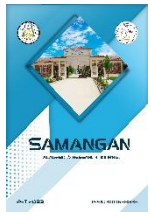
Samangan Academic and Research Journal

https://researchsparker.edu.af/index.php/SARJ

DOI: 10.64226/sarj.v3i02.151

E-ISSN: 3105-1715

P-ISSN: 3006-8835



Investigating waste disposal methods

Rahmatullah Karimi[1], Yadullah Mahmodi [*1], Mohammad Bonyadi[1], Essa Sohail[1]

[1] *Department of Forestry and Natural Resources, Faculty of Agriculture,* Daykundi *University*
[*] *Corresponding Author: yadullah.mahmodi@dhei.edu.af*

Cite this study: Karimi, R., Mahmodi, Y., Bonyadi, M., & Sohail, E. (2025). Investigating waste disposal methods. *Samangan Academic and Research Journal, 3*(2), 97–110.

Keywords

Waste, Waste Management, Waste Disposal, Sanitary Landfill, Waste Incineration, Waste Composting.

Abstract

Waste disposal is a key component of environmental protection and sustainable development, as the final stage of waste management significantly influences environmental quality and public health. Rapid population growth, urbanization, industrial development, and changing consumption patterns have substantially increased the volume of municipal solid waste. In Afghanistan, the selection of appropriate waste disposal methods is constrained by limited technical, financial, and institutional capacities. The aim of this study is to investigate and compare the major municipal waste disposal methods and assess their environmental, economic, social, and public health impacts. This research employs a descriptive approach based on a comprehensive review of reliable national and international scientific literature. The methods examined include sanitary landfilling, incineration, composting, and recycling. The evaluation considers environmental impacts such as air, water, and soil pollution, greenhouse gas emissions, economic aspects including capital and operational costs, and the suitability of each method for different waste types. The findings reveal that no single disposal method is universally suitable for all waste categories or local conditions. Rather, the effectiveness of each method depends on waste characteristics, available technology, financial resources, and local circumstances. The study concludes that an integrated waste management approach, emphasizing waste reduction before final disposal and combining multiple disposal methods, can effectively minimize environmental pollution and health risks. Considering the composition of municipal waste and the existing socio-economic conditions in Afghanistan, composting and recycling are identified as the most sustainable and appropriate waste management options. The findings provide a scientific basis for policymakers and environmental planners to develop effective and sustainable waste management strategies in Afghanistan.

مجلهٔ علمی-تحقیقی سمنگان
https://researchsparker.edu.af/index.php/SARJ
DOI: 10.64226/sarj.v3i02.151
E-ISSN: 3105-1715
P-ISSN: 3006-8835



بررسی روش‌های دفع زباله

نامزدپوهنیار رحمت‌الله کریمی [۱]، پوهنیار یدالله محمودی [۲]، محمد بنیادی [۳]، عیسی سهیل [۴].
[۱] *دیپارتمنت جنگلداری و منابع طبیعی، پوهنحی زراعت، پوهنتون دایکندی*
* نویسندهٔ مسؤول: *yadullah.mahmodi@dhei.edu.af*

مرجع‌دهی: کریمی، ر.، محمودی، ی.، بنیادی، م.، و سهیل، ع. (۲۰۲۵). بررسی روش‌های دفع زباله، *مجلهٔ علمی-تحقیقی سمنگان*. ۳(۲)، ۱۱۰-۹۷.

کلمات کلیدی
زباله، مدیریت زباله، دفع زباله، دفن صحی زباله، سوزاندن زباله، کمپوست زباله.

چکیده

بررسی روش‌های دفع زباله‌ها یکی از مسائل حیاتی در حفاظت محیط‌زیست و تحقق توسعه پایدار محسوب می‌شود، زیرا مرحله نهایی دفع زباله نقش مهمی در ایجاد یا کاهش آلودگی‌های محیطی و تهدیدات صحی دارد. افزایش نفوس، گسترش شهرنشینی، رشد فعالیت‌های صنعتی و تغییر شیوه‌های مصرف سبب افزایش چشمگیر تولید زباله گردیده است. در افغانستان انتخاب روش مناسب دفع زباله با محدودیت‌های تخنیکی و مالی روبه‌رو است. هدف این تحقیق، بررسی و مقایسه روش‌های اصلی دفع زباله‌های شهری و بررسی پیامدهای محیط‌زیستی، اقتصادی، اجتماعی و صحی آن‌ها می‌باشد. این مطالعه با رویکرد توصیفی ، بر بنیاد منابع علمی معتبر داخلی و بین‌المللی انجام شده است. روش‌های مورد بررسی شامل دفن صحی، سوزاندن، کمپوست‌سازی و بازیافت زباله می‌باشد. ارزیابی بر اساس پیامدهای محیط‌زیستی (آلودگی آب، خاک و هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای)، اقتصادی (مصارف سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری) و نوع زباله‌ها صورت گرفته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که هیچ روش دفع زباله به‌طور مطلق برای تمام شرایط و تمام انواع زباله مناسب نیست و کارآمدی هر روش به شرایط محلی، ظرفیت تخنیکی، توان مالی و نوع زباله وابسته است. بنابراین، انتخاب آگاهانه و ترکیبی روش‌های دفع، همراه با کاهش حجم زباله پیش از مرحله دفع نهایی، می‌تواند پیامدهای منفی محیط‌زیستی و صحی را کاهش دهد. نظر به نوع زباله و شرایط افغانستان روش کمپوست سازی و بازیافت بهترین و مناسب‌ترین روش دفع زباله در افغانستان می‌باشد. این تحقیق می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان محیط‌زیست در افغانستان فراهم سازد.

۱. مقدمه

زباله‌ها یا مواد زائد یکی از پیامدهای اجتناب‌ناپذیر زندگی معاصر به‌شمار می‌روند که در نتیجه فعالیت‌های روزمره انسان‌ها به‌وجود آمده و پس از استفاده دور انداخته می‌شوند (بری، ۱۴۰۲). رشد سریع نفوس، توسعه شهرنشینی، گسترش صنایع، تغییر الگوهای مصرف و تحول شیوه‌های زندگی، باعث افزایش چشمگیر حجم و تنوع زباله‌ها گردیده است. در صورتی‌که این زباله‌ها به‌گونه اصولی مدیریت، جمع‌آوری و دفع نگردند، می‌توانند منجر به آلودگی آب، خاک، هوا، گسترش بیماری‌ها و تهدید سلامت انسان و محیط زیست شوند (کوهستانی، ۱۳۹٤).

از همین‌رو، مدیریت زباله‌های شهری به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی محیط‌زیستی و صحی در بسیاری از کشورهای جهان، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، مطرح گردیده است. در افغانستان نیز افزایش نفوس شهری، نبود زیرساخت‌های مناسب، کمبود منابع مالی، ضعف برنامه‌ریزی شهری و پایین بودن سطح آگاهی عمومی، مشکلات مدیریت زباله‌های شهری را تشدید نموده است (مختارپور، ۱٤۰۰). دفع زباله یکی از مهم‌ترین مراحل مدیریت زباله‌های شهری محسوب می‌شود؛ زیرا هرگونه دفع غیرصحی و غیرمعیاری می‌تواند پیامدهای منفی کوتاه‌مدت و درازمدت بر محیط زیست و جامعه برجا بگذارد. آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، تخریب مناظر شهری، افزایش حشرات و حیوانات ناقل بیماری، بروز بیماری‌های خطرناک، تهدید زندگی آبزیان و تلفات دام و طیور از جمله پیامدهای ناشی از دفع غیرصحی زباله‌ها می‌باشند (یحیی‌زاده، ۱۳۹۹).

مطالعات نشان می‌دهد که دفن صحی هنوز هم یکی از رایج‌ترین روش‌های دفع زباله در بسیاری از کشورها است؛ اما در صورت نبود طراحی و مدیریت معیاری، می‌تواند منجر به آلودگی آب‌های زیرزمینی و انتشار گاز میتان گردد (Karimi, 2023). سوزاندن زباله نیز به‌عنوان روشی برای کاهش حجم زباله مورد استفاده قرار می‌گیرد و در صورتی‌که در کوره‌های معیاری انجام شود، می‌تواند در کاهش حجم زباله مؤثر باشد؛ با این حال، هزینه‌های بلند و خطر انتشار گازهای آلوده‌کننده از محدودیت‌های عمده این روش به‌شمار می‌رود (Bovea et al., 2017). در مقابل، بازیافت و کمپوست‌سازی به‌عنوان روش‌های سازگار با محیط زیست، نقش مهمی در کاهش حجم زباله‌های نیازمند دفع نهایی، حفظ منابع طبیعی و مدیریت پایدار زباله‌ها دارند (Nwodo J et al., 2018).

تحقیقات نشان می‌دهد که هیچ روش دفع زباله به‌تنهایی بهترین گزینه محسوب نمی‌شود و انتخاب روش مناسب باید بر اساس شرایط محیطی، اقتصادی، اجتماعی و ظرفیت‌های محلی صورت گیرد. از این‌رو، بررسی و مقایسه روش‌های مختلف دفع زباله یکی از ضرورت‌های مهم علمی و عملی در مدیریت زباله‌های شهری به‌شمار می‌رود. زباله‌ها بر اساس نوع، منبع تولید و ویژگی‌های فزیکی و کیمیاوی به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. به‌صورت کلی، زباله‌ها شامل زباله‌های شهری، صنعتی و خطرناک می‌باشند. زباله‌های شهری شامل زایدات غذایی، خاکستر، ضایعات ساختمانی و زباله‌های ویژه هستند؛ زباله‌های صنعتی شامل فلزات، مواد

پلاستیکی و مواد کیمیاوی می‌شوند و زباله‌های خطرناک نیز مواد قابل انفجار، قابل احتراق و سمی را دربر می‌گیرند (کوهستانی، ۱۳۹٤). همچنان زباله‌ها به‌صورت عمومی به پنج دسته زباله‌های عادی، صحی، زراعتی، صنعتی و ویژه تقسیم‌بندی شده‌اند (رضویان و همکاران، ۱۳۹٤). منابع تولید زباله‌های شهری نیز متنوع بوده و شامل مناطق مسکونی، مراکز تجاری، ادارات، رستورانت‌ها، هوتل‌ها، مراکز صحی، پارک‌ها، سرک‌ها، شاهراه‌ها و مراکز تصفیه آب می‌گردند. حجم، ترکیب، میزان خطر و سایر ویژگی‌های زباله‌ها با توجه به منبع تولید متفاوت بوده و شناخت این منابع در انتخاب روش مناسب جمع‌آوری، بازیافت و دفع زباله اهمیت اساسی دارد (مختارپور، ۱٤۰۰).

جمع‌آوری و انتقال زباله‌ها یکی از مهم‌ترین بخش‌های مدیریت زباله‌های شهری محسوب می‌شود و بخش عمده‌ای از هزینه‌های مدیریت زباله را به خود اختصاص می‌دهد. این روند از جمع‌آوری زباله در محل تولید آغاز شده و تا انتقال و تخلیه آن در محل نهایی دفع ادامه می‌یابد. استفاده از سیستم‌های مناسب جمع‌آوری و انتقال زباله می‌تواند نقش مهمی در کاهش هزینه‌ها، جلوگیری از آلودگی محیط زیست و بهبود وضعیت صحی شهرها داشته باشد (مختارپور، ۱٤۰۰). در بسیاری از شهرها، زباله‌ها از طریق کیسه‌های پلاستیکی، بشکه‌های مستعمل، چرخ‌های دستی، موترهای باربری کوچک و کانتینرهای ثابت جمع‌آوری و انتقال داده می‌شوند. با این حال، در برخی مناطق، استفاده از روش‌های غیرمعیاری و غیرصحی در جمع‌آوری و انتقال زباله، مشکلات محیط‌زیستی و صحی فراوانی را ایجاد کرده است (عمرانی، ۱۳۸۹).

با توجه به افزایش تولید زباله‌های شهری و پیامدهای ناشی از دفع غیرصحی آن، بررسی روش‌های مختلف دفع زباله و ارزیابی مزایا و محدودیت‌های هر روش، اهمیت ویژه‌ای در مدیریت پایدار محیط زیست دارد. بنابراین، هدف این مقاله بررسی و ارزیابی روش‌های مختلف دفع زباله‌های شهری، تحلیل پیامدهای محیط‌زیستی هر روش و معرفی شیوه‌های مناسب برای مدیریت مؤثر و پایدار زباله‌ها می‌باشد تا زمینه کاهش آلودگی محیط زیست، حفظ منابع طبیعی و ارتقای سلامت عمومی فراهم گردد.

۳. روش تحقیق

این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از نظر شیوه اجرا، مروری و توصیفی می‌باشد، که با استفاده از روش مطالعات کتابخانه‌ای و مرور نظام‌مند منابع علمی انجام شده است. در این تحقیق، اطلاعات مورد نیاز از طریق گردآوری منابع معتبر علمی شامل کتاب‌ها، مقالات علمی و تحقیقی ، پایان‌نامه‌ها، گزارش‌های سازمان‌های داخلی و جهانی ، اسناد و دستورالعمل‌های مرتبط با مدیریت زباله و دفع زباله جمع‌آوری گردیده است.

به‌منظور گردآوری اطلاعات، جستجوی منابع با استفاده از کلیدواژه‌هایی مانند دفع زباله، مدیریت زباله، روش‌های دفع زباله، بازیافت، دفن بهداشتی، سوزاندن زباله، کمپوست و معادل انگلیسی آن‌ها در سایت‌های معتبر علمی انجام شده. منابع مورد استفاده بر اساس معیارهایی مانند ارتباط مستقیم با موضوع تحقیق، اعتبار علمی منبع، جدید بودن اطلاعات (در صورت امکان)، انتشار در مجلات معتبر یا توسط سازمان‌های تخصصی انتخاب گردید. همچنین تلاش گردیده است که از منابع تکراری، غیرمرتبط و فاقد اعتبار علمی نشود.

پس از گردآوری منابع، داده‌ها به‌صورت نظام‌مند مطالعه و طبقه‌بندی گردید. سپس روش‌های مختلف دفع زباله از نظر تعریف، مزایا، معایب، آثار زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی، هزینه‌های اجرایی و قابلیت کاربرد مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت، یافته‌های حاصل از منابع مختلف با یکدیگر تطبیق داده شده و نقاط قوت، محدودیت‌ها و مناسب‌ترین روش‌های دفع زباله استخراج و جمع‌بندی گردید.

۴. روش های دفع زباله

روش‌های معمولی که تا اکنون برای دفع زباله بکار گرفته شده است شامل بازیافت، سوزاندن، دفن صحی و تهیه کمپوست است(تاجیک،۱۳۹۴). با توجه به موقعیت جغرافیایی، آب‌هوای منطقه، موجودیت زمین‌های بایر و همچنان نوعیت زباله بکار گیری روش‌های دفع زباله متفاوت می‌باشد. روش‌های سوزاندن، کمپوست، و دفن صحی زباله در صورت که در ابتدا با اجرای سیستم بازیافت تولید همراه باشد از اهمیت خاصی برخوردار است.

۱,۴. بازیافت زباله

بازیافت به معنی استفاده از مواد مصرف شده برای تولید و ساخت دوباره همان کالا یا کالای قابل استفاده دیگر است که هدف آن استفاده مجدد از مواد قابل بازیافت و بازگرداندن آن‌ها به چرخه تولید می‌باشد. در این روش، موادی مانند پلاستیک، کاغذ، شیشه، فلزات و برخی مواد دیگر پس از جمع‌آوری و تفکیک، دوباره پروسس شده و به محصولات جدید تبدیل می‌شوند. یافته‌های مطالعات نشان می‌دهد که بازیافت نقش مهمی در کاهش حجم زباله‌های دفنی، صرفه‌جویی در مصرف منابع طبیعی، کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد (Alshaikh & Abdelfatah, 2024; Galavote et al., 2024). امروز روش‌های مختلفی در جهان برای تفکیک و جدا سازی اجزایی ترکیبی مواد زاید توسعه یافته اند میتوان از مهمترین آنها تفکیک از مبدا و تفکیک در مقصد نام برد.

۱. **تفکیک در مبدا:** در این روش زایدات قابل بازیافت پس از جدا سازی در منزل جهت ذخیره سازی به ظروف ویژه که بدین منظور در منازل نصب گردیده اند انتقال می‌یابد و سپس توسط سرویس‌های ویژه و منظم از محل تولید به محل تبدیل انتقال می‌یابد.

۲. **تفکیک در مقصد:** در این روش زایدات قابل بازیافت پس از ورود به مراکز انتقال و یا دفع توسط روش‌های سنتی و یا نیروی انسانی و یا توسط سیستم های مکانیزه از داخل مواد تفکیک و جدا سازی می‌گردد. بطور کلی هر کارخانه بازیافت و تبدیل مواد زاید جامد از سه قسمت اساسی زیر تشکیل شده است که عبارت اند از:

۱-قسمت دریافت مواد؛

۲- قسمت جدا سازی؛

۳-قسمت آماده سازی محصول؛ (کوهستانی،۱۳۹۷).

۲,۴. سوزاندن

سوختاندن زباله یکی از روش‌های مهم مدیریت زباله است که در آن مواد زاید جامد در کوره‌های مخصوص و تحت شرایط کنترول‌شده و حرارت بلند سوزانده می‌شوند تا حجم و وزن آن‌ها به‌طور قابل ملاحظه کاهش یابد. این روش به‌ویژه برای زباله‌های خطرناک، طبی و بخشی از زباله‌های شهری کاربرد دارد. یافته‌های مطالعات مروری نشان می‌دهد که سوختاندن زباله می‌تواند سبب کاهش چشمگیر حجم زباله و در عین حال تولید انرژی حرارتی یا برق گردد. همچنان استفاده از سیستم‌های معیاری کنترول آلودگی در واحدهای زباله‌سوز برای کاهش انتشار گازها و مواد آلاینده نقش اساسی دارد. با این‌حال، در صورت نبود تجهیزات پیشرفته کنترولی، این روش می‌تواند اثرات منفی جدی بالای محیط زیست و صحت انسان داشته باشد (Brunner & Rechberger, 2015; Quan et al., 2025). با توجه به ترکیب و کیفیت زباله‌های شهری که ظرفیت بلند بازیافت و تولید کود کمپوست را دارند، و همچنان با در نظر داشت موجودیت زمین‌های بایر در اطراف شهرها، مشروط بر این‌که دفن زباله در آن‌ها سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی و تخریب محیط زیست نگردد، سرمایه‌گذاری روی اعمار کارخانه‌های زباله‌سوز برای این نوع زباله‌ها چندان قابل توجیه و توصیه شدنی نمی‌باشد. با وجود این، به دلیل خطرات جدی آلودگی‌های بیولوژیکی و میکروبی موجود در زباله های طبی (شفاخانه‌ای) که نسبت به سایر زباله‌ها بسیار خطرناک‌تر اند، محققان هنوز هم سوزاندن این زباله‌ها را در کوره‌های مخصوص و معیاری، به‌عنوان مؤثرترین و مصئون‌ترین روش دفع پیشنهاد می‌کنند (تاجیک،۱۳۹۴).

۱,۲,۴. فواید سوزاندن زباله

۱. این روش در مقایسه با سایر روش‌های دفع زباله موثر تر و به زمین کمتر نیاز دارد. خاکستر باقیمانده به علت عاری بودن از مواد عضوی و باکتری‌ها از نظر صحی مخاطره آمیز نبوده و قابل دفن است.

۲. منافع جانبی سوزاندن زباله ها در دستگاه زباله سوز عبارت از استفاده از حرارت ایجاد شده برای گرم کردن بویلرها و تولید انرژی.

۲,۲,۴. نواقص سوزاندن زباله‌ها

- این روش در مقایسه با سایر روش‌ها به سرمایه گذاری و هزینه اولیه بیشتر نیاز دارد؛
- این روش ایجاد بو، دود و آلودگی هوا می‌نماید که عموماً مورد اعتراض مردم بوده؛
- به پرسونل کار آزموده و افراد مجرب برای بهره برداری و نگهداری از دستگاه‌های زباله سوز نیاز است؛
- هزینه نگهداری و تعمیرات در این‌روش بیش از سایر روش‌های دفع زباله است؛(Kinnaman,1996) .

۳,۴. دفن کردن

دفن صحی زباله یکی از روش‌های مهم و نسبتاً اقتصادی مدیریت زباله‌های جامد است که در آن زباله‌ها در محل‌های مشخص، مهندسی‌شده و تحت شرایط کنترول‌شده دفن می‌گردند. مطالعات جدید نشان می‌دهد که دفن صحی در صورت مدیریت درست، می‌تواند اثرات منفی محیط‌زیستی را نسبت به دفن غیرمعیاری به‌گونه

قابل ملاحظه کاهش دهد، اما ضعف در مدیریت و نبود سیستم‌های معیاری همچنان سبب آلودگی خاک، آب و هوا می‌گردد(Wang & Qiao, 2024; Serafini et al., 2025).

در هر منطقه ای که زمین کافی و مناسب وجود داشته باشد روش دفن صحی می تواند بخوبی مورد استفاده قرار گیرد این روش متداول ترین روش دفع زباله در جهان است. دفن صحی زباله شامل چهار مرحله زیر است:

۱- ریختن زباله در یک وضع کنترل شده؛

۲- فشردگی زباله در یک لایه نازک برای حجم مواد(به ضخامت حدود۲ متر)؛

۳- پوشاندن مواد با یک لایه خاک به ضخامت حدود ۲۰ سانتی متر؛

۴- پوشش لایه نهایی زباله به ضخامت حدود ٦۰ سانتی متر با خاک؛

دفن صحی زباله یک روش کاملاً قابل قبول و مطمین برای دفع زباله‌های شهری است و به عنوان یک جایگزین در مقابل انبار کردن زباله مطرح است. مطالعه آمار نشان می دهد که زباله‌های شهری در ۳۰کیلومتری شهر کابل با هزینه گزاف دفن می‌شود.

۱,۳,۴. فواید دفن کردن زباله:

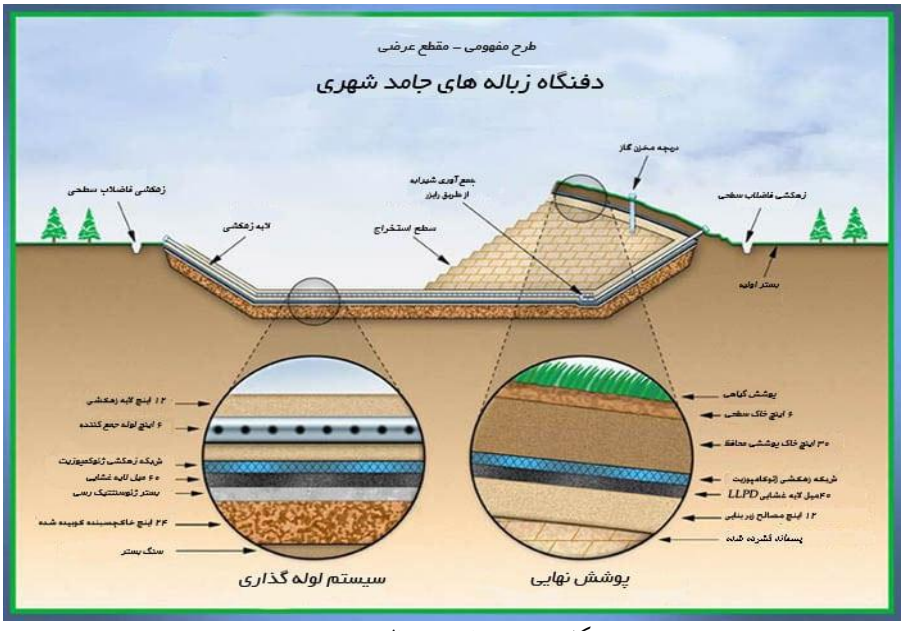
- جلوگیری از انتشار بو و امراض؛
- عدم دسترسی از تماس حشرات، جوندگان و حیوانات مضر؛
- عدم تولید دود و گازهای آلوده کننده هوا؛

۲,۳,۴. نواقص دفن کردن زباله:

- باعث ملوث شدن آب‌های سطحی در مرور زمان می شود؛
- به زمین‌های بایر و غیر قابل استفاده نیاز داردر؛
- هزینه بالا را برخوردار است؛ (تاجیک ،۱۳۹۴)

۳,۳,۴. انتخاب محل دفن زباله

انتخاب زمین مورد نیاز مناسب برای دفن زباله های شهری مهمترین عمل در دفن صحی زباله ها محسوب می شود. محل دفن صحی زباله باید حد اقل به مدت ۲۵ سال محاسبه شده و در جهت توسعه شهر نباشد. فاکتورهای مهمی که در انتخاب محل دفن صحی زباله باید در نظر گرفته شود عبارت از توجه به صحت و سلامت عمومی، سطح زمین مورد نیاز، توپوگرافی یا شیب زمین، فاصله از دریا و جاده، قابلیت دسترسی به خاک پوشش مناسب، قیمت زمین، قابلیت دسترسی به محل دفن، فاصله شهر تا محل دفن، رعایت جهت بادهای تند، زهکشی محل دفن و غیره می‌باشد (کوهستانی،۱۳۹۴).



شکل ۱: تصویر از دفن زباله(روشن، ۱۴۰۰)

۴،۴. کمپوست یا کود سازی

کمپوست عبارت از تجزیه کنترول شده مواد عضوی در حرارت و رطوبت مناسب بوسیله باکتری‌ها، قارچ ها و سایر مایکرو ارگانیسم‌های هوازی و غیر هوازی.(کوهستانی،۱۳۹۷). تهیه بیوکمپوست از زباله‌ها در مقایسه با سایر روش‌های دفع زباله بخصوص سوزاندن ارزان تر و اقتصادی تر است، بطوریکه در حوالی شهرها با سرمایه گذاری کمی می‌توان کود مناسبی جهت توسعه فضای سبز شهری و یا به منظور فروش تهیه نمود. تحقیقات جدید نشان می‌دهد که کمپوست‌سازی در کاهش انتقال زباله به محل‌های دفن، کاهش آلودگی محیط زیست و کاهش استفاده از کودهای کیمیاوی نقش مؤثر دارد. با این حال، کنترول مناسب دما، رطوبت، تهویه و زمان تخمیر برای تولید کمپوست با کیفیت، از عوامل مهم در موفقیت این روش به شمار می‌رود (Meilander & Caporaso, 2024).

۱،۴،۴. انواع کمپوست

۱- **کمپوست سرد:** کمپوست سرد ساده ترین روش در تجزیه مواد عضوی می باشد. در این روش توده های ماده عضوی در یک وضع مناسب هم انباشته شده و برای مدت زمان۱۲-۶ ماه به حال خودی رها می گردد. در این روش عمل تجزیه توسط طبیعت انجام می‌شود.

۲- **کمپوست گرم:** سریعترین روش در تهیه کمپوست روش کمپوست گرم است. در این روش با فعال نگه‌داشتن جمعیت میکروبی در توده ماده عضوی کمپوست پس از ۲۰-۱۴ روز آماده می‌گردد.

۳- **کمپوست بروش:** در این روش مواد قابل کمپوست پس از طی مراحل چند از قبیل جدا سازی، آسیاب و... بر روی سطوح زمین بصورت توده‌های طویل در ابعاد به عرض ۲,۴-۶,۳ متر و ارتفاع ۸,۱-۲,۱ متر ریخته می‌شود.

۲,۴,۴. فواید کمپوست

کمپوست یک سلسله فواید را دارد که عبارت اند از خاک را غنی کرده و به حفظ رطوبت و جلوگیری از بیماریها و آفت گیاهی کمک می کند، نیاز به کود کیمیاوی را کاهش می‌دهد، باکتریا و قارچ های مفید تجزیه کننده خاک را تولید میکند، انتشار میتان و کاربن از محل های دفن زباله را کاهش میدهد، رطوبت بیشتر برای گیاه‌هان فراهم میکند و از فرسایش خاک جلوگیری می‌کند (Mansor،2021).

جدول۱ : بازارهای کمپوست، موارد استفاده و محدودیت ها(حبیبی،۱۴۰۵).

بخش بازار	کاربرد	اندازه احتمال بازار	محدودیت های آولیه
زراعت	مرطوب سازی خاک، اصلاح کود، جلوگیری از فرسایش خاک، توسعه زمین‌های حاشیه ای و مالچ پاشی بعد از بذر	این بازار با توجه به وسعت عملیات زراعتی بسیار بزرگ است	آلودگی‌های احتمالی کمپوست، هزینه حمل کمپوست و تحویل ان به مصرف کنندگان و هزینه تجهیزات استفاده عمده برای مصرف کنندگان
جنگل کاری	مرطوب سازی خاک و مالچ پاشی زمین‌های جنگلی	این بازار با توجه به وسعت زمین‌هایی که زیر سطح جنگل‌کاری می رویند میتواند بسیار بزرگ باشد	هزینه حمل با توجه به فاصله و هزینه استفاده از تجهیزات کمپوست
تولید چمن	مخلوط کردن کمپوست با خاک برای کاهش میزان مورد نیاز کود کیمیاوی	این بازار با توجه به نیاز مناطق شهری و فضاهای ورزشی به چمن تعین می‌شود	هزینه حمل با توجه به فاصله و هزینه استفاده از تجهیزات کمپوست
استفاده خانگی	اصلاح خاک برای غنی سازی سطح گیاه یک لایه جهت استفاده برای چمن	این بازار با توجه به نوع سکونت گاه ها در شهر و در مناطق تعین می‌شود	تجهیزات مورد نیاز پس از پردازش، تضمین کنترل کیفیت و سطح الودگی‌های کود بسیار پاین باشد
محصولات گل خانه ای	اصلاح لایه رویین خاک برای مناطق که به شکل متناوب برداشت دارد برای خاک گیاهان گلخانه‌ای	این بازار نسبتآ محدود است	آزمایش های مداوم و کامل برای تضمین کیفیت کود کمپوست و عرضه مداوم و بدون وقفه کمپوست برای جوابگویی به نیاز بازار در تمام فصول
خاک سطحی	مخلوط کردن کمپوست با خاک میانی برای استفاده در چمن‌کاری، درخت‌کاری و درختچه‌کاری	این بازار نسبتآ محدود است	عرضه مداوم و بدون وقفه کمپوست برای جوابگویی به نیاز بازار در تمام فصول

منظره سازی	اصلاح خاک برای چمن‌کاری و مالچ پاشی	این بازار نسبتاً محدود است	اطمینان از این که کمپوست‌عاری از هر گونه آلودگی است، احتمال موجود آلودگی‌های فزیکی و عرضه مداوم و بدون وقفه کمپوست برای جوابگویی به نیاز بازار در تمام فصول
پوشش مراکز دفن و احیایی زمین های معادن	اصلاح لایه رویین خاک	این بازار نسبتاً محدود است	هزینه حمل و نقل

به اساس تحقیقات فوق بطور کلی میتوان دریافت که هر روش دفع زباله از خود مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارد که در جدول زیر بطور خلاصه بیان می‌گردد:

جدول ۲: مقایسه روش‌های دفع زباله

شماره	روش‌های دفع زباله	مزیت	محدودیت	هزینه لازم	پیامدهای محیط زیستی
۱	سوزاندن زباله	۱. به زمین کمتری نیاز دارد. ۲. حجم زباله را به میزان قابل توجه کاهش می‌دهد. ۳. حرارت تولیدشده می‌تواند منحیث انرژی مورد استفاده قرار گیرد.	۱. نیازمند سرمایه‌گذاری اولیه و تجهیزات پیشرفته است. ۲. سبب تولید دود، بو و گازهای آلاینده می‌شود. ۳. نیاز به کارکنان متخصص دارد.	هزینه‌های خریداری، نگهداری و ترمیم تجهیزات بلند است.	۱. باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های هوا می‌شود. ۲. خاکستر شان سبب آلودگی خاک و آب می‌گردد.
۲	دفن زباله	۱. ساده و نیاز به تکنالوژی پیچیده ندارد.. ۲. باعث جلوگیری از پراکنده‌شدن زباله و کاهش تماس مستقیم انسان و حیوانات با مواد زاید می‌شود. ۳. در صورت مدیریت صحیح، از انتشار بو و شیوع برخی امراض جلوگیری می‌کند.	۱. نیازمند ساحات وسیع و مناسب برای دفن است. ۲. سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی شود. ۳. تولید شیرابه و گاز متان. ٤. زمین مورد استفاده ممکن است برای مدت طولانی قابل استفاده نباشد.	در جای که زمین کم و قیمت باشد هزینه خریداری زمین زیاد می‌شود.	۱. احتمال آلودگی خاک و منابع آبی. ۲. تغییر کاربری زمین و کاهش ارزش اکولوژیکی ساحه را در پی دارد.

۳	بازیافت	۱. باعث کاهش مقدار زباله‌ها می‌شود. ۲. استفاده دوباره از مواد و صرفه‌جویی در منابع طبیعی. ۳. مصرف انرژی در تولید مواد جدید را کاهش می‌دهد. ٤. زمینه ایجاد فرصت‌های کاری و فعالیت‌های اقتصادی را فراهم می‌سازد.	۱. نیازمند جداسازی زباله‌ها در منبع تولید است. ۲. هزینه جمع‌آوری، انتقال و پردازش مواد قابل بازیافت ممکن است بلند باشد. ۳. همه مواد زاید قابلیت بازیافت ندارند. ۴. بازار فروش مواد بازیافتی می‌تواند کم رنگ باشد.	هزینه های تفکیک و جمع آوری میتواند زیاد شود.	۱. کاهش استفاده از منابع طبیعی. ۲. کاهش آلودگی خاک، آب و هوا از طریق کاهش حجم زباله. ۳. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در مقایسه با تولید مواد جدید.
۴	کمپوست‌سازی	۱. تبدیل مواد عضوی زباله به کود طبیعی و با ارزش. ۲. بهبود ساختمان خاک. ۳. افزایش مواد عضوی و ظرفیت نگهداری آب در خاک. ٤. کاهش مقدار زباله‌های عضوی انتقال‌یافته به محل دفن. ۵. تولید کود سازگار با محیط‌زیست. ٦. کاهش وابستگی به کودهای کیمیاوی.	۱. نیازمند جداسازی زباله‌ها است. ۲. نیاز به مدیریت مناسب دارد. ۳. در صورت مدیریت نادرست می‌تواند سبب ایجاد بو و جذب حشرات شود. ۴. برای مواد غیرقابل تجزیه قابل استفاده نیست.	هزینه کمپوست‌سازی نسبت به سایر روش‌ها کمتر است و از سطح خانواده تا شهر قابل اجرا می‌باشد	۱. جلوگیری از آلودگی هوا و کاهش تولید گاز متان در محل‌های دفن. ۲. افزایش حاصل‌خیزی خاک و بهبود فعالیت میکروبی خاک. ۳. کاهش آلودگی ناشی از استفاده بیش از حد کودهای کیمیاوی.

۵. بحث و نتیجه گیری

زباله‌ها یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط‌زیستی و صحی در جوامع امروزی به‌شمار می‌روند که در نتیجه رشد نفوس، توسعه شهرنشینی، تغییر الگوهای مصرف و افزایش فعالیت‌های انسانی به وجود می‌آیند. این زباله‌ها شامل انواع زایدات خانگی، تجاری، صنعتی و ساختمانی بوده و در صورت عدم مدیریت صحیح، می‌توانند تهدیدات جدی برای محیط زیست و سلامت عمومی ایجاد کنند. بررسی روش‌های دفع زباله یکی از موضوعات مهم و با اهمیت در حفظ محیط زیست و توسعه پایدار می‌باشد، افغانستان هم از جمله کشورهای است که از عدم مدیریت و دفع درست زباله رنج می‌برد و یافن بهترین روش و مناسب ترین روش دفع زباله سبب می‌گردد که تا افغانستان از چنین مشکل نجات یابد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که روش‌های مختلف دفع زباله، از جمله دفن صحی، سوزاندن، کمپوست‌سازی و بازیافت، هرکدام دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود می‌باشند و انتخاب روش مناسب باید با توجه به شرایط محیطی، اقتصادی و امکانات موجود صورت گیرد. دفن صحی، در صورت مدیریت معیاری، یکی از رایج‌ترین روش‌های دفع زباله محسوب می‌شود؛ اما عدم رعایت اصول تخنیکی در آن می‌تواند سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی و انتشار گازهای گلخانه‌ای گردد. همچنان، سوزاندن زباله اگرچه در کاهش حجم زباله مؤثر است، اما هزینه‌های بلند و خطر آلودگی هوا از محدودیت‌های اساسی آن به‌شمار می‌رود. در مقابل، بازیافت و کمپوست‌سازی به‌عنوان روش‌های سازگار با محیط زیست، نقش مهم و مؤثری در کاهش حجم زباله‌ها، حفظ منابع طبیعی و تحقق مدیریت پایدار زباله‌های شهری ایفا می‌کنند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت فراهم بودن امکانات، زیرساخت‌ها و شرایط لازم، بازیافت و کمپوست‌سازی از مناسب‌ترین و مؤثرترین روش‌های مدیریت و دفع زباله به‌شمار می‌روند؛ به اساس نتایج تحقیقات غفورزی و همکارانش در سال ۲۰۲۱ م در کابل از جمله زباله‌های تولید شده؛ ۹۲,۵ درصد زباله‌های تولید شده را مواد غذای تشکیل میدهد که قابلیت کمپوست سازی را دارد و متباقی آن‌را کاغذ، پلاستیک، آهن، شیشه و زباله‌های روی حویلی تشکیل میدهد که قابل بازیافت می‌باشد و همچنین، بر اساس نتایج تحقیق رضویان و همکاران (۱۳۹۴ ه.ش.) در ایران، در زمینه مشارکت مردم در تفکیک زباله از مبدأ، مشخص شد که ۱۰۰ درصد پاسخ‌دهندگان تمایل به تفکیک زباله از مبدأ داشته‌اند. با توجه به اشتراکات فرهنگی و الگوی مصرف غذایی میان افغانستان و ایران، می‌توان استدلال کرد که بازیافت زباله‌ها یکی از مناسب‌ترین روش‌های دفع و مدیریت پسماند در کشورهایی با شرایط مشابه، از جمله افغانستان، محسوب می‌شود. این امر ناشی از علاقه‌مندی مردم به تفکیک زباله از مبدأ و نیز قابلیت بازیافت بخش قابل توجهی از زباله‌های تولیدشده است.

نتایج این تحقیق همچنان نشان می‌دهد که جمع‌آوری منظم و اصولی زباله‌ها نقش اساسی در موفقیت سیستم مدیریت زباله‌های شهری دارد. استفاده از روش‌های مناسب جمع‌آوری، تفکیک زباله از مبدا و انتقال معیاری آن می‌تواند میزان آلودگی محیط زیست و تهدیدات صحی را به‌گونه قابل ملاحظه کاهش دهد. از سوی دیگر، مدیریت نادرست زباله‌ها باعث آلودگی آب، خاک، هوا، افزایش حشرات و حیوانات ناقل

بیماری، انتشار گازهای مضر و کاهش کیفیت زندگی شهروندان می‌گردد. بنابراین، برای کاهش مشکلات ناشی از زباله‌های شهری و بهبود وضعیت محیط زیست، لازم است اقدامات مؤثری از سوی نهادهای مسئول و شهروندان صورت گیرد. افزایش آگاهی عمومی درباره خطرات صحی و محیط‌زیستی زباله‌ها، ترویج فرهنگ بازیافت و استفاده مجدد از مواد زائد، کاهش استفاده از مواد پلاستیکی، افزایش تعداد سطل‌های زباله در مناطق شهری، ایجاد و توسعه کارخانه‌های بازیافت و تقویت ظرفیت شهرداری‌ها در بخش جمع‌آوری و انتقال زباله‌ها، از جمله راهکارهای مهم برای مدیریت مؤثر و پایدار زباله‌ها به‌شمار می‌روند. در نهایت، تحقق مدیریت پایدار زباله‌ها نیازمند همکاری مشترک دولت، شهرداری‌ها و شهروندان بوده و می‌تواند نقش مهمی در حفاظت از محیط زیست، کاهش آلودگی و ارتقای سلامت عمومی جامعه ایفا نماید.

۱۰. منابع

بری، شامحمود .(1402) .*حفاظت محیط زیست* .مطبعه رحیمی .

تاجیک، زهره .(1394) .مدیریت زباله و رفع آلودگی محیط زیستی در شهر کابل (پایان‌نامه مقطع لیسانس).

حبیبی، امیر .(1405) .*طرح توجیهی تولید کود ورمی‌کمپوست* .وب‌سایت.

https://www.2invest.ir/fa/downloads/business-plan/recycling/compost-fertilizer

رضویان، فاطمه, خوش منش، بهنوش و ایزدیار، صبا .(1394) .*مشارکت مردم در طرح تفکیک زباله‌ها از مبدأ* Scientific Information Database (SID).

روشن احمدی، احمد. (1400) .*دفن بهداشتی زباله* .انتشارات پوهنتون صنعتی نوشیروانی بابل .

عمرانی، قاسم‌علی .(1389) .*مدیریت زباله‌های شهری* .انتشارات پوهنتون آزاد اسلامی .

کوهستانی، نثار احمد .(1394) .*حفاظت محیط زیست* .انتشارات قرطبه .

کوهستانی، نثار احمد .(1397) .*اساسات ایکولوجی* .انتشارات قرطبه .

مختارپور، رجب‌علی .(1400) .*مدیریت پسماندهای شهری* .انتشارات مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری و روستایی .

یحیی‌زاده، جعفر .(1399) .*مدیریت زباله‌های شهری* .انتشارات مؤسسه خیریه نیکوکاران .

Alshaikh, R., & Abdelfatah, A. (2024). Optimization techniques in municipal solid waste management: A systematic review. *Sustainability*, *16*(15), 6585.https://doi.org/10.3390/su16156585

Bovea, M. D., Ibáñez-Forés, V., Gallardo, A., & Colomer-Mendoza, F. J. (2010). Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. *Waste management*, *30*(11), 2383-2395.

Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2015). *Waste to energy – Key element for sustainable waste management*. Waste Management, 37, 3–12. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.02.003

Galavote, T., Chaves, G. D. L. D., Yamane, L. H., & Siman, R. R. (2025). Municipal solid waste management instruments that influence the use of the refuse as fuel in developing countries: A critical review. *Waste Management & Research*, *43*(2), 160-180. https://doi.org/10.1177/0734242X241231402

Ghaforzai, A., Ullah, S., & Asir, M. (2021). Household waste management in formal housing developments in Afghanistan: A case study of Kabul city. *Aust. J. Eng. Innov. Technol*, *3*(4), 64-72.

Karimi, N. (2023). Assessing global waste management: alternatives to landfilling in different waste streams—a scoping review. *Sustainability*, *15*(18), 13290.https://doi.org/10.3390/su151813290

Kinnaman, T. C. (2000). *The Economics of Residential Solid Waste Management*. In H. Folmer & T. Tietenberg (Eds.), *The International Yearbook of Environmental and Resource Economics 2000/2001* (pp. 100–147). Edward Elgar Publishing

KinnamanThomas C,(1 996),Garbage Recycling and Illict Burning or Dumping,Buckvell University,p3-5.

Mansor Sharif,(2021),Types and solutions of waste disposal,P22-23.

Meilander, J., & Caporaso, J. G. (2024). The microbiome science of composting and human excrement composting: a review. *arXiv preprint arXiv:2409.07376*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.07376

Nwodo, J. C., Taziwa, R. T., Ugwuishiwu, B. O., & Meyer, E. L. (2018). *Composting and recycling of municipal solid waste as a measure towards effective waste management in Nigeria*. *Transylvanian Review, 26*(33).

Quan, C., Ravelomanantsoa, V. S., Olazar, L., Santamaria, L., Lopez, G., Liu, L., & Gao, N. (2025). Thermochemical conversion of waste into energy: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 1–26.

Serafini, L. F., Praça, P. J. G. M., González-Andrés, F., & Gonçalves, A. (2025). Life cycle approach as a tool for assessing municipal biowaste treatment units: A systematic review. *Waste Management & Research*, *43*(10), 1509-1524.

Wang, J., & Qiao, Z. (2024). A comprehensive review of landfill leachate treatment technologies. *Frontiers in Environmental Science*, *12*, 1439128.



© Author(s) 2025. This work is distributed under https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/