

Wpłynęło 14.07.2011 r.
Zrecenzowano 06.10.2011 r.
Zaakceptowano 18.01.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

OCENA SKUTECZNOŚCI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW WIEJSKICH W ŚRODOWISKU GLEBOWO-ROŚLINNYM NA PODSTAWIE BADAŃ LIZYMETRYCZNYCH

**Maria STRZELCZYK¹⁾ ABDEF, Krzysztof PULIKOWSKI²⁾ CDF,
Aleksandra STEINHOFF-WRZEŚNIEWSKA¹⁾ BDEF,
Katarzyna PAWĘSKA²⁾ BCD**

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Dolnośląski Ośrodek Badawczy we Wrocławiu

²⁾ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań redukcji ładunku azotu odprowadzanego ze ściekami po ich glebowo-roślinnym oczyszczaniu w okresie od kwietnia 2009 r. do marca 2011 r. W pracy dokonano analizy skuteczności eliminacji azotu ogólnego w wyniku glebowo-roślinnego oczyszczania ścieków. W doświadczeniu zastosowano dwa gatunki roślin wieloletnich należących do grupy roślin energetycznych: miskant olbrzymi (*Miscanthus giganteus* Greef et Deu.) oraz ślázowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby). Badania prowadzono w lizymetrach o średnicy 1,0 m i głębokości 1,3 m, wypełnionych piaskiem gliniastym. W doświadczeniu zastosowano 2 warianty obciążenia gleby ściekami (I – 1200 mm·r⁻¹ i II – 1600 mm·r⁻¹). Wyniki badań z obu wariantów świadczą o dużej skuteczności usuwania azotu ogólnego zawartego w ściekach w poszczególnych miesiącach, wynoszącej od 84 do 100%. Wskazały również na wpływ warunków atmosferycznych determinujących wielkość odcieków, a co za tym idzie – ilość składników wymywanych z gleby.

Słowa kluczowe: azot, gleba, oczyszczanie, roślina, ścieki

WSTĘP

Przystępując do Unii Europejskiej Polska zobowiązała się do wprowadzenia do końca 2015 r. wymogów dyrektywy Rady 91/271/EWG dotyczącej oczyszczania ścieków komunalnych. Rozproszona lub średnio zwarta zabudowa, charakteryzująca obszary wiejskie, rodzi wiele problemów związanych z odprowadzaniem i bezpiecznym dla środowiska oczyszczaniem ścieków komunalnych. Zgodnie z zasadami zawartymi w „Krajowym programie oczyszczania ścieków komunalnych” [KZGW 2003] na terenach, na których nie ma możliwości budowy kanalizacji zbiorczej możliwe jest stosowanie indywidualnych rozwiązań lokalnych, w celu utylizacji ścieków w miejscu ich powstawania. Na rynku jest dostępnych wiele rodzajów przydomowych oczyszczalni ścieków, różniących się między innymi konstrukcją, stosowaną technologią, ceną i skutecznością działania [EYMONTT, ROGULSKI 2006, PALUCH i in. 2006, EYMONTT, GUTRY 2010]. Jedną z metod oczyszczania ścieków jest oczyszczanie biologiczne, z wykorzystaniem naturalnych lub zbliżonych do naturalnych procesów, zachodzących w środowisku glebowo-roślinnym. Oczyszczalnie glebowo-roślinne są od wielu lat stosowane do oczyszczania zarówno dużych, jak i niewielkich ilości ścieków komunalnych i pochodzących z przemysłu rolno-spożywczego.

Celem pracy badawczej było określenie efektywności biologicznego oczyszczania ścieków w środowisku glebowo-roślinnym oraz ocena przydatności tego systemu jako oczyszczalni przydomowych. Zakłada się, że glebowo-roślinne oczyszczanie z wykorzystaniem roślin energetycznych, charakteryzujących się dużym zapotrzebowaniem na wodę i składniki pokarmowe, umożliwi osiągnięcie wysokiego stopnia oczyszczania ścieków.

METODY BADAŃ

Ścieki wykorzystane w doświadczeniu pochodziły z gminnej oczyszczalni, należącej do 2. grupy wielkości o RLM (równoważnej liczbie mieszkańców) wynoszącej od 2000 do 9999. Badania przeprowadzono w lizymetrach o głębokości 130 cm i średnicy 100 cm, wyposażonych w system drenów, umieszczony w dnie, odprowadzający odcieki do pojemników zbierających. Lizymetry wypełniono piaskiem gliniastym o zawartości części spławianych ok. 14% oraz próchnicy 1,6–2,0%. W doświadczeniu zastosowano 2 warianty obciążenia ściekami – 1200 (wariant I) i 1600 (wariant II) mm·r⁻¹. Ścieki dostarczano systematycznie, w równych dawkach, przez cały rok. Jednorazowa dawka polewowa wynosiła ok. 145 mm. W doświadczeniu zastosowano dwa gatunki roślin energetycznych: miskant olbrzymi (*Miscanthus giganteus* Greef et Deu.) oraz ślazier pensylwański (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) nazywany często malwą. Obydwa warianty zastosowano w 3 powtórzeniach. Badano stężenie azotu w ściekach stosowanych do nawod-

nień oraz odciekach lizymetrycznych. W badanych próbach azot ogólny oznaczano metodą Kjeldahla, zgodnie z PN-75 C-04576/16, na aparacie GBC UV/VIS 916. Systematycznie mierzono ilość odcieków oraz opadów atmosferycznych.

Badania przeprowadzono na Stacji Badawczej Dolnośląskiego Ośrodka Badawczego Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego. Analizę statystyczną wyników przeprowadzono w programie Statistica 7.1.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań obejmują okres od kwietnia 2009 r. do marca 2011 r. Zarówno rok 2009, jak i 2010 (tab. 1) były latami mokrymi o prawdopodobieństwie wystąpienia ok. 2% [DUBICKI i in. 2002], co mogło istotnie wpływać na ilość wymytych składników. Według DUBICKIEGO i in. [2002], średnia z wielolecia 1981–2000 roczna suma opadów atmosferycznych we Wrocławiu wynosi ok. 567 mm, w półroczu letnim (IV–IX) – 357 mm, w natomiast półroczu zimowym (X–III) – 210 mm. W okresie badawczym, zarówno w półroczach letnich, jak i zimowych, suma opadów była wyższa od średniej z wielolecia (półrocze letnie – 499 mm i 632, półrocze zimowe – 278 mm i 377 mm).

Tabela 1. Wysokość opadów atmosferycznych na Stacji Badawczej w Kamieńcu Wrocławskim, mm

Table 1. Atmospheric precipitations in the Research Station in Kamieniec Wrocławski, mm

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
2009	38	57	58	30	86	174	139	58	12	87	39	59	837
2010	48	10	37	61	169	43	97	130	132	5	74	59	865
2011	39	11	49	31	51	84	143	79	37	46	1	51	622

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

W przypadku glebowo-roślinnego oczyszczania ścieków wysokość i rozkład opadów atmosferycznych może mieć istotny wpływ na wymywanie składników pokarmowych z profilu glebowego. Jedną z podstawowych zalet oczyszczania ścieków w systemie glebowo-roślinnym, oprócz uniwersalności i łatwości eksploatacji, jest zmniejszenie nie tylko stężenia zanieczyszczeń zawartych w ściekach, ale również wyraźne zmniejszenie ilości odprowadzanych ścieków, a co za tym idzie ładunku zanieczyszczeń.

Stężenie azotu w ściekach wykorzystanych w doświadczeniu było zróżnicowane i wynosiło od 74 do 308 mg N·dm⁻³ (tab. 2).

W półroczach letnich ilość odcieków w obu wariantach nawadniania była mniejsza w lizymetrach obsadzonych ślazowcem (tab. 3). W lizymetrach tych ilość odcieków w wariantcie I stanowiła 35 i 44% łącznej ilości opadów atmosferycznych i nawodnień, a w wariantcie II – 45 i 51%, odpowiednio w 2011 i 2010 r. Ilość

Tabela 2. Stężenie azotu w ściekach w wariancie I i II, mgN·dm⁻³**Table 2.** Concentration of total nitrogen in sewage in variant I and II, mgN·dm⁻³

Data Date	Wariant	Variant	Data Date	Wariant	Variant
	I	II		I	II
8 IV 2009	207	207	22 II 2010	–	96
29 IV 2009	–	132	2 III 2010	105	–
5 V 2009	136	–	24 III 2010	–	124
21 V 2009	–	308	19 IV 2010	87	87
3 VI 2009	119	–	26 V 2010	74	–
18 VI 2009	–	146	21 VI 2010	–	117
14 VII 2009	–	145	19 VII 2010	149	149
5 VIII 2009	129	149	23 VIII 2010	116	116
26 VIII 2009	–	127	20 IX 2010	–	117
3 IX 2009	126	–	19 X 2010	126	–
8 IX 2009	–	160	25 X 2010	–	136
6 X 2009	160	–	22 XI 2010	130	130
28 X 2009	–	94	31 XII 2010	–	111
4 XI 2009	109	–	3 II 2011	129	129
18 XI 2009	–	93	3 III 2011	–	142
19 I 2010	96	–	10 III 2011	102	–

Źródło: wyniki własne. Source: own studies

odcieków z lizymetrów obsadzonych miskantem była większa od kilku do kilkunastu procent. W półroczu zimowym ilość odcieków stanowiła od 48 do 76% łącznej ilości wody dostarczonej z opadami atmosferycznymi i nawodnieniami.

Minimalne, maksymalne oraz średnie (wraz z ich niepewnością standardową) wartości stężenia azotu w ściekach stosowanych w doświadczeniu oraz odciekach lizymetrycznych były zróżnicowane (tab. 4). Zmniejszenie stężenia azotu w ściekach wyniosło od 83 do 95% w wariancie I i 96% w wariancie II w przypadku malwy. W lizymetrach obsadzonych miskantem redukcja ta wyniosła od 85 do 97% w wariancie I i od 76 do 98% w wariancie II. Stężenie azotu w wodach opadowych wyniosło od 3,5 do 13,9 mg N·dm⁻³ w 2009 r. oraz od 3,7 do 14,1 mg N·dm⁻³ w 2010 r. Łączna dawka azotu dostarczona na powierzchnię jednego lizymetru wraz z opadem atmosferycznym w okresie prowadzenia badań wyniosła ok. 9,2 g N, co stanowiło 2,0 (w wariancie I) i 2,8 % (w wariancie II) ilości azotu dostarczonego wraz ze ściekami.

W załączniku 1. do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. [Rozporządzenie... 2006] określono warunki jakie muszą być spełnione podczas wprowadzania ścieków do wód i do gleby. Ze względu na ochronę środowiska bardzo istotne jest nie tylko stężenie zanieczyszczenia, ale przede wszystkim jego ładunek, będący iloczynem stężenia danego składnika w ściekach oraz ilości ścieków odprowadzanych do środowiska.

Tabela 3. Sezonowa suma opadów atmosferycznych P i ilość ścieków dostarczonych w nawodnieniach oraz ilość odcieków lizymetrycznych**Table 3.** Seasonal sum of atmospheric precipitations P and the amount sewage delivered in irrigation and the mean amount of lysimetric drainage

Okres Period	Opad P Precipitations P		Nawad- nianie ściekami – wariant I dm ³ ·lizi- metr ⁻¹ Irrigation with sewage variant I dm ³ ·lysi- metr ⁻¹	Odciek – wariant I Drainage – variant I				Nawad- nianie ściekami – wariant II dm ³ ·lizi- metr ⁻¹ Irrigation with sewage variant II dm ³ ·lysi- metr ⁻¹	Odciek – wariant II Drainage – variant II			
	mm	dm ³ ·liziymetr ⁻¹ dm ³ ·lysimetr ⁻¹		<i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby		<i>Miscanthus giganteus</i> Greef et Deu.			<i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby		<i>Miscanthus giganteus</i> Greef et Deu.	
				dm ³ ·liziymetr ⁻¹ dm ³ ·lysimetr ⁻¹	% opadu i dawki ścieków % of pre- cipita- tions and sewage	dm ³ ·liziymetr ⁻¹ dm ³ ·lysimetr ⁻¹	% opadu i dawki ścieków % of pre- cipita- tions and sewage		dm ³ ·liziymetr ⁻¹ dm ³ ·lysimetr ⁻¹	% opadu i dawki ścieków % of pre- cipita- tions and sewage dose	dm ³ ·liziymetr ⁻¹ dm ³ ·lysimetr ⁻¹	% opadu i dawki ścieków % of pre- cipita- tions and sewage dose
Lato Summer 2009/2010	499	361,8		350	44	428	54		518	51	688	68
Lato Summer 2010/2011	632	458,2		317	35	370	41		429	45	468	49
Zima Winter 2009/2010	278	201,5	435	473	74	484	76	580	530	50	557	52
Zima Winter 2010/2011	377	273,3		342	48	405	57		478	49	587	60

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Tabela 4. Stężenie azotu w ściekach oraz odciekach lizymetrycznych, mg N·dm⁻³**Table 4.** Concentration of total nitrogen in sewage and drainage from lysimeters, mg N·dm⁻³

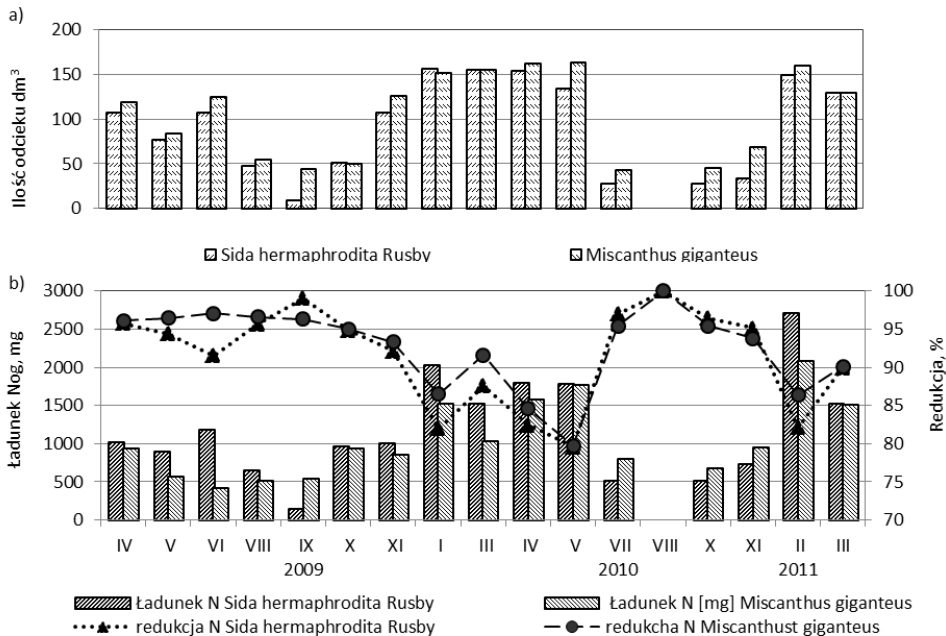
Wyszczególnienie Specification	Ścieki Sewage		Odcieki lizymetryczne Drainage from lysimeters			
			<i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby		<i>Miscanthus giganteus</i> Greef et Deu.	
	wariant I variant I	wariant II variant II	wariant I variant I	wariant II variant II	wariant I variant I	wariant II variant II
Min.	74,0	86,8	9,3	9,0	3,3	4,8
Max	207,0	308,0	21,7	23,2	18,8	27,7
Średnia Mean	124 (u = 30)	137 (u = 46)	14,5 (u = 5,1)	16,2 (u = 4,0)	11,1 (u = 4,9)	13,3 (u = 6,7)

Objaśnienie: *u* – niepewność standardowa wartości średniej, obliczona statystycznie.

Explanation: *u* – statistical standard uncertainty of the mean.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

W przeprowadzonych badaniach w wariancie I ładunek azotu odprowadzonego z lizymetrów w okresie między dwoma kolejnymi nawodnieniami, czyli w czasie 45 dni, w półroczu letnim wyniósł od 0 w sierpniu 2010 r. do 1798 mg N w kwietniu



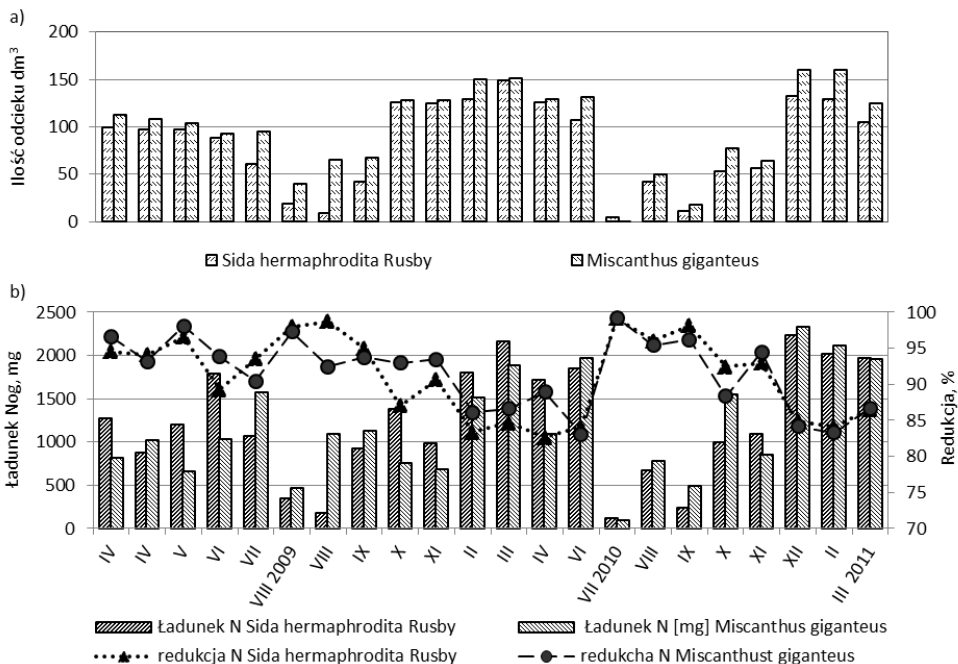
Rys. 1. Ilość odcieków (a) oraz odprowadzany ładunek azotu i procent jego redukcji (b) w I wariancie badań; źródło: wyniki własne

Fig. 1. The amount of drainage (a), removed nitrogen load of nitrogen and percent of reduction in variant I; source: own studies

niu 2010 r. w lizymetrach obsadzonych malwą. W półroczu zimowym odprowadzone ładunki azotu były większe i wyniosły od ok. 521 do ponad 2000 mg N (rys. 1). Największe, przekraczające 1500 mg N, ładunki azotu odprowadzanego w odciekach lizymetrycznych w półroczu letnim wystąpiły w kwietniu i maju 2010 r. Było to spowodowane wzmożonym wypłukiwaniem składników pokarmowych z gleby w wyniku bardzo dużych odcieków lizymetrycznych (rys. 1), poprzedzonych dużymi opadami atmosferycznymi (kwiecień – 61 mm, maj – 169 mm).

Redukcja ładunku zanieczyszczeń w ściekach w półroczu letnim, w wariancie I, wyniosła od 92 do 100% i tylko w kwietniu i maju 2010 r., w wyniku niekorzystnych warunków atmosferycznych, skuteczność oczyszczania ścieków spadła do 80%. W półroczu zimowym redukcja ładunku azotu odprowadzanego w tym wariancie była mniejsza i wynosiła od 82 do 96%.

W wariancie II ładunek azotu odprowadzanego z lizymetrów w okresie między dwoma kolejnymi nawodnieniami, czyli w czasie ok. 30 dni, w półroczu letnim wyniósł od 100 do 1967 mg N (rys. 2). Duże ilości azotu odprowadzonego w okresie IV–VI 2010 r. są spowodowane, podobnie jak w wariancie I, dużymi opadami atmosferycznymi i wywołanymi przez nie dużymi odciekami z lizymetrów (rys. 2).

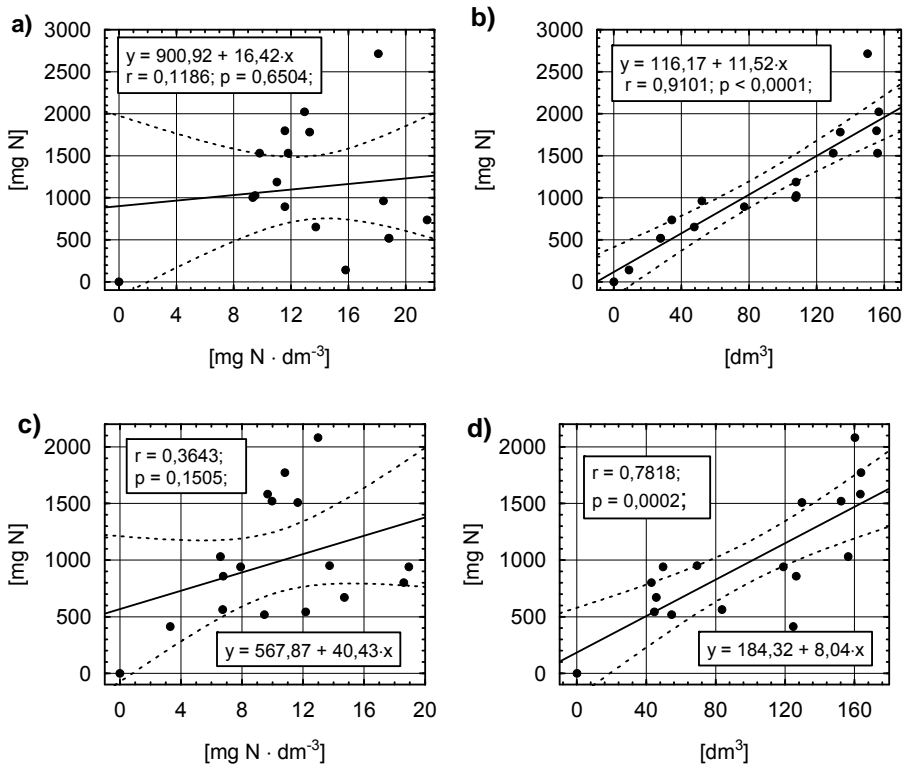


Rys. 2. Ilość odcieków (a) oraz odprowadzany ładunek azotu i procent jego redukcji (b) w II wariancie badań; źródło: wyniki własne

Fig. 2. The amount of drainage (a), removed nitrogen load of nitrogen and percent of reduction in variant II; source: own studies

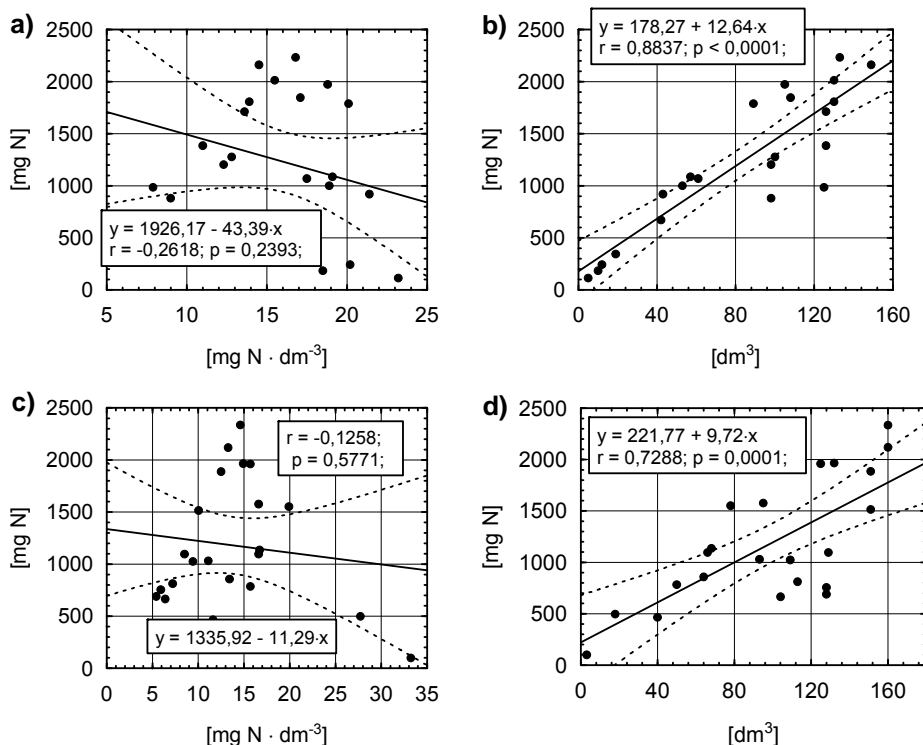
W wariancie z większym obciążeniem ściekami, zarówno w półroczu letnim, jak i zimowym, ładunek azotu odprowadzanego z odciekami jest większy. Redukcja ładunku zanieczyszczeń utrzymywała się na podobnym poziomie, jak w wariancie I i wynosiła 83–99% w półroczu letnim oraz 93% w lizymetrach z malwą i 94% w lizymetrach z miskantem w półroczu zimowym.

Analiza statystyczna wyników wykazała, że w obu wariantach o ładunku azotu odprowadzanego z lizymetrów decydowała ilość odcieków (rys. 3, 4), o czym świadczy poziom istotności p wynoszący od 0,0002 do $< 0,0001$. Nie wykazano istotnego wpływu stężenia azotu w ściekach na ilość tego składnika odprowadzaną w odciekach lizymetrycznych (od $p = 0,1505$ do $p = 0,6504$).



Rys. 3. Zależność między: a) ładunkiem a stężeniem azotu – *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby, b) ładunkiem azotu a ilością odcieku – *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby, c) ładunkiem a stężeniem azotu – *Miscanthus giganteus* Greef et Deu., d) ładunkiem azotu a ilością odcieku – *Miscanthus giganteus* Greef et Deu. – wariant I; źródło: wyniki własne

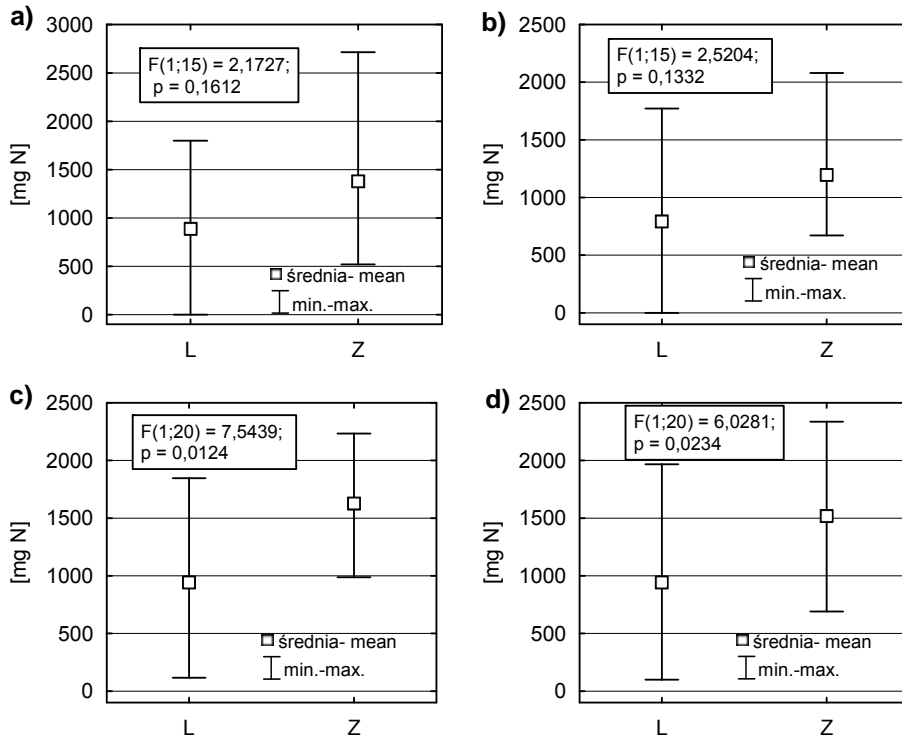
Fig. 3. The relationship between: a) load and concentration of nitrogen – *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby, b) load and the amount of drainage – *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby, c) load and concentration of nitrogen – *Miscanthus giganteus* Greef et Deu., d) load and the amount of drainage – *Miscanthus giganteus* Greef et Deu. – variant I; source: own studies



Rys. 4. Zależność między: a) ładunkiem a stężeniem azotu – *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby, b) ładunkiem azotu a ilością odcieku – *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby, c) ładunkiem a stężeniem azotu – *Miscanthus giganteus* Greef et Deu., d) ładunkiem azotu a ilością odcieku – *Miscanthus giganteus* Greef et Deu. – wariant II; źródło: wyniki własne

Fig. 4. The relationship between: a) load and concentration of nitrogen – *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby, b) load and the amount of drainage – *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby, c) load and concentration of nitrogen – *Miscanthus giganteus* Greef et Deu., b) load and the amount of drainage – *Miscanthus giganteus* Greef et Deu. – variant II; source: own studies

Z badań wynika, że ładunek zanieczyszczeń odprowadzanych do środowiska w roślinno-glebowym systemie oczyszczania ścieków podlega zmianom sezonowym. W półroczu zimowym, kiedy rośliny nie pobierają wody oraz składników w niej zawartych, a transpiracja jest mała, ilość odcieków, a w związku z tym ładunek azotu odprowadzanego z nimi jest większy niż w półroczu letnim. Omawiane różnice nie są jednak istotne statystycznie (rys. 5).



Rys. 5. Średni ładunek azotu w półroczu letnim (L) i zimowym (Z) w odciekach lizymetrycznych: a) *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby – wariant I, b) *Miskanthus giganteus* Greef et Deu. – wariant I, c) *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby – wariant II, d) *Miskanthus giganteus* Greef et Deu. – wariant II; źródło: wyniki własne

Fig. 5. Mean load of nitrogen in the summer (L) and winter (Z) season in lysimetric drainage: a) *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby – variant I, b) *Miskanthus giganteus* Greef et Deu. – variant I, c) *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby – variant II, d) *Miskanthus giganteus* Greef et Deu. variant II; source: own studies

DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach lizymetrycznych osiągnięto dużą redukcję azotu ze ścieków, wynoszącą od 80 do ok. 100%, w zależności od pory roku. Jest ona nieco większa niż na wielu obiektach oczyszczania w glebie wiejskich ścieków komunalnych oraz przemysłowych. Redukcja azotu ogólnego z wiejskich ścieków komunalnych może osiągać 70–80%, jeżeli ich dawki przekraczają 1000 mm [KUTERA, HUS 1998; CZYŻYK 1994; KUCZEWSKI i in. 2004]. W przypadku ścieków przemysłu rolno-spożywczego, można osiągać redukcję ładunku azotu ogólnego od 75 do 92% [MAJDOWSKI 1982; SOROKO 2004].

Z badań lizymetrycznych wynika, że skuteczność eliminacji azotu w ciągu całego roku jest duża. W półroczu zimowym ilości azotu odprowadzane z odciekami były wprawdzie większe niż w półroczu letnim, lecz na podstawie analizy statystycznej stwierdzono, że były to różnice nieistotne. Dużą sprawność oczyszczania ścieków w oczyszczalniach glebowo-roślinnych w ciągu całego roku wykazali również PAWĘSKA i KUCZEWSKI [2008] w badaniach na obiektach praktycznych w Brzeźnie i Mroczeniu. Redukcja ładunku azotu wyniosła tam ok. 87%, a fosforu – 98%. Autorzy nie stwierdzili też jednoznacznie zmniejszenia efektywności oczyszczania ścieków w okresie zimowym w porównaniu z okresem letnim.

W omawianych badaniach lizymetrycznych stwierdzono wpływ dawek ścieków oraz gatunków roślin na redukcję azotu. Jest to zgodne z danymi podawanymi przez wielu autorów, m.in. CZYŻYKA [1994], MAJDOWSKIEGO [1982], KUCZEWSKIEGO [2001]. Według CZYŻYKA [1994] ilość azotu wymywanego do wód gruntowych zależy przede wszystkim od dawek nawadniania ściekami, zwięzłości gleby i gatunków roślin uprawianych na obszarze oczyszczalni.

Oczyszczanie ścieków w środowisku glebowo-roślinnym jest rozwiązaniem prostym i możliwym do zastosowania zarówno do oczyszczania większych ilości ścieków w przyzakładowych czy gminnych oczyszczalniach, jak również w oczyszczalniach przydomowych. System może być stosowany w warunkach terenowych, umożliwiających uzyskanie wymaganej powierzchni. Są to powierzchnie wielokrotnie większe niż np. w przypadku przydomowych oczyszczalni typu gruntowo-roślinnego, lecz efektywność oczyszczania ścieków jest znacznie większa. Badania dotyczące sprawności oczyszczania ścieków w systemach przydomowych [EYMONTT, GUTRY 2010; EYMONTT, ROGULSKI 2006] wykazały znaczące różnice redukcji azotu zawartego w ściekach (23– 69% $N_{og.}$ i 42,9% $N_{calc.}$). Na małą skuteczność tych oczyszczalni zdaniem autorów mogły mieć wpływ: zbyt krótki okres przebywania ścieków w złożu gruntowo-roślinnym oraz ich niedostateczne natlenienie. Zdaniem autorów rozwiązania takie powinny stanowić jedynie uzupełnienie zbiorczych systemów oczyszczania ścieków, a nie być ich podstawą.

Na uzyskaną w omawianych badaniach lizymetrycznych dużą efektywność oczyszczania wiejskich ścieków bytowo-gospodarczych znaczący wpływ miało zapewne zastosowanie w nich tzw. roślin energetycznych, charakteryzujących się bardzo dużym zapotrzebowaniem na składniki pokarmowe i wodę. W związku ze zwiększeniem zapotrzebowania na OZE (odnawialne źródła energii) powstaje możliwość wykorzystania potencjału zwilżająco-nawożącego wiejskich ścieków komunalnych do produkcji biomasy na cele energetyki. W sprzyjających warunkach glebowo-klimatycznych, organizacyjnych i terytorialnych, ścieki bytowe, po wstępnym oczyszczeniu, mogą być z powodzeniem wykorzystywane do nawadniania upraw roślin energetycznych [WŁODEK i in. 2010]. Wyniki badań zamieszczone w niniejszej pracy potwierdzają tę tezę.

PODSUMOWANIE

Oczyszczanie ścieków w środowisku glebowym, z jednoczesną produkcją roślinną, jest tanim i bardzo efektywnym sposobem ich utylizacji. Oczyszczanie ścieków w środowisku glebowo-roślinnym zapewnia znaczną redukcję zawartego w nich ładunku azotu – od 80 do nawet ok. 100% w okresach bezodpływowych. Mała wrażliwość systemu na zmiany ilości i jakości ścieków, mały koszt założenia i eksploatacji oraz wysoki stopień oczyszczania ścieków sprawia, że systemy glebowo-roślinne mogą być stosowane jako oczyszczalnie przydomowe. Skuteczność oczyszczania zależy od obciążenia ściekami i gatunku zastosowanych roślin. W półroczu letnim średnia redukcja ładunku azotu ogólnego wynosi od 95 do 96%, w półroczu zimowym natomiast – od 90 do 94%. Warunki pogodowe, zwłaszcza ilość i rozkład opadów atmosferycznych, mogą w znaczący sposób wpływać na ilość składników pokarmowych wynoszonych w odciekach. Ładunek zanieczyszczeń odprowadzanych do środowiska jest ściśle uzależniony od ilości odcieków odprowadzanych z oczyszczalni.

LITERATURA

- CZYŻYK F. 1994. Wpływy wieloletnich nawodnień ściekami na glebę, wody gruntowe i rośliny. Rozprawy habilitacyjne. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISBN 9788385735199 ss. 76.
- DUBICKI A., DUBICKA M., SZYMANOWSKI M. 2002. Klimat Wrocławia. W: Środowisko Wrocławia. Informator o stanie środowiska Wrocławia. Pr. zbior. Red. K. Smolnicki, M. Szykasiuk [online]. Wrocław. DFK s. 9–25. [Dostęp 17.02.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.eko.org.pl/wroclaw/pdf/raport2002.pdf>
- EYMONTT A., ROGULSKI B. 2006. Oczyszczalnie przydomowe a zagrożenie środowiska. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2 s. 107–116.
- EYMONTT A., GUTRY P. 2010. Rozwiązania techniczne kanalizacji sanitarnej z zastosowaniem oczyszczalni przydomowych. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4 s. 141–154.
- KUCZEWSKI K. 2001. Wpływ masy roślinnej usuwanej z powierzchni oczyszczalni roślinno-glebowej na efekt oczyszczania ścieków. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3 s. 66–74.
- KUCZEWSKI K., KWIECIŃSKA K., KOZDRAŚ M. 2004. Zmiany w usuwaniu biogenów ze ścieków bytowo-gospodarczych po wieloletniej eksploatacji oczyszczalni roślinno-glebowej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 4. Z. 2a (11) s. 547–557.
- KUTERA J., HUS S. 1998. Rolnicze oczyszczanie i wykorzystanie ścieków i gnojowicy. Wrocław. Wydaw. AR. ISBN 9788385582991 ss. 94.
- KZGW 2003. Krajowy program oczyszczania Ścieków komunalnych [online]. Warszawa. [Dostęp 17.02.2012]. Dostępny w Internecie: http://www.kzgw.gov.pl/files/file/Materialy_i_Informacje/Programy/KPOSK/kposk.pdf
- MAJDOWSKI F. 1982. Oczyszczanie ścieków przemysłu spożywczego w glebie. Rozprawy Habilitacyjne. Falenty. Wydaw. IMUZ. ss. 100.
- PALUCH J., PARUCH A., PULIKOWSKI K. 2006. Wstępne wyniki badań oczyszczalni zagrodowej typu ORP. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 6. Z. 1 (16) s. 297–305.

- PAWĘSKA K., KUCZEWSKI K. 2008. Efekty oczyszczania ścieków bytowych w środowisku naturalnym na przykładzie pracy wybranych oczyszczalni glebowo-roślinnych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 526 s. 429–436.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska. Dz.U. 2006 nr 137 poz. 984.
- SOROKO M. 2004. Zwiększone usuwanie związków azotu ze ścieków z małych ubojni w oczyszczalniach hydrofitowych. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 2 s. 51–60.
- WŁODEK S., BISKUPSKI A., PABIN J. 2010. Kilka uwag o celowości stosowania wstępnie oczyszczonych ścieków bytowych do nawodnień roślin energetycznych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 548 s. 607–614.

Maria STRZELCZYK, Krzysztof PULIKOWSKI,
Aleksandra STEINHOFF-WRZEŚNIEWSKA, Katarzyna PAWĘSKA

AN ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF RURAL SEWAGE TREATMENT IN SOIL-PLANT SYSTEM BASED ON LYSIMETRIC STUDIED

Key words: nitrogen, plant, sewage, soil, treatment

S u m m a r y

The paper presents the results of studies on the reduction of nitrogen load in soil-plant treatment of waste waters in the period from April 2009 to March 2011. Two perennial energetic plants: *Miscanthus giganteus* and *Sida hermaphrodita* Rusby were used in the study. The experiment was performed in lysimeters of a diameter of 1.0 m and depth 1.3 m filled with loamy sand. Sewage loads applied in the experiment were 1200 mm·year⁻¹ (variant I) and 1600 mm·year⁻¹ (variant II). Both variants showed a high effectiveness of total N removal which ranged from 84 to 100% in particular months. They also demonstrated the effect of atmospheric conditions which determined the amount of drainage and hence the quantity of components washed out from the soil and the seasonal variability of nitrogen removal from waste waters.

Adres do korespondencji: dr inż. M. Strzelczyk, Dolnośląski Ośrodek Badawczy ITP, ul. Berlinga 7, 51-209 Wrocław; tel. +48 71 367-80-92 w. 2, e-mail: M.Strzelczyk@itep.edu.pl