

Waldemar GOSTOMCZYK*

OSADY ŚCIEKOWE ALTERNATYWĄ DLA NAWOZÓW SZTUCZNYCH W UPRAWIE WIERZBY

Zarys treści: Rozwój sieci wodociągowej i kanalizacyjnej oraz wzrastająca ilość oczyszczalni ścieków powoduje ciągły przyrost ilości osadów ściekowych. Jedną z form ich utylizacji i zagospodarowania może być ich wykorzystanie nawozowe. Są one w stanie zastąpić kosztowne nawozy sztuczne, szczególnie w nawożeniu roślin niekonsumpcyjnych. Taką rośliną jest wierzba energetyczna, która jak wykazały badania bardzo dobrze reaguje wzrostem plonów przy stosowaniu osadów ściekowych. Artykuł opisuje zarówno zalety jak i ograniczenia rolniczego wykorzystania osadów ściekowych w nawożeniu wierzby energetycznej.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, nawozy organiczne, wierzba energetyczna.

Wprowadzenie

Jednym z warunków ograniczenia wykorzystania paliw konwencjonalnych i sukcesywne zastępowanie ich odnawialnymi źródłami energii jest ich konkurencyjność cenowa. W przypadku produkcji biomasy wymaga to prowadzenia racjonalnej produkcji roślinnej opierającej się na poprawie żyzności gleby, stosowania właściwej agrotechniki, elementem której powinno być odpowiednie nawożenie. Nawozy mineralne są czynnikiem podwyższającym koszty i w celu ich ograniczenia powinniśmy stosować formy, które charakteryzują się niskim kosztem ich pozyskania. Warunki te spełniają osady ściekowe pochodzące z procesu oczyszczania ścieków i jako produkt uboczny mogą być wykorzystane do nawożenia lub rekultywacji terenów zielonych.

Pojęcie i prawne możliwości stosowania odpadów komunalnych

* Katedra Polityki Ekonomicznej i Regionalnej, Wydział Nauk Ekonomicznych, Politechnika Koszalińska

Według ustawy o odpadach przez komunalne osady ściekowe rozumie się pochodzący z oczyszczalni ścieków osad z komór fermentacyjnych (Dz. U. Nr 39/2007, poz. 251 z późn. zm.).

Obecnie w kraju najważniejszym aktem prawnym dotyczącym gospodarki odpadami jest ustawa z dnia 21 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz. U. Nr 62, poz. 628 z późn. zm.). Obowiązują również rozporządzenia regulujące w sposób szczegółowy proces postępowania z odpadami:

- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. Nr 112, poz. 1206),
- rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 29 stycznia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów innych niż niebezpieczne oraz rodzajów instalacji i urządzeń, w których dopuszcza się ich termiczne przekształcanie (Dz. U. Nr 18, poz. 176, z późn. zm.),
- rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz. U. Nr 37, poz. 339, z późn. zm.),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. Nr 134, poz. 1140 i Nr 155, poz. 1299),
- rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie rodzaju odpadów, które mogą być składowane w sposób nie selektywny (Dz. U. Nr 191, poz. 1595),
- rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 marca 2003 r. w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska (Dz. U. Nr 55, poz. 477),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (Dz. U. Nr 61, poz. 549),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 kwietnia 2003 r. w sprawie sporządzania planów gospodarki odpadami (Dz. U. Nr 66, poz. 620),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 sierpnia 2003 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. Nr 163, poz. 1584),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie wzorów dokumentów stosowanych na potrzeby ewidencji odpadów (Dz. U. Nr 152, poz. 1736),
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie zakresu informacji oraz wzorów formularzy służących do sporządzania i przekazywania zbiorczych zestawień danych (Dz. U. Nr 152, poz. 1737),

- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 grudnia 2001 r. w sprawie niezbędnego zakresu informacji objętych obowiązkiem zbierania i przetwarzania oraz sposobu prowadzenia centralnej i wojewódzkiej bazy danych dotyczącej wytwarzania i gospodarowania odpadami (Dz. U. Nr 152, poz. 1740).

Odpady powstające w oczyszczalniach ścieków klasyfikowane są w strumieniu odpadów z grupy 19 – zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów. Do odpadów powstających w komunalnych oczyszczalniach ścieków należą: skratki (kod 19 08 01), odpady z piaskowników (kod 19 08 02), odpady z procesów stabilizacji i odwadniania osadów w tym ustabilizowane komunalne osady ściekowe (kod 19 08 05).

Zgodnie z art. 43 ust. 6 ustawy o odpadach stosowanie komunalnych osadów jest zakazane:

- na obszarach parków narodowych i rezerwatów przyrody,
- na wewnętrznych terenach ochrony pośredniej stref ochronnych ujęć wody,
- w pasie gruntów o szerokości 50 m bezpośrednio przylegających do brzegów jezior i cieków,
- na terenach zalewowych, czasowo podtopionych i bagiennych,
- na terenach czasowo zamarzniętych i pokrytych śniegiem,
- na gruntach o dużej przepuszczalności, stanowiących w szczególności piaski luźne i słabo gliniaste oraz piaski gliniaste lekkie, jeżeli poziom wód gruntowych znajduje się na głębokości mniejszej niż 1,5 m poniżej powierzchni gruntu,
- na gruntach rolnych o spadku przekraczającym 10%,
- na obszarach ochronnych zbiorników wód podziemnych,
- na terenach objętych pozostałymi formami ochrony przyrody, jeśli osady ściekowe zostały wytworzone poza tymi terenami,
- na terenach położonych w odległości mniejszej niż 100 m od ujęć wody, domu mieszkalnego lub zakładu produkcji żywności,
- na gruntach, na których rosną rośliny sadownicze i warzywa, z wyjątkiem drzew owocowych,
- na gruntach przeznaczonych pod uprawę roślin jagodowych i warzyw, których części jadalne bezpośrednio spotykają się z ziemią i są spożywane w stanie surowym – w ciągu 18 miesięcy poprzedzających zbiory i w czasie zbiorów,
- na gruntach wykorzystywanych na pastwiska i łąki,
- na gruntach wykorzystywanych do upraw pod osłonami.

Charakterystyka ilościowa i jakościowa osadów ściekowych

Dostępność funduszy unijnych w latach 2007-2013 umożliwiła uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej, szczególnie w gminach wiejskich. Zwiększyła się dostępność do kanalizacji sieciowej a wraz z tym ilość odprowadzanych i oczyszczanych ścieków komunalnych. Proporcjonalnie rośnie również ilość osadów ściekowych. Są one nieodłącznym produktem oczyszczania ścieków komunalnych. Ich ilość dochodzi do 3% (od 1-3% w zależności od stosowanej technologii oczyszczania) objętości ścieków dopływających do oczyszczalni. Im więcej oczyszczalni i lepsza ich sprawność, tym więcej produkują one osadów ściekowych. Obecnie dominują oczyszczalnie biologiczne – których jest 2329 oraz z podwyższonym usuwaniem biogenów – 836.

Tabela 1. Oczyszczalnie ścieków komunalnych według województw w 2011 r.

Województwa	Liczba oczyszczalni	Przepustowość oczyszczalni [w m ³ na dobę]	Ludność korzystająca z oczyszczalni		Ścieki komunalne z gmin oczyszczane [w dam ³]
			w tys.	w % ludności	
Polska	3143	8 947 662	25314,9	65,7	163 484
Dolnośląskie	217	869 105	2241,6	76,8	11 564
Kujawsko-pomorskie	142	452 687	1473,6	70,2	8643
Lubelskie	268	350 005	1158,0	53,3	6302
Lubuskie	103	260 180	701,7	68,0	4011
Łódzkie	166	606 888	1705,0	67,3	5434
Małopolskie	235	924 353	1904,4	56,9	14 600
Mazowieckie	288	1 044 722	2780,8	52,6	18 729
Opolskie	69	240 298	693,2	68,1	5853
Podkarpackie	226	418 342	1408,4	66,2	19 401
Podlaskie	111	234 565	763,8	63,6	3075
Pomorskie	199	483 024	1845,4	80,8	13 649
Śląskie	207	1 268 737	3369,1	72,8	11 352
Świętokrzyskie	109	213 070	653,2	51,1	4965
Warmińsko-mazurskie	227	320 892	1047,8	72,1	7039
Wielkopolskie	315	734 332	2185,7	63,3	18 203
Zachodniopomorskie	261	526 462	1383,0	80,3	10 664

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Ochrona środowiska 2012, GUS, tab.,49-50.

Zbiorcze zestawienie danych o komunalnych osadach ściekowych powinno zawierać informacje dotyczące składu i właściwości komunalnych osadów ściekowych, m.in.:

- odczyn pH,
- procentową zawartość suchej masy,
- procentową zawartość substancji organicznych,
- procentową zawartość azotu ogólnego, w tym azotu amonowego, w suchej masie,
- procentową zawartość fosforu ogólnego w suchej masie,
- procentową zawartość wapnia i magnezu w suchej masie,
- liczbę żywych jaj pasożytów jelitowych w suchej masie,
- zawartość metali ciężkich: ołowiu, kadmu, chromu, miedzi, niklu, rtęci i cynku w mg/kg suchej masy,
- postać komunalnych osadów ściekowych.

Jakość osadów w głównej mierze zależy od przyjętej i stosowanej technologii oczyszczania ścieków. Składają się na nią następujące procesy:

- rozdzielenie fazy ciekłej i stałej,
- kondycjonowanie, czyli zmiany struktury osadu i stanu cząstek stałych,
- zagęszczenie, stabilizacja i uzdatnianie osadów.

Ważnym etapem jest także higienizacja osadów ściekowych do których należą: pasteryzacja, wapnowanie i higienizacja radiacją. Natomiast osady po kolejnych stopniach przeróbki zalicza się do następujących grup:

- osady zagęszczone – po procesie zagęszczania,
- osady stabilizowane w procesach beztlenowych (przefermentowane),
- osady ustabilizowane w procesach tlenowych,
- osady odwodnione – po operacjach odwadniania,
- osady zhigienizowane – po pasteryzacji, wapnowaniu lub suszeniu.

Według Krajowego Planu Oczyszczania Ścieków Komunalnych wartość średniego wskaźnika krajowego ilości powstającego osadu przyjmuje się na poziomie 0,247 kg s.m./m³ ścieków oczyszczonych. W zależności od składu i sposobu oczyszczania wartości te w poszczególnych województwach wahają się od 0,127 do 0,354 kg s.m./m³. Średnia wartość osadu w przeliczeniu na 1 mieszkańca w ciągu doby wynosi 70 g s.m. Wartość jednostkowego wskaźnika ilości osadów jest uzależniona od:

- stężenia ścieków dopływających do oczyszczalni, szczególnie wartości BZT5 i ilości,
- zawiesin,
- technologii oczyszczania, stopnia ustabilizowania osadów,
- reagentów stosowanych w procesie oczyszczania ścieków i przeróbki osadów.

Tabela 2. Skład chemiczny suszonego termicznie osadu komunalnego

Związek	Wartości minimalne [g/kg sm.]	Wartości maksymalne [g/kg sm.]
Związki organiczne	488	720
Związki mineralne	512	780
Azot	21	67
Fosfor P ₂ O ₅	25	112
Potas K ₂ O	0,13	0,21
Magnez Mg	0,3	0,8
Arsen As	0,008	0,012
Kadm Cd	0,003	0,008
Kobalt Co	0,002	0,020
Chrom Cr	0,072	0,430
Miedź Cu	0,228	0,580
Ołów Pb	0,098	0,650
Rtęć Hg	0,0006	0,007
Molibden Mo	0,005	0,020
Nikiel Ni	0,028	0,156
Selen Se	0,001	0,010
pH	6,5	7,5

Źródło: opracowanie na podstawie: Komunalne osady ściekowe – podział, kierunki zastosowań oraz technologie przetwarzania, odzysku i unieszkodliwiania (wyciąg z pracy zrealizowanej w Instytucie Inżynierii Środowiska pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Marty Janosz-Rajczyk, a sfinansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministra Środowiska), Częstochowa, kwiecień 2004 s. 54-55.

Z przedstawionego wyżej zestawienia wynika że osady ściekowe jako substytut nawozów mineralnych może być bogatym źródłem zaopatrzenia roślin w azot i fosfor.

Osady ściekowe jako produkt uboczny oczyszczalni są produktem trudnym do zagospodarowania. Wpływają na to następujące cechy:

1. Zawierają one znaczny ładunek zanieczyszczeń.
2. Ich przetwarzanie jest kosztowne.
3. Mają niezbyt przyjemny zapach.
4. Mogą stwarzać zagrożenie sanitarno-higieniczne.

Z powodu tych ograniczeń osady ściekowe powinny być poddane stosownej obróbce a stosowana dawka powinna być określana indywidualnie dla konkretnego pola i źródła osadów.

Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych

Zgodnie z analizą przedstawioną w Krajowym Programie Oczyszczania Ścieków Komunalnych sposoby zagospodarowania osadów ściekowych pochodzących z ankietyowanych oczyszczalni ścieków obejmowały:

- nawożenie gleb w rolnictwie,
- rekultywację terenów przemysłowych, składowisk odpadów, kształtowanie terenów krajobrazu miejskiego oraz terenów oczyszczalni,
- produkcję mieszanek osadowych, kompostu i roślin (wierzba, trzcina, trawy itp.),
- składowanie na składowiskach odpadów komunalnych,
- magazynowanie na terenie oczyszczalni, w tym w stawach i lagunach,
- wywóz do innej oczyszczalni,
- spalanie.

Wyżej wymieniony dokument przewiduje w 2014 roku następującą strukturę wykorzystania i unieszkodliwiania osadów ściekowych:

- nawożenie w rolnictwie – 12%,
- wykorzystanie w rekultywacji – 14%,
- kompostowanie – 20%,
- termiczne – 8%,
- składowanie – 39%,
- wykorzystanie przemysłowe – 7%.

Warunkiem prawidłowego rozwoju sposobów stosowania osadów na gruntach, obejmujących także procesy ich przygotowania do tych celów jest:

- wdrożenie systemu kontroli osadów,
- utworzenie wyspecjalizowanych jednostek organizacyjnych, których celem byłoby właściwe zagospodarowanie osadów ściekowych.

Wielkość dawki komunalnego osadu ściekowego zależy od rodzaju gruntu, sposobu jego użytkowania, jakości komunalnego osadu ściekowego i zapotrzebowania roślin na azot i fosfor. Ilość metali ciężkich, które mogą być wprowadzone z komunalnym osadem ściekowym w ciągu roku do gleby, średnio w okresie 10 lat, nie mogą przekroczyć:

- ołowiu (Pb) – 1000 g/ha/rok,
- kadmu (Cd) – 20 g/ha/rok,
- rtęci (Hg) – 10 g/ha/rok,
- niklu (Ni) – 200 g/ha/rok,
- cynku (Zn) – 5000 g/ha/rok,
- miedzi (Cu) – 1600 g/ha/rok,
- chromu (Cr) – 1000 g/ha/rok.

W Polsce większość upraw plantacji energetycznych zakładana była na gruntach odłogowanych i ugorowanych. Są to gleby ubogie w materię organiczną i składniki pokarmowe. Nawozy mineralne są w stanie uzupełnić jedynie składniki mineralne. Źródłem próchnicy jest zazwyczaj obornik, który w pierwszej kolejności stosowany jest pod rośliny okopowe. Warto zaznaczyć że brak próchnicy zmniejsza efektywność stosowania nawozów mineralnych, które w takim środowisku ulegają wypłukaniu. Alternatywą dla obornika może być stosowanie osadów ściekowych jako źródło materii organicznej i składników pokarmowych niezbędnych dla prawidłowego przebiegu fotosyntezy i rozwoju roślin.

Tabela 3. Zawartość składników pokarmowych w osadach i oborniku (% s.m.)

Składnik	Średnio	Min.	Max.	Obornik bydlęcy	Obornik trzody chlewnej
N	3,37	0,12	8,35	2,56	2,56
P ₂ O ₅	2,96	0,10	7,28	1,50	1,98
K ₂ O	0,31	0,03	1,10	3,40	3,45

Źródło: opracowanie na podstawie: Maćkowiak (2004) Chemia rolna, PWRiL, Warszawa.

Zawartość składników pokarmowych w osadach ściekowych waha się w szerokim zakresie. Badania przeprowadzone przez Strzelczyk (2013) w uprawach energetycznych wskazują że ścieki wiejskie są bogate w składniki pokarmowe roślin i zawierają ponad 2-krotnie więcej azotu i ok. 60% więcej fosforu niż przeciętne ścieki komunalne z miast.

Celem nawożenia jest uzupełnienie niedoboru składników pokarmowych wynikającego m.in. z corocznego ich pobierania przez rosnące rośliny. Podstawą decyzji o nawożeniu jest analiza gleby pod kątem jej zasobności w składniki pokarmowe. Zalecenia agrotechniczne wskazują że w polskich warunkach dawki nawozów dla wierzby energetycznej powinny wynosić:

- w pierwszym roku uprawy nawożenie mineralne NPK stosuje się w proporcji 30:10:30 kg/ha;
- w drugim roku intensywność nawożenia ulega zwiększeniu, dawki NPK wynoszą 90:30:90 kg/ha;
- w trzecim i dalszych latach uprawy nawozy NPK należy stosować odpowiednio 80:30:80 kg/ha;
- niższe nawożenie w dalszych latach wynika z niższego zapotrzebowania, ponieważ część składników pokarmowych rośliny przyswajają z rozkładającej biomasy liści.

Według Szczukowskiego (2004), przy produktywności 10 ton s.m. z 1 ha w ciągu roku wierzba zużywa 60 kg azotu, 8 kg fosforu i 43 kg potasu. Według Mac Persona (1995) szybko rosnące krzewy wierzby potrzebują jedynie około jednej piątej dawki nawozów mineralnych w porównaniu do wymagań zbóż. Autor ten stwierdził, że korzystnie jest stosowanie średnio 60-80 kg azotu, 10 kg fosforu i 35 kg potasu na 1 ha. Badania wykazały, że nawożenie wierzby osadami ściekowymi (dawką równoważącą 150 kg N/ha) powodowały wzrost plonu biomasy o 63% w porównaniu do obiektów nie nawożonych. Doświadczenia przeprowadzone przez Szwedziak (2006) wykazują, że działanie nawozowe osadu czynnego pochodzącego z biologicznych oczyszczalni ścieków, po uprzednim zhigienizowaniu jest równoznaczne z działaniem obornika.

Dawki osadów ściekowych w nawożeniu wierzby energetycznej

W Polsce w 2011 r. oczyszczono 163 484 000 m³ ścieków komunalnych. Przyjmując do obliczeń średnie wartości NPK w osadach podane przez Maćkowiaka (2004) zawierały one 165 282,324 ton azotu (N), 145 173,792 ton P₂O₅ i 15 204,012 ton K₂O. Dla dalszych lat użytkowania wielkości i proporcje NPK wynoszą 80:30:80 kg/ha. Według przeprowadzonych obliczeń własnych aby wnieść do gleby 80 kg azotu należałoby nawieźć 2373,89 kg osadów ściekowych w przeliczeniu na suchą masę. Dla fosforu dawka ta wynosi 1013,51 kg a potasu 25 806,45 kg. Rzeczywiste wielkości zależą od stopnia uwodnienia osadu. Niższe zawartości wilgoci w osadach wpływają na obniżenie kosztów transportu ale podwyższają koszty ich uzyskania. Przy wyborze technologii stosowania osadów powinniśmy kierować się odległością miejsca magazynowania osadów i kosztami ich odwodnienia.

Doświadczenia ze stosowaniem osadów ściekowych w nawożeniu wierzby energetycznej wskazują że w praktyce stosuje się znacznie wyższe dawki osadów, które w różnym stopniu przekładają się na uzyskiwane plony.

Tabela 4. Plony suchej masy (t/ha) pędów (bezlistnych) wierzby krzewiastej (klon 1056) dla różnych dawek nawozów

	Lata uprawy			
	I	II	III	Suma
100 kg N (osad)	6,11	33,87	27,77	67,8
150 kg N (osad)	4,20	31,82	30,61	66,6
200 kg N (osad)	6,51	34,93	36,82	78,3
150 kg N (mocznik)	3,21	27,12	25,66	56,0
Średnia	5,01	31,72	29,19	65,9

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Kalembasa D., Szczukowski S., Cichuta R., Wysokiński A., (2006), Plon biomasy i zawartość azotu w wierzbie (*Salix viminalis*) przy zróżnicowanym nawożeniu azotem, Pamiętnik Puławski, zeszyt 142, s. 174.

Najwyższe plony uzyskano przy nawożeniu 200 kg N/ha. Zawartość suchej masy w stosowanym osadzie wynosiła 20,2%, a zawartość metali ciężkich odpowiadała normom przyjętych dla osadów stosowanych w rolnictwie. Większe plony wierzby w obiektach nawożonych osadem ściekowym świadczy o znacznej przydatności osadów do nawożenia tej rośliny. Przy ustalaniu dawki ścieków potrzebnych na pokrycie zapotrzebowania roślin na azot należy uwzględnić straty wynikające z wymywania tego składnika oraz ulatniania się do atmosfery w wyniku procesu denitryfikacji. Straty azotu w wyniku wymywania na glebach lekkich wynoszą zwykle 20-25%, a z procesu denitryfikacji 15-30% (Strzelczyk 2013). Zagospodarowanie osadów ściekowych do celów nawozowych pozwala ograniczyć wykorzystywanie nawozów sztucznych, a także przywrócić składniki biogenne do obiegu w ekosystemach lądowych (Kabała i wsp. 2010).

Nawożenie osadami ściekowymi jest formą wnoszenia pożądanych dla roślin składników pokarmowych oraz formą podwyższania urodzajności gleb, głównie poprzez wzrost części organicznej – próchnicznej. Mają one oddziaływanie glebotwórcze, a ich stosowanie do wierzchnich warstw gleby nadaje warstwie próchnicznej aktywność biologiczną. Jednak podstawową korzyścią stosowania osadów ściekowych jest możliwość wykorzystania niskich kosztów nawożenia, przy jednoczesnej ich utylizacji.

Zakończenie

Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych jest kompromisem pomiędzy ich zaletami i wadami.

Zalety:

- możliwość wykorzystania składników pokarmowych i właściwości nawozowych zawartych w osadach ściekowych,
- wykorzystanie substancji organicznych zawartych w osadach do wzbogacenia warstwy próchnicznej gleby,
- stosunkowo tani sposób zagospodarowania osadów z równoczesną ich utylizacją.

Wady:

- wysokie nakłady inwestycyjne na instalacje oddzielenia i magazynowania osadów,
- ograniczona liczba odbiorców wynikająca z wymogów prawnych ich stosowania,
- wysoka zawartość patogenów i szkodliwych mikroorganizmów mogących wpływać na zdrowie ludności,
- możliwe uwalnianie odorów w procesie wprowadzania osadów do gleby,
- ograniczenia czasowe nawożenia osadami.

Wierzba energetyczna jako uprawa niekonsumpcyjna jest rośliną dla której w stosowaniu osadów ściekowych przeważają zalety.

Bibliografia

1. Kabała C., Karczewska A., Kozak M. (2010), *Przydatność roślin energetycznych do rekultywacji i zagospodarowania gleb zdegradowanych*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu nr 576, s. 112.
2. Kalembasa D., Szczukowski S., Cichuta R., Wysokiński A., (2006), *Plon biomasy i zawartość azotu w wierzbie (*Salix viminalis*) przy zróżnicowanym nawożeniu azotem*, Pamiętnik Puławski, zeszyt 142, s. 174.
3. Maćkowiak G. (2004) *Chemia rolna*, PWRiL, Warszawa.
4. MacPherson G. (1995) *Home – grown energy from short-rotation coppice*. Farming Press North America: ss. 214.
5. Strzelczyk M. (2013), *Odprowadzanie składników biogenych (N, P) w plonie biomasy ślazuwca pensylwańskiego nawadnianego ściekami wiejskimi*. Inżynieria Ekologiczna nr 32, s. 182.

6. Szczukowski S., Tworowski J., Stolarski M. (2004), *Wierzba energetyczna*, Plantpress, Kraków.
7. Szwedziak K. (2006), *Charakterystyka osadów ściekowych i rolnicze wykorzystanie*, Inżynieria Rolnicza 4/2006, s. 302.
8. Zarzycki R., Wielgościński G.: *Osady ściekowe – najważniejsze problemy zagospodarowania*, Techniczne problemy zarządzania środowiskiem w Łodzi pod redakcją Romana Zarzyckiego, PAN oddział w Łodzi Komisja Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, 2003, str.139-165.
9. Ochrona środowiska 2012, Informacje i opracowania statystyczne, Warszawa, GUS.
10. Rozporządzenie Ministra środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. Nr 134, poz. 1140).
11. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. o odpadach komunalnych (Dz. U. Nr 39/2007, poz. 251 z późn. zm.).
12. Komunalne osady ściekowe – podział, kierunki zastosowań oraz technologie przetwarzania, odzysku i unieszkodliwiania (wyciąg z pracy zrealizowanej w Instytucie Inżynierii Środowiska pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Marty Janosz-Rajczyk, a sfinansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministra Środowiska), Częstochowa, kwiecień 2004 s. 54-55.

ALTERNATIVES FOR SEWAGE SLUDGE FERTILIZERS ACTIVITY IN WILLOW

The development of water and sewage networks, and the increasing number of wastewater treatment plants causes a continuous increase in the amount of sewage sludge. One of the forms of disposal and management may be their use of fertilizer. They are able to replace costly chemical fertilizers, especially in the fertilization of plants uncontrolled consumer goods. Such a plants is willow, which research has shown responds very well to increase yields in the application of sewage sludge. The article describes both the advantages and limitations of the agricultural use of sewage sludge in willow fertilization.

Key words: sewage sludge, organic fertilizers, willow.

