

4.9. Unieszkodliwianie odpadów

Odpady, które nie powinny być poddane odzyskowi lub unieszkodliwiane w miejscu ich powstawania, powinny być przekazane do najbliższych położonych miejsc, w których mogą być poddane odzyskowi lub unieszkodliwione. Unieszkodliwianiu poddaje się te odpady, z których uprzednio wysegregowano odpady nadające się do odzysku. Obowiązek odzyskiwania odpadów spoczywa zarówno na wytwarzającym odpady, jak również na posiadaczu odpadów. Zarówno wytwórca, jak i posiadacz obowiązani są do poddania odpadów odzyskowi, a jeżeli z przyczyn technologicznych nie jest możliwy lub uzasadniony z przyczyn ekologicznych lub ekonomicznych, to odpady te należy unieszkodliwiać w sposób zgodny z wymaganiami ochrony środowiska oraz planami gospodarki odpadami.

Unieszkodliwienie odpadów polega na poddawaniu ich procesom przekształcenia biologicznego, fizycznego lub chemicznego w celu doprowadzenia ich do stanu, który nie stwarza zagrożeń dla życia lub zdrowia ludzi oraz dla środowiska. Unieszkodliwianie odpadów obejmuje m. in. składowanie odpadów.

Stosuje się ponadto metody unieszkodliwiania odpadów połączone z odzyskiem:

- metody termiczne (spalanie, zgazowanie, piroliza),
- metody biologiczne (kompostowanie, fermentacja metanowa w komorach),
- przerób na paliwo.

Decyzje co do wyboru sposobu postępowania z odpadami powinny uwzględniać inwentaryzację, analizę i prognozę gospodarki odpadami w regionie. Ponadto, przy wyborze postępowania z odpadami, należy przyjąć w pierwszej kolejności zasadę odzyskiwania surowców wtórnych, których przerób jest ekonomicznie opłacalny, a pozostałą część można składować w sposób bezpieczny.

4.9.1. Unieszkodliwianie odpadów poprzez składowanie

Z wymienionych metod unieszkodliwiania odpadów najczęściej stosowane jest ich składowanie. Składowanie odpadów na składowisku występuje zawsze jako metoda uzupełniająca, albo jako końcowy element procesu zagospodarowania. Z procesu kompostowania pozostaje około 40–50% odpadu technologicznego do składowania, a z procesu spalania pozostaje około 40–60% odpadu do składowania.

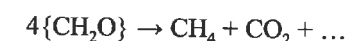
Unieszkodliwiane przez składowanie na składowisku odpadów komunalnych mogą być następujące rodzaje odpadów:

- gospodarczo-bytowe,
- wielkogabarytowe,

- żużel i popiół,
- gruz budowlany,
- odpady przemysłowe o charakterze komunalnych.

Wody przeciekowe odprowadzone ze składowiska są oczyszczane, za pomocą odpowiednich układów do usuwania biogenów i komór do prowadzenia procesu ozonolizy, a po oczyszczeniu woda jest kierowana bezpośrednio do wód powierzchniowych.

Dodatkowo istnieje problem związany z odpowiednim zagospodarowaniem gazu wysypiskowego (biogazu). Powstaje on w wyniku zachodzących w złożu odpadowym procesów fermentacyjnych, które powodują rozkład substancji organicznych składników zawartych w odpadach (resztki roślin i żywności). Procesy te zachodzą przy ograniczonym dostępie tlenu i mają przebieg anaerobowy, stąd produktami tych przemian są przede wszystkim metan i dwutlenek węgla. Możliwą ogólną reakcję rozkładu węglowodanu można opisać równaniem:



Można przyjąć, że z 1 Mg odpadów komunalnych uzyskuje się około 250 m³ biogazu składającego się z metanu, tlenku węgla, azotu, tlenu i siarkowodoru. Powstały biogaz wyprowadzany jest ze składowiska przez odpowiedni system odprowadzający i wykorzystywany do produkcji energii, ogrzewania pomieszczeń i wody podczas pracy składowiska, a w przypadku dużych składowisk wytworzoną energię przesyła się do zakładów energetycznych.

4.9.2. Unieszkodliwianie odpadów metodami termicznymi

Metody termicznego unieszkodliwiania odpadów należą do najbardziej radykalnych metod unieszkodliwiania odpadów w zakresie znaczącej redukcji ich objętości oraz zapewnienia pełnej higieny pozostałości po spalaniu. Wymagają one budowy kosztownych instalacji do samego spalania, a także stosowania wysokosprawnych metod oczyszczania gazów spalinywych. Koszty inwestycyjne spalarni są najwyższe ze wszystkich metod unieszkodliwiania odpadów komunalnych. Spalanie pozwala na znaczące zmniejszenie ilości odpadów kierowanych na składowiska (o 80–90% objętościowo i o 40–60% masowo).

W wyniku procesu unieszkodliwiania odzyskuje się energię cieplną, którą można wykorzystać do ogrzewania osiedli lub przetworzyć na energię elektryczną. Dlatego też przy podejmowaniu decyzji o tym sposobie unieszkodliwiania odpadów należy wziąć pod uwagę tzw. wartość opałową odpadów. Czynniki znacznie obniżającymi wartość opałową odpadów są składniki inertne (szkło, metale i inne składniki nieorganiczne) oraz wilgoć zawarta w odpadach. Do metod termicznego unieszkodliwiania odpadów zalicza się spalanie oraz pirolizę.

Spalanie odpadów przeprowadza się w celu:

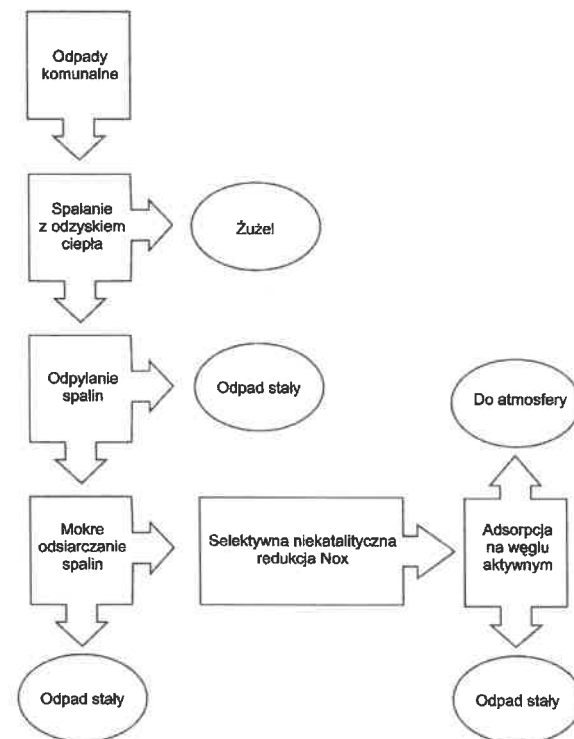
- spalania zawartych w odpadach składników palnych,
- likwidacji zawartych w odpadach organizmów chorobotwórczych,
- maksymalnego zmniejszenia masy i objętości przerabianych odpadów,
- przekształcanie niepalnych składników w postać nadającą się do składowania i ewentualnie do wykorzystania.

Spalanie odpadów jest szczególnie przydatną technologią unieszkodliwiania, gdy wymagany jest wysoki stopień redukcji objętości odpadów (np. brak terenów pod składowanie).

i wysoki stopień destrukcji i higienizacji odpadów. Ponadto wiele odpadów posiada znaczną wartość opałową, pozwalającą na obniżenie kosztów unieszkodliwiania dzięki wykorzystaniu wytworzonej energii (odzysk).

Unieszkodliwieniu drogą spalania najczęściej są poddawane stałe odpady komunalne, stałe i płynne odpady przemysłowe posiadające wysokie właściwości paliwowe, wszelkiego rodzaju palne odpady niebezpieczne oraz osady ściekowe z oczyszczalni komunalnych i przemysłowych. Spalanie odpadów przeprowadza się w piecach rusztowych, w piecach ze złożem fluidyzacyjnym lub też w systemie dwustopniowego spalania ze wstępną obróbką termiczną.

Na rysunku 4.15 przedstawiono ogólny schemat procesu spalania odpadów komunalnych z oczyszczaniem gazów spalinowych. Instalacje, w których przeprowadza się spalanie, powinny obejmować komory spalania, układ do odzysku ciepła, komory wtórnego dopalania spalin oraz układ oczyszczania spalin. Odpady, po wstępnej segregacji, kierowane są do pieca lub kotła w celu ich destrukcji. Pozostałość po spalaniu (żużel) jest odbierana z pieca lub kotła, a gazy spalinowe są kierowane do układu odzysku ciepła. Po ochłodzeniu gazy przechodzą do układów oczyszczania spalin, gdzie są odpylane, a następnie usuwa się z nich HCl, HF, SO₂ i tlenki azotu. W celu oczyszczenia spalin z zanieczyszczeń organicznych (WWA, węglowodory, dioksyny, furany) przeprowadza się adsorpcję na węglu aktywnym. Oczyszczone gazy kierowane są do atmosfery.



Rys. 4.15. Ogólny schemat procesu spalania odpadów komunalnych [14]

Jako podstawowe zalety spalania należy wymienić pełne sanitarne unieszkodliwianie odpadów, znaczną redukcję objętości odpadów składowanych na wysypiskach (wydłużenie okresu eksploatacji istniejących wysypisk) oraz produkcję energii (para wodna, energia elektryczna). Natomiast do podstawowych wad spalania zaliczyć można: wymagania technologiczne (duże koszty inwestycyjne i eksploatacyjne), budowanie specjalnych wysypisk na odpad technologiczny (popiół i odpady z oczyszczania gazów odlotowych), a odpad ten należy bardzo często zaliczyć do toksycznych oraz właściwe (zgodne z dyrektywami UE) oczyszczanie spalin, które jest bardzo kosztowne i trudne technicznie do wykonania.

Innym sposobem termicznego przekształcenia i unieszkodliwiania odpadów jest piroliza (zgazowanie). W procesie pirolizy można unieszkodliwiać w zasadzie te same rodzaje odpadów, które można spalać sposobami konwencjonalnymi. Wymagają one jednak odpowiedniego rozdrobnienia i homogenizacji dlatego, że decyduje to o podniesieniu energetycznej wartości produktów pirolizy. Przez pojęcie pirolizy rozumie się endotermiczny proces rozkładu termicznego bogatych w węgiel substancji organicznych, który przeprowadza się w zakresie temperatury 200–800°C bez obecności powietrza lub przy niewielkim jego dostępie. W zależności od stosowanej temperatury wyróżniamy: pirolizę niskotemperaturową i wysokotemperaturową.

Podczas odgazowania odpadów na skutek ogrzewania z zewnętrznych źródeł zachodzi proces suszenia oraz termicznego rozkładu substancji palnej, w wyniku czego powstaje jej zwęglona pozostałość (koks), szereg związków organicznych lotnych w temperaturze, w której prowadzony jest proces, para wodna, ditlenek węgla, wodór oraz pozostałość mineralna. Instalacja do prowadzenia procesu pirolizy składa się z jednej lub dwóch komór pirolitycznych zaopatrzonych w palniki na olej opałowy lub gaz, instalacji do katalitycznego dopalania substancji organicznej i wentylatora. Może być również wbudowany wymiennik ciepła umożliwiający utylizację ciepła. Komory pirolityczne zaopatrzone są w płyty bezpieczeństwa, które podnoszą się i opadają przy zmianie ciśnienia. Produkty gazowe pirolizy wraz ze spalinami zasysane są do komory reaktora katalitycznego, gdzie następuje już pełne utlenienie substancji organicznych zawartych w gazach pirolitycznych. Komory pirolityczne są zaopatrzone również w systemy gaśnicze stosowane na wypadek niekontrolowanego spalania się odpadów oraz w komory umożliwiające absorpcję szkodliwych substancji. W efekcie procesy pirolizy prowadzą do przekształcenia odpadów w nośniki energii, które można składować.

Produkty pirolizy (olej i gaz) o różnych właściwościach wykorzystuje się głównie jako paliwo. Olej posiada wartość kaloryczną około 4,19 MJ/kg i nieznaczną zawartość siarki. Średnia wartość opałowa gazu pirolitycznego powstającego w procesie odgazowania odpadów komunalnych o stosunkowo wysokiej wartości opałowej zawiera się w granicach 12 000–16 000 kJ/m³.

Metoda pirolizy może być wykorzystywana do wytwarzania energii elektrycznej lub ciepłej. W porównaniu ze spalaniem, energia użyteczna powstająca w tym procesie jest znacznie mniejsza, gdyż węgiel zamieniany jest na koks. Sporą część energii można jednak odzyskać ze spalania gazów. Po odpowiednim oczyszczeniu można je wykorzystać w ciepłowniach i elektrowniach. Piroliza znajduje przede wszystkim zastosowanie do unieszkodliwiania tworzyw sztucznych i opon.

4.9.3. Unieszkodliwianie odpadów poprzez kompostowanie

Kompostowanie odpadów to metoda oparta na naturalnych procesach biochemicznych, zintensyfikowanych w sztucznie wytworzonych warunkach dzięki zapewnieniu optymalnych warunków przebiegu procesów oraz możliwości sterowania tymi procesami. Proces kompostowania przeprowadza się w naturalnych warunkach w pryzmach lub bioreaktorach.

Podczas kompostowania zachodzą dwa równoległe biochemiczne procesy tlenowe:

- 1) mineralizacja materii organicznej, prowadząca do powstania przede wszystkim CO_2 , H_2O , NH_4^+ , H_2S , NO_3^- , PO_4^{3-} ,
- 2) humifikacja masy organicznej, polegająca na przekształcaniu substancji organicznych w pochodne kwasów fulwowych i huminowych, w wyniku czego tworzy się próchnica podnosząca żyzność gleby.

Proces mineralizacji zachodzący w warunkach tlenowych nosi nazwę procesu butwienia, dając produkty pełnego utlenienia (m.in. CO_2 , H_2O , jony: Ca^{2+} , K^+ , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^-). Jest to proces egzotermiczny. Natomiast proces mineralizacji przebiegający w warunkach beztlenowych nazywany jest gniciem, a jego produktami są m.in.: CO_2 , H_2O , H_2S i CH_4 .

W czasie rozkładu obumarłej materii organicznej w glebie można wyróżnić trzy zasadnicze fazy, które mogą współwystępować, lecz na ogół przechodzą jedna w drugą:

1. Faza inicjalna – obejmuje procesy hydrolizy i utleniania substancji organicznej bezpośrednio po obumarciu żywych organizmów.
2. Faza mechanicznego rozkładu – rozdrobnienie substancji organicznej pod wpływem makro- i mezofauny, jej przemieszczenie i wymieszanie z innymi składnikami gleby.
3. Faza mikrobiologicznego rozkładu – żywe organizmy (mikroflora i mikrofauna) powodują przemianę substancji organicznej w związki nieorganiczne.

Proces humifikacji jest znacznie bardziej złożony niż proces mineralizacji i ma charakter biochemiczny. Humifikacja substancji organicznej łączy się z rozkładem zawartych w nich związków, z syntezą połączeń przez mikroorganizmy, autolizą obumarłych komórek tych organizmów oraz ze zmianami fizykochemicznymi i chemicznymi związków bardziej odpornych na rozkład. Towarzyszą temu procesy polimeryzacji i kondensacji powstających produktów.

W procesie kompostowania biorą udział bakterie tlenowe, mezofilne i termofilne drobnoustroje, bakterie beztlenowe oraz pleśnie i grzyby.

Na przebieg tych procesów ma wpływ:

- skład chemiczny odpadów,
- pH masy kompostowej (6–8),
- stosunek węgla do azotu C/N (25–35),
- temperatura procesu (30–50°C),
- napowietrzanie,
- wilgotność.

Unieszkodliwianie odpadów w procesie kompostowania następuje przez:

- stabilizację substancji organicznej w wyniku procesów humifikacji, butwienia, murszenia i zwęglania,
- wytworzenie w masie kompostowanych odpadów temperatury powyżej 55°C, w której giną organizmy patogenne,
- wytworzenie substancji antybiotycznych przez rozwijające się w drugiej fazie kompostowania pleśnie stanowiące dodatkowy czynnik niszczący organizmy patogenne.

Do głównych zalet kompostowania należą:

- recyrkulacja na dużą skalę rozkładalnych organicznych składników odpadów komunalnych,
- zmniejszenie o 30–50% ilości odpadów kierowanych na wysypiska,
- unieszkodliwianie odpadów pod względem sanitarno epidemiologicznym,
- technologie kompostowania są sprawdzone, realne do stosowania,
- metoda jest do przyjęcia pod względem ekonomicznym,
- produkt kompostowania jest wartościowym materiałem.

Najważniejszymi technologiami wykorzystującymi proces kompostowania są:

- kompostowanie w warunkach naturalnych (w pryzmach na otwartym powietrzu),
- kompostowanie w warunkach sztucznych (w komorach, na płytach fermentacyjnych, w brykietach) ze wstępną obróbką odpadów.