نامه به سردبیر
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۱، آذر ۱۴۰۱، ۱۰۰۴-۹۹۷

احیای آب و استفاده مجدد: با تأکید بر برنامه هفتم توسعه (برنامه‌ریزی برای دستیابی به سایر آب‌ها و بازچرخانی آب‌های صنعتی و پسآب)

محمد مبینی لطف‌آباد[۱]، عباس خدابخشی[۲]

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۱۸ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۱۴۰۱/۰۹/۰۷ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۰۸

چکیده

امروزه احیای فاضلاب و استفاده مجدد برای کاربردهای مختلف به عنوان یک رویکرد مناسب و از نظر اقتصادی جذاب برای مقابله با موضوع اصلی کمبود آب مطرح است. احیای آب شامل تصفیه یا فرآوری فاضلاب به منظور مناسب‌سازی آن برای استفاده مجدد با قابلیت اطمینان از تصفیه و رعایت معیارهای کیفیت آب است. استفاده مجدد از آب، استفاده از پساب تصفیه شده برای مصارف مفید تعریف می‌شود. نگرانی‌های بهداشتی و زیست محیطی موضوعات اولیه در اجرای استفاده مجدد از آب هستند، بنابراین، بایستی تمرکز بر توسعه رویکردهایی باشد که اطمینان کافی از برآورده شدن الزامات کیفیت آب به طور مداوم، فراهم می‌کنند. با توجه به اهمیت احیای آب و استفاده مجدد، در مقاله حاضر به برخی روش‌های احیای آب، تجربه موفق احیای آب در سنگاپور و راهکاری پیشنهادی برای احیای آب و استفاده مجدد در کشورمان ایران پرداخته شده است.

واژه های کلیدی: احیای آب، استفاده مجدد، فرایندهای ترکیبی، برنامه هفتم توسعه، ایران

۱- دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ مرکز تحقیقات سلامت پسته، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران

۲- (نویسنده مسئول) دانشیار مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
تلفن: ۰۳۸-۳۳۳۳۴۲۵۱ دورنگار: ۰۳۸-۳۳۳۳۴۶۷۸، پست الکترونیکی: khodabakhshi16@gmail.com

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-04]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1401.21.9.8.1]
[DOI: 10.52547/jrums.21.9.997]

[DOI: 10.52547/jrums.21.9.997] [DOR: 20.1001.1.17353165.1401.21.9.8.1] [Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-04]

سردبیر محترم:

منابع آب شیرین به طور فزآینده‌ای تحت تنش هستند و شکاف بزرگی بین منابع آب موجود و تقاضای آب در بسیاری از نقاط جهان وجود دارد. امروزه احیای فاضلاب و استفاده مجدد برای کاربردهای مختلف به عنوان یک رویکرد مناسب و از نظر اقتصادی جذاب برای مقابله با موضوع اصلی کمبود آب در مقیاس محلی و جهانی مطرح است [۲-۱]. احیای آب (water reclamation) شامل تصفیه یا فرآوری فاضلاب به منظور مناسب‌سازی آن برای استفاده مجدد با قابلیت اطمینان از تصفیه و رعایت معیارهای کیفیت آب است. استفاده مجدد از آب (Water reuse)، استفاده از پساب تصفیه شده برای مصارف مفید تعریف می‌شود [۳]. آب احیایی پس از تصفیه مناسب می‌تواند در چندین زمینه مانند فعالیت‌های کشاورزی، مصارف صنعتی و برای تغذیه آب‌های زیرزمینی و محوطه سازی مورد استفاده مجدد قرار گیرد [۴-۱]. استفاده مجدد از پساب تصفیه شده به ویژه برای آبیاری یک روش رایج است و امروزه این روش توسط اکثر دولت‌ها و نهادهای رسمی تشویق شده است. پدیده خشکسالی همراه با برداشت نامنظم آب عوارضی مانند خشک شدن رودخانه‌های دائمی، کاهش آب‌های زیرزمینی، فرونشست و شور شدن آب‌های زیرزمینی را به همراه دارد. از طرفی پساب شهری و صنعتی نوعی آب غیر معمول است که با مدیریت مناسب و هم‌چنین، تصفیه مناسب، آلودگی ناشی از تخلیه مستقیم آن به محیط‌ها و مشکلات کم‌آبی، کاهش می‌یابد [۶-۵].

احیاء و استفاده مجدد از فاضلاب را می‌توان یک منبع آب قابل اعتماد در نظر گرفت. کاملاً مستقل از خشکسالی‌های فصلی و تغییرات آب و هوایی است و قادر به پوشش پیک تقاضای آب می‌باشد. پساب تصفیه شده را می‌توان برای آبیاری و فرآیندهای صنعتی استفاده کرد و خطرات را در دوره‌های خشک، کاهش داد. مزایای استفاده مجدد از فاضلاب، حفظ منابع آب و کاهش فشار بر بدنه‌های آبی و اکوسیستم‌های تحت تنش و در مجموع حفظ محیط زیست است [۷-۶].

با توجه به مقادیر زیاد فاضلاب تولیدی، تنوع منشأ آن‌ها و پیچیدگی ترکیبات آن‌ها، محدودیت‌های تصفیه معمولی به طور فزآینده‌ای برای برآورده کردن الزامات فنی و قانونی تحت فشار هستند. برای برآوردن این امر، نیاز به کشف راه‌حل‌های جدید پویا، فعال، کارآمد و کم‌هزینه ضروری است [۷].

فناوری غشاء و فرآیندهای غشایی به دلیل مزایای فراوانی که دارند از جمله عملکرد مداوم و خودکار، تحقق آسان فرآیند، جداسازی انتخابی و راندمان دفع بالای آلاینده‌ها، مدت زمان تصفیه و مساحت کمتر در مقایسه با روش‌های مرسوم مانند تصفیه بیولوژیکی، فیلتراسیون شنی و انعقاد، امیدوارکننده‌ترین و قدرتمندترین فناوری در صنایع آب و فاضلاب هستند و به طور گسترده مورد استفاده قرار

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-04]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1401.21.9.8.1]
[DOI: 10.52547/jrums.21.9.997]

می‌گیرند. در حال حاضر، انواع مختلفی از فناوری‌های غشایی شامل اولترافیلتراسیون (UF)، میکروفیلتراسیون، نانوفیلتراسیون (NF) و اسمز معکوس (RO) در تصفیه آب و فاضلاب استفاده می‌شوند. این نوع فرآیندها را می‌توان به تنهایی یا به عنوان فرآیندهای ترکیبی مورد استفاده قرار داد [۱۱-۸]. فرآیندهای هیبریدی (ترکیبی) به طور مؤثر برای حذف آلاینده‌های مختلف، مانند مواد آلی طبیعی، فلزات سنگین، رنگ‌ها، بورن، فسفات و نیترات، مواد دارویی و ترکیبات مختل کننده غدد درون ریز، نفت خام سنگین استفاده شده‌اند [۱۲، ۲]. فرآیندهای ترکیبی UF، MF، و لخته سازی-انعقاد، صافی شنی و صافی با کربن فعال به عنوان پیش تصفیه RO، NF، و UF (ورق‌های مسطح یا الیاف توخالی) برای تصفیه و استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه فاضلاب استفاده شده‌اند [۱۲].

از آن‌جایی که نگرانی‌های بهداشتی و زیست محیطی موضوعات اولیه در اجرای استفاده مجدد از آب هستند، باید توجه بر روی توسعه رویکردهایی متمرکز شود که اطمینان کافی از برآورده شدن الزامات کیفیت آب به طور مداوم حاصل شود. در مقایسه با سیستم‌های تصفیه فاضلاب معمولی که معمولاً پسابی با کیفیت واحد برای دفع تولید می‌کنند، چالش سیستم‌های احیای آب بیشتر است، زیرا (۱) اهداف کیفیت آب فراتر از محدودیت‌های مشخص شده، سخت‌گیرانه‌تر خواهد بود، (۲) لزوم تولید آب با سطوح کیفی مختلف برای برآورده کردن مصارف مختلف، (۳) ضرورت مقررات ایمنی برای اطمینان از حفظ بهداشت عمومی [۳].

در زمینه احیای آب و استفاده مجدد می‌توان از تجربه‌های پروژه NEWater سنگاپور (مصارف مستقیم غیرشرب و هم مصارف غیر مستقیم آشامیدنی) استفاده کرد که عوامل اصلی و مؤثر بر موفقیت این پروژه شامل:

۱. **حمایت قوی و همه‌جانبه دولت:** پایداری آب، از زمان تشکیل واحد برنامه ریزی آب در سال ۱۹۷۱ تحت دفتر نخست وزیری و طرح جامع آب در سال ۱۹۷۲ برای توسعه منابع آب محلی (شامل استفاده مجدد از آب)، اولویت اصلی دولت بود که سطح بالایی از توجه سیاسی را به خود جلب کرد.

۲. **پروژه‌های مرجع معتبر:** زمانی که NEWater معرفی شد، استفاده مجدد از آب برای بیش از ۲۰ سال در ایالات متحده آمریکا، در مناطقی مانند ویرجینیای شمالی (مخزن Occoquan) و کالیفرنیای جنوبی (ناحیه آبی شهرستان اورنج) با موفقیت انجام شده بود. تجربه مثبت تأسیسات احیای آب در سایر کشورها به عموم مردم اطلاع‌رسانی شد و بر این واقعیت تأکید شد که احیای آب کاری جدید نیست و سابقه موفقیت آمیزی بیش از دو دهه در سایر کشورها داشته است.

۳. **نمایش فناوری(Technology demonstration) در محیط محلی، در کنار ارزیابی‌های جامع ایمنی آب که توسط کارشناسان تأیید شده است:** به منظور در

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-04]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1401.21.9.8.1]
[DOI: 10.52547/jrums.21.9.997]

نظر گرفتن تفاوت‌ها در محیط و ماهیت آب مصرفی، این فناوری در زمینه‌های محلی از طریق یک طرح demonstration (بزرگ‌تر از طرح پایلوت است) آزمایش شد. این به عنوان یک زمینه آموزشی برای کارکنان عمل کرد و فرصت‌هایی را برای حل مسائل عملیاتی و بهینه‌سازی ملاحظات طراحی فراهم کرد. در طول این مدت داده‌های جامع در مورد کیفیت آب و اثرات سلامتی جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد پارامترهای میکروبیولوژیکی برای NEWater بهتر یا قابل مقایسه با آب آشامیدنی معمولی بود. همچنین مشخص شد که هیچ اثر سمی و سرطان‌زایی در موش و ماهی یا اثرات استروژنی روی ماهی وجود ندارد. یک هیئت مشاوره‌ای متشکل از کارشناسان داخلی و خارجی از رشته‌های مختلف مانند مهندسی، میکروبیولوژی، سم‌شناسی، علوم زیست پزشکی و فناوری آب نیز نتایج آزمایش را بررسی کردند، عینیت را ارائه کردند و به افزایش اعتبار یافته‌ها کمک کردند.

۴. **نام‌گذاری یا تغییر تعاریف**: نام "NEWater" با دقت انتخاب شد تا بر استانداردهای بالای آب تصفیه شده تأکید شود که نشان می‌دهد "به خوبی جدید" است. در روشی مشابه، تصفیه خانه‌های فاضلاب به «کارخانه‌های احیای آب» تغییر نام دادند و فاضلاب را «آب مصرف شده» نامیدند، تا با چرخه طبیعی آب مشابهی داشته باشند که در آن، آب مصرف‌شده می‌تواند به NEWater بازچرخانی شود و این می‌تواند مکرراً انجام شود.

۵. **مشارکت گسترده عمومی و جامعه با پیامی ثابت:** دقت فنی که در توسعه NEWater تجسم یافته بود، با مشارکت گسترده عمومی و جامعه تکمیل شد تا مقبولیت آن افزایش یابد و سنگاپوری‌ها متقاعد شوند که استفاده از آن ایمن است. اعضای پارلمان و شوراهای مردمی برای تعامل با جامعه در مورد NEWater با استفاده از نمایشگاه‌ها، پوسترها، بروشورها و تبلیغات توجیه شدند. NEWater بطری شده برای طعم دادن به مردم ارائه شد و در رویدادهای اجتماعی و در رژه روز ملی توزیع شد. پیام ارتباطات عمومی که این فعالیت‌ها را به دنبال داشت، منسجم بود و بر موارد زیر تأکید داشت: الف) استفاده مجدد از آب آشامیدنی با موفقیت در سراسر جهان انجام شده است و چیز جدیدی نیست. ب) فرآیند تصفیه به کار رفته در تولید آن قابل اعتماد و ایمن است. ج) استفاده غیرمستقیم آشامیدنی یک بافر محیطی اضافی را فراهم می‌کند و NEWater یک منبع آب پایدار برای سنگاپور فراهم می‌کند. این پیام هم‌چنان، در برنامه‌های آموزش عمومی در مدارس، در رویدادهای اجتماعی و در مرکز بازدید کنندگان NEWater، که بازوی دیگری از استراتژی مشارکت عمومی بود، منتقل شد. مرکز بازدیدکنندگان NEWater در سال ۲۰۰۳ در یکی از کارخانه‌های NEWater افتتاح شد و به بازدیدکنندگان اجازه می‌دهد

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-04]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1401.21.9.8.1]
[DOI: 10.52547/jrums.21.9.997]

تا روند تصفیه را مشاهده کنند. علاوه بر این، مرکز تورها، کارگاه‌های آموزشی و ویژگی‌های یک نمایش تعاملی را ترتیب می‌دهد، که هدف آن‌ها پر کردن شکاف بین درک عمومی و علم NEWater است.

۶. **مشارکت رسانه‌ای:** قبل از معرفی NEWater، یک سفر مطالعاتی برای خبرنگاران برای بازدید از پروژه‌های استفاده مجدد از آب در خارج از کشور در سال ۲۰۰۲ سازماندهی شد. در نهایت، یک کنفرانس مطبوعاتی با پانل کارشناسان، زمینه‌ای را برای خبرنگاران فراهم کرد تا سؤالات خود را روشن کنند و جزئیات را درک کنند.

۷. **تعامل هدفمند با یکی از صنایع تولیدی سنگاپور:** صنعت نیمه‌رسانا، به ویژه ساخت ویفر، یکی از صنایع تولیدی سنگاپور است که از آب فوق خالص (ultra-pure water: UPW) برای فرآیندهای تولید استفاده می‌کند. به دلیل محتوای آلی و معدنی کم NEWater (مناسب برای فرآیندهای UPW بود) استفاده از آن بی سابقه بود.

۸. **تغییرات سازمانی برای مدیریت یکپارچه آب:** هیأت خدمات عمومی(Public Utilities Board:PUB) در سال ۲۰۰۱ احیاء شد تا یک آژانس واحد، تمام جنبه‌های چرخه آب را به صورت یکپارچه مدیریت کند. PUB وظایف وزارت محیط زیست در خصوص کاربرد آب مصرفی و زهکشی را بر عهده گرفت و جدایی بین تأمین آب و تصفیه آب مصرفی را حذف کرد. این امر به تسهیل پیاده‌سازی و گسترش سیستم تامین NEWater کمک کرد [۱۳].

با توجه به برنامه هفتم توسعه (برنامه‌ریزی برای دستیابی به سایر آب‌ها و بازچرخانی آب‌های صنعتی و پسآب) برای اجرای طرح‌های احیای فاضلاب و استفاده مجدد نیاز به سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب و زیرساخت‌های تصفیه‌ای وجود دارد و این مورد در کشور ما به عنوان یکی از محدودیت‌های استقرار نظام مدیریت یکپارچه منابع آب کشور است. بنابراین، برای اجرای برنامه بازچرخش و استفاده مجدد از آب‌های صنعتی و پساب لازم است که:

۱. مشوق‌های مالی و زیست‌محیطی جهت اصلاح و به روزرسانی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب‌های صنعتی و شهری، جهت تولید پسابی با استانداردهای مناسب برای استفاده مجدد از آب، ارائه شود.

۲. . تأسیسات تصفیه فاضلاب غیر متمرکز (satellite) برای استفاده مجدد از آب استفاده و به کارگیری شود. به ویژه در مجتمع‌های تجاری و مسکونی بزرگ و استفاده مجدد از آب حاصله برای آبیاری فضای سبز، آب خنک‌کننده‌ها و فلاش‌تانک توالت.

۳. آموزش و آگاهی‌بخشی به مدیران، ذینفعان و مردم در خصوص احیای فاضلاب و استفاده مجدد از آب به صورت فراگیر ارائه شود.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-04]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1401.21.9.8.1]
[DOI: 10.52547/jrums.21.9.997]

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-04]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1401.21.9.8.1]

[DOI: 10.52547/jrums.21.9.997]

References

[1] Katsoyiannis IA, Gkotsis P, Castellana M, Cartechini F, Zouboulis AI. Production of demineralized water for use in thermal power stations by advanced treatment of secondary wastewater effluent. *J Environ Manage* 2017; 190: 132-9.

[2] Kim S, Nam S-N, Jang A, Jang M, Park CM, Son A, et al. Review of adsorption–membrane hybrid systems for water and wastewater treatment. *Chemosphere* 2022; 286: 131916.

[3] Asano T, Burton F, Leverenz H, Tsuchihashi R, Tchobanoglous G. Water reuse: issues, technologies, and applications-Metcalf & Eddy | AECOM: McGraw-Hill Education; 2007.

[4] Ribera-Pi J, Badia-Fabregat M, Arias D, Gómez V, Taberna E, Sanz J, et al. Coagulation-flocculation and moving bed biofilm reactor as pre-treatment for water recycling in the petrochemical industry. *Sci Total Environ* 2020;715:136800.

[5] Saeidi M, Biglari H, Baneshi MM, Narooie M, Dargahi A, Mobini M, et al. Feasibility study of reusing the sewage of the wastewater treatment plant in torbat-e heydarieh. *Pollut Res* 2017; 36: 456-61.

[6] Racar M, Dolar D, Špehar A, Košutić K. Application of UF/NF/RO membranes for treatment and reuse of rendering plant wastewater. *Saf Environ Prot* 2017; 105: 386-92.

[7] Mostafazadeh AK, Benguit AT, Carabin A, Drogui P, Brien E. Development of combined membrane filtration, electrochemical technologies, and adsorption processes for treatment and reuse of laundry wastewater and removal of nonylphenol ethoxylates as

surfactants. *J Water Process Eng* 2019; 28: 277-92.

[8] Choi J, Im S-J, Jang A. Application of a volume retarded osmosis–low pressure membrane hybrid process for treatment of acid whey. *Chemosphere* 2019; 219: 261-7.

[9] Ćurić I, Dolar D, Bošnjak J. Reuse of textile wastewater for dyeing cotton knitted fabric with hybrid treatment: Coagulation/sand filtration/UF/NF-RO. *J Environ Manage* 2021; 295: 113133.

[10] Pérez G, Gómez P, Ortiz I, Urtiaga A. Techno-economic assessment of a membrane-based wastewater reclamation process. *Desalination* 2022; 522: 115409.

[11] Yang B, Huang C, Lai W, Chang C, Kao C. Development of a three-stage system for the treatment and reclamation of wastewater containing nano-scale particles. *Desalination* 2012; 284: 182-90.

[12] Çermikli E, Şen F, Altıok E, Wolska J, Cyganowski P, Kabay N, et al. Performances of novel chelating ion exchange resins for boron and arsenic removal from saline geothermal water using adsorption-membrane filtration hybrid process. *Desalination* 2020; 491: 114504.

[13] NEWater in Singapore. Available at: https://globalwaterforum.org/2018/01/15/newater-in-singapore/ . accessed in: 2022/11/20.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-04]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1401.21.9.8.1]

[DOI: 10.52547/jrums.21.9.997]

Water Reclamation and Reuse: with the Emphasis on the 7th Development Plan (Planning to Access Other Waters and Recycling Industrial Water and Effluent)

Mohammad Mobini Lotfabad[1], Abbas Khodabakhshi[2]

Today, wastewater reclamation and reuse for different applications is considered as a suitable and economically attractive approach to deal with the main issue of water scarcity. Water reclamation includes wastewater treatment or processing in order to make it suitable for reuse with the reliability of treatment and compliance with water quality criteria. Water reuse is defined as the use of treated wastewater for useful purposes. Health and environmental concerns are primary issues in the implementation of water reuse, so the focus should be on developing approaches that provide sufficient assurance that water quality requirements are consistently met. Considering the importance of water reclamation and reuse, in this article, some methods of water reclamation, the successful experience of water reclamation in Singapore, and a proposed solution for water reclamation and reuse in our country, Iran, have been discussed.

Key words: Water reclamation, Reuse, Hybrid processes, 7th Developmenet Plan, Iran

How to cite this article: Mobini Lotfabad Mohammad, Khodabakhshi Abbas. Water Reclamation and Reuse: with the Emphasis on the 7th Development Plan (Planning to Access Other Waters and Recycling Industrial Water and Effluent). *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2022; 21 (9): 997-1004. [Farsi]

1- PhD Student in Environmental Health Engineering, Dept. of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Science, Shahrekord, Iran; Pistachio Safety Research Center, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran

2- Associate Prof. of Environmental Health Engineering, Dept. of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Science, Shahrekord, Iran, ORCID: 0000-0002-5414-6385

(Corresponding Author) Tel: (038) 33334251, Fax: (038) 33334678, E-mail: khodabakhshi16@gmail.com

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-06-04]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1401.21.9.8.1]

[DOI: 10.52547/jrums.21.9.997]