

## COMPOSTING OF BRIQUETTED TOBACCO DUST

### Summary

*This study undertook investigations on the elaboration and determination of the utilization efficiency of briquetted tobacco dust in the composting process using mature compost (with municipal sewage sludge and wheat straw) and fresh municipal aerobic sewage sludge. The objective of performed investigations was to ascertain possibilities of obtain of a stable compost intended for non-industrial purposes and to check up on rate of biodegradation of briquetted tobacco dust characterized by exceptional hardness. The experiment comprised two compost piles and was conducted for five months. The performed studies indicated, that composting of tobacco waste with mature compost and sewage sludge in estimated C:N ratio is advisable alternative of this waste management to till now using methods.*

## KOMPOSTOWANIE BRYKIETOWANEGO PYŁU TYTONIOWEGO

### Streszczenie

*W pracy przedstawiono wyniki badań nad efektywnością zagospodarowania zbrykietowanego pyłu tytoniowego w procesie kompostowania z dojrzałym kompostem (z komunalnego osadu ściekowego i słomy pszennej) i świeżym osadem czynnym po stabilizacji tlenowej. Celem badań było określenie możliwości uzyskania stabilnego kompostu z przeznaczeniem na cele nieprzemysłowe oraz sprawdzenie tempa rozkładu zbrykietowanego pyłu tytoniowego charakteryzującego się bardzo dużą twardością. Doświadczenie obejmowało dwie pryzmy kompostowe i prowadzone było przez pięć miesięcy. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż proces kompostowania odpadu tytoniowego z dojrzałym kompostem i osadem ściekowym w przyjętych proporcjach stosunku C:N stanowi korzystną alternatywę zagospodarowania tego odpadu w stosunku do dotychczas stosowanych metod.*

### Wstęp

Do grupy uciążliwych odpadów przemysłowych należą m.in. odpady tytoniowe, powstałe w różnych procesach ciągu produkcyjnego, którego finalnym produktem są papierosy. Odpady te mają różną konsystencję – zależnie od miejsc ich powstawania w układzie technologicznym produkcji papierosów. W Polsce istnieje kilka fabryk papierosów i to zarówno w aspekcie tzw. produkcji kompleksowej (tytoń i papierosy) oraz w aspekcie rozdzielnym (oddzielna produkcja tzw. tytoniu przemysłowego a potem jego dostarczenie do fabryki papierosów). We wszystkich zakładach tego typu istnieje problem zagospodarowania pyłów tytoniowych. Dlatego zakłady tytoniowe wprowadziły proces brykietowania pyłów tytoniowych zmniejszając w ten sposób objętość powstających odpadów [1]. Rozwiązanie jednego problemu nastęczyło niestety drugi a mianowicie problem biodegradacji zbrykietowanej formy pyłu tytoniowego charakteryzującego się bardzo dużą twardością. W związku z tym podjęto się próby opracowania technologii kompostowania brykiety tytoniowego z dodatkiem gotowego kompostu złożonego z osadu ściekowego i słomy pszennej oraz z dodatkiem świeżego czynnego osadu ściekowego z otwartej komory fermentacyjnej oczyszczalni ścieków w Kruszwicy. Dodatek świeżego czynnego osadu ściekowego miał na celu wzbogacenie kompostu o mikroorganizmy zawarte w tym odpadzie, gdyż jak wynika z przeglądu literatury [2] odpady tytoniowe poddawane kompostowaniu są powoli zasiedlane przez mikroorganizmy. Dlatego też podjęto próbę zaktywizowania tego procesu przez wprowadze-

nie aktywnych drobnoustrojów w świeżym prawidłowo pracującym osadzie czynnym.

### Materiał i metody

Materiał doświadczalny w badaniach stanowił zbrykietowany odpad tytoniowy o bardzo dużej twardości pochodzący z jednego z wielkopolskich zakładów przemysłu tytoniowego (nazwa zastrzeżona przez zakład), dojrzały kompost (z osadu ściekowego i słomy, kompostowany na terenie oczyszczalni ścieków w Kruszwicy na potrzeby własne oczyszczalni), komunalny osad ściekowy z oczyszczalni ścieków w Kruszwicy oraz słoma pszena.

Na początku badań scharakteryzowano wybrane parametry fizyczno-chemiczne zastosowanych w badaniach odpadu tytoniowego, gotowego kompostu, czynnego osadu ściekowego i słomy (tab. 1).

### Cel pracy

Celem podjętych badań było określenie możliwości zagospodarowania zbrykietowanego odpadu tytoniowego w procesie kompostowania metodą tlenową z dodatkiem dojrzałego kompostu z osadu ściekowego i słomy oraz z dodatkiem świeżego osadu czynnego po stabilizacji tlenowej. Założeniem pracy było określenie możliwości uzyskania stabilnego kompostu z przeznaczeniem na cele nieprzemysłowe oraz zbadanie tempa rozkładu zbrykietowanego pyłu tytoniowego. Dlatego też w okresie 180 dni prowadzenia badań w 2 wariantach pryzm, monitorowano m.in. zmiany

temperatury i wilgotności. Badano także zmiany zawartości ogólnych form C i N oraz stosunki tych makropierwiastków względem siebie. Określono również wpływ czasu kompostowania na zmiany zawartości jonów wapnia, magnezu, potasu i sodu w wyciągach wodnych z pryzm kompostowych. Ponieważ oznaczone w wyciągach pierwiastki  $\text{NH}_4^+$ , Na, K, Ca i Mg występowały w formie jonowej, dlatego dla określenia zmian w ilości rozpuszczonych pierwiastków, a przez to zmian ilościowych rozpuszczalnych substancji przeprowadzono pomiary przewodnictwa.

### Metodyka badań

Materiał badawczy stanowiły dwie pryzmy kompostowe zbrakietowanego odpadu tytoniowego z dojrzałym kompostem z osadu ściekowego i słomy pszennej oraz ze świeżym

osadem czynnym. Badania zrealizowano na terenie oczyszczalni ścieków w Kruszwicy przez pół roku od 06.10 2005 do 06.04 2006. Teren pod pryzmy wyrównano, a następnie przykryto grubą warstwą słomy, aby zapobiec mieszanemu się badanemu materiału z glebą w czasie napowietrzeń (rozrzutnik). Wilgotność wyjściową pryzm ustalono w zakresie 73-74%. Zawartość wody w każdej z pryzm regulowano w razie strat wody spowodowanych parowaniem co 10 dni w oparciu o oznaczenie suchej masy oraz obserwację struktury wewnętrznej pryzmy. Materiał kompostowy wymieszano podczas formowania pryzm oraz napowietrzono dodatkowo dwukrotnie po 21 i 60 dobie procesu kompostowania.

Pryzmy skomponowano w oparciu o stosunki masowe, w przeliczeniu na ilość węgla i azotu wniesionych do masy kompostowej w każdym z jej komponentów.

Tab. 1. Wybrane parametry fizyczno-chemiczne zbrakietowanego pyłu tytoniowego, dojrzałego kompostu (z komunalnego osadu ściekowego i słomy pszennej), osadu ściekowego oraz słomy pszennej

*Tab. 1. Selected physic-chemical parameters of briquetted tobacco dust, mature compost (municipal sewage sludge and wheat straw), sewage sludge and wheat straw*

Parametr Parameter	Zbrakietowany pył tytoniowy Briquetted tobacco dust	Dojrzały kompost Mature compost	Osad ciekowy Sewage sludge	Słoma pszenna Wheat straw	
wilgotność [%] moisture	–	60,0±2,7	24,7±3,2	–	
materia organiczna [g/kg s.s.] organic matter [g/kg d.m.]	807,2±8,1	800,9±6,5	873,8±6,2	950,0±7,2	
węgiel organiczny [g/kg s.s.] organic carbon [g/kg d.m.]	372,0±5,6	260,5±9,8	320,5±6,1	398,0±3,6	
pH (H <sub>2</sub> O)	6,5±0,3	8,0±0,1	6,5±0,2	–	
pH (KCl)	5,7±0,2	7,5±0,3	5,9±0,1	–	
Zawartość makroskładników ogólnych Macrocomponents total content					
N	[g/kg s.s.] [g/kg d.m.]	16,9±0,11	19,2±0,54	51,8±0,66	3,9±0,07
P		6,0±0,10	25,2±0,43	16,2±0,25	–
K		2,4±0,51	12,8±0,25	10,8±0,13	23,1±0,03
Ca		10,0±0,02	84,3±0,65	24,2±0,31	–
Na		1,9±0,02	5,0±0,75	4,3±0,24	–
Mg		2,7±0,02	5,4±0,14	2,4±0,03	–

Wykonane pryzmy miały następujący skład objętościowy: **Pryzma I** brykiet tytoniowy (3m<sup>3</sup>) + dojrzały kompost z osadu ściekowego i słomy (6m<sup>3</sup>) + świeży osad ściekowy (2 m<sup>3</sup>)

**Pryzma II** brykiet tytoniowy (4 m<sup>3</sup>) + dojrzały kompost z osadu ściekowego i słomy (8m<sup>3</sup>) + świeży osad ściekowy (3 m<sup>3</sup>)

W trakcie prowadzenia doświadczenia pięciokrotnie pobrano próby z każdej z pryzm kompostowych tj.: w dniu założenia doświadczenia oraz po, 21, 60, 90 i 180 dobach.

Oznaczanie kationów NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, w wyciągach wodnych wykonywano metodą wysokociśnieniowej chromatografii cieczowej (HPLC) za pomocą chromatografu cieczowego Waters z detektorem UV. Stosowano kolumnę Transgenomic IC9ep CN2 (Merck) z prekolumną. Jako eluent stosowano 0,1 mM roztwór siarczanu ceru (III) ośmiowodnego. Kolumnę utrzymywano w temperaturze otoczenia. Oznaczenia prowadzono przy długości fali 254 nm. Ilość kationów obliczano na podstawie wysokości pików (pomiar i integracja komputerowa). W oznaczeniach stosowano mieszaninę standardów w postaci NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NaCl, KCl. Próby po przesączeniu przez filtr o porowatości 0,45 μm (Millipore) umieszczano na samplerze.

Przewodność w roztworach wodnych 1:10 oznaczono konduktometrem typ: CC -411 (Elmetron) [3, 4].

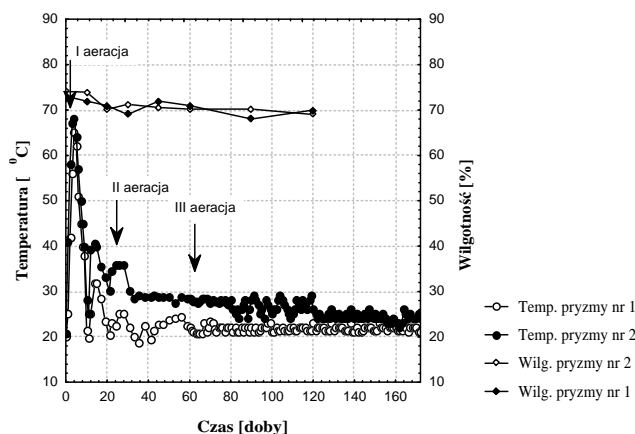
## Wyniki i dyskusja

### Wpływ czasu kompostowania na zmiany temperatury i wilgotności w pryzmach kompostowych

Dynamika zmian temperatury w kompostowanej masie jest najszybszym wskaźnikiem biochemicznych przemian substancji organicznej [5, 6]. Temperatura jako parametr wtórny będący wynikiem przemian biochemicznych, ma ważne znaczenie dla unieszkodliwienia mikroorganizmów chorobotwórczych, jakie mogą się znajdować w odpadach [7, 8]. Na skutek szybkiego rozkładu i mineralizacji związków organicznych w początkowej fazie kompostowania wyzwala się duże ilości energii cieplnej, w wyniku czego, materiał kompostowany zagrzewa się niezależnie od warunków zewnętrznych [9]. Wysoka temperatura utrzymuje się przez kilka dni, po czym stopniowo spada do temperatury otoczenia [10].

Przedstawione na wykresach wyniki wskazują, że proces kompostowania został zainicjowany w obydwu pryzmach kompostowych. W pryzmie pierwszej najwyższa temperatura wyniosła 65°C przy wilgotności 70,5% w siódmej dobie procesu, w pryzmie nr 2 uzyskano temperaturę 68°C przy wilgotności 73,5% po szóste dobie kompostowania (rys. 1). W pryzmach tych obserwowano zatem przebieg zarówno fazy mezo- jak i termofilnej. Temperatury w obu pryzmach nie różniły się istotnie od siebie biorąc pod uwagę cały okres kompostowania, oraz fakt zwiększonych objętości materiałów w drugiej pryzmie.

Zaobserwowano również pewną powtarzalność w pryzmach związaną z napowietrzaniem materiałów kompostowych. Zarówno drugie (po 21 dobach) jak i trzecie (po 60 dobach) napowietrzenie spowodowało zauważalne różnice w zmianach temperatury w obydwu pryzmach (rys. 1). Świadczy to o istotności odpowiedniego napowietrzenia i pośrednio wskazuje na rolę jaką odgrywa ten proces w inicjowaniu procesów mikrobiologicznych w czasie kompostowania.



Rys. 1. Zmiany temperatury w pryzmach kompostowych odpadu tytoniowego

Fig. 1. Temperature changes in tobacco waste composting piles

### Wpływ czasu kompostowania na zmiany stosunków C:N w pryzmach kompostowych

Dwa najważniejsze składniki decydujące o mikrobiologicznym rozkładzie odpadów, a zarazem najbardziej limitujące ten proces to węgiel i azot [11].

Konsekwencją zmian zawartości węgla i azotu było systematyczne zawężanie się stosunków C:N w kompostowanym materiale. W pryzmie nr 1 C:N zmalało z 15:1 do 12:1 na końcu kompostowania, natomiast w kompoście nr 2 C:N spadło z 15:1 do 11:1.

W literaturze powszechnie przyjmuje się, że wartość stosunku C:N około 15 wyraża stabilizację kompostowanej masy [11, 12].

Wyliczone wartości C:N wskazują, że wystarczający stopień dojrzałości uzyskały komposty już w 90 dniu trwania eksperymentu. Z przedstawionych wyżej badań wynika, że nieco większe zawężenie stosunku C:N nastąpiło w pryzmie nr 2, co w konsekwencji oznaczało uzyskanie bardziej zmineralizowanych kompostów. Natomiast pryzma nr 1 charakteryzowała się nieco mniejszym zawężeniem stosunku C:N dając w rezultacie kompost o większej zawartości materii organicznej.

### Zmiany zawartości jonów NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> i Mg<sup>+2</sup> w wyciągach wodnych z pryzm kompostowych w zależności od czasu kompostowania

Zmiany stężeń kationów NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup> i Ca<sup>+2</sup> w pryzmach odpadu tytoniowego wykazały, iż w badanym materiale zachodziły procesy prowadzące do zwiększenia ilości rozpuszczalnych form: azotu amonowego, potasu, sodu, magnezu i wapnia.

W kompostach tych stwierdzono statystycznie istotny (p<0,01) wzrost stężenia wszystkich badanych kationów (rys. 2 i 3).

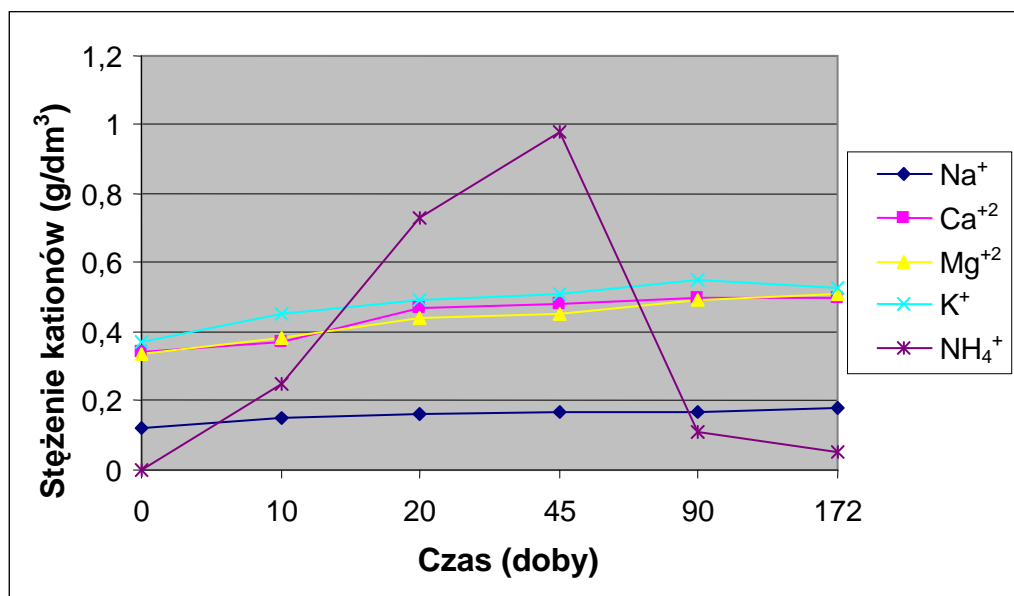
Najwyższe stężenie na końcu procesu kompostowania w pryzmie I zanotowano dla potasu; wyniosło ono 0,53 g·dm<sup>-3</sup> i był to wzrost o 100% w porównaniu z początkiem doświadczenia. Podobny wzrost stężenia zaobserwowano dla Ca<sup>+2</sup> i Mg<sup>+2</sup> a ich końcowe stężenia w wyciągach wodnych z pryzmy I nie przekraczało 0,51 g·dm<sup>-3</sup>, a dla sodu nawet 0,18 g·dm<sup>-3</sup>. Zmiany w stężeniu NH<sub>4</sub><sup>+</sup> w wyżej wspomnianej pryzmie zachodziły najintensywniej w pierwszych 45

dniach procesu kompostowania, a następnie uległy gwałtownemu spowolnieniu (rys. 2). Procesy mineralizacji obrazowane zmianami  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  i  $\text{Ca}^{+2}$  w przyzmię **II** wykazały, iż przebieg zmian zawartości  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  i  $\text{Na}^+$  wyglądał podobnie, to znaczy największe stężenie trzech wymienionych kationów uzyskano po 10 dobie kompostowania. Jednak końcowe stężenie  $\text{Ca}^{+2}$  i  $\text{Mg}^{+2}$  było wyższe ( $0,492 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$  dla wapnia i  $0,431 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$  dla magnezu). Natomiast końcowa zawartość sodu w przyzmię **II** nie przekroczyła  $0,16 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Najwyższe stężenie z pośród badanych kationów, w wyżej wspomnianej przyzmię zanotowano dla jonu  $\text{NH}_4^+$  i wyniosło ono  $1,094 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Podsumowując

końcowe stężenia sodu, wapnia i potasu w przyzmię **II** były porównywalne ( $p>0,12$ ) z ich stężeniami w przyzmię **I**.

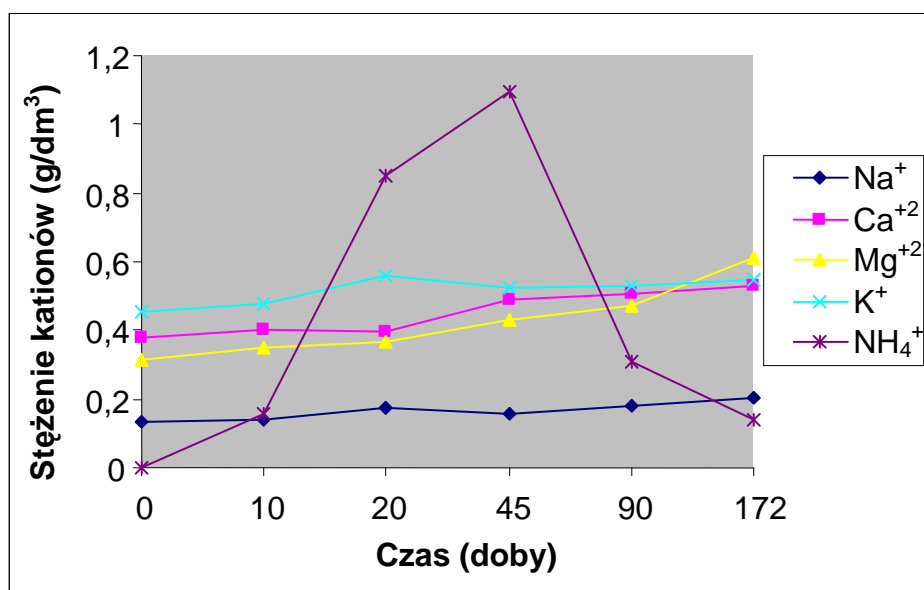
### Wpływ czasu kompostowania na zmiany przewodności w wyciągach wodnych z przyzmi kompostowych

Metoda pomiaru przewodności znajduje duże zastosowanie w analizie układów wieloskładnikowych, kontroli jakości wody na potrzeby gospodarce i w urządzeniach przetwarzających ścieki oraz w badaniach artykułów spożywczych (mleka, mięsa, octu winnego, miodu, osadów w cukrze itp.).



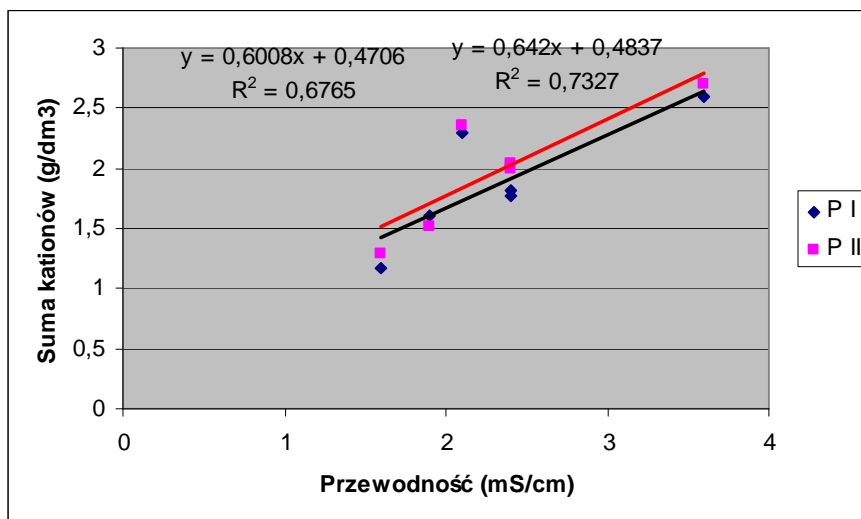
Rys. 2. Zmiany zawartości jonów  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  i  $\text{Mg}^{+2}$  w wyciągach wodnych z przyzmy kompostowej odpadu tytoniowego **I** w zależności od czasu kompostowania

Fig. 2. Changes of  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  ions content in water extracts from tobacco waste pile **I** in dependence on composting period



Rys. 3. Zmiany zawartości jonów  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  i  $\text{Mg}^{+2}$  w wyciągach wodnych z przyzmy kompostowej odpadu tytoniowego **II** w zależności od czasu kompostowania

Fig. 3. Changes of  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  ions content in water extracts from tobacco waste pile **II** in dependence on composting period



Rys. 4. Zależność pomiędzy przewodnością a sumą kationów w badanych kompostach  
Fig. 4. Conductivity and total cations relationship

Przewodność wody redestylowanej zastosowanej do sporządzenia wyciągów wodnych z kompostów wynosiła  $0,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

W wyciągach wodnych z pryzm kompostowych odpadu tytoniowego stwierdzono, największy wzrost przewodności dla pryzmy I do 45 doby procesu. Z początkowej wartości  $1,6 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  przewodnictwo wzrosło, w wyżej wspomnianej pryzmie do  $3,6 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , uzyskując w 45 doby kompostowania swoje maksimum. Natomiast w pryzmie II proces zmian przewodności właściwej zachodził skokowo, dwukrotnie wzrastając do wartości  $2,4 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  w 10-tej i 45-tej doby procesu. Maksymalną wartość przewodnictwa w tej pryzmie uzyskano na końcu procesu i była to wartość zbliżona do wartości maksymalnej uzyskanej w pryzmie I.

#### Zależność między sumą kationów a przewodnością w wyciągach wodnych z pryzm kompostowych w zależności od czasu kompostowania

Kolejnym krokiem, było określenie zależności pomiędzy sumą kationów (azotu amonowego, potasu, sodu, wapnia i magnezu), a przewodnością i wyznaczenie współczynników korelacji między badanymi parametrami. Następnie zbadano, czy wyznaczone współczynniki są istotne statystycznie, a na wykresie (rys. 4) przedstawiono zależność pomiędzy sumą kationów a przewodnością.

Stwierdzono, iż wszystkie wyznaczone współczynniki korelacji były statystycznie istotne na poziomie  $p=0,05$ . Oznacza to, iż pomiar przewodności można wykorzystać do potwierdzenia stopnia mineralizacji kompostowanych materiałów. Można również stwierdzić, że procesy mineralizacji w badanych pryzmach zachodziły intensywniej w pierwszym okresie kompostowania, gdy pryzmy były napowietrzane. Ponadto, wyznaczone modele liniowe nie różniły się od siebie istotnie ( $p>0,11$ ).

#### Literatura

[1] Piecuch T., Dąbrowski T., Harabin Z., Waluś J. Możliwość i celowość dodatku pyłów tytoniowych o wsadu w procesie kompostowania odpadów komunalnych.

Ochrona Powietrza i Problem odpadów 6, s. 200-212, 1997

- [2] Gostkowska K., Szwed A., Wyczółkowski A., Próba stosowania szczepionki na rozwój mikroorganizmów i niektóre właściwości chemiczne kompostu z odpadów tytoniowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 437, s. 159-165, 1996
- [3] Hury G., Kiepas – Kokot A. (2002) Wykorzystanie przewodnictwa właściwego do oceny przemian jakościowych w osadach ściekowych podczas kompostowania i wermikompostowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 484, s. 203-209
- [4] POL-EKO-APARATURA S.C. Materiały szkoleniowe: „Praktyczny pomiar przewodnictwa” s. 17-27
- [5] Drieux T. Le compostage á la ferme. Approche techniques et économique. Memoire de DAA, ENSAR., 1999
- [6] Mustin M. Le compost, gestion de la matiere organique. Edycja Francois Dubusc-Paris, 954, 1987
- [7] Tiquia S. M., Tam N. E Y., Hodgkiss I. J. Salmonella Elimination during Composting of Spent Pig Litter. Biore-source Technology 63, pp 193-196, 1998
- [8] Hassen A, Belguith K, Jedidi N, Cherif A, Cherif M, Boudabous A. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. Bioresour Technol 80, pp 217-225, 2001
- [9] Cibis E., Kent C. A., Krzywonos M., Garncarek Z., Garncarek B., Miśkiewicz T. Biodegradation of potato slops from a rural distillery by thermophilic aerobic bacteria. Bioresource Technology 85, pp 57-61, 2002
- [10] Blanc M., Marilley L., Beffa T., Aragno M. Thermophilic bacterial communities in hot composts as revealed by most probable number counts and molecular (16S rDNA) methods. FEMS Microb. Ecol., 28, pp 141-149, 1999
- [11] Iglesias-Jimenez E., Perez-Garcia V. Determination of maturity indices for city refuse compost. Agric., Ecosys. and Environ., 38, pp 331-343, 1992
- [12] Chanysak V., Kubota H. Carbon/organic nitrogen ratio in water extracts as measure of compost degradation. J. Ferment. Techn., 59(3), pp 215-219, 1981.