

Potential Application of Reclaimed Water for Potable Reuse: Part III- The Path Forward and Implementation Challenges

M. Kayhanian¹, G. Tchobanoglous²

1. Prof., Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis, CA 95616 (Corresponding Author) mdkayhanian@ucdavis.edu
2. Prof., Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis, CA 95616 gtchobanglous@ucdavis.edu

(Received Apr. 11, 2018 Accepted June 7, 2018)

To cite this article :

Kayhanian, M. and Tchobanoglous, G., 2018, "Potential application of reclaimed water for potable reuse: part III- the path forward and implementation challenges ." Journal of Water and Wastewater, 29 (4),61-74. (In Persian)
Doi: 10.22093/wwj.2018.101905.982

Abstract

This paper (Part III) is the third in a series of three papers on potential application of water reuse for potable use. Introductory and background material on potable water reuse was presented in Part I. Technical and regulatory issues related to potable water reuse were presented in Part II. The principal focus of this paper (Part III) is on the issues that must be evaluated, beyond the technical and regulatory issues discussed in Part II, when considering potable water reuse. Topics addressed in this paper include: 1) the path forward for potable water reuse in Iran; 2) implementation challenges, including those associated with public outreach for potable reuse application in Iran; and 3) closing thoughts on the future of potable reuse in Iran. In the path forward, the case is made for employing a decentralized wastewater management strategy utilizing satellite wastewater reclamation facilities for water reuse, including potable reuse. The lack of operating experience with advanced water treatment facilities and potable reuse regulations are among the many challenges that must be overcome in the implementation of potable water reuse in Iran. To meet future water needs a sustainable water resources management program that includes potable reuse, as part of the water portfolio, must be developed for Iran.

Keywords: Potable Water Reuse, Path Forward, Central Wastewater Treatment, Decentralized (satellite) Wastewater Treatment, Implementation Challenges, Public Outreach.



پتانسیل استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی: بخش سوم - فرصت‌ها و چالش‌ها

مسعود کیهانیان^۱، جورج چوبانگلوس^۲

۱- استادا، بخش مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه کالیفرنیا، دیویس، کالیفرنیا، آمریکا
mdkayhanian@ucdavis.edu (نویسنده مسئول)

۲- استادا، بخش مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه کالیفرنیا، دیویس، کالیفرنیا، آمریکا
gtchobanglous@ucdavis.edu

(دریافت ۹۷/۱/۲۲ پذیرش ۹۷/۳/۱۷)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:

کیهانیان، م.، چوبانگلوس، ج.، ۱۳۹۷، "پتانسیل استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی: بخش سوم - فرصت‌ها و چالش‌ها"
مجله آب و فاضلاب، ۲۹ (۴)، ۶۱-۷۴. Doi: 10.22093/wwj.2018.101905.982

چکیده

این مقاله سومین بخش از سری مقالات در مورد استفاده مجدد از آب و پتانسیل کاربرد آن برای مصارف خانگی است. اطلاعات مقدماتی و زمینه‌ای در مورد ضرورت استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در مقاله اول و مسائل فنی و مقررات مربوط به سلامت عمومی در مقاله دوم ارائه شد. هدف اصلی این بخش از مقاله، تمرکز بر مسائلی ورای مباحث فنی و مقررات سلامتی بحث شده در بخش دوم و مربوط به نکاتی است که به هنگام استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی باید مورد توجه قرار گیرد. مباحثی که در این مقاله به آن‌ها پرداخته شده است شامل موارد زیر است: (۱) راه رو به جلو برای استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران، (۲) مقابله با چالش‌ها، از جمله چالش‌های مربوط به وسایل ارتباط جمعی برای ارتقای دانش مردم در ارتباط با استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، و (۳) نظرات پایانی در مورد آینده استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران. استراتژی مدیریت غیرمتمرکز فاضلاب به عنوان راه پیش‌رو برای استفاده مجدد در مصارف خانگی مورد بررسی قرار می‌گیرد که در آن از تأسیسات تصفیه غیر متمرکز در نقاط مختلف شهر تأسیس می‌شود و از آب بازیافتی برای استفاده مجدد در مصارف محلی خانگی و غیر خانگی استفاده می‌شود. کمبود تجربه بهره‌برداری از تأسیسات تصفیه پیشرفته آب و نبود مقررات استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، نمونه‌هایی از چالش‌های متعددی هستند که باید برای به کارگیری استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران مرتفع شوند. برای تأمین بخشی از کمبود آب در ایران، تدوین یک برنامه پایدار مدیریت منابع آب که شامل استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی نیز باشد، ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، تصفیه متمرکز فاضلاب، تصفیه غیر متمرکز (اقماری) فاضلاب، چالش‌های اجرایی، ارتباط عمومی

۱- مقدمه

آب برای مصارف خانگی، اهمیت کنترل آلاینده‌ها از مبدأ، ارتقای تصفیه‌خانه‌های ثانویه فاضلاب به منظور استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی و استفاده از حائل آبی طبیعی محیط زیستی به منظور استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، در مقاله دوم ارائه و بحث شدند. هدف از مقاله سوم و نهای به‌طور خاص عبارت است از: (۱) فرصت‌های به کارگیری پتانسیل استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران، (۲)، مقابله با چالش‌های مربوط به

مقاله حاضر آخرین قسمت از یک مقاله سه‌بخشی در مورد پتانسیل استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی است. در مقاله اول، مباحث چرایی استفاده مجدد برای مصارف خانگی در ایران، سیستم‌های استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی و استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در مقایسه با سایر روش‌های جایگزین تأمین آب، ارائه شدند. مسائل مربوط به سلامت عمومی، نمونه‌هایی از تصفیه زنجیره‌ای پیشرفته کاربردی در استفاده مجدد از



همان طور که در مقاله دوم بحث شد، ایران باید به توسعه تصفیه‌خانه‌های غیرمتمرکز احیای آب، به‌ویژه در بیشتر شهرهای بزرگ، توجه جدی داشته باشد. در حال حاضر، در شهرهای اصلی ایران، فاضلاب از طریق سیستم جمع‌آوری به یک تصفیه‌خانه مرکزی منتقل می‌شود که در انتهای پایین‌دست سیستم جمع‌آوری و در نزدیکی نقطه رهاسازی به محیط زیست فرار دارد. برای مثال، در تهران، بزرگ‌ترین تصفیه‌خانه در بخش جنوبی شهر قرار دارد. از آنجا که چیدمان سیستم‌های متمرکز جمع‌آوری فاضلاب معمولاً به نحوی است که فاضلاب را برای تصفیه به نقاط دور منتقل کنند، استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی و غیر خانگی در نواحی شهری معمولاً به دلیل هزینه‌های زیربنایی ذخیره و انتقال آب بازیافتی به نقاط دور از تصفیه‌خانه، محدود می‌شود؛ این موارد باعث می‌شوند تا استفاده مجدد غیر اقتصادی شود. یک راه جایگزین برای روش معمول انتقال آب بازیافتی از تصفیه‌خانه مرکزی به محل مورد استفاده در دور دست، ایجاد تأسیسات تصفیه فاضلاب غیرمتمرکز در نقاط بالادست برای استفاده مجدد در مصارف خانگی و غیر خانگی به همراه انتقال و فراوری جامدات در تأسیسات تصفیه فاضلاب مرکزی است.

سه نوع از تأسیسات تصفیه فاضلاب اقماری در شکل ۱ نشان داده شده است. نوع اول، تأسیسات تصفیه فاضلاب WWTF متعارف است که برای تصفیه فاضلاب تولید شده از یک یا چند منطقه مسکونی شهری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. فاضلاب تصفیه شده از این تصفیه‌خانه متعارف می‌تواند برای مصارف گوناگون غیر خانگی مورد استفاده قرار گیرد و همچنین آب تصفیه شده را می‌توان به یک تأسیسات تصفیه آب پیشرفته منتقل کرد تا آب مورد نیاز برای استفاده خانگی از طریق غیر مستقیم و مستقیم را تأمین نماید. در نوع دوم تأسیسات تصفیه فاضلاب اقماری، که به‌عنوان نوع استخراجی شناخته می‌شود، بخشی از جریان فاضلاب از شبکه فاضلاب اصلی استخراج می‌شود و بعد از تصفیه برای استفاده مجدد در منطقه محل تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نوع سوم تأسیسات تصفیه فاضلاب اقماری، که به‌عنوان نوع رهگیری شناخته می‌شود، فاضلاب تصفیه شده برای مصارف گوناگون در محل از قبیل استفاده برای توالت فلاشینگ، آب خنک کننده و آبیاری فضای سبز در مجتمع‌های ساختمانی، معمولاً ساختمان‌های بلند تجاری و مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران، و ۳) نظرات پایانی در مورد آینده استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران.

۲- فرصت‌های به‌کارگیری استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران

بدون تردید در صورت عدم رسیدگی به مشکل کمبود آب که ایران در حال حاضر با آن مواجه است، مسئله به‌صورت یک چالش بزرگ ملی تشدید خواهد شد. برای تسکین و کاهش مشکل فعلی کمبود آب، لازم است که یک برنامه جامع مدیریت پایدار منابع آب در کل کشور تدوین شود. به‌عنوان بخشی از این برنامه جامع و پایدار، زمینه‌های مختلف استفاده مجدد از آب، از جمله استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی به نحوی که پیش‌تر بحث شد (رجوع شود به مقالات اول و دوم)، در حل مشکل کمبود آب در ایران نقشی حیاتی ایفا می‌کنند. برای استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران و تبدیل آن به یک واقعیت، لازم است مسئولان مدیریت آب قدم‌های مهم و مؤثری بردارند. برخی از این قدم‌های مهم قبلاً در بخش دوم مقالات ذکر شدند. ملاحظات دیگری که می‌توانند در ارتباط با به‌کارگیری برنامه استفاده مجدد از آب در ایران سودمند واقع شوند، در این بخش بحث می‌شوند.

به‌منظور تسریع و تسهیل پیشبرد برنامه پتانسیل استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران، باید بررسی‌ها و پژوهش‌های جدی در مورد استراتژی مدیریت پایدار فاضلاب صورت گیرد که شامل استفاده از موارد مدیریتی غیرمتمرکز زیر باشد: (۱) به‌کارگیری تأسیسات تصفیه فاضلاب غیرمتمرکز برای استفاده مجدد از آب، (۲) ارتقای عملکرد تأسیسات تصفیه غیرمتمرکز فاضلاب برای استفاده مجدد از آب، (۳) افزودن تصفیه‌خانه‌های آب شرب در مجاورت یا در نزدیکی تأسیسات تصفیه فاضلاب، و (۴) استفاده همزمان از تأسیسات نمک‌زدایی در کنار تأسیسات تصفیه پیشرفته آب که برای آب بازیافتی استفاده می‌شود.

۲-۱- به‌کارگیری تأسیسات تصفیه فاضلاب غیرمتمرکز برای استفاده مجدد از آب

علاوه بر اصلاحات طراحی و تغییرات بهره‌برداری در تصفیه‌خانه‌های موجود و پیشنهادی جدید برای بهبود عملکرد آن‌ها،



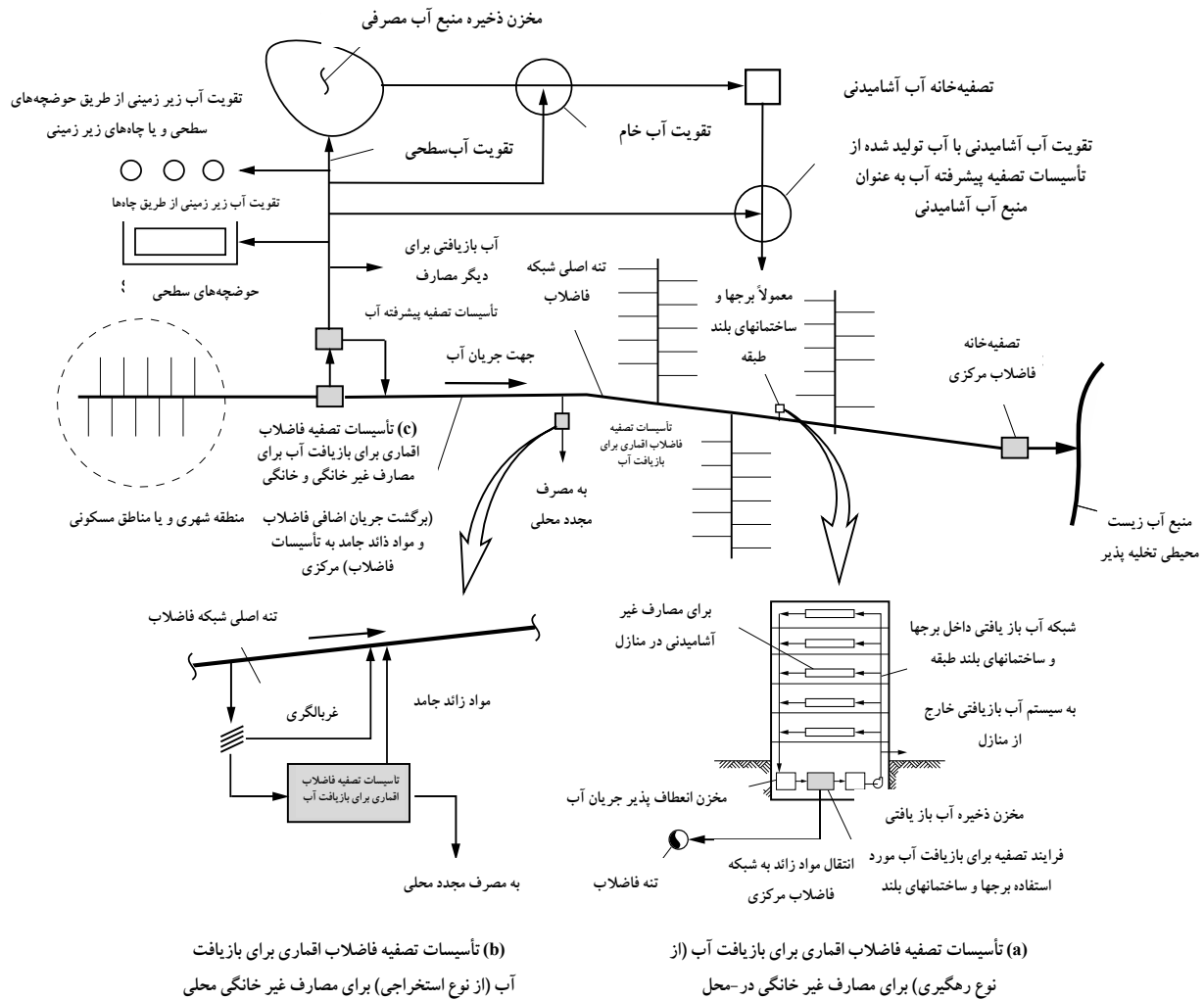


Fig. 1. Schematic view of an integrated decentralized wastewater management system employing satellite wastewater treatment facilities: (a) satellite WWTF for non-potable and potable reuse, (b) satellite (extraction type) WWTF for local non-potable reuse, and (c) satellite (interception type) WWTF for onsite non-potable reuses including toilet flushing, cooling water and landscape irrigation at building complexes (Adapted in part from Tchobanoglous et al., 2014).

شکل ۱- نمایی شماتیک از سیستم جامع غیر متمرکز مدیریت فاضلاب که از تأسیسات تصفیه فاضلاب اقماری استفاده می‌شود: (a) تأسیسات تصفیه فاضلاب اقماری برای مصارف غیر خانگی و خانگی، (b) تأسیسات تصفیه فاضلاب اقماری (نوع استخراجی) برای مصارف غیر خانگی، (c) تأسیسات تصفیه فاضلاب اقماری (نوع رهگیری) برای مصارف مجتمع‌های ساختمانی از جمله توالیت فلاشینگ، آب خنک‌کن، و آبیاری فضای سبز (برگرفته بخشی از Tchobanoglous et al., 2014)

پیش‌تر در بخش دوم مقالات بحث شدند، می‌توانند در طراحی و در عملیات آن‌ها به‌کار گرفته شوند. برای مثال، تأسیسات غیرمتمرکز بازیافت آب می‌توانند بدون تأسیسات فراوری لجن با نرخ جریان ثابت بهره‌برداری شوند. بدون اثر جریان‌های فاضلاب بازگشتی، بهره‌برداری از آن‌ها به مراتب ساده‌تر و پایش و کنترل آن‌ها

جریان بیش از حد فاضلاب و یا مواد زائد جامد حاصل از تصفیه به سیستم جمع‌آوری فاضلاب منتقل می‌شود. با استراتژی مدیریت غیرمتمرکز فاضلاب، فاضلاب تصفیه شده به‌طور کارآمد در محل تولید یا در نزدیکی محل تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. تمامی تغییرات عملکردی و اقدامات به‌روزرسانی که



برنامه جامع و پایدار جدید مرتبط به آن‌ها، در ادامه بیان شده‌اند.

۲-۲- استفاده از تأسیسات غیرمتمرکز بازیافت فاضلاب همراه با تأسیسات تصفیه پیشرفته آب

بعد از احداث تأسیسات غیرمتمرکز بازیافت فاضلاب، قدم بعدی پیدا کردن تأسیسات تصفیه پیشرفته در مجاورت یا در نزدیکی آن‌هاست. جانمایی همزمان بازیافت فاضلاب و تأسیسات تصفیه پیشرفته آب سابقه‌ای طولانی دارد. به‌عنوان مثال، می‌توان به جانمایی همزمان تأسیسات مدیریت فاضلاب در جنوب کالیفرنیا اشاره کرد که در آن تأسیسات تصفیه پیشرفته آب اورنج کانتی در کنار تأسیسات بازیافت فاضلاب اورنج کانتی واقع شده است. در شهر سن‌دیگو، تأسیسات جدید تصفیه پیشرفته آب در کنار تأسیسات بازیافت فاضلاب NCRP، که پیشتر توضیح داده شد، در آینده ساخته خواهد شد. به‌طور مشابه، تأسیسات تصفیه پیشرفته آب جدیدی نیز در مجاورت DCTWRP، که همچنین پیشتر شرح داده شد، احداث خواهد شد. تأسیسات مجاورتی مشابه آنچه در این بخش نام برده شد و نیز با همان مفهوم، می‌تواند در نواحی شهری ایران، مانند تهران، به کار گرفته شود. از آنجا که مخازن آب سطحی و تصفیه‌خانه مرکزی فاضلاب تهران به دور از هم واقع شده‌اند، جانمایی تأسیسات تصفیه پیشرفته آب در نزدیکی تصفیه‌خانه مرکزی فاضلاب و انتقال AWT^۵ به مخازن آب سطحی و یا استفاده آن در بالادست، از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه نخواهد بود. از این رو، با در نظر داشتن این محدودیت‌ها، عملی‌ترین گزینه برای تهران استفاده از تأسیسات توأمان تصفیه فاضلاب غیرمتمرکز و تصفیه پیشرفته آب و استفاده مجدد ATW تولید شده برای تقویت آب زیرزمینی از طریق تزریق مستقیم زیرزمینی است. با استفاده از چاه‌های تزریق، ATW تولید شده می‌تواند برای کمک به تقویت ذخیره سفره آب زیرزمینی که با استخراج بیش از حد، کاهش فراوان یافته است، مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۳- اضافه کردن تصفیه‌خانه‌های آب شرب در مجاورت یا در نزدیکی تأسیسات غیرمتمرکز بازیافت آب

در آینده نزدیک، به لطف تکنولوژی‌های جدیدتر و تجارب بیشتر،

آسان‌تر خواهد بود. چنانچه تأسیسات تصفیه غیرمتمرکز در مجاورت تأسیسات تصفیه پیشرفته آب قرار گرفته باشد، بهتر می‌توان از پساب این تأسیسات برای بازیافت و استفاده در کاربردهای استفاده مجدد از آب، از جمله استفاده مجدد برای مصارف خانگی استفاده کرد.

استفاده از تأسیسات بازیافت فاضلاب در بالادست، روشی است که در نقاط مختلف کالیفرنیا، شامل شهر لوس‌آنجلس، کانتی لوس‌آنجلس^۱، شهر سن‌دیگو، و دیگر نقاط ایالات متحده به خوبی پذیرفته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال، موقعیت مکانی تأسیسات تصفیه غیرمتمرکز بازیافت آب در مقایسه با تأسیسات تصفیه فاضلاب منطقه‌ای در شهر لوس‌آنجلس و کانتی لوس‌آنجلس در شکل ۲ نشان داده شده است. در مورد CSDLAC، آب بازیافت شده از تأسیسات تصفیه غیرمتمرکز با آب برداشت شده از رودخانه و رواناب‌های محلی مخلوط می‌شود. این نوع استفاده از آب مخلوط شده برای تقویت منابع آب زیرزمینی از سال ۱۹۶۲ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همچنین، پساب تولید شده از تأسیسات بازیافت آب دونالد سی تیلمن^۲ در شهر لوس‌آنجلس، که در سال ۱۹۸۵ آغاز به فعالیت کرد، برای مصارفی از قبیل آبیاری ۲/۶ هکتاری باغ ژاپنی^۳، پر کردن دریاچه‌ای ۱/۱۱ هکتاری در نزدیکی باغ، و تأمین جریان رودخانه لوس‌آنجلس مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سن‌دیگو، تأسیسات بازیافت فاضلاب شمالی شهر^۴، که تصفیه‌خانه‌ای غیرمتمرکز است برای ارتقای استفاده مجدد از آب محلی احداث شده است.

مثال‌های ارائه شده از تصفیه غیرمتمرکز اولاً عملی بودن آنها را نشان می‌دهد. ثانیاً می‌تواند راهگشایی برای برداشت قدم‌های اولیه در تدوین برنامه پایدار مدیریت فاضلاب در ایران باشد. به کارگیری تأسیسات غیرمتمرکز بازیافت آب در ایران مستلزم رویکردی جدید در ارتباط با مدیریت و استفاده مجدد از فاضلاب است.

چند روش یکپارچه‌سازی تأسیسات غیرمتمرکز تصفیه‌ای با

¹ County Sanitation District of Los Angeles County (CSDLAC)

² Donald C. Tillman Water Reclamation Plant (DCTWRP)

³ Japanese Garden

⁴ North City Reclamation Plant (NCRP)

⁵ Advanced Water Treatment (AWT)



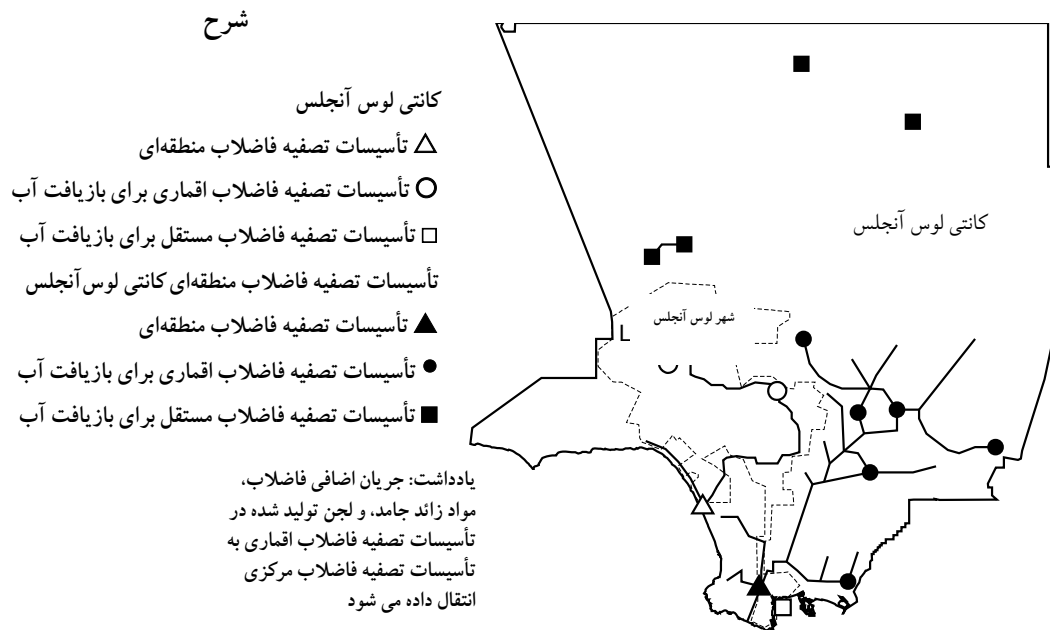


Fig. 2. Location of satellite reclamation and regional facilities in the City of Los Angeles and in the County Sanitation Districts of Los Angeles County

شکل ۲- موقعیت قرارگیری تأسیسات تصفیه فاضلاب اقماری بازیافت آب و تأسیسات فاضلاب منطقه‌ای در شهر لوس آنجلس و در کانتی لوس آنجلس.

تأسیسات تصفیه پیشرفته آب بازیافتی است. آب بازیافتی ATW امکان مخلوط شدن با آب نمک‌زدایی شده را دارد. تصفیه این جریان آب ترکیبی در یک تصفیه‌خانه از نوع غشایی، که استانداردهای تولید آب شرب را داشته باشد، به دلیل اضافه شدن یک مانع دیگر یعنی غشا، آسان‌تر است و از این طریق، تأمین ایمنی و سلامت عمومی بیشتر امکان‌پذیر است.

مزیت دیگر این طرح این است که امکان استفاده در محل از آب شرب تولید شده فراهم می‌شود و به این ترتیب نیازی به حائل آب طبیعی محیط زیستی مثلاً آب زیرزمینی یا آب سطحی و خطوط لوله طولانی برای انتقال آب مخلوط شده به این حائل‌ها وجود نخواهد داشت.

از منافع دیگر طرح آب تصفیه شده ترکیبی با تأسیسات نمک‌زدایی و تأسیسات تصفیه پیشرفته آب بازیافتی می‌توان تولید آب با کیفیت بالا برای مصارف صنعتی را نام برد. به‌عنوان مثال در ژاپن و همچنین در سنگاپور، آب با کیفیت بالای تولید شده از طریق تأسیسات تصفیه پیشرفته فاضلاب برای مصارف صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از آب تولید شده در این روش ترکیبی و با طرحی که در این بخش مطرح شد، باعث افزایش میزان

امکان بیشتری برای احداث تصفیه‌خانه پیشرفته آب در مجاورت یا در نزدیکی تأسیسات تصفیه غیرمتمرکز در بالادست به وجود خواهد آمد. در ارتباط با استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، به وجود آوردن کیفیت بالای ATW، در تأسیسات تصفیه پیشرفته‌آب بدون استفاده از اسمز معکوس نیز امکان‌پذیر خواهد بود. به دلیل کیفیت بالای ATW، هزینه عملیات تأسیسات تصفیه آب شرب با ترکیبی از آب خام و ATW در مقایسه با تصفیه فقط آب خام به مراتب کمتر خواهد بود. در آینده با کنترل مناسب، آب شرب تولید شده از طریق تأسیسات تصفیه آب مخلوط شده برای شرب می‌تواند مستقیماً به سیستم توزیع آب شهری اضافه شود. به‌علاوه، تصفیه‌خانه آب آشامیدنی در صورت نیاز برای تصفیه آب برداشت شده از سفره آب زیرزمینی که به‌وسیله آب بازیافتی تغذیه شده است نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۴- استفاده توأمان تأسیسات نمک‌زدایی آب و تأسیسات تصفیه پیشرفته آب

گزینه دیگری که ممکن است در ایران مد نظر قرار گیرد، استفاده توأمان تأسیسات نمک‌زدایی آب در مجاورت و یا نزدیکی



تأسیسات پیشرفته تصفیه برای طرح‌های موجود و آینده در بخش دوم مقالات ارائه شد. علاوه بر آن، شناسایی روش‌های ارائه شده در مقاله دوم می‌تواند در هنگام ارتقای طرح تأسیسات تصفیه فاضلاب غیرمتمرکز موجود و طرح‌های آتی در ایران، مد نظر قرار گیرد.

۳-۲- چالش‌های غیر فنی

علاوه بر چالش‌های فنی بالا، ایران باید بر چند چالش غیر فنی از جمله مسائل مربوط به درک و استقبال عمومی، مسائل فرهنگی و مذهبی، مقررات و نیازمندی‌های قانونی، فائق آید.

۳-۲-۱- چالش‌های مربوط به درک و استقبال عمومی

فهم و استقبال عمومی در مورد آب بازیافتی برای استفاده مجدد خانگی چه از طریق مستقیم و چه غیر مستقیم، از عوامل مهمی است که قبل از شروع پروژه استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران باید مرتفع شود. در دهه گذشته، دانش عمومی در مورد استفاده مجدد آب به ویژه در نواحی خشک از قبیل استرالیا و جنوب غربی ایالات متحده رشد فراوانی کرده است. یکی از دلایل پیشرفت دانش عمومی در این مناطق این بود که این جوامع استفاده مجدد از آب را بخش لاینفکی از مدیریت جامع آب می‌دانستند. ایران هم می‌تواند از تجارب جوامع مذکور استفاده کند و با آموزش عمومی، افزایش درک مردم و استقبال عمومی، در مورد استفاده از آب بازیافتی برای مصارف خانگی قدم مثبتی بردارد. پژوهش‌های مربوط به درک و استقبال عمومی در ارتباط با استفاده مجدد از آب از اواسط دهه ۱۹۹۰ در استرالیا (Russel and Lux, 2006) و از اواسط دهه ۲۰۰۰ در بقیه کشورها (Jeffery, 2002, Al-Kharouf et al., 2008, Marks et al., 2008, Ching, 2010, Domenech and Sauri 2010, Haddad et al., 2010, Nellor and Millan, 2010) صورت گرفته است. اطلاعات حاصل از این پژوهش‌ها ثابت کرده است که ارتقای درک عمومی، اهمیت حیاتی در توفیق پروژه‌های استفاده مجدد از آب دارد (Marks et al., 2008). اخیراً پژوهشی در شیراز برای ارزیابی درک جامعه در رابطه با استقبال عمومی از طیف گسترده‌ای از کاربردهای استفاده مجدد انجام شده است (Baghapour et al., 2017). مشخص شده که به‌طور متوسط، ۶۰ درصد ساکنانی که از آن‌ها پرسش به عمل آمده است، نسبت به استفاده مجدد از آب برای مصارف مختلف دید

آب در دسترس برای مصارف خانگی و سایر مصارف در ایران خواهد شد.

۳-۳- مقابله با چالش‌های به‌کارگیری استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران

برای حرکت رو به جلو و به‌کارگیری موفقیت‌آمیز استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران، مسئولان مدیریت آب باید توجه خاصی به فائق شدن بر چالش‌های فنی و غیرفنی داشته باشند.

۳-۱- چالش‌های فنی

به جز چند تصفیه‌خانه قدیمی‌تر در اصفهان و تهران، طراحی و ساخت اغلب تصفیه‌خانه‌ها و سیستم‌های جمع‌آوری متمرکز در ایران نسبتاً جدید است و اخیراً در سطح ملی پیاده‌سازی شده است. بر اساس بررسی‌های انجام شده در حال حاضر، هیچ تأسیساتی برای تصفیه پیشرفته آب به‌منظور استفاده مجدد برای مصارف خانگی در ایران طراحی نشده یا در حال بهره‌برداری نیست. به دلیل فقدان تجربه بلندمدت، ممکن است لازم باشد که ایران در ابتدا برای جنبه‌های فنی، احداث، بهره‌برداری و پایش پروژه‌های استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، از تجربیات و مشاوره با مشاوران با تجربه خارجی استفاده کند. البته، برای دسترسی به اهداف بلندمدت آینده مدیریت جامع منابع آب، از جمله استفاده مجدد برای مصارف خانگی، باید همچنین بر توسعه دانش و مهارت‌های فنی بومی متمرکز باشد.

به طور کلی، از نظر فنی، لازم است برای بهینه‌سازی عملکرد کلی و قابلیت اطمینان^۱ AWTF‌ها، طراحی سیستم‌های رایج تصفیه فاضلاب ثانویه ارتقا یابد و یا اصلاح شوند. خوشبختانه اغلب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب ثانویه‌ای که در ایران احداث شده‌اند نسبتاً جدید هستند؛ از این رو، به‌روزرسانی تأسیسات موجود تصفیه فاضلاب ثانویه و نیز بسیاری از تصفیه‌خانه‌هایی که در مرحله احداث و یا برنامه‌ریزی هستند، دشوار نخواهند بود و لذا افزودن ویژگی‌های تصفیه پیشرفته به آن‌ها برای تولید پسایی که برای استفاده مجدد از آب مناسب باشد، میسر است. بعضی از مسائل فنی در مورد ارتقای سیستم‌های زنجیره تصفیه ثانویه و بهره‌برداری از

^۱ Advance Water Treatment Facility (AWTF)



با مردم باید به شکل گفتگویی دیده شود که فاقد اصطلاحات فنی و کلمات انحصاری و مخفف‌ها باشد.

در پژوهش دوم مشخص شد که هنگام ارتباط با عموم، استفاده از واژگانی که فهم آن‌ها آسان باشد، غالباً پذیرش و استقبال عموم در رابطه با پروژه‌های استفاده مجدد از آب را افزایش می‌دهد. در این پژوهش واژگانی که اطمینان خاطر بیشتر برای توصیف آب بازیافت شده برای آب شرب از طریق تقویت منابع آب طبیعی سطحی را فراهم می‌کرد، همگی کیفیت بالای آب را توصیف می‌کردند و شباهتی به واژه‌هایی مثل استفاده مجدد، آب بازیافتی، و غیره نبود. از طرف دیگر، واژگانی که مشخص شد کمترین اطمینان بخشی را فراهم می‌کنند، واژگانی بودند که اغلب توسط مهندسين مشاور آب و فاضلاب استفاده می‌شوند (WRRF, 2012).

در پژوهش WRRF (2012). بیشتر شرکت کنندگان ترجیح می‌دادند به جای توصیف پیچیده نوع سیستم‌ها و فرایندهای تصفیه آب و یا نوع آلاینده‌های حذف شده کیفیت آب در مواردی که مورد استفاده آن‌ها است توصیف شود. همچنین مشاهده شد که بیشتر مردم کمتر در مورد آب شرب نگرانی داشتند ولی حساسیت بیشتری در مورد پایش و قابلیت اطمینان برای سلامت عموم و مزه آب آشامیدنی نشان دادند. علاوه بر این، این پژوهش‌ها نشان داد که استفاده از واژگان مثبت عموماً به پذیرش و استقبال زودتر استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی منجر می‌شوند. به علاوه نوع و بهره‌برداری از تأسیسات تصفیه پیشرفته آب که در این پژوهش‌ها توصیف شده بودند، بر نظر مثبت و نهایی مردم بی‌اثر نبودند.

۳-۲-۲- چالش‌های فرهنگی و مذهبی

در راهنماهای سازمان سلامت جهانی WHO علاوه بر مسائل فنی فاکتورهای فرهنگی و مذهبی نیز به رسمیت شناخته شده است. این مورد برای موفقیت استفاده مجدد آب برای مصارف خانگی و غیرخانگی حائز اهمیت است. WHO گزارش می‌دهد که مسائل اجتماعی در برخورد با زائادات انسانی تصفیه نشده از حد انزجار تا حد پذیرش متغیر می‌باشند (WHO, 2006a). مثلاً در آفریقا، قاره آمریکا و اروپا، به بهره‌برداری از زائادات انسانی با «کراهت» نگریسته می‌شود، این در حالی است که در آسیا مورد قبول واقع

مثبتی دارند. همچنین مشخص شده که ساکنان شیراز طرفدار استفاده از آب بازیافتی برای مصارفی هستند که با پوست انسان تماس اندکی دارند. این استفاده‌ها شامل مصارف شهری (۸۸ درصد)، شست و شوی اتومبیل (۸۶ درصد)، تهویه مطبوع (۷۰ درصد)، فلاش تانک دستشویی (۸۱ درصد)، نظافت منزل (۶۹ درصد) و آبیاری محصولات کشاورزی شامل محصولاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند (۵۶ درصد) و محصولاتی که به صورت پخته مصرف می‌شوند (۶۴ درصد)، می‌شد. تقریباً ۷۵ درصد از افرادی که به پرسش‌ها پاسخ دادند مخالف استفاده از آب بازیافتی برای شرب و آشپزی بودند. دلیل اصلی برای مخالفت آن‌ها مسائل بهداشتی بود. با در دست بودن تکنولوژی تصفیه آب پیشرفته (همانطور که در مقاله دوم بحث شد) و یک کارزار مناسب برای آموزش و ارتقای دانش عموم مردم، فائق آمدن بر مخالفت جامعه در ارتباط با به کارگیری استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، امکان‌پذیر خواهد شد؛ همان‌طور که این اقدام در تعداد زیادی از جوامع دیگر اجرا شده است (Fieldin et al., 2018).

دو پژوهش ارزشمند دیگر نیز در زمینه نقش وسایل ارتباط جمعی برای ارتقای دانش مردم و استقبال عمومی توسط بنیاد پژوهش استفاده مجدد آب^۱ در ایالات متحده انجام شده است. در پژوهش اول مشخص شد که گرچه برخی مخالفان سرسخت، احتمالاً از موضع خود کناره‌گیری نمی‌کنند، بخش اعظم افراد جامعه ممکن است بعد از این که اطلاعات واضح در اختیار آن‌ها گذاشته شود، نظر خود را به نفع استفاده مجدد از آب تغییر دهند (WRRF, 2011). در این پژوهش، به افراد مورد مطالعه، اطلاعاتی مربوط به استفاده مجدد از آب، از جمله اطلاعات فنی که درک آن‌ها آسان باشد و تصاویری که فرایند تصفیه آب را توضیح دهد، داده شد. به تبع این اطلاعات داده شده، بسیاری از افرادی که «کمی مخالفت داشتند» نظرشان را به «اصلاً مخالفت ندارم» تغییر دادند، اگر چه بسیاری از آن‌ها سوالات بیشتری داشتند. بیشتر افرادی که اعلام کرده بودند «به شدت مخالفت دارند»، موضع خود را حفظ کردند. یافته‌های اصلی این پژوهش نشان داد: (۱) اطلاعاتی که به مردم داده می‌شود باید به قدر کافی ساده باشد تا فهم آن آسان باشد و در عین حال به قدر کافی فنی باشد که جلب اطمینان کند، و (۲) ارتباط

¹ Water Reuse Research Foundation (WRRF)



«فاضلاب ناخالص می‌تواند به‌عنوان آب خالص و مشابه آب خالص اولیه در نظر گرفته شود، به شرطی که تصفیه آن با استفاده از روش‌های فنی پیشرفته قادر به حذف ناخالصی‌های آن از قبیل طعم، رنگ و مزه باشد و توسط متخصص با تجربه، صادق، و دانا تأیید شده باشد».

علاوه بر فتوای فوق، سؤال زیر در سال ۲۰۰۷ از بنیاد جهانی بررسی و مدیریت فتوا پرسیده شده بود و در وبسایت این بنیاد قید شده است: «از نقطه نظر اسلام، آیا استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری محصولات کشاورزی یا پارک‌ها جایز است؟» بخشی از پاسخ به این ترتیب است: «اگر تصفیه آب، مزه، رنگ و بوی آب ناپاک را به شرایط اولیه آن بازگرداند، در این صورت آب پاک بوده و از این رو مشکلی برای استفاده از آن به‌منظور آبیاری و دیگر استفاده‌های سودمند وجود ندارد» (INFAD, 2012). جواب این سؤالات هم مشابه با جوابی است که در بالا ذکر شد. نگارنده دسترسی به مرجع موثقی که فتوایی در ارتباط با استفاده مجدد آب برای مصارف خانگی در ایران باشد، سراغ ندارد.

یک نمونه از پروژه‌های استفاده مجدد آب که در جامعه اسلامی مورد مطالعه قرار گرفته است، پروژه‌ای است که از طرف آژانس توسعه بین‌المللی ایالات متحده^۱ برای استفاده مجدد از آب در صنعت، کشاورزی و فضا سازی^۲ در اردن مورد بررسی قرار گرفت. هدف پروژه RIAL تشویق موفقیت‌آمیز کشاورزان برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای تولید محصولات کشاورزی بوده است. این پروژه‌ها تا حد زیادی موفق‌آمیز بودند زیرا علاوه بر مسائل فنی و اقتصادی، توجه شایانی نیز به مسائل سازمانی و فرهنگی شده بود (U.S. AID 2008). پروژه‌های RIAL پیش‌تاز بنیاد استفاده کنندگان از آب^۳ (WUA) به‌منظور بهره‌برداری، نگهداری و مدیریت سیستم‌های آبیاری بر پایه فاضلاب، و معرفی استفاده شهری از فاضلاب برای اولین بار در اردن اجرا شد.

پروژه‌های RIAL نشان داده‌اند که آب بازیافتی می‌تواند به‌صورت ایمن در آبیاری کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. بدون شک پذیرش عمومی این پروژه‌ها با درک سودمندی‌های ناشی از آب بازیافتی و مورد قبول واقع شدن آن در فرهنگ اسلامی از

شده و با «فرهنگ مقتصدانه» چینی و ژاپنی مطابقت دارد. اما در جوامع اسلامی، گرچه تماس مستقیم با زائادات انسانی باعث انزجار تلقی می‌شود، استفاده از آن بعد از تصفیه به شرطی که تصفیه بتواند ناخالصی‌های آن را حذف کند، مورد قبول خواهد بود. در کشورهای اسلامی، برداشت می‌شود که فاضلاب می‌تواند برای آبیاری مورد استفاده قرار گیرد، البته به شرطی که ناخالصی‌های موجود در فاضلاب خام حذف شوند (WHO, 2006b).

برای بررسی نظر مذهب در ارتباط با استفاده از آب بازیافتی برای مصرف مجدد، چندین پژوهش صورت گرفته است. در یک پژوهش در سال ۲۰۱۴ نشان داده شد که پاسخ‌دهندگان مسلمان در لندن، کمترین پذیرش استفاده از آب بازیافتی برای مصارف خانگی را داشتند (Aitken et al., 2014).

یک پژوهش کیفی دیگر در آفریقای جنوبی با شرکت کنندگان مسلمان، بودایی، هندو و مسیحی نشان داد که مذهب نقش مهمی در پذیرش آب بازیافتی ایفا نمی‌کند (Wilson and Pfaff, 2008). در این پژوهش هیچ مستندی که نشان دهد پیروان دین اسلام صرفاً بر اساس اعتقادات مذهبی، بازیافت آب برای مصارف خانگی را رد می‌کنند، یافت نشد و هیچ اعتراضی از رهبران دیگر گروه‌های مذهبی نیز صورت نگرفت. در پژوهش انجام شده توسط بقاپور و همکاران در سال ۲۰۱۷ در شیراز، این نتیجه به‌دست آمد که فقط تعداد اندکی از مردم دلایل مذهبی را برای مخالفت با بازیافت آب اعلام کرده‌اند (Baghapour et al., 2017). این پژوهش‌ها با محتوای گزارشی که توسط انتشارات سازمان ملل متحد به چاپ رسید، تا حد زیادی مطابقت دارد که در آن همگی به این نتیجه رسیدند که بر خلاف تصور، استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در اسلام مجاز است (Faruqi et al., 2001).

ممکن است برای استفاده اطمینان‌بخش از آب بازیافتی و پذیرش بیشتر توسط عموم، به فتوا [حکم فقیه در مورد یک نظر بر اساس فقه اسلامی که توسط یک مرجع سرشناس در اسلام صادر شده باشد (About Islam, 2016)] نیاز باشد. البته دور از ذهن نیست که فقهای مختلف در مورد یک مسئله نظرات متفاوتی داشته باشند. سازمان بهداشت جهانی به یک مجمع سران فقهای اسلامی در عربستان سعودی در سال ۱۹۷۸ اشاره می‌کند که در آن در ارتباط با استفاده از فاضلاب در اسلام فتوایی صادر کردند که به‌صورت زیر بیان می‌شود (WHO, 2006b)

¹ United States Agency for Agriculture Development (USAID)

² Reuse for Industry, Agriculture, and Landscaping (RIAL)

³ Water User Association (WUA)



بیشینه‌کردن استفاده مجدد از فاضلاب، متوجه ضرورت غیرمتمرکزسازی سیستم‌های مدیریت فاضلابشان، شده‌اند. گران بودن پمپاژ فاضلاب تصفیه پیشرفته از طریق تأسیسات تصفیه مرکزی به نقاط دور دست و همچنین توجه به هزینه زیرساخت‌های لازم نیز به توجه و گرایش به توسعه سیستم‌های غیرمتمرکز مدیریت فاضلاب کمک شایانی کرده است. انتظار می‌رود که گرایش به تصفیه‌خانه‌های غیرمتمرکز در آینده با رشد کلان‌شهرها در ایران ادامه یابد.

از آنجایی که ایران در مسیر فرایند توسعه سیستم مدیریت فاضلاب کشور است، می‌تواند از این موقعیت استفاده کند و از تجاری‌سازی که در جنوب کالیفرنیا کسب شده و در قسمت قبلی این مقاله ذکر شد، بهره‌گیرد. هنگام برنامه‌ریزی برای مدیریت غیرمتمرکز فاضلاب، باید فضای کافی برای اضافه کردن AWWTF و در نهایت تصفیه‌خانه آب شرب فراهم باشد، البته تصفیه‌خانه آب شرب می‌تواند در نقطه دیگری نیز واقع شده باشد. آنچه مهم است این موضوع است که هنگام تدوین برنامه بلندمدت مدیریت پایدار منابع آب در سطح کشور، این مفاهیم به طور جدی مد نظر قرار گیرند.

۵- نتیجه‌گیری

مسائل مقدماتی و زمینه‌ای در مورد استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در بخش اول و مسائل فنی و مقررات مربوط به سلامت عمومی در بخش دوم ارائه شدند. راه پیشبرد استفاده مجدد از آب و مقابله با چالش‌های آن از جمله استفاده از وسایل ارتباط جمعی در ارتقای دانش مردم، در این مقاله (بخش سوم) مورد بحث قرار گرفت. برای حرکت رو به جلو در به‌کارگیری استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران، به‌عنوان یک بخش اساسی و کلی برنامه استفاده مجدد از آب، باید بر توسعه یک سیستم مدیریت پایدار منابع آب که شامل استفاده از تأسیسات غیرمتمرکز تصفیه فاضلاب باشد، تأکید ویژه‌ای صورت گیرد. استفاده از تأسیسات غیرمتمرکز تصفیه فاضلاب برای نواحی شهری در شهرهای بزرگ پتانسیل به‌کارگیری استفاده مجدد از آب برای رفع احتیاجات محلی را بهبود می‌بخشد. گرچه برطرف کردن چالش‌های فنی یک امر ضروری است، ولی در عین حال برطرف کردن برخی از چالش‌های غیرفنی برای به‌کارگیری موفقیت‌آمیز استفاده مجدد از

طریق صدور فتوایا و اجازه استفاده از آن در کشاورزی، گسترش یافته است. پروژه‌های RIAL چند منفعت پروژه‌های خوب مدیریت شده استفاده مجدد از آب را به شرح زیر نشان داده‌اند: (۱) بهبود در محیط زیست، به این دلیل که فاضلاب دیگر در چشمه‌ها و وادی‌ها رها نمی‌شود، (۲) افزایش درآمد کشاورزان، و (۳) بهبود در برآیند کیفیت زندگی (Jordan Geography and Environment, 2016).

۳-۲-۳- چالش‌های مربوط به تداخل سازمان‌ها و مقررات قانونی

از آنجا که تعداد زیادی از ادارات و سازمان‌های دولتی، در امور مدیریت و استفاده از آب در ایران مداخله دارند، اختلاف نظر و روش سازمان‌های مختلف چالش دیگری است که باید با آن برخورد جدی شود (Kayhanian and Tchobanoglous, 2016). مشکل تضاد در حوزه‌های اختیاری را می‌توان تا حدی از طریق به‌کارگیری یک برنامه جامع و پایدار مدیریت آب مرتفع نمود. علاوه بر این، تضاد در نقش‌ها و مسئولیت‌ها و تمامی مسائل کمی و کیفی مدیریت آب تحت اختیار سازمان‌های مختلف دولتی را می‌توان تحت نظر یکی از ادارات موجود یا یک اداره آب جدید و مستقل دیگر مدیریت کرد.

در حال حاضر، بر اساس آگاهی نگارندگان، هیچ کتابچه راهنمایی در سطح ملی برای آب بازیافتی به‌منظور استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران وجود ندارد. معیارهای کیفیت آب در سال ۲۰۱۰ برای تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد آن در آبیاری توسط وزارت نیرو و دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آبفا تدوین شدند. البته، معیارهای فعلی کیفیت آب باید با تأکید بیشتر بر حفاظت سلامت عموم در ارتباط با استفاده مجدد از آب برای هر دو کاربرد خانگی و غیرخانگی، به‌روزرسانی شوند.

۴- نظرات پایانی در مورد آینده استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران

زمانی که جوامع شهری بزرگ دنیا همچون تهران با مشکل کمبود آب مواجه می‌شوند، استفاده مجدد از آب برای کاربردهای گوناگون، از جمله استفاده مجدد برای مصارف خانگی، به‌گزینه‌ای جذاب و مقرون به‌صرفه تبدیل می‌شود. البته، بیشتر شهرهای بزرگ برای



۶- قدردانی

این مقاله، بخشی از سری مقالاتی با موضوع کاربرد بالقوه استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی در ایران است که برای اولین بار در مجله آب و فاضلاب چاپ می‌شود. نویسندگان از زحمات و همکاری آقای مهندس فرید خاتمی در تهیه این مقاله کمال تشکر را دارند. نویسندگان از هیئت تحریریه مجله آب و فاضلاب به‌ویژه آقای دکتر احمد ابریشم‌چی و آقای دکتر عباس افشار به پاس بررسی مقاله، راهنمایی و هدایت‌شان تشکر می‌کنند. از مدیر اجرایی مجله سرکار خانم اعظم موسوی و همکاران به پاس زحمات و کمک‌های بی‌دریغشان در مقدر ساختن چاپ این مقالات کمال تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

آب از جمله استفاده مجدد برای مصارف خانگی، نیز ضروری خواهد بود.

علاوه بر نیاز به برطرف کردن چالش‌های غیر فنی مرتبط با مقررات قانونی و سازمانی، برای کاربرد موفقیت‌آمیز استفاده مجدد از آب برای مصارف خانگی، توجه به چالش مهم دیگری که از طریق ارتقای دانش مردم با یک برنامه آموزشی و برنامه‌های ارتباط جمعی کارآمد است، بسیار حائز اهمیت است. امید می‌رود که مباحث ارائه‌شده در این سری مقالات برای مسئولان مدیریت آب در ایران مفید واقع شود، خاصه برای زمانی که برنامه‌ای پایدار برای استفاده مجدد از آب و به‌ویژه در زمینه پتانسیل کاربرد آب بازیافتی برای مصارف خانگی مد نظر باشد.

References

- About Islam. 2016. "What is Fatwa?" <<http://islam.about.com/od/law/g/fatwa.htm>> (Jan., 2018)
- Aitken, V., Bell, S., Hills, S. & Rees, L. 2014. Public acceptability of indirect potable water reuse in the south-east of England. *Water Science and Technology. Water Supply*, 14(5), 875-885.
- Al-Kharouf, S., Al-Khatib, I. & Shaheen, H. 2008. Appraisal of social and cultural factors affecting wastewater reuse in the West Bank. *International Journal of Environment and Pollution*, 33(1), 3-14.
- Baghapour, M.A., Shooshtarian, M.R & Djahed, B. 2017. A survey of attitudes and acceptance of wastewater reuse in Iran: Shiraz City as a case study. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 7(4), 511-519.
- Ching, L. 2010. Eliminating "yuck": A simple exposition of media and social change in water reuse policies. *International Journal of Water Resources Development*, 26(1), 111-124.
- Domenech, L. & Sauri, D. 2010. Socio-technical transitions in water scarcity contexts: Public acceptance of greywater reuse technologies in the metropolitan area of Barcelona. *Resources Conservation and Recycling*, 55(1), 53-62.
- Faruqui, N. I., Biswas, A. K. & Bino, M. J. 2001. *Water management in Islam*. Tokyo, Japan: United Nations University Press & Ottawa, Canada: International Development Research Centre.
- Fielding, K. S., Dolnicar, S. & Schultz, T. 2018. Public acceptance of recycled water. *International Journal of Water Resources Development*, DOI: 10.1080/07900627.2017.1419125.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H.D., Tsuchihashi, R. & Burton, F.L. 2014. *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery*, 5th Ed., Metcalf and Eddy I AECOM, McGraw-Hill Book Company, New York.
- INFAD. 2012. *Wastewater treatment*. World Fatwa Management and Research Institute. Islamic Science University of Malaysia, <<http://infad.usim.edu.my>> (Jan., 2018)
- Jeffrey, P. 2012. Public attitudes to in-house water recycling in England and Wales. *Water and Environmental Management Journal*, 16(3), 214-217.



- Jordan Geography and Environment. 2012. *Jordan's water crisis*. <<https://sites.google.com/site/jordanisat380e/>> (Jan., 2018)
- Kayhanian M. & Tchobanoglous, G. 2016. Water reuse in Iran with emphasis on potable reuse. *Scientia Iranica*, 23(4), 1594-1617.
- Marks, J., Martin, B. & Zadoroznyj, M. 2008. How Australians order acceptance of recycled water: National baseline data. *Journal of Sociology*, 44(1), 83-99.
- Nellor, M.H. & Millan, M. 2010. *Public and political acceptance of direct potable reuse*, Watereuse California, Sacramento, CA.
- Russell, S. & Lux, C. 2006. *Water recycling & the community. Public responses and consultation strategies: A literature review and discussion*, Report Oz-AQUAREC WP5, Wollongong, NSW, Australia: University of Wollongong.
- Haddad, B., Rozin, P., Slovic, P. & Nemeroff, C. 2010. *The psychology of water reclamation and reuse: survey findings and research roadmap*. Watereuse Research Foundation, Arlington, VA.
- WHO. 2006a. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, Volume II - wastewater use in agriculture*, 9241546832_eng.pdf.
- WHO. 2006b. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, Volume IV - excreta and greywater use in agriculture*, 9241546859_eng.pdf
- Wilson, Z. & Pfaff, B. 2008. Religious, philosophical and environmentalist perspectives on potable wastewater reuse in Durban, South Africa. *Desalination*, 228(1), 1-9.
- WRRF. 2011. *Talking about water: Vocabulary and images that support informed decisions about water recycling and desalination*, Watereuse Research Foundation, Alexandria, VA.
- WRRF. 2012. *The effect of prior knowledge of 'unplanned' potable reuse on the acceptance of 'planned' potable reuse*, Watereuse Research Foundation, Alexandria, VA.



Appendix

پیوست

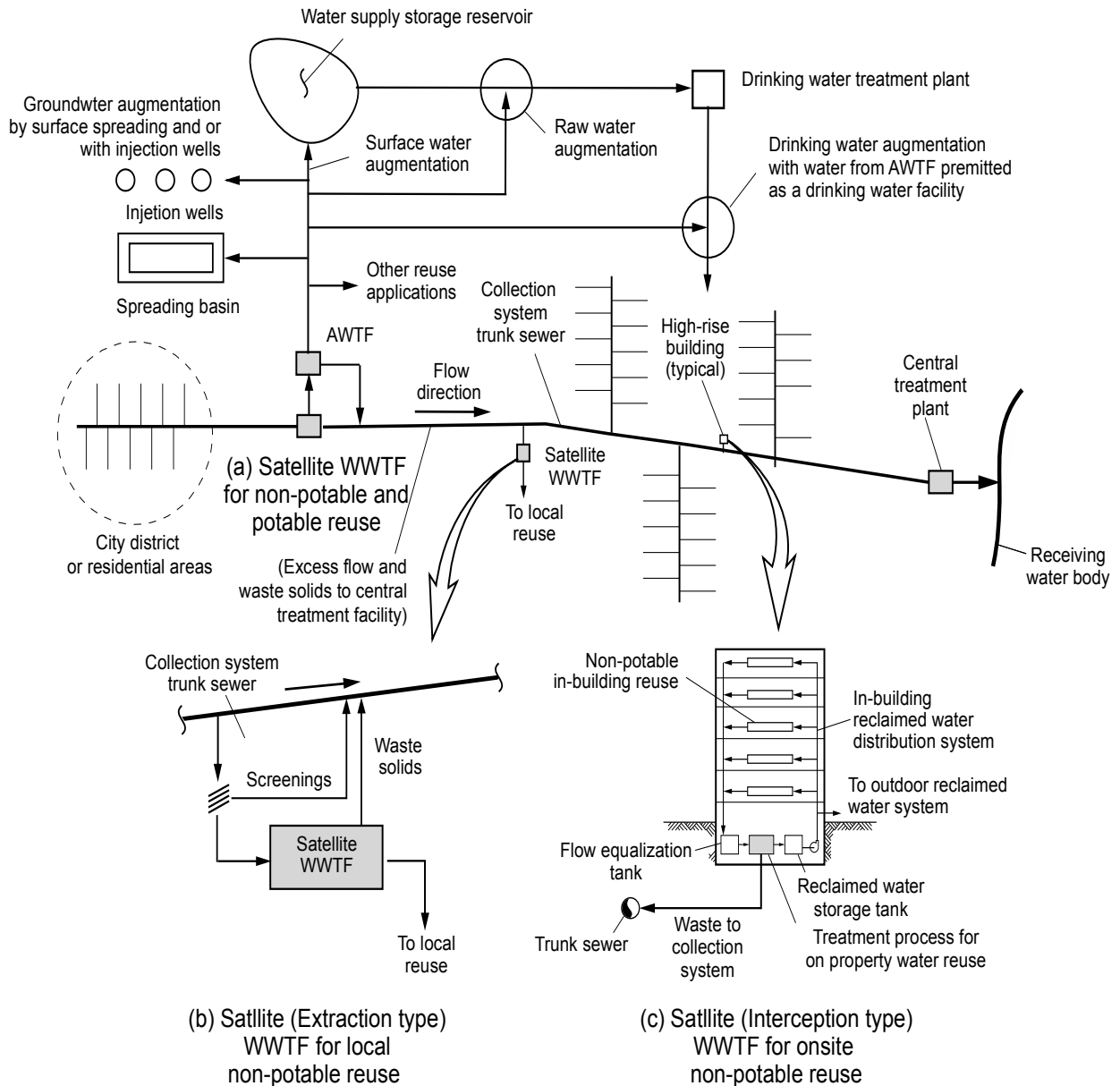


Fig. 1. Schematic view of an integrated decentralized wastewater management system employing satellite wastewater treatment facilities: (a) satellite WWTF for non-potable and potable reuse, (b) satellite (extraction type) WWTF for local non-potable reuse, and (c) satellite (interception type) WWTF for onsite non-potable reuses including toilet flushing, cooling water and landscape irrigation at building complexes (Adapted from Tchobanoglous et al., 2014).



Legend

City of Los Angeles

△ Regional WWTF

○ Satellite reclamation facility

□ Stand-alone reclamation facility

County Sanitation Districts
of Los Angeles County

▲ Regional WWTF

● Satellite reclamation facility

■ Stand-alone reclamation facility

Note: Excess wastewater flow,
solids, and waste sludge from
satellite reclamation facilities
treated at the regional WWTFs

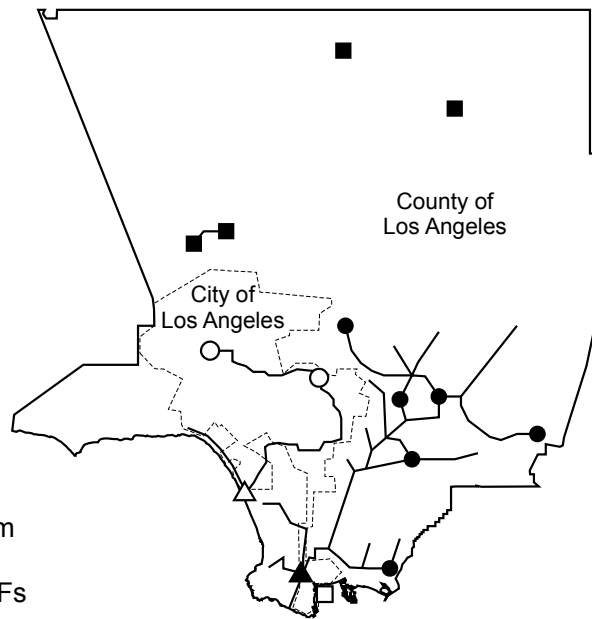


Figure 2. Location of satellite reclamation and regional facilities in the City of Los Angeles and in the County Sanitation Districts of Los Angeles County

