

APPLICATION OF CONDUCTIVITY MEASUREMENT TO MATURITY INDEX OF COMPOSTS FROM MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE ESTIMATION

Summary

Conductivity measurement method in water extracts from compost of aerobic municipal sewage sludge has been described. The experiment comprised of 2 variants of compost: aerobic municipal sewage sludge with straw and second variant with manure. The elements K^+ , Na^+ , Ca^{+2} and Mg^{+2} measured in the same water extracts were in ionic form therefore for estimation quantity changes of dissolved elements which results in quantity changes in dissolved substances, the conductivity measurement was applied in the studies. It means that water extracts from composts can be treated as water solutions of electrolytes which makes a specific kind of conductors.

ZASTOSOWANIE POMIARU PRZEWODNOŚCI DO OZNACZENIA INDEKSU DOJRZAŁOŚCI KOMPOSTU Z KOMUNALNEGO OSADU ŚCIEKOWEGO

Streszczenie

W pracy przedstawiono metodę pomiaru przewodności w wyciągach wodnych kompostów z komunalnego osadu tlenowego ze słomą pszenną i komunalnego osadu ściekowego z obornikiem. Ponieważ oznaczone w tych samych wyciągach wodnych pierwiastki: sód, potas, wapń i magnez występowały w formie jonowej, dlatego dla określenia zmian w ilości rozpuszczonych pierwiastków, a przez to zmian ilościowych rozpuszczalnych substancji, przeprowadzono pomiary przewodnictwa. Wyciągi wodne z kompostów można zatem traktować, jako wodne roztwory elektrolitów stanowiących specyficzny rodzaj przewodników.

1. Wstęp

W biologicznych procesach rozkładu różnego rodzaju odpadów zachodzi szereg fizyczno-chemicznych przemian złożonych związków organicznych, prowadzących do różnego poziomu ich mineralizacji. Poziom i intensywność procesów mineralizacji materii organicznej w kompostowanej masie można zbadać poprzez określenie zmiany stężenia związków nieorganicznych w wyciągach wodnych z kompostów.

Jeżeli mamy do czynienia z formą jonową pierwiastków w wyciągach wodnych to w celu określenia zmian w ilości rozpuszczonych pierwiastków, a przez to zmian ilościowych rozpuszczalnych substancji można przeprowadzić pomiary przewodności. Wyciągi wodne z kompostów można zatem traktować, jako wodne roztwory elektrolitów, stanowiących specyficzny rodzaj przewodnika.

Oprócz temperatury i ruchliwości jonów, jednym z ważniejszych czynników wpływających na przewodność jest stężenie badanego roztworu. Za transport ładunków w wodnych roztworach elektrolitów odpowiedzialne są jony. W związku z tym im jest ich więcej, tym lepszym przewodnikiem jest roztwór, a zatem przewodnictwo właściwe wzrasta ze wzrostem stężenia roztworu. Prawdopodobnie ta dotyczy jednak tylko niskich stężeń roztworów. Przy stosunkowo wysokich stężeniach maleje stopień dysocjacji i nie wszystkie cząsteczki wprowadzone do roztworu rozpadają się na jony. Ponadto wraz ze wzrostem stężenia jonów w roztworze rośnie jego siła jonowa oraz rośnie siła oddziaływań międzycząsteczkowych. W związku z tym przewodnictwo właściwe roztworu rośnie wraz ze wzrostem stężenia tylko do pewnej granicznej wartości, później wartość

przewodnictwa maleje mimo dalszego wzrostu stężenia. Poza tym przy pomiarach przewodnictwa należy zwrócić uwagę na fakt, że każdy rodzaj jonów znajdujących się w roztworze daje inny wkład w przewodnictwo. Dla przykładu, przewodnictwo w temperaturze 25°C 100 mg·dm⁻³ KNO₃ wynosi 120 μS·cm⁻¹, KCl 170 μS·cm⁻¹, a CaCl₂ – 220 μS·cm⁻¹. Ponadto przewodnictwo właściwe roztworów wodnych zależy również od temperatury, ponieważ zarówno ruchliwość jonów jak i stopień dysocjacji cząsteczek zmienia się wraz z temperaturą. W związku z tym ważne jest przeprowadzanie pomiarów w jednolitej temperaturze (20 lub 25°C), lub stosowanie do pomiarów elektrody z kompensacją temperatury.

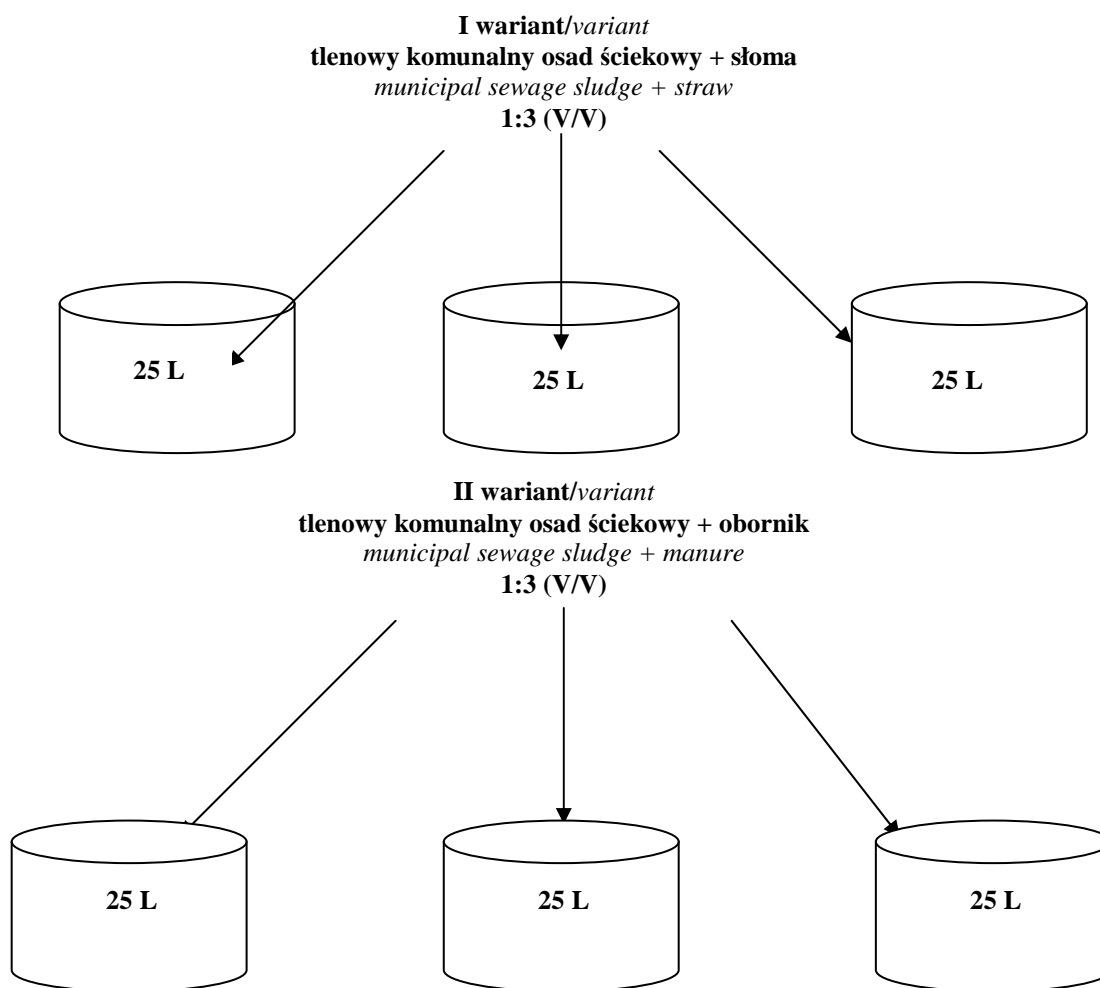
2. Materiały i metody

Materiał badawczy stanowiły dwa warianty kompostu z komunalnego osadu ściekowego: I – z dodatkiem słomy pszennej, II – z dodatkiem obornika. Osad ściekowy pochodził z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Koziegłwach.

2.1. Założenia metodyczne doświadczenia kompostowego

Do realizacji doświadczenia kompostowego przyjęto metodę tlenową z dodatkiem strukturotwórczych materiałów organicznych (słoma pszenna i obornik bydlęcy). Badania nad procesem kompostowania tlenowego komunalnego osadu ściekowego prowadzono w pojemnikach kompostowych – pojemności 25 litrów, przez trzy miesiące w klimatyzowanym pomieszczeniu w temperaturze 30°C.

2.2. Schemat doświadczenia, na którym realizowano badania



Rys. 4. Układ doświadczenia kompostowego
Fig. 4. Scheme of composting experiment

Pojemniki okryto specjalną hydrofobową tkaniną porowatą przepuszczalną dla powietrza, lecz nie przepuszczalną wilgoci z wnętrza pojemników. W ten sposób ograniczono parowanie wody i nadmierne przesuszanie kompostów. Wilgotność wyjściową kompostów ustalono w zakresie 57-65%. Zawartość wody w każdym z kompostów regulowano w razie strat wody spowodowanych parowaniem średnio co 10 dni w oparciu o oznaczenie suchej masy oraz obserwację struktury wewnętrznej kompostów. Materiał kompostowy wymieszano podczas zakładania kompostów oraz napowietrzono dodatkowo dwukrotnie po 10 i 20 dobie procesu kompostowania.

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

W trakcie prowadzenia doświadczenia sześciokrotnie pobrano próby z każdego z kompostów tj: w dniu założenia doświadczenia oraz po 10, 20, 45, 60, 90 dobach.

2.3. Oznaczanie potasu, sodu i wapnia w wyciągach wodnych z pryzm kompostowych metodą spektrometrii płomieniowej

Oznaczenia potasu, sodu i wapnia w wyciągach wodnych z kompostów wykonano za pomocą spektrofotometru płomieniowego Flapho 40 [6].

2.4. Oznaczanie magnezu w wyciągach wodnych z pryzm kompostowych metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA)

Oznaczenia ilości magnezu w wyciągach wodnych z kompostów dokonano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej, przy użyciu aparatu SpectrAA 250 Plus, firmy Varian, z deuterową korekcją tła [6].

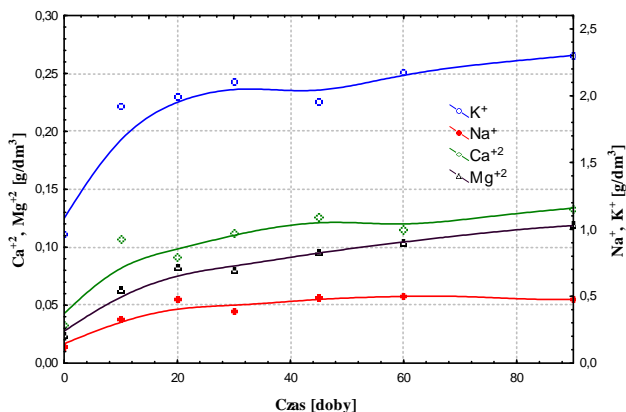
2.5. Oznaczanie przewodności w wyciągach wodnych z pryzm kompostowych

Przewodność w roztworach wodnych 1:10 oznaczono konduktometrem typ: OK -102/1 (Radelkis; Budapest) [6].

3. Wyniki i dyskusja

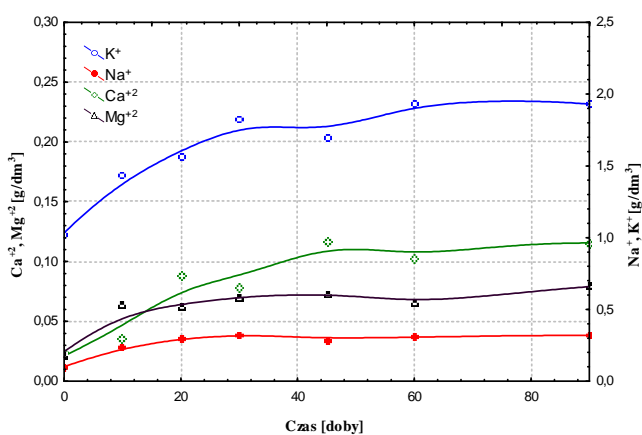
3.1. Zmiany zawartości jonów K^+ , Na^+ , Ca^{+2} i Mg^{+2} w wyciągach wodnych z kompostów w zależności od czasu kompostowania

W celu określenia intensywności procesu mineralizacji, z dwóch wariantów kompostów przygotowane zostały wyciągi wodne. Przebieg zmian, jakie miały miejsce w każdym z kompostów śledzono przez 90 dni w oparciu o wyniki uzyskane z sześciu terminów pobrania prób.



Rys. 1. Zmiany zawartości jonów potasu, sodu, wapnia i magnezu w wyciągach wodnych z kompostów komunalny osad ściekowy + obornik w zależności od czasu kompostowania

Fig. 1. Influence of composting duration over the changes of K, Na and Mg ions content in water extracts from municipal sewage sludge + manure compost



Rys. 2. Zmiany zawartości jonów potasu, sodu, wapnia i magnezu w wyciągach wodnych z kompostów komunalny osad ściekowy + słoma w zależności od czasu kompostowania

Fig. 2. Influence of composting duration over the changes of K, Na and Mg ions content in water extracts from municipal sewage sludge + straw compost

Zmiany stężeń kationów K^+ , Na^+ , Mg^{+2} i Ca^{+2} w kompostach komunalnego osadu ściekowego wykazały, iż w badanym materiale zachodziły procesy prowadzące do zwiększenia ilości rozpuszczalnych form potasu, sodu, magnezu i wapnia. Najintensywniejsze zmiany badanych kationów zachodziły w kompoście, do której jako strukturotwórczego materiału organicznego dodano obornik. W kompoście tym stwierdzono statystycznie istotny ($p < 0,01$) wzrost stężenia wszystkich badanych kationów (rys. 1). Najwyższe stężenie na końcu procesu w kompoście komunalny osad ściekowy + obornik zanotowano dla potasu; wyniosło ono $2,42 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ i był to wzrost o 100% w porównaniu z początkiem doświadczenia. Końcowe stężenie dla Ca^{+2} w wyciągach wodnych z kompostu komunalny osad ściekowy + obornik wyniosło $0,15 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$, dla magnezu $0,12 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ a dla sodu nawet $0,7 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$. Zmiany w stężeniach badanych kationów w wyżej wspomnianym kompoście

zachodziły najintensywniej w pierwszych 30 dniach procesu kompostowania, a następnie uległy spowolnieniu. Procesy mineralizacji obrazowane zmianami K^+ , Na^+ , Mg^{+2} i Ca^{+2} w kompoście komunalny osad ściekowy + słoma przebiegały także intensywnie, ale wolniej niż w kompoście z dodatkiem obornika. W kompoście komunalny osad ściekowy + słoma zmiany stężeń badanych kationów były również największe w pierwszych 30 dniach trwania procesu (rys. 1). Końcowe stężenia potasu, wapnia i magnezu w wyciągach wodnych z wyżej wymienionego kompostu były o 24% niższe niż w przypadku kompostu komunalnego osadu ściekowego z dodatkiem obornika.

Wzrost zawartości rozpuszczalnych form potasu, magnezu i wapnia zanotowano w procesie kompostowania obornika z dodatkiem słomy pszennej w badaniach Blanco i Almendrosa [1]. Po 60 dniach procesu kompostowania zanotowano wzrost o 80-90% zawartości badanych kationów. W badaniach Gonzalez-Vila i in. [3] obok zmian zawartości form ogólnych Mg i Ca w kompostach na bazie stałych odpadów komunalnych prowadzonych w okresie wiosennym, notowano również większe zmiany w zawartości rozpuszczalnych form tych pierwiastków (o 80-90%) w wyżej wymienionych przyzmacach, niż w kompostach z przełomu lata i jesieni. Autorzy nie stwierdzili natomiast istotnych zmian w zawartości rozpuszczalnych form potasu i sodu po 50 dniach trwania procesu, zarówno w kompostach z okresu wiosennego jak i letnio-jesiennego. Michel i Reddy [7] w swych badaniach z zastosowaniem reaktora z trzema różnymi przepływami powietrza (0,1; 1 i $10 \text{ mg O}_2\cdot\text{min}^{-1}$), przeprowadzili proces kompostowania odpadów komunalnych w stałej temperaturze 50°C . Na podstawie uzyskanych wyników wykazali, że większe zmiany rozpuszczalnych form K, Na, Mg i Ca (wzrost o około 70-80%) zanotowano w układzie z napowietrzaniem 1 i $10 \text{ mg O}_2\cdot\text{min}^{-1}$, w porównaniu do mas kompostowych napowietrzanych $0,1 \text{ mg O}_2\cdot\text{min}^{-1}$ i bez napowietrzania, gdzie nie zanotowano statystycznie istotnych różnic w zawartości K^+ , Na^+ , Ca^{+2} i Mg^{+2} na końcu procesu kompostowania. Ponieważ oznaczone w wyciągach wodnych pierwiastki sód, potas, wapń i magnez występowały w formie jonowej, dlatego dla określenia zmian w ilości rozpuszczonych pierwiastków, a przez to zmian ilościowych rozpuszczalnych substancji przeprowadzono pomiary przewodności. Wyciągi wodne z kompostów można zatem traktować, jako wodne roztwory elektrolitów stanowiących specyficzny rodzaj przewodnika.

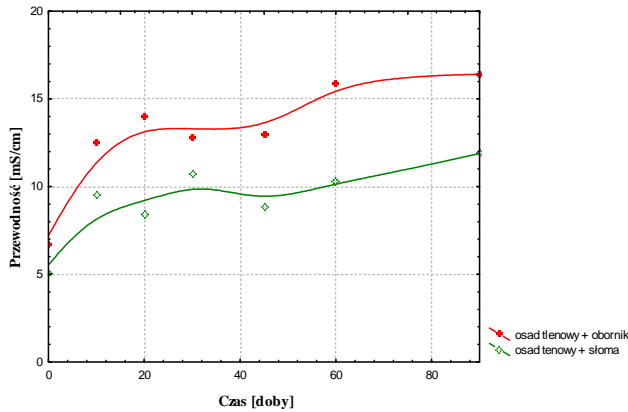
3.2. Wpływ czasu kompostowania na zmiany przewodności w wyciągach wodnych z kompostów

Metoda pomiaru przewodności znajduje duże zastosowanie w analizie układów wieloskładnikowych, kontroli jakości wody na potrzeby gospodarcze i w urządzeniach przetwarzających ścieki oraz w badaniach artykułów spożywczych (mleka, mięsa, octu winnego, miodu, osadów w cukrze itp.). W wyciągach wodnych z kompostów w czasie przebiegu biodegradacji mierzono przewodności, wyniki których przedstawiono na zamieszczonym powyżej wykresie (rys. 3). Przewodność wody redestylowanej zastosowanej do sporządzenia wyciągów wodnych z kompostów wynosiła $0,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Tab. 1. Zależność pomiędzy sumą kationów w $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ (K^+ , Na^+ , Ca^{+2} i Mg^{+2}) a przewodnością (mS/cm) w kompostach osadu tlenowego ze słomą oraz z obornikiem

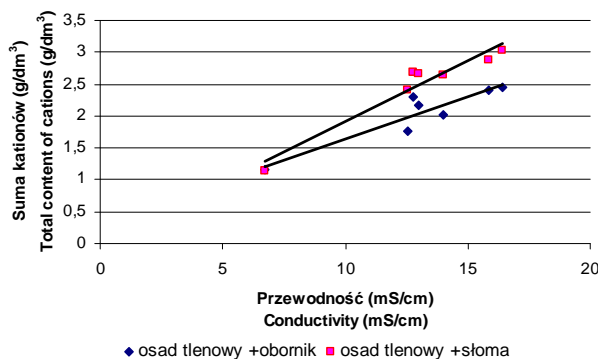
Table 1. Cations at g/dm^3 (K^+ , Na^+ , Ca^{+2} and Mg^{+2}) and conductivity correlation in composts of aerobic sewage sludge with straw and with manure

Materiał	Równanie	Współczynnik determinacji
Osad tlenowy + obornik	Suma kationów = $0,1903 \cdot [\text{przewodność}] + 0,011$	$R^2 = 0,86$
Osad tlenowy + słoma	Suma kationów = $0,1326 \cdot [\text{przewodność}] + 0,3061$	$R^2 = 0,93$



Rys. 3. Zmiany przewodności w wyciągach wodnych z kompostów komunalnego osadu ściekowego w zależności od czasu kompostowania

Fig. 3. Influence of composting duration over the changes of conductivity in water extracts from composts of municipal sewage sludge



Rys. 4. Krzywa korelacji zależności pomiędzy sumą kationów a przewodnością dla kompostów osadu ściekowego z dodatkiem obornika i słomy

Fig. 4. Correlation curve of total content of cations and conductivity for composts with manure and with straw

W wyciągach wodnych z kompostów komunalnego osadu ściekowego stwierdzono, że największy wzrost przewodności zaobserwowano dla kompostu z dodatkiem obornika, gdzie z początkowej wartości $7 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ przewodnictwo wzrosło do ponad $17 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Przewodnictwo w wyżej wymienionym kompoście swoje maksimum uzyskało w 80 dobie trwania procesu. Natomiast w kompoście z dodatkiem słomy proces zmian przewodności zachodził wolniej i trwał do 90 doby procesu (rys. 3).

Pomiarów przewodności dokonywali w swych badaniach Hartz i Giannini [5] nad kompostowaniem (w systemie przyzowym z wprowadzaniem podgrzanego powietrza) odpadów komunalnych. W przypadku dwóch przyz prowadzonych odmiennymi technikami w przyzcie o wyższej temperaturze zanotowano wzrost przewodności z $11,0$ do $16,9 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ w 105 dniu kompostowania, natomiast w przyzcie częściej napowietrzanej i o niższej temperaturze stwierdzono wzrost przewodności z $11,0$ do $16 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ w tym samym dniu procesu. Po tym okresie w obydwu przyzmach notowano spadek przewodności do końca procesu tj. do 120 dnia kompostowania. Fauci i in. [2] po 96 dniach procesu kompostowania obornika z dodatkiem popiołu oraz łupków drzewnych, pomimo obserwowanego procesu mineralizacji w 10 badanych przyzmach, nie zanotowali staty-

stycznie istotnych zmian w przewodności kompostów otrzymanych z tych materiałów. Również Ozores-Hampton i in. [9] w swych doświadczeniach nad kompostowaniem miejskich odpadów stałych w systemie przyzowym, nie stwierdzili wzrostu przewodności po 360 dniach kompostowania. W badaniach Negro i in. [8] nad kompostowaniem komunalnych osadów ściekowych z obornikiem, wykazali wzrost przewodności z $0,27 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ w dniu założenia doświadczenia do $6,96 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ po 150 dniach kompostowania, co świadczy o silnych procesach mineralizacji substancji organicznych w tych przyzmach. Także Hackett i in. [4] w procesie kompostowania odpadów z przemiału papieru gazetowego w dwóch wariantach przyz z napowietrzaniem i bez, zanotowali spadek przewodności z $16 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ do $1,4 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ po 120 dniach kompostowania w obydwu rodzajach przyz.

3.3. Zależność między sumą kationów a przewodnością w wyciągach wodnych z kompostów w zależności od czasu kompostowania

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

Wyniki zależności pomiędzy sumą K^+ , Na^+ , Ca^{+2} i Mg^{+2} a przewodnością oraz współczynniki korelacji między badanymi parametrami zamieszczono w tab. 1.

4. Podsumowanie

Stwierdzono, iż wszystkie wyznaczone współczynniki determinacji były statystycznie istotne na poziomie $p=0,05$ (tab. 1). Oznacza to, iż pomiar przewodności można wykorzystać do potwierdzenia stopnia mineralizacji kompostowanych materiałów. Można również stwierdzić, że procesy mineralizacji w badanych kompostach zachodziły intensywniej w pierwszym okresie kompostowania, gdy komposty były napowietrzane.

5. Literatura

- [1] Blanco M.-J., Almendros G.: Chemical transformation, phytotoxicity and nutrient availability in progressive composting stages of wheat straw. *Plant and Soil*, 196, 1997, 15-25
- [2] Fauci M.F., Bezdicek D.F., Caldwell D., Finch R.: End product quality and agronomic performance of compost. *Compost Sci. & Utiliz.*, 7(2), 1999, 17-29
- [3] Gonzalez-Vila F. J., Almendros G., Madrid F.: Molecular alterations of organic fractions from urban waste in the course of composting and their further transformation in amended soil. *The Sci. of the Total Environ.*, 236, 1999, 215-229
- [4] Hackett G.A.R., Easton C.A., Duff S.J.B.: Composting of pulp and paper mill fly ash with wastewater treatment sludge. *Biores. Techn.*, 70, 1999, 217-224
- [5] Hartz T. K., Giannini C.: Duration of composting of yard wastes affects both physical and chemical characteristics of compost and plant growth. *Hort Sci.*, 33(7), 1998, 1192-1196
- [6] Korol J., Korol R.: Badania składu i właściwości osadów ściekowych. Dębe. Wyd. PIOŚ 1992
- [7] Michel Jr.F.C., Reddy C.A.: Effect of oxygenation level on yard trimmings composting rate, odor production, and compost quality in bench-scale reactors. *Compost Sci. & Utiliz.*, 6(4), 1998, 111-123
- [8] Negro M.J., Solano M.L., Ciria P., Carrasco J.: Composting of sweet sorghum bagasse with other wastes. *Biores. Techn.*, 67, 1999, 89-92
- [9] Ozores-Hampton M., Stoffella P.J., Bewick T.A., Cantliffe D.J., Obreza T.A.: Effect of age of cocomposted MSW and biosolids on weed seed germination. *Compost Sci. & Utiliz.*, 7(1), 1999, 51-57.