

Beata KLOJZY-KARCZMARCZYK*, Jarosław STASZCZAK**

Ograniczenie składowania w wyniku segregacji i selektywnego zbierania frakcji suchej odpadów komunalnych

Streszczenie: Eksploatacja składowisk odpadów komunalnych stanowi często bezpośrednie lub pośrednie zagrożenie dla całego środowiska, stąd istotna jest minimalizacja procesu unieszkodliwiania poprzez składowanie. Selektywne zbieranie niektórych frakcji odpadów i odbiór bezpośrednio od mieszkańców wraz z procesami przygotowania do ponownego użycia i recyklingu niewątpliwie przyczyniają się do ograniczenia ilości odpadów kierowanych na składowiska. Podstawowym celem w gospodarce odpadami jest zatem stworzenie systemu selektywnego zbierania odpadów komunalnych z uwzględnieniem szeregu zapisów wynikających z odpowiednich uregulowań prawnych.

W prezentowanej pracy oszacowano możliwy czas składowania odpadów wytwarzanych przez gminę miejską oraz wiejską (założono, że każda z nich obejmuje 10 000 mieszkańców) na przykładowym, modelowym składowisku oraz wykazano możliwość wydłużenia czasu jego eksploatacji w wyniku segregacji i selektywnego zbierania frakcji suchej odpadów komunalnych, przeznaczonych do przygotowania do ponownego użycia oraz recyklingu, takich jak papier, tworzywa sztuczne, szkło i metale. Nie uwzględniano selektywnego zbierania pozostałych frakcji odpadów i włączono je w strumień odpadów komunalnych zbieranych w sposób zmieszany. Założono, że przykładowe składowisko zajmuje obszar 1 ha, a jego całkowita pojemność możliwa do zapełnienia wynosi 25 000 m³. Składowisko takie zostanie zapełnione w czasie niewiele ponad 7 lat w przypadku użytkowania przez 10 000 mieszkańców obszarów wiejskich oraz w czasie 5 lat w przypadku użytkowania przez taką samą ilość mieszkańców obszarów miejskich. Krótsza żywotność składowiska dla obszarów (gmin) miejskich wynika ze zwiększonego wskaźnika wytwarzania odpadów komunalnych. W wyniku selektywnego zbierania odpadów frakcji suchej może nastąpić wydłużenie czasu eksploatacji składowiska od 8 do ponad 37%, w przypadku wytwarzania odpadów na obszarach o charakterze wiejskim (gminy wiejskie). Natomiast w przypadku wytwarzania odpadów przez mieszkańców obszarów miejskich z charakterystyczną zabudową wielorodzinną (małe miasta) czas eksploatacji składowiska może ulec wydłużeniu od 6 do 38%, w zależności od przyjętego scenariusza składowania. Ograniczenie ilości odpadów kierowanych na składowiska, a przy tym wydłużenie czasu eksploatacji składowisk odpadów komunalnych, jest zatem wymiernym efektem ekologicznym prowadzenia segregacji odpadów komunalnych „u źródła”.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, wytwarzanie odpadów, frakcja sucha, selektywne zbieranie, czas eksploatacji składowiska

* Dr inż., ** Mgr inż., Zakład Odnawialnych Źródeł Energii i Badań Środowiskowych, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl; jaro@min-pan.krakow.pl

Reduction of waste at landfills as a result of segregation and selective collection of municipal dry waste fraction

Abstract: Operation of municipal waste landfills often poses a direct or indirect threat to the environment, so it is important to minimise the process of waste treatment by landfilling. Selective collection of certain waste fractions and direct collection from the inhabitants and the processes of preparing for re-use and recycling undoubtedly help to reduce the amount of waste at landfills. The primary objective of waste management is, therefore, a system of selective collection of municipal waste, taking into account a number of provisions which follow from regulations and superior documents.

The present study assessed the possible landfilling time of waste generated by an urban and a rural commune (it was assumed that each of them had 10 000 inhabitants) in a given sample landfill and demonstrated the possibility of extending the service life as a result of segregation and selective collection of dry fraction of municipal waste intended for re-use and recycling such as paper, plastic, glass and metals. The remaining fractions of waste were not considered and formed part of mixed municipal waste.

It was assumed that the sample landfill covered an area of 1 ha and its total volume was 25 000 m³. The landfill would be filled in a little over seven years if used by 10 000 inhabitants of rural areas, and within 5 years if used by the same number of residents of urban areas. The shorter life of the landfill in case of urban areas (communes) was due to increased waste generation rate in the municipal sector. As a result of selective collection of dry waste fraction, the life of the landfill could be extended by 8% to over 37% in the case of waste in a rural area (rural communities). However, in the case of waste produced by residents of urban areas with distinctive multi-family dwellings (small town), the life of such a landfill could be extended from 6% to 38%, depending on the landfilling plan. Reducing the amount of waste at landfills and extending the life of landfills provides therefore a measurable ecological effect of separate collection of waste "at source".

Key words: municipal waste, waste generation, dry fraction, selective collection, landfill life

Wprowadzenie

Pojęciem odpady komunalne objęte są wszystkie odpady powstające w gospodarstwach domowych, z wyłączeniem pojazdów wycofanych z eksploatacji, oraz odpady pochodzące od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych, ale nie zawierają odpadów niebezpiecznych. Źródłem odpadów komunalnych obok gospodarstw domowych są zatem także obiekty infrastruktury, takie jak handel, usługi i rzemiosło, szkolnictwo, obiekty turystyczne, targowiska. Odpady komunalne mogą być zbierane w sposób zmieszany lub objęte zbieraniem selektywnym, w ramach którego zbieranie obejmuje jedynie odpady charakteryzujące się takimi samymi właściwościami i takimi samymi cechami (Dz.U. z 2013 r. poz. 21).

Zgodnie z wytycznymi Krajowego Planu Gospodarki Odpadami KPGO 2014 (M.P. 2010 nr 101 poz. 1183) selektywnym zbieraniem odpadów komunalnych powinny zostać objęte przede wszystkim odpady z podziałem na frakcje: odpady segregowane (nazywane często „odpadami surowcowymi” lub „frakcją suchą”) tj. papier i tektura, tworzywa sztuczne, metale, odpady wielomateriałowe, szkło w podziale na szkło bezbarwne i kolorowe; odpady niebezpieczne wydzielone ze strumienia odpadów komunalnych; odpady zielone (głównie z ogrodów i parków); odpady wielkogabarytowe; odpady zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz odpady budowlano-remontowe. Selektywne zbieranie poszczególnych frakcji odpadów komunalnych pozwala na ich ponowne wykorzystanie, z uwzględnieniem różnorodnych procesów odzysku. Jednocześnie zostaje zmniejszona masa odpadów zbieranych w sposób zmieszany, a w konsekwencji ogranicza się proces ich unieszkodliwiania, głównie poprzez składowanie. Podstawowym celem w gospodarce

odpadami jest zatem stworzenie efektywnego systemu selektywnego zbierania odpadów komunalnych z uwzględnieniem szeregu zapisów wynikających z odpowiednich uregulowań prawnych.

Eksploatacja składowisk odpadów komunalnych stanowi często bezpośrednio lub pośrednio zagrożenie dla całego środowiska, stąd istotna jest minimalizacja procesu unieszkodliwiania poprzez składowanie. W zależności od lokalizacji obiektu, jakości składowanych odpadów oraz szeregu innych czynników, każdy taki obiekt wymaga indywidualnego rozpoznania i monitorowania. Za najważniejszy element kontroli obiektów składowania odpadów komunalnych należy uznać stałe monitorowanie ilości i jakości odpadów kierowanych na składowisko, ilości i jakości ścieków i odcieków wprowadzanych do wód powierzchniowych, emisji biogazu oraz parametrów mikrobiologicznych powietrza (m.in. Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek 2006; 2009; Bojarska, Bzowski 2009; Witkowski 2009; Berleć i in. 2009).

Selektywne zbieranie niektórych frakcji odpadów i odbiór bezpośrednio od mieszkańców wraz z procesami przygotowania do ponownego użycia i recyklingu niewątpliwie przyczyniają się do ograniczenia ilości odpadów kierowanych na składowiska. Ograniczenie składowania może być ponadto efektem segregacji mechanicznej i wydzielenia odpadów surowcowych w instalacji do przetwarzania odpadów zbieranych w sposób zmieszany (Dawidowska i in. 2005). Należy zaznaczyć, że na ograniczenie ilości odpadów kierowanych do składowania ma wpływ szereg kolejnych, istotnych procesów, jak przetwarzanie biologiczne w warunkach tlenowych lub beztlenowych czy przetwarzanie termiczne.

Ograniczenie składowania wynika bezpośrednio ze zmniejszenia masy odpadów kierowanych do składowania bez poddawania ich różnorodnym procesom przetworzenia. Ilość nagromadzonych odpadów razem ze stosowaną opłatą za składowanie są podstawowymi elementami analizowanymi przy szacowaniu ryzyka ekologicznego dla składowisk odpadów (Mikołajczak 2006). Selektywne zbieranie odpadów surowcowych oraz ich wydzielenie w wyniku mechanicznego przetwarzania mają niewątpliwie wpływ na osiągnięcie oczekiwanego efektu środowiskowego, związanego ze zmniejszeniem ilości odpadów kierowanych bezpośrednio do składowania, co wiąże się z wydłużeniem czasu eksploatacji składowisk.

W pracy przedstawiono prognozę wytwarzania odpadów komunalnych w latach 2013–2020 dla obszarów wiejskich oraz dla obszarów miejskich z podziałem na poszczególne frakcje. Określono masę odpadów, które mogą zostać wydzielone ze strumienia odpadów poprzez selektywną zbiórkę wśród mieszkańców („u źródła”). W konsekwencji oszacowano możliwy czas składowania odpadów na przykładowym, modelowym składowisku oraz wykazano możliwość wydłużenia czasu jego eksploatacji w wyniku segregacji i selektywnego zbierania odpadów frakcji suchej, przeznaczonych do przygotowania do ponownego użycia oraz recyklingu, a obejmujących papier i tekturę, tworzywa sztuczne, szkło i metale. Niewątpliwie na wydłużenie czasu eksploatacji składowiska wpływ ma selektywne zbieranie wszystkich frakcji możliwych do wydzielenia i zebrania. Celem prezentowanej pracy jest jednak wykazanie skali tego zjawiska przy założeniu selektywnego zbierania jedynie frakcji suchej oraz przyjętych parametrach modelowej gminy i składowiska.

1. Prognoza wytwarzania oraz selektywnego zbierania w modelowych gminach

Zgodnie z zapisami ustawy z dnia 1 lipca 2011 roku o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2011 nr 152 poz. 897 ze zm., Dz.U. 1996 nr 132 poz. 622 ze zm.) oraz rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami (Dz.U. 2012, poz. 645), gminy są obowiązane osiągnąć do 31 grudnia 2020 roku:

- 1) poziom recyklingu i przygotowania do ponownego użycia frakcji odpadów komunalnych: papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła w wysokości co najmniej 50% wagowo;
- 2) poziom recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami innych niż niebezpieczne odpadów budowlanych i rozbiórkowych w wysokości co najmniej 70% wagowo.

TABELA 1. Wymagane dla gmin, roczne poziomy recyklingu i przygotowania do ponownego użycia wybranych frakcji odpadów komunalnych

TABLE 1. Annual levels of recycling required by communes and preparation for re-use of selected fractions of municipal waste

	Poziomy recyklingu i przygotowania do ponownego użycia [%] w poszczególnych latach:							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Papier, metal, tworzywa sztuczne, szkło	12	14	16	18	20	30	40	50

Wymagane poziomy według rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami (Dz.U. 2012, poz. 645)

Do analizy prognozy wytwarzania i selektywnego zbierania niektórych suchych frakcji odpadów założono dwie modelowe gminy o takiej samej liczbie mieszkańców:

1. Gmina wiejska o zabudowie typowo jednorodzinnej i liczbie mieszkańców na poziomie 10 000; morfologia wytwarzania została przyjęta według KPGO 2014 jak dla obszarów wiejskich; wskaźnik wytwarzania odpadów w sektorze komunalnym na terenach wiejskich wynosi 245 kg na jednego mieszkańca;
2. Gmina miejska o dominacji zabudowy wielorodzinnej i liczbie mieszkańców na poziomie 10 000; morfologia wytwarzania odpadów została przyjęta według KPGO 2014 jak dla małego miasta o liczbie mieszkańców < 50 000; wskaźnik wytwarzania odpadów wynosi 362 kg na mieszkańca.

Wielkość wytwarzania odpadów komunalnych jest zdecydowanie wyższa dla obszarów miejskich. Prognozę wytwarzania odpadów komunalnych z uwzględnieniem morfologii dla modelowych gmin (tab. 2) opracowano na podstawie wskaźników wytwarzania zawartych w Krajowym Planie Gospodarki Odpadami KPGO 2014 (M.P. 2010 nr 101 poz. 1183). W procesie prognozowania wytwarzania uwzględniono prognozę ludności w analizowanym okresie, na podstawie danych statystycznych (GUS 2011).

TABELA 2. Morfologia i prognoza wytwarzania odpadów komunalnych dla modelowych gmin: wiejskiej oraz miejskiej o przyjętej liczbie mieszkańców 10 000 w latach 2013–2020

TABLE 2. Morphology and forecast of municipal waste generation for sample communes: rural and urban with population of 10 000 from 2013 to 2020

Rodzaj odpadu /rok	1 – gmina wiejska 10 000 mieszkańców			2 – gmina miejska 10 000 mieszkańców		
	udział [%]*	wytwarzanie rok 2013 [Mg/rok]	wytwarzanie rok 2020 [Mg/rok]	udział [%]*	wytwarzanie rok 2013 [Mg/rok]	wytwarzanie rok 2020 [Mg/rok]
Papier i tektura	5	124,3	135,9	9,7	182,6	195,6
Szkło	10	248,6	271,7	10,2	365,2	391,2
Metale	2,4	59,7	65,2	1,5	87,7	93,9
Tworzywa Sztuczne	10,3	256,0	279,9	11,0	376,2	403,0
Odpady wielomateriałowe	4,1	99,4	108,7	4	146,1	156,5
Odpady kuchenne i ogrodowe	33,1	822,8	899,4	36,7	1208,9	1295,0
Odpady mineralne	6	149,1	163,0	2,8	219,1	234,7
Frakcje < 10 mm	16,9	420,1	459,2	6,8	617,3	661,2
Tekstylia	2,1	52,2	57,1	4	76,7	82,2
Drewno	0,7	17,4	19,0	0,3	25,6	27,4
Odpady niebezpieczne	0,8	19,9	21,7	0,6	29,2	31,3
Inne kategorie	4,9	121,8	133,1	4,5	179,0	191,7
Odpady wielkogabarytowe	1,3	32,3	35,3	2,6	47,5	50,9
Odpady z terenów zielonych	2,5	62,1	67,9	5,3	91,3	97,8
Ogółem	100	2485,7	2717,3	100	3652,4	3912,3

* Udział [%] według Krajowego Planu Gospodarki Odpadami KPGO 2014 (M.P. 2010 nr 101 poz. 1183).

Dla potrzeb analizy założono, że selektywne zbieranie „u źródła” w modelowych gminach doprowadzi do osiągnięcia odpowiednich poziomów wymaganych przepisami prawa (tab. 1). Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami (Dz.U. z 2012, poz. 645) opracowano prognozę selektywnego zbierania wybranych odpadów komunalnych, takich jak: papier i tektura, metale, tworzywa sztuczne i szkło. Przy założeniu osiągnięcia odpowiednich poziomów w wyniku selektywnego zbierania w latach 2013–2020, masa odpadów typu papier, tworzywa sztuczne, szkło i metale, wymagana do zebrania „u źródła” wynosi dla obszarów wiejskich od 83 do 376 Mg/rok, natomiast dla obszarów miejskich jest wyższa i wynosi od 121 do 542 Mg/rok (tab. 3). Pozostała część odpadów analizowanych frakcji może trafiać do strumienia odpadów zmieszanych i zostać wydzielona w całości lub części, w wyniku dalszego procesu segregacji mechanicznej.

TABELA 3. Prognoza selektywnego zbierania suchej frakcji odpadowej dla modelowej gmin: wiejskiej oraz miejskiej o przyjętej liczbie mieszkańców 10 000 w latach 2013–2020

TABLE 3. Forecast of selective collection of selected waste fractions for sample communes: rural and urban population of 10 000 from 2013 to 2020

Rodzaj odpadu/rok	1 – gmina wiejska 10 000 mieszkańców		2 – gmina miejska 10 000 mieszkańców	
	prognozowane selektywne zbieranie zgodnie z poziomami z roku 2013 – 12% [Mg/rok]	prognozowane selektywne zbieranie zgodnie z poziomami z roku 2020 – 50% [Mg/rok]	prognozowane selektywne zbieranie zgodnie z poziomami z roku 2013 – 12% [Mg/rok]	prognozowane selektywne zbieranie zgodnie z poziomami z roku 2020 – 50% [Mg/rok]
Papier i tektura	14,9	67,9	21,9	97,8
Szkło	29,8	135,8	43,8	195,6
Metale	7,2	32,6	10,5	46,9
Tworzywa sztuczne	30,7	139,9	45,1	201,5
Ogółem frakcje segregowane (frakcja sucha)	82,6	376,3	121,3	541,8

Wymagane poziomy według rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami (Dz.U. z 2012, poz. 645).

3. Szacowany czas eksploatacji modelowego składowiska

Celem obsługi przykładowych gmin o charakterze wiejskim oraz miejskim i liczbie mieszkańców na poziomie 10 000 założono dwa modelowe składowiska. Przyjęto, że składowiska będą obsługiwały oddzielnie obszary wiejskie oraz miejskie. Wielkość wytwarzania odpadów w sektorze komunalnym (tab. 2) pozwoliła na określenie szybkości zapełniania tych obiektów, co wiąże się z czasem ich eksploatacji. Dla potrzeb analizy założono, że część odpadów wytwarzanych zbierana będzie w sposób selektywny „u źródła” celem przygotowania do ponownego użycia i recyklingu. W efekcie wykazano możliwość wydłużenia czasu eksploatacji składowiska, związaną z wprowadzeniem i funkcjonowaniem systemu selektywnego zbierania frakcji suchej, zgodnie z odpowiednimi poziomami. Należy zaznaczyć, że założenia przyjęte dla poszczególnych modelowych gmin oraz składowisk są uproszczone i odbiegają od warunków rzeczywistych. Analiza prowadzona na takich obiektach pozwala jednak na szacowanie skali rozpatrywanego zjawiska.

Założone parametry modelowego składowiska:

- powierzchnia składowiska: 1,0 ha,
- głębokość składowania: 2,5 m,
- całkowita pojemność składowiska (dla każdego modelu) 25 000 m³,
- gęstość odpadów na składowisku po kompaktowaniu: 0,75 Mg/m³.

Czas zapelniania modelowego składowiska i związany z tym czas fazy eksploatacyjnej obiektu oszacowano dla kilku scenariuszy składowania, oddzielnie dla gminy wiejskiej (gmina 1) oraz gminy miejskiej (gmina 2), które zestawiono w tabeli 4. Założone scenariusze składowania przyjmują, że na składowiska trafiać będzie całkowita masa wytworzonych odpadów komunalnych, pomniejszona jedynie o selektywnie zbierane odpady frakcji suchej. Takie założenie pozwala na wykazanie, w jakim stopniu selektywne zbieranie wybranych frakcji „u źródła” wpływa na wydłużenie czasu eksploatacji składowiska.

TABELA 4. Scenariusze składowania, przyjęte do szacowania szybkości zapelniania założonego składowiska dla obszarów miejskich oraz wiejskich w modelowych gminach

TABLE 4. Landfilling plans adopted for estimating the rate of filling landfills established for urban and rural areas in sample communes

Scenariusz składowania	Charakterystyka strumienia przeznaczonego do składowania
Scenariusz 1	zakłada się składowanie całego strumienia wytworzonych odpadów komunalnych przez mieszkańców gminy
Scenariusz 2	zakłada się składowanie wytworzonego strumienia odpadów komunalnych pomniejszonego o prognozowane masy selektywnie zbieranych odpadów, takich jak papier, tworzywa sztuczne, metale i szkło, zgodnie z poziomami odzysku wymaganymi w latach 2013–2020 (tab. 1)
Scenariusz 3	zakłada się składowanie wytworzonego strumienia odpadów komunalnych pomniejszonego o prognozowane masy selektywnie zbieranych odpadów, takich jak papier, tworzywa sztuczne, metale i szkło, zgodnie z poziomem odzysku z 2020 roku (corocznie selektywnym zbieraniem objęte jest 50% wagowo frakcji wytworzonej)
Scenariusz 4	zakłada się składowanie wytworzonego strumienia odpadów komunalnych pomniejszonego o całość (100% wagowo) wytworzonych frakcji odpadów, takich jak papier, tworzywa sztuczne, metale i szkło

Gęstość nasykowa odpadów w warunkach rzeczywistych jest zróżnicowana w zależności od charakteru zabudowy oraz warunków lokalnych i kształtuje się na poziomie 0,2–0,4 Mg/m³ (Wandrasz, Landrat 2006; Jamróz, Generowicz 2012). Na składowiskach jednak, gęstość odpadów przyjmuje wyższe wartości w wyniku procesu kompaktowania. Dla potrzeb pracy przyjęto gęstość odpadów na składowisku na poziomie 0,75 Mg/m³, co jest zgodne z założeniami przyjmowanymi przez innych autorów w pracach modelowych (Wandrasz, Landrat 2006). Selektywne zbieranie frakcji suchej, a tym samym zmiana morfologii odpadów kierowanych do składowania prawdopodobnie wpływa na gęstość odpadów. Ze względu na początkowy okres wdrażania efektywnego systemu selektywnego zbierania frakcji surowcowych, na obecnym etapie trudnym zagadnieniem jest określenie rzeczywistej zmiany gęstości odpadów związanej z ograniczeniem składowania przedmiotowej frakcji odpadów.

W tabelach 5 oraz 6 przedstawiono masę odpadów kierowaną do unieszkodliwienia poprzez składowanie na modelowych składowiskach zgodnie z przyjętymi scenariuszami. Oszacowano, jaka masa odpadów będzie wytworzona, a jaka kierowana do składowania

TABELA 5. Prognozowana masa odpadów kierowana do składowania zgodnie z przyjętymi scenariuszami i możliwy czas składowania na modelowym obiekcie – gmina wiejska (1) o liczbie mieszkańców 10 000

TABLE 5. Estimated weight of waste directed to landfill in accordance with the adopted plans and possible landfilling time in a sample facility – rural commune (1) with a population of 10 000

Lata składowania		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Scenariusz 1									
Odpady wytworzone ogółem	Mg	2 485	2 520	2 555	2 589	2 622	2 654	2 686	2 717
	m ³	3 314	3 361	3 407	3 452	3 496	3 539	3 581	3 623
Objętość możliwa do składowania*:	m ³	21 685	18 324	14 917	11 465	7 968	4 428	846	
		możliwe składowanie							
Scenariusz 2									
Wytworzone pomniejszone o selektywnie zbierane	Mg	2 403	2 414	2 425	2 436	2 447	2 401	2 355	2 308
	m ³	3 204	3 219	3 234	3 249	3 262	3 202	3 140	3 078
Objętość możliwa do składowania*:	m ³	21 795	18 576	15 341	12 092	8 830	5 628	2 487	
		możliwe składowanie							
Scenariusz 3									
Wytworzone pomniejszone o selektywnie zbierane	Mg	2 141	2 166	2 191	2 216	2 240	2 263	2 286	2 308
	m ³	2 855	2 888	2 922	2 955	2 987	3 018	3 048	3 078
Objętość możliwa do składowania*:	m ³	22 144	19 255	16 333	13 378	10 391	7 372	4 323	1 245
		możliwe składowanie							
Scenariusz 4									
Wytworzone pomniejszone o selektywnie zbierane	Mg	1 797	1 822	1 847	1 872	1 896	1 919	1 942	1 964
	m ³	2 396	2 429	2 463	2 496	2 528	2 559	2 589	2 619
Objętość możliwa do składowania*:	m ³	22 603	20 174	17 710	15 214	12 686	10 126	7 537	4 918
		możliwe składowanie							

Założona początkowa całkowita pojemność składowiska wynosi 25 000 m³

* Pojemność możliwa do składowania – stan na koniec każdego roku kalendarzowego

TABELA 6. Prognozowana masa odpadów kierowana do składowania zgodnie z przyjętymi scenariuszami i możliwy czas składowania na modelowym obiekcie – gmina miejska (2) o liczbie mieszkańców 10 000

TABLE 6. Estimated weight of waste directed to landfill in accordance with the adopted plans and possible landfilling time in a sample facility – urban commune (2) with a population of 10 000

Lata składowania		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Scenariusz 1									
Odpady wytworzone ogółem	Mg	3 652	3 684	3 726	3 758	3 799	3 840	3 871	3 912
	m ³	4 869	4 912	4 968	5 010	5 066	5 121	5 162	5 216
Objętość możliwa do składowania*	m ³	20 130	15 217	10 248	5 237	171			
		możliwe składowanie							skł. zapełnione
Scenariusz 2									
Wytworzone pomniejszone o selektywnie zbierane	Mg	3 531	3 534	3 544	3 546	3 556	3 485	3 406	3 334
	m ³	4 708	4 712	4 725	4 729	4 742	4 646	4 541	4 446
Objętość możliwa do składowania*	m ³	20 292	15 579	10 854	6 125	1 382			
		możliwe składowanie							skł. zapełnione
Scenariusz 3									
Wytworzone pomniejszone o selektywnie zbierane	Mg	3 146	3 169	3 200	3 223	3 253	3 282	3 305	3 334
	m ³	4 195	4 226	4 267	4 297	4 337	4 377	4 406	4 446
Objętość możliwa do składowania*	m ³	20 804	16 578	12 311	8 013	3 676			
		możliwe składowanie							skł. zapełnione
Scenariusz 4									
Wytworzone pomniejszone o selektywnie zbierane	Mg	2 640	2 664	2 694	2 717	2 747	2 776	2 799	2 828
	m ³	3 520	3 552	3 592	3 623	3 663	3 702	3 732	3 771
Objętość możliwa do składowania*	m ³	21 479	17 927	14 334	10 711	7 048	3 345		
		możliwe składowanie							

Założona początkowa całkowita pojemność składowiska wynosi 25 000 m³

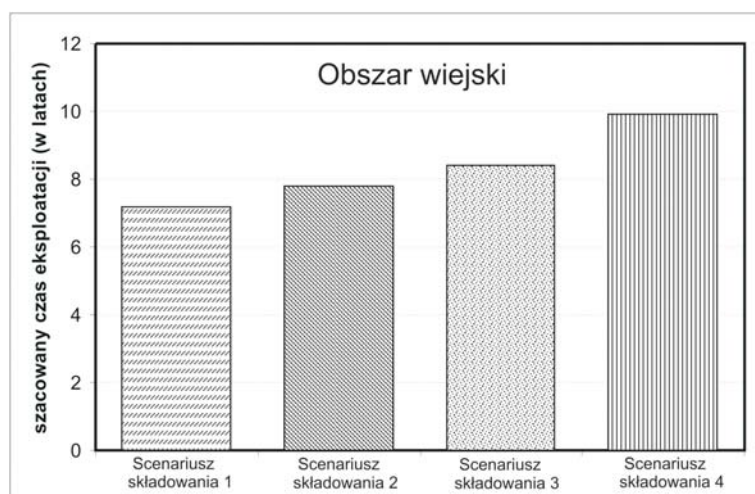
* Pojemność możliwa do składowania – stan na koniec każdego roku kalendarzowego

w latach 2013–2020. Wykazano, w jakim czasie nastąpi całkowite wykorzystanie pojemności składowiska i zakończona zostanie możliwość przyjmowania odpadów. Analiza została przedstawiona oddzielnie dla gminy wiejskiej (obszaru wiejskiego) oraz małego miasta (obszaru miejskiego).

Selektywne zbieranie suchej frakcji odpadów komunalnych „u źródła” zmniejsza niewątpliwie masę odpadów kierowaną do składowania. Przy założeniu parametrów składowiska o pojemności całkowitej na poziomie 25 000 m³ i składowania w ilości odpadów wytworzonych w całości (scenariusz 1 składowania), składowisko zostanie wypełnione w czasie 7,2 roku w przypadku użytkowania przez 10 000 mieszkańców obszarów wiejskich, oraz w czasie 5 lat w przypadku użytkowania przez taką samą ilość mieszkańców obszarów miejskich. Krótsza żywotność składowiska dla obszarów (gmin) miejskich wynika ze zwiększonego wskaźnika wytwarzania odpadów komunalnych.

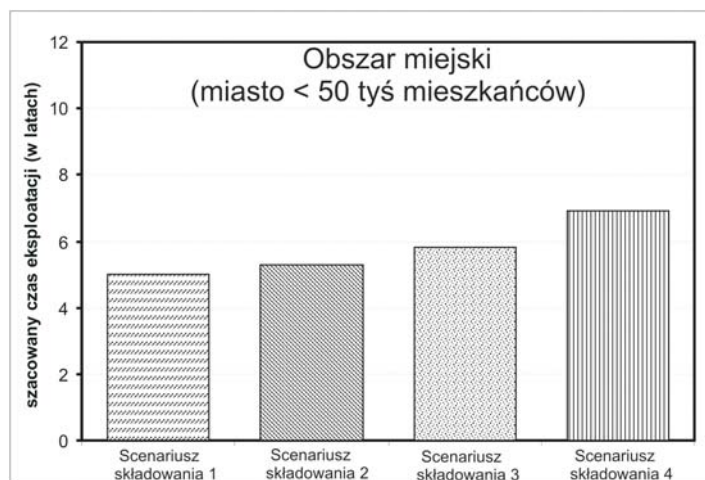
Przeprowadzona analiza wykazała, że przy założeniu składowania pomniejszonego o selektywne zbieranie odpadów wybranych frakcji (scenariusze 2, 3, 4) czas eksploatacji modelowego składowiska zostaje wydłużony i jest uzależniony od przyjętych poziomów selektywnego zbierania „u źródła”. Dla obszarów o charakterze wiejskim czas eksploatacji zostaje wydłużony do 7,8 roku w przypadku selektywnego zbierania zgodnie z poziomami objętymi odpowiednim rozporządzeniem (tab. 1) i dalej do blisko 10 lat (rys. 1) w przypadku selektywnego zbierania całości wytworzonych odpadów frakcji, takich jak papier, tworzywa sztuczne, szkło i metale. Dla obszarów o charakterze miejskim czas eksploatacji zostaje wydłużony odpowiednio do 5,3 roku oraz do blisko 7 lat (rys. 2).

Należy podkreślić, że scenariusze składowania obejmują jedynie ograniczenie dla masy frakcji suchej i nie uwzględniają selektywnego zbierania pozostałych frakcji odpadów włączając je w strumień odpadów komunalnych, zbieranych w sposób zmieszany i kie-



Rys. 1. Czas eksploatacji składowiska o pojemności 25 000 m³ przy założonych scenariuszach składowania – gmina wiejska (1) o liczbie mieszkańców 10 000

Fig. 1. The life of a landfill with a capacity of 25 000 m³ at the assumed landfilling plan – rural commune (1) with a population of 10 000



Rys. 2. Czas eksploatacji składowiska o pojemności 25 000 m³ przy założonych scenariuszach składowania – gmina miejska (2) o liczbie mieszkańców 10 000

Fig. 2. The life of a landfill with a capacity of 25 000 m³ at the assumed landfilling plan – urban commune (2) with a population of 10 000

rowany do składowania. W rzeczywistości jednak część z tych odpadów także nie powinna trafiać na składowiska, dotyczy to przede wszystkim odpadów zielonych, budowlano-remontowych, wielkogabarytowych, niebezpiecznych, a także odpadów kuchennych. Z szacowań wynika, że tzw. frakcja sucha (tj. szkło, papier, metale i tworzywa sztuczne), która jest przedmiotem opracowania stanowi od 27 do 32% całej masy odpadów wytwarzanych. Jednocześnie odpady ulegające biodegradacji stanowią znacznie większy udział w masie wytwarzanej, od 47 do 57%. Ograniczenie lub wyłączenie ze składowania odpadów ulegających biodegradacji przyczyniłoby się niewątpliwie do bardziej znaczącego efektu wydłużenia czasu eksploatacji składowiska. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie poziomów ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania oraz sposobu obliczania poziomu ograniczania masy tych odpadów (Dz.U. z 2012, poz. 676), gmina ma obowiązek zapewnienia warunków ograniczenia masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji kierowanych do składowania do nie więcej niż 50% wagowo (do dnia 16 lipca 2013 r.) oraz do nie więcej niż 35% wagowo (do dnia 16 lipca 2020 r.) w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 roku. Najlepszy zamierzony efekt będzie zatem wynikiem zarówno selektywnego zbierania frakcji suchej jak też ograniczenie składowania odpadów ulegających biodegradacji.

Podsumowanie i wnioski

Minimalizacja procesu unieszkodliwiania odpadów komunalnych poprzez składowanie jest podstawowym elementem prowadzącym do ograniczenia negatywnego oddziaływania gospodarki odpadami na środowisko przyrodnicze. Do zmniejszenia ilości odpadów kierowanych na składowiska przyczynia się niewątpliwie selektywne zbieranie niektórych frakcji

odpadów i odbiór bezpośrednio od mieszkańców celem poddania różnorodnym procesom odzysku. Należy podkreślić, że na ograniczenie ilości odpadów kierowanych do składowania ma wpływ szereg innych procesów, jak przetwarzanie mechaniczne (sortowanie), przetwarzanie biologiczne w warunkach tlenowych lub beztlenowych czy przetwarzanie termiczne.

Przeprowadzona analiza pozwoliła na oszacowanie maksymalnego czasu składowania odpadów na przykładowym, modelowym składowisku i możliwość jego wydłużenia w wyniku selektywnego zbierania „u źródła” odpadów wybranych frakcji, przeznaczonych do przygotowania do ponownego użycia oraz recyklingu, takich jak papier, tworzywa sztuczne, szkło i metale. Wyniki analizy nie uwzględniają pozostałych frakcji wytwarzanych odpadów komunalnych, a mogących zostać zebrane selektywnie, co w konsekwencji spowodowałoby dalsze wydłużenie żywotności obiektu.

Modelowe składowisko o powierzchni 1 ha oraz całkowitej pojemności składowania 25 000 m³ zostanie wypełnione w czasie niewiele ponad 7 lat w przypadku użytkowania przez 10 000 mieszkańców obszarów wiejskich oraz w czasie 5 lat w przypadku użytkowania przez taką samą ilość mieszkańców obszarów miejskich, przy założeniu składowania całości odpadów wytworzonych. Krótsza żywotność składowiska dla obszarów (gmin) miejskich wynika ze zwiększonego wskaźnika wytwarzania odpadów.

Przy założeniach przyjętych w pracy, w wyniku segregacji i selektywnego zbierania frakcji suchej odpadów komunalnych może nastąpić wydłużenie czasu eksploatacji składowiska od 8 do ponad 37%, w przypadku wytwarzania odpadów na obszarach o charakterze wiejskim. Natomiast w przypadku wytwarzania odpadów przez mieszkańców obszarów miejskich z charakterystyczną zabudową wielorodzinną (małe miasta) czas eksploatacji składowiska może ulec wydłużeniu od 6 do 38%, w zależności od przyjętego scenariusza składowania. Ograniczenie ilości odpadów kierowanych na składowiska, a przy tym wydłużenie czasu eksploatacji składowisk odpadów komunalnych jest wymiernym efektem ekologicznym prowadzenia selektywnej zbiórki odpadów komunalnych „u źródła”.

Literatura

- Berleć i in. 2009 – Berleć K., Budzińska K., Szejniuk B., Kułakowska A., 2009 – Ocena oddziaływania składowiska odpadów komunalnych na wybrane parametry mikrobiologiczne powietrza. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Tom 11, s. 1317–1328.
- Bojarska K., Bzowski Z., 2009 – Monitoring środowiska w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Zakopanem. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr 40, s. 632–642.
- Dawidowska i in. 2005 – Dawidowska A., Bzowski A., Roszko K., 2005 – Instalacja do segregacji odpadów komunalnych ZUOK „Zoniówka” w Zakopanem elementem ograniczenia ilości składowanych odpadów. Mat. VI forum Gospodarki Odpadami, Licheń–Poznań, s. 449–455.
- Jamróż A., Generowicz A., 2012 – Tendencje zmian nagromadzenia odpadów komunalnych na przykładzie małego miasta. Czasopismo Techniczne. Środowisko, Wyd. Politechniki Krakowskiej, 1-Ś/2012, z. 3, s. 101–112.
- Klojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J., 2006 – Problematyka monitoringu środowiska gruntowo-wodnego w gospodarce odpadami. Przegląd Górniczy 2006/4, s. 48–52.
- Klojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J., 2009 – Zakres monitoringu wybranych składowisk odpadów. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN nr 75, s. 13–20, Wyd. IGSMiE PAN.

- Krajowy Plan Gospodarki Odpadami KPGO 2014 – przyjęty Uchwałą Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014 (M.P. 2010 nr 101 poz. 1183).
- Mikołajczak J., 2006 – The assesment the environmental risk on the areas degraded by the landfill. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 22, z. 4, s. 67–74, Wyd. IGSMiE PAN.
- Rocznik statystyczny GUS, BDL, 2011 (www.stat.gov.pl).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami (Dz.U. z 2012, poz. 645).
- Staszewska E., Pawłowska M., 2010 – Characteristics of Emissions from Municipal Waste Landfills. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska t. 12, s. 47–59.
- Ustawa z dnia 1 lipca 2011 roku o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2011 nr 152 poz. 897 ze zmianami).
- Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 1996 nr 132 poz. 622 ze zmianami).
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r o odpadach (Dz.U. z 2013, poz. 21).
- Wandrasz J.W., Landrat M., 2006 – Prognozowanie zasobności gazowej składowisk odpadów komunalnych w oparciu o teoretyczny model matematyczny. *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska* vol. 3, s. 11–20.
- Witkowski A.J., 2009 – Uwagi o monitoringu wód podziemnych dla składowisk odpadów komunalnych. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* nr 436, s. 535–546.

