

**Piotr WICHOWSKI**

Katedra Budownictwa i Geodezji SGGW  
Department of Architecture and Geodesy WAU

## **Wykorzystanie kompostowania jako metody utylizacji osadów ściekowych na terenach nieurbanizowanych**

### **Waste utilization of sediment of sewage on urban areas by composting**

**Słowa kluczowe:** osady ściekowe, kompostowanie, wartość nawozowa

**Key words:** sediment of sewage, composting, fertilizer substance

#### **Wprowadzenie**

Produktem ubocznym w procesie oczyszczania ścieków są osady ściekowe. Powstające osady ściekowe należy przetwarzać w taki sposób, aby ograniczać ich szkodliwy wpływ na środowisko. W pierwszej kolejności poddaje się osady stabilizacji tlenowej lub beztlenowej. W małych oczyszczalniach często następuje symultaniczna stabilizacja osadu w komorach osadu czynnego poprzez zastosowanie przedłużonego czasu napowietrzania. Ustabilizowane osady są odwadniane w celu uzyskania zawartości suchej masy na poziomie 20–30%. W praktyce ustabilizowane i odwodnione osady stanowią odpad, który najczęściej nie kwalifikuje się do przyrodniczego wykorzystania. Tymczasem osady ściekowe są potencjalnie

cenną substancją nawozową. Zawierają one w swoim składzie znaczne ilości substancji biogennej oraz mogą współtworzyć próchnicę glebową. Obowiązujące obecnie przepisy (Dyrektywa... 1999, Ustawa... 2001), ograniczają możliwość deponowania odpadów organicznych łatwo biodegradowalnych na składowiskach odpadów. W chwili obecnej przepisy te nie są rygorystycznie przestrzegane, ale w najbliższych latach można się spodziewać bardziej surowego ich egzekwowania.

Osady ściekowe należy zatem poddawać takim procesom przeróbki, aby mogły być wykorzystane przyrodniczo. Zasadniczym ograniczeniem w przyrodniczym wykorzystaniu osadów ściekowych jest nadmierna koncentracja w nich substancji toksycznych, zwłaszcza metali ciężkich. Stosowane przyrodniczo osady muszą być również bezpieczne pod względem sanitarnym. Typowe osady ze ścieków komunalnych nie powinny zawierać nadmiernych ilości substancji toksycznych. Metodą,

która może prowadzić do uzyskania produktu bezpiecznego pod względem sanitarnym jest kompostowanie. Kompostowanie jest procesem częściowo egzotermicznym, powodującym okresowy wzrost temperatury w złożu. Taki wzrost temperatury może wpływać korzystnie na higienizację złoża. Technologia kompostowania osadów jest szczególnie wskazana na terenach wiejskich, gdzie z reguły występuje duża dostępność terenu oraz materiału strukturalnego, którym może być np. słoma z upraw rolniczych.

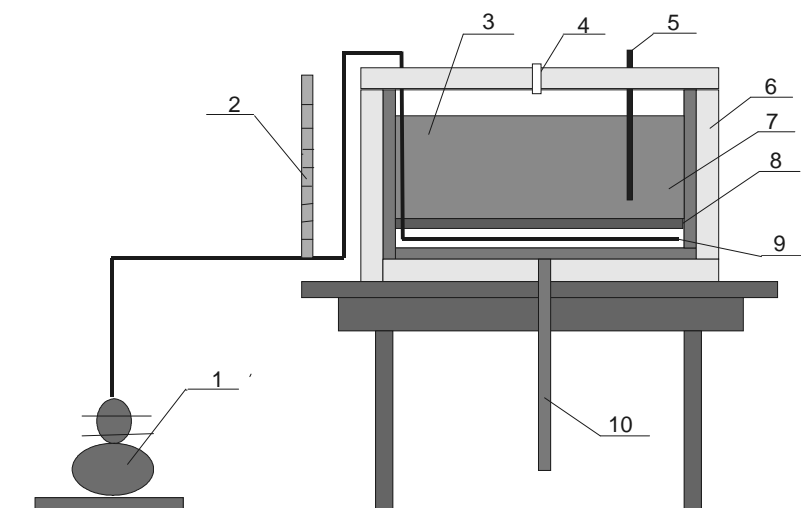
## Metodyka badań

Badania procesu kompostowania prowadzono w Katedrze Budownictwa i Geodezji. W tym celu skonstruowano stanowisko badawcze (rys. 1). Proces kompostowania prowadzono w komorze

o wymiarach w planie 30 × 50 cm i wysokości 40 cm. Komora wyposażona jest w instalację do napowietrzania złoża. Na przewodzie napowietrzającym zamontowano rotametr, pozwalający na regulację i odczyty objętości powietrza doprowadzanego do złoża. W dolnej części komory usytuowano spust odcieku.

Aby zabezpieczyć złożę przed wychładzaniem, komorę wyposażono w izolację termiczną, którą stanowił styropian o grubości 80 mm. W stropie komory znajduje się otwór, umożliwiający odprowadzenie gazów procesowych.

Analizując parametry fizykochemiczne osadów ściekowych, musimy stwierdzić, że nie są one substancją, która może być intensywnie kompostowana samodzielnie. Aby proces kompostowania mógł zachodzić w sposób sprawny, niezbędne jest spełnienie pewnych warunków. Mianowicie stosu-



RYSUNEK 1. Schemat stanowiska do badań procesu kompostowania: 1 – sprężarka, 2 – rotametr, 3 – komora kompostowa, 4 – odpowietrzenie, 5 – termometr, 6 – termoizolacja, 7 – masa kompostowa, 8 – ruszt podtrzymujący, 9 – ruszt napowietrzający, 10 – odpływ odcieku

FIGURE 1. Scheme of test bed: 1 – compressor, 2 – rotameter, 3 – compost chamber, 4 – deaeration, 5 – thermometer, 6 – thermoizolacja, 7 – bed of compost, 8 – hold grid, 9 – aeration grid, 10 – outflow

nek C/N powinien wynosić 20–30/1, C/P około 100/1 (Bień 1999, Krzywy 2000). Optymalna wilgotność kompostowanego złoza powinna wynosić 40–60% (Baran i Turski 1999, Siuta i Wasiak 2000). Odczyn masy kompostowej powinien być zbliżony do obojętnego. Aby móc spełnić te wymagania, niezbędne jest mieszanie osadów ściekowych z materiałem strukturalnym. Możemy wówczas zbilansować składniki, uzyskać właściwą wilgotność oraz porowatą strukturę złoza (Jeris i Regan 1973, Kaiser 1996). W badaniach, jako materiał strukturalny, użyto słomy. Parametry fizykochemiczne substratów użytych w złożu kompostowym przedstawiono w tabeli 1.

Jak widać z powyższej tabeli zawartość azotu i fosforu w słomie jest mała, obserwujemy natomiast dużą zawartość potasu. Zawartość tych pierwiastków kształtuje się odwrotnie w przypadku osadu ściekowego.

### **Badania pilotażowe**

W badaniach pilotażowych koncentrowano się na określeniu wpływu zagęszczenia masy kompostowej oraz objętości doprowadzanego powietrza do złoza na uzyskiwaną temperaturę, która jest wymiernym wskaźnikiem intensywności zachodzących procesów biochemicznych. W pierwszych próbach ustalono dopływ stałej objętości powietrza do złoza, która wynosiła 40 dm<sup>3</sup>/h, natomiast zmieniano zagęszczenie złoza w zakresie od 100 do 450 kg/m<sup>3</sup>, ze stopniowaniem co 50 kg/m<sup>3</sup>. Zwracano przy tym uwagę, aby zagęszczenie złoza było w miarę możliwości równomierne,

aby zapobiec powstawaniu stref intensywnego przepływu powietrza, co prowadzi do spadku temperatury i wilgotności w tych miejscach, a także do tworzenia się skupisk anaerobowych. Ustalono zagęszczenie, przy którym uzyskiwano najwyższą temperaturę, stawało się zagęszczeniem wyjściowym przy określaniu wpływu ilości doprowadzanego powietrza na intensywność procesu kompostowania. Przy stałym zagęszczeniu w poszczególnych próbach zmieniano objętość doprowadzanego powietrza w zakresie od 0 do 70 dm<sup>3</sup>/h ze stopniowaniem co 10 dm<sup>3</sup>/h, co w przeliczeniu na jednostkę powierzchni przegrody kształtuje się w zakresie od 0 do 0,47 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

### **Badania główne**

Badania główne koncentrowały się na ustaleniu wpływu wilgotności złoza na przebieg procesu oraz czasu intensywnego kompostowania w komorze. Wykonywano także oznaczenia takich parametrów, jak: wilgotność, zawartość suchej masy i suchej masy organicznej, pH, zawartość fosforu, węgla, azotu oraz temperatury.

Zbyt długie przetrzymywanie wsadu w komorze kompostowej jest niekorzystne ze względów ekonomicznych. Niezbędne jest zatem dodatkowe przetrzymywanie masy kompostowej w warunkach zbliżonych do naturalnych, tzw. dojrzewanie kompostu. Następowo (co kilka dni) przerzucano złoże w celu jego napowietrzania oraz ujednorodnienia składu w całej objętości. Po trzymiesięcznym okresie kompost został

TABELA 1. Charakterystyka substratów użytych do badań kompostowania  
 TABLE 1. Substrat characteristic used in composting research

| Substraty stanowiące masę kompostową<br>Substrat used in composting research |                                     | Wskaźnik / Index  |   |         |  |   |                             |   |                              |           |
|--|-------------------------------------|---|---|---------|--|---|-----------------------------|---|------------------------------|-----------|
|  |                                     | BZT <sub>5</sub><br>BOD <sub>5</sub><br>[mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ] | ChZT<br>COD <sub>5</sub><br>[mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ] | pH      | Wilgotność<br>Humidity<br>[% H <sub>2</sub> O] | Sucha masa organiczna<br>Organic dry matter<br>[% s.m.] | N <sub>og</sub><br>[% s.m.] | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>[% s.m.] | K <sub>2</sub> O<br>[% s.m.] | C/N       |
| Słoma<br>Straw   | zakres zmienności<br>lability range | –   | –   | –       | 14,3–16,7                                      | 94,1–95,5   | 0,51–0,62                   | 0,26–0,31                                 | 1,3–1,8                      | 84–95/1   |
|  | wartość średnia<br>average value    | –   | –   | –       | 14,9   | 95,1  | 0,54                        | 0,29                                      | 1,56                         | 90/1      |
| Osad<br>Sediment<br>of sewage  | zakres zmienności<br>lability range | 11 990–<br>–12 576  | 14 120–<br>–15 534  | 7,0–7,5 | 82,8–89,5                                      | 68,2–74,8   | 2,8–4,8                     | 1,1–2,2                                   | 0,09–0,22                    | 10/1–14/1 |
|  | wartość średnia<br>average value    | 12 283  | 14 827  | 7,25    | 84,9   | 70,6  | 3,2                         | 1,6                                       | 0,15                         | 13/1      |

poddany badaniom jakościowym. Dokonano oznaczeń zawartości w kompozycji substancji nawozowych. Przeprowadzono również badania zawartości metali ciężkich oraz badania bakteriologiczne. Badania bakteriologiczne polegały na oznaczeniu obecności bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Sallmonella* sp. oraz określeniu ilości żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp. *Trichuris* sp., *Toxocara* sp., czyli określeniu tzw. wskaźnika ATT. Badania zostały przeprowadzone w Instytucie Ochrony Środowiska. Oznaczenia poszczególnych parametrów były wykonywane zgodnie z obowiązującą metodą w tym zakresie.

## Wyniki badań

**Wyniki pilotażowych badań kompostowania.** W pierwszej kolejności badano wpływ zagęszczenia złoza kompostowego na uzyskiwaną temperaturę. Parametry fizykochemiczne materiału wsadowego są do siebie zbliżone, dlatego o uzyskiwanej temperaturze decyduje głównie zagęszczenie złoza. Uzyskane w poszczególnych próbach wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Jak widać z powyższej tabeli zagęszczenie miało znaczący wpływ na obserwowaną temperaturę. W przeprowadzonych próbach proces kompostowania przebiegał mało intensywnie, gdyż nie udało się uzyskać właściwej temperatury, która zapewniłaby pasteryzację materiału. W pryzmie pojawiła się pleśń, grzyby i trawa, co świadczy o niedostatecznym wyjałowieniu złoza. Badania te pozwoliły jednak określić, przy jakim zagęszczeniu notowano naj-

wyższą temperaturę. Najwyższą temperaturę maksymalną (44°C) oraz średnią (35,4°C) uzyskano w próbie nr 6 dla zagęszczenia złoza 350 kg/m<sup>3</sup>. W związku z tym przyjęto wstępnie takie zagęszczenie do dalszych badań.

Następnie badano wpływ objętości dostarczanego powietrza na intensywność procesów kompostowania. Badania wpływu napowietrzania na proces kompostowania przedstawiono w tabeli 3.

Najwyższą temperaturę średnią oraz temperaturę maksymalną w złożu notowano przy ilości dostarczanego powietrza w granicach 20–40 dm<sup>3</sup>/h. Przeprowadzone badania pilotażowe pozwoliły na wstępne określenie zagęszczenia złoza kompostowego oraz określenie ilości powietrza doprowadzanego do złoza. Według wyliczeń własnych określono objętość doprowadzanego powietrza do złoza na poziomie 8,5 dm<sup>3</sup> (kg s.m.h). Korzystając z powyższego wskaźnika do dalszych badań kompostowania przy wilgotności około 50% przyjęto ilość doprowadzanego powietrza na poziomie 40, 50, 60 dm<sup>3</sup>/h, co daje intensywność napowietrzania odniesioną do powierzchni przegrody odpowiednio 0,27, 0,33, 0,40 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>·h. Zagęszczenie złoza przyjęto na poziomie 300 kg/m<sup>3</sup>.

**Wyniki głównych badań kompostowania.** W tabeli 4 przedstawiono wyniki badań kompostowania przy średnim uwilgotnieniu złoza w granicach 49,2–53,1% (zgodnym ze wskaźnikami literaturowymi). Osad użyty do kompostowania charakteryzował się uwodnieniem około 85%, wilgotność słomy użytej do badań wynosi 14,3–16,7% przy średniej 14,9%. Aby uzyskać wymaganą wilgotność złoza, należy

TABELA 2. Wyniki pilotażowych badań kompostowania (ilość doprowadzanego powietrza – stała)

TABLE 2. Results of composting research (air quantity – idem)

| Numer próby<br>Test number | Parametr / Parameter                            |  |                                     |                                   |                                     |                                   |                                     |                                   |   |                                   |
|----------------------------|---|--|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
|                            | Zagęszczenie<br>Density<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Ilość doprowadzonego powietrza<br>Air quantity<br>[dm <sup>3</sup> /h] | Temperatura<br>Temperature<br>[°C]  |                                   | Wilgotność<br>Humidity<br>[%]       |                                   | Sucha masa<br>Dry matter<br>[%]     |                                   | Sucha masa organiczna<br>Organic dry matter<br>[% s.m.] |                                   |
|                            |   |  | zakres zmienności<br>lability range | wartości średnie<br>average value | zakres zmienności<br>lability range | wartości średnie<br>average value | zakres zmienności<br>lability range | wartości średnie<br>average value | zakres zmienności<br>lability range                     | wartości średnie<br>average value |
| Nr 1                       | 100   | 40   | 20–25                               | 23,0                              | 70–74                               | 71,9                              | 26–30                               | 28,1                              | 79,8–80,9   | 80,2                              |
| Nr 2                       | 150   | 40   | 20–28                               | 24,5                              | 71,4–74,8                           | 73,0                              | 25,2–28,6                           | 27,1                              | 79–82   | 80,8                              |
| Nr 3                       | 200   | 40   | 20–33                               | 28,3                              | 70,2–73,5                           | 72,1                              | 26,5–29,8                           | 27,9                              | 68,5–78   | 73,0                              |
| Nr 4                       | 250   | 40   | 20–39                               | 30,8                              | 69,5–76,2                           | 71,9                              | 23,8–30,5                           | 28,1                              | 72,5–76,5   | 74,4                              |
| Nr 5                       | 300   | 40   | 20–43                               | 34,1                              | 71,3–75,4                           | 73,40                             | 24,6–28,7                           | 26,7                              | 75,8–81   | 77,3                              |
| Nr 6                       | 350   | 40   | 20–44                               | 35,4                              | 72,8–76,5                           | 74,7                              | 23,5–27,2                           | 25,3                              | 69,3–80,7   | 76,2                              |
| Nr 7                       | 400   | 40   | 20–39                               | 34,0                              | 73,2–77,1                           | 75,2                              | 22,9–26,8                           | 24,8                              | 81,5–85   | 82,7                              |
| Nr 8                       | 450   | 40   | 20–35                               | 30,8                              | 76–78,8                             | 78,0                              | 21,2–24                             | 22,0                              | 80–83,2   | 81,6                              |

TABELA 3. Wyniki pilotażowych badań kompostowania (zagęszczenie złoża – stałe)

TABLE 3. Results of composting research (bed concentration – idem)

| Numer próby<br>Test number | Parametr / Parameter                            |  |                                     |                                   |                                     |                                   |                                     |                                   |   |                                   |
|----------------------------|---|--|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
|                            | Zagęszczenie<br>Density<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Ilość doprowadzonego powietrza<br>Air quantity<br>[dm <sup>3</sup> /h] | Temperatura<br>Temperature<br>[°C]  |                                   | Wilgotność<br>Humidity<br>[%]       |                                   | Sucha masa<br>Dry matter<br>[%]     |                                   | Sucha masa organiczna<br>Organic dry matter<br>[% s.m.] |                                   |
|                            |   |  | zakres zmienności<br>lability range | wartości średnie<br>average value | zakres zmienności<br>lability range | wartości średnie<br>average value | zakres zmienności<br>lability range | wartości średnie<br>average value | zakres zmienności<br>lability range                     | wartości średnie<br>average value |
| 1                          | 350   | 0  | 20–33                               | 30,3                              | 70,0–73,3                           | 71,8                              | 26,6–30,0                           | 28,2                              | 68,8–79,6   | 73,6                              |
| 2                          | 350   | 10   | 20–37                               | 31,5                              | 75,1–78,2                           | 78,1                              | 21,8–24,9                           | 22,9                              | 77,3–83,0   | 80,1                              |
| 3                          | 350   | 20   | 20–45                               | 36,3                              | 77,1–82,2                           | 79,9                              | 17,8–22,9                           | 20,1                              | 71,1–79,4   | 75,2                              |
| 4                          | 350   | 30   | 20–45                               | 35                                | 68,2–71,3                           | 69,8                              | 28,7–31,8                           | 30,2                              | 74,9–84,2   | 78,7                              |
| 5                          | 350   | 40   | 20–46                               | 35                                | 74,1–77,2                           | 75,9                              | 22,8–25,9                           | 24,1                              | 71,0–81,0   | 74,6                              |
| 6                          | 350   | 50   | 20–40                               | 31,80                             | 71,0–78,2                           | 75,4                              | 21,8–29,0                           | 24,6                              | 65,4–74,6   | 69,5                              |
| 7                          | 350   | 60   | 20–35                               | 29,4                              | 63,0–71,8                           | 67,6                              | 28,2–37                             | 32,4                              | 72,0–82,2   | 77,1                              |
| 8                          | 350   | 70   | 20–34                               | 28,3                              | 65,2–74,2                           | 70,0                              | 25,8–34,8                           | 30,0                              | 67,3–79,3   | 72,8                              |

użyć około 1 kg słomy na 1 dm<sup>3</sup> osadu przy założonym powyżej uwodnieniu.

Takie proporcje substratów, mimo uzyskania właściwego uwilgotnienia nie wpłynęły na intensyfikację procesów kompostowania, przeciwnie proces kompostowania przebiegał niewłaściwie, o czym świadczy niska średnia temperatura w złożu nieprzekraczająca 30°C (próby nr 1, 2, 3). Przyczyną złego przebiegu procesu są niewłaściwe stosunki C/N oraz C/P w złożu, które wynoszą odpowiednio 49:1 i 238 : 1. Aby uzyskać wilgotność w złożu w granicach 50% oraz zachować stosunki C/N oraz C/P zgodne z zaleceniami literaturowymi, osad ściekowy powinien być odwadniany mechanicznie do poziomu około 30% suchej masy. Przy takim stopniu uwodnienia osadu proces kompostowania przebiegał prawidłowo, o czym świadczy wysoka temperatura uzyskiwana w złożu. Najwyższą temperaturę średnią w złożu zaobserwowano w próbie nr 5, temperatura maksymalna wyniosła 61°C przy wartości średniej 43,4°C.

Ustalono czas przetrzymywania masy w komorze na 7 dni. Maksymalna temperatura była osiągana z reguły w pierwszej lub drugiej dobie po załadowaniu złoża. Po tygodniu zbliżała się do temperatury otoczenia.

Po intensywnym kompostowaniu w komorze kompost ulegał dojrzewaniu na placu pryzmowym. Intensywne kompostowanie w komorze pozwala na skrócenie czasu dojrzewania kompostu na placu pryzmowym do około 3 miesięcy.

Aby ocenić przebieg procesu kompostowania oraz jakość otrzymanego kompostu, zostały przeprowadzone ana-

lizy fizykochemiczne i sanitarne. Wyniki podstawowych parametrów fizycznych oraz zawartość substancji nawozowych przedstawiono w tabeli 5, zawartość metali ciężkich w uzyskanym kompoście – w tabeli 6, a wyniki badań bakteriologicznych oraz mikroskopowych w zakresie helmintofauny – w tabeli 7.

### **Podsumowanie i wnioski**

Przedstawione w tabelach 5–7 badania gotowego kompostu świadczą o możliwości jego rolniczego wykorzystania. Uzyskany kompost posiada wysoką wartość nawozową, o czym świadczy duża zawartość składników NPK. Powyższe parametry pozwalają zaliczyć uzyskany kompost do klasy pierwszej i drugiej (wg BN-89/9103-09), w zależności od wskaźnika. W uzyskanym kompoście występują bardzo małe stężenia metali ciężkich. Związane jest to z ograniczonym przemysłem na obszarach wiejskich. Istotne znaczenie ma również koncentracja pierwiastków śladowych w glebie przeznaczony do nawożenia i w glebie po nawożeniu. Rozporządzenie (9), w sprawie komunalnych osadów ściekowych, określa maksymalną zawartość metali ciężkich w wierzchniej (0–25 cm) warstwie gruntu, na którym osady ściekowe mają być stosowane. Zapis w rozporządzeniu nie jest precyzyjny, bo nie określa, czy podane wskaźniki dotyczą tylko osadów ściekowych, czy również kompostów otrzymanych z wykorzystaniem osadów. Uzyskany podczas badań kompost charakteryzuje się bardzo małą zawartością metali ciężkich. Dla poszczególnych





TABELA 4. Wyniki badań masy kompostowej  
TABLE 4. Results of composting material

| Parametr<br>Parameter  | Numer próby / Test number           |            |            |            |            |            |            |
|--|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|  | Nr / No 1                           | Nr / No 2  | Nr / No 3  | Nr / No 4  | Nr / No 5  | Nr / N 6   |            |
| Zagęszczenie<br>Density [kg/m <sup>3</sup> ]                           | 300                                 | 300        | 300        | 300        | 300        | 300        |            |
| Objętość doprowadzanego powietrza<br>Air quantity [dm <sup>3</sup> /h] | 40                                  | 50         | 60         | 40         | 50         | 60         |            |
| Temperatura<br>Temperature [°C]  | zakres zmienności / lability range  | 20–32      | 20–30      | 20–30      | 20–62      | 20–61      | 20–56      |
|  | wartości średnie<br>average value   | 27,0       | 25,5       | 25,0       | 42,0       | 43,4       | 40,8       |
| Wilgotność<br>Humidity [%]   | zakres zmienności / lability range  | 52,1–54,0  | 50,9– 52,2 | 51,3–52,9  | 47,6– 54,2 | 49,8– 55,2 | 47,2– 51,8 |
|  | wartości średnie / average value    | 53,1       | 51,7       | 52,2       | 50,1       | 52,3       | 49,2       |
| Sucha masa<br>Dry matter [mg/dm <sup>3</sup> ]                         | zakres zmienności / lability range  | 46,0– 47,9 | 47,8– 49,1 | 47,1– 48,4 | 45,8– 52,4 | 44,8–50,2  | 48,2– 52,8 |
|  | wartości średnie / average value    | 46,9       | 48,3       | 47,8       | 49,9       | 47,7       | 50,8       |
| Sucha masa org. / Org. dry matter [% s.m.]                             | zakres zmienności<br>lability range | 91,7– 92,2 | 89,8– 90,6 | 91,0– 92,4 | 75,8–78,4  | 74,0–76,5  | 73,9– 77,8 |
|  | wartości średnie / average value    | 91,9       | 90,2       | 91,8       | 77,0       | 75,2       | 76,2       |
| pH   | 7,5                                 | 7,5        | 7,5        | 7,5        | 7,5        | 7,5        |            |
| C/N  | 49:1                                | 49:1       | 49:1       | 28:1       | 28:1       | 28:1       |            |
| C/P  | 238:1                               | 238:1      | 238:1      | 105:1      | 105:1      | 105:1      |            |

TABELA 5. Charakterystyka fizykochemiczna uzyskanego kompostu  
TABLE 5. Physical and chemical characteristic of compost

| Parametr<br>Parameter                           | Jednostka<br>Unit | Zawartość w kompoście<br>Contents in compost | Wartości graniczne / Top limit według / by BN-89/9103-09 |         |         |
|---|-------------------|--|--|---------|---------|
|   |                   |  | I  | II      | III     |
| Odczyn / Reaction                               | pH                | 7,7  | 6,5–8,0  | 6,5–8,0 | 6,0–9,0 |
| Wilgotność / Humidity                           | %                 | 31   | 25–40  | 25–40   | 50      |
| Sucha masa / Dry matter                         | g /kg s.m.        | 690  | 60–75  | 60–75   | 50      |
| Sucha masa organiczna / Organic dry matter      | % s.m.            | 32,8   | 40   | 30      | 20      |
| Ogólny węgiel organiczny / Total organic carbon | % s.m.            | 13,3   | 18   | 13      | 8       |
| Azot ogólny / Total nitrogen                    | % s.m.            | 0,65   | 0,6  | 0,6     | 0,3     |
| Fosfor ogólny / Total phosphorus                | % s.m.            | 0,45   | 0,6  | 0,4     | 0,3     |
| Potas / Potassium                               | % s.m.            | 0,36   | 0,2  | 0,1     | 0,1     |
| Magnez / Magnesium                              | % s.m.            | 1,2  | –  | –       | –       |
| Wapń / Calcium                                  | % s.m.            | 3,5  | –  | –       | –       |



TABELA 6. Zawartość metali ciężkich w uzyskanym kompoście  
TABLE 6. Quantity of heavy metals in compost

| Metale ciężkie<br>Heavy metal | Jednostka<br>Unit | Zawartość<br>w kompoście<br>Contents<br>in compost | Wartości graniczne / Top limit<br>według / by BN-89/9103-09 |      |      |
|-------------------------------|-------------------|--|---|------|------|
|                               |                   |  | I   | II   | III  |
| Kadm / Cadmium                | mg Cd / kg s.m.   | 2,2  | 5   | 15   | 25   |
| Chrom / Chromium              | mg Cr / kg s.m.   | 14,0   | 300   | 500  | 800  |
| Miedź / Copper                | mg Cu / kg s.m.   | 18,0   | 300   | 600  | 800  |
| Nikiel / Nickel               | mg Ni / kg s.m.   | 12,0   | 100   | 200  | 200  |
| Ołów / Lead                   | mg Pb / kg s.m.   | 28,0   | 350   | 500  | 800  |
| Cynk / Zink                   | mg Zn / kg s.m.   | 106,1  | 1500  | 2500 | 2500 |
| Rtęć / Mercury                | mg Hg / kg s.m.   | 0,03   | 5   | 10   | 10   |

TABELA 7. Wyniki badań bakteriologicznych uzyskanego kompostu  
TABLE 7. Bacteriological study of compost

| Parametr<br>Parameter | Jednostka<br>Unit | Sztuk w 1 kg suchej masy<br>Stuck in 1 kg dry matter |
|-----------------------|-------------------|--|
| <i>Salmonella</i> sp. | szt. / 25g        | nie stwierdzono / not imperf                         |
| <i>Ascaris</i> sp.    | szt. / kg s.m.    | 0  |
| <i>Trichuris</i> sp.  | szt. / kg s.m.    | 0  |
| <i>Toxocara</i> sp.   | szt. /kg s.m.     | 0  |
| Wskaźnik ATT          | -                 | 0  |

metali zawartość ich w kompoście jest 10–20-krotnie mniejsza od wartości dopuszczalnych (tab. 6.)

W badanym kompoście nie stwierdzono skażenia bakteriologicznego, które mogłoby wykluczać możliwość jego rolniczego wykorzystania. Podczas badań nie wykryto bakterii z rodzaju *Salmonella*. Nie wyizolowano również żywych jaj pasożytów jelitowych *Ascaris* sp., *Trichuris* sp., *Toxocara* sp.

Przeprowadzone badania kompostowania osadów ściekowych pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Dostępność terenu oraz materiału strukturalnego powoduje, że kompostowanie jest technologią szczególnie wskazaną na obszarach wiejskich.

2. Zawartość metali ciężkich w osadach z komunalnych oczyszczalni ścieków jest z reguły bardzo mała.
3. Komunalne osady ściekowe charakteryzują się dużą zawartością substancji nawozowych, zwłaszcza azotu i fosforu.
4. Kompostowanie prowadzone właściwie pozwala na uzyskanie wysokiej temperatury prowadzącej do higienizacji złoza.
5. Uzyskany kompost może być bezpiecznie wprowadzany do obiegu przyrodniczego.

## Literatura

- BARAN S., TURSKI R. 1999: Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwiania odpadów. Wydawnictwo AR Lublin.

- BIEŃ J. i inni 1999: Gospodarka odpadami w oczyszczalniach ścieków. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
- JERIS J.S., REGAN R.W. 1973: Controlling environmental parameters for optimum composting. *I. Compst Sci.* 14: 10–15.
- KAISER J. 1996: Modelling composting as a microbial ecosystem: A simulation approach. *Ecol. Modell.* 91: 25–37.
- KRZYWY E. 2000: Nawożenie gleb i roślin. Wydawnictwo AR Szczecin.
- SIUTA J., WASIAK G. 2000: Kompostowanie odpadów i użytkowanie kompostu. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Dyrektywa 99/31/UE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów.
- Ustawa o odpadach, DzU nr 62, poz. 628 z dnia 27 kwietnia 2001 roku.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych, DzU nr 134, poz. 1140 z dnia 1 sierpnia 2002 roku.

## Summary

**Waste utilization of sediment of sewage on urban areas by composting.** This article contains research of composting of sediment of sewage with straw. The compost from this research doesn't include too much heavy metals and is sanitarly safe. It characterizes high concentration fertilizer substance and can be used in agriculture or in land reclamation.

### Author's address:

Piotr Wichowski  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
Katedra Budownictwa i Geodezji  
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa  
Poland