

بررسی مزایا و مخاطرات بهداشتی استفاده از پساب تصفیه شده در فضای سبز شهری

بهزاد بصیری

کارشناسی مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید، فارس

چکیده

با افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به منابع آب، استفاده از پساب تصفیه شده به عنوان یک راهکار پایدار برای آبیاری فضاهای سبز شهری به طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. این مقاله به بررسی مزایا و مخاطرات بهداشتی استفاده از پساب تصفیه شده در فضای سبز شهری می‌پردازد. از جمله مزایای استفاده از این نوع آب می‌توان به کاهش فشار بر منابع آب شیرین، صرفه‌جویی در هزینه‌های آبیاری، و بهبود کیفیت خاک اشاره کرد. همچنین، استفاده از پساب تصفیه شده می‌تواند به حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی کمک کند. با این حال، استفاده از پساب تصفیه شده نیز با چالش‌ها و مخاطرات بهداشتی همراه است. وجود آلاینده‌ها، میکروارگانیسم‌ها و مواد شیمیایی در پساب می‌تواند تهدیدی برای سلامت عمومی و محیط زیست باشد.

واژه‌های کلیدی: پساب، پساب تصفیه شده، فضای سبز، شهر

مقدمه

با افزایش جمعیت و رشد سریع شهرنشینی، تأمین منابع آب برای مصارف مختلف به یکی از چالش‌های اساسی در مدیریت شهری تبدیل شده است. در این راستا، استفاده از پساب تصفیه شده به عنوان یک منبع آب جایگزین برای آبیاری فضاهای سبز شهری، به طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. پساب تصفیه شده، که به دلیل فرآیندهای تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به آب قابل استفاده تبدیل می‌شود، می‌تواند به عنوان یک منبع پایدار و اقتصادی برای تأمین آب در فضاهای سبز شهری مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری فضاهای سبز شهری مزایای متعددی دارد. از جمله این مزایا می‌توان به کاهش فشار بر منابع آب شیرین، صرفه جویی در هزینه‌های آبیاری، و بهبود کیفیت خاک اشاره کرد. همچنین، این اقدام می‌تواند به حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی کمک کند. با این حال، استفاده از پساب تصفیه شده نیز با مخاطرات بهداشتی همراه است. وجود آلاینده‌ها، میکروارگانیسم‌ها و مواد شیمیایی در پساب می‌تواند تهدیدی برای سلامت عمومی و محیط زیست باشد. به ویژه در فضاهای سبز شهری که ممکن است با انسان‌ها و حیوانات خانگی در تماس باشند، این مخاطرات باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند. بنابراین، این مقاله به بررسی مزایا و مخاطرات بهداشتی استفاده از پساب تصفیه شده در فضای سبز شهری می‌پردازد.

تعریف فضای سبز شهری

منظور از فضاهای سبز شهری نوعی از سطوح کاربری زمین شهری با پوشش گیاهی انسان ساخت است که هم واجد بازدهی اجتماعی و هم واجد بازدهی اکولوژیکی هستند. فضای سبز یکی از عوامل پایداری در شهرنشینی است. فضای سبز شهری از دیدگاه شهرسازی در برگیرنده بخشی از سیمای شهری است که از انواع پوشش گیاهی تشکیل شده و به عنوان یک عامل زنده حیاتی در کنار کالبد بی جان شهر، تعیین کننده ساخت مورفولوژیک شهر است. فضاهای باز شهری از یک سو در بر گیرنده فضاهای سبز موجود و از سوی دیگر به صورت فضاهایی بالقوه جهت توسعه فضاهای سبز شهری مطرح می‌شوند. (سعید نیا، ۱۳۸۳)

آبرسانی و آبیاری فضای سبز

منظور از آبرسانی تا مین آبی مطمئن و کافی برای آبیاری پوشش‌های گیاهی است. امروزه در طراحی فضای سبز شهری تامین منابع آب بیش از طراحی آن حائز اهمیت است. منظور از آبیاری تامین رطوبت کافی در اطراف ریشه درخت یا درختچه می باشد. نیاز به آبیاری در ماه‌هایی از سال بیشتر می‌شود که نزولات آسمانی کافی در اختیار ریشه قرار نمی‌گیرد. با توجه به اینکه نزولات آسمانی فقط بخشی از نیاز آبی بسیاری از درخت‌ها و درختچه‌های فضای سبز را تامین می‌نماید از این رو آبیاری با یکی از روش‌های معمول اجتناب ناپذیر است.

تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبز

به طور کلی کارشناسان اعتقاد دارند که میزان آبی که باید در پای گیاهان ریخت به سن درخت گونه ی گیاه شدت تبخیر میزان دما بافت خاک و برخی عوامل دیگر بستگی دارد و نمی‌توان نسخه واحدی برای همه گونه‌ها آن هم در شرایط سنی خاکی و اقلیمی متفاوت تجویز کرد. (سعید نیا، ۱۳۸۳)

بهره برداری از شبکه مستقل آبیاری

بهره برداری از شبکه مستقل آبیاری فضای سبز یعنی جدا سازی شبکه آبیاری فضای سبز از شبکه توزیع آب شرب یکی از مواردی است که از طرف کارشناسان توصیه می شود. با احداث این شبکه آبیاری فضای سبز تابع نوسانات تامین آب کلی شهر نبوده و کنترل سیستم تامین آب و توزیع آب به سهولت امکان پذیر است. مضاف بر این که شبکه مستقل آبیاری فضای سبز در فصل غیر آبیاری فعال نبوده و امکان تعمیر و توسعه آن فراهم می گردد.

نقش و اهمیت فضای سبز در زندگی شهری

رشد صنعت و افزایش جمعیت در شهرها به ساخت و سازهای سود گرایانه منجر شده است. این ساخت و سازها به مسائل بهداشتی و تأمین حداقل نور و هوا در مناطق متراکم شهری توجهی نداشته است. از سوی دیگر ضرورت ایجاد کاربری های جدید شهری برای پاسخگویی به نیازهای روزافزون و اسکان جمعیت به تدریج باعث کاهش سهم فضاهای سبز و باغ های شهری گردیده است و در نتیجه موجب آلودگی محیط زیست شده است (سعیدنیا، ۱۳۸۳)

در اهمیت فضای سبز می توان گفت که امروزه اقلیم شهری تحت تأثیر فرایندهای تراکم و تمرکز فعالیت در شهرها آنچنان دگرگون شده است که در مطالعات ناحیه ای شهرها به صورت مشخص و جدای از اقلیم ناحیه ای بررسی می شود. آثاری که از طریق کاهش فضای سبز شهری بر اکولوژی شهری بویژه در زمینه ای اقلیم هوا خاک آب های زیرزمینی و جامعه حیوانی ایجاد می گردد آنچنان شدید است که عناصر سازنده آن را در محیط شهری به کلی دگرگون می کند. مهمترین تأثیرات فضای سبز در شهرها، کاهش آلودگی هوا، تعدیل دما، افزایش رطوبت نسبی لطافت هوا و جذب گرد و غبار و بوده و عملکرد زیبایی شناختی و اجتماعی آن تأثیر به سزایی در آرامش روانی مردم ساکن در شهرها دارد. (رهنمایی شاه حسینی، ۱۳۸۳)

ضرورت فضای سبز

مهمترین اثر فضای سبز در شهرها کارکردهای زیست محیطی آنهاست که شهرها را به عنوان محیط زیست جامعه انسانی معنی دار کرده است و با آثار سوء گسترش صنعت و کاربرد نادرست تکنولوژی مقابله نموده سبب افزایش کیفیت زیستی شهرها می شوند. مؤلفه های آثار توسعه ی شهری می توانند نظام زیستی شهرها را به شیوه های گوناگون مختل کنند. فضای سبز مناسب در شهرها یکی از عوامل مؤثر در کاهش این اثرات هستند و بویژه در ارتباط با گرد و غبار و آلودگی های هوا فضای سبز شبه جنگلی ریه های تنفس شهرها به شمار می روند. مهم ترین تأثیر فضای سبز در شهرها تعدیل دما افزایش رطوبت نسبی لطافت هوا و جذب گرد و غبار است. دیگر تأثیرات فضای سبز در شهرها نقش نسبی دارند. بطور کلی وجود فضاهای سبز و تأثیر آنها در شهرها اجتناب ناپذیر است به طوری که بدون آن ممکن نیست شهرها پایدار بمانند. (سعید نیا، ۱۳۸۳)

طبقه بندی روش های تصفیه

عوامل آلوده کننده در فاضلاب توسط روش های فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی حذف می شوند. روش های خاص معمولاً بصورت تصفیه فیزیکی، تصفیه شیمیایی و تصفیه بیولوژیکی طبقه بندی می شوند. اگرچه این روش ها به صورت ترکیب های مختلف در سیستم های تصفیه مورد استفاده قرار می گیرند ولی مطالعه پایه های علمی آن به صورت مجزا مفید است، زیرا اصول همواره ثابت می مانند.

- **روش‌های تصفیه فیزیکی:** روش‌هایی از تصفیه که در آن کاربرد اعمال فیزیکی غالب باشد، به عنوان تصفیه فیزیکی شناخته می‌شوند به دلیل اینکه اغلب این روش‌ها مستقیماً از دید اولیه بشر نسبت به طبیعت ناشی شده باید اولین مرحله ای باشند که در تصفیه فاضلاب بکار گرفته می‌شوند. آشغالگیری اختلاط انعقاد ته نشینی شناور سازی و پالایش عبور از صافی روش های تصفیه فیزیکی معمول را تشکیل می دهند.

- **روش‌های تصفیه شیمیایی:** روش‌هایی از تصفیه که در آن حذف یا تبدیل عوامل آلوده توسط افزودن مواد شیمیایی و یا واکنشهای شیمیایی صورت بپذیرد به عنوان تصفیه شیمیایی شناخته می‌شوند. ته نشینی انتقال گاز جذب سطحی و عمل ضد عفونی کردن از جمله روش های معمول تصفیه شیمیایی می باشند در ته نشینی عمل تصفیه با بکارگیری یک رسوب دهنده شیمیایی که ته نشین می شود صورت می گیرد در اکثر حالات ماده ته نشین شده هم شامل ذراتی خواهد بود که ممکن است با مواد شیمیایی افزوده شده واکنش پیدا کنند و هم ذراتی که ممکن است هنگام ته نشینی ماده از فاضلاب دفع گردند. جذب سطحی شامل جمع آوری برخی از ترکیبات ویژه فاضلاب روی سطح جامد با استفاده از نیروهای کششی می‌باشد. (گروه مترجمین سازمان آب و فاضلاب اصفهان، ۱۳۶۶)

- **روش های تصفیه بیولوژیکی:** روش‌هایی از تصفیه که در آن حذف عوامل آلوده توسط فعالیت های بیولوژیکی صورت بپذیرد به عنوان روش‌های تصفیه بیولوژیکی شناخته می‌شوند. تصفیه بیولوژیکی در آغاز برای حذف مواد قابل تجزیه بیولوژیکی به صورت کلونیدی یا محلول در فاضلاب بکار گرفته می‌شود. اساساً این مواد به گازهایی تبدیل می‌شوند که قابلیت آن را دارند که در بافت های سلولی بیولوژیکی که توسط ته نشینی قابل حذف است رها شوند. تصفیه بیولوژیکی برای حذف نیتروژن موجود در فاضلاب نیز به کار می رود.

مراحل تصفیه فاضلاب

تصفیه فاضلاب معمولاً شامل سه قسمت است: تصفیه اولیه، تصفیه ثانویه و تصفیه پیشرفته.

- **تصفیه اولیه:** فاضلاب خام از طریق لوله های فاضلاب (اگو) به تصفیه خانه می رسد و ابتدا از یک سری صافی ها و غربال ها می گذرد. هدف از این کار گرفتن مواد جامد از فاضلاب است. سپس فاضلاب وارد محوطه شن ریزه می‌شود در اینجا شن سنگ ریزه و ذرات کوچکتر از فاضلاب جدا و دفع می شود. سپس فاضلاب وارد مخزن رسوب گذاری اولیه می‌شود در اینجا مواد ذره ای و معلق رسوب کرده و به صورت لجن در می‌آید گاه برای کمک به رسوب گذاری از مواد شیمیایی نیز استفاده می شود. لجن جدا شده را برای فرآوری بیشتر به هضم کننده منتقل می کنند. تصفیه اولیه حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد آلاینده ها را از فاضلاب می گیرد.

- **تصفیه ثانویه:** برای تصفیه ثانویه روش‌های متعددی وجود دارد. آنچه در اینجا آورده شده روشی است که به لجن فعال موسوم است و متداول تر از روش‌های دیگر می‌باشد فاضلاب مخزن رسوب گذاری اولیه وارد مخزن هوادهی می‌گردد. در اینجا فاضلاب با هوا، هوا به درون آن پمپاژ می شود و قسمتی از لجن مربوط به مخزن رسوب گذاری نهایی که حاوی باکتری های هوازی (ویژه ی محیط غنی از اکسیژن) است مخلوط می‌شود باکتری ها مواد آلی آلاینده ها فاضلاب را به مصرف می رسانند تجزیه می‌کنند. فاضلاب پس از چندین ساعت وارد مخزن رسوب گذاری نهایی می شود و لجن آن رسوب می کند. قسمتی از این لجن غنی از باکتری دوباره در مخزن هوادهی با فاضلاب جدید وارداتی مخلوط می‌شود و فرایند دوباره تکرار می‌گردد. از این باکتری ها بارها از پی هم استفاده می شود اما قسمت عمده ی لجن رسوب گذاری نهایی به هضم کننده منتقل می شود.

در اینجا این لجن همراه با لجن مخزن رسوب گذاری اولیه توسط باکتری های بی هوازی محیط فاقد اکسیژن کافی است تیمار می گردد و بر روی مواد آلی آن بازهم تجزیه میکروبی بیشتری انجام می گیرد گاز متان از محصولات هضم بی هوازی است و می توان از آن برای سوخت تصفیه خانه یا سرد و گرم کردن منازل استفاده کرد در بعضی موارد آن را آتش می زنند. فاضلاب مخزن رسوب گذاری نهایی را معمولاً با کلر زنی ضد عفونی می کنند تا موجودات بیماریزای آن حذف شود. تصفیه ثانویه حدود ۹۰٪ از آلاینده های وارد شده به تصفیه خانه را از آب می گیرد.

- **تصفیه ی پیشرفته ی فاضلاب:** تصفیه اولیه و ثانویه تمام آلاینده ها را از فاضلاب نمی گیرد. با اضافه کردن مرحله یا مراحل بیشتر می توان آلاینده های بیشتری را از آن گرفت. جدا کردن فسفر ازت مواد آلی یا فلزات سنگین نیازمند تیمارهایی است که به طور ویژه برای جدا کردن آلاینده ی خاص طراحی شده باشد. این تیمارها ممکن است شامل استفاده از صافی های شنی ذغالی و یا کاربرد مواد شیمیایی خاص برای کمک به فرآیند جدا سازی باشد تصفیه ی پیشرفته بیش از ۹۵٪ از آلاینده های فاضلاب را از آن جدا می کند. (بوتکین وهاب زاده، ۱۳۸۲)

مصارف فاضلاب تصفیه شده

اولین گام برای مطالعه استفاده از فاضلاب تصفیه شده تعیین نوع مصارف و پس از آن تعیین ویژگی ها و الزامات مصرف کنندگان می باشد. استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای مصارف مختلفی امکان پذیر است که می توان آنها را به ۵ گروه اصلی به شرح زیر طبقه بندی کرد: مصارف شهری، مصارف صنعتی، مصارف کشاورزی و آبیاری پروری مصارف محیط زیست و تفرج و تغذیه آب های زیر زمینی.

۱- مصارف شهری

مهمترین مصارف شهری به شرح زیر می باشند:

- **آبیاری فضای سبز عمومی:** پارک ها در سطح شهرها پارک ها و فضاهای عمومی متعددی وجود دارند که مصرف آب آنها در گروه مصارف عمومی شهری قرار می گیرد. برای مثال می توان به انواع فضاهای سبز شهری مانند پارک ها و فضاهای سبز حاشیه معابر زمین های ورزشی و اراضی مشابه اشاره کرد. با توجه به وابستگی این گروه از مصارف به فعالیت های عمومی شهرداری ها می توان این گروه را در یک طبقه مستقل بررسی کرد بدین ترتیب هماهنگی ها و اقدامات اجرایی و ظرفیت سازی های مورد نیاز در تعامل مشترک با متولی خدمات عمومی شهری امکان پذیر است.

- **آبیاری فضاهای سبز خصوصی و شستشوی عمومی:** منازل این گروه از مصارف در قالب خانواده ها و مجتمع های مسکونی قرار می گیرد و استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای این نوع مصارف وابسته به مشارکت مستقیم خانواده ها است. مواردی مانند آبیاری فضاهای سبز منازل و آب مورد نیاز شستشوی محوطه منازل در این گروه قرار می گیرند.

- **مصارف اقتصادی:** در شهرها مصارف مختلفی با جنبه های اقتصادی وجود دارد که در آنها آب به عنوان یک عامل اقتصادی عمل می کند بر اساس بررسی های انجام شده در اغلب موارد امکان استفاده از فاضلاب های تصفیه شده در این بخش وجود دارد کاربری هایی نظیر شستشوی اتومبیل شستشوی نمای ساختمان ها لباسشویی ها و سایر فعالیت های شهری از جمله این مصارف هستند.

- **زیبا سازی شهری:** در شهرها معمولاً از آب برای نما سازی و زیبا سازی به روش های مختلف مانند آبنماها حوضچه های آب دریاچه های مصنوعی آبشارها و موارد مشابه استفاده می شود. این مصارف بخشی از مصارف عمومی آب در شهرها را به خود اختصاص می دهند و یکی از موارد بالقوه استفاده از فاضلاب تصفیه شده می باشند.
- **مصارف ساخت و ساختار ساخت و ساز بنا:** یکی از فعالیت های شهری و روستایی می باشد. در ساخت و ساز آب به اشکال مختلف برای کنترل گرد و غبار بتن سازی، آماده سازی مصالح شستشوی محوطه ها و موارد مشابه استفاده می شود. این مصارف نیز یکی از موارد بالقوه استفاده از فاضلاب تصفیه شده می باشد.
- **مصارف آتش نشانی:** به طور معمول مصرف آب آتش نشانی در طراحی سامانه توزیع آب شهری نقش قابل توجهی دارد. در طراحی سامانه های توزیع آب شهری برای تأمین نیازهای آب آتش نشانی قطر لوله ها، فشار آب سامانه توزیع و همچنین ذخیره آب مخازن تا حد زیادی افزایش می یابد. بنابراین در صورت تأمین آب مصارف آتش نشانی از فاضلاب های تصفیه شده، هزینه های طراحی و اجرای سامانه های توزیع آب کاهش خواهد یافت. بدیهی است که این امر مستلزم احداث سامانه جداگانه آب آتش نشانی می باشد که خود مستلزم تأمین زیر ساخت های لازم و هزینه های مربوطه می باشد با این وجود مصارف آتش نشانی یکی از کاربردهای بالقوه استفاده از فاضلاب تصفیه شده می باشد.
- **آب سیفون دستشوییهای عمومی و ساختمان های بزرگ اداری و تجاری:** در حال حاضر بخشی از آب شرب شهرها برای تأمین مصارفی که نیاز به آب با کیفیت ندارند به هدر می رود. تأمین آب سیفون دستشویی ها مستلزم ایجاد سامانه های دوگانه تأمین آب در سطح شهر می باشد که نیاز به هزینه و صرف وقت زیادی دارد که عملی شدن آن در کوتاه مدت دور از انتظار است ولی با توجه به روند بلند مرتبه سازی و ایجاد مجتمع های مسکونی اداری و تجاری در شهرهای کشور استفاده از فاضلاب تصفیه شده در این مراکز امکان پذیر می باشد.
- **شستشوی خیابان ها:** شستشوی خیابان ها یکی از مصارف شهری آب است که امکان استفاده از فاضلاب های تصفیه شده در آن وجود دارد (عرب چم چگنی و همکاران، ۱۴۰۱).

۲- مصارف صنعتی

- مصارف صنعتی یکی از کاربردهای اصلی آب می باشد که در دهه های گذشته رشد سریعی داشته است و می تواند یکی از کاربردهای بالقوه فاضلاب تصفیه شده باشد. در ارتباط با استفاده از فاضلاب تصفیه شده می توان نیاز آبی بخش های مختلف صنعتی را به سه گروه زیر تقسیم بندی کرد:
- **آب سامانه های خنک کننده:** در حال حاضر در سطح دنیا سامانه های خنک کننده یکی از مهمترین مصرف کنندگان فاضلاب های تصفیه شده در صنایع می باشند پیشرفت سامانه های تصفیه و سامانه های خنک کننده موجب شده است بسیاری از مشکلات استفاده از فاضلاب تصفیه شده در این بخش از قبیل خوردگی و مشکلات زیستی مانند افزایش رشد جلبک ها کنترل شوند و سامانه های خنک کننده جدید امکان استفاده از فاضلاب های تصفیه شده با کیفیت پایین را نیز بیابند. بدیهی است که سامانه های خنک کننده بسیار متنوع هستند و هر یک قابلیت ها و محدودیت های خاص خود را برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده دارند.
- **آب بویلر های صنعتی:** استفاده از فاضلاب تصفیه شده در بویلر های صنعتی مستلزم رعایت ملاحظات ویژه ای است. معمولاً هر چه فشار داخل بویلرها بیشتر باشد کیفیت آب مورد نیاز افزایش می یابد. در بسیاری از موارد حتی آب شرب نیز باید برای

بهبود کیفیت و کاهش سختی پیش از استفاده در بویلرها تصفیه شود. بدین ترتیب استفاده از فاضلاب تصفیه شده در بویلرها معمولاً محدودیت داشته و نیازمند تصفیه های تکمیلی می باشد.

- **آب مورد استفاده در فرایندهای صنعتی:** در صنایع، آب به غیر از کاربرد برای سامانه های خنک کننده و بویلرها ممکن است به عنوان یک ماده اولیه در فرایند تولید به کار رود. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در این بخش به طور کامل به نوع فرایند صنعتی بستگی دارد. برخی فرایندهای صنعتی نیازمند کیفیت بسیار بالای آب هستند در حالی که در برخی دیگر از فرایندها امکان استفاده از فاضلاب تصفیه شده با کیفیت پایین نیز امکان پذیر است.

۳- مصارف کشاورزی

بخش کشاورزی یکی از بزرگترین مصرف کنندگان آب در سطح دنیا می باشد. از این رو پتانسیل قابل توجهی برای مصرف فاضلاب تصفیه شده در بخش کشاورزی وجود دارد. استفاده از فاضلاب تصفیه شده از دو جنبه اصلی قابل بررسی است :

- نحوه تماس کارگران و کشاورزان با فاضلاب تصفیه شده

- احتمال انتقال آلودگی های مختلف شیمیایی یا میکروبی از طریق محصول به انسان مصرف کننده بدین ترتیب استفاده از فاضلاب تصفیه شده در بخش کشاورزی همانند سایر بخش ها مستلزم رعایت جنبه های مختلف بهداشتی و محیط زیستی می باشد. فعالیتهای کشاورزی از نظر احتمال انتقال آلودگی به انسان و نحوه مصرف فاضلاب تصفیه شده به چند گروه تقسیم می شوند.

- **گیاهانی که خام مصرف می شوند:** این گروه از گیاهان شامل سبزیجات محصولات بوته ای نظیر گوجه فرنگی و خیار و سایر محصولات مشابه می باشند که به طور مستقیم و خام توسط انسان مصرف می شوند. برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در این بخش کیفیت فاضلاب تصفیه شده به ویژه از نظر عوامل بیماری زا و میکروبی بسیار حائز اهمیت است.

- **گیاهانی که به صورت پخته یا بسته بندی شده مصرف می شوند:** در این نوع گیاهان با توجه به فراوری محصول و انجام عملیات پخت معمولاً محدودیتهای کیفیت به طور عمده به آلاینده هایی که در اثر حرارت از بین نمی روند محدود می شود در نتیجه معمولاً آلودگی های میکروبی در این قبیل محصولات محدودیت کمتری دارند. با این حال در این گروه از محصولات نیز محدودیت کیفیت از نظر میکروبی و بیماری زا می مطرح است چرا که اولاً با تغذیه انسان مرتبط هستند و از این نظر هیچ گونه مخاطره ای قابل پذیرش نیست و ثانیاً دست اندرکاران، پخت عمل آوری و بسته بندی آنها ممکن است در معرض آلودگی احتمالی ناشی از استفاده از فاضلاب تصفیه شده قرار گیرند.

- **گیاهان:** صنعتی برخی گونه های گیاهی مورد استفاده مستقیم انسان نبوده و پس از تبدیل به یک محصول نهایی استفاده می شوند. فرایندهای مختلف صنعتی گیاهانی نظیر کتان، پنبه، کنف، گلرنگ دانه های روغنی و سایر گیاهان مشابه در این طبقه قرار می گیرند. در استفاده از فاضلاب تصفیه خانه های شهری در این نوع کشاورزی جنبه های بهداشتی به طور عمده از نظر نحوه تماس کشاورزان و کارگران با محصولات مورد توجه می باشد.

درختان: آبیاری باغ ها یکی از موارد بالقوه استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی است. کیفیت آب در این گروه از مصارف به نوع باغ بستگی دارد در باغ هایی که درختان مثمر و میوه دارند به دلیل مصرف مستقیم محصولات توسط انسان کیفیت آب به ویژه از نظر عوامل بیماری را مهم است. در حالی که استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای درختان غیر مثمر نظیر

کشت برای استفاده از چوب به طور عمده به مسایل مربوط به تماس کشاورزان و کارگران با فاضلاب تصفیه شده محدود می شود (فرهمند و همکاران، ۱۳۸۹).

۴- مصارف محیط زیست و تفرج

مصارف محیط زیست و تفرج یکی از پتانسیلهای موجود برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده هستند. مصارف موجود در این گروه تنوع زیادی دارند که مهمترین آنها به شرح زیر می باشند.

- **تغذیه تالاب‌های طبیعی و مصنوعی:** تالاب‌های بسیاری در سطح کشور به دلیل افزایش فعالیت‌های انسانی با مشکل کم آبی مواجه هستند و این موضوع زمینه مناسبی برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده می باشد. با این حال تخلیه فاضلاب تصفیه شده به تالاب‌های طبیعی و مصنوعی علاوه بر جنبه تأمین آب از جنبه های دیگر نیز قابل بررسی است ایجاد احیا یا بهبود وضعیت تالاب ها، انجام تصفیه تکمیلی فاضلاب تصفیه شده در تالاب قبل از تخلیه به سایر منابع آبی استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای افزایش رطوبت محیط تغذیه برکه های تفریحی یا منظر سازی امروزه بسیاری از شهرها برای بهسازی محیط شهری و منظر سازی در داخل پارک‌ها یا در محیط های باز شهری اقدام به احداث برکه ها و تالاب‌های مصنوعی شهری می کنند یا به اشکال مختلف از آب نماها یا آبشارهای مصنوعی برای منظر سازی استفاده می کنند. بنابراین این گونه کاربری‌ها نیز به عنوان یکی از مصارف آب شهری که می تواند از مصارف بالقوه استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده نیز محسوب شود به شمار می آیند از جمله مزایای استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده در این کاربری می‌توان به تجمع و حذف مواد مغذی و انجام تصفیه تکمیلی به صورت برکه ای اشاره کرد. لازم به ذکر است که نوع کاربری این برکه ها یا تالاب‌های مصنوعی شهری ممکن است فقط منظر سازی باشد بدین معنی که هیچ گونه نمای مستقیم مردم با آن پیش بینی نشده باشد. در حالات دیگر ممکن است کاربری برکه ها با تماس شهروندان با آب مانند قایقرانی ماهیگیری و شنا پیش بینی شده باشد. بدیهی است که کیفیت فاضلاب تصفیه شده و میزان تصفیه مورد نیاز فاضلاب خام با افزایش احتمال تماس انسان با این گونه منابع آب افزایش می یابد.

- **افزایش آب جریان‌های سطحی:** افزایش آب جریان های سطحی با تخلیه فاضلاب تصفیه شده به آب‌های سطحی متفاوت می‌باشد. در این بخش فاضلاب تصفیه شده به منظور حفظ یا افزایش جریان رودخانه یا سایر منابع آب جاری سطحی و به صورت هدفمند استفاده می شود. هدف این روش استفاده حفظ یا بهبود کارکردهای جریان های سطحی از جنبه های مختلف اکوسیستمی می باشد.

۵- تغذیه آب‌های زیرزمینی

در ایران به دلیل محدودیت منابع آب سطحی و همچنین عدم تطابق زمانی بارش های جوی با نیاز آبی بخش های مختلف به ویژه کشاورزی و شرب خصوصاً در مناطق خشک حوضه های مرکزی کشور برداشت آب‌های زیرزمینی بیش از حد افزایش یافته است. به طوری که افت سطح آب‌های زیر زمینی در بسیاری از دشتهای کشور مشکلات عدیده ای را به وجود آورده است. بدین جهت استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای تغذیه آب‌های زیرزمینی یکی از پتانسیلهای استفاده به ویژه در حوضه های مرکزی کشور می‌باشد. در استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای تغذیه آب‌های زیرزمینی برخلاف سایر روش‌های استفاده طبقه

بندی نوع مصرف امکان پذیر نمی باشد، بلکه روش تغذیه آبخوان تعیین کننده جنبه های مختلف استفاده خواهد بود. روش های مختلف استفاده از فاضلاب در تغذیه آب های زیرزمینی را می توان به شرح زیر طبقه بندی کرد:

- **پخش سطحی:** در روش پخش سطحی از طریق خلل و فرج موجود در سطح خاک به تدریج از لایه های مختلف خاک عبور کرده و تا لایه های آبدار آبخوان نفوذ می کنند.

- **روش چاه های تزریق فاضلاب تصفیه شده به ناحیه غیر اشباع:** در این روش فاضلاب تصفیه شده از طریق چاه های حفر شده به ناحیه غیر اشباع خاک تزریق می شود و در مقایسه با چاه های تخلیه مستقیم به ناحیه اشباع هزینه کمتری دارند مشخصات چاه های مورد نیاز به ویژه عمق آنها به مشخصات آبخوان بستگی دارد ولی به هر حال عمق این چاه ها از چاه های نوع تخلیه مستقیم به ناحیه اشباع کمتر خواهد بود در حالی که عموماً میزان نفوذ پذیری در این روش مشابه تخلیه به ناحیه اشباع است.

- **چاه های تزریق مستقیم فاضلاب تصفیه شده به ناحیه اشباع:** در این روش، فاضلاب تصفیه شده از طریق چاه های تغذیه به طور مستقیم به منبع آب زیرزمینی تزریق می گردد. این روش معمولاً هزینه قابل توجهی دارد و در مواردی که عمق آب زیرزمینی بسیار زیاد است یا محدودیت لایه بندی خاک یا سایر عوامل امکان استفاده از سایر روش های تغذیه مصنوعی را فراهم نمی آورد، به کار می رود.

مزایای استفاده از پساب تصفیه شده

دسترسی به آب شیرین یکی از مهمترین موضوعات حیات بشری است. اما مطابق برآوردهای جهانی ظرف پنجاه سال آینده شمار روزافزونی از مناطق جهان با بحران کمبود آب مواجه خواهند شد. این موضوع توجه جهانیان را به خود معطوف ساخته است به طوری که در دستور کار کنفرانس محیط زیست و توسعه ۱۹۹۲ آب به عنوان یک عامل کلیدی در توسعه پایدار شناخته شد.

در چنین شرایطی استفاده از پساب به عنوان راه حلی مشکل گشا مورد استفاده بیشتر نقاط جهان قرار گرفته است و از این رهگذر منافع زیادی برای آنها به دنبال داشته است. اهم منافع کاربرد دوباره پساب عبارتند از:

الف- کاهش فشار بر منابع آب: برداشت بی رویه از منابع آب موجب افت سطح آب زیر زمینی در بسیاری از نقاط جهان شده است و این پدیده مشکلات عمده ای از جمله نشست زمین شور شدن آب و کاهش دبی چاه ها را به دنبال داشته است. استفاده دوباره از پساب موجب تخفیف میزان برداشت از آبخوان می شود.

ب- کاهش هزینه آب کشاورزی: در بسیاری از موارد تولید آب برای کشاورزی مستلزم صرف هزینه های گزاف جهت انتقال آب از نقاط دوردست و احداث سدها و بندهای انحرافی و یا پمپاژ آب از اعماق زمین می باشد در حالی که پساب خروجی تصفیه خانه های فاضلاب در سطح زمین قرار دارد و از طرف دیگر به علت ثبات تقریبی جریان آن نیازی به مهار توسط سد و بند ندارد.

ج - کاهش هزینه کود کشاورزی: اصلاح زمین های کشاورزی و افزایش حاصلخیزی آنها یکی از هزینه های عمده ی جاری در فعالیت های کشاورزی است در حالی که پساب خروجی از تصفیه خانه ها دارای مواد مغذی از قبیل ازت فسفر و پتاسیم در حد مطلوب می باشد به طوری که مطالعات انجام شده در نقاط مختلف دنیا نشان داده بسیاری از محصولات آبیاری شده با پساب، نیازی به افزودن کودهای شیمیایی و حیوانی ندارند و از این جهت صرفه جویی زیادی در هزینه تولیدات کشاورزی

انجام می گیرد. مطابق تحقیقات دانشگاه فردوسی مشهد کاربرد پساب معادل استفاده از ۲۵ تن در هکتار کود حیوانی می باشد.

د- افزایش تولید محصولات کشاورزی: دسترسی به پساب فاضلاب به عنوان یک منبع مطمئن و دائمی آب و مواد مغذی موجب می شود محصولات کشاورزی در زمان نیاز آب و کود کافی و مناسب در اختیار داشته باشند. از طرف دیگر میزان املاح پساب در بسیاری از موارد پایین تر از میزان املاح آب های مورد استفاده در کشاورزی می باشد و چون زیاده املاح موجب پایین آمدن بازده محصول می شود، استفاده از پساب که املاح کمتری دارد و علاوه بر آن مواد مغذی کافی هم دارد. بازده محصول را برای بسیاری از گیاهان افزایش می دهد.

ه- کاهش بار آلودگی وارده به محیط زیست: استفاده از پساب از یک طرف باعث جلوگیری از تخلیه فاضلابها به محیط زیست می شود و از طرف دیگر به علت کاهش و توقف استفاده از کودهای شیمیایی مانع بروز اثرات تخریبی این مواد بر محیط زیست می گردد. می دانیم که رها ساختن فاضلاب در محیط زیست علاوه بر شیوع بیماری های عفونی موجب تخریب منابع آب می شود و از طرف دیگر استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی و حیوانی نیز صدمات زیادی بر منابع سطحی و زیر زمینی وارد می آورد. در حالی که استفاده از پساب تصفیه شده مانع ورود آلودگی های فوق به محیط زیست می گردد.

و- تقویت منابع آب: استفاده از پساب اضافی جهت تغذیه منابع زیرزمینی آب ضمن ذخیره سازی مطمئن آب همراه با افزایش کیفیت آن موجب ممانعت از افت سطح آب زیرزمینی شده و مانع بروز پیامدهای ناگواری همچون نشست زمین کاهش تولید آب و خشک شدن چاه ها و قنوت و همچنین تخریب کیفیت و شور شدن آب در اثر هجوم آب های شور به داخل سفره های شیرین می شود.

ز- دسترسی به منابع آب: ارزانتر جهت مصارف شرب و بهداشت مهم ترین دغدغه مسئولین در بسیاری از نقاط دنیا، تأمین آب شرب شهرها و مراکز جمعیتی می باشد. استفاده دوباره از پساب از طریق تغذیه مصنوعی سفره های آب شرب و یا مبادله با آب مصرفی در کشاورزی یا مصرف مستقیم پساب تصفیه شده جهت مصارف بهداشتی که در مناطق مختلف دنیا تجربه شده است، باعث شده پساب به عنوان منبع مطمئنی جهت تأمین آب شهرها مد نظر قرار گیرد. (توکلی، طباطبایی ۱۳۷۸)

مخاطرات بهداشتی استفاده از پساب ها

کاربرد فاضلاب در آبیاری به دلیل حضور میکروارگانیسم ها و مواد شیمیایی آن می تواند با مخاطرات بهداشتی همراه گردد. مهمترین عامل ایجاد کننده مخاطرات بهداشت فردی میکروارگانیسم های بیماری زا انگل ها و مواد سمی و شیمیایی فاضلاب هستند. (کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۵) همچنین مشکلات بهداشتی محصولات کشاورزی در نتیجه فعل و انفعالات و واکنش های مختلف بین ترکیبات و آلاینده های فاضلاب با خاک و گیاه اتفاق می افتد. مهمترین پارامترهای موجود در فاضلاب، تأثیرگذار در بهداشت عمومی و محیط زیست به شرح زیر می باشند:

- اکسیژن محلول در آب و فاضلاب (DO): یکی از شاخصهای مهم در بررسی کیفیت آب میزان اکسیژن محلول DO آب است. اکسیژن خواهی ضایعات و فاضلاب به رفتار دسته ای از مواد اطلاق می شود که در تماس با آب اکسیده می شوند و بدین ترتیب از میزان DO آب می کاهند. با کاهش DO آب حیات آبزیان مورد تهدید قرار می گیرد و در حالت وخیم تر باعث مرگ این موجودات می گردد علاوه بر این با کاهش DO کیفیت آب از نظر بو و مزه کاسته شده و به دنبال آن کیفیت آب برای مصارف آشامیدن و سایر مصارف شهری و تفریحی نیز تقلیل می یابد. اکسیژن خواهی فاضلاب عمدتاً به دلیل وجود مواد آلی

قابل تجزیه در فاضلاب شهری و با برخی پساب های صنعتی نظیر پساب کارخانه های تولید مواد غذایی و کاغذ است. اکسیداسیون مواد غیر آلی موجود در فاضلاب نیز از جمله دیگر عوامل سهیم در اکسیژن خواهی است. در حالت طبیعی نیز مواد آلی موجود در طبیعت مانند برگ گیاهان و لاشه حیوانات که به آب های سطحی راه پیدا می کنند. باعث کاهش DO آب می شوند. (عرفان منش، افیونی، ۱۳۸۴)

- **اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD):** آزمایش COD برای اندازه گیری مقدار مواد آلی فاضلاب و آب های طبیعی به کار میرود میزان اکسیژن معادل مواد آلی قابل اکسیده شدن را می توان با استفاده از یک ماده اکسید کننده قوی در یک محیط اسیدی محاسبه کرد. از آزمایش COD برای اندازه گیری مواد آلی فاضلاب های صنعتی و خانگی که دارای ترکیبات سمی برای حیات بیولوژیکی هستند نیز استفاده می شود.

- **مجموع کربن آلی (TOC):** روش دیگر اندازه گیری مواد آلی درون آب آزمایش TOC است که بویژه می تواند برای تعیین غلظت بسیار جزئی مواد آلی به کار رود آزمایش توسط تزریق مقدار مشخصی از نمونه به درون یک کوره با دمای زیاد انجام می شود کربن آلی در مجاورت یک کاتالیزور به دی اکسید کربن تبدیل می شود دی اکسید کربن تولید شده به وسیله یک دستگاه مادون قرمز، تجزیه کمی می شود برخی از ترکیبات آلی مقاوم اکسیده نمی شوند، از اینرو TOC اندازه گیری شده کمی از مقدار واقعی آن در نمونه کمتر است.

مجموع اکسیژن مورد نیاز (TOD) روش مفید دیگری که می تواند برای اندازه گیری مواد آلی فاضلاب به کار رود آزمایش TOD است. در این آزمایش مواد آلی و به میزان کمی مواد غیر آلی در یک محفظه احتراق با کاتالیزور پلاتین به محصولات نهایی پایدار تبدیل می شوند. اندازه گیری اکسیژن موجود در گاز حامل نیتروژن محاسبه می شود. (گروه مترجمین سازمان آب و فاضلاب اصفهان، ۱۳۶۶)

- **اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD):** اکسیژن خواهی بیوشیمیایی یا بیولوژیکی اصطلاحاً به مقدار اکسیژنی اطلاق می شود که میکروارگانیسم ها به منظور تجزیه هوازی مواد آلی به آن نیاز دارند. (عرفان منش، افیونی، ۱۳۸۴)

- **اکسیژن خواهی پنج روزه (BOD):** یکی از مهمترین شاخصهایی که هنگام ورود جریان های آلوده کننده مانند فاضلاب به آب های سطحی می بایست مورد ارزیابی قرار گیرد مقدار کل اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه بیولوژیکی مواد آلی است به دلیل آنکه اندازه گیری مقدار اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه یک ترکیب آلی نظیر مواد آلی موجود در فاضلاب به یک دوره زمانی چند هفته ای نیاز دارد بنابراین به منظور عملی شدن آزمایش و قابلیت تکرار آن اندازه گیری در مدت زمان ۵ روز به طور قراردادی به عنوان استاندارد انتخاب شده است. BOD پنج روزه (BOD) در واقع مقدار اکسیژنی است که میکروارگانیسم ها به منظور تجزیه بیولوژیکی مواد آلی در خلال ۵ روز اول پس از نمونه برداری مصرف می کنند. در این روش پس از اینکه نمونه درون ظروف در بسته ای به بیانگر مقدار $BOD_5 = DO_0 - DO_t$ آزمایشگاه منتقل شد به ترتیب ذیل مورد آزمایش قرار می گیرد. در ابتدا مقدار اکسیژن محلول در نمونه اندازه گیری می شود سپس نمونه های مذکور به مدت ۵ روز در ظروف در بسته ای نگهداری می شوند و پس از طی شدن این مدت، مقدار کل اکسیژن محلول نمونه ها مجدداً اندازه گیری می شود. اختلاف بین دو مقدار بدست آمده برای هر نمونه (اکسیژن مصرف شده به وسیله میکروارگانیسم ها است. (عرفان منش، افیونی، ۱۳۸۴)

- **مواد معلق (SS):** مواد معلق موجود در آب باز یافتی و پساب اغلب تحت عنوان SS و کدورت مورد بحث قرار می‌گیرد این مواد از نظر بهداشتی فقط به عنوان مانعی جهت گندزدایی محسوب می‌شوند و در صورت ته نشینی در مجاری انتقال باعث بروز مشکلات خوردگی و ... می‌شوند.

علاوه بر این در پروژه های تغذیه مصنوعی بالا بودن کدورت موجب گرفتگی منافذ خاک می‌شود. در مجموع مشکلات ناشی از وجود مواد معلق در پساب بیشتر فنی است. در هر حال استانداردها استفاده از پساب با کدورت پایین را توصیه می‌کنند. (توکلی، طباطبایی، ۱۳۷۸)

- **املاح:** املاح که با شاخص EC (هدایت الکتریکی) و یا LTDS (مجموع جامدات محلول) سنجیده می‌شوند، اثرات مختلفی بر گیاهان باقی می‌گذارند با توجه به اینکه هنگامی که آب به فاضلاب تبدیل می‌شود بر میزان املاح آن ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلیگرم بر لیتر اضافه می‌شود، هنگام استفاده از پساب در آبیاری بایستی مورد توجه قرار گیرد به طور کلی املاح می‌توانند باعث شور شدن خاک سفت و سخت شدن بافت آن و کاهش بازده محصول در گیاه شوند.

- **عناصر غذایی:** منظور از عناصر غذایی آن دسته از مواد هستند که برای رشد موجودات زنده ضروری اند که از آن جمله می‌توان به نیتروژن فسفر کربن، کلسیم گوگرد، پتاسیم، آهن بر و کبالت اشاره کرد در بحث کیفیت آب موقعی واژه آلاینده به مواد غذایی اطلاق می‌شود که غلظت آنها در آب برای تشدید رشد گیاهان آبی به حد کافی بالا باشد با تشدید رشد جلبک ها در آب از کیفیت آب برای مصارفی همچون شنا قایقرانی و تأمین آب آشامیدنی کاسته می‌شود. به علاوه محیط آبی مذکور به عنوان یک دستگاه زیستی برای سایر موجودات زنده نامساعد می‌گردد. غنی شدن آب از عناصر غذایی باعث تشدید رشد جلبکها می‌گردد که در نهایت از بین رفته و تجزیه می‌شوند. لاشه های این جلبکها در حین تجزیه باعث مصرف اکسیژن محلول و کاهش آن می‌گردند. گاهی این روند کاهش اکسیژن تا حد آستانه عدم کفایت برای انواع شکلهای حیات در آب ادامه می‌یابد. جلبکها و مواد آلی در حال فساد باعث تیرگی آب بدی بو و مزه آن شده همچنین باعث کاهش کیفیت و مقبولیت آن به عنوان. منبع تأمین آب شهر نیز می‌گردند. (عرفان منش، افیونی، ۱۳۸۴)

- **فلزات سنگین:** فلز سنگین واژه ای است که کمتر به طور دقیق تعریف صحیحی از آن ارائه شده است. در واژه نامه های شیمیایی به فلزاتی با جرم مخصوص بیشتر از ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب، فلز سنگین اطلاق می‌شود لیکن از نظر بیولوژی این واژه به عناصری که دارای خاصیت سمی هستند اطلاق می‌گردد بر این اساس فلزاتی که در فهرست مواد سمی قرار می‌گیرند عبارتند از آلومینیوم آرسنیک برلیوم بیسموت، کادمیوم، کروم کبالت، مس، آهن سرب، منگنز، جیوه، نیکل، سلنیوم تالیوم، قلع، تیتانیوم و روی برخی از این فلزات نظیر کروم و آهن جزء عناصر ضروری در جیره غذایی روزانه انسان هستند اما مقدار بیش از حد استاندارد این عناصر بسیار سمی است.

- **کلیفرمها:** پاتوژن یا عامل بیماری را در واقع یک موجود زنده (اکثراً میکروسکوپی) است که به طور تصاعدی در میزبان رشد می‌کند از جمله پاتوژنهایی که به وسیله آب منتقل می‌شوند می‌توان به باکتری‌های عامل و با اسهال خونی باسیلی تیفوئید و تب پاراتیفوئیدی و غیره اشاره کرد.

چون تشخیص ارگانیزمهای بیماری زای موجود در آب و فاضلاب هم وقت گیر و هم مشکل است در حال حاضر گروه باکتری‌های کلیفرم باکتری‌های موجود در روده انسان به عنوان شاخص وجود ارگانیزمهای بیماری را در فاضلابها مورد استفاده قرار می‌گیرند. روده انسان دارای تعداد بیشمار باکتری‌های میله ای شکل است که به عنوان ارگانیزمهای کلیفرم شناخته می‌شوند.

از ارگانیزم های کلیفرم که بسیار متعدد بوده و بسادگی آزمایش می شوند، به عنوان شاخص استفاده می شود. وجود میکروبه های کلیفرم معرف وجود عوامل بیماری زا و عدم وجود آن معرف عدم وجود موجودات بیماری را در آب می باشد.

PH- غلظت یون هیدروژن هم در آب های طبیعی و هم در فاضلاب یکی از پارامترهای مهم است. دامنه غلظت مناسب برای حیات بیولوژیک بسیار محدود و حساس می باشد. تصفیه فاضلابی با غلظت یون هیدروژن نامناسب توسط روش های بیولوژیکی میسر نبوده و اگر این غلظت قبل از تخلیه فاضلاب تغییر نیابد پساب فاضلاب ممکن است باعث تغییر غلظت یون هیدروژن درون آب های طبیعی شود. (گروه مترجمین سازمان آب و فاضلاب اصفهان، ۱۳۶۶)

- **مواد آلی پایدار:** این مواد که جزء مواد مصنوعی می باشند شامل طیف وسیعی از مواد آلی هستند که مصارف گوناگونی در زندگی امروزی دارند انواع آفت کشها رنگهای مصنوعی، گندزداها ترکیبات نفتی و ... جزء این دسته قرار دارند. مشخصه اصلی آنها کندی روند تجزیه آنها در طبیعت است. علاوه بر این بیشتر آنها خاصیت تجمع زیستی داشته و یا اثرات ناهنجارزایی، بیماری زایی و حتی سرطانزایی دارند روش های معمول تصفیه ثانویه قادر به حذف این قبیل ترکیبات نبوده و مهمترین راه حذف آنها در حال حاضر روش کربن فعال می باشد البته آزمایشگاه های فعلی فقط قادر به شناسایی ۱۰٪ از این مواد می باشند و رفتار بیشتر آنها هنوز بدرستی شناخته شده نیست. (توکلی، طباطبایی، ۱۳۷۸)

منابع و مآخذ

۱. بوتکین؛ دانیل، کلر؛ ادوارد (۱۳۸۲) زمین سیاره زنده، عبدالحسین وهاب زاده، جهاد دانشگاهی مشهد.
۲. توکلی؛ محمود، طباطبایی؛ محمود (۱۳۷۸) آبیاری با فاضلاب تصفیه شده کمیته ملی آبیاری و زهکشی، مجموعه مقالات همایش جنبه های زیست محیطی استفاده از پساب ها در آبیاری.
۳. راهنمای مطالعات توجیهی طرح های استفاده از فاضلاب های تصفیه شده، سازمان آب و فاضلاب کشور وزارت نیرو.
۴. رهنمایی؛ محمد تقی، شاه حسینی؛ پروانه (۱۳۸۳) فرایند برنامه ریزی شهری ایران، انتشارات سمت.
۵. سعیدنیا، احمد (۱۳۸۳) کتاب سبز راهنمای شهرداری ها فضای سبز شهری، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور، جلد ۹.
۶. عرب چم چنگی؛ علی، حقانی؛ کاووس، خسروی؛ هما، صالحپور؛ پریدخت، معصومی؛ شیما، منصوری؛ مهدی (۱۴۰۱) بررسی کیفیت پساب شهری مورد استفاده در فضای سبز شهر شاهین شهر و مقایسه آن با استانداردهای استفاده از پساب در فضای سبز شهری (نشریه ۵۳۵ نهاد ریاست جمهوری)، دومین کنگره بین المللی مهندسی عمران، معماری، مصالح ساختمانی و محیط زیست.
۷. عرفان منش؛ مجید، افیونی؛ مجید (۱۳۸۴) آلودگی محیط زیست آب، خاک و هوا، انتشارات اردکان.
۸. فرهمند؛ همایون، قادری؛ کورش، نظری؛ فرزاد (۱۳۸۹) کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری فضای سبز شهری، دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع بهره برداری از منابع آب، کرمان.
۹. کمیته ملی آبیاری و زهکشی (۱۳۸۵) مروری بر استانداردها و تجارب استفاده از پساب ها برای آبیاری.
۱۰. گروه مترجمین سازمان آب و فاضلاب اصفهان با همکاری آقای مهندس سید حسین مرتضوی (۱۳۶۶) مهندسی فاضلاب تصفیه، دفع و استفاده مجدد، کمیته تحقیقات آب و فاضلاب.