DOI: 10.22122/jhsr.v17i2.1417 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 17, No. 2, Summer

Received: 10.07.2020 Accepted: 15.09.2020 Published: 06.07.2021

Quantitative and Qualitative Evaluation of Chemical and Biological Wastewater and their Disposal Management in Biological-Pharmaceutical Centers of Alborz Province, Iran

Hassan Mardani[1]

Original Article

Abstract

Background: Wastewater is highly sensitive in pharmaceutical industries due to its various microbial and chemical pollutions, and its proper management is of special importance. Identification, evaluation, classification, and determination of risk criteria in order to design and present the process and method of wastewater management in these centers is one of the objectives of this study.

Methods: In this descriptive cross-sectional study, evaluation was performed through measurement, study of processes, determination of the amount and type of raw materials used and their danger, risk assessment, and face-to-face interview. Then, according to quantitative and qualitative findings and by using guidelines, program and process of chemical and biological wastewater management was presented.

Findings: Of all chemical wastewater, 60% could be drained to the sewer system, 2.4% could be neutralized, 5.1% could be diluted, and 29.4% could not be drained, and of the whole microbial wastewater, 49% needed to be decontaminated and 51% could be drained to the sewer system without decontamination.

Conclusion: The major part of wastewater in pharmaceutical-industrial centers is safe and by designing a wastewater management process and compiling executive instructions, it can be drained to the sewer system or a conventional treatment system can be used for safe and low-risk wastewater. For the hazardous part, it can be sent to competent disposal companies.

Keywords: Drug industry; Medical waste; Hazardous waste

Citation: Mardani H. **Quantitative and Qualitative Evaluation of Chemical and Biological Wastewater and their Disposal Management in Biological-Pharmaceutical Centers of Alborz Province, Iran.** J Health Syst Res 2021; 17(2): 127-32.

1- Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
Corresponding Author: Hassan Mardani; Environmental Health Engineering, Ministry of Agriculture, Karaj, Iran
Email: hmardani98@gmail.com

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

DOI: 10.22122/jhsr.v17i2.1417 Published by Vesnu Publications

ارزیابی کمی و کیفی فاضلاب‌های شیمیایی و بیولوژیک و مدیریت دفع آن‌ها در مراکز صنعتی- دارویی بیولوژیک استان البرز

حسن مردانی[1]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: فاضلاب در صنایع دارویی به دلیل دارا بودن آلودگی‌های مختلف میکروبی و شیمیایی، حساسیت بالایی دارد و مدیریت مناسب آن‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شناسایی، ارزیابی، طبقه‌بندی و تعیین معیار خطر به منظور طراحی و ارایه فرایند و نحوه مدیریت فاضلاب در این مراکز، از اهداف پژوهش حاضر بود.

روش‌ها: در این مطالعه توصیفی- مقطعی، بررسی و ارزیابی از طریق اندازه‌گیری، مطالعه فرایندها، تعیین مقدار و نوع مواد اولیه مصرفی و خطر آن‌ها، ارزیابی خطر و مصاحبه حضوری انجام گرفت. سپس بر اساس یافته‌های کمی و کیفی و با استفاده از رهنمودها، برنامه و فرایند نحوه مدیریت فاضلاب شیمیایی و بیولوژیک تهیه و ارایه گردید.

یافته‌ها: از کل فاضلاب شیمیایی، ۶۰/۰ درصد قابل تخلیه به شبکه فاضلاب شهری، ۲/۴ درصد قابل خنثی‌سازی، ۵/۱ درصد قابل ترقیق و ۲۹/۴ درصد غیر قابل تخلیه به شبکه بود و از مجموع فاضلاب میکروبی، ۴۹/۰ درصد نیاز به بی‌خطرسازی و ۵۱/۰ درصد بدون نیاز به بی‌خطرسازی قابل تخلیه به شبکه بود.

نتیجه‌گیری: بخش عمده فاضلاب در مراکز صنعتی- دارویی از نوع بی‌خطر می‌باشد و با طراحی یک فرایند مدیریت فاضلاب و تدوین دستورالعمل‌های اجرایی، می‌توان از گزینه تخلیه به شبکه فاضلاب و یا استفاده از سیستم تصفیه متعارف برای بخش بی‌خطر و کم‌خطر فاضلاب و توانمندی شرکت‌های امحای ذی‌صلاح، جهت دفع بخش خطرناک فاضلاب این مراکز استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: صنایع دارویی؛ ضایعات پزشکی؛ پسماند خطرناک

ارجاع: مردانی حسن. **ارزیابی کمی و کیفی فاضلاب‌های شیمیایی و بیولوژیک و مدیریت دفع آن‌ها در مراکز صنعتی- دارویی بیولوژیک استان البرز.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۰؛ ۱۷ (۲): ۱۳۲-۱۲۷

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۴/۲۰ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۶/۲۵ تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۴/۱۵

مقدمه

عدم استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه مناسب فاضلاب، به خصوص فاضلاب‌های آلوده به عوامل شیمیایی و میکروبی در مراکز تولیدی و تحقیقاتی با ماهیت آزمایشگاهی مانند صنایع دارویی، موجب انتقال و گسترش عوامل آلاینده به محیط می‌شود و در نهایت، بیماری‌زایی و سرطان‌زایی را برای انسان و سایر موجودات زنده به دنبال خواهد داشت. این نگرانی الزام استفاده از یک روش مطمئن و مناسب برای مدیریت فاضلاب به خصوص مدیریت فاضلاب خطرناک را امری اجتناب‌ناپذیر می‌کند.

جهت دستیابی به یک برنامه مدیریتی مناسب، اطلاع از کمیت و کیفیت فاضلاب‌های تولیدی، امری ضروری است. اجرای مناسب برنامه مدیریت فاضلاب مانند هر برنامه مدیریتی دیگر، نیازمند اطلاعات مناسب و صحیح می‌باشد که برای اطمینان از مدیریت مناسب و ضابطه‌مند فاضلاب و همچنین، ایجاد رویه مناسبی برای جمع‌آوری، حمل و نقل، بی‌خطرسازی و دفع آن‌ها، دسترسی به اطلاعات فوق ضروری و اولین گام در مدیریت فاضلاب می‌باشد (۱).

در بسیاری از رهنمودهای مرتبط با فعالیت‌های آزمایشگاهی، به مبحث مدیریت پسماندهای مایع (فاضلاب)، همواره با دید ویژه‌ای نگریسته شده؛ به طوری که در تعیین شرایط محیط‌های کلاس‌بندی شده و بیان ویژگی‌های سطوح ایمنی زیستی، به برخورداری هر یک از سطوح، از مقدار مناسبی از تجهیزات کنترل و بی‌خطرسازی فاضلاب تأکید شده است (۱).

تحقیقات متعددی در خصوص بررسی کمی و کیفی فاضلاب مراکز پزشکی و آزمایشگاهی انجام شده و در بیشتر موارد مسأله مدیریت فاضلاب‌های شیمیایی و میکروبی در کنار پسماندهای ویژه به صورت کلی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است (۳، ۲). نتایج پژوهش Badawy و همکاران که به منظور بررسی فاضلاب صنایع دارویی انجام شد، نشان داد که فاضلاب‌های دارویی بدون پیش‌تصفیه قابل تخلیه به شبکه شهری نیستند و روش‌های متعارف تصفیه فاضلاب قادر به حذف ترکیبات مقاوم موجود در فاضلاب دارویی نیست (۴). Pal در مطالعه مروری خود به این نتیجه رسید که با توجه به ماهیت بسیار متنوع آلودگی‌ها و ضعف در فن‌آوری‌های موجود، هیچ فن‌آوری کلاسیک واحدی قادر به دفع کامل خطرات ناشی از فاضلاب دارویی نیست (۵). حیدری و همکاران به این نتیجه رسیدند که برخی از آنتی‌بیوتیک‌ها در خروجی پساب تصفیه‌خانه متعارف فاضلاب وجود دارند (۶). با توجه به موارد مذکور، علاوه بر ارزیابی کمی و کیفی و تعیین معیار خطر، روش فرایندی با تکیه بر مجموعه‌ای

۱- کارشناس ارشد، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش جهاد کشاورزی، کرج، ایران

نویسنده مسؤول: حسن مردانی؛ کارشناس ارشد، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش جهاد کشاورزی، کرج، ایران

Email: hmardani98@gmail.com

از روش‌های کاربردی به منظور مدیریت فاضلاب دارویی ارایه شده است.

هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی و ارزیابی کمی و کیفی فاضلاب‌های شیمیایی و بیولوژیک در مراکز تحقیقاتی و تولیدی دارویی و تعیین معیار خطر برای این فاضلاب‌ها به منظور طبقه‌بندی آن‌ها و انتخاب و تعیین سیستم بی‌خطرسازی و دفع و در نهایت، ارایه برنامه و فرایند مدیریت فاضلاب در هنگام استقرار و بهره‌برداری از این صنایع بود.

گروه‌بندی و طبقه‌بندی فاضلاب‌های شیمیایی و میکروبی و تعیین معیار خطری که قابل استفاده و کاربرد در حوزه فعالیت‌های آزمایشگاهی باشد، در کنار به کارگیری معیارها و روش‌های اجرایی و قابل انجام مطابق با توانایی‌ها و امکانات منطقه‌ای برای مدیریت و دفع فاضلاب از طریق طراحی فرایند، از جمله مواردی است که در اهداف پژوهش حاضر مورد توجه قرار گرفت.

روش‌ها

شاخص‌های ضروری جهت دستیابی به اهداف مطالعه توصیفی- مقطعی حاضر، کمیت و کیفیت فاضلاب‌های آزمایشگاهی تولید شده در مراکز مورد بررسی در دو گروه شیمیایی و میکروبی بود. با توجه به این که هدف نهایی تحقیق، ارایه فرایند مناسب برای مدیریت فاضلاب بود، اطلاعات فوق در طراحی مراحل فرایندی نقش اصلی را خواهد داشت.

جهت جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های مناسب و قابل استفاده، اولین گام، شناسایی مراکز مورد مطالعه و سپس جمع‌آوری اطلاعات مورد نظر است. با توجه به تنوع اطلاعات مورد نیاز شامل مقدار کمی فاضلاب شیمیایی و میکروبی و میزان خطر فاضلاب‌های شیمیایی و میکروبی، چک‌لیست و فرم‌های مربوط به آن تهیه و اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری گردید. در جدول ۱ روش دستیابی به هر گروه از اطلاعات مورد نیاز ذکر شده است.

جدول ۱. روش دستیابی به اطلاعات مورد نیاز

نوع اطلاعات	روش
کمی شیمیایی	بررسی مقدار مصرف مواد اولیه و مطالعه فرایند کاری از طریق مشاهده و مصاحبه حضوری، تعیین میانگین مصرف آب با ثبت داده‌های کنتور
کمی میکروبی	محاسبه مقدار فاضلاب بهداشتی و شیمیایی و برآورد اختلاف آن‌ها
کیفی شیمیایی	اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی (SDS)
کیفی میکروبی	فرم ارزیابی خطر میکروبی

SDS: Safety data sheet

جهت دستیابی به اطلاعات کمی فاضلاب، از روش مصاحبه حضوری، مشاهده و بررسی فرایندهای تولیدی و تحقیقاتی و اطلاعات مصرف آب و بررسی اسناد و مدارک مصرف مواد اولیه استفاده شد. بدین‌ترتیب که ابتدا با استفاده از اطلاعات، مصرف آب ورودی و مصرفی در فعالیت‌های مختلف بهداشتی، شستشو، آب مصرفی در فراورده و... و نیز بررسی میزان مواد اولیه شیمیایی مصرف شده در فعالیت‌ها و فرایندهای تحقیقاتی و تولیدی و در نهایت، حجم فاضلاب خروجی هر مرکز که اطلاعات کمی فاضلاب را فراهم می‌کند، مشخص گردید.

جهت تعیین کیفیت فاضلاب شیمیایی تولید شده در مراکز آزمایشگاهی مورد بررسی و تعیین بی‌خطر یا خطرناک بودن آن‌ها از اطلاعات خطر هر یک از مواد شیمیایی مصرفی (قابلیت اشتعال، خورندگی، سمیت، واکنش‌پذیری، اکسیدکنندگی، محرک بودن و مضر برای سلامت) که در Safety data sheet (SDS) (اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی) قابل دسترسی است، استفاده شد. سپس هر فاضلاب که دارای یک یا چند ماده شیمیایی با مشخصه خطر بود، در گروه فاضلاب‌های خطرناک و بقیه در گروه فاضلاب‌های بی‌خطر قرار گرفتند (۷).

در مطالعه حاضر پیشنهاد شده است که جهت تعیین روش مدیریت فاضلاب آزمایشگاهی از نظر شیمیایی و تعیین روش دفع آن، طبقه‌بندی دیگری تحت عنوان «گروه دفع» انجام شود. بدین ترتیب، گروه‌های چهارگانه دفع برای طبقه‌بندی گروه دفع هر یک از مواد شیمیایی ایجاد و فاضلاب شیمیایی مراکز با توجه به خطر شیمیایی در یکی از گروه‌های دفع قرار می‌گیرد که در نهایت، تصمیم‌گیری برای تعیین روش دفع و نحوه مدیریت فاضلاب در این مراکز را مشخص می‌کند (۸، ۷).

جهت مشخص کردن کیفیت میکروبی فاضلاب آزمایشگاهی و خطرناک بودن و یا نبودن آن، ابتدا گروه خطر (Risk group) عوامل میکروبی موجود در فاضلاب، بر اساس مشخصات تعریف شده در راهنمای ایمنی زیستی سازمان جهانی بهداشت (۱) مشخص گردید و سپس با طراحی و تکمیل فرم ارزیابی خطر میکروبی (Microbiological Risk assessment یا MRA) که در شکل ۱ آورده شده است، سطح ایمنی زیستی هر یک از مراکز مشخص شد (۱). پس از تعیین سطح ایمنی زیستی مرکز، بر اساس جدول رهنمود توصیه شده در راهنمای مذکور که در جدول ۲ آورده شده است، یک معیار برای نیاز یا عدم نیاز به بی‌خطرسازی به دست آمد و بر این اساس، خطرناک بودن و یا نبودن فاضلاب تولید شده از نظر میکروبی مشخص و در خصوص آلودگی فاضلاب خروجی از نظر میکروبی تصمیم‌گیری گردید (۹).

پس از تعیین اطلاعات کمی و کیفی فاضلاب، با توجه به رهنمودها، مراحل فرایندی تدوین و فرایند مدیریت فاضلاب به صورت فلوچارت تهیه شد.

نام میکروارگانیسم	میزبان	بیماریزا برای انسان				بیماریزا برای حیوان				توانایی انتقال			وضعیت بیماری در ایران		برگشت به حالت بیماریزا			میزان تکثیر		پیش گیری مؤثر		درمان مؤثر		درجه میکروارگانیزم (Risk Group)	سطح ایمنی زیستی
		شدید (۴)	متوسط (۳)	ضعیف (۲)	غیر بیماریزا (۱)	شدید (۴)	متوسط (۳)	ضعیف (۲)	غیر بیماریزا (۱)	زیاد (۴)	متوسط (۳)	کم (۲)	اندمیک (۲)	غیر اندمیک (۳)	بسیار زیاد (۴)	متوسط (۳)	بسیار کم (۲)	آلوده (۳)	آزمایشگاهی (۳)	دارد (۲)	ندارد (۳)	دارد (۲)	ندارد (۳)		

شکل ۱. فرم ارزیابی خطر (۱)

جدول ۲. معیار نیاز یا عدم نیاز به بی‌خطرسازی فاضلاب میکروبی برای دفع در شبکه فاضلاب (۹، ۱)

سطح ایمنی زیستی آزمایشگاه	وضعیت آلودگی میکروبی و نیاز به پیش‌تصفیه
سطح ایمنی زیستی ۱	بی‌خطر، عدم نیاز به پیش‌تصفیه، تخلیه مستقیم به شبکه فاضلاب
سطح ایمنی زیستی ۲	کم‌خطر، عدم نیاز به پیش‌تصفیه، تخلیه مستقیم به شبکه فاضلاب
سطح ایمنی زیستی ۳	خطرناک، نیاز به پیش‌تصفیه (در آزمایشگاه یا خارج از آزمایشگاه) و تخلیه به شبکه فاضلاب پس از بی‌خطرسازی
سطح ایمنی زیستی ٤	خطرناک، نیاز به پیش‌تصفیه (در داخل آزمایشگاه)، تخلیه به شبکه فاضلاب پس از بی‌خطرسازی و تأیید بی‌خطرسازی تحت یک روش آزمایشگاهی معتبر

تحقیق حاضر که از نظر ماهیت از نوع مطالعات مدیریت سیستم بهداشتی می‌باشد، با استفاده از روش بیان شده طی مدت چهار ماه به انجام رسید. جامعه آماری شامل ۱۰ مرکز تحقیقاتی و تولیدی صنعتی- دارویی بیولوژیک بود که ماهیت فعالیت آزمایشگاهی داشتند. نتایج حاصل از بررسی کمی و کیفی فاضلاب شیمیایی و میکروبی و نتایج به دست آمده در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

نتایج بررسی کمی تولید فاضلاب شیمیایی در مراکز مورد بررسی نشان داد که در مجموع، مقدار فاضلاب شیمیایی تولید شده در این ۱۰ مرکز، ۱۹۵ لیتر بود که مقدار و درصد نوع خطر انواع مواد شیمیایی در فاضلاب شیمیایی کل مراکز در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳. مقدار و درصد نوع خطر فاضلاب شیمیایی کل مراکز مورد بررسی

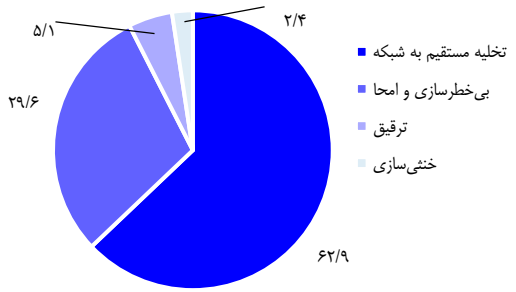
نوع خطر	مقدار (کیلوگرم در روز)	درصد
بی‌خطر	۱۵۵/٦	۷۹/۸
سمی	۸/۲	٤/۲
قابل اشتعال	۳/۳	۱/۷
واکنش‌زا	۰/۲	۱/۰
خورنده	۱٤/٦	۷/۵
محرک	۱۰/۹	۵/٦
مضر	۰/۲	۰/۱
اکسیدکننده	۰/۲	۰/۱
کل	۱۹۵	۱۰۰

در جدول ۴ گروه دفع مجموع پسماندهای شیمیایی کل مراکز به تفکیک روش دفع ارایه شده است.

جدول ۴. وضعیت گروه دفع مجموع پسماندهای شیمیایی مراکز

گروه دفع	مقدار (کیلوگرم در روز)
تخلیه مستقیم به شبکه فاضلاب	۱۵۱/۷
خنثی‌سازی و تخلیه به شبکه فاضلاب	۵/۸
ترقیق و تخلیه به شبکه فاضلاب	۱۲/۲
بی‌خطرسازی و امحا	۷۱/۵

درصد هر یک از پسماندهای شیمیایی به تفکیک روش دفع نیز در شکل ۲ نشان داده شده است.

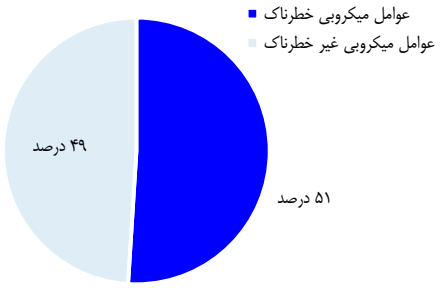


شکل ۲. درصد گروه دفع پسماندهای شیمیایی در کل مراکز مورد بررسی

نتایج به دست آمده از بررسی روش دفع پسماندهای شیمیایی نشان می‌دهد که حدود ۶۳/۰ درصد از پسماندهای شیمیایی مراکز مورد بررسی قابل دفع مستقیم به شبکه جمع‌آوری فاضلاب با رعایت شرایط تخلیه و پذیرش شبکه می‌باشند. همچنین، ۲/۴ درصد از پسماندها ترکیبات اسیدی یا بازی هستند که باید قبل از تخلیه نسبت به خنثی‌سازی آن‌ها اقدام نمود و ۵/۱ درصد از پسماندهای شیمیایی با ترقیق قابلیت تخلیه به شبکه جمع‌آوری فاضلاب را دارند. بقیه فاضلاب که چیزی در حدود ۲۹/۰ درصد می‌باشد، غیر قابل تخلیه به شبکه فاضلاب بود.

غیر از عوامل شیمیایی، عوامل میکروبی نیز می‌توانند عامل آلودگی فاضلاب خروجی به خصوص در آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی باشند. نتایج بررسی عوامل میکروبی و ارزیابی خطر میکروبیولوژیکی ۱۰ مرکز مورد بررسی نشان داد که ۷ مرکز از ۱۰ مرکز دارای فضاهایی با سطح ایمنی زیستی ۳ بودند. بنابراین، فاضلاب خروجی از این ۷ مرکز حاوی عوامل میکروبی با خطر بالا و خطرناک بود. در سه مرکز دیگر نیز فضاها در سطح ایمنی زیستی ۲ قرار داشتند که طبق معیارهای ذکر شده در جدول ۳، نیازی به بی‌خطرسازی فاضلاب آن‌ها از نظر میکروبی نمی‌باشد.

باتوجه به این که طبق بررسی و مصاحبه حضوری انجام شده، در هر یک از مراکز با انواع مختلفی از میکروارگانیسم‌ها و در مجموع، با ۵۷ میکروارگانیسم کار می‌شود، نتایج پژوهش و ارزیابی خطر تک‌تک عوامل میکروبی نشان داد که از ۵۷ عامل میکروبی، ۲۹ عامل در گروه خطر میکروبی ۳ و ۲۸ عامل در گروه خطر میکروبی ۲ قرار داشت. درصد خطرناک بودن یا نبودن عوامل میکروبی در مراکز مورد بررسی در شکل ۳ ارایه شده است.



شکل ۳. درصد خطرناک بودن یا نبودن عوامل میکروبی

بحث

از آن‌جایی که حدود ۷۰ درصد از فاضلاب شیمیایی این مراکز به صورت مستقیم و یا با تمهیداتی قابل تخلیه به شبکه فاضلاب شهری هستند، راهبرد استفاده از گزینه تخلیه فاضلاب به شبکه جمع‌آوری برای مدیریت فاضلاب این مراکز، تقویت می‌شود.

بقیه فاضلاب شیمیایی با مقدار میانگین حدود ۷۱/۵ کیلوگرم در روز و ماهیانه حدود ۲۱۴۵/۳۱ کیلوگرم قابل تخلیه به شبکه نخواهند بود که باید برنامه‌ریزی‌ها برای تصفیه و بی‌خطرسازی در محل یا استفاده از خدمات شرکت‌های ذی‌صلاح به روش برون‌سپاری انجام گیرد که این موضوع با نتایج Badawy و همکاران مبنی بر عدم کفایت روش‌های تصفیه متعارف برای مدیریت فاضلاب‌های دارویی (۴) منطبق می‌باشد.

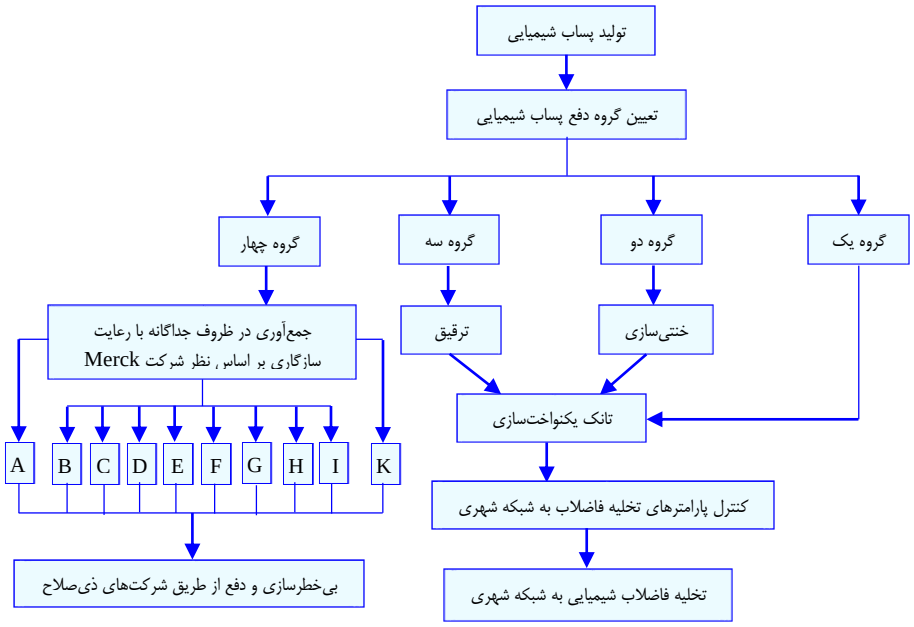
با توجه به این این که درصد قابل توجهی از فاضلاب‌های خروجی آلودگی میکروبی دارند، استفاده از سیستم‌های حرارتی یا شیمیایی برای بی‌خطرسازی فاضلاب خروجی الزامی است. از آن‌جایی که هیچ یک از مراکز در گروه سطح ایمنی زیستی ۴ قرار ندارند، میکروارگانیسمی با ویژگی گروه خطر ۴ نیز در فاضلاب خروجی وجود نخواهد داشت و به همین علت، استفاده از گزینه بی‌خطرسازی در محل یا خارج از محل برای آن دسته از فاضلاب‌هایی که نیاز به بی‌خطرسازی دارند، در خروجی فاضلاب به شبکه شهری قابل انجام است.

بر اساس مطالعات و نتایج به دست آمده، استفاده از تخلیه به شبکه شهری، مناسب‌ترین راهبرد برای دفع فاضلاب مراکز تولیدی تحقیقاتی دارویی می‌باشد. حدود یک سوم مقدار فاضلاب در این مراکز، آلوده به مواد شیمیایی و حدود نیمی از فاضلاب، دارای آلودگی میکروبی خاص هستند و نیاز به مدیریت ویژه دارند. Pal به این نتیجه رسید که روش‌های کلاسیک برای دفع فاضلاب‌های دارویی کارایی لازم را ندارند و به کارگیری روش‌های فرایندی و ترکیبی، با قابلیت کاربردی در شرایط فعلی کشور ما با شرایط ذیل ضروری است:

- اجزا و ساز و کارهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری لازم برای استقرار و اجرای برنامه مدیریت فاضلاب مشخص و نقش‌ها، مسؤولیت‌ها و منابع تعیین گردد.
- دستورالعمل‌های عملیات اجرایی (Standard operating procedure یا SOP) برای هر فعالیت در مراحل مختلف فرایند تدوین شود.
- برنامه آموزش کارکنان در سه سطح با توجه به نقش هر یک از سطوح با استفاده از روش‌های مختلف آموزشی برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان، کارشناسان و نیروهای خدماتی و افرادی که در مسأله جمع‌آوری و انتقال و دفع فاضلاب درگیر هستند، تدوین و اجرا شود.
- راهنمای حذف و کاهش فاضلاب برای حذف تولید فاضلاب خطرناک و جلوگیری از تولید فاضلاب بیشتر تدوین و اجرایی شود (۵).

نتیجه‌گیری

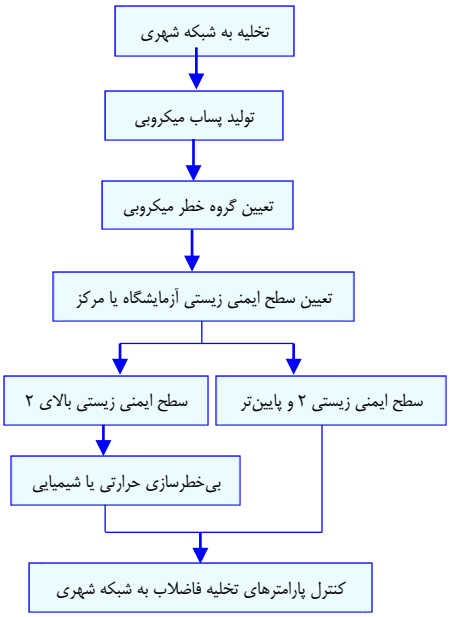
با توجه به طبقه‌بندی پیشنهادی برای فاضلاب شیمیایی و گروه‌بندی آن‌ها در گروه‌های دفع چهارگانه، فرایند شرح داده شده در شکل ۴ برای مدیریت پساب شیمیایی پیشنهاد می‌شود.



شکل ۴. فرایند مدیریت پساب شیمیایی

در این فرایند، پساب شیمیایی در چهار گروه دفع شامل پساب‌های شیمیایی قابل دفع مستقیم به شبکه فاضلاب، پساب‌های شیمیایی قابل دفع با ترقیق به شبکه فاضلاب، پساب‌های شیمیایی قابل دفع با خنثی‌سازی و سپس دفع به شبکه فاضلاب و پساب‌های شیمیایی که قابل دفع به شبکه فاضلاب نیستند، طبقه‌بندی می‌شوند. سه گروه اول در صورت لزوم با انجام پیش‌تصفیه تعریف شده به شبکه فاضلاب تخلیه می‌شوند و گروه چهارم طبق یک برنامه مدون و بر اساس روش پیشنهادی شرکت Merck، در مخازن ویژه جمع‌آوری و به صورت دوره‌ای جهت بی‌خطرسازی و دفع به شرکت‌های ذی‌صلاح ارسال می‌گردد (۱۰).

همان‌طور که در الزامات و استانداردهای مربوط به آزمایشگاه‌های تولیدی و تحقیقاتی ذکر شد، برای تعیین روش بی‌خطرسازی و دفع فاضلاب‌های خروجی از آزمایشگاه‌های مختلف، علاوه بر اطلاعات و مشخصات شیمیایی پساب، به اطلاعات عوامل میکروبی موجود در فاضلاب نیز نیاز می‌باشد. بر اساس بررسی و مطالعه انجام شده، فرایند شرح داده شده در شکل ۵ برای مدیریت فاضلاب آزمایشگاهی از نظر آلودگی میکروبی پیشنهاد می‌شود.



شکل ۴. فرایند مدیریت پساب میکروبی

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری و مساعدت کارشناسان، مسؤولان و رؤسای محترم واحدهای مختلف ۱۰ مرکز تولیدی و تحقیقاتی در حوزه صنعت دارو در استان البرز تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. World Health Organization. Safe management of wastes from health-care activities. Geneva Switzerland: WHO; 2014.
2. Naddafi K, Nabizadeh R, Hassanvand MS, Mesdaghinia AR, Yaghmaeian K, Momeniha F. Investigation of existing status of hazardous wastes management in central campus of Tehran University Medical Sciences, Iran. Iranian Journal of Health and Environment 2009; 2(3): 214-23. [In Persian].
3. Ghani M, Golbabaie F, Akbarzadeh Baghban AR, Aslani H, Moharamnejad N. Evaluation of solid waste management in the chemistry laboratories of Tehran Universities. Iranian Journal of Health and Environment 2011; 4(3): 351-62. [In Persian].
4. Badawy MI, Wahaab RA, El-Kalliny AS. Fenton-biological treatment processes for the removal of some pharmaceuticals from industrial wastewater. J Hazard Mater 2009; 167(1): 567-74.
5. Pal P. Treatment and disposal of pharmaceutical wastewater: Toward the sustainable strategy. Sep Purif Rev 2018; 47(3): 179-98.
6. Heydari M, Bina B, Ebrahimi A, Kazemipour M, Ansari M, Amin MM. A qualitative survey of five antibiotics in influent and effluent of a wastewater treatment plant in central plateau of Iran. hsr 2015; 10(1): 126-41.
7. Health Reference Laboratory. Laboratory waste disposal. Tehran, Iran: Ministry of Health and Medical Education; 2006. [In Persian].
8. Princeton University Environmental Health and Safety. Hazardous Waste Identification [Online]. [cited 20201]; Available from: https://ehs.princeton.edu/laboratory-research/sanitary-sewer-drain-disposal-list
9. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Center for Disease Control and Prevention, National Institutes of Health. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories. 6th ed. [Online]. [cited 2020 Jun]; Available from: URL: https://www.cdc.gov/labs/pdf/CDC-BiosafetyMicrobiologicalBiomedicalLaboratories-2020-P.pdf
10. Merck Group. Collection of Laboratory Waste [Online]. [cited 2013 May 3]; Available from: URL: https://www.merckmillipore.com/INTL/en/support/safety/chemical-waste/collection-of-lab-waste/rxub.qB.5hcAAAFCdtsXr75c,nav