ZESZYTY PROBLEMOWE POSTĘPÓW NAUK ROLNICZYCH 2001 z. 478: 377–390

SANITARNE I NAWOZOWO-PASZOWE ASPEKTY WYKORZYSTANIA BYTOWYCH ŚCIEKÓW WIEJSKICH PODCZAS PRODUKCJI PASZ NA UŻYTKACH ZIELONYCH[1]

Jan Zastawny *, *Roman Moraczewski* **, *Halina Jankowska-Huflejt* *

* Zakład Łąk i Pastwisk,
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach
** Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wstęp

Rozwój cywilizacyjny w ostatnich 25 latach sprawił, że zużycie wody na terenach wiejskich wzrosło 3-krotnie i w związku z tym 3-krotnie wzrosła ilość ścieków. Zdecydowana większość gospodarstw wiejskich odprowadza ścieki do gruntu lub do wód powierzchniowych bez oczyszczania i kontroli. Większość rzek w naszym kraju jest z punktu widzenia czystości pozaklasowa, a niektóre z nich (Utrata, Bzura) stają się kanałami ściekowymi [MORACZEWSKI 1993].

Tymczasem do oczyszczania zarówno surowych jak i wstępnie oczyszczonych ścieków mogą służyć także oczyszczalnie roślinno-glebowe jakimi są zbiorowiska roślinne łąk i pastwisk [SCHMAUDER, UNGER 1960; STÄHLIN 1961; MORACZEWSKI 1962; KUTERA 1978; RYTEL, NAZARUK 1979; MAJDOWSKI 1982; NAZARUK 1982; NAZARUK, PIEKUT 1999].

Użytki zielone, które stanowią około 22% użytków rolnych w kraju mogą – z racji swojej specyfiki – pełnić niejako podwójną rolę; gospodarczą i przyrodniczą [CZYŻYK 1994; ZARZĄDZENIE MOŚiZN 1986]. Obok dostarczania tanich wysokowartościowych pasz, zwiększają pojemność retencyjną gleb, spowalniają rozkład substancji organicznej, przeciwdziałają erozji wodnej i wietrznej, a w odniesieniu do wód otwartych i gruntowych pełnią funkcję filtra biologicznego lub strefy buforowej [CZYŻYK 1994]. Tą drogą eliminacji i przemianom ulegają zanieczyszczenia organiczne, których produkty rozkładu są wykorzystywane przez rośliny [KUTERA 1978; MORACZEWSKI 1993; SCHMAUDER, UNGER 1960]. Przyczynia się to do zmniejszenia zużycia nawozów mineralnych i poprawy czystości wód powierzchniowych i podziemnych.

Celem niniejszej pracy były badania studialne nad możliwościami oczyszczania ścieków bytowych na łące trwałej z punktu widzenia skutków sanitarnych dla gleby, paszy, wód podziemnych oraz skutków gospodarczych.

---

[1] Badania wykonano na zamówienie Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Materiał i metody badań

Badania prowadzono w latach 1995–1996 na łące produkcyjnej w Polsce centralnej. Łąkę podzielono na 4 kwatery: A, B, C, D o powierzchni 1500 m^2 każda.

Na kwaterę A wylewano wodę (z pobliskiego cieku źródliskowego) w ilości 640 $m^3 \cdot ha^{-1}$ w każdym sezonie wegetacyjnym. Na każdą kwaterę przypadało po 32 m^3 pod każdy z trzech odrostów, wylewane w dwóch dawkach po 16 m^3 każda. Pod I odrost pierwszą dawkę wylewano wiosną na początku wegetacji, a drugą – w 14 dni po wylewie pierwszej. To samo powtarzano po zbiorze I i II odrostu traw, wylewając w sumie 96 m^3 wody.

Na kwaterze B wylewano ścieki w tej samej ilości, częstotliwości i czasie co wodę na kwaterze A.

Na kwaterze C wylewano wodę jak na kwaterze A oraz wysiewano nawozy mineralne w dawkach: 136 kg N, 40 kg K i 44 kg $P \cdot ha^{-1}$ dzieląc je na trzy równe części.

Na kwaterze D wysiewano nawozy mineralne (NPK): azotowe i fosforowe w tej samej ilości jak na kwaterze C, jedynie dawka potasu była większa – 91 $kg \cdot ha^{-1}$. Ilość azotu na kwaterach C i D odpowiadała średniej zawartości tego składnika w ściekach stosowanych na kwaterze B. Stosunek N : P : K na tej kwaterze wynosił jak 1 : 0,32 : 0,67 – a więc był optymalny do równomiernego wzrostu i rozwoju traw, po założeniu ich plonowaniu na poziomie 80–100 $dt \cdot ha^{-1}$ suchej masy. Na kwaterze C jedynie ilość potasu pomniejszono o zawartość tego składnika w wodzie stosowanej na kwaterze A i C.

Badane łąki położone są na czarnej ziemi zdegradowanej w dolinie cieku wodnego, doprowadzającego wodę źródliskową do hodowlanych stawów rybnych w Falentach. Gleba ta III klasy bonitacyjnej jest silnie próchniczna (4,3–6,5% substancji organicznej), wytworzona z piasku lekkiego gliniastego, zalegającego na utworze pyłowym już na poziomie 75 cm. W warstwie 1–25 cm zawiera 23,6% części spławialnych, a jej pH w 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$ wahało się od 3,9 do 5,2, w zależności od głębokości. Skład chemiczny gleby przed założeniem i po zakończeniu doświadczenia przedstawiono w tabeli 9.

Pod względem typologicznym łąki te należą do grupy grądów popławnych o dość znacznym nachyleniu w kierunku południowo-wschodnim. Pod względem florystycznym można je zaliczyć do wiechlinowo-wyczyńcowych z dużym udziałem *Dactylis glomerata* L. i *Elymus repens* L. Przed zbiorem I-ego odrostu w 1995 r (ocena szacunkowa) *Poa pratensis* L. stanowiła 45% pokrycia darni, *Alopecurus pratensis* L. około 15%, *Dactylis glomerata* L. około 8%.

Na każdej kwaterze zainstalowano po 2 hermetycznie przykryte studzienki o głębokości 200 cm. Służyły one jednocześnie do kontroli infiltracji składników mineralnych ze stosowanych nawozach oraz ewentualnej infiltracji mikroorganizmów.

Średni poziom wody gruntowej w obu sezonach wegetacyjnych różnił się tylko o dwa centymetry (158 i 156 cm). Większe różnice wystąpiły w ilości opadów, z korzyścią dla roku 1996, natomiast sumy temperatur były większe w 1995 roku i to dość znacznie, gdyż średnia temp. w sezonie wegetacyjnym 1995 r. wynosiła 15,4°C, podczas gdy w 1996 r. zaledwie 13,6°C. Do rozwoju i wzrostu roślin korzystniejszy był więc 1996 r.

Łąkę koszono 3-krotnie, badano plon zielonej masy i siana, skład botani-

czno-wagowy, skład chemiczny i mikrobiologiczny ścieków, gleby, zielonki, siana, sianokiszonek, wody z 8 studzienek kontrolnych oraz wody używanej do nawodnień kwatery A i C. Bakterie z grupy *coli* oznaczano metodą fermentacyjną wg PN–75C-04615/05. Drobnoustroje chorobotwórcze z rodziny *Enterobacteriaceae (Salmonella* sp.) wg PN–64A-4023, jaja i larwy pasożytów metodą flotacji, jakość sianokiszonek wg skali Fliega-Zimmera (BN–74:91162-01).

Wyniki badań i dyskusja

Skład chemiczny ścieków i wody stosowanych do nawodnień (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Skład chemiczny wody i ścieków bytowych stosowanych do nawodnień (średni z lat 1995 i 1996)

Chemical composition of water and waste water used for irrigation in the years 1995 and 1996 (mean for two years)

Oznaczenie Component	Jednostka Unit	Woda Water	Ścieki Waste water
Kwasowość; Acidity	pH	7,4	6,9
Zasadowość; Alkalinity	Mval	2,5	11,3
Wapń; Cadmcium	mg $Ca \cdot dm^{-3}$	71,7	50,8
Magnez; Magnesium	mg $Mg \cdot dm^{-3}$	6,9	16,7
Żelazo; Iron	mg $Fe \cdot dm^{-3}$	0,3	8,6
Mangan; Manganese	mg $Mn \cdot dm^{-3}$	0,09	0,44
Miedź; Copper	mg $Cu \cdot dm^{-3}$	0,03	0,63
Cynk; Zinc	mg $Zn \cdot dm^{-3}$	0,07	6,43
Potas; Potassium	mg $K \cdot dm^{-3}$	2,9	15,1
Chlorki; Chlorides	mg $Cl \cdot dm^{-3}$	36,7	58,7
Siarczany; Sulfates	mg $SO_4^{2-} \cdot dm^{-3}$	52,0	31,0
Ortofosforany; O-phosphates	mg $PO_4^{3-} \cdot dm^{-3}$	1,4	45,1
Fosfor ogólny; Total phosphorus	mg $PO_4^{3-} \cdot dm^{-3}$	1,5	67,3
N amonowy; Ammonium N	mg $N \cdot dm^{-3}$	0,04	71,5
N azotynowy; Nitrite N	mg $N \cdot dm^{-3}$	0,03	n.w.
N azotanowy; Nitrate N	mg $N \cdot dm^{-3}$	0,68	2,6
N ogólny; Total N	mg $N \cdot dm^{-3}$	0,9	172,7
Detergenty anionowe; Anionic detergents	mg·dm^{-3}	–	27,5
$CHZT_{KMnO_4}$; COD (permanganate)	mg $O_2 \cdot dm^{-3}$	3,6	153,7
$CHZT_{K_2Cr_2O_7}$; COD (dichromate)	mg $O_2 \cdot dm^{-3}$	–	2505,0
BZT_5; BOD_5	mg $O_2 \cdot dm^{-3}$	–	1188,0
Sucha pozostałość; Total solids	mg·dm^{-3}	323,0	932,0
Zawiesiny; Suspended solids	mg·dm^{-3}	–	2423,0
Substancje rozpuszczalne; Soluble substances	mg·dm^{-3}	323,0	328,0
Przewodność właściwa; Conductivity	$\mu S \cdot cm^{-1}$	397,0	952,0
Zagniwalność; Putrescibility	godz.; h	–	5

Stosowane ścieki i wodę analizowano 2-krotnie w każdym roku: w kwietniu i lipcu lub sierpniu. Różnice między poszczególnymi latami nie były duże. Największe w zakresie zawartości fosforu ogólnego, chociaż zawartość tego składnika w badanych ściekach była wielokrotnie mniejsza niż wymagania stawiane kompostom z odpadów miejskich [NORMA BRANŻOWA NN-74:9162-01]. Różnice w zawartości azotu były relatywnie mniejsze niż w zawartości fosforu, ale najmniejsze występowały w zawartości potasu. Dane o zawartości N, P i K posłużyły do obliczania produktywności NPK w ściekach i nawozach. Różnice w BZT_5 oraz ChZT nie miały większego znaczenia w ich praktycznym oddziaływaniu na plon i nie zagrażały środowisku glebowemu lub trawiastemu, podobnie zresztą jak i niewielka ilość detergentów w ściekach. Dlatego też wyniki analiz chemicznych wody i ścieków przedstawiono jako średnią z czterech powtórzeń.

Charakterystyka mikrobiologiczna ścieków i wody

Ogólną liczbę drobnoustrojów oraz występowanie bakterii z grupy *coli* w badanych próbkach ścieków i wody do nawodnień oraz ze studzienek kontrolnych podano w tabeli 2. Miano *coli* jak widać nie przekraczało 0,01, można więc uznać, że i woda używana do nawodnień, i ścieki nie zawierały bakterii z grupy *coli* w ilości zagrażającej badanemu środowisku [ZARZĄDZENIE MOŚiZN 1986]. W badanych próbkach ścieków nie stwierdzono również bakterii chorobotwórczych typu *Salmonell*a, ani obecności jaj *Ascaris Cumbricoides* lub *Trichocephalus trichuria.*

Tabela 2; Table 2

Ogólna liczba drobnoustrojów i miano *coli** w badanych próbkach wody i ścieków do nawodnień oraz wody ze studzienek kontrolnych w latach 1995–1996

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 Specification	Termin pomiaru Sampling date	Woda Water	Ścieki Waste water	Woda ze studzienek na kwaterze Water from wells on the plot			
				A	B	C	D
1995							
Liczebność drobnoustrojów (x $10^5 \cdot ml^{-1}$) Total number of microorganisms	15.05.	2,9	43,3	8,8	25,9	11,5	12,8
	14.06.	2,8	48,0	–	–	–	–
	12.07.	1,8	65,0	6,8	34,1	10,0	11,2
Miano *coli* wg wzoru 100/NPL** Coliform index	15.05.	0,4	0,04	0,4	0,04	0,4	0,4
	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; Total number of microorganisms	24.08.	$30 \cdot 10^3$	$25 \cdot 10^6$	–	–	–	–
Miano *coli* wg wzoru 100/NPL**; Coliform index	12.04.	0,1	0,04	–	–	–	–
	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	–	–	–	

– nie występowały; not existing

* wielkość 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]

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

Plonowanie łąk (tab. 3)

Plony zielonki i suchej masy oznaczano z losowo wybranych miejsc o powierzchni 14 m^2 na każdej kwaterze (łącznie z 56 m^2). Na kwaterze B (ścieki) uzyskano znacznie większe plony suchej masy w obu latach niż na kwaterze A (woda). Sumaryczny plon za dwa lata na kwaterze B był większy o prawie 36 $dt \cdot ha^{-1}$ (ponad 152%). Z punktu widzenia produkcji pasz, przy założeniu, że zielonka, siano lub sianokiszonka uzyskane z kwatery B (ścieki) są paszami pełnowartościowymi, gdyż nie zawierają form przetrwalnikowych mikroorganizmów chorobotwórczych i zawartość składników mineralnych nie odbiega od normy wydaje się, że stosowanie ścieków na użytkach zielonych jest bardzo celowe. Produkcyjność 1 kg NPK zawartego w ściekach wynosiła średnio za dwa lata 8,1 kg suchej masy.

Tabela 3; Table 3

Plony suchej masy siana w latach 1995–1996 (średnie z czterech powtórzeń)
Dry weight hay yields in the years 1995–1996 (mean from four replications)

Kwatera Quarter	1995		1996		Razem; Total	
	$t \cdot ha^{-1}$	%	$t \cdot ha^{-1}$	%	$t \cdot ha^{-1}$	%
A	3,13	100,0	3,69	100,0	6,82	100,0
B	4,16	133,0	6,25	169,4	10,41	152,6
C	6,42	205,3	7,70	208,7	14,12	207,1
D	6,17	197,1	9,40	254,7	15,57	228,3

Podobnie w wieloletnich doświadczeniach niemieckich uzyskano – w okresie 188 dni karmienia 40 sztuk bydła na 9. ha pastwisku nawadnianym ściekami m. Lipska – przyrost około 150 kg od sztuki, tj. 800 g dziennie średnio od jednej sztuki. Ogólna wydajność tych pastwisk wynosiła 875 kg żywca z ha [MORACZEWSKI 1962].

Jeszcze lepsze efekty produkcyjne stosowania ścieków uzyskał KUTERA [1978] w Stacji Doświadczalnej Melioracji i Użytków Zielonych w Kamieńcu Wrocławskim. W okresie 168 dni wypasu jałówek przy średniej obsadzie 5,7 $SD \cdot ha^{-1}$, średni przyrost masy jałówek wynosił 889 $kg \cdot ha^{-1}$. W przeliczeniu na jednostki energetyczne wynosiło to 56 257,9 MJ lub 5720 jednostek skrobiowych.

W opisywanych doświadczeniach wprawdzie nie prowadzono badań żywieniowych, ale ścieki bytowe spełniały warunki Zarządzenia Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych z dnia 7 lipca 1986. W pracy zwrócono uwagę na stronę sanitarną gleby, roślin i wody w studzienkach kontrolnych.

Chemiczna ocena siana i sianokiszonek

Pod względem zawartości składników pokarmowych siano ze wszystkich trzech odrostów w obu latach było bardzo dobre. Na kwaterze B (ścieki) zawierało ono ponad 170 $g \cdot kg^{-1}$ białka surowego i ponad 230 $g \cdot kg^{-1}$ bezazotowych substancji wyciągowych. Wprawdzie siano z kwater NPK było znacznie bogatsze w białko surowe, ale pod względem biologicznym ustępowało wartości siana z kwatery B, a nawet z kwatery A (woda) – w przypadku trzeciego odrostu (tab. 4). 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 stanowczo zbyt wysoki.

Tabela 4; Table 4

Zawartość podstawowych składników pokarmowych w sianie (g·kg^{-1} s.m.) (średnie z lat 1995–1996)

Nutritive components of hay (g·kg^{-1} DM), (mean from 1995 and 1996)

Kwatera Quarter	Odrost Regrowth	Składniki pokarmowe; Nutritive components					c/g
		białko surowe crude protein	włókno surowe crude fiber	popiół surowy ash	tłuszcz surowy crude fat	bezazotowe wyciągowe N-free extracts	
a	b	c	d	e	f	g	h
A	I	155,6	332,2	87,2	29,0	395,9	0,39
	II	171,2	294,6	108,2	29,7	395,3	0,43
	III	233,0	258,7	123,2	38,4	356,6	0,65
	$\bar{x}$	186,6	295,1	106,2	32,4	382,6	0,49
B	I	173,2	320,1	100,9	28,7	376,9	0,46
	II	184,4	279,5	107,8	33,6	394,6	0,47
	III	228,3	265,5	125,2	34,7	346,0	0,66
	$\bar{x}$	195,3	288,4	111,3	32,3	372,5	0,53
C	I	234,5	277,4	120,7	26,7	351,2	0,67
	II	245,3	268,3	120,9	29,2	336,2	0,73
	III	243,7	246,4	134,1	36,3	339,2	0,72
	$\bar{x}$	241,2	264,0	125,2	30,7	342,2	0,71
D	I	202,2	306,7	109,4	30,6	350,9	0,58
	II	232,8	281,8	110,6	30,7	344,0	0,68
	III	238,2	259,2	128,0	35,0	339,1	0,72
	$\bar{x}$	224,4	282,6	116,0	32,1	344,7	0,66

Tabela 5; Table 5

Ocena jakościowa sianokiszonek w roku 1996 (średnie z dwóch powtórzeń)
Qualitative assessment of hay ensilage in 1996 (mean of two replications)

Kwatera Plot	Sucha masa Dry matter (%)	pH	Udział N-NH_3 w N og. N-NH_3 (%) % of N-NH_3 in total N	Zawartość kwasu Content of: (%)			Udział kwasu Percent of (%)			Punkty Scores	Ocena* Value
				octowego acetic acid	masłowego butyric acid	mlekowego lactic acid	octowego acetic acid	masłowego butyric acid	mlekowego 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	D
B	32,97	4,43	3,51	1,70	0,00	5,39	23,98	0,00	76,02	96	BD
C	29,04	4,81	5,17	0,64	0,00	5,51	10,26	0,00	89,74	100	BD
D	31,86	4,64	5,80	0,51	0,00	5,61	8,93	0,00	91,07	100	BD
Odrost II; Regrowth II											
A	51,12	5,72	0,39	0,22	0,00	5,85	3,62	0,00	96,38	100	BD
B	48,71	5,84	0,69	0,32	0,00	5,53	5,31	0,00	94,69	100	BD
C	41,92	5,85	0,70	0,25	0,00	5,57	4,30	0,00	95,70	100	BD
D	39,69	5,94	1,94	0,28	0,00	5,29	5,03	0,00	94,97	100	BD

* wg skali Fliega-Zimmera; acc. to the Flieg-Zimmer scale:
D – dobra; good BD – b. dobra; very good

Niezależnie od oceny siana w 2-gim roku doświadczenia sporządzono sianokiszonki z podsuszonej runi I i II odrostu pociętej na 8–10 cm odcinki, silnie ugniecionej i hermetycznie zamkniętej przez 3 miesiące w workach foliowych przyciśniętych 10-cm warstwą ziemi. Sianokiszonki oceniano wg normy branżowej Ministerstwa Rolnictwa [NORMA BRANŻOWA BN-74:9162-01]. Nawadnianie ściekami nie obniżyło jakości surowca roślinnego do produkcji sianokiszonek (tab. 5) o czym piszą również NAZARUK, PIEKUT [1999].

Na kwaterze A (bez nawożenia) w drugim roku doświadczeń pojawił się masowo brodawnik jesienny, a poza tym wiechlina łąkowa – bardzo dobra trawa łąkowo-patwiskowa – w dalszym ciągu dominowała na wszystkich kwaterach, a na kwaterze A stanowiła nawet 62% w runi.

Charakterystyka mikrobiologiczna siana, sianokiszonek i gleby

Dla upewnienia się, czy trawa, siano lub sianokiszonki nie zostały skażone szkodliwymi dla zwierząt i ludzi bakteriami ze ścieków – w piątym dniu po ich wylewie badano miano *coli* (tab. 6). Zarówno zielonka, siano jak i sianokiszonka z kwater B nawadnianych ściekami nie różniły się od tych z pozostałych kwater: A, C i D. Ich miano *coli* nie było mniejsze od 0,01, czyli wartości dopuszczalnej [POLSKA NORMA PN-75: 04615/05].

W różnych okresach lat 1995 i 1996 badano również glebę na obecność różnych grup mikroorganizmów glebowych oraz określano jej miano *coli* (tab. 7). Miano *coli*, które na kwaterze B, zarówno w sierpniu, maju jak i czerwcu, nie zmniejszyło się poniżej wartości 0,1 i występowanie innych bakterii z grupy *coli* nie zagrażały więc glebie pod względem mikrobiologicznym.

Tabela 6; Table 6

Miano *coli* trawy (pobranej w piątym dniu po wylewie ścieków), siana i sianokiszonek w latach 1995–1996

Coliform index of grass (sampled on the fifth day after waste water application), hay and haylage in 1995–1996

Rodzaj paszy; Forage	Data pomiaru Sampling date	Kwatera; Plot			
		A	B	C	D
Pasza zielona; Green forage	15.05.95	10,0	1,0	1,0	10,0
	30.05.95	10,0	10,0	1,0	10,0
	12.07.95	10,0	0,1	1,0	1,0
	16.08.95	0,8	0,5	1,0	1,0
Siano; Hay: I odrost; I regrowth	16.08.95	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
Świeża trawa zielona; Fresh green grass	13.05.96	0	0,01	1,0	1,0
	25.09.96	1,0	0,01	10,0	1,0
Siano, I odrost; Hay, I regrowth	25.09.96	0	0	5,0	0
Sianokiszonka, I odrost; Haylage, I regrowth		0,5	5,5	0,1	0,05
Siano, II odrost; Hay, II regrowth		10,0	5,0	0	5,0
Sianokiszonka, II odrost; Hay ensilage, II regrowth		5,0	0,01	0,1	1,0

Tabela 7; Table 7

Charakterystyka mikrobiologiczna gleby (na gram s.m.)
Microbial characteristisc of soil (per g dry matter)

Wyszczególnienie; Specification	Data pomiaru Sampling date	Kwatery; Plots			
		A	B	C	D
Liczba promieniowców Number of Actinomycetales ($x10^4$)	12.07.95	53,7	74,8	57,1	56,4
Liczba grzybów; Number of fungi ($x10^3$)	12.07.95	82,5	129,8	78,3	81,3
NPL* nitryfikatorów; NPL* of nitrifiers ($x10^3$)	12.07.95	11,3	16,2	15,1	14,6
NPL denitryfikatorów; NPL of denitrifiers ($x10^4$)	12.07.95	11,3	22,2	14,8	12,3
NPL amonifikatorów; NPL of ammonifiers ($x10^5$)	12.07.95	35,8	59,7	33,6	36,6
Ogólna liczba drobnoustrojów Total number of microorganisms ($x10^6$)	1995[a]	18,1	27,3	22,8	21,7
	16.08.95	18,3	48,6	22,1	23,8
	16.08.95	10,0	1,0	10,0	10,0
Miano *coli* w glebie; *Coli* form index in soil	13.05.96	1,0	0,1	1,0	0,1
	26.06.96	1,0	0,1	1,0	1,0
Występowanie bakterii z grupy *coli* (norma do 10^3); Bacteria *coli* (standard up to 10^3)	15.05.96	10^2	10^4	10^3	10^3
	30.05.96	10^2	10^4	10^3	10^3

a – wartości średnie z analiz próbek pobranych w trzech terminach: 15.05.95, 30.05.95, 12.07.95; 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)

Na uwagę zasługują większe wartości miana *coli* próbek gleby z kwatery B niż w samych ściekach, jak również to, że gleby nienawadniane ściekami nie wykazywały zbyt niskich chociaż dopuszczalnych wartości. Prawdopodobnie było to związane 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 znacznych ilościach w powierzchniowej warstwie gleb, gdzie dostają się wraz z odchodami zwierząt.

Dwuletnie tylko badania rolnicze ze ściekami uniemożliwiają obliczenia statystyczne, jednakże dołączają się do wcześniejszych wyników badań prowadzonych w kraju [HERMANN 1994; KUTERA 1978] i zagranicą [SCHMAUDER, UNGER 1960; STÄHLIN 1961]. Wykazały one bowiem, że nawadnianie łąk i pastwisk ściekami z zachowaniem higieny w obejściu domowym nie zagraża zdrowiu ludzi ani zwierząt.

Skład chemiczny wody w studzienkach kontrolnych i gleby

Wodę ze studzienek kontrolnych badano dwukrotnie: 13.04.1995 r. przed założeniem doświadczenia i po zbiorze III odrostu, tj. 4.11.1996 r. (tab. 8). Redukcja fosforu i azotu ze ścieków (kwatera B) wynosiła średnio 89% w stosunku do pierwotnej ich zawartości, a nawet 95–100% jak podają NAZARUK, PIEKUT [1999]. Oznacza to dobrą metodę oczyszczania ścieków bytowych z tych dwóch biogennych składników.

Podobnie jak wodę ze studzienek badano również glebę na zawartość niektórych ważnych składników mineralnych (tab. 9). Pierwszy raz pobierano glebę (laską Egnera) przed wylewem wody i ścieków oraz wysiewem nawozów mineralnych w 1995 r. jako średnie dla całego obiektu, a drugi raz z każdej kwatery po zbiorze III odrostu w 1996 r. Glebę pobierano z poziomów: 0–5 i 10–20 cm.

Tabela 8; Table 8

Analiza chemiczna wody w studzienkach kontrolnych przed i po zakończeniu doświadczenia

Chemical analysis of water from control wells before and after the experiment (mean for two wells)

Oznaczenia Analyses	Jednostka Unit	Kwatera Plot							
		A		B		C		D	
		1995	1996	1995	1996	1995	1996	1995	1996
Kwasowość; Acidity	pH	–	7,0	–	6,7	–	6,4	–	6,4
Ca	mg·dm^{-3}	103,6	21,6	84,2	72,7	80,6	73,2	93,6	89,6
Mg	mg·dm^{-3}	8,6	4,9	15,9	16,2	10,1	11,9	11,6	13,6
Fe	mg·dm^{-3}	11,5	2,04	3,8	3,4	3,2	1,1	3,2	3,4
Mn	mg·dm^{-3}	0,30	0,28	0,58	0,20	0,47	0,19	0,52	0,55
Cu	mg·dm^{-3}	0,78	0,37	0,48	0,26	0,37	0,32	0,61	0,41
Zn	mg·dm^{-3}	3,4	10,01	2,5	8,9	2,9	7,9	2,6	5,9
K	mg·dm^{-3}	0,20	0,00	0,10	0,00	0,27	0,00	0,15	0,00
Chlorki; Chlorides	mg·dm^{-3}	–	48,0	–	154,0	–	118,0	–	164,0
Siarczany SO_4^{2-}; Sulfates	mg·dm^{-3}	–	16,0	–	40,0	–	54,0	–	62,0
Ortofosforany PO_4^{3-} Ophosphates	mg·dm^{-3}	–	17,94	–	5,12	–	2,62	–	3,11
Fosfor og. PO_4^{3-}; Total PO_4^{3-}	mg·dm^{-3}	1,9	26,64	1,4	7,3	2,1	3,4	2,0	4,8
N amonowy Ammonium N	mg·dm^{-3}	0,25	27,10	0,40	6,12	0,25	2,13	0,28	4,03
N azotynowy; Nitrite N	mg·dm^{-3}	–	0,20	–	0,08	–	0,16	–	0,20
N azotanowy; Nitrate N	mg·dm^{-3}	42,1	0,9	20,4	4,2	16,6	5,7	9,4	7,1
N og.; Total N	mg·dm^{-3}	–	98,4	–	18,3	–	8,6	–	18,5
Przewodność; Conductivity	μS·cm^{-1}	–	425	–	457	–	400,0	–	505,0
Zagniwalność; Putrescibility	godz.; h	–	1,5	–	>5 d	—	>6 d	–	>6 d

– nie występowały; not existing

Gleba kwatery B (ścieki) nie różniła się prawie pod względem składu chemicznego od gleb innych kwater. Zauważono tylko, że nieznaczne wyczerpywanie z wierzchnich warstw gleby z kwater nawożonych NPK i ściekami tylko niektórych składników, np. żelaza i potasu. Przyczyną było zapewne wynoszenie tych składników ze znacznie większym plonem roślin niż na kwaterze A (woda). Przemieszczanie się składników w głąb gleby też nie było duże, relatywnie obserwowano je w glebach wszystkich kwater.

Tabela 9; Table 9

Własności fizycznochemiczne gleb badanego obiektu
Physical and chemical properties of soils on the studied object

Oznaczenia Analysis	1995		Kwatery w 1996 roku; Quarters in 1996							
			A		B		C		D	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2
Zawartość części szkieletowych (ø >1 mm) Skeleton particles (%)	–	–	7,40	2,34	4,92	2,26	8,90	2,17	4,99	4,30
Wilgotność *** Moisture *** (%)	2,50	1,7	2,63	1,45	0,98	1,11	0,99	2,06	1,06	1,75
Fosfor og. Total phosphorus ($g \cdot kg^{-1}$)	0,48	0,49	0,87	0,58	0,87	0,83	1,04	0,60	0,69	0,61
N og. (wyciąg 0,3 mol $CH_3COOH \cdot dm^{-3}$) Total N (0.3 mol $CH_3COOH \cdot dm^{-3}$ extract) ($g \cdot kg^{-1}$)	2,60	2,1	2,53	0,91	2,50	0,92	2,46	0,97	1,85	0,84
N azotanowy Nitrate N ($mg \cdot kg^{-1}$)	10,20	12,0	2,97	1,83	2,92	1,80	2,11	2,70	2,55	1,81
N amonowy Ammonium N ($mg \cdot kg^{-1}$)	21,0	21,0	8,70	3,65	5,50	3,00	9,10	1,00	4,00	2,00
Fosforany Phosphates (mg $P \cdot kg^{-1}$)	0,13	0,12	0,10	0,04	0,15	0,16	0,14	0,06	0,11	0,05
$K^{1)}$ (wyciąg 0,1 mol $HCl \cdot dm^{-3}$) $K^{1)}$ (0.1 mol $HCl \cdot dm^{-3}$ extract ($mg \cdot kg^{-1}$)	215,4	148,3	42,4	10,2	10,6	11,6	31,0	11,8	25,3	11,5
$Ca^{1)}$ ($mg \cdot kg^{-1}$)	373,9	410,3	648,0	321,0	572,0	516,0	646,0	386,0	306,0	398,0
$Mg^{1)}$ (wyciąg 0,5 mol $HCl \cdot dm^{-3}$) $Mg^{1)}$ (0.5 mol $HCl \cdot dm^{-3}$ extract ($mg \cdot kg^{-1}$)	140,5	139,4	93,2	88,6	25,8	13,5	22,0	60,0	103,0	110,0
$Fe^{1)}$ ($mg \cdot kg^{-1}$)	656,0	800,0	190,0	203,6	190,4	202,2	187,2	200,4	191,1	201,2
$Mn^{1)}$ ($mg \cdot kg^{-1}$)	68,0	87,0	41,3	49,7	40,4	49,8	35,7	48,9	43,7	49,5
$Cu^{1)}$ ($mg \cdot kg^{-1}$)	6,0	5,0	6,9	12,3	7,2	15,3	6,0	6,1	5,9	8,0
$Zn^{1)}$ ($mg \cdot kg^{-1}$)	25,0	17,8	22,8	18,3	21,6	28,7	21,1	23,9	21,3	16,3

* – warstwa gleby 0–5 cm; 0–5 cm soil layer
** – warstwa 10–20 cm; 10–20 cm soil layer
*** – gleba powietrznie sucha; air dry soil
1) – formy przyswajalne; available forms

Wnioski

1. Na kwaterze B (ścieki) uzyskano wyraźnie większe plony suchej masy niż na kwaterze A (woda). Zwyżka plonu suchej masy za dwa lata doświadczenia wynosiła 52,6%. Nie zauważono też niekorzystnych zmian w składzie gatunkowym runi łąkowej, a jej jakość była zupełnie dobra.

2. Analizy wody, ścieków, gleby i materiału roślinnego (zielonki, siano, sianokiszonki) nie wykazały obecności bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* oraz jaj i larw pasożytów *Ascaris cumbricoides* lub *Trichocephalus trichuria*. Różniły się wprawdzie wartościami miana *coli*, jednakże we wszystkich terminach pobierania próbek, tak wody jak i innego materiału doświadczalnego do analiz, nie stwierdzono przekroczenia wartości granicznych miana *coli*. Występowanie bakterii z grupy *coli* w badanej glebie zależało od kombinacji nawozowej oraz terminu analiz. Najniższe wartości miana *coli* wykazywała gleba traktowana ściekami, szczególnie w dwóch terminach analiz w 1996 r., natomiast największe z kwatery A (woda).

3. Redukcja azotu i fosforu ogólnego w ściekach wynosiła około 88–89% w stosunku do średniej zawartości tych składników w ściekach. Również stężenie niektórych metali w wodzie ze studzienek na kwaterze B (ścieki) nie było większe od przeciętnych w wodzie z innych kwater, na których ścieków nie stosowano.

4. Pasze (zielonka, siano i sianokiszonki) uzyskane na kwaterach nawadnianych ściekami bytowymi nie różniły się pod względem wartości pokarmowej od pasz uzyskanych z kwater nawożonych nawozami mineralnymi NPK, a w przypadku stosunku białka surowego do bezazotowych wyciągowych było nawet wartościowsze.

5. Miano *coli* badanych traw, siana i sianokiszonek miało wyższe wartości niż próbek ścieków i gleby. O ile miano *coli* próbek traw wahało się dość znacznie to miano *coli* siana i sianokiszonek było w miarę stabilne. Szczególnie duże wartości miało w III pokosie. Z analizy miana *coli* w sianie wynika, że sam proces suszenia traw powoduje znaczne jego zwiększenie, czyli ogranicza liczebność bakterii. Również wszystkie sianokiszonki z roślinności nawadnianej ściekami były bardzo dobrej jakości pod względem paszowym i sanitarnym.

6. Gleba na kwaterze B (ścieki) pod względem zawartości składników mineralnych nie różniła się w sposób istotny od gleb z pozostałych kwater, nie nawożonych ściekami bytowymi. Jedynie żelazo podlegało przemieszczaniu w głębsze warstwy gleby, ale zjawisko to występowało relatywnie jednakowo także i na innych kwaterach.

Literatura

CZYŻYK F. 1994. *Wpływ wieloletnich nawodnień ściekami na glebę, wody gruntowe i rośliny.* Rozpr. habilit. Wydaw. IMUZ Falenty: 76 ss.

HERMANN J. 1994. *Problemy mikrobiologiczne skażenia gleby osadami ściekowymi.* Ekologia i Technika 6(12): 29–30 (art. dyskusyjny).

KUTERA J. 1978. *Wykorzystanie ścieków w rolnictwie*. PWRiL Warszawa: 466 ss.

MAJDOWSKI F. 1982. *Oczyszczanie ścieków przemysłu spożywczego w glebie.* Rozpr. habilit. Wyd. IMUZ Falenty: 100 ss.

MORACZEWSKI P. 1993. *Biologiczne oczyszczanie ścieków w indywidualnych gospodarstwach rolniczych.* Mater. Konf. Polsko-Niemieckiego Towarzystwa Agrotechnicz-

nego Techniki i Kultury „Kryzys jako szansa przezwyciężenia problemów socjalnych i ekologicznych. Wydaw. Fundacji im. Fr. Eberta, Warszawa: 55–60.

MORACZEWSKI R. 1962. *Użytkowanie i wykorzystanie ścieków miejskich i przemysłowych NRD na przykładzie miasta Lipska*. Wiad. Melior. 4: 108–111.

NAZARUK M. 1982. *Wpływ deszczowania pastwiska wodą ściekową rzeki Ner i wzrastających dawek nawozów na wartość pokarmową paszy*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 236: 479–488.

NAZARUK M, PIEKUT K. 1999. *Oczyszczanie ścieków na użytkach zielonych*. Międz. Konf. Nauk.-Techn. „Rola użytków zielonych i zadrzewień w ochronie środowiska rolniczego". Kraków-Jaworki 21–22 X 1999, AR Kraków, IMUZ Oddział Krakowie: 231–245.

POLSKA NORMA PN-64:A-04023. *Wykrywanie drobnoustrojów z rodziny Enterobacteriaceae* 1987. Wydaw. Norm. „Alfa" wyd. VI (Polski Komitet Normalizacyjny), Mon. Pol. Nr 10/1965, poz. 37.

POLSKA NORMA PN-75:C-04615/05. *Oznaczenie bakterii grupy coli metodą fermentacyjną probówkową* 1987. Wydaw. Norm. „Alfa" wyd. IV (Polski Komitet Normalizacyjny i Miar, Dz. Norm i Miar nr 24/1975 poz. 86).

NORMA BRANŻOWA BN-74:9162-01. *Metody oceny jakości i wartości pokarmowej kiszonek* 1975. Wydaw. Norm. (Dz. Norm i Miar nr 4), poz. 11, Wyd. II.

NORMA BRANŻOWA BN-88:9103-06-02. *Badania zawartości fosforu w kompoście z odpadów miejskich* 1988. Wydaw. Norm. „Alfa" (Inst. Gosp. Przestrz.).

NORMA BRANŻOWA BN-89:9103-06. *Kompost z odpadów miejskich* 1989. Wydaw. Norm. „Alfa" (Inst. Gosp. Przest.).

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. 221: 115–122.

SCHMAUDER G., UNGER H. 1960. *Ergebnisse von Keimzählungen an Grünlandpflanzen, die mit stadtischem Abwasserberegnet wurden.* Wasserwirtschaft-Wassertechnik 10 (11): 500–505.

STÄHLIN A. 1961. *Die Verregnung von Abwasser auf Grünland.* Perrot-Biblioteke 9: 45–56.

ZARZĄDZENIE MOŚiZN 1986. *W sprawie rolniczego wykorzystania ścieków.* M.P. 23 z dnia 31 lipca 1986 r., poz. 170.

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

Streszczenie

W latach 1995–1996 na 3-kośnych łąkach produkcyjnych w Polsce Centralnej – badano pod względem sanitarnym i nawozowo-paszowym – możliwości wykorzystania ścieków bytowych podczas produkcji pasz na użytkach zielonych. Na czterech kwaterach: A, B, C, D o pow. 1500 m^2 stosowano: A – wodę – 640 m^3·ha^{-1} (2 x po 16 m^3 pod każdy z trzech odrostów), B – ścieki bytowe wiejskie (jak wodę na kwaterze A), C – wodę (jak na kwaterze A) i nawozy mineralne

NPK (N – 136 kg, K – 40 i P – 44 kg·ha^{-1}), D – NPK, N i P jak na kwaterze C, K – 91 kg·ha^{-1}. Badano plon zielonej masy, skład botaniczny, skład chemiczny i mikrobiologiczny wody do nawodnień, ścieków, gleby, zielonki, siana, sianokiszonek oraz wody ze studzienek kontrolnych.

Stosowane ścieki nie zawierały bakterii chorobotwórczych z rodzaju *Salmonella* oraz jaj i larw pasożytów *Ascaris cumbricoides* lub *Trichocephalus trichuria*. Nie zawierały ich również analizowane próbki wody, gleby i materiału roślinnego ze wszystkich kwater. We wszystkich terminach analiz i we wszystkich rodzajach badanego materiału nie stwierdzono przekroczenia wartości granicznych miana *coli*, czyli 0,01. Większą redukcję bakterii z grupy *coli* powodował proces wysychania siana niż proces zakiszania. O ile miano *coli* próbek traw wahało się dość znacznie o tyle miano *coli* siana było w miarę stabilne.

Dzięki pobieraniu przez rośliny nastąpiła ogromna – około 88–89% – redukcja azotu i fosforu ogólnego w wodzie ze studzienek kontrolnych – w stosunku do średniej ich zawartości w ściekach. Również stężenie niektórych metali w wodzie ze studzienek na kwaterach nawadnianych ściekami nie było większe od przeciętnych z pozostałych kwater.

Na kwaterze B (ścieki) uzyskano o 52,7% większe plony suchej masy niż na kwaterze A (woda), prawie porównywalne z plonami z kwater NPK. Nie zauważono też niekorzystnych zmian w składzie gatunkowym runi łąkowej. Pasze (zielonka, siano, sianokiszonka) z kwatery B (ścieki) nie różniły się pod względem wartości pokarmowej od pasz z kwater nawożonych NPK.

Zawartość składników mineralnych w glebie na kwaterze B (ścieki) nie różniła się istotnie od zawartości w glebach z pozostałych kwater. Przemieszczaniu w głębsze warstwy gleby podlegało żelazo, ale relatywnie jednakowo na wszystkich kwaterach.

SANITARY, FERTILIZATION AND NUTRITIVE ASPECTS OF RURAL HOUSEHOLD WASTE WATER UTILIZATION ON GRASSLANDS

Jan Zastawny [1], *Roman Moraczewski* [2], *Halina Jankowska-Huflejt* [1]
[1] Department of Meadows and Pastures,
Institute for Land Reclamation and Grassland Farming, Falenty
[2] Warsaw Agricultural University, Warszawa

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

Summary

Possibilities of utilizing household waste water in forage production on the grasslands were studied (in its sanitary, fertilization and nutritive aspects) on 3 cut productive meadows in central Poland in 1995–1996. Four plots of 1500 m^2 area each were treated as follows: A – fresh water 640 m^3·ha^{-1} (2 x 16 m^3 for each regrowth); B – rural household sewage (in amounts as on A); C – fresh water (as on A) plus 136 kg N, 4 kg K and 44 kg mineral P·ha^{-1}, D – as on C plus 91 kg K·ha^{-1}. Green matter yields and botanical composition were determined as well as, chemical and microbiological composition of water for irriga-

tion, sewage, soil, green forage, hay, haylage and the water from control wells were analyzed.

Applied waste water did not contain pathogenic bacteria from the *Salmonella* genus nor eggs and larvae of parasites like *Ascaris cumbricoides* and *Trichocephalus trichuria*. Analyzed samples of water, soil and plant material from all plots did not contain them, either. At all sampling terms and in all types of analyzed material a threshold value of the coliform index (0.01) was not exceeded. Hay drying stronger affected the reduction of coliform bacteria than silage fermentation. While the coliform index varied significantly among the grasses, it was relatively stable in hay.

Due to the uptake by plant, a remarkable reduction of total N and P (by 88–89%) was observed in water from the control wells in relation to their mean content in waste water. Concentrations of some metals in water from the wells on waste water treated plots were not higher than the averages from other plots.

Dry matter yields obtained on the plot B (treated with waste water) were by 52.7% higher than those from the plot A (water irrigated) and comparable with the yields from NPK treated plots. No unfavorable changes in botanical composition of the sward were noted on the plot B. The forage (green crop, hay, haylage) from the plot B did not differ in the nutritive value from that grown on NPK treated plots.

Nutrient contents in soil from the plot B did not significantly differ from that of other plots. Iron were translocated into deeper soil layers but the process was uniform on all the plots.

Doc. dr hab. Jan **Zastawny**
Zakład Łąk i Pastwisk
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych
Falenty
05–090 RASZYN
e-mail: J.Zastawny@imuz.edu.pl