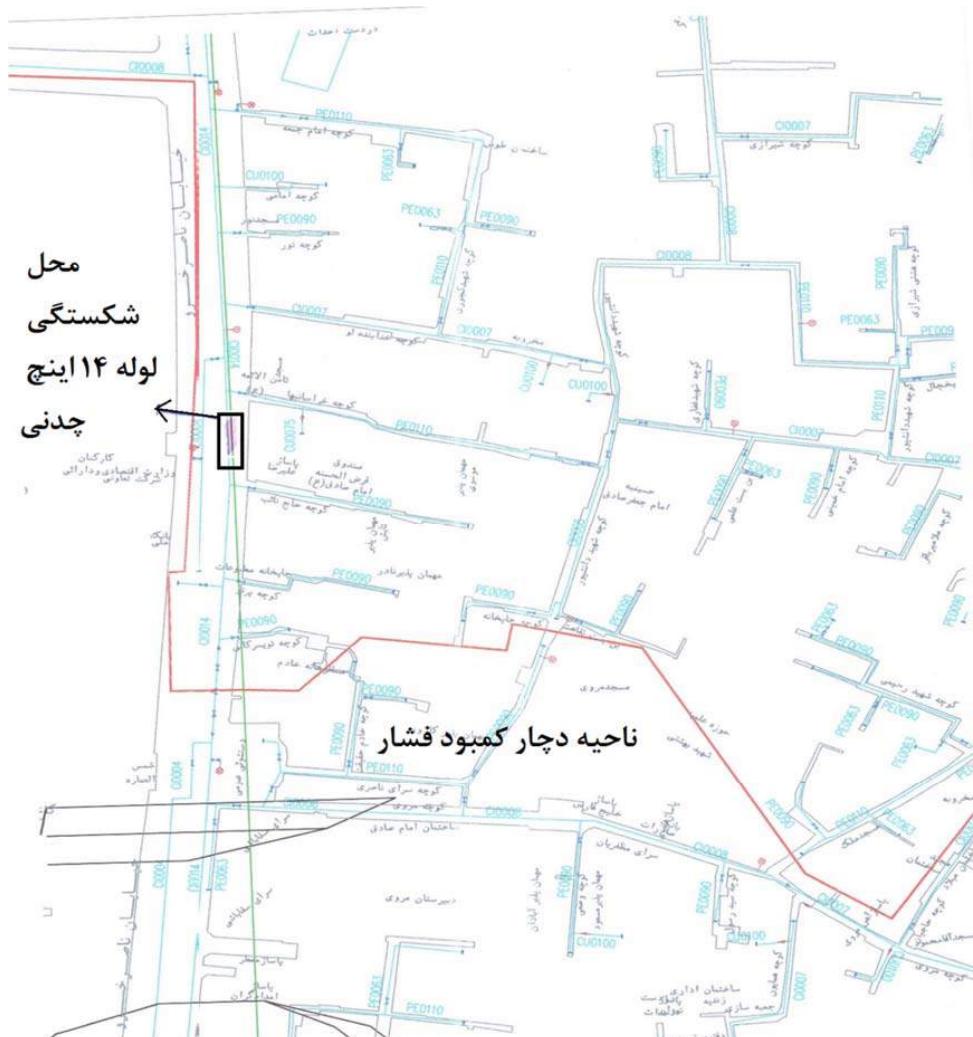
گرفت. در ماه های قبل، شکستگی لوله چدنی به قطر ۱۴ اینچ در محل خیابان ناصرخسرو روبروی درب وزارت دارائی اتفاق افتاده بود و این احتمال قوی داده شد که آب لوله شبکه آب شهری مدتی در مجرای قنات جریان داشته و این امر باعث تصور مبني بر نفوذ مستقیم آب از قنات به داکت انتقال برق شده است (شکل ۲). در نهايٰت با اصلاح شبکه و تعويض لوله های آسيب دیده در محدوده خیابان ناصرخسرو مشكلات مشاهده شده رفع شد.

۷-۲- تأثير قنات بر شبکه آب شهری
لوله‌گذاري بر روی مسیر قنات بعد از گذشت چندين سال داراي تأثير روی لوله‌های شبکه آب شهری بوده است.

است که مقدار آن در زمينهای با بافت شن و ماسه كمتر و در زمينهای رسی زيادتر است. دماي شبکه توزيع آب شهری ۸ الى ۱۲ درجه است و در محلهایي که آب چاهها در شبکه تزریق می‌شود دماي آن بيش از ۱۲ درجه و كمتر از ۲۰ درجه سانتيگراد است. شایان ذکر است که دماي نمونه آب استحصالی از درون داکت انتقال برق، ۱۰ درجه سانتيگراد بود.

۶-۲- یافته ها و اقدامات نهايی

با توجه به اين که قنات مهرگرد در سال ۱۳۷۲ در ميدان امام خميني توسط متروی تهران مسدود شده بود و آب قنات در مجرای جنوبی ميدان امام خميني جريان نداشت، بنابراین حوادث آب و فاضلاب در محدوده مذکور مورد بررسی قرار



شکل ۲- موقعیت کلی محدوده حادثه

(۱) کارهای عمرانی روی قنات‌ها و تبعات آن: به طور مثال در مورد تشریح شده در این تجربه به علت این‌که احداث ایستگاه امام خمینی در سال ۱۳۷۲ (به روش ترانشه باز) بوده و محور قنات در برخورد به سازه ایستگاه در عمق ۱۲ متر بالاتر از رادیه ایستگاه قرار داشت، در اثر خاکبرداری کوره قنات در پائین دست مسدود شد.

(۲) استفاده از مجاری خالی قنات برای هدایت فاضلاب: از آنجا که قنات‌ها الزاماً به شبکه فاضلاب شهری متصل نمی‌شوند این امر منجر به آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود. به طور مثال در اکثر قنات‌ها در غرب و جنوب تهران به دلیل برداشت زیاد آب، عمق آب از 80 به 110 متر رسیده و قنات‌ها عملاً آب‌دار نیستند و احتمال وقوع مخاطره ذکر شده برای آن‌ها وجود دارد.

۴- توصیه‌هایی برای کاهش اثرات متقابل قنات‌ها و تأسیسات شهری (با تمرکز بر قنات‌های شهر تهران)

- با توجه به مقوله ذکر شده در خصوص تأثیر نشت و شکستگی لوله‌های آب شهری روی قنات‌ها، باید ترکیبی از فرسوده بودن لوله‌ها و عبور لوله از کنار مجرای قنات به عنوان شاخص‌های اصلی اولویت‌بندی اصلاح شبکه در شرکت‌های آب و فاضلاب قرار گیرد و با نشت‌یابی و تعویض لوله‌های فرسوده در مجاورت قنات‌ها، امکان آسیب دیدن قنات و اثر زنجیره‌ای این خرابی روی لوله‌های آب شهری را به حداقل رساند.
- در مطالعات توسعه خطوط مترو باید مسیر قنات‌ها در نظر گرفته شده و سعی شود که مسیر این خطوط با قنات‌ها

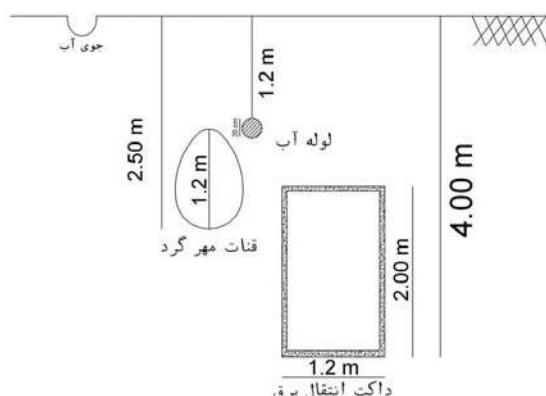
همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود لوله آب بالاتر از کف قنات و داکت انتقال برق هم پایین‌تر از کوره قنات است. شکستگی لوله ابتدا بر روی قنات اثر گذاشته و نشت آب از مجرای قنات هم به داخل داکت برق رخ داده است.

به طور کلی تأثیر متقابل قنات‌ها و شبکه آب شهری را می‌توان در قالب شکل ۴ شبیه سازی کرد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود از آنجا که جدار قنات‌ها هیچ‌گونه حفاظ و تحکیم ندارد، در صورت نشت آب یا شکستگی لوله‌های آب شهری، بعد از مدتی خالی شدن زیر لوله موجب تخریب فشار آب داخل لوله، لوله‌ها از زیر لوله خالی شده در اثر تغییرات فشار آب داخل لوله، لوله‌ها از محل بند جدا شده و آب با فشار زیاد خارج می‌شود در شکل ۱-۴، لوله دارای نشت آب جزئی است که بعد از مدتی در اثر نشت آب از لوله مجرای قنات ریزش کرده (شکل ۲-۴) و در اثر ادامه ریزش، زیر لوله خالی شده است (شکل ۳-۴). در نهایت به علت خالی شدن زیر لوله، دو شاخه لوله در محل اتصال از هم جدا شده (شکل ۴-۴) و به این ترتیب نشت جزئی در لوله تبدیل به انفصل در آن شده است.

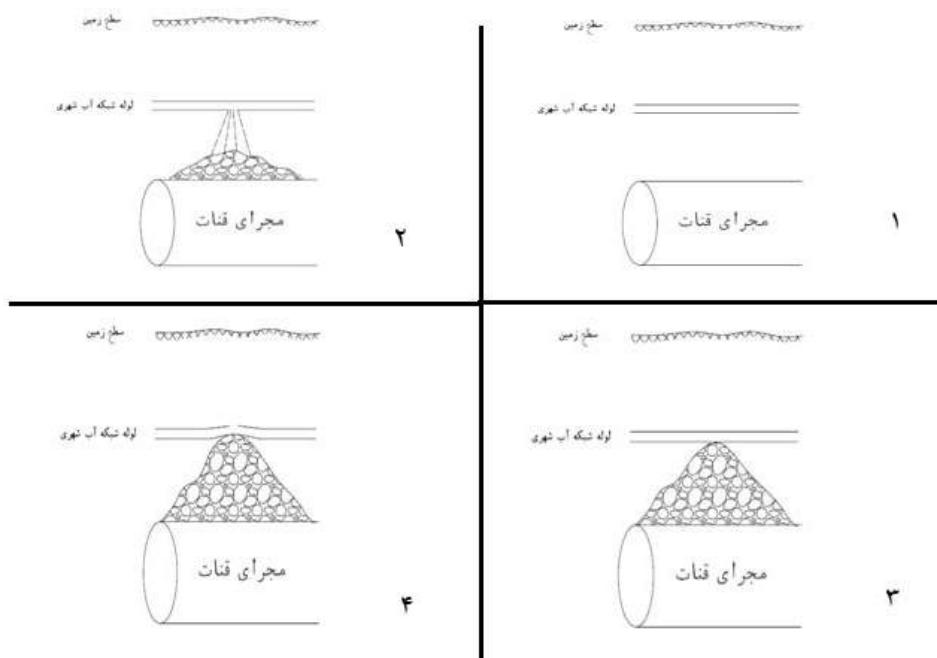
۳- مشکلات عمدی قنات‌های موجود

(الف) قنات‌های پر آب: مجرای این‌گونه قنات‌ها توانایی تخلیه آب تا چند صد لیتر در ثانیه را دارند که این منجر به اشباع و در نهایت تخریب و ریزش در اطراف قنات می‌شود.

(ب) قنات‌های کم آب:



شکل ۳- موقعیت نسبی لوله شبکه آب شهری، قنات، و داکت انتقال برق



شکل ۴- نحوه شکستگی لوله‌های شبکه آب شهری در روی مجرای قنوات

و سایر ساختمان‌های محدوده آن، از آب شرب جداسازی شده و بسیار به صرفه است (در حدود ۸۵ درصد صرفه‌جویی). همچنین در دبیرستان البرز نیز به همین صورت جداسازی انجام شده است. در خارج از تهران (به طور مثال در کاشان و قم) نیز چنین اقدامی صورت گرفته است.

- شناسایی قنات‌ها: ساماندهی قنات‌های تهران تنها به قنات‌های دایر محدود نمی‌شود و باید کلیه قنات‌ها اعم از دایر و بایر خصوصاً به منظور درج در لایه‌های GIS، شناسایی شود تا در طرح‌های تفصیلی و صدور مجوزهای لازم برای ساخت و سازها مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

مالکی، ا.، و خورسندی آقایی، ا. (۱۳۸۴)، قنات در ایران: مطالعه موردنی قنوات شهر تهران، چاپ اول، انتشارات شرکت پردازش (وابسته به شهرداری تهران).

برخوردی نداشته و در نتیجه باعث تخریب جدار قنات و هدر رفت آب آن نشود. در جاهایی که خط آهن شهری (مترو) از روی قنات عبور می‌کند باید تمهیداتی برای حفظ و تحکیم جدار قنات صورت گیرد.

- جدار قنات‌هایی که در مرکز شهر تهران وجود دارد و بزرگراه‌ها بر روی آن‌ها احداث می‌شود نیز دچار ریزش شده و باید ترمیم شود.

- در جاهایی که توNEL مترو با کوره قنات برخورد مستقیم دارد باید زهکش ایجاد شده و آب قنات هدایت شود. به عنوان مثال در توسعه خطوط متروی تهران از ایستگاه شهید حقانی تا میدان قدس، ۳۳ مجرای آب تخریب شد. پس از ایجاد زهکش‌ها، آب قنات به کانال‌های زرگنده و شهید مجتبایی هدایت شده و دارای پتانسیل بهره‌برداری می‌باشد.

- به طور خاص در قسمت‌های کوهپایه که قنات‌ها همواره آبدار هستند و در آینده نیز دچار کم آبی نمی‌شوند، باید برای بهره‌برداری مؤثر، ساماندهی جدی صورت گیرد (در حال حاضر ۱۲۰ رشته قنات از سوهانک تا کن دارای چنین مصدقی هستند).

- جداسازی آب شرب و سایر مصارف آب: به طور مثال، در قنات مهرگرد برای آب مصرفی تالار وحدت، مجموعه ورزشی حیدر نیا



مهندس امین قسمی

رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل شرکت
آب و فاضلاب استان هرمزگان

میناب ۳۶٪، چاهها ۴۸٪، آب شیرین کن ۱۰٪ و خط محروم ۶٪ از آب مورد نیاز مشترکین شرکت را تامین می‌کنند. آب شیرین کن‌ها در حال حاضر آب مورد نیاز ۱۲ شهر و جزیره (بندرلنگه، فین، سیریک، هرمز، درگاهان، سوزا، ابوموسی، هنگان، تنب بزرگ، تنب کوچک، لارک، هنگام و فارور) را با ظرفیت روزانه ۴۲۰۰۰ مترمکعب در شباهنگ روز تامین می‌کنند. تعداد آحاد مشترکین آب تا پایان آذر ۱۳۹۶ برابر ۳۴۶ هزار فقره است. در خصوص جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهری باید عرض کنم تعداد آحاد مشترکین فعال فاضلاب تا پایان آذر ۱۳۹۶ برابر ۱۵۸ هزار فقره شامل شهرهای بندرعباس، هرمز، ابوموسی و درگاهان می‌باشد که ظرفیت اسمی تصفیه‌خانه‌های در مدار، ۸۷ هزار مترمکعب در شباهنگ روز است که از این بین حجم پساب جمع‌آوری شده به طور میانگین ۷۳ مترمکعب در شباهنگ روز است. همچنین در ۳ شهر استان شامل میناب، رودان و جاسک، طرح‌های ایجاد تاسیسات فاضلاب در حال اجرا است

نقطه تمایز شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان
نسبت به دیگر شرکت‌های آب و فاضلاب چیست؟
الف) وجود ۱۴ جزیره در استان که هزینه تامین و توزیع آب را نسبت به دیگر شهرها بالاتر برده و شرایط بهره‌برداری را پیچیده و مشکل می‌کند.
ب) استان هرمزگان دارای طول حدوداً ۹۰۰ کیلومتری است که این پراکندگی شهرها و بعضاً انتقال آب از مسافت‌های زیاد، هزینه‌ها و همچنین شرایط بهره‌برداری را مشکل کرده است.

❷ لطفاً ضمن معرفی مختصر شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان، یک معرفی اجمالی از خود نیز ارائه فرمایید.
اینجانب مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی صنایع در سال ۱۳۷۸ و کارشناسی ارشد را در رشته مدیریت اجرایی در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه هرمزگان اخذ نمودم. مسئولیت‌های اجرایی من نیز از ابتدای خدمت در شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان عبارت بوده‌اند از: مدیر امور مشترکین و درآمد، معاون خدمات مشترکین و درآمد، معاون بهره‌برداری، مشاور مدیرعامل و نماینده مجری طرح‌های آب شیرین کن، مشاور مدیرعامل در امور مشترکین و بهره‌برداری، معاون مهندسی و توسعه و از سال ۱۳۹۵ نیز به عنوان رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل مشغول خدمت هستم.

شرکت آب و فاضلاب شهری استان هرمزگان برابر قانون تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب در سال ۱۳۷۰ با سرمایه اولیه یکصد میلیون ریال به ثبت رسید و فعالیت خود را عملکرد سال ۱۳۷۱ آغاز نمود. طبق اساسنامه این شرکت، موضوع فعالیت آن ایجاد تاسیسات تقسیم و توزیع آب شهری و تاسیسات مرتبط با جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب، همچنین بهره‌برداری از تاسیسات تامین و تقسیم و توزیع آب شهری و بهره‌برداری از تاسیسات جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب است. در حال حاضر تعداد نیروی انسانی شرکت برابر ۳۴۵ نفر که تعداد ۲۵۸ نفر دارای مدرک کارشناسی و بالاتر هستند و درجه حرفة‌ای شرکت در صنعت B است. این شرکت تعداد ۳۶ شهر و جزیره با جمعیتی بالغ بر ۸۸۶ هزار نفر و تعداد ۲۲۸ روستا با جمعیتی بالغ بر ۲۱۰ هزار نفر را تحت پوشش دارد.

منابع تامین آب استان شامل موارد زیر است: سد استقلال

استفاده از این منبع آب چیست؟

شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان از سال ۱۳۸۵ اقدام به عقد قرارداد و نصب آب‌شیرین کن در شهر بندرلنگه از طریق جذب سرمایه گذاری بخش خصوصی (روش‌های BOT، BOOT و BOO) به ظرفیت ۶۰۰۰ مترمکعب در شبانه‌روز نمود. پس از این تجربه موفق برای رفع کمبود آب در سطح جزایر ۱۴ گانه استان هرمزگان، این شرکت در جزایر ابوموسی، تنب بزرگ، تنب کوچک، هنگام، لارک، هرمز، فارور و جزیره قشم (شهرهای درگهان، سوزاء، هنگام قدیم و قیل) پروژه نمک‌زدایی (اجرای شرکت آب‌شیرین کن در این زمینه منعقد شده است. میزان تولید آب از طریق آب‌شیرین کن در سال جاری در حدود ۱۶ میلیون مترمکعب است که این مقدار در حدود ۱۹٪ از کل منابع آبی ما است. انشاء... با شروع بهره‌برداری کامل آب‌شیرین کن یکصد هزار مترمکعبی بندرعباس، این مقدار به ۵۳ میلیون مترمکعب در سال م العادل ۳۳ درصد از نیاز آبی استان خواهد رسید. لازم بهذکر است که شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان قبل از جذب سرمایه‌گذاری و نصب سیستم‌های RO از سیستم‌های تبخیری MED و MSF برای تأمین آب بعضی از جزایر استان استفاده می‌کرد.

با توجه به قیمت بالای آب استحصالی از شیرین سازی و قیمت پایین آب ، طرح های شیرین سازی آب چه توجیه اقتصادی دارند؟

اگر قرار است کارخانه‌های آب‌شیرین کن نیاز رو به رشد جامعه جهانی را که بهویژه در مناطق در حال توسعه روزبه‌روز بیشتر با مشکل کم‌آبی مواجه می‌شوند، رفع کنند باید هزینه کمتری را چه در مرحله تولید و چه در طول زمان بهره‌برداری به همراه داشته باشند. یک راه انجام این کار استاندارد کردن تمامی بخش‌های کارخانه است. از این‌رو ساخت کارخانه‌های کوچکتر و کارآمدتر در دستور کار قرار دارد تا امکان تهیه آب شیرین اقتصادی برای مناطق کم‌جمعیت یا گروه‌های کاری کوچک در مناطق دورافتاده فراهم شود. بهترین روش‌های شیرین سازی فرآیندهای اسمز معکوس (فناوری غشایی آب‌شیرین کن) و روش‌های تقطیر ناگهانی چند مرحله‌ای است که بیشترین کاربرد را دارند و به ترتیب ۴۲ و ۴۴ درصد از کل واحدهای نمک‌زدایی دنیا را به خود اختصاص داده‌اند. هزینه بهره‌برداری و نگهداری این روش‌ها کمتر بوده و همچنین نیاز

موضوع بعد شرایط اقلیمی و آب و هوایی است که هم مصرف آب را توسط مصرف‌کنندگان نسبت به دیگر استان‌ها بالاتر می‌برد و هم عملیات و اجرای پروژه‌های عمرانی و هم عملیات بهره‌برداری را برای کارکنان آن طاقت‌فرسا و سخت نموده است. اما با توجه به خشکسالی و بحران آب در کشور، این استان از پتانسیل خوبی از طریق نمک‌زدایی آب دریا بهره‌مند است که می‌توان تامین آب استان را از این روش تضمین نمود.

نقاط ضعف و قوت عملکرد شرکت استان هرمزگان را بیان کنید.

یکی از نقاط قوت عملکرد شرکت، توجه و گرایش به تامین آب از طریق شیرین‌سازی آب دریا است. در این خصوص شرکت آب و فاضلاب اقدامات خیلی خوبی انجام داده است، به‌طوری‌که شهرها و جزایری که در سال‌های قبل از محروم‌ترین شهرها در حوزه بهره‌مندی از آب شرب بودند در حال حاضر شرایط ایده‌آلی دارند، مثل درگهان، هرمز، سوزا و شهرستان بندرلنگه که با اجرای آب‌شیرین کن ۱۰۰۰۰ مترمکعبی وضعیت تامین آب شهر بندرعباس بهتر خواهد شد.

در خصوص ضعف عملکرد اگر بخواهیم صحبت کنیم، این موضوع نیاز به بحث بیشتری خواهد داشت که دلایل آن برونو سازمانی است، مثل فرسودگی شدید شبکه‌های آب در شهرهای استان که در بروز حوادث و شکستگی شبکه‌ها تاثیرگذار است. بدیهی است شرایط آب و هوایی استان، عمر مفید تاسیسات زیرزمینی را کاهش می‌دهد و از طرفی بودجه دولتی و عمرانی برای پوشش انجام این پروژه‌ها بسیار ناکافی است.

بحث جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهر بندرعباس، یکی از معضلاتی است که کاملاً برونو سازمانی است. کمبود اعتبارات، بافت قدیمی و ساختار نامناسب شهری در بعضی مناطق، بالا بودن آب‌های زیرزمینی، ورود روان‌آب‌ها به داخل منهول فاضلاب، شرایط آب و هوایی و فرسودگی تاسیسات، از چالش‌هایی است که در این حوزه وجود دارد. علی‌رغم تلاش بسیار مجموعه آب و فاضلاب، انتظار ما همکاری و مساعدت بیشتر مسئولین ذی‌ربط برای رفع این چالش‌ها در حوزه فاضلاب شهر بندرعباس است.

چه مقدار از کمبود آب استان هرمزگان از طریق آب شیرین کن‌ها تامین می‌شود و برنامه‌های آینده شما برای

انرژی (حرارتی و الکتریکی) است. شکل انرژی در دسترس و محدودیت‌های زیست محیطی مربوط به منبع انرژی در تعیین میزان هزینه‌های انرژی نقش اساسی دارند. در مقایسه با روش‌های نمک زدایی حرارتی، روش اسمز معکوس کمترین تقاضا برای انرژی را داشته و بنابراین در بیشتر شرایط در زمینه هزینه‌های انرژی مقرن به صرفه است. ولی به نظر می‌رسد افزایش قیمت انرژی در جهان باعث افزایش کاربرد روش‌های نمک‌زدایی اسمز معکوس در آینده نزدیک خواهد شد.

﴿ نتایج اقدامات شما در مورد مدیریت مصرف و تقاضا چیست؟ چه مقدار توانستید مصرف آب استان هرمزگان را کم کنید؟

در حال حاضر رویکرد متولیان آب کشور، مدیریت مصرف و تقاضا است و این شرکت نیز در سال‌های اخیر دیدگاه خود را از اقدام برای تولید بیشتر به سمت مدیریت تقاضا تغییر داده که شاخص آن توزیع مدیریت شده آب در شبکه آب شهرهای استان به خصوص شهر بندرعباس به عنوان مرکز استان است. چاههای تامین کننده آب در طی ده سال گذشته هیچ‌گونه افزایش برداشتی نشده و دریافت آب از سد میناب هم در چند سال گذشته شهر بندرعباس چه از لحاظ جمعیتی و چه سال‌های گذشته شهر بندرعباس چه از گسترش صنایع، رشد چشمگیری داشته است. صد البته نیاز آب هم به طور دائم در حال افزایش بوده و گذر از این وضعیت با کمترین تنفس، نشان از اعمال مدیریت مصرف و تقاضا بوده است. از شاخص اقدامات می‌توان به اقدامات پایه‌ای زیر اشاره کرد:

- استفاده از فناوری‌های نوین (سیستم‌های تله‌متري، اسکادا، مانيتورينگ) در راهبری شبکه‌ها؛
- ثبت کلیه اطلاعات شبکه در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تصمیم‌گیری نهایی، استفاده از اطلاعات و گزارش خروجی آن؛
- اعمال مدیریت فشار در شبکه: نصب فشارسنج‌های ثبات در شبکه و تحلیل فشار و در نهایت نصب شیرآلات فشارشکن در مناطق پر فشار و در نتیجه متعادل سازی فشار در کل شبکه؛
- اقدامات اساسی برای کاهش هدررفت آب به طوری که بخشی از نیاز آب شهرها از محل کاهش هدررفت تامین شود؛

به سرمایه‌گذاری اولیه کمتری دارند. البته به دلیل کارکرد خاص اسمز معکوس، این سیستم‌ها ۱/۵ تا ۲ برابر مصرف انرژی آن‌ها کمتر از روش تقطیر ناگهانی چند مرحله‌ای است. با توجه به قیمت پایین تعرفه‌های فروش چاره‌ای جز حرکت به سمت قیمت تمام شده خصوصاً مناطقی که آب با قیمت بالا تولید می‌شود متصور نیست.

﴿ با وجود تأثیر سوء شیرین‌سازی آب بر محیط‌زیست از جمله نمک باقی‌مانده از فرآیند و انرژی بر بودن آن، توجیه زیست‌محیطی شیرین‌سازی آب چیست؟

همان‌گونه که اشاره شد، نیاز روزافزون جوامع ساکن در حوزه خلیج فارس به آب شیرین از یک سو و کاهش روزافزون منابع طبیعی آب شیرین از سوی دیگر، استفاده از صنعت شیرین‌سازی آب دریا را اجتناب‌ناپذیر نموده است. اما راه بهره‌برداری پایدار از این صنعت، رعایت الزامات زیست‌محیطی پیش از آغاز به احداث و در حین بهره‌برداری است.

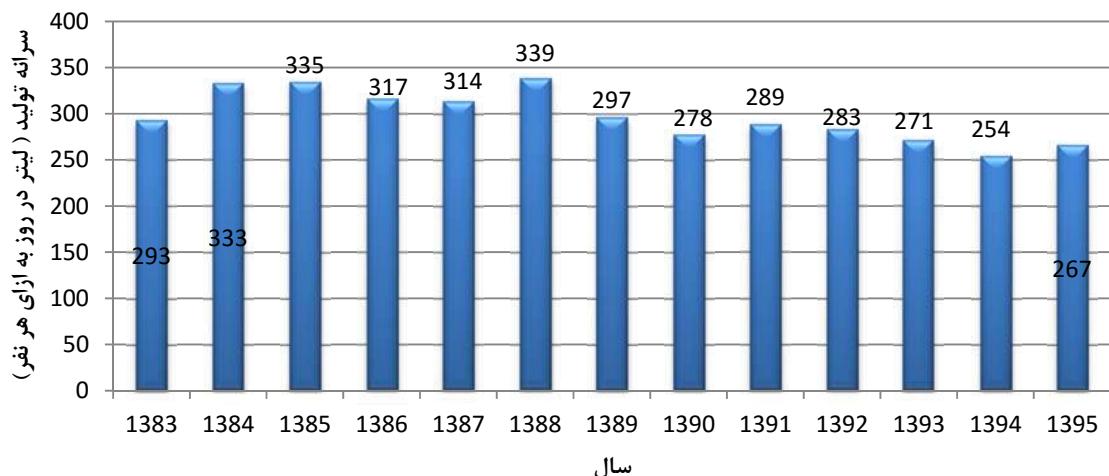
در این فرآیند مقدار زیادی نمک و آلاینده به آب دریا و اقیانوس برمی‌گردد و محیط دریایی و موجودات آن را با مشکلاتی مواجه می‌کند. برای به حداقل رساندن آسیب‌های زیست‌محیطی پساب سور، رها کردن آن در سطح وسیعی از دریا است، به این ترتیب که پساب به چند بخش تقسیم شده و در قسمت‌های مختلف دریا رها می‌شوند. البته پایش در خط و مستمر محیط زیست دریافت کننده پساب به همراه رصد کیفیت پساب خروجی از آب‌شیرین‌کن‌ها و همچنین بررسی شاخص‌های زیست‌محیطی با توجه به روش‌های مختلف و مرسوم دفع پساب آب‌شیرین‌کن‌ها نقش اساسی در توجیه مشکلات زیست‌محیطی این نوع سیستم‌ها خواهد داشت.

در حال حاضر فرآیند اسمز معکوس نیاز به زیرساخت‌های گران‌قیمت و مصرف زیاد برق دارد. با این حال به دلیل توسعه فناوری غشاها و کاهش قیمت آن‌ها روش اسمز معکوس روندی رو به توسعه دارد به طوری که پیش‌بینی شده در ۲۰ سال آینده رشد فروش سیستم‌های اسمز معکوس بیش از ۱۰ برابر روش‌های تقطیری خواهد شد. این امر به دلیل پایین‌تر بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و تعمیر و نگهداری روش اسمز معکوس خواهد بود.

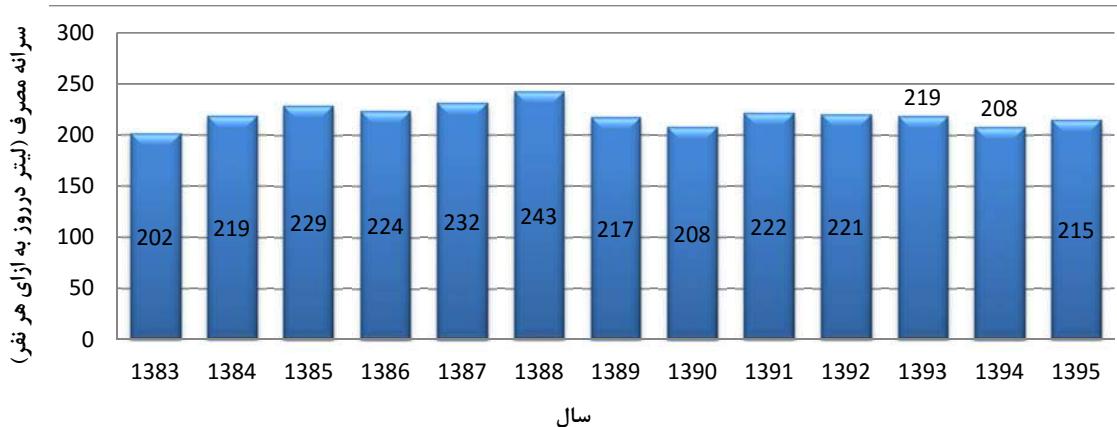
نزدیک به ۵۰ تا ۵۷ درصد از هزینه‌های نگهدار تعمیرات در تمام روش‌های نمک‌زدایی مربوط به هزینه‌های

۲۶۷ در سال ۱۳۹۵ برسانیم. در خصوص مصرف کل (مصرف مشترکین در همه کاربری‌ها) نیز می‌توان به کاهش حجم مصرف مشترکین از ۲۴۳ لیتر به‌ازای هر نفر در سال ۱۳۸۸ ۱۳۸۸ به ۲۱۵ لیتر به‌ازای هر نفر در سال ۱۳۹۵ اشاره کرد. لازم به توضیح است که سرانه مصرف مشترکین خانگی

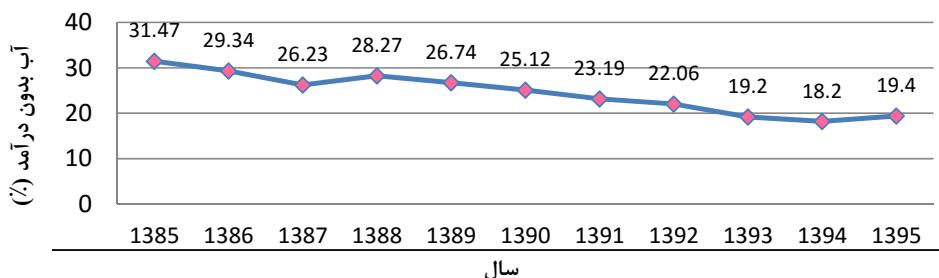
- توسعه شبکه بر مبنای مدل هیدرولیکی شبکه‌ها؛
- اصلاح شبکه‌های فرسوده براساس نقشه تراکم حوادث GIS که بتوان بیشترین اثربخشی را انتظار داشت.
این اقدامات ما را موفق کرده که بتوانیم به‌طور مثال سرانه تولید را از ۳۳۹ لیتر به‌ازای هر نفر در روز در سال ۱۳۸۸ به



شکل ۱- تغییرات سرانه تولید استان هرمزگان



شکل ۲- تغییرات سرانه مصرف استان هرمزگان



شکل ۳- تغییرات آب بدون درآمد استان هرمزگان

- ۶- ارسال پیامک‌های مصرف بهینه؛
- ۷- اجرای پرفرمنس‌های خیابانی؛
- ۸- تدوین برنامه آموزش مدیریت مصرف خاص بانوان (طرح باهاب) و انعقاد تفاهم‌نامه همکاری فی‌مابین اداره کل امور بانوان و خانواده هرمزگان و شرکت‌های وابسته به وزارت نیرو در استان هرمزگان؛
- ۹- نصب شیر کاهنده مصرف (شیرهای پدالی) به تعداد ۸۰۰ دستگاه در مدارس و دانشگاه‌های شهر بندرعباس؛
- ۱۰- ساماندهی و جداسازی انشعابات فضای سبز شهرداری از آب شرب؛
- ۱۱- همکاری مستمر با سازمان شهرداری در خصوص جداسازی انشعابات فضای سبز شهری از شبکه آب شرب؛
- ۱۲- با توجه به کمبود جدی منابع آب در کشور، به‌ویژه استان هرمزگان و در راستای اجرای برنامه‌های اقتصاد مقاومتی، با تأکید بر اجرای سیاست‌های کلی اصلاح‌الگوی مصرف این شرکت اقدام به تهیه ۶۰۰۰ پکیج کاهنده مصرف (با توجه به تاثیر بسیار زیاد نصب تجهیزات کاهنده مصرف در اصلاح الگوی مصرف آب) برای مشترکین با مصرف بیشتر از ۲۰ متر مکعب (بالای الگوی مصرف) نموده است. (این پکیج شامل پرلاتور رزو بیرون، پرلاتور رزو داخل، رگلاتور شیلنگ توال و سردوش کاهنده مصرف است) که خوب‌بختانه پس از اتمام طرح و احصای نتایج، موفقیت‌آمیز بودن این طرح کاملاً مشهود است.

﴿آبفای استان هرمزگان تا چه حد تلاش کرده است امور اجتماعی، جامعه‌شناسی، فرهنگی و آموزشی را در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری خود لحاظ کند؟

در بخش آب با توجه به اهمیت آن، برای حل بحران آب علاوه‌بر روش‌های فنی و اقتصادی، اقدامات فرهنگی، آموزشی و اجتماعی نیز می‌تواند کمک موثری به تصمیم‌سازان این حوزه نماید، چرا که امروزه مسئله آب دیگر تنها چالش صنعت آب و فاضلاب نیست بلکه یک چالش بزرگ اجتماعی است که همت جمعی را می‌طلبد. در همین راستا شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان نیز علاوه‌بر تمهیدات فنی و سازه‌ای، تلاش کرده تا اقدامات فرهنگی - آموزشی را در برنامه‌های خود جای دهد. برای تحقق این مهم، استفاده نظاممند از ظرفیت تشکل‌های مردم‌نهاد و گروه‌های فرهنگی در راستای ارتقای سطح آگاهی

در استان هرمزگان ۱۴۰ لیتر به ازای هر نفر در روز است. روند تغییرات سرانه تولید، مصرف و آب بدون درآمد استان طی سال‌های گذشته در شکل‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است.

﴿چرا بخشی از مردم به فعالیت‌های شرکت‌های آبفا اعتماد لازم را ندارند و در برنامه‌ریزی‌های آن مشارکت فعال ندارند؟ به‌طور مثال در کاهش مصرف انگیزه لازم را نداشته و علیرغم هشدارهای مسئولین در مصرف آب تغییرات مورد انتظار اتفاق نمی‌افتد؟

این شرکت طی سال‌های گذشته فعالیت‌های قابل توجه در جهت آگاه‌سازی مردم در زمینه کمبود آب و بهینه‌سازی مصرف انجام داده است. اما بدینه است تغییر نگرش و باور مردم نیازمند همکاری همه‌جانبه و هم‌زمان تمامی نهادهای اجرایی به خصوص سازمان‌ها و ارگان‌های آموزشی و فرهنگی کشور (آموزش و پرورش، دانشگاه‌ها و ...) است. اهم اقدامات فنی و فرهنگی این شرکت در زمینه مورد اشاره عبارتند از:

- اقدامات در راستای کاهش هدررفت آب:
- ۱- کاهش زمان رفع حادثه و مجهز کردن اکیپ رفع اتفاقات؛
- ۲- زون‌بندی شبکه و اعمال مدیریت فشار شبکه با نصب شیرآلات کنترل دبی و فشار در شبکه آب بندرعباس و بهروز نمودن مدل هیدرولیکی شبکه؛
- ۳- مانیتورینگ شبکه توسط نصب تجهیزات دقیق اندازه‌گیری (ارتفاع‌سنج و فشارنگ) برای رصد کردن وضعیت شبکه؛
- ۴- اصلاح و بازسازی شبکه براساس مدل به‌روز شده (بالغ بر ۱۳ کیلومتر از سال ۱۳۹۰ تاکنون).

- اقدامات در راستای کاهش سرانه مصرف
- ۱- شناسایی مشترکین پرمصرف (بالای ۲۰ متر مکعب در ماه) و ارسال اخطاریه به آنها؛
- ۲- برگزاری مناقصه و تنظیم قرارداد برای تهیه پکیج ادوات کاهنده مصرف (پرلاتور، سردوش کاهنده مصرف و رابط کاهنده ثابت خروجی) به تعداد ۴۲۰۰ پکیج؛
- ۳- چاپ پوستر، بروشور، دفترچه‌های دانش‌آموزان و نیز پوستر و بنر در سطح شهر؛
- ۴- برگزاری نمایشگاه‌ها، جشنواره‌ها و کارگاه‌های آموزشی به‌ویژه در مدارس؛
- ۵- اجرای مصاحبه‌ها و برنامه‌های آموزشی از طریق صدا و سیما؛

﴿ نحوه ارتباط آب و فاضلاب استان هرمزگان با انجمن آب و فاضلاب ایران چگونه است و دو طرف چه کمکی می‌توانند بهم بکنند؟

در ابتدا مشکلات صنعت در سطح استان شناسایی شده و از طریق جلسات مشترک، این مشکلات به بدنه آکادمیک و دانشگاهی منتقل می‌شود و در همین راستا تحت عنوانی مختلف اعم از پایان نامه، پروپوزال‌های تحقیقاتی و ... راه‌کارهای عملی برای حل مشکل از طریق انجمن به صنعت پیشنهاد می‌شود.

﴿ چرا وقتی ارگان‌های مرتبط مثل انجمن‌های علمی وجود دارند به چه دلیل شرکت‌های آبفا کماکان به‌طور مستقیم در برگزاری همایش‌ها، نمایشگاه‌ها، دوره‌های آموزشی و انتشار کتاب و مجلات درگیر می‌شوند؟

انتشار و تأیید کتاب براساس قوانین آب و فاضلاب کشور باید از طریق اخذ مجوز از دفتر تحقیقات شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور انجام گیرد و نیاز به ارتباط با انجمن ندارد. همایش‌ها و سمینارهایی که انجمن تشکیل می‌دهد به‌وسیله شرکت‌ها همواره حمایت می‌شود. برگزاری همایش‌های داخلی براساس ضرورت‌ها و موارد خاص با اهداف مشخص در هر استان انجام می‌شود و مجری آن تاکنون براساس عرف موجود، دانشگاه‌های مادر استان بوده‌اند.

﴿ چه مقدار از تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان در شرکت آبفای استان هرمزگان از طریق مشارکت اتفاق‌های فکر با حضور دانشگاهیان و خبرگان صنعت و انجمن‌های علمی انجام می‌شود؟

در خصوص تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی کلان ابتدا باید عرض کنم که خوشبختانه وزارت نیرو راهبردهای بخش آب و فاضلاب را به‌طور مطلوبی تدوین نموده و این موضوع مسیر حرکت شرکت را روشن کرده است. اما برای تحقق این راهبردها و همچنین تصمیم‌گیری‌های استان و رفع چالش‌ها از تخصیص حوزه دانشگاه همیشه این شرکت استفاده کرده و خواهد نمود. به عنوان مثال یکی از معضلات این شرکت خوردگی مخازن بتنی آب بود که در حال حاضر توسط دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پردیس هرمزگان) در حال بررسی و مطالعه است، همچنین همکاری در اجرای ایده شو در بخش آب توسط پارک علم و

مردم و مشارکت آن‌ها در حفاظت از منابع آبی بسیار موثر بوده است. اجرای برنامه‌های آموزشی در مدارس (مقاطع ابتدائی)، نصب ۶۰۰۰ پکیج کاهنده مصرف برای منازل مسکونی، امضای تفاهم‌نامه با سازمان نظام مهندسی ساختمان کشور با موضوع نظرارت بر طراحی و اجرای استاندارد تاسیسات آب و فاضلاب کلیه امکن از جمله اقدامات مهم این شرکت در راستای تحقق مدیریت مصرف آب بوده است. همچنین دیگر اقدامات این شرکت شامل موارد ذیل می‌باشد:

- انجام نظرسنجی سالانه درخصوص کیفیت ارائه خدمات و بررسی و تحلیل نظرسنجی انجام شده و تهییه و اجرای برنامه‌های بهبود نقاط ضعف و پیگیری در جهت رفع آن‌ها؛
- بهره‌گیری از ظرفیت رسانه‌های جمعی بهویژه صدا و سیما؛
- بهره‌گیری از ظرفیت تبلیغات شهری؛
- بهره‌گیری از ظرفیت شبکه‌های اجتماعی در راستای انتشار مطالب آموزشی و ترویج مدیریت مصرف؛
- بهره‌گیری از آموزش‌های مستقیم چهره به چهره با حضور در مجامع عمومی مانند مساجد، مناسبت‌های ملی و مذهبی و استفاده از تربیبون نماز جمعه.

﴿ ضرورت تشکیل انجمن آب و فاضلاب ایران و نقشی که می‌تواند در حوزه آب و فاضلاب ایفا کند را بیان کنید. با توجه به توسعه روزافزون جمعیت و ضرورت دسترسی به منابع آب سالم و دفع بهداشتی فاضلاب و نیز استفاده مجدد از پساب، علوم مرتبط با آب و فاضلاب گسترش زیادی یافته و به‌همان میزان نیز پیچیدگی‌ها در مرتفع کردن مشکلات نیز بیشتر شده است. دانشگاه‌های ایران گام‌های بلندی در توسعه کمی و کیفی این دانش برداشته‌اند ولی تاکنون بهعلت عدم تامین اعتبار مناسب و کافی در واکاوی دقیق مشکلات و ارائه راه حل‌های مناسب و اقتصادی بهعلت پراکندگی تخصص‌ها تاکنون موفقیت‌های چشمگیری حاصل نشده است. بنابراین ایجاد یک انجمن علمی که بتواند ارتباط ارگانیک و منطقی بین توسعه علوم مرتبط با صنعت آب و فاضلاب، شناخت و پیش‌بینی مشکلات پیش‌رو و نیز ارائه راه‌کارهای مناسب با توجه به ظرفیت‌های نهفته در این صنعت را هم‌زمان انجام دهد بسیار ضروری است. امید است انجمن آب و فاضلاب در راستای ایفای نقش تعریف شده خود بتواند نقش موثر و کارآمدی داشته باشد.

تخصصی برای همسویی توان علمی استادی و دانشگاهیان با مشکلات صنعت تشکیل شده و فعالیت‌های آن‌ها نیز هدفمند و در راستای کارگشایی باشد.

❖ میزان بودجه تحقیقاتی آب و فاضلاب استان هرمزگان و نحوه هزینه‌کرد آن و نتیجه عملکرد واحد تحقیقات آن شرکت را بیان کنید.

این شرکت در دوره ۴ ساله مبلغ ۲۲۸۸ میلیون ریال از محل اعتبارات جاری و عمرانی صرف فعالیت‌های دفتر تحقیقات نموده است که شامل ۵ مورد طرح‌های نوآوری برجسته، ۱۲ مورد پایان نامه، ۱۵ مورد مقاله، ۳ عنوان کتاب و یک مورد طرح‌های فناورانه و پژوهه تحقیقاتی (ساخت دستگاه آبساز به ظرفیت ۲۰۰ لیتر در روز که اکنون به مرحله تجاری‌سازی رسیده است) می‌باشد. همچنین موفق به عقد ۴ تفاهم‌نامه پژوهشی و آموزشی با دانشگاه هرمزگان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارک علم و فناوری و مرکز تحقیقات اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان شده است. در همین راستا این شرکت موفق به کسب ۹ مورد تقدير نامه در سال ۹۶ در حوزه‌های مختلف تحقیقات شده که اهم آن‌ها شامل انتخاب این شرکت به عنوان شرکت برگزیده در بخش تحقیقات در بین ۶۶ شرکت آب و فاضلاب شهری و روستایی و نیز دریافت لوح تقدير و تندیس از نمایشگاه گرامی داشت پژوهش و فناوری وزارت نیرو هستند.

❖ وضعیت آب و کیفیت آب تحویلی به مردم استان هرمزگان چگونه است؟

کیفیت آب استان هرمزگان به استناد نتایج آزمایشات فیزیکوشیمیابی، میکروبی، بیولوژی و ریزآلاینده‌های آلی و معدنی که توسط یکی از مجهرترین آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت آب و فاضلاب واحد استاندارد بین‌المللی مدیریت کیفیت آزمایشگاه (ایزو ۱۷۰۲۵) در شهر بندرعباس و مطابق با استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ و ۱۰۱۱ انجام می‌پذیرد و با تأیید مرکز بهداشت استان از سلامت کامل برخوردار است. همچنین مطابق با این نتایج، آب کلیه شهرهای استان فاقد هرگونه مواد بسیار مضر از قبیل فلزات سنگین، نیترات و ... بوده و درصد مطلوبیت میکروبی کلیه شهرهای استان ۱۰۰٪ و کلرسنجی ۹۹/۹۹٪ است. کنترل کیفیت آب در استان هرمزگان از نقطه تولید تا مصرف به صورت روزانه، هفتگی، ماهیانه و فصلی مطابق

فناوری برای شنیدن و استفاده از نظر علاقه‌مندان به حوزه آب، حمایت از نویسندهان و پایان‌نامه‌های تحصیلات تكمیلی در حوزه آب، انعقاد تفاهم‌نامه با دانشگاه‌های استان و اداره کل استاندارد از مواردی است که می‌توان برای استفاده از دانشگاهیان در تصمیم‌گیری‌های کلیدی این شرکت استفاده کرد. برای حوزه تحقیقات از نیروی دانشگاهی که سابقه همکاری با دانشگاه‌ها دارد و می‌تواند رابطی مفید بین شرکت و دانشگاه‌ها باشد، به عنوان رئیس گروه تحقیقات استفاده می‌کنیم. همه این موارد نشان‌دهنده علاقمندی این شرکت به استفاده از ظرفیت‌های علمی دانشگاه‌ها و خبرگان در مسائل مهم و کلیدی صنعت آب و فاضلاب است.

❖ شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان چه ارتباط ارگانیکی با دانشگاه‌ها داشته است؟ چقدر توانسته برای دانشگاه مسئله تعریف کند و چقدر از تحقیقات دانشگاهی را برای رفع مشکلات خود به کار گرفته است؟ چقدر شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان توانسته داده‌های مورد نیاز طرح‌های تحقیقاتی دانشگاهی را تامین کند؟ لطفاً همه موارد به صورت کمی بیان شود.

شرکت آب و فاضلاب هرمزگان با دو دانشگاه هرمزگان و دانشگاه آزاد اسلامی و همچنین مرکز تحقیقات اکولوژی خلیج فارس در سال ۱۳۹۵ تفاهم نامه امضا کرده است و براساس آن تمامی اولویت‌های تحقیقاتی شرکت از طریق این مراکز علمی پیگیری و انجام می‌شود. همچنین دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی با استفاده از اساتید این دانشگاه‌ها برای حل مشکلات صنعت به طور مستمر برگزار می‌شود.

❖ علت ضعف وضعیت آموزش و تحقیقات در شرکت‌های آبفا و ارتباط ضعیف با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی را در چه می‌دانید و برای رفع این ضعف‌ها چه اقداماتی باید انجام شود؟

همانگونه که گفته شد انجام تحقیقات نقش بهسزایی در حل بسیاری از مشکلات صنعت خواهد داشت. بنابراین به علت عدم وجود تعاملات سازنده بین صنعت و دانشگاه، تحصیلات صرف آکادمیک اساتید دانشگاه‌ها و به تبع آن عدم آشنایی عملی اساتید با مشکلات صنعت آب و فاضلاب در حال حاضر این تعاملات بسیار کمرنگ بوده و ضروری است انجمن‌های

۱۴۱۵ جمعیتی بالغ بر ۹۶۰۰۰ نفر در سطح استان تحت پوشش شبکه فاضلاب قرار خواهد گرفت. اهم چالش‌ها و موانع اجرای طرح فاضلاب در استان هرمزگان عبارتند از:

- کم بودن اعتبارات و عدم تخصیص به موقع اعتبارات طرح‌های فاضلاب مطابق برنامه زمان‌بندی پیش‌بینی شده اولیه؛
- بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی در شهرهایی چون بندرعباس؛
- عدم وجود نقشه‌های جامع تأسیسات شهری؛
- بافت نامناسب شهری و عدم اجرای طرح توسعه تفصیلی و طرح جامع در برخی مناطق و نیاز به بازسازی بافت فرسوده برای جلوگیری از دوباره کاری؛
- محدودیت اخذ مجوزهای لازم؛
- وجود بافت نامناسب زمین در اکثر مناطق استان که باعث بالا رفتن هزینه‌های اجرایی شده است؛
- عدم اجرای شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی توسط شهرداری‌ها.

❷ مهمترین چالش‌های پیش رو در حوزه آب و فاضلاب در کشور را چه می‌دانید؟

- کمبود شدید منابع آبی و رویکرد شرکت‌ها به سمت منابع غیرمتعارف مثل آب‌شیرین‌کن‌ها و یا ایجاد خطوط انتقال طولانی بین حوضه‌ای؛
- عدم تخصیص اعتبارات مناسب؛
- فرسودگی تاسیسات؛
- وجود انشعابات غیرمجاز؛
- جداسازی مصارف فضای سبز شهرداری از آب شرب؛
- فقدان طرح آمایش سرزمین و سیاست‌گزاری کلان برای توسعه «آب محور» کشور؛
- عدم استقرار مدیریت همبسته آب و سایر منابع زیست محیطی؛
- مشکلات زیست‌محیطی پیکره‌های آبی و آلودگی منابع آب؛
- وضعیت نابسامان منابع آب زیرزمینی و اضافه برداشت از این منابع؛
- فقدان سامانه‌های منسجم تولید، جمع‌آوری و پردازش اطلاعات و آمار منابع و مصارف آب؛
- عدم وجود ساختار و ساز و کارهای مناسب و ضروری برای مدیریت توامان عرضه و تقاضا و فقدان ارتباطات اجتماعی لازم؛

با نیاز و طبق دستورالعمل‌های ارسالی از شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور پایش و کنترل می‌شود.

❸ لطفا برنامه خود را برای بهبود کیفیت آب استان هرمزگان بیان کنید.

در راستای ارتقا و بهبود کیفیت آب استان این شرکت اقدام به تجهیز آزمایشگاه سطح استان، جایگزینی سامانه‌های گندزدایی قدیمی با سامانه‌های الکترولیز نمک طعام و ازن زنی، توسعه و احداث تصفیه‌خانه‌های آب در نقاط مختلف استان و نیز تولید آب شرب و بهداشتی با استفاده از آب‌شیرین‌کن‌های نسل جدید کرده است. همچنین برای رفع بو و طعم آب، شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان اقدام به ارتقای فرآیندهای پیش‌تصفیه و پس‌تصفیه و واحدهای فرایندی در تصفیه‌خانه آب نموده که مجموعه این اقدامات منجر به افزایش درصد حذف موجودات بیولوژیکی مولد طعم و بو شده است.

❹ وضعیت شبکه فاضلاب استان هرمزگان چگونه است و در شبکه و تصفیه‌خانه‌ها با چه چالش‌هایی روبرو هستید؟

عملیات اجرایی طرح‌های فاضلاب استان هرمزگان در سال ۱۳۷۳ با اجرای شبکه فاضلاب شهر بندرعباس آغاز شد و در حال حاضر مدلول اول تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بندرعباس با ظرفیتی معادل ۷۲۰۰۰ مترمکعب در شبانه‌روز و سیستم فاضلاب جزایر هرمز، ابوموسی و لاوان تصفیه‌خانه‌های ژکیجی در گهان و شهرک مسکونی طولا در جزیره قشم در مدار بهره‌برداری قراردارند. در همین راستا عملیات تکمیلی شبکه فاضلاب شهرستان بندرعباس، احداث مدلول دوم تصفیه‌خانه فاضلاب بندرعباس و تکمیل سامانه فاضلاب شهرهای میناب، رودان و جاسک در برنامه آتی شرکت آب و فاضلاب قراردارند. میزان کل شبکه جمع‌آوری فاضلاب در سطح استان برای سال ۱۴۱۵ شامل خطوط اصلی، فرعی و خط انتقال طبق آخرین بازنگری، ۱۳۷۴ کیلومتر است که از این میزان حدود ۸۶۵ کیلومتر آن تاکنون به مرحله اجرا رسیده است. فرآیند تصفیه فاضلاب در شهرهای استان عمدتاً از نوع هوادهی گستردگی و لجن فعال با ظرفیتی بالغ بر ۱۹۲۸۰۰ مترمکعب در شبانه‌روز برای سال ۱۴۱۵ است که از این میزان در حال حاضر حدود ۸۴۵۰۰ مترمکعب در شبانه‌روز تصفیه‌خانه ساخته شده و در مدار بهره‌برداری و یا در مرحله ساخت قراردارند. در پایان سال

متاسفانه با توجه به قیمت بسیار پایین آب بها و عدم افزایش منطقی آن طی سال‌ها گذشته به دلیل سیاست‌های تشییت قیمت، امکان افزایش آب بها در کوتاه‌مدت و رساندن آن به قیمت تمام شده وجود ندارد و علیرغم تلاش‌های صورت گرفته از سوی مسئولین شرکت‌های آب و فاضلاب همچنان با قیمت تمام شده فاصله زیادی داریم که بخشی از آن ناشی از عدم ادامه طرح هدفمند سازی یارانه‌ها با هدف رسیدن به قیمت تمام شده بوده است. نبودن نگاه اقتصادی به آب به عنوان یک کالای کمیاب اقتصادی نیز به این موارد اضافه می‌شود. علی‌ای‌حال بخشی از مشکلات مالی شرکت‌های آب و فاضلاب ناشی از عدم وصول همین آب بهای ناچیز و یا الزام به پرداخت مالیات بر ارزش افزوده، سهم هدفمندی و تبصره ۶ قانون بودجه برای فروش صورت گرفته (فارغ از وصول یا عدم وصول آن) است که باید علاوه‌بر منطقی کردن نرخ آب بها، برای وصول مطالبات معوق بهویژه در بخش نیروهای نظامی و انتظامی نیز چاره‌اندیشی شود.

- عدم توسعه ارتباطات موثر بین‌المللی برای ارتقا و انتقال دانش و فناوری و نیز جذب سرمایه‌گذاری خارجی؛
- عدم تعادل در منابع و مصارف بنگاه‌های بخش آب و کمبود منابع مالی برای تامین آب شرب شهرها و روستاهای کشور؛
- فقدان مشارکت ذی‌نفعان در داخل و خارج سازمان دولت در تصمیم‌سازی و اجرای برنامه‌ها؛
- تعدد پروژه‌های نیمه‌تمام و طولانی شدن دوره ساخت و معطل ماندن سرمایه‌گذاری‌های انجام شده؛
- تغییرات آب و هوایی، خشکسالی‌ها و کاهش سرانه منابع تجدیدپذیر.

﴿ چرا تلاش لازم توسط مسئولین شرکت‌های آب و فاضلاب برای توجیه ضرورت واقعی شدن قیمت آب در ارگان‌های تصمیم‌گیری کشور انجام نشده است و وضعیت منفی مالی شرکت‌های آبفا روز به روز وخیم‌تر می‌شود؟﴾

فرآخوان ایده کاوی

محور کاوش:

استفاده مجدد از پساب به عنوان یک منبع پایدار آب

اهداف کاوش:

- ﴿ مدیریت پایدار منابع آب در شهرهای کلان با توجه به بحران کمبود سرچشمه‌های آبی
- ﴿ شناسایی روش‌های نوین در تصفیه فاضلاب (پساب) جهت آماده سازی و تزریق در منابع آبی
- ﴿ بررسی جوانب بازچرخانی پساب در منابع آب.

انتظارات مورد نظر از کاوش:

- ﴿ ارائه ایده‌های کاربردی مدیریت منابع آبی با استفاده از بازچرخانی آب
- ﴿ ارائه فناوری و ایده‌های نوین در بازچرخانی پساب و ارتقا کیفیت پساب جهت تزریق به منابع آبی زیرزمینی و سایر ایده‌هایی که می‌تواند راهگشا باشد.

فرهیختگان گرامی می‌توانند ایده‌های خود را، تا حد اکثر دو ماه پس از انتشار مجله، از طریق پست الکترونیکی انجمن آب و فاضلاب ایران به نشانی info@irwwa.ir ارسال نمایند. پس از جمع آوری و ارزیابی ایده‌های دریافتی، به ارائه کنندگان ایده‌های برگزیده، از طرف شرکت آب و فاضلاب استان تهران جوايز نفیسی اهدا می‌شود.

سامعه (سامانه مدیریت عملیات همراه)

طراح و مسئول پروژه: محمد طلائی

ارائه شده در دومین ایده بازار- فن بازار آب و فاضلاب استان تهران

نظرات اکیپ وجود نداشت.

- بهدلیل پایین بودن ارزش اطلاعاتی داده‌های موجود، عملاً امکان تصمیم‌گیری‌های بهینه مدیریتی فراهم نبود. بنابراین تعیین بهینه تعداد و محل پست‌های امداد و تعمیرات در هر منطقه، تعیین حداقل اکیپ‌های موتورسوار و خودرویی موردنیاز در هر ناحیه یا شهر محدود نبود.

شرکت آب و فاضلاب استان تهران برای رفع این قبیل کاستی‌ها و بهمنظور ارائه خدمات بهینه در برونو سپاری این امور، تصمیم به طراحی و نصب سامانه‌ای تحت عنوان سامانه مدیریت عملیات همراه با نام مستعار "سامعه" نمود که علی‌رغم پوشش این معایب دارای مزایایی رقابتی صنعت آب بود که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است.

- ۱- امکان تعیین تعداد و پراکندگی دقیق حوادث در هر لحظه؛
- ۲- امکان تعیین مقادیر دقیقی از شاخص‌های زمان رسیدگی به حوادث؛
- ۳- امکان الحق تصویر آغاز و پایان هر حادثه و مستندسازی آن؛
- ۴- داشتن بانک اطلاعاتی با درجه اطمینان بالا و به روز از حوادث؛
- ۵- اطلاع‌رسانی سریع و مستندسازی به موقع حوادث خاص و مهم؛

۶- ردیابی اکیپ‌های عملیاتی و مهندسین کشیک و مدیر ارشد کشیک؛

۷- بهره‌مندی از یک شبکه اپراتوری اختصاصی همراه و امن .(APN)

دستاوردهای این پروژه در راستای احقيق حقوق شهریوندی در استان تهران

از ابتدای مهرماه سال ۱۳۹۵ و بعد از پیاده‌سازی سامعه بهدلیل بالا رفتن ارزش اطلاعاتی مقادیر ثبت‌شده در سیستم، شرکت توانست با تحلیل اطلاعات موجود، دانش با ارزشی برای برنامه‌ها و اهداف خود در حوزه مدیریت حوادث کسب نماید. براساس گزارش‌های ارائه شده توسط مرکز اطلاعات GIS و ارتباطات

سامانه ارتباط مردمی شرکت آب و فاضلاب استان تهران (۱۲۲) روزانه به طور متوسط جوابگوی بیش از ۱۵۰۰۰ تماس مردمی از اقصی نقاط استان تهران است. از این تعداد، حدود ۸۰۰ مورد آن به اطلاع‌رسانی حوادث تأسیسات و شبکه‌های آب و فاضلاب تحت پوشش شرکت منتهی می‌شود که پس از ثبت در سیستم مدیریت امداد و حوادث برای انجام اقدامات مقتضی به واحدهای عملیاتی در نواحی و شهرهای مربوطه ارجاع می‌شوند. از آنجایی که این شرکت در راستای تحقق سیاست‌های کلی ابلاغیه مقام معظم رهبری در خصوص اصل ۴۴ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، قریب به ۹۰ درصد از امور مربوط به نگهداری و تعمیرات تأسیسات و شبکه‌های آب و فاضلاب را به بخش خصوصی واگذار کرده است و اگر پایش و نظارت مناسبی از عملکرد پیمانکاران در سه بخش مهم زمان، کیفیت و هزینه انجام ندهد در معرض یک تهدید جدی اجتماعی قرار خواهد گرفت، از این‌رو این شرکت همانند بقیه شرکت‌های آب و فاضلاب شهری از همان بدو تأسیس، تلاش‌های مستمری برای مدیریت حوادث و اتفاقات انجام داده است. ولی با این حال هنوز هم شاهد برخی کاستی‌ها بود که گریبان‌گیر مدیریت بهره‌ور برونو سپاری این امور شده بود که اهم آن در ذیل اشاره شده است.

- روند مشخصی برای ثبت نقاط جغرافیایی محل حوادث در سیستم GIS شرکت وجود نداشت و معاونت نظارت بر بهره‌برداری نمی‌توانست اطلاعات مستند و دقیقی را در اختیار معاونت مهندسی و توسعه بهمنظور عملیات اصلاح و توسعه آتی قرار دهد.

- شاخص‌های زمان رسیدگی به حوادث شامل زمان اعلام تا اعزام، اعزام تا اقدام، اقدام تا اتمام و اتمام تا ثبت پایان کار با هماهنگی سر اکیپ عملیاتی و سر شیفت پست امداد به صورت دستی در سیستم نرم‌افزاری ۱۲۲ ثبت می‌شد. بدیهی است که عوامل ذکر شده تمامی به ثبت زمان‌های طولانی نداشتند.

- زمانی که اکیپ عملیاتی برای انجام امور محله از پست امداد خارج می‌شد عملاً هیچ مکانیسم سیستمی برای کنترل و

همچنین با دقیق شدن شاخص زمان اعلام تا اقدام رسیدگی به حوادث آب، شرکت توانسته است برآورد نسبتاً واقع گرایانه‌ای در تعیین هدرفت واقعی آب از محل نشت انشعابات مشترک‌ین، شبکه توزیع و خطوط انتقال آب به دست آورده. طبق محاسبات انجام شده، این میزان در شش ماه دوم ۱۳۹۵ و برای ۱۴۸,۹۸۷ حادثه بخش آب، با میانگین زمان رسیدگی به حوادث (اعلام تا اقدام) ۶۳ دقیقه و میانگین تلفات واقعی در محل ترک و درز ناشی از حوادث، ۷ لیتر در دقیقه برابر ۷۰۴,۲۶۷ لیتر است.

از طرفی دیگر از آنجایی که قبلاً طراحی و تعیین تعداد اکیپ‌های عملیاتی در هر ناحیه و شهر، براساس تعداد حوادث محتمل آن ناحیه یا شهر صورت پذیرفته است، عملاً سیستم نسبت به بهینگی انجام گرفته مبتنی بر کاهش زمان رسیدگی به حوادث واکنشی نشان نمی‌دهد. بنابراین این دستاوردهای می‌تواند زمینه‌ساز حرکتی برای تسطیح فرآیندهای داخلی بخش بهره‌برداری و تعیین بهینه تعداد اکیپ‌های عملیاتی برای هر ناحیه یا شهر و حتی فراتر از آن تعیین تعداد و مکان بهینه پست‌های امداد و تعمیرات، براساس زمان رسیدگی به حوادث در برنامه‌ریزی‌های آتی شرکت باشد.

۱۲۲ شرکت آب و فاضلاب استان تهران، بعد از پیاده‌سازی نرم‌افزار سامعه، شاخص زمان اعلام تا اقدام رسیدگی به حوادث در اغلب شرکت‌های زیرمجموعه افزایش یافت که عمدتاً ناشی از عدم ثبت صحیح زمان‌ها، قبل از پیاده‌سازی سامعه بود. این موضوع مؤید آن است که قبل اکیپ‌های عملیاتی قبل از رسیدن به محل حادثه اعلام می‌کردند که در محل حادثه بوده و در حال انجام عملیات هستند.

از طرفی با توجه به امکان رדיایی اکیپ‌ها در هر لحظه و نهادینه شدن این موضوع در بین اکیپ‌های عملیاتی و نیز تشکلهای روانی حاصل از محدود شدن آزادی رفت‌وآمد کارکنان اکیپ‌های عملیاتی حین مأموریت، درمجموع شاخص زمان کل اعلام تا اتمام رسیدگی به حوادث در استان تهران در بخش آب در شش ماه دوم سال ۱۳۹۵ نسبت شش ماه اول، ۱۰ دقیقه کاهش یافت که با توجه به تعداد حوادث بخش آب (۱۴۸,۹۸۷) به معنای ۲۴ هزار ساعت (معادل سه سال) کاهش زمان است. همین شاخص در حوادث بخش فاضلاب حدود ۲۴۶ دقیقه کاهش یافت که با توجه به تعداد حوادث آن (۲۹,۷۹۱)، به معنای ۱۲۲ هزار ساعت (معادل چهارده سال) کاهش زمان است.

جدول ۱- مشخصات سامانه

ردیف	مشخصه	سرور	موبایل
۱	Language	PHP	Java
۲	Services	Restful SMS module Open fire notification server Google map	Retrofit POJO models Dao database manager Ion loading GMS GSON Google map Circulate Image Okhttp Picasso Header list Sticky Slide view pager GPS Camera ...
۳	Platform	Php native	Android API >21
۴	Features	Responsive Bootstrap J query Html Css Javascript	Arcgis SDK Anton46 Baoyachi Smack PhilJay Hdodenhof Mobsandgeeks Apache.httpcomponents Leolin:ShortcutBadger Veinhorn.scrollgalleryview
۵	Database	Sql server	Realm Sqlite



شکل ۳- زیر صفحه اطلاعات کلی حادثه



شکل ۲- صفحه حوادث خاص و مهم



شکل ۱- صفحه اصلی سامانه



شکل ۶- رديابي اكيب های عملياتي



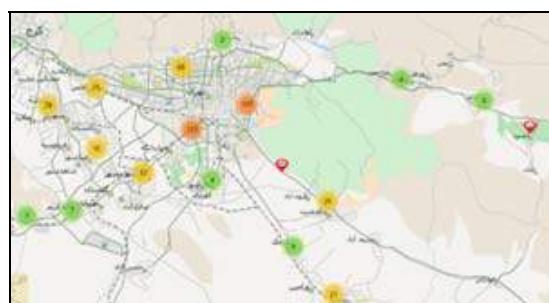
شکل ۵- اطلاعات کشیک



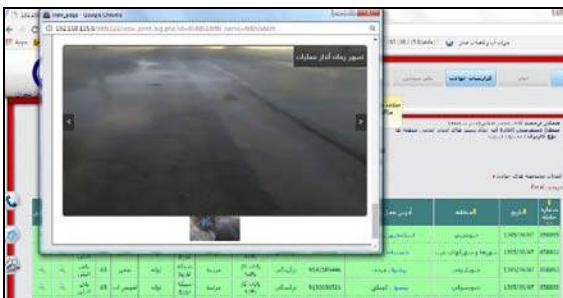
شکل ۴- زیر صفحه گروه محاوره‌ای موقع و
مجازی برای حادثه با مسئولین مرتبط با آن
حادثه



شکل ۸- ثبت خودکار مشخصات جغرافیایی (GIS) محل حادثه



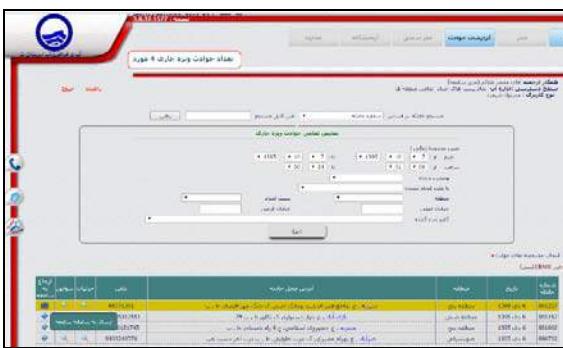
شکل ۷- تعیین تعداد و پراکندگی دقیق حوادث در هر لحظه



شکل ۱۰- تصویر حادثه قبل از آغاز عملیات



شکل ۹- تعیین مقادیر دقیقی از شاخص‌های زمان رسیدگی به
حوادث



شکل ۱۲- پانل مدیریتی اطلاع‌رسانی حوادث مهم و خاص



شکل ۱۱- تصویر حادثه بعد از اتمام عملیات

پلمپ الکترونیکی هشدار دهنده اختلال در عملکرد کنتور آب

ارائه شده در دومین ایده بازار - فن بازار آب و فاضلاب ۱۳۹۶، به انتخاب شرکت آب و فاضلاب استان تهران

پیوسته در فواصل ۴ ثانیه‌ای چشمک می‌زند. در صورتی که هرگونه تغییر وضعیت، پیچش، باز کردن، جابجا شدن و یا نزدیک کردن هرگونه آهن ربا به آن صورت گیرد، دستگاه حساس شده و شروع به چشمک‌زدن با فواصل یک ثانیه‌ای می‌کند و هرگز تا زمان حضور مأمور قرائت و اطلاع وی از اختلال کنتور خاموش نمی‌شود. مأمور قرائت پس از رویت و تذکر و هشدار لازم به مشترک، نسبت به انجام مراحل قانونی دستکاری غیرمجاز و نیز تعویض پلمپ الکترونیک اقدام می‌کند.

مشخصات فنی

- قابلیت نصب بر روی کلیه کنتورهای آب، کنتورهای برق و گاز؛
 - کارکرد طولانی با باتری به مدت ۵ سال (مطابق با طول عمر کنتور)؛
 - عدم حساسیت به ضربه و تکان خوردن در حین انبارش و حمل و نقل؛
 - عدم حساسیت به ضربه‌های گذرا و زمین‌لرزه؛
 - دارای پوشش محافظ و مقاوم به رطوبت؛
 - قابلیت نصب و فعال‌سازی آسان؛
 - قابلیت تغییر پروگرام پلمپ بنا به نظر مشتری.
- لازم به ذکر است که در حال حاضر این قطعه توسط شرکت آب و فاضلاب جنوب شرق استان تهران در حال توسعه فناوری می‌باشد.



شکل ۲- نمایی از مدار داخلی طراحی شده پلمپ

عمده روش‌های اختلال کنتورهای آب به دو صورت مکانیکی و مغناطیسی صورت می‌گیرد. در روش مکانیکی نیاز به باز کردن اتصالات کنتور است؛ اما در روش مغناطیسی می‌توان بدون باز کردن اتصالات کنتور، در عملکرد آن اختلال ایجاد کرد. دستگاه پلمپ الکترونیک کنتور، از دو قسمت تشخیص حرکتی و تشخیص مغناطیسی تشکیل شده است. قسمت تشخیص حرکتی، برای تشخیص چرخاندن یا جابجا کردن کنتور به کار برد شده است. قسمت تشخیص مغناطیسی هم هرگونه قارگیری کنتور در میدان مغناطیسی را نشان خواهد داد. این سیستم به صورت یک مدار الکترونیک با تغذیه باتری و بدون نیاز به برق طراحی و ساخته شده است.

این سیستم بر روی کنتور نصب شده و ضمن هشدار اختلال در کنتور اعم از مکانیکی و یا مغناطیسی، به نحوی طراحی شده است که اختلال در خود سیستم دستگاه را (مانند برداشتن باتری و ...) نیز تشخیص می‌دهد. نصب این قطعه به گونه‌ای است که با استفاده از چسب بر روی صفحه کنتور چسبانده می‌شود، به صورتی که مانع قرائت کنتور نشود. آن‌گاه توسط مأمور شرکت آب و فاضلاب فعل و روشن شده و به صورت



شکل ۱- نمایی از محل نصب پلمپ بر روی کنتور

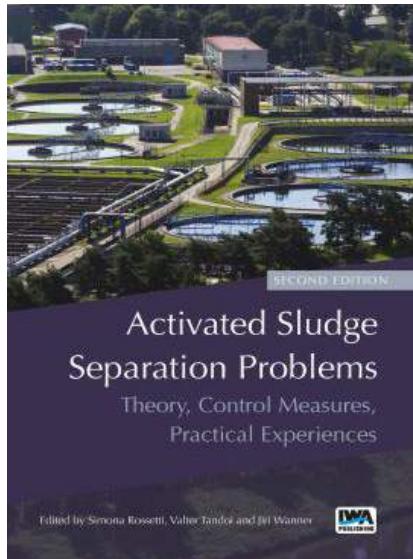
Activated Sludge Separation Problems: Theory, Control Measures, Practical Experiences

Editors: Valter Tandoi, Simona Rossetti and Jiri Wanner

Publication Date: 15/08/2017

Pages: 300

Second Edition



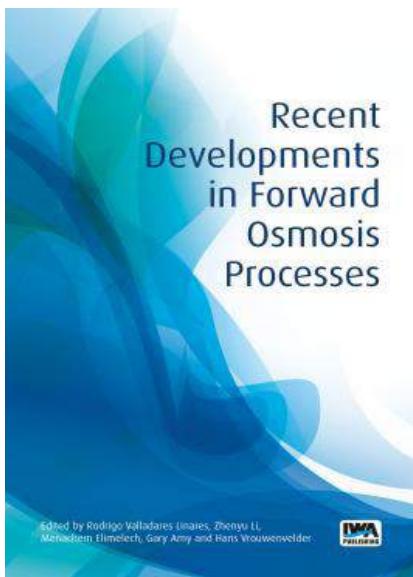
این کتاب شایع‌ترین مشکلات جداسازی لجن فعال را توضیح داده و دلایل اصلی رشد انواع میکروارگانیسم‌های رشته‌ای در لجن فعال را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این کتاب تکنیک‌های شناسایی گروه‌های مهم میکروارگانیسم‌های موجود در لجن فعال براساس تجزیه و تحلیل متداول میکروسکوپی و همچنین استفاده از ابزارهای موجود در حوزه زیست مولکولی (PCR و FISH) بهصورت خلاصه بیان شده است. کتاب معرفی شده شامل شش فصل بوده که جنبه‌های فنی و علمی جدید و به‌هنگام از این فرآیندها را راهنمایی می‌دهد. نسخه جدید همچنین دارای لیست گسترده‌ای از مراجع برای مطالعه بیشتر است.

Recent Developments in Forward Osmosis Processes

Editors: Rodrigo Valladares Linares, Zhenyu Li, Menachem Elimelech, Gary Amy and Hans Vrouwenvelder

Publication Date: 15/05/2017

Pages: 404



یک تکنولوژی غشایی نوظهور با طیف وسیعی از کاربردهای مختلف Forward osmosis در حوزه تصفیه آب (نمک‌زدایی، تصفیه فاضلاب و بازیافت آب) است. استفاده ترکیبی از سیستم‌های FO برای هر دو منظور آب شیرین‌کن و بازیابی آب نشان داده که هزینه‌های بالاتری نسبت به فناوری‌های متعارف مورد استفاده را دارد. با این وجود به‌دلیل هزینه‌های عملیاتی پایین‌تر سیستم‌های ترکیبی FO، هزینه واحد برای تولید هر مترمکعب آب شیرین تولید شده با این سیستم‌ها پایین‌تر از فناوری‌های متداول بازیافت آب و یا نمک‌زدایی آب (به عنوان مثال سیستم‌های اولترافیلتراسیون یا RO) است. این کتاب شامل ۲۳ فصل بوده که در آن کاربردها، مزایا، چالش‌ها و هزینه‌های استفاده از این تکنولوژی مورد بررسی قرار گرفته است.



رتبه اول مسابقه پایان نامه برتر سال ۱۳۹۶ در مقطع دکترا
برگزار شده توسط انجمن آب و فاضلاب ایران



عنوان: ارائه مدلی برای بهبود قابلیت اطمینان در شبکه های توزیع آب با استفاده از ابزارهای مدیریت فشار

نگارش: میلاد لطیفی علویجه

استاد راهنمای: دکتر سید تقی امید نائینی

محل: دانشگاه تهران، پردیس دانشکده های فنی، دانشکده مهندسی عمران
رشته: مهندسی عمران - گرایش آب

زمان دفاع: ۱۳۹۶

چکیده

تابع هدف بهینه سازی نیز استفاده شده اند، عبارتند از: قابلیت اطمینان مبتنی بر رضایت مشترکین، قابلیت اطمینان مخزن و قابلیت اطمینان کیفی شبکه.

مدل بهینه ساز قادر است با انتخاب مقادیر مناسب برای متغیرهای تصمیم، توابع هدف را تحت قیود انتخاب شده بهینه نماید. به منظور ارزیابی عملکرد مدل، تعدادی سناریو در شبکه های مطالعه موردي طراحی و اجرا شده است. نتایج حاصل نشان می دهد که استفاده بهینه از ابزارهای مدیریت فشار می تواند قابلیت اطمینان و به تبع آن عملکرد هیدرولیکی و کیفی شبکه را بهبود بخشد. همچنین بررسی ها نشان داد که استفاده از توربین برای تولید انرژی الکتریکی از جریان آب در شبکه می تواند کاملاً مقرن به صرفه باشد.

در این تحقیق، یک پژوهش آزمایشگاهی برای بررسی تاثیر جنس خاک بر روی مقدار دبی نشت در لوله های مدفون انجام شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که مشخصات خاک اعم از دانه بندی، حدود خمیری و ضریب هدایت هیدرولیکی بطور نمایی بر روی میزان دبی نشت مؤثر هستند. از نتایج این پژوهش در برآورد دبی نشت از لوله ها در مدل شبیه ساز استفاده شده است.

كلمات کلیدی: شبکه توزیع آب، قابلیت اطمینان، مدیریت فشار، بهینه سازی.

شبکه های توزیع آب به منظور تامین آب کافی با فشار مناسب و کیفیت استاندارد طراحی می شوند. با این حال، در برخی مواقع شرایطی بر شبکه حاکم می شود که شبکه قادر به انجام وظایف خود نیست و شکست رخ می دهد. قابلیت اطمینان به صورت توانایی شبکه در انجام وظایف مورد انتظار بدون شکست و در بازه زمانی معین تعریف می شود. در شبکه هایی که در معرض شکست هیدرولیکی هستند، لازم است تمهیداتی اندیشه دیده شود تا قابلیت اطمینان افزایش یابد.

در این تحقیق، از ابزارهای مدیریت فشار برای بهبود قابلیت اطمینان در شبکه های توزیع آب استفاده شده است. برخی از این ابزارها عبارتند از: شیر فشارشکن، مخزن کمکی، ایستگاه های پمپاژ و توربین. به منظور تحلیل شبکه های توزیع آب یک مدل شبیه ساز توسعه یافته که قادر است تحلیل هیدرولیکی شبکه را با روش گرادیان و با رویکرد مبتنی بر فشار به صورت دوره زمانی گسترده انجام دهد. در صورت لزوم، مدل تحلیل کیفی شبکه را نیز انجام می دهد. همچنین یک مدل بهینه ساز ایجاد شده که قادر است بهینه سازی را با روش الگوریتم ژنتیک و یک روش جدید به نام الگوریتم جامعه آنارشی انجام دهد. تعدادی شاخص نو برای ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه از دیدگاه های مختلف معرفی شده است. برخی از این شاخص ها که به عنوان

شرح مختصر فعالیت‌های انجمن در سه ماهه سوم سال ۱۳۹۶ به شرح زیر است:

- ﴿ برگزاری جلسات ماهانه شورای سیاست‌گذاری دومین کنگره ملی آب و فاضلاب ایران
- ﴿ برگزاری جلسات هفتگی شورای سیاست‌گذاری اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب
- ﴿ ملاقات آقای دکتر تابش با مدیرعامل آب منطقه‌ای استان اصفهان
- ﴿ حضور انجمن آب و فاضلاب ایران در سیزدهمین نمایشگاه صنعت آب و تاسیسات آب و فاضلاب ایران
- ﴿ ملاقات رئیس هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران با رئیس انجمن آب آلمان German Water
- ﴿ برگزاری جلسه بین رئیس هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب و رئیس مرکز منطقه‌ای آب شهری
- ﴿ برگزاری اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب
- ﴿ برگزاری دومین مسابقه پایان‌نامه برتر
- ﴿ برگزاری مراسم تجلیل از پیشکسوتان نمونه دانشگاه و صنعت
- ﴿ برگزاری مجمع عمومی سالیانه انجمن آب و فاضلاب ایران
- ﴿ حمایت از نهمین همایش مدیران آب و فاضلاب کشور در سالن همایش‌های بین‌المللی برج میلاد تهران و ایجاد غرفه در نمایشگاه جانبی آن
- ﴿ پنج راهکار برای مدیریت مصرف آب: مصاحبه جناب آقای دکتر تابش، رئیس انجمن آب و فاضلاب با خبرگزاری ایستا
- ﴿ انتشار اولین شماره مجله علمی - ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب با صاحب امتیازی انجمن آب و فاضلاب ایران به صورت فصلنامه و با هدف انتشار مقالات علمی و به ویژه کاربردی در صنعت آب و فاضلاب
- ﴿ برگزاری جلسات هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب
- ﴿ برگزاری جلسات کمیته تخصصی تلفات آب
- ﴿ برگزاری جلسات هیئت تحریریه نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب
- ﴿ صدور و اعطای کارت‌های عضویت اعضا به صورت دوره‌ای
- ﴿ انتشار سه شماره خبرنامه که اهم مطالب آن به قرار زیر است:
 - مصاحبه با جناب آقای مهندس هنری، استاد بازنشسته دانشگاه علوم پزشکی تهران، عضو مهندسین مشاور آبران و عضو کمیته تخصصی "تلفات آب" انجمن آب و فاضلاب ایران
 - مصاحبه با جناب آقای دکتر ضرغامی، استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز و عضو انجمن آب و فاضلاب ایران
 - معرفی کنفرانس‌های داخلی و بین‌المللی معتبر
 - اشاره به مهم‌ترین اخبار صنعت
 - معرفی جدیدترین کتب منتشر شده

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

لیست اعضا و فعالیت های انجمن آب و فاضلاب ایران
International Water & Wastewater Association
IWWA

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال دوم - شماره هفتم - مهر ماه ۱۳۹۶

<http://irwwa.ir>

اطلاعات اسما:

info@irwwa.ir
+۳۱۱-۸۸۴۹۱۴۹۰

نشانی پستی:

تهران، خیابان طباطبائی، بین خیابان قدرس و خیابان پلاک ۴۹۹، واحد ۷ طبقه ۴، واحد ۷

آدرس تلگرام:

<https://t.me/IWWWA24>

آدرس لینکدین:

<https://ir.linkedin.com/in/irwwa-irwwa>

مطالب این شماره:

- مصادری با مهندسی هنری
- اخبار انجمن
- روزنامه های پیشرو
- معرفی کتاب
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

دکتر سارا نظری
دکتر سعید یاثیر
مهندسن سید احمد رضا شاهنگان
سرپوش تاثیر

سبک اول:

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران، سال دوم، شماره هشتم، ابان ماه ۱۳۹۶

اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir
+۹۸-۰۴۱۰۱۹۰

نشانی پستی:

تهران، خیابان طلاقانی، بین خیابان قنس و وصال، بلاک ۴، ۴۲۹، طبقه ۷ واحد ۷

آدرس تلگرام:

<https://t.me/IRWWA94>

آدرس linkedin:

<https://ir.linkedin.com/in/irwwa->

مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- رویدادهای پیش رو
- معرفی کتاب
- اخبار صنعت

همکاران خبرنامه:

- دکتر سارا نظفی
- دکتر مسعود تابش
- مهدیون سید احمد رضا شاهگلیان
- سرپوش تاش

سخن اول:

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران

IWWA Newsletter

<http://irwwa.ir>

خبرنامه انجمن آب و فاضلاب ایران سال دوم - شماره نهم - آذر ماه ۱۳۹۶

اطلاعات تماس:

info@irwwa.ir
۰۲۱-۸۸۴۹۱۲۹

نشانی پستی:

تهران، خیابان طالقانی، بین خانه‌های قس و وصال، پلاک ۴۹۶، طبقه ۴، واحد ۷

آدرس تلگرام:

<https://telegram.me/IWWA94>

لينكedin

ادرس <https://ir.linkedin.com/in/irwwa-wastewater/>



سعین

مطالب این شماره:

- اخبار انجمن
- مصاحبه با چناب
- آقای دکتر فریغامی
- زندگانی‌های پیش رو
- معرفی کتاب
- اخبار صنعت

مکار خبرنامه:

- دکتر سارا ظرفی
- دکتر مسعود لایلش
- مهندس سید احمد رضا شاهگران
- سروش تابنی

رسانه سینمایی A: جای ایقون توکنی فر لطفای سوی دریافت هدیه از طریق اینلیل با متن مذکور

مسایله شماره ۹

به نظر شما از این امور کدام که در آموزش در سطح مختلف برای مواجهه با بحران سیستان در چه سطوحی بوده است؟

- ۱- مقدمه ای اسلامی
- ۲- پژوهه‌های اسلامی
- ۳- کارشناسان
- ۴- مهندسی و محصول سازان

اطلاع شماره گزینه متناسب خود را به ادرس comp_irwaw@gmail.com ارسال

تمامیان، در تست subject متناسب با شماره مذکور در

وارد کنید. در پایان هر ماه به عنوان برگزیده به قدر فرموده

دیدهای اطمینان می‌شود.

حوادث و اتفاقات پیش آمده در روزهای و هفته‌های اخیر در شهرهای مختلف کشور نشان داده که در آموزش در سطح مختلف برای مواجهه با مخاطرات و اثرات و پایداری آنها بسیار ضروری بوده و متناسبانه در کشور این آموزش‌ها با ارائه نند و یا مواد ارائه شده کارآمد نبوده است. به نظر میرسد ارائه برنامه‌های آموزشی و اجرای مانورهای بحران برای ارتقا سطح آنادگی مردم و مستولان در مواجهه با شرایط بحران یک ضرورت است که باید هرجاه پیشتر مورد توجه قرار گیرد.

سایر اهداف کمیته

بررسی آسیب شناسانه وضعیت موجود مدیریت مصرف و هدرفت آب و ترسیم وضع مطلوب

بررسی آسیب بشناسانه روند آموزش و پژوهش در این حوزه

آسیب شناسایی آئین نامه ها و استانداردهای موجود و برنامه ریزی برای اصلاح آنها یا تدوین استانداردهای جدید

انتشار کتاب و نشریه در رابطه با موضوع

کمک به تبیین موضوع از طریق ارتباط با جامعه، صدا و سیما، خبرگزاریها، مطبوعات، مدارس، تصمیم سازان و ایجاد یک فرهنگ عمومی

هدف اصلی کمیته

تلاش در جهت تبیین و ارتقای مفهوم مدیریت مصرف و کاهش هدرفت آب

روش ها:

آموزش، پژوهش، تبلیغات، انتشارات، ارتقای فناوری و ظرفیت سازی از طریق ارتباط با شرکتهای آب و فاضلاب شهری و روستایی، دانشگاهها، مشاورین، پیمانکاران، تولیدکنندگان، تصمیم سازان و اشاره مختلف مردم"

برنامه های در دست اقدام:

برگزاری همایش مدیریت مصرف و هدرفت آب (با همکاری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور) به صورت دوسالانه

انجمن آب و فاضلاب ایران

کمیته های تخصصی انجمن

کمیته تخصصی

هدرفت آب



IWWA Water Loss Specialist Task Group



انجمن آب و فاضلاب ایران

همچنین کلیه اعضا و علاقمندان می توانند دستاوردهای علمی و تجربی خود را برای انتشار در نشریه علمی- ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب از طریق آدرس jwwse.ir ارسال کنند.

با ما همراه باشید

ارتباط مستمر با هیئت مدیره انجمن برای ارائه نظرات و مشارکت در برنامه ریزی و فعالیت های انجمن

تهران، خیابان طالقانی، پلاک ۴۲۹، طبقه ۴، واحد ۷

irwwa.ir
info@irwwa.ir
<https://telegram.me/irwwa94>

<https://ir.linkedin.com/in/irwwa-irwwa-098454117>

Iran Water & Wastewater Association

فرآخون عضویت در کمیته

کلیه علاقمندان به مشارکت در برنامه های مدیریت مصرف و هدرفت آب می توانند برای عضویت در "کمیته تخصصی هدرفت آب" به ترتیب زیر عمل کنند:

فرآیند عضویت در کمیته

مراجعه به سایت انجمن آب و فاضلاب ایران

irwwa.ir به نشانی

عضویت در سایت و دریافت پسورد

تکمیل فرم عضویت انجمن و انتخاب نوع کمیته تخصصی در فرآیند ثبت نام

تعیین و تایید نوع عضویت توسط انجمن و صدور کارت عضویت

ارکان اصلی کمیته

اعضای هیئت رئیسه

اعضاء اصلی

دکتر تابش

دکتر جلیلی قاضی زاده

دکتر حریری اصل

مهندس سیدزاده

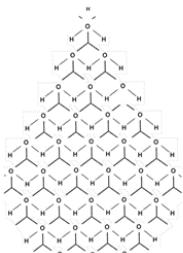
مهندس مبینی

دکتر میرسپاسی

مهندس هنری



کرسی یونسکو در بازیافت آب



آب عمل مشارک و دوستی جهانی
Water for Cooperation not for War

تاریخچه
ایده تأسیس کرسی یونسکو در بازیافت آب در دانشکده مهندسی شیمی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران و به ریاست آقای دکتر محمدحسین صرافزاده (دانشیار دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تهران)، در سال ۱۳۸۹ و به دنبال برگزاری موفقیت‌آمیز کنفرانس بین‌المللی "پیشرفت‌های تصفیه فاضلاب و بازیافت آن" در پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران و با هدف معرفی توانمندی‌های گستره دانشگاه در حوزه آب و توسعه همکاری‌های بین‌المللی در این حوزه، از سوی ریسی فعلی این کرسی پیشنهاد شد. این پیشنهاد در سال ۱۳۹۰ و پس از موافقت کمیسیون ملی یونسکو در ایران، به سازمان یونسکو منعکس و در سال ۱۳۹۲ با تأسیس آن موافقت شد. این کرسی در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۳ طی مراسمی با حضور خانم ایرینا بوکووا، مدیر کل وقت یونسکو در دانشگاه رسماً شروع به فعالیت نمود.



اهداف و رویکردها

نظر به جدی شدن روز افرون بحران آب در سطح داخلی و بین‌المللی، این کرسی با هدف تغییر رویکرد نسبت به منابع آب نامتعارف و امکان بازیافت و بازچرخانی آب، تأسیس شده و با دوشعار "آب، عامل مشارکت و دوستی نه جدایی و جنگ" و "آب را براساس کیفیت آن قضاوت کنیم نه سرگذشت" شروع به کار نمود.

هدف عام کرسی، ارتقای جایگاه بین‌المللی ایران در مجتمع آبی جهان با ارائه راهکارهای مناسب برای توسعه پژوهشی، فرهنگی و آموزشی، اطلاع‌رسانی و مستندسازی در زمینه بازیافت آب و تسهیل همکاری‌های بین مراکز علمی و پژوهشگران طراز اول جهانی در خانواده آبی یونسکو و صنعت است.

به طور کلی سه رویکرد اصلی در کرسی یونسکو در بازیافت آب مورد پیگیری جدی قرار گرفته که به عنوان نقشه‌راه عملکرد این کرسی بوده و سیاست‌گزاری‌ها و فعالیت‌ها در راستای این اهداف و رویکردها صورت می‌پذیرند. این رویکردها، با درنظر داشتن سه بخش اصلی مصرف‌کننده آب یعنی حوزه کشاورزی، صنعت و شهری بوده و راهکارهایی عملی برای برداشت از بحران کنونی مصرف آب در هر بخش ارائه می‌کند.

- در بخش صنعت، این کرسی به طور ویژه به دنبال بسترسازی و فراهم آمدن شرایط لازم به منظور تعیین سیاست‌گزاری‌های درست و اصولی در چارچوب نظام مدار بسته آب بوده و در همین راستا مکاتبات و پیگیری‌هایی نیز با نهادهای حکمران مسئول در این حوزه شکل گرفته و در حال پیگیری است.

- در حوزه شهری، این کرسی نگاه خود را روی اهمیت آب‌های خاکستری یعنی آب‌هایی که بدون نیاز به تصفیه پیچیده و پرهزینه قابلیت استفاده مجدد را دارند، معطوف نموده است.

- در بخش کشاورزی که بزرگترین مصرف‌کننده آب در سطح کشور محسوب می‌شود، پیشنهاد بازیافت آب و باز استفاده از آن در کشاورزی به عنوان راهکار موثری برای افزایش بهره‌وری آبی است.

با درنظر داشتن این سه رویکرد کلی، کرسی یونسکو در بازیافت آب، برنامه‌ها و فعالیت‌های خود را سامان‌دهی نموده که برگزاری کنفرانس‌ها و سمینارهای ملی و بین‌المللی، شرکت در همایش‌ها و نمایشگاه‌ها، برگزاری کارگاه‌های تخصصی، ترجمه و تدوین مقالات، کتب و استناد معتبر علمی و پژوهشی از اهم این فعالیت‌ها است که هدف همه آن‌ها اصلاح نگاه جامعه به موضوع فاضلاب و پساب‌ها است. در راستای گسترش شبکه علمی متخصصین داخلی و بین‌المللی حوزه آب و فاضلاب، تفاهم‌نامه‌های همکاری متعددی بین این کرسی و مراکز مختلف تدوین شده و به امضا رسیده که از آن جمله می‌توان به انتستیتو نفت دانشگاه تهران، پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران، کرسی یونسکو در آموزش مهندسی، انجمن آموزش مهندسی ایران و کرسی یونسکو SIMEV در دانشگاه مونپلیه فرانسه اشاره نمود. هدف از این تفاهم‌نامه‌ها، گسترش فعالیت‌ها و پروژه‌های مشترک تحقیقاتی در سطوح ملی و بین‌المللی و استفاده حداکثری از پتانسیل‌های بالقوه موجود در سطح جامعه دانشگاهی برای رفع بحران آب است. همچنین، به منظور پیشبرد اهداف پژوهشی و آموزشی مصوب کرسی، آزمایشگاه بازیافت آب در محل این کرسی تأسیس و تجهیز شد که قابلیت انجام آزمایش‌های مختلف کمی و کیفی در حوزه آب و فاضلاب را دارد.



از علاوه‌مندان به حوزه‌های مرتبط با علوم و صنعت آب و فاضلاب دعوت می‌شود تا برای شروع فرآیند عضویت خود در انجمن آب و فاضلاب ایران، از طریق لینک <http://irwwa.ir>، به سایت انجمن مراجعه و با ایجاد حساب کاربری در سایت، اقدام به دریافت نام کاربری و رمز ورود اقدام کنند. سپس وارد حساب کاربری خود شده و گزینه عضویت را انتخاب نموده و با تکمیل فرم عضویت حقیقی، عضویت خود را در انجمن تکمیل نمایند. مراحل پرداخت حق عضویت و اعطای کارت پس از ارسال ایمیل تأییدیه از سوی انجمن، شروع خواهد شد.

تذکر مهم:

با توجه به برگزاری مجمع عمومی و انتخابات انجمن در سال ۱۳۹۷، براساس ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تنها اعضای حقیقی که حق عضویت خود را پرداخت نموده باشند حق رأی خواهند داشت.

حق عضویت اعضای حقیقی

حق عضویت اعضای حقوقی

حق عضویت سالانه (ریال)	نوع شرکت
۳۰۰۰۰۰	کوچک
۶۰۰۰۰۰	متوسط
۱۰۰۰۰۰	بزرگ

* هزینه چاپ آگهی در نشریات انجمن

مبلغ (ریال)	نوع
۱۲۵۰۰۰۰	۱ صفحه در یک شماره
۲۵۰۰۰۰۰	۲ صفحه در یک شماره
۵۰۰۰۰۰	۱ صفحه در چهار شماره پیاپی*
۸۰۰۰۰۰	۲ صفحه در چهار شماره پیاپی*

* شامل یکسال عضویت حقوقی انجمن

مزایای عضویت در انجمن آب و فاضلاب ایران

عضویت حقوقی (شرکت‌ها)		عضویت حقیقی		مزایای عضویت	
بزرگ	متوسط	کوچک	واسته	پیوسته	
%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۲۰	%۲۰	تخفیف شرکت در کنفرانس‌های انجمن
%۲۰	%۱۵	%۱۰	-	-	تخفیف شرکت در نمایشگاه‌های انجمن
%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۲۰	%۲۰	تخفیف شرکت در دوره‌های آموزشی انجمن
%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۲۰	%۲۰	تخفیف شرکت در کارگاه‌ها و بازدیدهای انجمن
%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۲۰	%۲۰	تخفیف جاپ آگهی در مجلات انجمن
%۲۰	%۲۰	%۲۰	-	-	تخفیف چاپ آگهی در مجلات انجمن*
%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۲۰	%۲۰	تخفیف خرید مقاله از مجلات انجمن*
%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۲۰	%۲۰	تخفیف خرید انتشارات انجمن
*	*	*	*	*	امکان صدور معرفی نامه عضویت در انجمن
*	*	*	*	*	اطلاع‌رسانی و امکان حضور در نشست‌ها، گردهمایی‌ها و کارگروه‌های انجمن
*	*	*	*	*	دسترسی به مقالات بارگذاری شده در سایت
*	*	*	*	*	دسترسی به آموزش‌های بارگذاری شده در سایت
*	*	*	*	*	اطلاعات سایت انجمن

تقویم کنفرانس های داخلی و خارجی

کنفرانس های داخلی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
هفتمین کنفرانس منابع آب ایران	یزد، دانشگاه یزد	۱۳۹۷	http://www.7wrmc.ir
یازدهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران	تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی عمران	۱۳۹۷ تا ۲۱ اردیبهشت ماه	http://11icce.ut.ac.ir/
هفدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران	شهرکرد	۱۳۹۷ و ۱۵ شهریور ماه	http://conf.sku.ac.ir/17HYDRO
دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران و دومین همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی	اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان	۱۳۹۷ تا ۲۴ آبان ماه	http://iwwa-conf.ir/

کنفرانس های خارجی

عنوان کنفرانس	محل برگزاری	تاریخ برگزاری	سایت کنفرانس
Water Loss 2018	Cape Town, South Africa	7 – 9 May 2018	http://www.waterloss2018.com/
10 th Eastern European IWA YWP Conference	Zagreb, Croatia	7 - 12 May 2018	http://www.iwa-network.org/events/10th-eastern-european-iwa-ywp-conference/
The 2 nd Disinfection and Disinfection By-Products Conference	Beijing, China	14 – 18 May 2018	http://www.iwa-network.org/events/the-2nd-disinfection-and-disinfection-by-products-conference/
Sludge Management in Circular Economy (SMICE)	Rome, Italy	23 – 25 May 2018	http://smice2018.com/
LET 2018 – The 15th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies	Nanjing, China	27 – 31 May 2018	http://iwa-let.org/
ecoSTP 2018	London, Ontario, Canada	25 – 27 June 2018	http://www.iwa-network.org/events/ecostp-2018/
13 th International Conference on Hydroinformatics (HIC 2018)	Palermo, Italy	1 – 6 July 2018	http://www.hic2018.org/
Singapore Water Convention	Singapore, Singapore	8 – 12 July 2018	http://www.siww.com.sg/water-convention
6 th International Dry Toilet Conference 2018 – Supported	Hiedanranta, Finland	20 – 24 August 2018	http://www.huussi.net/en/activities/dt-2018/dry-toilet-conference-2018/
IWA World Water Congress & Exhibition 2018	Tokyo, Japan	16 – 21 September 2018	http://www.worldwatercongress.org/
11 th International Conference on Urban Drainage Modelling (UDM2018)	Palermo, Italy	23 – 26 September 2018	https://www.udm2018.org/
XIII Latin American Workshop and Symposium on Anaerobic Digestion (DAALXIII)	Medellin, Colombia	21 – 24 October 2018	http://www.iwa-network.org/events/xiii-latin-american-workshop-and-symposium-on-anaerobic-digestion-daalxiii/



۲۶^م کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

و همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشتی

IRAN WATER
& Wastewater Science
Engineering Congress
 National Conference on Demand
 Supply of Drinking Water and Sanitation



محورهای کنگره:

- تأمین، انتقال، تصفیه و توزیع آب
- جمع آوری، انتقال، تصفیه، بازچرخانی و بازیافت فاضلاب
- بهره گیری از آب های نامتعارف، پساب ها و آب های لب شور
- فناوری های نوین در آب و فاضلاب
- ارتقاء، مقاوم سازی و بازسازی سامانه های آب و فاضلاب
- مدیریت منابع انسانی و مالی در حوزه های آب و فاضلاب
- رویکردهای فنی، اقتصادی و اجتماعی در مدیریت مصرف آب
- بومی سازی ضوابط طراحی سامانه های آب و فاضلاب
- تجارت حاصل از بهره برداری بومی از سامانه های آب و فاضلاب
- ارزیابی و آسیب شناسی ساختار شرکت های آب و فاضلاب



آدرس دبیرخانه: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، ساختمان پژوهشگاه، طبقه ۱

تلفاکس: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۷۴۲



- فایل Word مقاله بدون نام نویسنده‌گان، که محل شکل‌ها و جدول‌ها را در متن مشخص کرده است اما شکل‌ها و جدول‌ها در انتهای متن ارائه شده‌اند.

- فایل pdf مقاله بدون نام نویسنده‌گان که شامل کلیه اجزا و محتویات مقاله است و شکل‌ها و جدول‌ها در جای خود جانمایی شده‌اند.

- فایل مشخصات نویسنده‌گان.

- فایل کبی رایت که نامه‌ای است که نویسنده‌گان با مضمون تعهد ارسال مقاله فقط برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه می‌کنند و با امضای کلیه مولفین با ترتیبی که قرار است چاپ شود، ارسال می‌نمایند (نمونه این نامه در زمان ثبت مقاله در قسمت نامه به سردبیر قابل رویت است).

﴿ نرم‌افزار حروف‌چینی: نرم‌افزار Microsoft Word 2013

﴿ عنوان: کوتاه اما معرف محتوای مقاله است و از ۱۵ واژه تجاوز نمی‌کند.

﴿ نام نویسنده‌گان): به همان ترتیبی که در مقاله چاپ می‌شود، در یک فایل جداگانه به طور کامل آورده می‌شود. عنوانین دانشگاهی نویسنده‌گان) به ترتیب نویسنده: مرتبه علمی، گروه، دانشکده، دانشگاه، شهر، کشور نشان داده می‌شود. عنوانین غیر دانشگاهی نیز به ترتیب عنوان آخرین مدرک دانشگاهی، سمت، محل کار، شهر و کشور نشان داده شود. ثبت اسامی تمامی نویسنده‌گان به همراه پست الکترونیکی و اطلاعات تماس ایشان در سامانه الزامی است. با توجه به سیستم الکترونیک مجله برای پیشبرد وضعیت مقالات، مقاله مستقیماً برای داور ارسال می‌شود، لذا تاکید می‌شود که فایل‌های ارسالی به مجله فاقد نام نویسنده‌گان) باشد. در غیر این صورت تا اصلاح شدن فایل، ارسال مقاله برای داوران متوقف می‌شود.

﴿ نام مؤسسه: نام مؤسسه در بخش فارسی و انگلیسی منطبق بر نام مصوب و رایج مؤسسه است (نام رسمی مندرج در سربرگ رسمی مؤسسات، دانشگاه‌ها، سازمانها و ...).

﴿ چکیده فارسی: شامل مقدمه، مواد و روش‌ها (روش تحقیق، نتایج و بحث و نتیجه‌گیری است. حداقل تعداد کلمات در چکیده ۱۵۰ و حداقل ۲۵۰ کلمه باشد.

﴿ چکیده انگلیسی: باید دقیقاً معادل چکیده فارسی باشد.

﴿ واژه‌های کلیدی فارسی و انگلیسی: باید یکسان و شامل حداقل چهار و حداقل شش واژه مجزا باشد که موضوع

نویسنده‌گان محترم پس از آماده‌سازی مقاله مطابق راهنمای تدوین مقالات، از طریق ثبت نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب به آدرس jwwse.ir می‌توانند وارد صفحه شخصی خود شده و با تکمیل بخش‌های مربوطه، مقاله خود را ارسال نمایند.

توجه به نکات زیر در ارسال مقاله ضروری است:

- ارسال مقاله منحصراً از طریق ثبت نام در سامانه الکترونیک مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب انجام می‌شود.

- نویسنده‌ای که برای بار چندم اقدام به ارسال مقاله می‌نماید، حتماً باید از طریق صفحه شخصی قبلی خود نسبت به ارسال مقاله اقدام نموده و به هیچ عنوان دوباره در سامانه ثبت نام نکند.

- وارد کردن اسامی تمامی نویسنده‌گان در سامانه و در محل مربوط به مشخصات نویسنده‌گان مقاله، الزامی است.

- نویسنده‌گان در طی مراحل ارسال مقاله، در قسمت نامه به سردبیر، متعهد می‌شوند که مقاله صرفاً برای مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب تهیه شده و برای چاپ یا ارزیابی به مجله دیگری ارائه نشده است.

- نویسنده‌گان در قسمت ارسال فایل‌ها با ارسال یک فایل word که به امضای همه نویسنده‌گان رسیده است، حق چاپ مقاله را به مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب واگذار می‌نمایند. در غیر این صورت مقاله در روند داوری قرار نخواهد گرفت.

- فایل‌هایی که نویسنده در مرحله اولیه ارسال می‌کنند شامل فایل word مقاله بدون نام نویسنده‌گان، فایل Pdf بدون نام نویسنده‌گان، فایل مشخصات کامل نویسنده‌گان و فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری مربوطه است.

﴿ دستورالعمل نگارش و تنظیم مقالات

مجله علمی - ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب به زبان فارسی و با چکیده انگلیسی چاپ می‌شود. تعداد صفحات مقاله کامل و نیز مزوری حداقل ۱۲ صفحه و یادداشت فنی بین ۴ تا ۶ صفحه قابل چاپ است. لازم به ذکر است که مقاله ارسالی نباید همزمان در مجله دیگری چاپ شده یا تحت داوری باشد.

﴿ نویسنده مسئول مقاله به هنگام ثبت مقاله، فایل‌های زیر را برای دفتر مجله از طریق سامانه ارسال می‌نماید:

شکل‌ها و جدول‌ها در محل خودشان در متن مقاله جانمایی می‌شوند.

- در صورتی که در مقاله از عکس استفاده شده باشد، ارسال فایل اصلی آن الزامی است.

- در مورد نمودارهایی که با نرم‌افزارهای تخصصی تهیه شده‌اند، ارسال کاربرگ داده‌های رسم نمودار نیز ضروری است.

✳️ **معادلات:** معادلات به صورت خوانا با حروف و علائم مناسب با استفاده از Microsoft Equation تهیه می‌شوند. واحدها بر حسب واحد بین‌المللی (SI) و معادلات به ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند.

✳️ **مراجع:** نگارش مراجع در این مجله بر اساس شیوه مرجع‌نویسی هاروارد است. در متن مقاله به منظور اشاره به مرجع به صورت انگلیسی یا فارسی (نویسنده، سال) عمل می‌شود و در انتهای مقاله مرجع‌نویسی به صورت الفبایی است. ارجاع در داخل متن به بیش از یک مرجع در کنار هم، به این صورت است که مراجع با نقطه ویرگول (؛) از هم جدا می‌شوند. لازم به ذکر است که همه مراجع فارسی انگلیسی به ترتیب ارائه می‌شوند. فقط مراجعی که در متن مقاله به آن‌ها اشاره شده است، در بخش مراجع آورده می‌شوند. تاکید می‌شود که در بخش فهرست مراجع نام تمامی مجلات، انتشارات، موسسات، کنفرانس‌ها و غیره به صورت کامل درج می‌شود و از به کار بردن نام اختصاری آن‌ها (Abbreviation) خودداری می‌شود. در متن مقاله نام نویسندگان مراجع فارسی (به صورت فارسی) و مراجع انگلیسی (به صورت انگلیسی) نوشته می‌شود. در صورتی که نویسندگان تا دو نفر باشند، نام هر دو نویسنده و در صورتی که بیش از دو نفر باشند، از عبارت et al., (و همکاران) در متن مقاله استفاده می‌شود.

✳️ **مقاله غیر انگلیسی:**
تابش، م، بهمودیان، ص، و بیگی، س، (۱۳۹۳)، «پیش‌بینی بلندمدت تقاضای آب شرب (مطالعه موردی: شهر نیشابور)»، تحقیقات متابع آب ایران، ۱۰(۳)، ۲۵-۱۴.

عنبری، م، (۱۳۹۲)، «تحلیل ریسک سیستم‌های فاضلاب با استفاده از شبکه‌های بیزین»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

✳️ **مقاله انگلیسی:**
Pasha Zanousi, S., Ayati, B., and Ganjidous T.H.,

تحقیق، بیشتر پیرامون آنها است.

✳️ **متن مقاله:** متن کامل مقاله در دو فایل جداگانه شامل یک فایل Word با قلم نازک B Nazanin با اندازه ۱۲ برای زبان فارسی و قلم Times New Roman با اندازه ۱۰ برای زبان انگلیسی و با فاصله بین خطوط ۱/۵ سانتی‌متر به صورت تک ستونی و یک فایل با فرمت pdf ارائه می‌شود. فایل word مقاله، یک مقاله کامل و شامل تمامی اجزای ضروری است، با این تفاوت که محل ارائه تمامی شکل‌ها و جدول‌ها در انتهای فایل word است و فقط محل ارجاع آن‌ها در متن اصلی جانمایی می‌شود. در فایل pdf، مقاله به صورت کامل و با جانمایی درست شکل‌ها و جدول‌ها ارائه شود. همان‌طور که اشاره شد، در هر دو فایل word و pdf اسامی و مشخصات نویسندگان به طور کامل حذف می‌شوند.

متن مقاله شامل بخش‌های چکیده، مقدمه، موارد و روش‌ها (روش تحقیق)، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و مراجع و همچنین شکل‌ها و جدول‌ها است. در صورت لزوم، بخش قدردانی و بخش بی‌نوشت‌ها در انتهای مقاله و قبل از بخش مراجع نوشته می‌شود. بخش‌های مختلف متن و همه صفحات و همین‌طور تمام سطرها به ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند.

- معادل انگلیسی کلمات فارسی که نیاز به توضیح به زبان اصلی دارد، وقتی برای اولین بار در مقاله به کار می‌رond، به صورت پی‌نوشت در انتهای مقاله قبل از لیست مراجع درج می‌شوند. شماره پی‌نوشت‌ها در هر صفحه با گذاردن شماره فارسی در گوشه بالای آخرین حرف از کلمه، در متن مشخص می‌شود و به صورت مسلسل ادامه می‌یابد.

✳️ **جدول‌ها و شکل‌ها:** در صفحات جداگانه در انتهای فایل word مقاله با کیفیت مناسب چاپ ارائه می‌شوند. همه جدول‌ها و شکل‌ها شماره‌گذاری شده و عنوان جدول در بالای آن و عنوان شکل در زیر آن نوشته می‌شود. در عنوان جداول و نمودارها باید سه ویرگول «چه، کجا و کی» برای محتوای آن مشخص شود. مثلاً نوشته شود: نوسان‌های دبی آب خام در تصفیه خانه بابا شیخ علی شهر اصفهان در سال ۱۳۹۵ در ضمن اگر شکل یا جدولی از مرجع دیگری اخذ شده است، به مرجع مورد نظر در آخر عنوان جدول یا شکل اشاره می‌شود و مشخصات مأخذ در بخش مراجع درج می‌شود. همچنین ارسال فایل اصلی شکل‌ها در محیط نرم‌افزاری به همراه کاربرگ داده‌های نمودار نیز ضروری است. در فایل pdf مقاله، تمامی

(2010), “Investigation of tubifex worms potential in mass and volume reduction of sludge wastewater treatment plants in laboratory scale”, *Journal of Water and Wastewater*, 24(4), 59-65.

مقالات منتشر نشده:

Foladori, P., Tamburini, S., and Bruni, L., (2017), “Bacteria permeabilisation and disruption caused by sludge reduction technologies evaluated by flow cytometry”, *Journal of Water Research*, in press.

کتاب:

Briere, F.G., (2014), *Drinking-water distribution, sewage, and rainfall collection*, Presses Internationales Polytechnique, Paris.

بخشی از کتاب:

Meltzer, P.S., Kallioniemi, A., and Trent, J.M., (2002), “Chromosome alterations in human solid tumors”, in: B. Vogelstein & K.W. Kinzler (eds.), *The Genetic Basis of Human Cancer*, pp. 93-113, McGraw-Hill, New York.

موسسه به جای نویسنده:

WHO, (2011), *Nitrate and nitrite in drinking-water*-background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality, World Health Organization, Geneva.

مقالات کنفرانسی:

Murphy, L.J., Dandy, G.C., and Simpson, A.R., (1994), “Optimum design and operation of pumped water distribution systems”, *Proceedings of the International Conference on Hydraulics in Civil Engineering*, Institution of Engineers, Brisbane, Australia, pp. 149-155.

پایان نامه:

Hashemi, S.S., (2010), “Optimization of water networks by minimizing pumping energy”, MSc. Thesis, School of Civil Engineering, Collage of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

سایت اینترنتی:

Burka, L.P., (2003), “A hypertext history of multiuser dimensions”, Viewed 5 Dec 2015, <http://www.ccs.neu.edu/>



شرکت آب و فاضلاب استان تهران



ISSN 2588-3941

Journal of Water & Wastewater Science and Engineering

Volume 2, No. 3, Autumn 2017

Preface	1
<hr/>	
Technical Papers	
Studying the Performance of Different Approaches for PRVs Setting and Improving Reliability in Water Distribution Networks	4
Mohammad Amin Gheybi, Milad Latifi and Mohammad Taghi (Omid) Naeini	
Concept of DALYs Index and its Calculation in Estimating Disease Burden	14
Kaveh Alinejad and Majid Ghannadi	
Study on the Effective Process Parameters for Degradation of Herbicide Bentazone in Contaminated Water by Nano Metal Oxides of Titanium (IV) and Iron (III) Based on Natural Zeolite	21
Mehrdad Farhadian, Arash Saki and Nila Davari	
The Investigation of Using Biological and Chemical Oxidation Combination Effect on Wastewater Treatment	33
Reza Irani, Ali Baradar Khoshfetrat and Davood Kahforoushan	
Study of Biofilm Forming Bacteria in Urban Drinking Water and the Inhibitory Methods	41
Zahra Salehi Reyhani and Zahra Khoshnood	
A Survey of Physical, Chemical and Microbial Quality of Drinking Water in Ahvaz Compared to the Drinking Water Standards in Year 2016-2017	51
Ferdos Karimi, Naghmeh Orooji and Afshin Takdastan	
The effect of Interaction Between Qanat and Water Distribution in Naser-Khosro Street	61
Ahmad Maleki and Maliheh Konjani Hesari	
<hr/>	
General Section	
Interview	66
Idea Recall	74
Best Technology	75
Book Presentation	80
Best Thesis	81
News	82