
Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska

Zeszyt 6

Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska

Zeszyt 6

Warszawa 1994

Spis treści

PRACE ORYGINALNE

E. BIERNACKA, F. MACIAK, G. KURZAWSKI: Badania nad możliwością oczyszczania wód ze składników: Ca, Mg, Na przy użyciu złóż torfowo-mineralnych	3
Z. KRZYWOSZ, W. MATUSIEWICZ: Doświadczenia nad określaniem wodoprzepuszczalności włókien	15
W. ROGIŃSKI, E. JASIŃSKA: Badanie procesów biologicznych przerabiania słomy żytniej i gnojowicy na kompost	23

PRACE METODYCZNE

A. KEGLER: Przebieg dobowy gradientów temperatury jako podstawa oceny błędów refrakcyjnych ..	31
W. KOSIŃSKI: Dokładność wyznaczania wysokości punktów w pojedynczych ciągach niwelacyjnych	37
B. ŁYKOWSKI, T. ROZBICKI: Związek między wskazaniami ewaporometru Piche'a a warunkami meteorologicznymi	41
R. MADANY, D. GOŁASZEWSKI: O modyfikacji diagramu Schuberta do prognozowania przymrozków lokalnych	45
A. WANKE, H. PAWŁAT: Możliwości kształtowania warunków wodnych i szaty roślinnej w zlewni rzeki Mogielanki zasilanej wodami naporowymi	57

PRZEGŁĄD ZAGADNIEŃ NAUKOWYCH I TECHNICZNYCH

T. BRANDYK, E. WIENCLAW, H. ŻŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK: Warunki hydrogeologiczne obiektów melioracyjnych w subregionie XI Górnonoteckiego Systemu Wodno-Gospodarczego	65
T. BRANDYK, P. HEWELKE, P. DUCZYŃSKI: Zasady czystszej produkcji w ochronie środowiska ..	75
S. IGNAR, P. WARMERDAM, J. KRUPA: Optymalizacja parametrów modelu hydrogramu jednostkowego dla różnych metod określania opadu efektywnego	85
H. KAZIEKO, L. KAZIEKO: O nieliniowym zagadnieniu konsolidacji ośrodka trójfazowego	89
J. KRUPA, S. IGNAR: Transmitancja operatorowa modelu Nasha	95
B. ŁYKOWSKI, Cz. SZWED-ILNICKA: O ozonie w atmosferze i jego roli w klimacie i biosferze ...	99
P. OGŁĘCKI: Awifauna zróżnicowanych środowisk w dolinie środkowej Jezioroki	109
H. PAWŁAT, E. WIENCLAW, S. WIŚNIEWSKI: Kierunki gospodarki wodnej w pasmie Gocław-Julianów dla potrzeb szczegółowego planu zagospodarowania przestrzennego	115
M. PISARSKI: Analiza układu sieci drożnej w wybranych rejonach środkowej Polski	123

M. POŁOŃSKI: Poszukiwanie kryterium oceny wyników analizy środków w harmonogramach sieciowych	129
W. ROGIŃSKI, Z. KRZYWOSZ, M. SZYMAŃSKI: Badania efektywności biologicznych procesów unieszkodliwiania gnojowicy w komorach fermentacji beztlenowej	137
J. WYSOCKI: Analiza porównawcza wybranych komputerowych i analogowych metod wielkoskalowych opracowań warstwicowych	145
OPRACOWANIA INFORMACYJNE	
S. BAJKOWSKI: Laboratorium hydrauliczne Katedry Budownictwa Wodnego	151
A. CIEPIEŁOWSKI: Działalność naukowo-badawcza Zakładu Gospodarki Wodnej Instytutu Badawczego Leśnictwa	153
H. KAZIEKO, L. KAZIEKO: Matematyka na egzaminach wstępnych w SGGW w 1993 roku	155
R. WÓJCIK: O roli indywidualnego toku studiów w procesie nauczania na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW	161

Elżbieta BIERNACKA, Franciszek MACIAK, Grzegorz KURZAWSKI

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego SGGW

Badania nad możliwością oczyszczania wód ze składników: Ca, Mg, Na przy użyciu złóż torfowo-mineralnych

Wprowadzenie

Torfy ze względu na swoje specyficzne właściwości fizyczno-chemiczne i biochemiczne oraz dostępność i łatwość pozyskiwania mogą odegrać również pozytywną rolę w ochronie środowiska przyrodniczego (Biernacka, Liwski, Maciak 1987; James, McLellan Chet 1986; Hartland-Rowe, Wright 1975; Maciak, Biernacka, Kurzawski 1994).

W szczególności torfy nadawać się mogą do oczyszczania zanieczyszczonych chemicznie wód (Kuntze, Feige 1977; Ekman, Asplund 1975).

Rozpatrując proces oczyszczania wód przez torfy, należy sądzić, że zakres oczyszczania wód z nadmiaru niektórych pierwiastków, stwarzających zagrożenie w środowisku wodnym, można rozszerzyć formując do oczyszczania wód "złoża" zarówno z różnych rodzajów torfów, jak i z udziałem różnej filtracyjnej warstwy mineralnej, charakteryzującej się wybiórczo także wysokimi zdolnościami sorpcyjnymi w stosunku do niektórych pierwiastków (Farnham, Brown 1972; Hammer, Kadlec 1980; Maciak, Biernacka, Kurzawski 1994).

Celem niniejszej pracy było zbadanie możliwości oczyszczania wód rzeki Jeziorzki z nadmiaru pierwiastków: Ca, Mg i Na, przy użyciu sztucznie spreparowanych "złóż" filtracyjnych z torfu wysokiego i

torfu niskiego, zalegających na przepuszczalnej warstwie mineralnej o zróżnicowanych właściwościach fizyczno-chemicznych, zawierającej w swej masie składniki chemiczne zwiększające efekt oczyszczania wód przez torfy.

Opis doświadczenia i metody

Doświadczenie modelowe (w skali laboratoryjnej) nad oczyszczaniem wód rzeki Jeziorzki przeprowadzono w lizymetrach przy użyciu sztucznie spreparowanych "złóż" filtracyjnych z torfu wysokiego i torfu niskiego o miąższości 15 cm, podścielonych 15 cm warstwą piasku lub 15 cm warstwą popiołu elektrownianego (z węgla brunatnego), lub 15 cm warstwą popiołu (z węgla kamiennego), lub 15 cm warstwą zeolitu. Dla łatwiejszego odpływu "odcieków" (w czasie oczyszczania wód) na dno lizymetrów wprowadzono 5 cm warstwę pospółki budowlanej.

Spreparowane w formie "złóż" utwory o miąższości warstwy podścielającej (mineralnej) — 15 cm i powierzchniowej — 15 cm warstwy torfu zostały wprowadzone do podwójnych (45 l) lizymetrów, zapewniających odciek wód pościekowych.

W ciągu 3 pierwszych miesięcy (przy dawce miesięcznie 100 mm wody na lizymetr) zastosowano 300 mm zanieczyszczonych wód. W ciągu 3 dalszych miesięcy

zastosowano następne dawki tej samej wody rzeki Jezioroki — po 100 mm miesięcznie (tab. 2). W sumie w ciągu 6 miesięcy zastosowano 600 mm wód zanieczyszczonych na powierzchnię lizymetru ($F = 0,1134 \text{ m}^2$).

Dwa doświadczenia lizymetryczne: 1 — z użyciem torfu wysokiego, 2 — torfu niskiego, przeprowadzono w 3 powtórzeniach (tab. 2). Odcieki z każdego miesiąca, po zakończeniu filtracji, służyły do analiz chemicznych.

Zastosowane utwory wykazywały następujące właściwości:

- torf wysoki torfowcowy, stopień rozkładu 17%, popielność 2,5% s.m., maksymalna pojemność wodna wynosiła 1490% s.m., $\text{pH} = 4,5$ (w H_2O), gęstość właściwa $1,36 \text{ g/cm}^3$;
- torf niski trzcinowy, stopień rozkładu 30%, popielność 16% s.m., maksymalna pojemność wodna 640% s.m., $\text{pH} = 5,0$ (w H_2O), gęstość właściwa $1,46 \text{ g/cm}^3$;
- popiół (z E. C. Konin) stanowił pozostałość po spaleniu węgla brunatnego. Charakteryzował się znacznym rozdrobnieniem. Zawierał 56% ziaren grubszych o średnicy $1,0\text{--}0,1 \text{ mm}$, 34% pyłów o średnicy $0,1\text{--}0,02 \text{ mm}$ oraz 10% części spławialnych $< 0,02 \text{ mm}$, co kwalifikuje utwór jako pył zwykły, $\text{pH} = 10,2$ (w H_2O), gęstość właściwa $2,38 \text{ g na cm}^3$;
- popiół (z E. C. Kawęczyn) stanowił pozostałość po spaleniu węgla kamiennego. Charakteryzował się dużym rozdrobnieniem i pyleniem w stanie suchym. Zawierał 47% ziaren grubszych o średnicy $0,1\text{--}0,02 \text{ mm}$ oraz 17% o średnicy $< 0,02 \text{ mm}$, pojemność wodna popiołu wynosiła 55% s.m., $\text{pH} = 7,6$ (w H_2O), gęstość właściwa $2,04 \text{ g/cm}^3$;
- zeolit w formie granulowanej TYP 4A1, $F = 1,6\text{--}2,5 \text{ mm}$, partia 160 produkcji Zakładów Sodowych Inowrocław-Janikowo, $\text{pH} = 10,6$ (w H_2O), gęstość właściwa $2,14 \text{ g/cm}^3$;

— pospółka budowlana (średnioziarnista) o średnicy $4\text{--}8 \text{ mm}$, $\text{pH} = 8,5$, gęstość właściwa $2,6 \text{ g/cm}^3$.

Niektóre właściwości chemiczne utworów, będących składową częścią spreparowanych złóż, zawiera dodatkowo tabela 1. Zwraca w niej uwagę niski bądź wysoki odczyn oraz znaczna ilość niektórych pierwiastków w torfach i w podścielających torfy; piasku, popiołach, zeolicie i pospółce. Dotyczy to zwłaszcza zawartych tam pierwiastków: Ca, Mg i Na, mogących mieć istotny wpływ na stopień oczyszczenia z tych pierwiastków wód rzeki Jezioroki.

Dla wszystkich badanych substancji obliczono procent zatrzymania danej substancji przez złożo, zgodnie ze wzorem:

$$Z_{\%} = 100 \cdot [(Z_p - Z_k) Z_p]$$

gdzie:

Z_p — stężenie zanieczyszczeń w wodzie nie oczyszczonej,

Z_k — stężenie zanieczyszczeń w odcieku po filtracji przez złożo.

Znak minus przed liczbą oznacza, że dany składnik był wymywany ze złoża.

Na podstawie powyższych wyników przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji z interakcjami, badając istotność wpływu stosowanego złoża i liczby "przejęć" wody przez złożo.

Pierwsze oraz dalej omówione obliczenia wykonywano oddzielnie dla wyników otrzymanych w odciekach 1–3 i w odciekach 4–6 wody rzeki Jezioroki. Następnie dokonano obliczenia 95% przedziałów ufności średniego procentu oczyszczania dla poszczególnych składników chemicznych w funkcji numeru odcieku i rodzaju złoża oraz kombinacji złożo–odciek.

Ponieważ analiza wariancji w większości wypadków wykazała istotny statystycznie wpływ stosowanego złoża, jak i numeru odcieku na procent zatrzymania badanych substancji przez złożo, więc wykonano także Multiple Range Test, oparty na naj-

mniej istotnie różnicy (NIR) przy poziomie istotności 0,05 (w funkcji numeru odcieku i rodzaju złoża).

Test ten pozwolił znaleźć substancje o podobnym charakterze zachowania w kolejnych odciekach (dla złoża o uśrednionych własnościach), np. typu zatrzymanie — wymycie — zatrzymanie itd., oraz wydzielić grupy złożów o istotnie różnych własnościach filtrujących dla badanych substancji.

Analizę chemiczną zanieczyszczonych wód i użytych materiałów wykonano wg metody ASA (Ostrowska, Gawliński, Szczubiałko 1991) oraz innych stosowanych metod laboratoryjnych (Hermanowicz i wsp. 1976).

Wyniki badań

Dane liczbowe dotyczące właściwości chemicznych złożów torfowo-mineralnych użytych do oczyszczania wód zawarto w tabeli 1. Zwraca tam uwagę znaczne zróżnicowanie pod względem zawartości analizowanych pierwiastków (Ca, Mg, Na) w utworach stanowiących spreparowane złoża do oczyszczania wód. Wyróżnić można

pod tym względem dość znaczne ilości wapnia i magnezu w popiołach (z węgla brunatnego i kamiennego) oraz bardzo duże ilości sodu (w zeolicie). O ile jednak wymycie Ca i Mg ze złożów było niewielkie, to wymycie Na — szczególnie na złożach torfowych z podłożem zeolitowym — było bardzo duże. Stąd też przy oczyszczaniu wód rzeki Jeziorki (przez omawiane złoża), ze względu na duże wymycie sodu ze złożów torfowych z podłożem zeolitowym (nr 7 i 8), w obliczeniach statystycznych dotyczących Na pominięto ww. złoża.

Tabela 2 zawiera średnie zawartości analizowanych pierwiastków (Ca, Mg, Na) w wodzie surowej rzeki Jeziorki oraz w wodzie z rzeki Jeziorki, oczyszczonej na poszczególnych złożach. Oczyszczone wody stanowią 3 odcieki po filtracji przez złoża, uzyskane w ciągu trzech pierwszych miesięcy (1–3) oraz 3 odcieki — po filtracji przez złoża w ciągu dalszych miesięcy (4–6).

Przedstawione średnie wartości analizowanych pierwiastków w oczyszczonej wodzie (odcieki), w porównaniu do "surowej" wody rzeki Jeziorki, wskazują na możliwości oczyszczania wód z niektórych

TABELA 1. Właściwości chemiczne utworów stanowiących "złoża" torfowo-mineralne

Utwory stanowiące "złoża"	N-og.	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	pH w H ₂ O
	% s.m.								ppm					
Torf wysoki	0,82	0,01	śl.	0,06	0,03	0,61	0,13	0,03	158,0	12,0	śl.	śl.	śl.	3,4
Torf niski	3,53	0,06	0,07	0,07	0,05	2,73	0,26	0,03	70,0	13,0	śl.	16	śl.	5,4
Piasek	—	—	—	śl.	0,02	0,12	0,04	0,01	104,0	3,0	śl.	śl.	śl.	7,8
Popiół węgla brunatnego	—	—	—	0,007	0,04	6,52	1,80	0,11	452,0	15,0	7,9	14	śl.	10,2
Popiół węgla ka- miennego	—	—	—	0,03	0,24	0,90	0,87	0,07	1067,0	40,0	22,0	14	śl.	8,7
Zeolit	0,07	śl.	—	0,007	0,10	0,15	0,05	4,15	15,0	3,6	4,8	śl.	śl.	10,6
Pospółka	—	—	—	śl.	0,05	11,2	1,43	0,04	24,0	5,0	2,4	22	śl.	9,5

TABELA 2. Średnie zawartości składników chemicznych (Ca, Mg, Na) w wodzie (surowej) rzeki Jezioroki i oczyszczonej na poszczególnych złożach (ppm)

Kombinacja	Rodzaj złoża	Ca	Mg	Na	pH w H ₂ O	Zasole- nie og.
1-3 odciek (3 miesiące)						
Woda rzeki Jezioroki po oczyszcze- niu w ciągu 1-3 miesięcy	1. Torf wysoki + piasek	8,30	7,26	16,57	7,2-7,5	0,70
	2. Torf niski + piasek	8,66	8,63	30,37	7,2-7,7	1,25
	3. Torf wysoki + popiół węgla brunatnego	7,01	0,06	72,27	9,0-10,5	0,78
	4. Torf niski + popiół węgla brunatnego	3,11	0,03	97,59	8,8-10,5	1,04
	5. Torf wysoki + popiół węgla kamiennego	11,30	67,33	13,11	7,8-8,1	1,21
	6. Torf niski + popiół węgla kamiennego	18,83	56,16	16,41	7,7-7,9	1,73
	7. Torf wysoki + zeolit	4,63	0,61	414,01	9,3-10,0	2,70
	8. Torf niski + zeolit	3,02	0,85	455,66	9,2-10,0	3,07
Woda surowa rzeki Jezioroki		155,0	46,00	57,00	7,3	0,80
4-6 odciek (3 miesiące)						
Woda rzeki Jezioroki po oczyszcze- niu w ciągu 4-6 miesięcy	1. Torf wysoki + piasek	53,63	17,30	49,53	6,1-7,2	0,95
	2. Torf niski + piasek	49,23	16,56	33,11	6,5-7,2	1,26
	3. Torf wysoki + popiół węgla brunatnego	27,40	0,29	41,16	8,2-10,3	0,60
	4. Torf niski + popiół węgla brunatnego	32,46	0,02	42,11	8,0-10,0	0,65
	5. Torf wysoki + popiół węgla kamiennego	60,70	53,70	29,99	8,2-8,4	0,95
	6. Torf niski + popiół węgla kamiennego	43,00	38,06	27,72	8,0-8,3	1,08
	7. Torf wysoki + zeolit	4,16	0,05	900,00	9,5-9,8	2,68
	8. Torf niski + zeolit	5,26	0,04	920,33	9,5-9,8	2,57

pierwiastków chemicznych przy użyciu sztucznych złóż torfowo-mineralnych.

Wapń

Zawartość wapnia w wodzie rzeki Jezioroki przed oczyszczeniem wyniosła 155 ppm. Oczyszczanie wody na złożach w ciągu trzech pierwszych miesięcy spowo-

dowało redukcję wapnia do wysokości 3,02-18,83 ppm (tab. 2). Średni procent zatrzymania Ca przez złoża wahał się od 87,85% — dla złoża nr 6 — do 98,05% — dla złoża nr 8.

Statystycznie istotne różnice (tab. Ca-1) występują między złożem nr 6 a pozostałymi i między złożem nr 5 a pozostałymi.

TABELA Ca-1. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Ca przez badane złoża w odciekach 1-3

Złoże	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne							
6	6	87,85	X							
5	6	92,69		X						
2	6	94,40			X					
1	6	94,62			X					
3	6	95,45			X					
7	6	97,02				X				
4	6	97,99				X				
8	6	98,05				X				

TABELA Ca-2. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Ca przez badane złoża w odciekach 4-6

Złoże	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne							
5	6	60,83	X							
1	6	65,38		X						
2	6	68,23		X	X					
6	6	72,25			X					
4	6	79,03				X				
3	6	82,31				X				
8	6	96,59					X			
7	6	97,48					X			

Pomiędzy złożami o nr. 2, 1 i 3 nie ma istotnych różnic, natomiast istotne różnice w oczyszczaniu przez złoża Ca występują pomiędzy wymienionymi złożami (2, 1, 3) a pozostałymi (7, 4, 8). Nie ma także istotnych różnic statystycznych między złożami o nr. 7, 4 i 8.

W odciekach 4-6 stwierdza się znacznie więcej Ca niż w pierwszych (odcieki 1-3). Średni procent zatrzymania Ca waha się tam od 60,83% — dla złoża nr 5 — do 97,48% Ca — dla złoża nr 7. Istotne różnice w procentowej redukcji Ca występują między złożem nr 5 a pozostałymi. Nie ma różnic między złożem nr 1 i 2. Istotne różnice są między złożem nr 2 a pozostałymi. Natomiast nie ma istotnych różnic między złożem 4 i 3 oraz między złożem 8 i 7.

Największe zatrzymanie Ca miało miejsce na złożach o nr. 8 i 7 (torfy z podłożem zeolitowym). Wysokie zdolności zatrzymania Ca (79,03% i 82,31%) również wykazały złoża nr 4 (torf niski + popiół K)

oraz nr 3 (torf wysoki + popiół B). Najslabiej Ca był sorbowany przez złoża torfów wysokich z podłożem piaszkowym i z podłożem z węgla kamiennego (tab. Ca-2).

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji można również stwierdzić, że zarówno rodzaj złoża, jak i nr odcieku ma istotny statystycznie wpływ ($p < 0,0001$) na procent zatrzymania tego pierwiastka przez złożo. Biorąc pod uwagę procent zatrzymania Ca przez badane złoża, na podstawie analizy odcieków 1-3 (tab. Ca-3) można stwierdzić, że największy średni procent zatrzymania Ca (95,33 i 96,16) wystąpił przy odcieku nr 1 i 2. Natomiast w trzecim odcieku występuje niewielki procentowy spadek zatrzymania Ca przez złoża, wynoszący 92,78%. Istotne różnice występują zatem między odciekiem nr 3 a pozostałymi. Natomiast nie ma istotnych różnic między odciekiem nr 1 i 2.

Analizując wartości średnie, procent zatrzymania Ca przez złoża — na podstawie

TABELA Ca-3. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Ca przez badane złoża w odciekach 1-3

Odciek	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne		
3	16	92,78	X		
1	16	95,33		X	
2	16	96,16		X	

TABELA Ca-4. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Ca przez badane złoża w odciekach 4-6

Odciek	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne		
6	16	76,01	X		
4	16	77,74	X	X	
5	16	79,54		X	

analizy odcieków nr 4, 5, 6 (tab. Ca-4) — można zauważyć dalszy średni procentowy spadek zatrzymania Ca przez złoża w miarę długości okresu filtracji. Średni procent zatrzymania Ca dla odcieku nr 6 jest najmniejszy i wynosi odpowiednio 76,01%, a najwyższy — dla odcieku nr 5 i wynosi 79,54%.

Statystycznie istotne różnice między średnimi wartościami procentu zatrzymania Ca występują między odciekiem nr 6 a pozostałymi. Natomiast nie ma istotnych różnic między odciekiem nr 6 a 4 oraz odciekiem nr 4 a 5.

Magnez

Zawartość magnezu w wodzie nie oczyszczonej rzeki Jeziorzki wynosiła 46,00 ppm. W pierwszych trzech odcinkach (1-3) średnie wartości Mg występowały w granicach od 0,03 do 67,33 ppm (tab. 2). Średni procent zatrzymania (najgorszy), przyjmujący wartości ujemne, wystąpił na złożu nr

6 (-69,93%) i na złożu nr 5 (-46,38%). Są to złoża uformowane z torfu niskiego i torfu wysokiego z podłożem popiołu K (z węgla kamiennego). Wyniki obliczeń statystycznych (tab. Mg-1) wskazują, że najwyższe zatrzymanie Mg wystąpiło kolejno na złożach o następujących numerach: 4, 3, 7, 8, tj. złoż torfu z podłożem popiołu B i złoż torfu z podłożem zeolitu. Średni procent zatrzymania wynosił tam 99,93% — dla złoża nr 4 — i 98,14% — dla złoża nr 8. Złoża nr 2 i 1 (torfy na podłożu piasku) zatrzymały Mg w wysokości 84,17 i 81,16%.

Istotne różnice występują także między złożem nr 6 a pozostałymi złożami, między złożem nr 5 a pozostałymi. Nie ma istotnych różnic między złożami 2 i 1 oraz między złożami o nr. 8, 7, 3, 4.

W odciekach 4-6 ujemna wartość (-16,92%), ze względu na wymywanie Mg ze złoża, występuje tylko w złożu nr 5. W pozostałych złożach procent zatrzymania Mg przez złoża waha się w granicach od

TABELA Mg-1. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Mg przez badane złoża w odciekach 1-3

Złoże	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne						
6	6	-69,93	X						
5	6	-46,38		X					
2	6	81,16			X				
1	6	84,17			X				
8	6	98,14				X			
7	6	98,67				X			
3	6	98,87				X			
4	6	99,93				X			

TABELA Mg-2. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Mg przez badane złoża w odciekach 4-6

Złoże	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne						
5	6	-16,92	X						
6	6	17,17		X					
1	6	62,32			X				
2	6	63,99			X				
3	6	99,88				X			
7	6	99,90				X			
8	6	99,92				X			
4	6	99,96				X			

17,17% — dla złoża nr 6, do 99,96% — dla złoża nr 4. Wartości dotyczące procentowego zatrzymania Mg przez złoża (w czasie 4-6 oczyszczania) są podobne do przebiegu zatrzymania Mg przez złoża po pierwszych (1-3) odciekach. Te same złoża o nr. 4, 8, 7, 3 również zatrzymały najwyższe ilości Mg.

Rozpatrując zawartość Mg w odciekach, średnie wartości dotyczące procentu zatrzymania przez wszystkie badane złoża, można zauważyć zróżnicowania w średnich wartościach Mg w zależności od

kolejnego numeru odcieku. Tabela Mg-3 przedstawia $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Mg przez badane złoża w odciekach 1-3. Średni procent zatrzymania Mg jest najmniejszy (36,82%) w odcieku nr 1, a największy — w odcieku nr 3 (68,68%).

Występuje statystycznie istotna różnica między średnimi wartościami procentu zatrzymania Mg w złożach między odciekiem nr 1 a pozostałymi (nr 2 i 3) oraz między odciekiem nr 2 a odciekiem nr 3. W dalszych odciekach (nr 4-6) (tab. Mg-4)

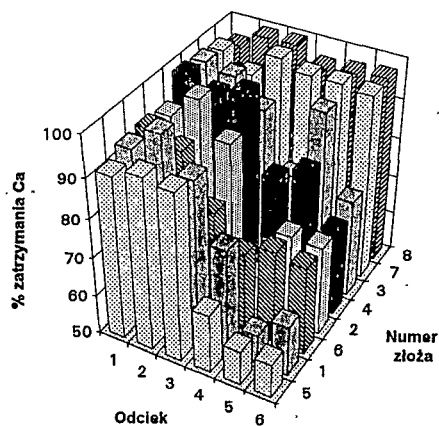
TABELA Mg-3. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Mg przez badane złoża w odciekach 1-3

Odciek	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne		
1	16	36,82	X		
2	16	61,60		X	
3	16	68,68			X

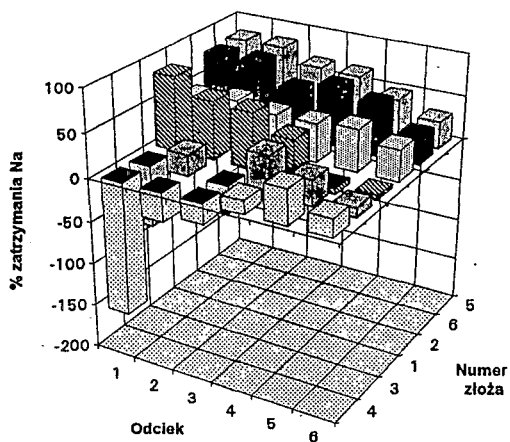
TABELA Mg-4. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Mg przez badane złoża w odciekach 4-6

Odciek	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne		
6	16	58,87	X		
5	16	67,70		X	
4	16	70,77			X

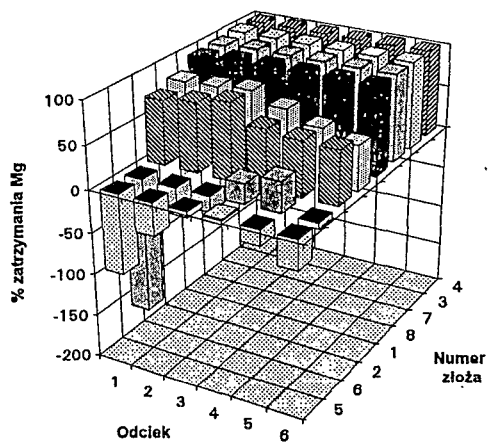
a



b



c



Rys. 1. Procent zatrzymania poszczególnych pierwiastków (Ca, Na, Mg) przez badane złoże w odciekach 1-6 (znak minus oznacza wypłukiwanie pierwiastka ze złoże)

średni procent zatrzymania przez złoża występuje w odcieku nr 4 (70,77%), a najmniejszy — w odcieku nr 6 (58,87%).

Statystycznie istotne różnice między średnimi wartościami procentu zatrzymania Mg w złożach występują między odciekami nr 6 a pozostałymi (nr 5 i 4) oraz między odciekami nr 5 a odciekami nr 4. Jak już podkreślono odciek nr 4 wykazał średni procent zatrzymania Mg 70,77%. Średnie wartości procentu zatrzymania Mg przez badane złoża (odcieki 1–3 oraz 4–6) w funkcji numeru kombinacji złożo–odciek zawiera rysunek 1c, natomiast średnie wartości procentu zatrzymania obydwu pierwiastków (Ca i Mg) przez badane złoża (odciek 1–6) w funkcji numeru odcieku i złoża ilustrują rysunki 1a i 1c.

Jak wynika z powyższych rysunków, procent zatrzymania przez złoża pierwiastków Ca i Mg różni się wyraźnie w poszczególnych odciekach. Szczególnie widoczne są różnice w 1 odcieku oraz w 4, 5 i 6 odcieku.

Sód

Zawartość sodu w surowej wodzie rzeki Jeziorzki wynosiła 57 ppm (tab. 2). Wypłukiwanie Na w czasie filtracji wody przez złoża było bardzo wysokie (w niektórych złożach). Szczególnie Na był wymywany ze złoż o podłożu zeolitowym (nr 7, 8). Wobec powyższego w obliczeniach statystycznych dotyczących zatrzymania Na

przez złoża brano pod uwagę złoża o nr. 1–6. Wypłukiwanie Na w czasie filtracji wody w ciągu trzech miesięcy (1–3 odciek) nastąpiło w złożach o nr. 4, 3 (tab. Na–1). Zatrzymanie Na w złożach wystąpiło tylko w czasie filtracji wody przez złoża nr. 2, 6, 1, 5. Najwyższe zatrzymanie (77,13%) wystąpiło przy filtracji wody przez złożo nr 6, najniższe (46,38%) — przy filtracji przez złożo nr 2.

Statystycznie istotna różnica między średnimi wartościami występuje (zaczynając od wyniku najgorszego) między złożem nr 4 a pozostałymi, nr 3 a pozostałymi, nr 2 a pozostałymi. Nie ma statystycznie istotnych różnic w wynikach zatrzymania Na, otrzymanych dla złoż o nr. 6, 1, 5.

Przy analizie zawartości Na w odciekach 4–6 (tab. Na–2) stwierdza się najwyższe ilości Na po filtracji wody przez złoża torfu wysokiego z podłożem piaskowym (złożo nr 1). Omawiane złoża (nr 1, 4, 3, 2, 5, 6) zatrzymują Na z wody rzeki Jeziorzki w granicach od 13,91% do 51,74%. Spośród wymienionych złoż najwyższe zatrzymanie Na nastąpiło w złożach nr 6 i 5 (średni procent zatrzymania 51,74 i 47,83), uformowanych z torfu niskiego i z torfu wysokiego na podłożu zawierającym popiół K.

Statystycznie istotna różnica między średnimi wartościami występuje (zaczynając od wyniku najgorszego) między złożem nr 1 a pozostałymi, nr 4 a pozostałymi, nr 3

TABELA Na–1. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Na przez badane złoża w odciekach 1–3

Złożo	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne							
4	6	70,00	X							
3	6	25,65		X						
2	6	46,38			X					
6	6	71,10				X				
1	6	71,39				X				
5	6	77,13				X				

TABELA Na-2. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Na przez badane złoża w odciekach 4–6

Złoże	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne							
1	6	13,91	X							
4	6	24,93		X						
3	6	28,26		X						
2	6	42,32			X					
5	6	47,83			X	X				
6	6	51,74				X				

a pozostałymi oraz nr 5 a pozostałymi. Nie ma statystycznie istotnych różnic w wynikach wartości Na otrzymanych dla złóż o nr. 4 i 3, 2 i 5, 5 i 6.

Na podstawie analizy chemicznej odcieków (1–3) stwierdzono średni procent zatrzymania Na przez złoża, wynoszący od 11,13% do 44,87%. Ilustruje to tabela Na-3, z której wynika, że średni procent zatrzymania Na przez złoża jest najmniejszy dla odcieku nr 1, a największy — dla odcieku nr 2.

Statystycznie istotna różnica występuje między średnimi wartościami procentu zatrzymania Na w złożach między odcie-

kiem nr 1 a odciekiem nr 3 oraz odciekiem nr 3 a odciekiem nr 2. W następnych odciekach 4–6 (tab. Na-4) najmniejszy średni procent zatrzymania (21,96%) jest przy odcieku nr 6, a największy (46,59%) — przy odcieku nr 4.

Statystycznie istotne różnice występują między średnimi wartościami procentu zatrzymania Na w złożach między odciekiem nr 6 a odciekiem nr 5 oraz odciekiem nr 5 a odciekiem nr 4.

Na podstawie uzyskanych wyników, dotyczących oczyszczenia wody z Na, można stwierdzić, że złoża uformowane z torfu wysokiego i niskiego, z podłożem

TABELA Na-3. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Na przez badane złoża w odciekach 1–3

Odciek	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne		
1	12	11,13	X		
3	12	29,17		X	
2	12	44,87			X

TABELA Na-4. Wyniki Multiple Range Test opartego na $NIR_{0,05}$ dla procentu zatrzymania Na przez badane złoża w odciekach 4–6

Odciek	L. punktów	Śr. % zatrzymania	Gr. jednorodne		
6	12	21,96	X		
5	12	35,94		X	
4	12	46,59			X

popiołów pochodzących ze spalania węgla kamiennego, są stosunkowo najlepszymi sorbentami sodu w czasie filtracji zanieczyszczonych wód. Procent zatrzymania poszczególnych pierwiastków (Ca, Mg, Na) przez badane (1–8) złoża w kolejnych odciekach (1–6) przedstawia rysunek 1a, b, c.

Wnioski

Przeprowadzone doświadczenia modelowe (w skali laboratoryjnej) nad oczyszczaniem zanieczyszczonych wód rzeki Jezioriki z Ca, Mg, Na, przy użyciu sztucznie spreparowanych złóż torfowo-mineralnych, pozwalają na wysunięcie następujących wniosków:

1. **Wapń.** Wysokie zatrzymanie Ca przez złoża następowało zarówno w pierwszym okresie (1–3 miesiące) oczyszczania wody, jak i w okresie dalszym (4–6 miesięcy). Zatrzymanie Ca przez złoża po 1–3 odciekach (3 miesiące) wynosiło od 87,85% (złoże nr 6: torf niski + popiół K) do 98,05% (złoże nr 8: torf niski + zeolit). Po 4–6 odciekach (6 miesięcy) zatrzymanie Ca przez złoża wynosiło od 60,83% (złoże nr 5: torf wysoki + popiół K) do 97,48% (złoże nr 8: torf niski + zeolit).

2. **Magnez.** Wyfłukiwanie Mg charakteryzowało złoża nr 6 i 5 uformowane z torfów niskich i wysokich z podłożem popiołu K (z węgla kamiennego). Zatrzymanie Mg przez złoża w pierwszej fazie (3 miesiące) filtracji wody (odciek 1–3) nastąpiło w granicach od 81,1% (złoże nr 2: torf niski + piasek) do 99,93% (złoże nr 4: torf niski + popiół B).

W dalszej fazie (4–6 miesięcy) filtracji wody przez złoża (odciek 4–6) nie było zatrzymania Mg na złożu nr 5 i mały procent zatrzymania Mg na złożu nr 6 (17,17%). Zatrzymanie Mg w pozostałych złożach wynosiło od 62,32% (złoże nr 1: torf wysoki + piasek) do 99,96% (złoże nr 4: torf niski + popiół B).

3. **Sód.** Wyfłukiwanie Na ze złóż występowało zarówno w pierwszej fazie (1–3 miesiące) oczyszczania (1–3 odciek), jak i w fazie drugiej (4–6 odciek), trwające od 4–6 miesięcy.

Wyfłukiwanie Na wystąpiło ze złóż torfowych z podłożem popiołu B (z węgla brunatnego). Największe zatrzymanie Na przez złoża nastąpiło w pierwszej fazie filtracji (1–3 miesiące) na złożu nr 5: torf wysoki + popiół K (77,13%). W drugiej fazie filtracji (4–6 miesięcy) największe zatrzymanie Na nastąpiło na złożu nr 6: torf niski + popiół K (51,74%).

4. Analiza wariancji w większości przypadków wykazała istotny statystycznie wpływ stosowanego złoża, jak i numeru odcisku na procent zatrzymania badanych pierwiastków przez złoża, przy poziomie istotności $NIR_{0,05}$ (w funkcji numeru odcisku i rodzaju złoża).

Literatura

- BIERNACKAE., LIWSKI S., MACIAK F. 1987: *The effect of wastewaters of starch factories and breweries on physico-hydrological properties of much — peat soils*. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW, Land Reclam. 23, s. 11–18.
- EKMANE., ASPLUND D. 1975: *Peat in wastewater treatment*. Int. Peat Soc. Symp. Peat Chemistry and Physics. Technical Research Centre of Finland Rept. 5 26 pp.
- FARNHAM R. S., BROWN J. L. 1972: *Advanced wastewater treatment using organic and inorganic materials*. Part I. Use of peat and peat-sand filtration media. Proc. Int. Peat Cong. Fourth 4, Helsinki s. 271–286.
- HAMMER D. E., KADLEC R. H. 1980: *Ortho-phosphate adsorption of peat*. Proc. Int. Peat Cong., Sixth, Duluth, s. 563–569.
- HARILAND-ROWE R., WRIGHT P. 1975: *Effects of sewage effluent on a swampland stream*. Verh. Int. Verein. Limnol., 19, s. 1575–1583.
- JAMES K., McLELLAN CHET A. 1986: *The application of peat in environmental pollution control*. Int. Peat Journal I s. 1–14.
- KUNTZE H., FEIGE V. 1977: *Zdolności filtracyjne różnych rodzajów torfów w stosunku do niektórych mikroelementów*. Seminarium naukowe nt. Oczyszczanie i utylizacja ścieków w środowisku glebowym i wodnym jako jeden z głównych kierunków realizacji Konferencji Helsińskiej, Szczecin-Warszawa.

- MACIAK F., BIERNACKA E., KURZAWSKI G.
1994a: *Oczyszczanie ścieków komunalnych (surowych) przy użyciu torfów i popiołu z elektrowni*. Roczniki Gleboznawcze T. XLIV 3/4, s. 179–192.
- MACIAK F., BIERNACKA E., KURZAWSKI G.
1993b: *Oczyszczanie gnojowicy przy użyciu torfów i popiołu z elektrowni*. Roczniki Glebozn. T. XLIV 3/4, s. 165–178.
- HERMANOWICZ W. i wsp. 1976: *Fizykochemiczne badania wody i ścieków*. Arkady, Warszawa.
- OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKO Z. 1991: *Metodyka analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Katalog, Warszawa.

Summary

Investigation on the purification of polluted water by peat — mineral deposits: removal of Ca, Mg and Na. Lisimetric and laboratory experiments on the purification of the polluted water from: Ca, Mg, Na by various peat — mineral deposits were carried out

the peat deposits were constructed of high and low peats with the layer of sand, ash (from hard and brown coal) as well ash layer of zeolit under the peat layer.

In consequence of the application the rate (300 + 300 mm) of the polluted water (during 3 + 3 months) on the surface deposit, the cleaning effects of the deposits, were the largest for Ca and Mg and the smallest for Na.

The percent reduction of the chemical components in water after purification (through deposits) were differentiate in dependence of kind of deposit, amounting from 60,83 to 97,48% for Ca, from 17,17 to 99,96% for Mg and from: 51,74 to 77,13% for Na. During the purification process of the polluted water the Na was very intensively leached from some deposits.

Authors' address:

E. Biernacka, F. Maciak, G. Kurzawski
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Doświadczenia nad określaniem wodoprzepuszczalności włókien

Wstęp

W latach 1973–1993 włókny zostały w szerokim zakresie wprowadzone do praktyki w wielu dziedzinach działalności inżynierskiej. Są doskonałym filtrem odwrotnym i posiadają dużą wytrzymałość. Stosuje się je do zabezpieczania skarp wałów, zapór i grobli. Oddzielają one różne warstwy gruntów, zabezpieczają дренаże budowli tymczasowych i trwałego użytkowania, wzmacniają podłoże, np. przy budowie dróg.

W trakcie badań laboratoryjnych włókien igłowanych z bardzo cienkich włókien poliestrowych stwierdzono, że ich wartości współczynników filtracji zmieniają się w zależności od wielkości gradientu hydraulicznego. Zaobserwowano, że współczynniki filtracji zależą od intensywności nasycenia włókien wodą, odpowietrzania prób i modelu badawczego oraz od składu surowcowego i technologii produkcji włókien. W celu wyjaśnienia zaobserwowanych zjawisk przeprowadzono badania laboratoryjne współczynników filtracji dwóch rodzajów włókien. Jedną, w której występowały różnice w wodoprzepuszczalności pod wpływem zmiennego gradientu hydraulicznego, i drugą — w celu porównania, gdzie tych różnic nie zaobserwowano. Rozpatrzono kilka przypadków pomiarowych. Badano próby powietrznie suche oraz w różnym stopniu nasycone wodą. Omówiono również wpływ metodyki po-

miaru na wartości współczynników filtracji włókien oraz konsekwencje dopuszczenia niewłaściwej włókny do wdrożenia w terenie.

Zakres i metodyka badań

W celu wyjaśnienia wpływu sposobu pomiaru oraz różnego stopnia nasycenia włókny wodą na jej wodoprzepuszczalność przeprowadzono badania dwóch rodzajów włókien o skrajnych parametrach metrologicznych. Jedną, o symbolu WI 80% PE, 20% PP (włókna igłowana, 80% poliestru i 20% polipropylenu — dalej nazywana 1WI), posiadała dużą porowatość, dość grube włókna surowca, z którego była wykonana, oraz małą ilość przeigłowań na jednostkę powierzchni. Druga, o symbolu WI 100% PE (włókna igłowana, 100% poliestru — dalej nazywana 2WI), charakteryzowała się małą porowatością, bardzo cienkimi włóknami i dużą ilością przeigłowań. Podstawowe parametry badanych włókien zamieszczono w tabeli 1.

Badanie współczynnika filtracji wykonano dla trzech różnie przygotowanych prób włókny, tj. powietrznie suchej, moczonej w wodzie poprzez chwilowe zanurzenie (około 1 minuty) oraz moczonej 24 godziny. Wyżej wymienione przypadki badane były przy zmiennym gradientie hydraulicznym w dwu wariantach, tj. przy pełnym odpowietrzaniu prób włókny i modelu oraz bez stosowania odpowietrza-

TABELA 1. Podstawowe parametry badanych włókien

Rodzaj włókniyny	Masa powierzchniowa m_F [g/m ²]	Grubość [mm]		Wytrzymałość [daN]	
		na sucho	na mokro	wzdłuż	wszerz
1WI	220	4	3,75	36,6	41,0
2WI	600	6,45	5,95	76,6	90,5

nia. Badania współczynnika filtracji włókniyny polegały na przepuszczeniu wody prostopadłe do jej płaszczyzny w jednostce czasu przez próbkę o określonej grubości przy zadanej różnicy ciśnień. Badania wykonano wg metody opracowanej przez Krzywosza (1982) zgodne z normą dotyczącą określania współczynnika filtracji materiałów włókniinowych. Po wstępnym odpowietrzaniu próbki włókniyny (tylko próbki moczone) umieszczano w aparacie (rys. 1). Po ułożeniu włókniyny (4) w przyrządzie i założeniu uszczelnacza (7) doprowadzano wodę od strony rury podfiltrowej (2) w celu wyparcia powietrza z próbki oraz z jej otoczenia (na styku włókniina-woda). Z chwilą zatopienia próbki (4) zamieniano kierunek przepływu wody ze zbiornika odpowietrzającego (5) do rury nadfiltrowej (1). Pomiarów dokonywano po ustabilizowaniu się ciśnień piezometrycznych (10) oraz objętości odpływu V . Następnie zwiększano gradient hydrauliczny do momentu uzyskania stałej wartości współczynnika filtracji włókniyny. Jeżeli współczynnik filtracji był stały, tzn. nie zmieniał wartości przy wzroście gradientu, badania nie kontynuowano. Drugi sposób przeprowadzania badań bez odpowietrzania prób włókniyny i modelu był następujący. Po umieszczeniu próbki włókniyny (4) (suchej lub moczonej bez wstępnego odpowietrzania) w modelu i jej uszczelnieniu (7), zadawano przepływ wody ze zbiornika (5) w kierunku rury nadfiltrowej (2). Dalszy przebieg pomiarów był analogiczny jak w przypadku badania włókniin z pełnym odpowietrzaniem przy zmiennym gradiencie hydraulicznym.

Współczynniki filtracji poprzecznej włókniin k_t określano wg zależności:

$$k_t = \frac{V \cdot g}{F \cdot t \cdot \Delta h} \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

gdzie:

V — objętość odpływu [m³],

g — grubość próbki [m],

F — powierzchnia przekroju próby [m²],

t — czas pomiaru odpływającej wody [s],

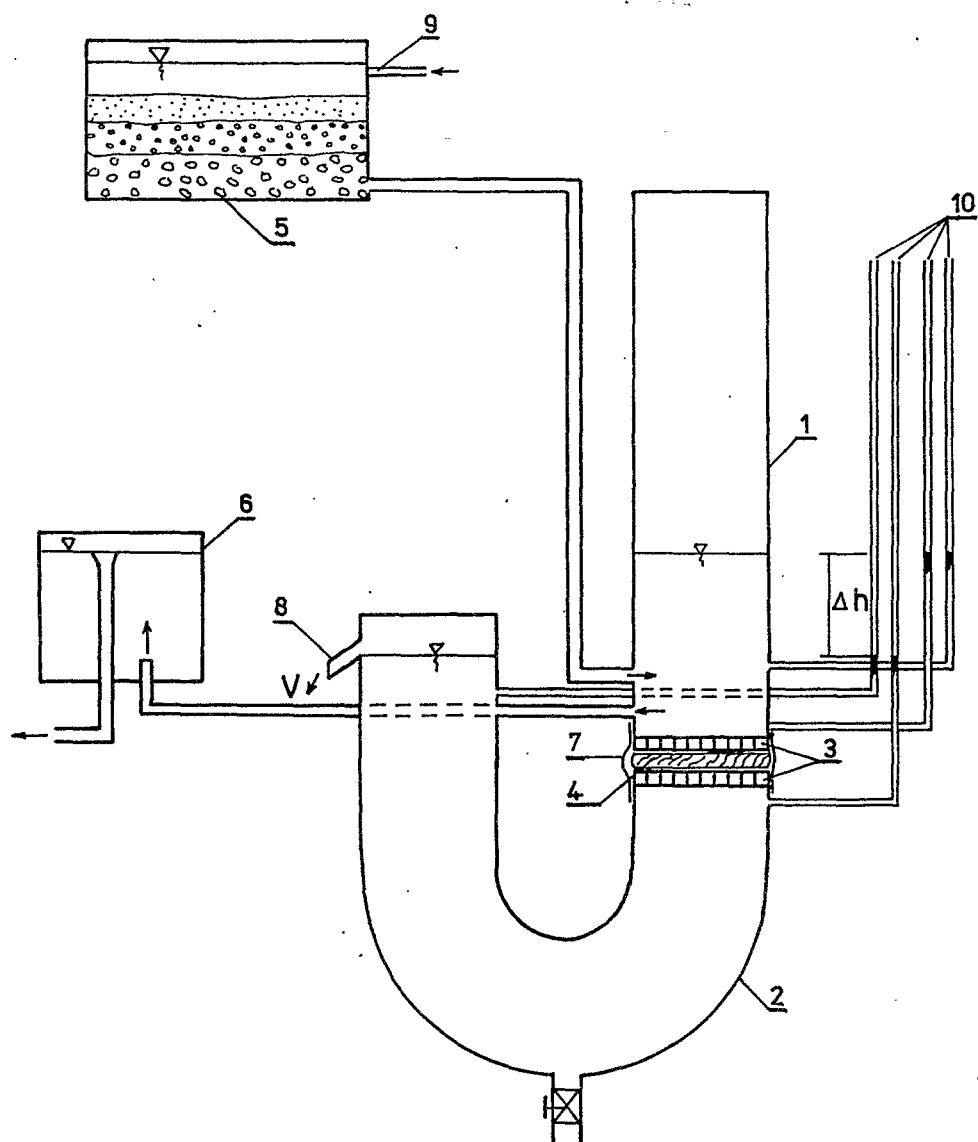
Δh — różnica ciśnień piezometrycznych [m].

Do celów praktyki wartości k_t , otrzymane przy danej temperaturze T (°C), redukowano do wartości k_{10} odpowiadającej temperaturze wody +10°C:

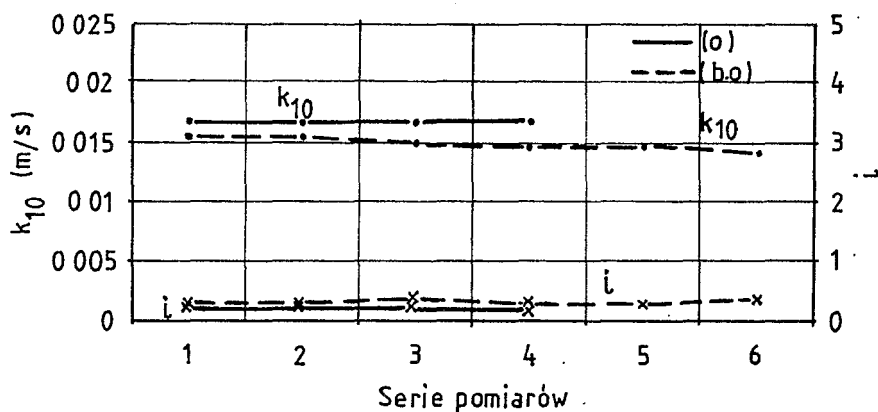
$$k_{10} = \frac{k_t}{0,7 + 0,03T} \quad [\text{m/s}] \quad (2)$$

Wyniki badań

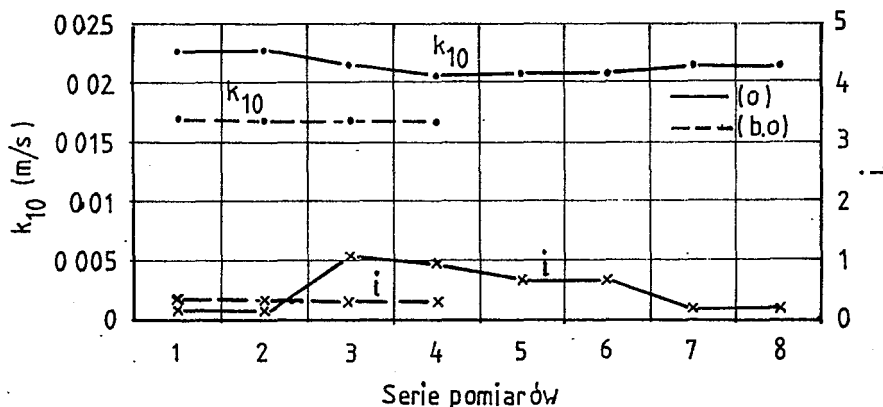
Uzyskane wyniki współczynników filtracji k_{10} w zależności od różnych wartości gradientu hydraulicznego dwu rodzajów włókniin, tj. 1WI oraz 2WI, opracowano w formie wykresów (rys. 2–7). Na rysunkach 2–4 przedstawiono wyniki dla włókniyny 1WI, na rysunkach 5–7 zamieszczono zaś wyniki dla włókniyny 2WI. W sumie przeanalizowano dwanaście przypadków pomiarowych (po sześć dla każdej włókniyny) dla trzech różnie przygotowanych prób włókniin, tj. powietrznie suchej, moczonej 1 minutę i moczonej 24 godziny. Wartości współczynników filtracji są wielkościami średnimi z trzech pomiarów. Wykresy



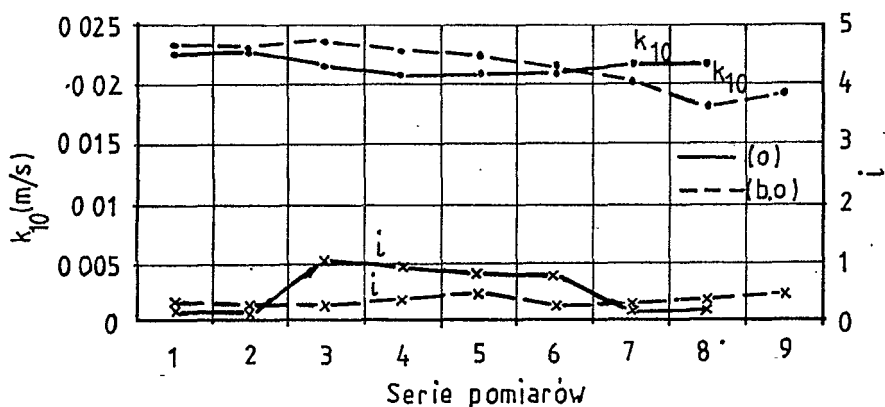
Rys. 1. Schemat aparatu do badania współczynnika filtracji poprzecznej włókien: 1 — rura nadfiltrowa, 2 — rura podfiltrowa, 3 — ruszt z siatką, 4 — próbka włókniny, 5 — odpowietrzacz wody, 6 — ruchomy zbiornik wyrównawczy, 7 — elastyczna opaska uszczelniająca, 8 — przelew, 9 — doprowadzenie wody, 10 — piezometry



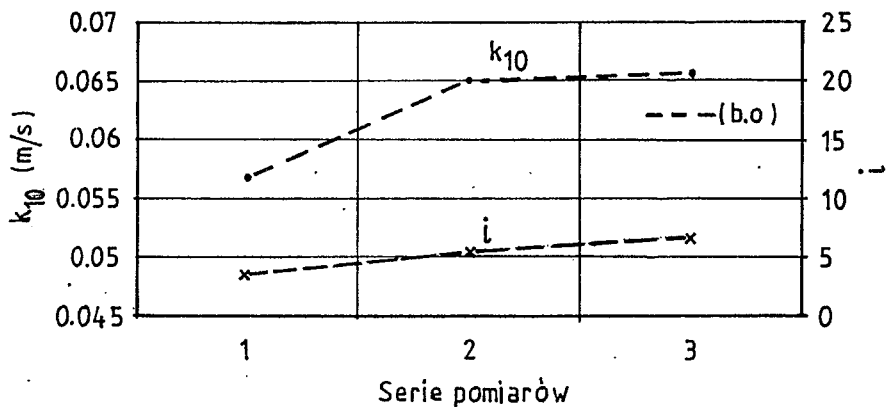
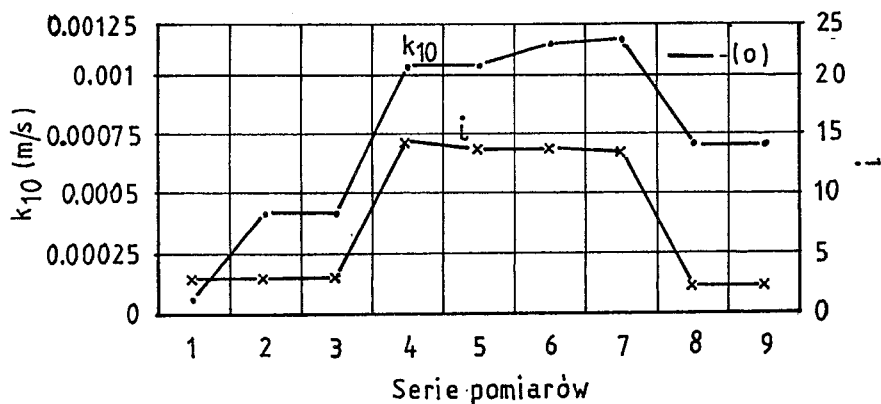
Rys. 2. Zależność współczynnika filtracji k_{10} włókniny 1WI (80% PE, 20% PP) od gradientu hydraulicznego próby powietrznie suchej przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



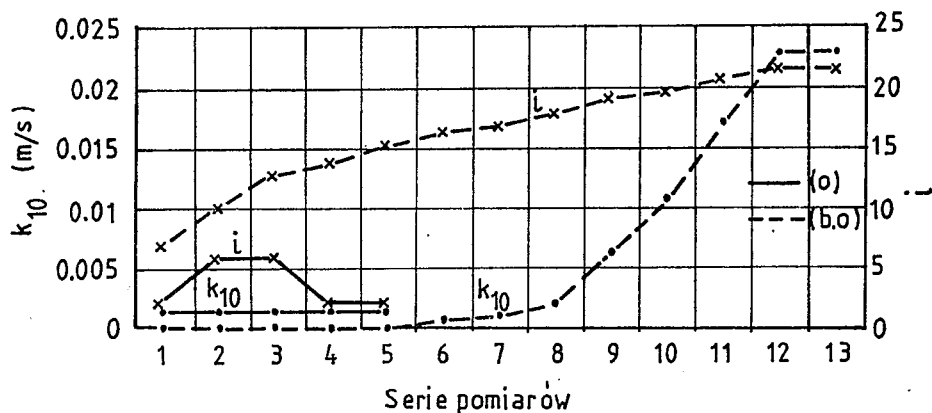
Rys. 3. Zależność współczynnika filtracji k_{10} włókniny 1WI (80% PE, 20% PP) od gradientu hydraulicznego próby moczonej 1 minutę przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



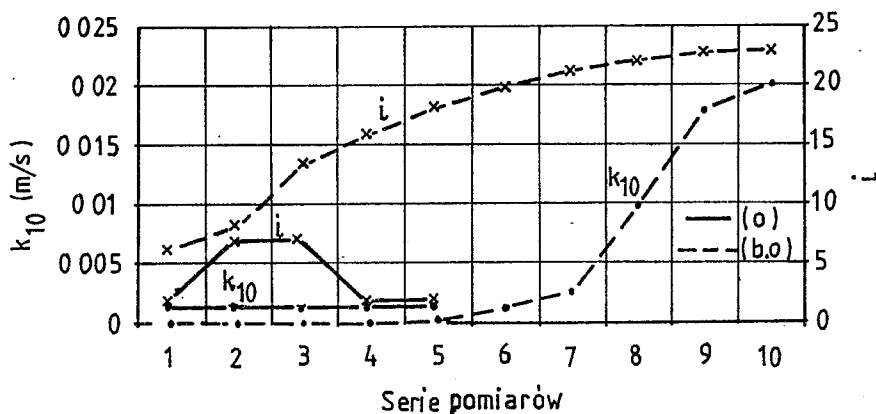
Rys. 4. Zależność współczynnika filtracji k_{10} włókniny 1WI (80% PE, 20% PP) od gradientu hydraulicznego próby moczonej 24 godziny przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



Rys. 5. Zależność współczynnika filtracji k_{10} włókny 2WI (100% PE) od gradientu hydraulicznego próby powietrznie suchej przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



Rys. 6. Zależność współczynnika filtracji k_{10} włókny 2WI (100% PE) od gradientu hydraulicznego próby moczonej 1 minutę przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu



Rys. 7. Zależność współczynnika filtracji k_{10} włókniny 2WI (100% PE) od gradientu hydraulicznego próby moczonej 24 godziny przy odpowietrzaniu (o) i bez odpowietrzania (b.o) prób i modelu

przedstawione na poszczególnych rysunkach dotyczą jednego rodzaju włókniny przy różnych sposobach odpowietrzania prób i modelu.

Podsumowanie

Na podstawie badań laboratoryjnych można stwierdzić, że są przypadki, gdzie istnieje różnica wodoprzepuszczalności włókien w zależności od ilości powietrza wypełniającego jej pory. W wyniku analizy dwu rodzajów włókien (1WI, 2WI) stwierdzono, że we włókninie 1WI współczynniki filtracji nie zmieniały wartości (różnice mało istotne) w zależności od ich stopnia nasycenia wodą i różnych wartości gradientu hydraulicznego (rys. 2–4). Odmienne wyniki uzyskano w przypadku włókniny o symbolu 2WI. Określono dla niej dwa rodzaje zależności współczynnika filtracji od wartości gradientu. W pierwszym przypadku, kiedy odpowietrzano próby włókniny i model, zmiana wartości gradientu hydraulicznego nie powodowała wahań współczynnika filtracji (rys. 5–7). W przypadku drugim, jeżeli nie odpowietrzano prób i modelu, zmiana gradientu wpływała w sposób

zasadniczy na wartości współczynnika filtracji włókniny, przy czym największe różnice dotyczyły prób moczonych. Szczególnie wyraźnie jest to widoczne na wykresach zamieszczonych na rysunkach 6 i 7. Na rysunkach tych widać, że w przypadku włókniny 2WI (100% PE) moczonej (1 minutę i 24 godziny) jest ona poniżej gradientu 7,3 praktycznie nieprzepuszczalna, gdyż współczynnik filtracji $k_{10} < 3,5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Otrzymane wyniki wykazują, jak bardzo ważna dla praktyki jest zdolność samoczynnego odpowietrzania się włókien pod wpływem laminarnego przepływu wody przy małych różnicach ciśnień. Może się bowiem okazać, że wbudowana w obiekt hydrotechniczny włóknina, po obniżeniu i ponownym podniesieniu zwierciadła wody, będzie nieprzepuszczalna. Mając to na uwadze, powinno się wymagać wprowadzenia do badań laboratoryjnych parametrów hydraulicznych dodatkowych testów w celu sprawdzenia wodoprzepuszczalności włókien bez odpowietrzania prób i bez odpowietrzania elementów modelu. Rozpoznanie takie pozwoli na wyeliminowanie włókien (dotyczy to również tkanin i prze-

dzin), które przy wahaniach zwierciadła wody będą mało przepuszczalne. Należy wyraźnie podkreślić, że zmienne parametry hydrauliczne włókniny 2WI (100% PE) dyskwalifikują ją do celów filtracyjnych.

Literatura

- BOROWSKA J., KRZYWOSZ Z., SOKOŁOWSKI J., ŻBIKOWSKI A. 1986: *Włókniny w konstrukcjach drenaży i umocnień budowli ziemnych*. COBRBI Hydrobudowa. Warszawa.
- KRZYWOSZ Z. 1982: *Przydatność włókien filtracyjnych jako warstw ochronnych w budownictwie wodno-melioracyjnym*. Rozprawa doktorska. SGGW-AR.
- SOKOŁOWSKI J., ŻBIKOWSKI A., KRZYWOSZ Z. 1990: *Nowe materiały w budownictwie wodnym i melioracyjnym*. Wydaw. SGGW. Warszawa.

Summary

Experiences and problems connected with defining water permeability of nonwoven fabrics. The paper presents relationships between the degree of filling the pore-nonwoven fabric with air and their water permeability. Two types of nonwoven fabrics which had extreme low hydraulic conductivity were investigated. There were examined dry samples and samples saturated with water. The water permeability indexes were determined for both samples. It was proved that samples made from very thin polyester fibres and saturated with water are permeable when hydraulic gradient was below 7.3.

Authors' address:

Z. Krzywosz, W. Matusiewicz
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Władysław ROGIŃSKI

Katedra Budownictwa Wiejskiego SGGW

Ewa JASIŃSKA

WBiMRPW w Płocku, Zakład Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska

Badanie procesów biologicznych przerabiania słomy żytniej i gnojowicy na kompost

Wstęp

Gnojowica jest cennym nawozem organicznym, zawiera znaczne ilości azotu, fosforu, potasu oraz wiele makro- i mikroelementów. Jest mieszaniną kału, moczu i resztek nie strawionych pasz (tab. 1). Gęstość jej zależy od sposobu splawiania odchodów zwierzęcych z pomieszczeń bezściółkowych i utrzymania higieny w budynkach. Ze względu na właściwości fizykochemiczne, zapachowe oraz zawartość bakterii chorobotwórczych, gnojowica

jest materiałem trudnym do przechowywania i do zagospodarowania. Nieprzemyślana gospodarka gnojowicą może prowadzić do skażenia gleby.

Przy chowie bezściółkowym w splawianej wodą gnojowicy nie występują procesy termiczne, co powoduje przeżywanie w niej wielu drobnoustrojów, także patogennych, i różnych larw pasożytów. W źle przechowywanej gnojowicy, przy nie kontrolowanej fermentacji, powstają produkty o szkodliwym działaniu ubocznym (Nebiker 1973). Przy chowie ściółkowym, w dobrze

TABELA 1. Charakterystyka jakościowa gnojowicy pochodzącej z ferm trzody chlewnej (Mazur, Maćkowiak 1978)

Wskaźnik zanieczyszczeń	Zakres zmienności	Wartości średnie
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	8000:24000	16,000
ChZT [mg O ₂ /dm ³]	13000:25000	22,500
Gęstość [kg/m ³]	0,9:1,4	1,03
Odczyn pH	—	7,0
Zawartość suchej masy [%]	0,85:11,4	4,3
Zawartość substancji organicznych [%]	0,6:9,2	3,00
Zawartość popiołu [%]	0,2:2,4	1,2
azot amonowy N _{NH₄} [%]	—	0,34
azot ogólny N _{og} [%]	0,12:0,67	0,3
azot azotanowy N _{NO₃} [%]	—	0,02
Zawartość fosforu P ₂ O ₅	0,02:0,5	0,11
Zawartość potasu K ₂ O	0,01:0,5	0,17
C:N (dla n = 1)	4,8:8,4–1,0	6,8:1,0

składowanym oborniku, w wyniku termofilnych procesów i rozkładu biomasy dochodzi do biotermicznego odkażania. Kombinowane stosowanie słomy z gnojowicą w formie kompostu jest najkorzystniejszą formą nawożenia organicznego, gdyż następuje biotermiczne odkażenie gnojowicy, a część azotu rozpuszczonego w gnojowicy zostaje okresowo unieruchomiona i nie podlega wymywaniu w głąb gleby (Kutera 1977).

Sama gnojowica jest nawozem organicznym o dużej zawartości substancji nawozowych, posiada jednak niezbyt korzystny stosunek C do N; P; K (Ratyński 1974). Słoma (tab. 2) stanowi o strukturze kompostu i zdolnościach sorpcyjnych soli mineralnych. Zawarte w niej substancje organiczne ulegają wolnemu rozkładowi biochemicznemu w czasie kompostowania. Procesy te są kontynuowane w glebie, przyczyniając się w znacznym stopniu do wzbogacenia jej w próchnicę.

W słomie żytniej w warunkach naturalnych występują śladowe składniki mikroelementów (mg/kg s.m.) — fluor 9, mangan 50, cynk 30, żelazo 100, bor 2, kadm 0,05, ołów 2, arsen 0,1, nikiel 0,5.

Celem podjętych badań było ustalenie przydatności słomy żytniej i gnojowicy do produkcji kompostu w warunkach sztucz-

nych. Wyniki tych badań posłużą do wdrożenia nowej technologii utylizacji gnojowicy przy wykorzystaniu słomy.

Zakresem pracy objęto badania procesów kompostowania w komorach zamkniętych w możliwie optymalnych warunkach. W procesie kompostowania mierzono:

- czas trwania procesu,
- temperaturę powietrza i masy kompostowej,
- odczyn pH mieszaniny,
- objętość dodawanego powietrza,
- wilgotność surowego kompostu,
- stosunek C:N.

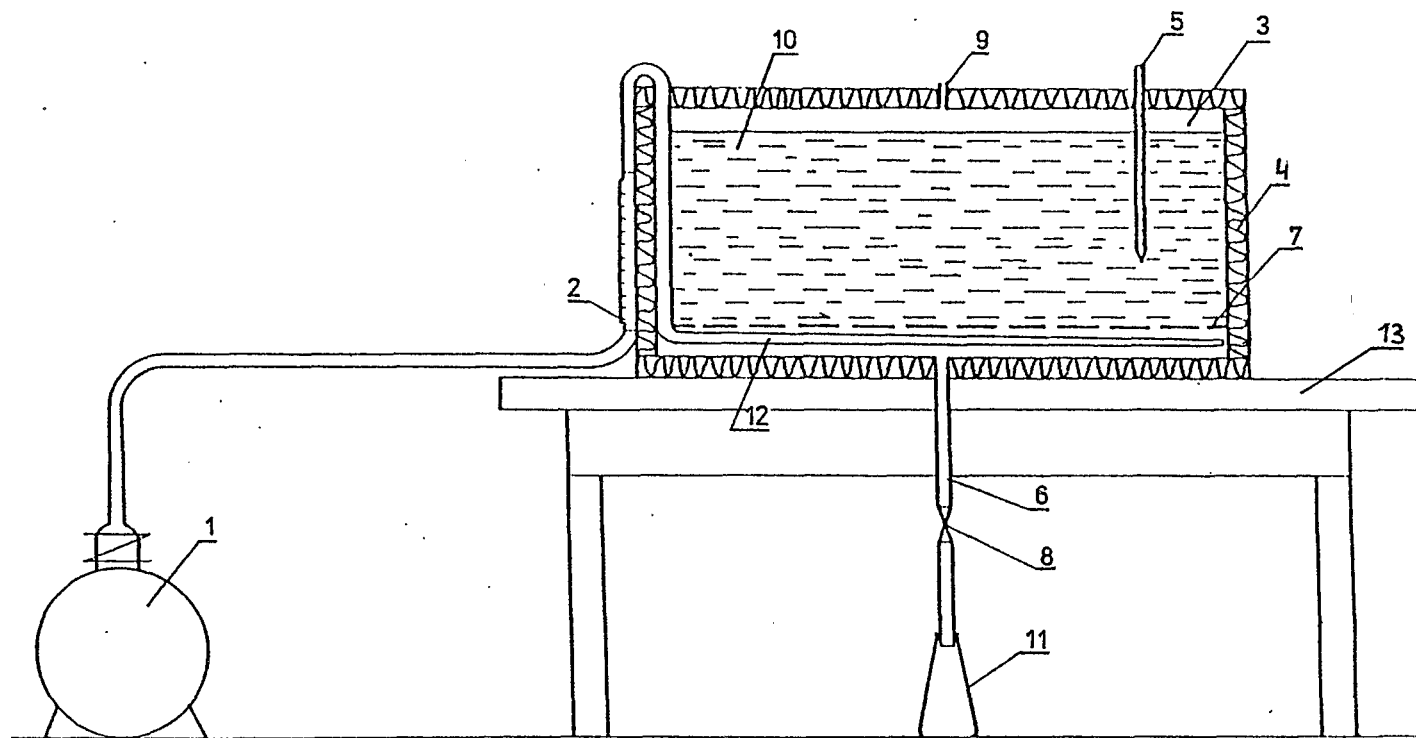
Metodyka badań

Badania procesów wytwarzania kompostu ze słomy żytniej i gnojowicy wykonano na Politechnice Warszawskiej w Płocku (rys. 1). Gnojowica użyta do badań miała duże uwodnienie (tab. 3). Wielkość cząsteczek nie strawionej paszy oraz kału wahała się w granicach od 0,5 do 30 mm.

Do badań słoma żytnia była dobrze wysuszona, pochodziła z gospodarstwa oddalonego 20 km od Płocka, nie była więc zanieczyszczona bezpośrednio przez przemysł. Gnojowica i słoma użyte do kolejnych serii doświadczenia były pobierane z tych samych miejsc. Gnojowicę w poszcze-

TABELA 2. Skład chemiczny słomy ozimej [%] wg "Poradnika papiernika" (Kempa 1983)

Składnik	Słoma żytnia ozima
celuloza	54,0
pozostałe węglowodany i substancje pektynowe	25,7
substancje białkowe i zawierające azot	1,5
tłuszcze i woski	1,3
popiół	3,2
woda	14,3
Skład słomy żytniej w warunkach naturalnych [%]	
azot	0,6
fosfor	0,1
potas	0,3
wapń	0,05
magnez	0,07
sód	0,02
siarka	0,1



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego; 1 — sprężarka, 2 — rotametr, 3 — zamknięta komora kompostowa $V = 40$ l, 4 — ocieplenie, 5 — termometr, 6 — odpływ odcieku, 7 — ruszt, 8 — zawór odcinający, 9 — odpowietrzenie, 10 — zagęszczona masa kompostowana, 11 — zlewka $V = 21$, 12 — przewód powietrzny, 13 — stół

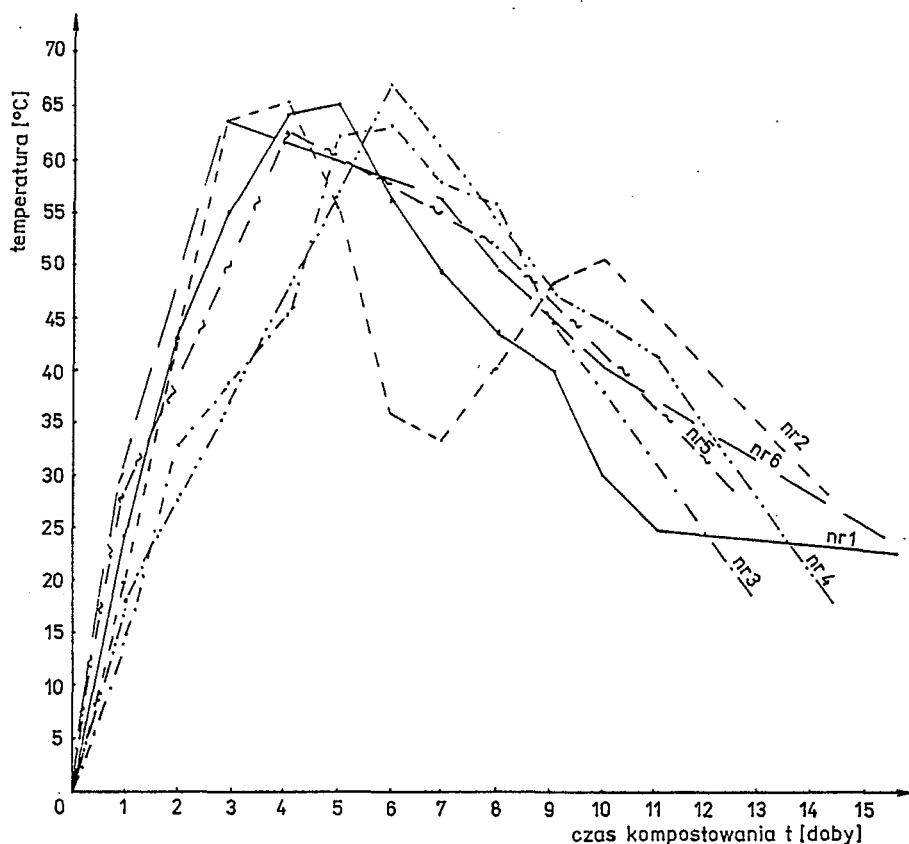
TABELA 3. Program badań procesów kompostowania słomy żytniej i gnojowicy od trzody chlewnej

Seria badań	Skład masy kompostowej		Charakterystyka							słoma żytnia
	gnojowica	słoma żytnia	gnojowica							
	[l]	[kg]	BZT ₅ [mg O ₂ / /dm ³]	odczyn pH	sucha masa [mg/dm ³]	N _{og.} [mg/dm ³]	P ₂ O ₅ [mg/dm ³]	K ₂ O [mg/dm ³]	CaO [mg/dm ³]	
Nr 1 10–27.04.93	11	5,9	7041	7,0	14310	2389	2500	2200	800	długość 2–2,5 cm wilgotność 6%
	masa zagęszczona g = 427 kg/m ³									
Nr 2 27.04–11.05.93	10	4,6	7112	7,1	14560	2384	2300	2200	809	długość 2–2,5 cm wilgotność 6%
	masa zagęszczona g = 410 kg/m ³									
Nr 3 11–30.10.93	12	6	7300	7,8	14860	2843	2500	2700	1040	długość 2–2,5 cm wilgotność 6%
	masa zagęszczona g = 406 kg/m ³									
Nr 4 2–15.11.93	11	5,4	7350	7,9	14780	2875	2500	2690	1049	długość 2–2,5 cm wilgotność 6%
	masa zagęszczona g = 415 kg/m ³									
Nr 5 7–14.12.93	11	5,6	7240	7,8	14680	2823	2480	2710	980	długość 2–2,5 cm wilgotność 6%
	masa zagęszczona g = 401 kg/m ³									
Nr 6 1–18.02.94	11	5,7	7290	7,6	14810	2798	2469	2689	991	długość 2–2,5 cm wilgotność 6%
	masa zagęszczona g = 405 kg/m ³									

Gnojowica z sieczką była wstępnie wymieszana, napowietrzana, polewana i ubijana w trakcie kompostowania

gólnych próbach mieszano z siewką w różnych proporcjach (tab. 3). Słomę odpowiednio pocięto (tab. 3), zalewano gnojowicą i mieszano, następnie odpowiednio zagęszczano i komorę zakrywano. Po stwierdzeniu zainicjowania procesu termi-

cznego masę kompostowaną napowietrzano. W momencie gdy temperatura w przyłomie zaczynała się obniżać, masę przerzucono. Proces ten powtarzano do chwili, gdy po przerzuceniu masy nie następował wzrost temperatury (rys. 2).



Nr wykresu	Wilgotność masy komp. [%]	Napowietrzanie [$\text{dm}^3/\text{g.s.m.}$]	Zagęszczenie słomy [kg/m^3]
1	79,8	0,1	427
2	79	0,1	410
3	79,2	0,1	406
4	78,9	0,1	415
5	80	0,1	401
6	79,6	0,1	405

Rys. 2. Przebieg temperatury w czasie kompostowania dla warunków podanych w tabeli 3

TABELA 4. Przebieg procesu kompostowania słomy żytniej i gnojowicy od trzody chlewnej od 3–6 dnia

Składnik	Czas trwania procesu											
	seria nr 1 10–27.04.93		seria nr 2 27.04–11.05.93		seria nr 3 11–30.10.93		seria nr 4 2–15.11.93		seria nr 5 7–14.12.93		seria nr 6 1–18.02.94	
	zakres zmien- ności	wartości średnie	zakres zmien- ności	wartości średnie	zakres zmien- ności	wartości średnie	zakres zmien- ności	wartości średnie	zakres zmien- ności	wartości średnie	zakres zmien- ności	wartości średnie
pH	7,9–8,1	8,0	7,9–8,1	8,0	7,6–8,0	7,8	7,6–8,0	7,8	7,4–7,8	7,6	7,4–7,8	7,6
Temperatura [°C]	55–65	62	55–65	62	38–62	61	39–65	63	50–65	61	49–64	63
Wilgotność [%]	79,4– –80,2	79,8	78,8– –79,2	79,0	78,8– –79,6	79,2	78,6– –80,2	78,9	79,5– –80,5	80,0	79,4– –79,8	79,6
Ilość powietrza [dm ³ g _{s.m} .h ⁻³]	0,096– –0,102	0,1	0,096– –0,102	0,1	0,096– –0,102	0,1	0,096– –0,102	0,1	0,096– –0,102	0,1	0,096– –0,102	0,1
Sucha masa org. [g/kg]	93,75– –95,69	94,72	93,75– –95,96	94,81	94,56– –96,04	95,3	94,68– –96,32	95,5	94,02– –95,96	94,99	94,12– –95,98	95,05
Temperatura otoczenia [°C]	17–19	18	17–19	18	17–19	18	17–19	18	17–19	18	17–19	18
Sucha masa [g/kg]	198–206	202	201–225	213	205–213	209	206–208	204	200–208	204	201–213	207

Nadmiar gnojowicy nie wchłonięty przez słomę odprowadzany był z komory do zlewki. Po zakończeniu procesów termicznych w komorze (tab. 4) odciek wykorzystano do utrzymania odpowiedniej wilgoci masy kompostowej. W masie kompostowanej badano: temperaturę, wilgotność, suchą masę, odczyn i ilość dostarczonego powietrza.

Gnojowica dodawana do kompostu miała za zadanie dostarczenie odpowiedniej ilości wilgoci, substancji pokarmowych, takich jak azot, fosfor, potas, a przy podwyższonej temperaturze ulegała termicznemu odkażaniu. Słoma żytnia i gnojowica w procesie kompostowania w komorze zmieniały się w kompost. Analizy fizykochemiczne gnojowicy prowadzono zgodnie z normami krajowymi i resortowymi, a oznaczenia fizykochemiczne wykonano metodami według polskich norm. Uzyskane wyniki zebrano i opracowano do celów statystycznych zgodnie z ogólnie przyjętymi metodami.

Wyniki

Z analizy przeprowadzonych badań (tab. 4) wynika, że wstępne kompostowanie słomy z gnojowicą w zamkniętej komorze kompostowej zmienia te odpady w surowiec, który po okresie dojrzwania (8–12 tygodni) jest cennym nawozem organicznym. W procesie wstępnego kompostowania temperatura w przyźmie podniosła się do 65°C (tab. 4), co wskazuje, że nastąpiło odkażenie surowców i jednocześnie został przyspieszony rozkład substancji organicznej w komorze. Za wstępne kompostowanie przyjęto czas ustalenia się procesu termicznego, który trwa średnio około 4 dni.

W trakcie kompostowania wstępnego odczyn masy przerabianej (tab. 4) był zasadowy, wynikał on z przemian azotu zawartego w dużej ilości w gnojowicy. W badaniach skoncentrowano się na przebiegu w czasie 14 dni procesu termicznego w

przyźmie kompostowej. Jak to wynika z rysunku 2, maksymalna wartość temperatury w przyźmie wynosiła 63°C. Po 14 dniach kompostowania w warunkach optymalnych rozkład substancji organicznej wynika z charakterystyki materiału, jakim jest słoma zawierająca celulozy i ligniny, które są trudno rozkładalne. Analizując sposób przygotowania masy do kompostowania, można stwierdzić, że aby uzyskać temperaturę odpowiednio wysoką — rzędu 55–65°C, która zapewnia pasteryzację materiału kompostowanego, należy masę słomy zagaęścić przez ubicie do około 400 kg/m³. Powoduje to małe straty ciepła i jednocześnie szybki wzrost temperatury. Ubita masa kompostowa wymaga ciągłego napowietrzania, żeby zachodził proces rozkładu węglowodanów i związany z tym wzrost temperatury. Przy napowietrzaniu rzędu 0,09–0,12 dm³/g_{s.m.}·h mineralizacja rozkładalnej substancji organicznej powodowała wzrost temperatury do 65°C po 3 dniach kompostowania, przy wilgotności masy kompostowanej około 78%. Wilgotność ta jest korzystna, ponieważ wykorzystana jest chłonność słomy rzędu 257% i nie wpływa jeszcze ujemnie na przebieg procesu (tab. 4).

Gnojowica, która nie została wchłonięta przez sieczkę, odciekła z przyźmy i miała podwyższoną temperaturę. Temperatura odcieku wynosiła 60°C, przy temperaturze w przyźmie 65°C, toteż nastąpiło jej całkowite odkażenie. Odciek charakteryzował się zmniejszeniem BZT₅ w porównaniu z gnojowicą użytą do kompostowania o 19,45%, zawartość suchej masy również uległa zmniejszeniu o 52,2%, ilość amoniaku w odcieku zredukowana została o 63%, odczyn odcieku był lekko zasadowy. Te dane świadczą o przydatności odcieku do nawadniania pól uprawnych bez obawy skażenia środowiska przyrodniczego. Charakterystyka odcieku (tab. 5) pozwala na nawadnianie pól w odpowiednich dawkach, za pomocą deszczowni, bez obawy zatykania dysz zraszaczy.

TABELA 5. Charakterystyka odcieku w czasie kompostowania słomy żytniej i gnojowicy od trzody chlewnej

Oznaczenia	Zakres zmian	Wartości średnie
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	5520–5822	5671
Odczyn pH	7,9–8,3	8,1
Sucha masa [mg/dm ³]	6693–6987	6840
NH ₄ [mg N-NH ₄ /dm ³]	501–525,2	513,1

Wnioski

Przeprowadzone badania nad efektywnością kompostowania słomy pociętej na sieczkę i gnojowicy pozwoliły na zapoznanie się z dynamiką procesu kompostowania wstępnego, jak i zjawiskiem termicznego odkażania substratów. Dały one również możliwość opracowania optymalnych warunków prowadzenia procesu i pozwoliły na wyjałowienie odcieku. W następstwie przeprowadzonych badań laboratoryjnych i uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. W toku badań udowodniono słuszność postawionej tezy, że gnojowicę i sieczkę ze słomy można wspólnie kompostować, gdzie w wyniku procesów termicznych cała masa kompostowana ulega wyjałowieniu. Znajdujące się w gnojowicy chorobotwórcze drobnoustroje giną, bowiem podwyższona temperatura działa jak podczas pasteryzacji.

2. W celu uzyskania optymalnych warunków prowadzenia procesu wskazane jest cięcie słomy na sieczkę, na kawałki o długości maksymalnej 25 mm, oraz wstępne mieszanie sieczki z gnojowicą, pozwalała to uzyskać wysoką wilgotność słomy potrzebną do szybkiego prowadzenia wstępnego kompostowania.

3. Optymalne prowadzenie procesu wstępnego kompostowania jest możliwe po zagęszczeniu pociętej masy około 400 kg/m³, utrzymaniu wilgotności w granicach 78% i doprowadzeniu powietrza w ilości od 0,09 do 0,12 dm³/g_{s.m.}·h.

4. Po 3–6 dni kompostowania w komorze zamkniętej sucha masa organiczna uległa obniżeniu o 1,94%, co świadczy o tym, że uzyskany kompost wymaga dal-

szego dojrzewania w otwartych pryzmach jeszcze od 8 do 12 tygodni.

5. Odciek uzyskiwany w procesie wstępnego kompostowania jest wyjałowiony. W porównaniu do gnojowicy nie oczyszczonej w odcieku zawartość suchej masy jest mniejsza o ponad 50%, a amoniaku — o 60%, co wskazuje, że jest to dobry surowiec do nawadniania pól, jak również eliminuje kłopoty wynikające z magazynowania i rozprowadzania gnojowicy na pola w porównaniu z surową gnojowicą.

Literatura

- RATYŃSKI K. 1974: *Ocena możliwości rolniczego wykorzystania gnojowicy*. Zielona Góra.
 MAZUR T., MACKOWIAK Cz. 1978: *Nawożenie gnojowicą*. PWRiL.
 KUTERA J. 1977: *Wykorzystanie odchodów zwierzęcych z ferm dla celów rolniczych*. Budownictwo rolnicze, 10; 9–10.
 NEBIKER H. 1973: *Nowa metoda przygotowania nawozu płynnego*. E. T. H. Sissach. Szwajcaria. Tłum. z niem. IMER XLVII, 254.
 KEMPA E. 1983: *Gospodarka odpadami miejskimi*. PWN.

Summary

The paper presents results on composting a rye straw with a slurry of pigs. Subject to tests was duration of the process, level of pH, volume of air input, water content of raw compost material. As a result the assumption was proved that the chopped straw is possible to be composted in slurry so that by way of heating process that whole material is made free of bacteria, thus the research points to the good quality of the compost in question.

Authors' address:

W. Rogiński
 Warsaw Agricultural University
 ul. Nowoursynowska 166
 02-766 Warszawa
 E. Jasińska
 WBiMRPW
 Zakład Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska
 Płock

Antoni KEGLER

Katedra Geodezji i Fotogrametrii SGGW

Przebieg dobowy gradientów temperatury jako podstawa oceny błędów refrakcyjnych

Wstęp

Zróżnicowanie przestrzeni pomiarowej pod względem temperatury jest głównym czynnikiem meteorologicznym powodującym błędy refrakcyjne. W niwelacji wpływ refrakcji można eliminować lub ograniczać poprzez wykonywanie pomiarów geodezyjnych w czasie, kiedy zróżnicowanie temperatury jest najmniejsze, lub do wyników wprowadzać poprawki na refrakcję. Obliczenie poprawek refrakcyjnych do wyników obserwacji geodezyjnych wymaga znajomości rozkładu temperatury (model gradientu temperatury) w okresie wykonywania pomiaru. Można też ograniczyć się do obliczenia poprawek na refrakcję na podstawie znajomości średnich warunków meteorologicznych występujących w danym miejscu (średni współczynnik refrakcji). Jednak ten ostatni sposób, w pomiarach geodezyjnych wykonywanych przy badaniu przemieszczeń i odkształceń budowli wodnych, może być mało dokładny, z uwagi na dużą zmienność dobową pola temperatury, która w przygruntowej warstwie powietrza ulega ciągłym wahaniom.

Metoda pomiarów gradientowych temperatury powietrza

Pomiary gradientowe temperatury powietrza w warstwie przygruntowej wyko-

nywane są w Polsce sporadycznie. W grudniu 1992 roku na stacji meteorologicznej IMGW w Warszawie (Bielany) ustawiono maszt, na którym na wysokościach 30, 150 i 300 cm umieszczono czujniki termometrów elektrycznych oporowych. Ze względu na niewielkie różnice temperatury, występujące w warstwie przygruntowej, dobrano trzy oporowe czujniki temperatury, wykonane z platyny — materiału charakteryzującego się liniową zmianą oporności w funkcji temperatury. Czujniki te połączono instalacją podziemną, niskomową, z 6-kanalowym rejestratorem firmy KFAP typ EKN/W. Oporności przewodów doprowadzających wyrównano poprzez włączenie oporów wyrównawczych, tak aby była zgodna z wielkością podaną na podzielniku przyrządu. Zestaw ten umożliwił otrzymywanie na taśmie papierowej ciągłego zapisu przebiegu temperatury na 3 wybranych poziomach w funkcji czasu. Zastosowano przesuw taśmy 2 cm/h i częstość zapisu poszczególnych kanałów co 20 s. System pomiarowy został sprawdzony przez umieszczenie wszystkich czujników na wysokości 2 m i porównanie ich wskazań z temperaturą powietrza z klatki meteorologicznej standardowej. Czujniki zabezpieczono od wpływu bezpośrednich promieni słonecznych specjalnymi osłonami. W trakcie badań wykonywano pomiary reperowe psychrometrem Assma-

na ustawionym w pozycji poziomej na poszczególnych wysokościach. Wszystkie pomiary wykonywano do września 1993 roku. Badania prowadzono w ramach tematu pt. "Zastosowanie bilansu promieniowania słonecznego do wyznaczania optymalnych okresów doby dla wykonywania pomiarów geodezyjnych" prowadzonego w Katedrze Geodezji i Fotogrametrii SGGW.

Wyniki pomiarów i dyskusja

Wyniki pomiarów temperatury w przygruntowej warstwie powietrza na wysokościach 30, 150 i 300 cm podgrupowano według założonych typów pogodowych: słonecznie (zachmurzenie $< 0,5$) oraz przy małej prędkości wiatru $v < 2$ m/s; słonecznie i wietrznie ($v \geq 3$ m/s); pochmurno (zachmurzenie $> 0,8$) i bezwietrznie ($v < 2$ m/s); pochmurno i wietrznie. Obliczono średnie godzinne różnice temperatury. Okres doby podzielono na przedpołudniowy (7–12), popołudniowy (13–18) i nocny (19–6). Uzyskane wyniki zostały przedstawione w tabeli 1.

Na rysunku 1 przedstawiono przebieg dobowy średnich różnic temperatury powietrza na poziomach 30–150 i 150–300 cm. Na podstawie zgromadzonych obserwacji i pomiarów różnych elementów meteorologicznych obliczono miejscowy współczynnik refrakcji. Stwierdzono jego zmienność dobową oraz wpływ warunków pogodowych na wartość tego współczynnika.

Zależność między miejscowym współczynnikiem refrakcji a podstawowymi elementami meteorologicznymi wyraża znany wzór Jordana (1956):

$$\chi = 0,2325 \frac{B}{760(1 + \alpha t)^2} \{1 - 29,39\tau\}$$

gdzie:

B — ciśnienie atmosferyczne [mm Hg],
 α — współczynnik rozszerzalności gazów,

t — temperatura powietrza,

τ — gradient temperatury.

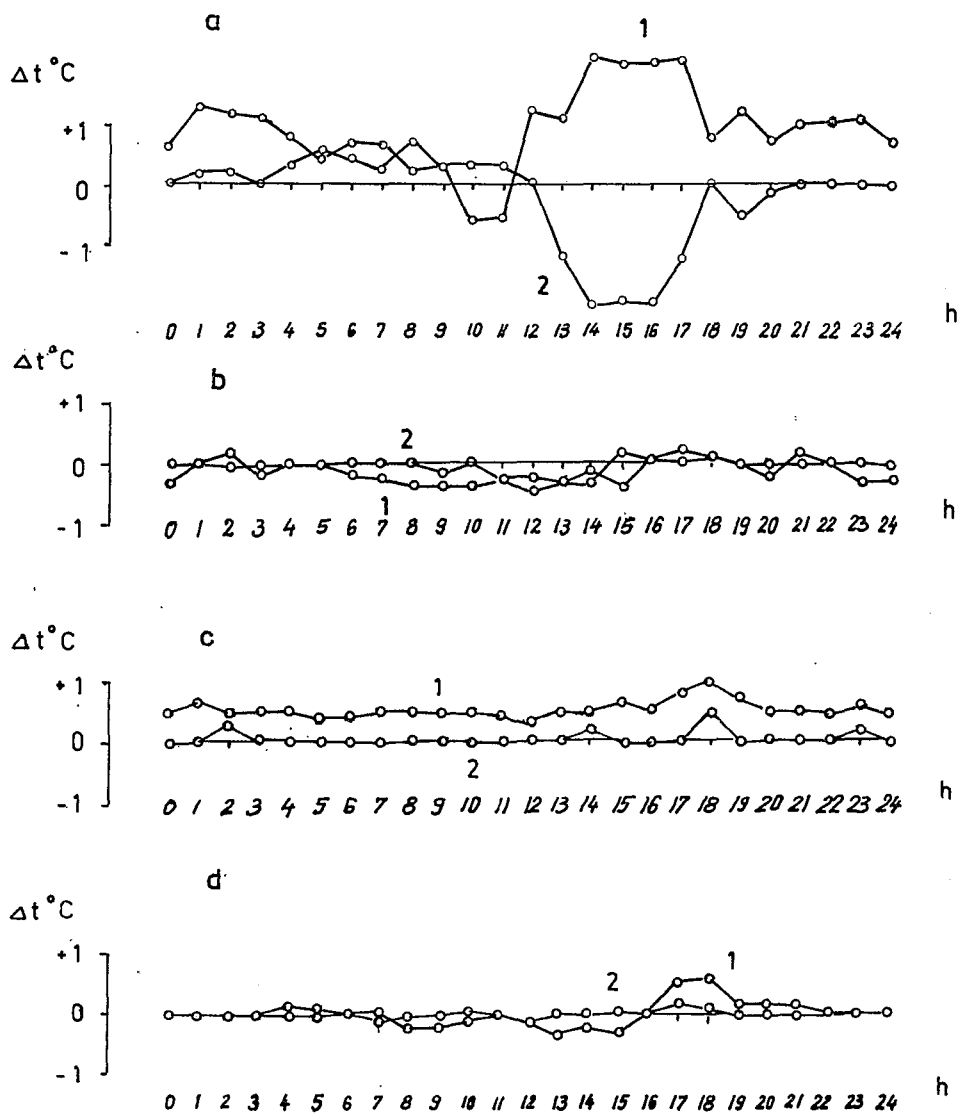
Na podstawie wyżej wymienionego wzoru obliczono miejscowy współczynnik refrakcji w różnych typach pogodowych oraz przedstawiono jego dobowy przebieg. Wyniki przedstawiono w tabeli 2. Największe wartości współczynnika χ uzyskano przy pogodzie słonecznej i bezwietrznej. Współczynnik χ dla poziomów 30–150 i 150–300 cm kilkakrotnie uzyskał wartość ujemną. Wynika to z tego, że powietrze (dolna warstwa) było chłodzone przez podłoże (trawnik). Natomiast najniższe wartości χ uzyskano przy pogodzie słonecznej i wietrznej oraz pochmurnej i wietrznej. W pozostałych typach pogody (bezwietrznej) następuje wyrównanie i utrzymywanie przez całą dobę współczynnika refrakcji tej samej wielkości. Wyraźnie dał się zauważyć wpływ wiatru na zmniejszanie współczynnika. Masy powietrza mieszają się, wyrównuje się ich gęstość, temperatura, wilgotność itp. W przyziemnej warstwie powietrza turbulencyjny charakter wymiany silnie się zwiększa i dominuje nad pozostałymi sposobami wymiany. Lazzarini (1968) zwraca uwagę, że u niektórych praktyków geodetów spotyka się pogląd, że wyrównanie temperatur w profilu pionowym następuje około południa. Można to wytłumaczyć tym, że w pewnych sytuacjach pogodowych i warunkach topograficznych w godzinach okołopołudniowych występuje silne mieszanie się powietrza w warstwie przygruntowej wraz z rozwojem prądów turbulencyjnych i konwekcyjnych.

Wnioski

1. Największe różnice temperatury wystąpiły przy pogodzie słonecznej i bezwietrznej. W godzinach 8–9 rano i 18–20 po południu, tj. 3–4 godziny po wschodzie słońca i 1–2 godziny przed zachodem słońca, różnice temperatury osiągnęły wartości minimalne.

TABELA 1. Średnie godzinne różnice temperatury [°C] w wydzielonych typach pogody (Warszawa-Bielany 1993 r.)

Typy pogody	Słonecznie				Pochmurno				Średnie różnice temperatury między poziomami	
	bezwietrznie		wietrznie		bezwietrznie		wietrznie		30–150	150–300
Godziny	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7	0,6	0,3	–0,25	0	0,5	0	–0,0125	–0,0875	0,2094	0,0531
8	0,2	0,8	–0,4	0	0,5	0	–0,1875	0,1	0,0281	0,225
9	0,3	0,25	–0,4	–0,1	0,5	0	–0,1750	0,0250	0,0562	0,0438
10	–0,7	0,25	–0,4	0	0,5	0	–0,1625	0	–0,1906	0,0625
11	–0,55	0,25	–0,35	–0,5	0,4	0	–0,0625	0	–0,1406	–0,0625
12	1,2	0	–0,45	–0,25	0,3	0	–0,1250	–0,0625	0,2312	–0,0781
Średnio	0,1750	0,3083	–0,375	–0,1417	0,45	0	–0,1208	–0,0042	0,0323	0,0406
13	1,0	–1,15	–0,3	–0,3	0,5	0	–0,3125	–0,05	0,2219	–0,375
14	2,0	–2,0	–0,35	–0,1	0,5	0,2	–0,1625	0	0,4969	–0,475
15	1,95	–1,95	–0,2	–0,4	0,7	0	–0,3125	0,0625	0,6344	–0,5719
16	1,95	–1,9	0,1	0,15	0,5	0	0,0375	0,0625	0,6469	–0,4219
17	2,0	–1,25	0,2	0,1	0,8	0	0,5375	0,2250	0,8844	–0,2312
18	0,65	0	0,15	0,1	1,0	0,5	0,5875	0,0750	0,5969	0,1688
Średnio	1,5917	–1,3750	0	–0,075	0,6667	0,1167	0,0625	0,0625	0,5802	–0,3177
19	1,15	–0,55	0	0	0,7	0	0,1	0	0,4875	–0,1375
20	0,65	–0,1	–0,2	0	0,5	0	0,1625	0,025	0,2781	–0,0188
21	0,9	0	0,1	0	0,5	0	0,1125	0	0,4031	0
22	0,95	0	0	0	0,5	0	0	–0,025	0,3625	–0,0062
23	1,0	0	–0,3	0	0,6	0,2	–0,0125	0	0,3219	0,05
24	0,7	0	–0,25	0	0,5	0	–0,0625	–0,0625	0,2219	–0,0156
1	1,35	0,15	0	0	0,7	0	–0,0625	0	0,4969	0,0375
2	1,1	0,2	0,15	0	0,5	0,3	0,0625	0	0,4531	0,125
3	1,0	0	–0,1	0	0,5	0	0,0625	0	0,3656	0
4	0,75	0,3	0	0	0,5	0	0,1250	0	0,3438	0,075
5	0,45	0,55	0	0	0,4	0	0,0125	0	0,2156	0,1375
6	0,6	0,4	–0,15	0	0,4	0	0,0500	0	0,225	0,1
Średnio	0,8833	0,0792	–0,0625	0	0,525	0,0417	0,0458	–0,0052	0,3479	0,0289



Rys. 1. Przebieg dobowych różnic temperatury w typach pogody: a, b, c i d na poziomach 1 i 2; a — słonecznie i bezwietrznie, b — słonecznie i wietrznie, c — pochmurno i bezwietrznie, d — pochmurno i wietrznie; warstwy: 1 — 30–150 cm, 2 — 150–300 cm

TABELA 2. Wartości różnic [$^{\circ}\text{C}$], gradienty temperatury [$t^{\circ}\text{C/m}$] i miejscowego współczynnika refrakcji

Typ pogody	Poziomy pomiarowe	$t^{\circ}\text{C}/1,2 \text{ i } 1,5$		$t^{\circ}\text{C/m}$		χ	
		1	2	1	2	1	2
a – słonecznie i bezwietrznie	7–12	0,175	0,3083	0,1458	0,2055	1,05	1,40
	13–18	1,5917	–1,375	1,3264	–0,9167	7,74	–5,02
	19–6	0,8833	0,0792	0,7361	0,1188	4,73	0,94
b – słonecznie i wietrznie	7–12	–0,375	–0,1417	–0,3125	–0,0945	–1,61	–0,37
	13–18	0	–0,075	0	–0,05	0,19	–0,09
	19–6	–0,0625	0	–0,0521	0	0,11	0,20
c – pochmurno i bezwietrznie	7–12	0,45	0	0,375	0	2,56	0,21
	13–18	0,6667	0,1167	0,5556	0,0778	3,63	0,69
	19–6	0,525	0,0417	0,4375	0,0278	2,93	0,38
d – pochmurno i wietrznie	7–12	–0,1208	–0,0042	–0,1007	–0,0028	–0,40	0,19
	13–18	0,0625	0,0625	0,0521	0,0417	0,51	0,45
	19–6	0,0458	–0,0052	0,0382	–0,0035	0,45	0,19

2. Przy pogodzie pochmurnej i bezwietrznej utrzymuje się w ciągu całej doby różnica równa około $0,5^{\circ}\text{C/m}$ w warstwie 30–150 cm, natomiast w warstwie 150–300 cm — jest zerowa. Przy pogodzie pochmurnej i wietrznej następuje wyrównanie temperatury na różnych wysokościach w przygruntowej warstwie powietrza i utrzymuje się gradient minimalny w ciągu całej doby.

3. Najlepszym typem pogody do wykonywania niwelacji jest pogoda pochmurna z wiatrem.

4. Przy bezwietrznej i słonecznej pogodzie zróżnicowanie temperatury, a tym samym gęstości powietrza jest spowodowane przez podłoże. Wiatr likwiduje te różnice, natomiast zachmurzenie wpływa na osłabienie (zmniejszenie) ocieplającego

lub ochładzającego działania podłoża na przyległą do niego warstwę powietrza.

Literatura

JORDAN W., EGGERT O., KNEISSL M. 1956: *Handbuch der Vermessungskunde*. Lazzarini T. 1968: Wykłady Geodezji II.

Summary

Daily process of the temperature gradients as a base of estimation of the refraction error.

The results of temperature gradients measurements in 30–150 and 150–300 cm layer, and the local coefficient of refraction in Warszawa-Bielany are presented.

Author's address:

A. Kegler
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02–766 Warszawa

W ciągu zamkniętym $dH_p = dH_k$, ponieważ dotyczy to tego samego punktu. Zakładamy bezbłądność punktów nawiazania, stąd $dH_p = dH_k = 0$. W tabeli 1 zestawiono współczynniki przy niewiadomych według równań błędów (2). Na podstawie tej tabeli otrzymujemy wyznacznik charakterystyczny – D – układu równań normalnych:

$$D = \begin{vmatrix} 2 & -1 & & & \\ -1 & 2 & -1 & & \\ & -1 & 2 & -1 & \\ & & -1 & 2 & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{vmatrix} \quad (3)$$

Błąd średni i -tej niewiadomej wyznaczonej z układu równań normalnych wyznaczamy posługując się następującym wzorem:

$$m_{H_i} = m_0 \sqrt{\frac{D_{ii}}{D}} \quad (4)$$

gdzie:

m_0 – błąd średni pomiaru różnicy wysokości na poszczególnych stanowiskach,
 D – wartość wyznacznika charakterystycznego układu równań normalnych,
 D_{ii} – wartość wyznacznika-minora, powstałego po skreśleniu w wyznaczniku D i -tego wiersza i i -tej kolumny.

Realizując równości (4) dla przypadku określonego wyznacznikiem D (3), otrzy-

mujemy szukany wzór na określenie błędu średniego wysokości punktów w ciągu:

$$m_{H_i} = m_0 \sqrt{\frac{i(n+1-i)}{n+1}} \quad (5)$$

Posługując się tym wzorem, możemy określić błąd średni i -tego punktu znajdującego się w ciągu o n punktach.

Wyrównanie przybliżone

Przy wyrównaniu przybliżonym rozdziela się odchyłkę całego ciągu na pomiary wykonane na poszczególnych stanowiskach. Ponieważ dokładność tych pomiarów jest jednakowa, więc i poprawki wynikłe z niezamknięcia się ciągu powinny być jednakowe. W ciągu nawiazanym do punktów P o wysokości H_p i K o wysokości H_k , poprawkę dla pomierzonej na każdym stanowisku różnicy wysokości obliczamy następująco:

$$v = \frac{H_k - H_p - \sum_{i=1}^{n+1} \Delta h}{n+1} \quad (6)$$

gdzie:

Δh — różnice wysokości pomierzone na poszczególnych stanowiskach,
 n — liczba punktów wiążących ciąg.

TABELA 1. Współczynniki przy niewiadomych w równaniach błędów

Współczynniki przy niewiadomych					
dH_1	dH_2		dH_i		dH_n
1					
-1	1				
.	-1				
.	.		1		.
.	.	.	-1	.	.
.	.	.	.	.	1
.	.	.	.	.	-1

Po wprowadzeniu poprawek do różnic wysokości obliczamy wysokości punktów, przy czym wysokość kolejnego i -tego punktu wynosi:

$$H_i = H_p + \sum_p^i \Delta h + iv$$

$$H_i = H_p + \sum_p^i \Delta h + \frac{i}{n+1} \left[H_k - H_p - \sum_1^{n+1} \Delta h \right] \quad (7)$$

$$H_i = H_p + \Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_i +$$

$$+ \frac{i}{n+1} (H_k - H_p - \Delta h_1 - \Delta h_2 - \dots - \Delta h_{n+1})$$

We wzorach tych wyrównana wysokość punktu H_i przedstawiona została jako funkcja wysokości punktów nawiązania H_p i H_k oraz wielkości obserwowanych $-\Delta h$.

Błędy średnie wysokości punktów otrzymujemy za pomocą wzoru Gaussa na średni błąd funkcji wielkości obserwowanych. W tym celu obliczamy pochodne cząstkowe wg następujących wzorów:

$$\frac{\partial H_i}{\partial \Delta h_1} = 1 - \frac{i}{n+1} = \frac{n+1-i}{n+1}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\frac{\partial H_i}{\partial \Delta h_1} = \frac{n+1-i}{n+1}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\frac{\partial H_i}{\partial \Delta h_{i+1}} = -\frac{i}{n+1}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\frac{\partial H_i}{\partial \Delta h_{n+1}} = -\frac{i}{n+1} \quad (8)$$

Mając powyższe pochodne cząstkowe, wyznaczamy szukany błąd średni wysokości i -tego punktu (9):

$$m_{H_i} = \sqrt{\left(\frac{n+1-i}{n+1}\right)^2 m_0^2 + \dots + \left(\frac{n+1-i}{n+1}\right)^2 m_0^2 + \left(\frac{i}{n+1}\right)^2 m_0^2 + \dots + \left(\frac{i}{n+1}\right)^2 m_0^2} \quad (9)$$

[i — wyrażen] [$(n+1-i)$ — wyrażen]

Po przekształceniach powyższego wyrażenia otrzymujemy postać identyczną jak przy wyrównaniu ścisłym (wzór 5):

$$m_{H_i} = m_0 \sqrt{\frac{i(n+1-i)}{n+1}} \quad (10)$$

Wyrównanie przybliżone pojedynczych ciągów niwelacyjnych daje takie same wyniki jak wyrównanie ścisłe. Błędy średnie wysokości punktów jednakowo oddalonych od punktów nawiązania są identyczne:

$$m_{H_1} = m_{H_n};$$

$$m_{H_2} = m_{H_{n-1}} \quad \text{itd.}$$

Największym błędem średnim jest obarczony środkowy punkt ciągu o numerze $i = \frac{n+1}{2}$:

$$m_{H_{\text{śr}}} = m_0 \sqrt{\frac{n+1}{4}} \quad (11)$$

Dla przykładu obliczono i przedstawiono w tabeli 2 m_H kolejnych punktów w ciągu niwelacyjnym o 20 punktach wiązanych. Przyjęto, że pomiar na każdym stanowisku wykonany był dwukrotnie (z poruszeniem instrumentu), co pozwala przyjąć, że wartość błędu średniego każdej wyliczonej różnicy wysokości m_0 wynosi 1 mm. Stąd wielkości m_H podane w tabeli 2 są w mm.

Literatura

- HAUSBRANDT S. 1971: *Rachunek wyrównawczy i obliczenia geodezyjne*. Warszawa.
SKÓRCZYŃSKI A. 1983: *Rachunek wyrównawczy*. Warszawa.

TABELA 2. Wartości błędów średnich wysokości punktów w ciągu niwelacyjnym o 20 punktach [mm]

Numery punktów									
1 20	2 19	3 18	4 17	5 16	6 15	7 14	8 13	9 12	10 11
0,98	1,35	1,60	1,80	1,95	2,07	2,16	2,23	2,27	2,29

Summary

The formula (No 5 and No 10) has been deduced for defining the height mean errors of successive points of the level circuit. The problem has been resolved by strict and approximate adjustment obtaining the same result. It has been proved that in this case the approximate adjustment gives identical results as the strict one.

Author's address:

W. Kosiński
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Związek między wskazaniem ewaporometru Piche'a a warunkami meteorologicznymi

Wstęp

Ewaporometr Piche'a należy do najstarszych przyrządów stosowanych na sieci stacji meteorologicznych do pomiaru parowania potencjalnego. Ze względu na specyfikę budowy i działania tego ewaporometru (parowanie wody odbywa się z powierzchni bibuły) wielkość mierzona przez ewaporometr Piche'a nosi też nazwę zdolności ewaporacyjnej powietrza. Ewaporometr ten wyróżnia się spośród innych przyrządów służących do pomiaru parowania sposobem instalacji; standardowo umieszcza się go w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m.

Wyniki pomiarów dokonywane ewaporometrem Piche'a mają znaczenie nie tylko ze względu na istniejące już wieloletnie serie pomiarowe, pozwalające na porównywalne analizy (zmiennosc, cykliczność zjawiska parowania), ale także dlatego, że wartości parowania z tego ewaporometru mogą wchodzić jako wskaźniki lub parametry do równań przy obliczaniu ewapotranspiracji na podstawie danych meteorologicznych, np. modyfikacje wzoru Penmana (Doorenbos i Pruitt 1977, Sarnacka i in. 1983).

W niniejszym opracowaniu przedstawione zostaną wyniki obliczeń statystycznych mające na celu określenie związku między wartościami parowania zmierzonego ewaporometrem Piche'a a głównymi elementami meteorologicznymi wpływającymi na parowanie.

W obliczeniach uwzględniono promieniowanie słoneczne całkowite, temperaturę powietrza, niedosyt wilgotności powietrza i prędkość wiatru. Uzyskanie dostatecznie ścisłego związku między tymi elementami meteorologicznymi a parowaniem z ewaporometru Piche'a pozwoliłoby na wyznaczanie wartości parowania z tego ewaporometru na podstawie danych meteorologicznych, posługując się odpowiednim równaniem regresji.

Materiały i metoda

W obliczeniach posłużono się danymi meteorologicznymi oraz wartościami dobowymi parowania z ewaporometru Piche'a, zainstalowanego w klatce meteorologicznej standardowej na stacji meteorologicznej Zakładu Meteorologii i Klimatologii SGGW w Warszawie-Ursynowie, z lat 1991–1992. W pierwszym etapie badań obliczone zostały współczynniki korelacji całkowitej między parowaniem z ewaporometru Piche'a a głównymi elementami meteorologicznymi: promieniowaniem słonecznym, temperaturą powietrza, wilgotnością powietrza i prędkością wiatru. W przypadku prędkości wiatru zastosowana została także transformacja pierwiastkowa i kwadratowa danych. W drugim etapie badań obliczono równania regresji wielokrotnej (metodą regresji krokowej) opisujące związek między parowaniem z ewaporometru Piche'a a tymi

elementami meteorologicznymi, które weszły do równania regresji na poziomie istotności co najmniej 5%. W przypadku prędkości wiatru i temperatury powietrza zastosowano transformację kwadratową i pierwiastkową danych. Obliczone także zostały współczynniki korelacji wielokrotnej oraz błędy standardowe równań regresji. Aby uwzględnić sezonowość w kształtowaniu się badanych związków, obliczenia wykonywane zostały oddzielnie dla każdego miesiąca (od kwietnia do września).

Wyniki

W tabeli 1 zamieszczone zostały współczynniki korelacji pozwalające na ocenę wielkości wpływu poszczególnych elementów meteorologicznych na parowanie z ewaporometru Piche'a. Na szczególną uwagę zasługuje to, że najwyższe wartości współczynników korelacji w kwietniu i lipcu występują dla promieniowania słonecznego całkowitego T , pomimo że przyrząd do pomiaru parowania jest zainstalowany w klatce meteorologicznej. W pozostałych miesiącach wpływ niedosytu wilgotności powietrza na parowanie jest większy aniżeli promieniowania T , ale promieniowanie słoneczne występuje jako drugi — w kolejności oddziaływania — czynnik wpływający na intensywność parowania wody z ewaporometru Piche'a. Wyraźnie słabiej

oddziałuje na parowanie z tego ewaporometru temperatura powietrza. Prędkość wiatru ma znaczenie, zgodne z oczekiwaniami, mniejsze (wpływ osłony klatki). Jak się okaże w dalszej części opracowania, rola wiatru w omawianym procesie jest jednak bardziej złożona, aniżeli wskazują na to liczby w tabeli 1.

Jak wynika z równań regresji zamieszczonych w tabeli 2, parametr wiatru wchodzi w skład równań w miesiącach od maja do września na poziomie istotności około 5%. Widać też wyraźną sezonowość w kształtowaniu się omawianych związków. Promieniowanie T ma największy wpływ na parowanie w lipcu. W tym miesiącu wyjątkowo dużą rolę odgrywa także temperatura powietrza oraz stosunkowo dużą rolę wiatr. Oddziaływanie tych czynników na parowanie w lipcu jest tak znaczne, że wprowadzenie do obliczeń niedosytu wilgotności powietrza (związanego ściśle z temperaturą) nie wniosło do regresji istotnych informacji. Specyficzną postać równania w tabeli 2 obserwujemy także w kwietniu. W innych miesiącach zwraca uwagę złożony wpływ wiatru na parowanie z ewaporometru Piche'a. Warto zwrócić uwagę na to, że we wszystkich przypadkach uzyskano współczynniki korelacji wielokrotnej znacznie przewyższające krytyczną wartość R na poziomie istotności 0,01.

TABELA 1. Współczynniki korelacji między parowaniem zmierzonym ewaporometrem Piche'a a wybranymi elementami meteorologicznymi (Warszawa-Ursynów 1991–1992)

Miesiąc	T	t	d	v	v^2
IV	0,624	0,147	0,566	0,189	0,172
V	0,707	0,535	0,786	0,106	0,140
VI	0,759	0,303	0,835	0,157	0,229
VII	0,776	0,635	0,671	0,106	0,108
VIII	0,537	0,759	0,929	0,185	0,128
IX	0,508	0,346	0,667	0,165	0,067

Objaśnienia: T — promieniowanie słoneczne całkowite, t — temperatura powietrza, d — niedosyt wilgotności powietrza, v — prędkość wiatru, wartości krytyczne r na poziomach istotności 0,01 i 0,05 wynoszą kolejno: 0,325; 0,250.

TABELA 2. Zależność parowania z ewaporometru Piche'a od warunków meteorologicznych (Warszawa-Ursynów 1991–1992)

Miesiąc	Postać równania	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>R</i>	<i>R</i> = 0,01	<i>S_{yx}</i>
IV	$y = 0,1330 + 0,0010 t + 0,2434 d$	60	2,28	0,702	0,325	0,71
V	$y = -0,6056 + 0,0006 T + 0,2910 d + 0,3111 v$	62	2,78	0,857	0,377	0,62
VI	$y = -0,9014 + 0,0006 T + 0,2554 d + 0,1071 v^2$	60	2,79	0,878	0,377	0,66
VII	$y = -4,7230 + 0,0015 T + 0,2175 t + 0,4386 v$	62	3,67	0,848	0,377	0,80
VIII	$y = -0,5344 + 0,0005 T + 0,2845 d + 0,3776 v$	62	3,56	0,936	0,377	0,62
IX	$y = -1,1106 + 0,0008 T + 0,2186 d + 0,9302 v - 0,1112 v^2$	60	2,04	0,763	0,414	0,60

Objaśnienia: *n* — liczba danych, *M* — średnie dobowe miesięczne wartości parowania z ewaporometru Piche'a (mm), *R* — współczynnik korelacji wielokrotnej, *R* = 0,01 — wartość krytyczna *R* na poziomie istotności 0,01, *S_{yx}* — błąd równania regresji (mm), *y* — parowanie obliczone (mm); *t*, *T*, *d* i *v* — jak w tabeli 1.

Wnioski

1. Największy wpływ na parowanie wody z ewaporometru Piche'a w miesiącach IV–IX ma niedosyt wilgotności powietrza, a tylko nieznacznie mniejszy — promieniowanie słoneczne całkowite.

2. Dużą złożonością charakteryzują się omawiane związki w przypadku temperatury powietrza i prędkości wiatru.

3. Zaznacza się wyraźnie sezonowość w przebiegu oddziaływania promieniowania słonecznego i temperatury powietrza na parowanie z ewaporometru Piche'a.

4. W wyniku występowania silnego związku między temperaturą a niedosytem wilgotności powietrza — elementy te mogą się w równaniach wzajemnie zastępować.

5. Mając na uwadze wysokie wartości współczynników korelacji wielokrotnej, można stwierdzić, że jest możliwe obliczanie wielkości parowania z ewaporometru Piche'a na podstawie danych meteorologicznych. Konieczne jest jednak wykonanie dalszych badań nad omawianymi związkami w celu określenia wpływów regionalnych na postać równań regresji opisujących te procesy.

Literatura

- DOORENBOS J., PRUITT W. O. 1977: *Guidelines for predicting crop water requirements*. Irrigation and drainage, paper 24. FAO of the UN. Rome: 1–66.
- SARNACKA S., BRZESKA J., ŚWIERCZYŃSKA H. 1983: *Wybrane metody wyznaczania ewapotranspiracji potencjalnej*. Materiały pomocnicze. Materiały badawcze. IMGW, Warszawa.

Summary

The relationship between Piche evaporimeter readings and meteorological conditions. The effects of researches on the influence of solar radiation, air temperature, saturation deficit and wind speed to the Piche evaporimeter evaporation have been presented in this paper. The occurrence of seasonal relations in creating of the researched relationships the month from April to September has been ascertained. There is a possibility of calculating the Piche evaporimeter evaporation using the regression equations describing these processes.

Authors' address:

B. Łykowski, T. Rozbicki
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

O modyfikacji diagramu Schuberta do prognozowania przymrozków lokalnych

Wstęp

Wymienne szkody wyrządzane rokrocznie gospodarce rolnej przez przymrozki występujące w okresie wegetacyjnym są niejednokrotnie tak duże, że zagadnienie skutecznej, a zarazem ekonomicznie opłacalnej walki z ich ujemnymi skutkami stało się jednym z podstawowych problemów agrometeorologii. Rozwiązanie tego problemu wymaga opracowania i wprowadzenia do praktyki rolniczej systemu ochrony roślin uprawnych przed szkodami przymrozkowymi, w którym ważną rolę odgrywają proste sposoby prognozowania przymrozków lokalnych, zwłaszcza przymrozków przygruntowych. O ile bowiem ostrzeżenia o możliwości wystąpienia na znacznym obszarze kraju przymrozków wywołanych adwekcją chłodnego powietrza są zawsze podawane w codziennych prognozach pogody, o tyle możliwość wystąpienia przymrozków lokalnych, będących zjawiskiem mezoskalowym, często uchodzi uwagi synoptyka. W literaturze przedmiotu (Ellison 1928, Kangieser 1956, Schnelle 1968, Bagdonas i in. 1978) przedstawiono kilkadziesiąt reguł i wzorów empirycznych, semiempirycznych oraz wzorów teoretycznych, pozwalających prognozować albo samo wystąpienie, albo wystąpienie i intensywność przymrozków po nocy radiacyjnej, w której nie wystąpiła zmiana masy powietrza. Wszystkie te reguły i wzory uwzględniają jedynie ochłodzenie lokalne,

jeśli więc po południu, wieczorem i nocą, a zatem w okresie, dla którego prognozowane jest oziębienie statyczne, nastąpi zmiana masy powietrza, to prognoza będzie fałszywa. Prognozą lokalną objęta jest zatem tylko część przymrozków okresu wegetacyjnego, ale są nią objęte w zasadzie wszystkie przymrozki późnowiosenne i wczesnojesienne, a więc te przymrozki, które wyrządzają największe szkody w uprawach. Spośród wspomnianych kilkadziesięciu reguł i wzorów, zaledwie kilka znalazło zastosowanie w praktyce rolniczej. Pozostałe albo nie dają wyników zadowalających, lub dają prognozę zbyt późno (dopiero po zachodzie słońca), albo nie można ich wykorzystać w praktyce rolniczej, ponieważ wymagają czasochłonnych i skomplikowanych obliczeń oraz trudno dostępnych danych specjalnych, nie mierzonych rutynowo przez państwową służbę meteorologiczną. W dodatku prawie wszystkie wspomniane wzory teoretyczne do prognozowania nocnego ochłodzenia statycznego nie dają lepszych wyników od tych, które uzyskuje się przy stosowaniu prostych wzorów empirycznych. Wiele z tych prostych wzorów empirycznych nie zostało jeszcze dostatecznie sprawdzonych w praktyce, wiele ze sprawdzonych nie nadaje się do praktycznego zastosowania w Polsce, ponieważ wzór empiryczny daje dobre wyniki jedynie w tych warunkach klimatycznych, dla których został opracowany.

Wzorami i regułami dostatecznie sprawdzonymi w warunkach północno- i środkowoeuropejskich są wzory: Ångströma (1920, 1921, 1922) i Kammermanna (1886, 1887) oraz diagramy opracowane na podstawie reguł Schuberta (1915) i Fausta (1949). Jednakże żadna z tych czterech metod nie daje dużego prawdopodobieństwa uzyskania trafnej prognozy i dlatego, w celu otrzymania większej pewności prognozy trafnej, należy stosować nie jedną, lecz przynajmniej dwie z powyższych metod.

Wzór Kammermanna został już zastosowany do warunków polskich (Madany 1983; Radomski, Madany 1984). Posłużył on także do opracowania i zbudowania prototypu pagoprognoskopu, przyrządu pozwalającego z wystarczającym dla praktyki rolniczej wyprzedzeniem prognostycznym uzyskać bezpośrednio z odczytu informacje o wystąpieniu przymrozku lokalnego i o jego intensywności (Radomski, Madany 1983).

O wyborze reguły Schuberta, jako drugiego przydatnego dla praktyki rolniczej sposobu prognozowania przymrozków lokalnych w Polsce, zdecydowała duża prostota tej reguły, pozwalająca zalecić ją rolnikom do samodzielnego prognozowania przymrozków, a także uzyskiwana tą metodą wysoka trafność prognozy braku zagrożenia najbliższej nocy przymrozkiem przygruntowym (Plaetschke 1953). Wadą stosowanej obecnie we Francji zmodyfikowanej reguły Schuberta jest zbyt późny termin prognozy, wykonywanej dopiero po zachodzie słońca.

W niniejszej pracy podjęto próbę dostosowania reguły prognostycznej Schuberta do danych z poziomu standardowego i z godziny 15 — Greenwich Mean Time (GMT), a zatem do danych łatwo dostępnych i pochodzących z terminu zapewnającego jeszcze wystarczająco długie wyprzedzenie prognostyczne. Spróbowano również rozszerzyć zakres prognozy na intensywność przymrozków lokalnych, przy

jednoczesnym zachowaniu największej zalety reguły Schuberta, jaką jest jej prostota.

Reguła Schuberta

Schubert (1915) sporządził diagram prognostyczny, wnosząc do układu współrzędnych t (temperatura powietrza) i t' (temperatura termometru zwilżonego) — wartości odczytu psychrometru pochodzące z dni o dużym napromienieniu, po których występowała noc o dużym promieniowaniu efektywnym. Dane psychrometryczne pochodziły z godziny 14 średniego miejscowego czasu słonecznego oraz z przygruntowej warstwy powietrza. Wartości z odczytu psychrometru, po których wystąpił w nocy przymrozek, oznaczał innym symbolem niż te, po których nie wystąpił przymrozek przygruntowy. Linia oddzielająca symbole "przymrozkowe" od "bezprzymrozkowych" wyznaczyła dwa pola prognostyczne. Jeżeli punkt odpowiadający prognostycznemu odczytowi psychrometrycznemu znajdzie się na polu "bezprzymrozkowym", to należy się spodziewać, że w czasie nadchodzącej nocy nie wystąpi lokalny przymrozek przygruntowy.

Jagsich (1951) zmodyfikował regułę Schuberta, wprowadzając jako zmienne prognozujące temperaturę powietrza z warstwy przygruntowej i temperaturę termometru zwilżonego z wysokości 2 m nad ziemią.

Materiał wyjściowy i metoda opracowania

Wykorzystany w pracy materiał wyjściowy pochodzi ze stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie ($\phi = 52^{\circ} 09' N$, $\lambda = 20^{\circ} 59' E$, $H_s = 106$ m n.p.m.), położonej na obrzeżu miasta, w terenie odkrytym, dobrze reprezentującym obszary rolnicze województwa warszawskiego (Łykowski, Madany 1992). Uwzględnione dane pochodzą z wybranych miesięcy wiosennych

(IV–V) i jesiennych (IX–X) z lat 1951–1975 i obejmują codzienne wyniki obserwacji wielkości zachmurzenia ogólnego i prędkości wiatru na wysokości wiatromierza (10,8 m nad powierzchnią ziemi), pochodzące z terminów pomiarowych 6 i 20 GMT, oraz wyniki codziennych pomiarów temperatury powietrza i termometru zwilżonego w klatce makroklimatycznej (2 m nad poziomem ziemi) z godziny 15 GMT, a także wyniki pomiarów temperatury minimalnej powietrza w klatce makroklimatycznej i na wysokości 5 cm nad powierzchnią ziemi. Względny praktyczny wymagały, aby prognoza została objęta tylko nocne minima temperatury powietrza występujące w warunkach sprzyjających najsilniejszemu radiacyjnemu oziębianiu się powietrza nocą, zachodzącemu przy niezakłóconym stanie inwersyjnym przygruntowej warstwy powietrza. Uwzględniono więc tylko te dane, które pochodziły z dni poprzedzających wystąpienie nocy pogodnych i bezwietrznych i tylko wtedy, gdy w ciągu takiego dnia i następującej po nim nocy nie zmieniła się masa powietrza nad Warszawą.

Za noc pogodną przyjmowano taką noc, dla której średnia wielkość zachmurzenia ogólnego, liczona z wielkości zachmurzenia zaobserwowanego o godz. 20 GMT i o godz. 6 GMT w dniu następnym, nie była większa od 2/10 pokrycia nieba chmurami. Równoważne traktowanie chmur piętra niskiego i chmur pięter średniego i wysokiego oraz posłużenie się jedynie obserwacjami zachmurzenia z terminów wieczornego i rannego w dniu następnym, z pominięciem nocnych obserwacji zachmurzenia, prowadzi do zmniejszenia dokładności wydzielenia nocy pogodnych.

Do nocy bezwietrznych zaliczono także nocy ze względną ciszą, a zatem nocy o średniej prędkości wiatru nie większej od 2 m/s na wysokości wiatromierza, ponieważ wiatry o takiej prędkości nie mogą przeszkodzić wykształceniu się inwersyjnej stratyfikacji termicznej, typowej dla przy-

mrozków wywołanych czynnikiem lokalnym. Przyjęte kryterium wydzielenia nocy bezwietrznych nasuwa podobne zastrzeżenia do tych, o których wspomniano przy omawianiu wyboru nocy pogodnych, ponieważ do wydzielenia nocy bezwietrznych posłużono się także danymi pochodzącymi jedynie z pomiarów wieczornych i rannych w dniu następnym.

Nieuwzględnienie nocnych obserwacji wielkości zachmurzenia i prędkości wiatru może prowadzić do błędnego zaszeregowania jakiejś nocy do rozpatrywanej w pracy grupy nocy pogodnych, bezwietrznych i bez zmiany masy powietrza. Wówczas do zbioru temperatury minimalnej powietrza występującej po takich nocach zostaje wprowadzone minimum temperatury powstałe w innych warunkach pogodnych, powodując zmniejszenie jednorodności zbioru. Ażeby ją zwiększyć pomijano w opracowaniu te nocy, dla których odchyłka minimalnej temperatury powietrza od średniej arytmetycznej przekraczała $\pm 3 \sigma$.

Omawiana w pracy modyfikacja diagramu Schuberta polegała przede wszystkim na wykorzystaniu do sporządzenia tego diagramu temperatury termometrów suchego i zwilżonego w klatce meteorologicznej, a zatem danych łatwo dostępnych, bo wchodzących w zakres codziennych, rutynowych obserwacji prowadzonych przez państwową służbę meteorologiczną.

Prognozowanie przymrozków lokalnych na podstawie zmiennych prognozujących z poziomu pomiarowego 2 m nad powierzchnią ziemi zwiększa reprezentatywność przestrzenną prognozy oraz umożliwia prognozowanie także przymrozków lokalnych o znacznej miąższości, odnotowanych w klatce makroklimatycznej.

Wykorzystując możliwość, jaką daje układ współrzędnych o osiach odpowiadających temperaturze powietrza i termometru zwilżonego, wydzielono w nim pola odpowiadające różnej wilgotności względnej powietrza o godzinie 15 GMT. Znajomość wilgotności względnej powietrza jest

bowiem potrzebna w przypadku stosowania deszczowania przeciwprzymrozkowego. Zabieg ten przeprowadzany w czasie nocy przymrozkowej o małej wilgotności względnej powietrza (niższej od 80%) powoduje zwykle zwiększenie wielkości szkód przymrozkowych, ponieważ parowanie stale zwilżanej wodą powierzchni roślin obniża ich temperaturę poniżej temperatury otaczającego je powietrza. Korzystając z części wilgotnościowej zmodyfikowanego diagramu, należy dla potrzeb deszczowania przeciwprzymrozkowego zwiększać odczytaną wielkość wilgotności względnej powietrza o 20%, taki jest bowiem przeciętny dla nocy o silnej radiacji

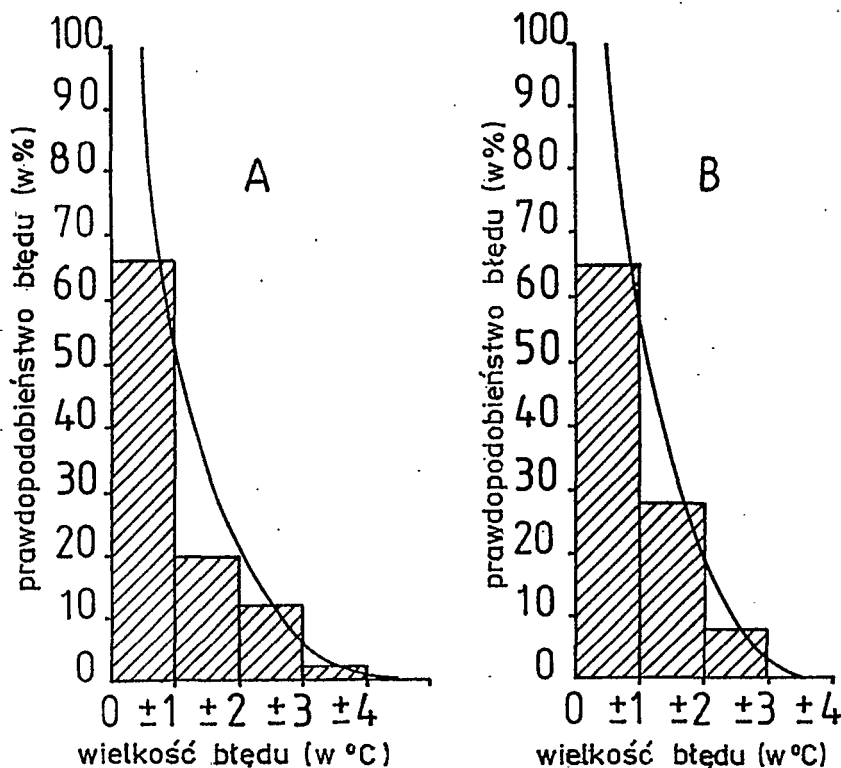
przyrost tej wilgotności powietrza między godziną 15 GMT a późnymi godzinami nocnymi.

Drugi etap modyfikacji diagramu Schuberta stanowiło wprowadzenie do tego diagramu prognozy intensywności przymrozków lokalnych, opracowanej w formie graficznej. Intensywność przymrozków prognozowano prostą regułą Kammermanna (1887) o sprawdzonej dla rejonu Warszawy przydatności praktycznej w okresie wiosennym (Radomski, Małany 1984).

Regułę powyższą wyraża wzór:

$$t_{\min} = t' - k$$

gdzie:

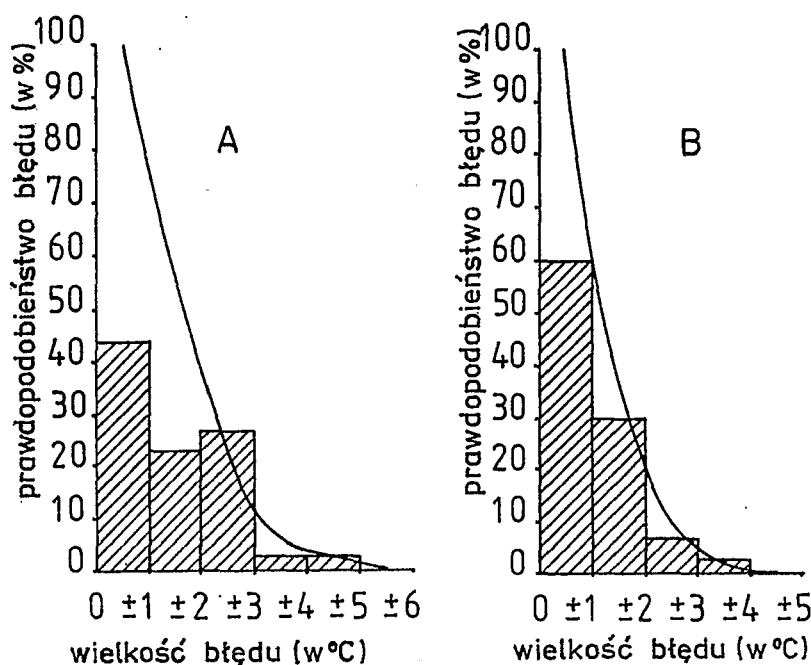


Rys. 1. Prawdopodobieństwo w przedziałach i prawdopodobieństwo całkowite wielkości błędów prognozy intensywności lokalnych przymrozków przygruntowych na wysokości 5 cm nad powierzchnią ziemi w okresie wiosny termicznej i jesieni termicznej (Warszawa-Okecie, lata 1951-1975); A — błędy prognozy wykonanej prostą regułą Kammermanna o stałej wspólnej dla termicznej wiosny i termicznej jesieni, B — błędy prognozy wykonanej tą samą regułą, po uwzględnieniu poprawki na porę roku i temperaturę powietrza o godzinie 15 GMT w dniu poprzedzającym noc przymrozkową

$t_{\min}$ — prognozowana minimalna temperatura powietrza w dniu następnym,
 t — temperatura termometru zwilżonego w określonym terminie dnia poprzedzającego noc o silnej radiacji,
 k — stała Kammermanna.

Wzór ten zastąpiono skalą termometryczną, na której 0°C zostało tak przesunięte, aby odpowiadało ujemnej wartości stałej Kammermanna. Powyższą stałą obliczono dla całego okresu objętego prognozą na podstawie danych pochodzących jedynie z dni poprzedzających bezadwekcyjne noce przymrozkowe. W ten prosty sposób zawężono zakres prognozy tylko do inten-

sywności przymrozków lokalnych. Sprawdzalność prognoz intensywności przymrozków lokalnych, wykonanych prostą regułą Kammermanna z jedną stałą, wspólną dla termicznej wiosny (IV–V) i termicznej jesieni (IX–X), nie jest zadowalająca. Prawdopodobieństwo całkowite prognoz trafnych wynosi bowiem 85,4% dla przymrozków przygruntowych i 67,0% dla przymrozków w klatce makroklimatycznej (rys. 1A, 2A). Do klasy prognoz trafnych zaliczono takie przypadki prognozy, gdy $-2,0^{\circ}\text{C} \leq S_b \leq 2,0^{\circ}\text{C}$, przy czym za błąd prognozy przyjmowano wielkość różnicy między minimalną temperaturą po nocy przymrozkowej, określoną pomiarowo, a



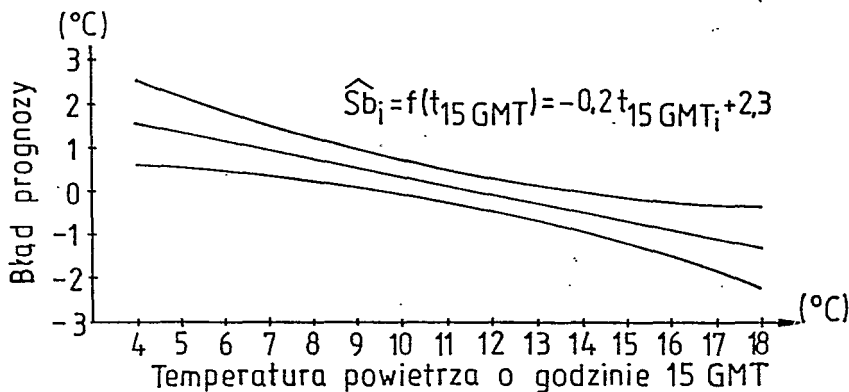
Rys. 2. Prawdopodobieństwo w przedziałach i prawdopodobieństwo całkowite wielkości błędów prognozy intensywności lokalnych przymrozków w klatce makroklimatycznej w okresie wiosny termicznej i jesieni termicznej (Warszawa-Okęcie, lata 1951–1975); A — błędy prognozy wykonanej prostą regułą Kammermanna o stałej wspólnej dla termicznej wiosny i termicznej jesieni, B — błędy prognozy wykonanej tą samą regułą po uwzględnieniu poprawki na porę roku i temperaturę powietrza o godzinie 15 GMT w dniu poprzedzającym noc przymrozkową

minimalną temperaturą — obliczoną omawianą regułą dla tej samej nocy:

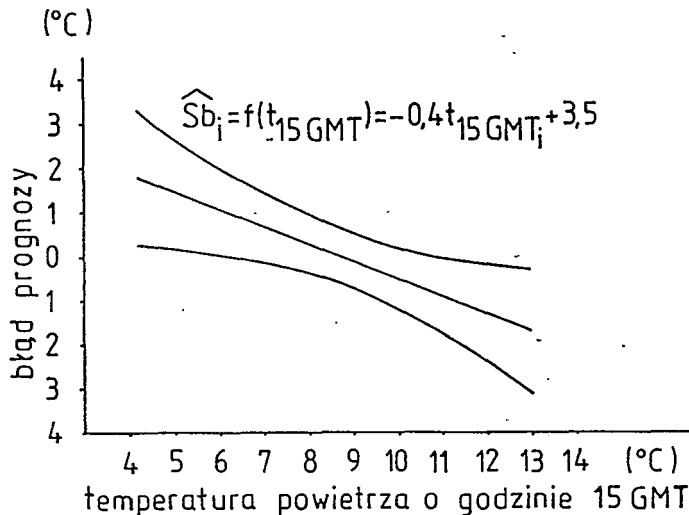
$$Sb = t_{\min. \text{ emp.}} - t_{\min. \text{ teor.}}$$

W celu poprawienia sprawdzalności prognozy wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów liniowe funkcje regresji między temperaturą powietrza o godzinie

15 GMT w dniach poprzedzających bezadwekcyjne noce przymrozkowe a przedstawionym powyżej błędem prognozy intensywności przymrozków przygruntowego (rys. 3) oraz między tą samą temperaturą powietrza a błędem prognozy intensywności przymrozków w klatce makroklimatycznej (rys. 4). W obydwu równaniach regresji



Rys. 3. Liniowa funkcja regresji oraz krzywe ufności Neymana dla wielkości błędu prognozy intensywności lokalnych przymrozków przygruntowych względem temperatury powietrza o godzinie 15 GMT w dniu poprzedzającym noc przymrozkową, przy współczynniku ufności $P = 0,95$ (Warszawa-Okęcie, okres wiosny termicznej i jesieni termicznej w latach 1951–1975)



Rys. 4. Liniowe funkcje regresji oraz krzywe ufności Neymana dla wielkości błędu prognozy intensywności lokalnych przymrozków w klatce makroklimatycznej względem temperatury powietrza o godzinie 15 GMT w dniu poprzedzającym noc przymrozkową, przy współczynniku ufności $P = 0,95$ (Warszawa-Okęcie, okres wiosny termicznej i jesieni termicznej w latach 1951–1975)

współczynnik regresji liniowej jest istotnie różny od zera przy poziomie istotności 0,02, co pozwoliło wykorzystać powyższe równania do wyznaczenia poprawek do prognozy intensywności przymrozków lokalnych (tab. 1, 2). W tabelach poprawek zostały uwzględnione także poprawki związane z porą roku. Za poprawkę dla wiosny termicznej przyjęto wielkość błędu systematycznego prognozy z uwzględnioną poprawką na temperaturę powietrza w okresie wiosennym, a za poprawkę dla jesieni — tak samo wyznaczoną — wielkość błędu

systematycznego prognozy w okresie jesieni termicznej.

Wyniki

Zrealizowany został cel pracy, jakim było dostosowanie reguły Schuberta do zmiennych prognozujących z godziny 15 GMT i poziomu pomiarowego 2 m nad powierzchnią ziemi, na którym te zmienne mierzone są rutynowo na stacjach meteorologicznych IMGW. Zachowana została łatwość prognozowania oraz stuprocento-

TABELA 1. Poprawki do odczytanych z diagramu Schuberta wartości temperatury minimalnej powietrza na wysokości 5 cm nad powierzchnią ziemi, w zależności od pory roku i temperatury powietrza, o godzinie 15 GMT

Wiosna termiczna (IV-V)										
t [°C]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4			1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6
5	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2
7	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
8	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
10	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
11	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
12	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2
14	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4
15	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6
16	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8
17	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0
18	-1,0	-1,0								
Jesień termiczna (IX-X)										
t [°C]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4			1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
5	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
7	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
8	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
9	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1
10	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
11	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5
12	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7
13	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9
14	-0,9	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1
15	-1,1	-1,1	-1,1	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,3	-1,3
16	-1,3	-1,3	-1,3	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,5	-1,5
17	-1,5	-1,5	-1,5	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,7	-1,7
18	-1,7	-1,7								

TABELA 2. Poprawki do odczytanych z diagramu Schuberta wartości temperatury minimalnej powietrza na wysokości 2 m nad powierzchnią ziemi, w zależności od pory roku i temperatury powietrza, o godzinie 15 GMT

Wiosna termiczna (IV-V)										
t [°C]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4			2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0
5	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6
6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2
7	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
9	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0
10	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4
11	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8
12	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1	-1,2
13	-1,2	-1,2	-1,3							

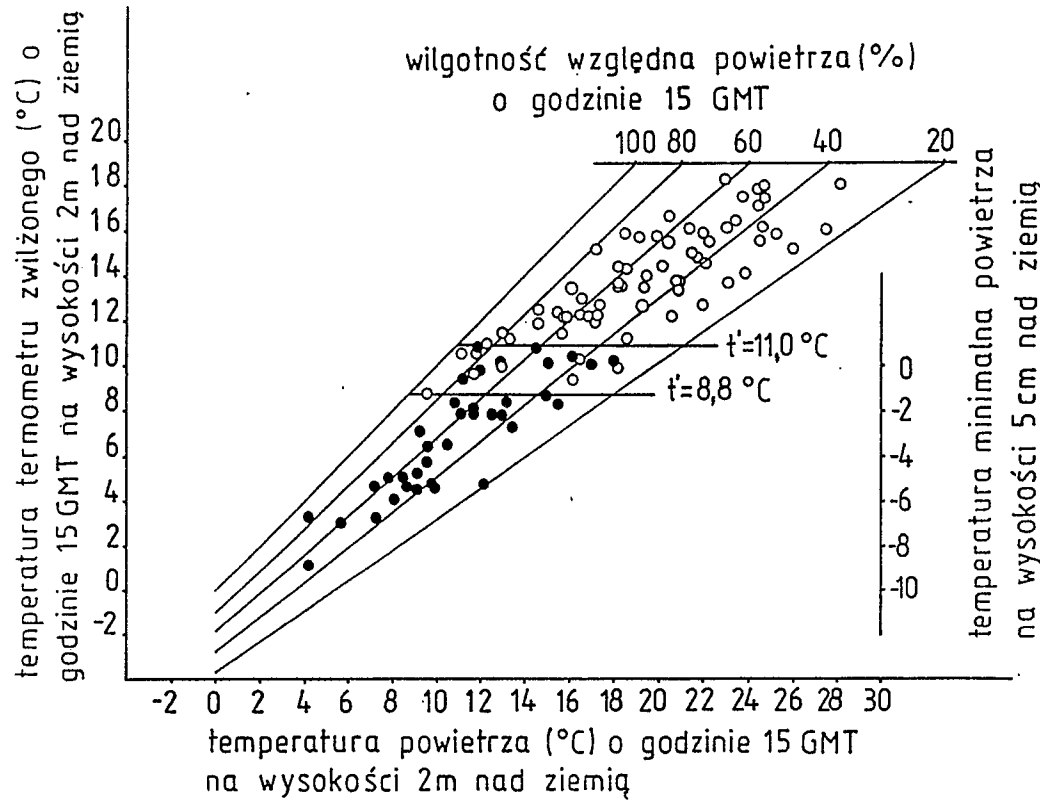
Jesień termiczna (IX-X)										
t [°C]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4			-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7
5	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,1
6	-1,1	-1,1	-1,2	-1,2	-1,3	-1,3	-1,3	-1,4	-1,4	-1,5
7	-1,5	-1,5	-1,6	-1,6	-1,7	-1,7	-1,7	-1,8	-1,8	-1,9
8	-1,9	-1,9	-2,0	-2,0	-2,1	-2,1	-2,1	-2,2	-2,2	-2,3
9	-2,3	-2,3	-2,4	-2,4	-2,5	-2,5	-2,5	-2,6	-2,6	-2,7
10	-2,7	-2,7	-2,8	-2,8	-2,9	-2,9	-2,9	-3,0	-3,0	-3,1
11	-3,1	-3,1	-3,2	-3,2	-3,3	-3,3	-3,3	-3,4	-3,4	-3,5
12	-3,5	-3,5	-3,6	-3,6	-3,7	-3,7	-3,7	-3,8	-3,8	-3,9
13	-3,9	-3,9	-4,0							

wa sprawdzalność prognozy braku zagrożenia nadchodzącej nocy przymrozkiem lokalnym. Uzyskano dobrą sprawdzalność prognozy intensywności przymrozków lokalnych w termicznym okresie wegetacyjnym. Prawdopodobieństwo uzyskania trafnej prognozy intensywności tych przymrozków, po uwzględnieniu odpowiedniej poprawki do intensywności odczytanej z diagramu, wynosi bowiem dla przymrozków przygruntowych 92,5% (rys. 1B), a dla przymrozków w klatce makroklimatycznej — 90,3% (rys. 2B).

Rekomendacja dla praktyki

Zmodyfikowane diagramy Schuberta (rys. 5 i 6) pozwalają z kilkunastogodzinnym wyprzedzeniem prognostycznym i dużym prawdopodobieństwem prognozować brak zagrożenia przymrozkiem lokal-

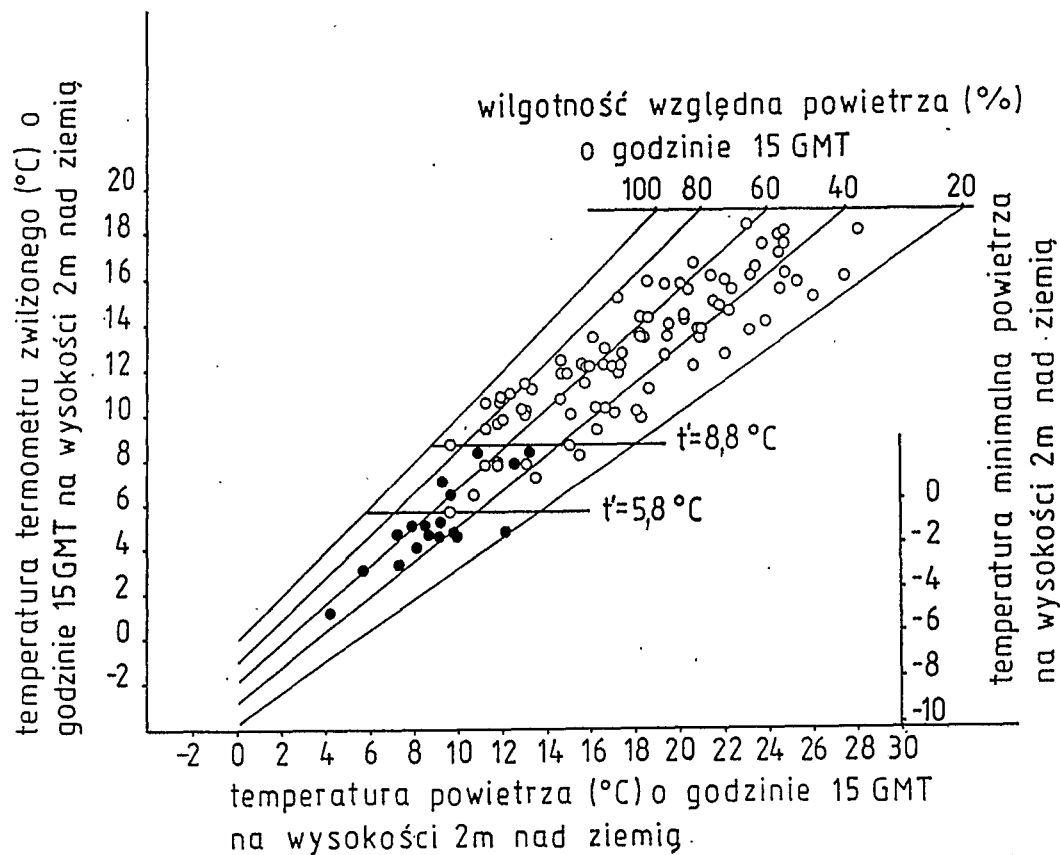
nym oraz wystąpienie i intensywność tych przymrozków w okresie wegetacyjnym na obszarze stołecznego województwa warszawskiego. O rolniczej przydatności tych diagramów decyduje łatwość prognozy. Polega ona na wniesieniu na diagram, podzielony na trzy pola: "pole przymrozkowe", "pole z możliwością wystąpienia przymrozków" i "pole bezprzymrozkowe", punktu odpowiadającego wartości temperatury powietrza i termometru zwilżonego z godziny 17 urzędowego czasu letniego. Jeżeli ten punkt znajdzie się na polu bezprzymrozkowym, to należy się spodziewać, że po nocy bezwietrznej i pogodnej nie wystąpi przymrozek lokalny. Gdy punkt ten znajdzie się na polu przymrozkowym lub z możliwością wystąpienia przymrozków, należy rzędną tego punktu odczytać na skali temperatury minimalnej powietrza, a następnie dodać (algebraicznie) do tej tempe-



Legenda:

- — noc z przymrozkiem przygruntowym,
- — noc bez przymrozku przygruntowego,
- $t' = 8,8^{\circ}\text{C}$ — temperatura termometru zwilżonego o godz. 15 GMT, wyznaczająca górną granicę prognozy stycznego pola "występowania przymrozków przygruntowych",
- $t' = 11,0^{\circ}\text{C}$ — temperatura termometru zwilżonego o godz. 15 GMT, wyznaczająca dolną granicę prognozy stycznego pola "niewystępowania przymrozków przygruntowych"

Rys. 5. Zmodyfikowany diagram Schuberta do prognozowania występowania i intensywności lokalnych przymrozków przygruntowych na wysokości 5 cm nad powierzchnią ziemi w okresie termicznej wiosny i termicznej jesieni na stacji Warszawa-Okęcie

**Legenda:**

- — noc z przymrozkiem w klatce makroklimatycznej,
- — noc bez przymrozku w klatce makroklimatycznej,
- $t' = 5,8^{\circ}\text{C}$ — temperatura termometru zwilżonego o godz. 15 GMT wyznaczająca górną granicę prognozy stycznego pola "występowania przymrozków na wysokości 2 m nad powierzchnią ziemi",
- $t' = 8,8^{\circ}\text{C}$ — temperatura termometru zwilżonego o godz. 15 GMT, wyznaczająca dolną granicę prognozy stycznego pola "niewystępowania przymrozków na wysokości 2 m nad powierzchnią ziemi"

Rys. 6. Zmodyfikowany diagram Schuberta do prognozowania występowania i intensywności lokalnych przymrozków w klatce makroklimatycznej (wys. 2 m nad ziemią) w okresie wiosny termicznej i jesieni termicznej na stacji Warszawa-Okęcie

ratury odpowiednią poprawkę z tabeli 1 lub 2, zależną od temperatury powietrza i pory roku. Poprawiony odczyt minimalnej temperatury powietrza daje intensywność przymrozku lokalnego. Zmodyfikowany diagram pozwala jedynie prognozować przymrozki lokalne, wywołane czynnikiem statycznym. Jeśli więc między terminem prognozowania nocnego minimum temperatury powietrza i terminem wystąpienia tego minimum nastąpi zmiana masy powietrza lub zwiększy się wielkość zachmurzenia, to diagram da prognozę fałszywą.

Literatura

- ÅNGSTRÖM A. 1920, 1921, 1923: *Studies of the frost problem*. Geogr. Ann. 2: 20–32; 278–288; 5: 401–412.
- BAGDONAS A. i in. 1978: *Techniques of frost prediction and methods of frost protection*. Tech. Note; 197, WMO 487: 159.
- ELLISON E. S. 1928: *A critique on the construction and use of minimum-temperatures formulas*. Month. Weather Rev. 5: 485–495.
- FAUST R. 1949: *Ein Hilfsmittel zur Nachtfrostvorhersage*. Ann. Meteor. 2, 105–111.
- JAGSICH J. 1951: *La prevision de las heladas*. Rev. Meteor. (Montevideo) 10, 36/37: 49–60.
- KAMMERMANN M. A. 1886: *Die Vorausbemung des nächtlichen Temperatur-minimums*. Meteorologie 3: 124–128.
- KAMMERMANN M. A. 1887: *Comparaison des indications du thermomètre à boule mouillée dans L' après-midi et le minimum de température pour differents lieux*. Archives des sciences physiques et naturelles XVII: 436–448.
- KANGIESER D. C. 1956: *Forecasting Minimum Temperatures on Clear Winter Nights in an Arid Region*. Month. Weather Rev. 87, 1.
- ŁYKOWSKI B., MADANY R. 1992: *Zróżnicowanie warunków termicznych i wilgotnościowych na terenie Warszawy*. Ochrona i kształtowanie środowiska rolniczego (Wybrane problemy). Wydaw. SGGW. Warszawa: 96–106.
- MADANY R. 1983: *Prognoza występowania i intensywności wiosennych przymrozków lokalnych w Polsce niższej*. Rozpr. Nauk. i Monogr. SGGW-AR. 35, Wydaw. SGGW-AR. Warszawa: 59.
- PLAETSCHKE J. 1953: *Taupunkt und Vorhersage der Temperaturminima nach Strahlungsnächten. Extremer Fall einer hochgelegenen*. Bad Kissingen: Deutscher Wetterdienst. Mitt. Dt. Wetterdienst, 1, 5: 18.
- RADOMSKI C., MADANY R. 1983: *Przydatność pagoprognoskopu w Polsce*. XIX Ogólnop. Konf. Agromet. 16–17 września 1983. Wydaw. AR w Szczecinie: 233–239.
- RADOMSKI C., MADANY R. 1984: *Device for forecasting local frosts*. Ann. Warsaw Agric. Univ. — SGGW-AR. Land Reclam. 20: 67–71.
- SCHUBERT J. 1915: *Über die Maifröste in Eberswalde und deren Vorhersage mit Hilfe des Psychrometers*. Z. Forst-Jagdwesen 1915: 84–92.
- SCHNELLE F. (red.) 1968: *Ochrona roślin uprawnych przed mrozem*. PWRiL, Warszawa: 421 (tłum. z niemieckiego).

Summary

Modification of the Schubert's diagram for local frost prediction. The Schubert's modified diagrams have been presented in this paper (fig. 5 and 6). Using the diagrams we can forecast with a sufficient prognostic outstripping for the agricultural practice and with a big probability (fig. 1B and 2B) the lacks of the impend over local frost during coming night and the intensity of the frost during growing season on the Warsaw District area. The forecast bases on the simply approachable meteorological date that are included within every day standard measurement of the meteorological stations.

Authors' address:

R. Madany, D. Gołaszewski
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Andrzej WANKE

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych

Henryk PAWŁAT

Katedra Przyrodniczych Podstaw Melioracji

Możliwości kształtowania warunków wodnych i szaty roślinnej w zlewni rzeki Mogielanki zasilanej wodami naporowymi

Wstęp

Rzeka Mogielanka należy do zlewni rzeki Pilicy i wpada do niej w okolicy miejscowości Białobrzegi. Jest to teren rozległej wysoczyzny polodowcowej zwanej Wysoczyzną Rawską. W źródłowym odcinku Mogielanki dolina rowu A, szerokości od 70 do 150 m, w dokumentacji projektu melioracji z 1981 r. określana jest jako obiekt Głudna (rys. 1).

W latach 1981–1982 uregulowano row A i założono w dolinie sieć odwadniającą, na którą składały się niesystematyczne rowy poprzeczne i sieć drenarska. W 1987 r. połowa obiektu obejmująca jej górną część wykazywała właściwe stosunki wodne i była użytkowana łąkowo, dolną zaś — zasilaną wodami naporowymi — stanowiły nieużytki powstałe w wyniku wody stagnującej tam na powierzchni.

W celu uregulowania stosunków wodnych na tym terenie w 1987 r. założono 4 doświadczalne studnie samowypływowe z regulowanymi przelewami i wylotami w rowie A. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań zmian warunków wodnych i kierunku sukcesji roślinności.

Warunki hydrogeologiczne obiektu

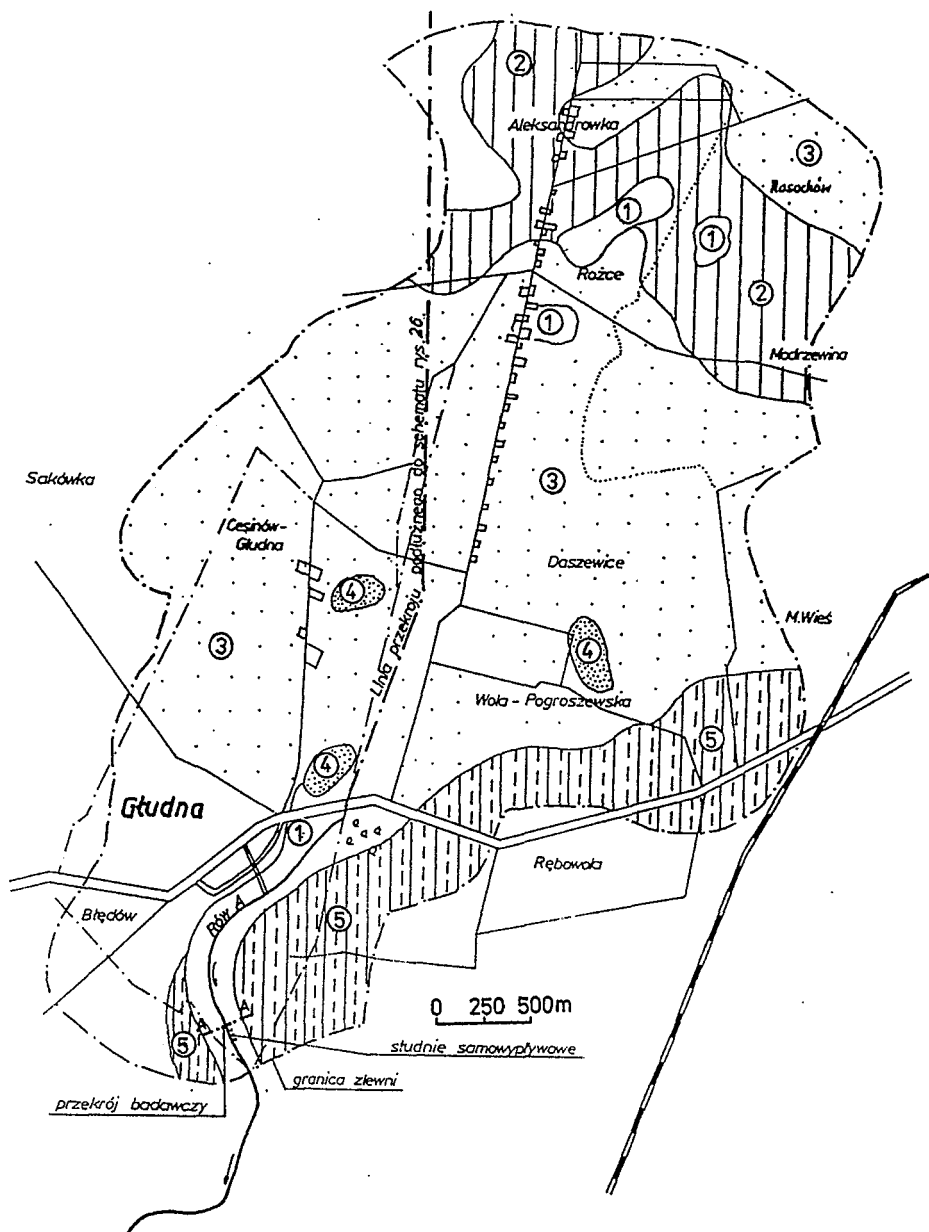
W części północnej i południowej zlewni rowu Ana obiekcie Głudna zalegają

warstwy glin, pod którymi występują osady piaszczysto-żwirowe o około 10-metrowej miąższości, podścielone jednolitą gliną zwałową (rys. 1 i 2).

Obserwacje i analizy hydrogeologiczne przeprowadzone przez Pajnowską i in. (1988) wskazują na występowanie w zlewni Głudna dwóch poziomów wodonośnych (rys. 2). Płytki — górny, związany jest z cienką warstwą piasków średnich zaglinionych, głęboki — dolny, znajduje się w zasadniczej warstwie wodonośnej tego obszaru, zbudowanej z piasków grubo- i średnioziarnistych ze żwirkiem. Warstwę tę cechuje współczynnik filtracji rzędu 1–10 m/d.

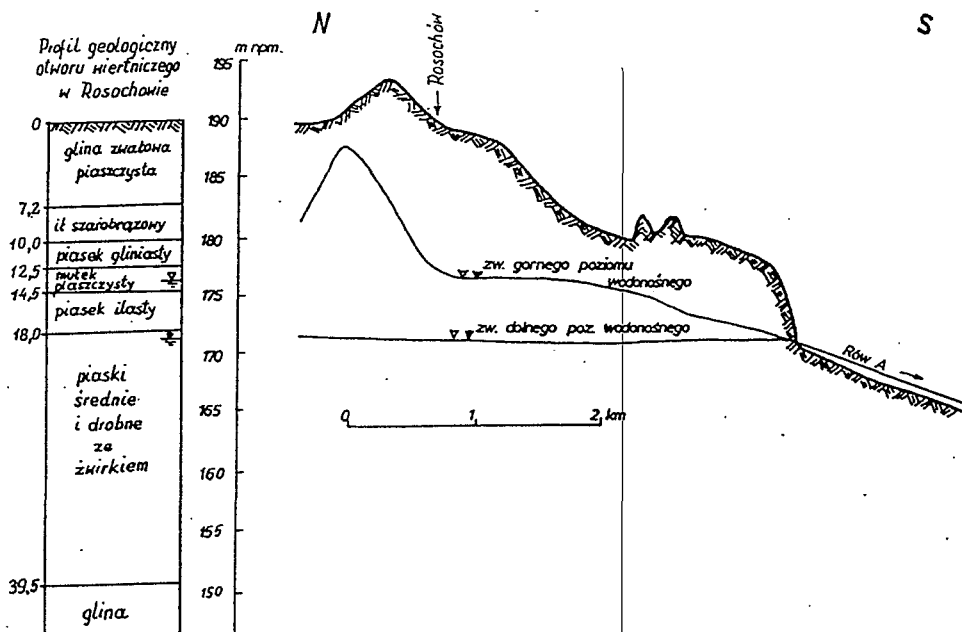
Dział wód podziemnych górnego poziomu wodonośnego w rejonie wsi Aleksandrówka (rys. 1) miejscami pokrywa się z granicą zlewni powierzchniowej. W innych rejonach sięga on jednak poza tę granicę. Wody tego poziomu zasilają wiele oczek wodnych i obniżen terenowych.

Dolny poziom wodonośny posiada zdecydowanie większy zasięg niż zlewnia powierzchniowa, z czego wynika, że dolina rowu zasilana jest podziemnie niewspółmiernie dużą ilością wody w stosunku do możliwości jej dopływu ze zlewni powierzchniowej. Odpływ wód jest jednak utrudniony z powodu wypełnienia doliny utworami słabo przepuszczalnymi i niedo-



Rys. 1. Szkic zlewni rowu A obiektu Głudna z zaznaczeniem utworów powierzchniowych wg mapy geologicznej Polski, ark. Skierniewice w skali 1:50 000;

—•— granica zlewni powierzchniowej, —•— granica wsi Głudna, granica rodzaju użytków, = szosa, — drogi, ① — osady dolinowe, ② — g_zS glina zwałowa, ③ — fg₂S² piaski i żwiry wodnolodowcowe, ④ — c_S² piaski, żwiry i głazy moren czołowych, ⑤ — g_zS² glina zwałowa



Rys. 2. Schemat układu dwóch poziomów zwierciadła wody w przekroju podłużnym zlewni rowu A na obiekcie Głudna, wg Pajnowskiej (1988)

głębienia koryta rowu A do warstwy wodonośnej (rys. 3). Powoduje to występowanie stałego nadmiaru wody w wierzchniej warstwie gleby i uniemożliwia użytkowanie rolnicze.

Koncepcja regulacji stosunków wodnych

Regulowanie stosunków wodnych na terenach zasilanych wodami naporowymi jest jednym z najtrudniejszych zadań melioracyjnych. W tych warunkach obniżenie poziomu zwierciadła wody gruntowej można uzyskać przez wykonanie:

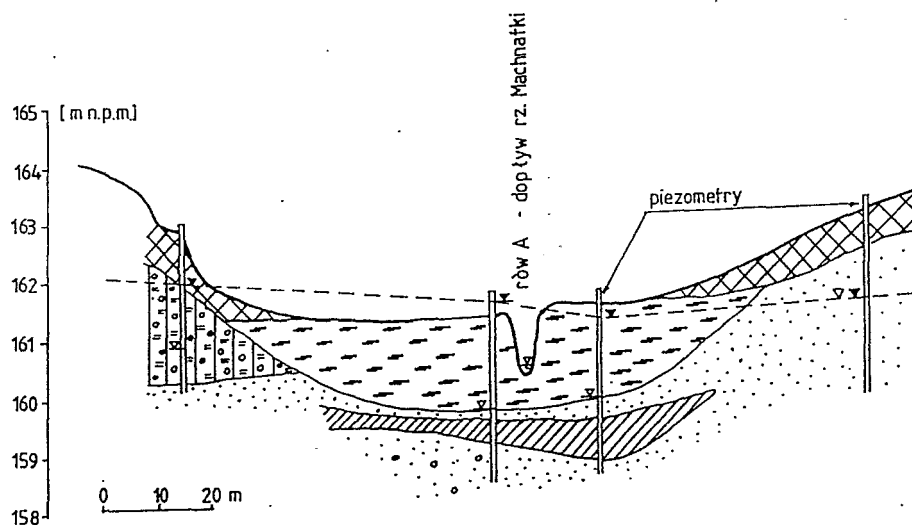
- gęstej, o 3–5-metrowej rozstawie systematycznej, niedogłębionej sieci odwadniającej (ze względów ekonomicznych nieoptycalne),
- rozrzedzonej systematycznej sieci odwadniającej w wyniku zastosowania połączeń hydraulicznych z warstwą wodonośną (sieć taka nie posiada zdolności regulacyjnych),

- studni samowypływowych pojedynczych lub w szeregu (bariera), zaopatrzonych w regulowany poziom odwodnienia,
- systemów kombinowanych.

Na obiekcie Głudna zastosowano doświadczalnie kilka studni samowypływowych (czterech), rozmieszczonych wzdłuż rowu (rys. 4), posiadających możliwość regulacji poziomu samowypływu (schemat — rys. 5).

Wpływ działania studni na poziom ciśnień piezometrycznych w okresie prowadzonych badań ilustruje rysunek 6. Powodowały one średnie obniżenie poziomu wody gruntowej o 0,4 m niżżej powierzchni terenu.

Skutkiem niskich opadów i odwadniania doliny było obniżenie zwierciadła wody gruntowej na wysoczyźnie. Zanotowano je w dwóch studniach gospodarskich. W studni S_{g1} poziom wody obniżył się o 40 cm, a w studni S_{g2} — o 65 cm. Nie wpłynęło ono



Rys. 3. Przekrój hydrogeologiczny przez dolinę rowu A na obiekcie Gładna wg badań własnych wzdłuż trasy przekroju A-A zaznaczonego na rysunku 4;

▨ – utwór mułowy ciężki, ▤ – glina zwałowa, ▬ – torf, ▨ – pył, ○ – utwory piaszczyste, ▴ – żwir

na warunki wodne wysoczyzn, gdyż miało miejsce na głębokościach 3–4-metrowych pod terenem.

Zaprzestanie odwadniania doliny na początku września 1990 r., poprzez zamknięcie odpływów ze studni, spowodowało po 18 dniach wzrost ciśnienia piezometrycznego w warstwie wodonośnej o 16 cm, a zwierciadła wody gruntowej w dolinie — o 20 cm. Zwierciadło to zalegało wówczas na głębokości 40–50 cm poniżej terenu. Znaczących zmian w poziomie wody w studniach gospodarskich nie zanotowano.

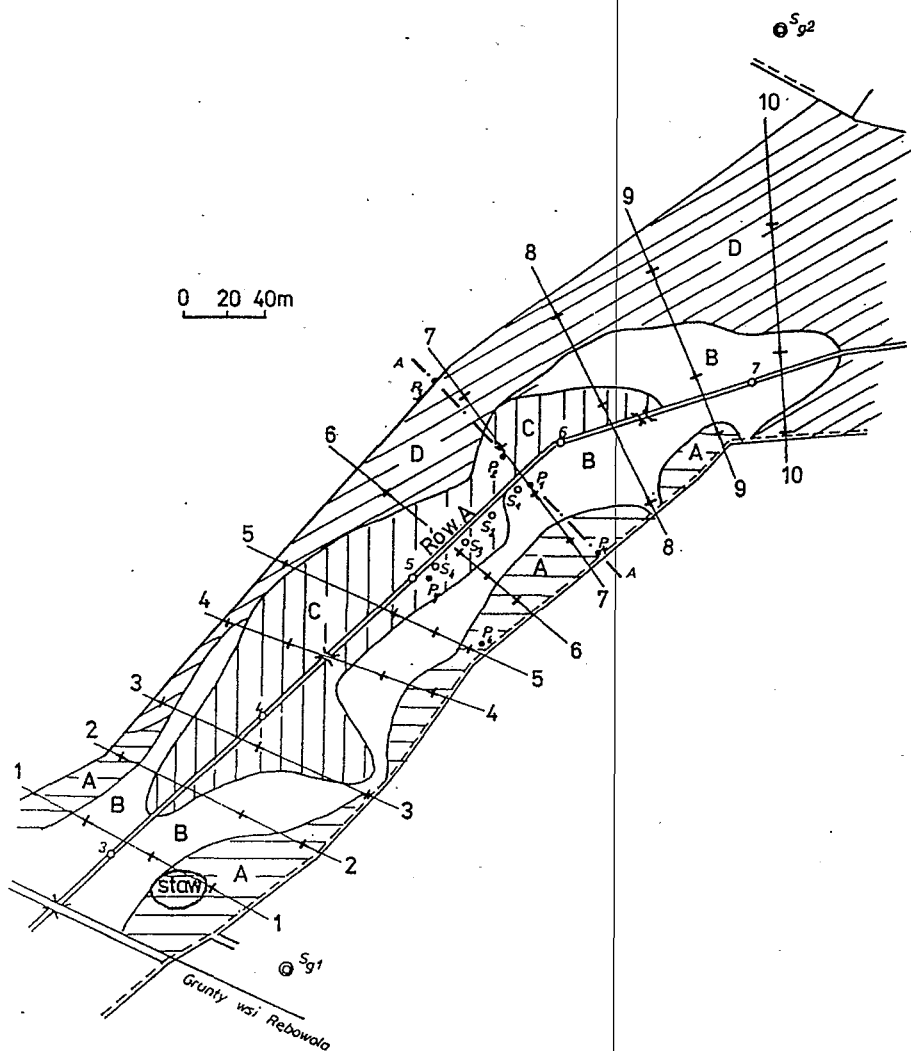
Sukcesja roślinności

Przed rozpoczęciem eksperymentu i po jego zakończeniu w wyróżniających się strefach roślinności w dziesięciu transektach wykonano zdjęcia fitosocjologiczne metodą Braun-Blanqueta (Pawłowski 1972). Wyróżnione zbiorowiska roślinne oraz miejsca opisu roślinności zaznaczono na rysunku 4.

W 1987 r. na obiekcie występował szuwar trzcinowy (*Scirpo Phragmitetum*) związany z podtapianiem (strefa C) i trzcinowisko (*Caricetum paniculate*), rozwijające się w warunkach okresowego zalewu (strefa B). W miejscach wyżej położonych, po lewej stronie rowu A, występowało zbiorowisko situ siniego (*Juncetum inflexi*), charakterystycznego dla siedlisk wilgotnych (strefa A), a po prawej stronie rowu fitocenozы świeżych łąk kośnych (*Arrhenatheretum medioeuropaeum*) (strefa D).

W 1990 r. nie stwierdzono istotnych zmian w zasięgu występowania wyróżnionych stref roślinności. Natomiast na odcinku odwadnianym zanotowano zmiany ilościowe w składzie botanicznym. Nie są one jednak jeszcze na tyle duże, by wiązały się ze zmianą jednostek taksonomicznych.

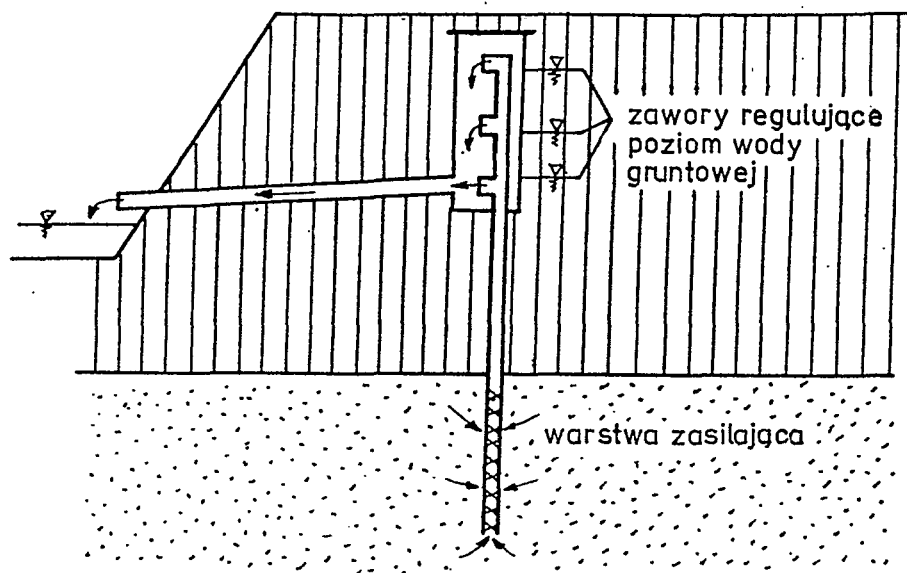
Kierunki zmian w uwilgotnieniu gleby oceniono metodą fotoindykacji, wykorzystując wskaźniki wilgotności w skali od 1 do 6, wyliczone metodą Ellenber-



Rys. 4. Plan sytuacyjny rozmieszczenia punktów pomiarowych na fragmencie doliny rowu A obiektu Głudna;
 Strefy: A — wilgotna, B — okresowych zalewów, C — podtopienia, D — świeżych łąk kośnych;
 S₁ ... S₄ — studnie samowypływowe, S_{g1}, S_{g2} — studnie gospodarskie,
 P₁ ... P₆ — piezometry, + — miejsca gdzie wykonywano zdjęcia fitosocjologiczne metodą Braun-Blanqueta

ga (Wójcik 1988, Kostrowicki, Wójcik 1972). Dla poszczególnych gatunków wchodzących w skład zbiorowisk roślinnych przyjęto wartości tzw. liczb ekologicznych według Zarzyckiego (1984). We wszystkich zbiorowiskach roślinnych

uwzględniono pokrycie według średniego procentu zwarcia gatunków roślin naczyniowych. Wskaźniki ekologiczne wilgotności gleby w wybranych przekrojach obiektu w latach 1987–1990 podano w tabeli 1.



Rys. 5. Schemat studni samowypływowej z regulacją poziomu wypływu wody (Wanke A. i Jędryka G. 1991)

TABELA 1. Zmienność wskaźnika ekologicznego wilgotności gleby* na obiekcie Głudna

Odcinek obiektu	Rok	Strefa roślinności			
		A	B	C	D
Kontrolny (bez odwodnienia) przekrój 2	1987	3,6	4,6	5,0	4,6
	1990	3,6	4,7	4,9	4,0
Odwadniany studniami samowypływowymi przekrój 7	1987	4,3	4,8	5,5	3,5
	1990	4,0	4,4	4,5	3,2

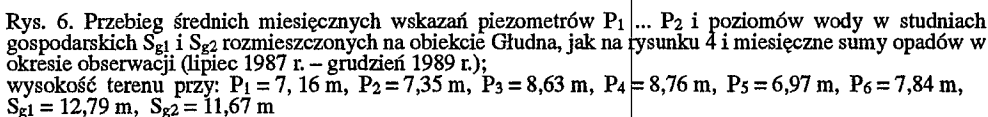
* Uwilgotnienie w skali od 1 do 6: 1 — gleby bardzo suche, 2 — gleby suche, 3 — gleby świeże, 4 — gleby wilgotne, 5 — gleby mokre, 6 — woda.

Analiza porównawcza wskaźników ekologicznych daje podstawę do stwierdzenia, że w okresie trzech lat na nie odwadnianym odcinku doliny (przekrój 2) nie zaszły zmiany w uwilgotnieniu gleb. Natomiast na odcinku odwadnianym (przekrój 7) nastąpiło nieznaczne osuszenie siedliska, największe w strefie szuwarowo-trzcinowej i turzycowisk położonych najniżej, a najmniejsze — na pobrzeżach obiektu (strefa A i D).

Po trzyletnim okresie odwadniania stan uwilgotnienia doliny na odcinku odwadnianym wskazywał na możliwość zagospodarowania pomelioracyjnego metodą uprawy i użytkowanie łąkowe.

Podsumowanie i wnioski

Obserwacje przeprowadzone na obiekcie Głudna miały charakter wyłącznie metodyczny i na ich podstawie nie można



Uzyskane wyniki obserwacji potwierdziły założenie, że za pomocą tego sposobu można regulować ciśnienie piezometryczne, poziomy wód gruntowych i uwilgotnienie gleby w zakresie potrzeb wodno-powietrzny użytku zielonego. Jednocześnie pokazały, że przy tym rozwiązaniu można

regulować warunki wodne w dolinie, a nawet powrócić do stanu wyjściowego, co — gdy zmniejszają się obecnie zasoby czystej wody, powinno być podstawową zasadą rozwiązań projektowych.

Wydaje się, że można to uzyskać modyfikując dotychczas obowiązującą zasadę: "odwodnienie" na "regulowanie i retencjonowanie". Oznacza to, że w okresach wegetacyjnych podstawowym zadaniem urządzeń i systemów melioracyjnych jest usuwanie nadmiaru wody z profilu glebowego, a w okresach pozawegetacyjnych — zmniejszanie lub wręcz zaniechanie ich funkcji odwadniających. Służyć to ma odbudowie wglębnych zasobów wodnych oraz gromadzeniu wód w zbiornikach, zamiast odprowadzania ich do rzek na obszarze, gdzie występowały okresowe nadmiary.

Literatura

- KOSTROWICKI A. S., WÓJCIK Z. 1972: *Podstawy teoretyczne i metodyczne oceny warunków przyrodniczych przy pomocy wskaźników roślinnych*. W: Metody oceny warunków przyrodniczych produkcji rolniczej. Biul. KPZK, PAN, 71; 3–63.
- PAJNOWSKA H., KACZOROWSKI R., SIERADZ A., PAWŁOWSKA Z. 1988: *Warunki zasilania podziemnego cieką Głudna*. Maszynopis Kat. Techn. i Org. Prac. Wod. Mel. SGGW-AR, Warszawa; 1–20.
- PAWŁOWSKI B. 1972: *Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badań*. W: Szata roślinna Polski. PWN, Warszawa; 237–268.
- WÓJCIK Z. 1988: *Bioindykacyjne własności roślinności oraz ich wykorzystanie w ocenie stanu środowiska*. W: Zasoby glebowe i roślinne — użytkowanie, zagrożenie i ochrona. PWRiL, Warszawa; 178–223.
- ZARZYCKI K. 1984: *Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski*. Inst. Botaniki PAN, Kraków; 1–46.

Summary

The possibilities of formation of water and floristic conditions in Mogielanka river basin fed with artesian waters. The performed methodological investigations were aimed on practical verification of theoretical assumptions of formation of water conditions of the area fed with artesian water using "regulated self outflow wells". The observed plant succession showed the necessity of such water regulation for meadow use as on Głudna experimental field.

Authors' address:

A. Wanke, H. Pawłat
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Tomasz BRANDYK

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych

Edward WIENCLAW, Hanna ZŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK

Katedra Technologii Prac Wodnych i Melioracyjnych

Warunki hydrogeologiczne obiektów melioracyjnych w subregionie XI Górnonoteckiego Systemu Wodno-Gospodarczego

Wstęp

Na odcinku Noteci Górnej o długości około 35 km, pomiędzy Nakłem a Łabiszynem, zlokalizowane są duże kompleksy łąkowe wyposażone w systemy melioracyjne do dwustronnej regulacji stosunków powietrzno-wodnych w glebach hydrogenicznych. Największe z nich to kompleks łąk Łabiszyńsko-Bydgoskich i Noteci Rynarzewskiej, obejmujące powierzchnię około 2,5 tys. ha. Oba te kompleksy wchodzi w skład subregionu XI Górnonoteckiego Systemu Wodno-Gospodarczego.

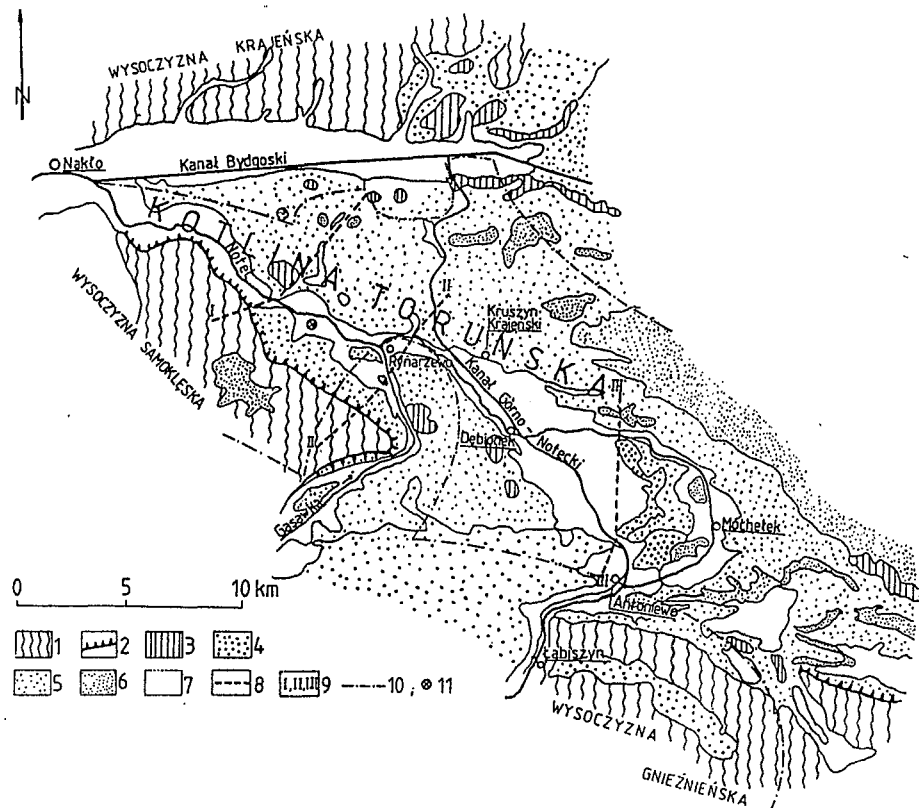
Ogólna charakterystyka Górnonoteckiego Systemu Wodno-Gospodarczego zawarta jest w pracy Somorowskiego (1983). Eksploatacja systemów melioracyjnych w Subregionie XI była tematem pracy Brzozowskiego (1986). Z kolei zagadnienia rozrządu wody w omawianym subregionie przedstawił w swej pracy Kaca (1991).

W niniejszym artykule przedstawiono opis warunków hydrogeologicznych subregionu. Uwzględniono przy tym geomorfologię i budowę geologiczną terenu. Interpretację występowania wód podziemnych w subregionie wykonano na podstawie profili wierceń — głównie studziennych,

zgrupowanych w Archiwum Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie — oraz na podstawie profili otworów penetracyjnych i wyników badań hydrogeologicznych wykonanych na terenie obiektów Rzywno, Kołaczkowo, Stara Noteć i Łąki Łabiszyńsko-Bydgoskie wchodzących w skład subregionu (dane nie publikowane Katedry Melioracji Rolnych i Leśnych). Celem prac hydrogeologicznych, poza aspektem poznawczym, było opracowanie podstaw do sformułowania warunków brzegowych realizowanych modeli symulacji zwierciadła wód gruntowych w skali obiektów melioracyjnych.

Ukształtowanie powierzchni terenu

Rozpatrywany obszar położony jest w zachodniej części Kotliny Toruńskiej (Toruńsko-Bydgoskiej) (rys. 1). Od południa graniczy on z Wysoczyzną Gnieźnieńską, która na wschód od Łabiszyna jest zbudowana przeważnie z glin zwałowych i wznosi się około 30 m ponad powierzchnię kotliny. Na zachód od Łabiszyna, południową granicę obszaru badań stanowią osady sandrowe przykryte wałami wydmyowymi do 25 m wysokości. Od zachodu omawiana



Rys. 1. Położenie obszaru

- 1 — wysoczyzny morenowe,
- 2 — krawędzie wysoczyzn,
- 3 — ostańce morenowe,
- 4 — równiny sandrowe,
- 5 — równina tarasów akumulacyjno-erozyjnych,
- 6 — wydmy i równiny piasków przewianych,
- 7 — równina akumulacji torfowo-rzecznej,
- 8 — linie przekrojów,
- 9 — numery przekrojów,
- 10 — granica subregionu XI,
- 11 — lokalizacja studzienki obserwacyjnej (obiekt Stara Noteć I)

część kotliny ograniczona jest stromą krawędzią wysoczyzny morenowej, nazwanej przez Bartkowskiego (1970) Wysoczyzną (Wyspą) Samoklęską, wznoszącą się od 20 do 30 m ponad powierzchnią kotliny. Od północy obszar badań graniczy z doliną Kanału Bydgoskiego, przebiegającą u podnóża skarpy Wysoczyzny Krajeńskiej, a od wschodu — z rozległym skupiskiem wydmy bydgosko-toruńskich o wysokościach względnych do 25 m. W wyżej określonych granicach wyróżniają się dwa główne elementy morfologiczne kotliny: równina tarasów akumulacyjno-erozyjnych z okresu zlodowacenia bałtyckiego o wysokościach 65–75 m n.p.m., oraz holocenińska równina akumulacji torfowo-rzecznej o wysokościach 60–69 m n.p.m., stanowiąca wzdłuż Noteci dolinę tej rzeki.

W kotlinie płynie Noteć w wielkim zakolu, początkowo ku północnemu wschodowi po Mochełek, następnie ku północnemu zachodowi po Dębionek. W pobliżu tej miejscowości zbacza nieco na północ i płynie w kierunku północno-zachodnim, aż po Nakło. Pod Rynarzewem wpada do Noteci Gąsawka. Na odcinku od Antoniewa Noteci towarzyszą liczne kanały. Jednym z nich jest Kanał Górnonotecki, zasilający Kanał Bydgoski, poprowadzony na odcinku od Dębionka do Kruszyna Krajeńskiego równolegle do rzeki, a poniżej Kruszyna Krajeńskiego w kierunku północnym łączy się z Kanałem Bydgoskim. W okolicy Nakła, po połączeniu z Kanałem Bydgoskim, Noteć opuszcza Kotlinę Toruńską i wpływa do Doliny Środkowej Noteci.

Rzeka Noteć pełni na rozpatrywanym odcinku rolę odbiornika wody z systemów melioracyjnych w okresach wiosennych i po intensywnych opadach deszczu, jak również stanowi źródło wody do nawodnień w okresach letnich, kiedy to występują znaczne niedobory opadów. Obiekty melioracyjne wzdłuż biegu Noteci Górnej składają się z systematycznej sieci rowów, która często uzupełniana jest drenowaniem,

a także wyposażona jest w urządzenia piętrzące do realizacji nawodnień podsiąkowych.

Zarys budowy geologicznej

Kotlina Toruńska stanowi część systemu przepływowego Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej. Według powszechnie panującej opinii (Galon 1968, Kozarski 1962, Lindner 1992, Roszko 1982) głównym czynnikiem rzeźbotwórczym pradoliny były wody roztopowe lądolodu skandynawskiego zasilane wodami spływającymi z obszaru ekstraglacialnego podczas fazy pomorskiej zlodowacenia północnopolskiego. Paleogeograficzne dzieje Kotliny Toruńskiej mogą sięgać jednakże dalej w przeszłość, aż do przełomu pliocenu i eoplejstocenu. W tym czasie, według Dyjora (1991), przez teren Kotliny Toruńskiej przepływała pra-Noteć. W następstwie procesów erozyjnych, powiązanych z ruchami podnoszącymi wału środkowopolskiego, a także późniejszych procesów erozyjnych, egzaryacyjnych i glaciektonicznych w podłożu czwartorzędu powstała strefa głębokich obniżień o ogólnym kierunku NW–SE przebiegająca przez Nakło i Rynarzewo. Sytuacja taka mogła predysponować powstanie pradoliny na tym właśnie odcinku (Uniejewska i in. 1979).

Deniwelacje w obrębie powierzchni podczwartorzędowej omawianego fragmentu Kotliny Toruńskiej dochodzą do 100 m, od 40–60 m n.p.m. — w strefie głębokich obniżień — do około 40 m n.p.m. — w strefach wysoko położonego podłoża (Uniejewska i Nosek 1978, Wilczyński 1978). Podłoże czwartorzędu stanowią:

- piaski średnioziarniste i pylaste oligocenu dolnego oraz iły toruńskie oligocenu środkowego występujące w dnach obniżień,
- piaski średnioziarniste przechodzące w piaski pylaste i mułkowate oligocenu górnego oraz piaski kwarcowe miocenu z wkładkami mułków, iłów i węgla bru-

natnego, budujące partie zboczowe obniżeń,
— ility poznafskie plicenu budujące strefy
wysoko położonego podłoża.

Te ostatnie stanowiły pierwotną ciągłą powierzchnię trzeciorzędu.

Miąższość utworów czwartorzędowych wynosi od 17 m — w strefie wysoko położonego podłoża — do około 110 m — w strefie głębokich obniżeń podłoża. Ogólną charakterystykę stratygrafii i litologii czwartorzędu przedstawiają załączone przekroje (rys. 2, 3 i 4). Na badanym obszarze występują serie osadów należące wiekowo do następujących zlodowaceń: południowopolskiego, środkowopolskiego i północnopolskiego oraz osady należące do interglacjałów: wielkiego i eemskiego. Ponadto występują tu osady holocenijskie.

Osady wieku zlodowacenia południowopolskiego reprezentuje seria piasków różnoziarnistych ze żwirami i pojedynczymi otoczkami o miąższości do 58,5 m (otwór Samokleski). Zasięg występowania osadów ogranicza się do strefy największych obniżeń podłoża. W osadach tych miejscami występują kry (porwaki) iltów plicenijskich (otwór Murowaniec). Na utworach piaszczystych zalega zazwyczaj glina zwałowa o miąższości do 5 m (otwór Murowaniec). Strop osadów zlodowacenia południowopolskiego leży na wysokości około 10 m n.p.m.

Zachowany kompleks osadów interglacjału mazowieckiego stanowią mułki, piaszki i żwiry. Miąższość ich wynosi około 20 m. Zasięg występowania utworów interglacjału mazowieckiego, podobnie jak osadów zlodowacenia południowopolskiego, ogranicza się do ciągu głównych obniżeń podłoża. Strop osadów leży na wysokości od 35 do 45 m n.p.m.

Osady wieku zlodowacenia środkowopolskiego występują powszechnie. Są to ility warwowe o niewielkiej miąższości (otwór Głęboczek), osady mułków iltastych i piaszczystych o miąższości od 2 do 20 m (otwory: Murowaniec, Rynarzewo), piaszki

i żwiry o miąższości około 10 m oraz glina zwałowa o łącznej miąższości do 25 m (otwór Łochowo). W stropie gliny, na wysokości 50–55 m n.p.m., zazwyczaj występuje bruk morenowy. W okolicach Skórzewa i Głęboczka charakterystyczną cechą utworów wieku zlodowacenia środkowopolskiego są liczne kry iltów plicenijskich.

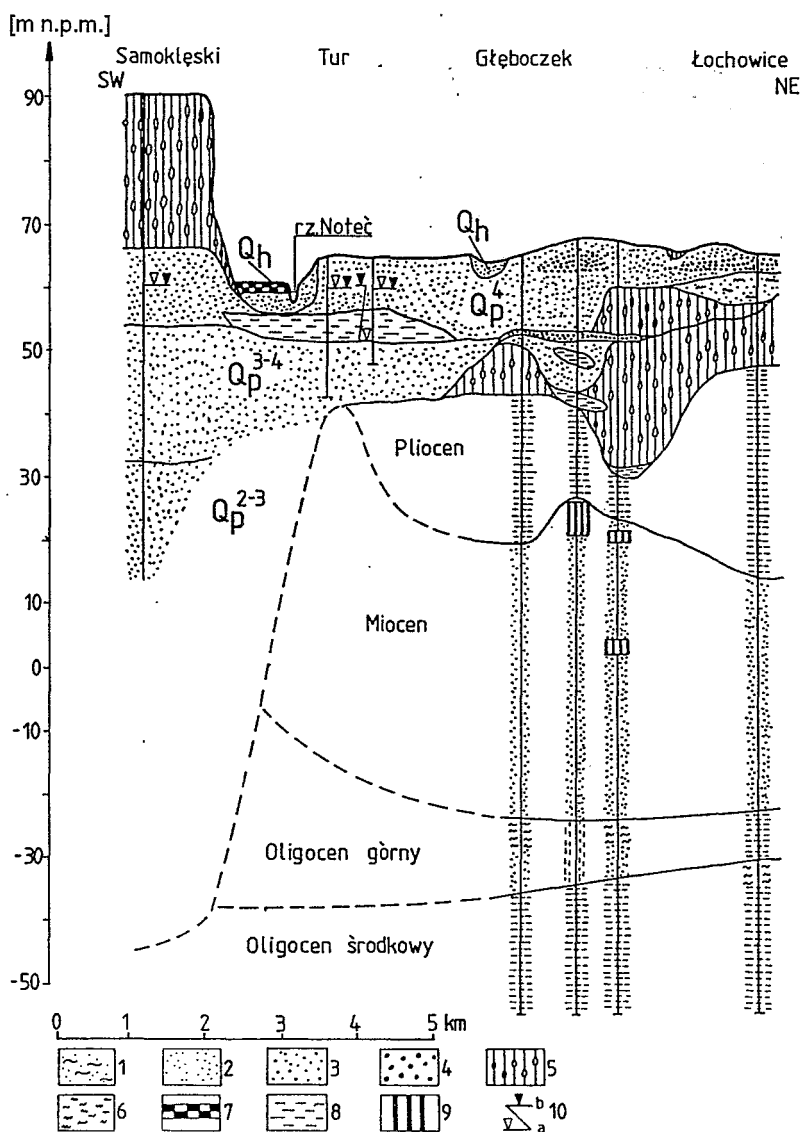
Osady interglacjału eemskiego wykształcone są w postaci żwirów, piasków drobnoziarnistych, piasków mułkowatych i mułków. Miąższość osadów wynosi 25–30 m. Strop ich znajduje się na wysokości 55–60 m n.p.m.

Zlodowacenie północnopolskie reprezentują dwa poziomy glin zwałowych wraz z towarzyszącymi im poziomami piasków i żwirów wodnolodowcowych oraz poziomami iltów i mułków zastoiskowych. W kotlinie występuje tylko dolny poziom glin (odpowiadający fazie leszczyńskiej). Miąższość jej jest zmienna i wynosi od 2 do 20 m. W okolicy Zielonki glinie towarzyszy kra iltów plicenijskich. Młodszy górny poziom glin zwałowych (odpowiadający fazie poznańskiej) buduje wyższe partie skarpy Wyspy Samokleski. Cykl depozycji zlodowacenia północnopolskiego zamykają piaszki rzeczne (fazy pomorskiej) o miąższości do 10 m, wyrażone w morfologii jako równina tarasów erozyjno-akumulacyjnych. Łączna miąższość osadów wieku zlodowacenia północnopolskiego wynosi od 10 do 25 m.

Holocenijskie osady w omawianym fragmencie Kotliny Toruńskiej to różnoziarniste piaszki rzeczne z przewarstwieniami żwirów o miąższości 2–7 m oraz torfy o miąższości do 2 m.

Występowanie wód podziemnych

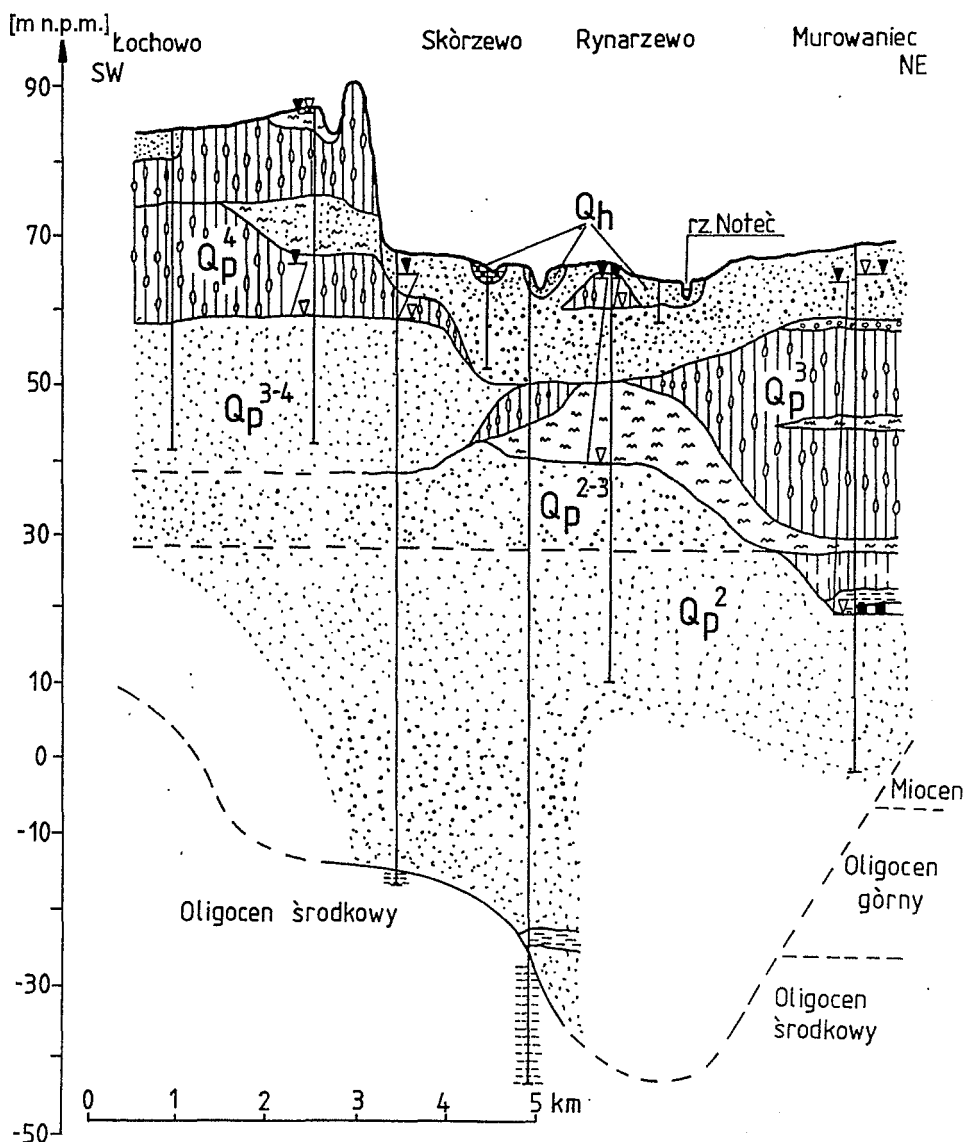
Jak stwierdzono w rozdziale poprzednim, w obrazie ukształtowania powierzchni podczwartorzędowej dominuje strefa głębokich poligenicznych obniżeń. Taka sytuacja geologiczna umożliwia za-



Rys. 2. Przekrój I-I

Oznaczenia stratygraficzne: Q_h — holocen, Q_p^4 — zlodowacenie północnopolskie, Q_p^{3-4} — interglacjał eemski, Q_p^3 — zlodowacenie środkowopolskie, Q_p^{2-3} — interglacjał wielki, Q_p^2 — zlodowacenie południowopolskie

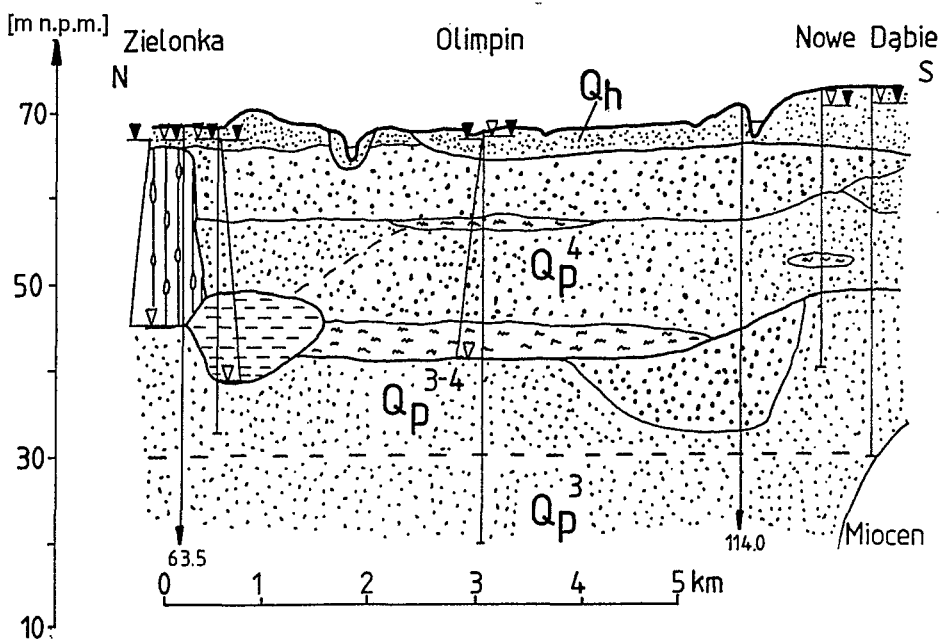
Oznaczenia litologiczne — utwory przepuszczalne: 1 — piaski mułkowe, 2 — piaski drobnoziarniste, 3 — piaski średnioziarniste, 4 — żwiry, otoczaki; utwory słabo przepuszczalne: 5 — glina zwałowa, 6 — mułki, 7 — torfy; utwory praktycznie nieprzepuszczalne: 8 — iły, 9 — węgiel brunatny, 10 — poziom wody nawierconej (a) i ustalony (b)



Rys. 3. Przekrój II-II
(oznaczenia stratygraficzne, litologiczne i dotyczące wód podziemnych jak na rysunku 2)

pewne kontakty hydrauliczne warstw wodonośnych wieku czwartorzędowego z warstwami wodonośnymi wieku trzeciorzędowego. Używamy tu trybu przypuszczającego, ponieważ wody podziemne w utworach trzeciorzędowych i w utworach

starszego czwartorzędu (złodowacenia południowopolskiego i interglacjału wielkiego) nie były dokładnie badane w omawianej części Kotliny Toruńskiej. O warunkach hydrogeologicznych podłoża czwartorzędu i starszego plejstocenu można sądzić jedy-



Rys. 4. Przekrój III-III
(oznaczenia stratygraficzne, litologiczne i dotyczące wód podziemnych jak na rysunku 2)

nie na podstawie budowy geologicznej (rys. 2 i 3).

Przeważającą część powierzchni podczwartorzędowej stanowią utwory słabo przepuszczalne i praktycznie nieprzepuszczalne oligocenu i pliocenu. Jednakże już osady miocenu i częściowo także oligocenu stanowią piętro wodonośne trzeciorzędu. Według Jarząbek i Płochniewskiego (1991) utwory oligoceniczne tworzą lokalny poziom wodonośny, natomiast poziom wodonośny związany z utworami miocenu ma zasięg regionalny i wykazuje miejscami kontakty hydrauliczne z wodami w osadach czwartorzędowych.

Wody występujące w osadach czwartorzędowych w omawianym rejonie Kotliny Toruńskiej zostały rozpoznane pojedynczymi wierceniami studziennymi (materiały Archiwum PIG) do głębokości 70 m ppt oraz otworami penetracyjnymi (materiały Katedry Melioracji Rolnych i Leśnych) wykonanymi do głębokości 10 m ppt.

Stwierdzono tu istnienie dwóch ważniejszych poziomów wodonośnych: poziom wód głębinowych i poziom wód gruntowych.

Poziom wód głębinowych związany jest z piaszczysto-żwirowymi osadami wieku zlodowacenia południowopolskiego i interglacjałów wielkiego i eemskiego. Jest to poziom użytkowy o cechach kwalifikujących go do eksploatacji za pomocą ujęć komunalnych i przemysłowych: miąższość od 10 m (w strefie wysoko położonego podłoża czwartorzędu, otwór Tur) do 70 m (w strefie głębokich obniżen podłoża, otwory Skórzewo, Rynarzewo), współczynnik filtracji $1 \cdot 10^{-4}$ – $7 \cdot 10^{-4}$ m/s, wydatek pojedynczych otworów eksploatacyjnych od 2,7 m³/h do 200 m³/h. Strop poziomu występuje na głębokości od 10 m ppt (otwór Skórzewo) do 50 m ppt (otwór Murowaniec). Zwierciadło wód głębinowych stabilizuje się na rzędnych takich samych lub na rzędnych bardzo zbliżonych do położenia zwierciadła wód gruntowych.

Poziom ten wykazuje miejscami kontakty hydrauliczne z wodami gruntowymi. Należy sądzić, że wody opisywanego poziomu wodonośnego należą do szerszego systemu krążenia wód głębinnych obejmującego między innymi Wysoczyznę Gnieźnieńską i Dolinę Środkowej Noteci.

Warstwę wodonośną, w której występują wody gruntowe, stanowią piaszczysto-żwirowe osady wieku zlodowacenia północnopolskiego i wieku holocenińskiego (rys. 2, 3, 4). Jej miąższość wynosi od 6 m w okolicy miejscowości Tur (gdzie poziom wód gruntowych stanowią wyłącznie osady wieku holocenińskiego) do ponad 20 m w okolicach miejscowości Olimpin (gdzie dominują osady wieku plejstocenińskiego). Współczynnik wodoprzepuszczalności tych utworów wynosi $1 \cdot 10^{-6}$ – $3 \cdot 10^{-4}$ m/s. Współczynnik wodoprzepuszczalności torfów wynosi od $1 \cdot 10^{-6}$ – $3 \cdot 10^{-5}$ m/s, przeważnie $4 \cdot 10^{-6}$ – $8 \cdot 10^{-6}$ m/s. Zwierciadło wód gruntowych występuje na głębokości od 0,2–1 m ppt na terenie holocenińskiej równiny akumulacyjnej do około 5 m ppt na równinie tarasów erozyjno-akumulacyjnych wieku plejstocenińskiego. W okolicy Rynarzewa ostaniec gliny zwałowej wśród osadów piaszczystych sprawia wrażenie, że mamy tu do czynienia z poziomem wodonośnym o zwierciadle napiętym. Wahanias zwierciadła wód gruntowych wynoszą około 1 m i uzależnione są od układu rowów melioracyjnych. Przykładowy przebieg stanów wody gruntowej w środku rozstawy rowów o rozstawie 80 m na tle stanów wody w rowie i przebiegu warunków meteorologicznych dla obiektu Stara Notec I, wchodzącego w skład kompleksu Noteci Rynarzewskiej, przedstawiono na rysunku 5.

Poziom wód gruntowych zasilany jest bezpośrednio z opadów atmosferycznych. Oprócz wód bezpośrednio infiltrujących, na zasoby poziomu składają się również dopływy wód podziemnych z obszaru wysoczyznowej Wyspy Samokłeski. Dopływy

takie mają najprawdopodobniej miejsce także z Wysoczyzny Gnieźnieńskiej i sandru okolic Łabiszyna. Innym poważnym źródłem zasilania poziomu wód gruntowych rozpatrywanego rejonu Kotliny Toruńskiej jest poziom wód głębinnych. Świadczą o tym, poza budową geologiczną, położenie nawierconego i ustabilizowanego zwierciadła wód głębinnych i wód gruntowych.

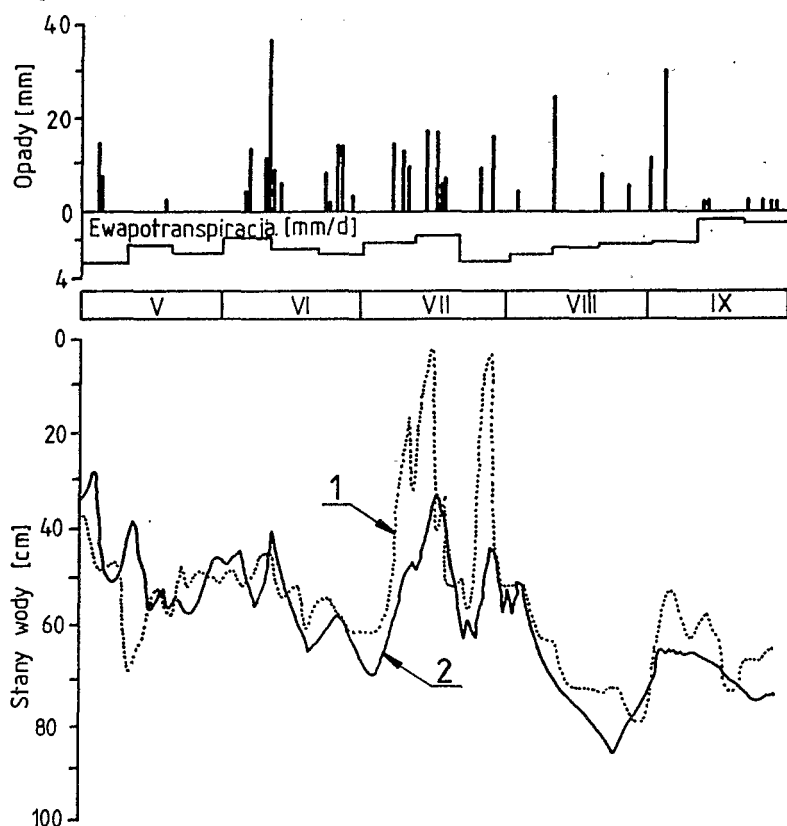
Wnioski

1. W subregionie XI Górnonoteckiego Systemu Wodno-Gospodarczego wyróżnić można dwa systemy obiegu wód podziemnych: regionalny — poziom wód głębinnych, obejmujący swoim zasięgiem także Wysoczyznę Gnieźnieńską i Dolinę Środkowej Noteci — oraz lokalny — wód gruntowych, podporządkowany drenującemu działaniu rzeki Noteci.

2. Budowa geologiczna rozpatrywanego terenu, a także wyniki badań hydrogeologicznych wskazują na kontakt wód gruntowych z wodami głębinnymi. Zatem w analizie położenia zwierciadła wód gruntowych dla potrzeb gospodarowania wodą w skali obiektów melioracyjnych należy uwzględnić nie tylko współzależność wód gruntowych i wód powierzchniowych, ale także współzależność wód gruntowych i wód głębinnych.

Literatura

- BARTKOWSKI T. 1970: *Wielkopolska i Środkowe Nadodrze*. PWN, Warszawa.
- BRZOZOWSKI J. 1986: *Zagadnienia eksploatacyjne na przykładzie doliny Noteci*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie 10; 250–255.
- DYJÓR S. 1991: *Wpływ ewolucji paleogeograficznej na rozwój zlodowaceń w Polsce Zachodniej*. W: A. Kostrzewski (red.) — *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*. Geografia 50; 419–433. Wydawnictwo Naukowe im. A. Mickiewicza, Poznań.
- GALON R. 1968: *Nowe fakty i zagadnienia dotyczące genezy pradoliny Noteci-Warty i dolin z nią związanych*. Prz. Geogr. t. 40, z. 4.



Rys. 5. Przebieg stanów wody gruntowej w środku rozstawy rowów na tle stanów wody w rowie i przebiegu warunków meteorologicznych (Obiekt Stara Noteć I, 1988 r.); 1 — stany wody w rowie, 2 — stany wody gruntowej

JARZĄBEK H., PŁOCHNIEWSKI Z. 1991: *Region południowopomorski*. W: J. Malinowski (red.) — Budowa geologiczna Polski. t. VII, Hydrogeologia (62–69). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

KACA E. 1991: *Rozrząd wody w systemach nawodnień podsiąkowych*. Rozprawy naukowe i monografie. Wydawnictwo SGGW.

KOZARSKI S. 1962: *Recesja ostatniego lądolodu z północnej części Wysoczyzny Gnieźnieńskiej a kształtowanie się pradoliny Noteci-Warty*. Prace Kom. Geogr. Geol. Pozn. Tow. Przyjaciół Nauk, t. II, z. 2. Poznań.

LINDNER L. 1992: *Stratygrafia (klimatostratygrafia) czwartorzędu — zlodowacenie północnopolskie (Wisła, Vistulian, Wurm)*. W: L. Lindner (red.) — Czwartorzęd, osady, metody badań, stratygrafia. S. 574–612. Wydawnictwo PAE, Warszawa.

ROSZKO L. 1982: *Wisła Kujawska*. W: A. Piskozub (red.) — *Wisła*. Monografia rzeki (151–168). Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.

SOMOROWSKI C. 1983: *Górnnoteciński System Wodno-Gospodarczy*. Gospodarka Wodna 10; 303–309.

UNIEJEWSKA M., NOSEK M. (konsultant naukowy Makowska A.), 1978: *Mapa geologiczna Polski 1: 200 000, B — mapa bez utworów czwartorzędowych*. Arkusz Nakło, J. E. Mojski (red.). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

UNIEJEWSKA M., NOSEK M., WŁODEK M. (konsultant naukowy Makowska A.) 1979: *Objaśnienia do mapy geologicznej Polski 1:200 000*. Arkusz Nakło, J. E. Mojski (red.). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

WILCZYŃSKI A. 1978: *Mapa geologiczna Polski 1:200 000, B — mapa bez utworów czwartorzędowych*. Arkusz Toruń, J. E. Mojski (red.). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

Summary

Hydrogeological conditions of the riverine areas in Subregion XI of the Upper Noteć Watermanagement System. The paper presents the analysis of the areas equipped with drainage-subirrigation systems in the Upper Noteć River Valley (in Subregion XI of the Upper Noteć Watermanagement System). Two following systems of groundwater flow were distinguished: regional in a confined aquifer and local in a water-table aquifer under the influence of drainage action of Noteć river. In the water management of the

drainage-subirrigation systems located in Subregion XI of the Upper Noteć Watermanagement System the interaction between confined aquifer and water-table aquifer needs to be included.

Authors' address:

T. Brandyk, E. Wienclaw,
H. Złotoszewska-Niedziątek
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Tomasz BRANDYK, Piotr HEWELKE

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych

Piotr DUCZYŃSKI

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

Zasady czystszej produkcji w ochronie środowiska

Wstęp

Z punktu widzenia ochrony środowiska rolnictwo stanowi specyficzną dziedzinę, bowiem samo będąc producentem zanieczyszczeń jest silnie narażone na skażenia powietrza, wody i gleby, pochodzące z innych gałęzi gospodarki. W zapobieganiu postępującej w wyniku całokształtu działalności człowieka degradacji środowiska rysują się aktualnie dwie podstawowe koncepcje. **Pierwszą** z nich jest usuwanie negatywnych skutków oddziaływania procesów produkcyjnych i konsumpcyjnych na otoczenie, natomiast **drugą** stanowi minimalizacja odpadów. Typowym przykładem pierwszego podejścia, określanego "rozwiązaniem na wylocie" (end of pipe solution), jest budowa oczyszczalni ścieków, instalacji do oczyszczania gazów, bezpiecznych składowisk odpadów, ekranów oraz pasów pyło- i dźwiękochłonnych. Ideałem koncepcji usuwania skutków jest utrzymywanie ilości wprowadzanych do środowiska zanieczyszczeń poniżej dopuszczalnych norm. Normy te często uwzględniają jedynie bieżące skutki działalności człowieka, pomijając ich długofalowe oddziaływanie na ekosystem. Manewrowanie normami zanieczyszczeń i opłatami za korzystanie ze środowiska — w sensie legislacyjnym — jest zjawiskiem, które w Polsce ze szczególnym nasileniem pojawiło się na przełomie lat 1992/1993.

Proces ten wynika głównie z realizacji egoistycznych i krótkoterminowych celów politycznych oraz nacisków silnych finansowo lobby przemysłowych.

Dla inżynierów melioracji i inżynierii środowiska jest oczywiste, że większość metod opierających się jedynie lub głównie na usuwaniu skutków jest zazwyczaj mało efektywna. Metody te powinny stanowić zatem końcowe ogniwo całości działań, których strategiczny cel wyznaczają przyczyny negatywnego zjawiska. Z tego powodu idea ochrony środowiska realizowana poprzez zasadę minimalizacji odpadów, tj. likwidowanie przyczyn ich powstawania na drodze modyfikacji procesów produkcyjnych, musi być uznana jako nadrzędna w stosunku do koncepcji usuwania skutków. Idea ta, określana również nazwą czystszej produkcji (cleaner production), jest szczególnie popierana w USA, Holandii, Wielkiej Brytanii oraz krajach skandynawskich i znajduje swoje odbicie w polityce, systemie prawno-podatkowym oraz bankowym tych krajów. Strategia ochrony środowiska, uwzględniająca interesy wszystkich jego użytkowników, polega na podjęciu działań w odpowiedniej kolejności:

1. Redukowanie ilości odpadów u źródła, poprzez ingerencję w procesy produkcji.
2. Recykulacja odpadów dla celów pierwotnych lub innych, jak np. odzyskiwanie surowców lub produkcja energii.

3. Oczyszczanie i neutralizacja odpadów.
4. Bezpieczne składowanie przy redukcji obciążenia.
5. Kontrolowane odprowadzanie z uwzględnieniem wrażliwości ekosystemu.

Dwie pierwsze opcje, tj. redukcja u źródeł i recykulacja, są preferowane w filozofii czystszej produkcji i odpowiadają w pełni założeniom koncepcji ochrony środowiska poprzez minimalizację odpadów.

Należy podkreślić, że zastosowanie programu minimalizacji odpadów, oprócz ochrony środowiska i bezpieczniejszych warunków pracy, przynosi również bieżące korzyści w postaci obniżenia kosztów produkcji. Obniżenie kosztów produkcji uzyskuje się poprzez redukcję kosztów oczyszczania i składowania odpadów, opłat za korzystanie ze środowiska oraz zmniejszone zużycie surowców i energii.

Popularyzacją i wdrażaniem programu CP w Polsce zajmuje się Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich SITMP NOT, Oddział w Gliwicach. Działalność dydaktyczna jest realizowana w ramach Norwesko-Polskiego Programu Czystszej Produkcji, sponsorowanego przez rząd Norwegii. Szkolenie kadr odbywa się w formie wykładów, seminariów i zajęć praktycznych mających na celu zaznajomienie uczestników z istotą nowych zasad zarządzania środowiskiem. Integralnym elementem procesu nauczania jest wykonanie i wdrożenie projektu minimalizacji odpadów dla konkretnego zakładu. W efekcie szkolenia absolwenci szkół CP uzyskują międzynarodowy certyfikat eksperta projektanta w dziedzinie stosowania "Technik Czystszej Produkcji" zgodnych z metodyką Agencji Ochrony Środowiska USA. Aktualnie Program CP w Polsce wkracza w trzeci rok realizacji i w ramach 13 szkół objął swoim zasięgiem ponad 200 inżynierów i techników różnych branż. Wdrożenia projektów CP dają w Polsce nadspodziewanie dobre wyniki. Potwierdza to słuszność koncepcji minimalizacji odpadów, ale rów-

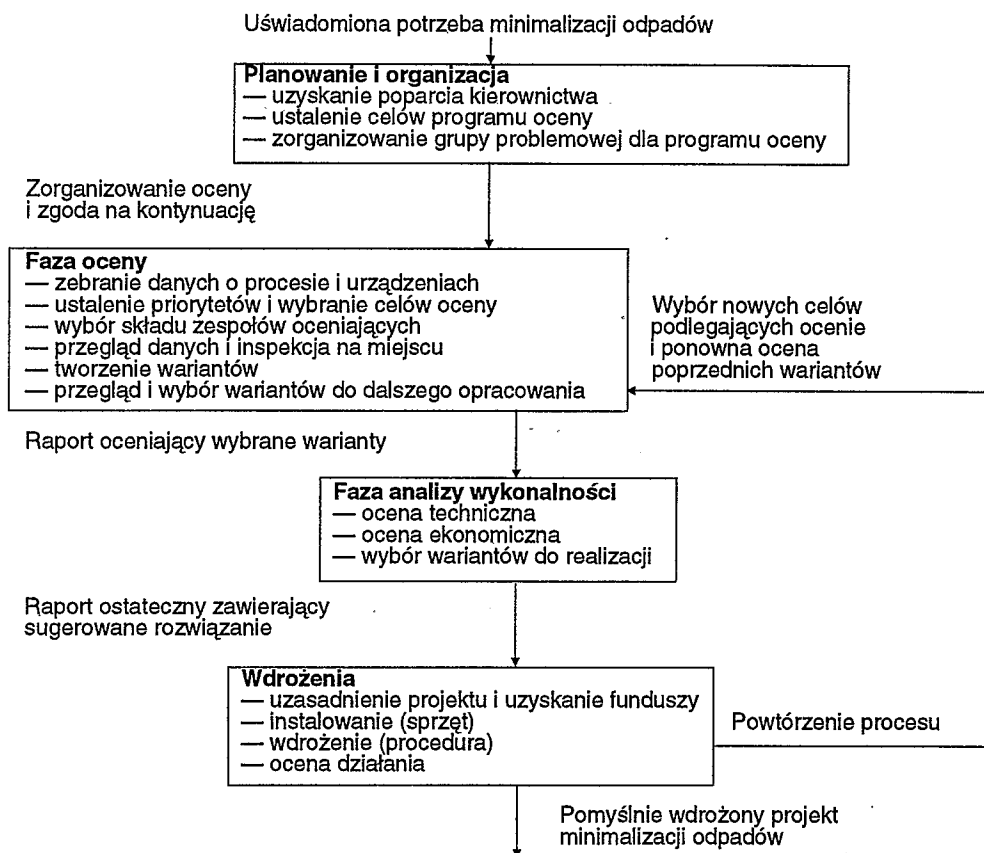
nież uwidacznia rozrzućną gospodarkę zasobami, brak społecznej odpowiedzialności i daleko idące zaniedbania w działaniach dla ochrony środowiska.

Zasady czystszej produkcji

Metoda redukcji odpadów oparta na systematycznej ingerencji i ciągłej kontroli procesów produkcyjnych została opracowana i jest ciągle rozwijana przez Agencję Ochrony Środowiska USA. Ogólne zasady postępowania w procesie minimalizacji odpadów przedstawiono na schemacie — rysunek 1.

Należy podkreślić, że w procesie minimalizacji odpadów, po pomyślnym przygotowaniu i wdrożeniu jednego projektu, powraca się do fazy oceny, gdzie następuje wybór nowych celów i ponowna ocena zastosowanych wcześniej rozwiązań. Tak więc ocena możliwości minimalizacji odpadów nie jest działaniem jednorazowym, lecz ma charakter ciągły. Zakłady, których pracownicy uczestniczyli w szkoleniu "Cleaner Production", podpisują kartę uczestnictwa w tym programie i zobowiązane są do okresowych, corocznych sprawozdań z działalności i wyników w tym zakresie.

W metodzie minimalizacji odpadów badany jest każdy strumień surowców wchodzących do produkcji oraz wszystkie miejsca, w których powstają odpady. W ten sposób, punkt po punkcie, zwiększa się efektywność zużycia surowców i likwiduje przyczyny powstawania odpadów. Schematyczny podział technik stosowanych przy minimalizacji odpadów przedstawiono na rysunku 2. Do najskuteczniejszych technik zalicza się stosowanie obiegów zamkniętych i powrót odpadów do procesu pierwotnego. Bardzo obiecujące są zmiany produktu, używanych surowców i technologii, które często pozwalają całkowicie ograniczyć powstawanie określonych zanieczyszczeń.

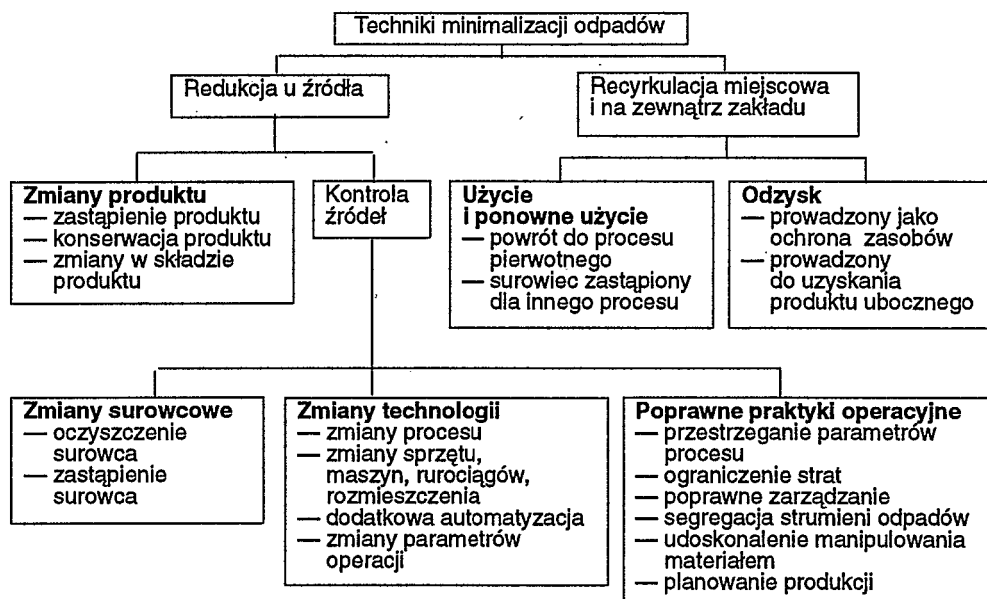


Rys. 1. Procedura oceny minimalizacji odpadów

Przykładowe zastosowania zasad czystszej produkcji w zakładach przemysłowych

Interesującym przykładem efektów wdrażania programu CP są Zakłady Celulozy i Papieru w Świeciu "Celuloza" SA [4, 7]. W zakładzie tym powstała Grupa Ekologiczna, a sztab jej tworzą: dyrektor ds. produkcji, kierownik postępu technicznego, kierownik wydziału gospodarki wodno-ściekowej i kierownik wydziału ochrony środowiska. W wydziałach produkcyjnych pod kierunkiem kierowników wydziałów i technologów działają zespoły, w których skład wchodzi pracownicy z nowa-

torskim spojrzeniem na problemy produkcyjne i świadomości zasad programu CP. Praca zespołów polega na ciągłym analizowaniu stanu istniejącego, a wszystkie pomysły powstające w trakcie obserwacji procesu produkcyjnego i dyskusji są zapisywane i oceniane. Pomysły (warianty) mające wstępną szansę realizacji są poddawane tzw. analizie wykonalności, czyli szczegółowej ocenie pod względem technicznym i ekonomicznym. Działania techniczne na rzecz programu CP podjęte w latach 1991/1992 przez zakład "Celuloza" SA miały charakter głównie prostych i niskonakładowych usprawnień w procesie produkcyjnym. Polegały one przede wszy-



Rys. 2. Techniki minimalizacji odpadów

stkim na zamykaniu obiegów, wprowadzaniu sygnalizacji i blokad, segregacji strumieni odpadów oraz wprowadzaniu dodatkowych technologii pomocniczych. Przykładowo, wprowadzenie chemizacji procesów sedimentacji zawiesin w ściekach papierniczych podniosło sprawność osadników do 85%, a w przypadku ścieków pokorowalnych pozwoliło na ujęcie ich prawie w całości w obieg zamknięty.

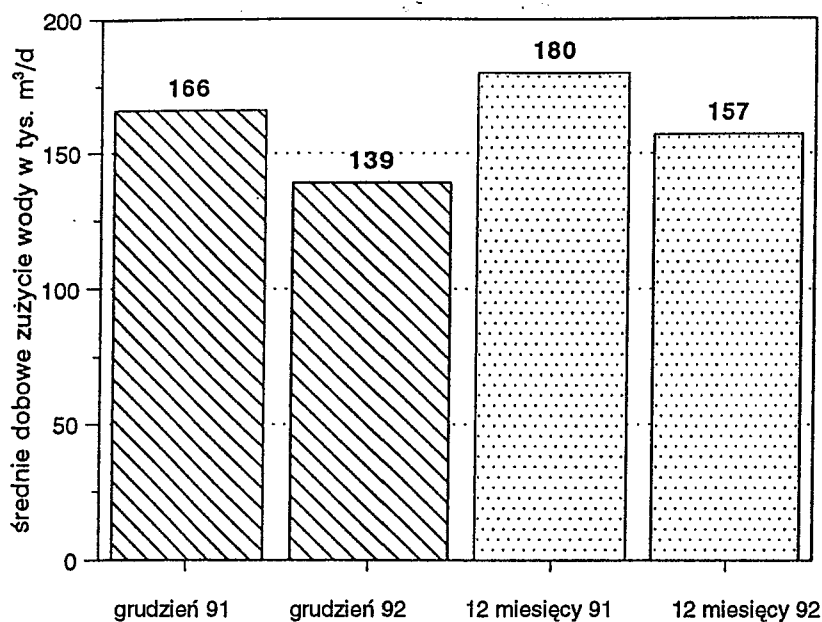
Zaangażowanie licznej grupy pracowników, świadomie realizujących idee CP, przyniosło m.in.:

- zmniejszenie zużycia wody świeżej (rys. 3) [5],
- zmniejszenie ChZT i ilości zawiesiny w odprowadzanych ściekach (rys. 4 i 5) [5].

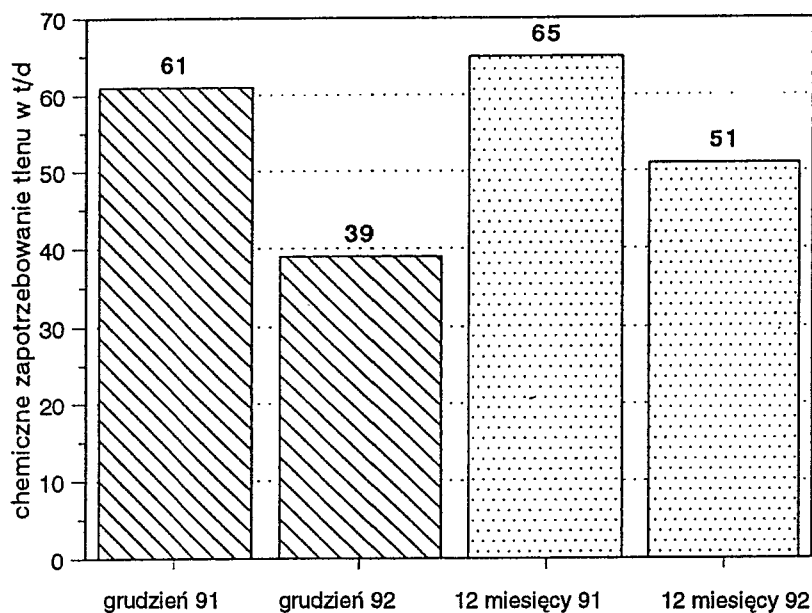
Ponadto zmiany w technologii zagęszczania ługów pozwoliły na obniżenie emisji siarkowodoru i merkaptanów o 76%, a dwutlenku siarki — prawie o 50%. Podstawowy rodzaj odpadów stałych przy

produkcji celulozy i papieru stanowi kora i trociny powstające w procesie mokrego korowania papierówki i rozdrabniania surowca na zrąbki. Znaczna część tych odpadów znalazła zastosowanie w rekultywacji gleb oraz jako podłoże w produkcji kwiatów i warzyw. Pozostała masa jest wykorzystywana do celów energetycznych bezpośrednio lub w postaci brykietów. Do celów rolniczych pozyskiwane są również w całości szlasy pokaustyczne, osady pokoagulacyjne i podekarbonizacyjne oraz osady biologiczne stanowiące łącznie 27% odpadów stałych, znajdując zastosowanie do nawożenia i odkwaszania gleb.

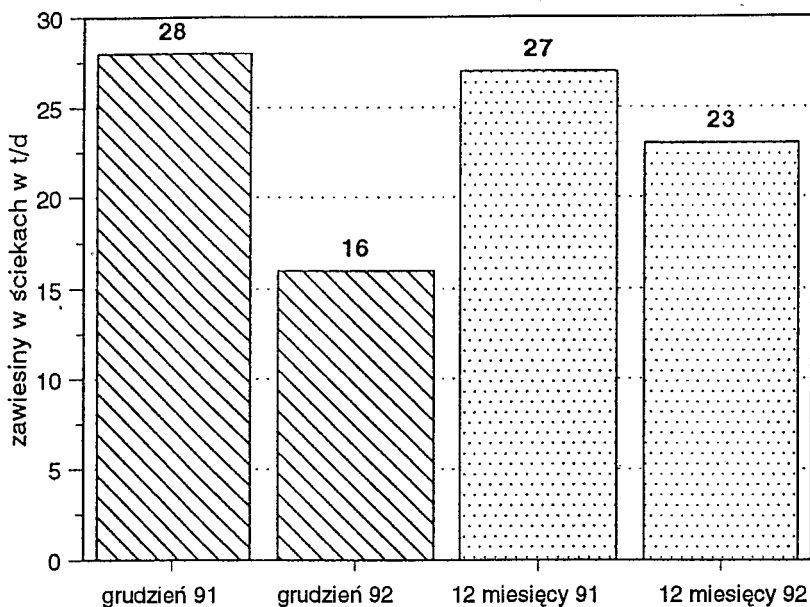
Pomimo niewątpliwych sukcesów, jakie Zakład osiągnął w zakresie ochrony środowiska dzięki zastosowaniu programu CP, pozostaje jeszcze wiele problemów wymagających rozwiązania. Należy jednak podkreślić, że program ten zyskał powszechną aprobatę i zrozumienie oraz stał się stałym elementem zarządzania zakładem.



Rys. 3. Zużycie wody świeżej (w tys. m³/d) w ZPiC "Celuloza" SA w Świeciu w 1992 r. w porównaniu z rokiem 1991



Rys. 4. Zmniejszenie chemicznego zapotrzebowania tlenu (w t O₂/d) ścieków odprowadzanych z ZPiC "Celuloza" SA w Świeciu w 1992 r. w porównaniu z rokiem 1991



Rys. 5. Zmniejszenie ilości zawiesiny w ściekach (w t/d) w ZPiC "Celuloza" SA Świecie w 1992 r. w porównaniu z rokiem 1991

Działania metodą CP podjęły również m.in.: Huta "Częstochowa" [2], Przedsiębiorstwo "Polskie Odczynniki Chemiczne" SA w Gliwicach [11], Fabryka Papieru PERGAM w Łomnicy [1], Huta "Batory" w Chorzowie [8] i Janikowskie Zakłady Sodowe [6].

Zakłady Sodowe w Janikowie, podobnie jak Zakłady Celulozy i Papieru w Świeciu, zużywają do produkcji znaczne ilości wody, które przy zastosowaniu metody Solwaya wynoszą ok. 100 m³ na 1 t sody. W celu zmniejszenia jej zużycia, głównie w procesie chłodzenia, wprowadzono etapowe usprawnienia polegające na:

etap 1 — rozdzieleniu strumieni wody z chłodnic w celu niezależnej ich kontroli i sterowania,

etap 2 — instalacji nowego systemu kontrolno-pomiarowego pozwalającego na ciągły pomiar i optymalizację temperatury wody wchodzącej i wychodzącej z chłodnic,

etap 3 — wymianie chłodnic na urządzenia o większej sprawności i podłączenie systemu kontrolno-pomiarowego do sieci komputerowej.

W wyniku wprowadzenia 1 i 2 etapu zaplanowanych działań uzyskano ok. 9% oszczędności zużycia wody, co odpowiada 4,9 mln m³ na rok. Oszczędności te spowodowały spadek kosztów produkcji prawie o 1700 mln zł/rok, co przy poniesionych kosztach modyfikacji systemu chłodzenia (ok. 400 mln) pozwala na zwrot kosztów inwestycyjnych w okresie trzech miesięcy.

Wybrane aspekty zastosowania zasad czystszej produkcji w rolnictwie

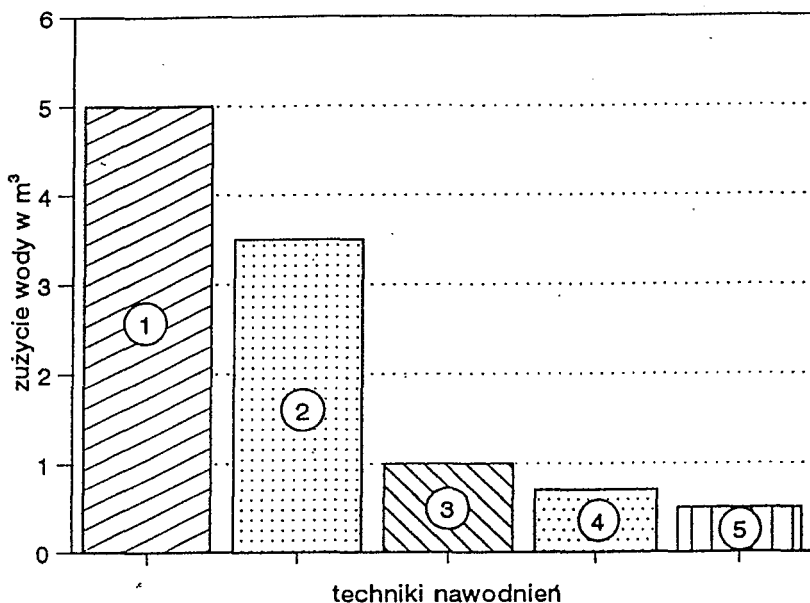
Dobre wyniki uzyskane w przemyśle skłaniają do refleksji, na ile metody CP są możliwe do zastosowania w rolnictwie. Zmniejszenie negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko zależy od racjonalnego wykorzystania takich czynników produkcji, jak: woda, energia, nawozy i przestrzeń.

Racjonalne gospodarowanie wodą w produkcji rolniczej jest podstawowym warunkiem zarówno do uzyskania odpowiednio wysokich plonów, jak i do zachowania zrównoważonego rozwoju użytkowanego ekosystemu. Z uwagi na dynamiczny charakter zasobów wodnych oraz różnorodność ich użytkowników, wymagają one szczególnej ochrony i efektywnego wykorzystania. W rolnictwie nawadnianym funkcjonuje wiele technik nawadniających, o różnej efektywności wykorzystania wody (rys. 6) [10]. Do najbardziej oszczędnych należy zaliczyć nawodnienia kropłowe, wgłębne i mikrodesszczowniane, które pozwalają na doprowadzenie wody bezpośrednio do strefy korzeniowej roślin. Oprócz racjonalnego gospodarowania wodą w procesie produkcyjnym, niezwykle istotne jest sterowanie zasobami wody w skali obszarowej. W szczególności powinno ono uwzględniać zatrzymywanie tzw. okresowego nadmiaru wody w celu późniejszego jej wykorzystania w okresach niedoboru.

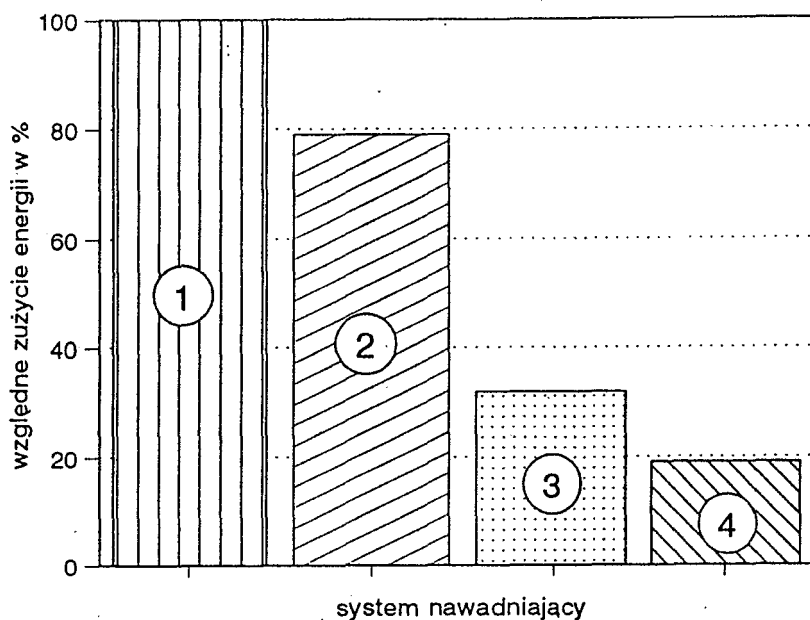
Znaczne źródło oszczędności energetycznych tkwi w zabiegach uprawnych, które powinny być ściśle dostosowane pod względem technicznym i technologicznym do rodzaju uprawianej rośliny i gleby. Właściwy dobór środków technicznych i technologii uprawy — oprócz oszczędności energetycznych — może zapobiegać procesom erozji, jak również zdecydowanie szkodliwemu efektowi zagęszczania gleby. W uprawach wymagających nawodnień niezwykle istotną decyzją jest wybór systemu nawadniającego.

Przedstawione na rysunku 7 [9] porównanie zapotrzebowania energetycznego dla różnych systemów nawadniających wskazuje, że szczególne oszczędności energii w nawodnieniach mechanicznych można uzyskać poprzez zastosowanie systemów mikronawodnień. Systemy te, oprócz oszczędnego zużycia energii, cechują się małymi nakładami siły roboczej (rys. 8) [3].

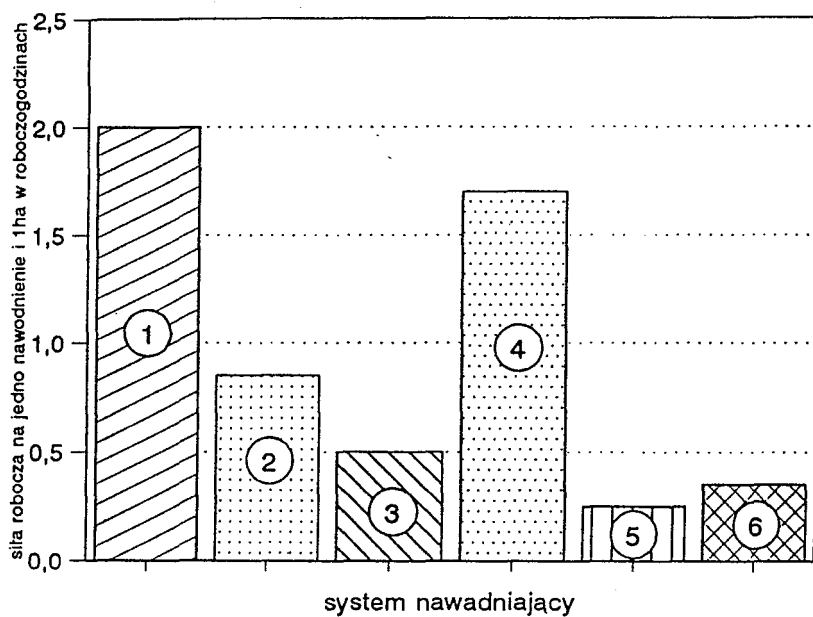
Jednym z najpoważniejszych źródeł skażeń powierzchniowych azotem i fosforem są nawozy mineralne. Z tego też



Rys. 6. Równoważne w efektach ilości wody przy nawodnieniach różnymi technikami: 1 — nawodnienia stokowe, 2 — nawodnienia bruzdowe, 3 — deszczownie, 4 — mikrodesszczownie, 5 — nawodnienia kropłowe



Rys. 7. Względne zapotrzebowanie energetyczne w różnych systemach nawadniających: 1 — deszczownie ze zraszczaczami dalekiego zasięgu, 2 — deszczownie stałe i ruchome, 3 — mikrodoszczownie, 4 — nawodnienia kropkowe



Rys. 8. Zapotrzebowanie siły roboczej w różnych systemach nawadniających: 1 — nawodnienia bruzdowe, 2 — nawodnienia stokowe, 3 — nawodnienia zalewowe, 4 — deszczownie przenośne, 5 — deszczownie stałe, 6 — nawodnienia kropkowe

względem ich podawanie powinno być ściśle kontrolowane i dostosowane do właściwości i zasobności gleby oraz zapotrzebowania roślin. Najskuteczniejszym sposobem uzyskania wysokiej efektywności wykorzystania składników pokarmowych oraz zabezpieczenia gleby i wód gruntowych przed skażeniem jest utrzymywanie stanu ustalonego pomiędzy podawanymi nawozami i bieżącymi potrzebami roślin. Utrzymanie takiego stanu jest możliwe przy zastosowaniu technik nawodnień kroplowych, wgłębnych lub mikrodeszczowni, w których składniki pokarmowe podawane są bezpośrednio do strefy korzeniowej w formie roztworu w trakcie nawodnienia. Łączne podawanie wody i nawozów przynosi również istotne oszczędności energetyczne. We wszelkich zabiegach rolniczych należy kierować się ideą spowolnienia entropii ekosystemów, co można uzyskać głównie poprzez spowolnienie przechodzenia substancji z obiegu biologicznego do obiegu geologicznego.

Przestrzeń, jako podstawowy zasób dla wszystkich form działalności człowieka, musi być postrzegana w sposób wielofunkcyjny, tak aby mogły być zaspokojone różnorodne potrzeby człowieka zarówno obecnie, jak i w przyszłości. Przestrzeń wymaga zatem szczególnej ochrony zarówno pod względem jej ilości, jak i jakości, bowiem podobnie jak inne zasoby jest dobrem wyczerpywalnym. Dobre wykorzystanie powierzchni w rolnictwie uzyskuje się poprzez zastosowanie zasady różnorodności, prawidłowe płodozmiany, agrotechnikę i nawożenie, jak również poprzez działania zapobiegające utracie plonu, polegające na stosowaniu środków ochrony roślin oraz właściwym jego zbiorze i przechowywaniu.

Podsumowanie i wnioski

1. Zasady czystszej produkcji wykorzystujące redukcję ilości odpadów u źródła — poprzez ingerencję w procesy

produkcji — i recykulację odpadów — poprzez odzyskiwanie surowców lub produkcję energii są stosunkowo prostą do zastosowania metodą, która oprócz ochrony środowiska i bezpieczniejszych warunków pracy przynosi również bieżące korzyści w postaci obniżenia kosztów produkcji.

2. Zasady czystszej produkcji wykorzystujące metody minimalizacji odpadów znalazły już w naszym kraju różnorodne zastosowanie i zostały wdrożone w wielu zakładach przemysłowych, gdzie przyczyniły się do wydatnej redukcji negatywnego wpływu tych zakładów na środowisko.

3. Zasady czystszej produkcji powinny znaleźć zastosowanie w rolnictwie, gdzie mogą przyczynić się do racjonalnego gospodarowania ograniczonymi zasobami wody, oszczędności zużycia energii, ograniczenia negatywnego wpływu nawozów i środków ochrony roślin na jakość wód podziemnych i powierzchniowych oraz racjonalne wykorzystanie użytkowanej rolniczo przestrzeni.

Literatura

- [1] CZERWONKA J., BIAŁKOWSKI E., FARBIA SZ W., ZYNER M., WNUK E. 1993: *Uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej maszyny papierniczej pod kątem ograniczenia ilości zrzucanych ścieków i zmniejszenia zanieczyszczeń w tych ściekach*. Projekt minimalizacji odpadów w Fabryce Papieru PERGAM w Łomnicy.
- [2] DUDZIŃSKA M., KRAJEWSKI M., JANECKA M., STELMACHOWSKI M. 1993: *Redukcja hałasu pochodzącego z elektrofiltrów stalowni oraz optymalizacja procesu chłodzenia w oddziale powlekalni rur*. Projekt minimalizacji odpadów w Hucie "Częstochowa".
- [3] JURRIENS M., BOS M. G. 1980: *Developments in planning of irrigation projects*. ILRI Publication 27; 99–112.
- [4] LEWANDOWSKA B., BABIAK J., BRANDYK T., HEWELKE P., STREUSEL J. 1993: *Minimalizacja odpadów przy produkcji masy półchemicznej*. Projekt minimalizacji odpadów w Zakładach Celulozy i Papieru "Celuloza" SA w Świeciu.
- [5] LIBECKIE. 1993: *Problematyka ochrony środowiska w ZCiP "Celuloza" SA Świecie*. Przegląd Papierniczy nr 2.

- [6] MANIAKOWSKI B., KALKAJ., DUCZYŃSKI J. P. 1993: *Gospodarka wodą chłodzącą na instalacji sody*. Projekt minimalizacji odpadów w Jankowskich Zakładach Sodowych.
- [7] MICHAŁOWSKI J. 1993: *Experiences from Clean Technology Program in Pulp and Paper Mill at Świecie "Celuloza" Co.* Seminar in Ostrawa.
- [8] MIODOŃSKA A., BORYCKA K., GAJEWSKI K., BAJERSKA-POLICH M. 1993: *Minimalizacja odpadów wprowadzanych do środowiska poprzez analizę pracy pieca elektrołukowego Nr 4 oraz optymalizację instalacji odciągowo-odpylającej*. Projekt minimalizacji odpadów w Hucie "Batory".
- [9] MOSER E. 1980: *Energy and water saving irrigation systems in special crops*. Proc. of the Symp. on Drip Irrigation in Horticulture, Skieniewice; 111-125.
- [10] PIERZGAŁSKI E., JEZNACH J. 1993: *Stan, potrzeby i kierunki rozwoju mikronawodnień*. W: *Współczesne problemy melioracji* pod red. C. Somorowskiego. Wyd. SGGW; 35-42.
- [11] PRYGIEL J., SOROTOWICZ Z. 1993: *Zmniejszenie emisji chloru gazowego przy produkcji chlorków cyny i tlenku cynowego*. Projekt mini-

malizacji odpadów w Przedsiębiorstwie Przemysłowo-Handlowym "Polskie Odczynniki Chemiczne" SA.

Summary

Principles of cleaner production in environment protection. Industrial processes are serious source of the pollution of agricultural areas. The paper presents principles of cleaner production which is very effective method for the protection of the environment. The authors presented the results of the application of the minimalization of wastes method using the pulp and paper mill "Celuloza S. A." at Świecie as an example. The paper indicates also the possibility of the use of wastes minimalization method in agricultural production.

Authors' address

T. Brandyk, P. Hewelke, P. Duczyński
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Stefan IGNAR

Katedra Budownictwa Wodnego SGGW

Piet WARMERDAM

Katedra Zasobów Wodnych, Uniwersytet Rolniczy w Wageningen, Holandia

Jan KRUPA

Katedra Zastosowań Matematyki SGGW

Optymalizacja parametrów modelu hydrogramu jednostkowego dla różnych metod określania opadu efektywnego

Wstęp

Zagadnienie wyznaczania przepływów miarodajnych w zlewniach nie kontrolowanych jest jednym z istotnych problemów hydrologii inżynierskiej. Brak danych obserwacyjnych uniemożliwia stosowanie rutynowych opracowań statystycznych i powoduje konieczność posługiwania się metodami pośrednimi (Byczkowski 1972). Jedną z tych metod bazuje na transformacji opadu miarodajnego o założonym prawdopodobieństwie przewyższenia w odpływ wezbraniowy przy zastosowaniu koncepcyjnego modelu typu opad-odpływ. Spośród licznych modeli koncepcyjnych, jednym z najczęściej stosowanych jest model hydrogramu jednostkowego zaproponowany przez Nasha (1959).

Metody obliczeń

W modelowaniu procesu opad-odpływ istotny jest sposób wyznaczania opadu efektywnego, stanowiącego wejście do modeli transformujących ten opad w odpływ bezpośredni. Opad efektywny jest częścią opadu całkowitego pozostającą po odjęciu

tw. strat, na które składają się m.in. infiltracja, retencja powierzchniowa, intercepcja i parowanie w czasie trwania opadu. W praktyce stosuje się najczęściej cztery metody wyznaczania opadu efektywnego (Ignar, Banasik 1986): metodę SCS, metodę równania wykładniczego, metodę stałego współczynnika strat i metodę stałej wysokości strat. Korzystając z pomierzonych hietogramów opadów i wywołanych nimi hydrogramów wezbrań, wyznaczono wielkość opadu efektywnego tymi czterema metodami dla poszczególnych fal, tak aby była ona równa warstwie odpływu bezpośredniego.

Jako funkcję transformującą opad efektywny w odpływ bezpośredni przyjęto model Nasha w postaci kaskady liniowych zbiorników. Działanie transformujące model wyraża równanie:

$$u(t) = \frac{1}{K \Gamma(N)} \left(\frac{t}{K} \right)^{N-1} \exp \left(-\frac{t}{K} \right) \quad (1)$$

gdzie:

$u(t)$ — rzędne chwilowego hydrogramu odpływu [l/h],

t — czas od początku hydrogramu [h],
 N — liczba zbiorników,
 K — współczynnik retencji zbiornika [h],
 $\Gamma(N)$ — funkcja gamma.

Do wyznaczania wartości N i K zastosowano metodę optymalizacyjną Rosenbrocka (1960), która pozwala na dobieranie parametrów tak, aby uzyskać maksymalną możliwą zgodność obserwowanego i symulowanego hydrogramu wezbrania.

Obliczenia wartości parametrów modelu Nasha wykonano w dwóch wariantach. W pierwszym każdą falę wezbraniową analizowano oddzielnie, otrzymując tyle zbiorów N i K , ile było wezbrań. Następnie wyznaczono miarodajną wartość parametrów, posługując się sposobem podanym przez Serbana (1975). Polega on na obliczeniu średnich wartości czasu do kulminacji hydrogramu jednostkowego (t_p) i kulminacji $u_{(tp)}$ oraz takim przekształceniu wzoru (1), aby uzyskać nieliniowe równanie pozwalające na wyznaczenie miarodajnej wartości N . Wartości K obliczono z zależności:

$$\bar{K} = \frac{\bar{t}_p}{N-1} \quad (2)$$

gdzie:

$\bar{K}$ — miarodajna wartość parametru $K(h)$,
 $\bar{t}$ — średni czas do kulminacji hydrogramu [h],
 N — miarodajna wartość parametru N .

W drugim wariantcie analizowano wszystkie wezbrania łącznie w jednym cyklu obliczeniowym optymalizacji, otrzymując bezpośrednio jeden zbiór parametrów modelu Nasha.

Wyniki obliczeń

Obliczenia parametrów modelu Nasha wg dwóch wariantów powyżej opisanych wykonano dla 12 wezbrań opadowych zarejestrowanych w latach 1977–1983 w zlewni częściowej górnej Mławki o powierzchni 18,2 km². Wezbrania te zostały

udostępnione przez IMUZ w Falentach. Wyniki zestawiono w tabeli 1, podając wartości N i K dla obu wariantów i czterech metod określania opadu efektywnego, odpowiadające im wartości czasów do kulminacji i wartości kulminacji hydrogramów jednostkowych, oraz wartości specjalnego współczynnika korelacji R_s (Delleur i in. 1973), będącego miarą jakości modelu i pozwalającego na ocenę oraz porównanie poszczególnych wyników. W ostatniej kolumnie przedstawiono różnice pomiędzy wartościami parametrów obliczonymi dla obu wariantów. Uzyskane wyniki wykazują dużą zmienność wartości parametrów modelu Nasha, jak i związanych z nimi charakterystyk hydrogramu jednostkowego. Występują również istotne różnice pomiędzy wartościami parametrów dla tych samych metod wyznaczania opadu, lecz różnych wariantów obliczeniowych. Czas do kulminacji hydrogramu jednostkowego zmienia się od 3,15 h do 11,33 h, a wartość kulminacji hydrogramu — od 0,044 l/h do 0,087 l/h. Różnice między wartościami tych charakterystyk obliczonych wg dwóch różnych wariantów dochodzą do 53%. Na rysunku 1 dodatkowo przedstawiono dwa skrajne hydrogramy jednostkowe w wariantcie pierwszym (dla metody SCS i metody stałej wysokości strat), a na rysunku 2 — dwa hydrogramy dla metody SCS, obliczone wg wariantu pierwszego i drugiego.

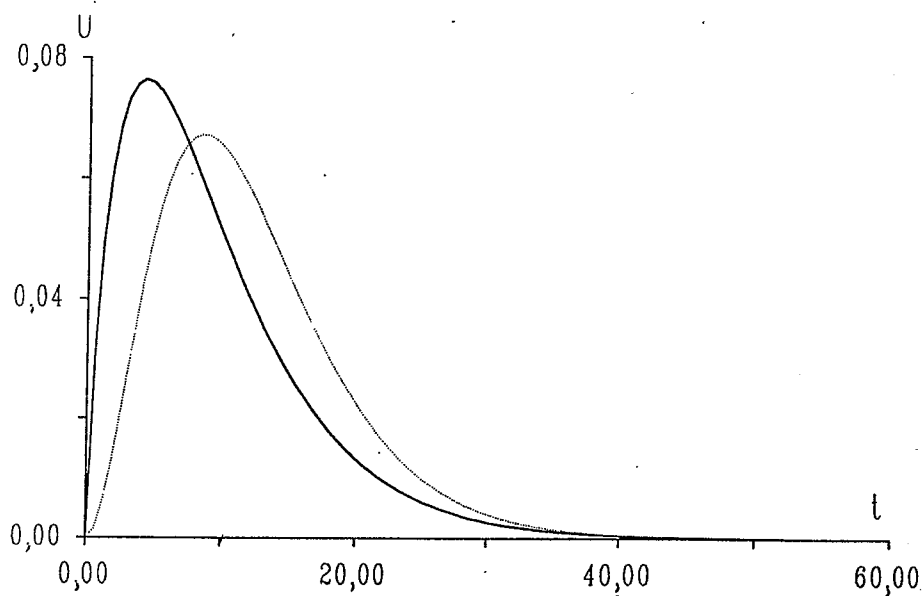
Wnioski

Analizując zestawione w tabeli 1 wyniki obliczeń optymalizacyjnych, można stwierdzić, że przyjęty model Nasha prawidłowo odtwarzał badane wezbrania (na osiem przypadków w siedmiu uzyskano wynik bardzo dobry, a w jednym — zadowalający; wg kryterium specjalnego współczynnika korelacji).

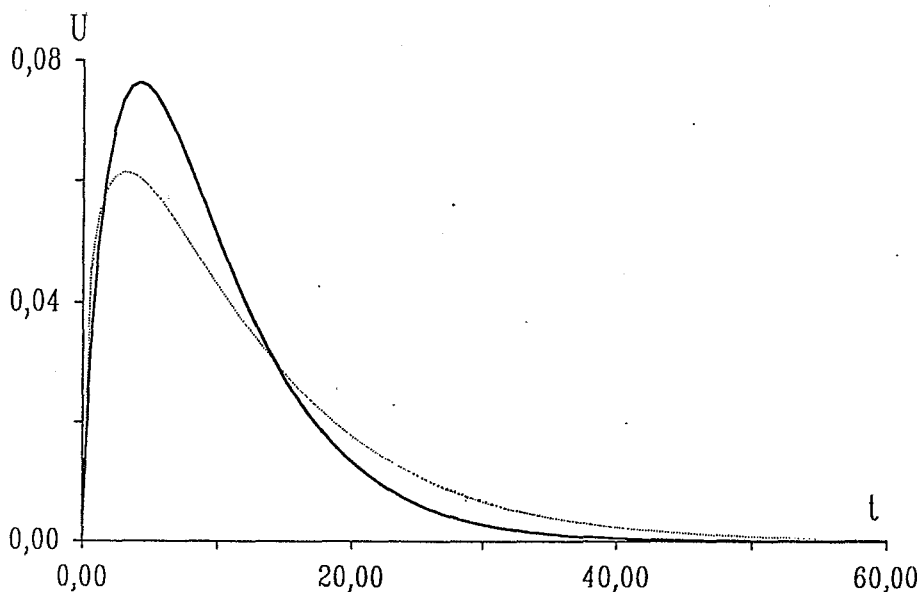
Oznacza to, że model ten może być stosowany do wyznaczania wezbrań opadowych. Duża zmienność wartości parametrów modelu i związanych z nim charakte-

TABELA 1. Wyniki obliczeń optymalizacyjnych

Metoda rozdziału opadu	Parametry	Wariant 1	Wariant 2	Δ [%]
Metoda SCS	N	1,80	1,36	32
	K	5,28	8,86	40
	R_s	0,96	0,97	1
	t_p	4,23	3,15	34
	u_{tp}	0,076	0,062	23
Równania wykładnicze	N	2,89	1,93	50
	K	3,21	6,80	51
	R_s	0,95	0,98	2
	t_p	6,05	6,16	2
	u_{tp}	0,087	0,057	53
Stały współczynnik strat	N	3,21	2,45	31
	K	3,55	5,99	41
	R_s	0,95	0,98	3
	t_p	7,84	8,69	10
	u_{tp}	0,073	0,052	40
Stała wysokość strat	N	3,23	2,74	18
	K	3,83	6,49	41
	R_s	0,86	0,97	11
	t_p	8,53	11,3	32
	u_{tp}	0,067	0,044	52



Rys. 1. Przykładowe hydrogramy jednostkowe;
 — metoda SCS $N = 1,801$, $K = 5,275$, metoda stałej wysokości strat $N = 3,227$, $K = 3,832$



Rys. 2. Przykładowe hydrogramy jednostkowe;
 — metoda SCS $N = 1,801$, $K = 5,275$, metoda stałej wysokości strat $N = 1,356$, $K = 8,856$

rystyk hydrogramu jednostkowego, decydujących o jego kształcie, wskazują na konieczność szczegółowej analizy wpływu przyjęcia konkretnej metody określania opadu efektywnego na charakterystyki modelowanych wezbrań opadowych.

Literatura

- BYCZKOWSKI A. 1972: *Hydrologiczne podstawy projektowania budowli wodnomelioracyjnych. Przepływy ekstremalne PWRiL*, Warszawa.
- DELLEUR J. W., SARMAH B. S., RAO A. R. 1973: *Comparison of rainfall-runoff models for urban areas*. Jour. of Hydr. nr 3/4.
- IGNAR S., BANASIK K. 1986: *Wpływ metody wyznaczania opadu efektywnego na parametry modelu Nasha małej zlewni rolniczej*. Gospodarka Wodna nr 4.
- NASH J. E. 1953: *Systematic determination of unit hydrograph parameters*. Jour. Geophys. Res., nr 64.
- ROSENBROCK H. 1960: *An automatic method for finding the greatest or least value of a function*. Computer Journal 3.

SERBAN P. 1975: *Methode de determination de l'hydrogramme unitaire synthetique*. Meteor Hydrolog. Nr 2.

Summary

Optimization of unit hydrograph model parameters for different methods of effective rainfall determination. The paper describes an investigation of an influence of different methods for effective rainfall determination on Nash model of unit hydrograph parameters. The results has shown good agreement of recorded and simulated runoff hydrographs and substantial differences among model parameter values for different methods of effective rainfall determination.

Authors' address

S. Ignar, J. Krupa
 Warsaw Agricultural University
 ul. Nowoursynowska 166
 02-766 Warszawa
 P. Warmerdam
 Wageningen Agricultural University
 Nieuwe Kanaal 11
 6709 PA Wageningen
 Holandia

O nieliniowym zagadnieniu konsolidacji ośrodka trójfazowego

Wstęp

Rozpatrujemy jednowymiarowe zagadnienie konsolidacji ośrodka trójfazowego (gruntu) z uwzględnieniem zmian jego charakterystyk w procesie kondensacji. Wyniki tych rozważań mogą posłużyć do wyznaczania konsolidacji dla konkretnych wartości charakterystyk.

Rozpatrujemy ośrodek trójfazowy (grunt), w którym pierwsza faza jest fazą stałą (szkielet gruntu), druga — fazą ciekłą (woda), a trzecia — fazą gazową (powietrze).

Przyjmujemy następujące oznaczenia:

m — objętość fazy stałej (w jednostce objętości ośrodka — gruntu),

n — objętość fazy ciekłej (w jednostce objętości ośrodka — gruntu),

ε — współczynnik porowatości

$$\varepsilon = \frac{1-m}{m}$$

s — objętość fazy gazowej (w jednostce objętości ośrodka — gruntu),

$$\aleph = \frac{s}{n},$$

$\aleph_0$ — wartość początkowa względnej objętości fazy gazowej, odpowiadająca ciśnieniu atmosferycznemu,

ρ_T — gęstość fazy stałej,

ρ — gęstość fazy ciekłej,

ρ_g — gęstość gazu,

x — współrzędna (pionowa),

h — grubość warstwy ośrodka,

u — prędkość filtracji fazy ciekłej,

v — prędkość "filtracji" fazy stałej,

ω — prędkość filtracji fazy gazowej,

γ — ciężar właściwy wody,

γ_0 — początkowy ciężar właściwy fazy stałej,

γ_m — ciężar właściwy ośrodka,

δ — rzeczywiste normalne naprężenie w fazie stałej,

q — ciśnienie na powierzchni ośrodka spowodowane przyłożonym obciążeniem,

p — ciśnienie w wodzie,

p_0 — ciśnienie atmosferyczne,

p_g — ciśnienie w fazie gazowej,

δ_g — objętość gazu (w jednostce przestrzeni porowatej) — nasycenie przestrzeni porowatej fazą gazową,

δ_w — nasycenie przestrzeni porowatej wodą,

a — współczynnik kondensacji,

μ — molekularny ciężar gazu,

T — temperatura absolutna,

α — współczynnik w prawie Henry'ego,

R — stała gazowa,

k_g — współczynnik przepuszczalności dla gazu w ośrodku trójfazowym,

k_w — współczynnik przepuszczalności dla cieczy w ośrodku trójfazowym,

k_1 — współczynnik przepuszczalności dla dwufazowego ośrodka,

k — współczynnik filtracji w ośrodku nasyconym wodą,
 ω_0 — początkowa (wagowa) wilgotność ośrodka.

Równanie jednowymiarowej konsolidacji ośrodka trójfazowego

Wyprowadzimy równanie konsolidacji ośrodka trójfazowego (gruntu) dla zagadnienia jednowymiarowego przy następujących uproszczeniach:

1. Współczynnik porowatości ośrodka jest określony jednoznacznie przez rzeczywiste normalne naprężenie w ośrodku w danym czasie.
2. Współczynnik filtracji ośrodka jest określony jednoznacznie przez współczynnik porowatości ośrodka w danym czasie.
3. Powietrze rozpuszczone w wodzie nie wydziela się ani nie jest pochłanianie.
4. Faza stała nie jest rozpuszczalna.
5. Wodę wypełniającą pory ośrodka traktuje się jako ciecz nieściśliwą.

Równania zachowania masy dla każdej fazy można zapisać w następującej postaci [4]:

faza stała:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_T m) = -\operatorname{div}(\rho_T v) \quad (1)$$

faza ciekła:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho n) = -\operatorname{div}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial t}(\alpha \rho_g n) \quad (2)$$

faza gazowa:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_g s) = -\frac{\partial}{\partial t}(\alpha \rho_g n) - \operatorname{div}(\rho_g \omega) \quad (3)$$

Dla jednowymiarowego zagadnienia, przyjmując $\rho_T = \text{const}$ i $\rho = \text{const}$ równania (1–3) mają postać:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = -\frac{\partial v}{\partial x} \quad (4)$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\alpha n}{\rho} \frac{\partial \rho_g}{\partial t} \quad (5)$$

$$\frac{\partial(\rho_g s)}{\partial t} = -\alpha \frac{\partial(n \rho_g)}{\partial t} - \frac{\partial(\omega \rho_g)}{\partial x} \quad (6)$$

Równanie (5) otrzymano z równania (2) opuszczając składnik ze współczynnikiem $\frac{\alpha \rho_g}{\rho}$ (rzęd wielkości tego składnika jest 10^{-5}).

Zastosujemy prawo Darcy dla każdej fazy oddzielnie [2]. Współczynniki przepuszczalności k_g i k_w zależą od nasycenia δ_g przestrzeni porowatej.

Fazowe względne przepuszczalności można wyrazić za pomocą następujących wzorów empirycznych [2]:

$$k_g^*(\delta_g) = \frac{k_g}{k_1} = 0 \quad \text{gdy } 0 \leq \delta_g \leq 0,1$$

$$k_g^*(\delta_g) = \left(\frac{\delta_g - 0,1}{0,9} \right)^{3,5} [1 + 3(1 - \delta_g)] \quad \text{gdy } 0,1 \leq \delta_g \leq 1$$

$$k_w^*(\delta_g) = \frac{k_w}{k_1} = 0 \quad \text{gdy } 0,8 \leq \delta_g \leq 1$$

$$k_w^*(\delta_g) = \left(\frac{0,8 - \delta_g}{0,8} \right)^{3,5} \quad \text{gdy } 0 \leq \delta_g \leq 0,8$$

Gdy $\delta_g \leq 0,1$ mamy:

$$k_g^* = 0$$

oraz [2]

$$\omega = \frac{s}{m} v \quad (7)$$

Względny współczynnik przepuszczalności dla wody przy małej zawartości powietrza w gruncie ($\delta_g \leq 0,1$) wynosi [2]:

$$0,8 \leq k_w^* \leq 1$$

W celu uproszczenia przyjmujemy $k_w^* = 1$. Wówczas równanie dla filtracji wody ma postać:

$$u = \frac{n}{m} v - k \frac{\partial H}{\partial x} \quad (8)$$

gdzie

$$H = \frac{p_1}{\gamma} + x \quad (9)$$

$$p_1 = p - p_o \quad (10)$$

Gęstość gazu wyraża się zależnością [2]:

$$\rho_g = \frac{\mu p_g}{RT}$$

gdzie

$$p_g = p + p_k$$

p_k — ciśnienie kapilarne.

Jeśli uwzględnimy ciśnienie kapilarne, wówczas rzeczywiste normalne naprężenie wynosi [1]:

$$\delta = \delta_p - p_g + \lambda (p_g - p)$$

gdzie:

λ — parametr określony eksperymentalnie, zależny od stosunku zawartości wody i powietrza w porach,

δ_p — całkowite normalne naprężenie w gruncie.

Jeżeli zawartość powietrza w gruncie jest mała, to parametr λ jest bliski jedności

[1]. W celu uproszczenia przyjmujemy $\lambda = 1$. Wówczas δ nie będzie zależne od ciśnienia kapilarnego.

W celu uproszczenia dalszych przekształceń przyjmujemy $p_k = 0$. Gęstość gazu można więc wyrazić następująco:

$$\rho_g = \frac{\mu p}{RT} \quad (11)$$

Przyjmujemy, że γ_m nie zależy od wysokości. Wówczas warunek zachowania równowagi w ośrodku porowatym dla zagadnienia jednowymiarowego można przedstawić w postaci:

$$\sigma + p = p_o + q + \gamma_m (h - x) \quad (12)$$

Równania (4–12) i równości:

$$\varepsilon = \frac{1 - m}{m} \quad (13)$$

$$m + n + s = 1 \quad (14)$$

oraz eksperymentalnie wyznaczone wielkości:

$$\varepsilon = \varepsilon(\sigma) \quad (15)$$

$$k = k(\varepsilon) \quad (16)$$

tworzą układ równań określający funkcje:

$$\varepsilon, n, m, s, H, p, p_1, \rho_g, k, \delta, u, v, \omega.$$

Równanie (6), po przekształceniu, przyjmuje postać:

$$\frac{s + n\alpha}{\rho_g} \frac{\partial \rho_g}{\partial t} + \frac{\partial s}{\partial t} = -\alpha \frac{\partial n}{\partial t} - \frac{\partial \omega}{\partial t} - \frac{\omega}{\rho_g} \frac{\partial \rho_g}{\partial x}$$

Wykorzystując zależności (7) i (14), powyższe równanie można przedstawić następująco:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{s}{m} v \right) = - \frac{s + \alpha n}{\rho_g} \frac{\partial \rho_g}{\partial t} + \frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial m}{\partial t} - \alpha \frac{\partial n}{\partial t} - \frac{sv}{m \rho_g} \frac{\partial \rho_g}{\partial x} \quad (17)$$

Ponieważ α dla powietrza jest istotnie mniejsze od 1, więc po prawej stronie równania (17) czwarty składnik (wobec składnika drugiego) można pominąć.

Z równań (4), (5), (8), (11), (14) i (17) mamy:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v}{m} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial H}{\partial x} \right) = - \frac{s - \alpha n}{p} \frac{\partial p}{\partial t} - \frac{sv}{mp} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\alpha n}{\rho \beta} \frac{\partial p}{\partial t} \quad (18)$$

gdzie

$$\beta = \frac{RT}{\mu}$$

Przy temperaturach rzędu 20°C można pominąć po prawej stronie równania (18) ostatni składnik (wobec składnika pierwszego) [6]. Wówczas, uwzględniając (4), równanie (18) przyjmuje postać:

$$- \frac{1}{m} \frac{\partial m}{\partial t} - \frac{v}{m^2} \frac{\partial m}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial H}{\partial x} \right) = - \frac{s + \alpha n}{p} \frac{\partial p}{\partial t} - \frac{sv}{mp} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (19)$$

Korzystając z (9), (12), (13) i (15), po wykonaniu odpowiednich przekształceń, równanie (19) możemy przedstawić w następującej postaci:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{1}{w\gamma} \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\gamma_m}{\gamma_w} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1 + \varepsilon}{\alpha\gamma w} \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial H}{\partial x} \right) - \frac{1 + \varepsilon}{w} \left[\frac{\partial H}{\partial x} (1 + \xi) + \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} - \xi \right] v \quad (20)$$

gdzie

$$w = 1 + \frac{(s + \alpha n)(1 + \varepsilon)}{ap} \quad (21)$$

$$a = - \frac{\sigma \varepsilon}{\sigma \delta} \quad (22)$$

$$\xi = \frac{s(1 + \varepsilon)}{ap} \quad (23)$$

Z równania (4) mamy:

$$v = - \int_0^x \frac{\partial m}{\partial t} dx + c(t)$$

Ponieważ przyjmujemy, że ruch gruntu może być spowodowany tylko jego deformacją, więc $c(t) = 0$.

Uwzględniając równania (9), (12), (13) i (15), po odpowiednich przekształceniach, otrzymujemy:

$$v = - \int_0^x \frac{a}{(1 + \varepsilon)^2} \left(\frac{\partial q}{\partial t} + \gamma_m \frac{\partial h}{\partial t} - \gamma \frac{\partial H}{\partial t} \right) dx \quad (24)$$

Korzystając z prawa Boyle'a-Mariotta i z prawa Henry'ego, otrzymujemy:

$$N = \frac{p_0}{p} (N_0 + \alpha) - \alpha \quad (25)$$

Wykorzystując równości (13) i (14), zależności (21) i (23) można przedstawić w postaci:

$$w = 1 + \frac{\varepsilon(N + \alpha)}{(N + 1)ap} \quad (26)$$

$$\xi = \frac{N\varepsilon}{(N + 1)ap} \quad (27)$$

Ostatecznie równanie konsolidacji przyjmuje postać:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{1}{w\gamma} \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\gamma_m}{w\gamma} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1+\varepsilon}{a\gamma w} \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{1+\varepsilon}{w} \left[\frac{\partial H}{\partial x} (1+\xi) + \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} - \xi \right] \cdot \quad (28)$$

$$\int_0^x \frac{a}{(1+\varepsilon)^2} \left(\frac{\partial q}{\partial t} + \gamma_m \frac{\partial h}{\partial t} - \gamma \frac{\partial H}{\partial t} \right) dx$$

gdzie

w — określa wzór (26),

ξ i ε — określają odpowiednio wzory (27) i (25).

Z równań (9), (10) i (12) możemy wyznaczyć:

$$p = p_0 + \gamma H - \gamma x \quad (29)$$

$$\delta = q - \gamma H + \gamma_m h - (\gamma_m - \gamma) x \quad (30)$$

Równanie konsolidacji (28) różni się od znanego równania konsolidacji postacią funkcji w i występowaniem składnika po prawej stronie równania, zawierającego całkę. Wpływ tego składnika na rozwiązanie równania konsolidacji (28) jest istotny. Tym problemem zajmiemy się w oddzielnej pracy.

Literatura

- [1] BISHOP A. W., KENNARD M. F., VAUGHAN P. R. 1964: *Developments in the measurement and interpretation of pore pressure in earth dams*. Eighth international Congress on large dams, Edinburg, v. II, Nr 29.
- [2] CZARNYJ I. A. 1963: *Podziemna hydrogazydinamika*. GNTJN i GTA.
- [3] DAVIS E. H., RAYMOND G. P. 1965: *A non-linear theory of consolidation*. 15, Nr 2.
- [4] FLORIN W. A. 1961: *Osnovy mekhaniki gruntow*. Gosstrojizdat, t. 2.
- [5] GIBSON R. E. 1958: *The progress of consolidation in a clay layer increasing in thickness with time*. Geotechnique, v. 8, Nr 4.
- [6] JANBU N. 1965: *Consolidation of clay layers based on non-linear stress-strain*. Proc. 6th Internat. Conf. Soil. Mech. and Foundat. Engng., Montreal, v. 2, Div. 3-6, Toranbo, Univ. Press.

Summary

To a non — linear problem of consolidation of three — phase soils. A one — dimensional problem of consolidating a three — phase soil is considered in the light of the theory of percolation with variation in soil properties during consolidation taken into account.

Authors' address

H. Kaziuko, L. Kaziuko
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Jan KRUPA

Katedra Zastosowań Matematyki

Stefan IGNAR

Katedra Budownictwa Wodnego

Transmitancja operatorowa modelu Nasha

W niniejszej pracy podjęto próbę precyzyjniejszego niż zwykle, spotykanego w literaturze matematycznego uzasadnienia pewnych formuł używanych w modelach typu opad — odpływ (Kordas 1974). Dla danej zlewni wyprowadzono równanie różniczkowe opisujące zależność natężenia odpływu $Q(t)$ od natężenia opadu $P(t)$ oraz retencji zlewni $S(t)$ przy założeniu, że funkcje $Q(t)$, $P(t)$, $S(t)$ są klasy C^1 . Następnie z tegoż równania wyprowadzono wzór określający transmitancję operatorową dla liniowego modelu Nasha (Nash 1958) w postaci kaskady n zbiorników.

1. Przyjmijmy następujące oznaczenia:

$P(t)$ — funkcja natężenia opadu [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$],
 $Q(t)$ — funkcja natężenia odpływu [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$],
 $S(t)$ — retencja zlewni [cm].

Założmy, że funkcje $P(t)$, $Q(t)$, $S(t)$ są klasy C^1 na przedziale $(0, +\infty)$.

Naszym celem jest wyprowadzenie równania różniczkowego opisującego zależność między $P(t)$ i $Q(t)$. W tym celu założmy, że $t > 0$. Założmy dalej, że $\Delta t \in R$ oraz $t + \Delta t > 0$.

Rozważmy przypadek, gdy $\Delta t > 0$ (rozważania w przypadku, gdy $\Delta t < 0$ są analogiczne).

Ponieważ z założenia funkcje $P'(t)$ i $Q'(t)$ są ciągłe na przedziale $< t, t + \Delta t >$,

zatem

$$\exists M > 0 \quad \forall \tau \in < t, t + \Delta t > \quad [|P'(\tau)| < M \wedge |Q'(\tau)| < M]$$

Z równania ciągłości dla danej zlewni mamy następującą równość:

$$\begin{aligned} \int_t^{t+\Delta t} P(\tau) d\tau - \int_t^{t+\Delta t} Q(\tau) d\tau = \\ = S(t + \Delta t) - S(t) \end{aligned} \quad (1)$$

Ze wzoru Taylora wynika, że

$$\begin{aligned} \forall \tau \in (t, t + \Delta t) \quad \exists \eta_\tau, \xi_\tau \in (t, \tau) \\ [P(\tau) = P(t) + P'(\eta_\tau)(\tau - t) \wedge \\ \wedge Q(\tau) = Q(t) + Q'(\xi_\tau)(\tau - t)] \end{aligned}$$

Zatem równość (1) jest równoważna następującej:

$$\begin{aligned} \int_t^{t+\Delta t} [P(t) + P'(\eta_\tau)(\tau - t)] d\tau - \\ - \int_t^{t+\Delta t} [Q(t) + Q'(\xi_\tau)(\tau - t)] d\tau = \\ = S(t + \Delta t) - S(t) \end{aligned}$$

stąd:

$$\begin{aligned}
& P(t) \Delta t - Q(t) \Delta t + \\
& + \int_t^{t+\Delta t} P'(\eta_\tau) (\tau - t) d\tau - \\
& - \int_t^{t+\Delta t} Q'(\xi_\tau) (\tau - t) d\tau = \\
& = S(t + \Delta t) - S(t)
\end{aligned}$$

stąd:

$$\begin{aligned}
& |P(t) \Delta t - Q(t) \Delta t - [S(t + \Delta t) - S(t)]| \leq \\
& \leq \int_t^{t+\Delta t} [|P'(\eta_\tau)| + |Q'(\xi_\tau)|] (\tau - t) d\tau < \\
& < 2M \int_t^{t+\Delta t} (\tau - t) d\tau = \\
& = 2M \left[\frac{1}{2} (\tau - t)^2 \right]_{\tau=t}^{\tau=t+\Delta t} = M(\Delta t)^2
\end{aligned}$$

Dzieląc obie strony ostatniej nierówności przez Δt , otrzymujemy:

$$\left| P(t) - Q(t) - \frac{S(t + \Delta t) - S(t)}{\Delta t} \right| < M \Delta t$$

Ponieważ $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} M \Delta t = 0$
oraz

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{S(t + \Delta t) - S(t)}{\Delta t} = S'(t) = \frac{dS}{dt}(t)$$

zatem

$$\begin{aligned}
& \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(P(t) - Q(t) - \frac{S(t + \Delta t) - S(t)}{\Delta t} \right) = \\
& = P(t) - Q(t) - \frac{dS}{dt}(t) = 0
\end{aligned}$$

Stąd:

$$P(t) - Q(t) = \frac{dS}{dt}(t) \quad \text{dla } t > 0 \quad (2)$$

Dla modelu liniowego zlewni przyjmujemy następujące założenie:

$$kQ = S \quad (3)$$

gdzie k — stała retencji dla danej zlewni.

Opierając się na powyższym założeniu ze wzoru (2), otrzymujemy:

$$P(t) - Q(t) = k \frac{dQ}{dt}(t)$$

stąd

$$\frac{dQ}{dt}(t) = -\frac{1}{k} Q(t) + \frac{1}{k} P(t) \quad \text{dla } t > 0 \quad (4)$$

2. Zależność między chwilowym hydrogramem jednostkowym IUH [oznaczymy jego rzędną w chwili t przez $U(0, t)$] oraz T — hydrogramem jednostkowym TUH [oznaczymy jego rzędną w chwili t przez $U(T, t)$] jest następująca:

$$U(0, t) = \lim_{T \rightarrow 0} U(T, t) \quad \text{dla każdego } t > 0$$

Zatem IUH jest hydrogramem odpływu, który jest reakcją na chwilowy opad (w chwili $t = 0$) o wysokości $h = 1$ cm, tzn. $P(t) = \delta_0(t)$, gdzie $\delta_0(t)$ oznacza dystrybucję Diraca [$< \delta_0, \phi > = \phi(0)$ w szczególności $< \delta_0, 1 > = 1$].

Rozważmy liniowy model Nasha zbudowany w postaci kaskady n zbiorników liniowych.

Niech $Q_i(t)$ oznacza odpływ z i -tego zbiornika spowodowany chwilowym opadem $P(t)$ w chwili $t = 0$ o wysokości $h = 1$ cm, tzn. $P(t) = \delta_0(t)$.

Niech L oznacza operator Laplace'a tzn.:

$$L[f](s) = \int_0^{+\infty} f(\tau) e^{-s\tau} d\tau$$

dla zespolonej liczby s i spełniającej pewne warunki funkcji f (Leitner 1990).

LEMAT.

$$q_i(s) = L[Q_i(t)](s) = \frac{1}{(ks+1)^i} \quad (5)$$

dla $i = 1, 2, \dots, n$

W szczególności

$$q_n(s) = L[Q_n(t)](s) = \frac{1}{(ks+1)^n}$$

Dowód wzoru (5) przeprowadzimy metodą indukcji. Skorzystamy z następującej własności operatora Laplace'a L :

$$L[f'(t)](s) = L\left[\frac{df(t)}{dt}\right](s) = sL[f(t)](s) - f(0) \quad (6)$$

1° Dowód dla pierwszego zbiornika, tzn. $i = 1$.

Ponieważ opad $P_1(t)$ jest chwilowy o wysokości 1 cm w chwili $t = 0$, zatem $P_1(t) = \delta_0(t)$ oraz $\langle P_1, 1 \rangle = \langle \delta_0, 1 \rangle = 1$.

Gdy $P(t) = P_1(t) = \delta_0(t)$, to równanie (4) przyjmuje następującą postać:

$$\frac{dQ_1}{dt}(t) + \frac{1}{k} Q_1(t) = \frac{1}{k} \delta_0(t) \quad (7)$$

W celu rozwiązania równania (7) rozwiązujemy najpierw równanie różniczkowe:

$\frac{dX}{dt}(t) + \frac{1}{k} X(t) = 0$ z warunkiem początkowym $X(0) = \frac{1}{k}$. Łatwo sprawdzić, że

szukane rozwiązanie jest funkcją określoną wzorem: $X(t) = \frac{1}{k} e^{-\frac{1}{k}t}$, $t > 0$.

Wiedząc, że pochodną dystrybucyjną funkcji Heaviside'a $H(t)$ jest dystrybucja Diraca $[H'(t) = \delta_0]$ łatwo sprawdzić, że funkcja:

$$Q_1(t) = H(t) X(t) = \frac{1}{k} H(t) e^{-\frac{1}{k}t} \quad t > 0$$

jest rozwiązaniem równania (7) (Schwartz 1984). $H(t)$ oznacza funkcję Heaviside'a.

Zauważmy, że

$$\lim_{t \rightarrow 0^+} \frac{1}{k} H(t) e^{-\frac{1}{k}t} = \frac{1}{k}$$

Zatem możemy przyjąć, że $Q_1(0) = \frac{1}{k}$.

Łatwo sprawdzić, że

$$L[Q_1](s) = L\left[\frac{1}{k} H(t) e^{-\frac{1}{k}t}\right] = \frac{1}{k} \frac{1}{s + \frac{1}{k}} = \frac{1}{ks + 1}$$

Zatem wzór (5) z tezy lematu jest prawdziwy dla $i = 1$.

2° Załóżmy, że $0 < i < n$, i jest liczbą naturalną.

Wykażemy, że jeśli

$$q_{i-1}(s) = \frac{1}{(ks+1)^{i-1}}$$

to

$$q_i(s) = \frac{1}{(ks+1)^i} \quad (8)$$

Dowód implikacji (8).

Założmy, że

$$q_{i-1}(s) = \frac{1}{(ks+1)^{i-1}} \quad (9)$$

Z konstrukcji liniowego modelu Nasha wynika, że:

$$\frac{dQ_i}{dt}(t) = -\frac{1}{k} Q_i(t) + \frac{1}{k} Q_{i-1}(t)$$

ponieważ $P_i(t) = Q_{i-1}(t)$ oraz $Q_i(0) = 0$.

Stąd:

$$L[Q_{i-1}] = kL\left[\frac{dQ_i}{dt}\right] + L[Q_i]$$

Zatem posługując się wzorem (6), otrzymujemy:

$$q_{i-1}(s) = ks q_i(s) - kQ_i(0) + q_i(s)$$

stąd

$$q_i(s) = \frac{q_{i-1}(s)}{(ks+1)}$$

Korzystając teraz z założenia (9), otrzymujemy:

$$q_i(s) = \frac{1}{(ks+1)^{i-1}} = \frac{1}{(ks+1)^i}$$

Zatem implikacja (8) jest prawdziwa.

Z 1° i 2° wynika prawdziwość tezy Lematu.

3. Ponieważ $L[\delta_0](s) = 1$, zatem z punktu 2 naszych rozważań wynika, że transmittancja operatorowa (funkcja przejścia) dla rozważanego modelu Nasha wyraża się wzorem:

$$H(s) = \frac{L[Q_n](s)}{L[\delta_0](s)} = \frac{1}{(ks+1)^n}$$

Stąd:

$$\begin{aligned} U(0,t) = h(t) &= L^{-1}[H(s)](t) = \\ &= L^{-1}\left[\frac{1}{(ks+1)^n}\right] = \frac{1}{k^n} L^{-1}\left[\frac{1}{\left(s+\frac{1}{k}\right)^n}\right] = \\ &= \frac{1}{k^n} \frac{t^{n-1}}{\Gamma(n)} e^{-\frac{t}{k}} = \frac{1}{k\Gamma(n)} \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} e^{-\frac{t}{k}} \end{aligned}$$

dla $t > 0$

Skorzystaliśmy z odpowiednich własności transformaty Laplace'a oraz z tablic podanych w literaturze (Leitner 1990).

Literatura

- KORDAS B. 1974: *Hydrodynamika zlewni*. Praca zbiorowa. "Matematyczne modele zlewni". PAN Ossolineum.
LEITNER R. 1990: *Zarys matematyki wyższej*. WNT, Warszawa.
NASH J.E. 1958. *Determining runoff from rainfall*. Inst. Civ. Engin. Proc. 10.
SCHWARTZ L. 1984: *Metody matematyczne w fizyce*. PWN, Warszawa.

Summary

Operator transmittance for linear watershed Nash model in the form of reservoir cascade. The paper discusses the attempt of more strict than usually mathematical proof of formulae used in conceptual rainfall — runoff models.

Authors' address

J. Krupa, S. Ignar
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

O ozonie w atmosferze i jego roli w klimacie i biosferze

Wstęp

W ostatnim 20-leciu w świecie nauki wzrosła świadomość roli stratosfery, jaką może ona odgrywać w kształtowaniu się klimatu globalnego. Dlatego w badaniach procesów atmosferycznych dużo uwagi poświęca się zmianom stratosfery, które zachodzą w wyniku oddziaływania czynników zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych. Główne zainteresowania skupiają się na odkrytym w latach 70-tych zjawisku występującej sezonowo "dziury ozonowej" nad Antarktydą, na jej odnawianiu się każdej wiosny i prawie systematycznym jej rozprzestrzenianiu się z roku na rok. Problemem jest także ewentualne występowanie procesów powodujących powstawanie dziury ozonowej w wysokich i średnich szerokościach geograficznych półkuli północnej.

Wiadomo, że obecnie na półkuli północnej występuje zjawisko okresowego zmniejszania się zawartości ozonu w stratosferze. To zmniejszenie zawartości ozonu może przekraczać pewną granicę, poniżej której do powierzchni ziemi zaczyna dochodzić nadmierna ilość promieniowania ultrafioletowego UV, a zwłaszcza groźnego dla organizmów żywych promieniowania UV-B.

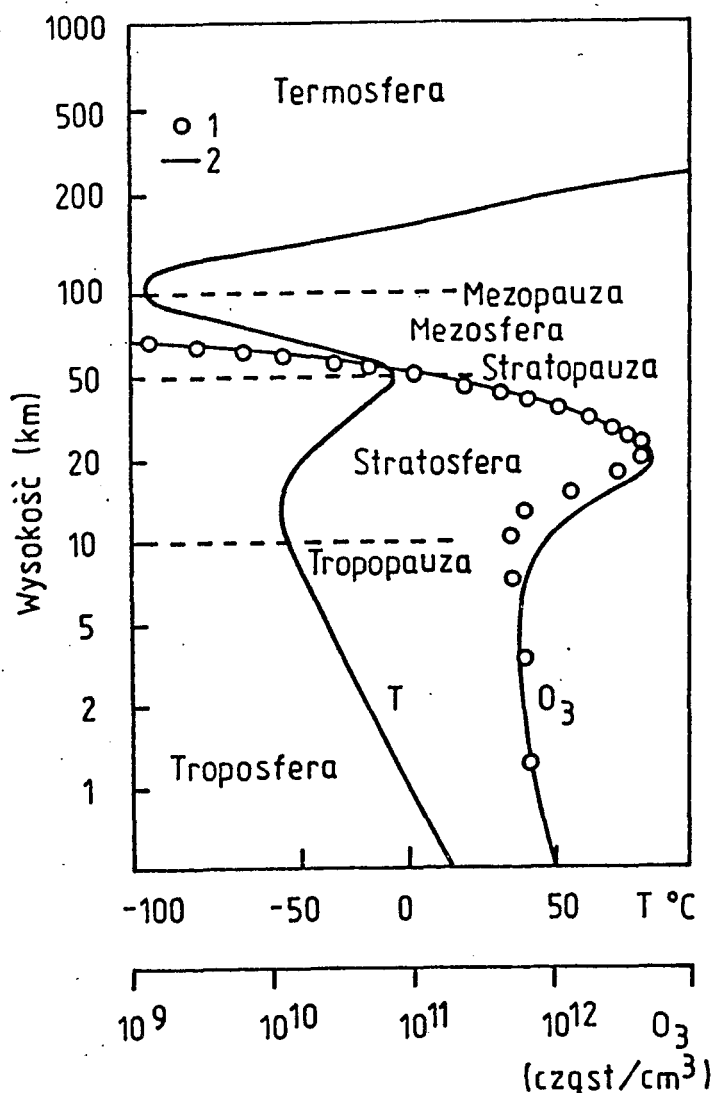
Zagrożenia dla biosfery związane ze spadkiem zawartości ozonu są często przesadnie nagłaśniane przez środki masowego przekazu, przyczyniając się do powstawania nastrojów paniki. Tymczasem pojęcie

"dziury ozonowej", odnosi się tylko do Antarktydy, gdzie zawartość ozonu w atmosferze może okresowo spadać niemal do zera. W innych szerokościach geograficznych ogólnie można mówić tylko o większym lub mniejszym spadku zawartości ozonu w warstwie ozonowej, występującej w atmosferze.

Powstawanie i rozpad ozonu

Ozon O_3 jest trójwymiarową cząsteczką tlenu i chociaż w atmosferze występuje w ilościach śladowych, jest bardzo ważnym jej składnikiem. Występuje on w atmosferze — począwszy od powierzchni ziemi do wysokości powyżej 100 km (Charlson 1992). Około 90% ozonu znajduje się w stratosferze. Pozostały ozon przypada głównie na troposferę. Rozkład pionowy ozonu, w porównaniu z wieloma składnikami śladowymi atmosfery, jest bardzo zależny od wysokości, co jest jego osobliwą cechą. Średnia koncentracja ozonu, odnosząca się do całej atmosfery, wynosi średnio około 0,3 ppm.

Warstwa ozonowa jest to region dolnej stratosfery o maksymalnej koncentracji ozonu, zawarty pomiędzy wysokościami od około 15 km do około 30 km nad powierzchnią Ziemi, z ostrym maksimum koncentracji — do około 10 ppm, na wysokości około 25 km (Dziewulska-Łosiowa 1991, White i inni 1992) (rys. 1). Warstwa ozonowa podlega dużym zmianom w

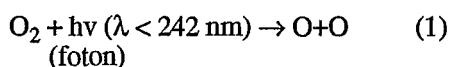


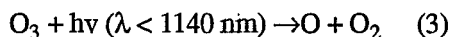
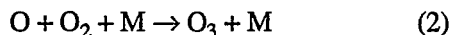
Rys. 1. Średnia globalna koncentracja ozonu O_3 i stratyfikacja termiczna atmosfery T (Prinn 1980, Graedel i Crutzen 1993, zmienione)

zależności od szerokości geograficznej i pór roku.

W stratosferze i mezosferze powstawanie ozonu jest procesem fotochemicznym (Solar radiation 1966, Dziewulska-Łosiowa 1991). Teorię fotochemiczną powstawania cząsteczek ozonu w atmosferze górnej stworzył jako pierwszy Chap-

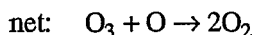
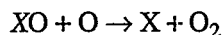
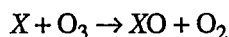
man w 1930 r., w której uwzględnione są jedynie reakcje z tlenem (tzw. mechanizm reakcji chemicznych "tylko tlen") prowadzące do powstawania (1, 2) i rozpadu (3, 4) ozonu:





M w równaniu (2) oznacza obojętne chemicznie cząsteczki lub atomy (może to być N_2 , O_2), konieczne do absorpcji nadmiaru energii, która wyzwala się w reakcji (zgodnie z prawem zachowania energii). Okazało się, że reakcja 4 w mechanizmie Chapmana istotnie zaniża rozpad ozonu (Butcher 1992).

Przez kilkadziesiąt lat (od 1930 r. do lat 70-tych) trwały poszukiwania dodatkowych reakcji prowadzących do rozpadu ozonu. Ważnym etapem tych poszukiwań było wykazanie, że istnieje druga klasa procesów katalitycznych, w wyniku których ozon jest skutecznie niszczony (Crutzen 1971, Molina i Rowland 1974 — cyt. za Charlson i in. 1992). W procesach tych bierze udział zaledwie kilka śladowych składników atmosfery zarówno pochodzenia naturalnego, jak i antropogenicznego, będących katalizatorami:



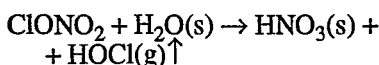
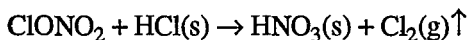
Tutaj X jest katalizatorem; mogą nim być H , OH , NO , Cl , Br . Atom chloru Cl z fotodysocjacji chlorofluorowęglanów (freony: $\text{CFC} - 11$, $\text{CFC} - 12$) jest głównym znanym katalizatorem aktualnie działającym w "dziurze ozonowej" nad Antarktydą w okresie wiosny (wrzesień — listopad).

Najważniejszymi składnikami atmosfery w spełnianiu roli rodników katalizujących konwersję O_3 w O_2 są: OH , NO , Cl , w tym najszybsze reakcje rozpadu ozonu powodują reakcje z chlorem. Są one produktami rozkładu gazów pochodzenia zarówno naturalnego, jak i antropogenicznego. Głównymi z nich są: podtlenek azotu

N_2O , para wodna H_2O , metan CH_4 oraz chlorofluorometany CFCs (chlorek metylu CH_3Cl , czterochlorek węgla CCl_4 , freon 11 — CFCl_3 , freon 12 — CF_2Cl_2).

W atmosferze zaburzonej antropogenicznymi substancjami śladowymi, w rozpadzie katalitycznym ozonu pod wpływem chloru, oprócz naturalnego cyklu chloru odgrywają rolę trzy inne cykle katalityczne, które obejmują reakcje pomiędzy związkami należącymi do różnych rodzin chemicznych — HO_x , NO_x , Cl_x (Dziewulska-Łosiowa 1991; Niedzielski, Gierczak 1992).

W latach osiemdziesiątych wysunięto hipotezę (okazała się ona trafna), że mechanizmem odpowiedzialnym za spadek ozonu nad Antarktydą są reakcje heterogeniczne (wielofazowe), tj. reakcje wymagające faz skondensowanych. Reakcje te przebiegają w bardzo zimnym wirze polarnym, w polarnych chmurach stratosferycznych, PSCs (polar stratospheric clouds) na powierzchniach kryształków lodu trójwodzianu kwasu azotowego ($\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Reakcje te można przedstawić następująco:



gdzie: s — oznacza fazę stałą lub ciekłą, g — fazę gazową, $\uparrow$ — gaz przenika do otaczającego powietrza.

Największy efekt dają reakcje w fazie stałej (Dziewulska-Łosiowa 1991, Rowland 1988, Brasseur 1988, Graedel i Crutzen 1993).

W drugiej połowie lat osiemdziesiątych ustalono bez wątpliwości, że spadek ozonu nad Antarktydą jest spowodowany głównie działalnością chemiczną atomów chloru z chlorofluorometanów CFCs w warunkach specyficznych ruchów powietrza występujących w wirze polarnym. W stratosferze tworzy się w zimie silny, stabilny, zamknięty wir polarny powietrza, odizolowany od układów cyrkulacyjnych szerokości umiar-

kowanych. Taki zamknięty układ cyrkulacyjny sprzyja utrzymywaniu się dużej koncentracji odpowiednich związków chloru i bromu. Bardzo niska temperatura powietrza, około -90°C , sprzyja tworzeniu się osobliwych chmur lodowych, które modyfikują chemię heterogeniczną, prowadząc do przyspieszenia niszczenia ozonu (Brasseur 1988; Graedel, Crutzen 1993). W październiku, wraz z nastaniem wiosny antarktycznej, pojawia się promieniowanie słoneczne, które gwałtownie uruchamia reakcje fotochemiczne prowadzące do masowego niszczenia ozonu. Jego zawartość spada na wszystkich wysokościach o ponad 50%, a na wysokości 15–20 km — niemal do zera. Wir polarny półkuli północnej jest słabszy i jest zakłócany przez cyrkulacje strefową oraz warunki topograficzne.

Chmury stratosferyczne odgrywające tak znaczną rolę w niszczeniu ozonu mogą powstawać także w średnich szerokościach geograficznych dzięki powszechnie występującym w atmosferze aerozolom stałym i ciekłym. Nie mogą one jednak wspierać procesów heterogenicznych na skalę antarktyczną z tego powodu, że chmury te zbudowane są z małych kropelek stanowiących mieszaninę kwasu siarkowego i wody o znacznie mniejszej zdolności katalitycznej. Ponadto gęstość tych chmur jest o 1–2 rzędy wielkości mniejsza niż w chmurach antarktycznych.

Ozon występuje także w troposferze, poczynając od powierzchni Ziemi. Długo utrzymywał się pogląd, że ozon ten pochodzi głównie ze stratosfery. Obecnie wiadomo, że ozon powstaje także w troposferze na skutek fotochemicznego utleniania węglowodorów, przede wszystkim metanu (także tlenku węgla CO) w obecności tlenków azotu NO i NO₂ jako katalizatorów. Jego rozkład przestrzenny zależy od rozkładu źródeł skażeń atmosferycznych (obszary uprzemysłowione), czyli w ogromnej mierze od czynnika antropogenicznego. Ozon troposferyczny jest to-

ksyczny, bierze udział w powstawaniu szkodliwego smogu fotochemicznego i kwaśnych deszczy. Natomiast ozon stratosferyczny chroni biosferę przed nadmiarem szkodliwego promieniowania słonecznego UV. W ostatnich dwudziestu latach koncentracja ozonu stratosferycznego zmniejsza się, a koncentracja ozonu w troposferze — wzrasta.

Działalność człowieka prowadząca do niszczenia ozonu jest wieloraka. Oblicza się, że jeżeli produkcja freonów zostanie całkowicie wyeliminowana do 2000 r., to w 2030 r. spadek ozonu wynosić będzie 10% w odniesieniu do 1965 r.

Istnieje wiele innych źródeł antropogenicznego skażenia atmosfery. Mogą to być molekuły NO i NO₂ powstające pod wpływem wysokiej temperatury z rozkładu molekuł powietrza w czasie dokonywania wybuchów atomowych.

Wzrastające stosowanie nawozów azotowych w rolnictwie prowadzi do wzrostu N₂O w glebie pod wpływem bakterii denitryfikacyjnych. W następstwie działania pionowych prądów powietrza N₂O może być przenoszony aż do stratosfery. Zwiększenie produkcji bromku metylu CH₃Br, stosowanego w rolnictwie do odymiania, może również doprowadzić do pojawienia się w stratosferze zwiększonej koncentracji bromu.

Rakiety i statki kosmiczne na paliwo stałe oraz samoloty naddźwiękowe, wykonujące loty na wysokości 18–28 km, wyrzucają do atmosfery pewne ilości chlorku wodoru i tlenków azotu, które przyczyniają się tylko w bardzo małym stopniu do spadku zawartości ozonu.

W celu sprawdzenia działania wszystkich możliwych mechanizmów prowadzących do zmniejszania się ilości ozonu w stratosferze należy prowadzić stały monitoring ozonu w skali globalnej i regionalnej.

W 1987 r. podpisana została międzynarodowa konwencja (Protokół Montrealski) zobowiązująca do zatrzymania produ-

kcji chloropochodnych węglowodorów na poziomie 1986 r. W Helsinkach w maju 1989 r. przyjęto wniosek o całkowitym zakazie produkcji tych związków po 2000 r. W 1990 r. w Londynie wiele krajów zobowiązało się do całkowitego wyeliminowania produkcji tych gazów już do 1997 r. Polska także podpisała Protokół Montrealski i jest członkiem Konwencji Wiedeńskiej dotyczącej ochrony środowiska.

Przestrzenny rozkład ozonu i zmiany jego zawartości w atmosferze

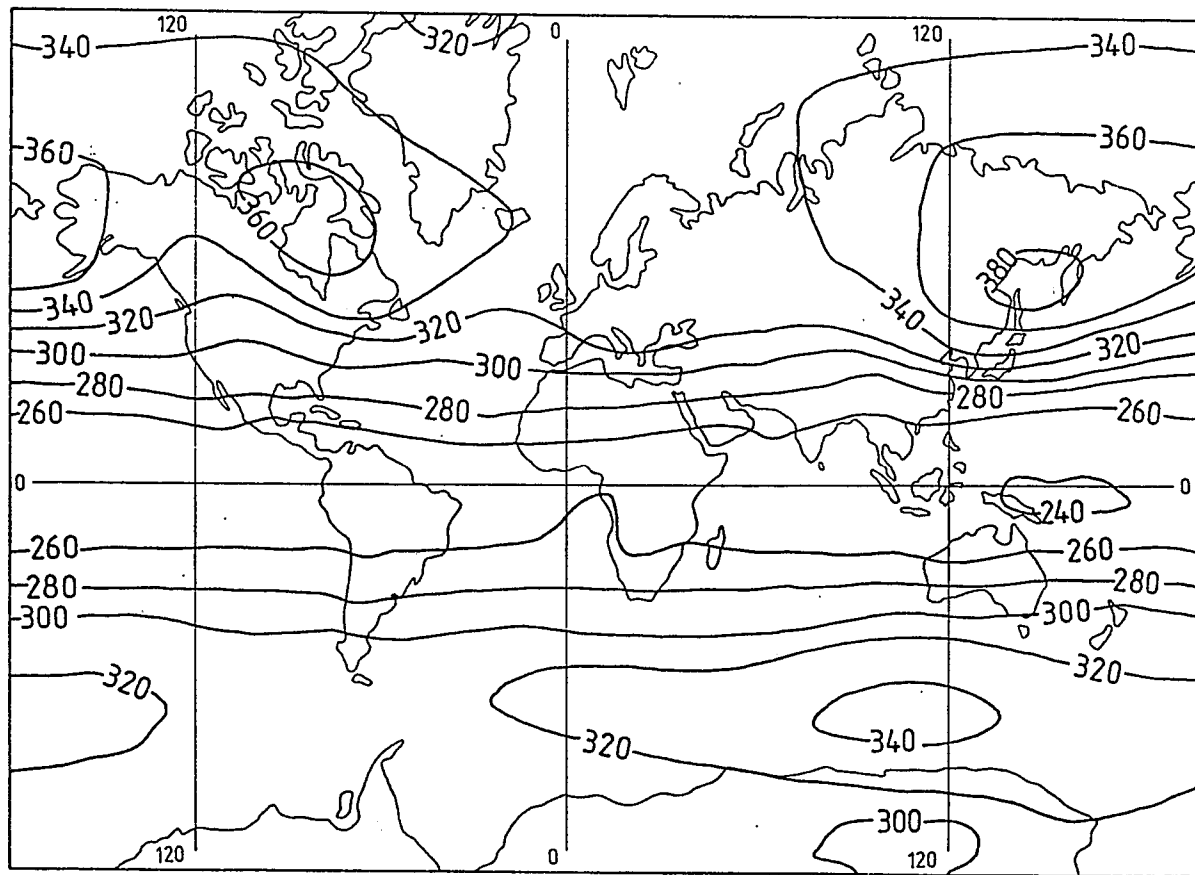
W statycznym modelu ozonu stratosferycznego (bez cyrkulacji atmosferycznej) maksymalna koncentracja ozonu byłaby w okołorównikowych szerokościach geograficznych, na wysokości powyżej 30 km nad powierzchnią ziemi. W rzeczywistości ogólna cyrkulacja atmosferyczna sprawia, że maksymalna koncentracja ozonu występuje w obszarach polarnych, na wysokości 18 km (Prinn 1980), pomimo że największa produkcja ozonu ma miejsce w szerokościach okołorównikowych (na wysokościach około 30 km). Ilość ozonu w wyższych szerokościach jest o 50% większa aniżeli w rejonie równika. Pomimo że wiatry w stratosferze mogą mieć dużą prędkość, to jednak występujący tu stały wzrost temperatury z wysokością powoduje dużo większą stabilność ruchów pionowych aniżeli w troposferze. Ma to niekorzystne konsekwencje dla ozonu, gdyż niszczące go związki chemiczne, po dostaniu się do atmosfery, dopiero po dłuższym okresie mogą być przeniesione do powierzchni ziemi.

Koncentracja ozonu atmosferycznego zależy od wysokości nad powierzchnią Ziemi, szerokości geograficznej i pory roku. Zmiany czasowe są dobowe, sezonowe, dwuletnie i wieloletnie. W geograficznym rozkładzie ozonu (rys. 2) charakterystyczne jest występowanie minimum całkowitej zawartości ozonu w sferze równikowej i jej wzrost w kierunku biegunów. Najwyższa

wartość na półkuli północnej występuje w szerokościach geograficznych 70–75°N i na przełomie marca i kwietnia wynosi 460 D (warstwa ozonu o grubości 1 mm, pod ciśnieniem 1 atmosfery i w temperaturze 0°C odpowiada 100 miliatmocentymetrów [matm cm]; 1 matm cm nosi nazwę dobsona, D). Na półkuli południowej najwyższe wartości koncentracji ozonu mają miejsce w szerokościach 50–60° S, na przełomie września — października wynoszą 400 D. Minimum zawartości ozonu na obydwu półkulach przypada na jesień. Na obszarach polarnych koncentracja ozonu wzrasta o 50%, wahania dzienne mogą dochodzić do 25%. Duży wpływ na dobowe zmiany w zawartości ozonu mają warunki meteorologiczne (np. napływ mas powietrza arktycznego). Natomiast makroskalowe procesy cyrkulacji na kuli ziemskiej wywołują periodyczne wahania w zawartości ozonu. Zmiany promieniowania słonecznego w zakresie ultrafioletowego widma są również przyczyną zmian zawartości ozonu w cyklu 27-dniowym (średni okres obrotu Słońca dookoła osi) i w cyklu 11-letnim (plamy słoneczne). Naturalne zmiany w koncentracji ozonu w atmosferze ziemskiej powoduje także promieniowanie korpuskularne Słońca i większe erupcje wulkaniczne.

Szczególnie ciekawe, chociaż bardzo trudne, są badania trendów wieloletnich zmian zawartości ozonu. Jednoznaczna odpowiedź w tym zakresie pozwoli na ocenę wielkości wpływów antropogenicznych na ozon. Obecnie wiadomo, że na pewno następuje powiększanie się "dziury ozonowej" nad Antarktydą oraz zaznacza się stały, powolny trend spadkowy zawartości ozonu w średnich i wyższych szerokościach geograficznych (poza wirem polarnym). Znaczące zmiany długookresowe nie zachodzą jedynie w szerokościach międzyzwrotnikowych (Graedel i Crutzen 1993).

Występujące cykle naturalne zmian zawartości ozonu nakładają się na zmiany wywołane czynnikami antropogenicznymi



Rys. 2. Średni rozkład całkowitej zawartości ozonu nad powierzchnią Ziemi obliczony za okres czterech lat na podstawie wyników uzyskanych metodą TOMS z satelity Nimbus 7 (Bowman i Kruger 1985, cyt. za Dziewulska-Łosiowa 1991)

i na ogół trudno jest wydzielić, który czynnik przeważa. Ostatnio stwierdzono istotny spadek zawartości ozonu w dolnej stratosferze po 1991 r. wiosną w średnich szerokościach geograficznych. Oceny te są jednak bardzo trudne. Spadek zawartości ozonu, zaobserwowany w okresie zaledwie kilku miesięcy, może wywierać istotny wpływ na kierunek i wielkość trendu wieloletniego zmian zawartości ozonu.

Wpływ ozonu atmosferycznego na warunki biometeorologiczne

Wpływ zawartości ozonu w atmosferze na klimat, pogodę i bioklimat jest tak złożony, że obecnie nie można dokładnie wyjaśnić, jaką rolę odgrywa ozon i zmiany jego zawartości na te procesy i zjawiska.

Ozon w stratosferze odgrywa ważną rolę w przemianach energetycznych. W wyniku niemal całkowitej absorpcji wysokoenergetycznego promieniowania UV o długości fal poniżej 290 nm, a także występowania pasm absorpcyjnych ozonu w części widzialnej i podczerwieni, w tropopauzie (od wysokości ok. 10 km) występuje izotermia, a poczynając od wysokości 30 km, gdzie temperatura wynosi około -50°C , następuje stosunkowo szybki wzrost temperatury do około 0°C (sezonowe zmiany wahają się w przedziale $\pm 20^{\circ}\text{C}$), na wysokości 50 km (rys. 1). Mają więc tu miejsce silne gradienty termiczne, które przyczyniają się do znacznego zwiększenia prędkości wiatru w prądzie strumieniowym. Zjawiska izotermii i inwersji temperatury w stratosferze przeciwdziałają zbyt silnemu rozwojowi prądów turbulencyjnych w tej warstwie atmosfery, a także hamują rozwój prądów konwekcyjnych dochodzących z troposfery. Zjawiska te mają swoje dalsze konsekwencje w cyrkulacji atmosferycznej w troposferze i wpływają na kształtowanie się pogody na powierzchni ziemi.

Ozon jest także zaliczany do tzw. gazów szklarniowych, wpływających na podwy-

ższenie temperatury powierzchni ziemi i powietrza w dolnej troposferze w następstwie absorpcji i reemisji promieniowania cieplnego (podczerwonego).

Znacząca rola ozonu troposferycznego polega także na tym, że współuczestniczy on w tworzeniu zjawiska smogu fotochemicznego i odgrywa rolę w powstawaniu kwaśnego deszczu z SO_2 i NO_2 . Może też przyczyniać się, mając właściwości utleniające, do oczyszczania atmosfery z zanieczyszczeń śladowych związanych z procesami biologicznymi i przemysłowymi.

Zmiany zawartości ozonu w stratosferze pociągają za sobą zmiany w natężeniu promieniowania ultrafioletowego. Promieniowanie UV-B w przedziale długości fal 290–320 nm jest najważniejsze biologicznie. Badania wykazały, że zmniejszenie zawartości ozonu o 1% powoduje wzrost efektywnej dawki promieniowania UV-B prawie o 2%, co z kolei wywołuje wzrost zapadalności na raka skóry podstawonokomórkowego o 4% i raka płaskonabłonkowego (śluzówki) — prawie o 6%. Przy spadku ozonu stratosferycznego o 10% zapadalność na ww. choroby wzrasta odpowiednio — prawie o 50% i 90%. Czerniak złośliwy (odmiana raka skóry) również jest wywołany nadmiarem promieniowania UV-B. Wzrost promieniowania UV-B przyczynia się także do wzrostu zapadalności na kataraktę oczną (zaćmę) oraz do osłabienia systemu odpornościowego organizmów ludzkich. Promieniowanie UV przyspiesza starzenie skóry, wywołuje takie zmiany, jak zgrubienia i przebarwienia skóry oraz zmarszczki.

Zbadano około 200 gatunków roślin pod kątem ich wrażliwości na promieniowanie UV-B. Około połowa z nich wykazuje negatywne reakcje na wzrost promieniowania w tym zakresie. Stwierdzono takie zmiany, jak zmniejszenie powierzchni liści i pędów roślin oraz spadek fotosyntezy. W przypadku soi zaobserwowano zmniejszenie plonu o 50%, wywołane zmniejszeniem zawartości ozonu stratosferycznego o 25%.

Przypuszcza się także, że nasświetlenie promieniami UV-B wpływa negatywnie na naturalne wiązanie azotu przez rośliny.

Zwrócono uwagę na negatywne oddziaływanie wzrostu promieniowania UV-B na ekosystemy morskie. Może to być niszczące działanie bezpośrednie lub pośrednie poprzez spadek aktywności fotosyntezy, ponieważ plankton pod wpływem UV-B przemieszcza się na większą głębokość.

Oddziaływanie promieniowania UV-B na człowieka w szerokościach umiarkowanych jest mniejsze aniżeli w strefie międzyzwrotnikowej, gdzie biosfera wytworzyła najsilniejsze mechanizmy defensywne (np. ciemny kolor skóry). Promieniowanie UV-B ma zarówno działanie lecznicze, jak też szkodliwe. Nie ma jednak powodu do paniki. W celu ograniczenia szkodliwego wpływu UV-B wskazane jest, aby w półroczu letnim, w godzinach 10–15, ograniczać czas przebywania (opalanie się) na otwartej przestrzeni, gdy tarcza słoneczna nie jest zasłonięta. Należy stosować kremy z filtrami UV-B oraz nosić okulary ze specjalnego szkła zatrzymującego promieniowanie UV. Zwykle ciemne okulary wzmagają szkodliwe działanie promieniowania. W przypadku braku okularów specjalnych lepiej jest, zamiast zwykłych okularów ciemnych, osłaniać oczy w inny sposób przed działaniem promieniowania słonecznego bezpośredniego. Warto też wiedzieć, że szyba szklana zapewnia wystarczającą ochronę przed promieniowaniem ultrafioletowym na wszystkich szerokościach geograficznych i w ciągu całego dnia (Niedzielski, Gierczak 1992).

Ilość dopływającego promieniowania UV do powierzchni ziemi ulega szybko zmniejszeniu w miarę wzrostu długości drogi promieniowania w atmosferze ziemskiej (tj. przy wysokości Słońca nad horyzontem mniejszej od około 45°C) oraz w przypadku wzrostu zanieczyszczenia atmosfery (zmgłnienia). Tak więc w wa-

runkach klimatycznych Polski występuje stosunkowo mało typowych sytuacji, gdy zwiększony dopływ promieniowania UV w wyniku okresowych zmian w zawartości ozonu stratosferycznego może wywoływać schorzenia.

Ze względu na złożoność omawianej problematyki, jej aktualność i ciągłe gromadzenie nowych wyników badań naziemnych i satelitarnych, konieczne jest śledzenie na bieżąco najnowszych publikacji w tym zakresie.

Literatura

- BRASSEUR G.P. i in. 1988: *Group report changes in Antarctic ozone*. [W:] *The changing atmosphere* (red. Rowland F.S. i Isaksen I.S.A.). John Wiley and Sons. Chichester: 235–256.
- BUTCHER S.S. 1992: *Equilibrium, rate, and nature systems*. [W:] *Global biogeochemical cycles* (red. Butcher S.S. i in.). Academic Press. London: 73–92.
- CHARLSON R.J. 1992: *The atmosphere*. [W:] *Global biochemical cycles* (red. Butcher S. S. i in.). Academic Press. London: 213–218.
- CHARLSON R.J., ORIANI G.H., WOLFE G.V., BUTCHER S.S. 1992: *Human modification of global biogeochemical cycles*. [W:] *Global biogeochemical cycles* (red. Butcher S. S. i in.). Academic Press London: 353–361.
- DZIEWULSKA-ŁOSIOWA A. 1991: *Ozon w atmosferze*. PWN, Warszawa: 396.
- GRAEDEL T.E., CRUTZEN P.J. 1993: *Atmospheric change*. W. H. Freeman and Company. New York: 446.
- NIEDZIELSKI J., GIERCZAK T. 1992: *Przyczyny i następstwa ubytku ozonu w stratosferze*. BMS. Warszawa: 96.
- PRINN R.G. 1980: *Atmospheric ozone*. [W:] *Encyclopedia of ocean and atmospheric sciences* (red. Parker S.P.). McGraw-Hill, Inc. New York: 49–51.
- ROWLAND F.S. 1988: *Some aspects of chemistry in the springtime antarctic stratosphere*. [W:] *The changing atmosphere* (red. Rowland F.S. i Isaksen I.S.A.). John Wiley and Sons. Chichester: 121–137.
- Solar radiation*. 1966. (red. Robinson N.). Elsevier Publishing Company. Amsterdam: 47–110.
- WHITE I.D., MOTTERSHEAD D.N., HARRISON S.J. 1992: *Environmental systems*. Chapman and Hall. London: 497–521.

Summary

On the ozone in the atmosphere and its role in the climate and the biosphere. In the presented paper the basic questions of the formation and destruction of the stratospheric ozone, the contribution of the natural and anthropogenic factors in the ozone depletion and the formation of the antarctic ozone hole, also

the influence of the atmospheric ozone on the climatic and bioclimatic conditions were described.

Authors' address

B. Łykowski, Cz. Szwed-Ilnicka
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Awifauna zróżnicowanych środowisk w dolinie środkowej Jezioroki

Wstęp

Bardzo istotnym elementem ekosystemu doliny rzecznej jest fauna kręgową. Zróżnicowanie biotopu doliny i zachowanie zbliżonych do naturalnych zespołów roślinnych sprzyja dużej różnorodności gatunkowej kręgowców (Żbikowski, Żelazo 1993). Spośród fauny kręgowej najliczniej reprezentowaną gromadą są ptaki. W czasie badań prowadzonych na rzece Jeziorce podjęto próbę inwentaryzacji awifauny doliny w środkowym odcinku cieku, której celem było ustalenie składu gatunkowego, jego zróżnicowania i struktury dominacji w określonych strefach biotopu.

Charakterystyka terenu badań

Jezioroka jest lewobrzeżnym dopływem Wisły o długości około 70 kilometrów. Obiektem badań był 3-kilometrowy odcinek (23–26 km od ujścia) w okolicach wsi Bogatki. Malowniczo meandrujące koryto Jezioroki jest otoczone pasem zadrzewień i zakrzaczeń, będących resztką panujących tu pierwotnie naturalnych olsów (*Ribonigri-Alnetum*) i łęgów (*Fraxino-Ulmetum* i *Circae-Alnetum*). Wzdłuż całego biegu rzeki, z przerwami powodowanymi użytkowaniem, ciągnie się pas, który można zidentyfikować jako łęg wierzbowy (*Salicetum albae-fragilis*). Lista florystyczna

zbiorowisk związanych bezpośrednio z wodami płynącymi jest uboga, jedynie na niewielkich płatach w korycie rzeki występują zbiorowiska szuwarowe pałki szeroko- i wąskolistnej (*Typhetum latifoliae* i *Typhetum angustifoliae*) oraz manny wielkiej (*Glycerietum maximae*).

Na terenie terasy zalewowej dominują dość intensywnie użytkowane łąki i pastwiska, niemniej istnieją niewielkie obszary (zwarte kępy roślinności, starorzecza) o charakterze naturalnym.

Metodyka

Obserwacje przeprowadzano od maja do października 1993 roku, w odstępach około 1–2 tygodni, w różnych porach dnia. Teren całej doliny rzecznej podzielono na trzy sfery: biotopów wodnych wraz z roślinnością stref przejściowej, roślinności brzegowej i terasy zalewowej. W obrębie tej ostatniej można dodatkowo wyróżnić siedlisko zwartych kęp drzew i krzewów.

Ustalono skład gatunkowy i oszacowano liczebność poszczególnych gatunków w każdej ze stref.

Obliczono wskaźnik różnorodności gatunkowej Simpsona według wzoru

$$\frac{N(N-1)}{\sum (ni)(ni-1)}$$

gdzie:

N — liczba osobników wszystkich gatunków,

n — liczba osobników gatunku i (Collier 1978).

Ustalono również dla każdej ze stref dominantów i subdominantów według prostego wzoru

$$D = n/N \times 100\%$$

gdzie:

D — procent dominacji,

N i n — jak wyżej.

Wyniki

Ogółem stwierdzono występowanie 63 gatunków ptaków.

Ze strefą biotopów wodnych i roślinności sfery przejściowej związanych bezpośrednio było 6 gatunków (tab. 1), z pasem roślinności brzegowej — 34 gatunki (tab. 2), na obszarze terasy zalewowej stwierdzono 37 gatunków, z czego 16 w zwartych kępach roślinności krzewiastej i drzewiastej (tab. 3)

Współczynniki różnorodności gatunkowej Simpsona wyniosły:

— dla strefy biotopów wodnych i przejściowej — 4,33

— dla strefy brzegowej — 20,68

— dla strefy terasowej — 9,52 (dla siedliska zwartych kęp — 4,96).

Strukturę dominacji gatunkowej w poszczególnych strefach prezentują rysunki

TABELA 1. Lista gatunków związanych ze strefą biotopów wodnych i strefą przejściową

krzyżówka	— <i>Anas platyrhynchos</i>
łyśka	— <i>Fulica atra</i>
śmieszka	— <i>Larus ridibundus</i>
zimorodek	— <i>Acedo atthis</i>
trzcinniak	— <i>Acrocephalus arundinaceus</i>
potrzos	— <i>Emberiza schoeniculus</i>

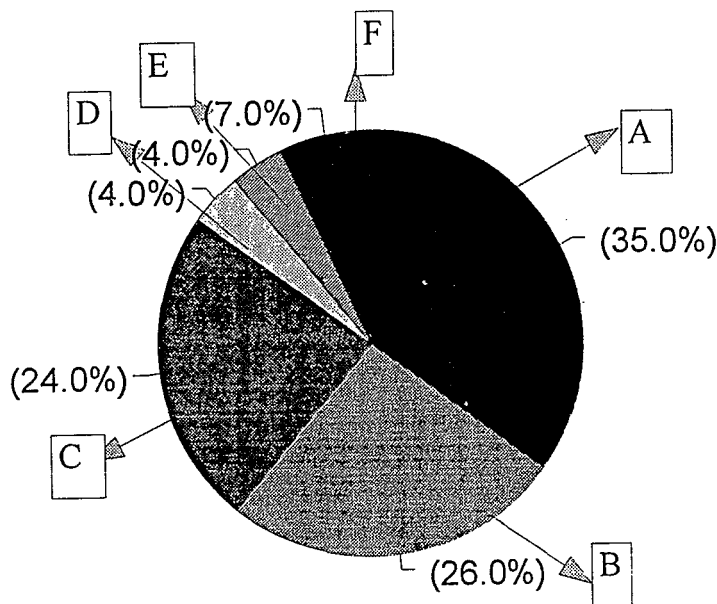
1–4. W strefie biotopów wodnych i strefy przejściowej dominowały mewa śmieszka i potrzos, w strefie brzegowej — kwiczoł, zięba i szpak; w strefie terasowej — wróbel i mazurek. W siedlisku kęp roślinności krzewiastej i drzewiastej zdecydowanym dominantem okazał się kwiczoł.

TABELA 2. Lista gatunków związanych ze strefą roślinności brzegowej

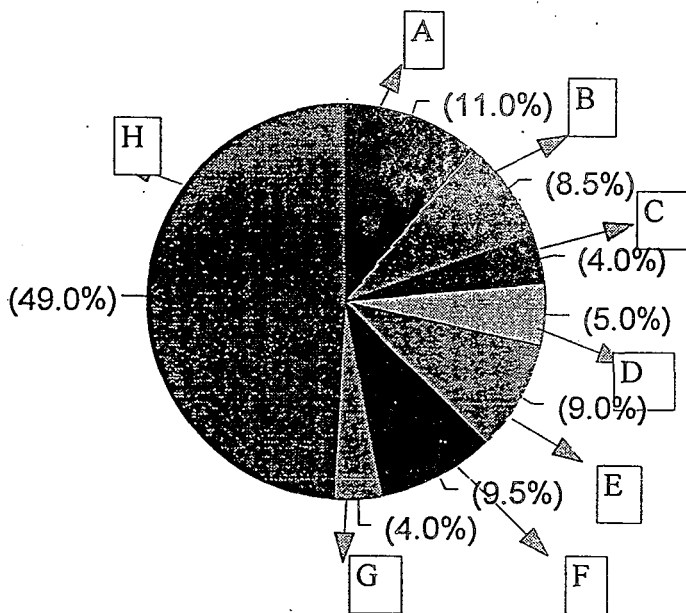
grzywacz	— <i>Columba palumbus</i>
kukulka	— <i>Cuculus canorus</i>
uszatka	— <i>Asio otus</i>
dudek	— <i>Upupa epops</i>
dzięcioł duży	— <i>Dendrocopos major</i>
gąsiorek	— <i>Lanius collurio</i>
dzierzba	
czarnoczelna	— <i>Lanius minor</i>
szpak	— <i>Sturnus vulgaris</i>
sójka	— <i>Garrulus glandarius</i>
sroka	— <i>Pica pica</i>
strzyżyk	— <i>Troglodytes troglodytes</i>
pokrzywnica	— <i>Prunella modularis</i>
zaganiacz	— <i>Hippolais icterina</i>
kapturka	— <i>Sylvia atricapilla</i>
cierniówka	— <i>Sylvia communis</i>
piegża	— <i>Sylvia curruca</i>
pierwiosnek	— <i>Phylloscopus collybita</i>
muchotówka	
szara	— <i>Muscicapa striata</i>
pokląska	— <i>Saxicola rubetra</i>
rudzik	— <i>Erithacus rubecula</i>
słownik szary	— <i>Luscinia luscinia</i>
podróżniczek	— <i>Luscinia svecica</i>
kwiczoł	— <i>Turdus pilaris</i>
kos	— <i>Turdus merula</i>
śpiewak	— <i>Turdus philomelos</i>
mniszka	— <i>Parus palustris</i>
bogatka	— <i>Parus major</i>
modraszka	— <i>Parus caeruleus</i>
kowalik	— <i>Sitta europaea</i>
pełzacz leśny	— <i>Certhia familiaris</i>
zięba	— <i>Fringilla coelebs</i>
dzwoniec	— <i>Carduelis chloris</i>
dziwonia	— <i>Carpodacus erythrinus</i>
gil	— <i>Pyrhulla pyrrhulla</i>
trznadel	— <i>Emberiza citrinella</i>

TABELA 3. Lista gatunków związanych z terenem terasy zalewowej

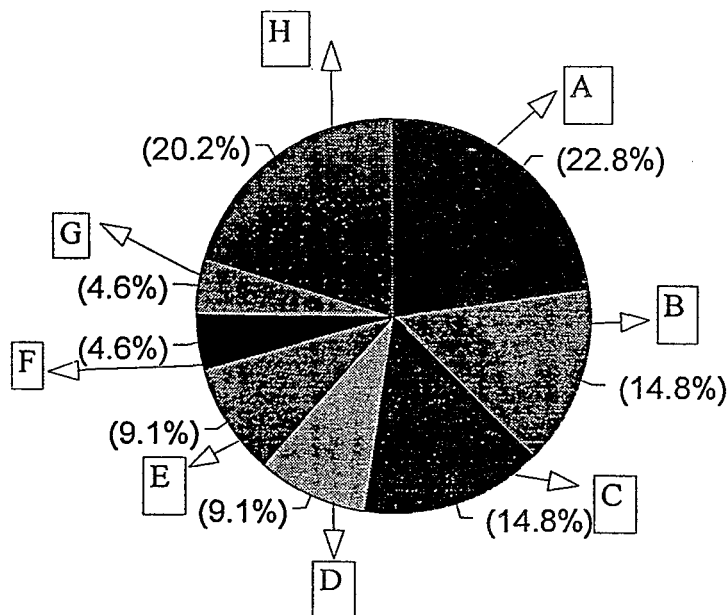
Łąki i pola	Zwarte kępy drzew i krzewów
czapla siwa — <i>Ardea cinerea</i>	grzywacz — <i>Columba palumbus</i>
bocian biały — <i>Ciconia ciconia</i>	kukułka — <i>Cuculus canorus</i>
jastrząb — <i>Accipiter gentilis</i>	uszatka — <i>Asio otus</i>
krogulec — <i>Accipiter nisus</i>	dudek — <i>Upupa epops</i>
myszołów zwyczajny — <i>Buteo buteo</i>	dzięcioł zielony — <i>Picus viridis</i>
pustułka — <i>Falco tinnunculus</i>	dzięcioł czarny — <i>Dryocopus martius</i>
kuropatwa — <i>Perdix perdix</i>	gąsiorek — <i>Lanius collurio</i>
bażant — <i>Phasianus colchicus</i>	dzierżba czarnoczelna — <i>Lanius minor</i>
czajka — <i>Vannellus vanellus</i>	wilga — <i>Oriolus oriolus</i>
rycyk — <i>Limosa limosa</i>	sroka — <i>Pica pica</i>
uszatka — <i>Asio otus</i>	kapturka — <i>Sylvia atricapilla</i>
pójdźka — <i>Athene noctua</i>	ciemniówka — <i>Sylvia communis</i>
puszczyk — <i>Strix aluco</i>	rudzik — <i>Erithacus rubecula</i>
skowronek — <i>Alauda arvensis</i>	słowiak szary — <i>Luscinia luscinia</i>
pliszka żółta — <i>Motacilla flava</i>	kwiczoł — <i>Turdus pilaris</i>
kawka — <i>Corvus monedula</i>	dziwonina — <i>Carpodacus erythrinus</i>
gawron — <i>Corvus frugilegus</i>	
wrona — <i>Corvus corone corone</i>	
wróbel — <i>Passer domesticus</i>	
mazurek — <i>Passer montanus</i>	
szczygieł — <i>Carduelis carduelis</i>	
makolągwa — <i>Acanthis cannabina</i>	
trznadel — <i>Emberiza citrinella</i>	
ortolan — <i>Emberiza hortulana</i>	



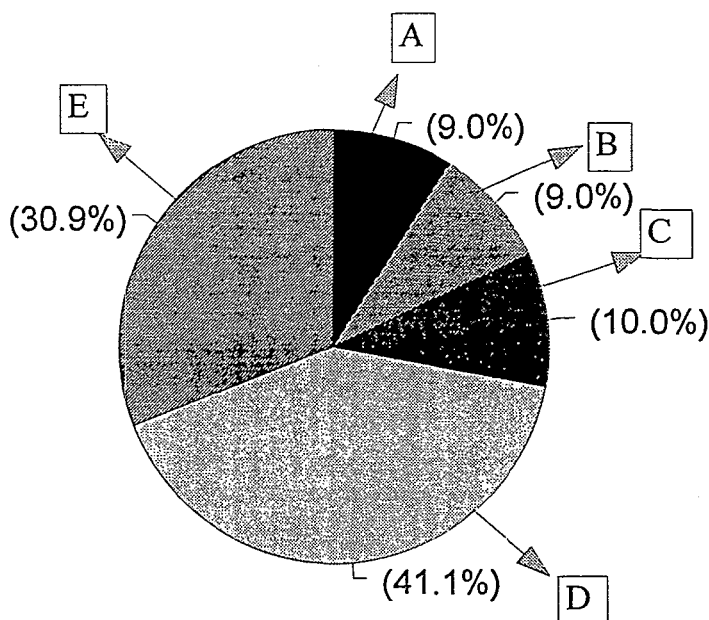
Rys. 1. Struktura dominacji awifauny strefy biotopów wodnych i przejściowej; A — *Larus ridibundus*, B — *Emberiza schoeniculus*, C — *Anas platyrhynchos*, D — *Fulica atra*, E — *Alcedo atthis*, F — *Acrocephalus arundinaceus*



Rys. 2. Struktura dominacji awifauny strefy brzegowej; A — *Turdus pilaris*, B — *Sturnus vulgaris*, C — *Lanius collurio*, D — *Pica pica*, E — *Fringilla coelebs*, F — *Parus major*, G — *Carduelis chloris*, H — Inne



Rys. 3. Struktura dominacji awifauny siedlisk łąkowych i polnych w strefie terasy zalewowej; A — *Passer domesticus*, B — *Passer montanus*, C — *Corvus frugilegus*, D — *Corvus monedula*, E — *Carduelis carduelis*, F — *Vannellus vannellus*, G — *Alauda arvensis*, H — Inne



Rys. 4. Struktura dominacji awifauny zwartych kęp drzew i krzewów w strefie terasy zalewowej; A — *Lanius collurio*, B — *Pica pica*, C — *Luscinia luscinia*, D — *Turdus pilaris*, E — Inne

Podsumowanie i wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano obraz awifauny środkowego odcinka doliny Jezioroki. Wydaje się ona stosunkowo bogata i różnorodna, a niektóre ze stwierdzonych gatunków uważane są za rzadkie (jastrząb, krogulec, dudek, dzięcioł czarny, dziwonia, dzierzba czarnoczelna). Najbardziej różnorodna pod względem występującej fauny ptaków okazała się strefa roślinności brzegowej, co potwierdza to jej duże znaczenie w celu utrzymania ekosystemu doliny rzecznej w stanie równowagi.

Największa liczba gatunków została stwierdzona w strefie terasowej. W siedliskach łąkowo-polnych tej strefy dominowały tu synantropijne gatunki odżywiające się na polach (wróble, krukowate). Odmienny skład gatunkowy charakteryzował siedlisko zwartych kęp drzew i krzewów w obrębie terasy, gdzie występowały gatunki charakterystyczne dla biotopu typu parko-

wego (Gotzman, Jabłoński 1973). Niski współczynnik różnorodności gatunkowej dla tego siedliska spowodowany został przez bardzo wyraźną ($D = 41,1\%$) dominację kwiczoła.

Niewielka liczba gatunków związanych bezpośrednio ze strefami biotopów wodnych i przejściową wynika z niewielkiego obszaru fitocenoz szuwarowych w ich obrębie. Otrzymane wyniki potwierdzają fakt, iż duża różnorodność gatunkowa ptaków jest charakterystyczna dla siedlisk o wysokim stopniu naturalności.

Literatura

- COLLIER B., COX G., JOHNSON A., MILLER PH. 1978: *Ekologia dynamiczna* PWRiL, Warszawa.
 GOTZMAN J., JABŁOŃSKI B. 1973: *Gniazda naszych ptaków*. PWRiL, Warszawa.
 ŻBIKOWSKI A., ŻELAZO J. 1993: *Ochrona środowiska w budownictwie wodnym materiały informacyjne*. "Falstaff", Warszawa.

Summary

The birds of middle Jeziorka different habitats. The birds species diversity in different habitats of small lowland stream Jeziorka valley was studied. The Simpson coefficient for different habitats was figured out. The riparian zone with natural plants communities was characterized by highest value of species diversity coefficient. Some uncommon species of birds were observed (Goshawk, Sparrowhawk, Black Woodpecker, Rosefinch).

Author's address

P. Ogłęcki
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warsaw

Recenzja pracy mgr Pawła Ogłęckiego

pt. "Awifauna zróżnicowanych środowisk w dolinie środkowej Jeziorki"

Praca liczy 2 strony (w tym angielskie streszczenie), 3 tabele i 4 rysunki. Zawiera wyniki badań awifauny 3 km odcinka doliny rzeki Jeziorki, dopływu Wisły o stosunkowo naturalnym charakterze. Odcinek ten zlokalizowany jest na wysokości wsi Bogatki w pobliżu Jazgarzewa. Autor wyróżnił w obrębie doliny typy siedlisk i zarejestrował zespoły awifauny.

Ustalenie składu faunistycznego siedlisk rzecznych ma duże znaczenie przy działaniach zmierzających do utrzymania naturalnego charakteru rzek lub ich renaturyzacji. Kontynuacja tego typu badań na innych ciekach powinna doprowadzić do stworzenia wyjściowej bazy danych na temat biologicznej zabudowy różnych typów cieków.

Pod względem metodycznym zastrzeżeniem do pracy jest nieprzeprowadzenie obserwacji w okresie wiosennym, przez co mogły zostać nie zarejestrowane gatunki przelotne, zwłaszcza wodno-błotne. Ponadto dla uzyskania pełnego obrazu obserwacje powinny być powtórzone i obejmować 2-3 sezony. Niemniej praca daje obraz awifauny środkowego odcinka Jeziorki i może być wykorzystana przy badaniach porównawczych innych cieków nizinnych.

dr Kinga Pachuta
Warszawa 1994.05.25

Henryk PAWLAT, Edward WIENCLAW

Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW

Stanisław WIŚNIEWSKI

Biuro Studiów i Projektów Gospodarki Wodnej Rolnictwa "Bipromel" w Warszawie

Kierunki gospodarki wodnej w paśmie Gocław-Julianów dla potrzeb szczegółowego planu zagospodarowania przestrzennego

Wstęp

Pasma Gocław-Julianów położone jest w granicach administracyjnych Warszawy-Pragi Południe. Zajmuje obszar wzdłuż rzeki Wisły między Osiedlem Gocław a Osadą Julianów (rys. 1).

W Paśmie tym, w miejscowym planie ogólnym zagospodarowania przestrzennego miasta stołecznego Warszawy, wydzielono trzy obszary funkcjonalne: MU-19, 0-55 i X-72 o łącznej powierzchni 1400 ha (Rościszewski i in. 1992). W ich granicach planowana jest budowa osiedla mieszkaniowego.

Obszar 0-55 stanowić ma strefę ochronną przyrodniczego systemu miasta, obszar MU-19 „pełnić ma funkcję mieszkaniowo-usługową, a X-72 — możliwości urbanistycznych.

Zarząd Dzielnicy-Gminy Warszawa-Praga Południe aktualnie opracowuje szczegółowy plan zagospodarowania przestrzennego dla Pasma Gocław-Julianów. Dla jego potrzeb Pawlat i in. (1993) opracowali strategię gospodarki wodnej. W niniejszym artykule przedstawiono jej syntezę.

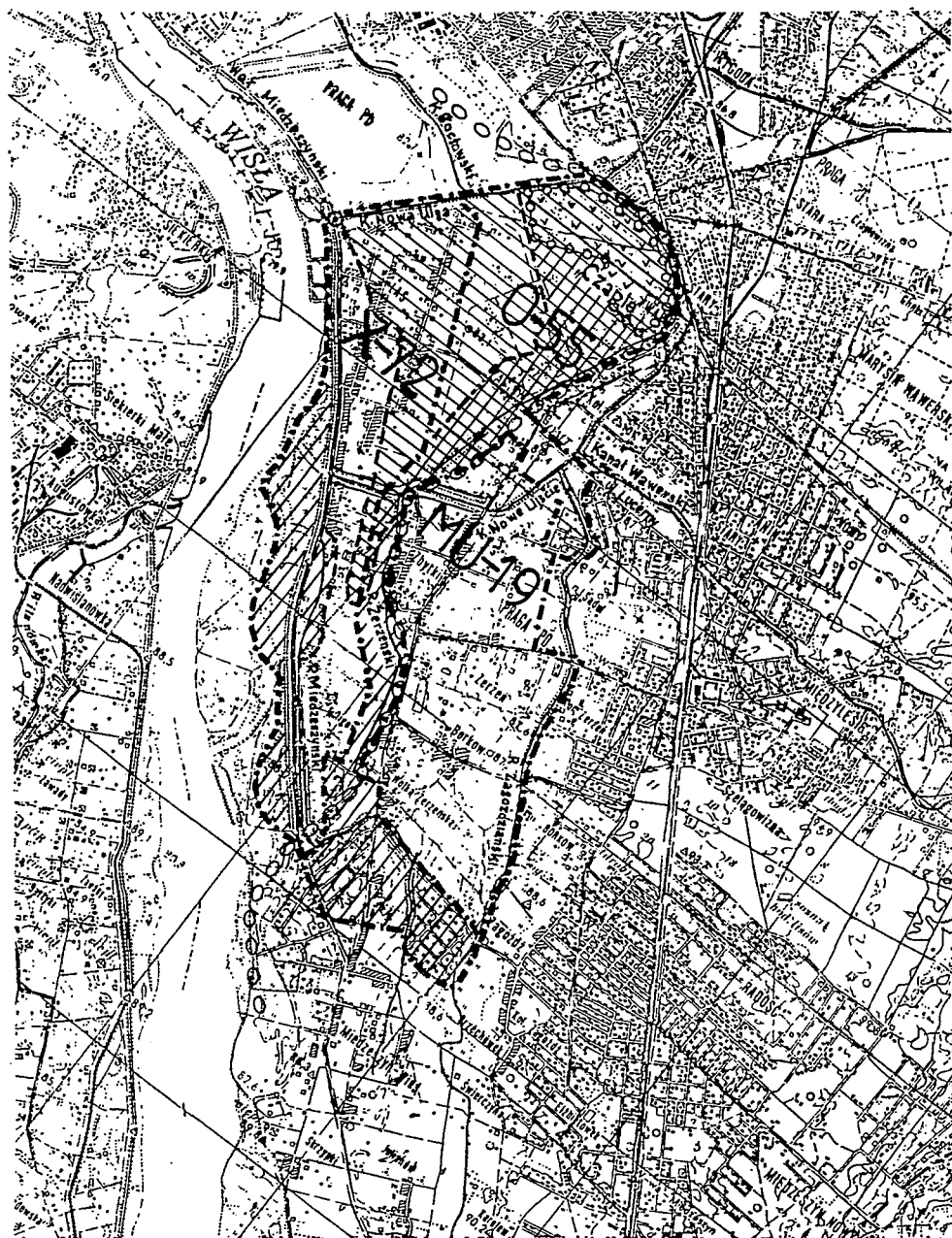
Uwarunkowania przyrodnicze gospodarki wodnej

Środowisko przyrodnicze Pasma Gocław-Julianów charakteryzuje się bardzo dużą różnorodnością elementów biotycznych i abiotycznych, ukształtowanych głównie przez Wisłę i działalność człowieka (rys. 1).

Morfologicznie obszar podzielony jest na taras zalewowy i nadzalewowy. Taras zalewowy, o bardzo dużej zmienności litologicznej, wyścielony jest utworami aluwialnymi i bagiennymi. Na tarasie nadzalewowym występują twory mineralne lekkie, z których wytworzyły się gleby brunatne oraz lokalnie gleby organiczne.

W naturalnych warunkach na tarasie zalewowym występowały łęgi i bagieny las olszowy, a na tarasie nadzalewowym — świeży bór mieszany, lokalnie grąd wysoki i niski oraz łęg przysturzykowy.

Środowisko przyrodnicze Pasma zostało w dużym stopniu przekształcone działalnością człowieka. Taras zalewowy rozdzielono Wąłem Miedzeszyńskim na międzywale i zawale. Obszar Pasma w dużym stopniu zabudowano i pokryto siecią komunikacyjną. W krajobrazie dominują pola uprawne, zieleń osiedlowa, lokalnie zaś użytki zielone i zadrzewienia.



Rys. 1. Uwarunkowania przyrodnicze Pasma Gocław-Julianów;

○○○ — skarpa tarasu nadzalewowego Wisły, ——— kanały i rowy główne, —·—·— granice obszarów funkcjonalnych MU-19, 0-55 i X-72,  — najcenniejsze elementy szaty roślinnej,  — cenne elementy szaty roślinnej,  — gleby wymagające ochrony,  — gleby i szata roślinna wymagające ochrony, ⊙ — pompownia "Błuszcze"

Pasma Gocław-Julianów stanowi jednostkę fizjocenotyczną, składającą się z mozaiki ekosystemów funkcjonalnie związanych z rzeką Wisłą oraz zlewnią Kanału Wawerskiego i Rowu Miedzeszyńskiego. Jest ona węzłem ekologicznym, skupiającym ujściowe odcinki sieci kanałów i rowów o łącznej powierzchni zlewni 130 km².

Kanały — Wawerski, Nowa Ulga i Nowe Ujście — oraz Rowy — Zagożdźciański, Żerzeński i Miedzeszyński — pełnią głównie funkcję odprowadzalników wody z własnych zlewni. Analizowany obszar charakteryzuje się złożonymi warunkami hydrologicznymi. Dotyczy to wód powierzchniowych i podziemnych. Taras nadzalewowy jest terenem infiltracyjnym, zasilającym gruntowo taras zalewowy, będący obszarem infiltracyjno-splywowym o bardzo dużej retencji gruntowej. Rzeką Wisłą działa drenująco na tereny przyległe. Jedynie w okresie występowania w niej wysokich stanów wody występuje podpiętrzenie wód gruntowych tarasu nadzalewowego. Oddziaływanie Wisły na położenie zwierciadła wód podziemnych sięga horyzontalnie na odległość około 1,5 km (Perek 1991). W okresach występowania wysokich stanów wody w międzywalu Wisły woda z doliny odprowadzana jest za pomocą dwóch stacji pomp: "Bluszcze" przy Wale Miedzeszyńskim oraz "Zieleniecka" w Parku Skaryszewskim. Parametry kanałów, rowów i przepompowni dostosowane są do wymogów użytkowania rolniczego.

W okresach występowania roztopów śnieżnych i intensywnych opadów atmosferycznych wody powierzchniowe odpływające siecią kanałów i rowów zasilają w dużym stopniu wody podziemne terenów Pasma. Zasięg ich oddziaływania nie przekracza najczęściej 200 m. Podczas występowania opadów nawalnych odpływ wód ze zlewni własnych nie mieści się w kanałach i rowach, zwłaszcza na odcinkach przechodzących przez obniżenia terenowe,

i zalewa wówczas tereny przyległe. W pozostałym okresie, najczęściej w miesiącach letnich, sieć melioracyjna, z wyjątkiem Kanału Nowa Ulga oraz Rowów Żerzeńskiego i Miedzeszyńskiego w ujściowych odcinkach, nie oddziałuje na wody podziemne. W tych warunkach głębokość położenia wód podziemnych i ich dynamika wahań układu się strefowo, równoległe do Wisły i istniejących rowów.

W okresie obserwowanego niskiego stanu wód podziemnych (październik 1993) prawie na całym analizowanym terenie poziomy zwierciadła wód gruntowych swobodnych układały się następująco:

- na tarasie zalewowym, w strefie położonej bliżej Wału Miedzeszyńskiego, na głębokości od 1,0 do 5,0 m, a wzdłuż skarpy tarasu nadzalewowego na głębokości od 0,0 do 1,0 m;
- na tarasie nadzalewowym, w pobliżu Rowu Zagożdźciańskiego, na głębokości od 0,5 do 2,0 m, a w strefie krawędziowej tarasu na głębokości od 3,0 do 5,0 m.

W okresie wysokich stanów wód (kwiecień 1973 i 1979 r.) wody podziemne na terenie tarasu niskiego charakteryzowały się zwierciadłem napiętym, stabilizującym się na wysokości równej powierzchni terenu w pobliżu krawędzi tarasu nadzalewowego i od 1,0 do 3,0 m ppt w pobliżu Wału Miedzeszyńskiego. Wody podziemne na tarasie wysokim w strefie przykrawędziowej układały się na głębokości od 1,0 do 2,0 m, a w strefie Rowu Zagożdźciańskiego, prowadzącego wówczas wody ze zlewni własnej — na głębokości od 0 do 1,0 m.

Wody podziemne w Paśmie Gocław-Julianów są bardzo słabo zmienione antropogenicznie. Ze względu na ich aktualną jakość i zasoby kwalifikują się do zaopatrywania w wodę dużej aglomeracji. Na tarasie nadzalewowym nie są one izolowane od powierzchni terenu utworami słabo przepuszczalnymi, natomiast na tarasie zale-

wowym warstwą izolującą są mady gliniaste o miąższości do 1,5 m. Woda płynąca w kanałach i rowach charakteryzuje się najczęściej II klasą czystości. Wisła zaś prowadzi wody pozaklasowe. Wpływ na jakość wód podziemnych i powierzchniowych ma tu głównie użytkowanie rolnicze, zabudowa terenu i zanieczyszczenie powietrza. Biopierwiastki wód podziemnych migrują w kierunku Wisły.

W Paśmie Gocław-Julianów najcenniejsze zasoby przyrodnicze występują w obszarze funkcjonalnym 0-55, a najmniej cenne — w obszarze MU-19.

W obszarze funkcjonalnym 0-55 najcenniejszy przyrodniczo jest Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy "Czaple". W Zakolu Wawerskim, na glebach bagiennych, tworzą go lasy olszowe, łąki wilgotne i bagienne z udziałem szuwarów i grup olch. Wysokimi walorami przyrodniczymi odznaczają się enklawy łąk świeżych i wilgotnych, oczka wodne oraz grupy i szpalery drzew olszowych i wierzbowo-topolowych, położone wzdłuż Rowu Żerzeńskiego. Cennymi elementami krajobrazowymi w południowej części obszaru 0-55 są także drzewostany sosnowe i sosnowo-dębowe oraz zadrzewienia i zakrzewienia ogródków działkowych i przydomowych. Gleby bagienne pełnią tu funkcję retencyjną, roślinność zaś — funkcję widokową, wodochronną i bioklimatyczną.

W obszarze funkcjonalnym X-72 dominują mady pyłowe, cenne pod względem przyrodniczo-rolniczym. W użytkowaniu ornym zaliczane są one do klasy bonitacyjnej IIIb-IVa. Przeważa tu mozaika pól drobnopowierzchniowych bez zadrzewień i zakrzaceń. Występująca roślinność segetalna jest mniej cenna. Niektóre powierzchnie są zabudowane. Towarzyszy im zieleń ogródków przydomowych i sadów o średnich i niskich walorach biocenotycznych. Natomiast wartościowymi elementami środowiska są tu "oczka wodne" i towa-

rzysząca im roślinność zielna z udziałem grup i szpalerów olch w ujściowym odcinku Rowu Miedzeszyńskiego.

Obszar funkcjonalny MU-19 charakteryzuje się stosunkowo niskimi walorami przyrodniczymi. Przeważają tu gleby orne typu brunatnego, wytworzone z piasków słabogliniastych i luźnych na piaskach luźnych. Zaliczane są one do V i VI klasy bonitacyjnej. Część ich powierzchni jest zabudowana. Wysokimi walorami biocenotycznymi odznacza się roślinność cmentarza w Żerzeniu i park szkolny w Wólce Żerzeńskiej, średnio wysokimi — roślinność towarzysząca terenom zabudowanym oraz łąk świeżych wzdłuż Rowu Zagoździańskiego.

Wyżej przedstawione uwarunkowania hydrograficzne, hydrologiczne, glebowe i biocenotyczne potwierdzają słuszność przyjętych założeń funkcjonalnych dotyczących poszczególnych obszarów w miejscowym planie ogólnym. Obszar 0-55 powinien mieć funkcję strefy ochronnej miasta Warszawy, obszar MU-19 — funkcję mieszkaniowo-usługową (bez uciążliwych usług i przemysłu), a obszar X-72 — funkcję mieszkaniowo-rekreacyjną, powiązaną z obszarem 0-55 i międzywałem Wisły. Zagospodarowanie i funkcjonowanie poszczególnych obszarów nie może oddziaływać ujemnie na środowisko przyrodnicze, a w szczególności na najcenniejsze jego zasoby — wody powierzchniowe i podziemne, gleby bagienne, lasy oraz łąki bagienne i wilgotne.

Strategia gospodarki wodnej

Zasoby środowiska biotycznego i abiotycznego Pasma Gocław-Julianów w planowanych zamierzeniach urbanistycznych zagrożone będą w szczególności:

— wodami powodziowymi rzeki Wisły w przypadku awarii Wału Miedzeszyńskiego,

- wodami powodziowymi ze zlewni własnych kanałów i rowów w przypadku wystąpienia opadów nawalnych,
- budową tras komunikacyjnych oraz infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej,
- zabudową mieszkaniowo-usługową.

Zagrożenia powodziowe (zewnątrzne i wewnętrzne) mogą być przyczyną powstawania katastrof ekologicznych w odniesieniu do gleb, roślin, ludzi oraz budynków i infrastruktury osiedlowej ze względu na nadmiar wody, przeważnie pozaklasowej.

Wał Miedzeszyński spełnia warunki budowli hydrotechnicznych I klasy technicznej. Zapewnia pomieszczenie w międzywał wód wielkich o prawdopodobieństwie występowania $p = 0,1\%$. Jego stan techniczny nie jest geotechnicznie rozpoznany.

Możliwość awarii wału przeciwpowodziowego należy zawsze przewidywać. Potencjalnymi miejscami awarii mogą być między innymi przepusty wałowe i lokalne obniżenia korony wału. W przypadku przełania się wody przez koronę wału lub przez wyrwę w wałe tylko obszar MU-19 nie będzie zalany. W obszarze 0-55 prognozuje się w warunkach ekstremalnych głębokość zalewu do 4 m, a w obszarze X-72 — do 3 m. Czas zalewu pozwoli tylko na ewakuację mieszkańców.

W czasie przebudowy trasy komunikacyjnej Warszawa-Karczew-Dęblin, w celu zwiększenia stopnia zabezpieczenia przeciwpowodziowego Osiedla w Paśmie Gocław-Julianów, proponuje się modernizację Wału Miedzeszyńskiego. Powinien być on powiązany funkcjonalnie, z przegradami poprzecznymi — groblą Kanału Nowe Ujście i nasypem projektowanej Trasy Siekierskiej, która będzie przebiegać wzdłuż Kanału Nowa Ulga. W warunkach tych powstanie system polderowy, lokalizujący wody powodziowe.

Teren Pasma Gocław-Julianów, a w szczególności obszar 0-55 i X-72, nie jest dostatecznie zabezpieczony przed wodami powodziowymi ze zlewni własnych. Istniejące urządzenia i budowle wodno-melioracyjne (kanały, rowy, przepusty, pompownia "Bluszcze") wykonane były dla potrzeb ochrony terenów użytkowych rolniczo. W warunkach tych dopuszczalny jest okresowy zalew terenów dolinowych. Dla potrzeb ochrony przeciwpowodziowej planowanego Osiedla urządzenia gospodarki wodnej muszą sprawnie funkcjonować w warunkach ekstremalnych, jakie mogą wystąpić z prawdopodobieństwem $p = 1\%$.

Ochrona obszarów funkcjonalnych MU-19, 0-55 i X-72 przed zalaniem lub podtopieniem wodami własnymi prawdopodobnymi powinna polegać na wykonaniu wielu prac modernizacyjnych oraz budowie nowych obiektów i urządzeń gospodarki wodnej. Koncepcję rozwiązań technicznych opracowano w trzech wariantach. Decyzja o przyjęciu jednego z nich powinna być podjęta po uwzględnieniu uwarunkowań przyrodniczych i urbanistycznych.

W aspekcie przyrodniczym proponuje się rozważyć możliwość realizacji III wariantu, w którym przewiduje się:

- rozbudowę Kanału Nowa Ulga z obwałowaniem w celu uzyskania przepustowości $13,3 \text{ m}^3/\text{s}$; Kanał odprowadza wodę ze zlewni 39 km^2 ,
- podwyższenie korony grobli Kanału Nowe Ujście prawie o $1,0 \text{ m}$; Kanał odprowadza wodę ze zlewni o powierzchni 73 km^2 (Kanał Wawerski, Rów Zagożdźniański),
- odcinkowe obwałowania Kanału Wawerskiego i Rowu Zagożdźniańskiego w niższych położeniach ich dolin, w sąsiedztwie połączenia z kanałem Nowe Ujście,
- budowę zbiorników retencyjnych (pól zalewowych) w międzywał Wisły (po-

wierzchnia — 15 ha, pojemność 200 tys. m³) i w pobliżu grobli Kanału Nowa Ulga — km 1+300 (powierzchnia 10 ha, pojemność 230 tys. m³) do magazynowania wód z deszczów nawalnych, po ustąpieniu kulminacji powodziowej Wisły zbiorniki będą opróżniane, a teren ich powinien być zagospodarowany rekreacyjnie,

- budowę węzła rozdzielczego na Kanale Wawerskim przy ulicy Lucerny,
- budowę małych zbiorników do magazynowania i utylizacji wód deszczowych z kanalizacji rozdzielczej ze strefy funkcjonalnej X-72 — w pobliżu pompowni "Bluszcze" — i ze strefy MU-19 — w pobliżu Kanału Nowe Ujście (km 1+450),
- rozbudowę rowów i budowli do wydatku przy ujściu Rowu Zagoździańskiego 11,7 m³/s, Rowu Żerzeńskiego 4 m³/s, Rowu Miedzeszyńskiego 2,1 m³/s; górne odcinki tych rowów należy włączyć do systemu kanalizacji osiedlowej.

Proponowane w miejscowym planie ogólnym zagospodarowania przestrzennego miasta Warszawy trasy komunikacyjne: Siekierkowska na odcinku Wał Miedzeszyński — ul. Ostrobramska i Olszynki Grochowskiej na odcinku Trakt Lubelski — Trasa Siekierkowska, wraz z towarzyszącą infrastrukturą, oddziaływać będą odwadniając na ekosystemy Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego "Czaple". Obniżenie poziomu wód gruntowych w tym rejonie wpływać będzie degradująco na występujące tu gleby bagienne, lasy olszowe i zbiorowiska łąkowe.

W celu ograniczenia ujemnego oddziaływania komunikacji na środowisko Zespołu "Czaple" proponuje się Trasę Siekierkowską poprowadzić w nasypie po północnej stronie Kanału Nowa Ulga, a Trasę Olszynki Grochowskiej wzdłuż granicy obszarów 0-55 i X-72, a następnie ulicami Wąbrzeską i Lucerny.

Głębokość posadowienia planowanej zabudowy mieszkalno-usługowej i mieszkalno-rekreacyjnej oraz związana z nią infrastruktura wodociągowo-kanalizacyjna nie powinna przekraczać poziomu około 1,0 m na terenach przyległych do Rowu Zagoździańskiego i obszaru 0-55 oraz około 2,0 m w rejonie krawędzi tarasu nadzalewowego i Wału Miedzeszyńskiego, aby nie naruszać istniejących obecnie niskich poziomów wód podziemnych. Istniejące i planowane zabudowania muszą mieć uporządkowaną gospodarkę wodno-ściekową.

W obszarze 0-55 istnieje konieczność:

- prowadzenia gospodarki wodnej z kontrolowanym odpływem powierzchniowym i podziemnym,
- zwiększenie dotychczasowej retencji wodnej powierzchniowej i podziemnej,
- korzystania z zasobów wód prowadzonych przez Kanał Wawerski i Rów Miedzeszyński.

W szczegółowym planie zagospodarowania obszaru 0-55, w aspekcie gospodarki wodnej i ochrony środowiska, należy:

- część północną (Zespół "Czaple") prawnie chronić, nadając jej status rezerwatu florystycznego, zachowując obecne stany wód podziemnych (0-0,5 m w rezerwacie i 0-1,0 m w otulinie),
- część południową (obecne tereny leśne i ogródki działkowe) przeznaczyć pod leśny park wypoczynkowy, pełniący jednocześnie funkcje wodochronne i bioklimatyczne (poziom wód 1,0-2,0 m),
- część środkową (ul. Wąbrzeska — ul. Skalnicowa), w strefie wschodniej, przeznaczyć pod park wypoczynku biernego z poziomem wody na głębokości od 0 do 1,0 m, a w strefie zachodniej — pod park wypoczynku czynnego z poziomem wody na głębokości od 0,5 do 1,5 m.

W celu zachowania najcenniejszych zasobów środowiska w północnej części obszaru 0-55 oraz zagospodarowania elementów środowiska w jego części środkowej i południowej w zakresie gospodarki wodnej proponuje się:

- rozbudowę koryta Rowu Żerzeńskiego w sposób zbliżony do natury, do przeprowadzenia przepływów z deszczów nawalnych,
- połączenie hydrologiczne Rowu Miedzeszyńskiego z Rowem Żerzeńskim: rurociągiem w km 5+420 (górny odcinek), rowem w km 3+625 (ujściowy odcinek) w celu zwiększenia zasobów wody w dolinie Rowu Żerzeńskiego,
- wykonanie lub odbudowę budowli piętrzących na Rowie Żerzeńskim i budowli piętrzącej na Kanale Wawerskim, poniżej Rowu Żerzeńskiego, do zagospodarowania wodą w sposób kontrolowany,
- odbudowę i budowę nowych przepływowych zbiorników wodnych w celu zwiększenia retencji wodnej w zlewni Rowu Żerzeńskiego — powierzchniowej i gruntowej, wykorzystywanej w okresach bezopadowych do zasilania obszarów prawnie chronionych,
- modernizację budowli regulujących odpływ z terenu Zespołu "Czaple" do Kanału Wawerskiego i Nowej Ulgi dla stabilizacji warunków wodnych występujących tu ekosystemów leśnych i łąkowych.

W obszarze X-72, a w szczególności w obszarze MU-19, należy:

- przeznaczyć jak największe powierzchnie terenu pod parki (włączając w nie istniejące lasy i zadrzewienia, roślinność ogródków działkowych), trawniki i zieleń przydomową w celu zachowania infiltracyjnego zasilania wód podziemnych opadami atmosferycznymi,
- na modernizowanych kanałach i rowach przewidzieć budowle piętrzące do

retencjonowania wód i regulowania odpływu.

Wnioski

1. Pasma Gocław-Julianów charakteryzuje się dużą różnorodnością środowiska abiotycznego i biotycznego. O równowadze przyrodniczej istniejącego układu fizjocenotycznego w największym stopniu decyduje czynnik hydrologiczny. W szczegółowym planie zagospodarowania przestrzennego powinien on być elementem wiodącym w uwarunkowaniach zamierzeń urbanistycznych.

2. Zasoby analizowanego środowiska przyrodniczego w planowanych zamierzeniach zagrożone są wodami powodziowymi rzeki Wisły i zlewni własnych, zabudową mieszkalną oraz towarzyszącą jej infrastrukturą.

3. W celu zachowania i zagospodarowania najcenniejszych zasobów środowiska przyrodniczego należy:

- w obszarze 0-55 utrzymać istniejące warunki wodne, a lokalnie je odtworzyć i sztucznie wzbogacić,
- w obszarze MU-19 i X-72 minimalizować obniżenie poziomów wód podziemnych i w miarę możliwości zachować jak najwięcej obszarów infiltracyjnych.

4. W szczegółowym planie zagospodarowania Osiedla gospodarka wodna obszarów MU-19 i X-72 powinna być podporządkowana wymogom hydrologicznym obszaru 0-55 — strefy ochrony systemu przyrodniczego miasta.

Literatura

- ROŚCISZEWSKI i in. 1992: *Miejscowy plan ogólny zagospodarowania przestrzennego m. st. Warszawy*. Uchwała nr XXXV/199/92 Rady Miasta Stołecznego Warszawy, Warszawa.
- PAWŁAT H. i in. 1993: *Strategia gospodarki wodnej w Paśmie Gocław-Julianów Warszawa-Praga Południe dla potrzeb szczegółowego planu zago-*

spodarowania i ochrony środowiska. Maszynopis, SGGW. Warszawa.

PEREK M. 1991: *Kształtowanie się zwierciadła wód gruntowych na warszawskim odcinku Wisły*. Kwartalnik Geograficzny t. 35 z. 3.

Summary

Water management for detailed site planning for the area of Gocław-Julianów. The area of Gocław-Julianów is located in the Praga Południe District of Warszawa, along the Vistula river. Three separate sectors have been distinguished in its local site planning: 0-55, MU-19, X-72 of the total area of 1400 hectares. Each sector has a different task to fulfill: 0-55 will act as a protective zone for the city environmental system, MU-19 will serve as a housing and service complex while X-72 — as a recreation area.

In the paper a summary of water management design prepared for a local site planning has been presented. Taking into account the hydrographic, hydrologic, soil and biocenosis site conditions, the tasks

for the above mentioned sectors have been confirmed provided unarmful influence on the environment will take place; ground and surface water, hydrogenic soils, forests as well as wetland meadows should be especially protected.

The natural equilibrium in the present physiocenosis system depends mostly on the hydrological factor. Therefore, it should be considered a leading element in the site planning. The water management of MU-19 and X-72 depends thus on the hydrological requirements of 0-55.

Authors' address

H. Pawłat, E. Wienclaw
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa
S. Wiśniewski
Biuro Studiów i Projektów Gospodarki
Wodnej Rolnictwa "Bipromel"
ul. Wspólna 30
00-950 Warszawa

Analiza układu sieci drożnej w wybranych rejonach środkowej Polski

Wstęp

Rozdrobnienie warsztatów wytwórczych w rolnictwie oraz ich rozproszenie przestrzenne zmusza do poszukiwania rozwiązań planistycznych odmiennych niż w innych sektorach gospodarki. Wzajemne rozmieszczenie przestrzenne elementów ciągu produkcyjnego: produkcja – skup – przechowywanie – przetwórstwo, decyduje o stopniu wykorzystania płodów rolnych oraz efektywności ekonomicznej produkcji żywności.

Podstawowe ogniwa wytwarzania — gospodarstwa rolne — są niezmiennie przestrzennie i stabilnie produkcyjnie (w rozumieniu kierunków produkcji). Jako niezmiennosc przestrzenną przyjmuje się usytuowanie produkcji w rejonach rolniczych, a nie kształt i wielkość gospodarstwa, które mogą ulegać zasadniczym zmianom na skutek przechodzenia w inne władanie.

Stabilność przestrzenna produkcji zmusza do rozwiązywania zagadnień planistycznych na kolejnych etapach wytwarzania żywności, a w szczególności na skupie i przechowywaniu płodów rolnych, tj. obiektach obsługi rolnictwa.

W dotychczasowych działaniach planistycznych lokalizacja obiektów obsługi rolnictwa była podporządkowana istnieją-

cej infrastrukturze technicznej oraz zasobom siły roboczej. Najczęściej obiekty te były kojarzone z ośrodkami gminnymi bądź dużymi jednostkami osadniczymi. Istotność stosowanych dotychczas kryteriów lokalizacji zmniejszyła się z upływem czasu. Rozwój sieci drożnej oraz linii przesyłowych energii osłabił wagę kryterium infrastruktury, a zmiany społeczno-polityczne całkowicie wyeliminowały pojęcie braku siły roboczej.

Czynnikiem głównym decydującym o sytuowaniu przestrzennym obsługi rolnictwa stał się transport. Przemieszczanie mas, zarówno płodów rolnych jak środków ochrony roślin i nawozów, jest nieuniknione ze względu na rozproszenie ośrodków wytwarzania, przy jednoczesnym centralizowaniu ośrodków obsługi rolnictwa. Celowe jest tworzenie funkcji optymalizacyjnych dla decyzji planistycznych, w których funkcją celu jest minimalizacja nakładów transportowych, np. według formuły:

$$E = \sum_{i=1}^{i=n} m_i l_{ij} \longrightarrow \text{minimum}$$

gdzie:

E — energia całkowita przemieszczania mas (nakłady transportowe),

m_i — masa jednostkowa transportowana z ośrodka wytwarzania obiektu obsługi lub odwrotnie,

l_{ij} — odległość transportowania masy jednostkowej z i -tego punktu wytwarzania do j -tego punktu usytuowania obiektu obsługi.

Rozważania planistyczne z zastosowaniem formuły optymalizacyjnej mogą być wykonywane z wykorzystaniem EMC. Poszukiwanie optymalnego punktu położenia ośrodka obsługi wymaga określenia mas jednostkowych oraz odległości transportowych.

Każdorazowe wyznaczanie odległości dla założonego punktu usytuowania ośrodka obsługi jest żmudne i nieefektywne. Korzystniej jest przyjmować do obliczeń odległości euklidesowe pomiędzy punktami wytwarzania i obsługi, korygowane współczynnikami (k) określanymi empirycznie:

$$k = \frac{L_E}{L_D}$$

gdzie:

k — bezwymiarowy współczynnik korekcyjny,

L_E — odległość euklidesowa pomiędzy punktami wytwarzania obsługi rolnictwa wyznaczona z mapy,

L_D — najmniejsza odległość drogowa pomiędzy punktami wytwarzania i obsługi wyznaczona z mapy.

Wówczas formuła optymalizacyjna transportu przyjmuje postać:

$$E = \sum_{i=1+n} m_i l_{Eij} k \longrightarrow \text{minimum}$$

Celem pracy jest wyznaczenie współczynnika korekty drogi euklidesowej do rzeczywistej dla wybranych rejonów środkowej Polski.

Metoda badań i materiały

Do analizy sieci drożnej i współczynników korekty drogi euklidesowej wybrano 5 gmin środkowej Polski (Gostynin, Maków Mazowiecki, Grójec, Mińsk Mazowiecki, Pruszków). Gminy charakteryzują się dużym zurbanizowaniem i wysyceniem drogami, leżą na obszarach o nieznacznym zróżnicowaniu wysokościowym i w zasięgu dużych aglomeracji miejskich.

Do badań wykorzystano mapy wybranych obszarów w skali 1:25 000. Dla każdej z gmin określono odległości euklidesowe i drogowe pomiędzy losowo wybranymi parami punktów terenowych, odległych od siebie od 2 do 30 km.

Dla każdego obszaru badanego określano powyżej 80 par punktów i odległości pomiędzy nimi.

Dla uzyskanych par odległości określono zależności korelacyjne:

$$L_D = f(L_E)$$

Do analizy korelacyjnej zastosowano cztery formuły matematyczne:

$$L_D = a + bL_E$$

$$L_D = a(L_E)^b$$

$$L_D = e^{(a + bL_E)}$$

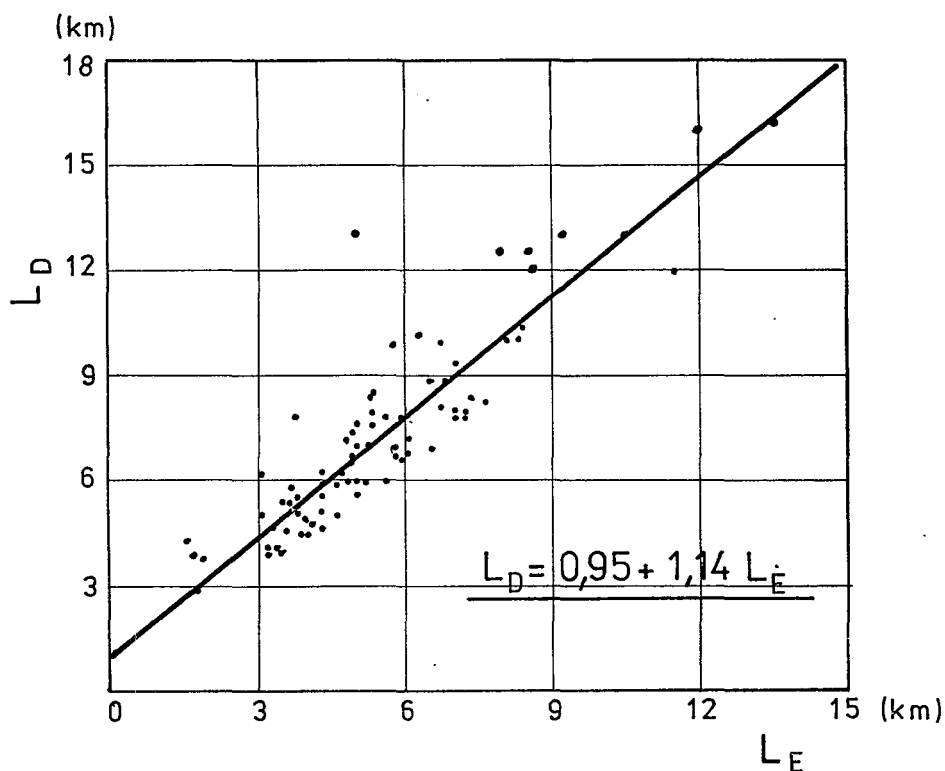
$$L_D = \frac{1}{a + bL_E}$$

Charakterystyki ścisłości uzyskanych zależności korelacyjnych odległości rzeczywistych od euklidesowych dla poszczególnych gmin przedstawiono w tabeli 1.

Zależności o najwyższych współczynnikach korelacji, przyjęte jako formuły obliczania korekty drogi, przedstawiono na rysunkach 1–5.

TABELA 1. Wartości współczynników regresji dla różnych zależności $L_D = f(L_E)$

Gmina	Współczynnik regresji			
	$L_D = a + bL_E$	$L_D = a(L_E)^b$	$L_D = e^{(a+bL_E)}$	$L_D = \frac{.1}{a + bL_E}$
Gostynin	0,900	0,883	0,887	0,835
Pruszków	0,958	0,950	0,936	0,855
Maków Maz.	0,897	0,948	0,881	0,817
Grójec	0,933	0,949	0,911	0,830
Mińsk Maz.	0,925	0,925	0,863	0,749



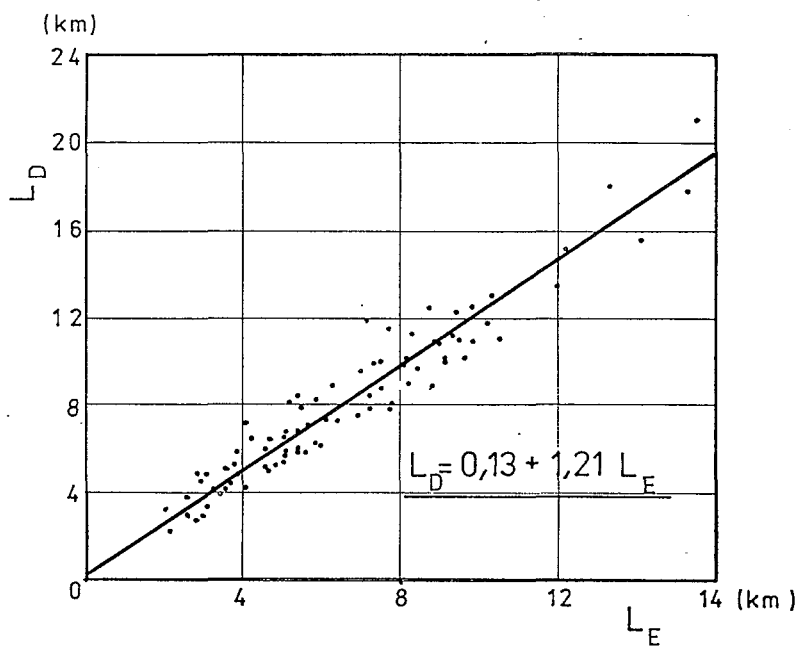
Rys. 1. Zależność drogi rzeczywistej od euklidesowej w gminie Gostynin; L_E — droga euklidesowa, L_D — droga rzeczywista

Wnioski

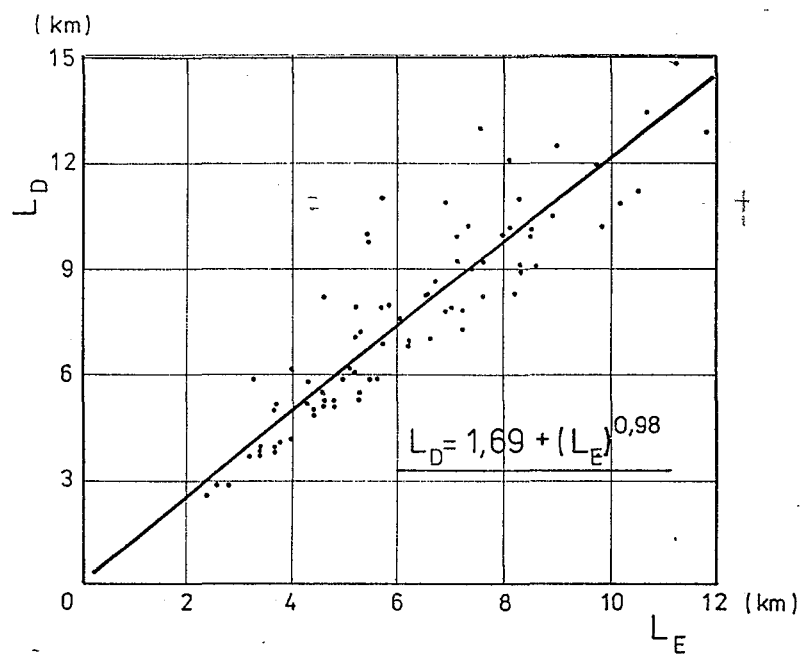
1. Analiza korelacyjna zależności odległości rzeczywistych od euklidesowych wykazała, że dla obszarów środkowej Polski można stosować zależności liniowe i potęgowe. Różnice pomiędzy wynikami są

istotne jedynie dla gminy Maków Mazowiecki, gdzie korelacja ma postać wyłącznie potęgowa.

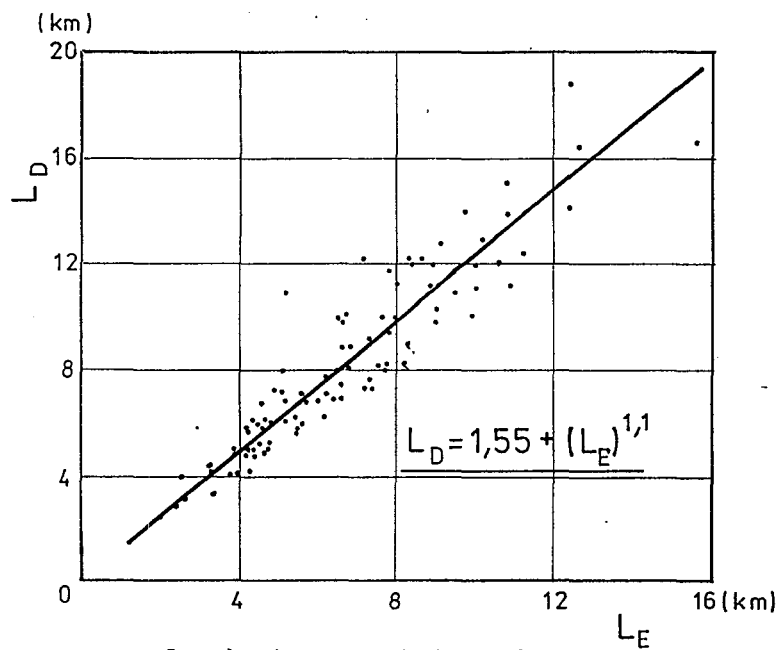
2. Wartości współczynników regresji wskazują (poza gminą Gostynin) na dużą ścisłość korelacji $L_D - L_E$.



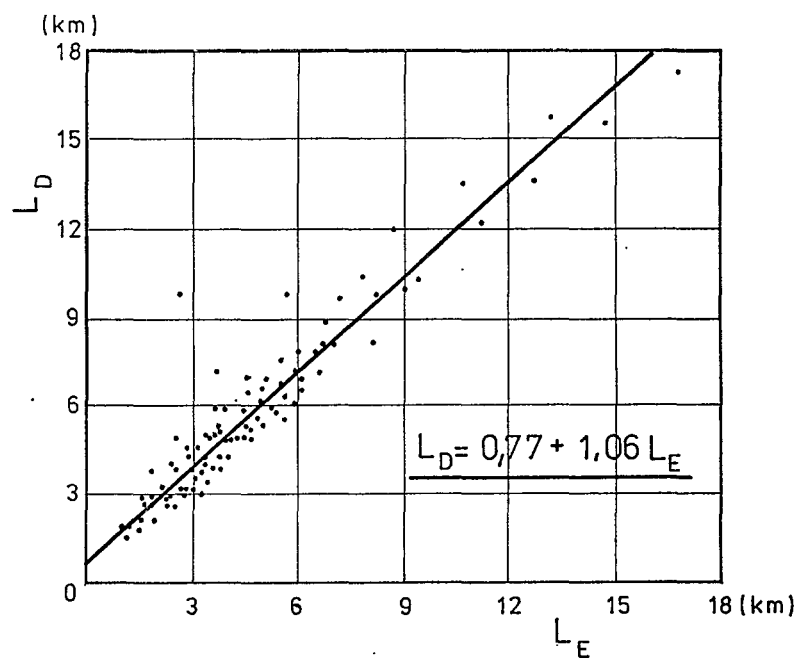
Rys. 2. Zależność drogi rzeczywistej od euklidesowej w gminie Pruszków



Rys. 3. Zależność drogi rzeczywistej od euklidesowej w gminie Maków Mazowiecki



Rys. 4. Zależność drogi rzeczywistej od euklidesowej w gminie Grójec



Rys. 5. Zależność drogi rzeczywistej od euklidesowej w gminie Mińsk Mazowiecki

3. Wyznaczone związki korelacyjne $L_D - L_E$ pozwalają na niekłopotliwe wykorzystanie w rozważaniach optymalizacyjnych.

Literatura

- DEMBOWSKA Z. 1978: *Planowanie przestrzenne w ujęciu systemowym*. PWN, Warszawa.
- HOPFER A., KOBYLECKI A., ZEBROWSKI W. 1980: *Kształtowanie sieci dróg na terenach wiejskich*. PWRiL, Warszawa.
- HUCKO M., REGNER J. 1983: *Lokalizace zemedelskie investicni vystavby*. VSZ, Praha.
- PISARSKI M. 1991: *Location criteria of agriculture attedance objects*. Ann. of Agric. Univ. Land Lec-lameton. No 26.
- STAWIANY M. 1986: *Wyznaczenie optymalnej lokalizacji i zagospodarowanie ośrodków obsługi mechanizacji rolnictwa*. BISPROL Warszawa.

TOMASZEWSKI K. 1975: *Organizacja obsługi transportowej gospodarstw indywidualnych*. Roczn. Nauk. Roln. t. 72, z. 1, seria C.

Summary

Analysis of road system in selection part of central Poland. There was cany over a analysis coms transport distances in five parish of central Poland.

There were settle corelation dependence of real distances and euklides distances, marked aut from the map in skale 1:25 000.

It was define formulas of correction coefficient of the distances.

Author's address

M. Pisarski
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02—766 Warszawa

Poszukiwanie kryterium oceny wyników analizy środków w harmonogramach sieciowych

Wstęp

Podstawowa analiza harmonogramów sieciowych przeprowadzana jest w funkcji czasu. Każdej czynności przypisywany jest czas jej trwania, a następnie poszukiwany jest najkrótszy termin realizacji całego przedsięwzięcia, którego wykonanie odwzorowano w harmonogramie. Wynik analizy czasu — oznaczony dalej AC — można jednoznacznie obliczyć na podstawie ogólnie znanych formuł (Mosiej, Połński, Sokołowski 1982; Połński 1992). Jednak aby harmonogram mógł być wykorzystany w praktyce inżynierskiej, musi być uzupełniony o analizę środków. Autor od kilku lat opracowuje modele i algorytmy takiej analizy. Celem prowadzonych badań jest budowa programu komputerowego do analizy harmonogramów sieciowych w funkcji czasu i środków.

W przypadku analizy czasu zakłada się, że wszystkie środki niezbędne do realizacji każdej czynności są dostępne w nieograniczonej ilości przez cały czas trwania robót. Oczywiście tego rodzaju założenie jest w bardzo wielu sytuacjach nie do przyjęcia. Należy wówczas przeprowadzić analizę środków, oznaczoną dalej symbolem AS.

Założenia analizy środków

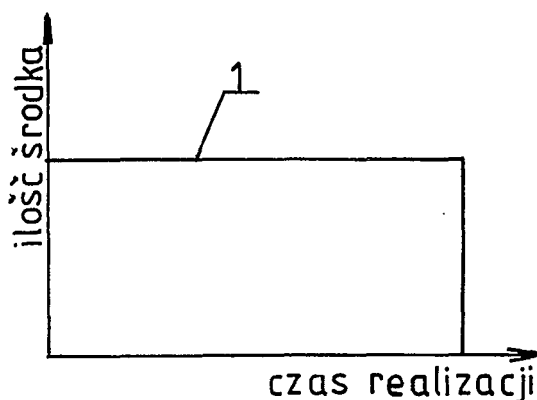
Zbieranie danych do AS należy rozpocząć od zdefiniowania zbioru środków, które będą brane pod uwagę podczas anali-

zy. Każdej czynności należy przypisać dowolną liczbę środków potrzebnych do jej realizacji z listy środków poddanych analizie. Należy jednoznacznie określić przebieg zapotrzebowania w czasie realizacji czynności dla każdego środka potrzebnego do jej realizacji. Jeśli zapotrzebowanie jest stałe przez cały czas trwania czynności, mówimy o zapotrzebowaniu prostym, jeśli się zmienia, określamy je jako zapotrzebowanie złożone. Ideowe wykresy zapotrzebowania prostego i złożonego przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

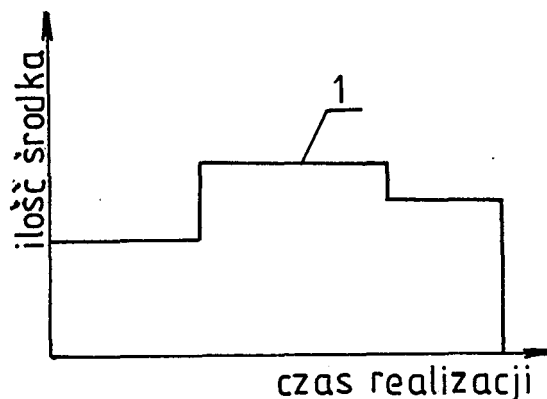
Wszystkie środki analizowane w harmonogramie muszą mieć zdefiniowaną dostępność, tzn. określoną ilość danego środka, jaka może być użyta do wykonania planowanych robót każdego dnia realizacji przedsięwzięcia. Dostępność, podobnie jak zapotrzebowanie, może być prosta (np. liczba robotników zatrudnionych na budowie nie zmienia się przez cały okres realizacji inwestycji i wynosi np. 20) lub też złożona (np. liczba robotników przez pierwsze dwa miesiące będzie wynosiła 15, przez następne trzy miesiące — 25, a następnie do końca realizacji — 20).

Podstawowe schematy analizy środków

Mając zdefiniowane dostępności i zapotrzebowania dla każdego środka i każdej czynności oraz znając terminy realizacji AC poszczególnych czynności, można po-



Rys. 1. Wykres zapotrzebowania prostego dla czynności; 1 — poziom zapotrzebowania



Rys. 2. Wykres zapotrzebowania złożonego dla czynności; 1 — poziom zapotrzebowania

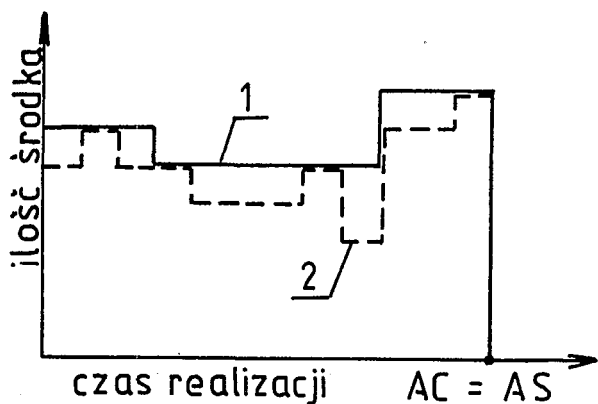
równać zaplanowane poziomy dostępności z wykresami sumarycznego zapotrzebowania na poszczególne środki. Istnieją dwie możliwości:

- dostępności wszystkich analizowanych środków są dostatecznie wysokie i przedsięwzięcie może być zrealizowane w terminie AC bez przekraczania założonych poziomów dostępności,
- w pewnych okresach brakuje środków do ukończenia przedsięwzięcia w terminie obliczonym z AC.

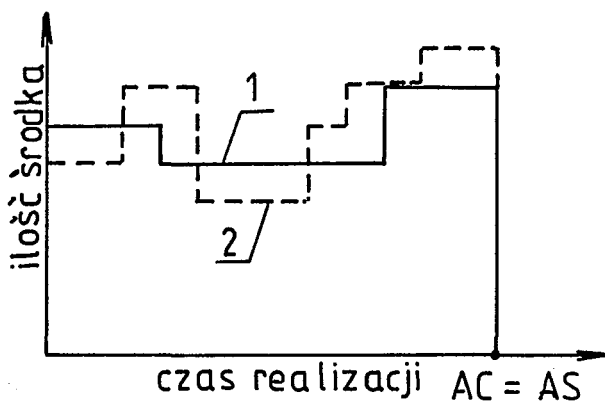
W sytuacji gdy analizie poddano tylko jeden środek, wykresy zapotrzebowania i dostępności tego środka w trakcie realizacji całej inwestycji zostały przedstawione na rysunkach 3 i 4.

W przypadku gdy przekroczono dostępności, istnieją dwie podstawowe strategie postępowania:

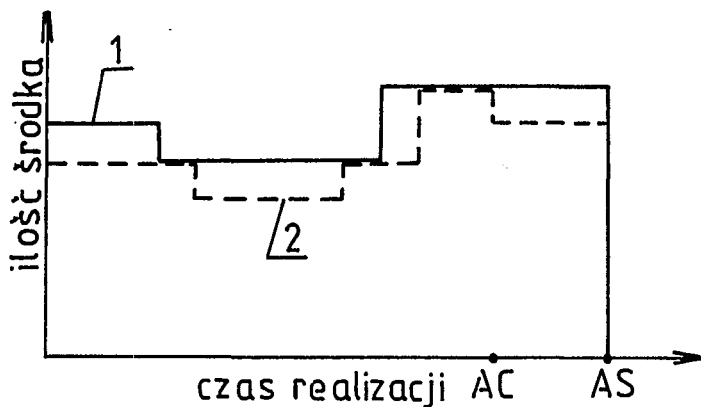
- pozostawić termin AC jako nieprzekraczalny, a dopuścić przekroczenie dostępności środków; jest to tzw. analiza przy ograniczonym czasie,
- zażądać, aby przy planowaniu terminu realizacji poszczególnych czynności dostępności środków nie zostały przekroczone, a dopuścić przekroczenie terminu realizacji ustalonego z AC; wówczas wykresy zużycia środka przedstawiają się jak na rysunku 5, a ten typ analizy nazwiemy analizą przy ograniczonych środkach.



Rys. 3. Wykres dostępności i zapotrzebowania bez przekroczonego poziomu dostępności; 1 — poziom dostępności, 2 — poziom zapotrzebowania



Rys. 4. Wykres dostępności i zapotrzebowania z przekroczonym poziomem dostępności — analiza przy ograniczonym czasie; 1 — poziom dostępności, 2 — poziom zapotrzebowania



Rys. 5. Wykres dostępności i zapotrzebowania — analiza przy ograniczonych środkach; 1 — poziom dostępności, 2 — poziom zapotrzebowania

Pierwszy rozważany przypadek, tzn. gdy wystarcza środków do realizacji w terminie AC, można zakwalifikować do analizy przy ograniczonym czasie.

Tak zdefiniowany problem analizy środków był rozwiązany przez wielu autorów. Ogólnie wszystkie rozwiązania można podzielić na dwie grupy:

- metody heurystyczne,
- modele matematyczne.

Celowe wydaje się zastosowanie modeli matematycznych (Guerras 1990). Niestety, ograniczenia, jakie stawiane są w założeniach do tych modeli, praktycznie eliminują możliwości ich zastosowania w rozwiązaniach praktycznych. Do tych ograniczeń można zaliczyć między innymi brak możliwości uwzględnienia takich elementów, jak:

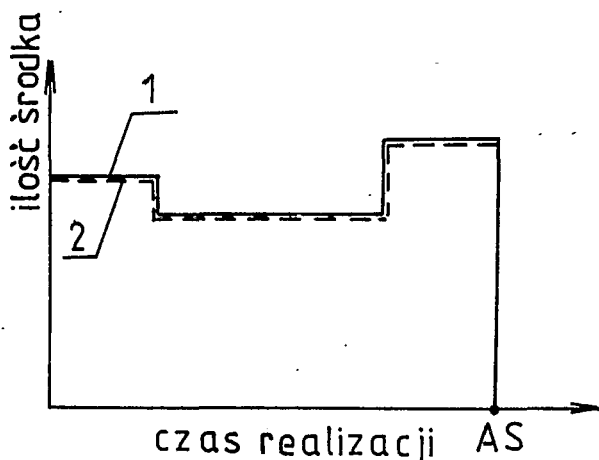
- wykonanie jednej czynności w kilku etapach (dzielenia czynności),
- terminy dyrektywne czynności i zdarzeń,
- deklaracja środków rezerwowych,
- deklaracja czasu rezerwowego,
- dopuszczenie tylko złożonych poziomów dostępności i zapotrzebowania środków itp.

Stąd też ciągle na nowo podejmowane są próby poszukiwania takich rozwiązań heurystycznych, które z jednej strony po-

zwolą uwzględnić wszystkie wymagania stawiane przez praktyczne zastosowania harmonogramów sieciowych, a z drugiej — możliwie najlepsze zaplanowanie realizacji obiektów. Kiedy prześledzi się wyniki obliczeń dla kilku różnych systemów komputerowych, realizujących analizę środków w harmonogramach sieciowych, łatwo zauważyć, że każdy z nich daje nieco inne wyniki dla tych samych danych wejściowych (Yahdar 1992, Willis 1985). Kiedy chce się ustalić, który wynik jest najlepszy, pojawia się problem co ma być kryterium tej oceny. Twórcy poszczególnych programów nie podają szczegółowych algorytmów, jakie zostały zastosowane w ich programach. W związku z tym trudno jest ustalić, które z możliwych kryteriów brali pod uwagę. A przecież tych kryteriów może być kilka i nie wszyscy użytkownicy zdają sobie z tego sprawę. Badania prowadzone przez autora oraz obliczenia wykonane na grupie przykładowych harmonogramów sieciowych obiektów inżynierskich wskazują, że celowe jest rozpatrywanie niżej opisanych kryteriów.

Kryteria oceny analizy środków

Idealnym rozwiązaniem dla analizy środków jest, gdy zapotrzebowanie i dostępność dokładnie się pokrywają (rys. 6).



Rys. 6. Wykres dostępności i zapotrzebowania przy pełnej zgodności zapotrzebowania i dostępności; 1 — poziom dostępności, 2 — poziom zapotrzebowania

W praktyce mamy jednak zazwyczaj do czynienia z sytuacją, że albo dostępność albo termin realizacji są przekroczone.

W przypadku gdy zachowany jest termin AC (rys. 3 i 4), można brać pod uwagę następujące kryteria:

- sumaryczna liczba roboczo- lub maszynodni, o które przekroczone założoną dostępność — to kryterium wydaje się szczególnie korzystne przy analizie jednego środka;
- sumaryczny koszt zatrudnienia pracowników i maszyn wynikający z przekroczenia założonych poziomów dostępności — to kryterium wymaga zdefiniowania dla każdego analizowanego środka kosztu jednostkowego, jaki należy pokryć w przypadku przekroczenia założonych dostępności, lecz jest jednoznaczne i uzasadnione merytorycznie w przypadku równoczesnej analizy kilku różnych środków, np. robotników, maszyn, urządzeń pomocniczych itp.;
- liczba dni i(lub) terminy, w których przekroczone założone poziomy dostępności; w pewnych sytuacjach istotne jest, aby przekroczenie dostępności kumulowało się w krótkim okresie, a nie występowało nieregularnie w całym okresie realizacji, co znacznie utrudnia koordynację prac na obiekcie;
- maksymalne przekroczenie dostępności dla poszczególnych środków; szczególnie istotne, gdy wykonawca ma ograniczone możliwości zatrudniania dodatkowych ludzi lub sprzętu;
- średni rozrzut zapotrzebowania od założonych poziomów dostępności liczony w całym okresie realizacji, np. wzorem na wariancję z próby, gdzie każdy dzień realizacji traktowany jest jak jedna obserwacja. To kryterium bardzo chętnie używane jest w modelach matematycznych. Niestety, obciążone jest kilkoma wadami, między innymi przekroczenie poziomu dostępności środka traktowane jest tak samo jak jego niepełne wykorzystanie, co oczywiście dla inży-

nier na budowie ma zupełnie inne znaczenie. Ponadto przy prostym sumowaniu wariancji dla kilku różnych środków ztraca się znaczenie i koszt pracy poszczególnych środków, np. potrzeba zatrudnienia dodatkowej koparki i jednego robotnika niewykwalifikowanego w znaczeniu tego kryterium będą znaczyły to samo.

Nieco inaczej wyglądają kryteria wyboru wariantów realizacji przy założeniu ograniczonych środków. Można między innymi rozważać następujące miary:

- termin zakończenia realizacji inwestycji; to kryterium wydaje się być bardzo uniwersalne i jednoznaczne niezależnie od liczby analizowanych środków. Czym szybciej jesteśmy w stanie zaplanować zakończenie inwestycji, dysponując tymi samymi środkami, tym system obliczeniowy można uznać za efektywniejszy;
- koszt zatrudnienia środków po terminie z AC; ma to szczególne znaczenie przy równoczesnej analizie wyników kilku różnych środków. Może się okazać, że dłuższa realizacja przedsięwzięcia jest tańsza, gdyż do dokończenia budowy wykorzystuje się tylko jeden tani środek, kiedy przy krótszym terminie zaangażowanych było kilka różnych środków. W tym wypadku pojawia się konflikt rachunku ekonomicznego z punktu widzenia inwestora i wykonawcy. Przy założeniu ustalonej ceny realizacji inwestycji wynikającej z kontraktu, inwestor zainteresowany jest jak najszybszym oddaniem obiektu do realizacji, a wykonawca — jak najtańszym sposobem realizacji bez przekroczenia terminu z kontraktu;
- średni rozrzut zapotrzebowania od założonych poziomów dostępności liczony jak przy analizie z ograniczonym terminem.

Rozpatrzone dotąd przypadki dotyczyły najprostszych sytuacji. Niektóre systemy

komputerowe dopuszczają jednak deklarowanie dodatkowych danych uwzględnianych w analizie. Dotyczy to możliwości definiowania:

- środków rezerwowych, po które można sięgnąć w przypadku niewystarczającej liczby środków podstawowych,
- rezerwowego czasu, o który można wydłużyć zakończenie realizacji przedsięwzięcia, gdy nie udaje się zaplanować zakończenia w terminie wynikającym z AC.

Przy takim definiowaniu danych do AS problem oceny wyników tej analizy komplikuje się jeszcze bardziej. Zarówno przy analizie z ograniczonymi środkami, jak i ograniczonym czasem powstają pytania dotyczące wykorzystania tych zaplanowanych rezerw. Czy ich użycie było konieczne, czy sięgnięto po nie we właściwym czasie, jaki procent rezerw został wykorzystany, jak zmienił się koszt realizacji inwestycji, jak wpłynęło to na kryteria oceny opisane wcześniej? Rozpatrując jeszcze szerzej problem wyboru jednego z wariantów AS, należy zauważyć, że często użytkownik poszukuje rozwiązania, które dla niego jest najkorzystniejsze równocześnie ze względu na kilka — często sprzecznych — kryteriów. Do tego dochodzą oceny, które są niezależne od uzyskiwanych wyników, a dotyczą użytkowej strony programów, jak np. elastyczność zestawiania wydruków czy czas potrzebny do przeprowadzenia obliczeń.

Podsumowanie

Jak widać z przeprowadzonej analizy możliwych kryteriów, ocena wyników analizy środków ustalonych na podstawie różnych algorytmów obliczeniowych nie jest ani jednoznaczna, ani prosta. Wyniki, które mogą w pełni zadowolić jednego użytkownika, nie muszą spełnić oczekiwań innego. W związku z możliwością tak niejednoznacznej oceny wydaje się celowe, aby w programach obliczeniowych umo-

żliwić użytkownikowi obliczanie różnych wariantów realizacji tego samego obiektu przy tych samych danych wejściowych. Wymaga to od autorów systemów jednoznacznego zdefiniowania przyjętych kryteriów oceny AS w danym programie. Wskazane również byłoby zaznajomienie użytkownika, który z możliwych wariantów algorytmów obliczeniowych daje najlepsze wyniki ze względu na określone kryterium. Ponadto celowe jest obliczenie dla każdego wariantu wszystkich analizowanych w danym programie kryteriów, a ostateczny wybór wariantu przyjętego do realizacji należy pozostawić użytkownikowi.

Niestety, programy, które można spotkać na rynku, nie dają takich możliwości. Ani nie definiują przyjętych kryteriów oceny AS, ani nie opisują zastosowanych algorytmów, ani nie umożliwiają wariantowania wyników obliczeń. Aktualnie jedyną możliwością jest wykonanie obliczeń dla tych samych danych wejściowych kilkoma różnymi programami i porównanie wyników. Takie postępowanie wymaga jednak zainwestowania znacznych środków na zakup odpowiedniego oprogramowania, dobrej znajomości tych systemów, jak również dużego nakładu pracy przy przenoszeniu danych pomiędzy poszczególnymi programami.

Literatura

- GUERRAS M. 1990: *The analysis of resources in PERT projects via multicriteria programing*. Foundations of computing and decision sciences vol. 15 no. 2.
- MOSIEJ K., POŁOŃSKI M., SOKOŁOWSKI J. 1982: *Metody sieciowe w melioracjach*. PWRiL, Warszawa.
- POŁOŃSKI M. 1992: *Planowanie i kontrola realizacji inwestycji melioracyjnych na podstawie systemu komputerowego SPRIM*. Przegląd Naukowy SGGW, Zeszyt 1.
- WILLIS R.J. 1985: *Critical path analysis and resource constrained project scheduling — theory and practice*. European Journal of Operational Research no 21.
- YAHDAVD. 1992: *Tracking the elusive project*. Byte vol. 17 Iss. 11.

Summary

Sarching for criterions of resource leveling results in the network tasks. Project management packages can help users plan and control projects better by considering resources analysis. But not all programs provide the same results. There may be more than one way to resolve resources conflicts. The problem of ranking software in order of efficiency of

leveling is not easy, and each user may prefer a different result. The author gives a consideration of some criterion for criticism of resource leveling result.

Author's address:

M. Połoiński
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Władysław ROGIŃSKI

Katedra Budownictwa Wiejskiego SGGW

Zygmunt KRZYWOSZ

Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych SGGW

Mirosław SZYMAŃSKI

Dolnośląski Instytut Technologiczny, Sp. z o.o. Wrocław

Badania efektywności biologicznych procesów unieszkodliwiania gnojowicy w komorach fermentacji beztlenowej

Wstęp

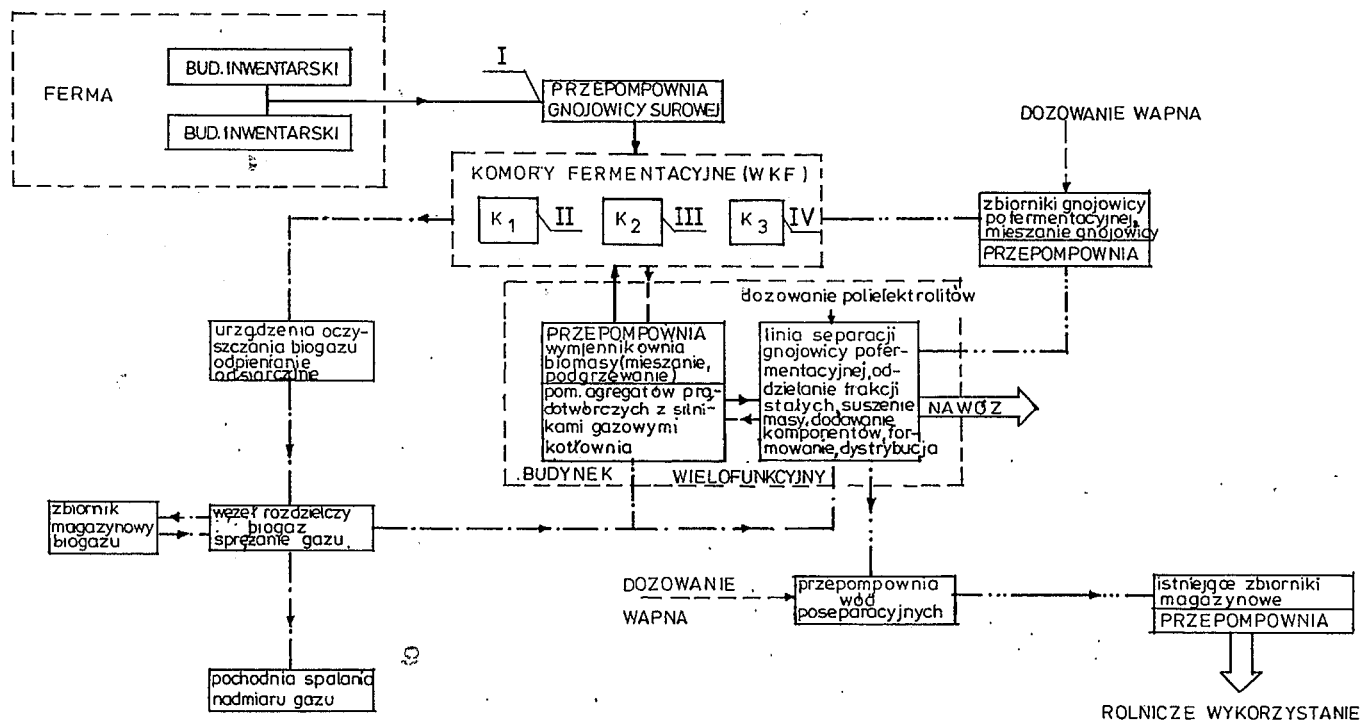
Zakład Utylizacji Gnojowicy wybudowany w 1991 roku w Kamienniku, na fermie trzody chlewnej o obsadzie 10 tys. sztuk świń, uzyskał zakładane wyniki (rys. 1). Sterowana fermentacja metanowa w wydzielonych komorach fermentacyjnych (WKF), z zachowaniem odpowiedniego czasu przetrzymywania gnojowicy oraz temperatury, pozwala na wyjałowienie bakterii chorobotwórczych i uzyskanie energii w postaci biogazu. Nie stwarza ona wówczas zagrożenia dla środowiska przyrodniczego. Gnojowica po komorach fermentacyjnych poddawana separacji na prasie sitowo-taśmowej. Frakcja stała przetwarzana jest na nawóz organiczny, a płynna — rozlewana na pola.

W latach 1992–1993 przeprowadzono badania w skali technicznej w Kamienniku, dotyczące redukcji wskaźników zanieczyszczeń w przefermentowanej gnojowicy. Celem tych badań było ustalenie przydatności frakcji płynnej z przefermentowanej gnojowicy do rolniczego zagospodarowa-

nia. Wyniki tych badań pozwalają na ustalenie sposobu jej zagospodarowania oraz arealu potrzebnego do jej rozlania.

Metodyka badań

Sprawność biologicznych procesów nieszkodliwiania gnojowicy ustalono za pomocą badań wykonywanych w skali produkcyjnej. Badaniami objęto tylko procesy nieszkodliwiania gnojowicy w WKF. Miejsca poboru próbek do badań podczas eksploatacji Zakładu Utylizacji Gnojowicy przedstawiono na rysunku 1. Analizy fizykochemiczne gnojowicy prowadzono zgodnie z obowiązującymi normami krajowymi i branżowymi, a ich oznaczenia — zgodnie z obowiązującą metodyką. Surową i nieszkodliwioną gnojowicę pobierano z 4 punktów kontrolnych. Badania fizykochemiczne prowadzono równocześnie z oznaczeniem prędkości osiadania osadu w gnojowicy z WKF. Uzyskane wyniki zebrano i opracowano statystycznie — zgodnie z ogólnie przyjętymi metodami.



Rys. 1. Schemat zakładu utylizacji gnojowicy na fermie trzody chlewnej w Kamienniku; I-IV miejsca pobierania próbek

Wyniki

Badania surowej gnojowicy na fermie w Kamienniku potwierdziły duże wahania wartości wskaźników zanieczyszczeń (tab. 1). Wartości te zależą od wieku zwierząt, rodzaju zadawanej paszy oraz ilości wody zużywanej do utrzymania higieny w pomieszczeniach inwentarskich i do wspomagania transportu hydraulicznego gnojowicy w kanałach podrusztowych. Jakość gnojowicy wprowadzanej do poszczególnych komór różniła się znacznie składem zanieczyszczeń (tab. 2). Wynika to z zasilania komór fermentacyjnych gnojowicą z budynków zasiedlonych przez różne grupy wiekowe i użytkowe. Do komory nr 1 (rys. 1) dostarczana była gnojowica z pomieszczeń macior i prosiąt, do komory nr 2 — z warchlakarni, a do komo-

ry nr 3 — z tuczarni. We wszystkich pomieszczeniach produkcyjnych używano dużo wody, głównie do splukiwania kanałów. Dlatego występuje tak niska zawartość suchej masy w gnojowicy, a szczególnie w otrzymywanej od prosiąt i macior (tab. 1).

We wszystkich WKF utrzymywano temperaturę fermentacji równą 35°C. Czas przetrzymywania substratu w komorach wahał się od 19 do 21 dni. Było to zależne od ilości wody zużywanej do mycia stanowisk.

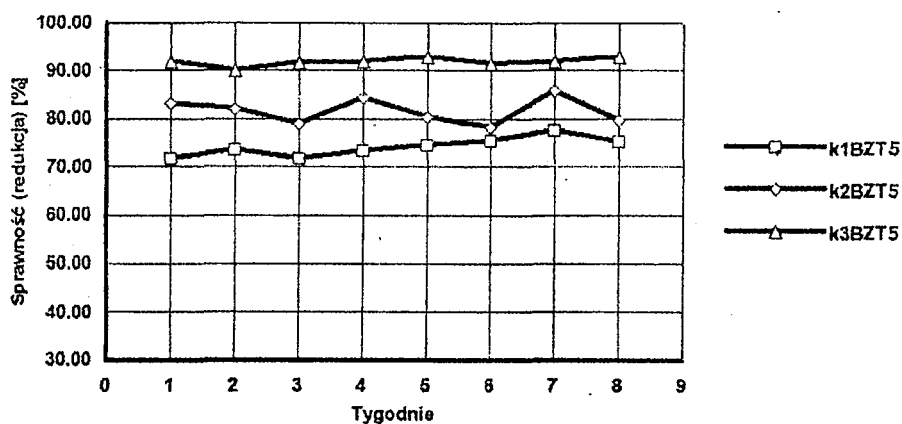
Analizując pracę komór fermentacyjnych, należy stwierdzić, że redukcja BZT₅, ChZT i suchej masy zwiększa się wraz ze wzrostem ich wartości wejściowych (rys. 2–4). Przy stabilnej pracy komór i wysokiej zawartości suchej masy na wejściu (> 2,5%) uzyskujemy wysoką redukcję

TABELA 1. Charakterystyka gnojowicy trzody chlewnej z fermy w Kamienniku

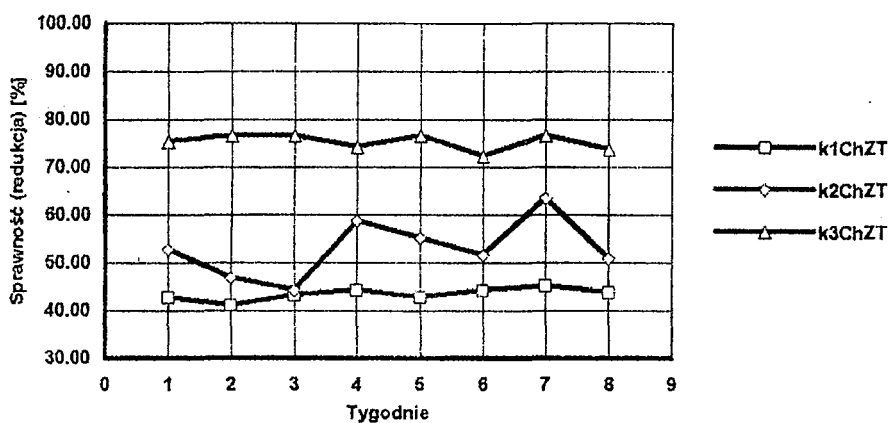
Wskaźniki zanieczyszczeń	Zakres zmian	Wartości średnie
Sucha masa [%]	0,5–3,2	1,45
Sucha masa organiczna [%]	0,4–2,5	1,03
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	4000–30000	12000
ChZT [mg O ₂ /dm ³]	10000–47500	18000

TABELA 2. Wyniki uzyskane w zakresie jakości podstawowych zanieczyszczeń gnojowicy w Zakładzie Utylizacji Gnojowicy na obiekcie Kamiennik

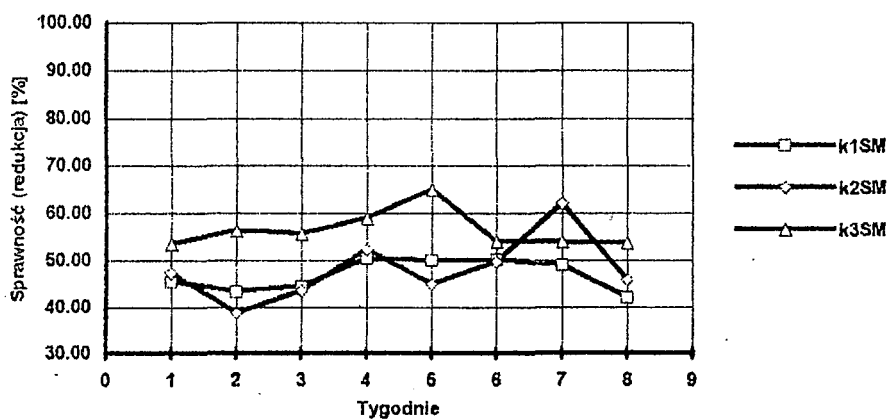
WKF	Wskaźniki zanieczyszczeń	Gnojowica				Redukcja zanieczyszczeń [%]
		surowa		po fermentacji w WKF		
		zakres zmian	wartości średnie	zakres zmian	wartości średnie	
1	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	4492–5869	4988	1189–1354	1281	74,3
	ChZT [mg O ₂ /dm ³]	8845–9684	9288	5041–5387	5248	43,5
	s.m. [mg/dm ³]	10948–12842	11748	5661–7053	6239	46,9
2	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	6817–10689	8451	1312–1633	1524	82,0
	ChZT [mg O ₂ /dm ³]	13212–18612	15663	6779–7972	7269	53,6
	s.m. [mg/dm ³]	15482–20975	17793	7925–10137	9145	48,7
3	BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	14992–19235	17343	1299–1562	1404	91,9
	ChZT [mg O ₂ /dm ³]	24123–28476	26354	5627–7450	6511	75,3
	s.m. [mg/dm ³]	21210–26546	23703	9077–10912	10294	56,6



Rys. 2. Redukcja BZT₅ w czasie w komorach fermentacyjnych k₁, k₂, k₃



Rys. 3. Redukcja ChZT w czasie w komorach fermentacyjnych k₁, k₂, k₃



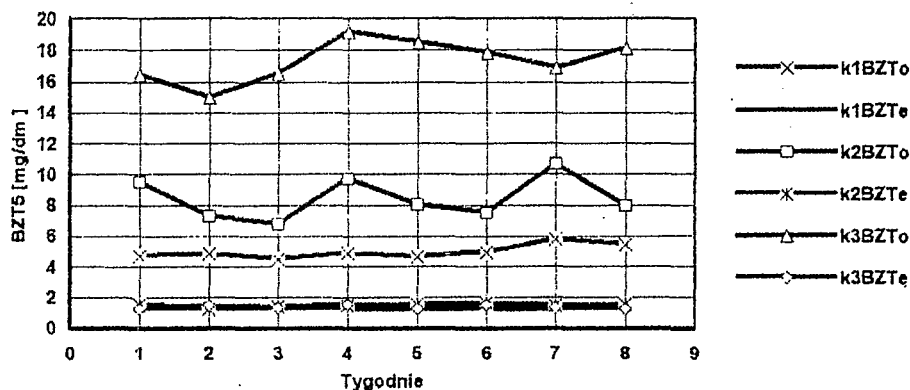
Rys. 4. Redukcja s.m. w czasie w komorach fermentacyjnych

wskaźników zanieczyszczeń, wyrażonych w BZT₅ i ChZT (rys. 5–7). Potwierdzają to także inni badacze (NAS 1977, Góra 1983). Wysoka redukcja BZT₅ świadczy o efektywnej pracy komó i o dużej mineralizacji substancji łatwo ulegających rozkładowi biochemicznemu, co stanowi ważny element przy produkcji nawozu, ponieważ skraca czas jego przetwarzania.

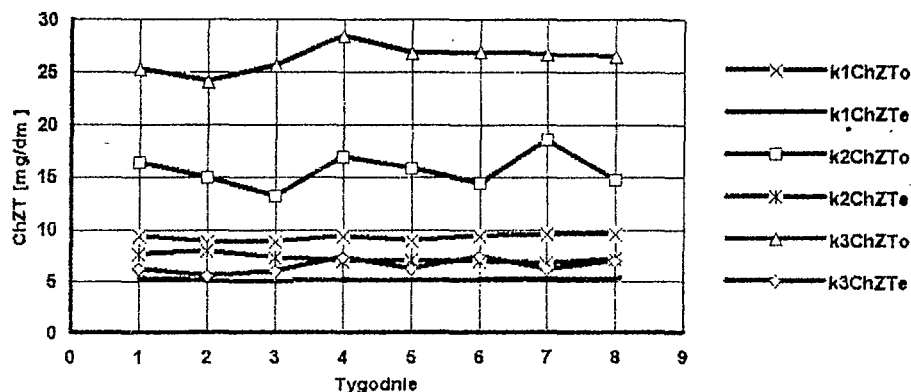
Badania wykazały, że mimo dużych różnic w wysokości wskaźnika zanieczyszczeń BZT₅ na wejściu do komór, po fermentacji otrzymujemy w miarę stały poziom tego wskaźnika (tab. 2, rys. 2), podobnie zachowują się pozostałe (rys. 8).

Należy także podkreślić, że po procesie fermentacji ulega zmniejszeniu proporcja BZT₅ do ChZT (rys. 9), co świadczy o sprawnym przebiegu procesów i wysokiej mineralizacji. Badania przeprowadzone przez Wojewódzką Stację Sanitarno-Epidemiologiczną we Wrocławiu wykazały, że gnojowica po fermentacji metanowej pozbawiona jest bakterii chorobotwórczych i jaj helmintów (tab. 3).

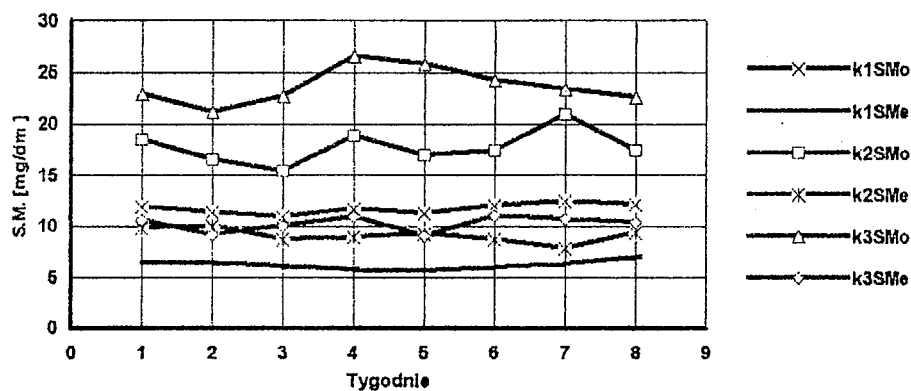
Ważnym elementem przy rolniczym wykorzystaniu przefermentowanej gnojowicy jest także pozbawienie siły kiełkowania przeważającej większości nasion chwastów. Przefermentowana i odgazowa-



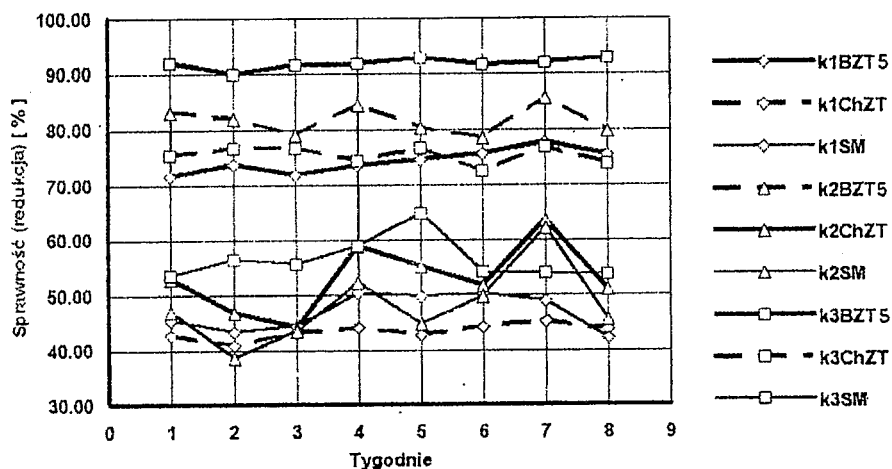
Rys. 5. Wartości BZT₅ na wejściu i wyjściu do komór fermentacyjnych k₁, k₂, k₃



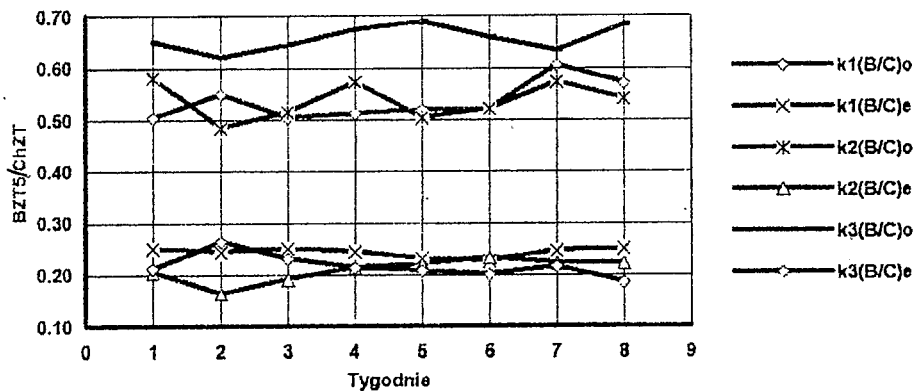
Rys. 6. Wartości ChZT na wejściu i wyjściu do komór fermentacyjnych k₁, k₂, k₃



Rys. 7. Wartości s.m. na wejściu i wyjściu do komór fermentacyjnych k_1 , k_2 , k_3



Rys. 8. Sprawność komór fermentacyjnych



Rys. 9. Zmiany BZT₅ do ChZT w czasie w komorach fermentacyjnych k_1 , k_2 , k_3 ; o — wejście do komór, e — wyjście z komór

TABELA 3. Ocena bakteriologiczna przefermentowanej gnojowicy (Zakład Utylizacji Gnojowicy, Kamiennik)

Wskaźnik	Wielkości wykryte
Miano <i>coli</i>	0,4
Miano <i>coli</i> typu kałowego	0,4
Miano <i>Clostridium perfringens</i>	>0,1
Bakterie z rodzaju <i>Salmonella</i>	nie wykryto
Obecność jaj pasożytów	nie wykryto

na gnojowica pozbawiona jest również przykrego zapachu.

Rozpatrując stosowane dotychczas systemy unieszkodliwiania gnojowicy, należy podkreślić, że tylko beztlenowa fermentacja zapewnia samowystarczalność energetyczną prowadzonych procesów; badania eksploatacyjne wykazały, że w Zakładzie Utylizacji Gnojowicy na fermie w Kamienniku w WKF z 1 m³ gnojowicy uzyskano średnio około 20 m³ biogazu w ciągu doby. Zawartość azotu i fosforu w gnojowicy po fermentacji beztlenowej i po separacji na prasie sitowo-taśmowej podano w tabeli 4. Przedstawione dane pozwalają na ustalenie wielkości arealu do rolniczego zagospodarowania gnojowicy.

Wnioski

Przeprowadzone badania unieszkodliwiania gnojowicy w komorach fermentacji na eksploatowanym obiekcie produkcyjnym pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zastosowana technologia zapewnia wysoką redukcję wskaźników fizykochemicznych gnojowicy.

2. Powstałe w wyniku fermentacji beztlenowej produkty (biogaz, nawóz organiczny, ciecz poseparacyjna) umożliwiają ich bezpieczne zagospodarowanie.

3. Uzyskany biogaz zapewnia samowystarczalność energetyczną inwestycji.

4. Wyprodukowany nawóz jest bezpieczny ekologicznie (pozbawiony jest bakterii, wirusów chorobotwórczych, jak helmintów, zapachu itp.).

5. Pozostały po separacji odciek nadaje się do bezpiecznego rolniczego zagospodarowania.

6. Otrzymane produkty zapewniają wysoką efektywność ekonomiczną inwestycji, pozwalając w krótkim czasie (poniżej 10 lat) na zwrot poniesionych nakładów.

Literatura

GÓRA B. 1983: *Podstawy technologii produkcji biogazu*. Przegląd literatury, CBR, Warszawa.

TABELA 4. Zawartość azotu i fosforu w gnojowicy po fermentacji metanowej

Azot ogólny [mg/dm ³]				Fosfor ogólny [mg/dm ³]			
wejście		wyjście		wejście		wyjście	
zakres zmian	wartości średnie	zakres zmian	wartości średnie	zakres zmian	wartości średnie	zakres zmian	wartości średnie
2500–4500	3800	1500–2500	2000	1350–1890	1670	830–1260	1070

Methane generation from human, animal and agricultural wastes. 1977. National Academy of Sciences, Washington.

Summary

The paper presents results of research on the rate of effectiveness of biological neutralization of slurry in a digester at the Slurry Treatment Plant in Kamiennik. The research was aimed at identifying the utility of

liquid part of the digested slurry in view of its agricultural application.

Author's address

W. Rogiński, Z. Krzywosz
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa
M. Szymański
Dolnośląski Instytut Technologiczny Sp. z o.o.
Wrocław

Analiza porównawcza wybranych komputerowych i analogowych metod wielkoskalowych opracowań warstwicznych

Wstęp

Rzeźba terenu jest jednym z głównych elementów map szczegółowych opracowywanych dla potrzeb inżynierii środowiska wiejskiego. Przy realizacji prac w zakresie budowy zbiorników retencyjnych, wodociągów wiejskich, sieci melioracyjnych, budowy dróg rolniczych, budownictwa wiejskiego itp. konieczne jest posłużenie się wielkoskalowymi mapami sytuacyjno-wysokościowymi. Podstawową metodą przedstawiania rzeźby terenu na tych mapach jest metoda warstwiczna.

Oprócz tradycyjnej metody opracowań warstwicznych, wykonywanych na podstawie pomiarów tachimetrycznych, coraz większe zastosowanie do tych opracowań znajdują analogowe i analityczne metody fotogrametryczne oraz metody komputerowe, oparte na numerycznym modelu terenu (NMT). Zwiększenie, w warunkach krajowych, zakresu zastosowania tych metod do potrzeb inżynierii środowiska wiejskiego zależy od stopnia ich "atrakcyjności" w stosunku do metody tradycyjnej. W dużym stopniu jest to uwarunkowane możliwościami do uzyskiwania dokładnościami opracowań warstwicznych (Wysocki 1987) za pomocą tych metod.

W niniejszej pracy przedstawiono wybrane uogólnione wyniki badań i analiz prowadzonych przez autora w tym zakresie.

Zakres badań i analiz

Badania i analizy przeprowadzono dla dziesięciu map warstwicznych opracowanych różnymi metodami. Mapy zostały opracowane w skali 1:2000, to jest typowej skali, jaka jest przewidywana dla różnych potrzeb w zakresie inżynierii środowiska wiejskiego.

Do opracowania powyższych map wykorzystano następujące metody analogowe i komputerowe:

Metoda A. Tachimetria elektroniczna z wykorzystaniem tachimetru EOT 2000. Wysokości (Z) charakterystycznych punktów terenu określono za pomocą niwelacji trygonometrycznej. Położenie punktów NMT określono za pomocą współrzędnych (X, Y). Mapy warstwiczne opracowano z wykorzystaniem interpolacji sposobem linii równoległych.

Metoda B. Bezpośrednie opracowanie warstwiczne wykonane fotogrametryczną metodą analogową.

Metoda C. Bezpośrednie opracowanie warstwiczne wykonane fotogrametryczną metodą analogową o podwyższonej dokładności (metodą strefową — Wysocki 1992).

Metoda D. Fotogrametryczne, punktowe (cyfrowe) opracowanie wysokościowe o podwyższonej dokładności (Wysocki 1987). Opracowanie warstwice manualnie lub techniką komputerową.

Metoda E. Opracowanie warstwicy metodą komputerową opracowaną w SGGW (Wysocki 1987). Metoda wykorzystuje do opracowania map warstwicznych dwie procedury:

E/1 — zadaną topologią, gdzie oprócz wartości X, Y, Z punktów NMT, jest podawany również schemat połączenia punktów modelu, tak aby powstała w ten sposób nieregularna siatka trójkątów (elementów), aproksymująca powierzchnię terenu, pokryła opracowany obszar. Przy tym rozwiązaniu wybór elementów jest dokonywany i kodowany przez człowieka;

E/2 — topologia jest generowana automatycznie przez komputer.

W obydwu powyższych procedurach do wygładzania linii warstwicznych wykorzystano standardowe oprogramowanie plotera w funkcje gięte (skłajane) typu spline. Funkcję tą opisuje się jako zbudowaną z wielomianów (najczęściej trzeciego stopnia) w ten sposób, że sama funkcja i jej dwie pierwsze pochodne są ciągłe. Do opracowania map warstwicznych tą metodą wykorzystano NMT uzyskany z tachimetrii elektronicznej (tachimetrem EOT) lub z opracowania fotogrametrycznego (metoda D).

Metoda F. Opracowanie warstwicy metodą komputerową opracowaną w SGGW (Zbucki 1982). W metodzie tej wykorzystano rozwiązanie z zadaną topologią. Do wygładzania linii warstwicznych wykorzystano funkcje gięte. Opracowano własną procedurę rozwiązania tego zagadnienia. Do opracowania map warstwicznych wykorzystano NMT uzyskany z tachimetrii elektronicznej lub z opracowań fotogrametrycznych.

Za pomocą wyżej wymienionych metod zostały opracowane mapy warstwice dla trzech typów terenu:

- teren płaski, lekko falisty,
- teren falisty,
- teren morenowy.

Ogólną charakterystykę map warstwicznych przedstawiono w tabeli 1.

Badania i analizy przeprowadzono na podstawie prac pomiarowo-kontrolnych. Dla każdego terenu (obiektu) założono i pomierzono ośnowę geodezyjną, z której były wykonywane pomiary punktów kontrolnych, określając ich współrzędne płaskie oraz wysokości z odpowiednią dokładnością.

Dokładność map warstwicznych opracowanych wyżej wymienionymi metodami oszacowano za pomocą dwóch estymatorów (tab. 1).

Pierwszy estymator zastosowano za pomocą średniego błędu wysokości warstwicy (m_h), określanego z wykorzystaniem eksperymentalnego wzoru Koppego w postaci:

$$m_h = \pm (a + b \cdot \operatorname{tg} \alpha)$$

gdzie:

α — kąt nachylenia terenu,

a — stała charakteryzująca błąd wysokości,

b — stała charakteryzująca błąd położenia.

Wartości błędu m_h obliczono dla przeciętnego kąta nachylenia terenu na danej mapie warstwicznej.

Należy zauważyć (tab. 1), że badanie dokładności tą metodą nie w każdym przypadku dało w pełni miarodajne rezultaty. Otrzymano np. duże różnice wartości stałej b dla różnych map warstwicznych terenu płaskiego. Wynika to stąd, że przy małych nachyleniach terenu (i małym cięciu warstwicy), na wartość błędu wysokości warstwicy ma duży wpływ chropowatość powierzchni terenu (Wysocki 1985), a nie tylko występujące tutaj nieduże nachylenia. Wpłynęło to nieraz na zakłócenie logicznej formy równania Koppego, gdzie jednym z głównych parametrów jest kąt nachylenia terenu. W związku z tym wydaje się niecelowe stosowanie równania Koppego do oceny dokładności map warstwicznych takich terenów. Wniosek ten pokrywa się zresztą z odpowiednimi zaleceniami obo-

TABELA 1. Ogólna charakterystyka map warstwicznych opracowanych różnymi metodami w skali 1:2000 (objaśnienia w tekście)

Mapa lp.	Metoda opracowa- nia	Rodzaj terenu	Sposób pomiaru	Cięcie warstwiczne [m]	a	b	m_h [m]	m_Δ [m]
1	A	płaski	EOT	0,25	0,09	0,50	0,10	0,11
2	A	morenowy	EOT	0,25	0,34	1,72	0,39	0,40
3	A	falisty	EOT	1,0	—	—	—	0,24
4	E/1	płaski	EOT	0,25	0,07	0,71	0,08	0,09
5	E/2	płaski	EOT	0,25	0,09	1,86	0,13	0,13
6	F	płaski	EOT	0,25	0,09	0,50	0,10	0,11
7	F	morenowy	EOT	1,0 (2,0)	0,51	0,52	0,59	0,61
8	D+E/2	płaski	fotogr.	0,25	0,08	-1,60	0,07	0,10
9	C	falisty	fotogr.	1,0	—	—	—	0,23
10	B	morenowy	fotogr.	1,0 (2,0)	0,13	4,00	0,28	0,34

wiązujących instrukcji geodezyjnych, gdzie nie jest przewidywane stosowanie tego równania.

Drugim zastosowanym tutaj estymatorem oceny dokładności opracowanych map warstwicznych jest błąd średni (m_Δ — tab. 1), obliczany na podstawie różnic pomiędzy wysokościami wybranych punktów (np. na przekrojach), określonymi z mapy warstwicznej, a wysokościami tych samych punktów, określanymi w terenie za pomocą niwelacji.

Wyniki badań i podsumowanie

Jak wynika z danych w tabeli 1, za pomocą metod komputerowych można uzyskać dokładność warstwicz nie mniejszą niż ta, którą zapewnia metoda tachimetryczna.

Wykorzystanie do wygładzania linii warstwicznych funkcji giętych może jednak napotykać ograniczenia w terenie morenowym. Funkcje te mają tę cechę, że zachowują warunek ciągłości w danych punktach — pomiędzy nimi są często nienaturalnie "wybrzuszone". W konsekwencji te wybrzuszenia mogą powodować w pewnych miejscach przesunięcia warstwicz w stosunku do ich właściwego

położenia, a w terenie o większych spadkach mogą w związku z tym wystąpić dość duże błędy. Można to stwierdzić przez porównanie map 2 i 7 (tab. 1), gdzie w terenie morenowym dla tych samych punktów NMT otrzymano znacznie wyższą dokładność warstwicz opracowanych manualnie ($\pm 0,40$ m) w stosunku do warstwicz opracowanych komputerowo, których dokładność oszacowano na $\pm 0,61$ m. Można sądzić, że poprawa jakości opracowania jest możliwa poprzez rozwiązanie tego problemu innego typu funkcją potęgową. Wymaga to jednak bardziej szczegółowych badań w tym zakresie.

Istotny wpływ na dokładność warstwicz w terenie falistym i morenowym ma poprawność rozmieszczenia i odpowiednia gęstość punktów NMT. Gęstość ta powinna się zmieniać w zależności od lokalnego charakteru opracowywanego terenu. Przeprowadzone w Katedrze Geodezji i Fotogrametrii SGGW badania (z wykorzystaniem pakietu SURFER firmy Golden Software) wskazały, że analogicznie do gęstości punktów NMT powinna się zmieniać lokalnie gęstość punktów regularnej siatki interpolacyjnej generowanej przez komputer, opierając się na punktach numerycznego modelu terenu. Wydaje się celowe za-

opatrywanie programów komputerowych w odpowiednie opcje, które ten warunek mogłyby realizować automatycznie.

Wiele istotnych zalet przy opracowaniach warstwicznych ma fotogrametryczna metoda analogowa, pozwalająca na bezpośrednie opracowanie warstw bez potrzeby interpolacji. Jest to szczególnie ważne w terenach morenowych i falistych, gdzie — jak już wspomniano — wybór odpowiednich punktów NMT i odtworzenie rzeczywistego kształtu warstwy (Wysocki 1985b) może często narażać na trudności. Wynika to z porównania odpowiednich opracowań warstwicznych (tab. 1 — mapy: 7,2,10). W terenie morenowym uzyskano niższą dokładność warstw opracowanych komputerowo ($\pm 0,61$ m) i tachimetrycznie ($\pm 0,40$ m) w stosunku do opracowanych fotogrametrycznie, poprzez bezpośrednie poprowadzenie warstw na autografie, dla których $m_A = \pm 0,34$ m.

Wysokie dokładności fotogrametrycznych opracowań warstwicznych można uzyskać w terenie falistym, a nawet płaskim (tab. 1 — mapy 9,8). Wymaga to jednak spełnienia odpowiednich warunków opracowania (Wysocki 1992, 1993).

Metody fotogrametryczne napotykają ograniczenia przy opracowywaniu małych obiektów, gdzie często nie są opłacalne z ekonomicznego punktu widzenia.

Należy jednocześnie zauważyć, że wykorzystanie metod fotogrametrycznych, oprócz zautomatyzowania procesu opracowania mapy i możliwości szybkiego włączenia zarejestrowanych danych do procesu przetwarzania informacji z zastosowaniem komputerów — umożliwia również szybkie dostarczenie projektantowi szczegółowych i aktualnych informacji o terenie w postaci odpowiedniego obrazu fotograficznego.

W związku z rozwojem tachimetrów elektronicznych oraz automatyzacją metod opracowań mapowych — nowych cech atrakcyjności nabiera metoda tachimetry-

czna. Odnosi się to w szczególności do małych obiektów, gdzie często stosowanie "całościowej" automatyzacji, którą wymuszają na ogół metody komputerowe i fotogrametryczne, może być nieraz nieekonomiczne. Przy rozwiązaniach tradycyjnych istnieje większa możliwość "selektywnej" automatyzacji wybranych etapów pomiarów i opracowań pozwalających na uzyskanie potrzebnej dokładności przy jednoczesnym zachowaniu założonej opłacalności opracowania.

Należy zauważyć, że istnieją naturalne ograniczenia możliwej do uzyskania dokładności opracowań warstwicznych. Teoretycznie można by podnosić tę dokładność w sposób prawie nieograniczony, np. dla powierzchni regularnych i gładkich. Nie można jednak do nich zaliczyć powierzchni terenu, gdzie chropowatość (Wysocki 1985a) stanowi naturalne ograniczenie. Czynnikiem ten determinuje możliwą do uzyskania dokładność opracowania warstw niezależnie od metody opracowania, np. użytych instrumentów oraz ich nawet bardzo wysokiej dokładności pomiaru. Z przeprowadzonych badań wynika (np. tab. 1), że przy starannym opracowaniu — w przeciętnych warunkach terenowych — można uzyskać średni błąd wysokości warstwy w granicach połowy cięcia warstwiczowego, przy cięciu równym 0,25 m.

Przy większych cięciach warstwicznych stosowane często w instrukcjach kryterium dokładności, gdzie błąd średni wysokości warstwy przyjmuje się w granicach 1/3 cięcia warstwiczowego — jest na ogół łatwiejsze do spełnienia.

Literatura

- WYSOCKI J. 1985a: *O dokładności map warstwicznych przy cięciu równym 0,25 m*. Prz. Geodez., nr 4-5.
- WYSOCKI J. 1985b: *On the internal accuracy of the photogrammetric contour lines*. Ann. Wars. Agric. Univ. SGGW-AR, Land Reclam., 21.
- WYSOCKI J. 1987: *Problemy dokładności nowoczesnych technik opracowania wielkoskalowych map*

warstwicowych pod kątem potrzeb wodnomelioracyjnych. Wydaw. SGGW, Warszawa.

WYSOCKI J. 1992: *On the "zone" method of working out of large-scale contour map*. Ann. Wars. Agric. Univ., SGGW, Land Reclam. (w druku).

WYSOCKI J. 1993: *Możliwości podnoszenia dokładności fotogrametrycznych opracowań warstwicznych*. W mat. konf. PAN, Kraków.

ZBUCKI A. 1982: *Analiza możliwości zastosowania numerycznego modelu terenu otrzymanego na drodze fotogrametrycznej oraz klasycznej w projektowaniu sieci wodno-melioracyjnych*. Pr. doktorska, SGGW.

Summary

Comparative analysis of chosen computers and analogous methods of working out of large-scale contour maps. Investigations and analysis of the accuracy of contour lines by the computers and analogous methods (tacheometry and photogrametry methods) there are presented in the article.

Author's address

J. Wysocki
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Sławomir BAJKOWSKI

Katedra Budownictwa Wodnego SGGW

Laboratorium hydrauliczne Katedry Budownictwa Wodnego

Informacje ogólne

Jest to laboratorium typu zamkniętego. Całość stanowią: hala o powierzchni około 330 m², pomieszczenie dydaktyczne oraz zaplecze warsztatowo-magazynowe. W hali znajdują się dwa koryta badawcze: poziome — o stałym prostokątnym przekroju, obustronnie oszklone, o długości 28 m, szerokości 0,6 m i wysokości 1,0 m, oraz koryto uchyłne — o szerokości 0,60 m i długości 11,0 m. Obok znajdują się trzy inne, oddzielnie zasilane stanowiska badawcze. Woda czerpana jest ze zbiornika o pojemności 150 m³ pięcioma pompami o łącznym wydatku do 0,5 m³/s. Do pomiaru natężenia przepływu służą przelewy z kołowymi otworami o średnicach 0,36 m i 0,54 m. Stanowisko z korytem uchylnym zaopatrzone jest w magnetyczny miernik natężenia przepływu. Budowa jego i wyposażenie zostało w całości sfinansowane przez KBN w ramach realizowanego projektu badawczego. Jest to najdłuższa i najnowocześniejsza tego typu instalacja w kraju. Do pomiaru głębokości wody stosowane są wodowskazy szpilkowe z elektryczną sygnalizacją kontaktu szpilki z wodą. Pomiar prędkości prowadzony jest za pomocą mikromłynków bądź rurki Pitota. Rejestracja prędkości i ciśnień może być prowadzona w sposób ciągły dzięki zastosowaniu do rejestracji danych komputera IBM PC/XT. Laboratorium posiada własny warsztat mechaniczny i zaplecze magazynowe. W razie

potrzeby istnieje też możliwość wyjścia z badaniami na zewnątrz budynku na pola doświadczalne, gdyż potrzebna do tego instalacja hydrauliczna jest wykonana.

Stanowisko 1 (koryto szklane o stałym spadku dna) — wykorzystywane jest do badań modelowych budowli hydrotechnicznych lub ich części, dla których nie jest wymagane przestrzenne rozpatrywanie zjawisk towarzyszących przepływowi wody, np. przelewów.

Stanowisko 2 — na którym badany jest prostoliniowy model odcinka rzeki z symetrycznymi terenami zalewowymi. Podstawowym celem tych badań jest rozpoznanie warunków przepływu na terenach zalewowych przy zróżnicowanej ich zabudowie.

Stanowisko 3 — do prowadzenia badań na modelach obiektów rozwiniętych w planie.

Stanowisko 4 (koryto szklane o zmiennym spadku) — przeznaczone do badań warunków przepływu wody i materiału dennego na odcinkach kanałów o dużym spadku lub na wydzielonych odcinkach upustów terenowych i skarp przelewów wałowych oraz do badań erozji. Ma ono być wyposażone w wymienne modele dydaktyczne.

Stanowisko 5 — z korytem szklanym o szerokości 0,2 m, przeznaczonym do prezentacji zjawisk towarzyszących

przepływowi wody przez budowle wodne. Stanowisko to, tak jak pozostałe, może być wykorzystywane do badań modelowych budowli wodnych.

Stanowiska z aparaturą pomiarową wykorzystywane są do prowadzenia prac naukowo-badawczych w ramach działalności statutowej, prac własnych i zleceń.

W części dydaktycznej laboratorium znajdują się trzy modele do określania liczby Reynoldsa, współczynnika filtracji oraz strat w przewodzie zamkniętym. Na hali do celów dydaktycznych wykorzystuje się koryto szklane na stanowisku 5. Służy ono do demonstracji zjawisk zachodzących w dolnym stanowisku budowli wodnych. Konstrukcja jego pozwala na sprawną wyminę modelu budowli piętrzącej.

Prace badawcze

Badania warunków przepływu w korytach wielkich wód

Celem badań jest rozpoznanie wpływu zróżnicowanej zabudowy koryta i terenów zalewowych na parametry hydrauliczne i warunki przepływu wód wielkich. Model odcinka rzeki został wykonany jako prostoliniowy o trapezowych przekrojach koryta głównego i zalewów. W cyklu badawczym zmieniany jest układ pionowych prętów modelujących grupy lub pojedyncze drzewa. Badane warianty dotyczą jednakowego ustawienia zadrzewień w przekroju poprzecznym na całej długości 16-metrowego koryta. Dalsze modyfikacje układu zadrzewień będą zmierzały do przestrzennego rozpatrywania warunków przejścia wód wezbraniowych w badanym korycie.

Badania szorstkości hydraulicznej i odporności powierzchni trawiastych na ruch wody

W uchylnym szklanym korycie badawczym prowadzone są badania przepływu po powierzchniach porośniętych trawami.

Prace badawcze prowadzone są w ramach projektu badawczego Nr 55708 92 03 wspólnie z Katedrą Przyrodniczych Podstaw Melioracji, której zespół zajmuje się botaniczną stroną badań (masa roślinna nad- i podziemna, jej skład gatunkowy, systemy korzeniowe). Celem badań jest określenie hydraulicznych parametrów ruchu wody w różnych fazach rozwoju części nadziemnej traw. W skład tych parametrów wejdą głębokość, spadek, napięcie przepływu i szorstkość badana w aspekcie ich wzajemnych związków. Badania obejmują również pomiary i opisy masy roślinnej, jej zachowania się w strumieniu wody. Rejestracja wyników wspomagana jest filmowaniem i zdjęciami fotograficznymi. Badania wytrzymałości darniny prowadzone są w laboratorium Katedry Geotechniki.

Przepustowość przelewów o dużej chropowatości powierzchni

Badania prowadzone są w wąskim korycie szklanym, dotyczą więc zjawisk ujętych w układzie płaskim. Zostały one zaplanowane i są prowadzone w ramach kompletowania materiałów badawczych do rozprawy doktorskiej. Badane przelewy wykonano bez dławienia bocznego o zróżnicowanej geometrii korony i rodzaju powierzchni.

Modele przelewów różniły się:

- kształtem podłużnego przekroju przelewu,
- szerokością korony przelewu,
- szorstkością powierzchni przelewu, przy czym były to:
 - ♦ gładki beton,
 - ♦ beton pokryty siatką tynkarską,
 - ♦ beton z wtopionymi kamykami,
 - ♦ beton z wtopionymi regularnie elementami walcowymi o wysokości 20 mm i średnicy 16 mm.

W czasie badań sprawdzano równomierność napływu na przelew, wykonywano pomiary układu zwierciadła wody oraz rozkładu prędkości na dopływie.

Andrzej CIEPIEŁOWSKI

Katedra Budownictwa Wodnego

Działalność naukowo-badawcza Zakładu Gospodarki Wodnej Instytutu Badawczego Leśnictwa

Zakład Gospodarki Wodnej, jeden z 18 w IBL, powstał w 1957 r. Pierwszym kierownikiem Zakładu był prof. dr hab. inż. Stanisław Bac z Wrocławia, wybitny naukowiec, członek rzeczywisty PAN. Po nim kolejno funkcję tę pełnili: doc. Stefan Ostrowski (1960–1969), prof. Maksymilian Kreutzinger (1969–1970), prof. Feliks Białkiewicz (1970–1992), a obecnie — prof. Andrzej Ciepiałowski, pracujący w IBL na części etatu, a na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska — na całym etacie.

Problematyka badawcza Zakładu początkowo koncentrowała się na zagadnieniach regulacji stosunków wodno-glebowych, głównie w siedliskach okresowo lub stale nadmiernie uwilgotnionych oraz badaniach nad poznaniem roli lasu w obiegu wody.

Pierwsze zagadnienia realizowano na terenie Puszczy Augustowskiej, następne — w lasach Włodawskich, Puszczy Solskiej i Puszczy Kampinoskiej. Badania w zlewniach o różnym stopniu zalesienia zapoczątkowano na terenie Puszczy Knyszyńskiej, potem na obszarze Puszczy Augustowskiej, lasach Włodawskich, Puszczy Solskiej, Puszczy Białowieskiej, Puszczy Białej, lasach regionu kielecko-radomsko-piotrkowskiego. Obecnie badaniami objęto około 50 małych zlewni na niżu Polski i w dorzeczu Wisły.

W międzyczasie rozszerzono problematykę badawczą o takie zagadnienia, jak: deszczowanie w szkółkach leśnych i zadrzewieniowych oraz oczyszczanie i utylizacja ścieków w glebie pod uprawą roślin drzewiastych. Do realizacji badań organizowano stacje terenowe w Augustowie, Puczniewie, Wrocławiu, Janowie Lubelskim oraz laboratoria chemiczne, mikrobiologiczne, fizjologiczne i wodne w Warszawie.

Obecna działalność naukowa Zakładu Gospodarki Wodnej koncentruje się na zagadnieniach:

- wpływu stopnia lesistości, rozmieszczenia lasu oraz cech siedliskowych i drzewostanowych na obieg wody w zlewniach;
- obiegu wody w siedliskach leśnych;
- stosunkach wodnych w zlewniach leśnych w strefach zróżnicowanych skażeń i na terenach klęsk ekologicznych;
- regulacji stosunków wodnych w lasach;
- deszczowaniu szkółek leśnych i zadrzewieniowych;
- oczyszczaniu i utylizacji ścieków w glebie pod uprawą roślin drzewiastych.

W ramach tej tematyki zespół Zakładu, składający się z 11 pracowników (1 profesora, 2 doktorów, 5 magistrów inżynierów, 2 inżynierów i 1 technika), realizuje 4 tematy na zlecenie Dyrekcji Generalnej La-

sów Państwowych: 1 — statutowy, 1 — na zlecenie Zakładów Przemysłu Ziemniaczanego z Iławy. Ponadto współpracuje w tematach prowadzonych przez inne zakłady IBL, np. NCR-950 — Transformacja depozytu mokrego w drzewostanach iglastych — oraz wykonuje ekspertyzy dla potrzeb wielu instytucji.

Kierownikami części tematów są młodzi pracownicy Zakładu, którzy — realizując przewidziane umowami ze zlecającymi programy — mają jednocześnie szansę wykonać pracę doktorską.

W 1992 r. uruchomiono centra badawcze usytuowane w trzech strefach o różnym stopniu skażenia środowiska:

- ♦ w Puszczy Augustowskiej (zlewnie św. Jana i Rzeźwianki) — małe skażenie,
- ♦ w Kampinoskim Parku Narodowym — średnie skażenie,
- ♦ w rejonie Szklarskiej Poręby — Górach Izerskich (zlewnie badawcze rzeki Płóczki, Czerniawki i Ciekonia) — w strefie o dużym skażeniu.

W Kampinoskim Parku Narodowym zorganizowano leśne powierzchnie badawcze wyposażone w sprzęt pomiarowy do badań nad genezą procesów obiegu wody w siedliskach.

Przy realizacji naszych tematów oraz organizacji zlewni badawczych brali również udział pracownicy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska z Katedry Budownictwa Wodnego, Zakładu Meteorologii i Klimatologii i Pracowni Hydrogeologii.

Pracownicy ZGW również biorą udział w życiu naukowym Wydziału Melioracji, prowadząc zajęcia dydaktyczne i seminaria ze studentami.

Zakład Gospodarki Wodnej, oprócz współpracy z Wydziałem Melioracji, współpracuje z IMUZ-em, Zakładem Hydrologii Uniwersytetu Warszawskiego oraz licznymi instytucjami związanymi z leśnictwem i ochroną środowiska. Prowadzi również szeroką współpracę międzynarodową m.in. z krajami skandynawskimi i Czechami.

Do ważniejszych opracowań wykonanych w ostatnim okresie w Zakładzie lub w innych zakładach, przy dużym udziale pracowników Zakładu Gospodarki Wodnej, należą:

Gospodarka wodna w lasach — Materiały na seminarium naukowe, 1992 r. Prace IBL, Numer specjalny.

Leśne zlewnie badawcze — Cechy fizycznogeograficzne zlewni i zakres badań hydrologicznych, 1993. Prace IBL seria B, Nr 16 (F. Białkiewicz, A. Ciepielowski, J. Tyszką i in.).

Charakterystyka hydrologiczna lasów Janowskich (maszynopis), 1993 (J. Tyszką i zespół).

Analiza porównawcza kształtowania się warunków klimatycznych i wodnych w okresie dwóch ostatnich dziesięcioleci i wpływ zachodzących zmian na stan lasu (maszynopis), 1993 (A. Ciepielowski, S. Dunikowski, S. Zajączkowski i zespół).

Badania nad określeniem roli lasu, stopnia lesistości i rozmieszczenia lasu w zlewni w użytecznym obiegu wody w przyrodzie (maszynopis), 1994 (J. Tyszką i zespół).

Wpływ Kawernowego Podziemnego Magazynu Gazu "Mogilno" na kompleksy leśne oraz inne elementy środowiska (maszynopis), 1994 (A. Ciepielowski i zespół).

Matematyka na egzaminach wstępnych w SGGW w 1993 roku

Egzamin wstępny jest podstawową formą selekcji kandydatów na studia. Badaniami prognostyczności egzaminu wstępnego w dotychczasowej tradycyjnej formie oraz innymi postulowanymi formami kwalifikacji kandydatów zajmowało się wiele ośrodków (np. MOMAR — SGGW, Zakład Matematyki SGGW, IKNiBO).

Stwierdzono, że prognostyczność egzaminu wstępnego jest dobrze skorelowana z ocenami egzaminu maturalnego. Jeśliby więc zrezygnować z egzaminów wstępnych, to wydaje się nam, że można by przyjąć konkurs matur jako podstawę doboru kandydatów na studia. Rozumowanie takie jest obarczone istotnym błędem. Zakłada bowiem, że forma i treść egzaminów wstępnych na wyższe uczelnie nie wpływają à rebours na politykę oceniania (politykę dydaktyczną) egzaminów maturalnych i na sposób realizacji programu w szkole średniej. Mając ten fakt na uwadze, należy na egzaminy wstępne patrzeć jako na jeden z istotnych elementów kreowania polityki dydaktycznej na granicy szkoły średnia — uczelnia wyższa, z bardzo istotnym oddziaływaniem uczelni na szkołę średnią.

Matematyka jako dyscyplina dobrze selekcjonująca kandydatów na studia była integralną częścią egzaminów wstępnych w ogromnej większości szkół wyższych w Polsce oraz w innych krajach. W Polsce obserwuje się ostatnio niepokojące zjawisko rezygnacji z tej dyscypliny. W szkole średniej — rezygnacja z obowiązkowego

egzaminu maturalnego z matematyki. W szkołach wyższych pozostawienie jej wyłącznie na wydziałach o profilu technicznym, i to w formie zredukowanej, często tylko jako przedmiotu fakultatywnego, np. testu lub egzaminu ustnego. Pełny egzamin z matematyki w formie pisemnej i ustnej nie ostał się prawie na żadnej uczelni.

Stawiamy trzy następujące problemy dotyczące egzaminu wstępnego z matematyki:

1. Obiektywna ocena stopnia trudności egzaminu wstępnego.
2. Subiektywna ocena trudności egzaminu wstępnego, tj. ocena stopnia trudności w odczuciu zdających.
3. Czy istnieje strategia zdawania egzaminu wstępnego pozwalająca zdającemu za fałszować poziom swoich wiadomości?

Obiektywna i subiektywna ocena pisemnego egzaminu wstępnego dokonana została na podstawie przebiegu egzaminu wstępnego z matematyki na następujących wydziałach SGGW:

- a) Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska oraz Wydział Leśny — egzamin ustny,
- b) Wydział Techniki Rolnej i Leśnej oraz Wydział Technologii Drewna — egzamin pisemny (25 prostych zadań do opracowania w ciągu 150 minut),
- c) Wydział Ekonomiczno-Rolniczy — egzamin pisemny (20 prostych zadań do opracowania w ciągu 90 minut),

d) Wydział Technologii Żywności oraz Wydział Żywnienia Człowieka — matematyka jako egzamin fakultatywny, egzamin pisemny (5 zadań do wyboru z podanych 7, czas opracowania — 90 minut).

Podstawą do stawiania hipotez były wyniki egzaminów pisemnych w grupie c), weryfikowano je przez porównanie z wynikami egzaminu na pozostałych wydziałach.

Analiza wyników

Na Wydziałach Technologii Żywności oraz Żywnienia Człowieka zastosowano punktową ocenę każdego zadania oddzielnie, przyjmując skalę od 0 do 10 punktów.

Do egzaminu wstępnego z matematyki przystąpiło na Wydziale Technologii Żywności 67 osób (na ogólną liczbę zdających 131), natomiast na Wydziale Żywnienia Człowieka — 105 osób (na ogólną liczbę zdających 240), a zatem na obu tych wydziałach kandydaci manifestują relatywnie dobre przygotowanie z matematyki w stosunku do innych przedmiotów, potwierdza to także frekwencja na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska. Jest to ważna konstatacja, z której należałoby wyciągnąć wnioski.

W całej akcji egzaminacyjnej nie znalazł się ani jeden przypadek kwestionowania zakresu egzaminu. Dowodzi to do-

brego dostosowania egzaminu do programu szkoły średniej, a nawet do oczekiwań kandydatów.

Klasyfikację oparto na podziale wyników na cztery grupy określone w procentach w stosunku do maksymalnej oceny: od 0% do 25%, powyżej 25% do 50%, powyżej 50% do 75%, powyżej 75% (tab. 1).

Jeżeli nie przywiązywać zbytnej wagi do związku między przygotowaniem matematycznym kandydatów na studia a kierunkiem studiów, to uderza zadziwiająca zależność wyników egzaminu od rodzaju egzaminu.

Technologia oceny pisemnych egzaminów wstępnych z matematyki jest tak opracowana, że można z zupełną pewnością odrzucić supozycję, iż mógłby mieć tu wpływ czynnik subiektywny, tj. — że surowość lub łagodność oceny zależy od postawy dokonującego oceny pracy pisemnej.

Nie zaobserwowano różnic w poziomie przygotowania w zależności od tego, czy egzamin z matematyki był obligatoryjny czy fakultatywny.

Wrażenia z egzaminów ustnych potwierdzają fakt, który widać w pracach pisemnych: kandydaci mają ogromne trudności w doprowadzeniu rozwiązania do końca. Na egzaminie ustnym kandydat najczęściej oczekuje, by egzaminator potwierdził poprawność każdego fragmentu wypowiedzi. Jakże często egzaminator musi stwierdzać: "Dobrze i co dalej?" Kandy-

TABELA 1. Wyniki egzaminu w procentach zdających

Wydział	Rodzaj egzaminu	Ocena w stosunku do maksymalnej			
		do 25%	od 25 do 50%	od 50 do 75%	powyżej 75%
TŻ ZCz	5 zadań do wyboru z 7	37,3 30,8	26,8 37,4	19,4 11,2	16,4 20,6
TRiL TD	25 zadań	16,0 14,0	22,6 20,7	41,5 39,7	19,8 25,6
ER	20 zadań	7,5	30,9	48,7	12,9

datom bardzo brakuje tego rodzaju wypowiedzi w typie egzaminu "5 zadań z 7".

Bez porównania lepsze są wyniki na egzaminie typu "25 krótkich zadań" lub "20 krótkich zadań". Można jednak mieć poważne wątpliwości, czy jest to egzamin z matematyki na poziomie pomaturalnym. Egzaminy typu test są zaprzeczeniem istoty rozumowania matematycznego i fakt narzucenia tej formy egzaminowania dowodzi, że decydenci nie przewidują negatywnych następstw swoich decyzji. W imię doraźnych korzyści ułatwienia wstępu na wyższe uczelnie zdeprecjonowano potrzebę solidnej wiedzy w zakresie matematyki. Przeprowadzony w tej formie egzamin z matematyki nic nie mówi o kandydacie ani o jego uzdolnieniach. Odwrotnie, preferuje wiedzę powierzchowną, a to będzie miało niekorzystny wpływ na sposób realizacji programu w szkole średniej, a zatem (gdyby być złym prorokiem) — na postawę słabych studentów na studiach. Egzamin zadaniowy wymaga umiejętności stosowania przynajmniej algorytmów (schematów), a tej młodzież nie opanowała w szkole średniej, stąd tak słabe wyniki tego egzaminu.

Przyjmowana przez kandydatów strategia rozpoczynania rozwiązywania zadań znajduje psychologiczne i merytoryczne uzasadnienie. W praktyce szkolnej pokutuje przekonanie, że oceniać należy nie tylko efektywne wyniki pracy ucznia, lecz oceniać także "staranie się". Efektem takiej polityki jest przyjmowanie przez zdających strategii polegającej na rozpoczynaniu rozwiązywania zadania, nawet gdy początek nie zawiera żadnych istotnych elementów rozwiązania. Liczbę zadań rozpoczynanych (w procentach) w stosunku do ogólnej liczby zadań pokazuje tabela 2.

Ocenę subiektywną trudności zadań można oprzeć na frekwencji rozwiązywanych zadań oraz średniej ocenie z zadań (tab. 3).

TABELA 2. Zadania rozpoczynane

Wydział	Zadania rozpoczęte [%]	
	wszystkich zadań	zadań rozwiązywanych
ER	14	20
TŻ ŻCz	22	38

TABELA 3. Frekwencja rozwiązywanych zadań oraz średnie oceny

Numer zadania	Wydział	Procent rozwiązyjących	Średnia ocena w skali 0–10
1	TŻ	63	6,6
	ŻCz	58	6,3
2	TŻ	55	7,3
	ŻCz	60	6,5
3	TŻ	13	5,0
	ŻCz	12	6,0
4	TŻ	48	3,6
	ŻCz	49	3,4
5	TŻ	46	5,5
	ŻCz	56	5,7
6	TŻ	69	7,1
	ŻCz	64	7,7
7	TŻ	49	6,6
	ŻCz	45	7,0

Akceptacji nie uzyskało zadanie nr 3 z zastosowania geometrycznego pochodnej funkcji, choć wyniki rozwiązyjących nie były złe, a zatem kandydaci przecenili stopień trudności.

Odwrotnie, w zadaniu nr 4 z zastosowaniem trygonometrii, które rozwiązywała prawie połowa zdających uzyskano wyni-

ki najgorsze ze wszystkich zadań, a zatem kandydaci przecenili swą wiedzę w tym zakresie.

Ocena przygotowania kandydatów

Analiza błędów popełnianych przez kandydatów na egzaminach pisemnych oraz ustnych pozwala wskazać na następujące mankamenty w opanowaniu programu matematyki w szkole średniej:

1. Żenująco mała sprawność w pamięciowym rachunku (np. mnożenie liczby dwucyfrowej przez jednocyfrową, nieporadność w przekształceniach ułamków, np. $\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$).
2. Brak nawyku do zamieniania stronami równania algebraicznego (np. $x = 2x - 3 \Rightarrow -x = -3$).
3. Mnożenie obustronne nierówności przez czynnik o nieokreślonym znaku.
4. Nieugruntowana znajomość wartości bezwzględnej.
5. Zdawałoby się, że kandydaci powinni zdawać sobie sprawę z relacji równoważności zdań i że przekształcenie dotyczy w istocie obu stron równań, jest to złudzenie. Wyznaczenie niewiadomej x z równania $\frac{a}{x} = b$ czasami prowadzi do zaskakującego rezultatu.
6. Ustalenie zależności trygonometrycznych w trójkącie prostokątnym bywa progiem trudności.
7. Nawet proste równanie trygonometryczne (np. $\sin 2x = 1$) może wykazywać zupełny brak przygotowania, np. $\sin 2x = 1 \Rightarrow \sin x = \frac{1}{2}$.
Często kandydaci nie rozumieją różnicy w zapisie, np. $\sin^2 x$, $\sin(\sin x)$.
8. Błędy w obliczaniu pochodnej funkcji złożonej — pomijanie pochodnej funkcji wewnętrznej.
9. Braki w rozumieniu sensu geometrycznego pochodnej.

10. Wydaje się, że w szkole średniej cieśzy się powodzeniem stosowanie pochodnej funkcji do wyznaczania ekstremów funkcji, kandydaci jednak rzadko sprawdzają spełnienie warunku dostatecznego.

11. Jeżeli dostatecznie jest opanowane obliczanie granicy ilorazu ciągów typu $\frac{\infty}{\infty}$, to np. przypadki typu $\frac{0}{0}$

są dla kandydatów trudne, granic typu

$$\frac{1}{\infty}, \infty + \infty, \infty \cdot \infty, \frac{1}{0},$$

kandydaci nie rozumieją.

12. Z przykrością stwierdzamy znaczne pogorszenie przygotowania kandydatów w zakresie geometrii analitycznej. Zdawałoby się, że warunek równoległości i prostokątności prostych powinien być dobrze znany kandydatom — są kłopoty.

13. Są trudności z rachunkiem wektorowym, np. wyznaczanie kąta utworzonego przez wektory.

14. Zdecydowana recesja w zakresie mówienia o matematyce, np. podać twierdzenie, wyodrębnić założenie i tezę, podać przykład ilustrujący to twierdzenie. Rzadko kiedy kandydat potrafi podać poprawnie definicję. Często myli definicję z twierdzeniem.

15. Rachunek prawdopodobieństwa jest lepiej opanowany niż w latach poprzednich, nie należy jednak pytać o definicje — z tym jest nadal bardzo źle.

16. Zgodnie z nowym ustaleniem nie pytało o żadne dowody matematyczne, byłoby to chyba żądanie naprawdę na miarę tylko kilku kandydatów.

Wnioski

Wydaje się, że tylko egzamin z rozwiązywania zadań daje właściwy obraz przygotowania kandydatów z matematyki.

Uczelnie nie powinny zapomnieć o swoim oddziaływaniu na realizację programu matematyki w szkole średniej.

Student mający trudności z matematyki w zakresie formalizmów matematycznych szkoły podstawowej nie może rozumieć bieżącego programu matematyki na studiach i to nie zależy ani od jego chęci, ani uzdolnień i cierpliwości prowadzących zajęcia. Obniżający się poziom przygotowania matematycznego absolwentów szkół średnich nie może obligować uczelni do obniżenia wymagań na egzaminach wstępnych, jeśli w konsekwencji nie chcemy doprowadzić do kompletnego załamania się procesu dydaktycznego na roku pierwszym, a nawet w trakcie pierwszego semestru.

Usunięcie egzaminu wstępnego z matematyki doprowadzić musi do konieczności obniżenia wymagań i redukcji programów z matematyki. Ten problem w przeszłości już występował. W efekcie wielu absolwentów, inżynierów jest niezdolnych do żadnej pracy koncepcyjnej, a obawa przed matematyką powoduje relegowanie tej nauki ze wszystkich rejonów będących w zasięgu takiego pasywnego inżyniera.

Literatura

- KAZIEKO H., KAZIEKO L. 1985: *O programach matematyki w akademiach rolniczych*. Studia Materiały Informacje, Nr I/36, MOMAR, Warszawa.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L., LESZCZYŃSKI B. 1985: *Egzaminy wstępne z matematyki w SGGW-AR w 1984 roku*. Matematyka, Nr 2.
- LESZCZYŃSKI B., KAZIEKO H., KAZIEKO L. 1986: *Jakościowa analiza egzaminów wstępnych z matematyki w akademiach rolniczych*. Studia Materiały Informacje, Nr 1/37, MOMAR, Warszawa.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L., LESZCZYŃSKI B. 1986: *Matematyka na egzaminach wstępnych w SGGW-AR w 1985 roku*. Matematyka, Nr 3.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L., LESZCZYŃSKI B. 1987: *Egzaminy wstępne z matematyki w SGGW-AR w 1986 roku*. Matematyka, Nr 2.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L., LESZCZYŃSKI B. 1987: *O ustnym egzaminie wstępnym z matematyki w akademiach rolniczych*. Matematyka, Nr 5.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L., LESZCZYŃSKI B. 1988: *Egzamin wstępny z matematyki w SGGW-AR w 1987 roku*. Matematyka, Nr 2.
- LESZCZYŃSKI B., KAZIEKO H., KAZIEKO L. 1991: *O przygotowaniu kandydatów do egzaminu wstępnego z matematyki w SGGW-AR w 1988 roku*. Studia Materiały Informacje, Nr II/45, MOMAR, Warszawa.

Rafał WÓJCIK

Student IV roku Indywidualnego Toku Studiów w Zakładzie Meteorologii i Klimatologii

O roli indywidualnego toku studiów w procesie nauczania na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW

Ogólne zasady funkcjonowania ITS na naszej uczelni określa "Szczegółowy Regulamin Studiów w SGGW" [1]. Przypomnijmy, że wspomina się w nim, iż studia indywidualne wiążą się z zapewnieniem ze strony uczelni szczególnej opieki naukowo-dydaktycznej poprzez dobór treści, metod i form kształcenia. Studia prowadzone tokiem indywidualnym mogą obejmować istotną zmianę w kierunku kształcenia przewidzianym programem, polegającą na przykład na łączeniu dwu lub więcej specjalności w obrębie jednego kierunku. Ważnym prawem studenta indywidualnego jest możliwość udziału w pracach naukowo-badawczych i rozwojowych uczelni.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe doświadczenia realizacji studiów na zasadach ITS na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW, nasuwają się pewne uwagi, którymi chciałbym się podzielić w tej notatce.

Studia prowadzone w toku indywidualnym pełnią niezwykle istotną rolę w łagodzeniu powszechnie znanych bolączek trapiących studentów stacjonarnych Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW. Do najistotniejszych z nich należy niezgodność deklaracji programowych z okresem kampanii rekrutacyjnej z realnymi warunkami studiów na Wydziale, np.:

- ♦ Popularna wśród kandydatów na studia specjalizacja "Ochrona i rekultywacja środowiska" obejmuje

tylko częściowo zagadnienia ochrony środowiska przyrodniczego. Główny nacisk położono na zajęcia z zakresu ochrony gleb i w niewielkim stopniu ochrony wód. Absolutnie nie uwzględniono w programie trzeciego z wielkich podsystemów, jakim jest atmosfera.

- ♦ Niezgodnie z oficjalnymi deklaracjami [3] dotyczącymi organizacji studiów, na niektórych specjalizacjach uniemożliwiono uruchamianie przedmiotów (z grupy przedmiotów do wyboru w zakresie danej specjalności), pomimo spełnienia warunku utworzenia seminaryjnej grupy studentów składającej się z co najmniej 8 osób. Decyzja została podjęta z góry przez kierowników specjalizacji, bez porozumienia ze studentami.

Do innych braków należą m.in.: niedostateczne wyposażenie biblioteki zarówno wydziałowej, jak i ogólnouczelnianej. Szczególnie uciążliwy jest brak najnowszej literatury obcojęzycznej oraz jej długotrwałe przetrzymywanie przez pracowników naukowych.

Niepokój budzą również praktyki sprawdzania listy obecności na nieobowiązkowych z zasady wykładach. Innym przykładem działań utrudniających racjonalne planowanie roku akademickiego przez studentów jest — niespotykana na innych uczelniach — zasada wymogu obe-

ności na wykładach, jako warunku dopuszczenia do egzaminu w terminie zerowym. Te i inne zjawiska, jak na przykład wielokrotne kolokwia w ciągu semestru w miejsce dwóch czy jednego końcowego, nie wydają się służyć ułatwieniu studiów, szczególnie w przypadku studentów indywidualnych. Swoją wcześniejszą postawą udowodnili oni bowiem, że nie wymagają codziennej kontroli postępów w nauce ani też rozbudowanego systemu bodźców negatywnych. Tak czy inaczej, ich wiedza zostanie sprawdzona w czasie sesji egzaminacyjnej, a powyżej wspomniane praktyki prowadzą do utraty przez nich nie tylko cennego czasu, ale i nierzadko jeszcze cenniejszego entuzjazmu do pracy.

Indywidualny tok studiów daje również możliwość złagodzenia wielu niedogodności studiowania, występujących na naszym Wydziale, poprzez udział studentów w zajęciach dydaktycznych prowadzonych na innych uczelniach. Do istoty problematyki inżynierii środowiska należy jej interdyscyplinarność. Wydaje się więc, że szczególnie korzystne jest uczęszczanie przez studentów na zajęcia na pokrewnych wydziałach innych uczelni.

Dobrym przykładem, który zaczerpnę z mojego własnego doświadczenia, jest cenne wzbogacenie programu studiów w formule ITS o wykład na Politechnice Warszawskiej z zakresu Teorii i Systemów Dynamicznych, która to stanowi fundamentalną podstawę do wszelkich rozważań posługujących się aparatem modelowania matematycznego. Wśród przedmiotów, których do pełnego opanowania niezbędna wydaje się wspomniana teoretyczna podbudowa, należy m.in. hydrologia. Dobrym przykładem są tu zagadnienia związane z matematycznym modelowaniem hydrogramów wezbrań. Bez wspomnianej podstawowej wiedzy z zakresu modelowania matematycznego systemów studenci nie są w praktyce w stanie zrozumieć istoty podstawowych zależności objętych programem zajęć.

Jak już wspomniano, studia indywidualne dają studentom możliwość uczęszczania na zajęcia poza rodzimym Wydziałem, nawet poza własną Uczelnią. A wymiana taka daje możliwość rozszerzania horyzontów zainteresowań i wiedzy nie tylko samych studentów, ale i kadry naukowo-dydaktycznej, która częstokroć styka się dzięki temu z dotychczas mniej znanymi jej zagadnieniami. Pamiętajmy, że studenci od zawsze stanowili i stanowiąc będą pewne wyzwanie dla swych wykładowców. Bardzo wiele zależy od tego, czy nauczyciele akademicki umieją sprostać tym wyzwaniom, przyznać się niekiedy do własnej omyłności i nie wyczerpującej czasami znajomości pewnych zagadnień. Zarazem jednak nie powinni unikać konfrontacji z nowymi ideami, zachowując dzięki temu swój autorytet.

Na zakończenie chciałbym przypomnieć o korzyściach płynących z upowszechniania formuły ITS zarówno dla studentów, jak i samego Wydziału.

Studia indywidualne, o których szeroka informacja udzielana jest już od początku pierwszego roku studiów, stanowić mogą istotny bodziec do aktywnej i systematycznej pracy. Studia dające możliwość swobodnego wyboru zajęć, bezpośredniego kontaktu z najlepszymi wykładowcami i szereg innych przywilejów, jednym słowem studia prestiżowe, mogą stać się punktem odniesienia, realnym celem do osiągnięcia dla wszystkich studentów.

Studia indywidualne mogą także stanowić wzorzec stosunków pomiędzy studentami a pracownikami. Wzorzec pozytywnie oddziałujący na całe środowisko Uczelni. Właśnie w warunkach ITS najłatwiej studentowi znaleźć się pod wpływem pracowników nauki, niekoniecznie profesorów, którzy traktują go jako partnera we wzajemnej wymianie obowiązków. Student staje się wtedy przedmiotem zainteresowania, nie jako członek anonimowej zbiorowości studenckiej, ale jako osobowość. Powstaje wtedy możliwość bezpośrednie-

go obcowania studentów z ludźmi tworzącymi naukę. Ich przykład i rada oraz coraz bardziej samodzielna, metodyczna praca uczącej się indywidualnie młodzieży tworzą na uczelni tak cenną atmosferę twórczej pracy naukowej. Ta zaś pozwala na kształcenie dla przyszłości, przekazywanie wiedzy nie tylko odpowiadającej stanowi aktualnemu, ale także wiedzy pozwalającej na rozwiązywanie sytuacji pojawiających się w przyszłych warunkach pracy.

Chciałbym więc zaapelować do wszystkich pracowników naukowo-dydaktycznych Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska o aktywne wspieranie promocji indywidualnego toku studiów. Pamiętajmy jednak, że nie wystarczą tu mechaniczne decyzje. Jak wspomniałem, konieczne jest ciągle rozwijanie metod pracy ze studentami, pokonywanie technicznych i psychologicznych barier. Poza tym, od początku studiów konieczne jest przygotowywanie studentów do pracy indywidualnej. Tak aby potem jako ewentualni przyszli studenci ITS nie stanowili rozczarowania dla swych profesorów.

Zdaję sobie sprawę z dyskusyjności części powyższych uwag, czy być może, jak ująłby to ktoś inny, jednostronności mojego

podejścia. Myślę jednak, że nawet gorzka, krytyczna, ale prawdziwa opinia pokolenia studentów może pomóc w procesie wypracowania coraz lepszego programu studiów na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW. Jak powiedziano kiedyś — młodości nierzadko właściwa jest przesada, ale bać się zapалу młodości, jej rewolucyjnej chęci zmian — byłoby błędem fatalnym w skutkach. Dlatego też chciałbym, aby moje przemyślenia i sugestie przyjęte zostały ze zrozumieniem, nie jako jałowa krytyka, lecz jako twórcza refleksja. Sprawiłoby mi wielką satysfakcję, jeśli powyższe uwagi dałyby początek szerszej dyskusji na temat aktualnego stanu i perspektyw dalszej reformy systemu nauczania na naszym Wydziale. Dyskusji twórczej, z większym udziałem pokolenia studentów, a więc tych, którzy w istocie są podmiotem na naszej Uczelni.

Literatura

- [1] *Szczegółowy regulamin studiów w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.*
- [2] SZCZEPANSKI J. 1963: *Socjologiczne zagadnienia wyższego wykształcenia.* PWN, Warszawa.
- [3] *Informator o studiach magisterskich i inżynierskich na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska.* 1993. SGGW, Warszawa.

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

Andrzej Ciepeliowski, Bonifacy Łykowski (przewodniczący), Henryk Pawłat

RECENZENCI

Elżbieta Biernacka, Andrzej Ciepeliowski, Lucyna Kaziuko, Antoni Kegler,
Bogumił Leszczyński, Stefan Liwski, Bonifacy Łykowski, Romuald Madany,
Józef Mosiej, Marcin Pisarski, Władysław Rogiński, Andrzej Różycki, Andrzej Wanke

ADRES REDAKCJI

Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW
ul. Nowoursynowska 166; 02-766 Warszawa
tel. 43-90-41 (61, 81), wew. 1273 i 1769

Projekt okładki i strony tytułowej – Barbara Werbanowska

Opracowanie redakcyjne i skład komputerowy – Ewa Janda
Korekta – Jolanta Zajączkowska

ISBN 83-00-02860-9



Wydawnictwo SGGW

Nakład 100 + 30 egz. Ark. wyd. 14,0. Ark. druk. 10,25.

Oddano do druku w grudniu 1994 r. Wyd. 1318

Wydrukowano w Zakładzie Małej Poligrafii Wydawnictwa SGGW. Zam. 5/95