

UTYLIZACJA ŚCIEKÓW BYTOWYCH W PROCESIE PRODUKCJI PASZ NA UŻYTKACH ZIELONYCH W ŚWIETLE BADAŃ W FALENTACH

Jan ZASTAWNY¹⁾, Roman MORACZEWSKI²⁾
Halina JANKOWSKA-HUFLEJT¹⁾

¹⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Łąk i Pastwisk

²⁾ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Rolny

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczanie, łąka, pasze, aspekty sanitarne

Streszczenie

Na 3-kośnej łące trwałej, traktowanej jako naturalny filtr biologiczny, na kwaterach: A, B, C, D o powierzchni 1500 m² każda stosowano do nawodnień: A – wodę – 640 m³·ha⁻¹ (2 x 16 m³ pod każdy odrost), B – ścieki bytowe wiejskie (jak wodę na kwaterze A), C – wodę i nawozy mineralne NPK (N – 136, K₂O – 48 i P₂O₅ – 100 kg·ha⁻¹), D – NPK (N i P jak na kwaterze C, K₂O – 110 kg·ha⁻¹). Badano plon zielonej masy, skład botaniczny, chemiczny i mikrobiologiczny wody i ścieków stosowanych do nawodnień, gleby, zielonki, siana, sianokiszonek i próbek wody gruntowej pobieranych ze studzienek kontrolnych.

Zarówno ścieki jak i próbki wody, gleby i materiału roślinnego z wszystkich kwater nie zawierały bakterii *Salmonella* oraz jaj i larw pasożytów *Ascaris cumbricoides* lub *Trichocephalus trichuria*. Nie stwierdzono również przekroczenia granicznych wartości miana *Coli*. Większą redukcję bakterii *Coli* powodowało suszenie na siano niż zakiszanie. Redukcja N i P ogólnego ze ścieków wyniosła ok. 88–89%. Również stężenie badanych metali w wodzie ze studzienek na kwaterach ze ściekami nie było większe od przeciętnych z pozostałych kwater. Na kwaterze B (ścieki) plony s.m. były o 52,7% większe niż na kwaterze A (woda), prawie porównywalne z plonami z kwater NPK. Nie wystąpiły niekorzystne zmiany składu gatunkowego runi oraz większe różnice w wartości pasz (zielonka, siano, sianokiszzonka) i zawartości składników w glebie.

WSTĘP

Do oczyszczania ścieków na wsi mogą służyć naturalne oczyszczalnie roślinno-glebowe jakimi są m.in. zbiorowiska roślinne łąk i pastwisk [RYTEL, NAZARUK, 1979; KUTERA, 1978], stanowiące około 22% użytków rolnych w kraju. Użytki zielone – oprócz dostarczania wartościowych pasz – pełnią m.in. funkcję filtra biologicznego lub strefy buforowej w odniesieniu do wód [CZYŻYK, 1994]. Eliminacji i przemianom ulegają na nich zanieczyszczenia organiczne, których produkty rozkładu są wykorzystywane przez rośliny [KUTERA, 1978; MORACZEWSKI, 1993]. Dzięki temu z jednej strony można zmniejszyć zużycie nawozów mineralnych, a z drugiej – poprawić czystość wód powierzchniowych i podziemnych.

Celem badań było określenie możliwości oczyszczania ścieków wiejskich na łące trwałej w aspekcie skutków sanitarnych dla gleby, paszy, wody oraz skutków gospodarczych – nawozowo-paszowych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 1995–1996 w ZDMUZ w Falentach na łące produkcyjnej położonej na czarnej ziemi zdegradowanej w dolinie Cieku spod Laszczyk (odnoga zachodnia), doprowadzającego wodę ze źródła do hodowlanych stawów rybnych w Falentach. Łąka ta należy do grądów popławnych, a pod względem florystycznym do wiechlinowo-wyczyńcowych z dużym udziałem kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata*) i perzu właściwego (*Agropyron repens*).

Łąkę podzielono na 4 kwatery: A, B, C, D o powierzchni 1500 m² każda. Na każdej z nich zainstalowano po 2 studzienki (głębokość 200 cm) do kontroli infiltracji składników mineralnych z nawozów oraz ewentualnej infiltracji mikroorganizmów. Układ kombinacji nawozowych oraz rozmieszczenie poszczególnych kwater zobrazowano na rysunku 1.

Nawożenie NPK w kombinacji C i D było równoważne zawartości tych składników w obu dawkach ścieków stosowanych na jeden odrost i wynosiło na hektar: 136 kg N, 110 kg K₂O i 100 kg P₂O₅. Jedyne na kwaterze C ilość potasu pomniejszono o jego zawartość w wodzie „czystej”.

Poziom wody gruntowej w obu sezonach wegetacyjnych wynosił średnio 158 i 156 cm. Zarówno pod względem opadów jak i średniej temperatury w sezonie wegetacyjnym do rozwoju i wzrostu roślin korzystniejszy był 1996 rok.

Łąkę koszono 3-krotnie. Badano plon zielonej masy i siana (z tych samych wyznaczonych miejsc o powierzchni 14 m²), skład botaniczno-wagowy, skład chemiczny i mikrobiologiczny ścieków, gleby, zielonki, siana, sianokiszzonek, wody z 8 studzienek kontrolnych (dwukrotnie: przed założeniem i po zakończeniu doświadczenia, tj. po zbiorze III odrostu) oraz wody do nawodnień kwater A i C. Ścieki i wodę do nawodnień analizowano 2-krotnie w roku: w kwietniu i lipcu lub

A	B	C	D
x woda water	x ścieki waste water	x NPK + woda NPK + water	x NPK
x	x	x	x
20 m	20 m	20 m	20 m

Rys. 1. Schemat doświadczenia – rozmieszczenie kombinacji nawozowych i studzienek kontrolnych: x – miejsce studzienek kontrolnych, A – 16 m³ „czystej wody” x 2 = 32 m³ pod I, II i III odrost (640 m³·ha⁻¹), B – 16 m³ ścieków x 2 = 32 m³ pod I, II i III odrost (640 m³·ha⁻¹), C – N (20,4 kg) + K₂O (7,2 kg) + P₂O₅ (15,0 kg) + H₂O (16 m³ x 2) = 32 m³ pod I, II i III odrost, D – N (20,4 kg) + K₂O (16,5 kg) + P₂O₅ (15,0 kg)

Fig. 1. Experimental scheme – distribution of fertilisation variants and control wells: x – control wells, A – 16 m³ “pure water” x 2 = 32 m³ under the I, II and III regrowth (640 m³·ha⁻¹), B – 16 m³ waste water x 2 = 32 m³ under the I, II and III regrowth (640 m³·ha⁻¹), C – N (20.4 kg) + K₂O (7.2 kg) + P₂O₅ (15.0 kg) + H₂O (16 m³ x 2) = 32 m³ under the I, II and III regrowth, D – N (20.4 kg) + K₂O (16.5 kg) + P₂O₅ (15.0 kg)

sierpniu. Charakterystyka mikrobiologiczna ścieków, wody, gleby oraz zielonki, siana i kiszonek obejmowała występowanie bakterii z grupy „*Coli*”, oznaczane metodą fermentacyjną wg PN-75C-04615/05. Ogólną liczbę drobnoustrojów określano w ściekach i wodzie do nawodnień oraz w glebie: drobnoustroje z rodziny *Enterobacteriaceae* (*Salmonella sp*) wg PN-64A-4023, jaja i larwy pasożytów metodą flotacji. W drugim roku badań sporządzono kiszonki z podsuszanej runi I i II odrostu i oceniano je wg skali Fliega-Zimmera.

Badano też zawartość niektórych składników w glebie (poziomy 0–5 i 10–20 cm) pobieranej przed nawadnianiem wodą i ściekami oraz wysiewem nawozów mineralnych w 1995 r. (średnie dla całego obiektu) oraz po zbiorze III odrostu (z każdej kwatery) w 1996 r.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Największe różnice w **składzie chemicznym ścieków i wody do nawodnień** (tab. 1) między poszczególnymi latami badań wystąpiły w zawartości fosforu ogólnego, chociaż zawartość ta była wielokrotnie mniejsza niż wymagania stawiane kompostom z odpadów miejskich (BN-88/9103-06-02). Mniejsze różnice dotyczyły zawartości azotu, a najmniejsze – zawartości potasu. Dane o zawartości N, P i K posłużyły do obliczania produktywności NPK w ściekach i nawozach.

Różnice w BZT₅ oraz ChZT nie miały większego znaczenia w ich praktycznym oddziaływaniu na plon i nie zagrażały środowisku glebowemu lub trawiastemu, podobnie jak niewielka ilość detergentów w ściekach.

Miano *Coli* nie przekraczało 0,01, tzn. że ścieki i woda używane do nawodnień nie zawierały bakterii z grupy *Coli* w ilości zagrażającej badanemu środowi-

Tabela 1. Skład chemiczny wody i ścieków stosowanych do nawodnień – średnio z lat 1995 i 1996 oraz wyniki analizy chemicznej wody w studzienkach kontrolnych przed i po zakończeniu doświadczenia

Table 1. Chemical composition of water and waste water used for irrigation in the years 1995 and 1996 (mean for two years) and date chemical analysis of water from the control wells before and after the experiment (mean of two wells)

Oznaczenia Components	Jednostka Unit	Woda Water	Ścieki Waste water	Woda ze studzienek na kwaterach Water from wells on quarters							
				A		B		C		D	
				1995	1996	1995	1996	1995	1996	1995	1996
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kwasowość Acidity	pH	7,4	6,9	–	7,0	–	6,7	–	6,4	–	6,4
Wapń Ca Calcium	mg·dm ⁻³	71,7	50,8	103,6	21,6	84,2	72,7	80,6	73,2	93,6	89,6
Magnez Mg Magnesium	mg·dm ⁻³	6,9	16,7	8,6	4,9	15,9	16,2	10,1	11,9	11,6	13,6
Żelazo Fe Iron	mg·dm ⁻³	0,3	8,6	11,5	2,04	3,8	3,4	3,2	1,1	3,2	3,4
Mangan Mn Manganese	mg dm ⁻³	0,09	0,44	0,30	0,28	0,58	0,20	0,47	0,19	0,52	0,55
Miedź Cu Copper	mg dm ⁻³	0,03	0,63	0,78	0,37	0,48	0,26	0,37	0,32	0,61	0,41
Cynk Zn Zinc	mg dm ⁻³	0,07	6,43	3,4	10,01	2,5	8,9	2,9	7,9	2,6	5,9
Potas K Potassium	mg dm ⁻³	2,9	15,1	0,20	0,00	0,10	0,00	0,27	0,00	0,15	0,00
Chlorki Cl Chlorides	mg dm ⁻³	36,7	58,7	–	48,0	–	154,0	–	118,0	–	164,0
Siarczany SO ₄ ²⁻ Sulfates	mg dm ⁻³	*	*	–	16,0	–	40,0	–	54,0	–	62,0

cd. tab. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P ogólny (PO ₄ ³⁻) Total P	mg dm ⁻³	1,5	67,3	1,9	26,64	1,4	7,3	2,1	3,4	2,0	4,8
N amonowy Ammonium-N	mg dm ⁻³	0,04	71,5	0,25	27,10	0,40	6,12	0,25	2,13	0,28	4,03
N azotanowy Nitrate N	mg dm ⁻³	0,68	2,6	42,1	0,9	20,4	4,2	16,6	5,7	9,4	7,1
N ogólny Kjeldahl-N	mg dm ⁻³	0,9	172,7	–	98,4	–	18,3	–	8,6	–	18,5
Przewodność Conductivity	μS·cm ⁻¹	397,0	952,0	–	425	–	457	–	400,0	–	505,0
Zagniwalność Putrescibility	godz. h	–	5	–	1,5	–	>5 dób	–	>6 dób	–	>6 dób
ChZT _{KMnO4} COD	mg dm ⁻³ O ₂	3,6	153,7	*	*	*	*	*	*	*	*
BZT ₅ BOD ₅	mg dm ⁻³ O ₂	–	1188,0	*	*	*	*	*	*	*	*
Detergenty anionowe Anionic detergents	mg dm ⁻³	–	27,5	*	*	*	*	*	*	*	*
Zawiesiny Suspended solids	mg dm ⁻³	–	2423,0	*	*	*	*	*	*	*	*

* nie oznaczono.

* not determined.

Tabela 2. Ogólna liczba drobnoustrojów i miano *Coli*¹⁾ w badanych próbkach wody i ścieków do nawodnień oraz wody ze studzienek kontrolnych w latach 1995–1996

Table 2. Total number of microorganisms and coliform index in samples of water and waste water used for irrigation and in water from the control wells (1995–1996)

Wyszczególnienie	Termin pomiaru Sampling date	Woda Water	Ścieki Waste waters	Woda ze studzienek na kwaterze Water from wells in the quarter			
				A	B	C	D
1995							
Liczebność drobnoustrojów ($\times 10^5 \cdot \text{ml}^{-1}$)	15.05	2,9	43,3	8,8	25,9	11,5	12,8
Total number of microorganisms	14.06	2,8	48,0	–	–	–	–
	12.07	1,8	65,0	6,8	34,1	10,0	11,2
Miano <i>Coli</i> wg wzoru 100/NPL	15.05	0,4	0,04	0,4	0,04	0,4	0,4
Coliform index	14.06	0,1	0,04	–	–	–	–
	12.07	0,8	0,08	0,1	0,08	0,15	0,1
1996							
Liczebność drobnoustrojów w 1 ml	24.08	30×10^3	25×10^6	–	–	–	–
Total number of microorganisms							
Miano <i>Coli</i> wg wzoru 100/NPL ²⁾	12.04	0,1	0,04	–	–	–	–
Coliform index	13.05	0,4	0,04	–	–	–	–
	26.06	17,0	0,04	0,3	0,03	0,04	0,04
	24.08	0,1	0,04	–	–	–	–

¹⁾ dopuszczalna 0,01; powyżej 0,01 – zgodnie z normą [PN-75:C-04615/05] permissible value – 0.01; above 0.01 – acc. to the standard [PN-75:C-04615/05].

²⁾ NPL – najbardziej prawdopodobna liczba NPL – the lowest possible number

sku [Rozporządzenie ..., 1991]. W ściekach nie stwierdzono również bakterii chorobotwórczych typu *Salmonella*, ani obecności jaj *Ascaris Cumbricoides* lub *Trichocephalus trichuria* (tab. 2).

Większe **plony suchej masy** uzyskano w obu latach na kwaterze B (ścieki) niż na kwaterze A (woda). Sumaryczny plon za dwa lata na kwaterze B był większy od plonu na kwaterze A o prawie 3,6 t·ha⁻¹ (ponad 152%). Produkcyjność 1 kg NPK zawartego w ściekach wynosiła średnio za dwa lata 8,1 kg suchej masy (tab. 3). Plony sumaryczne z kwater C i D były większe i wynosiły odpowiednio 207 i 228% w stosunku do plonów na kwaterze A (woda).

Tabela 3. Plony suchej masy siana w latach 1995–1996 (średnie z czterech powtórzeń)

Table 3. Dry weight hay yields in the years 1995–1996 (mean from four repetitions)

Kwatera Quarter	1995		1996		Razem lata 1995 i 1996 Total years 1995 and 1996	
	t·ha ⁻¹	%	t·ha ⁻¹	%	t·ha ⁻¹	%
A (woda) (water)	3,13	100,0	3,69	100,0	6,82	100,0
B (ścieki) (waste water)	4,16	133,0	6,25	169,4	10,41	152,6
C (NPK + woda)	6,42	205,3	7,70	208,7	14,12	207,1
C (NPK + water)						
D (NPK)	6,17	197,1	9,40	254,7	15,57	228,3

Pod względem **zawartości składników pokarmowych** siano w obu latach było bardzo dobre (tab. 4). Na kwaterze B (ścieki) zawierało ponad 17% białka surowego i 23% bezazotowych substancji wyciągowych. Siano z kwater NPK było bogatsze w białko surowe, ale stosunek białka surowego do bezazotowych wyciągowych był korzystniejszy – pod względem wartości paszowej – w sianie z kwatery B (0,53) niż w sianie z kwater NPK (do 0,66 i 0,71), gdzie był zbyt wysoki.

Nawadnianie ściekami nie obniżyło jakości surowca roślinnego do produkcji sianokiszzonek (tab. 5) o czym piszą również NAZARUK i PIEKUT [1999]. Na kwaterze A (bez nawożenia) w drugim roku doświadczeń pojawił się masowo brodawnik jesienny (*Leontodon autumnalis*), a poza tym wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*) – bardzo dobra trawa łąkowo-patwiskowa – w dalszym ciągu dominowała na wszystkich kwaterach, a na kwaterze A stanowiła nawet 62% w runi.

Miano *Coli* w badanym materiale roślinnym (tab. 6) nie było mniejsze od 0,01, czyli wartości dopuszczalnej (wg PN-75C-04615/05). Zarówno zielonka, siano jak i sianokiszzonek z kwater B nawadnianych ściekami nie różniły się od tych z pozostałych kwater.

Również miano *Coli* w glebie na kwaterze B, zarówno w sierpniu, maju jak i czerwcu, nie zmniejszyło się poniżej wartości 0,1 i nie zagrażało glebie pod względem mikrobiologicznym (tab. 7). O samooczyszczającej roli zlewni rolniczej

Tabela 4. Zawartość podstawowych składników pokarmowych w sianie (% s.m.) – średnie z lat 1995–1996**Table 4.** Nutritive components of hay (% dry weight) – mean from 1995 and 1996

Kwaterna Quarter	Odrost Regrowth	Składniki pokarmowe Nutritive components					c/g
		białko surowe crude protein	włókno surowe crude fiber	popiół surowy ash	tłuszcz surowy crude fat	bezaazotowe wyciągowe N-free extracts	
a	b	c	d	e	f	g	h
A (woda) (water)	I	15,56	33,22	8,72	2,90	39,59	0,39
	II	17,12	29,46	10,82	2,97	39,53	0,43
	III	23,30	25,87	12,32	3,84	35,66	0,65
	średnio mean	18,66	29,51	10,62	3,24	38,26	0,49
B (ścieki) (waste- water)	I	17,32	32,01	10,09	2,87	37,69	0,46
	II	18,44	27,95	10,78	3,36	39,46	0,47
	III	22,83	26,55	12,52	3,47	34,60	0,66
	średnio mean	19,53	28,84	11,13	3,23	37,25	0,53
C (NPK + woda) (NPK + water)	I	23,45	27,74	12,07	2,67	35,12	0,67
	II	24,53	26,83	12,09	2,92	33,62	0,73
	III	24,37	24,64	13,41	3,63	33,92	0,72
	średnio mean	24,12	26,40	12,52	3,07	34,22	0,71
D (NPK)	I	20,22	30,67	10,94	3,06	35,09	0,58
	II	23,28	28,18	11,06	3,07	34,40	0,68
	III	23,82	25,92	12,80	3,50	33,91	0,72
	średnio mean	22,44	28,26	11,60	3,21	34,47	0,66

w zakresie migracji zanieczyszczeń mikrobiologicznych i biogenych pisali też FIC, SŁOMCZYŃSKI i SABA [1998].

Na uwagę zasługują większe wartości miana *Coli* próbek gleby z kwatery B niż w ściekach, jak również to, że gleby nienawadniane ściekami nie wykazywały bardzo niskich wartości, chociaż były jeszcze dopuszczalne. Wiązało się to prawdopodobnie z bliskim sąsiedztwem drzew i krzewów wokół doprowadzalników wody i występowaniem dużej liczby zwierząt. Bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* (w tym *Escherichia coli*) mogą występować w powierzchniowej warstwie gleb, gdzie dostają się wraz z odchodami zwierząt.

Redukcja fosforu i azotu ze ścieków (kwaterna B) wynosiła średnio 89% w stosunku do pierwotnej ich zawartości (tab. 1), a wg NAZARUKA i PIEKUTA [1999]

Tabela 5. Ocena jakościowa sianokiszzonek w roku 1996 (średnie z dwóch powtórzeń)

Table 5. Qualitative assessment of hay ensilage in 1996 (mean of two repetitions)

Kwatera Quarter	Sucha masa Dry matter %	pH	Udział N-NH ₃ w N _{og.} N-NH ₃ /total N %	Zawartość kwasu, % Content of, %			Udział kwasu, % Percent of			Punkty Scores	Ocena wg skali Fliega-Zimmera Value acc. to the Flieg-Zimmer scale	
				octowego acetic acid	masło- wego butyric acid	mleko- wego lactic acid	octowego acetic acid	masło- wego butyric acid	mleko- wego lactic acid			
Odrost I Regrowth I												
A	32,82	4,13	1,86	3,81	0,00	5,45	41,14	0,00	58,86	70	dobra	good
B	32,97	4,43	3,51	1,70	0,00	5,39	23,98	0,00	76,02	96	b. dobra	v. good
C	29,04	4,81	5,17	0,64	0,00	5,51	10,26	0,00	89,74	100	b. dobra	v. good
D	31,86	4,64	5,80	0,51	0,00	5,61	8,93	0,00	91,07	100	b. dobra	v. good
Odrost II Regrowth II												
A	51,12	5,72	0,39	0,22	0,00	5,85	3,62	0,00	96,38	100	b. dobra	v. good
B	48,71	5,84	0,69	0,32	0,00	5,53	5,31	0,00	94,69	100	b. dobra	v. good
C	41,92	5,85	0,70	0,25	0,00	5,57	4,30	0,00	95,70	100	b. dobra	v. good
D	39,69	5,94	1,94	0,28	0,00	5,29	5,03	0,00	94,97	100	b. dobra	v. good

Tabela 6. Miano *Coli* paszy zielonej (trawy pobranej w piątym dniu po nawodnieniu ściekami), siana i sianokiszzonek

Table 6. Coliform index of green forage (grass – sampled on the fifth day after waste water application), hay and hay ensilage in the years 1995–1996

Rodzaj paszy Fodder	Data pomiaru Sampling date	Kwarta Quarter			
		A	B	C	D
Pasza zielona	15.05.1995	10,0	1,0	1,0	10,0
Green forage	30.05.1995	10,0	10,0	1,0	10,0
	12.07.1995	10,0	0,1	1,0	1,0
	16.08.1995	0,8	0,5	1,0	1,0
	Siano Hay	16.08.1995			
I odrost I regrowth		10,0	1,0	10,0	10,0
II odrost II regrowth		5,0	5,0	10,0	10,0
III odrost III regrowth		10,0	10,0	10,0	10,0
Pasza zielona	13.05.1996	0	0,01	1,0	1,0
Green forage	25.09.1996	1,0	0,01	10,0	1,0
Siano – I odrost	25.09.1996	0	0	5,0	0
Hay – I regrowth					
Sianokiszzonka – I odrost		0,5	5,5	0,1	0,05
Hay ensilage – I regrowth					
Siano – II odrost		10,0	5,0	0	5,0
Hay – II regrowth					
Sianokiszzonka – II odrost		5,0	0,01	0,1	1,0
Hay ensilage II regrowth					

Tabela 7. Charakterystyka mikrobiologiczna gleby (g^{-1} s.m.)

Table 7. Microbial characteristics of soil (per g dry weight)

Wyszczególnienie Analysis	Data pomiaru Sampling date	Kwartery Quarters			
		A	B	C	D
1	2	3	4	5	6
Liczba promieniowców ($\times 10^4$)	12.07.1995	53,7	74,8	57,1	56,4
Number of Actinomycetales ($\times 10^4$)					
Liczba grzybów ($\times 10^3$)	12.07.1995	82,5	129,8	78,3	81,3
The number of fungi ($\times 10^3$)					
NPL nityfikatorów ($\times 10^3$)	12.07.1995	11,3	16,2	15,1	14,6
NPL* of nitrifiers ($\times 10^3$)					
NPL denityfikatorów ($\times 10^4$)	12.07.1995	11,3	22,2	14,8	12,3
NPL of denitrifiers ($\times 10^4$)					
NPL amonifikatorów ($\times 10^5$)	12.07.1995	35,8	59,7	33,6	36,6
NPL of ammonifiers ($\times 10^5$)					

cd. tab. 7

1	2	3	4	5	6
Ogólna liczba drobnoustrojów ($\times 10^6$)	1995 ¹⁾	18,1	27,3	22,8	21,7
Total number of microorganisms ($\times 10^6$)	16.08.1995	18,3	48,6	22,1	23,8
Miano <i>Coli</i> w glebie	16.08.1995	10,0	1,0	10,0	10,0
Coliform index in soil	13.05.1996	1,0	0,1	1,0	0,1
	26.06.1996	1,0	0,1	1,0	1,0
Występowanie bakterii z grupy <i>Coli</i> (norma do 10^3)	15.05.1996	10^2	10^4	10^3	10^3
Bacteria <i>Coli</i> (standard up to 10^3)	30.05.1996	10^2	10^4	10^3	10^3

¹⁾ wartości średnie z analiz próbek pobranych w trzech terminach: 15.05.1995, 30.05.1995, 12.07.1995.

¹⁾ mean values from samples taken on: 15.05.95, 30.05.95 and 12.07.95.

* NPL – najbardziej prawdopodobna liczba NPL – the lowest possible number.

można uzyskać nawet 95–100%. Oznacza to dobrą metodę oczyszczania ścieków bytowych z tych dwóch biogenych składników.

Gleba z kwatery B (ścieki) prawie nie różniła się od gleb z innych kwater (tab. 8). Zauważono tylko nieznaczne wyczerpywanie się z wierzchnich warstw gleby kwater C, D i B (NPK i ścieki) niektórych składników, np. żelaza i potasu. Przyczyną było zapewne wynoszenie tych składników ze znacznie większym plonem roślin niż na kwaterze A (woda).

WNIOSKI

1. Na kwaterze B (ścieki) uzyskano wyraźnie większe plony niż na kwaterze A (woda), ale niższe niż na kwaterach C i D z nawożeniem mineralnym NPK. Nie zauważono niekorzystnych zmian w składzie runi łąkowej. Jej jakość oraz wartość pokarmowa uzyskanych pasz (zielonka, siano i sianokiszonki) były dobre.

2. Analizowane woda, ścieki, gleba i materiał roślinny (zielonki, siano, sianokiszonki) nie wykazały obecności *Salmonelli* oraz jaj i larw pasożytów *Ascaris cumbricoides* lub *Trichocephalus trichuria*. Nie stwierdzono również przekroczenia wartości granicznych miana *Coli*, czyli 0,01. Miano *Coli* w glebie zależało od kombinacji nawozowej oraz terminu analiz: najniższe w glebie traktowanej ściekami (w 1996 r.), natomiast największe z kwatery A (woda).

3. Redukcja azotu i fosforu ogólnego wynosiła około 88–89% w stosunku do ich średniej pierwotnej zawartości w ściekach. Zawartość badanych metali w wodzie ze studzienek na kwaterze B (ścieki) nie była większa od przeciętnych w wodzie z innych kwater.

4. Miano *Coli* badanych traw, siana i sianokiszzonek miało wyższe wartości niż próbek ścieków i gleby. Miano *Coli* próbek traw wahało się dość znacznie, natomiast miano *Coli* siana i sianokiszzonek było w miarę stabilne, ale szczególnie duże

Tabela 8. Własności fizyczno-chemiczne gleb badanego obiektu

Table 8. Physical and chemical properties of soils on the studied object

Oznaczenia Analysis	1995		Kwarty w 1996 roku Quarters in 1996							
			A		B		C		D	
	warstwa gleby, cm soil layer, cm									
	0–5	10–20	0–5	10–20	0–5	10–20	0–5	10–20	0–5	10–20
Zawartość części szkieletowych ($\phi > 1$ mm), %	–	–	7,40	2,34	4,92	2,26	8,90	2,17	4,99	4,30
Skeleton particles ($\phi > 1$ mm), %										
Wilgotność ¹⁾ , % Moisture ¹⁾ ,	2,50	1,7	2,63	1,45	0,98	1,11	0,99	2,06	1,06	1,75
Fosfor og. (P ₂ O ₅), g·kg ⁻¹ Total phosphorus	1,10	1,11	2,00	1,33	2,00	1,90	2,37	1,37	1,57	1,39
N _{og.} (wyciąg 0,3n CH ₃ COOH), g·kg ⁻¹	2,60	2,1	2,53	0,91	2,50	0,92	2,46	0,97	1,85	0,84
Kjeldahl-N (0.3n CH ₃ COOH extract)										
N azotanowy, mg·kg ⁻¹ Nitrate-N	10,20	12,0	2,97	1,83	2,92	1,80	2,11	2,70	2,55	1,81
N amonowy, mg·kg ⁻¹ Ammonium-N	21,0	21,0	8,70	3,65	5,50	3,00	9,10	1,00	4,00	2,00
Fosforany PO ₄ ³⁻ , g·kg ⁻¹ Phosphates	0,35	0,32	0,26	0,11	0,40	0,43	0,36	0,16	0,29	0,12
K (wyciąg 0,1n HCl), mg·kg ⁻¹	215,4	148,3	42,4	10,2	10,6	11,6	31,0	11,8	25,3	11,5
Ca, mg·kg ⁻¹	373,9	410,3	648,0	321,0	572,0	516,0	646,0	386,0	306,0	398,0
Mg (wyciąg 0,5n HCl), mg·kg ⁻¹	140,5	139,4	93,2	88,6	25,8	13,5	22,0	60,0	103,0	110,0
Fe, mg·kg ⁻¹	656,0	800,0	190,0	203,6	190,4	202,2	187,2	200,4	191,1	201,2
Mn, mg·kg ⁻¹	68,0	87,0	41,3	49,7	40,4	49,8	35,7	48,9	43,7	49,5
Cu, mg·kg ⁻¹	6,0	5,0	6,9	12,3	7,2	15,3	6,0	6,1	5,9	8,0
Zn, mg·kg ⁻¹	25,0	17,8	22,8	18,3	21,6	28,7	21,1	23,9	21,3	16,3

¹⁾ gleba powietrznie sucha.

¹⁾ air dry soil.

w III pokosie. Suszenie traw bardziej ograniczało liczebności bakterii niż zakiszanie, ale sianokiszonki również miały bardzo dobrą jakość paszową i sanitarną.

5. Zawartość składników mineralnych w glebie na kwaterze B (ścieki) nie różniła się istotnie od ich zawartości w glebach z pozostałych kwater. Nieco większe jedynie było stężenie cynku i miedzi w glebie kwatery nawadnianej ściekami, co może wskazywać na zagrożenia związane z długotrwałym wykorzystywaniem ścieków do nawożenia.

6. Przedstawiona w artykule redukcja zanieczyszczeń mikrobiologicznych i chemicznych w ściekach stosowanych do nawadniania łąk jest efektem oddziaływania łąki i strefy aeracji o miąższości ok. 15 cm, czyli warunków typowych w otoczeniu Stawów Raszyńskich

PODZIĘKOWANIE

Badania wykonano na zamówienie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa; sfinansowano ze środków NFOŚiGW.

LITERATURA

- CZYŻYK F., 1994. Wpływ wieloletnich nawodnień ściekami na glebę, wody gruntowe i rośliny. Rozpr. Habilit. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 76.
- FIC M., SŁOMCZYŃSKI T., SABA L., 1998. Mikrobiologiczne zanieczyszczenie wód gruntowych w zlewniach sandru kurpiowskiego. Wyniki monitoringu realizowanego w ramach programu PHARE. W: Monitoring środowiska. Red. I. Wiatr.
- KUTERA J., 1978. Wykorzystanie ścieków w rolnictwie. Warszawa: PWRiL.
- MORACZEWSKI P., 1993. Biologiczne oczyszczanie ścieków w indywidualnych gospodarstwach rolniczych. Mater. Konf. Polsko-Niemieckiego Towarzystwa Agrotechnicznego Techniki i Kultury pt. „Kryzys jako szansa przezwyciężenia problemów socjalnych i ekologicznych. Warszawa: Wydaw. Fundacji im. Fr. Eberta s. 55–60.
- NAZARUK M, PIEKUT K., 1999. Oczyszczanie ścieków na użytkach zielonych. W: Rola użytków zielonych i zadrzewień w ochronie środowiska rolniczego. Międz. konf. nauk.-techn. Kraków-Jaworki, 21–22 X 1999. Kraków: AR Kraków, IMUZ Oddział w Krakowie: s. 231–245.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 roku w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. Dz. U. Nr 116 poz. 503.
- RYTEL Z., NAZARUK M., 1979. Rola użytków zielonych nawadnianych wodami ściekowymi w kształtowaniu środowiska przyrodniczego na przykładzie obiektów łąkowych Łomża i dolina Neru. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 221 s. 115–122.

Jan ZASTAWNY, Roman MORACZEWSKI, Halina JANKOWSKA-HUFLEJT

UTYLISATION OF DOMESTIC WASTE WATERS IN THE FODDER PRODUCTION ON GRASSLANDS IN RESEARCH ASPECT AT FALENTY

Key words: waste waters, meadow, fodder, sanitary aspects

S u m m a r y

On 3-cut productive meadows in four quarters of an area of 1500 m² each were treated as follows: A – 640 m³ of water (2 x 16 m³ for each regrowth), B – rural domestic waste waters (in amounts as on A), C – water (as on A) plus 136 kg N, 48 kg K₂O and 100 kg mineral P₂O₅ ha⁻¹, D – as on C but 110 kg K₂O ha⁻¹ were applied. Yields, botanical composition, chemical and microbiological composition of the water, waste waters, soils, green forage, hay, haysilage and water from the control wells were analyzed.

Applied waste waters did not contain *Salmonella* nor eggs and larvae of parasites like *Ascaris cumbricoides* and *Trichocephalus trichuria*. Analyzed samples of water, soil and plant material from all quarters did not contain them as well. On all sampling occasions and in all types of analyzed material a threshold value of the coliform index was not overcome. Hay drying contributed more to the reduction of coliform bacteria than hay fermentation. Due to the plant uptake, a remarkable reduction of total N and P (by c. 88–89%) was noted in water from the control wells in relation to the mean content of nutrients in waste waters. Concentrations of some metals in water from wells on waste water treated quarters were not higher than average from other quarters. yields obtained on the quarter B (waste waters) were by 52.7% higher than those from the quarter A (water) and comparable with the yields from NPK plots. Fodder (green forage, hay, haysilage) from the quarter B did not differ in the nutritive value from that grown on NPK quarters.

Recenzenci:

prof. dr hab. Aleksandra Macioszczyk

prof. dr hab. Henryk Pawlat

Praca wpłynęła do Redakcji 1.10.2002 r.