



Research paper

(Received 29 Sep. 2025

Accepted 7 Dec. 2025)

Elucidating the Components of an Urban Waste Management Curriculum through Research Synthesis

Maryam Heidari¹, Esmail Salehi^{2*}, Ahmad Nohegar², Rezvan Hakimzadeh³, Alireza Bazargan⁴

¹ *Phd candidate in Environmental planning, Alborz Campus, university of tehran, Iran*

² *Professor. Faculty of environment. university of Tehran*

³ *Professor, Faculty of Psychology and Educational Sciences, university of Tehran*

⁴ *Assistant Professor, Faculty of environment, university of tehran*

Abstract

Considering the global waste crisis and the pivotal role of education in promoting sustainable urban behaviors, identifying and elucidating the components of an urban waste management curriculum appears essential. Accordingly, the present study aimed to identify and clarify the components of an urban waste management curriculum. This study is a qualitative inquiry of the synthesis type (meta-aggregation). The main approach of the research was based on an inductive content analysis framework and Sandelowski and Barroso's seven-stage model, including question formulation, systematic literature review, search and selection of articles, data extraction, analysis and synthesis of findings, quality control, and presentation of results. The study population consisted of all domestic and international studies published between 1995 and 2025, retrieved from reputable databases such as SID, MagIran, CIVILICA, ProQuest, ERIC, Sage, Elsevier, and Google Scholar. After screening and assessing the quality of articles using the CASP tool, 48 high-quality studies were ultimately selected for analysis. The findings indicated that the urban waste management curriculum is based on four main layers: the outer layer (policy and culture), encompassing alignment with laws, regulations, and public culture; the structural layer (management and technology), emphasizing infrastructure, resource management, and innovative technologies; the educational layer (learning and empowerment), focusing on practical skills training, social participation, and enhancing students' responsibility; and the core layer (specialized knowledge and innovation), addressing specialized processes, management of specific wastes, and innovations based on the circular economy. The results of this study not only provide a layered model for designing an urban waste management curriculum but also offer an operational framework for implementation in schools and educational settings.

Keywords: Curriculum, Urban Waste Management, Research Synthesis, Environmental Education

*Corresponding Author: Esmail Salehi

Email: tehranssaleh@ut.ac.ir

Phone: 02161113587

Doi: 10.48306/juem.2025.552820.1117



مقاله پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۰

تبیین مولفه های برنامه درسی مدیریت پسماند شهری با استفاده از سنتز پژوهی

مریم حیدری^۱، اسماعیل صالحی^{۲*}، احمد نوحه گر^۳، رضوان حکیم زاده^۳، علیرضا بازارگان^۴

^۱ دانشجوی دکتری برنامه ریزی محیط زیست پردیس البرز دانشگاه تهران

^۲ استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

^۳ استاد دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران

^۴ استادیار دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

چکیده

با توجه به بحران جهانی پسماند و نقش آموزش در ارتقای رفتارهای پایدار شهری، شناسایی و تبیین مؤلفه‌های برنامه درسی مدیریت پسماند شهری امری ضروری به نظر می‌رسد. در همین راستا پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تبیین مؤلفه‌های برنامه درسی مدیریت پسماند شهری انجام شد این مطالعه در زمره تحقیقات کیفی از نوع سنتز پژوهی (فرا ترکیب) قرار می‌گیرد. رویکرد اصلی پژوهش مبتنی بر الگوی تحلیل محتوای استقرایی و چارچوب هفت مرحله‌ای سندلوسکی و بارسو شامل تنظیم سؤال، بررسی نظام‌مند متون، جستجو و انتخاب مقالات، استخراج اطلاعات، تحلیل و ترکیب یافته‌ها، کنترل کیفیت و ارائه نتایج بود. جامعه پژوهش شامل کلیه مطالعات داخلی و خارجی در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۵ بود که از طریق پایگاه‌های معتبری همچون اس آی دی، مگ‌ایران، سیویلیکا، پروکوئست، اریک، سیج، الزویر و گوگل اسکالر بازیابی شدند. پس از غربال‌گری و ارزیابی کیفیت مقالات با استفاده از شاخص CASP، در نهایت ۴۸ مطالعه با کیفیت مطلوب برای تحلیل انتخاب گردید. یافته‌های پژوهش نشان داد که برنامه درسی مدیریت پسماند شهری بر چهار لایه اصلی استوار است: لایه بیرونی (سیاست و فرهنگ) شامل هماهنگی با قوانین، مقررات و فرهنگ عمومی؛ لایه ساختاری (مدیریت و فناوری) با تأکید بر زیرساخت‌ها، مدیریت منابع و فناوری‌های نوین؛ لایه تربیتی (یادگیری و توانمندسازی) که بر آموزش مهارت‌های عملی، مشارکت اجتماعی و ارتقای مسئولیت‌پذیری دانش‌آموزان متمرکز است؛ و لایه هسته‌ای (دانش تخصصی و نوآوری) که به فرآیندهای تخصصی، مدیریت پسماندهای خاص و نوآوری‌های مبتنی بر اقتصاد چرخشی می‌پردازد. نتایج این مطالعه علاوه بر ارائه مدلی لایه‌ای برای طراحی برنامه درسی مدیریت پسماند، چارچوبی عملیاتی برای پیاده‌سازی در مدارس و محیط‌های آموزشی فراهم می‌سازد.

کلمات کلیدی: برنامه درسی، مدیریت پسماند شهری، سنتز پژوهی، آموزش محیط‌زیست

۱- مقدمه

رشد جمعیت و شهرنشینی منجر به افزایش قابل توجه زباله‌های جامد شده و مدیریت پسماند شهری به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های حیاتی محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی در سراسر جهان تبدیل شده است [۱ و ۲]. در تبیین این مساله شرایط نوین موجب افزایش بی‌سابقه تولید زباله شده و پیامدهای نامطلوبی بر محیط زیست و سلامت عمومی جوامع به همراه داشته است. مقابله با این مسئله نیازمند رویکردی چندبعدی است که در آن، برنامه‌های آموزشی و ارتقای آگاهی عمومی نقش‌های کلیدی در ترویج شیوه‌های پایدار مدیریت پسماند ایفا می‌کنند. یکی از مهم‌ترین چالش‌های مورد توجه در به کارگیری اصول پایداری در راستای مدیریت پسماند جامد، رشد نمایی تولید پسماند و شیوه‌های نامناسب دفع آن می‌باشد [۹-۳]. مدیریت پسماند جامد در صورت عدم کارآمدی در هر مرحله اعم از برنامه‌ریزی تا جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، انتقال، جداسازی و بازیافت یا دفع، می‌تواند خطرات متعددی برای سلامت انسان و محیط‌زیست ایجاد کند [۱۰، ۱۱]. مطالعات نشان می‌دهند در حال حاضر هیچ کشوری به طور کامل با مفاهیم سلسله مراتب مدیریت پایدار پسماند مطابقت نداشته و حتی کشورهای توسعه یافته نیز در کاهش تولید پسماند در مبداء و ایجاد بازار برای بازیافت به صورت عملی شکست خورده اند [۱۲].

بر اساس روش‌ها و رویکردهای پردازش موجود، برای همگام شدن با رشد سریع آسیب‌های محیط زیستی موجود سزعت بازیافت نیازمند افزایش بوده و در این راستا، دستیابی به روند مثبت و مطلوب، چالش برانگیز به نظر می‌رسد [۱۳]. یکی از تحولات بنیادین در تاریخ مدیریت پسماند، شکل‌گیری مفهوم سلسله‌مراتب پسماند است که به عنوان رویکردی در چارچوب توسعه پایدار مطرح شده است [۱۴]. با توجه به این مفهوم، اقدامات مدیریت پسماند بر اساس میزان اولویت و مطلوبیت طبقه‌بندی می‌شوند. در این مدل، جلوگیری از تولید پسماند بیشترین ارجحیت را داشته و دفن به‌عنوان کم‌ارزش‌ترین اقدام شناخته می‌شود. این چارچوب، مبنای اصلی سیاست‌گذاری‌های معاصر مدیریت پایدار پسماند جامد به‌شمار می‌رود [۱۵].

این رویکرد، که از منظری دیگر با عنوان (3Rs) و به معنای کاهش، استفاده مجدد و بازیافت پسماند شناخته می‌شود [۱۶، ۱۷، ۱۲]، به مرور به مدل‌های جامع‌تری چون (9Rs) توسعه یافته است که شامل مفاهیمی چون بازاندیشی، امتناع، تعمیر، و بازتولید نیز می‌گردد [۱۸]. در این چارچوب، استراتژی‌های مؤثر مدیریت پسماند با تغییر در الگوهای تولید و مصرف آغاز شده و اولویت با اقداماتی است که مانع تولید پسماند می‌شوند. در صورتی که پسماند تولید شود، اقدامات بعدی نظیر استفاده مجدد، بازیافت و بازیابی انرژی در اولویت قرار گرفته و در نهایت، دفن بهداشتی به‌عنوان آخرین گزینه در نظر گرفته می‌شود [۱۹]. اجرای موفق این مدل، نیازمند تفکیک صحیح پسماند و وجود زیرساخت‌های مناسب است. در این میان، آموزش محیط‌زیستی و به طور خاص آموزش پسماند می‌تواند نقشی حیاتی در آگاه‌سازی و همراه‌سازی جوامع در باب این مهم، ایفا نماید.

آموزش برای توسعه پایدار یکی از مفاهیم کلیدی در برنامه‌های آموزشی محیط‌زیست است که به‌صورت رسمی توسط یونسکو تبیین شده است. هدف این رویکرد، توانمندسازی افراد برای مشارکت آگاهانه، مسئولانه و مؤثر در مواجهه با چالش‌های محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی می‌باشد. یکی از مهم‌ترین اسناد بین‌المللی در زمینه آموزش محیط‌زیست، بیانیه تفلیس است که در سال ۱۹۷۷ در کنفرانسی با مشارکت یونسکو و برنامه محیط‌زیست سازمان ملل در شهر تفلیس، گرجستان صادر شد. این بیانیه به‌عنوان نقطه عطفی در تاریخ آموزش محیط‌زیست، بر لزوم گنجاندن آن در تمامی سطوح آموزش رسمی و غیررسمی تأکید دارد. در این بیانیه، آموزش محیط‌زیست با هدف پرورش نسلی آگاه و مسئول در برابر مسائل زیست‌محیطی طراحی شده است و پنج هدف اصلی را دنبال می‌کند. نخست، آگاهی که به افزایش حساسیت افراد نسبت به محیط‌زیست و شناخت اهمیت حفاظت از آن اشاره دارد. دوم، دانش که شامل درک مفاهیم، فرایندها و چالش‌های محیط‌زیستی در سطوح محلی و جهانی است. سوم، نگرش که به پرورش ارزش‌ها، انگیزه‌ها و احساس مسئولیت در قبال محیط‌زیست می‌پردازد. چهارم، مهارت که توانایی تحلیل، تصمیم‌گیری و اقدام مؤثر برای حل مشکلات زیست‌محیطی را در افراد تقویت می‌کند. و در نهایت، مشارکت که بر درگیر شدن فعالانه افراد و جوامع در فعالیت‌های حفاظت و بهبود محیط‌زیست تأکید دارد. این پنج هدف، چارچوبی جامع برای تربیت شهروندان محیط‌زیستی آگاه، توانمند و متعهد فراهم می‌سازند [۲۰].

¹ Reduce, Reuse, Recycle

² Refuse, Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle

بر اساس سند اهداف یادگیری آموزش برای توسعه پایدار یونسکو، آموزش اثربخش در این حوزه باید منجر به تقویت مجموعه‌ای از شایستگی‌های کلیدی شود که فراگیران را برای اتخاذ تصمیمات آگاهانه و اقدامات پایدار تجهیز می‌کند [۲۱]. این شایستگی‌ها شامل تفکر سیستمی برای درک تعاملات پیچیده محیطی، اجتماعی و اقتصادی [۲۲]، تفکر آینده‌نگر برای پیش‌بینی پیامدهای بلندمدت [۲۳]، تفکر انتقادی برای تحلیل ارزش‌ها و بازاندیشی نسبت به باورهای موجود [۲۴]، خودآگاهی برای شناخت نقش فردی در فرآیند پایداری [۲۲]، حل مسئله‌ی یکپارچه با استفاده از دانش و مهارت‌های متنوع [۲۳]، همکاری برای رسیدن به اهداف جمعی [۲۱]، و مسئولیت‌پذیری در قبال تأثیرات رفتار فردی است [۲۴]. این شایستگی‌ها در مدیریت پسماند خانگی نیز کاربرد عملی دارند؛ از جمله می‌توان به درک پیوند بین تولید زباله و سلامت خانواده، پیش‌بینی اثرات مصرف بی‌رویه پلاستیک، بازنگری الگوهای مصرف، ایفای نقش فعال در کاهش تولید پسماند، طراحی راهکارهای خلاقانه برای استفاده مجدد و بازیافت، همکاری خانوادگی و اجتماعی در زمینه مذکور و نیز پذیرش مسئولیت آموزش دیگران اشاره کرد [۲۵]. مطالعات اخیر نیز بر اهمیت یادگیری تحول‌ساز در آموزش محیط زیست تأکید می‌کنند که فراتر از کسب دانش، به ایجاد رفتارهای محیط زیستی و تقویت تفکر انتقادی در این راستا منجر می‌شود [۲۹-۲۶].

هینز، هانگرفورد و تومرا [۳۰]، در پژوهشی در سال ۱۹۸۷ دریافتند که آموزش محیط‌زیست فراتر از انتقال صرف اطلاعات است و باید شامل درکی کاربردی از مسائل محیط‌زیستی، شناخت دقیق راهکارهای مقابله با این مسائل، توانایی تصمیم‌گیری مناسب، و همچنین دارا بودن نگرش‌های مناسب باشد که افراد را به مراقبت و توجه نسبت به وضعیت محیط‌زیست سوق دهد. اجیبویه و آجیتونی [۳۱]، نیز در سال ۲۰۰۸ در پژوهشی تأکید کرده‌اند که آموزش مؤثر محیط‌زیستی باید مبتنی بر راهبردهایی مانند یادگیری برنامه‌ریزی‌شده، متمرکز، تجربی، مشارکتی، آینده‌نگر و انباشتی باشد. از نظر آنان، همه افراد باید به فرصت‌های یادگیری در زمینه محیط‌زیست دسترسی داشته باشند. این یادگیری می‌تواند بر مبنای آموزشی باشد که بتواند به بهبود وضعیت محیط زیست، برنامه‌ریزی بهتر جوامع، شکوفایی اقتصادی و حتی ارتقای سلامت انسانی منجر شود و کاملاً دارای اصولی باشد. اصولی که از اهداف قابل دستیابی آموزش محیط‌زیست می‌باشند. به‌طور کلی، هدف اصلی آموزش محیط‌زیست، دستیابی به سواد محیط زیستی است. سوادی که فراتر از انتقال صرف اطلاعات بوده و شامل درک کاربردی از مسائل محیط‌زیستی، شناخت دقیق راهکارهای مقابله با آن‌ها، توانایی تصمیم‌گیری مناسب، و داشتن نگرش‌هایی است که افراد را نسبت به شرایط محیط‌زیست حساس و متعهد می‌سازد [۳۲].

یکی از ملزومات آموزش اصولی محیط زیست برنامه درسی محیط زیست می‌باشد. برنامه درسی محیط زیست مفهومی گسترده است که حوزه‌های مختلفی چون آموزش تغییر اقلیم، حفاظت از منابع طبیعی، تنوع زیستی، آلودگی‌ها و پسماند را دربرمی‌گیرد. آموزش پسماند یکی از زیرمجموعه‌های مهم در این عرصه است که بر تغییر رفتار و نگرش افراد در قبال تولید و دفع پسماندها تمرکز دارد [۲۶].

آموزش پسماند به آموزش مفاهیم و مهارت‌های مرتبط با کاهش تولید زباله، تفکیک از مبدأ، بازیافت که موجبات کاهش دفن پسماند را فراهم می‌آورد گفته می‌شود. در این بین برنامه درسی پسماند نیز یکی از زیرمجموعه‌های مهم در این عرصه است که بر اهدافی مانند افزایش آگاهی و تغییر رفتار و نگرش افراد در قبال تولید و دفع پسماندها تمرکز دارد. از سوی دیگر لزوم به کارگیری تکنولوژی‌های آموزشی جدید در طراحی برنامه درسی بر مبنای دانش روز از اهمیت بالایی برخوردار است. این مهم به هماهنگی در امر آموزش اعم از آموزش رسمی و غیررسمی کمک شایانی می‌کند. برنامه درسی، به‌عنوان نقشه‌ای راهبردی در فرایند تعلیم و تربیت، تعیین‌کننده اهداف، محتوا، روش و سازوکارهای ارزشیابی می‌باشد و مسیر آموزش را از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب هدایت می‌نماید [۳۳]. به بیان دیگر، طراحی برنامه درسی پسماند با تأکید بر یادگیری مشارکتی و فعالیت‌محور می‌تواند تأثیر مثبتی بر آگاهی و رفتار محیط‌زیستی فراگیران داشته باشد [۳۴].

اسکالتز و همکاران [۳۵]، در پژوهشی در سال ۱۹۹۵ در قالب یکی از مقالات غنی در حوزه بین رشته‌ای روانشناسی و محیط زیست بیان می‌دارند که عوامل مؤثر بر رفتار بازیافت شامل دو دسته عوامل فردی و موقعیتی می‌باشند. این مطالعه تأکید دارد که رفتار بازیافت تنها در صورت فراهم بودن هم‌زمان بستر روان‌شناختی و شرایط محیطی قابل تحقق و تداوم است. این چارچوب نظری برای آموزش با هر جامعه هدفی در زمینه مدیریت پسماند کاربرد مستقیم دارد و بیان می‌دارد که آموزش‌هایی که هم‌زمان بر آگاهی‌بخشی، تقویت حس توانمندی، ایجاد حس مسئولیت فردی، و بهبود شرایط عملی و اجرایی تمرکز دارند، می‌توانند رفتارهای محیط‌زیستی پایدار در زمینه کاهش تولید پسماند و بازیافت ایجاد کنند.

در مطالعه‌ای در دو جامعه از ملل نخست کانادا در سال ۲۰۲۵ مشاهده شد که بهره‌گیری از شیوه‌های یادگیری بومی شامل مشارکت در برنامه‌های محلی، گفت‌وگوهای خانوادگی، ارتباط با سالمندان و شرکت در مراسم سنتی، نقش محوری در ارتقاء نگرش‌ها و رفتارهای مرتبط با مدیریت پسماند دارد. در این پژوهش پیشنهاد می‌شود، برنامه‌های آموزشی مدیریت پسماند باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که با بافت فرهنگی و الگوهای یادگیری محلی هماهنگ بوده و عناصر بومی نظیر داستان‌گویی و مشارکت سالمندان را نیز در برگیرند. بدین ترتیب، آموزش مبتنی بر فرهنگ می‌تواند راهکاری مؤثر برای تغییر رفتارهای مرتبط با مدیریت پسماند، به‌ویژه در آموزش‌های غیر رسمی باشد [۳۶].

لی و همکاران [۳۷] در پژوهش خود در سال ۲۰۲۴ بیان می‌دارند که آموزش تخصصی در زمینه پسماند به ویژه آموزش مهارت‌های عملی در تفکیک، کاهش و بازیافت پسماند تأثیر چشم‌گیرتری نسبت به آموزش‌های عمومی محیط زیستی در افزایش آگاهی و دانش فراگیران داشته و نقش مهمی در ارتقاء نیت و رفتار ایشان ایفا می‌کند. یوزوآک و ارتن [۳۴] در مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۲ نشان دادند که با وجود اجرای پروژه‌ای درباره مدیریت پسماند، تنها ۵۶/۶٪ از مدرسان با این مفهوم آشنایی داشتند [۳۴]. به‌طور مشابه، کاراتکین و مری در سال ۲۰۱۵ گزارش کردند که اگرچه برخی مدرسان دارای اطلاعاتی در مورد مدیریت پسماند هستند، اما آمادگی عملی کافی برای تفکیک پسماند ندارند [۳۵].

برنامه جهانی مدارس محیط زیستی نیز یکی از ساختارمندترین و اثربخش‌ترین الگوها در آموزش محیط‌زیستی به شمار می‌رود که در آن آموزش کاهش پسماند نه تنها به عنوان یک موضوع خاص، بلکه به عنوان فرایندی عملی و میان‌رشته‌ای در تدریس گنجانده می‌شود. هم چنین در این برنامه بر لزوم آموزش مبتنی بر برنامه درسی تأکید شده است. [۳۸]. سلیمان پور عمران و همکاران [۳۹] در سال ۱۳۹۲ در پژوهشی با هدف بررسی وضع موجود آموزش محیط زیست در ایران به تحلیل محتوای کتاب‌های درسی زیست‌شناسی، شیمی و جغرافیا دوره متوسطه پرداخته و دریافتند که دانش، نگرش و مهارت محیط زیستی به طور نامتوازن توجه شده است و به بعد شناختی محیط زیستی بیش از حیطه نگرشی و مهارتی توجه شده است.

پژوهش انجام شده توسط شبیری و همکاران [۴۰] در سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که بازی‌های آموزشی می‌توانند مقدار یادگیری کودکان پسر در مقطع پیش دبستانی درباره مفاهیم بازیافت پسماند و استفاده مجدد را افزایش دهند. کریمی و همکاران [۴۱] در پژوهش خود در سال ۱۳۹۶ به طراحی برنامه درسی محیط زیست برای دوره تحصیلی ابتدایی ایران پرداختند. ایشان مولفه‌های اساسی برنامه درسی آموزش محیط زیست را در پنج بخش مبانی، اهداف، محتوا، روش تدریس و روش ارزشیابی مشخص نمودند.

بنابر آنچه بیان شد به نظر می‌رسد لازمست برنامه درسی پسماند به صورت مجزا و تخصصی طراحی شده و مدرسان این حوزه نیز نیازمند کسب دانش و مهارت کافی در زمینه مدیریت پسماند جامد می‌باشند. زیرا کمبود آگاهی مدرسان درباره این موضوع، یکی از دلایلی است که موجب می‌شود فراگیران معمولاً در مدیریت پسماند مشارکت نداشته باشند [۴۲]. با وجود رشد چشمگیر مطالعات در حوزه مدیریت پسماند و تأکید گسترده بر آموزش محیط‌زیستی، هنوز خلأهای جدی در بازنمایی و تلفیق یافته‌های پژوهشی در قالب یک چارچوب منسجم برنامه درسی مشاهده می‌شود. بسیاری از پژوهش‌ها یا صرفاً به جنبه‌های فناورانه و فنی مدیریت پسماند پرداخته‌اند، یا در سطح آگاهی‌بخشی عمومی متوقف مانده و کمتر به طراحی ساختارمند برنامه‌های درسی با اهداف، محتوا، روش‌های یاددهی - یادگیری و ارزشیابی پرداخته‌اند. این پراکندگی معرفتی موجب شده است که در عمل، آموزش‌های مرتبط با مدیریت پسماند نتوانند به تغییر پایدار نگرش‌ها و رفتارهای فردی و جمعی منجر شوند. همچنین، در حوزه نظریه‌پردازی، تبیین شایستگی‌های کلیدی مورد انتظار از فراگیران در زمینه مدیریت پسماند، همچون تفکر سیستمی، آینده‌نگری و مسئولیت‌پذیری محیط‌زیستی، غالباً به صورت جزئی و غیرنظام‌مند مطرح شده و انسجام کافی برای هدایت فرآیند برنامه‌ریزی درسی ایجاد نکرده است. این شرایط بیانگر آن است که تنها از رهگذر یک مطالعه تلفیقی و مبتنی بر مرور انتقادی و نظام‌مند پیشینه‌ها می‌توان به درکی جامع از مولفه‌های بنیادین برنامه درسی مدیریت پسماند شهری دست یافت.

در این میان، سنتز پژوهی به‌عنوان رویکردی کلان‌نگر و فراتر از مروری توصیفی، ابزار قدرتمندی برای تحلیل انتقادی، یکپارچه‌سازی و بازآفرینی دانش موجود فراهم می‌آورد. کاربست این روش نه تنها امکان شناسایی هم‌پوشانی‌ها و تمایزات میان رویکردهای آموزشی را فراهم می‌سازد، بلکه مسیر استخراج مولفه‌های ضروری و طراحی چارچوبی منسجم و مبتنی بر شواهد برای برنامه درسی پسماند را نیز هموار می‌نماید. این مطالعه به عنوان اولین پژوهش در این حوزه با این الگو و روش‌شناسی اجرایی در زمینه متغیرهای مورد بررسی پژوهش است و خروجی چنین پژوهشی، از یک سو می‌تواند به تدوین برنامه‌های درسی کارآمد در سطوح رسمی و غیررسمی آموزش

محیط‌زیست منجر شود و از سوی دیگر، با پر کردن شکاف‌های دانشی و کاربردی، به همگرایی سیاست‌گذاری‌های کلان با نیازهای آموزشی و فرهنگی جوامع کمک کند. بدین ترتیب، این مطالعه نه تنها خلأ نظری در حوزه آموزش مدیریت پسماند را برطرف می‌سازد، بلکه در عمل، با ارتقای سواد محیط‌زیستی و توانمندسازی فراگیران، نقش مهمی در تحقق اهداف توسعه پایدار و کاهش بحران‌های محیط‌زیستی ایفا خواهد نمود.

۲- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در زمره تحقیقات سنتزپژوهی (فرا ترکیب) می باشد که الگوی تحلیل محتوایی استقرایی را پیاده می نماید. روش سنتزپژوهی به‌عنوان یکی از رویکردهای معتبر در پژوهش‌های کیفی، با هدف ترکیب نظام‌مند و تفسیر یکپارچه‌ی یافته‌های مطالعات پیشین به‌کار می‌رود تا تصویری جامع و تبیینی از پدیده مورد مطالعه ارائه نماید [۴۳]. در این روش، پژوهشگر به‌جای جمع‌آوری داده‌های اولیه، به تحلیل عمیق پژوهش‌های موجود می‌پردازد و از طریق مقایسه، تلفیق و تفسیر مضامین مشترک، چارچوب مفهومی یا نظری جدید را بازسازی می‌کند [۴۴].

جهت بررسی و دستیابی به پاسخ سوال تحقیق از روش سندلوسکی و بارسو (۲۰۰۷) استفاده شده است. این روش دارای ۷ مرحله : ۱- تنظیم سوال پژوهش، ۲- بررسی نظام مند متون، ۳- جستجو و انتخاب مقالات مناسب، ۴- استخراج مطالب، ۵- تجزیه و تحلیل و ترکیب یافته‌های کیفی، ۶- کنترل کیفیت، ۷- ارائه یافته‌ها به شرح ذیل می‌باشد. دیاگرام اجرایی روش انجام پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- دیاگرام اجرایی روش انجام پژوهش

گام اول: تنظیم سوال پژوهش

سوال این تحقیق در دو بخش چه چیزی و چه زمانی طراحی می شود. بر همین اساس سوال این تحقیق به شرح زیر می باشد: مولفه های برنامه درسی مدیریت پسماند شهری با استفاده از سنتز پژوهی شامل چه مواردی است؟ از منظر زمانی سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۵ هدف پژوهش حاضر قرار گرفتند.

گام دوم: بررسی نظام مند متون

در مرحله دوم در راستای استخراج مبانی نظری و پژوهشی مطالعه حاضر در ابتدا با انتخاب واژه های کلیدی مناسب به جستجو در بانک های داده و مطالعات پیشین انجام شده در باب موضوع پرداخته و پس از جستجو، کلیه مقاله های چاپ شده نشریات و کنفرانس های معتبر و متون دارای اعتبار در پایگاه های داده داخلی اس.آی.دی، مگ ایران، سیویلیکا، علم نت، انسانی، نورمگز و بین المللی پروکوست، اریک، ساینس دایرکت (الزویر)، گوگل اسکالر، تیلور و فرنسیس بر اساس کلمات کلیدی منتخب، مورد بررسی قرار گرفتند. فرایند جستجو بر پایه معیار ورود، شامل وجود کلیدواژه ها در عنوان، چکیده، واژگان کلیدی یا متن کامل مقالات انجام گرفت؛ چرا که این امر نشان دهنده میزان همبستگی منابع با موضوع تحقیق محسوب می شود. همچنین، بازیابی اسناد از طریق به کارگیری عملگرهای منطقی (NOT, OR, AND و " ") صورت گرفت. به این ترتیب، در مطالعات بین المللی کلیدواژه های مرتبط شامل آموزش محیط زیست، برنامه درسی محیط زیست، آموزش مدیریت پسماند، آموزش بازیافت و برنامه درسی مدیریت پسماند با استفاده از این عملگرها در پایگاه های داده، مورد جستجو و پالایش قرار گرفتند. دامنه زمانی در نظر گرفته شده برای جستجو، مقالات فارسی سال های ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۴ و برای مقاله های لاتین از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۵ می باشد.

گام سوم: جستجو و انتخاب مقالات

در این مرحله، جستجو و انتخاب مقالات به صورت نظام مند و مرحله به مرحله انجام شد تا منابع علمی مرتبط با آموزش و برنامه درسی مدیریت پسماند با دقت شناسایی شوند. در ابتدا عناوین مقالات مورد بررسی قرار گرفتند و آن دسته از منابعی که با اهداف و سؤال پژوهش هم خوانی نداشتند کنار گذاشته شدند. در گام بعد، چکیده ی مقالات باقی مانده مطالعه شد تا میزان ارتباط محتوایی آن ها با موضوع پژوهش مشخص گردد. پس از این مرحله، متن کامل مقالات منتخب به صورت دقیق مطالعه و تحلیل شد تا اطمینان حاصل شود تمرکز آن ها بر آموزش، برنامه درسی در حوزه مدیریت پسماند است. این فرایند بازبینی تدریجی سبب شد تنها آن دسته از پژوهش ها حفظ شوند که از نظر روش شناسی و محتوایی بیشترین انطباق را با اهداف مطالعه داشتند و داده های لازم برای انجام فراترکیب در زمینه برنامه درسی آموزش مدیریت پسماند را فراهم می کردند.

گام چهارم: استخراج اطلاعات مقاله

کلیه مقالات منتخب بر اساس نوع روش های مورد بررسی طبقه بندی گردیدند و مطالعات دارای شرایط مشابه در یک گروه قرار گرفتند. مقالات منتخب به سه دسته تقسیم گردیدند: ۱- مقالاتی که تعریفی نو از مساله ارائه داده اند. ۲- مدل های جدید را ارائه نموده اند. ۳- الگوی بهسازی در این زمینه ارائه کردند.

گام پنجم: تجزیه و تحلیل و تلفیق یافته های کیفی

در مرحله پنجم، به تمرکز بر استخراج داده ها و کدگذاری نظام مند اطلاعات از منابع منتخب پرداخته می شود [۴۵]. به منظور تحلیل کیفی، داده ها به شیوه دستی و با رویکرد تحلیل مضمون کدگذاری انجام شده و نیز در فرایند کدگذاری، ابتدا مفاهیم پایه از هر مطالعه استخراج و ملاک ها و نشانگرهای هر سطح ارائه شد. اعتبار فرایند کدگذاری نیز از طریق مرور مکرر داده ها تضمین می گردد. در این پژوهش در این مرحله به شناسایی الگوها و مؤلفه های مشترک در برنامه درسی آموزش مدیریت پسماند پرداخته شده است.

گام ششم: حفظ کنترل کیفیت

در این بخش روش‌های مختلفی جهت حفظ کنترل کیفیت پیشنهاد شده است و در این تحقیق تشریح مضامین و توصیفات روش و نیز ارزیابی بر اساس ابزار بررسی^۱ CASP مهمترین موارد کنترل کیفیت بوده است. برای بررسی کیفیت اسناد مورد بررسی در این زمینه از CASP استفاده شد. این شاخص به محقق کمک می‌کند تا اعتبار، دقت و کیفیت محتوای کیفی مورد نظر را بررسی و تحلیل نمایند. این شاخص دارای چند سوال است که محقق برای هر سوال در شاخص‌های مورد نظر نمره دهی می‌کند. بنابراین با جمع امتیازات مجموع هر پژوهش کیفیت هر مقاله را بررسی و تحلیل می‌نماید. بر اساس مقیاس ۵۰ امتیاز CASP سیستم امتیازبندی مطرح می‌شود؛ نمرات بیشتر از ۳۰، بالاتر از خوب ارزیابی می‌شود و سایر مقالات حذف می‌گردد. امتیازات داده شده برابر با عالی (۴۱-۵۰)، خیلی خوب (۳۱-۴۰)، خوب (۲۱-۳۰)، متوسط (۱۱-۲۰) و ضعیف (۰-۱۰) به شرح جدول ۱ انجام می‌شود.

جدول ۱- ابزار CASP برای ارزیابی کیفیت مطالعه حاضر

CASP	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب	عالی
اهداف تحقیق					
منطق روش					
طرح تحقیق					
نمونه برداری					
جمع آوری داده‌ها					
انعکاس پذیری					
ملاحظات اخلاقی					
دقت تحلیل					
بیان روشن یافته‌ها					
ارزش تحقیق					

ارزیابی مقالات توسط سه نفر مرورگر، مستقل انجام شد و در صورت وجود اختلاف، مقاله توسط نفر سوم مورد بررسی قرار می‌گرفت. سپس از بین مقالاتی که اصول علمی آنها تأیید شده بود مقالات دارای اعتبار بالا انتخاب شد؛ در صورت فقدان چنین مقالاتی، مقالات با اعتبار متوسط انتخاب گردید. در این مرحله نیز دلایل عدم انتخاب بقیه مقالات مشخص شده و ثبت گردید.

۳- یافته‌ها

پس از امتیازبندی مورد نظر برای هر مقاله بر اساس ۱۰ ملاک مورد نظر و ۱۲۹ مقاله باقی مانده مورد بررسی قرار گرفتند که از این تعداد ۴۸ مطالعه نمره بالای ۳۰ را گرفتند و حائز ویژگی‌های ورود به تحقیق شدند. در ادامه اطلاعات کلیدی شامل عنوان مقاله، نویسندگان، سال انتشار و یافته‌های کلیدی در جدولی ساختاریافته گردآوری شده است. در جدول ۱ نحوه ارزیابی کیفیت مطالعات نشان داده شده است.

با توجه به داده‌های استخراج شده از جدول ۲، تحلیل‌ها با استفاده از الگوی فراترکیب مبتنی بر روش سنلوسکی و بارسو^۲ انجام شد. در این رویکرد، یافته‌های کیفی مطالعات مرتبط با مدیریت پسماند شهری به صورت سیستماتیک جمع‌آوری و کدگذاری شدند و سپس با مقایسه و ترکیب آنها، تم‌ها و الگوهای مشترک شناسایی گردید. این فرآیند تحلیلی امکان تبیین علمی و جامع نقش آموزش و اطلاع‌رسانی شهروندان در بهبود مدیریت پسماند شهری و کاهش تولید پسماند را فراهم می‌سازد و نتایج در قالب پنج دسته اصلی ارائه شده است.

^۱Critical Appraisal Skills Program

^۲Sandelowski & Barroso

جدول ۲- مطالعات منتخب مورد بررسی در پژوهش حاضر

کد	عنوان پژوهش	نویسندگان	سال انتشار	یافته های کلیدی
۱	آموزش و بررسی نحوه بازیافت پسماند های شهری [۴۶]	سبحان سرافراز	۱۴۰۱	تفکیک پسماند و اهمیت آن
۲	بررسی میزان اثربخشی آموزش های ارائه شده توسط سازمان مدیریت پسماند خراسان شمالی به زنان خانه دار (مطالعه موردی شهر بجنورد) [۴۷]	نظامی و همکاران	۱۳۹۴	کیفیت آموزش
۳	بررسی میزان تاثیر آموزش های چهره به چهره عوامل شهرداری تهران بر رفتار شهروندان در مبحث مدیریت پسماند شهری (مطالعه موردی منطقه ۱۸ تهران) [۴۸]	مظاهری و کرامتی نژاد	۱۳۹۳	آموزش چهره به چهره و بهبود رفتار
۴	تاثیر آموزش همگانی بر مدیریت صحیح پسماند و توسعه پایدار سبز با توجه به نقش تعدیل گری هویت ملی در شهر بندر انزلی [۴۹]	نوحه خوان مدبر	۱۴۰۲	آموزش همگانی و رویکرد سیستمی
۵	بررسی اثرات آموزش های محیط زیستی بر کاهش تولید پسماند منطقه ۱۳ شهرداری تهران [۵۰]	قاسمی دستگردی و طاهری	۱۳۹۷	تاثیر روانشناسی رفتار بر آموزش مدیریت پسماند و آموزش مفاهیم کاربردی
۶	مقایسه اثربخشی آموزش محیط زیست با استفاده از آموزش رسمی و غیررسمی در دانش آموزان پایه ششم ابتدایی [۵۱]	اسماعیلی علویجه و همکاران	۱۳۹۵	استفاده از روش های تلفیقی در آموزش
۷	بررسی میزان اثربخشی آموزش تفکیک زباله از مبدأ به شهروندان (مطالعه موردی: منطقه ۱۶ شهرداری تهران) [۵۲]	مشیدی	۱۳۹۶	آموزش توسعه پایدار و پسماند
۸	ارزیابی اثربخشی آموزش های سرای محلات در زمینه مدیریت پسماند بر رفتار شهروندان (مورد مطالعه: منطقه ۱۴ شهرداری تهران) [۵۳]	اردستانی جوادی و همکاران	۱۳۹۸	آموزش رفتارهای پایدار موثر در کاهش تولید پسماند
۹	بررسی و اولویت بندی روش های آموزشی محیط زیست در تفکیک و جمع آوری مدیریت پسماند [۵۴]	گنجی و همکاران	۱۳۹۶	روش تلفیقی در آموزش تفکیک و جمع آوری پسماند استفاده از ابزارهای تشویقی و انگیزشی
۱۰	عوامل موثر بر آموزش های شهروندی در زمینه مدیریت پسماند با تأکید بر توسعه پایدار [۵۵]	صمیمی و نامور منصور آبادی	۱۴۰۰	روش مناسب آموزش و تلفیق روش های موثر آموزشی هدف اصلی تمام آموزش های محیط زیستی: توسعه پایدار
۱۱	تاثیر آموزش مبتنی بر تئوری رفتار برنامه ریزی شده بر بازیافت باتری در زنان خانه دار شهر کرج [۵۶]	حسینی و همکاران	۱۳۹۹	استفاده از آموزش تئوری و عملی در کنار هم و اهمیت آموزش غیر رسمی

کیفیت محتوای آموزش با استفاده از به روز رسانی مطالب	۱۳۹۲	نظامی و رضوانی و شبیری	بررسی میزان اثربخشی آموزش های ارائه شده توسط سازمان مدیریت پسماند خراسان شمالی به زنان خانه دار [۵۷]	۱۲
استفاده از فناوری های هوشمند	۱۴۰۳	رحمتی و بهبهانی نیا	تحلیل آماری نقش آموزشهای محیط زیستی شهروندان در مدیریت پسماند شهری (مطالعه موردی شهرستان دماوند) [۵۸]	۱۳
آموزش مستمر و برنامه ریزی شده	۱۳۹۴	کریمی و همکاران	بررسی تاثیر مداخله از طریق دو روش آموزش چهره به چهره و پمفلت آموزشی بر تفکیک، جداسازی و بازیافت پسماند در شهر کلاله [۴۱]	۱۴
استفاده از بازی و سرگرمی در آموزش پسماند و بازیافت	۱۳۹۵	شبیری و همکاران	تأثیر بازی های آموزشی بر یادگیری مفاهیم بازیافت و استفاده مجدد در کودکان پسر پیش دبستانی [۴۰]	۱۵
استفاده از تیزرهای آموزشی و فیلم های آموزشی کوتاه	۱۴۰۱	مظفر و صادقی	ارائه روش های جدید آموزش و فرهنگ سازی در راستای کاهش تولید پسماند [۵۹]	۱۶
آموزش مداوم آموزش کارگاهی	۱۳۹۲	اسراری و رهبری	مطالعه تأثیر آموزش محیط زیست بر بهبود تفکیک پسماند پزشکی (مطالعه موردی: بیمارستان احمد نژاد کتالم) [۶۰]	۱۷
(3Rs): تولید کمتر و استفاده مجدد و بازیافت آموزش توسعه پایدار و لزوم حفاظت از منابع اهمیت شرایط جغرافیایی و بومی در آموزش، استفاده از بازی و سرگرمی و آموزش در طبیعت	۱۳۹۶	فیض بخش واقف و شبیری	اهمیت آموزش محیط زیست در ایجاد نگرش و رفتار محیط زیستی در خصوص مدیریت پسماندهای جامد [۶۱]	۱۸
فیلم و بروشور آموزش کارگاهی	۱۳۸۷	علوی مقدم و همکاران	آموزش و نقش کلیدی آن در مدیریت صحیح جامع مواد زاید جامد در ایران [۶۲]	۱۹
اهمیت آموزش حضوری و کارگاهی و استفاده از بروشور جداسازی پسماند و بازیافت آموزش کارگاهی و عملیاتی ترغیب یادگیرندگان	۱۳۹۶	پیوسته گر و انصاری	بررسی و ارزیابی عوامل اجتماعی مؤثر بر کاهش سرانه تولید پسماند خانگی [۶۳]	۲۰
کاهش تولید پسماند تر و جداسازی روش های بهینه خرید و مصرف	۱۴۰۲	میبودی و همکاران	تأثیر آموزش بر توانمند سازی دانش آموزان مقطع ابتدایی در بازیافت زباله از مبداء [۶۴]	۲۱
فیلم های آموزشی، بروشورها و ابزارهای دیجیتال	۱۴۰۲	حاجی حیدری و همکاران	شناسایی و اولویت بندی برنامه های مدیریت کاهش تولید پسماند در شهر مشهد [۶۵]	۲۲
			بررسی تأثیر مداخله آموزشی بر آگاهی، نگرش و عملکرد زنان خانه دار روستای دستجا در زمینه بازیافت زباله در سال ۱۳۹۹ [۶۶]	۲۳

روش های آموزشی مستقیم (سخنرانی و پخش فیلم) و غیر مستقیم (کتابچه و پمفلت)	۱۴۰۲	فلاح نژاد و همکاران	تاثیر مداخله آموزشی مبتنی بر تئوری رفتار برنامه ریزی شده بر ارتقای رفتار تفکیک از مبدأ زباله در دانش آموزان مقطع ابتدایی شهرستان خرم آباد [۶۷]	۲۴
بهبود عملکرد با تمرکز بر قصد رفتاری در آموزش	۱۴۰۱	جعفرزاده و همکاران	بررسی تاثیر مداخله آموزشی مبتنی بر نظریه رفتار برنامه ریزی شده بر روی رفتار تفکیک زباله های خانگی خانم های خانه دار در شهرستان نوشهر [۶۸]	۲۵
(3Rs): تولید کمتر و استفاده مجدد و بازیافت آموزش اهمیت جداسازی پسماند الکترونیکی آموزش چرخه حیات	2020	Danieli Braun Vargas and Lucila Maria de Souza Campos	Waste Management in Higher Education Institutions: A State-of-the-art Overview [69]	۲۶
استفاده از اپلیکیشن های اینترنتی و پیام های یادآور آموزش آنلاین در کنار کارگاهی	2024	Charkhtab Moghaddam et al	The Effect of an Educational Intervention Based on an Integrated Social Cognition Model on Waste Recycling at the Source Among Housewives in Lahijan City: A Quasi-Experimental Study [70]	۲۷
انتقال دانش مدیریت پسماندهای خانگی و افزایش آگاهی افراد	2014	Sunarto S, Bisri M, Suyadi S.	Society behavior towards household waste management in Tulungagung. International Journal of applied sociology [71]	۲۸
استفاده از روش های نوین آموزش آموزش یکپارچه استفاده از روش های "آموزش در محیط" و "آموزش برای محیط" به جای آموزش درباره محیط زیست	Phd Theseis 2018 Ethiopia	ABERA HUSEN TULU	Integration of Environmental Education into Ethiopian Primary School Curricula with Particular Emphasis on Jimma Zone of Oromia Region [72]	۲۹
آموزش مدیریت پسماند و تاثیر آن بر تغییر اقلیم استفاده از روش های یادگیری عملی، تجربی و مبتنی بر فعالیت و فیلم های آموزشی، اپلیکیشن های یادگیری و شبکه های اجتماعی	Ms thesis YORK UNIVERSITY 2020	Nitima Bhatia	Environmental Education in India: Analysis of National Curriculum and Pedagogical Approaches [73]	۳۰
استفاده از تشویق در آموزش و به کارگیری روش های ایجاد انگیزه در یادگیرندگان	2024	Etim et al.	Municipal solid waste management in Lagos State: Expansion diffusion of awareness [74]	۳۱
آموزش کارگاهی آموزش مسئولیت پذیری	2014	Kolivand et al	The effect of training on public participation in the in-house separation of urban wastes [75]	۳۲
روش های تشویقی و حمایتی	2019	Chuanhui Liao and Hui Li	Environmental Education, Knowledge, and High School	۳۳

افزایش قصد و نیت			Students' Intention toward Separation of Solid Waste on Campus [76]	
استفاده از پاداش و تشویق در آموزش	2011	Desa et al.	A Study on the Knowledge, Attitudes, Awareness Status and Behavior Concerning Solid Waste Management [77]	۳۴
تقویت حس مسئولیت پذیری در قبال محیط زیست با استفاده از روش های عملی	2023	Akintunde & Akintunde	Acquisition and use of Environmental Education in Solid Waste Management Practices [32]	۳۵
آموزش (3Rs): تولید کمتر و استفاده مجدد و بازیافت ارزیابی عملکرد دوره ای	2010	Amy Cutter-Mackenzie	Australian Waste Wise Schools Program: Its Past, Present and Future [78]	۳۶
خرید سبز، بومی سازی آموزش و روش ها، تفکیک پسماند الکترونیکی، اهداف توسعه پایدار، روش های یادگیری فعال	2024	Rodríguez-Guerreiro et al.	A Review of Waste Management in Higher Education Institutions: The Road to Zero Waste and Sustainability [79]	۳۷
آموزش مبتنی بر 3Rs و آموزش مفاهیم پایه پسماند و بومی سازی آموزش روش های مشارکتی و ارزیابی مستمر	2018	Pimpuang & Kessomboon	Evaluation of a Locally-developed Zero Waste Management Curriculum for Primary School Pupils in KhonKaen Municipality Schools, KhonKaen Province, Thailand [80]	۳۸
داستان گویی ساده سازی محتوای آموزشی	2025	Anderson Assuah	An Indigenous learning approach to managing solid waste in First Nations in Canada [81]	۳۹
آموزش کارگاهی و تجربی و مشارکتی و هم چنین استفاده از تشویق و ایجاد انگیزه استفاده از بروشورهای دیجیتال	2022	Ecoschools	Best practices for waste management, Canada [38]	۴۰
گروه بندی و سرگروه در آموزش کارگاهی تشویق و بازخورد مثبت آگاهی بخشی، تقویت حس توانمندی، ایجاد حس مسئولیت فردی، و بهبود شرایط عملی و اجرایی	1995	WESLEY SCHULTZ et al.	Who recycles and when? A review of personal and situational factors [82]	۴۱
مبانی مدیریت پسماند، روش های تفکیک پسماند، بازیافت و کمپوست سازی روش های یادگیری مشارکتی، فعالیت ها و بحث های گروهی و بازی	2019	Global Environment Department, Japan International Cooperation Agency (JICA)	Guidebook for Environmental Education on Solid Waste Management in Africa [83]	۴۲
آموزش های مرحله به مرحله	2024	Lye et al.	The role of general and specific pro-environmental education in	۴۳

ضرورت تفکیک استراتژی آموزشی بر اساس سطح رفتار و نیت مخاطب و شخصی سازی آموزشها			household waste management in Malaysia: Evidence from quantile regression [37]	
طراحی برنامه درسی مبتنی بر شرایط بومی، فرهنگی، اجتماعی و نیازهای عملی افراد	2023	Herrera Loa et al.	Environmental Education and Solid Waste Management in Peru: A Systematic Review of the Scientific Literature from 2012 to 2022 [84]	۴۴
اهمیت آموزشهای خانواده محور و محله محور				
آموزش بومی سازی شده و بهره گیری از نردبان سواد محیط زیستی	2024	Akintunde et al.	Environmental Literacy and Solid Waste Management in the Jos Metropolis, Nigeria [85]	۴۵
آموزش اصول اقتصاد چرخه ای اهمیت آموزش های غیر رسمی و جوامع محلی	2024	Awino & Apitz	Solid waste management in the context of the waste hierarchy and circular economy frameworks: An international critical review [12]	۴۶
آموزش کارگاهی یادگیری گروهی و تشویقی و مستمر	1999	Bartelings & stemer	Household Waste Management in a Swedish Municipality: Determinants of Waste Disposal, Recycling and Composting [86]	۴۷
مسئولیت پذیری، کار گروهی، برنامه ریزی و تفکر نقاد، یادگیری کارگاهی و تجربی، بازخورد، انواع پسماند، آموزش اصول 3Rs کاهش، استفاده مجدد، بازیافت	2016	WWF- Thailand & Foundation for Environmental Education FEE	Eco -Schools Handbook WWF-Thailand [87]	۴۸

الف- تأثیر آموزش بر رفتار و نگرش شهروندان

مطالعات متعدد نشان می دهند که آموزش های سازمان یافته، چه رسمی و چه غیررسمی، به شکل قابل توجهی دانش، نگرش و رفتار محیط زیستی شهروندان را بهبود می بخشد [۴۷، ۴۸، ۴۹]. آموزش چهره به چهره، کارگاه های عملی، بازی های آموزشی و استفاده از رسانه های جمعی مانند تلویزیون، رادیو و پیامک های انگیزشی از جمله روش هایی هستند که بیشترین تأثیر را بر تغییر رفتار و ایجاد انگیزه برای مشارکت در مدیریت پسماند دارند [۱۱، ۲۷]

ب- روش های آموزشی و اثربخشی آنها

تحلیل یافته ها نشان می دهد که ترکیب روش های مختلف آموزشی شامل آموزش رسمی و غیررسمی، آموزش مبتنی بر تئوری رفتار برنامه ریزی شده، آموزش عملی و بازی های آموزشی، منجر به اثربخشی بیشتر در ارتقای رفتارهای مرتبط با مدیریت پسماند می شود [۲۵، ۱۵، ۶]. استفاده از رویکردهای تلفیقی و توجه به ویژگی های فرهنگی و اجتماعی مخاطبان، نقش کلیدی در موفقیت آموزشها دارد.

ج- اثر آموزش بر کاهش تولید و بازیافت پسماند

آموزش موثر منجر به بهبود تفکیک زباله از مبدأ، افزایش بازیافت، استفاده مجدد و کاهش تولید پسماند خانگی و شهری می شود [۳۱، ۵، ۱]. آموزش های محیط زیستی، به ویژه هنگامی که همراه با پایش مستمر و ابزارهای تشویقی مالی و اجتماعی ارائه شوند، سبب افزایش مشارکت شهروندان و تغییر پایدار رفتارهای محیط زیستی می شود.

د- نقش فناوری و ابزارهای نوین در آموزش مدیریت پسماند

مطالعات اخیر تأکید دارند که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، رسانه‌های اجتماعی، اپلیکیشن‌ها و سیستم‌های هوشمند می‌تواند اثربخشی آموزش‌ها را افزایش دهد و مشارکت فعال شهروندان را تقویت کند [۱۳، ۳۵]. آموزش‌های دیجیتال و پیامکی علاوه بر افزایش آگاهی، انگیزش رفتاری را نیز بهبود می‌بخشند و موجب تسهیل تفکیک پسماند در منزل و بازیافت می‌شوند.

ه- چالش‌ها و ملاحظات فرهنگی

یافته‌ها نشان می‌دهد که موفقیت برنامه‌های آموزشی بستگی به توجه به فرهنگ محلی، شرایط اجتماعی و ویژگی‌های دموگرافیک مخاطبان دارد. توجه به هنجارهای اجتماعی، مشارکت خانواده و سازمان‌ها، و ایجاد انگیزه‌های مالی و اجتماعی از عوامل مهم در پایدارسازی رفتارهای محیط زیستی است [۱۰، ۳۴].

۳-۱- شناسایی ملاک‌ها و نشانگرهای اثر گذار

جدول ۳ نشان‌دهنده شناسایی ملاک‌ها و نشانگرهای اثرگذار در برنامه درسی مدیریت پسماند شهری است. بر اساس تحلیل منابع متعدد، این ملاک‌ها در چند حوزه کلیدی دسته‌بندی شده‌اند که هر کدام نقش مؤثری در ارتقای عملکرد مدیریت پسماند و توانمندسازی شهروندان ایفا می‌کنند. آگاهی محیط زیستی نخستین حوزه است که شامل شناخت انواع پسماند شهری، اهمیت تفکیک در مبدا، اثرات محیط زیستی مدیریت نادرست پسماند و دانش محور است و پایه‌ای برای شکل‌گیری رفتار مسئولانه و مشارکت مؤثر شهروندان فراهم می‌کند.

جدول ۳- شناسایی ملاک‌ها و نشانگرهای اثر گذار

ملاک برنامه درسی	نشانگرها	منابع
آگاهی محیط زیستی	۱. شناخت انواع پسماند شهری	۱، ۳، ۴، ۹، ۱۸، ۲۹، ۳۴، ۳۵
	۲. اهمیت تفکیک پسماند در مبدا	۳۶، ۳۷، ۳۹، ۴۰، ۴۴، ۴۷، ۴۸
	۳. اثرات محیط زیستی مدیریت نادرست پسماند	
	۴. شناخت دانش محور	
مهارت‌های عملی جمع‌آوری پسماند	۱. توانایی استفاده از تجهیزات جمع‌آوری	
	۲. رعایت نکات ایمنی در جمع‌آوری	
	۳. تفکیک صحیح پسماندهای خشک و تر	۲، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۸، ۲۴
	۴. رعایت زمان‌بندی جمع‌آوری	۲۵، ۲۹، ۳۳، ۳۴، ۳۶، ۳۷، ۳۹
	۵. آموزش سازمان یافته مبتنی بر مدیریت پسماند	۴۰، ۴۱، ۴۴، ۴۷، ۴۸
	۶. کیفیت ارائه مطالب آموزشی	
	۷- آموزش در سطح خانواده	
	۸. هنجار سازی رفتاری	
مشارکت اجتماعی و شهروندی	۱. آموزش مردم در بازیافت	۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۴، ۳۵، ۳۶، ۳۹
	۲. تشویق به کاهش تولید زباله	۴۱، ۴۷
	۳. ایجاد کمپین‌های محلی مدیریت پسماند	
	۴. بکارگیری از گروه‌های مختلف و تفاوت‌های فرهنگی	
	۵. مقابله با افکار سنتی منفی	
برنامه‌ریزی و مدیریت پسماند	۱. تدوین برنامه زمان‌بندی جمع‌آوری	۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۲۴، ۳۱، ۳۳
	۲. تخصیص منابع انسانی و تجهیزات	۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۴۶، ۴۸
	۳. ارزیابی عملکرد هفتگی	
	۴. بهینه‌سازی مسیرها	
	۵. بازخوردهای دوره ای	

۳۶، ۲۷، ۲۶، ۱۹، ۱۶، ۱۵، ۱۴، ۴۶، ۳۹	۱. ثبت و رصد داده‌های پسماند ۲. استفاده از نرم‌افزار مدیریت پسماند ۳. بهره‌گیری از GIS در مسیر جمع‌آوری ۴. بکارگیری از بازی‌های آموزشی	استفاده از فناوری
۲۴، ۲۲، ۱۹، ۱۸، ۱۷، ۸، ۵، ۱، ۳۷، ۳۶، ۳۵، ۳۳، ۳۱، ۲۹، ۲۵، ۴۸، ۴۴، ۳۹	۱. برگزاری کارگاه‌های آموزشی ۲. آموزش روش‌های تفکیک و بازیافت ۳. توانمندسازی کارکنان میدانی ۴. آموزش مدیریت پسماند به دانش‌آموزان ۵. اصلاح الگوی مصرف ۶. آموزش روانشناختی ساختاری ۷. بومی سازی الگوی آموزشی ۸. آموزش ساختاری برای معلمان	آموزش و توانمندسازی
۳۱، ۲۳، ۲۲، ۲۱، ۲۰، ۱۵، ۱۱، ۴۷، ۴۴، ۴۱، ۳۶، ۳۳	۱. سنجش یادگیری نظری ۲. سنجش مهارت‌های عملی ۳. ارزیابی مشارکت اجتماعی ۴. مبتنی بر بازی	ارزیابی عملکرد برنامه درسی
۳۵، ۲۵، ۲۴، ۲۳، ۱۸، ۱۳، ۷، ۲، ۴۷، ۴۶، ۴۳، ۴۰، ۳۶	۱. آشنایی با قوانین محیط‌زیست ۲. رعایت مقررات محلی جمع‌آوری پسماند ۳. اطلاع از استانداردهای ملی ۴. شناخت سیاست‌های جهانی مدیریت پسماند ۵. برنامه ریزی آموزش مند	سیاست‌ها و مقررات مدیریت پسماند
۴۸، ۳۳، ۳۱، ۲۸، ۲۷، ۲۶، ۱۹	۱. شناخت مواد قابل بازیافت ۲. ایجاد ایستگاه تفکیک ۳. آموزش جمع‌آوری تفکیکی ۴. بررسی کیفیت بازیافت	تفکیک و بازیافت پسماند
۳۱، ۳۰، ۲۹، ۲۶، ۷	۱. ترویج استفاده مجدد ۲. کاهش مصرف پلاستیک ۳. فرهنگ‌سازی برای خرید هوشمند	کاهش تولید پسماند
۳۴، ۳۳، ۳۲، ۲۶	۱. شناسایی پسماند خطرناک ۲. انبارسازی ایمن ۳. روش دفع مطمئن	مدیریت پسماند خطرناک
۳۹، ۳۷، ۳۶، ۳۵، ۲۲	۱. کمپوست سازی ۲. مدیریت پسماند غذایی ۳. استفاده بهینه در کشاورزی ۴. آموزش تفکیک پسماند تر	مدیریت زباله‌های آلی
۴۶، ۴۰، ۳۹، ۳۸، ۱۹، ۱۵، ۱۳، ۴۸	۱. جمع‌آوری وسایل الکترونیکی مستعمل ۲. بازیافت ایمن فلزات سنگین ۳. آموزش شهروندان ۴. بررسی چرخه عمر محصولات	مدیریت پسماند الکترونیکی
۳۷، ۳۵، ۲۰، ۱۶، ۱۰، ۵، ۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۴	۱. تولید محتوا برای رسانه‌ها ۲. آموزش مدارس و دانشگاه‌ها ۳. کمپین‌های محلی ۴. تشویق مشارکت داوطلبانه	آموزش شهروندان

	۵. فرهنگ سازی آموزشی ۶. ارائه الگوی آموزشی تلفیقی ۷. بازسازی نگرشی	
۴۸، ۴۷، ۴۶، ۲۶	۱. کاهش زباله از طریق طراحی محصول ۲. بازیافت و استفاده مجدد ۳. کاهش هزینه‌های شهری	پایداری و اقتصاد چرخشی
۳، ۵، ۲۳، ۲۴، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۴	۱. کاهش تولید پسماند ۲. رعایت تفکیک پسماند ۳. مشارکت در کمپین‌های پاکسازی ۴. ترویج الگوی رفتاری صحیح	رفتار مسئولانه شهروندان
۳، ۴، ۶، ۸، ۲۵، ۳۱، ۳۳، ۳۴	۱. آموزش مستمر ۲. توسعه محتوای درسی ۳. ارزیابی اثربخشی آموزش ۴. به‌روزرسانی برنامه‌ها ۵. سیاست‌های تشویقی ۶. تاکید بر رفتار پایدار	سیاست‌های آموزشی
۳۷، ۳۹، ۴۳، ۴۴، ۴۶، ۴۷	۱. ثبت دقیق داده‌ها ۲. ارائه گزارش‌های عمومی ۳. اطلاع‌رسانی به مدیریت شهری ۴. دقت و صراحت آموزشی	شفافیت و گزارش‌دهی
۴، ۲۱، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۸	۱. استفاده از انرژی پاک ۲. بهبود فرآیندهای بازیافت ۳. استفاده از تجهیزات نوین ۴. پایش هوشمند ۵. مدرسه سبز	نوآوری و فناوری سبز
۶، ۲۹، ۳۱، ۳۵، ۴۰، ۴۲، ۴۳	۱. هماهنگی با شهرداری ۲. همکاری با NGOها ۳. مشارکت دانشگاه‌ها و مدارس	همکاری بین‌بخشی
۸، ۱۹، ۲۳، ۲۷، ۴۴، ۴۵، ۴۶	۱. تخصیص نیرو بهینه ۲. آموزش کارکنان ۳. ارزیابی عملکرد ۴. تشویق و انگیزش	مدیریت منابع انسانی
۳، ۴، ۹، ۱۴، ۱۶، ۲۱، ۲۶، ۲۷	۱. توسعه فرهنگ کاهش زباله ۲. ایجاد حس مسئولیت جمعی ۳. تشویق به بازیافت ۴. آموزش نسل جوان ۵. تغییر نگرش	فرهنگ‌سازی محیط زیستی
۲۹، ۳۱، ۳۴، ۳۹، ۴۰، ۴۳، ۴۸	۶. برطرف سازی شکاف بین نگرش و رفتار	
۸، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۴، ۳۹	۱. پایش عملکرد هفتگی ۲. بررسی انطباق با استانداردها ۳. اصلاح فرآیندهای ناکارآمد ۴. ارائه گزارش به مدیریت شهری	نظارت و ارزیابی مستمر

مهارت‌های عملی جمع‌آوری پسماند حوزه دوم است و شامل توانایی استفاده از تجهیزات جمع‌آوری، رعایت نکات ایمنی، تفکیک صحیح پسماندهای خشک و تر، رعایت زمان‌بندی و کیفیت ارائه آموزش‌ها می‌باشد. این مهارت‌ها با آموزش سازمان‌یافته، هنجارسازی رفتاری و آموزش در سطح خانواده تقویت می‌شوند و به اجرای صحیح برنامه‌های مدیریت پسماند کمک می‌کنند. حوزه سوم، مشارکت اجتماعی و شهروندی است که با آموزش مردم در بازیافت، تشویق به کاهش تولید زباله، ایجاد کمپین‌های محلی و توجه به تفاوت‌های فرهنگی و مقابله با افکار سنتی منفی، شهروندان را درگیر فرآیندهای مدیریت پسماند می‌کند.

علاوه بر این، حوزه‌های برنامه‌ریزی و مدیریت پسماند، استفاده از فناوری و آموزش و توانمندسازی کارکنان و شهروندان نشان‌دهنده ضرورت مدیریت منابع انسانی، بهره‌گیری از نرم‌افزارها و GIS، و آموزش مستمر در راستای بهبود عملکرد است. سایر حوزه‌ها مانند ارزیابی عملکرد برنامه درسی، سیاست‌ها و مقررات، تفکیک و بازیافت پسماند، کاهش تولید زباله، مدیریت پسماند خطرناک و الکترونیکی، فرهنگ‌سازی محیط زیستی، نوآوری و فناوری سبز، همکاری بین‌بخشی و شفافیت و گزارش‌دهی نیز به صورت هم‌راستا در تبیین یک برنامه درسی جامع برای مدیریت پسماند شهری مؤثرند. این دسته‌بندی‌ها، چارچوبی منسجم ارائه می‌دهند که می‌تواند راهنمای طراحی، اجرا و پایش برنامه‌های آموزشی و مدیریتی در سطح شهری باشد و نقش کلیدی آموزش و اطلاع‌رسانی شهروندان در کاهش تولید پسماند و بهبود کیفیت مدیریت شهری را برجسته سازد.

۳-۲- تحلیل مدل

مدل سنتزی چهارلایه‌ای برنامه درسی مدیریت پسماند شهری یک چارچوب جامع برای طراحی، اجرا و پایش آموزش‌های محیط زیستی ارائه می‌دهد که از لایه‌های بیرونی تا درونی ساختارمند شده است. لایه اول (بیرونی) به نقش محیطی و بستر برنامه می‌پردازد و نشان می‌دهد که هر برنامه درسی باید با قوانین و سیاست‌های ملی و بین‌المللی، فرهنگ اجتماعی و سیاست‌های شهری هماهنگ باشد. نمونه نشانگرهای این لایه شامل شناخت سیاست‌های جهانی مدیریت پسماند، رعایت مقررات محلی، تغییر نگرش و توسعه فرهنگ کاهش زباله، همکاری با شهرداری و NGOها و اطلاع‌رسانی عمومی است. این لایه اساساً بر حوزه‌های سیاست‌ها، قوانین و فرهنگ عمومی تمرکز دارد و محیط مناسب برای اجرای مؤثر آموزش را فراهم می‌کند.

لایه دوم (میانی-ساختاری) ستون فقرات اجرایی برنامه را شکل می‌دهد و بر زیرساخت‌ها و مدیریت منابع متمرکز است. این لایه شامل بهینه‌سازی مسیر جمع‌آوری، استفاده از نرم‌افزارها و GIS، آموزش کارکنان و تخصیص نیروی بهینه، پایش هوشمند و توسعه مدرسه سبز، و ارزیابی و بهبود مستمر است. حوزه‌های اصلی این لایه عبارتند از برنامه‌ریزی و مدیریت پسماند، فناوری، مدیریت منابع انسانی و نوآوری سبز و هدف آن فراهم کردن ساختار اجرایی لازم برای تحقق اهداف آموزشی و محیط زیستی است.

جدول ۴- مدل سنتزی چهارلایه‌ای برنامه درسی مدیریت پسماند شهری

لایه	حوزه سنتزی	ملاک‌های اصلی	نمونه نشانگرها	توضیح
لایه ۱ (بیرونی)	سیاست‌ها، قوانین و فرهنگ عمومی	سیاست‌ها و مقررات مدیریت پسماند، فرهنگ‌سازی محیط‌زیستی، همکاری بین‌بخشی، شفافیت و گزارش‌دهی	شناخت سیاست‌های جهانی مدیریت پسماند رعایت مقررات محلی تغییر نگرش و توسعه فرهنگ کاهش زباله همکاری با شهرداری و NGOها -اطلاع‌رسانی و گزارش‌دهی عمومی	این لایه نقش محیطی و بستر را دارد؛ برنامه درسی باید با قوانین، سیاست‌های ملی/بین‌المللی و فرهنگ اجتماعی هماهنگ شود.
لایه ۲ (میانی-ساختاری)	مدیریت منابع، فناوری و ساختار اجرایی	برنامه‌ریزی و مدیریت پسماند، استفاده از فناوری، مدیریت منابع انسانی، نوآوری و فناوری سبز	بهینه‌سازی مسیر جمع‌آوری استفاده از نرم‌افزار و GIS -آموزش کارکنان و تخصیص نیروی بهینه پایش هوشمند و مدرسه سبز ارزیابی پروژه و بهبود مستمر	این لایه ستون فقرات اجرایی برنامه درسی را شکل می‌دهد، یعنی آنچه ساختار شهری باید فراهم کند تا آموزش معنا داشته باشد.

آگاهی محیط زیستی، مهارت‌های عملی	مهارت‌های عملی	جمع‌آوری، آموزش و توانمندسازی، مشارکت اجتماعی و شهروندی، آموزش شهروندان، سیاست‌های آموزشی	شناخت انواع پسماند و اثرات محیط زیستی -رعایت نکات ایمنی در جمع‌آوری -آموزش دانش‌آموزان و خانواده‌ها -تشویق به کاهش تولید زباله -سیاست‌های تشویقی و رفتار پایدار	این لایه قلب آموزشی است؛ تمرکز روی تربیت نسل آگاه و توانمند از دانش‌آموز تا شهروند عادی و کارکنان شهری.
تفکیک و بازیافت پسماند، مدیریت پسماند خطرناک، مدیریت پسماند الکترونیکی، مدیریت زباله‌های آلی، کاهش تولید پسماند، پایداری و اقتصاد چرخشی، نظارت و ارزیابی مستمر	تفکیک و بازیافت پسماند، مدیریت پسماند خطرناک، مدیریت پسماند الکترونیکی، مدیریت زباله‌های آلی، کاهش تولید پسماند، پایداری و اقتصاد چرخشی، نظارت و ارزیابی مستمر	ایجاد ایستگاه تفکیک کمپوست‌سازی و مدیریت پسماند غذایی انبارسازی ایمن پسماند خطرناک بازیافت ایمن فلزات سنگین استفاده مجدد و طراحی محصول سبز پایش عملکرد و اصلاح فرایند	ایجاد ایستگاه تفکیک کمپوست‌سازی و مدیریت پسماند غذایی انبارسازی ایمن پسماند خطرناک بازیافت ایمن فلزات سنگین استفاده مجدد و طراحی محصول سبز پایش عملکرد و اصلاح فرایند	این لایه درونی‌ترین سطح است؛ جایی که برنامه درسی از آموزش عمومی فراتر می‌رود و به دانش تخصصی، نوآوری فناورانه و پایداری واقعی می‌رسد.

لایه سوم (میانی-تربیتی) قلب آموزش را تشکیل می‌دهد و بر تربیت نسل آگاه و توانمند متمرکز است. این لایه شامل آگاهی محیط زیستی، مهارت‌های عملی جمع‌آوری پسماند، آموزش دانش‌آموزان و خانواده‌ها، تشویق به کاهش تولید زباله، سیاست‌های تشویقی و ترویج رفتار پایدار می‌شود. تمرکز این لایه بر آموزش، مهارت و مشارکت اجتماعی است و هدف آن ایجاد شهروندانی مسئول، توانمند و مشارکت‌کننده در فرآیند مدیریت پسماند شهری است.

در نهایت، لایه چهارم (درونی-هسته‌ای) به دانش تخصصی، نوآوری فناورانه و پایداری واقعی می‌پردازد. نشانگرهای این لایه شامل ایجاد ایستگاه تفکیک، کمپوست‌سازی و مدیریت پسماند غذایی، انبارسازی ایمن پسماند خطرناک، بازیافت ایمن فلزات سنگین، استفاده مجدد و طراحی محصول سبز، و پایش عملکرد و اصلاح فرآیندها هستند. حوزه‌های اصلی این لایه عبارتند از تفکیک و بازیافت پسماند، مدیریت پسماند خطرناک و الکترونیکی، مدیریت زباله‌های آلی، کاهش تولید پسماند، پایداری و اقتصاد چرخشی، و نظارت و ارزیابی مستمر. هدف لایه درونی، ارتقای دانش تخصصی و تحقق پایدارسازی واقعی در مدیریت پسماند شهری است و تضمین می‌کند که آموزش فراتر از آگاهی عمومی، به اثرگذاری عملی و نوآوری منجر شود.

۳-۳- نقشه برنامه درسی عملیاتی مدیریت پسماند شهری

در این پژوهش، به منظور طراحی و ارائه مدل جامع برنامه درسی مدیریت پسماند شهری، از یک رویکرد سیستمی و چندلایه‌ای استفاده شد که همزمان ابعاد سیاستی، ساختاری، تربیتی و نوآورانه را در نظر می‌گیرد. مدل ارائه شده بر پایه تحلیل داده‌های کیفی و سنتز پژوهی توسعه یافته و در قالب نقشه برنامه درسی عملیاتی (جدول ۵) قابل اجراست. این نقشه، اهداف یادگیری، محتوای آموزشی، روش‌های تدریس و فعالیت‌های عملی، و شیوه‌های ارزشیابی را برای هر لایه از مدل مشخص می‌کند و بدین ترتیب تضمین می‌کند که آموزش مدیریت پسماند از سطح نظری فراتر رفته و به تجربه عملی و مهارت‌آموزی واقعی تبدیل شود. لایه اول مدل، با محوریت سیاست‌ها و فرهنگ، زمینه محیطی و قانونی را برای اجرای برنامه فراهم می‌کند. لایه دوم بر مدیریت ساختاری و فناوری تمرکز دارد و مهارت‌های عملی و استفاده از ابزارهای آموزشی دیجیتال و اپلیکیشن‌ها را به دانش‌آموزان می‌آموزد. لایه سوم، لایه تربیتی، با هدف توانمندسازی فردی و اجتماعی، بر یادگیری عملی، مشارکت گروهی و کمپین‌های محیط زیستی تأکید دارد. در نهایت، لایه چهارم (درونی - هسته‌ای) دانش تخصصی، نوآوری و پایداری واقعی را در مدیریت پسماند شهری پرورش می‌دهد و آموزش‌های پایه‌ای را به فعالیت‌های خلاقانه و اقتصاد چرخشی متصل می‌سازد. این ساختار چهارلایه‌ای، یک چارچوب یکپارچه برای تلفیق سیاست، فناوری،

آموزش و نوآوری فراهم می‌کند و به صورت مستقیم تضمین می‌کند که برنامه درسی مدیریت پسماند، جامع، کاربردی و اثربخش باشد. در ادامه به بررسی تفکیکی مدل ارائه شده پرداخته می‌شود.

در لایه اول (بیرونی - سیاست و فرهنگ) هدف آن است که دانش‌آموزان با قوانین ساده و حقوق شهروندی در حوزه پسماند آشنا شوند، اهمیت فرهنگ کاهش زباله در جامعه را درک کنند و روحیه همکاری با نهادهای شهری در آنان تقویت شود. محتوای این بخش شامل آشنایی با مقررات ساده شهرداری درباره تفکیک پسماند، نقش خانواده و مدرسه در کاهش زباله و معرفی کمپین‌ها و روزهای جهانی محیط زیست است. روش‌های آموزشی نیز عملی و جذاب طراحی شده‌اند؛ برای نمونه دعوت از کارشناسان شهرداری به مدرسه، نمایش فیلم‌های کوتاه محیط زیستی و برگزاری بحث‌های کلاسی درباره تجربه‌های خانوادگی در مدیریت زباله. ارزشیابی در این لایه بیشتر کیفی است و از طریق آزمون‌های کوتاه کاربردی، تهیه پوستر یا گزارش تصویری و میزان مشارکت دانش‌آموزان در بحث‌ها انجام می‌گیرد.

جدول ۵- نقشه برنامه درسی عملیاتی مدیریت پسماند شهری

لایه	اهداف یادگیری (برای دانش‌آموز)	محتوای آموزشی	روش تدریس و فعالیت‌ها	ارزشیابی
لایه ۱ (بیرونی - سیاست و فرهنگ)	-شناخت قوانین ساده و حقوق شهروندی در حوزه پسماند -درک اهمیت فرهنگ کاهش زباله در جامعه -تقویت روحیه همکاری با نهادهای شهری	معرفی مقررات ساده شهرداری در تفکیک پسماند نقش خانواده، مدرسه و شهرداری در کاهش زباله آشنایی با کمپین‌ها و روزهای جهانی محیط زیست	دعوت از کارشناس شهرداری برای سخنرانی نمایش فیلم‌های کوتاه محیط زیستی بحث کلاسی درباره تجربه‌های خانوادگی در مدیریت زباله	آزمون کوتاه (سوال‌های کاربردی) گزارش تصویری یا پوستر درباره یک قانون/کمپین -مشارکت در بحث کلاسی
لایه ۲ (ساختاری - مدیریت و فناوری)	توانایی استفاده از روش‌های ساده جمع‌آوری و تفکیک زباله در مدرسه آشنایی با فناوری‌های ساده مثل سطل‌های هوشمند یا اپلیکیشن‌ها تقویت روحیه مدیریت گروهی	مسیر جمع‌آوری زباله در مدرسه معرفی سطل‌های تفکیک رنگی استفاده از اپلیکیشن‌های آموزشی یا بازی‌های دیجیتال درباره محیط زیست	طراحی و اجرای "مسیر جمع‌آوری پسماند" در مدرسه آموزش کار با سطل‌های رنگی (خشک، تر، کاغذ) انجام بازی آموزشی گروهی با اپلیکیشن یا نرم‌افزار	ارزیابی عملکرد گروهی (تمیزی و نظم مسیر جمع‌آوری) مشاهده مشارکت عملی در کلاس/مدرسه آزمون عملی (تفکیک درست در سطل‌ها)
لایه ۳ (تربیتی - یادگیری و توانمندسازی)	یادگیری مهارت‌های عملی مثل تفکیک، کمپوست‌سازی کوچک تقویت حس مسئولیت اجتماعی توانایی طراحی فعالیت‌های محیط‌زیستی در مدرسه و محله	آموزش انواع پسماند (تر، خشک، خطرناک) به زبان ساده نحوه ساخت کمپوست از پسماند غذایی کوچک -طراحی کمپین مدرسه‌ای "کم زباله شو"	کارگاه عملی تفکیک زباله ساخت کمپوست در حیاط مدرسه اجرای نمایش یا تئاتر کوتاه محیط زیستی توسط دانش‌آموزان	ارزیابی پروژه عملی (کمپوست/تفکیک) نمره‌دهی به فعالیت گروهی (کمپین/نمایش) -بازخورد مری درباره مهارت عملی
لایه ۴ (هسته‌ای - دانش تخصصی و نوآوری)	شناخت پایه‌ای مدیریت پسماندهای خاص (باتری، وسایل الکترونیکی) ایده‌پردازی برای استفاده مجدد از وسایل ساده تقویت روحیه خلاقیت و نوآوری سبز	معرفی پسماندهای خطرناک خانگی (باتری، داروهای تاریخ گذشته) بازیافت وسایل ساده (ساخت کاردستی از مواد دورریختنی) مفهوم اقتصاد چرخشی در حد ساده	پروژه عملی "از زباله تا محصول": ساخت کاردستی یا وسیله کاربردی از مواد دورریختنی نمایشگاه مدرسه‌ای آثار دانش‌آموزان جلسات ایده‌پردازی کوچک	ارزیابی محصول نهایی (خلاقیت، کاربردی بودن) نمره‌دهی به نمایشگاه مدرسه‌ای خودارزیابی و ارزشیابی گروهی

در لایه دوم (ساختاری - مدیریت و فناوری) تمرکز اصلی بر این است که دانش‌آموزان بتوانند مهارت‌های ابتدایی اما ضروری در زمینه مدیریت و تفکیک پسماند را در محیط مدرسه و زندگی روزمره خود به کار گیرند. اهداف این لایه شامل آشنایی با فناوری‌ها و ابزارهای ساده مانند سطل‌های رنگی یا اپلیکیشن‌های آموزشی، تقویت توانایی مدیریت گروهی و کسب مهارت در استفاده از روش‌های استاندارد جمع‌آوری پسماند است. محتوای آموزشی این بخش به گونه‌ای انتخاب شده که هم بعد عملی و هم بعد فناورانه را پوشش دهد؛ از جمله معرفی سطل‌های تفکیک رنگی، طراحی و اجرای "مسیر جمع‌آوری زباله" در مدرسه و بهره‌گیری از بازی‌های دیجیتال یا اپلیکیشن‌های آموزشی مرتبط با محیط زیست. روش تدریس در این لایه بیشتر بر فعالیت‌های عملی و گروهی استوار است؛ به طور مثال، اجرای بازی‌های آموزشی تیمی، کار با اپلیکیشن‌های محیط‌زیستی و تمرین‌های عملی در مدرسه برای تفکیک زباله. برای ارزیابی نیز از شیوه‌های مشاهده‌ای و عملی استفاده می‌شود، به‌ویژه ارزیابی عملکرد گروهی در تمیزی و نظم مسیر جمع‌آوری، آزمون عملی در تفکیک صحیح پسماندها و مشاهده مشارکت واقعی دانش‌آموزان در فعالیت‌های مدرسه. در مجموع، این لایه در پی آن است که دانش‌آموزان مدیریت صحیح پسماند را نه به‌عنوان یک مفهوم نظری، بلکه به‌عنوان یک تجربه روزمره و قابل لمس بیاموزند.

در لایه سوم (تربیتی - یادگیری و توانمندسازی) تمرکز بر یادگیری مهارت‌های عملی همچون تفکیک زباله و کمپوست‌سازی کوچک است. در این مرحله دانش‌آموزان حس مسئولیت اجتماعی خود را تقویت کرده و توانایی طراحی فعالیت‌های محیط‌زیستی در سطح مدرسه یا محله را کسب می‌کنند. محتوای آموزشی در این لایه شامل آموزش ساده انواع پسماند (تر، خشک و خطرناک)، ساخت کمپوست از پسماند غذایی و طراحی کمپین‌های مدرسه‌ای مثل "کم‌زباله شو" است. روش‌های تدریس شامل کارگاه‌های عملی تفکیک زباله، فعالیت‌های گروهی برای کمپوست‌سازی در حیاط مدرسه و اجرای نمایش یا تئاتر کوتاه محیط‌زیستی توسط دانش‌آموزان است. ارزشیابی در این لایه بر اساس پروژه‌های عملی و مشارکت جمعی صورت می‌گیرد؛ از جمله ارزیابی کمپوست یا پروژه‌های تفکیک، نمره‌دهی به کمپین‌ها یا نمایش‌ها و ارائه بازخورد مستقیم معلم درباره مهارت‌های عملی دانش‌آموزان.

در نهایت، لایه چهارم (هسته‌ای - دانش تخصصی و نوآوری) به پرورش خلاقیت و نوآوری در مدیریت پسماند می‌پردازد. دانش‌آموزان در این مرحله شناخت پایه‌ای از مدیریت پسماندهای خاص مانند باتری‌ها و وسایل الکترونیکی به دست می‌آورند، توانایی ایده‌پردازی برای استفاده مجدد از وسایل ساده را پیدا می‌کنند و روحیه نوآوری سبز در آنان تقویت می‌شود. محتوای آموزشی این لایه شامل معرفی پسماندهای خطرناک خانگی، بازیافت ساده وسایل دورریختنی از طریق ساخت کاردستی و آشنایی ابتدایی با مفهوم اقتصاد چرخشی است. فعالیت‌های آموزشی به شکل پروژه‌های عملی طراحی شده‌اند؛ مانند پروژه "از زباله تا محصول" که در آن دانش‌آموزان با استفاده از مواد دورریختنی کاردستی یا وسیله کاربردی می‌سازند، برگزاری نمایشگاه آثار دانش‌آموزان و جلسات ایده‌پردازی گروهی. ارزشیابی نیز بر اساس خلاقیت و کیفیت محصولات نهایی، میزان مشارکت در نمایشگاه‌ها و خودارزیابی یا ارزیابی گروهی دانش‌آموزان انجام می‌شود.

بنابر آنچه بیان شد، برنامه درسی مدیریت پسماند شهری باید مبتنی بر سه مولفه کلیدی باشد: آموزش محیط‌زیستی، مشارکت شهروندی و اقتصاد چرخشی. یافته‌های پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که آموزش و آگاهی‌بخشی عمومی در مدارس و دانشگاه‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش تولید پسماند، تفکیک از مبدا و توسعه رفتارهای پایدار دارد [۷۹]. بر این اساس، طراحی محتوای آموزشی باید شامل آموزش اصول کاهش، بازیافت، بازاستفاده، بازیابی (R۴) باشد و همزمان مهارت‌های مشارکتی دانش‌آموزان در پروژه‌های محیط‌زیستی تقویت شود. افزون بر این، تحقیقات نشان داده‌اند که افزایش سطح آموزش رابطه مستقیمی با کاهش حجم پسماند شهری دارد و می‌تواند از طریق ارتقای رفتارهای طرفدار محیط‌زیست به کاهش فشار بر منابع اولیه منجر شود [۸۸]. بنابراین، آموزش به‌عنوان یک مولفه محوری باید در قالب اهداف یادگیری و فعالیت‌های عملی در برنامه درسی مدارس گنجانده شود.

از سوی دیگر، مدیریت ساختاری و نوآوری‌های فناورانه به‌عنوان مولفه‌های مکمل در برنامه درسی اهمیت دارند. مطالعات نشان داده‌اند که دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی با اجرای طرح‌های «کمپوست‌سازی»، تفکیک پسماند و طراحی «پردیس‌های سبز» توانسته‌اند به‌عنوان الگوهای عملی برای شهرها ایفای نقش کنند [۸۸].

بر اساس بررسی و مطالعه در این زمینه با توجه به پژوهش‌های انجام شده یافته‌های این پژوهش نشان داد که طراحی برنامه درسی مدیریت پسماند شهری در قالب مدل سنتزی چهارلایه‌ای می‌تواند همزمان به ابعاد سیاستی، ساختاری، تربیتی و نوآورانه پاسخ دهد. این چهار لایه به‌مثابه اجزای یک سیستم یکپارچه عمل می‌کنند که هم‌پوشانی آن‌ها تضمین‌کننده موفقیت برنامه درسی است. در لایه سیاستی، قوانین و مقررات شهری، چارچوب‌های بین‌المللی و سیاست‌های کلان آموزشی نقش تعیین‌کننده دارند. بدون وجود این بستر

سیاستی، سایر لایه‌ها فاقد پشتوانه اجرایی خواهند بود. در لایه ساختاری، ابزارها، فناوری‌ها و زیرساخت‌های شهری برای جمع‌آوری و پردازش پسماند به کار گرفته می‌شوند و آموزش دانش‌آموزان نیز باید با این امکانات هماهنگ گردد. لایه تربیتی در سطح میانی قرار گرفته و وظیفه آن انتقال دانش، نگرش‌ها و مهارت‌های عملی به شهروندان به‌ویژه نسل جوان است. در نهایت، لایه نوآوری هسته‌ای بستری برای خلاقیت، کارآفرینی و توسعه الگوهای اقتصاد چرخشی فراهم می‌کند.

نتایج نشان داد که این لایه‌ها به صورت مکمل عمل می‌کنند و فقدان هر یک از آن‌ها به ایجاد شکاف جدی در کارایی کل مدل منجر خواهد شد. برای مثال، اگر لایه سیاستی وجود نداشته باشد، حتی آموزش‌های گسترده و فناوری‌های پیشرفته نیز نمی‌توانند تغییر رفتار پایدار ایجاد کنند. برعکس، وجود سیاست‌ها بدون آموزش شهروندان و مهارت‌آموزی عملی تنها به یک سری قوانین روی کاغذ ختم می‌شود که در عمل اجرایی نخواهند شد. همچنین، لایه نوآوری هسته‌ای نقشی فراتر از سه لایه دیگر ایفا می‌کند، چراکه برنامه درسی را از سطح آموزش‌های نظری فراتر برده و به سمت بازطراحی فرآیندهای شهری و صنعتی سوق می‌دهد. این یافته به‌طور مستقیم تأکید می‌کند که آموزش مدیریت پسماند باید یک رویکرد سیستمی و چندسطحی داشته باشد، نه یک رویکرد خطی و تک‌بعدی.

این یافته‌ها با مطالعات بین‌المللی هم‌راستا است. برای نمونه، دسا و همکاران [۷۷] در سال ۲۰۱۱ در پژوهشی بر این موضوع تأکید دارند که مدیریت پسماند شهری تنها زمانی موفق خواهد بود که سیاست‌های کلان شهری با آموزش‌های مدرسه‌ای و فناوری‌های نوین تلفیق شوند. همچنین، ایمی کاتر مکنزی [۷۸] در سال ۲۰۱۰ در مطالعه‌ای نشان داده است که در آموزش محیط‌زیستی، وجود پیوند میان آموزش رسمی، مشارکت اجتماعی و ابزارهای نوین یادگیری، ضامن پایداری تغییر رفتار شهروندان است. در ادبیات داخلی نیز مشیدی [۵۲] و گنجی و همکاران [۵۴] در سال ۱۳۹۶ به این نتیجه رسیده‌اند که آموزش‌های صرفاً نظری در مدارس نمی‌تواند تغییر رفتاری پایدار ایجاد کند مگر آنکه با مهارت‌آموزی عملی و مشارکت فعال دانش‌آموزان در پروژه‌های شهری همراه باشد.

همچنین، مطالعه رودریگوئز و همکاران [۷۹] در سال ۲۰۲۴ بر اهمیت استفاده از رویکرد لایه‌ای در طراحی آموزش‌های محیط زیستی تأکید می‌کند و نتایج این تحقیق نیز دقیقاً همین الگو را تأیید نمود. از سوی دیگر، اتیم و همکاران [۷۴] در سال ۲۰۲۴ دریافتند موفقیت برنامه‌های آموزشی محیط زیستی در گرو هم‌زمانی آموزش رسمی، ترویج فرهنگ عمومی و پشتیبانی فناورانه است؛ مسئله‌ای که در این مطالعه به‌صورت یک مدل ساختاری چهارلایه‌ای تدوین شد. در واقع، پژوهش حاضر نه تنها یافته‌های پیشین را تأیید می‌کند بلکه آن‌ها را در قالب یک مدل یکپارچه و نظام‌مند بازسازی کرده است.

یکی از تبیین‌های اصلی یافته‌ها این است که مدیریت پسماند شهری یک پدیده چندسطحی و پیچیده است که تنها از طریق همگرایی سیاست‌ها، فناوری‌ها و آموزش قابل حل است. اگر هر یک از این اجزا به صورت مجزا عمل کنند، خروجی آن‌ها پایدار نخواهد بود. برای مثال، وجود فناوری‌های پیشرفته جمع‌آوری و پردازش پسماند بدون آموزش شهروندان به استفاده صحیح از آن‌ها، عملاً ناکارآمد خواهد بود. از منظر نظریه سیستم‌ها، این موضوع نشان می‌دهد که مدیریت پسماند باید به‌عنوان یک سیستم باز و پویا در نظر گرفته شود که اجزای آن در تعامل مستمر با یکدیگر قرار دارند.

از منظر نظریه اکوسیستم‌های یادگیری، همان‌طور که لو و همکاران [۸۴] در پژوهشی در سال ۲۰۲۳ بیان می‌کنند، آموزش پایدار تنها زمانی رخ می‌دهد که تعامل میان نهادها، ساختارهای اجتماعی، فناوری و افراد به صورت هماهنگ برقرار شود. این پژوهش نیز نشان داد که برنامه درسی مدیریت پسماند دقیقاً با چنین منطق اکوسیستمی طراحی شده است. لایه سیاستی نهادهای حاکمیتی را درگیر می‌کند، لایه ساختاری بر ابزارهای فناورانه و زیرساختی متمرکز است، لایه تربیتی بر تغییر فردی و اجتماعی تمرکز دارد و لایه نوآوری امکان تحول بنیادین در سبک زندگی و اقتصاد شهری را فراهم می‌کند. این هم‌پوشانی بیانگر آن است که مدل سنتزی چهارلایه‌ای، یک بازنمایی واقعی از یک اکوسیستم یادگیری در حوزه محیط‌زیست است.

از سوی دیگر، ادغام مفهوم اقتصاد چرخشی در لایه نوآوری هسته‌ای نشان داد که آموزش مدیریت پسماند صرفاً به تغییر رفتار مصرفی شهروندان محدود نمی‌شود، بلکه می‌تواند به بازطراحی فرآیندهای تولید، توزیع و مصرف در سطح کلان منجر شود. برنامه‌های آموزشی در این حوزه اگر به‌درستی طراحی و اجرا شوند، می‌توانند زمینه‌ساز توسعه صنایع سبز، کاهش وابستگی به منابع اولیه و افزایش بهره‌وری در چرخه مواد باشند. این تبیین با یافته‌های پژوهش‌های آکینتونه [۳۲] در سال ۲۰۲۳ و نیز لی و همکاران [۳۷] در سال ۲۰۲۴ همخوانی دارد که بر نقش فناوری و نوآوری در پیوند آموزش زیست‌محیطی با توسعه پایدار شهری تأکید کرده‌اند.

۴- نتیجه گیری

یافته های پژوهش حاضر نشان می دهد، برنامه درسی مدیریت پسماند شهری باید یک رویکرد چندلایه و سیستمی داشته باشد تا هم به نیازهای آموزشی فراگیران پاسخ دهد و هم تغییرات ساختاری و فناورانه در سطح شهرها را پشتیبانی کند. این مدل با ادغام سیاست های کلان، فناوری های نوین، آموزش های عملی و خلاقیت های نوآورانه می تواند بستر لازم برای حرکت به سمت شهرهای پایدار و هوشمند را فراهم کند. به بیان دیگر، آموزش در حوزه مدیریت پسماند تنها زمانی اثربخش خواهد بود که از سطح کلاس درس فراتر رفته و به سطح سیاست گذاری، زیرساخت شهری و حتی اقتصاد ملی تسری یابد. این یافته ها نه تنها برای نظام آموزشی کشور و آموزش های رسمی ارزشمند است بلکه می تواند در آموزش های غیررسمی و برای سیاست گذاران شهری و فعالان بخش خصوصی نیز کاربرد عملی داشته باشد.

لازم به ذکر است این پژوهش با وجود نوآوری در طراحی مدل چهارلایه ای مدیریت پسماند، با دو محدودیت اساسی روبه رو بوده است: نخست آن که داده ها و تحلیل ها بیشتر مبتنی بر منابع اسنادی و پیشینه پژوهش بودند و بررسی میدانی گسترده ای در سطح مدارس و جوامع شهری انجام نشد؛ دوم آن که مدل ارائه شده هنوز در عمل اجرا و آزمون نشده و کارایی آن در شرایط واقعی به ارزیابی تجربی نیاز دارد. با وجود این محدودیت ها، یافته ها پیشنهاد های کاربردی مهمی برای سیاست گذاران، مدیران شهری و نظام آموزشی دارد. نخست، لازم است آموزش مدیریت پسماند به عنوان یک واحد درسی یا محتوای تلفیقی در برنامه درسی رسمی مدارس گنجانده شود تا نسل جدید با دانش، نگرش و مهارت های لازم تربیت گردد. هم چنین استفاده از آن در آموزش های غیررسمی منجر به جلب مشارکت مردمی در باب این مهم می گردد. دوم، شهرداری ها و سازمان های محیط زیست می توانند با توسعه زیرساخت های فناورانه مانند سطل های هوشمند، اپلیکیشن های ردیابی پسماند و سامانه های GIS، پیوندی مؤثر میان آموزش نظری و تجربه عملی ایجاد کنند. سوم، سیاست گذاران باید از طریق قوانین الزام آور، مشوق های اقتصادی و فرهنگ سازی رسانه ای، بستر اجتماعی لازم برای نهادینه سازی این آموزش ها را فراهم کنند. چهارم، توصیه می شود لایه نوآوری هسته ای با حمایت از استارت آپ های سبز، پروژه های بازیافت الکترونیکی و کارآفرینی دانش آموزی تقویت شود تا آموزش ها از سطح دانش فردی به تغییرات ساختاری در چرخه تولید و مصرف ارتقا یابند. در نهایت، اجرای آزمایشی این مدل در چند شهر پایلوت و ارزیابی اثرات آن می تواند راه را برای تعمیم ملی و بومی سازی بیشتر هموار سازد.

۵- تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی "مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران" انجام شده است. نگارندگان مراتب قدردانی و سپاس صمیمانه خود را از این نهاد محترم به خاطر تأمین منابع مالی مورد نیاز این تحقیق اعلام می دارند.

۶- مراجع و منابع

1. Dawar I, Srivastava A, Singal M, et al. A systematic literature review on municipal solid waste management using machine learning and deep learning. *Artif Intell Rev.* 2025; 58:183. doi:[10.1007/s10462-025-11196-9](https://doi.org/10.1007/s10462-025-11196-9)
2. Subedi A, Shrestha S, Ghimire A, Paudel SR. Leveraging machine learning for sustainable solid waste management: A global perspective. *Sustainable Futures.* 2025;10:101098. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.101098>
3. Moreira, R., Malheiros, T. F., Alfaro, J. F., Cetrulo, T. B., & Ávila, L. V. (2018). Solid waste management index for Brazilian higher education institutions. *Waste Management*, 80, 292-298. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.025>
4. Felder, M.A., Petrell, R.J., Duff, S.J., (2001). A solid waste audit and directions for waste reduction at the University of British Columbia, Canada. *Waste Manage. Res.: J. Int. Solid Wastes Public Cleansing Assoc., ISWA* 19, 354-365. DOI: [10.1177/0734242X0101900412](https://doi.org/10.1177/0734242X0101900412)

5. Thomas, P., Perosi, M., & Martín, N. (2012). Master plan for the integral management of solid waste in the campus of the national university of Cuyo: Preliminary approach recovery of recyclable materials system. In Proceedings–28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture+ Urban Design: Opportunities, Limits and Needs–Towards an Environmentally Responsible Architecture, PLEA (pp. 0-84886789616).
6. Rouse, J. (2006). Seeking common ground for people: Livelihoods, governance and waste. *Habitat International.*, 30(4), 741–753. <https://doi.org/10.1016/J.HABITATINT.2005.09.001>
7. Malakahmad, A. et al., (2010). Solid waste characterization and recycling potential for university technology PETRONAS Academic Buildings. *Am. J. Environ. Sci.* 6 (5), 422–427. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2010.422.427>
8. Baldwin, E., Dripps, W., (2012). Spatial characterization and analysis of the campus residential waste stream at a small private liberal arts institution. *Resour. Conserv. Recycl.* 65, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.002>
9. Lim, K.-Y., Hamilton, A.J., Jiang, S.C., (2015). Assessment of public health risk associated with viral contamination in harvested urban stormwater for domestic applications. *Sci. Total Environ.* 523, 95–108. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.077>
10. Kawai, K., & Tasaki, T. (2016). Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, **18**(1), 1–13.
11. Schübeler, P., Christen, J., & Wehrle, K. (1996). Conceptual framework for municipal solid waste management in low-income countries. SKAT (Swiss Center for Development Cooperation).
12. Awino, F. B., & Apitz, S. E. (2024). Solid waste management in the context of the waste hierarchy and circular economy frameworks: An international critical review. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 20(1), 9–35. <https://doi.org/10.1002/ieam.4774>
13. Zhang Z, Chen Z, Zhang J, Liu Y, Chen L, Yang M, Osman AI, Farghali M, Liu E, Hassan D, Ihara I, Lu K, Rooney DW, Yap PS. (2024), Municipal solid waste management challenges in developing regions: A comprehensive review and future perspectives for Asia and Africa. *Sci Total Environ.* 2024 Jun 20; 930:172794. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172794> Epub 2024 Apr 25. PMID: 38677421.
14. Zaman, A. and Lehmann, S. (2011). Urban Growth and Waste Management Optimization towards Zero Waste City'. *City, Culture and Society*, 2, 177-187. <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2011.11.007>
15. Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2015). Analysis of waste hierarchy in the European waste directive 2008/98. *Resources, Conservation and Recycling*, 105, 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.007>
16. Reike, D., Vermeulen, W. J. V., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or refurbished as CE 3.0? -Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246–264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>

17. Coenen, T. B. J., Haanstra, W., Jan Braaksma, A. J. J., & Santos, J. (2020). CEIMA: A framework for identifying critical interfaces between the Circular Economy and stakeholders in the lifecycle of infrastructure assets. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104552. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104552>
18. Khaw-ngern, K., Peuchthonglang, P., Klomkul, L., & Khaw-ngern, C. (2021). The 9Rs strategies for the circular economy 3.0. *Psychology and Education Journal*, 58, 1440–1446.
19. Ma, J., & Hipel, K. W. (2016). Exploring social dimensions of municipal solid waste management around the globe—A systematic literature review. *Waste Management*, 56, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.06.041>
20. UNESCO-UNEP. (1978). The Tbilisi Declaration: Intergovernmental Conference on Environmental Education. Tbilisi, USSR, 14-26 October 1977. UNESCO, Paris. ED/MD/49 PARIS, April 1978 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000032763>
21. UNESCO (2017). Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. Paris: Division for Inclusion, Peace and Sustainable Development, Education Sector. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
22. Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>
23. Rieckmann, M. (2012). The global perspective of education for sustainable development: A European-Latin American study about key competencies for thinking and acting in the world society. *Environmental Education Research*, 18(1), 57–77. <https://doi.org/10.1080/13504622.2012.697547>
24. Tilbury, D. (2011). *Education for sustainable development: An expert review of processes and learning*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000191442>
25. Wilson, D., et al. (2015) Global Waste Management Outlook; Prepared for United Nations Environment Program (UNEP) and International Solid Waste Association (ISWA). UNEP International Environment Technology Centre (IETC), Osaka.
26. Christianty, C. (2025). *Creating eco-friendly behaviors: Environmental education and plastic waste management*. *Inovasi Kurikulum*, 22(2), 767–778, <https://ejournal.upi.edu/index.php/JIK/article/view/75818>
27. Wals, A. E. J., & Benavot, A. (2017). Can we meet the sustainability challenges? The role of education and lifelong learning. *European Journal of Education*, 52(4), 404-413. <https://doi.org/10.1111/ejed.12250>
28. Singer-Brodowski, M. (2023). The potential of transformative learning for sustainability transitions: Moving beyond formal learning environments. *Environment, Development and Sustainability*, 1(1), 1-19. DOI: [10.1007/s10668-022-02444-x](https://doi.org/10.1007/s10668-022-02444-x)
29. Southworth, J. (2022). Bridging critical thinking and transformative learning: The role of perspective-taking. *Theory and Research in Education*, 20(1), 44-63. <https://doi.org/10.1177/14778785221090853>

30. Hines, J. M., Hungerford, H. R., & Tomera, A. N. (1986-1987). Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: A meta-analysis. *The Journal of Environmental Education*, 18(2), 1-8. <https://doi.org/10.1080/00958964.1987.9943482>
31. Ajiboye, J. O., & Ajitoni, S. O. (2008). Effects of Full and Quasi – Participatory Learning Strategies on Nigerian Senior Secondary Students’ Environmental Knowledge: Implications for Classroom Practice. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 58-66.
32. Akintunde, E. A., & Akintunde, C. A. (2023). Acquisition and use of environmental education in solid waste management practices. *Journal of STEAM Education*, 6(2), 143-160. <https://doi.org/10.55290/steam.1149800>
33. Gebrekidan, T. K., & Gebremedhin, G. G. (2024). Integration and effectiveness of formal environmental education in Africa and India: Review. *European Journal of Sustainable Development Research*, 8(2), em0253. <https://doi.org/10.29333/ejosdr/14368>
34. Yüzüak, A. V., & Erten, S. (2022). Teachers’ views on turkey’s zero waste project (TZWP): Research Article. *Journal of Turkish Science Education*, 19(1), 71-81. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.110>
35. Schultz, P. W., Oskamp, S., & Mainieri, T. (1995). Who recycles and when? A review of personal and situational factors. *Journal of Environmental Psychology*, 15(2), 105-121 [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90019-5](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90019-5)
36. Assuah, A. (2025). An Indigenous learning approach to managing solid waste in First Nations in Canada. *AlterNative: An International Journal of Indigenous Peoples*, 21(1), 159-168. <https://doi.org/10.1177/11771801241312429>
37. Lye, C.-T., Ng, T.-H., & Law, J.-W. (2024). The role of general and specific pro-environmental education in household waste management in Malaysia: Evidence from quantile regression. *Environmental Challenges*, 15, 100933. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100933>
38. EcoSchools Canada. (2022). *Best practices for waste management: A guide for school communities in Canada*. Prepared for Environment and Climate Change Canada.
۳۹. سلیمان پور عمران. (۲۰۱۳). آموزش زیست محیطی و جایگاه آن در برنامه درسی دوره متوسطه نظام آموزشی کشور. *فصلنامه علمی پژوهش های یاددهی و یادگیری دانشگاه آزاد واحد بجنورد*. 1-20.8(34). <https://civilica.com/doc/1660434>
۴۰. شبیری س. م.، میبودی ح.، سرادی پور ع.، رشیدی س.، (۱۳۹۵)، تأثیر بازیهای آموزشی بر یادگیری مفاهیم بازیافت و استفاده مجدد در کودکان پسر پیش دبستانی. *فصلنامه علمی - پژوهشی تعلیم و تربیت*. ۳۲ (۲): ۶۹-۸۶ <https://www.magiran.com/p1570736>
۴۱. کریمی ج.، صادقی م.، فدایی ا.، مهدی نژاد م. م.، (۱۳۹۴). بررسی تاثیر مداخله از طریق دو روش آموزش چهره به چهره و پمفلت آموزشی بر تفکیک، جداسازی و بازیافت پسماند در شهر کلاله. *سلامت و محیط زیست*. ۸ (۳): ۲۷۵-۲۸۴ <https://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5427-fa.html>
۴۲. مومنی، مهدی و رمضانی، زهرا، ۱۴۰۳، بررسی آموزش های مدیریت پسماند در مدارس سایر کشورها. همایش بین المللی مدیریت محیط زیست شهری، شیراز. <https://civilica.com/doc/2151586>
43. Noblit, G.W. and Hare, R.D. (1988) *Meta-Ethnography: Synthesizing Qualitative studies*. Sage Publications, Newbury Park. <https://doi.org/10.4135/9781412985000>

44. Walsh, D. and Downe, S. (2005) Meta-Synthesis Method for Qualitative Research: A Literature Review. *Journal of Advanced Nursing*, 50, 204-211. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03380.x>
45. Cooper, H., & Hedges, L. V. (Eds.). (1994). *The handbook of research synthesis*. Russell Sage Foundation.
۴۶. سرافراز، س. (۱۴۰۱)، آموزش و بررسی نحوه بازیافت پسماند های شهری. یازدهمین کنفرانس بین المللی پژوهش های مدیریت و علوم انسانی در ایران، تهران. <https://civilica.com/doc/1673276>
۴۷. نظامی، ا.، رضوانی، م.، شبیری، س. م.، (۱۳۹۴). بررسی میزان اثربخشی آموزش های ارائه شده توسط سازمان مدیریت پسماند خراسان شمالی به زنان خانه دار/مطالعه موردی: شهر بجنورد. مدیریت پسماندها. ۱۶، ۴۷-۵۴. <http://noo.rs/ETPmv>
۴۸. مظاهری، م. م.، و کرامتی نژاد، ح. (۱۳۹۲). بررسی میزان تاثیر آموزش های چهره به چهره عوامل شهرداری تهران بر رفتار شهروندان در محث مدیریت پسماند شهری (مطالعه موردی منطقه ۱۸ تهران). مطالعات مدیریت شهری. ۵(۱۴)، ۴۹-۶۴. <https://sid.ir/paper/199291/fa>
۴۹. نوحه خوان مدبر پ. (۱۴۰۲). تاثیر آموزش همگانی بر مدیریت صحیح پسماند و توسعه پایدار سبز با توجه به نقش تعدیلگری هویت ملی در شهر بندرانزلی. نشریه علمی رویکردهای پژوهشی نوین مدیریت و حسابداری. 7(24). 1516-1528. Retrieved . <https://majournal.ir/index.php/ma/article/view/1967> از:
۵۰. قاسمی دستگردی، ز. و طاهری، ع. ا. (۱۳۹۸)، بررسی اثرات آموزش های محیط زیستی بر کاهش تولید پسماند (منطقه ۱۳ شهرداری تهران). چهارمین کنگره بین المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری ایران، تبریز. <https://civilica.com/doc/972191>
۵۱. اسماعیلی علویجه، ا.، زبردست، ل.، امیری، م. ج.، و صالحی، ا. (۱۳۹۵)، مقایسه اثربخشی آموزش محیط زیست با استفاده از آموزش رسمی و غیررسمی در دانش آموزان پایه ششم ابتدایی. آموزش محیط زیست و توسعه پایدار. ۵(۲)، ۴۹-۵۸. SID. <https://sid.ir/paper/260992/fa>
۵۲. مشیدی، ح. (۱۳۹۶). بررسی میزان اثربخشی آموزش تفکیک زباله از مبدا به شهروندان؛ (مطالعه موردی: منطقه ۱۶ شهرداری تهران). مطالعات جغرافیا، عمران و مدیریت شهری. ۹(۳)، ۲۷-۴۰. <http://noo.rs/PTp4a>
۵۳. اردستانی جوادی، ح.، محمودی، م.، لشگرآرا، ف.، (۱۳۹۷). ارزیابی اثربخشی آموزش های سرای محلات در زمینه مدیریت پسماند بر رفتار شهروندان (مورد مطالعه: منطقه ۱۴ شهرداری تهران). مطالعات علوم محیط زیست. ۳(۴). ۸۱۲-۸۲۲. https://www.jess.ir/article_82895.html
۵۴. گنجی، م. ر.، تقوی، ل. و عمرانی، ق. (۱۳۹۶). بررسی و اولویت بندی روش های آموزشی محیط زیست در تفکیک و جمع آوری مدیریت پسماند، علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۹ (۴). ۴۹۴-۴۸۵. <https://civilica.com/doc/1289030>
۵۵. صمیمی، س.، و نامور منصورآبادی، ج. (۱۴۰۰)، عوامل موثر بر آموزش های شهروندی در زمینه مدیریت پسماند با تاکید بر توسعه پایدار. کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست. <https://sid.ir/paper/900944/fa>
۵۶. حسینی س. خ.، محمدی زیدی ع.، جمالی ح. ع.، (۱۳۹۹). تاثیر آموزش مبتنی بر تئوری رفتار برنامه ریزی شده بر بازیافت باتری در زنان خانه دار شهر کرج. طب پیشگیری. ۷(۴). ۳۶-۴۷. <https://sid.ir/paper/405705/fa>
۵۷. نظامی، ا.، رضوانی، م.، شبیری، س. م.، (۱۳۹۲)، بررسی میزان اثربخشی آموزش های ارائه شده توسط سازمان مدیریت پسماند خراسان شمالی به زنان خانه دار، اولین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی محیط زیست، انرژی و صنعت پاک، تهران. <https://civilica.com/doc/230921>
۵۸. بهبهانی نیا، آ. و رحمتی، م. س.، (۱۴۰۳). تحلیل آماری نقش آموزش های محیط زیستی شهروندان در مدیریت پسماند شهری (مطالعه موردی شهرستان دماوند). مطالعات علوم محیط زیست. ۹(۴). ۹۴۹۵-۹۴۹۱. https://www.jess.ir/article_198957.html?lang=fa

۵۹. مظفر، ب. و صادقی، س.، (۱۴۰۱)، ارائه روش های جدید آموزش و فرهنگ سازی در راستای کاهش تولید پسماند، هشتمین کنفرانس بین المللی مطالعات نوین مهندسی عمران، معماری، شهرسازی و محیط زیست در قرن ۲۱، تهران. <https://civilica.com/doc/1597319>
۶۰. اسراری، ا. و رهبری، م.، (۱۳۹۲)، مطالعه تأثیر آموزش محیط زیست بر بهبود تفکیک پسماند پزشکی (مطالعه‌ی موردی: بیمارستان احمدنژاد کتالم). فصلنامه علمی آموزش محیط زیست و توسعه پایدار ۱(۴): ۱-۱۰. https://ee.journals.pnu.ac.ir/article_858.html
۶۱. شبیری، س. م. و فیض بخش واقف، خ.، (۱۳۹۶). اهمیت آموزش محیط‌زیست در ایجاد نگرش و رفتار محیط‌زیستی در خصوص مدیریت پسماندهای جامد. *Journals of Environmental Education and Sustainable Development*. 6(4). 79-90. [20.1001.1.23223057.1397.6.4.6.8](https://doi.org/10.23223057.1397.6.4.6.8)
۶۲. علوی مقدم، س. م. ر.، قاسمی، ع.، و علوی مقدم، س. ب. (۱۳۸۷)، آموزش و نقش کلیدی آن در مدیریت صحیح جامعه مواد زاید جامد در ایران. فصلنامه انجمن متخصصان محیط زیست ایران ۲(۱): ۱-۲۳. <https://ensani.ir/fa/article/192197>
۶۳. پیوسته‌گر، ی. و انصاری، م. ح. (۱۳۹۶). بررسی و ارزیابی عوامل اجتماعی مؤثر بر کاهش سرانه تولید پسماند خانگی (نمونه موردی: مناطق ۳ و ۱۰ شهرداری تهران). علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۹(۴): ۲۱۹-۲۳۶. <https://doi.org/10.22034/jest.2017.11635>
۶۴. تقدیسی، م. ح.، غلامی، م.، حسینی، ف.، رحیمی، ز.، (۱۳۹۴)، تأثیر آموزش بر توانمندسازی دانش‌آموزان مقطع ابتدایی در بازیافت زباله از مبدأ. آموزش بهداشت و ارتقای سلامت. ۳(۴): ۳۱۹-۳۲۷. <https://www.magiran.com/p1515704>
۶۵. میبودی، ح.، مسکی بونگ، م. ج. و غیورمداح، م. ا.، (۱۴۰۲)، شناسایی و اولویت بندی برنامه های مدیریت کاهش تولید پسماند در شهر مشهد. دهمین کنفرانس ملی و سومین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی شهری و مدیریت شهری، مشهد. <https://civilica.com/doc/1876213>
۶۶. حاجی حیدری، ی.، شرفی، س. م. و نافذ، ا.، (۱۴۰۲)، بررسی تأثیر مداخله آموزشی بر آگاهی، نگرش و عملکرد زنان خانه دار روستای دستجا در زمینه بازیافت زباله در سال ۱۳۹۹. تحقیقات نظام سلامت. ۱۹(۳): ۲۴۹-۲۵۶. <https://sid.ir/paper/1083370/fa>
۶۷. فلاح نژاد، م. ج.، شمسی، م.، درویشی چشمه سلطانی، ر.، خورسندی، م.، مرادزاده، ر.، (۱۴۰۲)، تأثیر مداخله آموزشی مبتنی بر تئوری رفتار برنامه‌ریزی شده بر ارتقای رفتار تفکیک از مبدأ زباله در دانش‌آموزان مقطع ابتدایی شهرستان خرم‌آباد. مجله تحقیقات نظام سلامت. ۱۹(۳): ۱۹۲-۱۹۹. <https://hsr.mui.ac.ir/article-1-1347-fa.html>
۶۸. جعفرزاده، م.، حیدرپور، پ.، رخشانی، ط.، (۱۴۰۲)، بررسی تاثیر مداخله آموزشی مبتنی بر نظریه رفتار برنامه ریزی شده بر روی رفتار تفکیک زباله های خانگی خانم های خانه دار در شهرستان نوشهر. آموزش بهداشت و ارتقای سلامت. ۱۱(۲): ۱۷۹-۱۹۱. <http://journal.ihepsa.ir/article-1-2238-fa.html>
69. Vargas, D. B., & de Souza Campos, L. M. (2020, August). Waste management in higher education institutions: a state-of-the-art overview. In *Proceedings of the 5th NA International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Detroit, Michigan, USA* (pp. 75-86). Doi:
70. Moghaddam, M. C., Zeidi, I. M., Morshedi, H., Hosseini, F., & Rouhani-Tonekaboni, N. (2024). The Effect of an Educational Intervention Based on an Integrated Social Cognition Model on Waste Recycling at the Source Among Housewives in Lahijan City: A Quasi-Experimental Study. *Journal of Health Scope*, 13(1). <https://doi.org/10.5812/healthscope-140256>
71. Sunarto, S., Bisri, M., & Suyadi, S. (2014). Society behavior towards household waste management in Tulungagung. *International Journal of applied sociology*, 4(3), 67-73. Doi:

72. Husen, A. (2018). Integration of environmental education into Ethiopian primary school curricula with particular emphasis on Jimma Zone of Oromia Region. *College of Education and Behavioral Studies, Department of Curriculum and Instruction, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia*. Doi:
73. Bhatia, N. (2020). Environmental education in India: Analysis of national curriculum and pedagogical approaches. Major Paper, Master of Environmental Studies, Faculty of Environmental Studies, York University, Doi: <http://hdl.handle.net/10315/38357>
74. Etim, E., Choedron, K. T., & Ajai, O. (2024). Municipal solid waste management in Lagos State: Expansion diffusion of awareness. *Waste Management, 190*. 261-272. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.09.032>
75. Kolivand, A., Farzadkia, M., Fatehnia, A., & Taghdisi, M. H. (2014). The effect of training on public participation in the in-house separation of urban wastes.
76. Liao, C., & Li, H. (2019). Environmental education, knowledge, and high school students' intention toward separation of solid waste on campus. *International journal of environmental research and public health, 16*(9), 1659. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph16091659>
77. Desa, A., Ba'yah Abd Kadir, N., & Yusoooff, F. (2011). A study on the knowledge, attitudes, awareness status and behavior concerning solid waste management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 18*, 643-648. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.05.095>
78. Cutter-Mackenzie, A. (2010). Australian waste wise schools' program: its past, present, and future. *The Journal of Environmental Education, 41*(3), 165-178. Doi: <https://doi.org/10.1080/00958960903347471>
79. Rodríguez-Guerreiro, M. J., Torrijos, V., & Soto, M. (2024). A review of waste management in higher education institutions: The road to zero waste and sustainability. *Environments, 11*(12), 293. <https://doi.org/10.3390/environments11120293>
80. Pimpuang, T., & Kessomboon, P. (2018). Evaluation of a Locally-developed Zero Waste Management Curriculum for Primary School Pupils in KhonKaen Municipality Schools, KhonKaen Province, Thailand. *Environment Asia, 11*(2). DOI: [10.14456/ea.2018.27](https://doi.org/10.14456/ea.2018.27)
81. Assuah, A. (2025). An Indigenous learning approach to managing solid waste in First Nations in Canada. *AlterNative: An International Journal of Indigenous Peoples, 21*(1), 159-168. DOI: [10.1177/11771801241312429](https://doi.org/10.1177/11771801241312429)
82. Schultz, P. W., Oskamp, S., & Mainieri, T. (1995). Who recycles and when? A review of personal and situational factors. *Journal of environmental psychology, 15*(2), 105-121. Doi: [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90019-5](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90019-5)
83. Japan International Cooperation Agency (JICA). (2019). Guidebook for environmental education on solid waste management in Africa. Tokyo, Japan: Global Environment Department, JICA. <https://unhabitat.org/african-clean-cities-publications>
84. Loa M.A.H, Roca G.R, & Marín, M. V. (2023). Education and environmental management of solid waste in Peru, in the period 2012-2022: A review of the scientific literature. In Larrondo Petrie M.M., Texier J., & Matta R.A.R. (Eds.), Proceedings of the LACCEI international Multi-

conference for Engineering, Education and Technology. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions. DOI: [10.18687/LACCEI2023.1.1.465](https://doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.465)

85. AKINTUNDE, E. A., WAHAB, B., & AGBOLA, B. S. (2024). Environmental Literacy and Solid Waste Management in the Jos Metropolis, Nigeria. *Journal of Environmental Sciences*, 23(1), 159-174. Doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13886896>
86. Bartelings, H., & Sterner, T. (1999). Household waste management in a Swedish municipality: determinants of waste disposal, recycling and composting. *Environmental and resource economics*, 13(4), 473-491. Doi:
87. World Wide Fund for Nature (WWF) Thailand. (2016). Eco-Schools handbook: Thailand. Bangkok, Thailand: WWF-Thailand.
88. Halkos, G., & Petrou, K. N. (2020). The relationship between MSW and education: WKC evidence from 25 OECD countries. *Waste Management*, 114, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.044>