تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال دوازدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵
Volume 12, No. 4, Winter 2017 (IR-WRR)
۳۶-۴۹

بررسی فرصت‌ها و موانع بازیافت پساب در مصارف شهری، مطالعه موردی کلانشهر تهران

مسعود رضائی[۱] و محمدحسین صراف‌زاده[۲]*

چکیده

آب یکی از منابع طبیعی مهم در جهان می‌باشد، اما در حال حاضر به علت تغییرات اقلیم، رشد جمعیت و آلودگی‌ها با تهدیدات مختلفی روبه‌رو است. یکی از راهکارهای مناسب جهت غلبه بر چالش‌های موجود توجه به منابع آبی جایگزین مانند آب دریاها، آب‌های لب‌شور و پساب‌ها است. البته باید توجه نمود که نیاز آبی تنها عامل تعیین‌کننده جهت تخصیص پساب‌های بازیافتی نیست. جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و فنی نیز می‌بایست در نظر گرفته شوند. در این مطالعه امکان بازیافت پساب در شهر تهران موردبررسی قرار گرفت و سپس چالش‌ها و فرصت‌های موجود مرور گردید. مصرف سالانه آب شهری در تهران ۱۳۰۰ میلیون مترمکعب برآورد می‌گردد که در حال حاضر حدود ۸۰۰ میلیون مترمکعب آن از طریق مخازن سدهای اطراف شهر و مابقی از طریق چاه‌های مجاز و غیرمجاز در آبخوان دشت تهران تأمین می‌گردد. در افق ۱۴۱۰، مجموع پساب تصفیه خانه‌های شهر تهران ۸۵۲/۵۵ میلیون مترمکعب در سال پیش‌بینی می‌شود؛ لذا می‌بایست برای مصرف این حجم آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت، فضای سبز، تغذیه آبخوان و غیره تدبیری اندیشیده شود. جهت رفع موانع و اثرات بازیافت پساب، استفاده از فنّاوری‌های مناسب، حرکت به سمت سیستم‌های تصفیه غیرمتمرکز پساب و افزایش پذیرش اجتماعی ضروری خواهد بود.

کلمات کلیدی: بازچرخانی، فاضلاب، تهران، محیط‌زیست، منابع آب، آب خاکستری.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۷/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۹/۳۰

۱- کرسی یونسکو در بازیافت آب، دانشجوی دکترای مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران
۲- رئیس کرسی یونسکو در بازیافت آب، دانشیار دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تهران
*- نویسنده مسئول

Challenges and Opportunities for Wastewater Reuse in Municipal Consumptions: a Case Study in Tehran Metropolis

*M. Rezaee [1] and M.H. Sarrafzadeh[2]**

Abstract

Water as one of the world's most important natural resources, is facing several threats. These are due to some of the serious environmental issues such as climate change, population growth and pollutions. One of the most promising solution to overcome these challenges is alternative water resources such as the sea water, wastewater, and brackish water and similar sources. In allocating the treated wastewater, it should be noted that water demand is not the sole determining parameter. Various economic, social, technical and cultural aspects should also be considered. This study investigated the possibility of wastewater recycling in Greater Tehran and reviewed the existing challenges and opportunities in this regard. Tehran's annual water consumption is estimated around 1300 million cubic meters, from which 800 million cubic meters is provided by dam reservoirs in the vicinity of the city and the rest is supplied through legal and illegal wells drilled into Tehran aquifer. In the 2030 Country Vision it is predicted that in Tehran a total amount of 850 million cubic meters of treated wastewater would be available. Therefore planning for allocation of this amount of water in agriculture, industry, landscape and aquifer recharge is essential. It is necessary to overcome the obstacles and the negative effects of wastewater reuse, to apply appropriate technologies, to move toward the decentralized wastewater treatment systems, and to enhance the social acceptance.

Keywords: Recycling, Wastewater, Tehran, Water resources, Greywater.

Received: October 4, 2016
Accepted: December 20, 2016

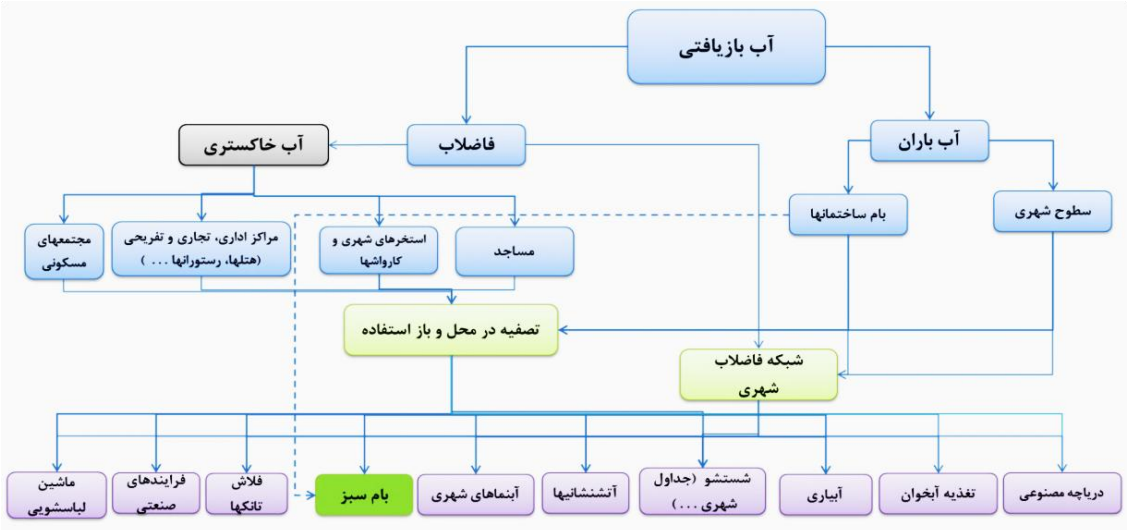
1- PhD Student, UNESCO Chair on Water Reuse, University of Tehran, Iran
2- UNESCO Chair on Water Reuse and Associate Professor, School of Chemical Engineering, University of Tehran, Iran. Email: sarrafzdh@ut.ac.ir
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

در حال حاضر اغلب کشورهای جهان با چالش محدودیت منابع آب به دلیل خشکسالیها، آلودگیها و افزایش تقاضا مواجه هستند. در سال‌های اخیر ضعف روش‌های سنتی مدیریت منابع آب که صرفاً بر منابع مجزا تمرکز می‌کردند واضح گردیده است. لذا رویکردهای مدیریتی سازگارتر نظیر مدیریت یکپارچه منابع آب به‌عنوان راهکاری جهت ارتقای مدیریت منابع آب کاربرد یافته است. این رویکرد نتیجه نگاه وسیع‌تر به گزینه‌های در دسترس مدیریت منابع آب مانند آبهای دریاها، آبهای لب شور زیرزمینی، آبهای فسیلی و فاضلابهای تولیدی است (USEPA, 2012; Uoo, et al. 2007). بازیافت و بازچرخانی پساب به‌عنوان یکی از منابع مطمئن و باکیفیت آب نامتعارف جهت جوابگویی به دغدغه‌های اخیر آبی مطرح گردیده است. یکی از مهمترین مزایای بازیافت پساب در جهان، سهم غیرقابل انکار آن جهت افزایش پایداری مدیریت منابع آب طی دهه‌های آتی خواهد بود. در مقابل باید توجه نمود که این مفهوم جهت گسترش و کاربردی شدن نیازمند همگرایی در عرصه‌های مختلف حکمرانی، قانون‌گذاری، سلامت، فرهنگ و اقتصاد می‌باشد (Miller, 2006)؛ مسائلی که در حال حاضر در کشور ایران و برخی از کشورهای جهان چالش بزرگی را بر سر توسعه بازیافت پساب ایجـــاد نموده است (Van Rensburg, 2016).

کشور ایران مانند بسیاری از کشورهای منطقه خاورمیانه با بحران آب روبه‌رو است. هرچند دولتمردان ایجاد وضع موجود را به تغییر اقلیم، خشک‌سالی‌ها و وجود تحریم‌ها نسبت می‌دهند، لکن به نظر می‌رسد وضعیت فعلی ناشی از نگاه غیر یکپارچه به مدیریت منابع آب می‌باشد (Madani, 2014). تاکنون حجم قابل‌توجهی از منابع آبی کشور به دلیل کیفیت پایین، مورداستفاده قرار نگرفته و یا در استفاده از آن‌ها ضوابط و معیارهای زیست‌محیطی لحاظ نگردیده است. در این راستا با توجه به حجم قابل‌توجه پساب‌های شهری، صنعتی و آب‌های برگشتی، برنامه‌ریزی جهت باز استفاده از این منابع با لحاظ کردن جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی به‌عنوان راهکاری مناسب جهت جبران بخشی از این کمبودها و همچنین کاهش آلودگی‌ها مورد توجه می‌باشد (Ardakanian, 2014). جوامع شهری و روستایی کانون اصلی مصارف آب برای مقاصد شرب، زراعی، صنعت و تولید فاضلاب انسانی می‌باشند. شکل ۱ منابع آب بازیافتی مختلف و مصارف متعدد آن در شهرها را نشان داده است.

کلانشهر تهران با داشتن ویژگی‌ها و پتانسیل‌های فراوان، طی دهه‌های اخیر شاهد رشد چشمگیر جمعیتی بوده است، که این رشد افزایش شدید مصرف آب را موجب شده است. در حال حاضر آب مصرفی شهر تهران از سدهای اطراف تهران (لار، لتیان، کرج، طالقان و ماملو) و همچنین آبخوان دشت تهران تأمین می‌گردد. برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در شهر تهران موجب فرو نشست‌های متعددی گردیده است، به‌گونه‌ای که دشت تهران سالانه ۳۳۰ میلی‌متر نشست را تجربه می‌کند (Mahmoudpour et al. 2016) در این راستا توجه به منابع جایگزین برای شهر تهران به‌خصوص در فصول گرم سال که مصارف شهری اعم از شرب و غیر شرب افزایش می‌یابد اهمیت می‌یابد.



شکل ۱- منابع آب بازیافتی جهت مصارف شهری

مطالعه حاضر سعی نموده است با استفاده از مطالعات پیشین صورت گرفته در ابتدا منابع و مصارف آبی شهر تهران، چگونگی مدیریت فاضلاب و نیاز آبی سالانه فضای سبز شهری را بررسی نموده، سپس نگاهی جدید به پتانسیل بازیافت نیمه‌متمرکز فاضلاب در سطح شهر تهران با تأکید بر آبهای خاکستری تولیدی داشته است و در پایان موانع پیش روی شهرهای بزرگ مانند تهران را جهت گسترش طرحهای بازیافت آب مورد ارزیابی قرار داده است.

۲- وضعیت آبی شهر تهران

۲-۱- منابع و مصارف آب در شهر تهران

۱- سدها: سدهای تأمین‌کننده آب شهر تهران در شرق سدهای لار و لتیان و در غرب سدهای کرج و طالقان است و اخیراً نیز سد ماملو جهت تأمین نیاز آب شهری در جنوب شرقی به سیستم تأمین آب اضافه گردیده است. میزان تأمین آب توسط مخازن سدها حدود ۷۸۰ میلیون مترمکعب در سال و بقیه توسط آبخوان تأمین می‌گردد (Salavitabar et al. 2014).

۲- آبخوان دشت تهران: آبخوان اصلی دشت تهران از شمال توسط دامنه جنوبی تپه‌های عباس‌آباد و در امتداد شرقی –غربی از تپه‌های لویزان تا رودخانه‌ی کن و از جنوب، به شمال غربی دشت ورامین و دامنه‌ی شمالی ارتفاعات کهریزک و از شرق به ارتفاعات شرقی و رودخانه‌ی سرخه‌حصار و کوه‌های بی‌بی شهربانو محدود می‌گردد. مساحت این دشت بالغ بر ۵۰۰ کیلومترمربع است که منابع آب زیرزمینی آن توسط بیش از ۵۰۰ حلقه چاه متعلق به شرکت آب و فاضلاب در مناطق ۲۲ گانه تهران و البته تعداد نامشخصی چاه‌های فاقد مجوز برداشت می‌شود (Salavitabar et al. 2014).

مصرف آب شهری تهران در سال ۱۳۹۳ برای جمعیت تحت پوشش ۱۲ میلیون نفر برابر ۱۲۷۰ میلیون مترمکعب بوده است. درواقع شاخص سرانه مصرف آب در این شهر ۲۹۰ لیتر در روز برای هر نفر می‌باشد که با توجه به وضعیت منابع آب کشور، اتخاذ تدابیری جهت مدیریت مصرف و کاهش سرانه مصرف آب این شهر بسیار ضروری است.

۲-۲- بررسی مدیریت فاضلاب در شهر تهران

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده در افق ۱۴۱۰، ۱۵ تصفیه‌خانه فاضلاب شهری برنامه‌ریزی‌شده که شامل تصفیه‌خانه‌های طرح جامع فاضلاب شهر تهران (۷ عدد) که با تبدیل تصفیه‌خانه شمال غربی به چهار تصفیه‌خانه در منطقه ۲۲ تعداد آن‌ها به ۱۰ عدد افزایش می‌یابد و تصفیه‌خانه‌های محلی تهران تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب ۵ عدد است. در جدول ۱ مشخصات کاملی از تصفیه‌خانه‌های شهری و میزان تولید پساب در افق ۱۴۱۰ ارائه گردیده است. پیش‌بینی مجموع پساب تصفیه‌خانه‌های شهر تهران (شامل تصفیه‌خانه‌های طرح جامع فاضلاب شهر تهران و تصفیه‌خانه‌های محلی شهر تهران تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب) ۸۵۲/۵۵ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد؛ که می‌بایست برای مصرف این حجم آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت، فضای سبز، تغذیه آبخوان و... تدبیری اندیشیده شود (Mashhadipour et al. 2014).

۲-۳- بررسی نیاز آبی جهت آبیاری فضای سبز شهر تهران

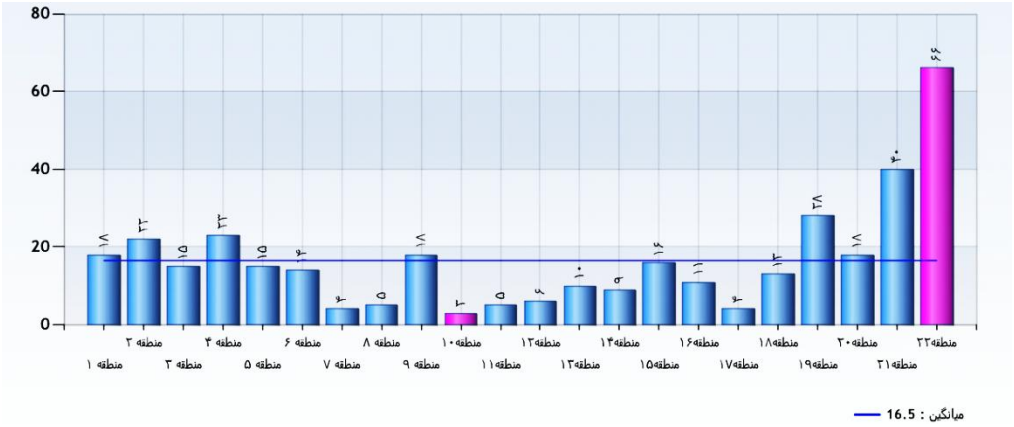
سرانه فضای سبز در شهر تهران ۱۶/۵ مترمربع برای هر نفر می‌باشد. شکل ۲ سرانه فضای سبز شهروندان تهرانی به تفکیک مناطق ۲۲ گانه شهر تهران در سال ۱۳۹۳ را نمایش می‌دهد، بر اساس شکل ۲ منطقه ۲۲ با ۶۶ مترمربع برای هر نفر بیشترین و منطقه ۱۰ با ۳ مترمربع برای هر نفر کمترین سرانه فضای سبز شهری را داراست. به‌طور متوسط آبیاری برای درختان فضای سبز و چمن در تیرماه (ماه پیک مصرف) به ترتیب ۰/۶ و ۱ لیتر بر ثانیه در هکتار برآورد شده است. حجم آبیاری تلفیقی فضای سبز متشکل از ۸۵ درصد درخت و ۱۵ درصد چمن در ماه پیک مصرف ۰/۶۶ لیتر بر ثانیه بر هکتار برآورد می‌شود. از طرفی نیاز آبی فضای سبز در ماه‌های آذر، دی و بهمن بسیار ناچیز است و در بسیاری از نقاط عملاً آبیاری انجام نمی‌شود، لذا در طول سال به‌طور میانگین حجم آبیاری فضای سبز ۰/۲۸ لیتر بر ثانیه بر هکتار و حجم آبیاری جنگل‌کاری ۰/۱۱ لیتر بر ثانیه بر هکتار فرض گردیده است. سطح فضای سبز شهر تهران برحسب هکتار و نیاز آبی سالانه کل در جدول ۲ مساحت فضای سبز و نیاز آبی سالیانه به تفکیک مناطق ۲۲گانه شهری نمایش داده شده است. جمع کل فضای سبز شهری و جنگل‌کاری‌های مناطق برابر با ۴۱۹۲۵/۸ هکتار است، لذا کل نیاز آبی سالانه فضای سبز شهر تهران ۱۸۵ میلیون مترمکعب برآورد می‌گردد.

۳- تصفیه و بازیافت نیمه‌متمرکز پساب

روش‌هایی که می‌توان برای جمع‌آوری و دفع فاضلاب مورد استفاده قرار دارد عمدتاً شامل دو روش کلی جمع‌آوری و تصفیه متمرکز و غیرمتمرکز می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات تصفیه‌خانه‌های واقع در محدوده شهر تهران (Mashhadipour et al. 2014)

ردیف	نام تصفیه-خانه	جمعیت در سال ۱۴۱۰ (میلیون نفر)	متوسط پساب سالانه در افق طرح (میلیون مترمکعب)	نوع فرایند تصفیه
تصفیه‌خانه‌های طرح جامع فاضلاب شهر تهران				
۱	جنوبی	۴/۴۸	۳۰۶/۸	تصفیه ثانویه با حذف مواد مغذی
۲	غربی	۳/۴۳	۲۷۳	تصفیه ثانویه با حذف مواد مغذی
۳	جنوب غربی	۰/۶۸	۳۸/۴	تصفیه ثانویه با حذف مواد مغذی
۴	مرکزی	۱/۱	۷۷/۷	تصفیه ثانویه با حذف مواد مغذی
۵	خرگوش‌دره	۰/۲۵۶	۱۶/۶	تصفیه ثانویه
۶	دستواره	۰/۲۵۶	۱۶/۶	تصفیه ثانویه
۷	غرب دریاچه	۰/۱۳۹	۹	تصفیه ثانویه با حذف مواد مغذی
۸	وردآورد	۰/۰۵۹	۳/۸	تصفیه ثانویه
۹	شرقی	۰/۶۹	۵۶/۷	تصفیه ثانویه با حذف مواد مغذی
۱۰	شهرک غرب	۰/۵۴	۴۳/۷	تصفیه ثانویه با حذف مواد مغذی
تصفیه‌خانه‌های محلی موجود در شهر تهران تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب				
۱۱	دستواره	۰/۰۸۵	۵/۲	تصفیه ثانویه با حذف مواد مغذی
۱۲	غرب دریاچه	۰/۰۴۲	۲	تصفیه اولیه پیشرفته
۱۳	وردآورد	۰/۰۰۷	۰/۱۵	تصفیه ثانویه
۱۴	شرقی	۰/۰۳	۱/۸	تصفیه ثانویه
۱۵	شهرک غرب	۰/۰۲	۱/۱	تصفیه اولیه پیشرفته



شکل ۲- سرانه فضای سبز شهروندان تهرانی به تفکیک مناطق ۲۲ گانه شهر تهران در سال ۹۳ (مساحت به مترمربع) (statistics.tehran.ir)

سیستم‌های متمرکز دارای یک شبکه به‌هم‌پیوسته در کل اجتماع می‌باشد که نهایتاً توسط یک یا چند خط انتقال به سمت یک تصفیه‌خانه هدایت می‌شود و پس از تصفیه، کل پساب به استفاده خاص می‌رسد. تصفیه متمرکز دارای محاسنی نظیر: کاهش هزینه‌های اجرایی، کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و استفاده از نیروهای متخصص کمتر می‌باشد. این در حالی است که طولانی شدن زمان اجرای کل سیستم ، عدم اجرای تمام سیستم به علت عدم تخصیص اعتبارات مالی، عدم رضایت مردم از طولانی شدن طرح‌ها و همچنین از عدم بهره‌برداری از تأسیسات اجراشده، مشارکت نکردن مردم به علت عدم رضایت از طرح‌های در دست

اجرا و افزایش ریسک مخاطرات بهداشتی و زیست‌محیطی به علت وقوع حوادث غیرمترقبه ازجمله محدودیت‌های سیستم‌های تصفیه متمرکز می‌باشد (Libralato et al. 2012; Oakley et al. 2010). در مقابل سیستم‌های غیرمتمرکز دارای یک شبکه ناپیوسته و محلی است. مزیت عمده آن‌ها کنترل بهتر و مؤثرتر بر عملکرد به دلیل ظرفیت پایین و حجم پایین‌تر ورودی است؛ از طرف دیگر در یک منطقه مشخص واقع‌شده و درنتیجه مدیریت سیستم، هم می‌تواند بر شبکه نظارت داشته باشد و هم بـــر فرآیند تصفیه ولی در تصفیه‌خانه‌های متمرکز کنترل فرآیند بسیار مشکل است. در مجموع بازیافت غیرمتمرکز فاضلاب نسبت به جمع‌آوری و تصفیه‌ی یک‌جای فاضلاب (انواع فاضلاب) دارای مزایایی نظیر: کاهش ریسک مخاطرات بهداشتی و زیست‌محیطی به علت حوادث غیرمترقبه، عدم نیاز به کارکنان با تخصص بالا، پایین بودن هزینه سرمایه‌گذاری اولیه به لحاظ کوچک بودن طرح‌ها و مشارکت بیشتر مردم به علت بهره‌برداری سریع طرح می‌باشد. در مقابل این نوع سیستم‌های تصفیه نیازمند پرسنل بیشتر می‌باشند و از طرف دیگر در محیط‌های شهری به دلیل فرایندهایی مانند حمل و دفن لجن ممکن است کانون آلودگی در منطقه گردند (Braadbaart, 2006).

جدول ۲- مساحت فضای سبز مناطق شهر تهران و نیاز آبی سالیانه (Mashhadipour et al. 2014)

منطقه	فضای سبز (هکتار)	جنگل (هکتار)	پوشش سبز کل (هکتار)	نیاز آبی فضای سبز (میلیون مترمکعب)	نیاز آبی جنگل (میلیون مترمکعب)	نیاز آبی کل (میلیون مترمکعب)
۱	۴۴۶/۶	۲۸۷۲	۳۳۱۹	۴/۰۱	۱۰/۳۲	۱۴/۳۳
۲	۳۸۸/۸	۵۲۸/۴	۹۱۷	۳/۴۹	۱/۹	۵/۳۹
۳	۳۲۲/۶	۰	۳۲۲	۲/۹	۰	۲/۹
۴	۶۶۶/۵	۴۵۶۱	۵۲۲۸	۵/۹۹	۱۶/۳۹	۲۲/۳۷
۵	۶۳۸/۵	۳۰۶۳	۳۷۰۱	۵/۷۳	۱۱/۰۱	۱۶/۷۴
۶	۲۴۷/۸	۴۳/۷	۲۹۱	۲/۲۳	۰/۱۶	۲/۳۸
۷	۱۱۸/۵	۰	۱۱۸	۱/۰۶	۰	۱/۰۶
۸	۱۶۲/۴	۰	۱۶۲	۱/۴۶	۰	۱/۴۶
۹	۸۹	۰	۸۹	۰/۸	۰	۰/۸
۱۰	۳۰	۰	۳۰	۰/۲۷	۰	۰/۲۷
۱۱	۵۴/۵	۷/۷	۶۲	۰/۴۹	۰/۰۳	۰/۵۲
۱۲	۱۴۳/۵	۰	۱۴۳	۱/۲۹	۰	۱/۲۹
۱۳	۱۲۴/۲	۱۱۸۸۸	۱۲۰۱۳	۱/۱۲	۴۲/۷۱	۴۳/۸۳
۱۴	۱۰۹	۲۳۵۱/۱	۲۴۶۰	۰/۹۸	۸/۴۴	۹/۴۳
۱۵	۷۱۴/۹	۱۱۴۱/۷	۱۸۵۶	۶/۴۲	۴/۱۱	۱۰/۵۲
۱۶	۳۴۵/۴	۰	۳۴۵	۳/۱	۰	۳/۱
۱۷	۸۹/۱	۵/۶	۹۵	۰/۸	۰/۰۲	۰/۸۲
۱۸	۱۶۲/۴	۱۹۱/۶	۳۵۴	۱/۴۶	۰/۶۹	۲/۱۵
۱۹	۳۲۵/۷	۱۸۷۶	۲۲۰۱	۲/۹۳	۶/۷۴	۹/۶۷
۲۰	۲۸۱/۴	۴۰۵۴/۳	۴۳۳۶	۲/۵۳	۱۴/۵۷	۱۷/۰۹
۲۱	۲۵۴	۲۹۲/۵	۵۴۸	۲/۲۸	۱/۰۵	۳/۳۳
۲۲	۱۸۷/۱	۲۱۷۲/۹	۲۳۶۰	۱/۶۸	۷/۸۱	۹/۴۹
۲۲	۵۷۹	۲۷۵۱	۳۳۳۰	۵/۲	۹/۸۸	۱۵/۰۸
مجموع	۶۲۹۳/۸	۳۵۶۳۱/۷	۴۱۹۲۶	۵۶/۵	۱۲۸	۱۸۵

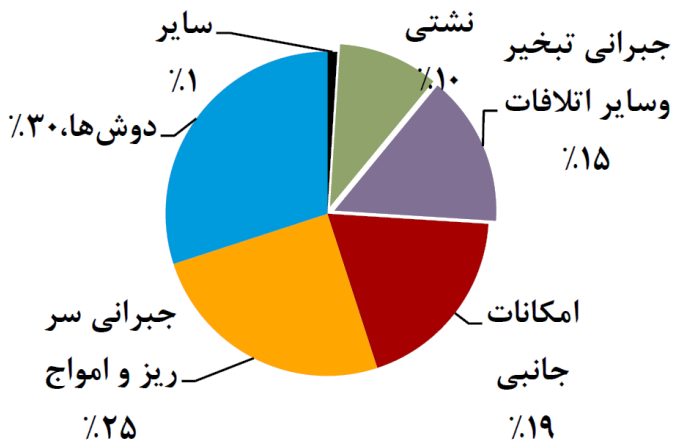
سیستم‌های تصفیه غیرمتمرکز دارای طیف وسیعی از کاربرد بوده به‌طوری‌که از تصفیه فاضلاب یک خانه‌ی مجزا و یا یک مجتمع مسکونی گرفته تا تصفیه‌ی فاضلاب مؤسسات تجاری و صنعتی را پوشش می‌دهد و در سال‌های اخیر با نوآوری‌های ایجاد شده در فنّاوری‌های بازچرخانی که موجب افزایش کیفیت و کارایی آن شده؛ بسیار مورد استقبال قرارگرفته است (Friedler et al. 2005).

در رویکرد بازیافت محلی و نیمه‌متمرکز اغلب تفکیک فاضلاب به دو دسته آب سیاه و آب خاکستری مورد توجه قرار می‌گیرد. آب خاکستری معمولاً به فاضلاب تولیدی از روشویی، حمام، ماشین لباسشویی و آشپزخانه‌ها اطلاق می‌گردد که در مبدأ از فاضلاب دستشویی و توالت تفکیک شده باشد؛ هرچند در بعضی از مطالعات پساب تولیدی آشپزخانه‌ها به‌واسطه بار آلی بالا در دسته‌بندی آب خاکستری قرار نگرفته است (Al-Jayyousi, 2003). آب خاکستری بر اساس نوع استفاده در کشورهای گوناگون ۳۰٪ تا ۸۰٪ فاضلاب تولیدی را شامل می‌شود. امروزه به واسطه بار میکروبی پایین آب خاکستری، تصفیه و بازیافت آن در جهان مخصوصاً در کشورهایی که با بحران آبی روبه‌رو می‌باشند، مورد توجه جدی قرارگرفته است(Boyjoo et al. 2013). بازیافت آب خاکستری علاوه بر ایجاد یک منبع جایگزین برای مصارفی نظیر فلاش‌تانک‌ها و آبیاری موجب کاهش بار ورودی به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و کاهش هزینه‌های انتقال می‌گردد. ویژگی‌های کیفی و کمی آب خاکستری کاملاً وابسته به پارامترهای متعددی نظیر سبک زندگی، رفتارهای فرهنگی–اجتماعی، الگوی مصرف آب و منبع تولید آن (روشویی، حمام، آشپزخانه و...) می‌باشد (Ghaitidak and Yadav, 2013). درهرصورت معمولاً آب خاکستری دارای بار آلودگی کمتری در مقایسه با فاضلاب توالت‌ها (آب سیاه) است، لذا تفکیک آن جهت بازیافت امری منطقی خواهد بود (Friedler and Hadari, 2006).

در شهر تهران با توجه به حجم بالای پساب‌های شهری و نیز امکان بازچرخانی آب، تخلیه آن‌ها به سیستم فاضلاب تهران و انتقال به جنوب تهران عملاً افزایش بار تصفیه‌خانه را به همراه خواهد داشت و هزینه اضافی انتقال را موجب خواهد شد. این در حالی است که برای این پساب می‌توان کاربری‌های شهری بسیاری را در نظر گرفت و با تعبیه یک سیستم تصفیه ساده محلی آب خاکستری تولیدی را مورداستفاده مجدد قرارداد. در ادامه به برخی از پساب‌های شهری که قابلیت تصفیه و بازگردانی در محل را دارند اشاره گردیده است.

۳-۱- استخرهای شنا

استخرهای شنا بسته به حجم، ظرفیت، نحوه‌ی تعویض آب، نوع کاربری (اعم از استخر عمومی، استخر کودکان، استخرهای شنای تفریحی، استخر معلولان، سرپوشیده یا روباز بودن و...) دبی فاضلاب تولیدی متفاوتی دارند. حجم آب مصرفی استخرها می‌تواند از کمتر از ۱۰۰۰۰ مترمکعب تا بیش از ۴۰۰۰۰ مترمکعب در سال متغیر باشد. فاضلاب تولیدی استخرها از بخش‌های مختلفی ناشی می‌شوند. شکل ۳ بیانگر سهم آب مصرفی در هر یک از این بخش‌ها می‌باشد. درحدود ۷۵٪ از آب مصرفی استخرها (جبرانی سرریز، امکانات جانبی و دوش‌ها) از طریق فاضلاب دفع می‌شود. در شهر تهران بیش از ۱۶۰ استخر عمومی و تعداد زیادی استخر با مالکیت خصوصی وجود دارد، که جمعاً حجمی بیش از ۱۰۰،۰۰۰ مترمکعب را به خود اختصاص می‌دهند. مصرف سالیانه آب این استخرها شش میلیون مترمکعب برآورد می‌شود (Izadpanah and Sarrafzadeh, 2014).



شکل ۳- سهم تفکیکی مصرف آب در بخش‌های مختلف استخرهای شنا (Izadpanah and Sarrafzadeh, 2014)

۳-۲- کارواش‌ها

کارواش‌ها از موادی مانند شامپو و پودرهای شوینده استفاده می‌کنند که این مواد (دترجنت‌ها) به دلیل ایجاد تغییر در کیفیت شیمیایی آب باعث آلودگی آن می‌شوند. به‌طورکلی پساب خروجی کارواش‌ها شامل ناخالصی‌هایی ازجمله شن و ماسه، گریس، روغن آزاد، امولسیون آب و روغن، کربن، آسفالت، نمک، سورفکتانت، انواع واکس، فلزات سنگین، مواد آلی و آلاینده‌های دیگر می‌باشد، که در کنار سایر فاضلاب‌ها به شبکه‌ی فاضلاب شهری و یا چاه‌های جاذب تخلیه شده و حیات آبزیان را به مخاطره انداخته و نیز برای تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مشکلاتی ایجاد می‌کند. تخلیه پساب به چاه جاذب به دلیل وجود مواد نفتی و سورفکتانت‌ها علاوه بر آلودگی خاک نفوذپذیری خاک را نیز دستخوش تغییر می‌کند. بنابراین تصفیه پساب‌های کارواش‌ها به دلیل جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست، جلوگیری از تخریب منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و بهبود عملکرد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در سطح شهر تهران بیش از ۳۰۰ واحد کارواش به‌طور رسمی و نیمه‌رسمی فعالیت می‌نمایند، که اگر به‌طور متوسط در هر کارواش روزانه ۱۰ مترمکعب فاضلاب تولید گردد، سالیانه حجمی بیش از ۱,۰۰۰,۰۰۰ مترمکعب فاضلاب تولید می‌گردد که در صورت عدم مدیریت و تخلیه به منابع سطحی و زیرزمینی اثرات زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری را در پی خواهد داشت. این حجم از پساب تولیدی در صورت تصفیه، می‌تواند برای استفاده مجدد در کارواش یا آبیاری فضای سبز اطراف محل مورد کاربرد قرار بگیرد.

۳-۳- بیمارستان‌ها

با توجه به نوع مصارف آب در بیمارستان میزان آلودگی و عوامل خطرناک بیشتری نسبت به مصارف خانگی در فاضلاب تولید می‌شود. مهم‌ترین آلاینده‌های فاضلاب بیمارستانی شامل ویروس‌ها و باکتری‌های بیماری‌زا، مولکول‌های ناشی از مواد دارویی متابولیزه نشده و استفاده‌نشده، انواع گندزداها، شوینده‌ها، داروهای بی‌هوش کننده، عناصر رادیواکتیو، مواد حاجب اشعه ایکس و دیگر ترکیبات شیمیایی مقاوم و خطرناک هستند. مهم‌ترین موضوع نگران‌کننده در ارتباط با فاضلاب‌های بیمارستانی که دارای عوامل بیماری‌زای روده‌ای، باکتری‌ها، ویروس‌ها و عوامل انگلی هستند، آن است که این پاتوژن‌ها به‌راحتی از طریق آب منتقل می‌گردد. موضوع دیگری که مطرح است آن است که برخی از عوامل بیماری‌زای موجود در فاضلاب‌های بیمارستانی مقاومت دارویی بالایی دارند، به همین دلیل به‌عنوان یک تهدید جدی بر روی سلامت جامعه می‌باشند. علاوه بر آن برخی از میکروارگانیسم‌های فوق ممکن است مقاومت دارویی خود را به سایر عوامل بیماری‌زا منتقل کنند به همین دلیل در صورت شیوع عوامل عفونی در جامعه، درمان نیز مشکل خواهد بود. میزان سرانه مصرف آب در مراکز آموزشی درمانی و بیمارستان در گستره ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ لیتر در روز به ازای هر تخت گزارش‌شده است. میزان سرانه تولید فاضلاب در بیمارستان‌های ایران ۷۴۵ لیتر در روز به ازای هر تخت تعیین‌شده است. شکل ۴ سهم تفکیکی مصرف آب در بیمارستان‌ها را نشان می‌دهد که بیان می‌دارد حجم قابل‌توجهی از فاضلاب تولیدی (نظیر فاضلاب حمام‌ها و ماشین لباسشویی‌ها) قابلیت قرارگیری در آب‌های خاکستری را دارا هستند. طی بررسی که توسط مجلسی و همکاران در سال ۱۳۸۷ بر روی نحوه تخلیه فاضلاب ۷۰ بیمارستان در شهر تهران و یزد صورت گرفت، نشان داده شد که ۳۳ بیمارستان از چاه جذبی استفاده می‌کنند، ۲۲ بیمارستان به شبکه فاضلاب شهری متصل می‌باشند، ۱۳ بیمارستان پساب خود را برای آبیاری فضای سبز و ۲ بیمارستان جهت کشاورزی به کار می‌برند (Majlesi Nasr and Yazdanbakhsh 2008).

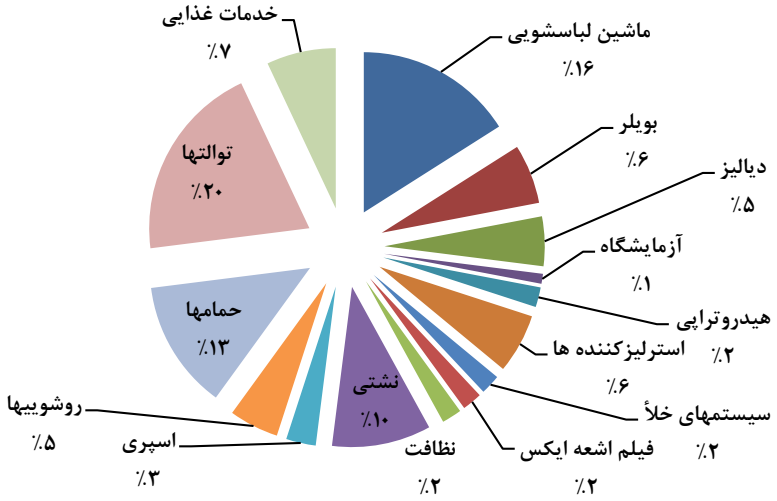
۳-۴- هتل‌ها

در هتل‌ها بخش قابل‌توجهی از فاضلاب تولیدی مربوط به آب مصرفی در حمام، روشویی‌ها و ماشین لباسشویی‌ها می‌باشد، که دارای بار آلودگی کمی می‌باشد و می‌توانند در دسته آب‌های خاکستری قرار گیرند. شکل ۵ سهم تفکیکی مصرف آب در هتل‌ها را نشان می‌دهد. آب مصرفی در هتل‌ها ۲۰۰ لیتر تـــا ۶۰۰ لیتـــر به ازای هر اتاق در روز تخمین زده می‌شود (O'Neill, and RICE Group, 2002)، همچنین در برخی از هتل‌ها مصرف آب به ازای هر روز اقامت مسافر ۱۸۰ تا ۸۲۵ لیتر برآورد می‌شود (Peters, 2014). در سالیان اخیر هتل‌های مختلفی در جهان نظیر هتل‌های زنجیره‌ای Premier Inn، هتل‌های کیپ تاون، هتل هیلتون در ترکیه و هتل فرودگاه بین‌المللی ابوظبی اقدام به تصفیه و بازیافت پساب تولیدی خود نموده‌اند. در شهر تهران بیش از ۱۰۰ هتل وجود دارد، که پساب تولیدی آن‌ها پس از تصفیه می‌تواند در فلاش‌تانک توالت‌ها، ماشین لباسشویی‌ها یا آبیاری فضای سبز هتل مورد کاربرد قرار بگیرد.

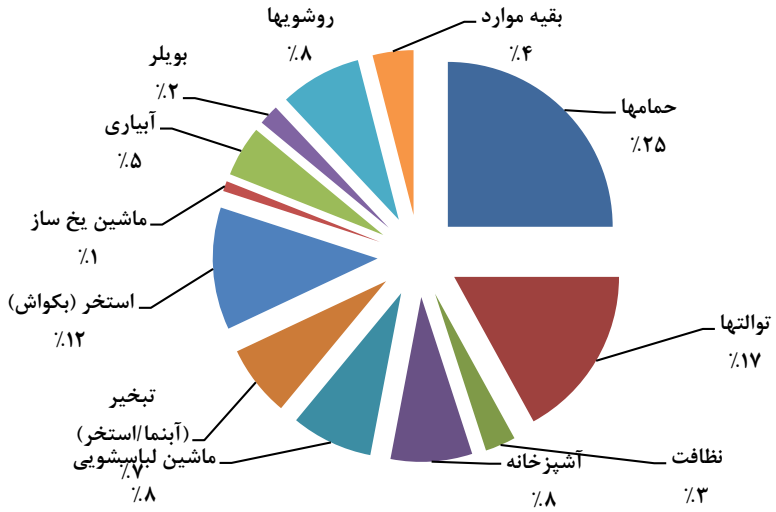
۳-۵- مساجد

در مساجد بخش اعظم فاضلاب تولیدی مربوط به آب وضوخانه‌ها می‌باشد، که دارای بار آلودگی کمی می‌باشد و در دسته آب‌های خاکستری قرار می‌گیرد. شکل ۶ سهم تفکیکی مصرف آب در

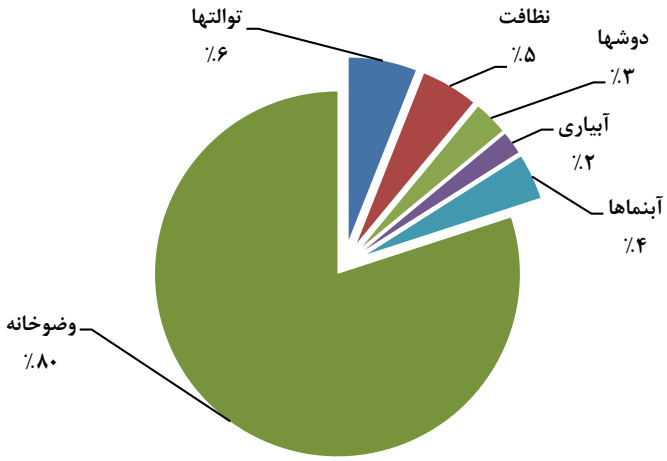
مساجد را نشان می‌دهد، که ۸۰٪ آب مصرفی مربوطه به آب وضوخانه‌ها می‌باشد. بر اساس مطالعات موجود آب خاکستری تولیدی در مساجد کوچک معمولاً کمتر از روزانه ۲ مترمکعب می‌باشد؛ لذا نیاز به روش تصفیه‌ای که مقرون به‌صرفه باشد احساس می‌گردد. در سالیان اخیر مطالعات مختلفی در کشورهایی نظیر عربستان، مصر، اندونزی، مالزی، اردن، یمن و افغانستان جهت بازیافت پساب وضوخانه‌ها صورت پذیرفته است (Zaied, 2016; Mohamed et al. 2016; Al-Mughalles et al. 2012; Al-Wabel 2011). در مطالعه‌ای که بر روی مسجد جامع دانشگاه مالزی صورت پذیرفت؛ فاضلاب تولیدی در وضوخانه‌ها دارای بار آلودگی بسیار کمی بود، به‌گونه‌ای که COD پساب تولیدی ۳۱ mg/l و مواد جامع محلول ۲۵ mg/l مشاهده گردید (Mamun et al., 2014). براین اساس جهت بازیابی آن فیلتراسیون ماسه‌ای با ظرفیت نرخ سرریز ۳۹ متر در روز طراحی گردید. همچنین طی مطالعه‌ای که در مساجد کشور عمان صورت پذیرفت نشان داده شد کیفیت پساب تولیدی از وضوخانه‌ها بدون تصفیه به‌جز دو پارامتر BOD و استاندارد میکروبی تأمین‌کننده استانداردهای موجود است (Prathapar et al., 2006). در این مطالعه فیلتر ماسه‌ای و کربنی به همراه کلرزنی جهت تصفیه پساب موجود طراحی گردید. در شهر تهران بیش از ۲۰۰۰ مسجد وجود دارد، که اگر به‌طور متوسط در هر مسجد روزانه ۲۰۰ لیتر آب در وضوخانه‌ها مصرف گردد، سالیانه حجمی بالغ بر ۱۵۰۰۰۰ مترمکعب خواهد بود، که می‌تواند جهت آب‌شویه توالت‌ها یا آبیاری فضای سبز اطراف مسجد مورد کاربرد قرار بگیرد.



شکل ۴- سهم تفکیکی مصرف آب در بیمارستان‌ها



شکل ۵- سهم تفکیکی مصرف آب در هتل‌ها (۵ ستاره)



شکل ۶- سهم تفکیکی مصرف آب در مساجد

۳-۶- صنایع کوچک

صنایع کوچک بسیاری در سطح شهر و حاشیه شهر تهران وجود دارد. برخی از این صنایع از یک‌طرف دارای مصارف آب قابل‌توجه بوده و از طرف دیگر در صورت عدم نظارت کافی پتانسیل بالایی جهت آلوده نمودن آب‌های سطحی و زیرزمینی شهر تهران دارند. از جمله این صنایع می‌توان به صنایع چوب و سلولز، کاغذسازی، غذایی و دارویی، پلاستیک و شیمیایی، آرایشی و بهداشتی، نساجی، کانی فلزی، کانی غیرفلزی، ماشین‌سازی و تجهیزات و الکترونیک اشاره داشت. طی مطالعه‌ای که فرزاد کیا بر روی کمیت و کیفیت فاضلاب صنایع غرب تهران انجام دادند، میزان تولیدی فاضلاب این صنایع ۹۴۲۲ مترمکعب در روز برآورد گردید. همچنین بر اساس نتایج این مطالعه صنایع کاغذسازی، پلاستیک شیمیایی و غذایی و دارویی در گروه صنایع با آلایندگی بالا، صنایع چوب و سلولز، نساجی، آرایشی و بهداشتی و ماشین‌سازی و تجهیزات در گروه صنایع با آلایندگی متوسط و صنایع کانی فلزی، الکترونیک و کانی غیرفلزی در زمره صنایع با آلایندگی ضعیف قرار گرفتند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد تنها ۱۹٪ از صنایع مستقر در این منطقه پساب تصفیه شده خود را مورد استفاده مجدد قرار می‌دهند. رویکرد مناسب در مورد صنایع با آلایندگی ضعیف تصفیه و استفاده مجدد می‌باشد، درصورتی‌که در مورد صنایع با آلایندگی متوسط و بالا توجه به اقدامات فرایندی نظیر جداسازی فاضلاب‌های قوی از جریان کلی فاضلاب و همچنین توجه به بازیافت مواد باارزش ضرورت بیشتری خواهد داشت (Farzadkia, 2013). همچنین طی بررسی که رحمانی و غلامی بر روی کیفیت و کمیت فاضلاب صنایع نساجی در شهر تهران انجام دادند، کل فاضلاب تولیدی در این صنایع سالانه ۶۸۴۹۰۰۰ مترمکعب برآورد گردید، از طرفی علی‌رغم انجام فرایندهای تصفیه در بسیاری از صنایع منطقه ۲۱ شهر تهران برخی از پارامترهای پساب خروجی مانند BOD تأمین‌کننده استانداردهای مربوطه نیست (Rahmani and Gholami, 2013).

۴- چالش‌ها و اثرات بازیافت پساب در شهر تهران

باید توجه نمود که پساب‌ها با توجه به ویژگی‌های خاصی که دارند، علیرغم مزایا و فواید انکارناپذیر، دارای محدودیت‌ها، مشکلات و خطراتی نیز در شهر تهران می‌باشند، که پیش از به‌کارگیری آن‌ها باید مورد بررسی قرار بگیرد. در این قسمت سعی گردیده با استفاده از مطالعات قبلی چالش‌ها و فرصت‌های بازیافت آب جهت کاربردهای مختلف شهری از منظرهای گوناگون فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی نگریسته شود.

۴-۱- جنبه‌های فنی بازیافت پساب

انتخاب فناوری‌های تصفیه فاضلاب مناسب که امکان توسعه پایدار را فراهم سازند، یک چالش اساسی برای سیاست سازان محلی، منطقه‌ای و ملی محسوب می‌شود. در کشورهای درحال‌توسعه وجود یک ابزار حمایتی تصمیم‌گیری برای انتخاب فناوری تصفیه فاضلاب شدیداً موردنیاز است. چراکه خصوصاً در زمان حاضر یک چنین ابزاری که برای استفاده در بطن یک اقتصاد در حال رشد مناسب باشد، وجود ندارد. در دهه–های اخیر فنّاوری‌های فراوانی درزمینه

فاضلاب رشد و بهبود یافته‌اند. فرآیندهای تصفیه مختلفی از قبیل هوازی و بی‌هوازی، شدیداً مکانیزه شده تا فرآیندهای ساده، فیلترهای چکنده و برج‌های زیستی، راکتورهای UASB، تماس دهنده‌های بیولوژیکی دوار (RBC)، لاگون‌های هوادهی، راکتورهای ناپیوسته متوالی (SBR) وجود دارد. علاوه بر این‌ها از سیستم‌های تصفیه فاضلاب طبیعی (NTS) از قبیل برکه‌های تثبیت و تالاب‌های مصنوعی نیز به صورت موفقیت‌آمیزی جهت تصفیه استفاده شده است.

چالشی که درزمینه مدیریت فاضلاب وجود دارد، انتخاب بهترین فنّاوری موجود برای هدف خاص تصفیه فاضلاب در یک مکان مشخص است. فاکتورهای زیادی از قبیل هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های عملیاتی و نگه‌داری و مسئله مربوط به زمین مورد نیاز در فرآیند تصمیم‌گیری دخالت دارند (Li et al. 2009).

۴-۲- جنبه اقتصادی بازیافت پساب

یکی از مهم‌ترین پارامترها در اولویت‌بندی مصارف پساب، جوانب اقتصادی و یا مقدار سود و هزینه‌ای است که گزینه‌های مختلف در بر خواهد داشت. همانند هر طرح اقتصادی دیگر، در هنگام پیشنهاد یک طرح جدید بازیافت پساب، آن طرح باید ازنظر اقتصادی در مقایسه با گزینه‌های دیگر، مقرون به‌صرفه‌تر باشد. در آنالیز اقتصادی طرح‌های کاربرد پساب‌های بازیافتی، هزینه‌هایی که ممکن است به دیگر بخش‌ها (مانند بخش‌های بهداشتی، زیست‌محیطی) تحمیل گردد، نیز باید در محاسبات منظور گردد که این کار بعضاً کاری مشکل و وقت‌گیر خواهد بود. استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمنظوره در تحلیل‌های اقتصادی پروژه‌های تخصیص پساب می‌تواند بسیار مفید باشد. مورد مهم دیگری که در تحلیل‌های اقتصادی باید مشخص گردد منابع تأمین هزینه‌های طرح است، همچنین مقادیر سود حاصله از فروش پساب به مصارف مختلف و یا میزان افزایش سود ناشی از رشد فروش محصولات تولیدی با پساب در هر بخش، نیز باید در این آنالیزها دخالت داده شود.

یکی از عمده‌ترین بخش‌های هزینه‌های مصارف پساب، هزینه‌های مربوط به انتقال پساب به محل مصرف می‌باشد. اهمیت این هزینه به‌اندازه‌ای است که حتی گاهی جانمایی طرح‌های تصفیه پساب با توجه به حداقل فاصله از محل مصرف‌کنندگان تعیین می‌شود. برای تصفیه‌خانه‌ها مصرف‌کنندگان بزرگ که در نزدیکی آن‌ها قرار دارند، ایده‌آل‌ترین مصرف‌کنندگان ازنظر اقتصادی خواهند بود. همچنین مصرف‌کنندگانی که در امتداد خطوط انتقال و توزیع پساب قرار دارند نیز ازنظر اقتصادی در اولویت تخصیص قرار خواهند داشت (Yosefi and Mahdyan, 2014). اهمیت این مسأله تا حدی است که می‌تواند بازیافت نیمه‌متمرکز و محلی پساب در شهر تهران را منطقی نماید.

۴-۳- جنبه زیست‌محیطی بازیافت پساب

اثرات استفاده از پساب‌ها بر روی محیط‌زیست کاملاً وابسته به نوع پساب و مورداستفاده آن یکسان نخواهد بود. به‌عنوان نمونه در برخی از موارد استفاده از پساب‌ها در بخش کشاورزی می‌تواند چرخه مواد در طبیعت را کامل نماید، نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی را کاهش دهد و مناطق پایین‌دست را از قرارگیری در معرض پساب‌های آلوده (که براثر رهاسازی آن‌ها در آب‌های سطحی ممکن است اتفاق بیفتد) محافظت نماید. درواقع ازآنجاکه بخش اعظمی از فاضلاب حاوی مواد آلی تجزیه‌پذیر با منشأ حیوانی یا انسانی می‌باشد، در صورت آبیاری با این آب، خاک به‌مثابه یک فیلتر عمل می‌نماید و مواد آلی پساب را جذب نماید و باعث بهبود خواص خاک برای رشد گردد . به‌طور مثال در مطالعه‌ای که توسط قنبری و همکاران ۱۳۸۵صورت گرفت، نشان داده شد که آبیاری خاک با فاضلاب در مقایسه با نمونه شاهد موجب افزایش مواد آلی خاک می‌گردد (Qanbari et al., 2016)، این در حالی است که مطالعه صورت گرفته توسط ابوالحسنی زرجوع و همکاران ۱۳۹۳ نشان‌دهنده اثر تخریبی آبیاری با پساب بر مواد آلی خاک می‌باشد (Abolhasani et al., 2014). همچنین بسیاری از مطالعات اخیر بیانگر افزایش معنی‌دار مواد مغذی در خاک در اثر آبیاری با پساب تصفیه‌شده می‌باشد. عناصر غذایی نظیر فسفر، نیتروژن و پتاسیم جز عوامل اصلاحی خاک می‌باشند، که موجب بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک می‌گردد. این افزایش منجر به دسترسی بهتر گیاهان به عناصر مغذی ماکرو و میکرو می‌گردد و غالباً رشد بهتر گیاه را به همراه خواهد داشت. استفاده از پساب تصفیه‌شده در آبیاری علاوه بر کاهش بار آلودگی منابع آبی سطحی و زیرزمینی، می‌تواند کاهش هزینه مصرف کود شیمیایی را هم به همراه داشته باشد (Rajabi, et al. 2012; Badalianse et al., 2014; Zeinal, 2015). یکی از راهکارها جهت حفظ مشخصات خاک در درازمدت بهتر است برای آبیاری از مخلوط پساب و آب چاه برای دستیابی به اثربخشی مطلوب استفاده کرد؛ این نوع آبیاری (آبیاری نوبتی) از شورشدن خاک نیز جلوگیری می‌نماید (Qanbari et al., 2016).

۴-۴- جنبه اجتماعی و فرهنگی بازیافت پساب

یکی از عوامل مهم اجتماعی در طرح‌های استفاده از پساب‌های بازیافتی، رویکرد اجتماعی نسبت به آب‌های بازیافتی و میزان اقبال و پذیرش عمومی در استفاده از آن‌ها است. بدون این اقبال عمومی، طرح‌های بازیافت پساب‌ها حتی اگر ازنظر فنی و بهداشتی در بهترین شرایط نیز طراحی و اجرا شوند، ممکن است با شکست مواجه گردند. پذیرش عمومی آب بازیافتی هم‌اکنون مهم‌ترین عامل موفقیت برای هر پروژه بازیافت آب خواهد بود. در واقع پروژه‌های بازیافت آب معمولاً نیازمند همکاری مشترک مهندسان و جامعه شناسان می‌باشد، تا در حین بررسی پارامترهای فنی و تکنیکی؛ جنبه‌های اجتماعی و احتمالاً موانع فرهنگی اجرای پروژه نیز مورد واکاوی قرارگرفته و راه‌حل‌های پیشنهادی ارائه گردد. هارتلی با بررسی موانع فرهنگی و اجتماعی موجود بازیافت آب، پنج راهبرد مهم را برای افزایش اعتماد و مشارکت عمومی پیشنهاد داد: ۱) مدیریت اطلاعات برای ذینفعان، ۲) حفظ انگیزه‌های فردی و اظهار تعهدات سازمانی، ۳) ارتقای ارتباطات و گفتگـــوهای عمومی، ۴) تضمین فرایند و خروجی منصفانه و مناسب در تصمیم‌سازیها، ۵) ایجاد و حفظ اعتماد (Hatley, 2006).

باورهای فرهنگی در نقاط مختلف دنیا و حتی در مناطق مختلف یک کشور با یکدیگر متفاوت است. بنابراین طرح‌ها و روندهای اجرا شده در یک مکان را نمی‌توان به راحتی در مناطق دیگر مورد استفاده قرار داد. طی سالیان اخیر مطالعاتی پیرامون جنبه فرهنگی و اجتماعی بازیافت پساب در کشور ایران صورت گرفته‌است. این مطالعات نشان می‌دهند دغدغه‌های مذهبی، روانشناختی و جامعه‌شناختی پیرامون استفاده از پساب‌های بازیافتی در بیشتر مواقع ناشی از عدم آگاهیهای فنی و کمبود اعتماد به فرایندهای تصمیم‌گیری موجود می‌باشد. براین اساس معمولاً در کشور ایران نسبت به پروژه‌های بازچرخانی آب، نگرش صحیح و مثبتی وجود ندارد، هرچند استفاده از فاضلاب تصفیه شده در گزینه‌هایی که در تماس کمتری با انسان باشد، مقبولیت بیشتری دارد. مجریان طرح‌های بازیافت آب باید علاوه بر توجه به وجوه فنی به جنبه‌های اجتماعی–فرهنگی جوامع محلی نیز توجه ویژه‌ای داشته باشند و دغدغه‌ها و ملاحظات آن‌ها را در نظر بگیرند و با شفاف‌سازی‌های فنی و ارائه اطلاعات جامع، موجبات افـــزایش مشارکت عمومی را در این پروژه‌ها فراهـــم آورند (Salehi and Talebi 2014; Masoodian and Davoodnejad, 2014). سازمان‌های غیردولتی و انجمن‌های علمی و دوستدار محیطزیست نقش مهمی را در توسعه پذیرش عمومی استفاده از پســاب‌های بـــازیـــافتی می‌تـــواننـــد ایفـــا نماینـــد (Golshiri and Moghaddam, 2015).

۵- نتیجه‌گیری

شهر تهران با داشتن ویژگی‌ها و پتانسیل‌های فراوان، دارای رشد روزافزون در بخش‌های مختلف توسعه است، که این رشد و توسعه افزایش نیازهای آبی را سبب گردیده است. از سوی دیگر با توجه به محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، برای تأمین آب موردنیاز علاوه بر اتخاذ تمهیدات مناسب جهت استحصال منابع آب سطحی و زیرزمینی، ظرفیت‌سازی منابع آب جدید به‌شدت موردنیاز و ملموس است. در این میان یکی از منابع آب نامتعارف، پساب تولیدی در سطح شهر تهران می‌باشد.

طبق برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته در افق ۱۴۱۰، مجموع پساب تصفیه‌خانه‌های شهر تهران ۸۵۲/۵۵ میلیون مترمکعب در سال پیش‌بینی می‌شود که می‌بایست برای مصرف این حجم آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت، فضای سبز، تغذیه آبخوان و... تدبیری اندیشیده شود. این در حالی است که نیاز سالانه آبی فعلی آبیاری فضای سبز و جنگل‌های شهر تهران ۱۸۵ میلیون مترمکعب برآورد می‌گردد. بر این اساس برنامه‌ریزی جهت تأمین کامل آب مورد نیاز آبیاری فضای سبز و جنگل‌های شهر تهران از بازیافت پساب شهری طی سال‌های آتی و احداث تصفیه‌خانه‌ها قابل‌دسترس خواهد بود. لکن با توجه به گستردگی فضای سبز شهر در کل مناطق شهری از طرفی و هزینه‌های بالای احداث شبکه‌های انتقال طولانی و بعضاً با هدر رفت بالا توجه به بازیافت محلی پساب می‌تواند این هزینه‌ها را به مقدار زیادی کاهش دهد. حجم بالای پساب‌های شهری و نیز امکان بازچرخانی آب، تخلیه آن‌ها به سیستم فاضلاب تهران و انتقال به جنوب تهران عملاً افزایش بار تصفیه‌خانه را به همراه خواهد داشت و هزینه اضافی انتقال را موجب خواهد شد. در مقابل بازیافت در محل امکان جداسازی آب خاکستری از آب‌سیاه را تسهیل می‌نماید، آب خاکستری دارای بار آلودگی کمتری نسبت به آب‌سیاه است؛ لذا هزینه تصفیه کمتری خواهد داشت. با استفاده از این رویکرد می‌توان هزینه‌های محتمل ناشی از انتقال پساب به تصفیه‌خانه و انتقال دوباره آب بازیافتی از تصفیه‌خانه به کاربری‌های شهری را حذف نمود. این امر نیازمند تغییر الگوهای جاری معماری و تعامل با سازمان نظام مهندسی است.

بازیافت پساب علاوه بر ارتقای کیفیت منابع آب موجب کاهش فشار بر منابع آبی می‌گردد، لکن دغدغه‌های بهداشتی و محیطزیستی

پیرامون آن وجود دارد. بیشتر طرح‌های بازیافت پساب در کشور معطوف به آبیاری در کشاورزی بوده است، که ارتباط مستقیمی با سلامت انسان دارد. هرچند بیشتر مطالعات بیانگر افزایش عملکرد گیاهان آبیاری شده با پساب می‌باشد، لکن وجود فلزات سنگین و کلی فرم‌های مدفوعی در پساب‌های موجود استفاده از آن‌ها در طولانی‌مدت در کاربردهای مرتبط با انسان را (مانند کشاورزی) با سؤال روبه‌رو می‌نماید. این در حالی است که ارتقای فرایندهای تصفیه موجود عملاً استفاده از آب بازیافتی را در کشاورزی غیراقتصادی می‌نماید. ازاین‌رو توجه به کاربردهای دیگر پساب بازیافتی مانند فضای سبز شهری با دسترسی محدود انسان می‌تواند یکی از رویکردهای مدیریت شهری تهران باشد.

یکی از دلایل اصلی مخالفت جامعه با طرح‌های بازیافت آب عدم آگاهی از ماهیت این طرح‌ها و عدم اعتماد به مجریان آن‌هاست، که می‌توان با شفاف‌سازی‌های فنی و افزایش آگاهی‌های عمومی از طریق رسانه‌های جمعی، موجبات افزایش مشارکت عمومی را در این پروژه‌ها فراهم آورد (Ma 2003). این امر نیازمند در نظرگرفتن ملاحظات و دغدغه‌های مذهبی، روان‌شناختی و جامعه‌شناختی گروه هدف می‌باشد؛ به‌طور مثال استفاده از واژه آب بازیافتی حساسیت کمتری را نسبت به فاضلاب تصفیه و بازچرخانی شده بر خواهد انگیخت، هرچند اساساً هرچه آب بازیافتی تماس نزدیک‌تری با انسان داشته باشد، اعتماد عمومی نسبت به آن کاهش می‌یابد، لذا جهت آبیاری فضای سبز شهری مناطقی که دارای دسترسی محدودتر انسانی باشند اولویت می‌یابند.

بدیهی است که استفاده از فناوری‌های مناسب با قابلیت به‌کارگیری آسان نه‌تنها منجر به ارتقا و بهبود کیفیت پساب حاصل می‌گردد بلکه در ترویج فرهنگ بازیافت آب در بین شهروندان نیز بسیار تأثیرگذار خواهد بود. لذا یک رویکرد کلان‌نگر با در نظر گرفتن همه جنبه‌های فنی، اقتصادی و فرهنگی در حوزه بازیافت آب ضروری است. نتیجه چنین رویکردی داشتن شهری است که از منابع محدود آبی خود به‌صورت عاقلانه استفاده می‌نماید و آینده خود را با حرکت بر روی ریل توسعه پایدار تضمین نموده است، چراکه توجه به آب توجه به آینده است.

۶- تشکر و قدردانی

این مقاله نسخه تکمیل و داوری شده مقاله ارائه شده در ششمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران می‌باشد. این کنفرانس در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵ در شهر سنندج برگزار شد. همچنین نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از حمایت دانشگاه تهران در قالب طرح شماره ۸۱۰۴۹۵۶/۱/۰۳ قدردانی نمایند.

۷- مراجع

Abohasani A, Zehtabian Q, Mashhadi N, Khosravi H, Soltani M (2014) The effects of irrigation with treated wastewater on Soil characteristics. Water Recycling Journal 1(1):24-17

Al-Jayyousi O R (2003) Greywater reuse: towards sustainable water management. Desalination 156(1):181-192.

Al-Mughalles M H, Abdul Rahman R, Suja F B, & Abdullah S M S (2012) Mosque greywater quantity in Sana'a, Yemen. Electron J Geotech Eng 17:1593-1603

Al-Wabel M I (2011) Simple system for handling and reuse of gray water resulted from ablution in Mosques of Riyadh City, Saudi Arabia. In Proceedings of International Conference on Environment Science and Engineering, IPCBEE (Vol. 8)

Ardakanian R (2005, March) Overview of water management in Iran. In Water Conservation, Reuse, and Recycling, Proceeding of an Iranian American Workshop (pp. 153-172).

Badalians Qoli Kendi GH, Jamshidi Sh, Abrishami A (2014) The effect of irrigation with treated municipal wastewater on the growth and yield of sunflower and soil characteristics. Water recycling Journal 2(1): 40-27.

Boyjoo Y, Pareek V K, Ang M (2013) A review of greywater characteristics and treatment processes. Water Science & Technology 67(7):1403-1424

Braadbaart O (2006) An assessment of centralized and decentralized wastewater reclamation systems in Beijing

EPA U (2012) Guidelines for water reuse. Washington DC: US Agency for International Development

Farzadkia M (2013) Environmental ranking for industries located at west of Tehran based on the quantitative and qualitative characteristics of industrial wastewater in 2011. Iran Occupational Health 9(4), 13-23

Friedler E, Hadari M (2006) Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi-storey buildings. Desalination 190(1):221-234

Majlesi Nasr M, Yazdanbakhsh A (2008) Study on wastewater treatment systems in hospitals of Iran. Iran J Environ Health Sci Eng 5(3): 211-215

Mamun A A, Muyibi, S A, Razak A, Asilah N (2014). Treatment of used ablution water from IIUM masjid for reuse. Advances in Environmental Biology 8(3):558-564

Mashhadipour M, Kia P, Rezapour Tabari M (2014) Providing a comprehensive plan to separate drinking water from landscape water in Tehran. Conference on water resource management based on the sustainable development of Central Alborz, (challenges, strategies and new approaches), the Water Institute, Tehran University, Tehran

Masoodian M, Davvodnejad M (2014) Identification of training needs re-use of waste (in agriculture) in the country. Water recycling Journal 1(1);25-35

Miller G W (2006). Integrated concepts in water reuse: managing global water needs. Desalination 187(1):65-75

Mohamed R M S R, Adnan M N, Mohamed M A, Kassim A H M (2016). Conventional Water Filter (Sand and Gravel) for Ablution Water Treatment, Reuse Potential, and Its Water Savings. Journal of Sustainable Development 9(1):35

Oakley S M, Gold A J, Oczkowski A J (2010). Nitrogen control through decentralized wastewater treatment: Process performance and alternative management strategies. Ecological Engineering 36(11):1520-1531

O'Neill S, & RICE Group. (2002). Hotel water conservation, A Seattle demonstration. Seattle Public Utilities Resource Conservation Section, Seattle

Peters E J (2014). Wastewater reuse in the Eastern Caribbean: a case study. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management Vol. 168, No. 5: pp. 232-242)

Prathapar S A, Ahmed M, Al Adawi S, & Al Sidiari S (2006) Design, construction and evaluation of an ablution water treatment unit in Oman: a case study. International Journal of Environmental Studies 63(3):283-292

Qanbari A, Abedi K, Taee Semiromi J (2016) The effects of irrigation with treated municipal wastewater on the quality and yield of wheat and soil characteristics in Sistan region. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10(4):59-74

Rahmani, Z, & Gholami M (2013) Determination of quality and quantity textile industry wastewater

Friedler E, Kovalio R, Galil, N I (2005) On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings. Water Science and Technology 51(10):187-194.

Ghaitidak D M, & Yadav K D (2013) Characteristics and treatment of greywater—A review. Environmental Science and Pollution Research 20(5):2795-2809

Golshiri O, Alavi Moghaddam M (2015) The assessment of public awareness and acceptance of using treated wastewater in the city of Yazd. Water Recycling Journal 2(1):26-17

Harati M, Tamadom M (2010) Investigation of heavy metals in maize irrigated with wastewater (the southern region of Tehran). Journal of Agriculture 101:151-139

Hartley T W (2006). Public perception and participation in water reuse. Desalination 187(1):115-126

Izadpanah M, Sarrafzadeh M H (2014) Feasibility assessment of recycling water on swimming pools" Second National Conference on Water Reuse, University of Tehran, Tehran

Lamei, A, van der Zaag P, & Imam E (2009) Integrating wastewater reuse in water resources management for hotels in arid coastal regions-case study of Sharm El Sheikh, Egypt. Water Science and Technology 60(9):2235-2243

Li F, Wichmann, K, Otterpohl R. (2009). Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. Science of the Total Environment 407(11): 3439-3449

Libralato G, Ghirardini A V, Avezzù F (2012). To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. Journal of Environmental Management 94(1):61-68

Ma C (2003). Assessment of Public Attitudes and Knowledge Concerning Wastewater Reuse and Biosolids Recycling

Madani K (2014). Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. Journal of Environmental Studies and Sciences 4(4):315-328

Mahmoudpour M, Khamehchiyan M, Nikudel M R, Ghassemi M R (2016). Numerical simulation and prediction of regional land subsidence caused by groundwater exploitation in the southwest plain of Tehran, Iran. Engineering Geology 201:6-28

Van Rensburg, P. (2016). Overcoming global water reuse barriers: the Windhoek experience. International Journal of Water Resources Development 1-15

Yoo C, Lee, TY, Kim J, Moon I, Jung J H, Han C, Lee IB (2007) Integrated water resource management through water reuse network design for clean production technology: State of the art. Korean Journal of Chemical Engineering 24(4):567-576

Yosefi A, Mahdyan Sh (2014) Long term water reuse planning. Journal of recycled water 1(1):1-7

Zaied R A (2016) Water use and time analysis in ablution from taps. Applied Water Science, 1-8

Zeinal Z (2015) Basil leaf plant response to absorb cadmium and lead through different concentrations of sewage sludge irrigation in greenhouses around Tehran. Journal of Food and Agriculture 13(133):31-28

located in 21 area (zone) and comparison their effluent with environmental protection organization standards in 1389. Iran Occupational Health 10(4):25-32

Rajabi M, Qaemi A (2012) The effects of the use of treated wastewater and fertilizers on the yield of broccoli. Irrigation and water management 2(2):13-24

Salavitabar A, Abrishamchi M, Sahebdel Sh (2014) Tehran Urban Water Management-system dynamic approach. Conference on water resource management based on the sustainable development of Central Alborz, (challenges, strategies and new approaches), the Water Institute, Tehran University, Tehran

Salehi M, Talebi M (2014) Qualitative analysis of the socio-cultural barriers to the use of recycled water. Water Recycling Journal 1(1):67-77

http://statistics.tehran.ir