Archive of SID

بررسی و ارزیابی دانشگاه‌های کشور در تصفیه فاضلابهای بهداشتی و استفاده مجدد از پسابهای استاندارد

حمیدرضا صفوی[1*]، محمدحسین گل‌محمدی[2]

[1]دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان
[2]استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

بروز چالش‌ها و تنش های متعدد آبی به واسطه اثرات تغییراقلیم، افزایش نسبی دما، کاهش و تغییرالگوی بارش‌های جوی و وقوع خشکسالی‌های مکرر در کشورهای مختلف جهان به خصوص ایران باعث افزایش بی‌رویه برداشت از منابع آب و به تبع آن کاهش منابع آب در دسترس شده است که از مهم‌ترین پیامدهای آن در محیط‌های دانشگاهی، خشک‌شدن فضای سبز و تحمیل هزینه‌های اقتصادی متعدد بر دانشگاه‌ها می‌باشد. این کمبودها و چالش‌ها دستیابی به اهداف دانشگاه سبز در کشور را با چالش جدی مواجه کرده‌است. یکی از مهم‌ترین ابزارها در جهت چیره‌شدن بر این مشکلات و دستیابی به اهداف دانشگاه سبز، ایجاد ظرفیت و پتانسیل تصفیه فاضلابهای بهداشتی و استفاده مجدد از پسابهاست. از این رو در تحقیق حاضر، وضعیت و پتانسیل دانشگاه‌های کشور در استفاده مجدد از پسابهای تصفیه‌شده جهت تأمین آب موردنیاز مصارف مختلف با استفاده هشت شاخصه مهم مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد علیرغم گرایش نسبی دانشگاه‌ها به سمت استفاده از پساب به عنوان منبع آب پایدار و در دسترس، حدود ۷۰ درصد دانشگاه‌ها برنامه‌ای در این راستا ندارند و این درحالی است که باوجود چالش‌های و مشکلات تأمین آب در بسیاری از مناطق کشور، از طرفی حدود ۸۸ درصد آب موردنیاز فضای سبز این دانشگاه‌ها از طریق آب بهداشتی و شهری تأمین می‌شود، که نشاندهنده اهمیت توجه به استفاده از پسابهای بازیافت شده در دسترس و پایدار به عنوان جایگزین آب بهداشتی در تأمین نیاز آبی فضای سبز دانشگاه‌هاست.

کلمات کلیدی

دانشگاه‌های ایران، دانشگاه سبز، پساب، تصفیه‌خانه، استفاده مجدد از آب.

* hasafavi@cc.iut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

دانشگاه سبز اصطلاحی است که امروزه نظر بسیاری از محققان و متخصصان محیط آکادمیک کشورها را در بسیاری از مناطق جهان به خود جلب کرده‌است. بسیاری از دانشگاه‌های واقع در آمریکای شمالی از مساحت زیادی برخوردار و شمار زیادی از آنان در مناطق سرسبز واقع شده‌اند. همین دو ویژگی، باعث شده‌است که پتانسیل ایجاد دانشگاه سبز در دانشگاه‌های این مناطق بسیار بالاتر از سایر نقاط جهان باشد. پس از دانشگاه‌های واقع در آمریکای شمالی، دانشگاه‌های مناطق اروپای غربی، بیشترین تعداد دانشگاه‌های سبز را در اختیار دارند و در این دانشگاه‌ها هدف‌گذاری به این شکل ترسیم‌شده که فضای دانشگاهی با همین کیفیت برای نسل‌های بعدی نیز به یادگار باقی بماند. از جمله مهم‌ترین اهداف دانشگاه سبز می‌توان به نظارت بر ساختمان‌های ساخته‌شده، معماری سبز و طراحی محیط‌زیست، پیاده‌کردن فرصت‌های جایگزین انرژی‌های فسیلی، افزایش تنوع زیستی گیاهان، حفاظت و بهره‌وری آب، جلوگیری از قرارگرفتن انسان در معرض مواد سمی و بیولوژیک فعال و استفاده بهینه و بازچرخانی منابع تجدیدپذیر می‌باشد [۱]. در این راستا، آب و منابع آب باید به عنوان یکی از ابزارهای مهم و حیاتی برای دستیابی به اهداف دانشگاه سبز و پایدار مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

جمعیت جهانی در طول قرن بیستم با افزایش ۲۷۰ درصدی از حدود ۱/۶ تا ۱/۸ میلیارد نفر به بیش از ۶/۱ میلیارد نفر رسید. رشد بالای جمعیت و تغییرات آب و هوایی در قرن جدید جوامع بشری را با چالش یافتن منابع آب جدید برای مصارف گوناگون مواجه نموده‌است. بر اساس تخمین سازمان بهداشت جهانی تا ۵۰ سال آینده بیش از ۴۰ درصد جمعیت جهان در مناطقی زندگی خواهند کرد که با کمبود آب یا تنش آبی مواجه هستند. نتایج پژوهش‌ها نشان داده‌است که حتی کشورهای حوزه اروپای غربی که از نظر بارش و منابع آب در دسترس غنی محسوب می‌شوند در آینده بر اثر تراکم بیش از حد جمعیت، افزایش تولید پساب‌ها و فشاری که به کیفیت منابع آب وارد خواهد شد، ممکن است با تنش‌های آبی مواجه گردند [۲].

ایران به عنوان یک کشور خشک و نیمه‌خشک در منطقه آسیا، دارای میانگین بارندگی درازمدت ۲۴۰ میلی‌متر در سال است که کم‌تر از یک سوم میانگین بارندگی ۸۶۰ میلی‌متری جهان است. بر این اساس حجم بارندگی در ایران به طور متوسط سالانه ۴۰۰ میلیارد مترمکعب است که حدود ۲۶۵ میلیارد مترمکعب آن تبخیر و تعرق و تنها ۱۳۵ میلیارد مترمکعب آن به عنوان منابع آب تجدیدپذیر، از طریق آب‌های سطحی به میزان ۹۷ میلیارد مترمکعب و آب‌های زیرزمینی به میزان ۳۸ میلیارد مترمکعب می‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد [۳]. بدیهی است مناطق کشور به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی مختلف، به صورت یکسان و یکنواخت از این منابع آب برخوردار نبوده و بخش‌های شمالی و غربی کشور دارای منابع آب تجدیدپذیر بیش‌تر از میانگین و نواحی مرکزی، جنوبی و شرقی کشور دارای آب قابل استحصال کم‌تری می‌باشند. به لحاظ برداشت از منابع آب نیز کشور دارای شرایط متعادلی نیست و برداشت بی‌رویه و بیش از ظرفیت تجدیدپذیر به ویژه در مناطق مرکزی و شرقی کشور باعث ایجاد ناپایداری در مدیریت منابع آب در این مناطق شده‌است.

در یک دیدگاه کلی بر اساس آمار وزارت نیرو در سال ۱۳۸۵ به عنوان سال مبناء میزان برداشت آب در بخش‌های کشاورزی، شهری- روستایی و صنعتی به ترتیب۹۰، ۵/۸، ۱/۵ میلیارد مترمکعب و در مجموع ۹۷/۳ میلیارد مترمکعب بوده و این ارقام در انتهای برنامه چهارم توسعه کشور در سال ۱۳۸۸ به ترتیب به ۹۲/۶، ۶/۲ و ۱/۷ میلیارد مترمکعب و در مجموع به ۱۰۰/۵ میلیارد مترمکعب رسیده است[۴]. بر این اساس سرانه منابع آب کشور در سال ۱۳۸۵ برای جمعیت ۷۰/۱ میلیون نفری حدود ۱۳۴۰ مترمکعب در سال و در سال ۱۳۸۸ برای جمعیت ۷۳/۳ میلیون نفری حدود ۱۳۷۰ مترمکعب در سال بوده است. با عنایت به سرانه ۱۰۰۰ مترمکعب در سال به عنوان مرز تنش آبی، به خوبی مشخص است که کشور ما در سال‌های آتی با افزایش جمعیت و ثابت بودن منابع آب تجدیدپذیر وارد تنش آبی خواهد شد. لازم به ذکر است که آمار سرانه فوق به طور میانگین برای کل کشور است ولی در برخی از مناطق این سرانه بالاتر و در بسیاری از مناطق مرکزی این سرانه از میزان ۱۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

مترمکعب در سال کم‌تر و عملاً تنش آبی در این مناطق قابل لمس می‌باشد که باعث ایجاد منازعات اجتماعی و اقتصادی نیز شده است.

بر این اساس به نظر می‌رسد پساب‌های گوناگون از جمله پساب‌های کشاورزی، شهری- روستایی و صنعتی پس از جمع‌آوری و بازیافت بتواند به عنوان یک منبع جایگزین در بیلان منابع آب کشور نقش ارزنده‌ای در جهت کاهش کمبود منابع آب داشته باشد. بر اساس آمار وزارت نیرو و شرکت مدیریت منابع آب کشور، حجم پساب‌های تولیدی در سال مبنای ۱۳۸۵ در بخش‌های کشاورزی، شهری- روستایی و صنعتی به ترتیب ۲۷/۵، ۲/۶ و ۱/۶ و جمعاً ۳۰/۱ میلیارد مترمکعب و در سال آخر برنامه چهارم توسعه، یعنی سال ۱۳۸۸ به ترتیب ۲۸/۴، ۳/۱ و ۱/۹ و جمعاً ۳۱/۵ میلیارد مترمکعب بوده است که در بیلان کلی آب قابل تجدید کشور یعنی ۱۳۵ میلیارد مترمکعب، نقش اساسی ایفا می‌نماید [۵]. لذا توجه به بازیافت این حجم آب، با در نظر گرفتن شیوه‌های مناسب تصفیه و بازیافت می‌تواند مورد توجه مدیران منابع آب قرار گیرد.

با توجه به رشد جمعیت، محدودیت منابع آب‌های طبیعی و پیشرفت تکنولوژی، اکثر کشورهایی که با مشکل کمبود آب روبه‌رو هستند، و یا پیش‌بینی می‌کنند که تا چند سال آینده منابع آب آن‌ها محدود خواهند شد، به گزینه استفاده مجدد از پساب در مصارف گوناگون توجه جدی نموده‌اند. در جدول (۱) حجم متوسط آب برداشتی و آب بازیافتی برخی کشورهای خاورمیانه آورده شده‌است. در ستون آخر این جدول درصدی از نیاز آبی که با آب بازیافتی تأمین می‌شود برای هر کشور تخمین زده شده‌است.

جدول ۱: منابع آب و درصد استفاده مجدد از پساب در برخی کشورها [۶]

کشور	کل آب برداشتی سالانه		کل آب بازیافتی سالانه		درصد کل آب بازیافتی
	سال	Mm^3	سال	Mm^3	
الجزایر	۱۹۹۰	۴۵۰۰	-	-	-
بحرین	۱۹۹۱	۲۳۹	۱۹۹۱	۱۵	۶
قبرس	۱۹۹۳	۲۱۱	۱۹۹۷	۲۳	۱۱
مصر	۱۹۹۳	۵۵۱۰۰	۲۰۰۰	۷۰۰	۱
ایران	۲۰۰۱	۸۱۰۰۰	۱۹۹۹	۱۵۴	۰/۲
عراق	۱۹۹۰	۴۲۸۰۰	-	-	-
اردن	۱۹۹۳	۹۸۴	۱۹۹۷	۵۸	۶
کویت	۱۹۹۴	۵۳۸	۱۹۹۷	۸۰	۱۵
قزاقستان	۱۹۹۰	۱۱۰۳۶	۱۹۹۴	۰/۱۴	۰
لبنان	۱۹۹۴	۱۲۹۳	۱۹۹۷	۲	۰/۲
لیبی	۱۹۹۴	۴۶۰۰	۱۹۹۹	۴۰	۱
مراکش	۱۹۹۱	۱۱۰۴۵	۱۹۹۴	۳۸	۰/۳
عمان	۱۹۹۱	۱۲۲۳	۱۹۹۵	۲۶	۲
قطر	۱۹۹۴	۲۸۵	۱۹۹۴	۲۵	۹
عربستان سعودی	۱۹۹۲	۱۷۰۱۸	۲۰۰۰	۲۱۷	۱
سوریه	۱۹۹۳	۱۴۴۱۰	۲۰۰۰	۳۷۰	۳
تاجیکستان	۱۹۸۹	۱۲۶۰۰	-	-	-
تونس	۱۹۹۰	۳۰۷۵	۱۹۹۸	۲۸	۱
ترکیه	۱۹۹۲	۳۱۶۰۰	۲۰۰۰	۵۰	۰
امارات	۱۹۹۵	۲۱۰۸	۱۹۹۹	۱۸۵	۹
یمن	۱۹۹۰	۲۹۳۲	۲۰۰۰	۶	۰

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول (۲) حجم فاضلاب خانگی تولیدی و تصفیه‌شده در سطح جهانی برای سال ۲۰۰۹ تخمین زده شده‌است [۷]. مشاهده می‌شود که ظرفیت جهانی برای بازیافت پساب در سال ۲۰۰۹ تنها ۴٪ و میزان رشد سالانه آن از ابتدای سال ۲۰۰۰ حدود ۰/۲٪ گزارش شده‌است.

جدول ۲: حجم فاضلاب خانگی تولیدی و تصفیه شده در سطح جهانی [۷]

شرح	حجم (میلیارد گالن در روز)	حجم (میلیون مترمکعب در روز)
کل حجم فاضلاب خانگی تولید شده در سال ۲۰۰۹	۱۸۰-۲۵۰	۶۸۰-۹۶۰
ظرفیت جهانی فعلی برای تصفیه فاضلاب در سطح پیشرفته در سال ۲۰۰۹	۸	۳۲
کل حجم فاضلاب خانگی که در سطح پیشرفته تصفیه نمی‌شود	۱۷۲-۲۴۲	۶۴۸-۹۲۸
میزان رشد ظرفیت جهانی در تصفیه فاضلاب در سطح جهانی (در سال از ابتدای سال ۲۰۰۰)	۰/۵	۲

میزان پساب تولیدی بازای هر نفر معمولاً بین ۸۰ تا ۲۰۰ لیتر بر روز یا ۳۰ تا ۷۰ مترمکعب در سال متغیر است. کاربرد پساب‌ها در مصارف مختلف فرصت‌ها و چالش‌های مخصوص بخود را داراست و در تمامی این مصارف سلامت غذایی و بهداشت محیط برای نسل‌های آینده باید مورد توجه جدی قرار داشته‌باشد. تا سال ۲۰۱۱ در ایالات متحده سهم آب‌های بازیافتی از کل منابع آب مورد استفاده حدود یک درصد بوده‌است و این درحالی است که کاربرد پساب‌ها در مصارف غیرشرب در این کشور بخوبی استوار شده و سیستم‌ها و فناوری‌های تصفیه آن‌ها در بین افراد جامعه، متخصصان، کاربران و تدوین‌کنندگان آیین‌نامه-ها بطور وسیع مورد استفاده قرار گرفته‌است. استفاده از پساب‌های تصفیه‌شده برای بهبود منابع آب شرب هنوز مورد توجه قرار نگرفته و تنها در چند مورد محدود و برای افزایش حجم آب بکار رفته‌است [۸].

هزینه جمع‌آوری و تصفیه پساب‌ها بسیار زیاد می‌باشد به همین دلیل امروزه به جای رهاسازی پساب‌ها در طبیعت سعی می‌شود تا با استفاده بهینه از آن‌ها در بخش‌های مختلف، بخشی از این هزینه‌ها جبران شود. البته منافع استفاده از پساب‌های بازیافت‌شده تنها به استفاده مجدد آن‌ها محدود نمی‌شود بلکه بسیاری از منافع غیرمستقیم دیگر مانند افزایش منابع آب در دسترس، کاهش مصارف از منابع آب شیرین، کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و ... را نیز شامل می‌شود. تخصیص پساب-ها به بخش‌های مختلف باید به نحوی انجام گیرد که حداکثر بازدهی را داشته باشد. این بازدهی تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله بازدهی اقتصادی، چهارچوب‌های قانونی، اقبال عمومی و عوامل دیگر می‌باشد. بطور کلی با مقایسه الگوهای کاربرد منابع آب بازیافتی با الگوهای استفاده از منابع آب معمول در مصارف مختلف، مصارف منابع بازیافتی را به سه گروه می‌توان تقسیم-بندی نمود [۲]:

- استفاده از منابع آب بازیافتی در تعادل‌بخشی و تأمین بخشی از مصارف موجود که باید با منابع آب طبیعی تأمین گردد (مانند نیازهای آبیاری کشاورزی و صنعتی).
- استفاده از پساب‌های بازیافتی برای مصارف جدید که امکان استفاده از منابع آب معمول برای آن‌ها میسر نیست (مانند ایجاد یا احیای زیستگاه‌ها و کاربردهای دیگر زیست‌محیطی).

www.SID.ir

Archive of SID

- استفاده از منابع بازیافتی به منظور افزایش یا بازیابی منابع آب طبیعی موجود که در بخش‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (مانند تغذیه آبخوان‌ها و تخلیه به منابع سطحی).

از جمله کاربردهای پساب‌ها در دانشگاه‌ها عبارت است از آبیاری فضای سبز، فلاشینگ سرویس‌های بهداشتی، شستشوی خیابان‌ها، استفاده در آب نماها، استفاده در آتش‌نشانی (در صورت وجود در دانشگاه)، استفاده در خنک‌کننده‌ها بعنوان مایع خنک‌کننده و کنترل گرد و غبار [۸]. همچنین آبیاری فضای سبز اعم از پارک‌ها، زمین‌های ورزشی و جنگل‌های مصنوعی در دانشگاه‌ها از عمده‌ترین کاربرد پساب‌های بازیافتی در این حوزه است.

بنابراین نظر به ضرورت و اهمیت منابع آب و باتوجه به کمبود و تنش آبی و خشکسالی‌های مکرر سال‌های اخیر در کشور و به دنبال آن از بین‌رفتن سطح وسیعی از فضاهای سبز دانشگاه‌ها، در این تحقیق به بررسی کلی وضعیت دانشگاه‌های کشور از نظر استفاده از پساب دانشگاه در جهت آبیاری فضای سبز و ارائه راهکارها و راهبردهای لازم جهت بازچرخانی آب و استفاده از پساب تصفیه‌شده به عنوان یکی از مهم‌ترین گام‌های دستیابی به دانشگاه سبز پرداخته می‌شود.

۲- ضرورت تصفیه فاضلابهای بهداشتی و استفاده مجدد از پسابهای استاندارد در دانشگاه‌های کشور

شرایط بحرانی و پیچیده منابع آب کشور به خصوص در مناطق خشک و کویری و نواحی مرکزی کشور، مشکلات عدیده‌ای را در بخش‌های مختلف دانشگاهی در پی داشته‌است. از بین‌رفتن فضاهای سبز دانشگاه‌ها به دلیل کمبود آب به خصوص در پی خشکسالی‌های پی‌درپی اخیر، مشکلات زیست‌محیطی دفع پساب در چاه‌های جذبی یا آبراهه‌ها، آلودگی منابع آب، و مشکلات قضایی از جمله مهم‌ترین پیامدهای کمبود منابع آب در بخش دانشگاهی بوده‌است. در طرف مقابل هدررفتن پساب تولیدی در دانشگاه‌ها که گاه موجب ایجاد مشکلات متعدد زیست‌محیطی و اجتماعی نیز می‌شود، این نکته مهم را متذکر می‌شود که از این منبع و بازچرخانی آن برای مرتفع‌نمودن مشکلات مذکور استفاده شود. هرچند استفاده از این منبع آب، هزینه‌های گاه سنگینی را در ابتدا در پی خواهد داشت اما قطعاً به مرور زمان باعث بهره‌وری و بهبود شرایط منابع آب و فضای سبز دانشگاه‌ها به خصوص در شرایط بحران آب خواهد شد [۹].

در این راستا دانشگاه‌های کشور هم به لحاظ تأمین آب فضای سبز و هم به لحاظ شرایط اقتصادی موجود کشور و شرایط اجتماعی خاص در دانشگاه‌ها به عنوان مراکز تحصیل و تربیت کارشناسان و مدیران کشور و به لحاظ فرهنگی باید در اجرای طرح‌های استفاده مجدد از آب و پساب تلاش خود را به کارگیرند.

به طور کلی مهم‌ترین کاربرد بازیافت پساب‌ها در دانشگاه‌های کشور عبارت است از آبیاری فضای سبز، فلاشینگ سرویس‌های بهداشتی، شستشوی خیابان‌ها، استفاده در آب نماها، استفاده در آتش‌نشانی (در صورت وجود در دانشگاه)، استفاده در خنک‌کننده‌ها بعنوان مایع خنک‌کننده. نقش فضای سبز در ایجاد تعادل برای اکوسیستم‌های شهری امری شناخته شده‌است. با گسترش شهرها و مراکز جمعیتی نظیر دانشگاه‌ها و سایر جوامع مدرن، نیاز به فضاهای مناسب جهت صرف اوقات فراغت، سالم‌سازی فضای عمومی و همچنین تلطیف هوای محیط بیش از پیش توجه برنامه‌ریزان توسعه شهری را به خود معطوف داشته‌است.

با توجه به رشد و توسعه دانشگاه‌های ایران که باعث ایجاد و گسترش مراکز دانشگاهی در بسیاری از مناطق کشور شده است، نیاز به ایجاد فضای سبز مناسب و متناسب با محیط دانشگاه‌ها افزایش پیدا کرده است. با وجود این نیاز، همواره مسئولین با چالش‌های جدی در این زمینه مواجه بوده‌اند. عمده‌ترین این چالش‌ها را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

www.SID.ir

Archive of SID

۱- اطلاعات مدون و کافی در زمینه استانداردسازی آبیاری فضای سبز در محیط‌های دانشگاهی تاکنون ایجاد نشده است. بنابراین مسئولین و کارگزاران جهت مدیریت فضای سبز دانشگاه‌ها با ابهامات متعددی روبرو هستند.

۲- آبیاری فضای سبز محیط‌های دانشگاهی عمدتاً بر اساس روش‌های سنتی و گاهاً پر هزینه صورت می‌گیرد. در این صورت همواره منابع مالی جدیدی جهت تأمین آب مورد نیاز فضای سبز و مدیریت آن مورد نیاز خواهد بود. در برخی از دانشگاه‌ها که منابع آب فعلی نظیر چاه‌ها، جوابگوی نیاز فضای سبز می‌باشد، مدیریت چندانی بر نحوه استفاده از این آب نمی‌شود که ضمن هدر رفت آب، فشار بر منابع آب موجود را افزایش داده و در درازمدت دانشگاه‌هایی که دارای محدودیت منابع آب نیستند را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد و به زمره دانشگاه‌های دارای مشکل تأمین آب اضافه خواهد نمود.

۳- سیستم آبیاری فضای سبز اکثر دانشگاه‌ها هم‌خوانی مناسبی با نوع پوشش فضای سبز آنها ندارد. در برخی موارد روش‌های سنتی برای آبیاری استفاده می‌شود که ضمن عدم توزیع یکنواخت آب، باعث تحمیل هزینه کارگری زیاد به دانشگاه شده و همچنین مشکلات جانبی نظیر توسعه علف‌های هرز در فضای سبز را نیز به وجود می‌آورد.

۴- اکثر دانشگاه‌ها از منبع آب در دسترسی به نام پساب برخوردار هستند. در حالت کلی هیچ برنامه مدونی جهت استفاده از این پساب‌ها جهت آبیاری فضای سبز وجود ندارد. مشکل اصلی آن است که آنالیز سود- هزینه مناسب تاکنون برای چنین طرح‌هایی صورت نگرفته است. بنابراین در صورت نگاه بلندمدت به استفاده از پساب در دانشگاه‌ها، می‌توان با هزینه معقول اجرای این طرح‌ها، در درازمدت از افزایش هزینه‌های تأمین آب در شرایط کم‌آبی جلوگیری نمود.

تمام مطالب فوق باید با این دیدگاه مورد توجه قرار گیرد که دانشگاه‌ها دارای وزن قابل توجهی از لحاظ تمرکز جمعیتی در هر شهر می‌باشند. در بسیاری از موارد فضاهای دانشگاهی به صورت متراکم بوده و تعدد مراکز علمی- پژوهشی در آنها مشهود است. بنابراین فضای سبز مورد نیاز چنین محیط‌هایی معمولاً زیاد بوده و تحت یک مدیریت یکسان و واحد می‌توان آنها را اداره نمود.

بنابراین عمده‌ترین کاربرد پساب‌های بازیافتی در حوزه دانشگاه‌ها در آبیاری فضاهای سبز دانشگاه‌هاست. فضاهای سبز شامل پردیس‌ها و فضاهای تفریحی دانشگاه‌ها، زمین‌های ورزشی و جنگل‌های مصنوعی و دست‌کاشت می‌باشد. البته در استفاده از این منبع آب باید توجه داشت که در مواردی که فضای سبز مورد استفاده در تماس مستقیم با افراد قرار دارد پساب‌های مورد استفاده باید گندزدایی شوند تا عوامل بیماری‌زای آن‌ها نابود گردند. آلاینده‌های شیمیایی معمولاً اثرات مخربی در آبیاری فضای سبز ندارند. آلاینده‌های مغذی درون پساب‌ها نیز اثرات نامطلوبی بر روی گیاهان ندارند و تنها در صورتی‌که پساب شور بوده باشد و غلظت عناصری مانند برم در آن‌ها زیاد باشد ممکن است رشد فضای سبز را با مشکل مواجه نماید. ایجاد جنگل‌های مصنوعی یا کمربندهای سبز از جمله دیگر استفاده‌های پساب‌های بازیافتی در دانشگاه‌ها می‌باشند. با توجه به این که این جنگل‌ها کم‌تر در معرض تماس با افراد قرار دارند از نگرانی‌های بهداشتی در مورد استفاده از پساب‌ها برای آبیاری آن‌ها کاسته شده و هم چنین هزینه مورد نیاز برای انتقال پساب برای آن‌ها نیز کم‌تر از فضای سبز درون دانشگاه‌ها خواهد بود. استفاده از پساب‌های صنعتی برای آبیاری فضای سبز دانشگاه‌ها به هیچ وجه توصیه نمی‌گردد ولی از آن‌ها برای آبیاری فضای سبز جنگلی اطراف همان واحد (با در نظر گرفتن شرایط کیفی حداقلی) می‌توان استفاده نمود.

۳- روش تحقیق

با عنایت به تنوع فاضلاب‌ها و نیز گستره وسیع دانشگاه‌های کشور به لحاظ شرایط اقلیمی و اهمیت تصفیه و بازچرخانی پساب‌ها در سیکل مصرف فضای سبز و نیز جنبه‌های اقتصادی آن، مطالعه وضعیت دانشگاه‌های کشور و امکان‌سنجی اجرای

www.SID.ir

Archive of SID

پروژه‌های تصفیه فاضلاب تولیدی دانشگاه به عنوان یکی از معیارهای اساسی در راستای اولویت‌بندی دانشگاه‌ها به لحاظ ضرورت و اهمیت استفاده از پساب می‌باشد.

بنابراین در این راستا، طراحی و تکمیل پرسشنامه‌های اولیه در جهت جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز در مورد میزان آب مصرفی و تولید فاضلاب‌ها، جمعیت ساکن و غیرساکن (شناور)، شیوه‌های جمع‌آوری و تفکیک انواع فاضلاب‌ها، امکان و ضرورت استفاده از پساب‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده و انتخاب سیستم‌های مناسب تصفیه پساب در دانشگاه‌ها از جمله فرآیندهایی است که در این تحقیق انجام شده‌است. برای رسیدن به این هدف از ۷ شاخصه مهم به شرح زیر استفاده شده‌است:

۱- **شاخصه اول (نحوه تأمین آب شرب):** این معیار به ارزیابی نحوه تأمین آب دانشگاه می‌پردازد و در به طور کلی مشخص می‌شود که تأمین آب دانشگاه از کدامیک از شبکه آب شهری یا چاه‌های پمپاژ آب زیرزمینی یا ترکیبی از این دو می‌باشد و به تبع آن کیفیت آب مصرفی نیز به طور کلی مشخص می‌گردد.

۲- **شاخصه دوم (نحوه تأمین آب فضای سبز):** این شاخصه به نوعی در ارتباط با پرسشنامه بخش دوم می‌باشد ولی در این بخش مشخص می‌شود که آیا دانشگاه موردنظر برنامه‌ای در راستای تأمین فضای سبز از طریق پساب داشته یا خیر. همچنین مشخص می‌شود گیاهان و فضای سبز فعلی دانشگاه با چه نوع آبی سازگار بوده و نحوه تأمین آن تاکنون از چه منبعی بوده‌است.

۳- **شاخصه سوم (تمرکز پردیس‌ها و دانشکده‌های دانشگاه):** به طور کلی حجم و هزینه اجرای تأسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در دانشگاه را در گام اول تاحدودی مشخص می‌کند. قاعدتاً چند پردیسی بودن دانشگاه و عدم تمرکز آن در یک جا، حجم مطالعات طرح را افزایش خواهد داد.

۴- **شاخصه چهارم (جمعیت دانشگاه):** این معیار به بررسی جمعیت ساکن و غیرساکن (شناور) در دانشگاه و میزان متوسط آب مصرفی روزانه جمعیت فعلی برحسب مترمکعب در روز، همچنین پیش‌بینی جمعیت دانشگاه در ۱۰ سال آینده می‌پردازد. هرچه جمعیت دانشگاه بیشتر باشد مصرف آب روزانه دانشگاه افزایش خواهد یافت؛ این میزان زمانی که جمعیت ساکن در دانشگاه بیشتر باشد بیشتر شده و به تبع آن استفاده مجدد از آب با استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری و احداث تصفیه‌خانه، هم از نظر منتفع‌نمودن جمعیت بیشتری از جامعه دانشگاهی و هم از نظر قابل توجیه‌بودن هزینه‌کرد برای ایجاد این تأسیسات جهت آبیاری فضای سبز، نیاز دانشگاه به استفاده مجدد از آب و اقتصادی‌بودن تصفیه فاضلاب به لحاظ حجم پساب تولیدی در اولویت بالاتری قرار خواهد داد.

۵- **شاخصه پنجم (وجود یا عدم وجود شبکه جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه‌خانه با توجه به قدمت آن‌ها):** این معیار مشخص می‌کند که دانشگاه موردنظر اولاً دارای شبکه جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه‌خانه می‌باشد یا خیر. در صورت وجود شبکه جمع‌آوری فاضلاب و همچنین تصفیه‌خانه فاضلاب قدمت آن‌ها (برحسب سال) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۶- **شاخصه ششم (مشخصات شبکه جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه‌خانه دانشگاه در صورت وجود):** در صورت وجود شبکه جمع‌آوری و تصفیه‌خانه فاضلاب در دانشگاه، قابلیت تفکیک فاضلاب حاوی چربی و همچنین فاضلاب صنعتی از فاضلاب بهداشتی در شبکه جمع‌آوری فاضلاب دانشگاه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین مصرف پساب جمع‌آوری‌شده در فضای سبز دانشگاه و نحوه دفع فاضلاب از طریق فاضلاب شهری یا چاه‌های جذبی یا آبراهه‌ها در این شاخصه مورد بررسی قرار می‌گیرد. طبعاً دانشگاهی که دارای شبکه جمع‌آوری فاضلاب باشد می‌تواند در تأمین اعتبار برای طراحی، جانمایی و نصب تأسیسات تصفیه فاضلاب در اولویت قرار داشته باشد البته به شرط آن‌که دفع فاضلاب از طریق فاضلاب شهری نباشد که در این صورت تصفیه فاضلاب می‌تواند در تصفیه‌خانه شهر انجام شود البته این موضوع باید از نظر انتفاع دانشگاه نیز مورد بررسی قرار گیرد. دفع فاضلاب از طریق چاه‌های جذبی در صورتی‌که تأمین آب

www.SID.ir

Archive of SID

دانشگاه نیز از طریق چاه‌های پمپاژ دانشگاه باشد می‌تواند دانشگاه را در اولویت اجرای تأسیسات تصفیه‌خانه قرار دهد. همچنین تخلیه فاضلاب جمع‌آوری‌شده در آبراهه‌ها می‌تواند مشکلات متعددی را برای دانشگاه از نظر زیست‌محیطی و محیط زیست ایجاد کند که این امر نیز ضرورت مطالعه طرح‌های اجرای تصفیه‌خانه در دانشگاه را بیان می‌کند. در صورت مجهزبودن دانشگاه به تصفیه‌خانه فاضلاب، دبی متوسط ورودی به آن برحسب مترمکعب بر روز و همچنین فرآیند تصفیه فاضلاب در تأسیسات تصفیه‌خانه اعم از لجن فعال از نوع متداول، لجن فعال از نوع هوادهی گسترده، لاگون‌های هوادهی، استخرهای تثبیت، فیلترهای چکنده و سپتیک تانک‌های موضعی در این شاخصه مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرد.

۷- **شاخصه هفتم (وجود اعتبار و برنامه‌ریزی):** این شاخصه بررسی می‌کند که آیا دانشگاه تاکنون برنامه‌ریزی در راستای اجرای تأسیسات جمع‌آوری و تصفیه‌خانه فاضلاب داشته یا خیر و در صورت وجود برنامه‌ریزی اعتباری در این راستا جذب و تخصیص داده شده‌است یا خیر.

۴- نتایج بررسی وضعیت دانشگاه‌های کشور در استفاده از پساب تصفیه‌شده

پرسشنامه بخش شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب که دربرگیرنده پرسشهایی در راستای تعیین ۷ شاخصه مورد اشاره در بخش قبل در قالب ۱۹ سؤال برای ۴۲ دانشگاه مهم کشور ارسال شد که از این تعداد ۳۳ دانشگاه، پرسشنامه تکمیل‌شده را ارسال نمودند. جدول زیر جمع‌بندی این پرسشنامه را براساس شاخصه‌های هفت‌گانه ارائه می‌دهد.

جدول ۳: جمع‌بندی پرسشنامه‌های دریافتی از ۳۳ دانشگاه کشور براساس شاخصه‌های هفتگانه تعیین‌شده

شاخصه	زیرمعیار		درصد از کل دانشگاه‌ها
شاخصه اول (نحوه تأمین آب شرب)	شبکه آب شهری		٪۵۲
	به صورت مجزا از چاه		٪۱۶
	بخشی از آب شهری و بخشی از چاه		٪۳۱
شاخصه دوم (نحوه تأمین آب فضای سبز)	از شبکه توزیع آب بهداشتی		٪۲۹
	از شبکه مجزا و از آب بهداشتی		٪۵۹
	از پساب تصفیه‌شده		٪۱۲
شاخصه سوم (تمرکز پردیس‌ها و دانشکده‌ها)	در یک مجموعه		٪۴۵
	در چند پردیس		٪۵۵
شاخصه چهارم (شاخص‌های جمعیتی)	جمعیت کل دانشگاه	کمتر از ۱۰۰۰۰ نفر	٪۳۹
		۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ نفر	٪۴۸
		بیشتر از ۲۰۰۰۰ نفر	٪۱۲
	جمعیت ساکن در دانشگاه	کمتر از ۵۰۰۰ نفر	٪۷۳
		۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ نفر	٪۲۱
		بیشتر از ۱۰۰۰۰ نفر	٪۶
	متوسط مصرف آب در هر دانشگاه (مترمکعب بر روز)		۲۱۶۴ مترمکعب بر روز

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۳: جمع‌بندی پرسشنامه‌های دریافتی از ۳۳ دانشگاه کشور براساس شاخصه‌های هفتگانه تعیین‌شده

شاخصه	زیرمعیار		درصد از کل دانشگاه‌ها
شاخصه پنجم (وجود یا عدم وجود شبکه جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه‌خانه)	دارای شبکه جمع‌آوری در کلیه بخش‌های دانشگاه و فاقد تصفیه‌خانه		٪۱۸
	دارای شبکه جمع‌آوری در بخشی از دانشگاه و فاقد تصفیه‌خانه		٪۲۹
	دارای شبکه جمع‌آوری و تصفیه‌خانه در بخشی از دانشگاه		٪۱۰
	فاقد شبکه جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه‌خانه		٪۳۲
	دارای شبکه جمع‌آوری و تصفیه‌خانه (طرح توسعه)		٪۱۲
شاخصه ششم (مشخصات شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب)	قابلیت شبکه در تفکیک چربی		٪۶۴
	قابلیت شبکه در تفکیک فاضلاب صنعتی از بهداشتی		٪۱۵
	دفع فاضلاب دانشگاه از طریق شبکه فاضلاب شهری		٪۳۹
	دفع فاضلاب در چاه‌های جذبی و آبراهه‌ها		٪۳۰
	قدمت شبکه‌های جمع‌آوری موجود در دانشگاه‌ها	کمتر از ۵ سال	٪۳۴
		۵ تا ۱۵ سال	٪۲۵
		۱۵ تا ۲۵ سال	٪۴۱
	قدمت تصفیه‌خانه‌های موجود در دانشگاه‌ها	کمتر از ۵ سال	٪۸۵
		۵ تا ۱۵ سال	٪۸
		۱۵ تا ۲۵ سال	٪۷
شاخصه هفتم (وجود اعتبار و برنامه‌ریزی)	دارای برنامه‌ریزی، گزارش و تخمین اعتبار		٪۶
	در دست مطالعه		٪۲۱
	بدون برنامه‌ریزی		٪۷۳

نتایج حاصل از جامعه آماری دانشگاه‌ها نشان می‌دهد که حدود ۸۸٪ دانشگاه‌های کشور، آب موردنیاز فضای سبز خود را از آب شرب و بهداشتی تأمین می‌کنند، این در حالی‌است که باتوجه به ارقام داده‌شده و احتساب تولید پساب به میزان ۶۰درصد آب بهداشتی مصرفی، هر دانشگاه به طور میانگین، روزانه حدود ۱۳۰۰ مترمکعب بر روز پساب تولید می‌کند و تنها ۱۰درصد دانشگاه‌های کشور قابلیت تصفیه این فاضلاب و استفاده مجدد از آن را دارا می‌باشند. آمار نشان می‌دهد که حدود ۳۰ درصد دانشگاه‌های کشور فاضلابی حدود ۱۳۰۰۰ مترمکعب را در چاه‌های جذبی و آبراهه‌ها تخلیه می‌کنند که این امر باعث آلوده‌شدن منابع آب زیرزمینی و از بین‌رفتن محیط‌زیست و بعضاً موجب اعتراضات مردمی و مشکلات حقوقی برای مدیریت دانشگاه‌ها شده‌است. به طور کلی نتایج حاکی از آن است که در شرایط بحرانی آب در کشور، مدیران و مسئولین دانشگاه‌ها باید در راستای کاهش مصرف آب بهداشتی برای فضای سبز گام‌های اساسی بردارند و با در دست داشتن یک منبع همیشگی و در دسترس و با ایجاد یک سیستم مناسب جمع‌آوری و تصفیه پساب، از این منبع آب در تأمین آب موردنیاز فضای سبز دانشگاه‌ها می‌توانند بهره بگیرند؛ هرچند شاخصه هفتم ارائه‌شده در جدول (۳) نشان‌دهنده آن است که این دغدغه در حدود ۳۰درصد دانشگاه‌های کشور به وجود آمده اما این روند باید با شتاب بیشتری پیش رود تا یکی از گام‌های اساسی در راستای اهداف دانشگاه سبز در کشور برداشته شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق، ضمن تبیین اهمیت تصفیه فاضلابهای بهداشتی و استفاده مجدد از پساب استاندارد در وضعیت کنونی کشور، به جایگاه این روش به عنوان ابزاری مهم و اساسی در راستای دستیابی به اهداف دانشگاه سبز پرداخته‌شد. در این راستا با تعیین هفت شاخصه مهم اعم از نحوه تأمین آب شرب، نحوه تأمین آب فضای سبز، تمرکز پردیس‌ها و دانشکده‌ها، شاخص‌های جمعیتی، وجود یا عدم وجود شبکه جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه‌خانه، مشخصات شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و وجود اعتبار و برنامه‌ریزی در قالب یک پرسشنامه با ۱۹ سؤال، وضعیت دانشگاه‌های کشور از نظر نحوه تأمین منابع آب موردنیاز و استفاده از پساب تولیدی دانشگاه مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد علیرغم گرایش نسبی دانشگاه‌ها به سمت استفاده از پساب به عنوان منبع آب همیشگی و در دسترس، هنوز حدود ۷۰ درصد دانشگاه ها برنامه ای در این راستا ندارند و این درحالی است که باوجود چالش‌های و مشکلات تأمین آب در بسیاری از مناطق کشور، حدود ۸۸ درصد آب موردنیاز فضای سبز این دانشگاه‌ها از طریق آب بهداشتی و شهری تأمین می‌شود که توجه ویژه مسئولین و مدیران را در این زمینه می‌طلبد.

سپاسگزاری

این مقاله براساس نتایج مستخرج از بخش شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب مربوط به طرح "ارزیابی تصفیه فاضلاب‌های بهداشتی دانشگاه‌های کشور و استفاده از پساب استاندارد در سیستمهای آبیاری نوین آبیاری" اداره کل نظارت بر طرح‌های عمرانی معاونت اداری، مالی و مدیریت منابع وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می‌باشد. در اینجا لازم می‌دانیم از حمایت‌ها و رهنمودهای ارزنده آقایان دکتر محمدرضا واعظ مهدوی، دکتر سعید سمنانیان، دکتر محمدحسین امید، دکتر مهراله رخشانی‌مهر و دکتر حسین خادمی و همکاری‌های ارزنده آقای مهندس مصطفی منفرد، خانم ها مهندس میترا خلیلی، مهندس لیلا مهدیلی، مهندس مجلله همتی و مهندس مریم نیکوفرد کمال سپاس و قدردانی را بنماییم.

مراجع

[۱] موسوی قیداری، س.ز.، محتشمی، ن.، دانشگاه سبز، دومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، ۱۳۹۳، موسسه آموزش عالی مهر اروند، تهران.

[2] Hochstrat R. Wintgens T. Melin T. and Jeffrey P. Assessing the European wastewater reclamation and reuse potential-a scenario analysis. *Desalination*. 2006; 188: 1–8.

[۳] صفوی، ح. ر. "هیدرولوژی مهندسی"، ۱۳۹۰، چاپ سوم، انتشارات ارکان دانش.

[۴] شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور آمار منابع و مصارف آب استان‌های کشور، ۱۳۹۱.

[۵] وزارت نیرو- دفتر برنامه‌ریزی کلان آب وآبفا " آمار و اطلاعات مصارف آب و تولید فاضلاب شهری و روستایی در استان‌های کشور"، ۱۳۹۱.

[6] USEPA. Guidelines for water reuse, Chapter 8: water reuse outside the US. Washington, DC, 2004.

[7] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Water quality for agriculture. (Eds: R.S. Ayers and D.W. Westcot). Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. l. FAO, Rome. 174 P, 1985.

[8] National Academy of Sciences of United States. Water reuse: Potential for expanding the Nation's water supply through reuse of municipal wastewater; 2012.

[۹] صفوی، ح. ر. طرح ارزیابی تصفیه فاضلاب‌های بهداشتی دانشگاه‌های کشور و استفاده از پساب استاندارد در سیستم‌های نوین آبیاری، اداره کل نظارت بر طرحهای عمرانی معاونت اداری، مالی و مدیریت منابع وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۵.

www.SID.ir