

Katarzyna Kucharczak*, Wojciech Stępień, Barbara Gworek*****

**KOMPOSTOWANIE ODPADÓW KOMUNALNYCH JAKO METODA
ODZYSKU SUBSTANCJI ORGANICZNEJ**

**COMPOSTING OF MUNICIPAL SOLID WASTE AS THE METHOD
OF ORGANIC MATTER RECOVERY**

Słowa kluczowe: odpady komunalne, kompostowanie, jakość kompostów.

Key words: municipal solid waste, composting, composts quality.

Municipal solid wastes (MSW) are generated by households, commercial activities and other sources whose activities are similar to those of households. The largest fraction of municipal wastes is biodegradable. There are a number of different options available for the treatment and management of waste including prevention, minimalisation, re-use, recycling, energy recovery and disposal. Composting can play an important role in an integrated waste management system since a majority of MSW is comprised of organic materials. Compost is organic fertilizer containing primary nutrients in a slow release form that does not burn plants. On the other hand, there could be found some hazardous substances and contaminants (heavy metals, toxic organic substances and pathogens) which level depends by the MSW quality.

A successful MSW composting technology and factory must be designed with attention to the finished compost. Achieving low contaminant levels will be essential if MSW composting is to live up to its potential and recycle organic wastes. Control of the site design and operating criteria of composting facilities through the regulatory process can help to protect the local community and water resources against environmental and nuisance impacts.

* *Mgr inż. Katarzyna Kucharczak – Katedra Botaniki SGGW, ul. Nowoursynowska 159, 02-766 Warszawa; kontakt: tel. 22 593 26 51.*

** *Dr Wojciech Stępień – Katedra Nauk o Środowisku Glebowym SGGW, ul. Nowoursynowska 159, 02-766 Warszawa; kontakt: tel. 022 593 26 26.*

****Prof. dr hab. Barbara Gworek – Instytut Ochrony Środowiska, ul. Krucza 5/11d, 00-548 Warszawa, kontakt: tel. 22 621 36 70 w. 47; Katedra Nauk o Środowisku Glebowym SGGW, ul. Nowoursynowska 159, 02-766 Warszawa; kontakt: tel. 22 593 26 18; e-mail: gworek@ios.edu.pl*

1. WPROWADZENIE

Odpady, niezależnie od ich rodzaju, stanowią poważny problem zarówno natury ekologicznej, jak i ekonomicznej. Polityka Unii Europejskiej opiera się na założeniach określonych w dyrektywie 2008/98/WE, które sprowadzają się do pięciu, ułożonych hierarchicznie działań:

- 1) zapobieganie powstawaniu,
- 2) przygotowywanie do ponownego użycia,
- 3) recykling,
- 4) inne metody odzysku, np. odzysk energii,
- 5) unieszkodliwianie.

Najważniejszym elementem zarządzania odpadami jest ograniczenie ich wytwarzania, a także odzysk substancji w nich zawartych, w tym substancji organicznej. Jedną z metod umożliwiających recykling materii organicznej jest kompostowanie odpadów, w połączeniu z ich selektywną zbiórką.

2. ODPADY

W Katalogu odpadów [Rozporządzenie... 2001] wyróżniono dwadzieścia grup odpadów, w zależności od źródła ich powstawania. Odpady komunalne zaliczono do grupy dwudziestej. Komunalne osady ściekowe, wbrew nazwie, nie są odpadami komunalnymi, lecz są zaliczane do grupy dziewiętnastej. Odpady te pochodzą z instalacji i urzędzeń, służących zagospodarowaniu odpadów, z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych.

Tabela 1. Odpady wytworzone w ciągu lat 2000–2008 [Rocznik statystyczny 2009]

Table 1. Waste generated quantity in 2000–2008

Odpady	Ilość w tys. Mg w latach					
	2000	2004	2005	2006	2007	2008
Ogółem	137 710	133 763	133 956	133 340	134 497	124 974
W tym:						
– z wyłączeniem komunalnych	125 484	124 004	124 602	123 463	124 414	114 938
– komunalne	12 226	9 759	9 354	9 877	12 264	12 195

Jak wynika z danych GUS (tab. 1) ilość odpadów ogółem wytworzonych w roku 2008 była prawie o 7% mniejsza niż wytworzonych w roku poprzednim. Nieco inaczej przedstawia się dynamika zmian ilości wytwarzanych odpadów komunalnych, która w roku 2008 była tylko o 1% mniejsza niż w roku poprzednim. Można przyjąć, że w ostatnich latach udało się ograniczyć ilość wytwarzanych odpadów, przy czym nadal wytwarza się znaczne ilości odpadów komunalnych.

Według obowiązującej w Polsce ustawy o odpadach z 27 kwietnia 2001 roku (z późn. zmianami z 2009 r.) [Ustawa...2001] do kategorii odpadów komunalnych zalicza się odpady stałe i ciekłe, powstające w gospodarstwach domowych, w obiektach użyteczności publicznej i obsługi ludności, w tym nieczystości gromadzone w zbiornikach bezodpływowych, porzucone wraki samochodów oraz odpady uliczne. Średnia ilość odpadów komunalnych przypadająca na jednego mieszkańca w Polsce jest znacznie mniejsza niż w krajach Unii Europejskiej. W 2007 roku wyniosła ona około 225 kg, natomiast w UE27 była o prawie 300 kg większa [EIONET 2009].

Jak wynika z danych GUS (tab. 2), w ciągu lat 2006 – 2008 ilość odpadów komunalnych wytworzonych w Polsce zmniejszyła się. Widać jednocześnie duże zróżnicowanie między województwami pod względem ilości produkowanych odpadów komunalnych. Między największym wytwórcą tych odpadów – województwem mazowieckim, a najmniejszym – województwem świętokrzyskim była dwukrotna różnica w ilości odpadów komunalnych przypadających na mieszkańca (odpowiednio 300,3 i 154,6 kg). Należy także zauważyć, że większość tego rodzaju odpadów pochodzi z gospodarstw domowych i, jako niewyselekcjonowane, trafia nie do przerobu i odzysku, ale jest deponowane na wysypiskach.

Według danych Resource Recovery Forum (RRF) [2009] odsetek odpadów składowanych jest w Polsce największy, a poddanych recyklingowi (7%) i kompostowaniu (2,8%) – jeden z najniższych. Badania przeprowadzone przez GUS potwierdzają dane RRF. Ponad

Tabela 2. Odpady komunalne stałe zebrane i unieszkodliwione (w tysiącach Mg) w województwach o najmniejszej i największej ilości odpadów zebranych w 2006 i 2008 r. [Rocznik statystyczny 2007; 2009]

Table 2. Municipal wastes collected and treated in voivodships about the smallest and the biggest level of municipal solid waste collection in 2006 and 2008 year

Województwa		Zebrane ogółem (bez wyselekcjonowanych)					Unieszkodliwione w ciągu roku		Wysegregowane ze zmieszanych	Zdeponowane na składowiskach
		w tysiącach Mg	kg na 1 mieszkańca	w tym			termiczne	biologiczne		
				z handlu, małego biznesu, biur i instytucji	z usług komunalnych	z gospodarstw domowych				
w tys. Mg										
Polska	2006	9473	248,4	2279	568	6627	45	297	144	8987
	2008	9324	245,4	2405	521	6428	63	262	336	8693
Mazowieckie	2006	1491	288,7	383	59	1049	41	119	14	1317
	2008	1560	300,3	408	135	1017	63	102	26	1370
Świętokrzyskie	2006	194	151,1	35	11	148	–	0	1	93
	2008	197	154,6	50	9	138	–	0	0	196

Objaśnienia: – brak danych.

90% gmin składa się na składowiskach, z czego prawie 75% jest to składowanie nieselektywne. Kompostownie funkcjonują jedynie w 0,4% gmin Polski. Widać zatem, że powstaje ogromna ilość masy organicznej zawartej w odpadach, którą przez nieodpowiednie unieszkodliwienie (składowanie) wyłącza się z obiegu materii, a tym samym eliminuje z agrokosystemów [Rocznik statystyczny 2009].

Duże ilości wytwarzanych odpadów, a także akcesja Polski do Unii Europejskiej stały się podstawą opracowania „Krajowego planu gospodarki odpadami” [2006], w którym zawarto przewidywania, co do ilości i jakości odpadów, które w przyszłości będą zagospodarowywane oraz plany zarządzania tymi odpadami. Zmiany jakości i ilości odpadów następują stosunkowo wolno, tak samo jak zmiany przyzwyczajęń i poziomu dochodów ludności. Na potrzeby konstrukcji „Krajowego planu gospodarki odpadami” (KPGO) przyjęto określaną przez GUS prognozę demograficzną. Prognozując trendy zmian w składzie odpadów komunalnych na najbliższe 13 lat przyjęto „optymistyczny” wariant rozwoju. Założono, że rozwój gospodarki będzie postępował bez załamania, jej struktura zbliży się do gospodarki krajów zachodnioeuropejskich, a sieci gastronomiczne, w tym punkty zbiorowego żywienia w zakładach pracy, będą się rozwijały powoli. Tym samym dojdzie do przemieszczania się odpadów spożywczych z dzielnic mieszkalnych do centrów miast. Wzrost jednostkowego wytwarzania odpadów ma się kształtować na poziomie 5% w okresach 5-letnich i będzie wynosił na mieszkańca odpowiednio [Krajowy... 2006]:

- 1) 2010 r. – 289 kg·(M·rok)⁻¹,
- 2) 2014 r. – 301 kg·(M·rok)⁻¹,
- 3) 2018 r. – 313 kg·(M·rok)⁻¹.

Założono także zwiększenie selektywnej zbiórki odpadów do 10 i 20%, odpowiednio w latach 2014 i 2018. W tabeli 3. przedstawiono przewidywania na lata 2010, 2014 i 2018 co do ilości produkowanych odpadów.

Tabela 3. Prognoza co do ilości odpadów komunalnych w Polsce [Krajowy... 2006]

Table 3. Forecast of municipal wastes production in Poland

Odpady	Ilość w tys. Mg·rok ⁻¹		
	2010 r.	2014 r.	2018 r.
Kuchenne segregowane i zbierane selektywnie	1 096,7	1 701,2	2 341,8
Zielone z ogrodów i parków	341,7	334,0	331,3
Niesegregowane (zmieszane) komunalne	9 870,5	9 640,1	9 367,4
Z targowisk	120,5	117,9	116,9
Z czyszczenia ulic i placów	266,2	276,9	287,9
Wielkogabarytowe	278,5	497,0	517,5
RAZEM	12 174,1	12 290,2	12 962,8

W składzie odpadów komunalnych wyróżnia się trzy podstawowe frakcje:

- 1) ulegającą biodegradacji, jak odpady kuchenne, papier i tektura, odpady zielone;
- 2) palną, jak opakowania, tworzywa sztuczne, odpady tekstylne;
- 3) obojętną, jak odpady mineralne, szkło i metale.

Według Barana i Turskiego [1999] z odpadów komunalnych możemy wydzielić odpady organiczne, zawierające ponad 50% substancji organicznej w suchej masie, oraz odpady organiczno-mineralne, zawierające od 5 do 50% substancji organicznej w suchej masie.

Skład odpadów komunalnych jest różny w poszczególnych krajach UE, co zależy w dużej mierze od stopnia rozwoju infrastruktury i przemysłu danego kraju, a także od jego sytuacji ekonomicznej (tab. 4). Niezależnie od tych czynników, dominującymi elementami odpadów komunalnych są papier i tektura oraz odpady organiczne.

Tabela 4. Średni (%) skład odpadów komunalnych [Environmental... 2007]

Table 4. The average (%) composition of municipal wastes

Skład grupowy	Polska	Czechy	Węgry	Malta	Rumunia
Papier, tektura	26,6	7,8	22,3	16,5	4,7
Szkło	9,8	4,3	4,6	6,1	3,7
Tworzywa sztuczne	13,2	3,8	7,7	12,5	12,1
Metale	3,5	2,3	4,4	4,0	3,1
Tekstyliia	1,2	2,1	2,6	1,8	5,0
Organiczne	32,3	18,3	32,8	52,8	29,2
Inne	14,4	61,4	25,6	6,3	42,2

3. ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW KOMUNALNYCH

3.1. Uwagi ogólne

Tylko odpady zasobne w substancję organiczną mogą być przetwarzane za pomocą technologii biologicznych. Dodatkowo właściwości odpadów muszą zapewnić odpowiednie warunki przebiegu procesu. Muszą one być zasobne w substancję organiczną, zawierać poszczególne frakcje w odpowiednich proporcjach, właściwe musi być ich uwodnienie i pH. Za wartość graniczną udziału substancji organicznej w odpadach, umożliwiającą poddanie ich biologicznemu przetwarzaniu, przyjmuje się straty podczas prażenia powyżej 30% [Baran, Turski 1999].

Struktura surowca odpadowego decyduje o jego przydatności do przerobu techniką tlenową (kompostowanie) lub beztlenową (fermentacja metanowa). W procesie kompostowania wykorzystuje się odpady o mocnej strukturze, tworzące dobrze natlenione środowisko, o wystarczającej ilości wody, tj. od 50 do 60% (np. odpady ogrodowe, odpady zielone). Odpady organiczne pozbawione struktury, o dużej wilgotności (selektywnie zbierane bioodpady, trawa, osady ściekowe, itp.) bardziej nadają się do procesu fermentacji metanowej,

gdyż podczas ich kompostowania w pryzmach powstają strefy beztlenowe. Około 1/2 do 2/3 ogólnej ilości odpadów ulegających biodegradacji nadaje się bardziej do fermentacji niż do kompostowania [Baran, Turski 1999].

Odpady biodegradowalne mogą być zbierane jako część frakcji odpadów zbieranych do pojemników. Przyjmuje się, że odpady mieszane mogą być składowane, spalane lub przerabiane w instalacjach mechaniczno-biologicznych, w których najczęściej stosuje się wstępne ręczno-mechaniczne sortowanie i kompostowanie lub fermentację metanową w celu zmniejszenia ich masy [Jędrzak, Haziak 2005]. Tylko niewielka część całego strumienia odpadów komunalnych ulega przetwarzaniu biologicznemu. W Polsce nadal dominującą formą zagospodarowania odpadów jest ich deponowanie na składowiskach. W tabeli 5. przedstawiono opcje zagospodarowania odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, poza składowaniem.

Tabela 5. Sposoby zagospodarowania odpadów komunalnych ulegających biodegradacji [Siuta 1995]

Table 5. Methods of biodegradable municipal wastes utilization

Odpady komunalne biodegradowalne	Opcje zagospodarowania odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, poza składowaniem						
	spalanie	zgazowanie	piroliza	kompostowanie	fermentacja beztlenowa	recykling	ręczne lub mechaniczne sortowanie
Mieszane	+	-	-	-	+	-	+
Paliwo z odpadów	+	+	+	-	-	-	-
Biodegradowalne kuchenne	-	-	-	+	+	-	-
Zielone	-	-	-	+	+	-	-
Kuchenne biodegradowalne i zielone	-	-	-	+	+	-	-
Papier	+	+	+	+	+	+	-
Tekstylne	+	+	+			+	-
Drewno	+	+	+	-	-	+	-

3.2. Kompostowanie odpadów komunalnych

Najbardziej odpowiednim, naturalnym kierunkiem zagospodarowania już istniejących i aktualnie powstających odpadów i osadów ściekowych, zwłaszcza zawierających materię organiczną, jest utylizacja przyrodnicza. Ten rodzaj przetwarzania odpadów najbardziej przypomina procesy zachodzące w naturalnych ekosystemach, gdzie substancje odpadowe producentów stają się substratem dla reducentów i konsumentów [Siuta 1995]. Do tego rodzaju metod wykorzystania odpadowej materii organicznej należy kompostowanie. Jest

to biologiczna metoda unieszkodliwiania odpadów, ponieważ zachodzą w niej procesy biochemiczne, takie jak przebiegające w przyrodzie, polegające na rozkładzie substancji organicznej.

W warunkach naturalnych, rocznie, w glebie, na powierzchni 1 ha, rozkłada się i ulega mineralizacji 40-50 t resztek roślinnych, 7-40 t organizmów zwierzęcych oraz około 20 t mikroorganizmów. W wyniku ich mineralizacji (utleniania) powstaje dwutlenek węgla, azotany, siarczany i fosforany oraz woda. W procesie humifikacji następuje synteza złożonych związków organicznych, mających szczególną wartość nawozową. Substancje humusowe wprowadzone do gleby z kompostem powodują powiększenie jej kompleksu sorpcyjnego, a tym samym urodzajności [Góra 1999].

Ze względu na niewielkie koszty (w porównaniu z innymi metodami unieszkodliwiania odpadów) w wielu krajach obserwuje się wyraźne zainteresowanie metodą kompostowania jako sposobem biologicznej utylizacji odpadów.

Proces kompostowania przebiega zasadniczo w dwóch etapach [Manczarski 2007]:

I – kompostowanie intensywne (faza termofilna) – część procesu kompostowania, w trakcie którego z odpadów organicznych jest otrzymywany kompost świeży; materiał ulega higienizacji, substancje łatwo rozkładalne zostają praktycznie rozłożone, maleje potencjalna zdolność emisji odorów;

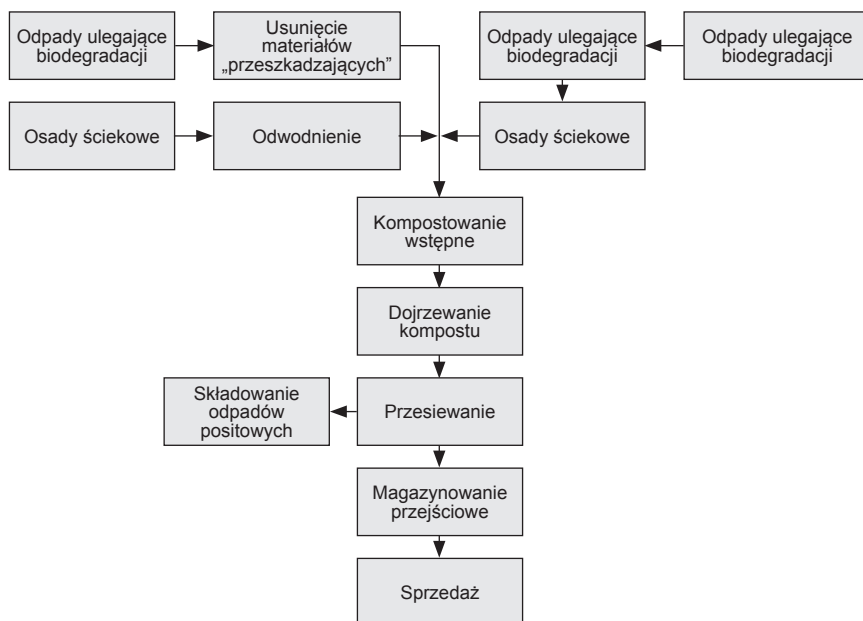
II – dojrzewanie (faza mezofilna) – w tym etapie z kompostu świeżego uzyskuje się kompost dojrzały; rozkładane są substancje trudno rozkładalne (np. ligniny), powstają natomiast stabilne struktury próchniczne, zawierające substancje odżywcze, odporne na działanie czynników zewnętrznych.

W warunkach kompostowania na skalę przemysłową, dzięki wyspecjalizowanej aparaturze pomiarowej, możliwe jest utrzymanie optymalnych parametrów przebiegu procesu – właściwej temperatury i wilgotności oraz dostępu tlenu koniecznego do rozwoju mikroorganizmów. Dokonuje się również doboru właściwej frakcji odpadów wcześniej wyselekcjonowanych. W Europie istnieją różne technologie kompostowania odpadów. Ogólną ideę kompostowania w nowoczesnych kompostowniach przedstawiono na rysunku 1.

Istnieje wiele systemów kompostowania w zależności od przyjętych kryteriów. W tabeli 6 przedstawiono klasyfikację technik kompostowania według kryterium stosowanej technologii oraz sposobu napowietrzania kompostowanej masy.

Typowym dla inżynierii chemicznej podstawowym kryterium podziału technologii kompostowania jest typ zastosowanego reaktora, w którym prowadzony jest proces (tab. 7).

W Polsce w 2004 r. funkcjonowały 83 kompostownie odpadów, 84 sortownie mechaniczne i ręczne oraz 1 instalacja termicznego przekształcania (rys. 2).



Rys. 1. Procesy zachodzące podczas kompostowania wyselekcjonowanych odpadów biodegradowalnych [www.nettax.pl]

Fig. 1. Scheme of technological proces during separated biodegradable waste composting [www.nettax.pl]

Tabela 6. Podział kompostowania według kryterium stosowanej technologii i sposobu napowietrzania kompostowanej masy [Staszczuk 2003]

Table 6. Methods of municipal solid waste composting by criteria of the technology or way of oxygenate the composted prism

Klasyfikacja technik kompostowania	
według kryterium stosowanej technologii	według kryterium napowietrzania
<ul style="list-style-type: none"> ➤ w reaktorze biologicznym (BAV, ALPAH, TRIGA) ➤ w przyzmac (system Beltsville- Rutgers, Bio-terra) ➤ w przyzmac odwracalnych (system C400, SCARABEE) ➤ kombinowane – w przyzmac odwracalnych w wentylacją wymuszoną (system SILODA) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ z napowietrzaniem naturalnym uproszczone (system CREATE) ➤ z napowietrzaniem wymuszonym (system BAV, TRIGA, BELTSVILLE, BIOTERRA) ➤ z napowietrzaniem przez odwracanie przyzmy (system C400, SCARABEE) ➤ z napowietrzaniem kombinowanym łączącym napowietrzanie przez odwracanie przyzmy z wentylacją wymuszoną

Tabela 7. Podział systemów kompostowania odpadów organicznych według kryterium typu zastosowanego reaktora [Staszczuk 2003]

Table 7. Methods of municipal waste composting by the type of reactor

Systemy niereaktorowe (otwarte)		Systemy reaktorowe (zamknięte)	
bez przemieszczania odpadów w złożu	z przemieszczaniem odpadów w złożu	o przepływie pionowym (wieże)	o przepływie poziomym (bębny, zbiorniki)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ kompostowanie w pryzmach statycznych zadaszonych z regulowanym napowietrzaniem (metoda Komsps, Hangar) ➤ kompostowanie w pryzmach z napowietrzaniem (typ Heidenheim, Biotank, Gwda) ➤ kompostowanie w technologii Brikolare - w brykietach 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kompostowanie w pryzmach przerzucanych (metoda Dynacomp, Wendelin) ➤ kompostowanie w pryzmach przerzucanych, z napowietrzaniem 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ kompostowanie w wieżach z piętrami ➤ kompostowanie w wieżach bez pięter 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ skrzyniowe ➤ kompostowanie tunelowe ➤ kompostowanie komorowe i kontenerowe ➤ kompostowanie bębnowe



Rys. 2. Zakłady przetwarzania odpadów komunalnych w Polsce na dzień 31.12.2006 [Krajowy... 2006]

Fig.2. Facilities of municipal solid wastes processing in Poland on 31.12.2006

3.3. Wymagania stawiane kompostom

Ochrona gleby i pól rolnych przed zanieczyszczeniami wymusiła wdrożenie wielu restrykcyjnych wymagań dotyczących zawartości zanieczyszczeń i substancji szkodliwych we wszystkich materiałach wprowadzanych do gleby. Wprowadzany materiał powinien być bezpieczny pod względem chemicznym, fizycznym oraz sanitarno-epidemiologicznym. Wymogi stawiane tym produktom w krajach Unii Europejskiej są zróżnicowane i zależą głównie od przeznaczenia produktu kompostowania. Zagospodarowanie kompostu stwarza wiele problemów, ponieważ wciąż brak jest przepisów wspólnotowych dotyczących jakości dojrzałego kompostu (jakość określają przepisy wewnętrzne państw). Obowiązująca w Polsce ustawa o nawozach i nawożeniu [Ustawa... 2007] nałożyła obowiązek uzyskania zezwolenia na wprowadzenie do obrotu nawozów organicznych, w tym kompostów.

Z kolei zgodnie z rozporządzeniem wydanym do powyższej ustawy [Rozporządzenie... 2004] nawozy organiczne oraz organiczno-mineralne dopuszczone do obrotu mają mieć następujące cechy:

- 1) dopuszczalna zawartość zanieczyszczeń w 1 kg s.m. nawozu nie może przekraczać:
 - chromu (Cr) – 100 mg,
 - cynku (Zn) – 1500 mg,
 - kadmu (Cd) – 3 mg,
 - miedzi (Cu) – 400 mg,
 - niklu (Ni) – 30 mg,
 - rtęci (Hg) – 2 mg;
- 2) w wymienionych nawozach nie mogą występować:
 - żywe jaja pasożytów jelitowych *Ascaris* sp. *Trichuris* sp. *Toxocara* sp.,
 - bakterie z rodzaju *Salmonella*;
- 3) liczba bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, określona na podstawie liczby bakterii tlenowych, powinna wynosić mniej niż 1000 jtk·g⁻¹ nawozu.

Minimalne wymagania jakościowe dla nawozów organicznych wprowadzanych do obrotu od dnia 1 czerwca 2005 r. na podstawie zezwolenia ministra właściwego do spraw rolnictwa są następujące: nawozy organiczne w postaci stałej powinny zawierać co najmniej 40% substancji organicznej w przeliczeniu na suchą masę; w przypadku deklarowania w nich zawartości azotu lub potasu albo ich sumy, zawartość poszczególnych składników nie może być mniejsza niż:

- 1) 0,5% (m/m) azotu całkowitego (N),
- 2) 0,3 % (m/m) fosforu w przeliczeniu na pięciotlenek fosforu (P₂O₅),
- 3) 0,3% (m/m) potasu w przeliczeniu na tlenek potasu (K₂O).

W Polsce (tak jak i w innych krajach UE) opracowano normę branżową, w której komposty z odpadów komunalnych podzielono na trzy klasy [BN-89/9103-09]. Wymagania ta-

kie określono także w kolejnych projektach dyrektywy UE dotyczącej postępowania z bioodpadami. W tabeli 8 porównano wybrane wymagania dotyczące kompostów według BN i propozycji UE.

Tabela 8. Dopuszczalne zawartości mg·kg⁻¹ s.m. metali ciężkich w kompostach z odpadów komunalnych w Polsce i proponowane przez Komisję Europejską [Manczarski 2007]

Table 8. Acceptable limits of heavy metals in municipal solid waste composts in Poland and limits proposed by European Commission

Metal	Polska Norma **			Propozycje dyskutowane w UE***		Commission Regulation No 436/2001****
				kompost/ produkt fermentacji beztlenowej	ustabilizowane bioodpady	przekompostowane/ przefermentowane odpady domowe
	Kl. 1	Kl. 2	Kl. 3	Kl. 1		
Cd	5	15	25	0,7	5	0,7
Cr	300	500	800	100	600	70*
Ni	100	200	200	50	150	25
Cu	300	600	800	100	600	70
Pb	350	500	800	100	500	45
Zn	1500	2500	2500	200	1500	200
Hg	5	10	10	0,5	5	0,4

Objaśnienia:

* Chrom ogólny, Cr (VI)

** BN/89–9103–09. Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Kompost z odpadów miejskich

*** Dokument roboczy dotyczący biologicznego przetwarzania bioodpadów: COM (2005) 667 final, 2005/0281 (COD) [Projekt... 2005].

**** Poprawka do załącznika II do rozporządzenia Rady Nr 2091/91 w sprawie produkcji organicznej produktów rolnych oraz znakowania produktów rolnych i środków spożywczych. Określenie „przekompostowane lub przefermentowane odpady domowe” rozumie się w tym dokumencie jako „produkt otrzymany z zebranych selektywnie odpadów domowych, który został poddany kompostowaniu lub fermentacji aerobowej mającej na celu produkcję biogazu.” Przetwarzane odpady mogą się składać tylko z odpadów domowych pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego.

3.4. Wykorzystanie kompostów z odpadów komunalnych

Komposty powstałe z odpadów komunalnych mogą być wykorzystywane w wielu sektorach gospodarki (ogrodnictwo, rolnictwo, sadownictwo, leśnictwo), a także do zakładania i pielęgnacji zieleni miejskiej, rekultywacji gruntów zdegradowanych oraz odtwarzania gleb w budownictwie i drogownictwie (tab. 9).

Przepisy i normy dotyczące stosowania kompostu w krajach UE znacznie różnią się w wielu kwestiach od obowiązujących w Polsce. W niektórych krajach zastosowany kompost musi spełniać wiele rygorystycznych norm regulowanych przez liczne akty prawne (Niemcy, Austria), w innych zaś może on być stosowany bez jakichkolwiek ograniczeń

Tabela 9. Obszary stosowania kompostu z odpadów komunalnych w UE [Barth 2002]**Table 9.** Market shares of municipal solid wastes compost sales in EU

Sektor	Udział w rynku, %					
	Austria 2000	Belgia 2000	Dania 1999	Holandia 2001	Włochy 2001	Francja 2000
Kształtowanie krajobrazu	30	26	25	10	15	19
Rekultywacja	–	2		–	–	–
Rolnictwo+ uprawy specjalne	30	9	43	75	33	52
Sadownictwo	10		5	–	–	5
Prace ziemne	5	35	10	–	48	15
Prywatne ogrody	20	19	14	10		–
Eksport	–	5	–	5	–	–
Pozostałe	5	4	3	–	4	9

Objaśnienia: – brak danych.

prawnych (Szwecja). Znaczne różnice w krajach europejskich pojawiają się już na poziomie systemów organizacji sieci sprzedaży i dystrybucji produktu, sposobów prowadzenia akcji promocyjnych i reklamowych oraz cen kompostów. Trwają prace nad ustawą ujednociającą normy dotyczące kompostów i bioodpadów, która – po wejściu w życie – będzie obowiązywała w wszystkie kraje członkowskie UE.

W krajach z dużą infrastrukturą produkcji kompostu o wysokiej jakości nie ma problemów z jego zbytem (np. w Niemczech). Za największego potencjalnego odbiorcę kompostu powinniśmy uznawać rolnictwo, ale ilości kompostu wykorzystywanego w tym sektorze są obecnie nadal małe. W Niemczech i Austrii, mimo że rolnicy są zwykle przekonani do wynikających ze stosowania kompostów korzyści i są głównymi jego odbiorcami, organizacje rolnicze niechętnie patrzą na stosowanie kompostu w rolnictwie. W Austrii, niezależnie od opinii organizacji rolniczych, rolnicy indywidualni wytwarzają znaczne ilości kompostu w kompostowniach przydomowych i wykorzystują go do celów nawozowych [Barth 2003].

Duży udział w rynku kompostu ma również kształtowanie terenu. Kompost jako materiał poprawiający właściwości gleb jest wykorzystywany do wytwarzania warstwy uprawnej, jako podłoże, w celu poprawiania walorów estetycznych krajobrazu oraz zredukowania parowania i zahamowania rozwoju chwastów. Kompost stosuje się także do nawożenia terenów zielonych, agrotechnicznego niszczenia chwastów oraz do odtwarzania gleb na gruntach zdegradowanych lub przekształconych w wyniku prowadzenia robót budowlanych. Kompost jest stosowany jako ściółka wokół drzew i krzewów lub do zabudowy trawników. Duże ilości kompostu są jednorazowo wykorzystywane do budowy boisk, cmentarzy, dróg, rekultywacji placów budów, terenów przemysłowych oraz podczas eksploatacji i zamykania składowisk odpadów.

Nadal jednym z większych rynków zbytu kompostów o jednolitej, stałej i wysokiej jakości jest ogrodnictwo. Prawdopodobnie największym odbiorcą mogłoby być leśnictwo – gdzie kompost może być stosowany do zakładania lasu, nawożenia w szkółkach leśnych

i do produkcji drzewek bożonarodzeniowych. Nadal jednak wykorzystywanie kompostu w leśnictwie jest małe, a w niektórych krajach – zabronione. Na przykład w Austrii stosowania kompostu z bioodpadów i osadów ściekowych zabrania krajowa ustawa o leśnictwie, uznając to za usuwanie odpadów [Barth 2002].

4. PODSUMOWANIE

Ilość generowanych odpadów zmusiła władze państw do podjęcia działań z zakresu zarządzania ich strumieniami. Odpady komunalne, jako jeden ze strumieni wszystkich odpadów, są bogatym źródłem materii organicznej i dzięki temu nadają się do kompostowania.

Proces kompostowania odpadów komunalnych umożliwia [Rosik-Dulewska 2002]:

- 1) eliminację zagrożeń sanitarnych, wynikających z gromadzenia odpadów;
- 2) zmniejszenie masy i objętości odpadów kierowanych na składowiska o około 30–50%, (z 1 Mg odpadów uzyskujemy 0,35–0,5 Mg kompostu);
- 3) ograniczenie powierzchni składowisk, co wiąże się również z ochroną użytków rolnych przed ich wyłączaniem na cele nierolnicze i nieleśne;
- 4) wytworzenie nawozu organicznego, wykorzystywanego do poprawy właściwości gleb oraz rekultywacji gruntów bezglebowych;
- 5) recykling składników wykorzystywanych przez rośliny, co ogranicza ilość zużywanych nawozów mineralnych i organicznych oraz poprawia warunki wzrostu roślin;
- 6) pozyskanie glebowej materii organicznej, zwłaszcza połączeń humusowych, które poprzez agresywną mechanizację rolnictwa zanikają w glebach.

Jakość kompostu, jako produktu końcowego, zależy od wielu czynników, w tym od rodzaju kompostowanych odpadów, warunków procesu i stosowanej technologii kompostowania. Kompost, zależnie od jego jakości, zgodnie z wymogami przedstawionymi we właściwych przepisach, może służyć jako tani materiał nawozowy, podłoże lub element do rekultywacji terenów zdegradowanych.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- BARAN S., TURSKI R. 1999. Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwiania odpadów. Wydawnictwo AR; Lublin.
- BARTH J. 2002. BioNet - Biological waste treatment in Europe – technical and market developments. Internet: www.bionet.net
- BARTH J. 2003. Legal Framework for Compost Application in Europe.W: Applying compost-Benefits and needs. Seminar Proceedings, Brussels: 237–245.
- Dyrektywa 2006/12/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie odpadów** (Dz. Urz. WE, L 114/9 z 27.04.2006 r.).

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy (Dz Urz. WE, L 312/3 z 22.11.2008 r.).

EIONET, European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production 2009. Generation of municipal waste - Edition 2009. Internet: www.scp.eionet.europa.eu

Environmental Assessment of Municipal Waste Management Scenarios: Part I – Data collection and preliminary assessments for life cycle thinking pilot studies. 2007. Joint Research Centre European Union.

EUROSTAT. 2009. Internet: www.epp.eurostat.ec.europa.eu

GÓRA E. 1999. Przegląd nowoczesnych technologii zagospodarowania i wykorzystania stałych i płynnych odpadów komunalnych. Materiały z Ogólnopolskiej Konferencji Ekologicznej „Racjonalna gospodarka odpadami komunalnymi”. Nowy Sącz – Rożnów.

JĘDRCZAK A., HAZIAK K. 2005. Określenie wymagań dla kompostowania i innych metod biologicznego przetwarzania odpadów. Pracownia Badawczo-Projektowa EKOSYSTEM, Zielona Góra.

Krajowy plan gospodarki odpadami 2010. 2006. Ministerstwo Środowiska, Warszawa
MANCZARSKI P. 2007. Kompostowanie odpadów komunalnych. Referat na Forum Technologii Ochrony Środowiska POLEKO 2007, UP.

Projekt dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie odpadów (nowa dyrektywa ramowa o odpadach) – COM (2005) 667 final, 2005/0281 (COD).

Resource Recovery Forum. RRF. 2009. <http://www.residua.com>

Roczniki statystyczne. 2007-2009. GUS. Warszawa.

ROSIK-DULEWSKA CZ. 2002. Podstawy gospodarki odpadami. PWN, Warszawa.

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 19 października 2004 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz. U. z 2004 r. Nr 238 poz. 2369).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. z 2001 r. Nr 122 poz. 1206).

SIUTA J. 1995. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Wydawnictwo Ekoinżynieria, Lublin.

STASZCZYK J. 2003. Kompostowanie odpadów organicznych i osadów ściekowych- maszyny, urządzenia, technologie, uwarunkowania prawne i źródła finansowania. Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Ekologia Praktyczna”. Ustka.

Uchwała Rady Ministrów Nr 233 z dnia 29 grudnia 2006 r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2010” (M.P. z 29.12.2006 r.).

Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Kompost z odpadów miejskich. BN/89–9103–09 Norma Branżowa.

Ustawa z dnia 9 listopada 2000 o dostępie do informacji o środowisku i jego ochronie oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. z 2000 r. Nr. 109, poz. 1157).

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz. U. z 2001 r. Nr 62 poz. 628, z póź. zm.).

Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. z 2007 r. Nr 147, poz. 1033).