University of Qom
Water Resources and Climate Change
Online ISSN: 3092-6769
https://wrcc.qom.ac.ir/

Integrated feasibility analysis of sustainable applications of treated industrial wastewater

Emad Kahrizi[1]

1. Corresponding Author, Department of Civil Engineering, Faculty of Technical and Engineering, University of Ayatollah Boroujerdi, Boroujerd, Iran. E-mail: Emad.kahrizi@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 01 Oct 2025
Revised 11 Dec 2025
Accepted 18 Dec 2025
Published 26 Dec 2025

Keywords:
Wastewater Quality Parameters,
Treated Industrial Wastewater,
Infiltration Wells,
Water Resources,
Green Space Irrigation.

ABSTRACT

Objective: The utilization of unconventional water resources, particularly treated industrial wastewater, has been increasingly recognized as a sustainable and effective approach to alleviating water stress and enhancing integrated water resource management. In this study, the feasibility of reusing effluent from the Jahanabad Industrial Complex wastewater treatment plant (Meybod, Yazd Province, Iran) was evaluated across four major applications: agricultural irrigation, urban landscape irrigation, discharge into surface waters, and infiltration wells.

Method: To this end, a six-month monitoring program was conducted, during which key physicochemical and biological parameters-including Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand over five days (BOD_5), pH, temperature (T), Dissolved Oxygen (DO), Chloride (Cl), Total Suspended Solids (TSS), and Electrical Conductivity (EC)-were measured and compared against the permissible limits defined by national standards for each intended use.

Results: The findings revealed that several parameters, such as BOD, COD, TSS, and pH, generally complied with national thresholds, indicating potential suitability for certain reuse applications. However, elevated EC values and insufficient DO concentrations imposed significant constraints, particularly for discharge into surface waters.

Conclusion: Overall, the analysis identified agricultural irrigation as the most appropriate and practical reuse option for the treated effluent. Nevertheless, the results underscore the need to upgrade treatment processes and enhance system performance to consistently achieve safe and sustainable effluent quality, particularly to safeguard public health and protect the environment.

Cite this article: Kahrizi E. Integrated feasibility analysis of sustainable applications of treated industrial wastewater. Water Resources and Climate Change. (2025); 1(4): 33-40. https://doi.org/10.22091/wrcc.2025.14731.1027.

Publisher: University of Qom.
© The Author(s) retain the copyright.

DOI: https://doi.org/10.22091/wrcc.2025.14731.1027

Introduction

Climate change, rapid population growth, urban expansion, and intensified industrial and agricultural activities have reshaped water-use patterns and placed increasing pressure on limited freshwater resources, particularly in arid and semi-arid regions. In many such areas, the widening gap between water availability and demand highlights both the severity of the water crisis and the constraints of existing water-management infrastructure. Projections indicate that this imbalance will continue to grow if current extraction trends persist.

To address these pressures, non-conventional water sources-especially treated municipal and industrial wastewater-have gained attention as viable and sustainable alternatives. When adequately treated, such effluents can support applications including agricultural irrigation and landscape maintenance, thereby conserving high-quality freshwater for domestic and drinking purposes.

Although municipal wastewater reuse is now widely practiced, industrial effluents require more stringent evaluation due to potentially hazardous constituents such as heavy metals and pathogenic microorganisms. Ensuring safe reuse, therefore, demands continuous monitoring of effluent quality and periodic assessment of treatment performance, with system upgrades implemented whenever standards are not met.

This study examines the treated effluent discharged from the wastewater treatment plant of the Jahan-Abad Industrial Park in Meybod, Yazd Province, Iran, to evaluate its suitability for safe and sustainable reuse and identify measures to enhance treatment efficiency where needed.

Method

This study employed an analytical–descriptive approach. Over a six-month monitoring period, key effluent parameters-Chemical Oxygen Demand (COD), five-day Biochemical Oxygen Demand (BOD_5), pH, temperature (T), dissolved oxygen (DO), chloride (Cl), total suspended solids (TSS), and electrical conductivity (EC)-were measured at the final discharge point of the wastewater treatment plant serving the Jahanabad Industrial Park in Meybod (Yazd Province). The recorded values were compared with nationally established standards for four intended uses: agricultural irrigation, landscape irrigation, discharge to surface waters, and infiltration through absorption wells. This comparison enabled assessment of both treatment performance and the effluent's suitability for safe reuse.

The treatment facility, located in an arid to semi-arid region, consists of a primary stage (screening, grit removal, and aeration) followed by secondary treatment based on the activated-sludge process, supplemented by supporting units to improve effluent stability. The system aims to reduce organic and inorganic pollutants to levels compatible with multiple reuse pathways.

The updated results indicate that chloride concentrations fall within acceptable limits for agricultural use, though additional management is advisable for salt-sensitive crops. EC values reflect moderate salinity, highlighting the need for periodic soil monitoring to prevent long-term salt accumulation. BOD_5 and COD levels demonstrate effective removal of organic matter, placing the effluent within suitable ranges for both agricultural and landscape irrigation. DO concentrations are adequate to avoid downstream anaerobic conditions, and TSS levels meet criteria for discharge to surface waters and infiltration systems, confirming efficient solids removal. The near-neutral pH and locally consistent temperature further support compatibility with various reuse applications. Overall, the findings confirm that the treated effluent is suitable for agricultural and green-space irrigation as well as discharge to surface waters and absorption wells, provided that chloride and salinity are managed to avoid impacts on sensitive vegetation.

Results

The evaluation of treated effluent from the Jahanabad Industrial Park wastewater treatment plant indicates that its suitability varies across different reuse applications. For surface-water discharge and infiltration wells, chloride and pH meet regulatory limits, but BOD_5, COD, DO, and TSS exceed acceptable thresholds, suggesting that further treatment is necessary to reduce organic load and enhance dissolved oxygen.

In agricultural irrigation, most parameters—including chloride, pH, temperature, BOD_5, COD, and TSS—fall within acceptable limits, while elevated EC and insufficient DO may increase soil salinity and limit oxygen availability, potentially affecting plant health. Additional monitoring of fecal coliforms is also recommended before large-scale reuse.

For landscape irrigation, chloride, pH, DO, COD, and temperature comply with guidelines, whereas BOD_5 and TSS exceed limits, posing risks of organic and suspended-solid accumulation in soils.

Overall, chloride and pH remain within permissible ranges for all four reuse scenarios. COD and BOD_5 surpass limits only for surface-water discharge and infiltration, while EC, BOD_5, and TSS require improvement for green-space irrigation. These findings highlight the need for targeted treatment enhancements to reduce organic load, manage salinity, and improve oxygen levels, ensuring safe and sustainable effluent reuse.

Conclusion

The quality assessment of the effluent from the Jahanabad Industrial Park treatment plant in Meybod indicates that agricultural irrigation is the most compatible reuse option, as a larger number of parameters fall within acceptable limits compared with other applications. Landscape irrigation ranks next, while discharge to surface waters and infiltration wells show lower compliance and are therefore less suitable.

To improve effluent quality and strengthen the treatment system, currently based on the activated-sludge process-the use of a trickling filter is recommended as an effective complementary unit. This biological method employs layered media that support aerobic microbial growth, enabling efficient reduction of organic pollutants as wastewater passes through the filter bed.

The trickling filter offers high treatment efficiency, relatively low operational costs, and strong potential as a pretreatment step in industrial and municipal systems. Its incorporation can substantially decrease key parameters such as BOD, COD, and TSS, thereby enhancing the reliability and safety of effluent reuse across various applications.

Declarations

Ethical Approval

The paper is not currently being considered for publication elsewhere. All authors have been personally and actively involved in substantial work leading to the paper, and will take public responsibility for its content.

Competing interests

Conflict of Interest – None

Availability of data and materials

Data will be made available on the request.

Authors Contributions

Emad Kahrizi performed the calculations, approved the analytical methods, supervised the findings of this work, discussed the results, and contributed to the final version of the paper.

Acknowledgements

The author would like to thank all participants in the present study.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

منابع آب و تغییر اقلیم
دانشگاه قم
شاپای الکترونیکی: ۶۷۶۹ ۳۰۹۲
https://wrcc.qom.ac.ir/

تحلیل یکپارچه امکان‌سنجی کاربردهای پایدار فاضلاب صنعتی تصفیه‌شده

عماد کهریزی[1]✉

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آیت‌الله العظمی بروجردی (ره)، بروجرد، ایران. رایانامه: Emad.Kahrizi@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۵

کلیدواژه‌ها:
پارامترهای کیفی فاضلاب،
فاضلاب صنعتی تصفیه‌شده،
چاه‌های جاذب،
منابع آب،
آبیاری فضای سبز.

چکیده

هدف: بهره‌گیری از منابع غیرمتعارف آب، به‌ویژه پساب‌های صنعتی تصفیه‌شده، به‌عنوان رویکردی پایدار و کارآمد برای کاهش تنش‌های آبی و ارتقای مدیریت منابع آب مطرح می‌شود. در این پژوهش، امکان‌سنجی استفاده از پساب تصفیه‌شده شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد (استان یزد) در چهار کاربری اصلی شامل کشاورزی، آبیاری فضای سبز شهری، تخلیه به آب‌های سطحی و تزریق به چاه‌های جاذب مورد بررسی قرار گرفت.

روش: برای این منظور، طی یک دوره پایش شش‌ماهه، شاخص‌های کیفی کلیدی شامل اکسیژن‌خواهی شیمیایی[2] (COD)، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی[3] در پنج روز (BOD5)، خاصیت اسیدی[4] (pH)، دما[5] (T)، اکسیژن محلول[6] (DO)، کلرید[7] (Cl)، مجموع مواد جامد معلق[8] (TSS) و هدایت الکتریکی[9] (EC) اندازه‌گیری و با حدود مجاز استانداردهای ملی مرتبط با هر کاربری مقایسه شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان دادند که بخش قابل توجهی از پارامترها نظیر BOD، COD، TSS و pH در محدوده استانداردهای ملی قرار داشته و از نظر کیفی قابلیت استفاده در برخی کاربری‌ها را دارند. با این حال، مقادیر بالای هدایت الکتریکی و پایین بودن سطح اکسیژن محلول، محدودیت‌هایی برای برخی مصارف به‌ویژه تخلیه به آب‌های سطحی ایجاد می‌کند.

نتیجه‌گیری: تحلیل نهایی بیانگر آن است که کاربری کشاورزی، مناسب‌ترین گزینه برای بهره‌برداری از پساب موجود محسوب می‌شود. با وجود این، ارتقای فرآیندهای تصفیه و بهبود عملکرد سامانه برای دست‌یابی به کیفیت پایدار و ایمن، به‌ویژه در راستای حفاظت از سلامت عمومی و محیط‌زیست، ضروری به‌نظر می‌رسد.

استناد: کهریزی عماد. تحلیل یکپارچه امکان‌سنجی کاربردهای پایدار فاضلاب صنعتی تصفیه‌شده. *منابع آب و تغییر اقلیم*. ۱۴۰۴؛ ۱(۴): ۳۳-۴۰.
http//doi.org/10.22091/wrcc.2025.14731.1027

[2]- Chemical Oxygen Demand
[3]- Biochemical Oxygen Demand
[4]- Potential of Hydrogen
[5]- Temperature
[6]- Dissolved Oxygen
[7]- Chloride
[8]- Total Suspended Solids
[9]- Electrical Conductivity

ناشر: دانشگاه قم.
© نویسندگان.
شناسه دیجیتال: https://doi.org/10.22091/wrcc.2025.14731.1027

۱- مقدمه

تغییرات اقلیمی، رشد سریع جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، الگوی مصرف آب را به‌طور چشمگیری دگرگون ساخته و فشار مضاعفی بر منابع محدود آب وارد کرده است؛ به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که ظرفیت طبیعی آن‌ها برای تأمین آب بسیار محدود است [۱ و ۲]. براساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد [۳]، منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا با وجود آن‌که میزبان حدود شش درصد جمعیت جهان است، کم‌تر از دو درصد منابع آب تجدیدپذیر را در اختیار دارد. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که اگر روند برداشت بی‌رویه از منابع آبی ادامه یابد، تا سال ۲۰۳۰ شکاف میان عرضه و تقاضا به حدود ۴۰ درصد خواهد رسید [۴]. این وضعیت نه‌تنها بیانگر شدت بحران آب است، بلکه نشان می‌دهد ظرفیت ذخیره‌سازی و مدیریت منابع موجود نیز در بسیاری از بخش‌های مصرف‌کننده ناکافی است.

یکی از راه‌کارهای مطرح برای مقابله با این چالش، بهره‌گیری از منابع آب غیرمتعارف هم‌چون فاضلاب و پساب تصفیه‌شده است [۵]. در صورتی که کیفیت این منابع با استانداردها و دستورالعمل‌های زیست‌محیطی و فنی مطابقت داشته باشد، می‌توان آن‌ها را در بخش‌هایی مانند آبیاری کشاورزی و فضای سبز به‌کار گرفت و از آب شیرین برای مصارف حیاتی نظیر آشامیدن محافظت کرد [۶]. نتایج پژوهش‌های داخلی نیز این موضوع را تأیید کرده‌اند؛ به‌طور مثال، شهیدی و مرادی‌کشکولی گزارش کردند که استفاده از پساب تصفیه‌شده در اراضی کشاورزی موجب بهبود ویژگی‌هایی مانند هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش کربن آلی و کاهش PH شد، هرچند در بلندمدت تجمع فلزات سنگین در خاک مشاهده گردید [۷]. هم‌چنین منصوری‌یکتا و دهان‌زاده در بررسی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر ایوان نشان دادند که شاخص‌های کیفی نظیر TSS، COD، BOD_5 و غلظت فلزات سنگین شامل کادمیوم، مس و سرب در محدوده استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران قرار داشت و بنابراین پساب خروجی قابلیت استفاده در بخش کشاورزی را دارا بود [۸].

بررسی‌های حاتمی و همکاران بر روی پساب خروجی تصفیه‌خانه شهری بجنورد نشان داد که هرچند غلظت بیش‌تر آلاینده‌ها با حدود استانداردهای زیست‌محیطی مطابقت داشت، اما میزان یون کلراید در سطحی قرار داشت که برای بسیاری از گونه‌های گیاهی نامناسب تلقی می‌شود [۹]. در مطالعه‌ای دیگر، ویلامار[9] و همکاران در کشور شیلی به ارزیابی کاربری پساب شهری پرداختند و نتایج حاکی از آن بود که این نوع پساب قابلیت استفاده در آبیاری مراتع، کشت غلات و حتی جنگل‌ها را دارد [۱۰].

از سوی دیگر، پژوهش سجادی و پرداختی در مزارع ورامین نشان داد که کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری سبب افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک می‌شود. حضور عناصر خطرناکی مانند کادمیم، کروم و نیکل علاوه‌بر آلودگی خاک، موجب بروز ناهنجاری‌هایی نظیر تشکیل غده در ریشه گیاهان گردید. این یافته‌ها ضرورت اجرای اقدامات اصلاحی هم‌چون کاهش اسیدیته خاک، استفاده از روش‌های جذب سطحی و هم‌رسوبی را برای کاهش ورود فلزات سنگین به گیاهان برجسته می‌سازد [۱۱].

هم‌چنین، مطالعه خدابخشی و همکاران بر روی پساب تصفیه‌خانه شهری بروجن نشان داد که شاخص‌های کیفی نظیر BOD_5، COD و TDS در محدوده‌های مجاز تعیین‌شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران و FAO قرار دارند و بنابراین امکان استفاده از این پساب در بخش کشاورزی فراهم است [۱۲].

مطالعات پیشین نشان می‌دهند که بهره‌گیری از پساب و فاضلاب تصفیه‌شده شهری در بسیاری از کشورها به‌عنوان راه‌کاری رایج برای جبران کمبود منابع آب مطرح بوده است. با این حال، استفاده از پساب صنعتی به‌دلیل وجود آلاینده‌ها و عوامل بیماری‌زا با خطرات بیش‌تری

[9]- Villamar

همراه است. ترکیباتی مانند فلزات سنگین (مس و سرب) و میکروارگانیسم‌های شاخص نظیر کلیفرم‌های مدفوعی، در صورت باقی‌ماندن در پساب و ورود به محیط زیست، می توانند تهدید جدی برای سلامت انسان و زیست‌بوم ایجاد کنند [۱۳].

از این‌رو، پایش مستمر کیفیت پساب خروجی و ارزیابی عملکرد سامانه‌های تصفیه فاضلاب ضرورت دارد تا اطمینان حاصل شود که فرآیند تصفیه همواره در سطح مطلوب انجام می‌شود. در مواردی که کیفیت پساب با استانداردهای مورد انتظار فاصله دارد، باید اقدامات اصلاحی و ارتقایی متناسب با اهداف مصرف پساب و با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و فنی به‌کار گرفته شود.

در پژوهش حاضر، کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد (استان یزد) مورد بررسی قرار گرفته است. نوآوری و تمایز اصلی این مطالعه در رویکرد یکپارچه و تطبیقی آن است؛ به این صورت که برای نخستین بار در این منطقه، قابلیت استفاده مجدد از یک پساب صنعتی تصفیه‌شده به‌طور هم‌زمان در چهار سناریوی کشاورزی، فضای سبز شهری، تخلیه به آب‌های سطحی و تغذیه چاه‌های جاذب، با استناد به استانداردهای ملی و براساس پایش میدانی شش‌ماهه، مورد مقایسه و اولویت‌بندی قرار می‌گیرد. هدف نهایی، نه‌تنها ارزیابی امکان‌سنجی، بلکه تعیین مناسب‌ترین گزینه کاربردی برمبنای تحلیل چندمعیاره پارامترهای کیفی و ارائه راه کارهای اصلاحی هدفمند (مانند پیشنهاد صافی چکنده) برای دست‌یابی به پایداری در مدیریت این منبع آب غیرمتعارف است.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش با رویکرد تحلیلی-توصیفی طراحی و اجرا گردید. در گام نخست، داده‌های مربوط به شاخص‌های کیفی پساب شامل: (۱) COD، (۲) BOD_5، (۳) pH، (۴) T، (۵) DO، (۶) Cl، (۷) TSS و (۸) EC طی یک دوره شش‌ماهه از خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد (استان یزد) گردآوری شد.

در مرحله بعد، مقادیر به‌دست‌آمده با حدود مجاز تعیین‌شده در سه مرجع اصلی مقایسه گردید: نخست، نشریه شماره ۵۳۵ با عنوان «ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های بازگشتی و پساب‌ها» [۱۴]؛ دوم، مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست ایران که توسط دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت محیط زیست تدوین شده است [۱۵]؛ و سوم، دستورالعمل استانداردهای خروجی فاضلاب مندرج در ماده پنج آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب [۱۶].

این مقایسه با هدف بررسی امکان بهره‌برداری از پساب در چهار کاربری اصلی شامل تخلیه به آب‌های سطحی، دفع در چاه‌های جاذب، آبیاری فضای سبز و استفاده در کشاورزی انجام شد. در نهایت، نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها مبنای ارزیابی کارایی سامانه تصفیه و تعیین میزان انطباق کیفیت پساب با استانداردهای ملی و بین‌المللی قرار گرفت.

۳- مورد مطالعاتی

پساب خروجی شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد (استان یزد) برای چهار کاربری اصلی شامل کشاورزی، آبیاری فضای سبز، تخلیه به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است.

این شهرک صنعتی با توجه به موقعیت جغرافیایی در ناحیه‌ای خشک و نیمه‌خشک، با مشکل کم‌آبی مواجه بوده و مدیریت پساب آن اهمیت ویژه‌ای دارد.

این تصفیه‌خانه دارای دو مرحله اصلی تصفیه است:

- تصفیه اولیه: شامل واحدهای آشغال‌گیری، دانه‌گیری و هوادهی.
- تصفیه ثانویه: مبتنی‌بر فرآیند لجن فعال و واحدهای تکمیلی برای ارتقاء کیفیت پساب.

هدف از طراحی این سامانه، کاهش آلاینده‌های آلی و معدنی و فراهم‌سازی امکان استفاده مجدد از پساب در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده است.

جدول ۱- مقادیر پارامترهای کیفی پساب خروجی تصفیه‌خانه جهان‌آباد میبد طی شش ماه

Table 1. Values of effluent quality parameters from the Jahanabad wastewater treatment plant in Meybod over a six-month period

Row	Pollutant Name	Unit	Output Rate
1	Cl	Mg/l	0.25
2	EC	µSiemens/cm	5120
3	BOD_5	Mg/l	32.40
4	COD	Mg/l	48.70
5	DO	Mg/l	6.90
6	TSS	Mg/l	21.15
7	pH	-	7.65
8	T	°C	26.8

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهند که Cl در محدوده‌ای نزدیک به استانداردهای کشاورزی، اما برای برخی گیاهان حساس نیازمند کنترل بیش‌تر است. EC نشان‌دهنده شوری نسبی پساب است که در استفاده برای آبیاری باید مدیریت شود. مقادیر BOD_5 و COD نشان‌دهنده کاهش بار آلی پساب پس از تصفیه هستند و در محدوده قابل قبول برای استفاده در فضای سبز و کشاورزی قرار دارند. DO در سطحی مناسب برای جلوگیری از شرایط بی‌هوازی است. TSS در حد مجاز برای تخلیه به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب قرار دارد. pH نزدیک به محدوده خنثی و مناسب برای اغلب کاربری‌ها است. T متناسب با شرایط اقلیمی منطقه و بدون اثر منفی جدی بر کاربری‌های کشاورزی است. نتایج نشان می‌دهند که پساب خروجی تصفیه‌خانه جهان‌آباد میبد، پس از طی مراحل تصفیه، قابلیت استفاده در چهار کاربری اصلی شامل کشاورزی، آبیاری فضای سبز، تخلیه به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب را دارد. با این حال، کنترل دقیق یون کلراید و هدایت الکتریکی برای جلوگیری از آسیب به گیاهان حساس ضروری است.

۴- نتایج

در این بخش، نتایج حاصل از پژوهش حاضر ارائه می‌شود.

۴-۱- مقایسه کیفیت پساب تصفیه‌شده با حدود مجاز تخلیه به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب

به‌منظور ارزیابی امکان تخلیه پساب تصفیه‌شده به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب، شاخص‌های کیفی خروجی تصفیه‌خانه با حدود مجاز تعیین‌شده در ماده پنج آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب مقایسه گردید. نتایج این بررسی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مقایسه شاخص‌های کیفی پساب خروجی با استانداردهای تخلیه به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب

Table 2. Comparative analysis of effluent quality indices against discharge standards for surface waters and infiltration wells

Type of pollutant	Amount of pollutant in the outlet	Permission limit for surface water	Permission limit for infiltration wells
Cl	0.202	600 (Note 2)	600 (Note 1)
BOD_5	33.37	32 (temporarily 50)	30 (temporarily 50)
COD	64.53	53 (temporarily 100)	60 (temporarily 100)
DO	2.68	-	2
TSS	19.46	19 (temporarily 60)	40 (temporarily 60)
pH	7.47	7.47	5.6-5.9

مطابق داده‌های جدول ۲، غلظت کلرید و میزان pH در محدوده استاندارد برای تخلیه به چاه‌های جاذب قرار دارد، در حالی که مقادیر BOD_5، COD، DO و TSS از حدود مجاز فراتر رفته‌اند. در خصوص تخلیه به آب‌های سطحی نیز تنها پارامترهای کلرید و pH با استانداردها انطباق دارند، اما مقادیر BOD_5 و COD اندکی بالاتر از حد تعیین‌شده هستند.

این نتایج نشان می‌دهد که کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه برای تخلیه مستقیم به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب به‌طور کامل مناسب نیست و ارتقاء عملکرد سامانه تصفیه، به‌ویژه در کاهش بار آلی و بهبود اکسیژن محلول، ضروری است.

۴-۲- ارزیابی تطابق شاخص‌های کیفی پساب با استانداردهای کشاورزی

برای بررسی قابلیت استفاده از پساب تصفیه‌شده در بخش کشاورزی، مقادیر شاخص‌های کیفی خروجی تصفیه‌خانه با استانداردهای تعیین‌شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران (IRNDOE) مورد مقایسه قرار گرفت. این مقایسه با هدف سنجش انطباق کیفیت پساب با الزامات زیست‌محیطی و کشاورزی انجام شد و نتایج آن در جدول ۳ نمایش داده شده است.

جدول ۳- مقایسه مقادیر پارامترهای کیفی با حد مجاز استاندارد برای مصرف فاضلاب تصفیه‌شده در بخش کشاورزی

Table 3. Comparison of effluent quality parameters with standard permissible limits for agricultural reuse

Parameter	Measured Value	Agricultural Standard Limit	Analytical Status
EC (Electrical Conductivity)	5995.4 µmho/cm	< 3000 µmho/cm	Above permissible limit
BOD (Biochemical Oxygen Demand)	33.37 mg/L	< 40 mg/L	Within the permissible limit
COD (Chemical Oxygen Demand)	64.53 mg/L	< 100 mg/L	Within the permissible limit
DO (Dissolved Oxygen)	2.98 mg/L	> 5 mg/L	Below the permissible limit
TSS (Total Suspended Solids)	24.56 mg/L	< 50 mg/L	Within the permissible limit
pH	7.47	6.5 – 8.5	Within permissible range
FC (Fecal Coliform)	-	< 1000 MPN/100mL	Undetermined

براساس داده‌های ارائه‌شده در جدول ۳، غلظت آلاینده‌هایی نظیر کلرید (Cl)، اسیدیته (pH)، دما (T)، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD5)، اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) و مواد جامد معلق (TSS) در پساب خروجی، پایین‌تر از حدود مجاز استانداردهای کشاورزی قرار دارد و از این نظر مشکلی برای استفاده در آبیاری اراضی کشاورزی ایجاد نمی‌کند.

با این حال، دو پارامتر مهم DO و EC از محدوده مجاز فراتر رفته‌اند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده کاهش کیفیت اکسیژن‌رسانی به خاک و افزایش شوری باشد که در صورت عدم‌کنترل، ممکن است بر سلامت گیاهان و ساختار خاک اثر منفی بگذارد. بنابراین، به‌منظور بهره‌برداری ایمن از پساب در کشاورزی، اصلاح این دو شاخص در فرآیند تصفیه ضروری به‌نظر می‌رسد.

بررسی‌ها نشان دادند که شاخص‌های BOD، COD، TSS، pH در محدوده مجاز قرار دارند و برای استفاده در آبیاری کشاورزی مناسب هستند. هم‌چنین، هدایت الکتریکی (EC) و اکسیژن محلول (DO) از حد مجاز فراتر رفته‌اند و ممکن است موجب افزایش شوری خاک و کاهش اکسیژن‌رسانی به گیاهان شوند. هم‌چنین، داده‌ای برای کلیفرم کل (FC) در دسترس نیست و نیازمند بررسی تکمیلی است.

۴-۳- ارزیابی تطابق شاخص‌های کیفی پساب با استانداردهای آبیاری فضای سبز

برای بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه‌شده در آبیاری فضای سبز، مقادیر شاخص‌های کیفی خروجی تصفیه‌خانه شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد با حدود مجاز مندرج در نشریه ۵۳۵ با عنوان «ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های بازگشتی و پساب‌ها» مقایسه گردید. نتایج این ارزیابی در جدول ۴ نمایش داده شده است.

براساس داده‌های ارائه‌شده، غلظت آلاینده‌هایی نظیر Cl، pH، DO، COD و T در محدوده مجاز استانداردهای

آبیاری فضای سبز قرار دارند و از این نظر مشکلی برای استفاده در فضای سبز شهری ایجاد نمی‌کنند. در مقابل، دو پارامتر مهم یعنی اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD_5) و مواد جامد معلق (TSS) از حد مجاز فراتر رفته‌اند که می تواند منجر به تجمع مواد آلی و ذرات معلق در خاک و اختلال در سلامت گیاهان شود.

نتایج کلی حاصل از پایش کیفی پساب نشان می‌دهد که پارامترهای کلرید و pH در تمامی چهار کاربری اصلی شامل تخلیه به آب‌های سطحی، چاه‌های جاذب، کشاورزی و آبیاری فضای سبز در محدوده مجاز قرار دارند. هم‌چنین، مقادیر COD و BOD_5 در تخلیه به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب اندکی بالاتر از حد استاندارد هستند، اما با بهبود عملکرد سامانه تصفیه، این مقادیر قابل اصلاح و کنترل خواهند بود.

جدول ۴- مقایسه پارامترهای کیفی پساب با استانداردهای آبیاری فضای سبز (براساس نشریه ۵۳۵)

Table 4. Comparison of effluent quality parameters with urban landscape irrigation standards (based on Publication No. 535)

Type of pollutant	Measured Value	Standard Permissible Limits for Urban Landscape Irrigation	Compliance status
Cl	0.202 mg/L	< 250 mg/L	Permissible
EC	5995.4 µS/cm	< 3000 µS/cm	Above permissible limit
BOD5	33.37 mg/L	< 20 mg/L	Above ppermissible limit
COD	64.53 mg/L	< 100 mg/L	Permissible
DO	2.68 mg/L	> 2 mg/L	Permissible
TSS	19.46 mg/L	< 10 mg/L	Above permissible limit
pH	7.47	6.5 – 8.5	Permissible
T	27.8℃	< 35℃	Permissible

همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، پارامترهای Cl، COD، DO، pH و دما در محدوده مجاز قرار دارند و برای آبیاری فضای سبز مناسب هستند. هم چنین، هدایت الکتریکی (EC)، BOD_5 و TSS از حد مجاز فراتر رفته‌اند و نیازمند اصلاح در فرآیند تصفیه هستند تا از آسیب به گیاهان و خاک جلوگیری شود.

۵- نتیجه‌گیری

بر اساس پایش کیفی انجام‌شده، کیفیت پساب تصفیه‌شده شهرک صنعتی جهان‌آباد میبد برای چهار کاربری اصلی مورد بررسی قرار گرفت.

مقایسه پارامترهای BOD_5، COD، TSS و pH با استانداردهای ملی نشان داد که کاربری کشاورزی، مناسب‌ترین و عملی‌ترین گزینه برای استفاده مجدد از این منبع آب غیرمتعارف است. این یافته با نتایج تحقیقات مشابه در دیگر نقاط ایران هم‌خوانی دارد. به‌عنوان مثال، مطالعه منصوری‌یکتا و دهان‌زاده بر روی پساب شهری ایوان و پژوهش خدابخ‌شی و همکاران در بروجن نیز تأیید کرده‌اند که با رعایت استانداردهای کیفی، پساب تصفیه‌شده قابلیت کاربرد ایمن در بخش کشاورزی را دارد [۸ و ۱۲].

با این حال، چالش‌های اصلی برای دست‌یابی به کیفیت پایدار، مقادیر بالای EC و پایین‌بودن غلظت DO تشخیص داده شد. این محدودیت‌ها، به‌ویژه امکان تخلیه به آب‌های سطحی را با مشکل مواجه می سازد. برای رفع این موانع و ارتقای قابلیت اطمینان سامانه، بهبود فرآیندهای تصفیه ضروری است.

در این راستا، افزودن یک واحد صافی چکنده به عنوان مرحله تکمیلی برای فرآیند لجن فعال موجود پیشنهاد می‌شود. این راه‌کار که در مطالعه رحیمی و بشارت نیز به‌عنوان یک ابزار مؤثر در مدیریت زیست‌محیطی تصفیه‌خانه‌ها برشمرده شده است، می‌تواند با کاهش کارآمد بار آلی و مواد معلق، گام مؤثری در جهت

استفاده پایدار از پساب و حفظ سلامت محیط‌زیست بردارد [۵].

در نهایت، با توجه به بازخوردهای مطالعات پیشین مانند پژوهش حاتمی و همکاران که بر مدیریت کیفیت برای گیاهان حساس تأکید داشت [۹]، پیشنهاد می‌شود علاوه‌بر ارتقای فنی، پایش مستمر خاک و انتخاب گونه‌های گیاهی متحمل به شوری نیز در دستورکار قرار گیرد تا از پایداری بلندمدت این طرح اطمینان حاصل شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسنده اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده و این موضوع مورد تأیید ایشان است.

مشارکت نویسندگان

عماد کهریزی محاسبات را انجام داد، روش‌های تحلیلی را تایید کرد، بر یافته‌های این پژوهش نظارت داشت، نتایج را بحث نمود و در نسخه نهایی مقاله مشارکت داشت.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسنده این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک هزینه خاصی دریافت نکرده است.

سپاسگزاری

از داوران محترم به‌خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

References

[1] Khanpae M, Karami E, Maleksaeidi H, Keshavarz M. Farmers' attitude towards using treated wastewater for irrigation: The question of sustainability. Journal of Cleaner Production. 2020 Jan; 243: 118541. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118541.

[2] AmelSadeghi M. Prioritization of sustainable operation strategies for water treatment plants using SWARA and WASPAS methods. Water Resources and Climate Change. (2025); 1(3): 51-62. https://doi.org/10.22091/wrcc.2025.13767.1021 [In Persian].

[3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). AQUASTAT: FAO's global water information system [Internet]. Rome: FAO; 2016 [cited 2025 Nov 29]. Available from: https://www.fao.org/aquastat/en/

[4] Yang CC, Yeh CH, Ho CC. Systematic quantitative risk analysis of water shortage mitigation projects considering climate change. Water Resources Management. 2015; 29(11): 1067-1081. https://doi.org/10.1007/s11269-014-0861-2.

[5] Rahimi M, Besharat S. Environmental Management of Wastewater Treatment Plants Using SWOT Analysis. Water Resources and Climate Change. (2025); 1(2): 29-39. https://doi.org/10.22091/wrcc.2025.12951.1014 [In Persian].

[6] Mateus A, Torres J, Marimon-Bolivar W, Pulgarín L. Implementation of magnetic bentonite in food industry wastewater treatment for reuse in agricultural irrigation. Water Resources and Industry. 2021 Dec; 26: 100154. https://doi.org/10.1016/j.wri.2021.100154.

[7] Shahidi A, Moradi Keshkooli Sh. Investigation of the effects of treated wastewater and sewage sludge on soil properties. In: Second National Conference on Water Crisis (Climate Change, Water and Environment); 2014 Sep 9-10; Shahrekord, Iran. Shahrekord University. [In Persian].

[8] Mansouri-Yekta R, Dehanzadeh B. Evaluation of the quality of effluent from the wastewater treatment plant of Eyvan city for reuse in agriculture. In: 2nd National Conference on Environmental Health, Public Health and Sustainable Environment; 2015 Jun 11; Iran. [In Persian].

[9] Hatami T, Nadali A, Roshanaei G, Shokoohi R. Feasibility of reuse of effluent from the extended aeration process of wastewater treatment plant in the Bojnoord City for agricultural and irrigation uses. Pajouhan Science Journal. 2018; 16(3): 20-28. http://psj.umsha.ac.ir/article-1-319-fa.html [In Persian].

[10] Villamar C-A, Vera-Puerto I, Rivera D, De la Hoz F. Reuse and recycling of livestock and municipal wastewater in Chilean agriculture: A preliminary assessment. Water. 2018; 10(6): 817.

[11] Sajadi S, Pardakhti A. Evaluation of treated wastewater reuse for agriculture: case study of South Tehran treatment plant. Proceedings of the 3rd Iran Water and Wastewater Science and Engineering Congress; 2020 Nov 24-26; Shiraz, Iran. Shiraz University [In Persian].

[12] Khodabakhshi A, Mohammadi-Moghadam F, Motaghi K, Bagherzadeh F. Investigating the feasibility of reuse of effluent from wastewater treatment plant in Borujen City, Iran, for agricultural and irrigation uses. Journal of Health System Research. 2022; 18 (1): 66-74 [In Persian].

[13] Breida M, Alami Younssi S, Ouammou M, Bouhria M, Hafsi M. Pollution of water sources from agricultural and industrial effluents: special attention to $NO3^{-}$, Cr(VI), and Cu(II). In: IntechOpen, editor. Water Chemistry. London: IntechOpen; 2020. https://doi.org/10.5772/intechopen.86921.

[14] Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision. Publication No. 535: Environmental regulations for reuse of return flows and wastewater [Internet]. 2010. Available from: https://bpms.mporg.ir/ [In Persian].

[15] Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision. Regulation No. 675: Guidelines for planning, management, and tariff determination of wastewater treatment plant effluents for reuse [Internet]. 2015. Available from: https://bpms.mporg.ir/ [In Persian].

[16] Water and Wastewater Company. Guidelines for effluent discharge standards pursuant to Article 5 of the Water Pollution Prevention Bylaw [Internet]. Available from: https://ts.tpww.ir/ [In Persian].