



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



اهمیت و کاربردهای آب خاکستری در مدیریت مصرف آب

ملیحه قربانی

کارشناس ارشد مدیریت بازرگانی، شرکت آب و فاضلاب استان فارس

mghorbani 1368@yahoo.com

چکیده

رشد فزاینده جمعیت و نیازهای آبی روزافزون جوامع شهری از یک طرف و محدودیت‌های منابع آب و نیز منابع مالی سبب شده است که در کنار توجه به توسعه منابع آب، مدیریت مصرف و تقاضا به عنوان عاملی کلیدی برای متعادل نمودن منابع با مصارف، نمایان تر جلوه کند. هم چنین با توجه به بروز خشکسالی و قرار گرفتن ایران در اقلیم گرم و خشک، منابع آب غیر متعارف برای باز استفاده مورد توجه قرار گرفته‌اند. در راستای مدیریت بهینه منابع آب و دست یابی به وضعیت مطلوب و تأمین نیازهای آبی در آینده، اقداماتی هم چون بهره گیری از منابع آبی دیگر از جمله بازچرخانی آب خاکستری، در ساختمان‌ها مطرح می گردد. استفاده مجدد از آب خاکستری یک روش نویدبخش با هدف کاهش مصرف آب است که در کنار صرفه جویی در انرژی و هزینه، فاضلاب تخلیه شده در محیط را نیز به تناسب کاهش می دهد. در این مقاله فواید و کاربرد های آب خاکستری، عوامل مؤثر بر بازیافت آب خاکستری و اهمیت آن در مدیریت مصرف آب مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: آب خاکستری، طراحی معماری و آب خاکستری، ساختمان سبز، مصرف انرژی



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

مقدمه

اصطلاح کمبود آب شامل تنش آب، کم آبی و بحران آب می‌باشد. تنش آب مشکل در یافتن منابع آب شیرین برای استفاده است و بحران آب وضعیتی است که در آن آب قابل آشامیدن و غیر آلوده در یک منطقه کمتر از تقاضای آن است. ایران، کشوری است که بیشترین وسعت آن خشک و نیمه خشک است تنها قادر است مقدار محدودی آب سالم را تأمین کند. براساس سطوح تعریف شده کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد و شاخص فالکن مارک ایران وارد مرحله تنش آبی شده و پیش‌بینی‌های سازمان ملل متحد در سال ۱۹۹۰ بیانگر ورود ایران به لیست کشورهای کم آب جهان تا سال ۲۰۲۵ در صورت تداوم وضع موجود می‌باشد. در ایران محدودیت ذاتی منابع آب یکی از مهم‌ترین چالش‌های بخش آب می‌باشد و ایران در بین چهار سطح تعریف شده جهان برای تنش‌های آبی در حادترین سطح تنش قرار گرفته است [۱]. لذا برای اطمینان از ذخایر آینده آب آشامیدنی سالم، تازه و پاک ما بایستی از آن با احتیاط بیشتری استفاده کنیم. نه تنها آب بلکه پساب آن نیز نباید هدر رود. آب و پساب هر دو بایستی به عنوان کالای حیاتی و اقتصادی گرانبها در نظر گرفته شوند. لذا تکنیک‌های حفظ این دو هر چه بیشتر باید در زندگی خانوارها لحاظ گردد. یکی از راه‌های مدیریت مصرف آب استفاده از آب خاکستری است. آب خاکستری، به حجم آبی اطلاق می‌شود که طی فرآیند تولید محصولات آلوده شده و کیفیت اولیه خود را از دست داده است [۲]. آب خاکستری به تمام آب مصرف و تولید شده در بنا به جزء آب سیاه اطلاق می‌شود، که شامل آب مصرف شده در حمام‌ها، سینک‌ها، آشپزخانه و ماشین‌های لباسشویی است. این آب به طور عمده حاوی صابون، شامپو، خمیردندان، خرده‌های غذا، روغن‌های خوراکی و مو می‌باشد. آب خاکستری بیشترین درصد حجمی فاضلاب خروجی منازل را به خود اختصاص می‌دهد. به طور معمول، ۵۰ تا ۸۰ درصد فاضلاب خروجی منازل، آب خاکستری است [۳]. همه فاضلاب تولید شده به جزء فاضلاب توالت را آب خاکستری گویند. از آب خاکستری به منظور استفاده مجدد در آبیاری باغات استفاده می‌شود. استفاده مجدد از آب خاکستری باعث کاهش مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. برخلاف روش‌های کوتاه مدت، استفاده مجدد از آب خاکستری بخش مهمی از مشکل جوامع را حل می‌کند و در آینده به عنوان روشی ضروری و غیرقابل تغییر باقی خواهد ماند [۴].

تجارب استفاده مجدد از آب خاکستری

در بسیاری از کشورهای جهان که با کمبود آب مواجه شده اند از آب خاکستری به عنوان یک منبع غیر متعارف آب استفاده می‌شود. در زیر به معرفی چند کشور که از نظر مطالعاتی و اجرایی به استفاده مجدد از آب خاکستری پرداخته اند اشاره شده است:



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

آمریکا: ایالت کالیفرنیا برای اولین بار قانون استفاده از آب های خاکستری را تدوین کرد. این قانون که در سال ۱۹۹۲ تصویب شد، تجویز کرده لوله کشی منازل و فاضلاب ها به شیوه ای انجام شود که امکان استفاده از پس آب ها فراهم شود. البته این قانون بسیار سخت گیرانه بود. فقط اجازه می داد که بخش کوچکی از پساب ها را فقط برای آبیاری گیاهان در خارج از خانه استفاده کنند. از سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۰۹ انواع سیستم های استفاده وسیع تر از آب خاکستری غیرقانونی بود. ولی به دلیل گرانی آب مردم علاقه داشتند که هر چه بیشتر از آب خاکستری استفاده کنند. برای این کار ابزار و وسایلی هم ساخته شد و تعداد زیادی از مردم به صورت غیرقانونی از آن استفاده می کردند، تا اینکه به دلیل کم آبی های سال های اخیر، فشار زیادی به دولت وارد شد و بالاخره دولت تصمیم گرفت محدودیت های استفاده از آب خاکستری را کاهش دهد. براساس قوانین تازه قرار شد در زمان ساخت مسکن های جدید، شرایط استفاده از پساب ها رعایت شود. در سال ۱۹۸۰ در لوس آنجلس در آزمایشگاهی، استفاده مجدد از آب خاکستری مورد بررسی قرار گرفت و در سال ۱۹۷۷ مجموعه قوانین و دستورالعمل استفاده مجدد از آب خاکستری جهت مصارف شهری وضع شد. استرالیا: در استرالیا مطالعاتی در سال ۱۹۹۴-۱۹۹۷ پتانسیل استفاده مجدد از آب خاکستری مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصله بیانگر این می باشد که با استفاده مجدد از آب خاکستری، به میزان قابل توجهی ذخیره آب صورت می گیرد که حفظ منابع موجود آب و کاهش هزینه ها را به دنبال دارد. قبرس: جزیره قبرس در سال ۱۹۹۹ اولین قدم را در پرداخت کمک هزینه مالی به خانوارهایی که می خواهند سیستم های استفاده مجدد از آب خاکستری جهت آبیاری و سیفون توالت را نصب کنند برداشت. همچنین استفاده از این سیستم ها در هتل ها و ورزشگاه ها نیز مجاز شده است. اروپا: در اروپا در سال ۲۰۰۱ مطالعات و آزمایشاتی بر روی تصفیه آب خاکستری جهت استفاده در سیفون توالت انجام شد. تخمین زده شده است که حدود ۱۵۰ دستگاه آب خاکستری در کشور راه اندازی شد. از فیلتراسیون و گندزدایی جهت افزایش کیفیت آب به منظور رسیدن به استاندارد لازم استفاده شده است [۳].

مزایای استفاده از آب خاکستری

استفاده از آب خاکستری باعث کاهش مصرف آب آشامیدنی برای مصارف غیر آشامیدنی، کاهش هزینه ها و افزایش منابع برای مصارف کشاورزی می شود. تصفیه آب خاکستری به علت غلظت کم مواد آلی به مراتب آسان از فاضلاب می باشد، در نتیجه هزینه های تصفیه کاهش می یابد. بدلیل داشتن مواد مغذی برای آبیاری گیاهان مناسب بوده و برای مناطق کم آب جهت آبیاری توصیه می گردد [۵]. آب های خاکستری تصفیه شده معمولاً می توانند مجدداً در فضاهای داخلی و برای مصارف فلش تانک ها و ماشین های لباسشویی مورد استفاده قرار گیرند. این دو مورد اغلب از پرمصرف ترین بخش مصارف آب داخلی خانگی می باشند [۶].



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

باز یافت آب خاکستری در حفظ منابع آب مؤثر است و با جایگزین شدن در استفاده‌هایی که لزومی در بکارگیری آب آشامیدنی در آن‌ها وجود ندارد، به کاهش مصرف آب تازه و با کیفیت آب آشامیدنی کمک می‌کند. فرآوری آب خاکستری در محل، حجم آب مصرف شده‌ای که باید به مخازن جمع‌آوری و فرآوری پرهزینه و عظیمی که در فاصله دوری از محل قرار دارند را کاهش می‌دهد [۷].

آب خاکستری و مصرف انرژی

تأثیر مصارف گسترده آب خاکستری بر انرژی هنوز به طور جامع ارزیابی نگشته است. مصرف انرژی بایستی توسط فاکتورهایی چون میزان انرژی لازم برای ذخیره، میزان انرژی مورد نیاز برای زیرساخت‌های پیشرو و مقدار انرژی سیستم آب خاکستری شامل تصفیه و انتقال آن می‌باشد. میزان مصرف انرژی سیستم تصفیه و استفاده مجدد، متناسب با افزایش کیفیت آب حاصله و فاصله از منبع پساب بالا می‌رود. زیرساخت‌های سیستم نیز چنانچه وسیع باشند، هزینه بیشتری را متحمل می‌کنند؛ در طرف مقابل کاهش مصرف آب و هزینه اتفاق خواهند افتاد. به عنوان مثال چنانچه یک واحد ساختمانی از آب خاکستری استفاده مجدد نماید، به طور همزمان تقاضای آب و تولید آب خاکستری آن نیز کاهش می‌یابد و این بدین معناست که واحد ساختمانی علاوه بر عدم نیاز به ساخت لوله‌کشی عظیم برای ذخیره افزایش تقاضای آب، به توسعه سیستم تصفیه آب خاکستری متناسب با افزایش تولید آب خاکستری نیز نیازی نخواهد داشت. بنابراین میتوان نتیجه گرفت که با استفاده مجدد از آب خاکستری، میزان مصرف انرژی بصورت دو جانبه کاهش می‌یابد [۸].

طراحی معماری و آب خاکستری

در عصری که بحران انرژی و منابع موجود با شتابی که در جهان دارد، به‌ویژه منابع آبی در حال نابودی است. برای تداوم زندگی به منابع تجدیدپذیر و سالم جایگزین آب شیرین طبیعی نیاز جدی است. پیشینه آب نشان می‌دهد انسان اولین آثار معماری خود را کنار نهرها و آب بنا کرده است و معماری و آب جدا از هم نبوده‌اند [۹]. طراحی معماری بیانگر فرهنگ معماری معاصر امروز ماست. بر این اساس چگونه معماری خواستن و چگونه آن را ساختن به عنوان یک پدیده فرهنگی و تکنولوژیک شکل دهنده فرهنگ معماری امروز می‌باشد. شرایط زندگی و فرهنگ اشتباه جامعه، باعث هدر رفتن منابع هنگفت انرژی مخصوصاً منابع طبیعی آب شیرین شده است [۱۰]. از آنجایی که جمعیت موجود در جهان نیازمند آب هستند و خشکسالی در جهان در حال افزایش است، تقاضای باز یافت آب افزایش می‌یابد. برای صرفه‌جویی در منابع آبی طبیعی، می‌بایست از آب‌های خروجی فضاها بهره برد که به آن‌ها آب‌های بازیافتی هم می‌گویند [۱۱].



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

آب خاکستری حاصل از حمام، ظرف شویی و لباسشویی تقریباً ۵۰ تا ۸۰ درصد فاضلاب تولیدی در جوامع مختلف را تشکیل می‌دهد [۱۲]. در طراحی معماری، برای اینکه از آب با منابع طبیعی کمتر استفاده کرد باید از بازیافت آب‌های خروجی و یا پساب‌های جمع‌آوری شده استفاده کرد و با طراحی معماری در فضاهای دیگر بهره برد مانند فضاهایی هم چون:

محوطه فضاهای شهری عمومی و فضاهای خصوصی

پارک‌های گردشگری و فضاهای تفریحی

فضاهای سبز، باغ‌ها و مزارع کشاورزی

استفاده مجدد برای شستشوی محوطه و ماشین

استفاده در سرویس‌ها، آب گرمکن و سیستم گرمایش و سرمایش [۱۳].

آب خاکستری و ساختمان سبز

با توجه به کمبود منابع آب آشامیدنی نیاز به انجام راهکارهای دقیق و اصولی در زمینه حفظ و نگهداری از منابع آبی باقی مانده، بیشتر از گذشته احساس می‌شود. یکی از این راهکارها، بازچرخانی آب خاکستری در ساختمان‌ها است. این ساختمان‌ها تحت عنوان ساختمان‌های سبز یا سازگار با محیط زیست معرفی می‌شوند. در این ساختمان‌ها برای جلوگیری از هدر رفت بخش زیادی از منابع آب شیرین، از آب‌های خاکستری برای اموری مثل آبیاری فضاهای سبز، سیفون توالت و ساختمان‌های نیازمند رطوبت بالا هم چون گلخانه‌ها استفاده می‌شود [۱۴]. سیستم‌هایی که جهت استفاده مجدد از آب خاکستری در این گونه ساختمان‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند، شامل سیستم تصفیه اولیه و تصفیه ثانویه می‌باشند [۱۵]. سیستم تصفیه اولیه دارای یک یا چند تانک رسوب گیر است که با حذف مواد جامد و روغنی به کمک یک صافی، آب خاکستری را به منظور آبیاری و سایر موارد کاربردی آماده می‌کند. این سیستم برای ساختمان‌های سبز کاملاً اقتصادی و به صرفه بوده و از شبکه آبیاری سطحی می‌توان در آن‌ها استفاده نمود. هم چنین در سیستم تصفیه ثانویه، روغن، چربی و ذرات جامد بیشتری نسبت به روش اولیه حذف می‌شود و علاوه بر شبکه آبیاری سطحی، می‌توان شبکه آبیاری زیرزمینی را هم در این روش مورد استفاده قرار داد [۱۶].

ساختمان‌های سبز در ایران

در پژوهشگاه صنعت نفت در سال ۱۳۹۱، یک نمونه ساختمان سبز مطابق با آخرین تکنولوژی روز دنیا، تحت عنوان ساختمان‌هایی با مصرف انرژی صفر، احداث شده است. در این ساختمان تمام انرژی مورد نیاز، توسط مصالحی مانند پل خورشیدی، گیاهان به کار رفته، عایق‌بندی‌ها، تأمین می‌شود و برای همگام‌سازی با کمبود منابع



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

آبی در کشور، سیستم آب خاکستری در آن به کار برده شده است. ساختمان انرژی صفر پژوهشگاه مواد و انرژی در شهرستان کرج نیز با دیدگاه کاهش مصرف انرژی اولیه و جبران انرژی مصرف شده از طریق تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و پاک، به عنوان اولین ساختمان انرژی صفر در ایران طراحی گردید و در سال ۱۳۹۳ به بهره برداری رسید. در این ساختمان به منظور کاهش مصرف آب تازه، از روش بازیافت آب خاکستری استفاده می شود. اولین تجربه واقعی معماری سبز در کشور ایران، برج های مسکونی سبز کوثر مشهد است که از سال ۱۳۹۳ در حال ساخت می باشد. در این ساختمان، از انرژی های پاک در تمام سطوح معماری ساختمان بهره گرفته شده است. پانل های خورشیدی، توربین های بادی، استفاده از آب بازیافتی از نمونه های این موضوع هستند که برای کاهش هزینه های انرژی به کار گرفته شده اند. از ابتدای سال ۱۳۹۵ تاکنون، چهار ساختمان سبز در اصفهان ساخته شده است. استفاده از صفحات خورشیدی برای تأمین انرژی برق و گرمایشی، عایق های پیشگیری از سرما و گرما و استفاده از تانک های بازیافت آب موسوم به سپتیک تانک از مزایای این ساختمان ها می باشد [۱۷].

نتیجه گیری

با توجه به مشکل کمبود آب در کشورمان به دلایل گوناگون از قبیل رشد جمعیت، پیشرفت صنعت و داشتن آب و هوای خشک و نیمه خشک بحران آب مسأله روز می باشد. در این راستا در حال حاضر استفاده مجدد از پساب ها در تأمین آب مورد نیاز جهت مصارف گوناگون از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. در چنین شرایطی استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده می تواند به عنوان یکی از راه های غلبه بر مشکل کم آبی تلقی گردد. در ایران بخش بزرگی از آب مورد استفاده شهرهای بزرگ به فاضلاب شهری تبدیل می شود که با توجه به کمبود منابع آب کشور، بخشی از فاضلاب شهری که تحت عنوان آب خاکستری طبقه بندی می شود، می تواند به عنوان منبع مهمی از آب برای توسعه فضای سبز و درختکاری های اطراف شهر به کار گرفته شوند. آب خاکستری دارای عناصر مغذی بوده و از منابع آبی با ارزش در آبیاری فضای سبز و باغات محسوب می شود. استفاده از این نوع آب چنانچه به صورت صحیح و منطبق بر اصول انجام گیرد می تواند علاوه بر رفع مشکل کم آبی باعث افزایش حاصلخیزی خاک و نیز کاهش مصرف کودهای شیمیایی می گردد. هم چنین فرهنگ و معماری از یکدیگر جدا نیستند و معماری تأثیر مستقیمی بر فرهنگ سازی و رفتارهای انسان ها در سالیان گذشته داشته است. پس می توان با راهکارهایی در این نسل برای آیندگان برای مصرف بهینه آب های شیرین فرهنگ سازی کنیم. با توجه به آب های بازیافتی که منبع عمده آن آب های خروجی از فضاهاست که بخش قابل استفاده آن آب خاکستری هست، می توان با راه کارهای معماری در طراحی داخلی فضاها و با استفاده از مدیریت شهری در طراحی محوطه های شهری، آب نما، فضای سبز و فضای بازی از آن بهره برد.



اولین همایش ملی
مدیریت مصرف و هدر رفت آب
1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

منابع

۱. راهنمای طبقه‌بندی کیفیت آب خام، پساب‌ها و آب‌های برگشتی برای مصارف صنعتی و تفریحی، ۱۳۸۷. انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (نشریه شماره ۴۶۲).
2. Erika, Z., Maite, A., and Derk, K.,(2010). Water footprint application at different geographical scales in UNEP-Mandate Corporate Water Accounting Workshop, New York.
3. Nolde, E., (2005). Greywater recycling systems in Germany – Results, experiences and guidelines. Water Science and Technology 51.
4. Murad, j.,B., (2004). Grey Water Reuse for Sustainable Water Demand management.
5. Boghos, G.,(2004). Adoption of Grey Water Treatment and Reuse Technology in A Cluster of Six in Lebanon.
6. Reardon, C., Milne, G., McGee, C., and Downton, P.,(2010). Your Home: Technical Manual (4th ed.). sydney Commonwealth of Australia, Department of Climate Change and Energy Efficiency.
۷. گلابچی، م. و گلابچی، م. (۱۳۹۲). مبانی طراحی ساختمان‌های بلند. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.
8. Allen, L., Christian-Smith, J., and Palaniappan, M., (2010). Overview of Greywater Reuse: The Potential of Greywater Systems to Aid Sustainable Water Management (1st ed.). California: Pacific Institute.
۹. سماری، آرمان. و فرح‌نیا، ب. (۱۳۹۳). بهینه سازی مصرف آب در طراحی معماری با محوریت توسعه پایدار، کنگره بین المللی پایداری در معماری و شهرسازی.
10. Ong, H., Ryck, L.D. (2010). Best Sourcing Approach Keeps Water Production Costs Down", Water & Wastewater International. Vol 13.
۱۱. منزوی، م. ت. (۱۳۸۵). فاضلاب شهری و جمع‌آوری فاضلاب. مؤسسه و انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوازدهم.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

۱۲. کرکه آبادی، ز. بیات، ا. (۱۳۹۴). بررسی نقش طراحی اقلیمی در معماری و شهرسازی ایرانی - اسلامی (با تأکید بر مناطق سرد و کوهستانی). همایش ملی معماری و شهرسازی ایرانی و اسلامی. رشت. دانشگاه پیام نور گیلان.
۱۳. الخاص پور، ز. قمیسی، م. و قربانی پارام، ا. (۱۳۹۵). نقش طراحی معماری و تأثیر آن بر بهینه‌سازی مصرف منابع آبی. کنفرانس بین المللی نخبگان عمران، معماری و شهرسازی. تهران. دانشگاه شهید بهشتی.
۱۴. خسروی نوده، م. ر. (۱۳۹۳). جایگاه بازیافت آب از پسماند شهری در توسعه کشاورزی و منابع طبیعی با رویکرد استراتژیک. دومین همایش ملی بازیافت آب راهبردی اصولی برای بحران آب. دانشگاه تهران.
۱۵. نظام آبادی، ع، الف و اینالو، ب. (۱۳۹۳). مهندسی ارزش در صرفه جویی در مصرف آب با استفاده از پساب خاکستری. کنفرانس ملی مهندسی ارزش و مدیریت هزینه. تهران. پژوهشگاه طراحان پارسه و مرجع دانش مهندسی ارزش ایران.
۱۶. صاحب‌زاده سیستانی، ص و خیاط، الف. (۱۳۹۴). بازیافت و باز استفاده آب خاکستری بررسی راه کارهای مناسب در مقیاس مسکونی. کنفرانس بین المللی علوم مهندسی و فناوری‌های محیط زیست. تهران. دانشکده محیط زیست.
۱۷. سرنوبه، س. سرنوبه، ص. و واسعی، س. (۱۳۹۵). بازچرخانی و استفاده مجدد از آب خاکستری در مدیریت آب مصرفی در ساختمان سبز. اولین همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشت، چالش‌ها و راه کارها. دانشگاه صنعتی اصفهان.