

Investigation of the Management of Special Liquid Waste (Chemical-Pharmaceutical) in Hospitals of Sabzevar City

Zahra Ghazali¹, Hojjat Nadimi², Parviz Noruz Mehr³,
Mohammad Hossien Saghi^{4*}, Reza Hekmatshoar⁵

1. MSc. Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Non-Communicable Diseases Research Center, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
2. PhD candidate, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. MSc. Secretariat of the Supreme Council for Health and Food Security, Ministry of Health, Treatment and Medical Education, Tehran, Iran
4. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Non-Communicable Diseases Research Center, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
5. Assistant Professor of Environmental Engineering Department of Occupational Health, School of Health Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

Received: 2024/11/09

Accepted: 2025/05/12

Abstract

Introduction: Many chemicals and pharmaceuticals used in healthcare institutions are hazardous (toxic, carcinogenic, corrosive, flammable, reactive, explosive, etc.). Although constituting a small portion of medical waste, pharmaceutical chemicals pose significant potential risks, necessitating an investigation into their management in Sabzevar's urban hospitals. This study aims to provide relevant information for comprehensive planning and to improve the quality of health services in the future.

Materials and Methods: This descriptive cross-sectional study was conducted over 4 months in four public hospitals in Sabzevar City (Emdad, Mobini, Heshmatiyeh, and Vasei hospitals). Data collection involved checklists, interviews, observations, and assessments of the production, segregation, collection, storage, safety, transportation, and disposal of pharmaceutical chemical wastes.

Results: The total number of approved beds across the four hospitals was 859, with 609 active beds, resulting in an occupancy rate of 71%. The hospitals collectively produced 1,500 kg of waste per day, comprising 613 kg (41%) of ordinary waste, 873 kg (58.1%) of hazardous waste, and 14 kg (0.9%) of chemical waste.

Conclusion: In this study, hospitals had significant deficiencies in the management of pharmaceutical chemical wastes (identification, separation, collection, storage, and disposal). A comprehensive review of the waste management practices and adherence to the chemical and pharmaceutical waste management guidelines in the health centers is essential.

***Corresponding Author: Mohammad Hossien Saghi**

Address: Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
Tel: +98915 320 8083
E-mail: saghi9@gmail.com

Keywords Pharmaceutical Preparations, Chemical Waste, Waste Management, Hospitals, Iran

How to cite this article: Ghazali Z, Nadimi H, Noruz Mehr P, Saghi M, Hekmatshoar R., Investigation of the Management of Special Liquid Waste (Chemical-Pharmaceutical) in Hospitals of Sabzevar City, Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2024; 32(4):424-438. DOI: 10.30468/jsums.2025.7944.3161.

Introduction

The rapid expansion of medical and healthcare activities has significantly increased the generation of hospital waste, particularly chemical-pharmaceutical waste, posing critical challenges to environmental health management. Chemical-pharmaceutical waste, due to its hazardous properties such as toxicity, carcinogenicity, corrosiveness, flammability, and reactivity, presents substantial risks to human health and the environment. In hospitals, these wastes, which include expired or unused pharmaceuticals (e.g., ampoules, drops, ointments), disinfectants (e.g., formalin, deconex, bleach), and flammable liquids, constitute a small but highly dangerous fraction of medical waste. Improper management of these wastes can lead to environmental pollution, contamination of groundwater and surface water, and reduced efficiency of wastewater treatment systems. Effective management of such waste is thus essential to mitigate these risks and ensure public health and environmental safety.

This study investigates the current management practices of chemical-pharmaceutical waste, a significant byproduct of hospitals in Sabzevar, Iran. Despite the growing importance of this issue, limited studies have specifically addressed the management of chemical-pharmaceutical waste in Iranian urban hospitals, highlighting a research gap. Globally, organizations such as the World Health Organization (WHO) and the United States Environmental Protection Agency (EPA) emphasize the need for specialized management systems for hazardous hospital waste to prevent widespread environmental and health consequences. Studies in Iran, such as those by Tavakolian et al. (2014) in Bushehr and Malekhamadi et al. (2014) in Tehran, have identified deficiencies in waste segregation, disposal infrastructure, and staff training, underscoring the need for improved practices. Internationally, research in Germany and India illustrates variability in waste management efficacy. This disparity stems from the advanced technologies and training available in developed countries, contrasting with the challenges of inadequate infrastructure and funding faced by developing nations.

This study aims to evaluate the management of chemical-pharmaceutical liquid waste in four public hospitals in Sabzevar (Emdad, Mobini, Heshmatiyeh, and Vasei) to assess the quantity and

quality of waste produced and provide data for better decision-making. By comparing local practices with those in other Iranian cities and international standards, the study seeks to identify challenges and propose actionable solutions to enhance waste management systems, contributing to improved environmental and public health outcomes.

Methodology

This descriptive cross-sectional study was conducted over four months, with two months dedicated to data collection, in four public hospitals in Sabzevar: Emdad, Mobini, Heshmatiyeh, and Vasei. The study focused on liquid chemical-pharmaceutical waste generated in these hospitals, including adrenaline packages, creams, ointments, shampoos, eye/ear/nasal drops, flammable liquids, and disinfectants such as Deconex, formalin, Vivicide, and bleach. A stratified sampling strategy was employed, targeting eight principal departments per hospital. Samples were collected weekly for two months, resulting in 256 samples per hospital.

Data were collected through field visits, observations, interviews with hospital staff, and measurements. A checklist was designed to record information on waste generation, segregation, collection, storage, safety measures, transportation, and disposal. Waste samples were collected from departments including emergency, pharmacy, operating rooms, laboratories, and other relevant units, weighed, and stored in labeled temporary storage areas. Weekly weight data were recorded, and the process was repeated over the study period. General hospital data, such as the number of active beds and bed occupancy rates, were also documented.

Quantitative data were transferred to Microsoft Excel for analysis, where means and standard deviations were calculated, and results were presented in tables and figures. To ensure data accuracy, weighing equipment was calibrated multiple times. Also, checklists were validated by hospital environmental health experts. Ethical considerations were followed, including obtaining informed consent from participants, ensuring anonymity of hospital data, and adhering to safety protocols (e.g., using gloves, masks, and protective clothing) during waste handling. The study was approved by the Ethics Committee of Sabzevar University of Medical Sciences (Code: IR.MEDSAB.REC.1397.068).

Results

The study evaluated waste management practices across the four hospitals, which collectively had 859 approved beds, of which 630 were active, with an average bed occupancy rate of 75%. Daily, the hospitals generated approximately 1,500 kg of waste, which comprised: 613 kg (41%) ordinary waste, 873 kg (58.1%) hazardous waste, and 14 kg (0.9%) chemical-pharmaceutical waste. This proportion of chemical-pharmaceutical waste is notably lower than the global standard of 3%, suggesting deficiencies in identification and segregation.

Vasei Hospital produced the highest amount of chemical-pharmaceutical waste at 4.8 kg/day, while Mobini Hospital produced the least at 1.45 kg/day. The per-bed waste generation rate averaged 0.022 kg/day, ranging from 0.019 kg/day in Heshmatiyeh to 0.037 kg/day in Emdad. Waste segregation was rudimentary, primarily utilizing white plastic containers, with limited differentiation based on chemical properties. Disposal practices were often non-compliant, with significant portions of waste discharged into the municipal sewage system, posing environmental risks. Tables and figures illustrated variations in waste production and per-bed generation rates across hospitals, highlighting inconsistencies in management practices.

Discussion

The findings reveal that chemical-pharmaceutical waste constitutes only 0.9% of total hospital waste in Sabzevar, significantly below the WHO's 3% benchmark, likely due to inadequate segregation and identification processes. The per-bed waste generation rate of 0.022 kg/day varies across hospitals, with Vasei Hospital's higher rate (0.028 kg/day) attributed to specialized services such as chemotherapy, which generate more cytotoxic waste, as supported by Zhao et al. (2021). In contrast, Mobini Hospital's lower rate (0.016 kg/day) reflects its focus on general services, aligning with Alagöz and Kocasoy (2008).

Segregation practices in Sabzevar hospitals are basic, relying on white plastic containers without differentiation based on chemical properties (e.g., toxicity, flammability), falling short of WHO and EPA standards that advocate for color-coded, chemically resistant containers.

Inadequate labeling and limited staff training further exacerbate risks, as noted by Caniato et al. (2015) and Khan et al. (2019). The disposal of waste into municipal sewage systems mirrors findings in other developing countries, as reported by Mohee et al. (2015), and poses significant environmental threats.

Comparatively, hospitals in developed nations such as Germany benefit from advanced segregation, storage, and disposal systems, supported by government investment and rigorous training, as highlighted by Attrah et al. (2022). In contrast, challenges in Sabzevar mirror those in other Iranian cities (e.g., Bushehr, Tehran) and developing countries like India and Egypt, where infrastructure, training, and funding limitations persist. The study's findings align with Farzadkia et al. (2015), who identified financial constraints as a key barrier to effective waste management in Iran.

To address these issues, enhanced staff training, standardized segregation protocols, and investment in infrastructure (e.g., chemically resistant containers, specialized disposal facilities) are recommended. Lee et al. (2022) suggest that training can reduce segregation errors by up to 30%, while regional waste treatment centers, as proposed by Mohee et al. (2015), could mitigate environmental impacts. Future research should explore the long-term environmental impacts of improper disposal, including groundwater contamination, and assess the feasibility of implementing regional waste management systems.

Conclusion

The management of chemical-pharmaceutical waste in Sabzevar's hospitals is suboptimal, characterized by inadequate segregation, non-standard disposal practices, and insufficient staff training. These shortcomings, coupled with the discharge of waste into municipal sewage, pose significant environmental and health risks. To align with international standards and reduce hazards, critical measures include implementing advanced segregation systems, using standardized containers, enhancing staff training, and establishing regional disposal facilities. This study provides a foundational basis for policy development and emphasizes the need for these targeted interventions to improve waste management in Sabzevar and similar settings.

Acknowledgment

This study was extracted from a research project approved by the Ethics Committee of Sabzevar University of Medical Sciences (Code: IR.MEDSAB.REC.1397.068). We express our gratitude to the Vice-Chancellor for Research and

Technology of Sabzevar University of Medical Sciences for financial support and to the hospitals for their cooperation.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest regarding the publication of this article.

مدیریت پسماندهای مایع ویژه (شیمیایی-دارویی) در بیمارستان‌های شهر سبزوار

زهرا غزالی^۱، حجت ندیمی^۲، پرویز نوروز مهر^۳، محمدحسین ساقی^{۴*}، رضا حکمت شعار^۵

۱. کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات بیماری‌های غیر واگیر، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران
۲. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳. کارشناس ارشد، دبیرخانه شورای عالی سلامت و امنیت غذایی، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران
۴. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات بیماری‌های غیر واگیر، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران
۵. استادیار مهندسی محیط‌زیست، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹

چکیده

زمینه و هدف: بسیاری از مواد شیمیایی و داروهای مورداستفاده در مؤسسات بهداشتی، خطرناک هستند. باوجوداینکه حجم آن‌ها در زباله‌های پزشکی کم است، به دلیل پتانسیل خطر بالایی که دارند، مدیریت صحیح آن‌ها ضروری است. هدف مطالعه، بررسی مدیریت زباله‌های شیمیایی دارویی در بیمارستان‌های شهری و ارائه اطلاعات برای بهبود کیفیت خدمات بهداشتی است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی مقطعی طی ۴ ماه در چهار بیمارستان دولتی شهر سبزوار (بیمارستان‌های امداد، مبینی، حشمتیه و واسعی) انجام شد. برای انجام این مطالعه، طراحی چک‌لیست، مصاحبه‌ها، بازدیدها، سنجش‌ها، تفکیک، جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، ایمنی، حمل و دفع زباله‌های شیمیایی دارویی موردبررسی قرار گرفت. **یافته‌ها:** در چهار بیمارستان ۸۵۹ تخت بود که از این تعداد، ۶۰۹ تخت فعال و نرخ اشغال تخت‌ها ۷۱٪ گزارش شد. بیمارستان‌ها روزانه حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم زباله تولید کردند که شامل ۶۱۳ کیلوگرم زباله عادی (۴۱٪)، ۸۷۳ کیلوگرم زباله خطرناک (۵۸.۱٪) و ۱۴ کیلوگرم زباله شیمیایی (۰.۹٪) از کل زباله‌ها بود. تحلیل مدیریت پسماند نشان داد مدیریت پسماند شیمیایی-دارویی در بیمارستان‌های سبزوار دارای روند متفاوتی بوده و در مواردی چالش‌هایی در اجرای استانداردهای مدیریت پسماند مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه نشان داد که مدیریت پسماندهای شیمیایی-دارویی در بیمارستان‌های موردبررسی، به شیوه‌های متفاوتی انجام می‌شود. به‌منظور افزایش کارایی و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی، هماهنگ‌سازی و ارتقای استانداردهای مدیریت این نوع پسماندها در چارچوب دستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی توصیه می‌شود.

* نویسنده مسئول:

محمدحسین ساقی

نشانی: شهرستان سبزوار، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط

تلفن: +۹۸۹۱۵۳۲۰۸۰۸۳

رایانامه:

saghi9@gmail.com

شناسه ORCID:

0000-0002-7374-7637

شناسه ORCID نویسنده اول:

0000-0002-2029-4611

DOI: 10.30468/jsms.2025.7944.3161

کلیدواژه‌ها:

ایران، بیمارستان‌ها، پسماندهای شیمیایی، فرآورده‌های دارویی، مدیریت پسماند

۱. مقدمه

دارویی به یکی از مسائل حیاتی در مدیریت بهداشت محیطی تبدیل شده است (۱). این پسماندها به دلیل

با توجه به گسترش روزافزون فعالیت‌های پزشکی، تولید پسماندهای بیمارستانی به‌ویژه پسماندهای شیمیایی

Copyright © 2025 Sabzevar University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- Non Commercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Published by Sabzevar University of Medical Sciences.

مجله علمی - پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دوره ۳۲، شماره ۴، مهر و آبان ۱۴۰۴، ص ۴۳۸-۴۲۴

آدرس سایت: <http://jsms.medsab.ac.ir> رایانامه: journal@medsab.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۱۳۷۵-۲۸۲۱

آلودگی‌های زیست‌محیطی شود (۹). توکلیان و همکاران در سال ۱۳۹۳-۱۳۹۴ در بیمارستان‌های بوشهر نشان داد که تفکیک و دفع پسماندهای شیمیایی به‌طور کامل مطابق با استانداردهای زیست‌محیطی انجام نمی‌شود و ازجمله نقاط ضعف آن می‌توان به کمبود زیرساخت‌های مناسب و نبود نظارت دقیق بر فرآیند دفع اشاره کرد (۱۳). مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۲ در بیمارستان‌های آلمان نشان داد که دستگاه‌های مدیریت پسماند شیمیایی به دلیل تدوین راهبردهای جامع، استفاده از فناوری‌های پیشرفته و آموزش مداوم کارکنان، از کارایی بالاتری برخوردارند (۱۴، ۱۵). همچنین، مطالعه‌ای توسط عبدالسلام (۲۰۱۰) در بیمارستان‌های استانداری البحیره مصر نشان داد که اگرچه برخی بیمارستان‌ها توانسته‌اند با استفاده از دستگاه‌های ساده‌تر تفکیک پسماند، میزان آلودگی محیطی را کاهش دهند، اما عدم وجود قوانین سخت‌گیرانه و نظارت ناکافی همچنان از نقاط ضعف اصلی مدیریت پسماند در این منطقه است (۲۳). هدف این پژوهش، بررسی وضعیت مدیریت پسماندهای شیمیایی و دارویی در بیمارستان‌های شهر سبزوار به‌منظور ارزیابی کمیت و کیفیت این پسماندها و فراهم‌سازی اطلاعاتی برای تصمیم‌گیری بهتر در مدیریت آن‌ها است.

۲. مواد و روش

این پژوهش به‌صورت توصیفی-مقطعی انجام‌شده و هدف آن بررسی مدیریت پسماندهای شیمیایی دارویی در بیمارستان‌های شهر سبزوار است. به‌منظور بررسی دقیق، داده‌های مربوط به پسماندهای شیمیایی دارویی بیمارستان‌ها به‌طور جداگانه جمع‌آوری شد تا وضعیت فعلی مدیریت پسماندها در مراکز درمانی مورد مطالعه قرار گیرد. جامعه آماری این پژوهش شامل پسماندهای مایع شیمیایی دارویی تولیدشده در چهار بیمارستان آموزشی-درمانی شهر سبزوار بود. این بیمارستان‌ها عبارت‌اند از: بیمارستان امداد، مبینی، حشمتیه و واسعی. در هر بیمارستان، بخش‌های مختلف درمانی موردبررسی قرار گرفتند و انواع پسماندهای مایع شیمیایی دارویی شامل بسته‌های آدرنالین، کرم‌ها، پمادها، شامپوها، پماد و قطره‌های چشمی، گوشی و بینی، مایعات اشتعال‌پذیر و همچنین مواد گندزدایی مانند دکونکس، فرمالین، ویویساید و وایتکس از این بخش‌ها جمع‌آوری و وزن

محتویات خطرناک شامل مواد شیمیایی سمی، سرطان‌زا، خورنده و قابل انفجار، تهدیدات جدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست ایجاد می‌کنند (۲). مراکز درمانی مانند بیمارستان‌ها، علاوه بر تولید زباله‌های عادی و بی‌خطر، درصد قابل‌توجهی از پسماندهای خطرناک شیمیایی و دارویی را نیز تولید می‌کنند که نیازمند مدیریت دقیق و علمی هستند. عدم مدیریت صحیح این پسماندها می‌تواند منجر به انتشار آلودگی‌های شیمیایی و زیستی، تخریب محیط‌زیست، آلوده شدن منابع آب زیرزمینی و سطحی و کاهش راندمان تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شود (۳). پسماندهای شیمیایی دارویی به دلیل خصوصیات ویژه‌ای مانند سمیت و قابلیت واکنش‌پذیری، می‌توانند تهدیدات جدی بهداشتی و محیطی ایجاد کنند (۳). این پسماندها شامل موادی نظیر بسته‌های دارویی منقضی شده یا استفاده‌نشده (مانند آمپول‌ها، قطره‌ها و پمادها)، مواد شیمیایی گندزدا و مایعات اشتعال‌پذیر مورد استفاده در بخش‌های درمانی می‌شوند. تولید این نوع پسماندها در بیمارستان‌های مختلف، مسئله‌ای است که نیازمند بررسی و ارائه راهکارهای مناسب مدیریتی است. (۴، ۵). این موضوع علاوه بر تأثیرات منفی زیست‌محیطی، می‌تواند باعث بروز مشکلات بهداشتی جدی نیز شود (۶). عدم وجود برنامه‌های مناسب و جامعی برای مدیریت این پسماندها و عدم رعایت استانداردهای بین‌المللی در دفع و تصفیه آن‌ها، از چالش‌های اساسی مدیریت پسماندهای بیمارستانی به شمار می‌آید (۷، ۸). سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا تأکید کرده‌اند که بخش عمده‌ای از پسماندهای بیمارستانی، شامل پسماندهای شیمیایی و دارویی، نیازمند مدیریت خاصی هستند که عدم توجه به آن‌ها می‌تواند منجر به آلودگی‌های زیست‌محیطی و بهداشتی گسترده شود (۹). پژوهش‌های انجام‌شده در ایران نیز نشان می‌دهند که در بسیاری از بیمارستان‌ها، روش‌های استاندارد برای جداسازی، جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و دفع پسماندهای شیمیایی رعایت نمی‌شود و این امر منجر به افزایش خطرات بهداشتی و زیست‌محیطی می‌گردد (۱۰، ۱۲). سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا تأکید کرده‌اند که بخش عمده‌ای از پسماندهای بیمارستانی، شامل پسماندهای شیمیایی و دارویی، نیازمند مدیریت خاصی هستند که عدم توجه به آن‌ها می‌تواند منجر به

شدند. روش نمونه‌گیری به صورت طبقه‌بندی شده از بخش‌های بیمارستان‌ها بود، به طوری که از هشت بخش اصلی هر بیمارستان در طول دو ماه داده‌برداری انجام شد. نمونه‌گیری هر هفته یکبار در هر بخش انجام شد و در مجموع ۲۵۶ نمونه طی چهار هفته از هر بیمارستان جمع‌آوری شد.

برای جمع‌آوری داده‌ها، نمونه‌های پسماندهای شیمیایی دارویی از بخش‌های مختلف درمانی هر بیمارستان شامل بخش‌های اورژانس، داروخانه، اتاق عمل، آزمایشگاه‌ها و سایر بخش‌های مرتبط با دارو و درمان نمونه‌برداری و جمع‌آوری شدند. این نمونه‌ها توسط گروه پژوهشگر، به طور دقیق جمع‌آوری و وزن شدند.

داده‌های پژوهش با استفاده از بازدیدهای میدانی، مشاهده و مصاحبه با مسئولان و کارکنان بیمارستانی جمع‌آوری شدند. ابتدا اطلاعات کلی هر بیمارستان شامل تعداد بخش‌ها، تعداد تخت‌های فعال و ضریب اشغال تخت‌ها ثبت شد. سپس چکلیستی شامل اطلاعات اختصاصی مانند نوع و میزان پسماند شیمیایی مایع در پایان هر هفته تکمیل شد. این پسماندها در محل‌های موقت ذخیره‌سازی پسماند بیمارستان به صورت جداگانه نگهداری و برچسب‌گذاری شدند. داده‌های وزنی پسماندها در طول دو ماه جمع‌آوری شده و به صورت هفتگی ثبت گردید.

داده‌های کمی به دست آمده از وزن پسماندهای شیمیایی دارویی به نرم‌افزار Excel منتقل شدند. سپس برای تجزیه و تحلیل این داده‌ها، میانگین و انحراف معیار مقادیر محاسبه و جداول مربوطه رسم شد. داده‌ها به تفکیک هر بیمارستان و هر بخش گزارش و تحلیل شدند تا الگوی تولید پسماندهای شیمیایی دارویی مشخص شود.

به منظور اطمینان از دقت داده‌های جمع‌آوری شده، تمامی ابزارهای مورد استفاده برای وزن‌کشی و ثبت داده‌ها چندین بار کالیبره شدند. همچنین، چکلیست‌های طراحی شده توسط کارشناسان بهداشت محیطی

بیمارستان‌ها بررسی و تأیید شدند تا از صحت اطلاعات ثبت شده اطمینان حاصل شود. از آنجاکه داده‌ها به صورت مستقیم از بیمارستان‌ها جمع‌آوری شدند، این امر موجب افزایش پایایی و اعتبار پژوهش گردید.

تمامی مراحل جمع‌آوری داده‌ها مطابق با دستورالعمل‌های بهداشتی و اخلاقی انجام شد. پیش از شروع مطالعه، هدف پژوهش و نحوه اجرای آن برای مسئولان بیمارستان‌ها و کارشناسان بهداشت محیطی توضیح داده شد. تمامی افراد شرکت‌کننده در این مطالعه رضایت‌نامه آگاهانه را تکمیل کردند. به منظور حفاظت از اطلاعات محرمانه بیمارستان‌ها، تمامی داده‌ها به صورت ناشناس ثبت و نگهداری شدند. علاوه بر این، تمامی افراد درگیر در جمع‌آوری پسماندها ملزم به رعایت اصول ایمنی از جمله استفاده از دستکش، ماسک و لباس محافظ بودند تا از تماس مستقیم با مواد شیمیایی خطرناک جلوگیری شود.

۳. یافته‌ها

مطالعه حاضر بر روی ۴ بیمارستان دولتی شهر سبزوار انجام شد که بررسی و تجزیه و تحلیل وضعیت مدیریت پسماندهای شیمیایی دارویی در آن‌ها انجام گرفت. انجام این مطالعه به مدت دو ماه طول کشید و شامل بررسی پسماندهای تولیدی، میزان پسماند شیمیایی دارویی و نحوه مدیریت این پسماندها بود.

تعداد تخت‌های مصوب در این ۴ بیمارستان مجموعاً ۸۵۹ عدد بود که ۶۳۰ تخت آن فعال بود. نرخ اشغال این تخت‌ها به طور میانگین ۷۵ درصد بود که نشان‌دهنده حجم بالای خدمات درمانی و تعداد بیماران در این بیمارستان‌هاست. جدول شماره ۱ به طور دقیق تعداد تخت‌های فعال و ضریب اشغال تخت‌ها را به تفکیک بیمارستان‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقایسه تعداد تخت‌های مصوب، فعال و ضریب اشغال تخت هر بیمارستان

نام بیمارستان	تعداد تخت مصوب	تعداد تخت فعال	ضریب اشغال تخت (درصد)
امداد	۱۳۰	۱۱۲	۱۰۰
مبینی	۱۰۰	۸۹	۶۵
حشمتیه	۲۸۴	۱۹۰	۷۰
واسعی	۳۴۵	۲۳۹	۷۳
جمع/ میانگین	۸۵۹	۶۳۰	۷۵

در این مطالعه، مجموع پسماندهای تولیدی بیمارستان‌های سبزوار روزانه ۱۵۰۰ کیلوگرم گزارش شد که از این مقدار، ۱۴ کیلوگرم در روز (۰.۹ درصد) به پسماندهای شیمیایی دارویی اختصاص داشت. این میزان پسماند نسبت به استانداردهای جهانی که حدود ۳ درصد کل پسماندهای بیمارستانی را به پسماندهای شیمیایی دارویی اختصاص می‌دهد، کمتر بود که نشان‌دهنده نقص در تفکیک و مدیریت صحیح این نوع پسماندها در بیمارستان‌های موردبررسی است (۱۳).

جدول ۲. میزان تولید کل و میزان تولید پسماند شیمیایی دارویی به تفکیک بیمارستان‌ها

نام بیمارستان	کل پسماند تولیدی (کیلوگرم/ روز)	کل پسماند شیمیایی دارویی (کیلوگرم/ روز)	درصد پسماند شیمیایی دارویی
امداد	۲۴۰	۴.۲	۱.۷۵
مبینی	۱۲۸	۱.۴	۱
حشمتیه	۶۰۳	۳.۸	۰.۶
واسعی	۵۲۹	۴.۸	۰.۹
جمع	۱۵۰۰	۱۴	۰.۹

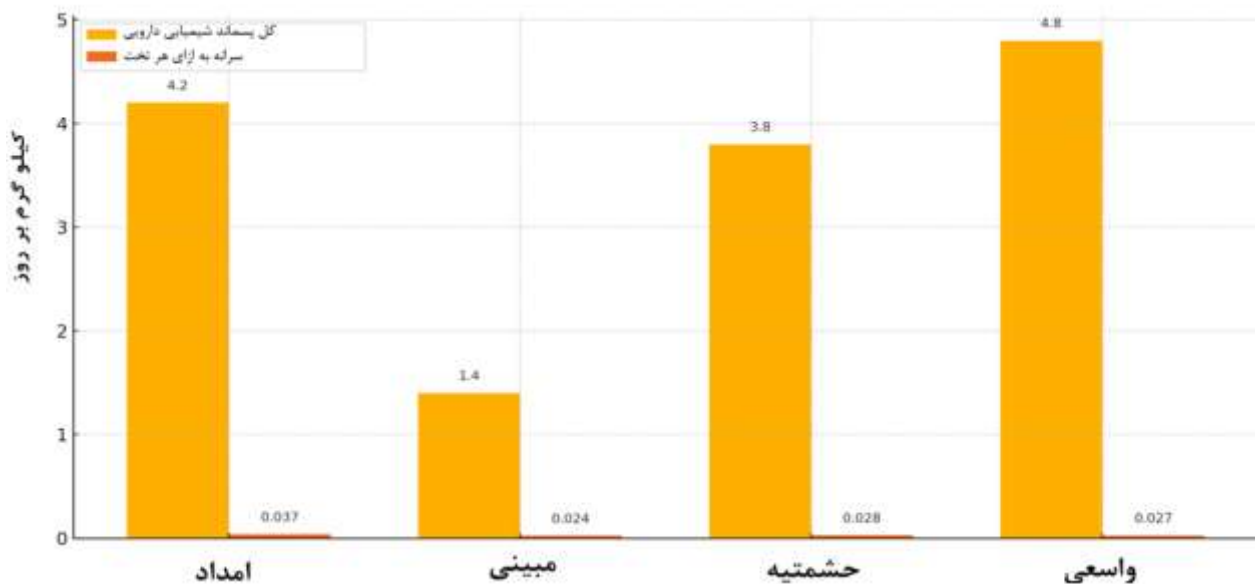
در بررسی سرانه تولید پسماند شیمیایی دارویی به ازای هر تخت، میانگین سرانه تولید ۰.۰۲۲ کیلوگرم در روز محاسبه شد. این میزان در بیمارستان حشمتیه ۰.۰۱۹ کیلوگرم و در بیمارستان امداد ۰.۰۳۷ کیلوگرم گزارش شد. این فراوانی‌ها نشان‌دهنده تفاوت در ویژگی‌ها و شرایط بیمارستان‌ها است، اما بیشتر بر اهمیت شناسایی دقیق کمیت و کیفیت پسماندهای تولیدی تأکید دارد تا بتوان در آینده تصمیمات بهتری برای بهبود دستگاه‌های مدیریت پسماند اتخاذ کرد. در این بیمارستان‌ها نحوه دفع پسماندهای شیمیایی دارویی نیز موردبررسی قرار گرفت. در برخی از بیمارستان‌ها، این پسماندها به‌صورت غیراصولی دفع می‌شدند، به‌طوری‌که بخش قابل‌توجهی از

پسماندها به شبکه فاضلاب شهری تخلیه می‌شد. این روش‌های غیراستاندارد دفع می‌توانند اثرات زیست‌محیطی مخربی به همراه داشته باشند. استفاده از روش‌های صحیح و استاندارد مانند دفن بهداشتی، انحلال در محلول‌های خاص یا روش‌های تجزیه‌پذیری شیمیایی می‌تواند به کاهش این خطرات کمک کند.

شکل ۱ تا ۳، میزان تولید پسماند شیمیایی دارویی و سرانه به ازای هر تخت را به تفکیک بیمارستان‌ها ارائه می‌دهد. این شکل‌ها به تحلیل داده‌های کمی و شناسایی الگوهای موجود در تولید پسماند کمک می‌کنند.



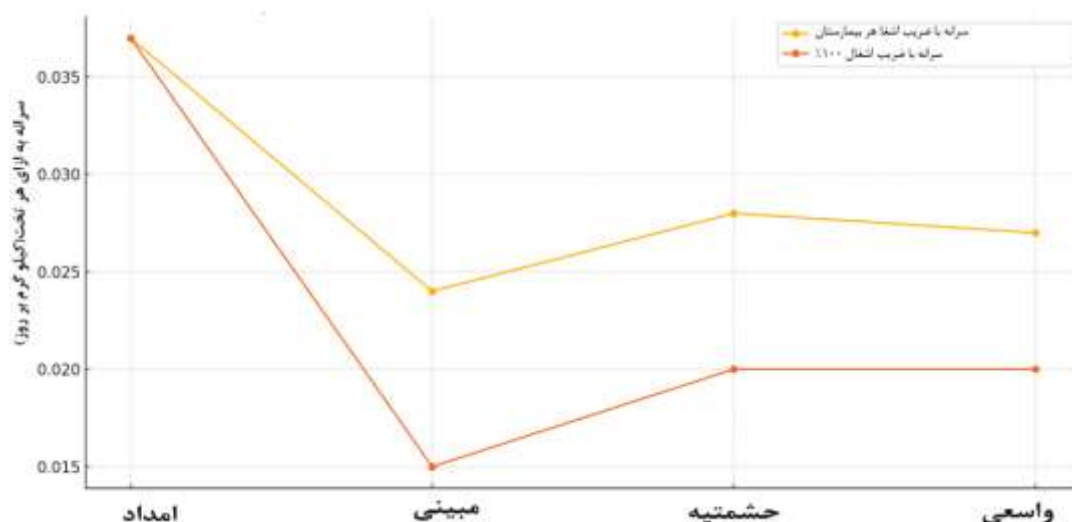
شکل ۱. ضریب اشغال تخت در بیمارستان‌های مختلف
شکل ۱ میزان ضریب اشغال تخت را در بیمارستان‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۲. کل پسماند شیمیایی دارویی و سرانه پسماند به ازای هر تخت

خدمات درمانی، تعداد بیماران بستری، سیاست‌های مصرف دارو و شیوه‌های تفکیک و دفع پسماند می‌توانند بر این شاخص تأثیرگذار باشند. بررسی این شاخص می‌تواند به شناسایی بیمارستان‌هایی که دارای تولید پسماند شیمیایی بالاتر از حد انتظار هستند کمک کند و در جهت بهینه‌سازی مدیریت پسماند مورد استفاده قرار گیرد (۱۵).

شکل ۲ میزان کل پسماند شیمیایی دارویی تولیدشده در بیمارستان‌های مورد مطالعه و سرانه تولید پسماند به ازای هر تخت را نشان می‌دهد. میزان پسماند سرانه به عنوان یک شاخص مهم در مدیریت پسماندهای بیمارستانی، بیانگر تفاوت در الگوی مصرف مواد شیمیایی و دارویی بین بیمارستان‌ها است. عوامل متعددی مانند نوع



شکل ۳. مقایسه سرانه به ازای هر تخت با ضریب اشغال واقعی و ۱۰۰٪

ضریب اشغال واقعی و ۱۰۰٪ می‌تواند به درک بهتر رابطه بین سطح خدمات بیمارستانی و میزان تولید پسماند کمک کند. این تحلیل می‌تواند در تدوین راهکارهای بهینه‌سازی مدیریت پسماندهای بیمارستانی مورداستفاده قرار گیرد (۱۶)

شکل ۳ ارتباط بین سرانه تولید پسماند شیمیایی دارویی و ضریب اشغال تخت‌ها را در بیمارستان‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. افزایش ضریب اشغال تخت معمولاً منجر به افزایش مصرف داروها و مواد شیمیایی شده و در نتیجه تولید پسماند را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مقایسه میزان تولید پسماند در شرایط

جدول شماره ۳. مقایسه میزان پسماند شیمیایی دارویی مورد انتظار و میزان پسماند شیمیایی دارویی تولیدی به تفکیک بیمارستان

نام بیمارستان	کل پسماند تولیدی ویژه (کیلوگرم/روز)	کل پسماند شیمیایی دارویی مورد انتظار (کیلوگرم/روز)	کل پسماند شیمیایی دارویی تولیدی (کیلوگرم/روز)	پسماند شیمیایی دارویی شناسایی نشده (کیلوگرم/روز)	پسماند شیمیایی دارویی شناسایی نشده (کیلوگرم/سال)	درصد پسماند شیمیایی دارویی شناسایی شده (کیلوگرم/روز)
امداد	۹۴	۲/۸	۴/۲	-	-	-
مبینی	۷۶	۲/۲۸	۱/۴۵	۰/۸۳	۳۰۰	۶۳
حشمتیه	۲۰۲	۶	۳/۸	۲/۲	۸۰۰	۶۱
واسعی	۲۵۵	۷/۶۵	۴/۸	۲/۸	۱۰۰۰	۶۳
جمع/میانگین	۶۲۷	۱۸/۷	۱۴/۱۵	۴/۵	۲۱۰۰	۷۵

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر باهدف بررسی مدیریت پسماندهای شیمیایی دارویی در بیمارستان‌های شهر سبزوار انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان تولید پسماندهای شیمیایی دارویی در این بیمارستان‌ها به‌طور میانگین ۰.۹ درصد از کل پسماندهای بیمارستانی را تشکیل می‌دهد. این مقدار کمتر از حد مورد انتظار بر اساس استانداردهای جهانی (۳ درصد) است که می‌تواند به دلیل ضعف در شناسایی و تفکیک دقیق این

پسماند شیمیایی دارویی شناسایی شده (کیلوگرم/روز) به پسماندهایی اشاره دارد که به‌طور دقیق شناسایی و تفکیک شده‌اند. پسماند شیمیایی دارویی شناسایی نشده (کیلوگرم/روز و کیلوگرم/سال) به پسماندهایی اطلاق می‌شود که شناسایی یا تفکیک نشده و به‌صورت کلی برآورد شده‌اند. ستون آخر میزان کل پسماند شیمیایی دارویی تولیدی و مورد انتظار هر بیمارستان را به‌صورت روزانه یا سالانه نشان می‌دهد.

نوع پسماندها باشد (۱۶). سرانه تولید پسماند شیمیایی دارویی در بیمارستان‌های مورد مطالعه ۰۰۲۲ کیلوگرم به ازای هر تخت در روز گزارش شد. این مقدار در بیمارستان واسعی ۰۰۲۸ کیلوگرم به ازای هر تخت در روز و در بیمارستان مبینی ۰۰۱۶ کیلوگرم به ازای هر تخت در روز بود که نشان‌دهنده تفاوت ۷۵ درصد بیشتر در بیمارستان واسعی نسبت به بیمارستان مبینی است. این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع خدمات ارائه‌شده، به‌ویژه فعالیت گسترده‌تر بخش‌های تخصصی مانند شیمی‌درمانی و جراحی در بیمارستان واسعی و تمرکز بیمارستان مبینی بر خدمات عمومی باشد.

در بیمارستان‌های مورد مطالعه، فرآیند تفکیک پسماندهای شیمیایی دارویی به‌صورت ابتدایی انجام می‌شود و عمدتاً از ظروف پلاستیکی سفیدرنگ برای جداسازی پسماندهای مایع استفاده می‌گردد. اگرچه این روش به‌عنوان یک اقدام اولیه برای جلوگیری از مخلوط شدن پسماندهای شیمیایی با سایر انواع پسماند به کار گرفته می‌شود، اما از منظر استانداردهای جهانی محدودیت‌های متعددی دارد. بر اساس مشاهدات میدانی و داده‌های جمع‌آوری‌شده، در بسیاری از بخش‌های بیمارستان‌ها، تفکیک پسماندها بر اساس خصوصیات شیمیایی (مانند مواد سمی، اشتعال‌پذیر یا واکنش‌پذیر) انجام نمی‌شود و صرفاً بر اساس حالت فیزیکی (مایع یا جامد) صورت می‌گیرد. این نقص می‌تواند ناشی از کمبود زیرساخت‌های تخصصی، نبود تجهیزات مناسب و آموزش ناکافی کارکنان باشد. مطالعه‌ای توسط Caniato و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که عدم تفکیک بر اساس خصوصیات شیمیایی، به دلیل فقدان آموزش و تجهیزات استاندارد، خطرهای زیست‌محیطی و بهداشتی را افزایش می‌دهد (۱۸). علاوه بر این، برچسب‌گذاری ظروف اغلب ناکافی است و استانداردهای ایمنی لازم برای جلوگیری از نشت یا تماس مستقیم کارکنان با مواد خطرناک به‌طور کامل رعایت نمی‌شود. این مشکل ممکن است به دلیل نبود دستگاه‌های برچسب‌گذاری پیشرفته و ضعف در نظارت بر فرآیند تفکیک باشد. همچنین، در برخی موارد، آموزش کارکنان برای شناسایی و تفکیک صحیح این پسماندها محدود بوده است. این کمبود آموزش می‌تواند خطرات بهداشتی و زیست‌محیطی را تشدید کند، همان‌طور که Khan و همکاران (۲۰۱۹) گزارش داده‌اند که نبود آموزش منظم کارکنان یکی از عوامل اصلی افزایش خطاها در مدیریت پسماندهای بیمارستانی است (۱۹).

در مقایسه با استانداردهای جهانی، مانند استانداردهای

ارائه‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده (EPA)، مدیریت پسماندهای شیمیایی دارویی نیازمند استفاده از ظروف مقاوم در برابر مواد شیمیایی با رنگ‌بندی مشخص برای هر نوع پسماند (مانند زرد برای پسماندهای شیمیایی خطرناک) است (۲۰). این استانداردها تأکید دارند که تفکیک باید بر اساس خصوصیات شیمیایی مواد (مانند سمیت، اشتعال‌پذیری یا واکنش‌پذیری) انجام شود و نه صرفاً بر اساس حالت فیزیکی آن‌ها. تفاوت قابل‌توجه در سرانه تولید پسماند شیمیایی دارویی بین بیمارستان واسعی (۰۰۲۸ کیلوگرم به ازای هر تخت در روز) و بیمارستان مبینی (۰۰۱۶ کیلوگرم به ازای هر تخت در روز) می‌تواند به عوامل متعددی نسبت داده شود. بیمارستان واسعی به دلیل ارائه خدمات تخصصی‌تر، از جمله شیمی‌درمانی و جراحی‌های پیشرفته، مصرف بیشتری از مواد شیمیایی مانند داروهای سیتوتوکسیک دارد که منجر به تولید پسماند شیمیایی بیشتری می‌شود. مطالعه‌ای توسط Zhao و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که بیمارستان‌هایی با بخش‌های شیمی‌درمانی، به دلیل استفاده گسترده از داروهای سیتوتوکسیک تا ۵۰ درصد پسماند شیمیایی بیشتری تولید می‌کنند (۲۱). در مقابل، بیمارستان مبینی که بیشتر خدمات عمومی ارائه می‌دهد، مصرف کمتری از مواد شیمیایی خطرناک دارد که این موضوع با یافته‌های Alagöz و Kocasoy (2008) هم‌خوانی دارد که گزارش داده‌اند نوع خدمات درمانی مستقیماً بر میزان تولید پسماند تأثیر می‌گذارد (۲۲).

علاوه بر این، استفاده از دستگاه‌های برچسب‌گذاری دقیق، آموزش منظم کارکنان و نظارت مستمر بر فرآیند تفکیک از دیگر الزامات این استانداردهاست که در مطالعه‌ای توسط Caniato و همکاران (۲۰۱۵) نیز بر آن تأکید شده است (۱۸). مطالعه Khan و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داد که مدیریت مؤثر پسماندهای بیمارستانی نیازمند زیرساخت‌های مناسب، از جمله ظروف ایمن و دستگاه‌های ذخیره‌سازی موقت با تهویه مناسب است که از نشت مواد خطرناک جلوگیری کند (۱۹). در بیمارستان‌های سبزوار، اگرچه استفاده از ظروف پلاستیکی سفیدرنگ نشان‌دهنده تلاش برای تفکیک اولیه است، اما عدم استفاده از ظروف مقاوم در برابر مواد شیمیایی و نبود دستگاه‌های تفکیک تخصصی‌تر نشان‌دهنده فاصله قابل‌توجه با استانداردهای بین‌المللی است. این فاصله می‌تواند ناشی از محدودیت‌های بودجه‌ای و نبود سیاست‌های محلی برای ارتقای مدیریت پسماند باشد،

و دفع پسماندهای شیمیایی دارویی در بیمارستان‌های سبزوار با استانداردهای بین‌المللی فاصله دارد، به‌ویژه در زمینه ظروف مناسب، برچسب‌گذاری و آموزش کارکنان. این نارسایی‌ها می‌توانند منجر به خطرات بهداشتی و زیست‌محیطی از جمله آلودگی منابع طبیعی و تهدید سلامت عمومی شوند. تقویت سیستم مدیریت پسماند با تفکیک پیشرفته، زیرساخت‌های استاندارد و نظارت مؤثر می‌تواند در کاهش این مخاطرات مؤثر باشد. این پژوهش مبنایی برای سیاست‌گذاری آتی است، هرچند محدودیت‌هایی مانند مشارکت ناکافی کارکنان و دقت داده‌ها وجود داشت. برای آینده، تمرکز بر راهکارهای اجرایی، بررسی اثرات بلندمدت دفع نادرست و طراحی آموزش‌های هدفمند توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه‌ای جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط با موافقت کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی سبزوار است. بدین‌وسیله از بیمارستان‌های شهر سبزوار و کارکنان محترم به سبب همکاری با اجرای پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه دارای کد اخلاق از دانشگاه علوم پزشکی سبزوار با شماره IR.MEDSAB.REC.1397.068 است.

سهم نویسندگان

همه نویسندگان در ایده پردازی، انجام طرح و تهیه و نگارش مقاله سهمیم بودند و همه با تأیید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج آن را می‌پذیرند.

حمایت مالی

پژوهش حاضر حمایت مالی نداشته است.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافع ندارند.

همان‌طور که Farzadkia و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای در ایران گزارش داده‌اند که کمبود منابع مالی یکی از موانع اصلی اجرای استانداردها در بیمارستان‌های ایرانی است (۲۳). در برخی از کشورهای توسعه‌یافته مانند آلمان، دستگاه‌های مدیریت پسماند شیمیایی شامل تفکیک دقیق بر اساس نوع ماده، ذخیره‌سازی در ظروف استاندارد با برچسب‌گذاری مشخص و انتقال امن به مراکز دفع تخصصی است (۲۴). این سامانه‌ها به دلیل سرمایه‌گذاری دولتی و آموزش گسترده کارکنان موفق عمل می‌کنند، درحالی‌که در بیمارستان‌های سبزوار، انتقال پسماندهای شیمیایی به محل دفع اغلب بدون رعایت کامل پروتکل‌های ایمنی انجام می‌شود و بخشی از این پسماندها به شبکه فاضلاب شهری تخلیه می‌گردد. این تخلیه غیراصولی می‌تواند اثرات زیست‌محیطی مخربی داشته باشد، همان‌طور که در بخش نتایج نیز به آن اشاره شد.

Lee و همکاران (۲۰۲۲) نشان داده‌اند آموزش کارکنان می‌تواند خطاها در تفکیک پسماند را تا ۳۰ درصد کاهش دهد (۲۵). تفاوت در میزان پسماند بین بیمارستان‌های سبزوار و سایر مناطق ایران (مثلاً ۰.۱۵ درصد در خراسان شمالی و ۱.۰۴ درصد در زنجان) (۲۳) می‌تواند به دلیل تفاوت در حجم بیماران، نوع خدمات (مانند شیمی‌درمانی یا جراحی) و سطح آموزش کارکنان باشد (۲۷).

مقایسه نتایج این پژوهش با مطالعات قبلی نشان می‌دهد که وضعیت مدیریت پسماندهای شیمیایی دارویی در بیمارستان‌های سبزوار مشابه سایر بیمارستان‌های کشور است (۲۳، ۲۷). در مطالعه‌ای که در بیمارستان‌های خراسان شمالی انجام شده، میزان پسماندهای شیمیایی دارویی ۰.۱۵ درصد و در مطالعه‌ای در زنجان ۱.۰۴ درصد گزارش شده است (۲۷). این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از نوع خدمات درمانی، میزان فعالیت بیمارستان‌ها و نحوه مدیریت پسماندها باشد. در بیمارستان‌های تهران نیز مشکلات مشابهی در تفکیک و دفع پسماندها مشاهده شده که با یافته‌های مطالعه حاضر مطابقت دارد (۲۸). این تشابه نشان‌دهنده الگوی کلی ناکارآمدی در مدیریت پسماند در ایران است که می‌تواند به سیاست‌گذاری ضعیف و کمبود زیرساخت‌ها مرتبط باشد، همان‌طور که توسط Farzadkia و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است (۲۳).

یافته‌های این مطالعه نشان داد که روش‌های فعلی تفکیک

References

- [1]. Jalalipour H, Ahmadi M, Jaafarzadeh N, Morscheck G, Narra S, Nelles M. Provision of extended producer responsibility system for products packaging: A case study of Iran. *Waste Management & Research*. 2021;39(10):1291-301. <https://doi.org/10.1177/0734242X211040327>
- [2]. Thomas DN. Lessons earned from implementation of a formal laboratory decommissioning program at Emory University. *Journal of Chemical Health & Safety*. 2012;19(4):3-8. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2012.02.006>
- [3]. Aghapour P, Nabizadeh R, Nouri J, Monavari M, Yaghmaeian K. Analysis of hospital waste using a healthcare waste management index. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2013;95(4):579-89. <https://doi.org/10.1080/02772248.2013.802792>
- [4]. Zand AD, Heir AV. Emanating challenges in urban and healthcare waste management in Isfahan, Iran after the outbreak of COVID-19. *Environmental Technology*. 2021;42(2):329-36. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1866082>
- [5]. Kargar S, Paydar MM, Safaei AS. A reverse supply chain for medical waste: A case study in Babol healthcare sector. *Waste Management*. 2020;113:197-209. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.052>
- [6]. Zand AD, Heir AV. Emerging challenges in urban waste management in Tehran, Iran during the COVID-19 pandemic. *Resources, conservation, and recycling*. 2020;162:105051. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105051>
- [7]. Malekahmadi F, Yunesian M, Yaghmaeian K, Nadafi K. Analysis of the healthcare waste management status in Tehran hospitals. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2014;2(1):1-6. <https://doi.org/10.1186/s40201-014-0116-4>
- [8]. Fadaei A. Comparison of medical waste management methods in different countries: a systematic review. *Reviews on Environmental Health*. 2023;38(2):339-48. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0170>
- [9]. Copper C, Hanna S, Batni R, Bhattacharyya T, Shull B. EPA inaction in identifying hazardous waste pharmaceuticals may result in unsafe disposal. *US Environmental Protection Agency, Office of Inspector General*. 2012. <https://doi.org/10.21319/tMisj.2023.31.0458>
- [10]. Alwabr G, Al-Mikhlaifi AS, Al-Hakimi SA, Dughish MA. Risk assessment of the current handling of medical waste in hospitals of Sana'a city Yemen. *Int J Sci Technol*. 2017;3(1):1-9. <https://doi.org/10.20319/Mijst.2017.31.0109>
- [11]. Azami-Aghdash S, Sayadzadeh M, Ashtari A, Derakhshani N, Sedaei Z, Rezapour R. Improving the hospital waste management at the Farabi hospital in Malekan-Iran: An action research study. *Heliyon*. 2023;9(10):e17695. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17695>
- [12]. Hosseinpour S, Dadashi T, Mohammadi A. Comprehensive analysis of hospital solid waste levels and HSE risks using FMEA technique: a case study in northwest Iran. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2024;9:100646. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2024.100646>
- [13]. Tsakona M, Anagnostopoulou E, Gidarakos E. Hospital waste management and toxicity evaluation: a case study. *Waste management*. 2007;27(7):912-20. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.04.019>
- [14]. Mariano Gomes PM, Dorcelino do Nascimento N, Oroski Paes G. THE DISPOSAL OF CHEMICAL-PHARMACOLOGICAL WASTE IN HOSPITALIZATION UNITS. *Revista de Pesquisa: Cuidado é Fundamental*. 2021;13(1). <https://doi.org/10.9789/2175-5361.rpcfo.v13.8181>
- [15]. Agarwal S, Saha H, Kaushik S, Patil VM, Verma S. Critical Review of Biomedical Waste Management for Future Pandemics: Pharmaceutical Perspective. *ACS Chemical Health & Safety*. 2024;31(6):444-67. <https://doi.org/10.1021/acs.chas.4c00067>
- [16]. Ahlawat GM, Kaur J, Ahlawat YS, Devi N, Ahuja V. Hospital Waste Management: Addressing Challenges and Exploring Disposal Alternatives. *Solid Waste Management: A Roadmap for Sustainable Environmental Practices and Circular Economy*; Springer; 2025. p. 141-72. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78420-0_7
- [17]. Singh N, Ogunseitan OA, Tang Y. Medical waste: Current challenges and future opportunities for sustainable management. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2022;52(11):2000-22. <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1885325>
- [18]. Caniato M, Tudor T, Vaccari M. International governance structures for health-care waste management: A systematic review of scientific literature. *Journal of environmental management*. 2015;153:93-107. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.039>
- [19]. Khan BA, Cheng L, Khan AA, Ahmed H. Healthcare waste management in Asian developing countries: A mini review. *Waste management & research*. 2019;37(9):863-75. <https://doi.org/10.1177/0734242X19857470>
- [20]. Organization WH. Global analysis of healthcare waste in the context of COVID-19: status, impacts and recommendations: World Health Organization; 2022. <https://doi.org/10.1016/2022.7253.0834>
- [21]. Zhao H, Liu H, Wei G, Wang H, Zhu Y, Zhang R, Yang Y. Comparative life cycle assessment of emergency disposal scenarios for medical waste during the COVID-19 pandemic in China. *Waste management (New York, NY)*. 2021;126:388. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.034>
- [22]. Alagöz AZ, Kocasoy G. Determination of the best appropriate management methods for the health-care wastes in Istanbul. *Waste Management*. 2008;28(7):1227-35. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.05.018>
- [23]. Farzadkia M, Moradi A, Mohammadi MS, Jorfi S. Hospital waste management status in Iran: a case study in the teaching hospitals of Iran University of Medical Sciences. *Waste Management & Research*. 2009;27(4):384-9. <https://doi.org/10.1177/0734242X09335703>
- [24]. Mohee R, Mauthoor S, Bundhoo ZM, Somaroo G, Soobhany N, Gunasee S. Current status of solid waste management in small island developing states: A review. *Waste management*. 2015;43:539-49. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.012>
- [25]. Lee SM, Lee D. Effective medical waste management for sustainable green healthcare. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(22):14820. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214820>
- [26]. Jamialahmadi N, Hashemi M, Jalili Ghazizade M. Assessment of the current municipal solid waste management system in Tehran, Iran: challenges and opportunities for sustainable development. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2022;24(5):2054-67. <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01423-8>
- [27]. Mohammadian Fazli M, Nassiri J, Nabizadeh R. Qualitative and quantitative assessment and management of hospital waste in Zanjan, Iran in 2011. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2013;6(1):55-64. <https://doi.org/10.20319/Mijst.2017.31.0109>
- [28]. Gitipour S, Akbarpoursareskanrou F, Firouzbakht S. Assessment of medical waste in Tehran province hospitals. *Journal of Environmental Studies*. 2017;42(4):709-18. <https://doi.org/10.1177/0734242X19857470>
- [29]. Carraro E, Bonetta S, Bertino C, Lorenzi E, Bonetta S, Gilli G. Hospital effluents management: chemical,

physical, microbiological risks and legislation in different countries. Journal of environmental management. 2016;168:185-99.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.021>
 [30]. Khan NA, Vambol V, Vambol S, Bolibrukh B, Sillanpaa M, Changani F, et al. Hospital effluent guidelines and

legislation scenario around the globe: A critical review. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2021;9(5):105874.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105874>