

Mateusz Malinowski, Andrzej Woźniak

**WYBRANE METODY OZNACZANIA SKŁADU
MORFOLOGICZNEGO ODPADÓW KOMUNALNYCH
W POLSCE I WYBRANYCH KRAJACH UE**

***METHODS OF QUALITATIVE DETERMINATIONS
AND MORPHOLOGICAL COMPOSITION OF MUNICIPAL
WASTE MATERIAL IN POLAND***

Streszczenie

Odpady komunalne to odpady powstające w gospodarstwach domowych, a także odpady niezawierające odpadów niebezpiecznych, pochodzących od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych. Ilość generowanych odpadów komunalnych zależy od wielu czynników, z których do najważniejszych należą: standard życia, liczba ludności oraz wielkość i intensywność konsumpcji wyrobów. Rodzaj i skład wytwarzanych odpadów jest uzależniony od gęstości zaludnienia, rodzaju zabudowy, obecności obiektów użyteczności publicznej, nasycenia terenu obiektami usługowymi, intensywności rozwoju przemysłu oraz wyposażenia technicznego i sanitarnego budynków (szczególnie sposób ogrzewania).

Podejmowanie decyzji dotyczących wyboru metod przetwarzania odpadów, projektowanie instalacji, ocena ich wydajności, bilansowanie procesów sortowania oraz prognozowanie jakości produktów z odpadów wymaga szczegółowego rozpoznania składu i właściwości generowanych odpadów [Jędrczak, Szpadt 2006]. Na podstawie prowadzonych badań ilościowych i jakościowych można planować rozwiązania szczegółowe (jednostkowe), a także systemowe.

Celem pracy jest przedstawienie metodyki badań jakościowych odpadów komunalnych w różnych miastach i norm stosowanych w Polsce oraz krajach UE. W artykule przedstawiono ogólne schematy postępowania z odpadami w fazie przygotowania próby oraz oceny jakościowej odpadów.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, skład morfologiczny odpadów, SWA Tool, MODECOM

Summary

The municipal waste is a waste type that includes predominantly household waste (municipals waste) with sometimes the addition of commercial wastes collected by a municipality within a given area. Amount of generated municipal wastes depends on many factors, which the most important are: life standard, population's rate and goods' consumption scale and intensity. The kind of wastes and its composition depend on the area where the wastes are generated, also depends on population density, buildings' types, objects of public utility, trade out-post magnitude and intensity of industry and services.

The acquaintance of morphological composition of municipal waste permits on treat the decision about waste management, projection waste installation, balancing the processes of classification and forecasting about quality of products from wastes.

This paper shows several practical methodologies of investigation municipal wastes and norms in Poland.

Key words: *municipal waste, waste morphological composition, SWA Tool, MODECOM*

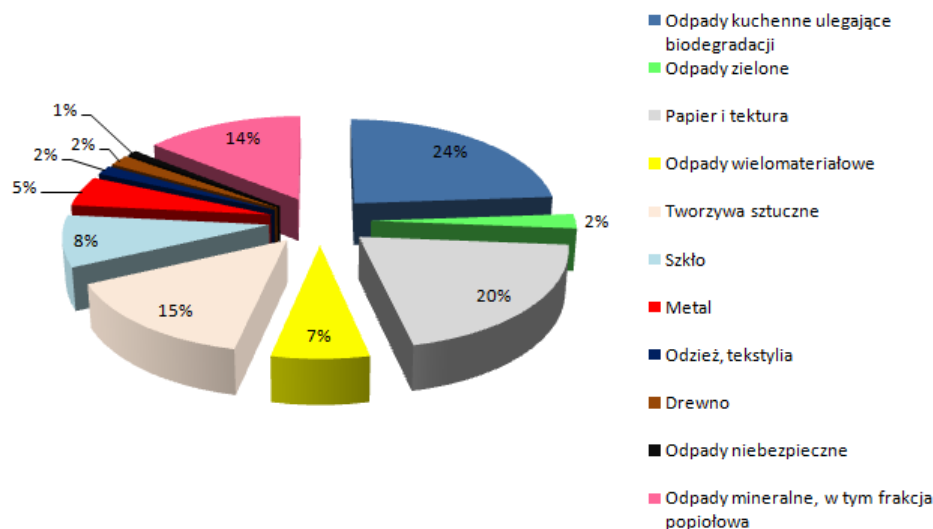
WSTĘP

Od początku XX wieku, a nawet wcześniej, w krajach zachodnich zaczęto budować spalarnie odpadów, a od lat 50. rozwinęła się budowa kompostowni. Już w latach 20. rozpoczęto budowę sortowni odpadów, w których na taśmie sortowniczej wybierano ręcznie z odpadów materiały tekstylne (wówczas stanowiły je wełna, bawełna oraz jedwab naturalny) [Skalmowski 2001b]. Wraz z pierwszymi obiektami służącymi podniesieniu poziomu świadczenia usług w ramach usuwania i unieszkodliwiania odpadów pojawiły się badania składu morfologicznego odpadów. Prowadzono je w takim samym celu jak obecnie. Znajomość składu odpadów i jego sezonowych zmian umożliwia prowadzenie efektywnej gospodarki odpadami, co następnie procentuje w ekonomicznym bilansie przedsiębiorstwa.

Odpady komunalne to odpady powstające w gospodarstwach domowych, a także odpady niezawierające odpadów niebezpiecznych, pochodzących od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych [Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 628]. Na ilość oraz skład wytwarzanych odpadów komunalnych wpływa szereg czynników geograficznych i społeczno-gospodarczych, takich jak: poziom dochodów poszczególnych mieszkańców, położenie geograficzne, klimat, przyzwyczajenia ludzi itp. [Malinowski i in. 2009]. Ze składem odpadów wiążą się w bezpośredni sposób ich właściwości. Każdy ze składników charakteryzuje się bowiem określoną wilgotnością, zawartością substancji

organicznej, składników nawozowych, a także wartością ciepła spalania [Jędrzak, Szpadt 2006].

W badaniach dotyczących ilości i jakości odpadów komunalnych prowadzonych w kraju od lat 70. XX wieku stosowano różne metodyki [Jędrzak, Szpadt 2006]. Opracowania dotyczą głównie dużych ośrodków miejskich. Spowodowało to, że wyniki tych badań są trudno porównywalne z sobą. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych w Katowicach, a także kilka ośrodków naukowo-badawczych w kraju prowadziło w ostatnich latach wyrywkowe badania odpadów komunalnych, na podstawie których oszacowano wskaźnikowo zarówno ilość, jak i jakość odpadów dla potrzeb realizacji Krajowego Planu Gospodarki Odpadami, jak i planów niższego szczebla [Sieja 2006].



Źródło: opracowanie własne na podstawie KPGO 2010.

Rysunek 1. Skład miejskich odpadów komunalnych w Polsce w 2004 r.

Figure 1. Morphological composition municipal wastes of urban area in Poland in 2004

Średni skład morfologiczny generowanych odpadów komunalnych ustalono na podstawie wyników badań prowadzonych na terenie kraju w okresie 2000–2005. Wskaźniki przyjęte w Krajowym Planie Odpadami Komunalnymi 2010 są podstawowym wyznacznikiem do obliczania składu morfologicznego odpadów na terenach miejskich i wiejskich całego kraju. Ustawa o odpadach narzuca na samorządu terytorialne opracowanie Gminnych i Powiatowych Planów Gospodarki Odpadami Komunalnymi. Gminy, niezależnie od położenia geograficznego oraz charakterystyki gospodarczej, przyjmują, że skład odpadów jest identyczny z narzuconym w KPGO 2010, mimo iż podejmowanie decyzji

dotyczących wyboru metod przetwarzania odpadów, projektowanie instalacji, bilansowanie procesów sortowania oraz prognozowanie jakości produktów z odpadów wymaga szczegółowego rozpoznania ich składu i właściwości. Rysunek 1 przedstawia skład jakościowy odpadów w 2004 roku.

MONITORING ODPADÓW KOMUNALNYCH – WYMAGANIA PRAWNE

Wiele aktów prawnych, zarówno europejskich i polskich, nakłada na wytwórców i firmy zajmujące się unieszkodliwianiem odpadów obowiązek prowadzenia monitoringu odpadów, regularnych badań ilości i jakości zmieszanych odpadów komunalnych, a także poszczególnych ich składników. Efektem monitoringu jest coroczna sprawozdawczość z wykonywanych zadań.

Wymagania obowiązujące na terenie UE [Jędrzak, Szpadt 2006]:

– Program Środowisko nakłada obowiązek zmniejszenia ilości wytwarzanych odpadów niebezpiecznych i komunalnych kierowanych do ostatecznego unieszkodliwiania (na składowiska) o 20% w roku 2010 i o 50% w roku 2050, w porównaniu do roku 2000,

– Dyrektywa ramowa w sprawie odpadów 75/442/EWG nakłada obowiązki zmniejszania wytwarzania odpadów, zwiększania ich odzysku i unieszkodliwiania przed składowaniem (hierarchia postępowania z odpadami),

– Dyrektywy opakowaniowe nakładają obowiązek osiągnięcia odpowiednich poziomów odzysku, w tym recyklingu odpadów opakowaniowych, których część jest zawarta w odpadach komunalnych,

– Dyrektywa składowiskowa nakłada obowiązek zmniejszenia ilości składowanych odpadów komunalnych, ulegających biodegradacji (dla takich krajów jak Polska) do 75% w roku 2010, do 50% w roku 2013 i 35% w roku 2020, w porównaniu do ilości tych odpadów wytworzonych w roku 1995,

– Dyrektywa o odpadach sprzętu elektrycznego i elektronicznego nakłada obowiązki osiągnięcia odpowiednich poziomów recyklingu i odzysku tych odpadów,

– Rozporządzenie w sprawie statystyki odpadów, nakładające na kraje członkowskie UE obowiązek monitoringu, prowadzenia statystyki i przekazywania danych statystycznych o odpadach wytwarzanych, przetwarzanych, odzyskiwanych i unieszkodliwianych.

Wymagania obowiązujące na terenie Polski [Jędrzak, Szpadt 2006]:

– Ustawa o odpadach, ustawa o opakowaniach i odpadach opakowaniowych, ustawa o obowiązkach przedsiębiorców oraz o opłacie produktowej i

depozytowej, ustawa o zużytych sprzęcie elektrycznym i elektronicznym, rozporządzenie dotyczące budowy i eksploatacji składowisk oraz ich monitoringu,

– Krajowy plan gospodarki odpadami 2010 zawierający wymagania dotyczące poziomów selektywnego zbierania, odzysku, w tym recyklingu, a także unieszkodliwiania wybranych strumieni odpadów,

– Wojewódzkie, powiatowe i gminne plany gospodarki odpadami.

POLSKIE NORMY OZNACZANIA SKŁADU MORFOLOGICZNEGO ODPADÓW

Na przełomie lat 80. i 90. XX wieku w największych miastach Polski rozpoczęto regularne badania składu jakościowego odpadów komunalnych, w celu zorganizowania systemu zarządzania strumieniem odpadów. W latach 80. i 90. uchwalono kilka norm regulujących prowadzenie badań odpadów. Aktualnie, stosowanie norm nie jest obligatoryjne, ponieważ nie spełniają one już współczesnych wymagań. Mimo to stanowią jedyny akt prawny, mówiący o metodach i wytycznych do prowadzenia badań. Do najważniejszych norm należą [Jędrzak, Szpadt 2006]:

– BN-87/910303: Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Pobieranie, przechowywanie i przesyłanie oraz wstępne przygotowanie próbek odpadów do badań,

– BN-87/9103-04: Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Metody oznaczania wskaźników nagromadzenia,

– PN-93/Z-15008/02: Oznaczanie wilgotności całkowitej,

– **PN-93/Z-15006: Oznaczanie składu morfologicznego,**

– BN-88/9103-07: Oznaczanie zawartości substancji organicznych w kompoście z odpadów miejskich,

– PN-91/Z-15005: Oznaczanie zawartości węgla organicznego w kompoście z odpadów miejskich,

– BN-90/9103-10: Oznaczanie zawartości azotu w kompoście z odpadów miejskich,

– BN-90/9103-06/01: Badania zawartości fosforu w kompoście z odpadów miejskich,

– BN-90/9103-05/01: Badania zawartości potasu w kompoście z odpadów miejskich.

Normy BN-87/910303, BN-87/9103-04 oraz PN-93/Z-15006 dotyczą poboru prób odpadów, służących ustaleniu jednostkowych wskaźników ilości wytwarzanych odpadów oraz badań składu morfologicznego. Były one opracowane w czasie, gdy gospodarka odpadami w kraju miała ograniczony zakres, a liczba wymaganych informacji o składzie jakościowym odpadów była zdecydowanie mniejsza niż obecnie [Jędrzak, Szpadt 2006]. Normy zostały utworzo-

ne jedynie dla obszarów miejskich. Stanowi to dodatkową przyczynę braku badań składu morfologicznego w gminach wiejskich.

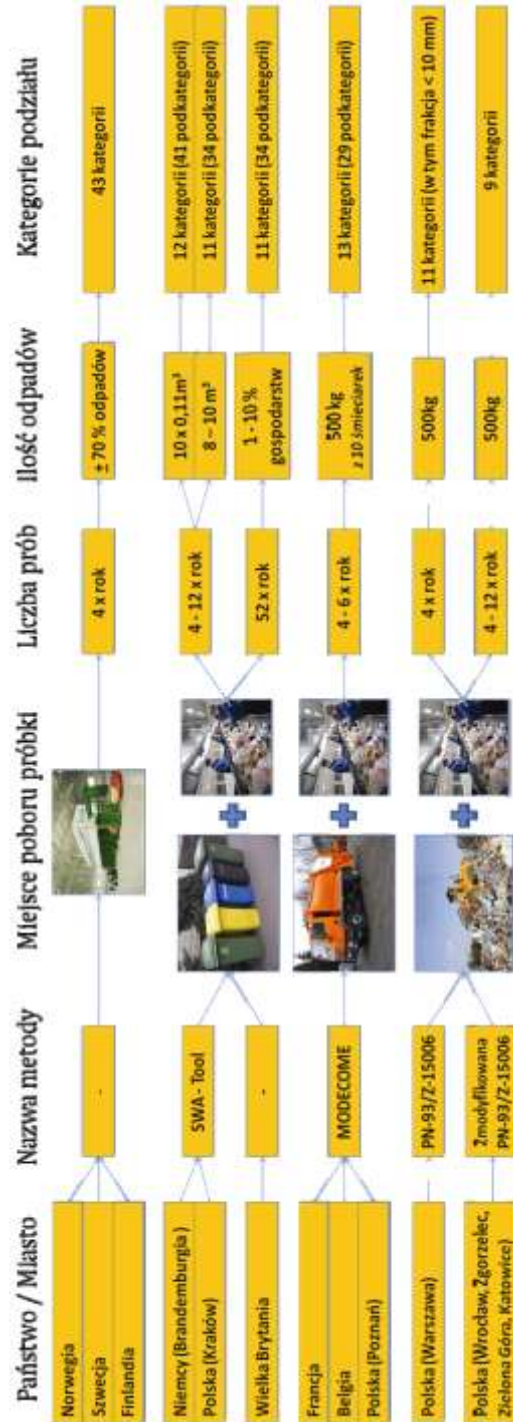
Wiarygodność badań prowadzonych w dużych aglomeracjach oraz duża częstotliwość pobierania prób (co kwartał i częściej), nigdy nie oddaje faktycznego stanu ilościowego i jakościowego zbieranych odpadów ze względu na to, że w dużych miastach odpady komunalne są odbierane przez wielu przedsiębiorców, dowożących je do różnych instalacji. Polska norma wskazuje miejsca unieszkodliwiania odpadów jako źródła poboru próbek do badań. Poprzez to utrudnione staje się zbilansowanie ilości odpadów i obliczenie wiarygodnych wskaźników. Jak dotąd nie ustalono najlepszego miejsca poboru materiału do badań, ani wielkości i częstotliwości jego pobierania. Masa odpadów mierzona jest głównie przez ważenie samochodów dostarczających odpady. Rysunek 2 przedstawia podstawowe elementy systemów badań jakościowych odpadów stosowanych w różnych krajach UE i miastach Polski.

Rysunek 3 przedstawia schemat ideowy poboru prób i badań składu morfologicznego odpadów wg PN-93/Z-15006. Monitoring ilości oraz składu odpadów komunalnych regularnie prowadzony jest w Warszawie od 1987 roku. Jego wyniki były publikowane przez zespół Skalmowskiego [2001a, b, 2005]. Monitoring ten wykonywany jest zgodnie z Polską Normą.

Badania wykonywane zgodnie z PN-93/Z-15006 obejmują podział odpadów na 10 kategorii (w tym frakcja drobna < 10mm), a następnie na 4 frakcje ziarnowe. Badania składu materiałowego (morfologicznego) wykonywane są dla całej masy odpadów o uziarnieniu powyżej 10mm. Norma ta zaleca badanie składu odpadów polegające na pobieraniu średniej próbki z odpadów na składowisku, a następnie rozdzielaniu ręcznie na poszczególne frakcje i ważeniu ich [Rosik-Dulewska 1999].

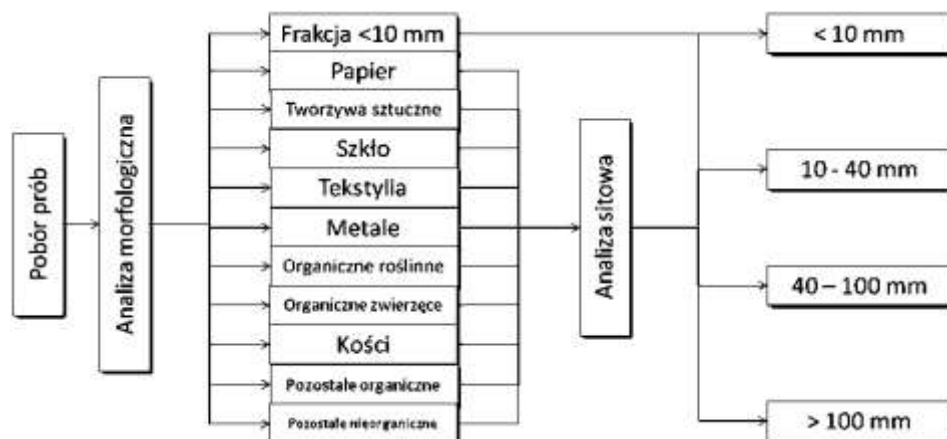
W badaniach wrocławskich (lata 1992–1995) wprowadzono odrębne badania składu frakcji ziarnowych, tj. 10–40 mm, 40–100 mm oraz > 100 mm. We frakcji 10–40 mm oznaczano tylko dwie grupy materiałów: składniki ulegające biodegradacji i pozostałe składniki nieorganiczne. W frakcjach 40–100 mm i > 100 mm oznaczano zawartości 9 składników [Maćków 2005].

Badania jakościowe odpadów w Zgorzelcu w latach 1998–1999 wykonano z wykorzystaniem metodyki stanowiącej rozwinięcie Polskiej Normy. Wyniki tych badań stanowiły podstawę projektu instalacji mechanicznej obróbki odpadów do wydzielenia frakcji ulegającej biodegradacji do fermentacji. W celu szczegółowego ustalenia zawartości składników biodegradowalnych w różnych frakcjach ziarnowych odpadów. Analiza obejmowała podział odpadów na 8 frakcji (0–8, 8–20, 20–40, 40–70, 70–80, 80–100, 100–120 i > 120 mm), a skład materiałowy obejmował 12 rodzajów materiałów [Haziak 2001].



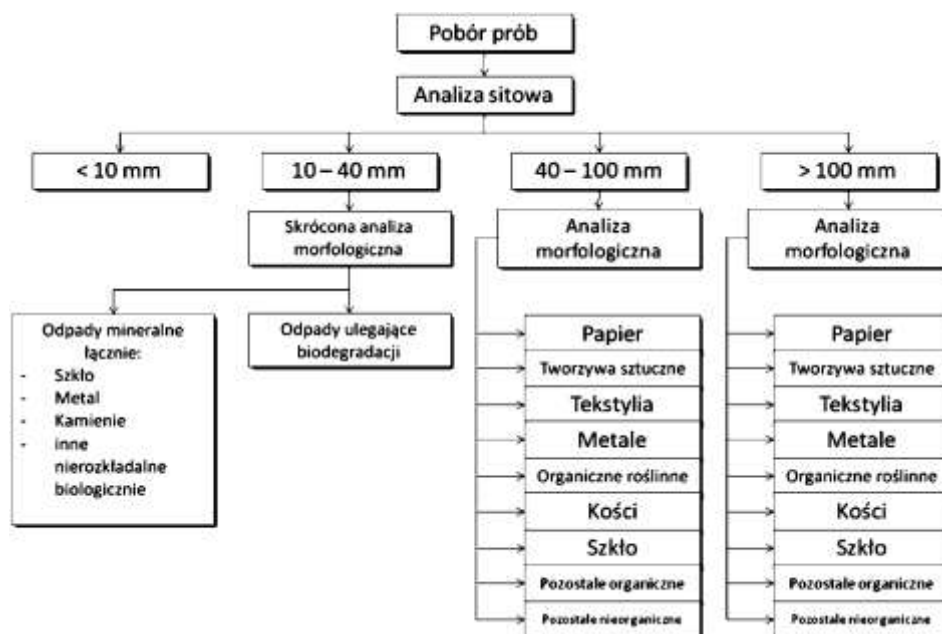
Źródło: opracowanie własne na podstawie [PN-93/Z-15006; Maćków i in. 2005; Sieja 2006; Haziak i in. 2001; Development of ... 2004; Jones i in. 1998; Lande-sumweltamt ... 1998; ADAME 1998, Jędrzak, Szpadt 2006].

Rysunek 2. Schemat metod badań jakościowych odpadów w Polsce i krajach UE
Figure 2. Morphological composition municipal wastes of urban area in Poland in 2004



Źródło: opracowanie własne na podstawie PN-93/Z-15006.

Rysunek 3. Schemat badań składu odpadów komunalnych wg PN-93/Z-15006
Figure 3. Pattern of investigations of morphological composition municipal wastes according to PN-93/Z-15006



Źródło: opracowanie na podstawie [Maćków i in. 2005]

Rysunek 4. Schemat badań składu odpadów we Wrocławiu w latach 1992–1995
Figure 4. Pattern of investigations of morphological composition municipal wastes in Wrocław in 1992–1995

W 2000 roku w Zakładzie Gospodarki Odpadami Komunalnymi i Energii Odnawialnej IGSMiE PAN opracowano wstępne założenia do wykorzystania metody planimetrycznej w celu określenia składu jakościowo-ilościowego odpadów. Badania pilotażowe przeprowadzono między innymi na składowisku odpadów w Niepołomicach [Makoudi, Wdowiarz-Kowalczyk 2000].

Systematyczne badania opadów wykonuje się również w Poznaniu. W 2001 roku przeprowadzono je metodą MODECOM (*MODE de Caractérisation des Ordures Ménagères*). Metoda ta powstała we Francji i polega na wyborze losowych samochodów transportujących odpady. Przygotowanie próby polega na opróżnieniu całej zawartości pojazdu i losowym wyborze z niej 10 prób o masie ok. 50 kg każda, które po scaleniu dają podstawową próbę o masie ok. 500 kg przeznaczoną do dalszego sortowania [ADAME 1998]. Na obszarach o liczbie ludności powyżej 200 000 osób pobiera się próby z 10 pojazdów, na pozostałych z 5 [Studium wykonalności ... 2001]. Proces polega na ręcznym sortowaniu, zgodnie z przyjętym katalogiem sortowanych odpadów. Następnie odpady są ważone, przesiewane przez sito z okrągłymi otworami o średnicy 100 mm, sortowane na frakcję grubą >100 mm (na określone kategorie materiałowe). Pozostała część próby przesiewana jest przez sito z okrągłymi otworami o średnicy 20 mm dla uzyskania frakcji średniej (20–100 mm). Frakcja ta jest ważona, pomniejszana przez ćwiartowanie do uzyskania próby o masie ok. 1/8 wyjściowej masy tej frakcji, a następnie sortowana i jeszcze raz ważona. Końcowy etap stanowi ważenie frakcji drobnej (<20 mm).

W 2003 roku w Krakowie przeprowadzono badania składu i ilości odpadów komunalnych w ramach projektu SWA Tool (*Solid Waste Analysis Tool*). Badania z wykorzystaniem tej metody przeprowadzono również we Wrocławiu w latach 2004–2005 oraz równolegle w Wielkiej Brytanii i Irlandii. Metoda ta zakłada wydzielenie frakcji <10 mm, 10–20 mm, 20–40 mm, 40–80 mm, 80–100 mm oraz > 100 mm. Frakcje 10–20 mm oraz 20–40 mm dzielone są na 11 kategorii głównych. Materiał o większych średnicach dzielony jest na 34 podkategorie [Jędrzak, Szpadt 2006]. Schemat sortowania odpadów przedstawiono na rysunku 5.



Źródło: opracowanie na podstawie [Development of ... 2004].

Rysunek 5. Schemat badań składu odpadów metodą SWA Tool

Figure 5. Pattern of investigations of morphological composition municipal wastes by SWA Tool

Badaniom podawane są odpady odbierane w ramach miejskiego systemu gospodarki odpadami, tj. codzienne odpady z gospodarstw domowych, handlu i obiektów infrastruktury. Podstawą pobieranej próbki jest losowo wybrany pojemnik na odpady. Metodologia SWA Tool zawiera zalecenie, aby w przypadku, gdy nie dysponuje się danymi pomiarowymi z poprzednich badań na danym obszarze, przyjąć jako minimalną liczbę 45 prób odpadów domowych w roku. Wielkość jednej próby powinna wynosić ok. 1 m³ (ok. 100 kg). W przypadku

3 środowisk (dla jednej aglomeracji), z każdego środowiska pobranych jest po 15 prób jednostkowych, tj. po 4 w trzech porach roku oraz 3 próby w czwartej porze roku. Wymagany poziom ufności wynosi 95%, a czułość poniżej 20% dla wyników badań zawartości każdej głównej frakcji odpadów [Development... 2004].

Metoda ta po modyfikacjach od 2007 roku jest zalecana przez Ministerstwo Środowiska obok PN-93/Z-15006 jako podstawa prowadzenia badań składu morfologicznego odpadów w Polsce (bibliografia poz. 4).

EUROPEJSKIE NORMY OZNACZANIA SKŁADU MORFOLOGICZNEGO ODPADÓW

Pomimo rosnącego zapotrzebowania na badania odpadów komunalnych na poziomie lokalnym, regionalnym i krajowym, a także międzynarodowym, nie wprowadzono dotychczas oficjalnej, jednolitej i uniwersalnej metodyki badań odpadów w Unii Europejskiej. Brak takiej oficjalnej metody uniemożliwia bezpośrednio porównania charakterystyk odpadów w poszczególnych krajach, jak i pomiędzy krajami UE. Pod koniec lat osiemdziesiątych zostały opracowane różne metodyki badań ilościowych i jakościowych odpadów, których stosowanie nie zawsze ma charakter obligatoryjny (Polska). Opracowane metody dotyczą badania tzw. codziennych zmieszanych odpadów domowych oraz ewentualnie odpadów komunalnych z obiektów infrastrukturalnych [Jędrzak, Szpadt 2006].

Najwięcej metod badań odpadów powstało w Niemczech w latach 80. W pozostałych krajach (Włochy, Hiszpania, Grecja) nie ma ustandaryzowanej metody badań lub istniejące są ogólnikowe i nieprzydatne do szerszej charakterystyki odpadów.

W XXI wieku wiedza na temat ilości i składu wytwarzanych odpadów staje się coraz bardziej konieczna, szczególnie do planowania operacji zbierania i przetwarzania odpadów, a także do identyfikacji zanieczyszczeń zawartych w odpadach. W najbliższych latach należy opracować jednolitą i obligatoryjną dla wszystkich krajów członkowskich Unii Europejskiej metodę uzupełniającą

aktualnie prowadzone badania. Ponadto należy przeprowadzić wiele regularnych badań monitorujących skład morfologiczny i frakcyjny odpadów z terenów wiejskich w różnych regionach Polski z uwzględnieniem ich położenia oraz charakteru funkcjonalno-gospodarczego. Umożliwiłoby to opracowanie rzetelnych planów gospodarki odpadami w gminach wiejskich.

BIBLIOGRAFIA

- ADAME, MODECOM TMA Method for Characterization of Domestic Waste. Paris 1998.
- Development of a Methodological Tool to Enhance the Precision & Comparability of Solid Waste Analysis Data. Final Report. Waste Analysis in Cracow. European Commission, 2004.
- Haziak K. *Optimalizacja procesu przygotowania odpadów komunalnych do fermentacji*. Praca doktorska. Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Wrocław 2001.
- Jędrzak A., Szpadt R. 2006. *Opracowanie metodyki badań ilościowych i jakościowych odpadów dla potrzeb monitoringu i planowania gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce*, Kamieniec Wr., Zielona Góra.
- Jones, A., S. Nesaratnam, A. *Porteous Regional Variations in Household Waste Arisings in the UK*. Environmental and Waste Management, 1998, Vol. 1, No. 2, 1998.
- Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2010, 2006. [MP. 2006. 90.946].
- Landesumweltamt Brandenburg, Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle im Land Brandenburg, Teil 1, Fachbeiträge des Landesumweltamtes Nr. 34, Potsdam 1998.
- Maćków I., Małysa H., Sebastian M., Szpadt R. *Zmienność składu i właściwości odpadów komunalnych miasta Wrocławia w latach 1992–2004*. Mat. VI Międzynarodowego Forum Gospodarki Odpadami, Poznań–Licheń Stary 2005.
- Makoudi S., Wdowiarz-Kowalczyk A. *Metodyka badań odpadów komunalnych*. Materiały III Szkoły Gospodarki Odpadami, Ryto 2000.
- Malinowski M., Krakowiak-Bal A., Sikora J., Woźniak A. *Ilości generowanych odpadów komunalnych w aspekcie typów gospodarczych gmin województwa małopolskiego*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich Nr 9/2009, Kraków 2009.
- Polska Norma PN-93/Z-15006*. Odpady komunalne stałe. Oznaczanie składu morfologicznego.
- Rosik-Dulewska C. *Podstawy gospodarki odpadami*. Lublin 1999.
- Sieja L. *Charakterystyka odpadów komunalnych na podstawie badań w wybranych miastach Polski*. Ochrona powietrza i problemy odpadów. Nr 1/2006, Katowice 2006.
- Skalmowski K. *Właściwości technologiczne odpadów komunalnych w Warszawie*. Mat. VI Międzynarodowego Forum Gospodarki Odpadami, Poznań–Licheń Stary 2005.
- Skalmowski K. *Kompostowanie odpadów komunalnych. Modele rozwiązań technologicznych*. Modele rozwiązań technologicznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001a.
- Skalmowski K. *Ewolucja gospodarki odpadami komunalnymi*. Przegląd komunalny. Nr 3/2001, Warszawa 2001b.
- Studium wykonalności odzyskiwania energii z odpadów stałych. MODECOM dla miasta Poznań*. Charakterystyka odpadów komunalnych. Urząd Miasta Poznań. Sogreah, Poznań 2001.
- Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r.* [Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 628].

Dr hab. inż. Andrzej Woźniak, Prof. UR
Mgr inż. Mateusz Malinowski
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
30-149 Kraków ul. Balicka 116B
Tel. (012) 662 4660
mateuszmalinowski@poczta.fm,
awozniak@ar.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Zdzisław Wójcick*