

## بررسی مقایسه‌ای کاربری پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی با رویکرد مصرف انرژی

سحر ثقفی، ناصر مهردادی\*، غلامرضا نبی بیدهندی، ملیحه فلاح‌نژاد، فرشاد گلبابایی کوتنایی

دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، گروه مهندسی محیط زیست

(تاریخ تحویل: ۹۳/۰۲/۲۹ - تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۲۰)

### چکیده

در این تحقیق، ۵۱ تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک‌های صنعتی از لحاظ کاربری مختلف پساب خروجی و میزان هزینه انرژی الکتریکی بررسی شدند. در هفده تصفیه‌خانه، پساب خروجی به صورت کامل وارد آب‌های سطحی می‌شوند، بیشتر این تصفیه‌خانه‌ها در شمال کشور واقع هستند، ۲۴ تصفیه‌خانه از پساب خروجی برای آبیاری فضای سبز استفاده می‌کنند و پساب سایر تصفیه‌خانه‌ها برای مصارفی مانند کشاورزی و آزادسازی در زمین‌های بکر اطراف تصفیه‌خانه برای تزریق آب‌های زیرزمینی و... کاربرد دارند. همچنین، متوسط هزینه انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه تصفیه‌خانه‌ها به ازای یک متر مکعب فاضلاب ورودی محاسبه شد و تصفیه‌خانه‌ها به پنج گروه با دبی کمتر از  $250 \text{ m}^3/\text{day}$  و مقادیر بین ۲۵۰ الی ۵۰۰ و ۵۰۰ الی ۷۵۰ و ۷۵۰ الی ۱۰۰۰ و بالای ۱۰۰۰ دسته‌بندی شدند و در نهایت این نتیجه حاصل شد که در تصفیه‌خانه‌های بزرگ‌تر در مقایسه با تصفیه‌خانه‌های کوچک‌تر مصرف انرژی الکتریکی به ازای یک متر مکعب فاضلاب ورودی بیشتر است. حال با توجه به هزینه‌های اعمالی به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی به ضرورت استفاده مجدد پساب باید بیشتر توجه شود.

**واژه‌های کلیدی:** انرژی، بازیافت، تصفیه‌خانه، فاضلاب صنعتی، کاربری پساب.

### ۱. مقدمه و هدف

آلودگی محیط زیست توسعه یافته است. از جمله این روش‌ها می‌توان به دام‌اندازی آلاینده‌ها، تبدیل و تغییر شیمیایی پسماندها و مواد زائد و فرایندهای تبدیل مواد آلاینده به موادی با آلودگی کمتر اشاره کرد [۳]. برای حفظ و صیانت از محیط زیست تمام شهرک‌های صنعتی موظف‌اند فاضلاب تولیدی خود را تصفیه کنند و بعد از کاهش آلودگی و رساندن پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب به حد استاندارد محیط زیست، پساب خروجی خود را وارد محیط‌زیست کنند [۴].

ایران کشوری در حال توسعه است و صنایع مختلف در آن رو به گسترش‌اند. با پیشرفت صنایع، شهرک‌های صنعتی در شهرها و اطراف آن‌ها احداث شد یا در حال ساخت‌اند [۱]. با توجه به توسعه صنایع و آلودگی پیکره‌های آبی از یک‌طرف و رعایت استانداردهای زیست‌محیطی از طرف دیگر، مدیریت پساب صنایع بیش از پیش دارای اهمیت است [۲]. در چند دهه اخیر، تلاش‌های فنی و مهندسی در راستای مبارزه جدی با افزایش

درآمد [۹]. در کشور ما، در سال‌های اخیر در این زمینه مطالعات بسیاری صورت گرفت که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

درایت و الماسی در مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۲ کارایی سیستم‌های طبیعی تصفیه فاضلاب را در حذف کیست تک یاخته و تخم انگل بررسی کردند. برای این منظور تصفیه‌خانه‌های فاضلاب قصر شیرین با سیستم نینزار مصنوعی و گیلان غرب با سیستم برکه تثبیت و اسلام‌آباد با سیستم برکه تثبیت با هم مقایسه شدند تا کیفیت پساب خروجی برای استفاده مجدد پساب در کاربری کشاورزی بررسی شود. نتیجه نشان داد هر سه تصفیه‌خانه کارایی لازم برای حذف کیست و تخم انگل‌ها را دارند و بیشترین تعداد تخم انگل در فاضلاب ورودی و پساب خروجی هر سه تصفیه‌خانه مربوط به تخم آسکاریس لمبریکوئیدس است [۱۷].

بوستانی و انصاری در مطالعه‌ای در سال ۱۳۸۹ به بررسی علت پیک ماه سالیانه عامل‌های آلوده‌کننده خروجی سه تصفیه‌خانه اصلی مشهد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با شناختن منابع آلوده‌کننده و ایجاد قوانین نظارتی در راستای جلوگیری از تخلیه پساب‌های غیر مجاز صنعتی و خانگی و همچنین روی آوردن به روش‌های پالایش طبیعی فاضلاب‌ها و حذف مواد آلاینده آن‌ها با کاشت درختان و گیاهانی که عمل تصفیه را انجام می‌دهند، می‌توان به میزان زیادی از مشکلات زیست‌محیطی موجود کاست [۹].

محو و علوی در مطالعه‌ای در سال ۱۳۸۳ راندمان حذف دترجنت‌ها را در تصفیه فاضلاب شهرک قدس به روش لجن فعال بررسی کردند تا با توجه به حد مجاز تخلیه دترجنت‌ها براساس استانداردهای تخلیه برای آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین استفاده‌شده در کشاورزی، کنترل کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس را انجام دهند. نتیجه نشان داد مقادیر دترجنت در پساب خروجی کمتر از استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و زیرزمینی است؛ بنابراین، به تصفیه پیشرفته نیاز نیست [۱۸].

کاکاوندی و جنیدی در مطالعه‌ای در سال ۱۳۸۹، بررسی مقایسه‌ای برای کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صاحبقرانیه، اکباتان و جنوب شهر تهران را انجام دادند. نتایج نشان داد کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های صاحبقرانیه و اکباتان در مقایسه با پساب تصفیه‌خانه جنوب وضع بهتری دارد. همچنین، مقادیر برخی از پارامترها نظیر نیتريت و کلیفرم مدفوعی در این تصفیه‌خانه‌ها بالاتر از حد استاندارد بود. استفاده از پساب این

فاضلاب تصفیه‌خانه‌ها باید برای کاربری مشخص مثل تهیه پساب مناسب برای مصارف کشاورزی یا تخلیه به آب‌های زیرزمینی و سطحی و... تصفیه شود [۵،۶]. فاضلاب شهرک‌های صنعتی حاوی آلاینده‌های سمی از جمله فلزات سنگین و... هستند؛ بنابراین، سیستم تصفیه فاضلاب شهرک‌های صنعتی باید کارایی لازم را داشته باشند تا پساب خروجی از آن‌ها به محیط زیست آسیب نرساند [۷]. منابع آب شیرین در جهان بسیار اندک است، به طوری که از کل آب موجود در جهان ۹۷/۲ درصد شور و تنها ۲/۸ درصد آن شیرین است و کمتر از ۲۵ درصد حجم آب شیرین کره زمین قابل استحصال است. همچنین، این منابع به طور یکنواخت در سطح زمین توزیع نشده‌اند و متأسفانه سهم کشور ما نیز از این منابع بسیار اندک است. از طرفی با افزایش جمعیت، رشد اقتصادی، رشد کشاورزی پیشرفت‌های صنعتی مقدار مصرف سرانه آب در حال افزایش است، درحالی که میزان آب موجود در دنیا در حال کاهش است [۸]. سرانه آب در ایران در سال ۱۳۳۵-۱۳۳۷ شمسی حدود ۴۰۰۰-۵۰۰۰ متر مکعب در سال بود و پیش‌بینی می‌شود در سال ۱۴۰۰ شمسی به حدود ۸۰۰ متر مکعب در سال برسد [۹]. به دلیل کمبود منابع آبی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشکی مانند ایران، استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری فضای سبز و کشاورزی و مصارف دیگر به‌عنوان یکی از اهداف اصلی در نظر گرفته می‌شود [۱۰]. استفاده مجدد فاضلاب به‌ویژه در کاربری کشاورزی دارای مزایای زیادی از جمله سود حاصل از فروش پساب، استفاده از مواد مغذی مانند فسفر و نیتروژن موجود در فاضلاب و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و در نتیجه کاهش هزینه‌های اعمالی به تصفیه‌خانه‌ها و کاهش مصرف آب شیرین و حفظ محیط زیست و... است [۱۱]. آنچه در این ارتباط اهمیت فراوانی دارد مناسب بودن کیفیت پساب استفاده‌شده به‌ویژه از نظر میکروبی و انطباق آن با استانداردهای معتبر ملی و جهانی است [۱۳، ۱۴]. در استفاده مجدد از پساب، اگر به کیفیت میکروبی پساب و جنبه‌های بهداشتی آن توجهی نشود، خطرهای جدی برای سلامتی انسان و محیط زیست به‌وجود می‌آید. زمانی به این موضوع بیشتر توجه می‌شود که از پساب خروجی برای آبیاری فضای سبز عمومی و محصولات خوراکی از جمله سبزیجات استفاده شود [۱۵، ۱۶]. از اوایل قرن بیستم، کاربرد مجدد فاضلاب به‌صورت مرتب در ایالت کالیفرنیا آمریکا آغاز و اولین مقررات مجدد فاضلاب در آبیاری نیز در سال ۱۹۱۸ در همین ایالت تدوین شد. بعد از آن، پروژه‌هایی در کالیفرنیا و آریزونا برای آبیاری به اجرا

با نگاه اقتصادی و هزینه‌های مربوط به انرژی الکتریکی بررسی شدند و متوسط هزینه انرژی الکتریکی ماهانه به ازای یک متر مکعب فاضلاب ورودی در تصفیه‌خانه برآورد شد. با توجه به نتایج این تحقیق و تحقیقات دیگری که در زمینه مصرف انرژی الکتریکی و شاخص بهره‌وری انرژی الکتریکی در کاربری‌های مختلف پساب خروجی در تصفیه‌خانه‌های شهرک‌های صنعتی توسط نویسنده مقاله صورت گرفت، می‌توان در طراحی تصفیه‌خانه‌ها عامل انرژی الکتریکی مصرفی را به‌عنوان عاملی مؤثر در نظر گرفت و با مدیریت در مصرف انرژی الکتریکی تا حد زیادی از لحاظ اقتصادی نیز صرفه‌جویی کرد.

## ۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه با روش آماری و جمع‌آوری داده‌ها از بانک اطلاعات تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرک‌های صنعتی موجود در سازمان صنایع کوچک و شرکت شهرک‌های صنعتی ایران انجام گرفت [۲۱] و تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق رسم نمودارهای مربوط در برنامه اکسل و قضاوت مهندسی انجام گرفت. استانداردهای تخلیه فاضلاب به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب و زمین‌های کشاورزی و بقیه کاربری‌ها، مطابق با استانداردهای ایران است و در صورت نبودن استاندارد مورد نظر در ایران، از استاندارد سایر کشورها تبعیت می‌کند [۲۲، ۱۳].

### ۱.۲. تصفیه‌خانه‌های مطالعه‌شده

۵۱ تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک‌های صنعتی بررسی شد. در جدول ۱، اسامی شهرک‌ها به همراه میزان دبی ورودی به تصفیه‌خانه‌ها می‌آید. در هر کدام از تصفیه‌خانه‌ها کاربری پساب خروجی بررسی شد.

سه تصفیه‌خانه برای تخلیه به آب‌های سطحی یا مصارف کشاورزی به‌دلیل مطابقت‌نداشتن با استانداردهای خروجی فاضلاب توصیه نمی‌شود [۱۹].

تک‌دستان و پازوکی در سال ۱۳۸۶ روش‌های مختلف استفاده مجدد از پساب را برای مصارف مختلف شهری و غیر شهری مطالعه کردند. هدف از انجام‌دادن آن، معرفی روش‌های مختلف استفاده از فاضلاب و درجه تصفیه مورد نیاز برای تأمین مقررات، محدودیت و استانداردهای زیست‌محیطی و خطرهای بهداشتی در کاربرد مجدد از پساب شهری و صنعتی بود [۸].

کیهیلیا و همکاران در سال ۲۰۱۴ در مطالعه موردی در تانزانیا، استفاده مجدد از پساب دو تصفیه‌خانه را که با روش برکه تثبیت و با ترکیب برکه تثبیت و تالندهای مصنوعی فعالیت می‌کنند برای مصارف کشاورزی و آبیاری بررسی کردند و کیفیت پساب خروجی دو تصفیه‌خانه را از لحاظ پارامترهای TDS و نیترات و کل کلیرم مدفوعی و COD مقایسه کردند. همچنین، ارزیابی ریسک ابتلا به امراض نیز در این مطالعه صورت پذیرفت. این مسئله برای کارگرانی مطرح است که به صورت مستقیم با دست با محصولات آبیاری‌شده توسط این پساب‌ها در ارتباط‌اند، با وجود این مسائل استفاده از پساب‌های تصفیه‌خانه‌ها برای مصارف کشاورزی از لحاظ اقتصادی نکته مثبت و بسیار حائز اهمیت است [۲۰].

هدف از انجام‌دادن این تحقیق دسته‌بندی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرک‌های صنعتی از لحاظ کاربری‌های مختلف پساب خروجی، فراوانی آن‌ها و پی‌بردن به اهمیت استفاده مجدد از پساب خروجی با رویکرد مصرف انرژی الکتریکی است. به‌این‌منظور، برای اولین بار در ایران تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرک‌های صنعتی نه فقط با دید کیفیت پساب خروجی بلکه

جدول ۱. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرک‌های صنعتی بررسی‌شده [۲۱]

نام تصفیه‌خانه	دبی (m <sup>۳</sup> /day)	نام تصفیه‌خانه	دبی (m <sup>۳</sup> /day)	نام تصفیه‌خانه	دبی (m <sup>۳</sup> /day)
شهید رجایی	۳۵۰	آمل فاز توسعه ۲	۱۱۰۰	سلمان‌شهر	۲۷۰
شهید سلیمی	۲۰۰۰	بابل‌کنار	۱۰۰	سنگ‌تاب قائم‌شهر	۱۰۰
بستان‌آباد	۶۵	ایبک‌آباد	۳۵۰	شورمست سوادکوه	۱۰۰
فناوری خودرو	۱۵۰	اشتهارد	۲۰۰۰	دلیجان	۵۰۰
ارومیه ۲	۸۰۰	نظرآباد	۷۰۰	فرمهین	۱۵۰
اردبیل ۱	۵۰۰	خوارزمی	۱۰۰	خیرآباد	۳۰۰
اردبیل ۲	۲۵۰۰	علی‌آباد	۱۷۰۰	اهواز ۳	۳۰۰
پارس‌آباد	۹۰	فیروزکوه	۲۵۰	اشراق	۵۰۰
محلات	۲۰۰	نصیرآباد	۶۲۰	دامغان	۲۰۰

ادامه جدول ۱. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرک‌های صنعتی بررسی شده [۲۱]

نام تصفیه‌خانه	دبی (m <sup>3</sup> /day)	نام تصفیه‌خانه	دبی (m <sup>3</sup> /day)	نام تصفیه‌خانه	دبی (m <sup>3</sup> /day)
مشکین شهر	۱۵۰	شهرکرد	۱۱۰۰	سمنان	۵۰۰
سیرو	۱۵۰	بروجن	۸۰۰	شاهرود	۱۵۰
قروه	۶۰۰	بیرجند	۱۵۰	کنارک	۱۲۰
کرمان	۹۰۰	بندرعباس ۱	۲۳۵	زابل	۸۰
ياسوج	۸۰	بندی شرفی	۸۰۰	آب باریک	۵۰۰
لوشان	۱۵۰	چمستان	۳۰۰	کاسپین	۷۰۰
صومعه‌سرا	۹۰	ساری ۱	۳۲۰	شکوهیه	۱۳۰۰
سیاهکل	۱۵۰	میرودبابلسر	۵۰۰	بوعلی	۱۲۸۵

در جدول ۲، برای آشنایی بیشتر با تنوع فرایندها در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرک‌های صنعتی و فراوانی آنها، مشخصات ارائه می‌شود.

جدول ۲. فراوانی فرایندهای مختلف تصفیه فاضلاب در شهرک‌های صنعتی [۲۱]

فراوانی	فرایندهای تصفیه	فراوانی	فرایندهای تصفیه
۳	۱۱. لاگون هوادهی	۲	۱. لجن فعال گسترده + UASB
۱	۱۲. هوازی رشد چسبیده + بی‌هوازی تماسی	۲	۲. هوادهی گسترده
۷	۱۳. UAFB + IFAS	۱	۳. هوادهی گسترده + ABR
۱	۱۴. +SBR بی‌هوازی	۴	۴. لجن فعال + UABR
۱	۱۵. UABR	۱	۵. لاگون هوازی + لاگون بی‌هوازی
۱	۱۶. هوادهی گسترده + UAFB	۱۲	۶. UABR + IFAS
۴	۱۷. هوادهی گسترده + بی‌هوازی تماسی	۱	۷. G.A.R + E.A
۱	۱۸. UAFB + EA	۳	۸. UABR + EA
۱	۱۹. EA + SBR	۳	۹. لجن فعال
۱	۲۰. UASB + SBR	۱	۱۰. UAFBR + AGAR

پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های بررسی شده با رعایت استانداردهای خروجی می‌تواند برای کاربری‌های مختلفی استفاده شود. استاندارد پساب خروجی برای کاربری‌های مختلف در جدول ۳ می‌آید [۲۲].

جدول ۳. محدوده مجاز پارامترهای کیفی پساب [۲۲، ۱۳]

	BOD (Mg/l)	COD (Mg/l)	TSS (Mg/l)	Fecal Coliform	NH4 (Mg/l)	PO4 (Mg/l)	pH	TDS (Mg/l)
مصارف کشاورزی	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۴۰۰	۵۰	۱۵	۶-۸/۵	۱۵۰۰
مصارف تفرجی، شهری و آبی‌پروری	۵	۱۰	۳۰	۴۰۰	۰/۰۲	۱	۶-۹	۷۵۰
استفاده صنعتی	۳۰	۷۵	۳۰	۲۰۰	۲	۴	۶-۹	۱۰۰۰
تخلیه به آب سطحی	۳۰	۶۰	۴۰	۴۰۰	۲/۵	۶	۶/۵-۸/۵	۱۵۰۰
تخلیه به چاه جاذب	۳۰	۶۰	۴۰	۴۰۰	۱	۶	۵-۹	۱۵۰۰

کاربری‌های مختلف پساب به صورت زیر مشخص شد:

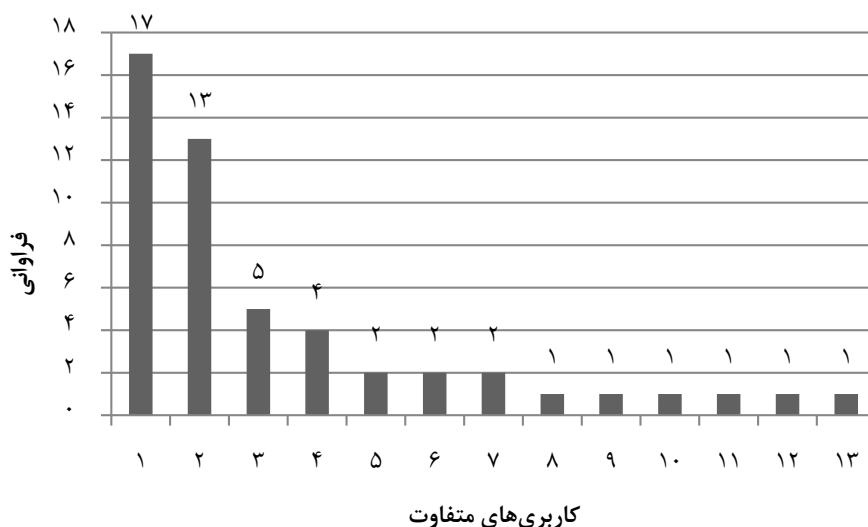
۱. تخلیه به رودخانه

۳. نتایج و بحث

با بررسی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرک‌های صنعتی

۱۰. آبیاری فضای سبز و تخلیه به بستر خشک رودخانه
  ۱۱. مصارف کشاورزی و تخلیه به رودخانه
  ۱۲. آزادسازی در بیابان اطراف برای احیای قنات‌های خشک
  ۱۳. جذب آب‌های زیرزمینی
- شکل ۱ فراوانی کاربری‌های بالا را به ترتیب اعداد نشان می‌دهد.

۲. آبیاری فضای سبز از طریق کانال آب
۳. مصارف کشاورزی
۴. آبیاری فضای سبز از طریق آبیاری قطره‌ای
۵. آبیاری فضای سبز و مصارف کشاورزی
۶. آبیاری فضای سبز و کارهای ساختمانی
۷. آبیاری فضای سبز و تخلیه به رودخانه
۸. آبیاری فضای سبز و شست‌وشوی شبکه فاضلاب
۹. آبیاری فضای سبز و تخلیه به چاه جاذب



شکل ۱. فراوانی کاربری‌های متفاوت پساب خروجی در تصفیه‌خانه‌های شهرک‌های صنعتی [۲۰]

خوراکی که به شکل خام مصرف می‌شوند و همچنین، برای آبیاری فضای سبز و زمین‌های گلف به حداقل تصفیه ثانویه، فیلتراسیون و گندزدایی نیاز دارد و کیفیت پساب تصفیه‌شده دارای pH ۹-۶،  $BOD < 10 \text{ mg/l}$ ، کدورت کمتر از  $2 \text{ mg/l}$ ، کلر باقیمانده کمتر از  $1 \text{ mg/l}$  و کلیفرم مدفوعی در حد صفر است. استفاده مجدد از فاضلاب برای آبیاری محصولات غیر خوراکی و محصولاتی که به صورت پخته مصرف می‌شوند، آبیاری گیاهان علوفه‌ای و فیبری، آبیاری درختان جنگلی و مراتع حیوانات شیره به حداقل تصفیه ثانویه و گندزدایی نیاز دارد و پساب تصفیه‌شده pH ۹-۶،  $BOD < 30 \text{ mg/l}$ ،  $SS < 30 \text{ mg/l}$  و کلر باقیمانده در حد  $1 \text{ mg/l}$  و کلیفرم مدفوعی کمتر از ۲۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر است [۸].

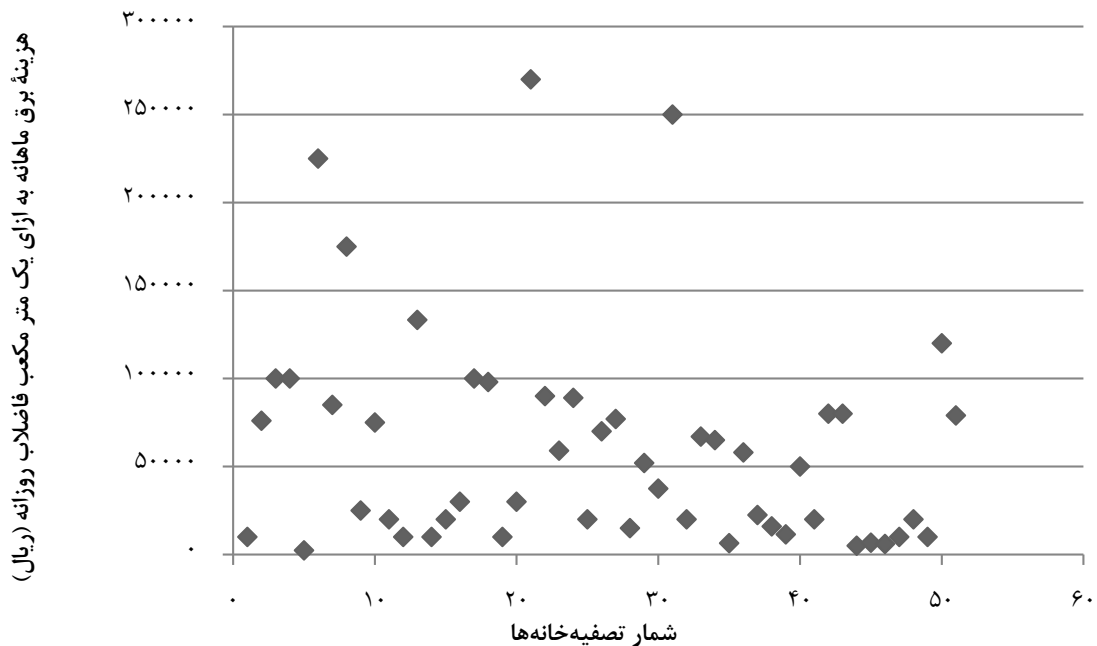
حدود ۶۴ درصد از تصفیه‌خانه‌ها از پساب‌ها در کاربری‌های کشاورزی و آبیاری استفاده می‌کنند که ممکن است عدد قابل قبولی باشد. البته به بحث استانداردهای خروجی برای استفاده پساب برای کاربری کشاورزی حتماً باید

همان‌طور که از شکل ۱ مشخص است، بیشترین فراوانی در کاربری پساب خروجی مربوط به رودخانه‌هاست؛ یعنی حدود ۳۴ درصد از تصفیه‌خانه‌های بررسی شده از پساب خروجی - که هزینه زیادی صرف رساندن آن به استانداردها می‌شود - استفاده نمی‌کنند. بیشتر تصفیه‌خانه‌هایی که پساب خروجی را وارد رودخانه‌ها می‌کنند در مناطق شمالی کشور واقع شده‌اند که به دلیل فراوانی آب به مسئله استفاده از پساب خروجی و بازیافت آن توجه عمیق نشد.

از بین تمامی موارد کاربری پساب، ۲۶ تصفیه‌خانه از پساب خروجی خود برای مصارف آبیاری استفاده می‌کنند و شش تصفیه‌خانه پساب خروجی را در مصارف کشاورزی به کار می‌برند. استفاده از پساب خروجی در مصارف آبیاری و کشاورزی می‌تواند گزینه مناسبی در مناطق خشک باشد که با کمبود آب مواجه‌اند، در صورتی که شاخص‌های کیفیت پساب خروجی برای استفاده در کشاورزی مثل نیترات و فسفر مناسب باشد. استفاده مجدد از فاضلاب برای آبیاری محصولات

در کاربری ۱۳ که از پساب خروجی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود، یک مورد فراوانی داریم. برای تخلیه فاضلاب برای تغذیه آب‌های زیرزمینی حداقل تصفیه ثانویه و گندزدایی الزامی است. کیفیت پساب تصفیه شده باید دارای  $pH 6-9$ ،  $BOD < 30 \text{ mg/l}$ ،  $SS < 30 \text{ mg/l}$  و کلر باقیمانده در حد  $1 \text{ mg/l}$  و کلیفرم مدفوعی کمتر از ۲۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر باشد [۸]. بررسی میزان هزینه مصرف انرژی الکتریکی تصفیه‌خانه‌های انتخابی نیز انجام گرفت و نتایج آن در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

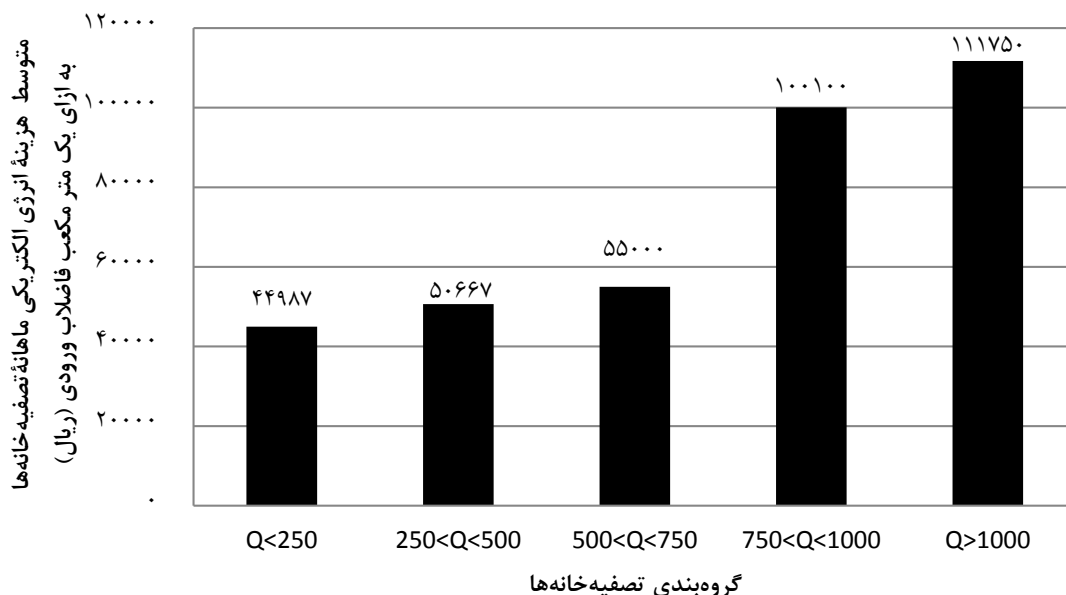
توجه عمیق شود، زیرا رعایت نکردن استانداردهای خروجی می‌تواند آسیب‌های جدی را به محیط زیست و سلامت انسان‌ها وارد کند. در کاربری ۶، همان‌طور که از شکل مشخص می‌شود، دو مورد از تصفیه‌خانه‌های پساب تصفیه شده را علاوه بر آبیاری فضای سبز برای مصارف ساختمانی نیز به کار می‌برند. برای کاربری مصارف ساختمانی حداقل تصفیه مورد نیاز باید شامل تصفیه ثانویه و گندزدایی باشد. کیفیت پساب تصفیه شده باید دارای  $pH 6-9$ ،  $BOD < 30 \text{ mg/l}$ ،  $SS < 30 \text{ mg/l}$  و کلر باقیمانده در حد  $1 \text{ mg/l}$  و کلیفرم مدفوعی کمتر از ۲۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر باشد [۸].



شکل ۲. میزان متوسط هزینه ماهانه انرژی الکتریکی مصرفی تصفیه‌خانه‌ها [۲۰]

شکل ۲ نشان می‌دهد در ۹۰ درصد از تصفیه‌خانه‌های بررسی شده میزان هزینه برق مصرفی ماهانه به ازای متر مکعب فاضلاب روزانه زیر ۱۰۰۰۰۰ ریال است. همچنین، میانگین دبی تصفیه‌خانه‌ها  $160 \text{ m}^3/\text{day}$  است؛ یعنی در صورت استفاده نکردن مجدد از پساب خروجی تصفیه‌خانه‌ها تمام این مقدار هدر می‌رود. با توجه به اینکه ایران کشوری نیمه‌خشک است و کمبود منابع آب روزبه‌روز افزایش می‌یابد و تعرفه‌های آب مصرفی نیز افزایش می‌یابد، مسئله بازیافت پساب اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. همچنین، با توجه به دبی متوسط و هزینه برق مصرفی در تصفیه‌خانه‌ها، برآورد شد به‌طور تقریبی

شکل ۲ نشان می‌دهد در ۹۰ درصد از تصفیه‌خانه‌های بررسی شده میزان هزینه برق مصرفی ماهانه به ازای متر مکعب فاضلاب روزانه زیر ۱۰۰۰۰۰ ریال است. همچنین، میانگین دبی تصفیه‌خانه‌ها  $160 \text{ m}^3/\text{day}$  است؛ یعنی در صورت استفاده نکردن مجدد از پساب خروجی تصفیه‌خانه‌ها تمام این مقدار هدر می‌رود. با توجه به اینکه ایران کشوری نیمه‌خشک است و کمبود منابع آب روزبه‌روز افزایش می‌یابد و تعرفه‌های آب مصرفی نیز افزایش می‌یابد، مسئله بازیافت پساب اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. همچنین، با توجه به دبی متوسط و هزینه برق مصرفی در تصفیه‌خانه‌ها، برآورد شد به‌طور تقریبی



شکل ۳. گروه بندی تصفیه‌خانه‌ها با توجه به دبی ورودی و هزینه انرژی الکتریکی مصرفی

هزینه انرژی الکتریکی تصفیه‌خانه‌ها با افزایش دبی ورودی به تصفیه‌خانه‌ها افزایش می‌یابد. قسمتی از این افزایش از نحوه محاسبه تعرفه انرژی الکتریکی برای مصرف‌کنندگان به دست می‌آید، زیرا تعرفه انرژی الکتریکی با افزایش مصرف به صورت مضاعف افزایش می‌یابد. همچنین، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در تصفیه‌خانه‌های بزرگ‌تر در مقایسه با تصفیه‌خانه‌های کوچک‌تر مصرف انرژی الکتریکی به ازای یک متر مکعب فاضلاب ورودی بیشتر است؛ بنابراین، با توجه به بررسی‌های انجام گرفته روی تصفیه‌خانه‌های مطالعه‌شده، نتیجه می‌گیریم موضوع استفاده مجدد از پساب خروجی تصفیه‌خانه‌ها در تصفیه‌خانه‌هایی با دبی ورودی بالا نسبت به تصفیه‌خانه‌هایی با دبی ورودی کمتر، اهمیت بیشتری دارد، زیرا هزینه‌های اعمالی به این تصفیه‌خانه‌ها برای تولید پساب خروجی مطابق با استانداردهای خروجی اعداد شایان توجهی است؛ بنابراین، علاوه بر مسائل زیست‌محیطی، مسائل اقتصادی از مهم‌ترین عوامل برای استفاده مجدد از پساب و بازیافت آن محسوب می‌شود. همچنین، مشاهده شد در اکثر تصفیه‌خانه‌ها بیش از یک کاربری برای پساب خروجی در نظر گرفته می‌شود. به این منظور، باید پساب خروجی از لحاظ استانداردهای خروجی، کیفیت مطلوب را برای هرکدام از کاربری‌های مجزا داشته باشد.

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شد، گروه اول تصفیه‌خانه‌هایی هستند که با دبی کمتر از  $250 \text{ m}^3/\text{day}$  عمل تصفیه فاضلاب را انجام می‌دهند. تعداد آن‌ها برابر با ۲۳ تصفیه‌خانه است. میزان متوسط هزینه انرژی الکتریکی ماهانه به ازای یک متر مکعب فاضلاب ورودی در این گروه برابر با ۴۴۹۸۷ ریال است. در گروه دوم، تصفیه‌خانه‌ها که دبی آن‌ها از ۲۵۰ الی  $500 \text{ m}^3/\text{day}$  است، دوازده تصفیه‌خانه را تشکیل می‌دهند. میزان متوسط هزینه انرژی الکتریکی ماهانه در این گروه برابر با ۵۰۶۶۷ ریال است. در گروه سوم، که با دبی ۵۰۰ الی  $1000 \text{ m}^3/\text{day}$  فعالیت می‌کنند، تعداد تصفیه‌خانه‌ها برابر با ۴ است، میزان متوسط هزینه انرژی الکتریکی ماهانه در این گروه ۵۵۰۰۰ ریال است. در گروه چهارم و پنجم که با دبی ۷۵۰ الی ۱۰۰۰ و بیشتر از  $1000 \text{ m}^3/\text{day}$  فعالیت می‌کنند، تعدادشان به ترتیب برابر با ۴ و ۸ تصفیه‌خانه است و به ترتیب میزان متوسط هزینه انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه به ازای یک متر مکعب فاضلاب ورودی برابر با ۱۰۰۱۰۰ و ۱۱۱،۷۵۰ ریال است که اعداد شایان توجهی هستند.

#### ۴. جمع بندی

با توجه به نتایج تحقیق، می‌توان چنین برآورد کرد که در پنج گروه مشخص شده از تصفیه‌خانه‌های شهرک‌های صنعتی میزان

## مراجع

- [۱]. معین پور، ع. (۱۳۸۵). "بررسی کمی و کیفی فاضلاب شهرک صنعتی آمل و بهینه سازی سیستم تصفیه فاضلاب آن"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
- [۲]. سعیدی، م.، خلوتی، ا.، (۱۳۸۹). "کاهش COD پساب خروجی پالایشگاه های گازی پارس جنوبی به روش انعقاد الکتریکی"، مجله آب و فاضلاب، ۴۰-۴۸.
- [۳]. خرد پشته، ز.، صالحی نجف آبادی، م. (۱۳۹۲). "کاهش آلاینده های سیانیدی آزاد از پساب صنعتی با روش نور کاتالیزوری در حضور کاتالیزور سنتز شده اکسید تیتانیوم- اکسید آلومینیوم"، مجله آب و فاضلاب، ۳، ۶۳-۷۰.
- [۴]. دریجانی، ع.، هاروی، د. (۱۳۸۷). "بررسی آلاینده های محیط زیستی پساب واحد های کشتارگاهی"، مجله علوم کشاورزی و صنایع طبیعی، ۱۵ (۱)، ۳۲-۳۹.
- [5]. Shokohi, R. (2008). "Municipality and Industrial Wastewater Treatment", 1st ed., Fanavaran Pub. Co., Tehran.
- [6]. Jantrania, AR., Gross, MA. (2004). "Advanced Onsite Wastewater Systems Technologies", Taylor & Francis, New York.
- [۷]. تاجگردون م. (۱۳۸۸). "بررسی کمی و کیفی فاضلاب شهرک صنعتی علی آباد و ارائه راهکارهایی جهت بهینه سازی سیستم تصفیه فاضلاب"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
- [۸]. تکدستان، ا.، پازوکی، م. (۱۳۸۶). "بررسی روش های مختلف استفاده مجدد از پساب فاضلاب جهت مصارف مختلف شهری و غیر شهری با توجه به درجه تصفیه فاضلاب و استاندارد های زیست محیطی"، اولین همایش سازگاری با کم آبی.
- [۹]. بوستانی، آ.، انصاری، ج. (۱۳۸۹). "بررسی فرایند اجرایی استفاده از پساب در شهر مشهد"، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، ۳۹۳-۳۹۹.
- [10]. Qadir, M. D., Wichelns, L., Raschid-Sally, P.G., McCornick, P., Drechsel, A., Bahri (2010). "The challenges of wastewater irrigation in developing countries", *Agricultural -Water Management*, 97, 561-568.
- [11]. Weizhen, L.u., Andrew, A.Y. (2003). "A Preliminary study on potential of developing shower/andrywastewater reclamation and reuse system.", *Chemosphere*, 52, 1451-1459.
- [12]. Kalavrouziotis, I.K., and Apostolopoulos, C.A. (2007). "An integrated environmental plan for the reuse oftreated wastewater effluents from WWTP in urban areas.", *Building and Environmental*, 42, 1862-1868.
- [13]. WHO. (2005). "Guideline for safe wastewater use - more than just numbers, irrigation and drainage", California, America.
- [14]. Bitton, G. (2005). "Wastewater microbiology", 3th Ed., John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 118-136.
- [15]. Palese, A.M. (2009). "Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: Effect onmicrobiological quality of soil and fruits", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129, 43-51.
- [16]. Gupta, N., Khan, D.K., Santra, S.C. (2009). "Prevalence of intestinal helminth eggs on vegetables grownin wastewater-irrigated areas of Titagarh, west Bengal, India.", *Food Control*, 12, 46-54.
- [۱۷]. درایت، ج.، الماسی، ع. (۱۳۹۲). "مقایسه کارایی سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب در حذف کیست تک یاخته و تخم انگل"، مجله آب و فاضلاب، ۱۱، ۲-۱۸.
- [۱۸]. محوی، ا.ج.، علوی نخجوان، ن. (۱۳۸۳). "بررسی راندمان حذف دترجنت ها در تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس به روش لجن فعال"، مجله دانشکده علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، ۱۰ (۲)، ۳۶-۴۱.



[۱۹]. کاکاوندی، ب.، جنیدی جعفری، ا. (۱۳۹۱). " بررسی مقایسه ای کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه های فاضلاب صاحبقرانیه، اکباتان و جنوب شهر تهران"، مجله تحقیقات نظام سلامت، سال هشتم، شماره ۴، ۷۰۶-۷۱۳.

[20]. Kihila, J., Mtei, K. M., Njau, K. N. (2014). " Wastewater treatment for reuse in urban agriculture; the case of Moshi Municipality, Tanzania", Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C., 72-75, 104-110

[۲۱]. سازمان صنایع کوچک و شرکت شهرک های صنعتی ایران، "بانک اطلاعات تصفیه خانه های فاضلاب شهرک های صنعتی"

[۲۲]. سازمان برنامه و بودجه، (۱۳۷۱). "استاندارد آب آشامیدنی"، نشریه ۱۱۶-۳، وزارت نیرو، ص ۵