

Monika Madej, Jan Siuta, Grażyna Wasiak

ZIELEŃ WARSZAWY ŹRÓDŁEM SUROWCA DO PRODUKCJI KOMPOSTU

Część III. Doświadczalne kompostowanie masy roślinnej oraz jakość kompostu

Streszczenie. Artykuł zawiera wyniki doświadczalnego kompostowania roślin trawnikowych i opadłych liści zebranych z 18 powierzchni zieleni warszawskiej uwzględniając ich funkcje i zanieczyszczenie środowiska. Doświadczenie prowadzono w kompostownikach Schäfera o pojemności 240 dm³. W kompostowanych masach roślinnych i kompostach oznaczono zawartości (w s.m.): suchej masy, substancji organicznej, węgla organicznego, azotu, fosforu i potasu oraz metali ciężkich: Cd, Hg, Pb, Zn, Ni, Cr i Cu. W kompostach stwierdzono bardzo dobre wskaźniki podstawowych składników nawozowych oraz małe zawartości metali ciężkich, które są wielokrotnie mniejsze od polskich limitów określonych prawnie dla kompostu w Polsce. Spełniają też wymogi norm Unii Europejskiej.

Słowa kluczowe: zieleń miejska, kompost, substancja organiczna, składniki nawozowe, metale ciężkie.

WPROWADZENIE

Po ustanowieniu prawa ochrony i racjonalnego użytkowania zasobów wody oraz ochrony powietrza atmosferycznego rodzi się wreszcie świadomość społeczna i polityczna o konieczności prawnej ochrony gleby. Gleba jest żywym, bardzo złożonym ekosystemem roślin, różnorodnych mikroorganizmów i zwierząt, których funkcjonowanie zależy głównie od pokarmu w postaci obumierającej biomasy, w tym próchnicowatych i energetycznych mas roślinnych.

W dokumentach Komisji Europejskiej różnorodność biologiczną gleby nazwano „najbardziej produktywną fabryką życia”. Komisja Europejska [2007] zaproponowała wprowadzenie ustawodawstwa w formie ramowej dyrektywy glebowej, stanowiącej integralną część tematycznej strategii ochrony gleb, uchwaloną 22 września 2006 roku. Państwa członkowskie mają zdefiniować obszary zagrożone erozją, spadkiem zawartości materii organicznej, zagęszczeniem, osuwaniem się ziemi.

Napisano (między innymi) „W dzisiejszych czasach gleba jest zagrożona bardziej niż kiedykolwiek w historii... A przecież jest bardzo wrażliwym zasobem, praktycznie nieodnawialnym, jej kształtowanie zajmuje całe dekady, a nawet stulecia”.

Zielona Księga [Komisja WE 2008] w sprawie gospodarowania bioodpadami¹ w Unii Europejskiej, zaleca biologiczne przetwarzanie odpadów organicznych (kompostowanie i fermentację beztlenową). Stałe części (pozostałości) fermentacji beztlenowej mogą być przerabiane na kompost, a metan stanowi produkt energetyczny.

Według Zielonej Księgi kompostowanie jest powszechnie stosowanym (w około 95%) przetwarzaniem bioodpadów, ponieważ kompost jest cennym nawozem organicznym.

Niemcy, Austria, Hiszpania i Włochy odznaczają się wysokimi wskaźnikami odzysku biodopadów. Niemcy i Austria mają najwyższe wskaźniki kompostowania. Zaawansowane strategie wspierania biologicznego przetwarzania odpadów mają też: Dania, Szwecja, Belgia (Flandria), Holandia, Luksemburg, Francja.

Polskę zaliczono do grupy państw UE, w których ograniczenie składowania bioodpadów stanowi duże wyzwanie.

W większości państw UE obowiązują różne normy wykorzystania i jakości kompostu. W strategii tematycznej w dziedzinie ochrony gleby (COM/2006/231) stosowanie kompostu uznano za jeden z najlepszych źródeł stabilizacji materii organicznej w glebach degradowanych. Około 45% gleb w Europie wykazuje niską zawartość materii organicznej [Komisja WE 2002, Zielona Księga 2008].

Kompostowanie bioodpadów w gospodarstwach domowych jest najkorzystniejsze w ochronie środowiska, ponieważ unika się kosztów transportu, zapewnia jakość produktu, zwiększa świadomość ekologiczną społeczeństwa.

Komisja Europejska oszacowała (stan w roku 2002) koszty następujących sposobów postępowania z odpadami:

- 35 do 75 euro – selektywna zbiórka i kompostowanie,
- 80 do 125 euro – selektywna zbiórka i fermentacja beztlenowa,
- 55 euro – składowanie odpadów zmieszanych,
- 90 euro – spalanie odpadów zmieszanych.

Koszty inwestycyjne zakładów biologicznego przetwarzania odpadów zależą od rodzaju instalacji, techniki ograniczenia emisji oraz jakościowych wymogów produktów.

Kompostowanie jest nie tylko tańsze od pozostałych sposobów postępowania z bioodpadami, lecz ma tę przewagę, że można je realizować według różnych technologii, w tym bez kosztownych instalacji oraz w nieodległych miejscach od pozyskiwania surowca i użytkowania produktów.

Artykuł 22 Dyrektywy 2008/98/WE stanowi „Państwa członkowskie podejmują środki w odpowiednich przypadkach i zgodnie z art. 4 i 13, zachęcają do:

¹ Według Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE „biodopady” oznaczają ulegające biodegradacji odpady ogrodowe i parkowe, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych, restauracji, placówek zbiorowego żywienia i handlu detalicznego i porównywane odpady z zakładów przetwórstwa spożywczego.

- a) selektywnego zbieranie bioodpadów w celu ich kompostowania i uzyskania z nich sfermentowanej biomasy;
- b) przetwarzania bioodpadów w sposób, który zapewnia wysoki poziom ochrony środowiska;
- c) stosowania bezpiecznych dla środowiska materiałów wyprodukowanych z bioodpadów.

Według projektu „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014”, w roku 2008 Polska miała 85 kompostowni odpadów zielonych i selektywnie zbieranych odpadów zielonych (roślinnych i zwierzęcych) o przerobowych mocach 602,3 tys. Mg.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Kompostowaniu poddano:

- 1) masy roślinne pobrane z trawników w maju 2003 i 2004 roku oraz w październiku 2003 roku;
- 2) liście opadłe z drzew (zalegające na trawnikach) w październiku 2004 roku.

Masę roślinną do kompostowni pobrano z następujących powierzchni badawczych: Łazienki Królewskie, Pole Mokotowskie, Osiedle Ateńska, Osiedle Lazurowa, Al. Żwirki i Wigury, ogród przydomowy we wsi Hornówek [Madej 2007].

Doświadczalne kompostowanie przeprowadzono w kompostownikach Schäfera o pojemności 240 dm³ (z tworzywa sztucznego z klapą i nawierconymi dodatkowo otworami w dnie i ścianach bocznych).

Do kompostowania pobrano materiał roślinny w ilości po około 4 m³. Następnie trawę suszono do zawartości około 65% wody, a liście do około 55% wody. Kompostowano samą trawę z poboru wiosennego oraz mieszanek [trawy 70% i liści drzew 30%] z poboru wiosennego. Wszystkie warianty doświadczenia miały 3 powtórzenia. W celu zwiększenia dostępności tlenu i uśrednienia zawartości wody biomasę wielokrotnie przekładano (ręcznie) i nawilżano.

W sezonie ciepłym kompostowniki znajdowały się na otwartej przestrzeni, a w porze chłodnej (także zimą) przenoszono je do pomieszczeń ogrzewanych.

W czasie kompostowania mierzono: ubytki masy, temperaturę, destrukcję (rozkład) masy, mineralizację biomasy, stosunek C:N. Analizy składu chemicznego materiału wsadowego, zmian w procesie kompostowania oraz dojrzałych kompostów wykonano według metod opisanych w części II „Skład chemiczny mas roślinnych z różnych powierzchni zieleni warszawskiej”.

Oznaczono zawartości: suchej masy, substancji organicznej, węgla organicznego, fosforu, potasu, kadmu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu, cynku i rtęci oraz pH.

ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW W KOMPOSTACH

Zawartości substancji organicznej i makroskładników w kompostach (tab. 1, rys. 1) zaczerpnięte z rozprawy doktorskiej M. Madej [2007] przedstawiono w g/kg s.m., ale ze względu na normatywy Rozporządzenia MRiRW z dnia 18 czerwca 2008 roku w sprawie wykorzystania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. Nr 119, poz.765) dane te opisano w procentach suchej masy.

Końcowe produkty kompostowania (komposty) zawierały średnio (we wszystkich wariantach): 36,4–53,7% wody; 46,3–63,6% suchej masy; 45,6–69,4% substancji organicznej; 20,6–32,6% węgla organicznego; 1,7–3,3% azotu; 0,28–0,52% fosforu i 1,33–4,90% potasu.

Komposty wyprodukowane z mas roślinnych „Łazienek Królewskich”, „Ogródu Hornówek” i „Osiedla Ateńska” zawierały znacznie więcej substancji organicznej, węgla organicznego, azotu i fosforu niż z pozostałych powierzchni poboru biomasy.

W potas obfitowały komposty „Osiedla Ateńska” i „Ogródka Hornówek”. Najmniej potasu stwierdzono w kompostach: Al. „Żwirki i Wigury”, „Osiedle Lazurowa” i „Pola Mokotowskiego”.

Kompost „Osiedla Ateńska” zawierał znacznie więcej substancji organicznej, węgla organicznego, fosforu i potasu niż kompost „Pola Mokotowskiego”, „Osiedla Lazurowa” i Al. „Żwirki i Wigury”.

Stosunek węgla do azotu (C:N) wahał się od 9,6 do 11,9. Świadczy to o bardzo dobrej dojrzałości wszystkich kompostów.

ZAWARTOŚCI METALI CIĘŻKICH

Kadm (Cd). Zawartości tego składnika wahały się od 0,26 mg/kg s.m. w kompoście „Pole Mokotowskie” do 0,60 mg/kg s.m. w kompoście „Żwirki i Wigury”. Podwyższona zawartość kadmu (0,5 mg/kg s.m.) stwierdzono także w kompoście „Ogródka Hornówek”. Mniejsze ilości kadmu zawierał kompost „Łazienki Królewskie” (0,3 mg/kg s.m.) (rys. 2).

Chrom (Cr). Kompost „Ogródka Hornówek” zawierał wielokrotnie więcej chromu niż pozostałe komposty (16,2 mg/kg s.m.). Najmniejsze ilości chromu stwierdzono w kompostach „Łazienki Królewskie” (3,5 mg/kg s.m.) i „Pole Mokotowskie” (3,7 mg/kg s.m.).

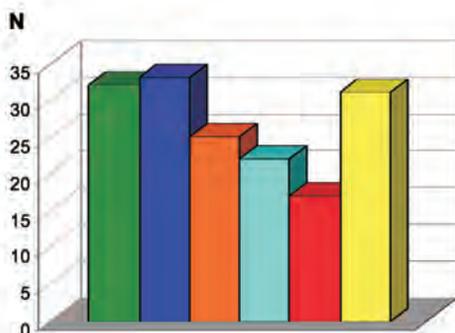
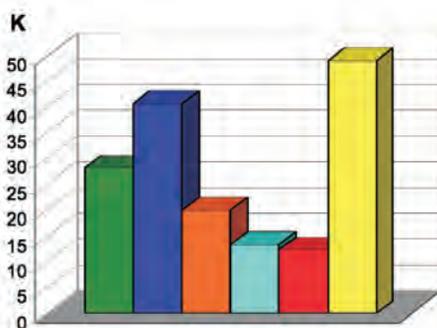
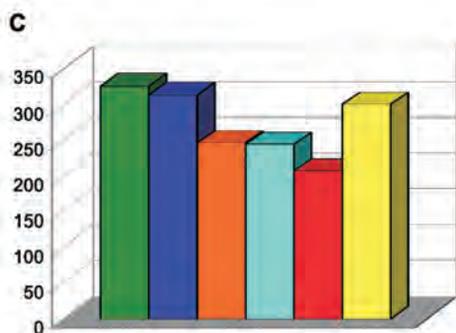
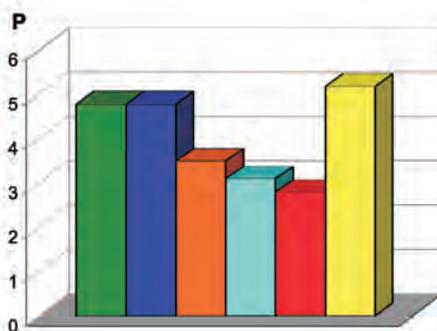
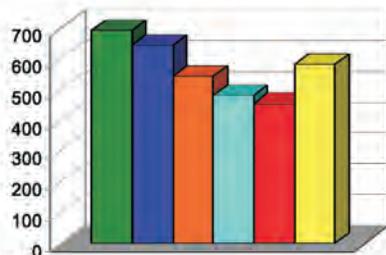
Miedź (Cu). Zawartość tego składnika dominowała wyraźnie w kompoście „Żwirki i Wigury” (50 mg/kg s.m.). Była ona ponad trzykrotnie większa niż w kompoście „Łazienki Królewskie” (15 mg/kg s.m.) (rys. 2).

Nikiel (Ni). Zawartość tego składnika była największa w kompoście „Ogródka Hornówek” (8,9 mg/kg s.m.), a najmniejsza w kompostach „Pole Mokotowskie” (2,2 mg/kg s.m.) i „Łazienki Królewskie” (3,1 mg/kg s.m.) (rys. 2).

Tabela 1. Analiza statystyczna wadceiwocci kompostów dozwiaaczalnych

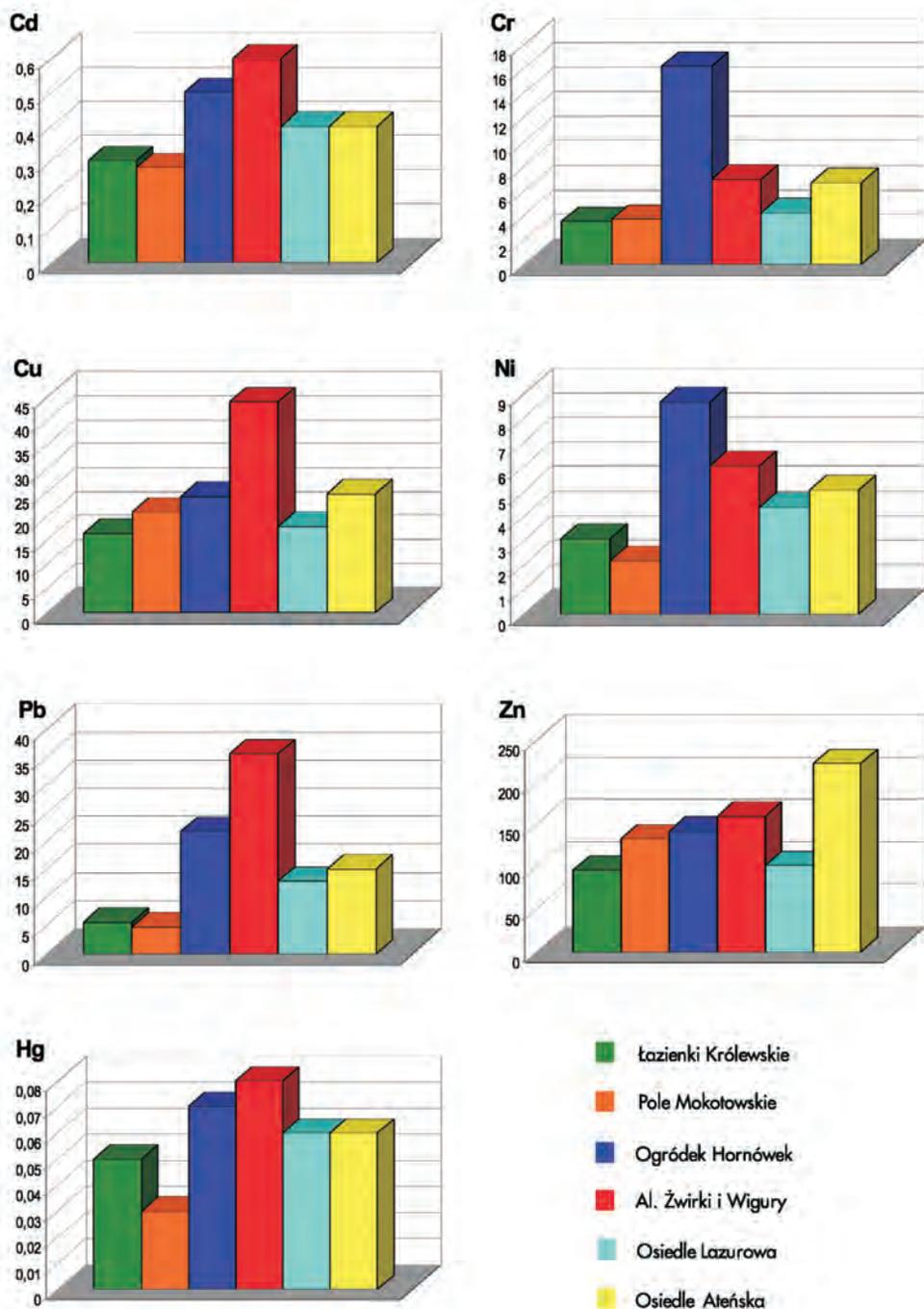
| Parametr statystyczny | Skladniki | | | | | | mg/kg s.m. | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | substancja organiczna | C | N | P | K | | Cd | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn | Hg |
| Liczebność | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Minimum | 418,00 | 199,00 | 17,00 | 2,20 | 12,40 | 0,26 | 0,26 | 3,10 | 15,00 | 1,90 | 4,20 | 91,00 | 0,020 |
| Maksimum | 709,00 | 341,00 | 34,00 | 5,20 | 50,60 | 0,60 | 0,60 | 17,60 | 50,00 | 8,90 | 36,00 | 228,00 | 0,100 |
| Średnia | 561,35 | 267,56 | 26,50 | 3,78 | 27,27 | 0,41 | 0,41 | 6,63 | 24,83 | 5,05 | 15,04 | 142,33 | 0,057 |
| Mediana | 552,00 | 274,50 | 27,50 | 3,90 | 22,00 | 0,40 | 0,40 | 5,10 | 22,50 | 5,10 | 11,40 | 135,00 | 0,055 |
| Odchylenie standardowe | 84,68 | 49,80 | 5,97 | 0,98 | 14,30 | 0,12 | 0,12 | 4,51 | 9,63 | 2,22 | 11,15 | 43,51 | 0,021 |
| Współczynnik zmienności | 15,08 | 18,61 | 22,53 | 25,93 | 52,44 | 29,27 | 29,27 | 68,02 | 38,78 | 43,96 | 74,14 | 30,57 | 33,33 |

Substancja organiczna



- Łazienki Królewskie
- Pole Mokotowskie
- Ogródek "Hornówek"
- Al. Żwirki i Wigury
- Osiedle "Lazurowa"
- Osiedle "Ateńska"

Rys. 1. Średnie zawartości substancji organicznej i składników nawozowych (w g/kg s.m.) w kompostach doświadczalnych



Rys. 2. Średnie zawartości metali ciężkich (w mg/kg s. m.) w kompostach doświadczalnych

Ołów (Pb). Stwierdzono od 4,2 mg Pb/kg s.m. w kompoście „Pole Mokotowskie” do 36,0 mg/kg s.m. w kompoście „Żwirki i Wigury”. Podwyższoną zawartość Pb wykazał też kompost „Ogród Hornówek” (21,9 mg/kg s.m.) (rys. 2).

Cynk (Zn). Zawartości cynku wyniosły od 91 mg/kg s.m. w kompoście „Łazienki Królewskie” do 228 mg/kg s.m. w kompoście „Osiedle Ateńska”. Średnia zawartość cynku we wszystkich kompostach wyniosła 142,3 mg/kg s.m.

Rtęć (Hg). Komposty zawierały od 0,03 mg Hg/kg s.m. w kompoście „Pole Mokotowskie” do 0,09 mg Hg/kg s.m. w kompoście „Żwirki i Wigury”. Stwierdzone zawartości Hg w kompostach z mas roślinnych Warszawy są małe.

DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ

Analizę statystyczną zawartości substancji organicznej, węgla organicznego, azotu, fosforu, potasu, kadmu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu, cynku i rtęci zawiera tabela 1. Przedstawiono w niej minimalne, maksymalne i średnie zawartości wymienionych parametrów oraz mediany, odchylenia średnie i współczynniki zmienności dla poszczególnych analizowanych parametrów.

Najmniejsze współczynniki zmienności wykazały zawartości substancji organicznej i węgla organicznego, pośrednie zawartości azotu i fosforu, a największe wskaźniki zmienności wykazywał potas.

Spośród metali ciężkich największe współczynniki zmienności stwierdzono dla chromu i ołowiu, a najmniejsze dla kadmu, cynku i rtęci (tab.1).

Stwierdzone zawartości substancji organicznej, azotu, fosforu i potasu w omawianych kompostach są dużo wyższe od normatywów Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 roku w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. Nr 119, poz.765), według którego w nawozach organicznych powinno być, co najmniej 30% substancji organicznej oraz nie mniej niż: 0,3% N; 0,2% P₂O₅ i 0,2% K₂O.

Według tego rozporządzenia dopuszczalna wartość zanieczyszczeń w nawozach organicznych nie może przekroczyć: 1) 100 mg chromu, 2) 5 mg kadmu, 3) 60 mg niklu, 4) 140 mg ołowiu, 5) 2 mg rtęci w kg suchej masy.

Wymienione limity zawartości metali ciężkich w kompostach polskich są znacznie większe niż w wielu krajach UE [Amlinger, Dreher, Nortcliff, Weinfurter 2003].

Komposty wyprodukowane z selektywnie gromadzonych odpadów spożywczych i odpadów zielonych [Starypan 2000]; wyselekcjonowanych odpadów komunalnych [Wasiak, Mamełka 1999]; trawy, liści i zrębów drewna [Wasiak, Mamełka, Jaroszyńska 1999; Siuta, Wasiak 2000] odpadów zieleni miejskiej [Filipek-Mazur, Gondek 2003; Madej 2005] zawierały znacznie mniej metali ciężkich od wielkości dopuszczalnych prawnie w nawozach organicznych (kompostach). Porównanie zawartości metali cięż-

kich w polskich kompostach z odpadów zieleni miejskiej z analogicznymi kompostami innych krajów i normami UE (rys.3) wypada korzystnie dla kompostów krajowych. Rysunek 4 przedstawia uśrednione zawartości metali ciężkich w kompostach z bioodpadów (w tym odpadów zieleni miejskiej) w kilku krajach UE. Z danych tych wynika, że komposty z bioodpadów (selektywnie gromadzonych odpadów komunalnych) zawierają przeważnie większe ilości metali ciężkich niż z odpadów zieleni miejskiej. Wiadać to najwyraźniej w kompostach Francji, Włoch, Niemiec i Polski. Polskie komposty z biomasy wykazały zbliżone – do większości porównywanych krajów zawartości metali ciężkich. Należy mieć jednak na względzie stosunkowo małą ilość tego rodzaju badań i wdrożeń w Polsce.

Według projektu „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014” „Kompostowanie odpadów zielonych i selektywnie zbieranych odpadów organicznych (roślinnych i zwierzęcych) jest realizowane w 85 instalacjach”, ale technologie kompostowania oraz badania jakości kompostów są, co najmniej mierne. Z powyższych względów porównywanie jakości polskich kompostów z kompostami krajów przodujących w biologicznym przetwarzaniu odpadów ma tylko wartość orientacyjną.

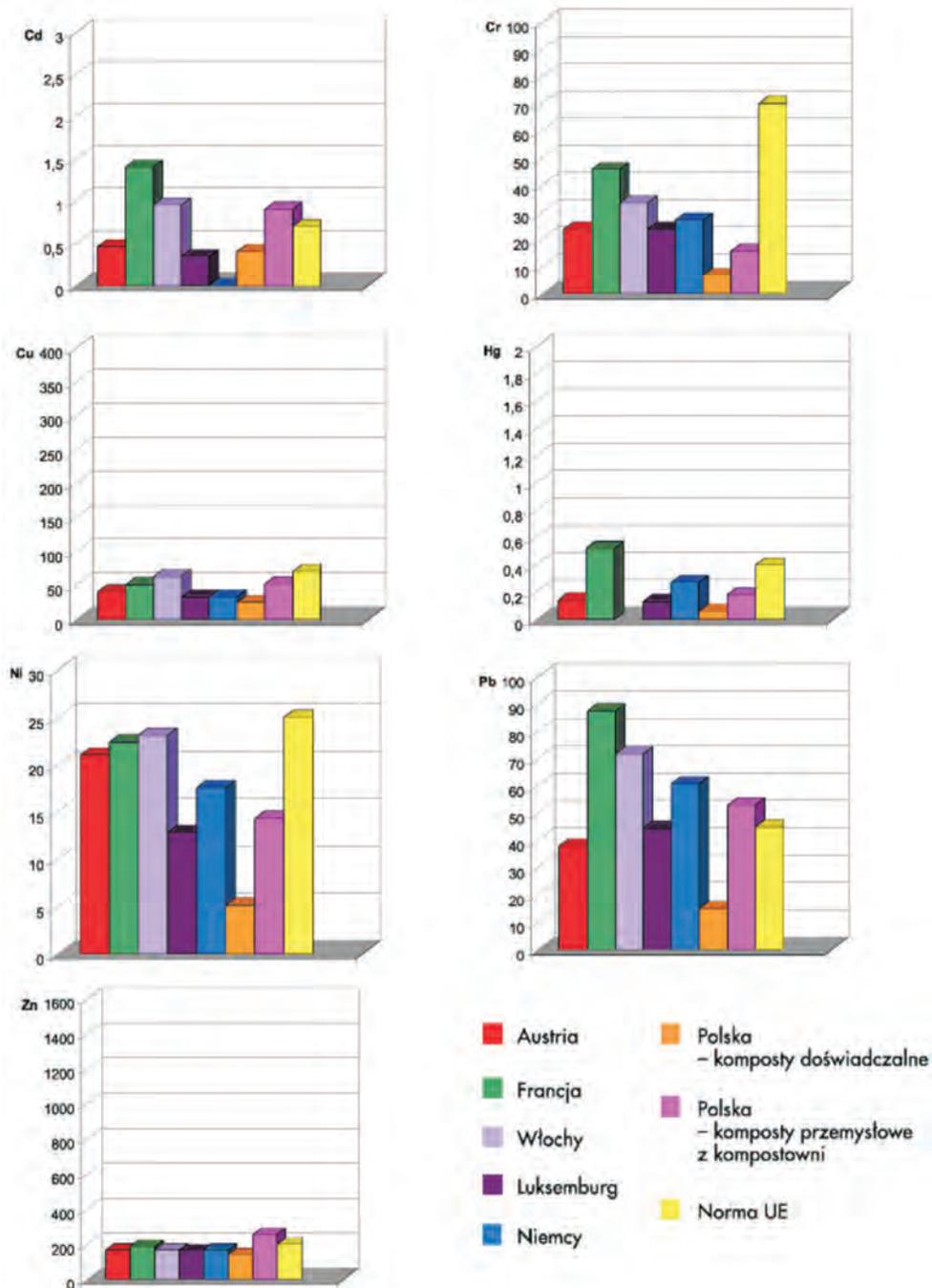
Oprócz wymienionych (wyżej) instalacji funkcjonuje w Polsce niezliczona ilość różnego rodzaju kompostowników, zwłaszcza w gospodarstwach ogrodniczych i leśnych, produkujących kompost na własny użytek.

Jedną z pierwszych kompostowni mas roślinnych na skalę przemysłową zorganizowano w strefie wymarłego lasu (zwanej strefą bezleśną) w otoczeniu Zakładów Azotowych Puławy.

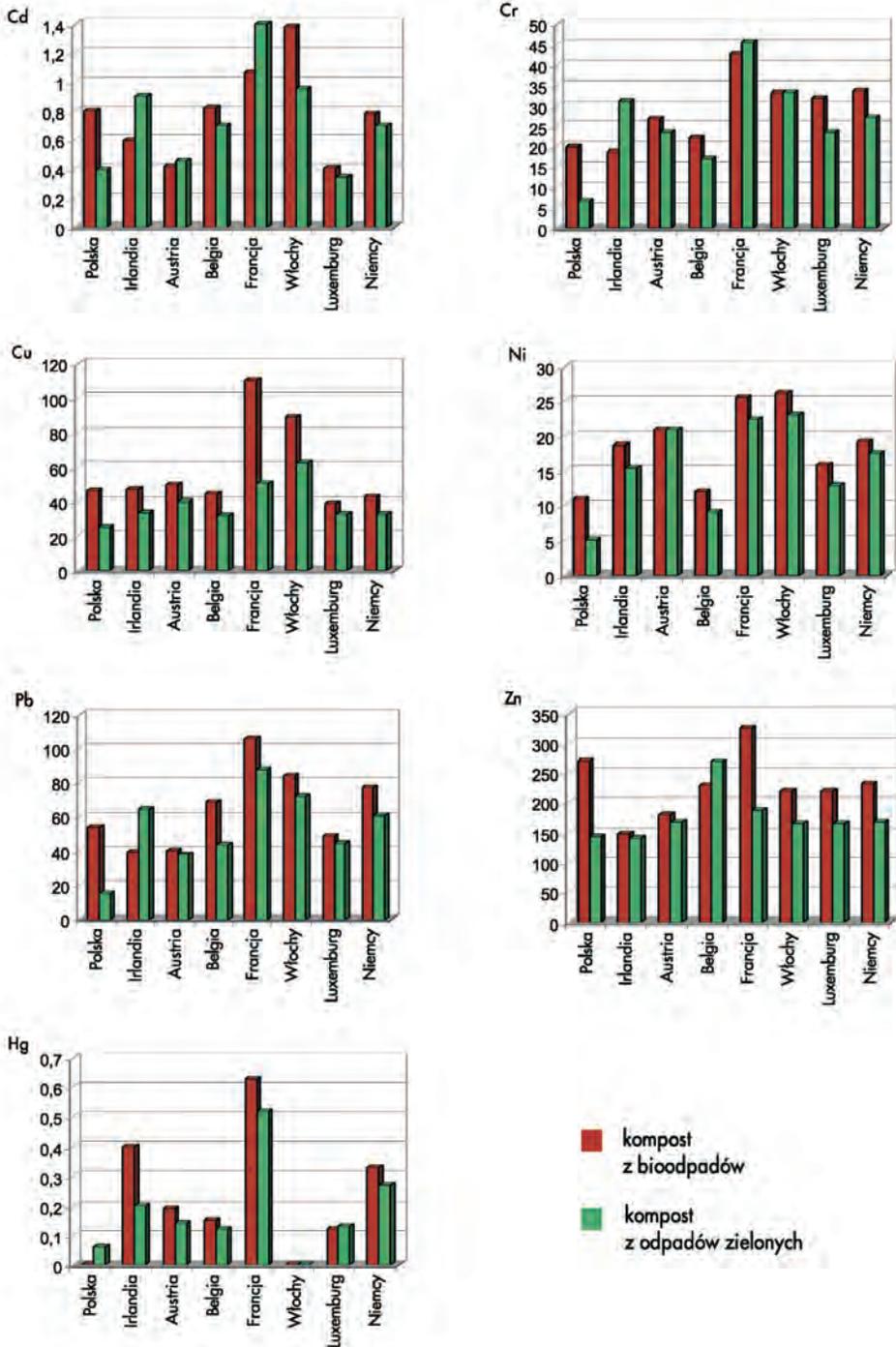
Po wykonaniu chemicznej i biologicznej rekultywacji uprawiano rośliny (głównie trawy) obfitujące w azot (przemysłowego zanieczyszczenia) i pozostałe składniki nawożenia mineralnego. Obfite plony biomasy kompostowano razem z trocinami drzewnymi produkując (od 1983 r.) kompost rynkowy [red. J. Siuta 1987]. Do roku 1990 wyprodukowano ponad 8000 ton kompostu „Agrohum”. Zawierał on: 1,97–2,60% azotu; 0,28–0,38% fosforu; 0,59–1,04% potasu; 1,14–1,21% wapnia i 0,19–0,31% magnezu [Polkowski, Sułek 1999].

Po daleko idącym ograniczeniu emisji związków azotu, podjęto próbę ponownego zalesienia strefy bezleśnej.

Kojarzenie rekultywacji biologicznej terenów zdegradowanych z intensywną uprawą i kompostowaniem roślin daje nie tylko wartości ekologiczno-krajobrazowe, lecz może być również źródłem surowca do produkcji wysokiej jakości kompostu.



Rys. 3. Średnie zawartości metali ciężkich (w mg/kg s.m.) w kompostach z odpadów zieleni miejskiej z różnych krajów UE [Amlinger i in. 2004]



Rys. 4. Porównanie średnich zawartości metali ciężkich (w mg/kg s.m.) w kompostach z bioodpadów i odpadów zielonych w różnych krajach UE [Amlinger i in. 2004, Herity 2003]

WNIOSKI

1. Masy roślinne usuwane w toku urządzania i pielęgnowania biologicznie czynnej powierzchni ziemi w miastach, różnego rodzaju osiedlach i obiektach użyteczności publicznej na terenach przemysłowych, komunikacyjnych i innych powinny być pozyskiwane dla ochrony środowiska glebowego, z uwzględnieniem ewentualnie innych potrzeb.
2. Zasoby wymienione we wniosku 1 nie powinny być obarczane znamieniem odpadów, lecz traktowane jako potencjalne surowce, głównie ekologicznej użyteczności.
3. Sukcesywne ograniczanie emisji przemysłowych, komunikacyjnych i komunalnych zanieczyszczeń do środowiska wraz z rosnącą świadomością ekologiczną ludności, sprzyjają pielęgnowaniu zieleni, co przyczynia się do poprawy składu chemicznego i ekologicznej użyteczności mas roślinnych, w tym do produkcji wysokiej jakości kompostów i materiałów do mulczowania biologicznie czynnych powierzchni ziemi.
4. Duże zapóźnienie Polski w pozyskiwaniu i przetwarzaniu niespożytkowanych mas roślinnych na produkty ekologicznej użyteczności zobowiązuje nas do nasilenia edukacji, doskonalenia prawa, a nade wszystko do tworzenia ekonomicznych, technicznych i administracyjnych warunków systemowego zarządzania biomasami, zwanych obecnie bioodpadami.
5. Czas najwyższy, aby biologicznie czynną powierzchnię ziemi (glebę) rozumieć i doceniać na równi z ochroną i użytkowaniem zasobów wody oraz atmosfery. W tym uświadomić sobie, że siłą napędową rozwoju i funkcjonowania gleby jest biomasa wyprodukowana przez tę glebę. Trzeba, więc przywracać należny jej potencjał żyzności i energii.
6. Kompostowanie niespożytkowanych mas roślinnych, to najefektywniejszy sposób podtrzymywania ekologicznych funkcji gleby.

PIŚMIENNICTWO

1. Amlinger F.P., Dreher P., Nortclift S., Weinfurtener F. 2003. Applying Composts: benefits and needs, Pub. Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management, Austria and European Commission.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylające niektóre dyrektywy (Dz. U. UE z 22.11.2008), tekst polski.
3. Filipek-Mazur B., Gondek K. 2003. Wartość nawozowa kompostów z odpadów zielonych z Krakowa. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 494: 1/3–72.
4. Herity L. 2003. A study of the quality of waste derived compost in Ireland. Science in Environment to the Faculty of Engineering. Queens University of Belfast http://www.compostireland.ie/docs/quality_wastederived_compost_160104.pdf.

5. Komisja WE. 2002. Komunikat Komisji Europejskiej do Rady Europejskiej, Parlamentu Europejskiego, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów. W kierunku Strategii Tematycznej Ochrona Gleb. COM (2002) s: 179. Wersja końcowa (tekst polski).
6. Komisja Europejska 2007. Ochrona gleb. Nowa polityka dla UE: 4s.
7. Madej M. 2005. Ocena jakości kompostów z odpadów zielonych wybranych terenów Warszawy. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 505: 219–227.
8. Madej M. 2007. Zielen miejska źródłem surowca do produkcji kompostu (rozprawa doktorska). Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie: 140 s.+ załączniki.
9. Polkowski M., Sułek S. 1999. Kompostowanie masy roślinnej ze strefy bezleśnej przy Zakładach Azotowych Puławy. I Konf. Kompostowanie i użytkowanie kompostu Puławy – Warszawa 16–18.06.1999: 71–74.
10. „Projekt krajowego planu gospodarki odpadami 2014”. Ministerstwo Środowiska. <http://www.mos.gov.pl>
11. Siuta J. (red.). 1987. Ekologiczne skutki uprzemysłowienia Puław. IOŚ Warszawa: 264 s.
12. Siuta J., Wasiak G. 2000. Kompostowanie odpadów i użytkowanie kompostu. IOŚ. Warszawa: 60 s.
13. Strypan J. 2000. Gospodarka odpadami w powiecie żywieckim. 5 lat wprowadzania systemu segregacji odpadów u źródła. Mat. Konf. „Najnowsze rozwiązania organizacyjne, techniczne i technologiczne w zakresie odzysku, unieszkodliwiania i składowania odpadów komunalnych”. Oświęcim 25–27.10.2007 r. <http://tuz.most.org.pl/metody/zywiec>.
14. Wasiak G., Mamelka D. 1999. Kompostowanie frakcji organicznej wyselekcjonowanych z odpadów komunalnych w Warszawie. Mat. I Konf. „Kompostowanie i użytkowanie kompostów” Puławy – Warszawa 16–18.06.1999: 55–60.
15. Wasiak G., Mamelka D., Jaroszyńska J. 1999. Kompostowanie odpadów roślinnych z terenów zieleni miejskiej Warszawy Mat, I Konf. „Kompostowanie i użytkowanie kompostów” Puławy – Warszawa 16–18.06.1999: 61–70.
16. Zielona Księga w sprawie gospodarowania biomasami w Unii Europejskiej. Bruksela, dnia 3.12.2008 COM (2008) 811 wersja ostateczna, tekst polski.

WARSAW'S URBAN GREEN AREAS AS SOURCE OF RAW MATERIAL FOR COMPOST PRODUCTION

Part III. Experimental composting of the plant matter and quality of compost

Summary

The paper presents results of experimental composting of grass clippings and leaves which were collected from 18 selected places in Warsaw with varying degrees of environmental contamination. The experiments were conducted in special composting boxes (Schäfer) of 240 dm³. In the raw material and composts the content of dry matter, organic matter, TOC, total N P K and heavy metals (Cd, Hg, Pb, Zn, Cr, Cu) were determined. The composts are characterised by high fertilization parameters. Heavy metals content is low, much lower than the acceptable concentration limits defined by Polish regulations. Also the analysed composts meet more restrictive EU regulations.

Key words: urban green areas, compost, organic matter, heavy metals, fertilization parameters.