بررسی ویژگی‌ها، روش‌های تصفیه و استفاده مجدد از آب خاکستری

مهناز سالاری*[۱]، هادی اسلامی[۲]، آرزو اسماعیلی[۳]

۱-کارشناس واحد بهداشت محیط حوزه معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران (mahnazslr19@gmail.com)

۲-استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران (hadieslami1986@yahoo.com)

۳- کارشناس واحد بهداشت محیط حوزه معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران (areesma93@gmail.com)

چکیده

امروزه به‌دلیل افزایش جمعیت، افزایش مدرنیته و صنایع نیاز به آب مصرفی بسیار افزایش یافته است. هم‌چنین با توجه به محدود بودن منابع آب به‌خصوص منابع آب شرب بایستی در جستجو منابع دیگری جهت رفع این نیاز بود. هم‌چنین با توجه به افزایش مصرف آب، با تولید فراوان فاضلاب روبه‌رو هستیم که به‌دلیل نبود زیرساخت‌های مناسب در کشور جهت تصفیه فاضلاب، مشکلات فراوان از جمله آلودگی آب‌های سطحی که در نهایت باعث آسیب به سلامت محیط زیست، انسان و حیوانات، ایجاد می‌شود. آب خاکستری، فاضلاب تولیدشده با آلودگیِ کمتر از سایر انواع فاضلاب می‌باشد. درنتیجه، تصفیه آن با روش‌های ساده‌تر و مقرون به‌صرفه‌تری ممکن است. منابع این آب، اکثراً ناشی از آب موردِ استفاده در منازل می‌باشد شامل آشپزخانه، حمام، روشویی، لباس‌شویی و ظرف‌شویی می‌باشد. تصفیه آب خاکستری با روش‌های گوناگونِ فیزیکی مانند فیلتراسیون، شیمیایی مانند اکسیداسیون و بیولوژیکی مانند ونلندها انجام می‌شود.از پساب تصفیه‌شده حاصل می‌توان استفاده‌های گوناگونی در صنایع مانند استفاده در دیگ‌های بخار و خنک‌کننده‌ها، در مناطق شهری مانند استفاده برای آبیاری فضای سبز و شستشوی وسایل نقلیه و در منازل برای آبیاری باغ و باغچه کرد. ما در مطالعهٔ بررسی ویژگی‌ها، روش‌های تصفیه و استفاده مجدد از آب خاکستری به بررسی روش‌های گوناگون تصفیه و درنهایت به روش‌های استفاده مجدد از این پساب می‌پردازیم.

واژه‌های کلیدی فارسی: آب خاکستری، تصفیه فاضلاب، مکانیسم‌های حذف، استفاده مجدّد

مقدمه

با توجه به کاهش شدید ذخایر آب شرب به‌دلیل مصارف بی‌رویه انسان در استفاده روزمره و بخش کشاورزی و آلودگی توسط آلاینده‌های مختلف که اثرات منفی گوناگونی بر سلامت انسان دارند، نیاز به سیستم مدیریت جهت تصفیه فاضلاب منابع مختلف، با هزینه‌های اقتصادی و کارآمد می‌باشد. (Gunasekara and Dissanayaka, 2022, Ebrahimi et al., 2017). هم‌چنین رهایی فاضلاب تصفیه‌نشده به‌علت عدم وجود زیرساخت‌های مدیریتی مناسب اثرات منفی سنگینی به محیط زیست وارد می‌کند. (Gunasekara and Dissanayaka, 2022, Xu et al., 2022) ضمناً با توجه به افزایش تراکم جمعیت در شهرها و نبود سیستم جمع‌آوری فاضلاب مناسب سبب شده شاهد افزایش رواناب‌های سطحی فاضلاب از منازل به‌خصوص آب خاکستری در معابر باشیم (Pawar et al., 2022). به‌دلیل کاهش کیفی و کمی آب آشامیدنی و سالم، جداسازی و تصفیه این منبع بسیار بااهمیت می‌باشد (Zare Ghanat Novi et al., 2022). پس تصفیه و مدیریت فاضلاب نه تنها

سبب سلامت انسان و محیط زیست می‌شود بلکه استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده کیفیت و کمیت منابع آب آشامیدنی را تضمین می‌کند (Ebrahimi et al., 2017).

به‌طور کلی فاضلاب از دو آب خاکستری و سیاه تشکیل می‌شود (Eslami et al., 2018b). فاضلاب تولیدی در ماشین لباسشویی و ظرفشویی، سرویس بهداشتی منازل شامل حمام و دستشویی از منابع تولید آب خاکستری می‌باشند (Babaei et al., 2018b, Babaei et al., 2018a). یکی از منابع اصلی تولید آب سیاه در منازل توالت می‌باشد. (Babaei et al., 2018a, Wurochekke et al., 2016) در برخی از نقاط جهان آب ناشی از آشپزخانه به عنوان آب سیاه در نظر گرفته می‌شود. (Wurochekke et al., 2016) آب خاکستری دارای مواد آلی، روغن و چربی، گلیسیرید، پروتئین، ذرات غذا (کربوهیدرات‌ها)، سورفاکتانت‌ها، نیتروژن و فسفر می‌باشد (Eslami et al., 2017, Nurhayati et al., 2022, Babaei et al., 2018a) . یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های این آب آلکیل بنزن سولفات خطی (LAS) می‌باشد که به‌طور گسترده در شوینده های خانگی استفاده می‌شود. (Babaei et al., 2018a) ۶۵-۹۰ درصد فاضلاب تولیدی در مناطق شهری، آب خاکستری می‌باشد. (Babaei et al., 2018a, Babaei et al., 2018b) که سرانه تولید آن از ۱۵-۲۲ لیتر تا ۹۰-۱۲۰ لیتر به ازای هر نفر در روز متفاوت می‌باشد (Eslami et al., 2018b).

آلودگی آب خاکستری نسبت به آب سیاه بسیار کمتر می‌باشد. (Babaei et al., 2018a) درنتیجه نیاز به سیستم‌های پرهزینه و پیشرفته تصفیه فاضلاب نمی‌باشد. همچنین آب خاکستری به‌علت وجود املاح و مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر نیاز مزارع کشاورزی به کود را کاهش می‌دهد. با تصفیه آب خاکستری مانع هدررفت آب آشامیدنی شده و باعث ذخیره‌سازی آب آشامیدنی می‌شود. درنتیجه تصفیه آب خاکستری مورد اهمیت می‌باشد (Rezaee and Sarrafzadeh, 2020, Ebrahimi et al., 2017).

از آب خاکستری تصفیه‌شده می‌توان در صنایع تولیدی، کشاورزی و مصارف غیر شرب شهری از قبیل فلاش تانک سرویس‌های بهداشتی، شستشو ماشین و معابر، شستشو منازل و آبیاری فضاهای سبز استفاده نمود. (Zare Ghanat Novi et al., 2022, Gunasekara and Dissanayaka, 2022). در نتیجه هدف از این مطالعه مروری کوتاه بر ویژگی‌ها و خصوصیات آب خاکستری و روش‌های تصفیه و استفاده مجدد از آن می‌باشد.

ویژگی آب خاکستری

آب خاکستری از جمله فاضلاب تولیدی منازل است که نسبت آب سیاه که بخش دیگر فاضلاب خانگی است آلودگی کمتری دارد (Gunasekara and Dissanayaka, 2022). آب خاکستری حاصل پساب تولیدی آشپزخانه، لباسشویی، ماشین ظرفشویی و حمام می‌باشد (Gunasekara and Dissanayaka, 2022, Babaei et al., 2018b) و آب توالت که تحت عنوان آب سیاه تقسیم‌بندی می‌شود. (Eslami et al., 2017, Gunasekara and Dissanayaka, 2022) بیشترین حجم آب خاکستری در منازل مربوط به حمام و بعد از ان به لباسشویی می باشد. (Ebrahimi et al., 2017) با توجه به فرض جمعیت ۷۵ میلیونی ایران و سرانه تولید فاضلاب ۱۵۰ لیتر به ازای هر نفر، حدود ۶۰-۷۰ ٪ فاضلاب به آب خاکستری تخصیص می‌یابد (Ebrahimi et al., 2017).

در برخی کشورها به علت بالا بودن الودگی فاضلاب الودگی پسآب اشپزانه نسبت به سایر موارد جزو آب خاکستری تقسیم بندی نمی شود.(Wurochekke et al., 2016) مهمترین ویژگی های آب خاکستری دما، رنگ، کدورت و جامدات معلق می باشد که در درجه اول به نوع منبع تامین آب و بعد از ان به نوع شبکه توزیع آب و جمع اوری فاضلاب بستگی دارد.(Ebrahimi et al., 2017) رنج درجه حرارت آب خاکستری از ۳۸-۱۸ درجه سانتی گراد، رنگ

۱۰۰-۵۰Ft/counits، کدورت ۳۷۰-۱۴NTU و جامداتد معلق از ۴۸ تا ۳۰۰ میلی گرم در لیتر متغیر است (Ebrahimi et al., 2017).

ویژگی آب خاکستری تولیدی حمام شامل:BOD کم، کدورت و مواد معلق بالا و سطح پایین کلیفرم مقاوم به گرما. آشپزخانه شامل: نیتروژن و فسفر بالا، مواد معلق و کدورت و BOD بالا. لباسشویی شامل: نیتروژن بالا، کدورت و مواد معلق بالا، BOD بالا می‌باشد. به‌طور کلی آب خاکستری دارای صابون، انواع شوینده‌ها و دترجنت‌ها، پروتئین‌ها، نمک‌های فلزی، سورفاکتانت‌ها، رنگ‌ها، روغن و چربی و پاتوژن می‌باشد. (Gunasekara and Dissanayaka, 2022, Babaei et al., 2018a) با توجه نوع تقسیم‌بندی منابع تولیدی آب خاکستری در هر کشور محدوده پارامترهای آن متفاوت می‌باشد اما به طور کلی BOD5 در محدوده ۴۷-۴۶۶ میلی‌گرم بر لیتر، COD در محدوده ۷۰-۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، جامدات معلق در محدوده ۲۵-۱۸۳ میلی‌گرم بر لیتر، کدورت ۲۹-NTU ۳۷۵، نیتروژن کل ۱/۷-۳۴/۳ میلی‌گرم بر لیتر و فسفر کل ۰/۱۱-۲۲/۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (Eslami et al., 2018b, Wurochekke et al., 2016) میانگین BOD5/COD که حدود ۰/۱۳±۰/۴۵ می‌باشد، بیانگر قابل تجزیه بیولوژیکی بودن این آب است (Eslami et al., 2018b). ترکیبات آلی و معدنی موجود در این آب می‌تواند باعث بالارفتن BOD شده و این موضوع سبب کاهش اکسیژن مورد نیاز می‌شود.

اهمیت تصفیه آب خاکستری

با تخلیه آب خاکستری خام به آب‌های پذیرنده نه تنها سبب اثرات منفی بر آبزیان و تغیرات شدید بر گونه‌های مختلف آبزی‌شده بلکه سبب آسیب‌های جبران‌ناپذیر بر سلامت انسان می‌شود. (Gunasekara and Dissanayaka, 2022, Priyanka et al., 2022) که این مهم به دلیل افزایش سطح آلودگی میکروبی، رشد سریع میکروارگانیسم‌ها و جلبک‌ها و همچنین کاهش اکسیژن مورد تیاز گیاهان و آبزیان می‌باشد. (Wurochekke et al., 2016) همچنین تغذیه مزارع کشاورزی با آب خاکستری خام سبب مشکلات متعدد ازجمله توسعه پایدار (مانند شوری و میزان سدیم خاک) و آبگریزشدن خاک به علت وجود روغن و گریس در این آب می‌شود. (Ebrahimi et al., 2017) سرب و کادمیوم موجود در آب خاکستری به‌وسیله گیاهان جذب‌شده و در صورت مصرف توسط انسان یا حیوان سبب سمیت در آنها می‌شود. ضمناً سبزیجات آبیاری‌شده با فاضلاب دارای سطح بالاتری از میکروارگانیسم‌ها و انگل‌ها می‌باشند (Ebrahimi et al., 2017).

روش‌های تصفیه آب خاکستری

آب خاکستری توسط روش‌های گوناگونی از قبیل فیزیکی و بیولوژیکی، طبیعی، و روش‌های شیمیایی تاکنون تصفیه شده است (Eslami et al., 2018a, Babaei et al., 2018a).

روش‌های فیزیکی:

۱. فیلتراسیون (اولترا، نانو، اسمزمعکوس)
۲. فیلتراسیون غشایی
۳. فیلتر شنی
۴. فیلتر خاکی

روش‌های شیمیایی:

۱. انعقاد

۲. انعقاد الکتریکی
۳. رزین ها
۴. اکسیداسینون

و روش‌های بیولوژیکی:

۱. فیلتر بی هوازی
۲. SBR
۳. ABF
۴. RBC
۵. FBR

و سایر می‌باشد. (Ebrahimi et al., 2017) که در ذیل به تفصیل تعدادی ازآنها در بررسی‌های گذشته می‌پردازیم.

(2022) Gunasekara و Dissanayaka در بررسی استفاده از تالاب‌های ساخته‌شده جهت تصفیه آب خاکستری دریافتند سیستم‌های تالاب ساخته‌شده (CW) یکی از بهترین روش‌های تصفیه فاضلاب می‌باشد. به‌طوری که CW های جریان افقی برای حذف CW TPهای جریان عمودی مؤثر جهت حذف BOD، TSS و TN و در نهایت CWهای زیرسطحی مناسب جهت استفاده در آب و هوای گرمسیری می‌باشد زیرا دراینگونه کشورها در تمام طول سال شرایط برای رشد سریع میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌باشد. البته شایان ذکر است عملکرد CWها در حذف TN، TP و COD بسیار وابسته به آب و هوا می‌باشد (Gunasekara and Dissanayaka, 2022).

Zare Ghanat Novi et al., 2022 در مطالعه ارزیابی سیستم تصفیه آب خاکستری به روش هوازی در برنامه‌ریزی اکولوژی شهری و توسعه فضای سبز دریافتند سیستم تصفیه هوازی آب خاکستری قادر به کاهش کدورت تا ۹۹/۱۱ درصد، نیترات تا ۹۹/۹۶، BOD5 تا ۹۶/۲۳ و COD تا ۹۳/۹۲ درصد می‌باشد. بنابراین این روش قادر به تولید پساب در حد استاندارد آب کشاورزی و آبیاری می‌باشد.

(Nema et al., 2022) در مطالعه ارزیابی عملکرد ماکروفیت‌های مختلف در تالاب‌های ساخته‌شده با جریان عمودی در مقیاس کوچک برای تصفیه آب خاکستری با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی دریافتند تالاب ساخته‌شده با جریان عمودی (VFCW) یکی از فرآیندهای کارآمد در حذف آلاینده‌ها از آب خاکستری جهت استفاده در مصارف غیرشرب است. همچنین با بررسی چهار گیاه محلی به نام‌های Hymenocallis littoralis، Phragmites australis، Canna indica و Colocasia دریافتند گیاه Canna indica نسبت به سه گیاه دیگر راندمان بالاتری در حذف COD، آمونیاک و فسفات دارد و البته همه سیستم‌ها راندمان بالا (بیشتر از ۴۰ درصد) در حذف همه آلاینده‌ها به جز TSS و pH را داشتند.

(Prasad et al., 2022) در مطالعه سیستم تصفیه سه تایی پایدار برای آب خاکستری و استفاده مجدد با استفاده از سیستم تصفیه گیاه شناور (FPTS) فاضلاب خاکستری خوابگاه را تصفیه کردند. جهت بهبود کیفیت پسآب آب خاکستری واحدهای فیلتر زغال فعال و شنی به صورت سری به FPTS وصل شدند. راندمان حذف TSS، COD ، کدورت، آمونیاک، سولفات، فسفات و کلیفرم مدفوعی در این سیستم به ترتیب ۵.۷۴٪± ۷۴.۸۱, ۰.۰۵٪ ± ۹۹.۷۶, ۴.۱۰٪± ۹۵.۷۰, ۲.۰۸٪± ۹۹.۱۶ , ۱.۸۰٪±۴۸.۲۲ , ۱۰۰٪, ۱.۴۸٪± ۹۷.۲۷ می‌باشد. در نتیجه این سیستم قادر به تصفیه آب خاکستری برای مصارف غیر شرب می‌باشد.

(Priyanka et al., 2022) فوتوکاتالیز خورشیدی با استفاده از N-doped TiO2 برای تصفیه آب خاکستری با بررسی روش‌های تصفیه آب خاکستری ازقبیل فیلتراسیون توسط ضایعات سرامیکی و سیستم خاک شیب‌دار جهت حذف TSS و جامدات آلی دریافتند این سیستم‌ها علاوه‌بر هزینه‌های نصب بالا و نگهداری دشوار، مستعد گرفتگی نیز می‌باشند.

(Sugumar et al., 2022) در مطالعه ارزیابی کاهش آلاینده در آب خاکستری با استفاده از جریان افقی تالاب‌های ساخته‌شده برای آبیاری استفاده بیش از حد از آب شرب در بخش‌های صنعتی و دارا بودن مواد مغذی در پساب کشاورزی باعث آلودگی آب‌های زیر زمینی و سطحی می‌شود.

(Pawar et al., 2022) در مطالعه تصفیه باکتریایی کم‌هزینه برای حذف مواد شوینده لباس از پساب تولیدشده لباسشویی به بررسی حذف مواد شوینده از آب خاکستری ناشی از لباسشویی پرداخته شد که این تصفیه شامل تصفیه فیزیکی و شیمیایی می‌باشد. تصفیه شیمیایی شامل اضافه کردن زاج و نتظیم pH توسط افزودن نمک‌های بی‌کربنات و تصفیه فیزیکی شامل استفاده از فیلتر شن و ماسه کوارتز و فیلتر کردن pH با استفاده از کاغذ صافی می‌باشد. در آب خاکستری ناشی از لباسشویی یون‌هایی مانند جیوه، سرب، منیزیوم، کلسیم و منگنز می‌باشد که برای سلامتی بسیار مضر است که سطوح این یون‌ها پس از تنظیمpH توسط کاغذ تورنسل در حد خنثی رسید و همچنین سطوح این یون ها در پساب تصفیه‌شده با استفاده از زاج کاهش یافت.

(Nurhayati et al., 2022) در مطالعه تصفیه آب خاکستری با استفاده از ورمی فیلتر به بررسی ورمی فیلتر پرداختند که فرآیند تصفیه فاضلاب با استفاده همزیستی کرم با میکروب می‌باشد. ورمی فیلتر با استفاده از مخلوط شن و ماسه، الیاف نارگیل، گیاه خردل، خاک اره، ساقه موز، سرگین گاو، خاک، کلم و کرم خاکی به‌منظور تصفیه آب خاکستری انجام شد. طبق این بررسی متوجه شدند با افزایش زمان، BOD و آمونیاک کمتر، pH و DO بیشتر می‌شوند.

(Abd-ur-Rehman et al., 2022). درمطالعه عملکرد مقایسه‌ای مدیای سبز با وزن پایین برای حذف ترکیبات آلی نوظهور از آب خاکستری خانگی به بررسی میزان حذف شش نوع از ترکیبات الی نوظهور بیوتیک (XOCS) شامل استامینوفن، دی اتیل تولوامید، بیسفنول A، اکسی بنزون، تری کلوزان و نونیل فنل که در طیف آبگری تا آبدوست هستند توسط پنج نوع مدیای سبز (زئولیت، پرلیت، دانه خرما، پودر قهوه و کوکو) پرداخته شد. طبق نتایج حاصله دریافتند حذف XOCS توسط مواد زائد کربن دار مانند دانه خرما، پودر قهوه و کوکو نسب به مواد معدنی طبیعی بیشتر است. ضمناً مشخص شد جذب XOCS با افزایش آبگریزی و همچنین زمان ماندگاری آب خاکستری در دیوار سبز بیشتر می‌شود. در نتیجه حذف XOCS توسط کوکو با سنتیک سریع (در مدت ۳۰ دقیقه ۹۰ درصد کاهش) بیشترین حذف را داشت بجز استامینوفن که بهترین روش کاهش ان توسط زوئلیت با سنتیک اهسته(در مدت ۲۴ ساعت ۹۰ درصد) بود.

(Galvão et al., 2022). در مطالعه مدیاهای سبز با محیط‌های پرکننده بازیافتی برای تصفیه آب خاکستری از دونوع ماده بازیافتی خرده‌های کاشی و الیاف نساجی برای محیط پرکننده به همراه ترکیب دو گونه گیاه استفاده شد. ترکیب کاشی با الیاف نارگیل به نسبت ۷۰ تا ۳۰ درصد بهترین عملکرد را با میانگین راندمان حذف بیش از ۷۰ درصد برای تقاضای اکسیژن شیمیایی (COD) و بین ۵۹ درصد تا ۷۰ درصد برای کل جامدات معلق (TSS) دارند. به‌طور کلی متوسط راندمان حذف سیستم‌های الیاف حدود ۶۰ درصد برای COD و ۵۰ درصد برای TSS داشتند.

(Galvão et al., 2022). در طرح تصفیه بیولوژیکی و حذف نوترینت‌ها در آب خاکستری با استفاده از سیستم لجن فعال با بستر ثابت (IFAS) به بررسی کارآیی سیستم IFAS در مقیاس پایلوت در شرایطی با دمای ۱±۳۰ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۲/۳۲±۰/۹۱، بارگزاری‌های آلیcod/l.do ۱۳-۱۱ و pH ۹۵/۰۱±۸ پرداختند. در نتیجه این بررسی دریافتند در بارگزاری آلی gCOD/l.d ۰/۴۴ و COD وردی mg/l ۲۰۰ بهترین رلندمان حذف BOD، COD و TSS به ترتیب ۸۵/۲۴، ۹۲/۵۲ و ۹۰/۲۱ درصد می‌باشد و با افزایش بارگذاری راندمان حذف کاهش یافت. همچنین رلندمان حذف TN و TP به‌ترتیب ۲/۴۱±۸۹/۶۰ و ۲/۱۴±۸۶/۶۷ بود که با افزایش بارگذاری آلی رلندمان حذف کاهش یافت. درنهایت دریافتند سیستم IFAS کارآیی مناسبی در تصفیه آب خاکستری دارد.

(Eslami et al., 2017) در مطالعه ی تاثیر میزان بارگزاری آلی در تجزیه بیولوژیکی آلکیل بنزن سولفات خطی، چربی و روغن از آب خاکستری بوسیله سیستم لجن فعال با بستر ثابت به بررسی کارایی سیستم IFAS در مقیاس پایلوت در شرایطی با دمای ۱±۳۰ درجه سانتی گراد، اکسیژن محلول ۲/۳۲±۰/۹۱، بارگزاری های آلی cod/l.do ۳/-۱ ۰/۱۱ پرداختند و از تصاویر SEM جهت تعیین میزان بیوفیلم تشکیل شده استفاده شد. در بارگزاری آلی gCOD/l.d ۴۴/ بهترین رلندمان حذف COD، چربی و روغن به ترتیب ۹۲/۵۲، ۹۴/۲۴ و ۹۰/۰۷ بود. و با افزایش بارگذاری رلندمان حذف کاهش یافت. درنهایت دریافتند سیستم IFAS کارایی مناسبی در حذف LAS، چربی و روغن آب خاکستری دارد.

(Babaei et al., 2018a) در طرح حذف آلکیل بنزن سولفونات خطی و کدورت از آب خاکستری توسط یک سیستم اولترافیلتراسیون میکروفیلتراسیون فیلتر شنی آهسته ترکیبی چند لایه به بررسی سیستم هیبریدی جدید با استفاده از فیلتر شنی آهسته چند لایه (MSSF)، میکرو فیلتر (MF) و فیلتر فوق العاده (UF) برای نیاز شیمیایی اکسیژن (COD)، آلکیل بنزن سولفونات خطی (LAS)، کل جامدات معلق پرداختند. بهترین راندمان حذف برای COD، LAS، TSS، و کدورت با استفاده از سیستم هیبریدی MSSF-MF-UF به ترتیب ۹۸.۲۲، ۹۹.۹۷، ۹۹.۹۹ و ۹۹.۹۸ درصد بود. درنتیجه ترکیب فرآیند بیولوژیکی (MSSF) با فرآیند غشایی (MF و UF) منجر به حذف موثرتر LAS و جامدات معلق (SS) در آب خاکستری شد. بنابراین، ترکیب MSSF-MF-UF را می توان برای حذف LAS و SS به کار برد.

در کل می‌توان گفت با توجه به انواع روش‌های تصفیه آب خاکستری، استفاده از سیستم های بیولژیک نظیر وتلندها و یا سیستم‌های فیزیکی نظیر فیلترهای شنی و یا فرآیندهای غشائی نظیر میکرو و اولترافیلتراسیون و یا ترکیبی از این روش‌های بیولوژیکی-فیلتراسیون کارآیی مناسبی در تصفیه آب خاکستری جهت استفاده مجدد دارند.

استفاده مجدد از آب خاکستری

با تصفیه آب خاکستری و رساندن آن به استانداردهای لازم (جدول ۱) می‌توان از آن در بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی شهری ازجمله تغذیه بویلرها، استفاده در خنک‌کننده‌ها و دیگ بخار، تهویه هوا، آبیاری مزارع کشاورزی و گلخانه‌ها، تخلیه به آب‌های پذیرنده، تغذیه آب‌های زیرزمینی، شیرهای آتش‌نشانی و استفاده در فلش تانک‌ها مورد استفاده قرار داد (Wurochekke et al., 2016, Rezaee and Sarrafzadeh, 2020).

باتوجه به اهمیت منابع آب شرب و محدود بودن حجم آنها همچنین مصرف بیش از حد آنها در فعالیت‌های گوناگون توسط انسان، پیشنهاد می‌شود از آب خاکستری تصفیه‌شده در موارد ذیل به‌جای آب شرب استفاده شود:

۱. استفاده در کارواش‌ها با توجه به زیاد شدن روز افزون وسایل نقلیه
۲. استفاده در مزارع کشاورزی ازجمله مزارع با گیاهان نیازمند به آبیاری غرقآبی به‌خصوص در شهرهای دچار خشکسالی
۳. لوله‌کشی آب خاکستری تصفیه‌شده برای فضای باز منازل
۴. استفاده در قالیشویی‌ها
۵. شستشو معآبر و ساختمان‌ها
۶. شستشو محوطه خارجی و داخلی بیمارستان‌ها و مراکز دولتی به جز بخش‌های استریل بیمارستان
۷. آبیاری فضای سبز شهری
۸. شستشو کارخانجات و محیط‌های صنعتی
۹. استفاده جهت فعالیت‌های ساخت و ساز

ضمنا پیشنهاد می‌شود در مناطق شهری درحال توسعه برنامه‌ریزی جهت طراحی ساختمان‌های جدید با شبکه لوله‌کشی مجزا برای آب خاکستری صورت گیرد. هم‌چنین طراحی توالت‌ها به گونه‌ای صورت گیرد تا آب خاکستری تولیدی از آب سیاه جدا شود.

جدول ۱-استانداردها و معیارهای ارایه‌شده جهت بازیافت آب(Rezaee and Sarrafzadeh, 2020)

کاربرد	فلاش تانک	فلاش تانک	آبیاری	آبگیرهای محصور شده	آبگیرهای محصور نشده	فلاش تانک	آبیاری فضای سبز	آبیاری باغچه	بازچرخانی شهری محصور نشده	ساخت و ساز (متراکم نمودن خاک، تولید بتن)	آبگیرهای محصور نشده	آبگیرهای محصور شده	آبیاری محصورن شده (مصرف محصول به صورت خام)	آبیاری محصور شده
TC (CFU/100 ml)	-	-	-	-	-	-	>133	>23	>1333	-	-	>133		
FC (CFU/100 ml)	233	صفر	233	صفر	10	Feb -2	>0	-	-	233	13333	>0	>0	>13
TOC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
فسفر کل	-	-	-	May-00	May-00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

نیتروژن کل	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12	-	-	-
NH4-N (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	>23	>13	-
DO mg/l	-1 May	<1	-	<%23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
کلر باقیمانده	-	1پس از 03 دقیقه و 3/2در نقطه مصرف	1پس از ۰۳ دقیقه و 3/2در نقطه مصرف	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-
دترجنت آنیونی (mg/l)	May-00	1	1	-	May-00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

COD (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BOD5 (mg/l)	2)7BOD (	03	13	03	13	03	13	23	>23	>23	>6	>6	>23	>13
TSS (mg/l)	03	-	03	-	03	2	03	-	-	-	-	-	-	-
TDS (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>1333	>1233	-
کدورت)NTU(	>2	-	>23	>2	-	ناخوشایند نیست	ناخوشایند نیست	-	2	2	-	2	>2	
pH	Jun-9	Jun-9	Jun-9	Jun-9	Jun-9	-	-	2/0-0/6	2/0-0/6	Sep-6	Sep-6	Sep-6	Sep-6	-

پارامتر	آلمان [20]	چین [20]	ژاپن [22]	استرالیا [26]	کانادا [21]	آمری کا [2]								

منابع

ABD-UR-REHMAN, H., DELETIC, A., ZHANG, K. & PRODANOVIC, V. 2022. The comparative performance of lightweight green wall media for the removal of xenobiotic organic compounds from domestic greywater. *Water Research*, 221**,** 118774.

BABAEI, F., EHRAMPOUSH , M .H., ESLAMI , H., GHANEIAN , M. T., FALLAHZADEH , H., TALEBI , P., FOULADI FARD, R. & EBRAHIMI , A. A. 2018a. Removal of linear alkylbenzene sulfonate and turbidity from greywater by a hybrid multi-layer slow sand filter microfiltration ultrafiltration system. *Journal of Cleaner Production***,** 922-931.

BABAEI, F., EHRAMPOUSH, M. H., GHANEIAN, M. T., FALLAHZADEH, H., TALEBI, P. & EBRAHIMI, A. 2018b. Removing Nutrients and Organic Compounds in Gray Water Using Multi-layer Sand Filter. *Mazandaran Univ Med Sci* 15.۱۶۶-۱۷۸ ,۸

EBRAHIMI, A. A., EHRAMPOSH, M. H., BABAEI, F. & ESLAMI, H. 2017. *Graywater(Characteristics, treatment methods and reuse)*, khaniran.

ESLAMI , H., EHRAMPOUSH , M. H., EBRAHIMI, A. A., M.T, G. & M, M. 2018. Biological treatment and nutrients removalin grey water with an integrated fixed-film activated sludge(IFAS(system. *AMB EXPRESS*, 8**,** 1-8.

ESLAMI, H., EHRAMPOUSH, M. H., FALAHZADEH, H., HEMATABADI, P. T., KHOSRAVI, R., DALVAND, A., ESMAEILI, A., TAGHAVI, M. & EBRAHIMI, A. A. 2018a. Biodegradation and nutrients removal from greywater by an integrated fixed-film activated sludge (IFAS) in different organic loadings rates. *Amb Express*, 8**,** 1-8.

ESLAMI, H., EHRAMPOUSH, M. H., FALAHZADEH, H., TALEBI HEMATABADI, P., KHOSRAVI, R., DALVAND, A., ESMAEILI ,A., TAGHAVI, M. & EBRAHIMI, A. A. 2018b. Biodegradation and nutrients removal from greywater by an integrated fxed-flm activated sludge (IFAS) in diferent organic loadings rates. *AMB Expr* 8.

ESLAMI, H., EHRAMPOUSH, M. H., GHANEIAN, M. T., MOKHTARI, M & .EBRAHIMI, A. 2017. Effect of Organic Loading Rates on biodegradation of linear alkyl benzene sulfonate, oil and grease in greywater by Integrated Fixed-film Activated Sludge (IFAS). *Journal of environmental management*, 193**,** 312-317.

GALVãO, A., MARTINS ,D., RODRIGUES, A., MANSO, M., FERREIRA, J. & SILVA, C. M. 2022. Green walls with recycled filling media to treat greywater. *Science of The Total Environment*, 842**,** 156748.

GUNASEKARA, S. & DISSANAYAKA, D. 2022. Use of Constructed Wetland Systems for Greywater Treatment: A Review.

NEMA, A., PRASAD, R., SHARMA, D., YADAV, K. D., CHRISTIAN, R. A. & IBRAHIM, H. 2022. Performance evaluation of different macrophytes in small-scale vertical flow constructed wetlands for greywater treatment using principal component analysis. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*.

NURHAYATI, I., SUTRISNO, J., SUGITO & RATNAWATI, R. 2022. Greywater Treatment using Vermifilter. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*
)*Journal of Chemical Engineering and Environment)*, 17**,** 73 – 82.

PAWAR, P., DHURVE, A., SONAR, S., JADHAV, D. & NAGARGOJE, R. 2022. LOW COST BACTERIAL TREATMENT FOR REMOVAL OF LAUNDRY DETERGENTS FROM WASTEWATER GENERATED AFTER CLOTH WASHING. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 4.

PRASAD, R., SHARMA, D., YADAV, K. D. & IBRAHIM, H. 2022. Sustainable ternary treatment system for greywater and potential reuse. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*.

PRIYANKA, K., REMYA, N. & BEHERA, M. 2022. Solar Photocatalysis using N-doped TiO for Greywater Treatment: Optimisation of Operational Parameters. *Environmental Degradation: Monitoring, Assessment and Treatment Technologies.* Springer.

REZAEE, M. & SARRAFZADEH, M. H. 2020. A Review of Greywater Characteristics and Treatment Metho. *Env. Sci. Tech*, 21**,** 90-108.

SUGUMAR, S., CHRIS SHEBA, M. & GURUMOORTHY, C. 2022. Assessment of Contaminant Reduction in Greywater using Horizontal Flow Constructed Wetland for Irrigation. *Environmental Degradation: Monitoring, Assessment and Treatment Technologies.* Springer.

WUROCHEKKE, A. A., MOHAMED, R. M. S., -GHEETHI, A. A. A., ATIKU, H., AMIR, H. M. & MATIAS-PERALTA, H. M. 2016. Household greywater treatment methods using natural materials and their hybrid system. *Journal of Water and Health,* 14**,** 914.

XU, C., LIU, Y. & FU, T. 2022. Spatial-temporal evolution and driving factors of grey water footprint efficiency in the Yangtze River Economic Belt. *Science of The Total Environment,* 844**,** 156930.

ZARE GHANAT NOVI, A. R., BOUSTANI, F. & SHAMSNIA, S. A. 2022. Evaluation of Greywater Treatment System by Aerobic Method in Planning Urban Ecology and Green Space Development. *Environment and Water Engineering,* 8**,** 496-506.

Evaluation of the climate change effect on precipitation and meteorological drought using LARS-WG, Case study: Abadeh station

Mahnaz Salari*[1], Hadi Eslami[2], Arezoo Esmaili[3]

1- Expert in the Environmental Health Unit of the Department of Health, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, mahnazslr19@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, hadieslami1986@yahoo.com

3- Expert of the Environmental Health Unit of the Deputy Health Department, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, areesma93@gmail.com

Abstract

Today, due to the increase in population, modernity and industries, the need for water consumption has increased a lot. Also, due to the limited water resources, especially drinking water sources, other sources should be sought to meet this need. Also, due to the increase in water consumption, we are facing a lot of wastewater production, which, due to the lack of proper infrastructure in the country for wastewater treatment, causes many problems, including surface water pollution, which ultimately causes damage to the health of the environment, humans and animals. Gray water is the wastewater produced with less pollution than other types of waste water. As a result, it is possible to purify it with simpler and more affordable methods. The sources of this water are mostly from the water used in homes, including kitchen, bathroom, sink, laundry and dishwashing. Purification of gray water is done with various physical methods such as filtration, chemical such as oxidation and biological methods such as vanlands. The resulting purified wastewater can be used in various industries such as steam boilers and coolers, in urban areas such as for watering green spaces and washing vehicles. And he made gardens and gardens in houses to water them. In the study of characteristics, methods of treatment and reuse of gray water, we examine various methods of treatment and finally the methods of reuse of this wastewater.water resources, environment and agriculture. It needs professional management to reduce damages.

Keywords: Gray water, wastewater treatment, removal mechanisms, reuse.