

# پساب

## منبع بهره‌برداری نشده



انديشكده تدبير آب ايران  
انجمن سازان، مهندسان و متخصصان آب و فاضلاب

به نام نردان بخشاینده



# پساب، منبع بهره‌برداري نشده

نوشتار حاضر ترجمه‌ای است از:

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2017. *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO. **Executive Summary**.

طراحی و صفحه‌بندی: دبیرخانه اندیشکده تدبیر آب ایران

چاپ اول: شهریور ۹۶

کلیه حقوق این مقاله، محفوظ و متعلق به اندیشکده تدبیر آب ایران است. استفاده از مطالب با ذکر مأخذ بلا مانع است. دیدگاه‌های طرح‌شده در این نوشتار، لزوماً به معنای دیدگاه‌های اندیشکده تدبیر آب ایران نیست.

نشانی: تهران. خیابان کریمخان. خیابان نجات‌اللہی شمالی. روبروی بیمارستان یاس. پلاک ۲۱۲. طبقه ۴. واحد ۴.

تلفن: ۸۸۹۴۷۴۰۰ - ۸۸۹۴۷۳۰۰

[www.iwpri.ir](http://www.iwpri.ir)



اندیشکده تدبیر آب ایران  
اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی کرمان



## فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ۱
- ۲- آب در جهان: موجودی و کیفیت ۲
- ۳- پساب: روندهای جهانی ۳
- ۴- پساب، دفع بهداشتی و دستور کار توسعه پایدار ۴
- ۵- چالش‌های حکمرانی ۵
- ۶- جنبه‌های فنی چرخه مدیریت پساب ۶
- ۶-۱- پیشگیری یا کاهش آلودگی در مبدأ ۶
- ۶-۲- جمع‌آوری و تصفیه پساب ۷
- ۶-۳- استفاده از پساب به عنوان یک منبع جایگزین برای تأمین آب ۸
- ۶-۴- بازیابی فرآورده‌های جانبی مفید ۹
- ۷- پساب شهری ۱۰
- ۸- صنعت ۱۱
- ۹- کشاورزی ۱۲
- ۱۰- وضعیت منطقه‌ای ۱۳
- ۱۱- ایجاد محیط مساعد برای تغییر ۱۵
- ۱۱-۱- چارچوب‌های حقوقی و مقرراتی مناسب ۱۵
- ۱۱-۲- بازیابی هزینه و ساز و کارهای مناسب تأمین مالی ۱۶
- ۱۱-۳- به حداقل رساندن ریسک‌ها برای مردم و محیط‌زیست ۱۷
- ۱۱-۴- ارتقای دانش و ظرفیت ۱۸
- ۱۱-۵- آگاهی عمومی و پذیرش اجتماعی ۱۹
- ۱۲- سخن پایانی ۱۹



## ۱- مقدمه

بیشتر فعالیت‌های انسانی که مصرف‌کننده آب هستند، تولیدکننده پساب نیز به شمار می‌آیند. به نسبتی که تقاضا برای آب رشد می‌کند، کمیت پساب تولیدشده و بار آلودگی آن نیز پیوسته افزایش می‌یابد.

در بیشتر نقاط جهان، غیر از پیشرفته‌ترین کشورها، بخش اعظم پساب بدون تصفیه کافی مستقیماً در محیط‌زیست تخلیه می‌شود. چنین وضعیتی، اثرات مخربی بر سلامت انسان، بهره‌وری اقتصادی، کیفیت منابع آب شیرین و اکوسیستم‌ها دارد.

با اینکه پساب، مؤلفه‌ای مهم از چرخه مدیریت آب به شمار می‌آید، آب پس استفاده، غالباً در دوسری دیده می‌شود که باید از دست آن خلاص شد. اکنون نتایج این بی‌اعتنایی آشکار شده‌اند. اثرات منفی شامل تباهی اکوسیستم‌های آبی و بیماری‌های انتقال‌یافته از آب آلوده، پیامدهای گسترده‌ای برای رفاه جوامع محلی و امرار معاش افراد دارد. استمرار بی‌توجهی در موضوع پساب به عنوان یک مشکل عمده اجتماعی و زیست‌محیطی، به تلاش‌ها برای تحقق دستور کار ۲۰۳۰ توسعه پایدار آسیب خواهد زد.

در مواجهه با رشد مستمر تقاضا، پساب به عنوان منبع جایگزین و قابل اعتماد آب اهمیت می‌یابد، و پارادایم مدیریت پساب را از «تصفیه و دفع» به «استفاده مجدد، بازچرخانی و بازیابی» تغییر می‌دهد. در این نگاه، پساب دیگر یک مشکل که نیازمند راه‌حل است دیده نمی‌شود، بلکه بخشی از راه‌حل چالش‌هایی به شمار می‌آید که جوامع امروز با آن روبرو هستند.

پساب می‌تواند یک منبع کارآمد از نظر هزینه و پایدار برای انرژی، مواد مغذی، ماده اُرگانیک و دیگر محصولات جانبی مفید نیز باشد. منافع بالقوه استخراج چنین محصولاتی از پساب، از سلامت انسان و محیط‌زیست فراتر می‌رود، و در موضوعات امنیت غذا و انرژی و نیز تخفیف آثار ناشی از تغییر اقلیم نیز



نقش آفرین می‌شود. در اقتصاد گردشی<sup>۱</sup>، که در پی توازن میان توسعه اقتصادی و حفاظت منابع طبیعی و پایداری زیست‌محیطی است، پساب منبعی ارزشمند و به شکل گسترده در دسترس به شمار می‌آید.

این دورنما مسلماً خوش‌بینانه است، به شرط آنکه اکنون دست به کار شد.

## ۲- آب در جهان: موجودی و کیفیت

پیش‌بینی می‌شود تقاضای آب در سطح جهان در دهه‌های آتی به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. افزون بر بخش کشاورزی، که ۷۰ درصد برداشت جهانی آب را در اختیار دارد، پیش‌بینی می‌شود تقاضای آب در صنعت و تولید انرژی نیز شاهد افزایش قابل ملاحظه خواهد بود. شهرنشینی شتابان و گسترش تأمین آب شهری و سامانه‌های دفع بهداشتی فاضلاب نیز در افزایش تقاضا سهیم هستند.

سناریوهای تغییر اقلیم، تشدید نوسانات زمانی و مکانی پویایی چرخه آب را پیش‌بینی می‌کنند، در نتیجه شکاف میان عرضه و تقاضای آب به شکل فزاینده‌ای تشدید می‌شود. احتمالاً در برخی حوضه‌های آبریز، فراوانی و شدت سیل‌ها و خشکسالی‌ها تغییر خواهد کرد. خشکسالی می‌تواند پیامدهای بسیار مهم اجتماعی-اقتصادی و زیست‌محیطی داشته باشد. بحران سوریه در میان سایر عوامل، متأثر از خشکسالی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ بوده است.

در حال حاضر دوسوم جمعیت جهان در مناطقی زندگی می‌کنند که کمیابی آب را حداقل یک ماه در سال تجربه می‌کنند. حدود ۵۰۰ میلیون نفر در

---

<sup>1</sup> Circular economy

به رویکردی در اقتصاد صنعتی گفته می‌شود که هدف اصلی، عدم تولید پسماند و آلودگی، محافظت از محیط‌زیست و همزمان دستیابی به اقتصادی پایدار است.

مناطق زندگی می کنند که مصرف آب از منابع تجدیدپذیر آب، با سرعت دو برابر پیشی می گیرد. نواحی فوق العاده آسیب پذیر، که منابع تجدیدناپذیر (برای نمونه آب زیرزمینی فسیلی) آنها همچنان در حال کاهش است، وابستگی زیادی به انتقال آب از نواحی پر آب پیدا کرده اند و با جدیت به دنبال منابع قابل جایگزین هستند.

موجودی منابع آب نیز پیوند ذاتی با کیفیت آب دارد، چون با آلوده شدن آب نمی توان از آن برای مصارف مختلف استفاده کرد. افزایش تخلیه پساب تصفیه نشده، در ترکیب با رواناب کشاورزی و پساب ناکافی تصفیه شده صنایع، سبب تنزل کیفیت آب شده است. اگر روندهای کنونی ادامه یابد، تنزل کیفیت آب در دهه های آتی، به ویژه در کشورهای فقیر از منبع در نواحی خشک، ادامه خواهد یافت. در نتیجه، سلامت انسان و اکوسیستم ها با تهدید بیشتری روبرو می شود، و کمیابی آب را تشدید و توسعه اقتصادی را محدود می سازد.

### ۳- پساب: روندهای جهانی

به طور متوسط، کشورهای پردرآمد حدود ۷۰ درصد پساب شهری و صنعتی خود را تصفیه می کنند. این نسبت در کشورهای با درآمد متوسط به بالا به ۳۸ درصد و در کشورهای درآمد متوسط به پائین به ۲۸ درصد کاهش می یابد. در کشورهای کم درآمد، تنها ۸ درصد به شکل های گوناگون تصفیه می شود. این برآوردها تأیید می کنند که در سطح جهان، بیش از ۸۰ درصد کل پساب بدون تصفیه تخلیه می شود.

در کشورهای پردرآمد، انگیزه تصفیه پیشرفته پساب، حفظ کیفیت محیط زیست، یا فراهم آوردن منبع جایگزین آب در شرایط کمیابی آب است. با این همه، رهاسازی پساب تصفیه نشده، به ویژه در کشورهای در حال توسعه،

به سبب فقدان زیرساخت، ظرفیت فنی و نهادی، و تأمین مالی همچنان معمول است.

#### ۴- پساب، دفع بهداشتی و دستور کار توسعه پایدار

بهره‌مندی از خدمات ارتقایافته دفع بهداشتی می‌تواند نقش مهمی در کاهش ریسک‌های سلامت داشته باشد. تصفیه ارتقایافته پساب، منافع دیگری نیز برای سلامت دارد. از سال ۱۹۹۰، ۲/۱ میلیارد نفر به امکانات ارتقایافته دفع بهداشتی دسترسی یافته‌اند، ولی هنوز ۲/۴ میلیارد نفر از خدمات دفع بهداشتی فاضلاب محرومند و نزدیک به ۱ میلیارد نفر در جهان در فضای آزاد اجابت مزاج می‌کنند.

با این همه، افزایش پوشش دفع بهداشتی فاضلاب لزوماً به معنای ارتقای مدیریت پساب یا ایمنی سلامت عمومی نیست. تنها ۲۶ درصد از دفع بهداشتی فاضلاب شهری و ۳۴ درصد فاضلاب روستایی و خدمات پساب به شکل مؤثری از تماس انسان با عفونت در امتداد زنجیره کل دفع بهداشتی فاضلاب جلوگیری می‌کند و بنابراین می‌توان گفت به شکل ایمن مدیریت می‌شود.

بر پایه تجربه هدف‌های توسعه هزاره، دستور کار ۲۰۳۰ برای توسعه پایدار هدف‌گذاری جامع‌تری برای آب تعریف کرده است، و از مسائل تأمین آب و دفع بهداشتی پساب فراتر می‌رود. هدف ۶-۳ از این قرار است: تا سال ۲۰۳۰، ارتقای کیفیت آب با کاهش آلودگی، حذف انباشت و به حداقل رساندن رهاسازی مواد شیمیایی و مواد خطرناک، به نیم‌رساندن نسبت پساب تصفیه‌نشده و افزایش اساسی در بازچرخانی و استفاده مجدد ایمن. سطح بسیار پائین تصفیه پساب، نیاز فوری برای ارتقای تکنولوژیکی و گزینه‌های استفاده مجدد ایمن آب را برای پشتیبانی تحقق این هدف آشکار می‌کند. تلاش‌های لازم برای تحقق این هدف، بار مالی بیشتری برای کشورهای کم‌درآمد و

درآمد متوسط پائینی خواهد داشت، و آنان را در مقایسه با کشورهای پر درآمد و درآمد متوسط بالایی در محرومیت اقتصادی قرار می‌دهد.

## ۵- چالش‌های حکمرانی

منافع حاصل از مدیریت ضایعات انسانی برای جامعه قابل توجه است؛ هم برای سلامت عمومی و هم برای محیط‌زیست. میزان بازگشت هزینه به ازای هر دلار صرف شده برای دفع بهداشتی فاضلاب برای جامعه، ۵/۵ دلار برآورد شده است.

غلبه بر دشواری‌های عملی پیاده‌سازی مقررات کیفیت آب می‌تواند چالش ویژه‌ای باشد. به منظور تحقق هدف‌های ارتقای کیفیت آب و حفاظت منابع آب، افراد و سازمان‌های مسئول در مورد جنبه‌های گوناگون مدیریت پساب باید مطابق منافع جمعی عمل نمایند. منافع تنها زمانی محقق می‌شود که همه افراد از قواعد حفاظت منابع آب در برابر آلودگی پیروی نمایند.

مشارکت شهروندان در تصمیم‌گیری در تمام سطوح، کمک بزرگی به پیشبرد هدف‌ها خواهد بود. این کار تصمیمات درباره اینکه چه نوع تأسیسات دفع بهداشتی فاضلاب مطلوب و قابل قبول است، و چگونگی تأمین بودجه مطمئن و نگهداری در درازمدت را شامل می‌شود. به ویژه، بهره‌مندساختن گروه‌های به حاشیه رانده شده، اقلیت‌های قومی و مردمانی که در فقر شدید به سر می‌برند، در نواحی روستایی دوردست یا در سکونت‌گاه‌های شهری غیر رسمی اهمیت دارد. همچنین دخالت دادن زنان، اهمیت اساسی دارد، چون آنان فشار ناشی از پیامدهای سلامت ناشی از مدیریت نایمن فضولات انسانی را بر دوش می‌کشند.

## ۶- جنبه‌های فنی چرخه مدیریت پساب

پساب تقریباً از ۹۹ درصد آب و ۱ درصد جامدات معلق، کولوئیدی و محلول تشکیل می‌شود.

پیامدهای رهاسازی پساب تصفیه‌نشده یا کم‌تصفیه‌شده را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: الف) اثرات زیان‌آور برای سلامت انسان؛ ب) اثرات منفی زیست‌محیطی؛ و ج) نتایج نامطلوب برای فعالیت‌های اقتصادی.

کنترل و اعمال مقررات در مورد جریان‌های گوناگون پساب، هدف نهایی مدیریت پساب است. چرخه مدیریت پساب را می‌توان به چهار مرحله پایه و به هم مرتبط تفکیک نمود:

### ۶-۱- پیشگیری یا کاهش آلودگی در مبدأ

رویکردهای کنترل آلودگی آب که بر پیشگیری و حداقل‌سازی پساب تمرکز داشته باشد، هر جا امکان‌پذیر باشد باید نسبت به تصفیه رایج که در مراحل انتهایی صورت می‌گیرد اولویت داشته باشد. این رویکردها شامل ممانعت یا کنترل استفاده از آلاینده‌های معین به منظور حذف یا محدودسازی ورود آنها به جریان‌های پساب از طریق مقررات، تدابیر فنی و/یا دیگر ابزارها است. اقدامات ترمیمی برای پاکسازی مکان‌های آلوده‌شده و پیکره‌های آبی معمولاً بسیار گران‌تر از اقدامات پیشگیری از وقوع آلودگی هستند.

برای پیشبرد این هدف، پایش و گزارش‌دهی تخلیه آلاینده در محیط‌زیست و کیفیت آب محیط لازم هستند. اگر اندازه‌گیری صورت نگیرد، نمی‌توان مشکل را تعریف و اثربخشی سیاست‌ها را ارزیابی کرد.

## ۶-۲- جمع‌آوری و تصفیه پساب

دفع پساب‌های بیماری‌زا به شیوه مرکزی، همچنان روش رایج دفع و تفکیک پساب خانگی، تجاری و صنعتی است. در سطح جهان حدود ۶۰ درصد مردم به شبکه فاضلاب متصل هستند (با اینکه در عمل تنها کسر کوچکی از پساب جمع‌آوری شده تصفیه می‌شود). دیگر گزینه‌های دفع بهداشتی، مانند سامانه‌های برجا<sup>۱</sup>، برای نواحی روستایی و محیط‌های کم‌جمعیت به خوبی مناسب است، ولی ممکن است مدیریت آن در محیط‌های متراکم شهری، پرهزینه و دشوار باشد.

امروزه سامانه‌های بزرگ‌مقیاس و متمرکز تصفیه پساب در برخی کشورها ممکن است پایدارترین گزینه برای مدیریت آب شهری نباشد. استفاده از سامانه‌های نامتمرکز تصفیه پساب، که گروه‌های کوچکتری را پوشش می‌دهند، روند رو به افزایشی در جهان داشته‌اند. این سامانه‌ها بازیافت مواد مغذی و انرژی، صرفه‌جویی در آب شیرین و کمک به دسترسی مطمئن به آب در زمان‌های کم‌آبی را امکان‌پذیر می‌سازند. برآورد شده است که هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای این قبیل تأسیسات تصفیه تنها ۲۰ تا ۵۰ درصد تصفیه‌خانه‌های متعارف است، و حتی هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری (در طیف ۵ تا ۲۵ درصد تصفیه‌خانه‌های متعارف لجن فعال) پائین‌تر است.

سامانه‌های کم‌هزینه جمع‌آوری پساب، از بهترین روش‌ها برای استفاده در محلات با تمام سطوح درآمد به شمار می‌آید. این سامانه‌ها با سامانه‌های استفاده‌شده در طراحی سنتی حمل‌پساب متفاوت هستند و بر این مبنا طراحی می‌شوند که پساب عاری از جامدات را انتقال دهند. این سامانه‌ها به دست جامعه محلی مدیریت می‌شوند و برای بسط و گسترش سامانه‌های موجود یا

<sup>1</sup> On-site system

اتصال جوامع اقماری به سامانه‌های متمرکز بسیار مناسب هستند. همچنین در محیط‌های اسکان پناهجویان استفاده شده‌اند. یکی از اشکالات آنها این است که برای زهکشی آب باران مناسب نیستند.

اکوسیستم‌ها می‌توانند از نظر فراهم آوردن خدمات مقرون به صرفه تصفیه فاضلاب اثربخش باشند، به این شرط که سالم باشند، بار آلاینده (و نوع آلاینده‌ها) موجود در پساب مشمول مقررات باشد و از ظرفیت جذب آلودگی اکوسیستم عبور نشده باشد.

### ۳-۶- استفاده از پساب به عنوان یک منبع جایگزین برای تأمین آب

استفاده از پساب تصفیه‌نشده یا رقیق‌شده برای آبیاری، سابقه درازی دارد. آب بازیافتی نیز فرصت‌هایی را برای تأمین پایدار و مطمئن آب برای صنایع و شهرها فراهم می‌آورد، به ویژه در شرایطی که شمار رو به رشدی از شهرها بر منابع دورتر/ یا جایگزین آب برای تأمین تقاضای فزاینده اتکا دارند.

به طور کلی، استفاده مجدد آب، اگر مکان استفاده مجدد به نقطه تولید نزدیک باشد، به یک گزینه توجیه‌پذیرتر از نظر اقتصادی تبدیل می‌شود. تصفیه پساب تا کیفیتی که برای مصرف‌کننده قابل قبول باشد (یعنی تصفیه مطابق نوع مصرف) پتانسیل بازیابی هزینه را افزایش می‌دهد. استفاده از پساب، زمانی که قیمت‌های آب شیرین نیز هزینه فرصت استفاده از آب شیرین را منعکس سازد و بهای آلودگی، هزینه حذف آلاینده‌ها از پساب را بازتاب دهد، رقابتی‌تر می‌شود.

استفاده برنامه‌ریزی‌شده از پساب تصفیه‌شده (و تا اندازه‌ای تصفیه‌شده) برای خدمات اکوسیستم می‌تواند کارآیی منبع را افزایش دهد و منافی را برای اکوسیستم‌ها به شکل کاهش برداشت آب شیرین، بازچرخانی و استفاده مجدد

از مواد مغذی، امکان ادامه بقای شیلات و دیگر اکوسیستم‌های آبی با حداقل کردن آلودگی آب، و تغذیه آبخوان‌های خالی‌شده را فراهم آورد.

#### ۴-۶- بازیابی فرآورده‌های جانبی مفید

از پتانسیل فراوان پساب به عنوان یک منبع برای تولید انرژی و مواد مغذی نیز کمتر بهره‌برداری شده است.

انرژی می‌تواند به شکل بیوگاز، برای گرمایش / سرمایش و تولید برق بازیابی شود. تکنولوژی‌هایی برای بازیابی انرژی در محل از طریق فرایندهای تصفیه لجن / بیوجامدات و یکپارچه با تصفیه‌خانه‌های فاضلاب وجود دارد. بدین ترتیب، این قبیل تأسیسات می‌توانند از مصرف‌کنندگان عمده انرژی به خنثی‌بودن انرژی، یا حتی به تولیدکنندگان انرژی تبدیل شوند. بازیابی انرژی همچنین می‌تواند به تأسیسات در کاهش هزینه‌های عملیاتی و رد پای کربن کمک کند، و افزایش جریان درآمدی را در قالب ساز و کار اعتبار کربن و مبادله کربن امکان‌پذیر می‌سازد. همچنین فرصت‌هایی برای بازیابی ترکیبی انرژی و مواد مغذی وجود دارد. بازیابی انرژی در بیرون از محل، با خاکسترسازی لجن در تأسیسات مرکزی از طریق فرایندهای حرارتی تصفیه صورت می‌گیرد.

تکنولوژی‌های بازیابی نیتروژن و فسفر از فاضلاب یا لجن فاضلاب در حال پیشرفت است. بازیابی فسفر در تأسیسات تصفیه در محل، مانند مخزن‌های فاضلاب<sup>۱</sup> و توالت‌ها با تبدیل لجن فاضلاب به کود ارگانیک یا ارگانیک-معدنی می‌تواند از نظر فنی و مالی توجه‌پذیر باشد. افزون بر این، ریسک آلاینده شیمیایی در لجن دفعی، نسبتاً پائین‌تر از بیوجامدات فاضلاب است.

---

<sup>1</sup> Septic tank



به نظر می‌رسد که جمع‌آوری و استفاده از اوره به مؤلفه فزاینده مهمی در مدیریت اکولوژیکی پساب تبدیل خواهد شد، چون حاوی ۸۸ درصد نیتروژن و ۶۶ درصد فسفر یافت شده در فضولات انسانی است. این دو، اجزای اساسی رشد گیاه هستند. با پیش‌بینی کمیاب‌شدن یا حتی اتمام منابع معدنی فسفر در دهه‌های آتی، بازیابی آن از پساب جایگزین واقع‌بینانه و شدنی به شمار می‌آید.

### ۷- پساب شهری

ترکیب پساب شهری، بازتاب طیف آلاینده‌های مختلف از منابع گوناگون خانگی، صنعت، تجاری و نهادی می‌تواند به شکل قابل ملاحظه‌ای تغییر کند. پساب حاصل از منابع خانگی معمولاً عاری از مواد خطرناک است، ولی نگرانی‌های رو به رشدی درباره آلاینده‌های نوظهور مانند داروهای پر استفاده وجود دارد. وجود آنها حتی در غلظت‌های کم، ممکن است اثرات درازمدت داشته باشد.

رشد شتابان شهری، چالش‌های مختلفی پدید می‌آورد، از جمله افزایش چشمگیر در تولید پساب شهری. با این همه، این رشد نیز فرصت‌هایی برای کنار گذاشتن راه و رسم‌های گذشته مدیریت آب و اتخاذ رویکردهای نوآورانه، شامل استفاده از پساب تصفیه‌شده و فرآورده‌های جانبی فراهم می‌آورد.

تولید پساب یکی از بزرگترین چالش‌های رشد سکونت‌گاه‌های غیر رسمی در کشورهای در حال توسعه به شمار می‌آید. در سال ۲۰۱۲ در مقایسه با سال ۲۰۰۰، حاشیه‌نشینان بیشتری وجود داشت، و این روند احتمالاً در آینده نیز ادامه خواهد یافت. حاشیه‌نشینان مجبورند از توالت‌های عمومی فاقد سیستم دفع فاضلاب استفاده کنند، از فضاهای باز استفاده کنند یا مدفوع را در کیسه‌های پلی‌اتیلنی دفع کنند (برای نمونه توالت‌های سیار). به سبب فقدان آب، نگهداری

ضعیف، و هزینه آن برای استفاده کنندگان، از توالت‌های عمومی در سطح گسترده استفاده نمی‌شود. یافتن مکان مناسب برای رفتن به توالت به ویژه برای زنان، به سبب ریسک‌های مرتبط با امنیت شخصی، آزار جنسی و بهداشتی مشکل‌آفرین است.

## ۸- صنعت

سمی بودن، تحرک و بارگذاری آلاینده‌های صنعتی اثرات بالقوه مهم‌تری بر منابع آب، سلامت انسان و محیط زیست نسبت به حجم واقعی پساب دارد. گام نخست، حداقل نگاه‌داشتن حجم و سمیت آلودگی در مبدأ است، از طراحی تا بهره‌برداری و نگهداری. این کار شامل جایگزینی با مواد اولیه سازگار با محیط‌زیست و مواد شیمیایی زیست‌تجزیه‌پذیر<sup>۱</sup> در فرایندها، و نیز آموزش و تربیت افراد برای پرداختن به مسائل مرتبط با آلودگی است. گام دوم، بازچرخانی هر چه بیشتر آب در کارگاه‌ها و کارخانه‌ها است، تا میزان تخلیه به حداقل برسد.

بنگاه‌های کوچک و متوسط و صنایع غیر رسمی غالباً پساب خود را در سامانه‌های شهری یا مستقیماً به محیط تخلیه می‌کنند. صنایعی که به سامانه‌های شهری یا آب سطحی تخلیه می‌کنند، باید مقررات تخلیه پساب را رعایت کنند تا مجازات نشوند. از این رو در برخی موارد، تصفیه در کارخانه پیش از رهاسازی، اجباری است. با این همه برای صنایع گاهی ممکن است پرداخت جریمه نسبت به سرمایه‌گذاری برای تصفیه به منظور رعایت مقررات، اقتصادی‌تر باشد.

---

<sup>1</sup> Biodegradable

یکی از فرصت‌های درخور توجه برای استفاده و بازچرخانی پساب صنعتی، همکاری میان کارخانه‌ها در قالب تبادل باطله یا فرآورده‌های جانبی است. این کار به بهترین شکل در اکوپارک‌های صنعتی دیده می‌شود. در این پارک‌ها صنایع در مجاور دیگری به گونه‌ای قرار می‌گیرند که از مزیت جریان‌های گوناگون پساب و بازچرخانی فرآورده‌های جانبی بهره‌برداری کنند. در بنگاه‌های کوچک و متوسط، این کار می‌تواند راه مهمی برای صرفه‌جویی در هزینه‌های تصفیه پساب باشد.

### ۹- کشاورزی

در نیم قرن گذشته، مساحت اراضی آبیاری شده بیش از دو برابر، مجموع دام بیش از سه برابر و آبی‌پروری بیش از ۲۰ برابر شده است.

آلودگی آب ناشی از کشاورزی زمانی پدید می‌آید که کودها و دیگر مواد شیمیایی، بسیار بیشتر از توان جذب گیاه استفاده شود یا زمانی که با آب شسته می‌شوند. آبیاری کارآمد می‌تواند به میزان زیادی اتلاف آب و کود را کاهش دهد. مواد مغذی نیز می‌تواند با تولید دامی و آبی‌پروری آزاد شود.

کشاورزی می‌تواند منبع چندین نوع آلاینده دیگر نیز باشد، مانند ماده اُرگانیک، پاتوژن‌ها، فلزات و آلاینده‌های نوظهور. در ۲۰ سال گذشته، آلاینده‌های جدید کشاورزی، مانند آنتی‌بیوتیک‌ها، واکسن‌ها، محرک‌های رشد و هورمون‌ها پدید آمده‌اند که ممکن است از دامداری‌ها و آبی‌پروری آزاد شود.

اگر پساب خانگی به اندازه کافی تصفیه و با اطمینان استفاده شود، منبع ارزشمند آب و نیز مواد مغذی است. استفاده مجدد از آب، افزون بر بهبود امنیت غذایی، می‌تواند منافع قابل توجهی برای سلامت، شامل تغذیه بهتر داشته باشد. استفاده از

پساب شهری الگوی رایجی در کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا، استرالیا، و کشورهای مدیترانه، و نیز در چین، مکزیک، و ایالات متحده امریکا است. این راه و رسم در نواحی شهری و حومه شهرها بیشترین موفقیت را داشته است. در این نواحی، جایی که پساب به آسانی در دسترس، و معمولاً رایگان است، و بازار محصولات کشاورزی وجود دارد.

#### ۱۰- وضعیت منطقه‌ای

یکی از چالش‌های مهم درباره پساب در آفریقا، فقدان زیرساخت جمع‌آوری و تصفیه است که به آلودگی منابع غالباً محدود آب سطحی و زیرزمینی منجر می‌شود. شهرهای آفریقا به سرعت در حال رشد هستند، و نظام‌های کنونی مدیریت آب نمی‌تواند همپای تقاضای رو به رشد حرکت کند. با این همه، این وضعیت فرصت‌هایی را برای مدیریت بهتر پساب شهری، با استفاده از تکنولوژی‌های چندمنظوره برای استفاده مجدد آب و بازیابی فرآورده‌های جانبی مفید فراهم می‌آورد. لازم است برای متقاعد کردن سیاست‌گذاران درباره «هزینه چشمگیر دست به کار نشدن» از نظر توسعه اجتماعی اقتصادی، کیفیت محیط زیست و سلامت انسان اقداماتی صورت گیرد.

استفاده از پساب‌هایی که مطمئن تصفیه شده باشد، به راهکاری برای افزایش موجودی آب در چندین کشور عربی تبدیل شده است و مؤلفه‌ای مهم را در برنامه‌های مدیریت منابع آب تشکیل می‌دهد. در سال ۲۰۱۳، ۷۱ درصد از پساب جمع‌آوری شده در کشورهای عربی تا حد مطمئن تصفیه شده است. از این مقدار، ۲۱ درصد برای آبیاری و تغذیه آب زیرزمینی استفاده می‌شود. مدیریت یکپارچه منابع آب و رویکردهایی که پیوندها میان آب، انرژی، غذا و تغیر اقلیم را در نظر می‌گیرند، چارچوبی را برای استفاده از فرصت‌های

پشتیبانی جمع آوری، انتقال، تصفیه و استفاده ارتقایافته از پساب در کشورهای عربی از دید امنیت آب فراهم می آورد.

محصولات جانبی حاصل از پساب خانگی، از قبیل نمک، نیتروژن و فسفر، ارزش بالقوه اقتصادی دارند و می تواند برای بهبود معیشت در منطقه آسیا-پاسفیک استفاده شود. تجربه های به دست آمده در جنوب شرق آسیا نشان داده است که درآمد حاصل از محصولات جانبی پساب، مانند کود، به شکل قابل ملاحظه ای بیشتر از هزینه های بهره برداری سامانه هایی است که فرآورده های جانبی را از پساب استخراج می کنند، و شاهدهی است بر اینکه بازیابی مواد از پساب، کسب و کار شدنی و سودآور است. کارهای بیشتری باید در این منطقه برای پشتیبانی از دولت ها در مدیریت پساب شهری و کسب منافع از آن انجام شود.

سطح بهره مندی از خدمات دفع بهداشتی پساب در منطقه اروپا و شمال امریکا نسبتاً بالا است (۹۵ درصد) و میزان تصفیه پساب در ۲۰-۱۵ سال اخیر بهبود یافته است. با اینکه تصفیه تا مرحله سوم نیز پیشرفت کرده است، هنوز هم حجم قابل ملاحظه پساب، به ویژه در اروپای شرقی بدون تصفیه جمع آوری و تخلیه می شود. تغییرات جمعیتی و اقتصادی، اثربخشی برخی از سامانه های متمرکز بزرگتر را تحت تأثیر قرار داده است. این وضعیت را می توان در چندین سامانه بزرگتر از حد معمول و نامتناسب در بخش هایی از شوروی سابق مشاهده کرد. شهرهای این منطقه با بار مالی تعمیر یا جایگزینی زیرساخت های قدیمی روبرو هستند.

پوشش تصفیه پساب شهری در امریکای لاتین و کارائیب تقریباً از اواخر دهه ۱۹۹۰ دوبرابر شده است و اکنون برآورد می شود به ۲۰ تا ۳۰ درصد پساب جمع آوری شده در سامانه های فاضلاب شهری رسیده است. این بهبود عمدتاً به

افزایش سطوح پوشش آب و دفع بهداشتی فاضلاب، وضعیت بهبود یافته مالی بسیاری از تأمین کنندگان خدمات (که در سال‌های اخیر پیشرفت‌های مهمی در بازیابی هزینه داشته‌اند)، و رشد استوار اجتماعی-اقتصادی در این منطقه در دهه گذشته نسبت داده می‌شود. یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار، یکپارچه‌سازی اقتصادهای منطقه‌ای در بازارهای جهانی بوده است. پساب تصفیه شده می‌تواند منبع مهمی برای تأمین آب در برخی شهرها، به ویژه شهرهای واقع در نواحی خشک باشد یا جاهایی که انتقال دوردست آب برای تأمین تقاضاهای رو به رشد لازم است، به ویژه در دوره خشکسالی (برای نمونه سائوپائولو).

### ۱۱- ایجاد محیط مساعد برای تغییر

بهبود تصفیه پساب، افزایش استفاده مجدد آب و بازیابی محصولات جانبی مفید، گذار به یک اقتصاد گردشی را با کمک به کاهش برداشت آب و هدررفت منابع در سامانه‌های تولید و فعالیت‌های اقتصادی پشتیبانی می‌کند.

#### ۱۱-۱- چارچوب‌های حقوقی و مقرراتی مناسب

چارچوب مقرراتی اثربخش، نیازمند آن است که مرجع پیاده‌سازی از ظرفیت لازم فنی و مدیریتی بهره‌مند باشد و به شیوه‌ای مستقل، با اختیارات کافی برای اعمال قواعد و مقررات عمل نماید. شفافیت و دسترسی به اطلاعات، مشوق رعایت مقررات است، چون اعتماد میان مصرف کنندگان را درباره پیاده‌سازی و فرایندهای اعمال قانون به وجود می‌آورد. پیشرفت در این زمینه نیازمند رویکرد انعطاف‌پذیر و تدریجی خواهد بود.

سیاست‌ها و ابزارهای مقرراتی در سطح محلی پیاده می‌شوند و نیاز است با شرایط متغیر تطبیق یابند. بنابراین، مهم است که پشتیبانی سیاسی، نهادی و مالی

به اقدامات پائین به بالا و تدارک محلی و کوچک مقیاس (یعنی نامتمرکز) خدمات مدیریت پساب معطوف شود.

مقررات جدید درباره استفاده مجدد و بازیافت محصولات جانبی پساب نیز لازم هستند. درباره استانداردهای کیفیت برای این محصولات غالباً قوانین اندکی وجود دارد (یا هیچ قانونی وجود ندارد)، در نتیجه عدم قطعیت را در بازار به وجود می‌آورد و می‌تواند مانع سرمایه‌گذاری شود. بازار این قبیل محصولات می‌تواند با مشوق‌های مالی یا حقوقی رونق یابد (برای نمونه، اختلاط الزامی فسفات‌های بازیافتی در کودهای مصنوعی).

#### ۱۱-۲- بازیابی هزینه و ساز و کارهای مناسب تأمین مالی

مدیریت پساب و دفع بهداشتی فاضلاب معمولاً پرهزینه و سرمایه‌بر است. این مسئله به ویژه درباره سامانه‌های بزرگ و متمرکز مصداق دارد، که به سرمایه اولیه نیاز دارند و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در بلند و میان مدت به سبب استهلاک سریع، نسبتاً بالا است. این مشکل با فقدان سرمایه‌گذاری در توسعه ظرفیت نهادی و انسانی بیشتر تشدید می‌شود. با این همه، اگر خسارت‌های مستقیم و غیر مستقیم آن را برای سلامت، توسعه اجتماعی اقتصادی و محیط زیست در نظر بگیریم، هزینه‌های سرمایه‌گذاری ناکافی در مدیریت پساب بسیار بیشتر است.

سامانه‌های نامتمرکز تصفیه پساب می‌تواند برای جبران برخی مشکلات مالی ناشی از سامانه‌های متمرکز به کار گرفته شوند. این قبیل تکنولوژی‌های کم‌هزینه، در صورتی که به کفایت طراحی و پیاده شوند، می‌توانند نتایج رضایت‌بخش از نظر کیفیت خروجی فراهم آورند، با اینکه نیاز بالایی به بهره‌برداری و نگهداری مناسب برای اجتناب از عدم موفقیت سامانه دارند.

استفاده از پساب، به ویژه در شرایط کمیابی آب می‌تواند جریان درآمد جدیدی برای تصفیه پساب فراهم آورد. چندین مدل کسب و کار مختلف در جاهایی که بازیابی هزینه و ارزش، مزیت قابل توجهی از دید مالی دارد پیاده شده است. با این همه، درآمد ناشی از فروش پساب تصفیه‌شده به تنهایی معمولاً برای پوشش هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری تأسیسات تصفیه آب کافی نیست. بازیابی مواد مغذی (عمدتاً فسفر و نیتروژن) و انرژی می‌تواند ارزش افزوده جدیدی برای بهبود مسئله بازیابی هزینه باشد.

با اینکه درآمدهای حاصل از استفاده از پساب و بازیابی مواد مفید ممکن است همیشه هزینه‌های اضافه‌تر را پوشش ندهد، منافع حاصل از سرمایه‌گذاری در استفاده مجدد از آب ممکن است به خوبی با هزینه سدها، نمک‌زدایی، انتقال‌های میان‌حوضه‌ای، و دیگر گزینه‌های افزایش موجودی آب قابل مقایسه باشد.

آب شرب، حتی زمانی که از شیر آب عرضه شود، وقتی با هزینه کل تأمین آن مقایسه شود، معمولاً دست پائین قیمت‌گذاری شده است. پساب تصفیه‌شده، به منظور دست‌یافتن به مقبولیت عمومی باید پائین‌تر از آب شرب قیمت‌گذاری شود. نرخ‌گذاری آب از منابع مختلف بر پایه هزینه واقعی آن، سرمایه‌گذاری و عرضه خدمات در توان پرداخت را برای تمامی اعضای جامعه، از جمله اقشار فقیر امکان‌پذیر می‌سازد.

### ۱۱-۳- به حداقل رساندن ریسک‌ها برای مردم و محیط‌زیست

تخلیه پساب تصفیه‌نشده می‌تواند اثرات منفی شدیدی بر سلامت انسان و محیط‌زیست، از جمله شیوع بیماری‌های ناشی از غذا، آب و بیماری‌های واگیردار، و نیز آلودگی و نابودی تنوع زیستی و خدمات اکوسیستم بگذارد. در معرض بودن گروه‌های آسیب‌پذیر، به ویژه زنان و کودکان با پساب‌های



کم‌تصفیه‌شده یا تصفیه‌نشده به توجه ویژه‌ای نیاز دارد. آگاهی نامحدود درباره ریسک‌های سلامت ناشی از استفاده از پساب، به سبب فقر و آموزش پائین، تأثیر این ریسک‌ها را به ویژه در کشورهای در حال توسعه افزایش می‌دهد. هر زمان که تماس انسان محتمل باشد (برای نمونه از طریق غذا یا تماس مستقیم)، اقدامات جدی‌تر مدیریت ریسک لازم است.

#### ۱۱-۴- ارتقای دانش و ظرفیت

داده‌ها و اطلاعات درباره تولید، تصفیه و استفاده پساب برای تصمیم‌گیران، پژوهشگران، مسئولان و نهادهای عمومی برای تهیه برنامه‌های عمل (در سطح ملی و محلی) با هدف حفاظت از محیط‌زیست و استفاده مطمئن و مولد از پساب اهمیت اساسی دارد. آگاهی از حجم، و حتی مهم‌تر، عناصر تشکیل‌دهنده پساب، برای حفاظت از سلامت انسان و محیط‌زیست و ایمنی ضروری است. با این همه، داده‌های لازم درباره تقریباً تمام جنبه‌های کیفیت آب و مدیریت پساب، به ویژه در کشورهای در حال توسعه وجود ندارد.

لازم است تا تکنولوژی‌های مناسب و کم‌هزینه، از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه انتقال یابد. پژوهش برای بهبود درک پویایی آلاینده‌های نوظهور و ارتقای روش‌های حذف این آلاینده‌ها از پساب نیاز است. همچنین، درک چگونگی تأثیرگذاری عوامل بیرونی مانند تغییر اقلیم بر مدیریت پساب اهمیت اساسی دارد.

به منظور ارتقای مدیریت پساب، اطمینان از اینکه ظرفیت انسانی مناسب وجود دارد اساسی است. ظرفیت سازمانی و نهادی در بخش مدیریت پساب غالباً ضعیف است، و بنابراین سرمایه‌گذاری - در سامانه‌های بزرگ‌مقیاس متمرکز یا سامانه‌های کوچکتر در محل - با ریسک روبرو خواهند بود.

## ۱۱-۵- آگاهی عمومی و پذیرش اجتماعی

حتی اگر پروژه‌های بهره‌برداری از پساب از نظر فنی خوب طراحی شوند، از نظر مالی قابل تحقق باشند، و تدابیر ایمنی مناسب در نظر گرفته شده باشد، چنانچه برنامه‌ریزان، پویایی مقبولیت اجتماعی را به کفایت به حساب نیاورده باشند، برنامه‌های استفاده مجدد آب به شکست خواهد انجامید. به طور کلی، استفاده از پساب با مقاومت جدی عمومی، به سبب فقدان آگاهی و اعتماد درباره ریسک‌های سلامت انسان روبرو است. ارتقای آگاهی و آموزش، ابزارهای اصلی برای غلبه بر موانع اجتماعی، فرهنگی و مصرف هستند. لازم است تا اقدامات آگاهی‌بخشی با پیشینه‌های مختلف فرهنگی و مذهبی مصرف‌کنندگان متناسب باشد.

ریسک‌های سلامت در مورد استفاده مجدد آب باید بررسی، مدیریت، و پایش شود و به طور منظم برای کسب مقبولیت اجتماعی و حداکثر کردن منافع استفاده از پساب، و همزمان، حداقل کردن اثرات منفی گزارش شود. درباره آب شرب (یعنی استفاده مجدد شرب)، اقدامات گسترده اطلاع‌رسانی برای اعتمادسازی و غلبه بر حس انزجار لازم است.

## ۱۲- سخن پایانی

در جهانی که تقاضای آب شیرین پیوسته در حال افزایش، و منابع محدود آب با فشار فزاینده برداشت، آلودگی و تغییر اقلیم روبرو است، بی‌توجهی به فرصت‌هایی که مدیریت بهتر پساب فراهم می‌آورد، نمی‌تواند در اقتصاد گردشگری قابل تصور باشد.

بیشتر فعالیت‌های انسانی که مصرف‌کننده آب هستند، تولیدکننده پساب نیز به شمار می‌آیند. به نسبتی که تقاضا برای آب رشد می‌کند، کمیت پساب تولیدشده و بار آلودگی آن نیز پیوسته افزایش می‌یابد. با اینکه پساب، مؤلفه‌ای مهم از چرخه مدیریت آب به شمار می‌آید، آب پس استفاده، غالباً در دسری دیده می‌شود که باید از دست آن خلاص شد. در مواجهه با رشد مستمر تقاضا، پساب به عنوان منبع جایگزین و قابل اعتماد آب اهمیت می‌یابد، و پارادایم مدیریت پساب را از «تصفیه و دفع» به «استفاده مجدد، بازچرخانی و بازیابی» تغییر می‌دهد. در این نگاه، پساب دیگر یک مشکل که نیازمند راه‌حل است دیده نمی‌شود، بلکه بخشی از راه‌حل چالش‌هایی به شمار می‌آید که جوامع امروز با آن روبرو هستند.



نشانی: تهران. خیابان کریمخان. خیابان نجات‌اللهمی شمالی.

روبروی بیمارستان یاس. پلاک ۲۱۲. طبقه ۴. واحد ۴.

تلفن: ۸۸۹۴۷۴۰۰ - ۸۸۹۴۷۳۰۰

[www.iwpri.ir](http://www.iwpri.ir)