Marcin KRUKOWSKI, Teresa SUCHECKA
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW
Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Wstępna ocena osadów ściekowych z oczyszczalni miasta Rypina
Initial estimation of sludge from municipal purification plant at Rypin

Wstęp

Trudnym zagadnieniem w eksploatacji oczyszczalni ścieków jest gospodarka osadami ściekowymi, a także ich wykorzystanie. Budowa coraz większej liczby oczyszczalni i zwiększenie ilości powstających osadów, przy braku terenów do ich składowania sprawia, że rozwiązanie tego problemu staje się bardzo pilne i niezwykle ważne (Bernacka i Pawłowska 1996). Czyni się próby utylizacji osadów ściekowych poprzez ich zastosowanie w rolnictwie jako domieszka do gleby. Niestety liczne badania (Gajkowska-Stefańska 1994) wykazały, że osady ściekowe z oczyszczalni miejskich w zasadzie nie nadają się do wykorzystania w rolnictwie. Nadmierne obciążenie osadu metalami ciężkimi, substancjami toksycznymi i skażenie sanitarno-bakteriologicze uniemożliwiają bezpośrednie stosowanie ich do nawożenia gleb, rekultywacji gruntu, gospodarki leśnej lub do dalszego ich przetwarzania drogą kompostowania (Chmiel 1994).

Gospodarowanie tymi osadami w oczyszczalniach ścieków, a w szczególności ich wykorzystanie z uwzględnieniem wymagań środowiska, stwarza poważne problemy, których rozwiązanie wymaga podjęcia odpowiednich działań. Dlatego też obecne technologie obróbki osadów koncentrują się zarówno na poprawie ich parametrów higieniczno-sanitarnych, jak również eliminacji nadmiernych ilości metali ciężkich, co dałoby możliwość rolniczego zagospodarowania osadów na szerszą skalę.

Należy jednak podkreślić, że nie ma osadów typowych i każda oczyszczalnia ma swój własny charakterystyczny osad.

Celem pracy było wstępne określenie przydatności osadów ściekowych do ich zastosowania gospodarczego, na podstawie wykonanych analiz fizykochemicznej i biologicznej oraz badania wazonowego.

Materiał i metodyka badań

Do badań (wykonane w 1997 r.) użyto osad ściekowy pobrany z poletka stabi-

lizacyjnego znajdującego się na terenie oczyszczalni miasta Rypina. Został on przebadany pod kątem właściwości chemicznych i mikrobiologicznych. Własności chemiczne i mikrobiologiczne analizowano przy zastosowaniu ogólnie przyjętych metod (Ostrowska i in. 1991). W analizowanym osadzie oznaczono:

- substancję organiczną,
- węgiel organiczny,
- azot ogólny, fosfor, potas, wapń, magnez i sód,
- odczyn (pH),
- metale ciężkie.

W dalszej kolejności przeprowadzono doświadczenie wegetacyjne, gdzie jako roślinę testującą wybrano sałatę ma-

6. Gleba + kompost rekultywacyjny z kompostowni Radiowo.

Doświadczenie przeprowadzono w wazonach o pojemności 10 dm^3, stosując:

- glebę – 10 kg/wazon,
- osad ściekowy – 50 g s.m./wazon,
- obornik – 50 g s.m./wazon,
- kompost rekultywacyjny – 50 g s.m./wazon,
- nawożenie mineralne NPK – 0,5 g/wazon.

Jako podłoża glebowego zastosowano madę wiślaną o pojemności wodnej 38%, gęstości objętościowej 1,19 g/cm^3. Skład granulometryczny zamieszczono w tabeli 1.

TABELA. 1 Skład granulometryczny gleby
TABLE 1. Mechanical composition of soil

% zawartość części o średnicy (mm)/percentage of mechanical particles in soil in diameter						
1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,10	0,10–0,05	0,05–0,02	< 0,02	GRUPA MECH. (mech. group)
3,8	9,0	28,2	21	22	16	p.g.m.p

słową *(Lactuca sativa)*, która charakteryzuje się krótkim okresem wegetacyjnym oraz doświadczenie laboratoryjne określające aktywność biologiczną w osadzie i materiałach porównawczych.

Doświadczenie wegetacyjne założono w czterech powtórzeniach według następującego schematu:

1. Gleba bez dodatków – kontrola
2. Gleba + NPK
3. Gleba + obornik
4. Gleba + osad ściekowy (powietrznie sucha masa)
5. Gleba + osad ściekowy stabilizowany (39% s.m)

Osad ściekowy cechował się strukturą gąbczastą, zapachem ziemistym, barwą ciemną. Sucha masa wynosiła 39%, a pH_{H_2O} – 6,1.

Jako materiał porównawczy został użyty kompost rekultywacyjny z kompostowni Radiowo, wytwarzany według technologii DANO oraz nieprzekompostowany obornik bydlęcy (rozdrobniony) z RZD Obory.

W badaniach laboratoryjnych dotyczących aktywności biologicznej osadu zastosowano następujące kombinacje:

1. Gleba
2. Kompost z Radiowa

3. Obornik
4. Osad ściekowy
5. Gleba + kompost
6. Gleba + obornik
7. Gleba + osad ściekowy

Kryterium oceny aktywności biologicznej w poszczególnych wariantach była ilość wydzielanego CO_2 w procesie rozkładu substancji organicznej. Obserwacje prowadzono w czasie 18-tygodniowej inkubacji prób. Pomiary wykonywano co 2 tygodnie.

Wyniki badań

Wyniki analiz chemicznych osadu zamieszczono w tabeli 2. Z przedstawionych w tabeli danych wynika, że osad zawierał zarówno znaczne ilości składników nawozowych (N, P, K), jak również makroelementów (Ca, Na, Mg) niezbędnych do wzrostu roślin. Zawartość metali ciężkich była niewielka i nie przekraczała wartości dopuszczalnych określonych w normie dla osadów ściekowych stosowanych w rolnictwie.

Analiza bakteriologiczna dotyczyła obecności bakterii *E. coli* typu kałowego, *Clostridium perfingens, Salmonelli* oraz obecności jaj pasożytów (helmintów) *Ascaris lumbricoides* i *Trichocephalus trichuria.*

Wymagania sanitarne dla osadów ściekowych wykorzystywanych w rolnictwie zawarte w rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych oraz w zaleceniach Instytutu Medycyny Wsi w Lublinie przedstawia tabela 3. Wyniki zaś wykonanych badań sanitarnych przedstawiono w tabeli 4.

TABELA 2. Skład chemiczny osadu ściekowego z oczyszczalni w Rypinie
TABLE 2. Content of chemical elements in sludge from purification plant at Rypin

Cechy Features	Badana próba Egzamined sample	Normy/Norms[a] [mg/kg s.m.]
Materia organiczna/Organic matter [% s.m.]	63,9	–
Węgiel organiczny/Organic carbon [% s.m.]	27,2	–
Azot ogólny/Nitrogen total [% s.m.]	2,01	–
Fosfor ogólny/Phosphorus total [% s.m.]	1,03	–
Potas/Potasium [% s.m.]	0,66	–
Żelazo/Iron [% s.m.]	1,3	–
Sód/Sodium [% s.m.]	0,15	–
Wapń/Calcium [% s.m.]	1,95	–
Magnez/Magnesium [% s.m.]	0,42	–
Metale ciężkie/Heavy metals [mg/kg s.m.]		
Miedź/Copper	107	800
Cynk/Zinc	186	2500
Kadm/Cadmium	0	10
Ołów/Lead	22	500
Chrom/Chromium	12	500
Kobalt/Cobalt	0	0
Nikiel/Nickel	0	0

[a]Polish Standard BN-89/9103-09

TABELA 3. Wymagania sanitarne stawiane przy wydawaniu decyzji dopuszczającej wykorzystanie osadu
TABLE 3. Sanitary requirements for sludge use in agriculture

Wskaźnik (INDEX)	MOŚIZN	IMW
Salmonella	niewykrywalne/not detectable	niewykrywalne/not detectable
Miano *coli* (*coli titer*)	nie mniej niż 0,01/not less than	nie mniej niż 0,01/not less than
Miano (titer) *Clostridium perfingens*	–	nie mniej niż 0,01/not less than
Jaja/eags *Ascaris lumbri, Trichocephalus trichuria*	do 10 w 1 litrze up to 10 in 1 liter	do 10 w 1 kg osadu up to 10 in 1 kg of sludge

TABELA 4. Ocena sanitarna osadu ściekowego
TABLE 4. Sanitary assessment of sludge

Data Date	Miano coli *Coli* titer	Typ kałowy Feacal *coli* titer	*Enterokoki*	Clostridium *Perfingens*	*Salmonella*	*Ascaris Lumbri*
01.05.97 r.	$> 10^{-8}$	$> 10–8$	10^{-6}	10^{-4}	obecna (detected)	2 jaja (eggs) w (in) kg
19.05.97 r.	$> 10^{-8}$	$> 10^{-7}$	10^{-6}	10^{-3}	obecna (detected)	4 jaja (eggs) w (in) kg
01.06.97 r.	10^{-7}	$> 10^{-8}$	10^{-6}	10^{-4}	obecna (detected)	1 jajo (egg) w (in) kg

Przeprowadzone analizy bakteriologiczno-sanitarne osadu z Rypina wykazały znaczne przekroczenie dopuszczalnych norm. Przekroczone zostały wskaźniki na występowanie *Sallmonelli*, *Clostridium perfingensis* oraz miano *coli*. Niepokojące jest również występowanie jaj helmintów, mimo iż nie zostały przekroczone dopuszczalne wartości. W takiej sytuacji należałoby prowadzić stały monitoring sanitarny nad osadami ze względu na sezonową zmienność zawartości tych patogenów.

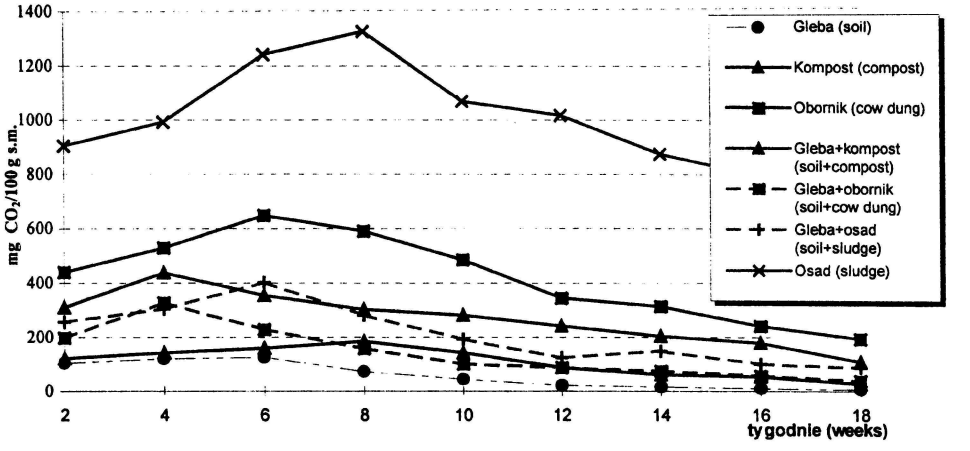
Ocena aktywności biologicznej osadu

Badania polegały na określeniu aktywności biologicznej danego materiału przez pomiar wydzielającego się podczas rozkładu substancji organicznej CO_2. Uzyskane wartości wydzielonego CO_2 przeliczono i ich średnie przedstawiono na rysunku 1.

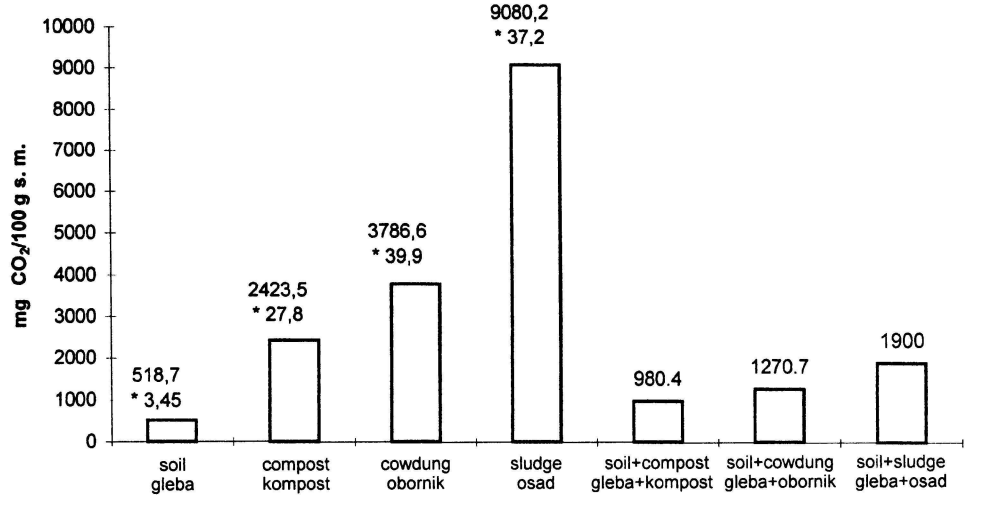
Z analizy przebiegu wydzielania CO_2 wynika, że największa aktywność biologiczna dla wszystkich kombinacji występowała w ciągu pierwszych kilku tygodni. Najintensywniej proces rozkładu substancji organicznej przebiegał kolejno w kombinacji 4, 3 i 2.

Na rysunku 2 przedstawiono także sumy wydzielonego CO_2 w całym okresie inkubacji, gdzie najwięcej uzyskano w kombinacji 4 – 9080,2 mg/100 g s.m., następnie w 3 – 3786,6 mg/100 g s.m. i w 2 – 2423,5 mg/100 g s.m.

Wyniki tych badań świadczą o bardzo intensywnych procesach biologicznych, które najintensywniej zachodziły w osa-



RYSUNEK 1. Przebieg rozkładu substancji organicznej w doświadczeniu w czasie 18 tygodni inkubacji w temperaturze 28°C
FIGURE 1. Rates of decomposition of organic matter during incubation in 18 weeks (temp. 28°C)



RYSUNEK 2. Suma wydzielonego CO_2 z badanych kombinacji w ciągu 18 tygodni inkubacji
FIGURE 2. Sum of carbon dioxide secreted during 18-weeks incubations of tested samples

*zawartość substancji organicznej w suchej masie nawozów organicznych w (%)/percentage of organic substance in dry matter of organic fertilizer

dzie ściekowym, gdzie wzrastały do 8 tygodnia inkubacji, po czym malały. W pozostałych próbach miały zróżnicowany charakter i były znacznie słabsze niż w osadzie ściekowym (kolejno w oborniku bydlęcym, kompoście rekultywacyjnym, gleba + osad, gleba + obornik, gleba + kompost, gleba).

Doświadczenie wegetacyjne

Uzyskane wyniki z doświadczenia wegetacyjnego opracowano statystycznie i przedstawiono w tabeli 5.

Jak wynika z danych, największy plon sałaty masłowej uzyskano z kombinacji 2, a następnie 4 i 5. Pozostałe kombinacje dały plony mniejsze. Można zatem stwierdzić, że dodatek osadu ściekowego w obu zastosowanych wariantach spowodował większy przyrost masy uprawianej sałaty niż dodatek obornika bydlęcego czy też kompostu rekultywacyjnego. Wyniki badań wegetacyjnych potwierdziły wyniki oceny aktywności biologicznej badanych próbek, gdzie najintensywniej przebiegały w osadzie ściekowym.

TABELA 5. Plon *Lactuca sativa* w doświadczeniu wegetacyjnym [g/w]
TABLE 5. The yield of *Lactuca sativa* [g/pot]

Lp.	Kombinacje glebowe Soil combinations	Średnia na wazon The average yield on pot [g/w]
1	gleba – kontrola soil (control)	72
2	gleba + NPK soil+ mineral fertillizer	302,5
3	gleba + obornik soil + cowdung	95,25
4	gleba + osad (39% s.m.) soil + sludge	209
5	gleba + osad (surowy) soil + sludge	251,75
6	gleba + kompost soil + compost	135,5

$NIR_{0,05}$ = 26,97 g/w

Dyskusja wyników

Doświadczenia wegetacyjne potwierdzają, że osad ściekowy ma dużą wartość nawozową, co korzystnie wpływa na wzrost i przyrost masy uprawianych roślin. Wyniki uzyskane w uprawie sałaty masłowej potwierdzają istotny wpływ na plon osadu dodawanego do gleby. Wiąże się to z dużą zawartością składników nawozowych, co czyni go użytecznym nawozem jak inne popularnie stosowane nawozy organiczne, takie jak obornik czy kompost rekultywacyjny. Wysoka i krótkotrwała aktywność biologiczna osadu świadczy o dużej zawartości substancji organicznej, co może być korzystne w nawożeniu roślin uprawnych o krótkim okresie wegetacyjnym, gdzie roślina może w pełni wykorzystać te właściwości.

Analiza chemiczna potwierdza znaczne walory nawozowe osadu związane z zawartością NPK oraz licznych makroelementów. Niewielka ilość metali ciężkich nie stwarza bezpośredniego zagrożenia chemicznego dla środowiska.

Niestety najważniejszym ograniczeniem w nawozowym stosowaniu badanego osadu w stanie surowym są niespełnione kryteria sanitarne. Przekroczone

zostały normy zawartości jaj helmintów oraz bakterii chorobotwórczych. Nie można jednak oczekiwać, aby osad z oczyszczania bytowo-gospodarczych ścieków (bez specjalnej obróbki) był wolny od chorobotwórczych organizmów. W przypadku przyrodniczego wykorzystania osadów należy stworzyć warunki do szybkiego zamierania tych organizmów (Siuta i Wasiak 1993). Problem ten mogą rozwiązać zastosowane środki techniczne i zabiegi higienizacyjne, takie jak kompostowanie lub obróbka termiczna (Marcinkowski 1986)

Wnioski końcowe

1. Wartość nawozowa osadów ściekowych z oczyszczalni miasta Rypin jest duża ze względu na korzystną zawartość związków biogennych (porównywalna z innymi nawozami organicznymi).
2. Zawartość metali (Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Co) w osadach ściekowych nie przekraczała wartości ujętych w normie dla rolniczego wykorzystania osadów ściekowych (norma branżowa BN-89/9103-09 Utylizacja rolnicza).
3. Uzyskane plony sałaty masłowej (największe) w doświadczeniu wegetacyjnym świadczą o wysokim efekcie nawozowym badanego osadu ściekowego.
4. Osad ściekowy zawierał korzystne ilości składników mineralnych (Na, Ca, Mg) niezbędnych do procesów wzrostowych roślin.
5. Ewentualne zastosowanie osadu do celów rekultywacyjnych na glebach zdegradowanych mogłoby dostarczyć niezbędnych składników pokarmowych dla sadzonej na tych terenach roślinności wysokiej i niskiej.
6. Ze względu na niespełnienie kryterium sanitarnego, dalsze badania należy ukierunkować na poprawę własności sanitarnych osadu dostępnymi środkami technicznymi.

Literatura

BERNACKA J., PAWŁOWSKA L. 1996: Przeróbka i zagospodarowanie osadów z miejskich oczyszczalni ścieków. IOŚ, Warszawa.

CHMIEL A. 1994: Biotechnologia. Procesy biochemiczne i mikrobiologiczne. Wydawnictwo PWN, Warszawa.

GAJKOWSKA-STEFAŃSKA L. 1994: Laboratoryjne badania wody ścieków i osadów ściekowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

MARCINKOWSKI T. 1986: Niszczenie organizmów chorobotwórczych w procesach przeróbki osadów ściekowych. *Ochrona Środowiska*, 488: 30.

Merytoryczne podstawy do opracowania przepisów prawnych dotyczących przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. 1996: Maszynopis. IOŚ, Warszawa

OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.

SIUTA J., WASIAK G. 1993: Agrotechniczne przetwarzanie osadów ściekowych na kompost. *Ekologia i technika* 3: 11–13.

Summary

Initial estimation of sludge from municipal purification plant at Rypin. The tests were performed with the use of sludge as an organic addition to soil. The aim of this study was initial estimation of sludge from munici-

pal purification plant at Rypin. The examination proved that sludge couldn't be use directly into the soil without pretreatment.

Authors' address:
M. Krukowski, T. Suchecka
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland