



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



امکان سنجی استفاده از پسابها و آبهای برگشتی به عنوان یکی از منابع آب تجدید شونده

امیراردلان ایزدی* (مسئول مکاتبات)

کارشناس ارشد مهندسی آب و فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی
Izadi.ardalan.66@gmail.com

محسن میرشاهی

کارشناس ارشد مهندسی شیمی، شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی
Mirshahi.mohsen@gmail.com

خلاصه

محدودیت منابع آبی در بسیاری از نقاط کشور سبب شده است که تفکر استفاده مجدد از منابع عظیم پسابها و آبهای برگشتی به عنوان یک راهکار پایدار جهت مقابله با این بحران در کشور اهمیت پیدا کند. مسلماً اگر پسابها و آبهای برگشتی به چرخه مصرف آب وارد شوند از طرفی باعث کاهش برداشت از سفره های آب زیرزمینی و احیای مجدد آنها شده و از سوی دیگر می توان آب مورد نیاز مصارفی نظیر کشاورزی، صنایع و فضای سبز را نیز تامین نمود. در این مطالعه موارد استفاده از پسابها و آبهای برگشتی به همراه چالش های زیست محیطی و بهداشتی پیش رو مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، جهت استفاده صحیح و پایدار از منابع مذکور، تدوین استانداردهای مناسب و الزام در رعایت ضوابط مربوط ضروری بوده و توجه به این دو اصل می تواند متضمن اثرات سودمندی همچون حفاظت کمی و کیفی منابع آب و کاهش آلودگی محیط زیست گردد.

کلمات کلیدی: پساب، آب های برگشتی، کشاورزی، صنایع، فضای سبز

۱- مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت جهان و نیاز شدید به مواد غذایی از یک سو، و محدودیت منابع آب و خاک قابل دسترس از سوی دیگر، لزوم برنامه ریزی جهت استفاده صحیح تر از منابع آب و خاک را دوجندان می نماید [۱].



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



در این میان ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلیمتر در سال جزء کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب می شود که تداوم روند کنونی افزایش مصارف آب و تولید پساب در بخش شرب، کشاورزی و صنعت موجب بروز محدودیت دسترسی به منابع آب شیرین، به مخاطره افتادن حیات نسل آبی و بروز تحولات کیفی در منابع آب پذیرنده گردیده است [۲].

در اواخر قرن بیستم این ایده قوت گرفت که تصفیه فاضلاب های شهری و صنعتی باید بتواند آب بازیافتی با چنان کیفیتی تولید نماید که نه تنها دور ریخته نشود، بلکه مصارف مطلوبی نیز برای آن قابل پیش بینی باشد. فاضلاب های تصفیه شده یا آب های بازیافتی عملاً منابع آبی هستند که به راحتی و بدون صرف هزینه های زیاد در دسترس جوامع قرار دارند. طبق پیش بینی ها تولید سالانه پساب در کشور در سال ۱۴۰۰ به حدود ۴۰ میلیارد مترمکعب خواهد رسید که البته در صورت عدم استفاده صحیح از آنها، مشکلات زیست محیطی فراوانی را به دنبال خواهند داشت [۳]. بنابراین لازم است ضمن بررسی قابلیت استفاده مجدد از آنها، به نحو شایسته ای خطر آلودگی های زیست محیطی ناشی از این حجم عظیم پساب ها را نیز رفع کنیم.

در حال حاضر ۹۳ درصد از کل آب مصرفی ایران صرف آبیاری حدود ۸٫۵ میلیون هکتار از اراضی زراعی شده و سهم بخش آب شرب و صنعت به ترتیب ۵٫۸ و ۱٫۲ درصد می باشد. پتانسیل فاضلاب خانگی تولیدی در سطح کشور بر اساس آخرین سرشماری رسمی به تفکیک شهری و روستایی و کل به ترتیب معادل ۳۶۷۰، ۷۲۷ و ۴۴۰۰ میلیون متر مکعب در سال می باشد. محاسبات نشان می دهد که بر اساس سناریوی معمول حجم پساب برگشتی در جوامع شهری و روستایی کشور در سال ۱۴۰۰ به ترتیب معادل ۴۳۶۹ و ۸۲۳ میلیون متر مکعب و در مجموع معادل ۵۱۹۱ میلیون متر مکعب در سال و بر اساس سناریوی مطلوب حجم پساب برگشتی در سال هدف در شهرها و جوامع روستایی به ترتیب معادل ۴۷۰۹ و ۱۱۱۳ و در مجموع معادل ۵۸۲۲ میلیون متر مکعب خواهد بود [۴]. بررسی و جمع بندی تجربیات جهانی استفاده از این منابع نشان می دهد که با توجه به کمبود آب، استفاده مناسب از این منابع به عنوان یک منبع ارزشمند آب ضروری بوده و با گذشت زمان نیز اهمیت آن بیشتر خواهد شد.

در این مقاله ضمن بررسی تجربیات داخلی و خارجی استفاده از منابع مذکور، چالش های توأم با کاربرد آنها در مصارف مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفته و به بیان نکاتی پرداخته می شود که رعایت آنها در برنامه ریزیها و مدیریت طرحهای کاربردی پسابها و آبهای برگشتی، ضروری می باشد.

۲- کاربرد آب خاکستری در ایران و جهان

انسان از گذشته های دور و نامعلوم، استفاده از پسابها و آبهای برگشتی را در کشاورزی مورد استفاده قرار داده است. اطلاعات موجود نشان می دهد که در قرن دهم هجری، فاضلاب در حومه شهر اصفهان برای کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. در قدیم استفاده از پسابها عمدتاً با انگیزه حاصلخیز کردن اراضی کاربرد داشته، در صورتی که در حال حاضر کمبود آب انگیزه اصلی محسوب می شود [۴]. در جدول ۱ مواردی از تجربیات داخلی استفاده از پسابها و آبهای برگشتی بیان شده است:

جدول ۱: مواردی از تجربیات داخلی استفاده از پسابها و آبیهای برگشتی به همراه نتایج آن

ردیف	موضوع	نتیجه
۱	بررسی پیامد آبیاری با پساب بر برخی از ویژگی های شیمیایی خاک های ناحیه بر خوار اصفهان و انباشتگی برخی از عناصر در گیاه یونجه	مشاهده شد که هفت سال آبیاری با پساب توانسته است زمین های شور و سدیمی منطقه را به یک خاک مناسب برای کشاورزی تبدیل کند و شوری سدیم محلول و تبادل و همچنین سدیم کل خاک را به اندازه چشمگیری کاهش دهد.
۲	بررسی روش های بازیافت و کاربرد فاضلاب ها در امور کشاورزی و احیای اراضی	بیانگر نقش مثبت استفاده اصولی از پساب ها و همچنین نقش خاک و زمین در پالایش فاضلاب ها می باشد.
۳	بررسی نقش عوامل مهم در به کارگیری فاضلاب ها در آبیاری	بیانگر مزایای برکه های تثبیت و نقش آنها در استفاده مجدد از فاضلاب و ارائه مبانی طراحی آن برای استفاده پساب حاصل در کشاورزی می باشد.
۴	بررسی اثرات استفاده از فاضلاب های تصفیه شده شهری بر کیفیت و عملکرد گوجه فرنگی، کاهو، هویج و خیار	مشاهده شد که استفاده از پساب افزایش عملکرد این گیاهان را در مقایسه با شاهد به همراه داشته و تاثیر منفی بر ویژگی های خاک و به خصوص نفوذپذیری آن در هیچ کدام از تیمارها نداشته است. از نظر بهداشتی، آبیاری با پساب برای هویج و کاهو قابل توصیه نمی باشد ولی برای گوجه و خیار قابل توصیه می باشد.
۵	بررسی اثرات استفاده مجدد از پساب پالایشگاه تهران در آبیاری جنگل های اطراف تهران	مشاهده شد که pH و هدایت الکتریکی (EC) خاک جنگل بعد از آبیاری نسبت به شرایط قبل از شروع آبیاری با پساب، افزایش پیدا کرده است.
۶	بررسی تاثیر فاضلاب خانگی تصفیه شده بر عملکرد گیاهان خیار و هویج و ویژگی های خاک آزمایشی در شرایط زراعی	مشاهده شد که استفاده از پساب باعث افزایش عملکرد و همچنین افزایش میزان تجمع مواد غذایی ماکرو و میکرو در اندام های هوایی خیار و هویج و همچنین باعث افزایش میزان غلظت عناصر ماکرو و میکرو در خاک گردیده است.
۷	ارزیابی کمی و کیفی نهرهای فاضلاب کش جنوب تهران و چگونگی تصفیه آن با روش برکه های تثبیت	نتایج تحقیق حاکی از قابلیت استفاده فاضلاب و کاربرد پساب حاصله در آبیاری محدود و غیر محدود بود.
۸	بررسی اثرات فاضلاب تصفیه شده خانگی بر کیفیت و عملکرد گوجه فرنگی و کاهو	نتایج نشان داد که استفاده از فاضلاب جهت آبیاری مزارع آزمایشی باعث افزایش عملکرد و غلظت عناصر غذایی ماکرو و میکرو در کلیه اندام های هوایی و زیرزمینی گوجه فرنگی و هویج شده است و هیچ گونه اثر سویی بر ویژگی های خاک نداشته است.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



در کشورهای مختلف جهان نیز از دیرباز، کاربرد پسابها و آبهای برگشتی رواج داشته است. در جدول ۲ اطلاعاتی در زمینه کاربرد این منابع در چند کشور جهان ارائه شده است [۵]:

جدول ۲: وضعیت استفاده از پسابها و آبهای برگشتی در سطح دنیا

ردیف	کشور	کاربرد فاضلاب
۱	آفریقای جنوبی	در این کشور ۳۲٪ فاضلاب ها بعد از تصفیه مجدداً برای کارهای مختلف استفاده می شوند که ۱۶٪ آن برای آبیاری محصولات کشاورزی است.
۲	آلمان	۸۸۰۰۰ هکتار زمین در سال ۱۹۹۷ در این کشور با فاضلاب تصفیه شده آبیاری می گردید.
۳	انگلستان	در سال ۱۹۸۸ در ۶۰ پروژه مختلف از این آب ها استفاده شد و این روند رو به افزایش داشته است.
۴	تونس	در سال ۱۹۸۸، حجم فاضلاب تصفیه شده در این کشور ۷۸ میلیون مترمکعب بود و در سال ۲۰۰۰ به ۱۲۵ میلیون مترمکعب افزایش یافت. طبق برنامه ریزی انجام شده، ۹۵٪ این آب ها در کشاورزی استفاده می شود.
۵	چین	بزرگترین مساحت اراضی آبیاری شده با فاضلاب در چین است که مساحت کل آن در حدود ۳ میلیون هکتار برآورد شده است.
۶	شیلی	در سال ۲۰۰۲، مساحت اراضی آبیاری شده با پساب در این کشور، ۱۶۰۰۰ هکتار بوده است.
۷	کویت	۱۲۰۰۰ هکتار زمین در این کشور با فاضلاب آبیاری می شود.
۸	مکزیک	حدود ۴۱۳۰۰ هکتار زمین در نزدیکی شهر مکزیکو سیتی، با حدود ۴۰ مترمکعب در ثانیه فاضلاب خام آبیاری می شود.
۹	هندوستان	برآوردهای سال ۱۹۸۶ بانک جهانی نشان می دهد که تولید روزانه فاضلاب در این کشور در حدود ۳،۶ میلیون مترمکعب بوده است که ۵۵-۵۰٪ آن برای آبیاری مورد استفاده قرار گرفته است.
۱۰	ایالات متحده آمریکا	در این کشور تعداد تصفیه خانه های فاضلاب از ۱۵۰ واحد در سال ۱۹۴۰ به ۳۴۰۰ واحد در سال ۱۹۸۰ افزایش یافت. در این کشور، دو ایالت کالیفرنیا و فلوریدا در استفاده از فاضلاب تصفیه شده از دیگران پیشی گرفته است.

۳- موارد استفاده از پسابها و فاضلاب های تصفیه شده

۳-۱ استفاده مجدد برای مصارف کشاورزی

مصارف کشاورزی با توجه به حجم زیاد مورد نیاز، به عنوان یکی از مصارف اصلی پسابها و آبهای برگشتی محسوب می شود. از بین منابع مختلف پسابها و منابع برگشتی، فاضلاب های خانگی به خاطر حجم زیاد و کیفیت مناسب تر بعد از طی مراحل تصفیه برای مصارف کشاورزی از اولویت بیش تری برخوردار می باشد.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



در استفاده از پساب های خانگی برای مصارف زراعی توجه به خواص بهداشتی از جمله کلیفرم، کلیفرم مدفوعی و تخم انگل های نماتودی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و از عوامل محدودیت زا در انتخاب الگوی کشت محسوب میشوند. زه آب های کشاورزی بیش ترین حجم آب های برگشتی را دارا بوده و با توجه به کیفیت آب مصرفی، خاک شناسی منطقه، الگوی کشت و شرایط اقلیمی از کمیت و کیفیت متفاوتی برخوردار می باشند. این منابع با توجه به حجم زیاد و کیفیت خوب برای مصارف زراعی مناسب بوده و مهم ترین عامل محدودیت زای کیفی آنها میزان هدایت الکتریکی (EC) می باشد [۶].

۲-۳ استفاده مجدد در تغذیه آبهای زیرزمینی

تغذیه مصنوعی، به ویژه در فصول غیر زراعی از اهمیت خاصی در بهره برداری از پساب ها و آب های برگشتی برخوردار می باشد. در استفاده از این منابع برای تغذیه مصنوعی توجه به کیفیت آب، به ویژه ترکیبات محلول از جمله نیترات و سموم از اهمیت خاصی برخوردار است. این ترکیبات به واسطه حلالیت در آب قادر به نفوذ به آبخوان و تهدید کیفی آن می باشند. مواد غیر محلول در لایه های خاک فیلتر شده و قادر به نفوذ به آبخوان نمی باشند. ذرات معلق و قابل ته نشین از شاخص های مهم دیگری است که با ته نشینی و ایجاد گرفتگی در خلل و فرج خاک باعث کاهش کارایی این روش می گردد [۶]. از بین منابع اصلی پساب ها و آب های برگشتی، استفاده از فاضلاب های خانگی تصفیه شده برای تغذیه مصنوعی به ویژه در فصول غیرزراعی مقدور بوده و در این زمینه، توجه به غلظت عناصر مغذی و مواد آلی محلول از ملاحظات و محدودیت های مهم به شمار می رود [۷].

۳-۳ استفاده مجدد در آبیاری فضای سبز

آبیاری فضای سبز یکی از مصارف مجدد پساب ها و آب های برگشتی می باشد. محدودیت های استفاده از این منابع عمدتاً پراکندگی فضای سبز در سطح شهر و هزینه انتقال پساب از تصفیه خانه ها به این مناطق می باشد که تا حد زیادی استفاده از این منابع را با محدودیت مواجه می سازد. از نظر کیفی عامل مهم محدودیت زا در استفاده از فاضلاب های تصفیه شده برای آبیاری فضای سبز، استاندارد بهداشتی آن می باشد که نیاز به کیفیت بالایی از نظر کلیفرم، کلیفرم مدفوعی و تخم انگل نماتود دارد. این مسائل تا حد زیادی در آبیاری فضای سبز و جنگل کاری های بیرون شهر کم رنگ تر می باشد. پساب های صنعتی نیز با توجه به نقطه ای بودن و پراکندگی صنایع، امکان استفاده در آبیاری فضای سبز شهری را نداشته ولی قابلیت استفاده در فضای سبز خود کارخانه و مجتمع های صنعتی را دارا می باشد [۶].

۴-۳ استفاده مجدد برای مصارف صنعتی

یکی دیگر از موارد استفاده پسابها و آبهای برگشتی در صناعی نظیر سامانه تبرید نیروگاه های حرارتی، صنایع فولاد و صنایع معدنی و ساختمانی می باشد. از برنامه های مهم در زمینه استفاده مجدد از پساب ها در صنعت، امکان بازچرخانی و استفاده مجدد از پساب خود صنایع می باشد. این امر می تواند به صورت برنامه ریزی برای استفاده از پساب بخش های مختلف برای همدیگر باشد که در کشور ما کمتر مورد توجه قرار می گیرد [۶].



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



انستیتو ملی تحقیقات آبیاری و بهره‌برداری



انجمن بین‌المللی مدیریت مصرف آب

استفاده از پساب ها و آبهای برگشتی برای مصارف شرب به دلیل هزینه بالای تصفیه تکمیلی آن جهت حصول استاندارد مصارف شرب و شرایط اجتماعی و فرهنگی حاکم بر کشور ما در مورد استفاده مجدد از منابع مذکور، در حال حاضر منتفی می باشد.

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به آن چه بیان شد در نگرش جدید آب کالایی یکبار مصرف محسوب نشده و استفاده مجدد از آن ضروری است، لذا استفاده بهینه و اصولی از پساب ها و آب های برگشتی می تواند باعث بهره‌وری و افزایش سطح زیر کشت، افزایش عملکرد محصولات تولیدی و افزایش میزان در آمد و بهبود وضعیت معیشتی و اقتصادی جوامع گردد. علاوه بر این رعایت اصول بهداشتی و نکات کیفی در بهره‌برداری از منابع نوظهور می تواند موجب ارتقای سطح بهداشت جامعه و افزایش سلامت عمومی گردد. با این حال همواره باید توجه داشت که استفاده از این منابع عاری از اشکال نبوده و با نظارت پیوسته و پیشگیری از معضلات احتمالی یاد شده می توان موجب بهبود وضعیت منابع آبی کشور و توسعه پایدار این سرزمین شد [۷].

ایران به عنوان یکی از کشورهای خاورمیانه با کمبود آب و کاهش منابع آب تجدید شونده مواجه بوده و در این راستا استفاده مجدد از پسابها و همچنین آب های برگشتی به عنوان منابعی جدید برای جبران بخشی از این کمبودها بایستی مورد توجه قرار گیرند.

بررسی تجارب جهانی نشان می دهد که با توجه به کمبود آب، استفاده از این پساب ها و آب های برگشتی به عنوان یک منبع ارزشمند آب مطرح بوده و با گذشت زمان اهمیت آن بیش تر خواهد شد. قابل به ذکر است، استفاده صحیح و رعایت استانداردها و ضوابط مربوط به استفاده از این منابع، اثرات سودمندی هم چون حفاظت کمی و کیفی از منابع آب، جلوگیری از آلودگی منابع آب، کاهش نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی، احیا اراضی بیابانی، منافع اقتصادی و امکان استفاده در مصارف صنعتی را به همراه خواهد داشت. در زمینه اثرات منفی نیز توجه به اثرات آنها بر کیفیت محصولات، کیفیت خاک، وضعیت آلودگی منابع آب و سلامتی انسان ها از اهمیت خاصی برخوردار می باشد.

نتایج بررسی های به عمل آمده از تجارب جهانی حاکی از آن است که استفاده پایدار از پساب ها و آب های برگشتی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه می بایست همراه با تدوین چارچوب ها و ضوابطی باشد که در آن توجه به پیامدهای زیست محیطی، بهداشتی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مربوط و در نظرگیری متغیرهای زمانی هم چون سطح تکنولوژی و وضعیت اقتصادی مورد توجه قرار گیرد که در این صورت می توان زمینه لازم را به منظور بهبود وضعیت منابع آبی کشور و توسعه پایدار این سرزمین مهیا ساخت.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۵- مراجع

1. Hespahol, I., and A. M. E. Prost. (1994). "WHO guidelines and national standards for reuse and water quality". *Water Resources Research*, 28(1):119-124.
۲. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و وزارت نیرو، (۱۳۸۹). "ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از پسابها و آبهای برگشتی (نشریه شماره ۵۳۵)"، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری. تهران، ایران
۳. طالقانی زاده، ن. بازوند، م. (۱۳۹۲)، استفاده مجدد از آبهای برگشتی، پسابها و منابع آب غیرمتعارف"، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور دانشگاه شهید بهشتی تهران.
۴. توکلی، م. (۱۳۷۸). "آبیاری با فاضلاب تصفیه شده"، نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۲۸، ۱-۲۶ ص.
5. Cuimei, L., & Suiqing, L. (2006). *Water Distribution Systems Evaluating Method Based on Value Engineering*. *Water Distribution Systems Analysis Symposium 8th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium*, Cincinnati, Ohio, USA, August 27-30, 2006, 1-11. [http://doi.org/doi:10.1061/40941\(247\)28](http://doi.org/doi:10.1061/40941(247)28)
6. Tchobanoglous, G., L. Burton, F. (2004). "Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse", McGraw-Hill, Inc.
۷. محمدی، پ. (۱۳۸۰). "مروری بر استانداردها و تجارب استفاده از پسابها برای آبیاری"، نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۳۲، ۱-۳۰ ص.