
Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska

Zeszyt 2

Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska

Zeszyt 2

Warszawa 1993

Spis treści

PRACE ORYGINALNE

- G. JĘDRYKA, Z. KRZYWOSZ, W. MATUSIEWICZ, J. SOKOŁOWSKI: Badania hydrauliczne nowych konstrukcji filtrów w budownictwie wodnym i melioracyjnym 3
B. ŁYKOWSKI: Produktowność rolnicza klimatu Polski na przykładzie wybranych roślin zbożowych 13
W. ROGIŃSKI: Badanie efektywności biologicznych procesów oczyszczalni gnojowicy w Kołbaczu 17
E. WIENCLAW, H. ŻŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK, A. CIEPIEŁOWSKI: Warunki hydrogeologiczne zlewni rzeki Zagożdżonki 25

PRACE METODYCZNE

- T. BRANDYK, R. KAMIŃKI, E. WIENCLAW: Metodyka określania oporów filtracyjnych niezupełnych rowów odwadniająco-nawadniających 39
S. IGNAR, St. WĘGLARCZYK: Statystyczny model rozkładu opadu dla koncepcyjnych modeli opad-odpływ 45
W. MATUSIEWICZ: Przykłady obliczeń odwodnień zabezpieczających szczelne zbiorniki betonowe przed skutkami wyporu wody 49

PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ NAUKOWYCH

- Sz. L. DĄBKOWSKI, K. PACHUTA: Stan badań roślinności wodnej dla celów hydrauliki koryt 57
T. ROZBICKI: Agrometeorologia stosowana w warunkach klimatu subtropikalnego na przykładzie Izraela 69

OPRACOWANIA INFORMACYJNE

- W. KOSIŃSKI: Działalność naukowo-badawcza Katedry Geodezji i Fotogrametrii SGGW w latach 1979-1990 77
M. NAZARUK, H. PAWŁAT: Działalność naukowo-badawcza Katedry Przyrodniczych Podstaw Melioracji 83
T. BRANDYK, A. SZYMAŃSKI: Program studiów magisterskich na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie 89

KRONIKA

- T. ROZBICKI: 17 Międzynarodowy Podyplomowy Kurs Podstaw Agrometeorologii (Yehud 21 października 1991 – 7 grudnia 1991 r.) 97
Z. MATYJASIK: Wykorzystanie ścieków do nawodnień i biologiczne metody redukcji N i P. Seminarium szwedzko-polskie (Uppsala 26-27 maja 1992 r.) 99
W. ROGIŃSKI: Utrzymanie czystości i gospodarka odpadami na terenach wiejskich. II Międzynarodowa Konferencja, (Poznań 24-25 września 1992 r.) 101
Cz. SZWED-ILNICKA: II Ogólnopolska Konferencja „Klimat i bioklimat miast” (Łódź 9-11 grudnia 1992 r.) 103

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

Andrzej Ciepeliowski, Bonifacy Łykowski (przewodniczący), Henryk Pawłat

RECENZENCI

Gerard Buraczewski, Andrzej Byczkowski, Andrzej Ciepeliowski, Jan Lenard, Bonifacy Łykowski, Władysław Rogiński

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

Redaktor prowadzący – Elżbieta Dyszkiewicz
Redaktor techniczny – Barbara Werbanowska
Korektor – Jolanta Zajączkowska

Wydawnictwo SGGW

Nakład 100 + 30 egz. Ark. wyd. 8,7 Ark. druk. 6,5 + wklejka

Oddano do druku w czerwcu 1993 r. Wyd. 1217

Wydrukowano w Zakładzie Małej Poligrafii Wydawnictwa SGGW. Zam. 89/93

**Grzegorz JĘDRYKA, Zygmunt KRZYWOSZ, Władysław MATUSIEWICZ,
Janusz SOKOŁOWSKI**

Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych

Badania hydrauliczne nowych konstrukcji filtrów w budownictwie wodnym i melioracyjnym

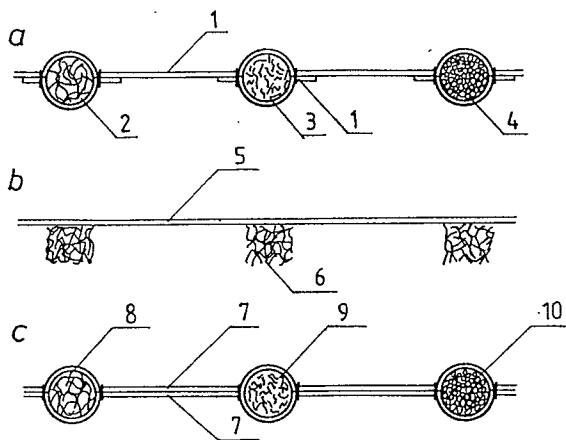
Wstęp

Na bazie stosowanych dotychczas materiałów filtracyjnych do umocnień budowli ziemnych i drenaży zaproponowano nowe rozwiązanie w postaci warstwowych drenów wykonanych z płaskich brytów. Podstawowy element konstrukcyjny stanowi w nich włóknina jedno- lub dwuwarstwowa, dodatkowo wzmocniona poziomymi wkładkami (rdzeniami), spełniającymi rolę sączków. Rdzenie powinny być wykonane z materiału charakteryzującego się dobrymi właściwościami filtracyjnymi. W ten sposób skonstruowany dren spełnia to samo zadanie co włóknina oraz dodatkowo, ze względu na poziome wkładki (sączki) drenażowe, umożliwia odprowadzenie z zabezpieczanej konstrukcji budowlanej znacznych ilości wody. Stanowiącą główną konstrukcję warstwowego drenu włóknina powinna odpowiadać kryteriom doboru włókna jako filtru odwrotnego, chroniącego grunty spoiste i niespoiste (Sokołowski, Zbikowski, Krzywosz 1990).

Propozycje konstrukcji drenów warstwowych

Warstwowy dren z rdzeniem drenującym może być wykonany w kilku wariantach. Zależą one głównie od materiału, z którego wykonany jest rdzeń drenu. Może nim być materiał z tworzywa sztucznego, kruszywa mineralnego lub organicznego. W przypadku rdzeni stanowiących sztuczne związki wielocząsteczkowe (polimery) wyrób nazwano warstwowym drenem syntetycznym (WDS), gdy zaś rdzeniem jest kruszywo mineralne, nazywa się warstwowym drenem żwirowym (WDŻ).

Proponuje się trzy typy warstwowych drenów, które przedstawiono na rysunku 1. Pierwszy z nich (rys. 1a) składa się z pojedynczej warstwy włókniny między drenami oraz z podwójnej – w przekroju rdzenia. Rdzeniem może być materiał syntetyczny w formie podłużnych splotów – warkoczy (rys. 1a–2), z ciętych odcinków włókien różnej długości (rys. 1a–3) oraz materiał mineralny, np. kruszywo (rys. 1a–4). Drugi typ (rys. 1b) zbudowany jest również z pojedynczej warstwy włókniny, do której bezpośrednio przyszywa się rdzenie z war-



Rys. 1. Dreny warstwowe: a – z pojedynczej warstwy włókniny między drenami; 1 – włóknina, 2 – rdzeń z materiału syntetycznego w formie warkoczy (WDS), 3 – rdzeń z materiału syntetycznego w formie pociętych tasemek (WDS); 4 – rdzeń z kruszywa mineralnego (WDŻ); b – z pojedynczej warstwy włókniny, do której bezpośrednio przyszyte są rdzenie, 5 – włóknina, 6 – rdzeń z materiału syntetycznego w formie warkoczy (WDS); c – z podwójnej warstwy włókniny, 7 – włóknina, 8 – rdzeń z materiału syntetycznego w formie warkoczy (WDS), 9 – rdzeń z materiału syntetycznego w formie pociętych tasemek (WDS), 10 – rdzeń z kruszywa mineralnego (WDŻ)

koczy pochodzenia syntetycznego. Trzeci typ (rys. 1c) drenu stanowią dwie zszyte ze sobą warstwy włókniny. Rdzeń może być wykonany z materiału syntetycznego w formie warkoczy (rys. 1c–8) lub w formie krótkich odcinków tasemek (rys. 1c–9) albo z kruszywa mineralnego (rys. 1c–10). W każdej z trzech przedstawionych konstrukcji można dowolnie przyjmować średnicę rdzeni oraz odległość pomiędzy nimi. W konstrukcjach poddanych badaniom przyjmowano średnicę rdzeni 32 i 50 mm, a ich rozstaw w przedziale 50÷210 mm (pkt 3).

Badania laboratoryjne

Badane konstrukcje

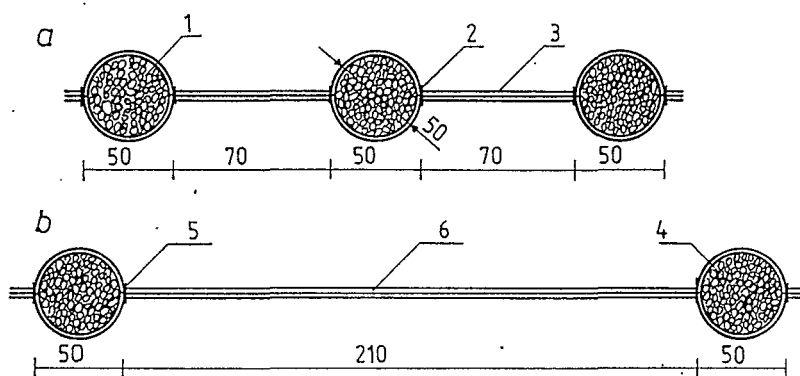
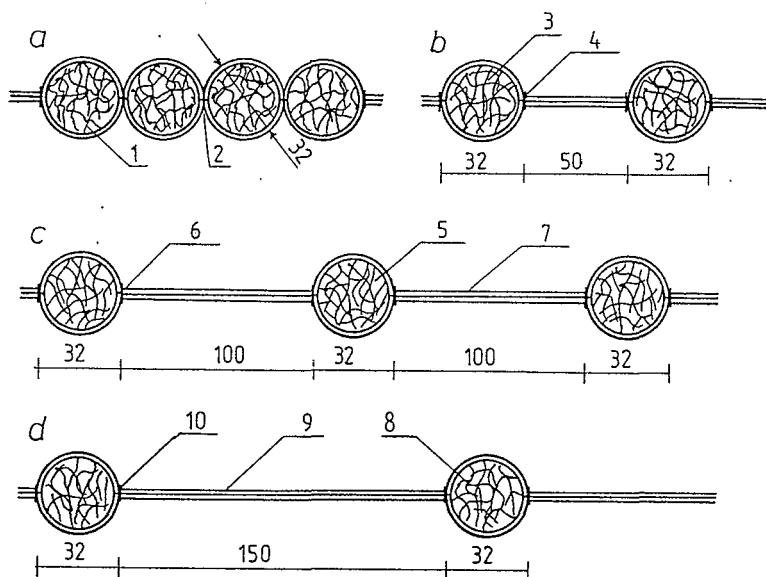
W artykule omówiono wyniki badań dwóch rodzajów drenów warstwowych (rys. 1). Jednym z nich jest dren syntetyczny (WDS), którego rdzeń składa się z rękawa wykonanego z żyłki poliamidowej, a warstwę filtracyjną stanowią zszyte ze sobą dwa arkusze włókniny (rys. 1c–8), a drugim dren żwirowy (WDŻ) z rdzeniem wypełnionym kruszywem mineralnym (rys. 1c–

10) z warstwą filtracyjną identyczną jak przy WDS.

Poddane badaniom konstrukcje WDS wykonane były w czterech wariantach (rys. 2). Pierwszy mający symbol WDS 0 (rys. 2a), w którym rdzenie przylegają bezpośrednio do siebie. Drugi z symbolem WDS1 (rys. 2b) i warstwach drenażowych w odległości co 50 mm. Trzeci WDS 2 (rys. 2c) mający rozstaw rdzeni co 100 mm. Czwarty WDS 3 (rys. 2d), gdzie rozstaw rdzeni wynosił 150 mm. We wszystkich czterech konstrukcjach średnica rdzeni wynosiła 32 mm. Natomiast WDŻ badano w dwóch wariantach (rys. 3). Pierwszy z symbolem WDŻ 1 (rys. 3a) i rozstawem pomiędzy rdzeniami 70 mm oraz WDŻ 3 (rys. 3b) z rozstawem rdzeni co 210 mm. Średnica rdzeni (WDŻ 1 i WDŻ 3) wynosiła 50 mm.

We wszystkich omawianych przypadkach warstwę drenażową stanowiła włóknina filtracyjna o symbolu WGF–2 i następujących parametrach: masa powierzchniowa $m_F = 0,22 \text{ kg/m}^2$, grubość 4 mm, skład surowcowy – 20% włókien polipropylenowych i 80% poliestrowych, igłowana. Współczynnik filtracji włókniny wynosił: wszerz 2,1 cm/s, wzdłuż 1,7 cm/s, poprze-

Rys. 2. Schematy konstrukcyjne drenów WDS: a – rdzenie obok siebie; 1 – rdzeń z żyłki, 2 – szew; b – rdzenie co 50 mm, 3 – rdzeń z żyłki, 4 – szew; c – rdzenie co 100 mm, 5 – rdzeń z żyłki, 6 – szew, 7 – dwie warstwy włókniny; d – rdzenie co 150 mm, 8 – rdzeń z żyłki, 9 – dwie warstwy włókniny, 10 – szew

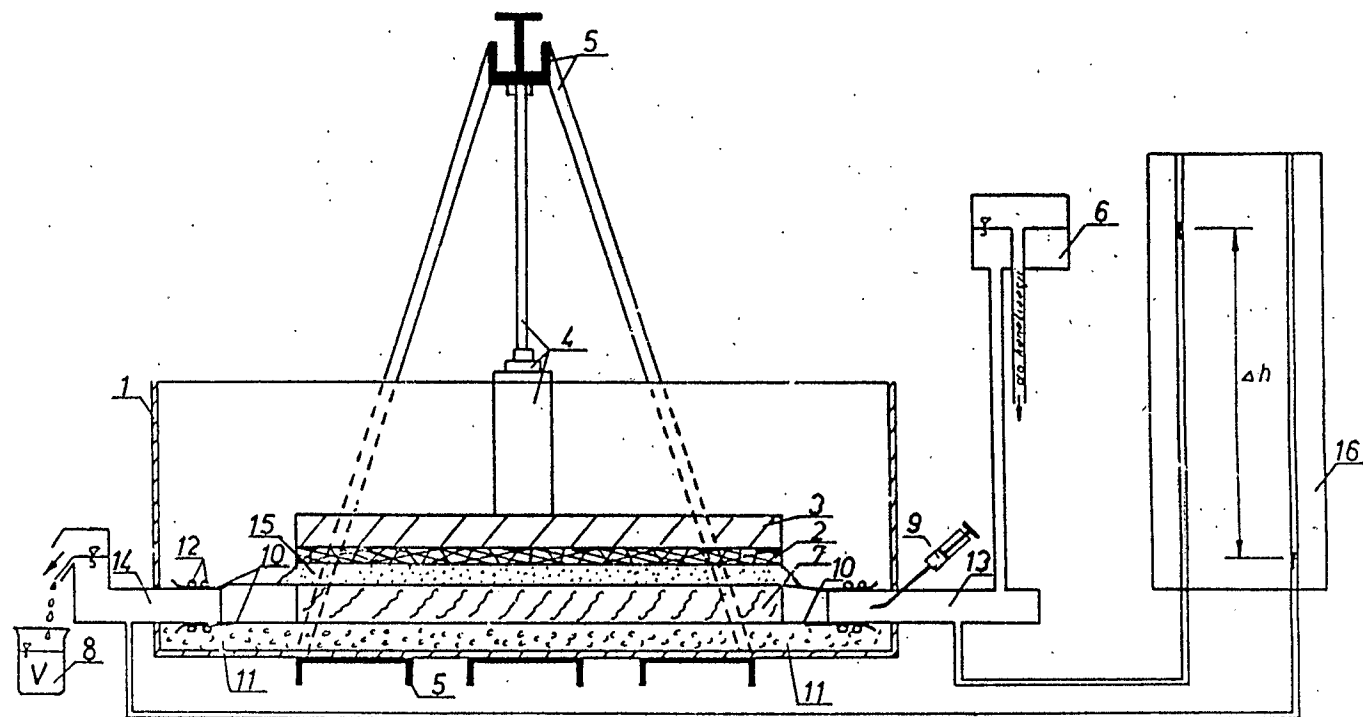


Rys. 3. Schematy konstrukcyjne drenów WDŻ: a – rdzenie co 70 mm, 1 – rdzeń ze żwiru, 2 – szew, 3 – dwa arkusze włókniny; b – rdzenie co 210 mm, 4 – rdzeń ze żwiru, 5 – szew, 6 – dwa arkusze włókniny

cznie 1,35 cm/s. Materiałem rdzenia WDS był utkany z żyłki skręcony walec, nadający rdzeniowi przekrój zbliżony do okręgu. Stosowano żyłkę o przekroju płaskim i średnicy 0,5 mm. Warstwą drenażową rdzenia WDŻ był żwir o współczynniku filtracji $k = 0,65$ cm/s i współczynniku różnoziarnistości $u = 3,04$.

Zakres i metodyka badań

Badania laboratoryjne WDS oraz WDŻ polegały na określeniu wodoprzepuszczalności podłużnej, tzn. przy ruchu wody odbywającym się w kierunku poziomym, równoległym do płaszczyzny warstwowego drenu. Pomiary przeprowadzono w modelu wykonanym w kształcie skrzyni (rys. 4), zbudowanym z płyt tekstolitowych (1)



Rys. 4. Schemat modelu do pomiaru właściwości hydraulicznych warstwowych drenów syntetycznych i warstwowych drenów żwirowych (opis w tekście)

o wymiarach 50–78 cm. Górną część stanowiły płyty: dociskowa (2) i dociążająca (3) o wymiarach 50 x 50 cm oraz dwa siłowniki hydrauliczne (4). Konstrukcją usztywniającą były elementy stalowe o przekroju cewowym (5). Następnym elementem modelu był zbiornik przelewowy (6) do regulacji poziomu zwierciadła wody. Próby warstwowego drenu filtracyjnego (7) o wymiarach 50 x 50 cm umieszczono w worku foliowym (10). Pomiaru objętości wypływającej wody dokonywano w naczyniu (8). W przewodzie doprowadzającym wodę do próby filtru (13) wykonany był otwór do doprowadzenia barwnika (9). Końce rękawa foliowego (10) zaciskano obejmą gumową (12) na przewodzie doprowadzającym (13) i wylocie wody (14). Przebieg doświadczenia był następujący: badaną próbę WDS lub WDŻ (7) układano do worka foliowego (10) i jego końce zaciskano obejmą (12) na przewodach (13) i (14). Próbę układano na 4-centymetrowej warstwie grubego (11) piasku i przykrywano również 4-centymetrową warstwą piasku grubego (15). Na tak przygotowaną próbę układano płyty (2) i (3) oraz instalowano siłowniki (4). Zadawano obciążenia 1,96; 49,03; 98,07; 147,1; 196,13 kPa, dla których odczytywano różnicę ciśnień (14) z tablicy (16). Czas przepływu barwnika (9) przez próbę mierzono od momentu jego wprowadzenia do chwili pokazania się zabarwionej cieczy od strony przelewu (14). W trakcie badań dokonywano pomiaru ilości przepływającej przez próbę wody (V) w czasie (t) przy określonej temperaturze wody (T).

Badania wodoprzepuszczalności podłużnej przeprowadzono w dwóch kierunkach, tj. wzdłuż rdzeni i w poprzek rdzeni. Nie wykonano badań (jak już wspomniano we wstępie) dla warstwowych drenów prostopadle do powierzchni brytu. Założono

bowiem, że włóknina dobierana do prezentowanych konstrukcji powinna odpowiadać normie doboru jej na filtry odwrotne. Współczynniki wodoprzepuszczalności podłużnej k_t w obu kierunkach (wzdłuż i w szerz) obliczono z zależności:

$$k_t = v \cdot i \text{ (cm/s)} \quad (1)$$

gdzie:

i – gradient hydrauliczny określany z zależności $\Delta h \cdot l^{-1}$, przy czym Δh – różnica ciśnień (cm),

l – długość badanej próbki (cm),

v – prędkość filtracji równa $l \cdot t_b^{-1}$ (cm/s),

gdzie t_b – czas przepływu barwnika przez próbę (s).

Dla celów praktycznych otrzymany doświadczalnie współczynnik filtracji k_t należy zredukować do temperatury $+10^\circ\text{C}$ wg zależności:

$$k_{10} = \frac{k_t}{0,7 + 0,03 T} \quad (2)$$

gdzie:

T – temperatura wody w chwili pomiarów ($^\circ\text{C}$).

Oprócz współczynnika wodoprzepuszczalności określono natężenie przepływu Q (wydatek) przez 1 m szerokości warstwowego drenu WDS i WDŻ wg zależności:

$$Q = \frac{V}{t \cdot i} \text{ (cm}^3\text{/s)} \quad (3)$$

gdzie:

V – objętość wody przepływającej przez badaną próbę w czasie t odniesiona do 1 m szerokości próbki (cm^3),

t – czas pomiaru wartości V (s),

i – gradient hydrauliczny ($\Delta h \cdot l^{-1}$).

Wyniki badań

WDS i WDŻ charakteryzują dwa parametry: natężenie przepływu podłużnego oraz wodoprzepuszczalność podłużna pod

TABELA 1. Parametry do równania [4] określone metodą najmniejszych kwadratów

Kierunek przepływu wody	Parametry równania	Warianty drenu WDS			
		0	1	2	3
Wzdłuż	<i>a</i>	6,56	6,42	6,3	6,12
	<i>b</i>	0,0136	0,0119	0,0111	0,0141
	<i>r</i> *	-0,982	-0,962	-0,977	-0,994
Wszereż	<i>a</i>	5,46	4,77	4,48	4,12
	<i>b</i>	0,0116	0,013	0,0142	0,0118
	<i>r</i>	-0,957	-0,954	-0,982	-0,987

* *r* – współczynnik korelacji

wpływem obciążeń (w praktyce obciążenie jednostkowe gruntem, elementami betonowymi budowli itp. w kierunku równoległym i prostopadłym do rdzeni).

Warstwowy dren syntetyczny WDS.

Zmiany natężenia przepływu *Q* wzdłuż i wszereż rdzeni dla czterech przypadków rozwiązań konstrukcyjnych WDS (rys. 2) w zależności od obciążenia przedstawia równanie regresji

$$Q = \exp (a - b \cdot P) \text{ (cm}^3\text{/s)} \quad (4)$$

gdzie:

P – obciążenie (kPa),
a i *b* – wyraz wolny i współczynnik kierunkowy równania regresji.

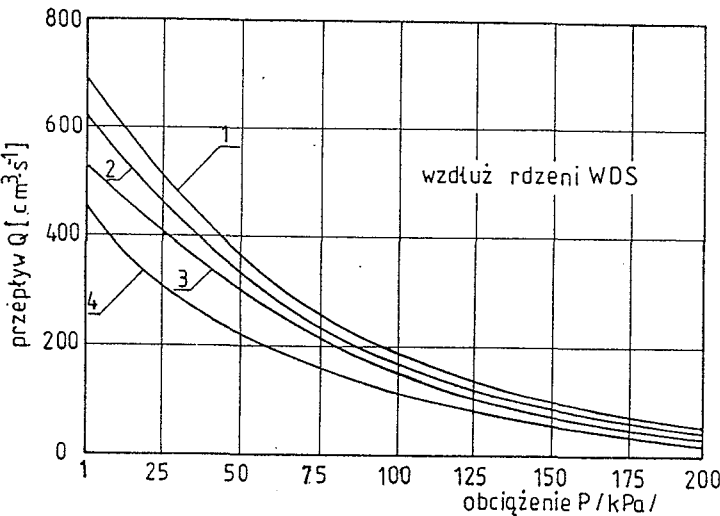
Wyniki tych obliczeń zamieszczono w tabeli 1. Zależność zmian natężenia przepływu od obciążenia wzdłuż rdzeni przedstawiono na rysunku 5, natomiast zależność zmian natężenia przepływu od obciążenia wszereż rdzeni – na rysunku 6.

Zmiany wodoprzepuszczalności podłużnej *k_d* wzdłuż i wszereż rdzeni dla rozwiązań konstrukcyjnych (rys. 2) pod wpływem obciążeń przedstawia funkcja regresji:

$$k_d = c - d \lg P \text{ (cm/s)} \quad (5)$$

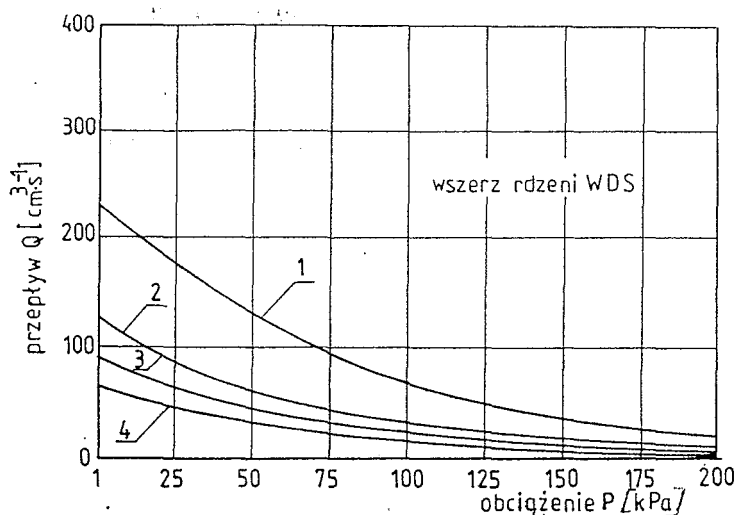
gdzie:

P – zadane obciążenie (kPa),
c i *d* – wyraz wolny i współczynnik kierunkowy równania regresji.



Rys. 5. Zależność natężenia przepływu (wydatku) od obciążenia wzdłuż WDS: 1 – WDS 0; 2 – WDS 1; 3 – WDS 2; 4 – WDS 3

Rys. 6. Zależność natężenia przepływu od obciążenia wszerz WDS: 1 – WDS 0; 2 – WDS 1; 3 – WDS 2; 4 – WDS 3



Wyniki obliczeń (wg równania 5) zamieszczono w tabeli 2. Zależność wodoprzepuszczalności podłużnej od obciążenia wzdłuż rdzeni przedstawia rysunek 7, a zależność wodoprzepuszczalności podłużnej od obciążenia wszerz rdzeni – rysunek 8.

Warstwowy dren żwirowy WDŻ. Zmiany natężenia przepływu Q wzdłuż i wszerz rdzeni dla dwóch rozwiązań konstrukcyjnych WDŻ (rys. 3) w zależności od obciążenia przedstawia równanie:

$$Q = \exp(a - b \cdot P) \text{ (cm}^3/\text{s)} \quad [6]$$

gdzie:

P – obciążenie (kPa),

a i b – wyraz wolny i współczynnik kierunkowy równania regresji.

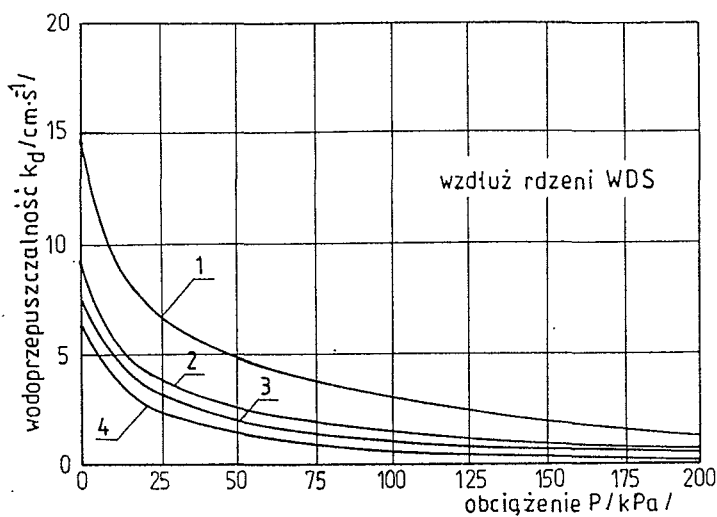
Wyniki tych obliczeń zamieszczono w tabeli 3. Wizualnie przedstawiono je na rysunku 9.

Drugi badany parametr, czyli zmiany wodoprzepuszczalności podłużnej k_d wzdłuż i wszerz filtru żwirowego WDŻ pod wpływem obciążeń ukazuje równanie [6], podobnie jak zmiany natężenia przepływu Q od obciążenia. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 10.

TABELA 2. Parametry do równania [5] określone metodą najmniejszych kwadratów

Kierunek przepływu wody	Parametry równania	Warianty drenu WDS			
		0	1	2	3
Wzdłuż	c	14,87	8,38	7,55	6,21
	d	2,564	1,489	1,318	1,191
	r^*	-0,99	-0,979	-0,988	-0,997
Wszerz	c	4,06	2,13	1,05	0,94
	d	0,622	0,317	1,016	0,139
	r	-0,958	-0,97	-0,965	-0,948

* r – współczynnik korelacji



Rys. 7. Zależność współczynników wodoprzepuszczalności podłużnej od obciążenia wzdłuż WDS: 1 – WDS 0; 2 – WDS 1; 3 – WDS 2; 4 – WDS 3

Rys. 8. Zależność współczynników wodoprzepuszczalności podłużnej od obciążenia wszerz WDS: 1 – WDS 0; 2 – WDS 1; 3 – WDS 2; 4 – WDS 3

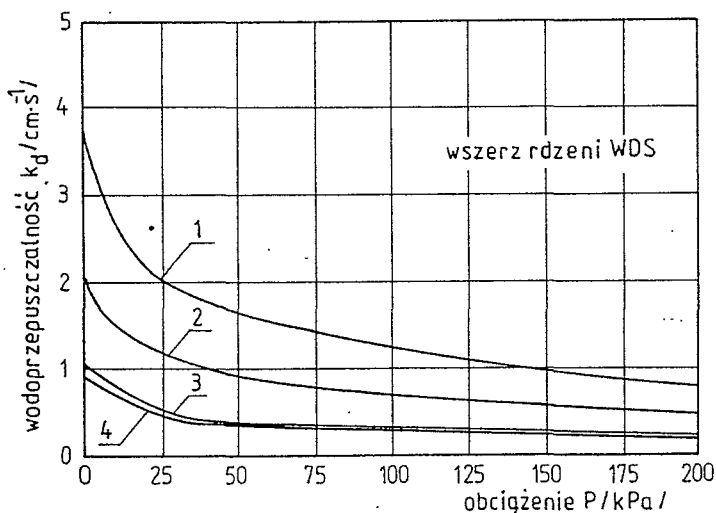
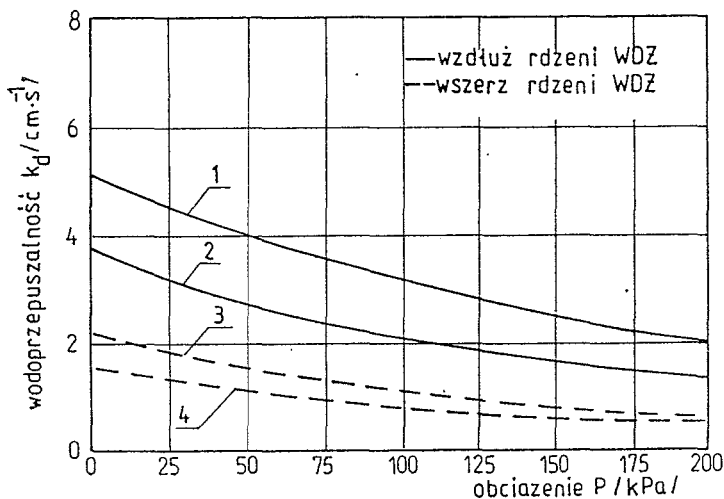
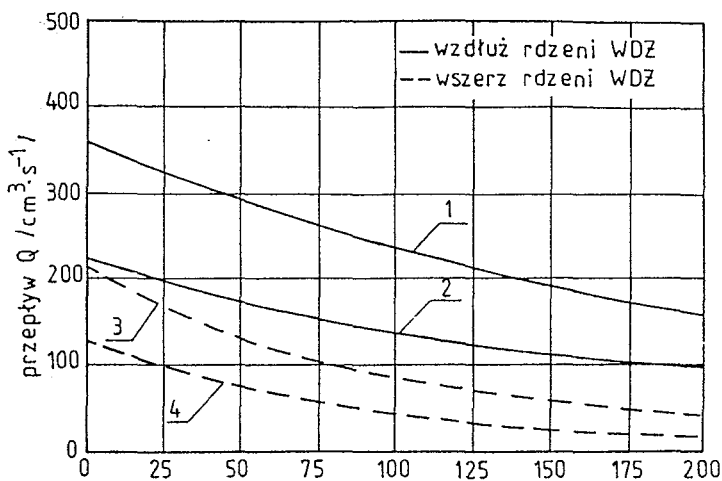


Tabela 3. Parametry równania [6] określone metodą najmniejszych kwadratów

Kierunek przepływu wody	Parametry równania	Warianty filtru WDŻ			
		przepływ Q		wodoprzepuszczalność k_d	
		WDŻ 1	WDŻ 3	WDŻ 1	WDŻ 3
Wzdłuż	a	5,88	5,366	1,621	1,282
	b	0,0042	0,0041	0,0046	0,0052
	r	-0,851	-0,974	-0,871	-0,873
Wszerz	a	5,317	4,799	0,77	0,376
	b	0,0085	0,0105	0,0069	0,0058
	r	-0,961	-0,898	-0,988	-0,880

Rys. 9. Zależność natężenia przepływu od obciążenia wzdłuż i wszerz WDŻ:

1 – WDŻ1; 2 – WDŻ 3 (wzdłuż); 3 – WDŻ 1; 4 – WDŻ 3 (wszerz)



Rys. 10. Zależność współczynników wodoprzepuszczalności podłużnej od obciążenia wzdłuż i wszerz WDŻ: 1–WDŻ 1; 2–WDŻ 3 (wzdłuż); 3 – WDŻ 1; 4 – WDŻ 3 (wszerz)

Podsumowanie

Przeprowadzone badania laboratoryjne wybranych rozwiązań warstwowych drenów WDS i WDŻ wykazały dobre właściwości hydrauliczne konstrukcji filtru z rdzeniem drenującym.

Najkorzystniejszymi pod względem hydraulicznym są filtry o symbolu WDS0, WDS1, WDŻ0, WDŻ1. Kolejne eliminowanie rdzeni (WDS2, WDS3, WDŻ2,

WDŻ3) nie wpływa jednak istotnie na zmianę parametrów badanych materiałów.

Wyniki obliczeń wodoprzepuszczalności oraz natężenia przepływu sugerują, że w miarę wzrostu nacisku jednostkowego na powierzchnię filtru następuje zmniejszenie tych parametrów. Dotyczy to zarówno filtracji wzdłuż, jak i wszerz rdzeni. Stwierdzono ponadto, że filtry żwirowe WDŻ posiadają lepsze właściwości hydrauliczne od filtrów syntetycznych WDS, szczególnie przy wzroście nacisku jednostkowego po-

wyżej 35 kPa. Współczynniki wodoprzepuszczalności wzdłuż i natężenie przepływu są prawie czterokrotnie większe od wartości tych samych parametrów wszcz.

Przewiduje się wdrożenie warstwowych drenów WDS i WDŻ na terenowym obiekcie doświadczalnym. Pozwoli to na pełniejsze potwierdzenie przydatności tego typu konstrukcji.

Literatura

- BOROWSKAJ., KRZYWOSZ Z., SOKOŁOWSKI J., ŻBIKOWSKI A. 1986: *Włókny w konstrukcjach drenaży i umocnień budowli ziemnych*, „COBRBI Hydrobudowa”, Warszawa.
- JĘDRYKA G., KRZYWOSZ Z., MATUSIEWICZ W., SOKOŁOWSKI J. 1990: *Wstępne wytyczne instalowania warstwowych drenów filtracyjnych*, „COBRBI Hydrobudowa”, Warszawa.
- SOKOŁOWSKI J., ŻBIKOWSKI A., KRZYWOSZ Z. 1990: *Nowe materiały w budownictwie wodnym i melioracyjnym*. Wydaw. SGGW, Warszawa.
- SOKOŁOWSKI J. (red.), 1991: *Technologia i organizacja robót wodnomelioracyjnych*. Wydaw. SGGW, Warszawa.

Summary

Hydraulic test of new filters construction in water and irrigation engineering. In the article there are presented new construction solution of the reverse filters which are to be used for protection of water construction slopes and bottoms. These filters called as laminar drains are built of two layer of nonwoven fabric strengthened by horizontal cores in form of drains. The drains are built of plastics or gravel. The hydraulic tests revealed good filtration characteristics of these drains with preference to solution with the core built of mineral material (gravel). It was found that this kind of drains. Oppositely to the drains with plastic cores are not to be deformed by the load of 35 kPa.

Author's address

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

Produktywność rolnicza klimatu Polski na przykładzie wybranych roślin zbożowych

Wstęp

Produktywność rolnicza klimatu w odniesieniu do danej rośliny uprawnej można wyrazić ilościowo za pomocą równania regresji, opisującego związku zachodzące między plonowaniem roślin a warunkami meteorologicznymi. W wyniku analizy regresji wielokrotnej krokowej otrzymuje się najczęściej równanie regresji wielokrotnej, a liczba elementów meteorologicznych wchodzących do równania jako istotne parametry tego równania oraz wartość współczynników regresji odzwierciedlają wymagania klimatyczne danej rośliny. Posługując się otrzymanymi równaniami regresji, można obliczyć wskaźniki produktywności rolniczej klimatu (plon teoretyczny), korzystając z wieloletnich danych meteorologicznych ze stacji położonych na interesującym nas obszarze. Wskaźniki produktywności mogą być wykorzystane do ilościowej oceny agroklimatu w danej miejscowości lub do bonitacji przestrzennej agroklimatu (regionizacji).

Tego rodzaju metodyka, po różnych przekształceniach i modyfikacjach, była wykorzystywana do celów kompleksowej bonitacji przyrodniczej Polski (Witek, Górski 1977), a także do bonitacji klimatu Polski, w celu ustalenia rejonizacji uprawy

różnych roślin (Demidowicz, Gonet 1976; Górski, Bawolski 1979; Łykowski 1984).

W niniejszym opracowaniu przedstawione zostaną wyniki badań produktywności rolniczej klimatu Polski na przykładzie pszenicy jarej i ozimej oraz jęczmienia jarego na podstawie danych meteorologicznych z Elbląga, Mielca i Opoła. Porównane zostały więc warunki agroklimatyczne Pojezierza Mazurskiego i południowej części kraju, tj. najcieplejsze i najchłodniejsze latem rejony Polski. Badania prowadzono w ramach RPBR 28.1.C.11.02.

Materiał i metoda

Dane o plonowaniu pszenicy jarej (odmiany: Gorzowska, Alfa, Henika) i ozimej (Grana) oraz jęczmienia jarego (Gryf i Korn), a także terminy występowania poszczególnych faz fenologicznych tych roślin i dane meteorologiczne pochodzą ze Stacji Oceny Odmian COBORU w Radoszowie, położonej na skraju wysoczyzny (40 m n.p.m.) w odległości 11 km na południe od Tczewa i Rychlik (70 m n.p.m.), położonej w odległości 11 km na południe od jeziora Drużno. W opracowaniu posłużono się materiałami z okresu od 1968 r. do 1988 r.

Dane dotyczące plonowania roślin zo-

TABELA 1. Plony ziarna pszenicy ozimej [t/ha] rzeczywiste – 1, po uwzględnieniu trendu czasowego – 2

Rok	Rychliki		Radostowo	
	1	2	1	2
1968	5,01	6,40	6,33	8,14
69	4,05	5,29	4,81	6,40
70	4,33	5,29	3,67	4,87
71	5,05	5,89	6,88	7,90
72	5,18	5,89	5,52	6,37
73	4,87	5,46	5,17	5,86
74	5,38	5,86	6,47	7,02
75	5,17	5,54	7,16	7,57
76	6,72	6,99	6,72	7,01
77	4,34	4,51	4,25	4,43
78	7,22	7,30	6,49	6,58
79	3,28	3,23	4,55	4,48
1980	3,93	3,78	4,08	3,95
81	5,62	5,41	5,48	5,30
82	5,81	5,54	6,94	6,72
83	6,74	6,42	7,32	7,08
84	4,49	4,12	6,07	5,81
85	4,65	4,24	6,68	6,42
86	7,97	7,52	7,54	7,29
87	6,02	5,54	6,69	6,46
88	6,81	6,31	7,19	7,00

TABELA 2. Plony ziarna pszenicy jarej [t/ha] rzeczywiste – 1, po uwzględnieniu trendu czasowego – 2

Rok	Rychliki		Radostowo	
	1	2	1	2
1968	3,89	5,45	5,15	5,87
69	3,53	4,96	3,65	4,31
70	3,22	4,39	3,55	4,09
71	3,26	4,30	4,97	5,45
72	3,20	4,11	3,50	3,92
73	3,82	4,60	5,20	5,56
74	4,93	5,58	6,04	6,34
75	3,95	4,47	4,47	4,71
76	5,73	6,12	5,82	6,00
77	5,11	5,37	4,64	4,76
78	5,70	5,83	4,17	4,23
79	4,45	4,32	3,42	3,36
1980	4,53	4,27	4,62	4,50
81	3,96	3,57	4,80	4,62
82	3,45	2,93	4,84	4,60
83	6,09	5,44	5,10	4,80
84	5,68	4,90	5,68	5,32
85	5,78	4,87	6,22	5,80
86	6,63	5,59	4,88	4,40
87	7,42	6,25	5,90	5,36
88	5,05	3,75	6,05	5,45

TABELA 3. Plony ziarna jęczmienia jarego [t/ha] rzeczywiste – 1, po uwzględnieniu trendu czasowego – 2

Rok	Rychliki		Radostowo	
	1	2	1	2
1968	5,37	6,09	4,66	5,22
69	4,54	5,20	4,76	5,28
70	4,54	5,08	4,60	5,02
71	4,08	4,56	4,82	5,20
72	3,02	3,44	4,56	4,89
73	5,38	5,74	5,77	6,05
74	4,90	5,20	5,24	5,48
75	3,21	3,45	4,04	4,23
76	6,82	7,00	6,44	6,58
77	4,38	4,50	5,33	5,42
78	7,52	7,58	5,86	5,91
79	6,30	6,24	3,84	3,79
1980	4,14	4,02	3,69	3,60
81	3,94	3,76	4,90	4,76
82	5,80	5,56	4,92	4,73
83	5,68	5,38	5,69	5,46
84	6,17	5,81	5,18	4,90
85	6,16	5,74	6,50	6,17
86	6,50	6,02	6,33	5,95
87	4,66	4,12	5,94	5,52
88	5,38	4,78	5,45	4,98

stały poddane obliczeniom statystycznym, mającym na celu określenie wielkości trendu czasowego. Stwierdzono, że trendy czasowe na poziomie istotności 5% występują w plonowaniu pszenicy jarej i jęczmienia jarego. Trend czasowy plonowania pszenicy ozimej jest słabszy i występuje na poziomie istotności statystycznej 10%. W tabelach 1, 2 i 3 zamieszczone zostały wartości plonów rzeczywistych oraz plonów po uwzględnieniu (odjęciu) trendu.

Po obliczeniu średnich dobowych temperatury powietrza, średnich maksymalnych i minimalnych w okresach wegetacyjnych oraz wskaźników opadu atmosferycznego (suma opadu w okresie wegetacyjnym podzielona przez liczbę dni) za lata 1968–1988 w Radostowie i Rychlikach przebadano związki statystyczne zachodzące między

dzy plonowaniem badanych roślin (po odjęciu trendu) a wymienionymi wyżej elementami meteorologicznymi.

Metodą analizy regresji wielokrotnej krokowej obliczono równania regresji najlepiej opisujące związek między plonowaniem badanych roślin uprawnych i warunkami termicznymi oraz wilgotnościowymi występującymi w okresie wegetacyjnym. Te równania posłużyły jako wzory do obliczenia klimatycznych wskaźników plonu (produktywności rolniczej klimatu) na podstawie danych klimatologicznych ze stacji w Elblągu, Mielcu i Opolu.

Wyniki

W tabeli 4 zamieszczono postacie równań regresji plonu względem temperatury powietrza i opadów atmosferycznych oraz niektóre wskaźniki statystyczne. Najwyższa wartość współczynnika korelacji wielokrotnej ($r = 0,644$) występuje w przypadku pszenicy ozimej, przekraczając wyraźnie krytyczną wartość $R = 0,40$ na poziomie istotności 5%. Współczynniki korelacji dla pszenicy jarej i jęczmienia jarego są znacznie niższe i kształtują się na poziomie istotności statystycznej 5%. Mając jednak na uwadze to, że w przypadkach pszenicy jarej i jęczmienia jarego średnie błędy równań regresji są równe odchyleniom standardowym, należy uznać, że współczynniki korelacji mają tu znamiona przypadkowości.

W tabeli 5 zamieszczone zostały wartości klimatycznego wskaźnika plonu badanych roślin uprawnych obliczone na podstawie danych meteorologicznych, pochodzących z trzech stacji położonych w różnych regionach Polski. Z liczb tej tabeli wynika, że istotne zróżnicowanie klimatycznego wskaźnika plonu między północną częścią

TABELA 4. Zależność plonu wybranych roślin uprawnych od warunków meteorologicznych

Okres rozwojowy rośliny	Postać równania	M	R	$R_{\alpha=0,05}$	S_{yx}	SD
Pszenica ozima: ruszenie wiosennej wegetacji–dojrzałość woskowa	$x_6 = 0,4984 + 0,6078x_2 - 0,8799x_3 + 1,7005x_4 - 0,4962x_4^2$	5,81	0,644	0,40	0,80	1,19
Pszenica jara: wschody–dojrzałość woskowa	$x_6 = 8,9089 - 0,2448x_1 - 0,0465x_4^2$	4,88	0,336	0,34	0,81	0,81
Jęczmień jary: wschody–dojrzałość woskowa	$x_6 = 9,3220 - 0,1799x_2 - 0,0939x_4^2$	5,20	0,407	0,34	0,91	0,93

Objaśnienie: x_1 – średnia temperatura powietrza, x_2 – maksymalna temperatura powietrza, x_3 – minimalna temperatura powietrza, x_4 – opady atmosferyczne, x_6 – plon ziarna, M – średnie wartości plonu, S_{yx} – średni błąd równania regresji, SD – odchylenie standardowe [t/ha], R – współczynnik korelacji wielokrotnej.

TABELA 5. Klimatyczne wskaźniki plonu [t/ha]

Miejscowość	Pszenica		Jęczmień jary
	ozima	jara	
Elbląg	5,2	4,9	5,2
Mielec	6,4	4,6	4,9
Opole	6,2	5,0	5,1

kraju (Elbląg) i południową (Mielec, Opole) występuje tylko w przypadku pszenicy ozimej (różnica wynosi 1,2 t/ha). Różnice w plonowaniu pszenicy jarej i jęczmienia jarego między rozważanymi regionami są nieistotne i leżą w granicach błędu równań regresji. Wyższe wartości klimatycznego wskaźnika plonu pszenicy ozimej w Mielcu aniżeli w Elblągu wynikają z wyższych wartości temperatury powietrza i opadów atmosferycznych, które są w Mielcu bardziej zbliżone do optymalnych dla tej rośliny aniżeli w Elblągu. W Opolu o wyższej wartości omawianego wskaźnika zadecydowała głównie wyższa temperatura powietrza niż w Elblągu.

Podsumowanie

1. Spośród trzech rozważanych roślin zbożowych jedynie w przypadku pszenicy ozimej uzyskano zdecydowanie istotną wartość współczynnika korelacji wielokrotnej (0,64) między plonem a warunkami termiczno-wilgotnościowymi występującymi w okresie wegetacyjnym.

2. W Kotlinie Sandomierskiej i na Opolszczyźnie występują wyraźnie wyższe wartości klimatycznego wskaźnika plonu pszenicy ozimej aniżeli na wysoczyźnie elbląskiej (o 1,2 t/ha). Nie stwierdzono nato-

miast istotnego zróżnicowania w plonowaniu pszenicy jarej i jęczmienia jarego między rozważanymi regionami.

3. Z pewnym zastrzeżeniem należy traktować przedstawione wyniki badań dotyczące zbóż jarych. W tych wypadkach obliczenia należy przeprowadzić przy użyciu zbiorów o większej liczebności.

Literatura

- DEMIDOWICZ G., GONET Z. 1976: *Bonitacja klimatu Polski dla uprawy poplonów ścierniskowych*. Pam. Puł. 66, Puławy.
- GÓRSKI T., BAWOLSKI S. 1979: *Agroklimatyczne podstawy rejonizacji uprawy koniczyny czerwonej na nasiona*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 224.
- ŁYKOWSKI B. 1984: *Warunki klimatyczne rozwoju i plonowania soi w Polsce*. Wydaw. SGGW-AR, Warszawa.
- WITEK T., GÓRSKI T. 1977: *Przyrodnicza bonitacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce*. Wydaw. Geol., Warszawa.

Summary

Agricultural productivity of Polish climate on the base some cereal crops. Statistic calculations have been done using of the meteorological stations in Radostowo, Rychliki, Elbag, Mielec and Opole. Specification of the relationship between wheat and barley yield and the meteorological conditions has been the aim of this paper (Table 4). On this base climatic coefficients of these crops yields in the northern part of the country (Elbląg) and the southern one (Mielec, Opole) has been calculated (Table 5).

Author's address:

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

Badanie efektywności biologicznych procesów
w oczyszczalni gnojowicy w Kołbaczu

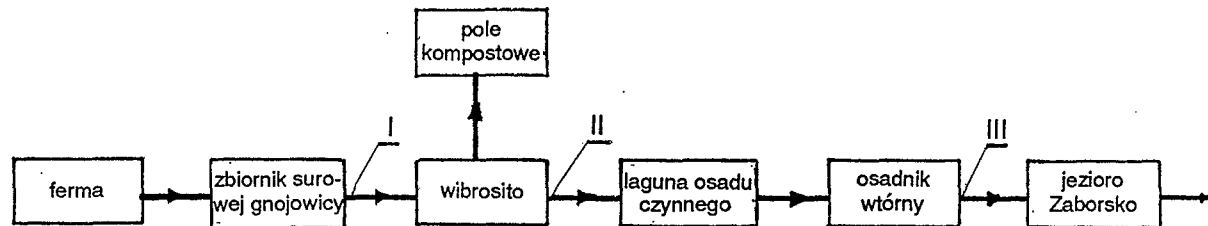
Wstęp

Wybudowana w 1972 roku w Instytucie Zootechniki w Zakładzie Doświadczalnym w Kołbaczu oczyszczalnia gnojowicy (rys. 1, tab. 1) nie osiągnęła oferowanych ($Se = 125 \text{ mg O}_2 \text{ dm}^{-3}$) przez włoską firmę Gi-Gi parametrów (Rogiński 1973, 1982; Rogiński, Pilip, Rychlewski 1985). Oczyszczalnia ta w 1986 roku została zmodernizowana (rys. 2).

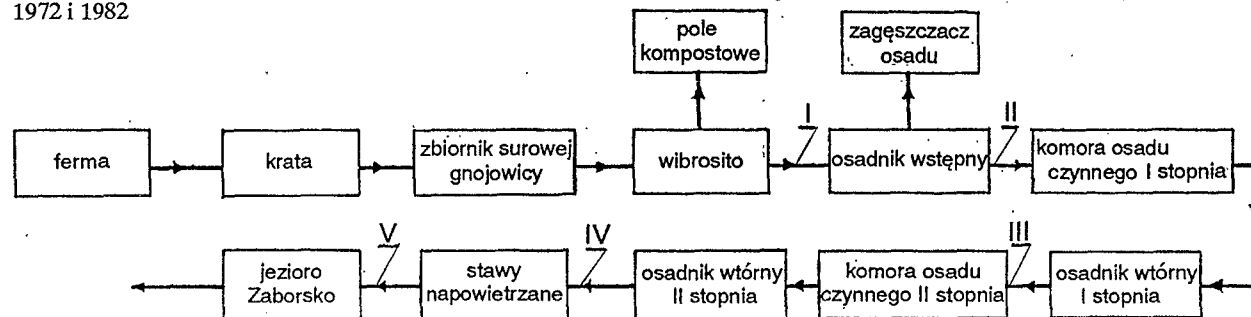
W latach 1987–1990 dokonano oceny efektywności jej pracy. Celem podjętych badań było ustalenie sprawności pracy poszczególnych elementów w zmodernizowanej oczyszczalni. Wyniki tych badań pozwalają na wyjaśnienie negatywnych zjawisk występujących na poszczególnych stopniach oczyszczalni, jednocześnie pozwoliły one na dalsze udoskonalenie technologii unieszkodliwiania gnojowicy (rys. 3).

TABELA 1. Efekty uzyskane w zakresie redukcji podstawowego wskaźnika zanieczyszczenia gnojowicy wyrażonego wartością BZT₅ [$\text{mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$] w oczyszczonej gnojowicy w IZ ZD w Kołbaczu (1972 i 1982)

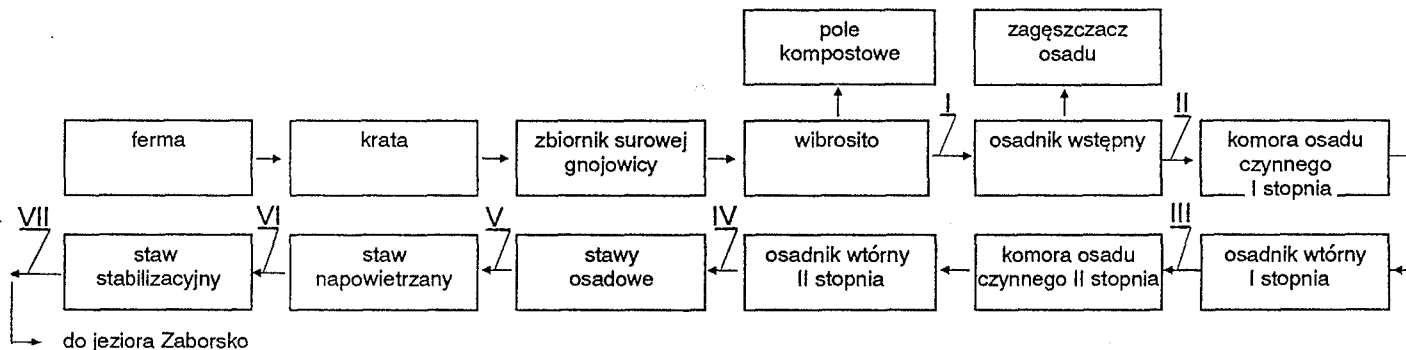
Nr próby	Elementy pobranej oczyszczalni wg oznaczenia na rys. 1	Poziom zanieczyszczeń w latach					
		1972			1982		
		zakres zmienności	wartości średnie	sprawność pracy [%]	zakres zmienności	wartości średnie	sprawność pracy [%]
I	zbiornik surowej gnojowicy	4200–7400	5310	–	10 755–25 490	17 540	–
II	gnojowica oczyszczona na wibrositach	3000–7300	4659	12,50	9 450–22 400	15 420	12,12
III	gnojowica oczyszczona w komorze osadu czynnego (I*)	125,0–571,0	323,0	94,20	620,0–7200	1 820	88,20



Rys. 1. Ciąg technologiczny oczyszczalni gnojowicy w IZ ZD w Kołbaczu wg koncepcji włoskiej firmy Gi-Gi, I-III – miejsca pobrania próbek w roku 1972 i 1982



Rys. 2. Ciąg technologiczny oczyszczalni gnojowicy w IZ ZD w Kołbaczu po modernizacji wg koncepcji włoskiej firmy Gi-Gi, I-V – miejsca pobrania próbek w latach 1987–1990



Rys. 3. Ciąg technologiczny oczyszczalni gnojowicy w IZ ZD w Kołbaczu. Modyfikacja modernizacji koncepcji włoskiej, I-VII – miejsca pobrania próbek

Metodyka badań

Przyczyny niesprawności pracy oczyszczalni ustalono za pomocą badań wykonywanych w skali produkcyjnej. Badaniami objęto tylko te procesy uzdatniania gnojowicy (biochemiczne w komorach osadu czynnego oraz w stawie osadowym, napowietrzanym i stabilizacyjnym), wskutek których można uzyskać najbardziej efektywne jej oczyszczenie; pominięto zaś procesy oddzielania frakcji stałej z surowej gnojowicy na wibrositach. Miejsca poboru prób podczas badań eksploatacyjnych zmodernizowanej technologii oczyszczania gnojowicy uwidoczniło na rysunkach 1–3. Analizy fizykochemiczne gnojowicy prowadzono zgodnie z normami krajowymi i resortowymi, a oznaczenia fizykochemiczne wykonano metodami według polskich norm. Surową i oczyszczoną gnojowicę pobierano z 5 punktów kontrolnych. Badania fizykochemiczne prowadzono jednocześnie z oznaczeniem prędkości osiadania osadu w gnojowicy w osadniku wstępnym, w osadnikach wtórnych I i II stopnia oraz w stawach. Uzyskane wyniki zebrano i opracowano do celów statystycznych zgodnie z ogólnie przyjętymi metodami.

Wyniki

Uzyskane po modernizacji oczyszczalni wyniki wykazały, że chociaż oczyszczalnia osiągnęła wysoki stopień efektywności procesów biologicznych, to nie uzyskała zadowalających wyników oczyszczania (tab. 2). Gnojowica po obróbce mechanicznej ma jeszcze wysokie stężenie substancji organicznej. Wprowadzenie do komór aeracji pierwszego stopnia ładunku zanieczyszczeń o tak wysokim stężeniu i przy nierównomiernym dobowym obciążeniu ko-

mór spowodowało spadek efektywności pracy komór osadu czynnego.

Doprowadzenie w 1988 r. wody z rowu melioracyjnego do komór aeracji drugiego stopnia znacznie poprawiło pracę osadu czynnego (tab. 2). Wskazuje to na potrzebę zmniejszenia ilości zawiesiny w miejscu jej dopływu, tj. do komory aeracji I stopnia. Można to osiągnąć przez zastosowanie procesów biokoagulacji, poprawiając efektywność pracy osadu czynnego (Rogiński 1987).

Napowietrzanie gnojowicy przez ponad 120 godzin w komorach aeracji pierwszego i drugiego stopnia powoduje, iż zwiększa się w niej wartość wskaźnika pH, a jednocześnie spada ilość węglowodanów i wzrasta zawartość azotanów (Rogiński 1987). Procesom tym towarzyszy początkowo zmniejszenie się aktywności działania pierwotniaków, następnie organizmy te obumierają. Dlatego przy oczyszczaniu gnojowicy w komorze drugiego stopnia należy stosować zabiegi stymulujące procesy życiowe mikroorganizmów.

Rogiński (1987) stwierdził, że w komorze osadu czynnego II stopnia mieszanie gnojowicy ze ściekami komunalnymi co najmniej w stosunku 1 : 1 podnosi znacznie efektywność osadu czynnego. W tym czasie zachodzi korekta pH, obserwuje się masowe występowanie pierwotniaków, barwa z lekko brązowej przechodzi w słomkową i zachodzi spadek ilości zawiesiny ogólnej i związków azotowych.

Gnojowica po biologicznym oczyszczeniu w komorze osadu czynnego II stopnia i w osadniku wtórnym przepływała do dwóch stawów napowietrzanych, skąd rowem melioracyjnym kierowana była do jeziora Zaborsko, niosąc dość duży ładunek zawiesiny.

Przeprowadzone badania na oczyszczalni gnojowicy w IZ ZD w Kołbaczu

TABELA 2. Efekty uzyskane w zakresie redukcji podstawowego wskaźnika zanieczyszczeń gnojowicy wyrażonego wartością BZT₅ [mg O₂ · dm⁻³] w oczyszczalni gnojowicy w IZ ZD w Końbacz (1987–1990)

Nr próby pobranej wg oznaczenia na rys.2	Elementy oczyszczalni	Poziom zanieczyszczeń w latach											
		1987			1988			1989			1990 ^a		
		zakres zmienności	wartości średnie	sprawność pracy [%]	zakres zmienności	wartości średnie	sprawność pracy [%]	zakres zmienności	wartości średnie	sprawność pracy [%]	zakres zmienności	wartości średnie	sprawność pracy [%]
I	gnojowica oczyszczona na wibro-sitach	9370– –23500	15 319	–	6500– –23 000	13 167	–	6500– –19 500	13 122	–	4500– –12 850	9895	–
II	gnojowica oczyszczona w osadniku wstępnym	1800– –10 500	4875	68,20	2200– –13 000	6827	48,20	2850– –15 000	8275	36,90	4000– –9150	6772	31,60
III	gnojowica oczyszczona w komorze osadu czynnego (I°)	170,0– –7000	2821	81,58	80,0– –7000	1380	89,52	40,00– –6000	819,0	93,76	433,0– –1280	836,0	91,55
IV	gnojowica oczyszczona w komorze osadu czynnego (II°)	140,0– –1600,0	548,0	96,19	60,00– –4000	108,0	99,18	60,00– –550,0	253,0	98,07	40,00– –1450	372,0	96,24
V	gnojowica oczyszczona w stawach napowietrzanych	160,0– –470,0	294,0	99,08	57,00– –240,0	86,0	99,35	40,00– –950,0	185,0	98,59	200,0– 640,0	341,0	96,55

^a Osadnik wtórny I° w lipcu był wyłączony z pracy ze względu na awarie aeratorów w komorze napowietrzania I°

potwierdziły badania Rogińskiego (1987), że stosowanie tradycyjnych osadników wtórnych w odniesieniu do gnojowicy oczyszczonej osadem czynnym jest technologicznie nieuzasadnione, ponieważ sedimentacja zawiesiny w gnojowicy przebiega w dwu fazach: pierwsza trwa 2 godziny, a druga kończy się dopiero po 10 dniach. W ten sposób można wyjaśnić fakt wynoszenia do jeziora Zaborsko dużej ilości zawiesiny z oczyszczonej gnojowicy; opierając się na tych badaniach, stawy napowietrzane w 1991 r. zamieniono na stawy osadowe. W stawach osadowych wytrąciło się dużo osadu, a odpływająca gnojowica nie stwarza już takiego zagrożenia ekologicznego dla jeziora Zaborsko.

Nastąpiła regeneracja jeziora; zaczęło się rozwijać życie biologiczne; obecnie żyją tam ryby. W 1991 roku wybudowano stawy napowietrzane i stabilizacyjny (rys. 3); oczyszczona gnojowica przebywa w nich

około 30 dni. Po włączeniu tych stawów do eksploatacji oczyszczalnia osiągnęła bardzo wysoki poziom redukcji podstawowego wskaźnika zanieczyszczeń, wartość BZT₅ zmniejszyła się o 99,62% (tab. 3). Podczas procesu oczyszczania powstają duże ilości osadu nadmiernego – od 120 do 200 m³ w ciągu doby – o uwodnieniu 98–99%. Tak duża ilość osadu o tak wysokim uwodnieniu powstaje na skutek nieprawidłowej pracy osadnika wstępnego, osadników wtórnych i zagęszczacza. Wywożenie beczkowozami takiej ilości osadów jest nieuzasadnione ekonomicznie. Osad przed wywiezieniem na pola należy odwirować bądź poddać obróbce tlenowej lub beztlenowej.

Wnioski

Gnojowica z fermy trzody chlewnej w IZ ZD w Kołbaczu charakteryzuje się wyso-

TABELA 3. Efekty uzyskane w zakresie redukcji podstawowego wskaźnika zanieczyszczenia gnojowicy wyrażonego wartością BZT₅ (mgO₂ · dm⁻³) w oczyszczalni gnojowicy w IZ ZD w Kołbaczu (1991)

Numer próby pobranej wg oznaczenia na rys. 3	Elementy oczyszczalni	Poziom zanieczyszczeń w 1991 r.		
		zakres zanieczyszczeń	wartości średnie	sprawność pracy [%]
I	gnojowica oczyszczona na wibrositach	4600–12 480	9720	–
II	gnojowica oczyszczona w osadniku wstępnym	3200–4620	6400	34,16
III	gnojowica oczyszczona w komorze osadu czynnego (I*)	90,00–600,0	380,0	96,09
IV	gnojowica oczyszczona w komorze osadu czynnego (II*)	40,00–300,0	98,00	99,05
V	gnojowica oczyszczona w stawie osadowym	48,00–24,00	92,00	99,05
VI	gnojowica oczyszczona w stawie napowietrzanym	40,00–200,0	84,00	99,14
VII	gnojowica oczyszczona w stawie stabilizacyjnym	14,00–84,00	36,00	99,62

kim stężeniem zanieczyszczeń ($BZT_5 = 4500-23\ 500\text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) i to ją różni przede wszystkim od składu przeciętnych ścieków komunalnych ($BZT_5 = 300\text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$).

W wybudowanych w kraju oczyszczalniach gnojowicy stosowane są do jej unieszkodliwiania procesy technologiczne takie same jak w oczyszczalniach ścieków komunalnych, które nie zapewniają zakładanych efektów sprawności oczyszczania. Występują zakłócenia w pracy osadu czynnego w komorach aeracji i w osadnikach wtórnych.

Przeprowadzone badania nad efektywnością pracy oczyszczalni i teoretyczną analizą zastosowanych procesów pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków.

1. Gnojowicę pochodzącą od trzody chlewnej można unieszkodliwić w warunkach prawidłowo przebiegających procesów mechanicznych, fizykochemicznych i aerobowych.

2. W osadniku wstępnym uzyskano bez środków wspomagania, przy czasie zatrzymania 8–12 godzin, redukcję zawiesin ogólnych do 17–51%, a BZT_5 do 32–68%. Tak niską sprawność procesów sedimentacji zawiesiny ogólnej można tłumaczyć zmiennym układem polidispersyjnym, złożonym z cząstek o różnej wielkości, począwszy od grubodispersyjnych do bardzo rozdrobnionych, charakteryzujących się dużą ilością koloidów (ziarna piasku, kał, pokarm itp.).

3. Technologiczna sprawność biologiczna procesów w komorze osadu czynnego wskazuje, że do komory aeracji I stopnia dopływa gnojowica, w której występowała duża zmienność zawartości substancji organicznych ($BZT_5 = 1800 - 15\ 000\text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$).

W takich warunkach w komorze osadu czynnego pierwszego stopnia nie uzyskano zadowalającej redukcji zanieczyszczeń. Gnojowica dopływająca do komory aeracji drugiego stopnia zawierała jeszcze duże wartości zanieczyszczeń organicznych (tab. 2), na skutek czego spadała efektywność pracy osadu czynnego w tej komorze do 55,5%. Zjawisko to potwierdzają badania przeprowadzone w SGGW (Rogiński 1987), które wykazały, że w początkowej fazie oczyszczania (komora osadu pierwszego stopnia) proces rozkładu przebiega zgodnie z równaniem I rzędu, w komorze zaś aeracji drugiego stopnia wyczerpują się substancje energetyczne i spada efektywność pracy osadu czynnego do 60%, a nawet i niżej.

4. Stawy napowietrzane w ciągu technologicznym (rys. 2) okazały się niesprawne (tab. 2). Przekształcenie ich na stawy osadowe i uzupełnienie ciągu technologicznego stawami napowietrzanymi i stabilizacyjnymi poprawiło wyniki pracy oczyszczalni (rys. 3, tab. 3).

5. Niezbędne są dalsze prace badawcze w zakresie:

- podniesienia sprawności procesów mechanicznych,
- regulacji procesów biokoagulacji i koagulacji,
- zastosowania ścieków komunalnych do poprawienia kinetyki procesu biologicznego oczyszczania gnojowicy w komorze osadu drugiego stopnia,
- obniżenia na wypływie z oczyszczalni do jeziora Zaborsko związków biogenych, głównie fosforu ogólnego,
- zmniejszenia uwodnienia i zmineralizowania związków organicznych w osadach, w celu ułatwienia magazynowania i utylizacji,
- dalsze badania nad dokładnym usta-

leniem wpływu czasu zatrzymania gnojowicy w komorze napowietrzania pierwszego i drugiego stopnia i w stawach: osadowym, napowietrzanym i stabilizacyjnym.

Literatura

- ROGIŃSKI W. 1973: *Badania wybranych urządzeń mechanicznych sztucznych oczyszczalni gnojowicy na fermach hodowlanych w Polsce. Badanie oczyszczalni gnojowicy w Kołbaczu*. IBMER, Warszawa (maszynopis).
- ROGIŃSKI W. 1982: *Utylizacja gnojowicy z prze-*

mysłowych ferm trzody chlewnej. Pr. nauk.-bad. IBMER, Warszawa.

ROGIŃSKI W. 1987: *Wykorzystanie osadu czynnego do unieszkodliwiania gnojowicy z ferm trzody chlewnej*. Rozpr. nauk. i monogr. SGGW-AR, Warszawa.

ROGIŃSKI W., PILIP S., RYCHLEWSKI R. 1985: *Oddziaływanie PFTCh w Kołbaczu na środowisko wodne w świetle dotychczasowych badań i eksploatacji. Zeszyt wybranych zagadnień techniki sanitarnej wsi: Technika i technologia rolniczego użytkowania gnojowicy*. T. II, Oddział nowosądecki.

Edward WIENCLAW, Hanna ZŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK

Katedra Technologii Prac Wodnych i Melioracyjnych

Andrzej CIEPIEŁOWSKI

Katedra Budownictwa Wodnego

Warunki hydrogeologiczne zlewni rzeki Zagożdżonki

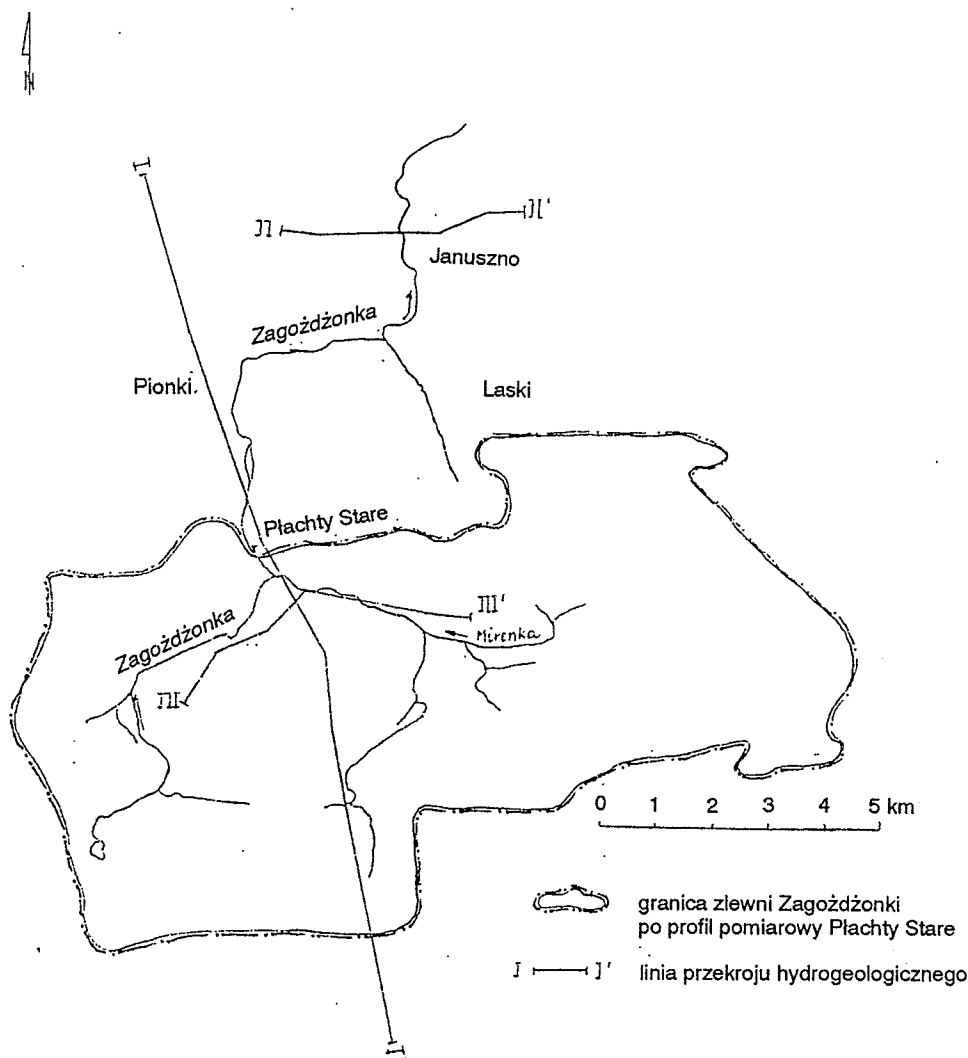
Wstęp

W ramach realizacji tematu badawczego Nr 5 0816 91/01 *Metodyka zagospodarowania zasobów wodnych w małych zlewniach rzecznych* – oceniany jest stan zasobów i potrzeb wodnych w górnej części zlewni rzeki Zagożdżonki (Ciepielowski 1992). Jako źródło pokrycia potrzeb wodnych w pierwszej kolejności oceniane są wody powierzchniowe. Przy deficytach wód powierzchniowych w drugiej kolejności (jako źródło pokrycia) oceniane są wody podziemne.

Udział wód podziemnych w zaspokajaniu nasilających się potrzeb gospodarki rolnie systematycznie. Wynika stąd konieczność opracowania optymalnego zagospodarowania i eksploatacji istniejących zasobów wód podziemnych. Dlatego też niezbędna jest analiza systemu krążenia wód podziemnych jednostki hydrogeologicznej z optymalizacją poboru użytkowych wód podziemnych. Jednym z jej etapów jest ocena warunków hydrogeologicznych zlewni, stanowiąca treść niniejszego artykułu.

Budowa geologiczna

Objęta badaniami górna część zlewni Zagożdżonki zlokalizowana jest w centralnej Polsce, koło Pionek (rys. 1). Pod względem geologicznym obszar mieści się w obrębie niecki brzeżnej, w jej lubelskim odcinku. Jest to długa, wąska depresja o osi NW–SE, wypełniona osadami kredy i najniższego trzeciorzędu. Główną masę stanowią utwory górnej kredy, które w dolnej części wykształcone są w postaci piaskowców (alb górny), piaskowców i wapnistych piaskowców glaukonitowych (cenoman). Powyżej leży monotonna seria marglisto-wapienna, w której ku górze (w mastrychcie i paleocenie) rośnie zawartość krzemionki (opoki i gezy) oraz materiału terygenicznego (gezy piaszczyste, piaskowce oraz siwaki). Było to związane z niszczeniem podnoszącego się w najwyższej kredzie i dolnym trzeciorzędzie zrębu świętokrzyskiego. Miąższość kredy w centralnej części niecki wynosi około 1000 m, na krańcach około 300 m (Stupnicka 1989). Na omawianym terenie grubość utworów kredowych wynosi 700–800 m. Strop ich w południowej części obszaru leży na wysokości około 140 m n.p.m., w środkowej 120 m n.p.m., a w okolicach Pionek na rzędnej

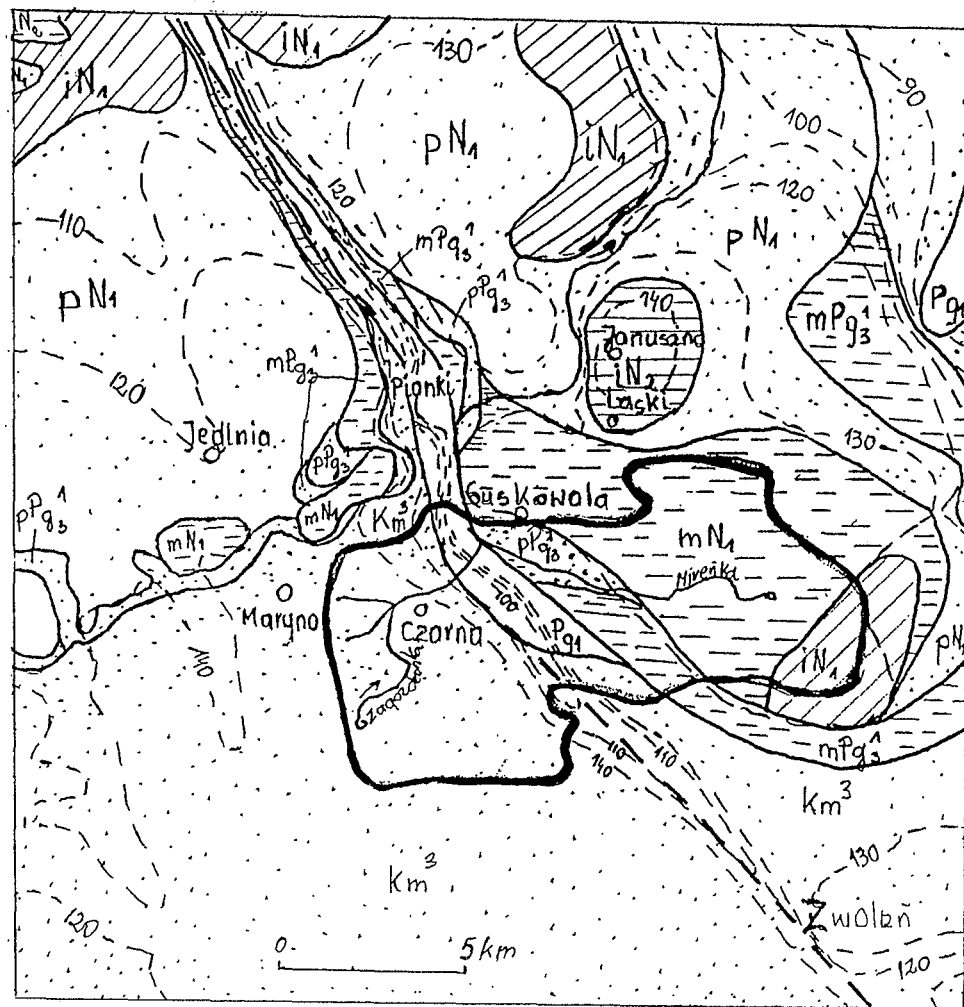


Rys. 1. Zlewnia rzeki Zagożdżonki po Płachty Stare

100 m n.p.m. Są to: margle, margle ilaste, wapienie, gezy i piaskowce margliste mastrychtu (rys. 2.)

Na utworach kredowych leżą osady trzeciorzędu, których południowa granica przebiega tu na północ od Radomia w kierunku Jedliny-Letniska, Suskowoli, Strykowic i Czarnolasu i dalej do Puław. Trzeciorząd wykształcony jest w postaci opok i wapieni marglistych paleocenu (występujących w obniżeniu erozyjnym, od Susko-

woli przez Pionki do Głowaczowa), mułków i piaskowców kwarcowych i glaukonitowych oligocenu, piasków kwarcowych, mułków i iłów z wkładkami węgla brunatnego miocenu. Iły pliocenu na badanym obszarze leżą w oderwanym płacie w okolicach Januszna i Lasek. Całkowita miąższość osadów trzeciorzędowych wynosi około 20 m w środkowej części (Czarna-Sucha-Mireń), w północnej – zwiększa się do 60 m.



OBJAŚNIENIA

	ity	}	pliocen	}	trzeciorzęd
	piaski				
	ity, ility z węglem brunatnym	}	miocen		
	mułki				
	piaski kwarcowe, piaski kwarcowe z pyłem węgla brunatnego				
	mułki	}	oligocen		
	piaski kwarcowe i glaukonitowe				
	opoki, wapienie margliste, gezy margle, piaski z fosforami	}	paleocen		
	opoki, margle piaszczyste i glaukonitowe, gezy, piaskowce, wapienie				

obszar zainteresowań (zlewnia powierzchniowa rzeki Zagożdżonki po profil Plachty Stare)

Rys. 2. Szkic powierzchni podczwartorzędowej

Powierzchnia podczwartorzędowa nachyla się ku północy zgodnie z nachyleniem warstw mezozoicznych i trzeciorzędowych. W południowej części obszaru leży na wysokości około 1400 m n.p.m., w północnej, na wschód od Pionek, na wysokości około 130 m n.p.m. Najwyraźniejszym elementem w rzeźbie tej powierzchni są wąskie i głębokie obniżenia przebiegające od Zwolenia, przez Pionki, do Głowaczowa. Szerokość obniżenia na południu wynosi 1,5–2 km, głębokość 40–60 m, na północy szerokość wynosi 3 km, a głębokość obniżenia nie przekracza 80 m (Makowska 1968).

Osady plejstocenu i holocenu występują na całym obszarze, tworząc pokrywę o zróżnicowanej miąższości od kilku metrów do kilkudziesięciu na linii głębokich obniżień. Najstarsze osady czwartorzędowe to piaski różnoziarniste bez okruszków skał skandynawskich oraz mułki i ropy preglacjałne. Na powierzchni odsłaniają się na północ od badanego obszaru w okolicach Stanisławice–Łaszówka–Jastrzębska Dąbrowa i innych. Osady zlodowacenia południowopolskiego reprezentowane są przez glinę zwałową oraz piaski i żwiry rzeczne i wodnolodowcowe. Powierzchnia utworów tego okresu jest zniszczona i w wielu miejscach rozcięta głębokimi dolinami, które wypełnione zostały piaszczystymi i żwirowymi osadami rzecznoymi interglacjału mazowieckiego o miąższości 20–30 m. Osady zlodowacenia środkowopolskiego reprezentowane są przez dwa poziomy glin zwałowych, osady wodnolodowcowe i dwa poziomy osadów zastoiskowych. Gлина zwałowa nie występuje tu w postaci ciągłej warstwy, lecz w formie płatów. Jedynie w rejonie Pionek zaznacza się jej ciągłość. Średnia miąższość gliny wynosi od kilku do kilkunastu metrów. Pokrywa osadów zlodowacenia środkowopolskiego nie prze-

kracza 30 m. W czasie interglacjału eemskiego w dolinach akumulowane były piaski i żwiry. Maksymalna grubość tych osadów wynosi 10 m. W czasie zlodowacenia bałtyckiego powstały eluwia glin zwałowych i osady eoliczne, które pokrywają niemalże cały badany obszar. W dolinach cieków osadziły się piaski i żwiry rzeczne. W holocenie nastąpiło niewielkie wcięcie rzeki w osady plejstocenijskie, a następnie akumulacja osadów piaszczystych, których miąższość waha się od 1 do 3 m. W zagłębieniach powstały namuły.

Warunki hydrogeologiczne

W podziale hydrogeologicznym Polski (Malinowski i inni 1991) badany obszar znajduje się w rejonie lubelsko-radomskim, którego granicę od południa i zachodu wyznacza wychodnia utworów kredowych, a od północy wychodnie utworów kredowych na granicy z oligocenem. Granica ta przebiega na północ od Radomia w kierunku Kozienic i Dębina, następnie doliną Wieprza do Włodawy. Mniej więcej według tej linii utwory kredowe zanurzają się pod zwarty kompleks utworów trzeciorzędowych i czwartorzędowych.

W badanym profilu hydrogeologicznym górnej zlewni Zagożdżonki stwierdzono występowanie trzech pięter wodonośnych: kredy, trzeciorzędu i czwartorzędu.

Z rozpoznania utworów kredowych wynika, że wody podziemne występują głównie w utworach mastrychtu. Powierzchnia stropu kredy pochylona z południa na północ urozmaicona jest dolinami, które są efektem czwartorzędowej działalności erozyjnej (rys. 3). Pod względem litologicznym utwory kredowe wykształcone są jako margle, wapienie, gezy i piaszkowce. Nie wyróżnia się w nich żadna odmiana litofa-

cialna, którą można by uważać za przewodni poziom wodonośny lub zespół wodonośny. Podstawowym czynnikiem drożności poszczególnych odmian litologicznych jest szczelinowatość. W licznych odsłonięciach na obszarze niecki stwierdzono trzy systemy spękań: NW–SE, SW–NE, N–S. Występują też szczeliny międzywarstwowe na kontaktach różnych odmian litologicznych (J. Malinowski 1991). Według Ginalskiej-Prokop (1986) najbardziej wodonośna jest górna warstwa o miąższości 55 m, poniżej szczelinowatość zanika. Występują tu wody szczelinowe o zwierciadle napiętym. Współczynniki filtracji utworów kredowych, uzyskane z próbnych pompowań, wynoszą od 0,6 do 50 m/d, a pozioma przewodność hydrauliczna od 54,25 do 1,4 m²/h. Zasobność sprężysta jest rzędu 0,00014–0,0003. Wydatki jednostkowe kształtują się od 0,24 do 55,47 m³/h/1 ms. Analiza wydajności wykazała, że gezy, piaskowce i margle charakteryzują się dużymi wydatkami, a mniejsze wydatki zanotowano w marglach ilastych, o ile nie są spękane. Zasilanie tego poziomu wodonośnego odbywa się podczas przesączania wody z piaszczystych osadów czwartorzędowych poprzez słabo przepuszczalne gliny oraz ropy i pyły trzeciorzędowe. W południowej części obszaru, tam gdzie brak jest warstwy izolującej, wody piętra czwartorzędowego mają bezpośredni kontakt hydrauliczny z wodonośnymi utworami mastrychtu. W czasie eksploatacji ujęć zasilanie poziomu kredowego może odbywać się z dopływów bocznych ze strony wschodniej i zachodniej.

Piętro trzeciorzędowe występuje tylko w północnej części omawianego obszaru (rys. 4). Tworzą go piaszczyste osady miocenu i podrzędnie oligocenu. Utwory wodonośne miocenu wykształcone są w postaci piasków drobnoziarnistych ze znacznym

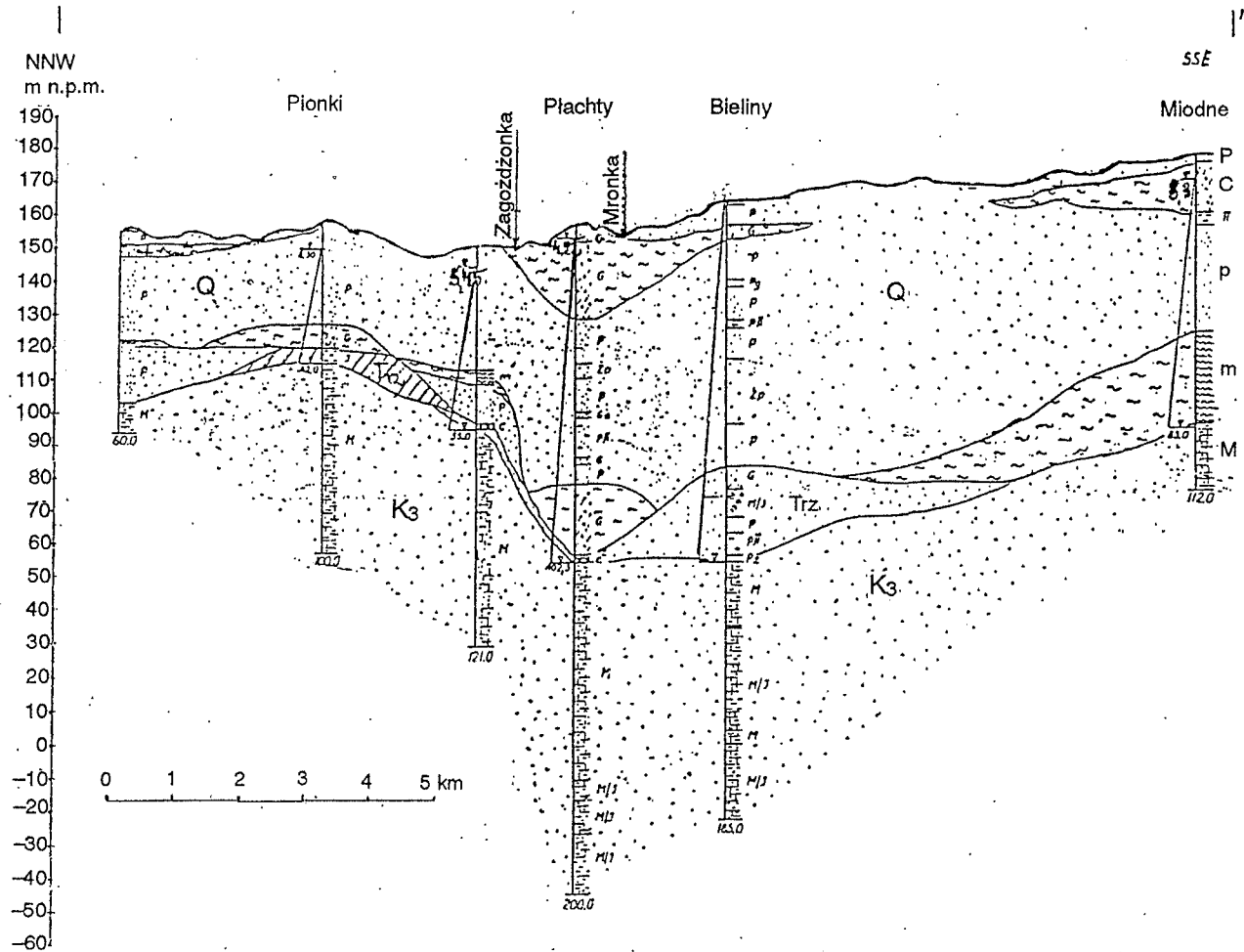
udziałem frakcji ilastej i pylastej oraz domieszką węgla brunatnego. Poziom ten nie jest ujmowany do eksploatacji i dlatego stopień jego rozpoznania jest słaby. Zasilanie piętra trzeciorzędowego odbywa się na drodze przesączania z poziomu czwartorzędowego i przepływów w obrębie okien hydrogeologicznych.

Na omawianym obszarze występuje generalnie jeden poziom wodonośny piętra czwartorzędowego. Lokalnie jednak stwierdzono występowanie dwóch warstw wodonośnych (rys. 5). Warstwa zbudowana jest w głównej mierze z plejstoceńskich piasków i żwirów, podrzędnie holocenijskich. Miąższość ich wynosi od 4,0 do 40 m, średnio kilkanaście. Zwierciadło jest swobodne i układa się na głębokości od 1 do 12 m ppt. Współczynnik filtracji jest rzędu 7,0–8,0 m/d, pozioma przewodność w związku ze zmienną miąższością wynosi od 0,5 do 42,0 m²/h, odsączalność 0,13–0,20. Wydatki jednostkowe kształtują się w granicach 0,13–18,37 m³/h/1ms. Czwartorzędowy poziom wodonośny zasilany jest na drodze bezpośredniej infiltracji opadów. Wody infiltrujące do warstwy wodonośnej, po czasowym zretencjonowaniu, częściowo drenowane są przez cieki, częściowo zaś powoli przesączają do drugiego piętra wodonośnego. Warstwa ta posiada kontakt z wodami powierzchniowymi.

Warunki krążenia wód podziemnych

Pod względem hydrograficznym badany obszar znajduje się w zlewni Wisły. Bezpośrednio z Wisłą łączy się mała zlewnia rzeki Zagożdżonki. Badaniami objęta jest jej górna część, której powierzchnia po profil Płachty Stare wynosi 82,4 km².

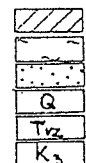
Na podstawie analizy materiałów archiwalnych stwierdza się, że układ krążenia



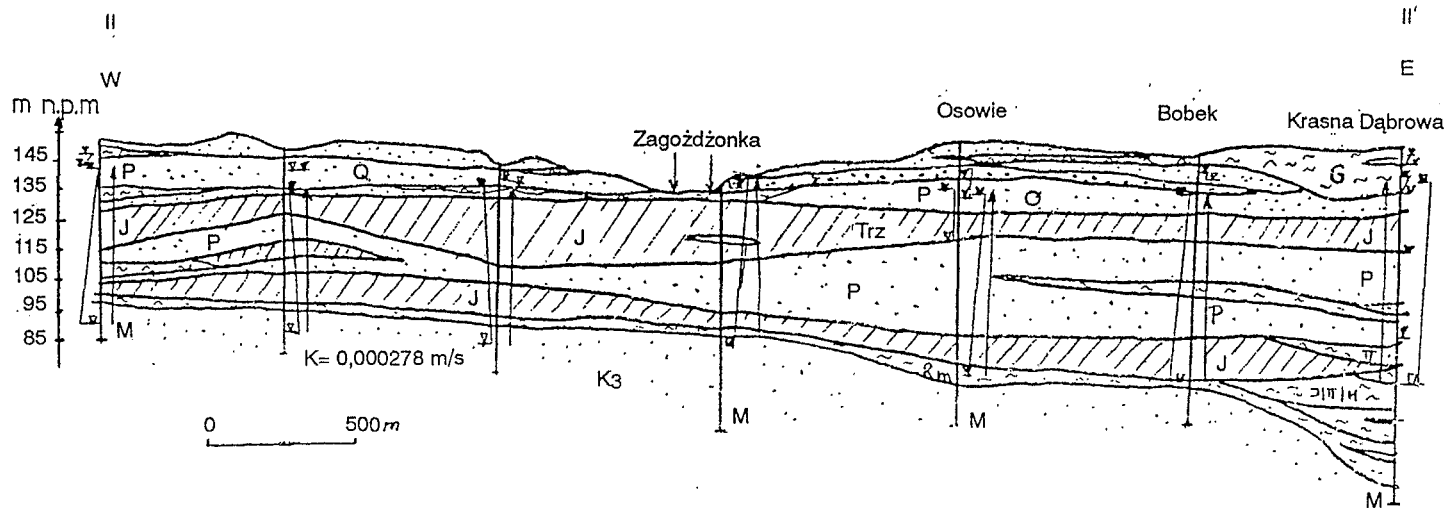
Objaśnienia:

P – piaski różnoziarniste
Pz – piaski ze żwirem
PII – piaski pylaste
Pg – piaski gliniaste
G – gliny
Gp – gliny piaszczyste
GII – gliny pylaste
II – pyły
ż – żwiry
zp – pospółka
R – rumosz
C – węgiel brunatny
m – mutowce
R/M – rumosz margli

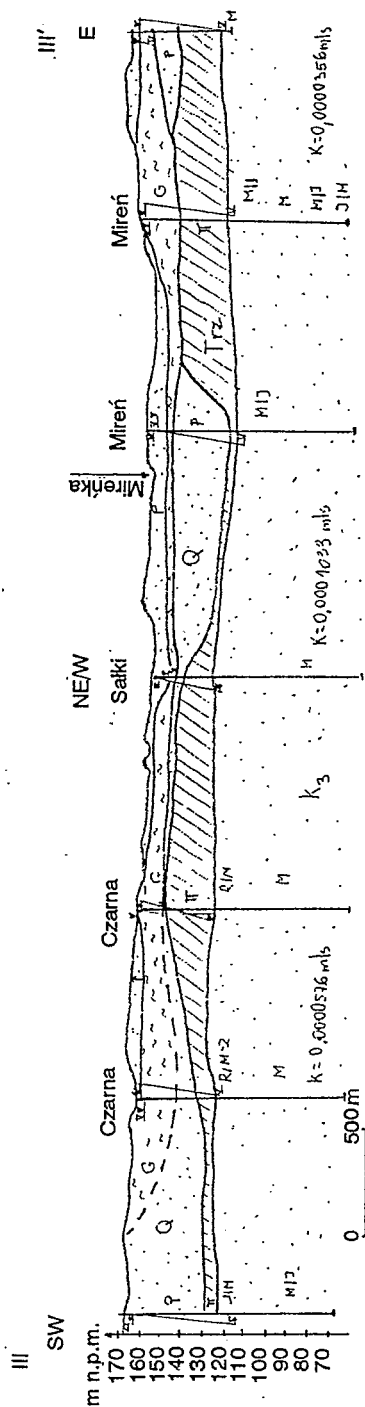
R/MZ – rumosz margli ze zwietzeliną
ilastą
J-c – iłowce
M – margle
M/Y – margle ilaste
M/MJ – margle z przeławieniami margli
ilastych
J/M – iły margliste
J/M/M – iły margliste z przeławieniami
margli

 – utwory nieprzepuszczalne
 – utwory słabo przepuszczalne
 – utwory przepuszczalne
 – utwory czwartorzędowe
 – utwory trzeciorzędowe
 – utwory kredowe
 – zwierciadło wody $\frac{\text{ustalone}}{\text{nawiercone}}$
k – współczynnik filtracji w m/sek
uśredniony dla warstwy

Rys. 3. Przekrój hydrogeologiczny I – I' (wg Ginalskiej-Prokop)



Rys. 4. Przekrój hydrogeologiczny II – II' (wg Ginalskiej-Prokop z niewielkimi zmianami autorów)

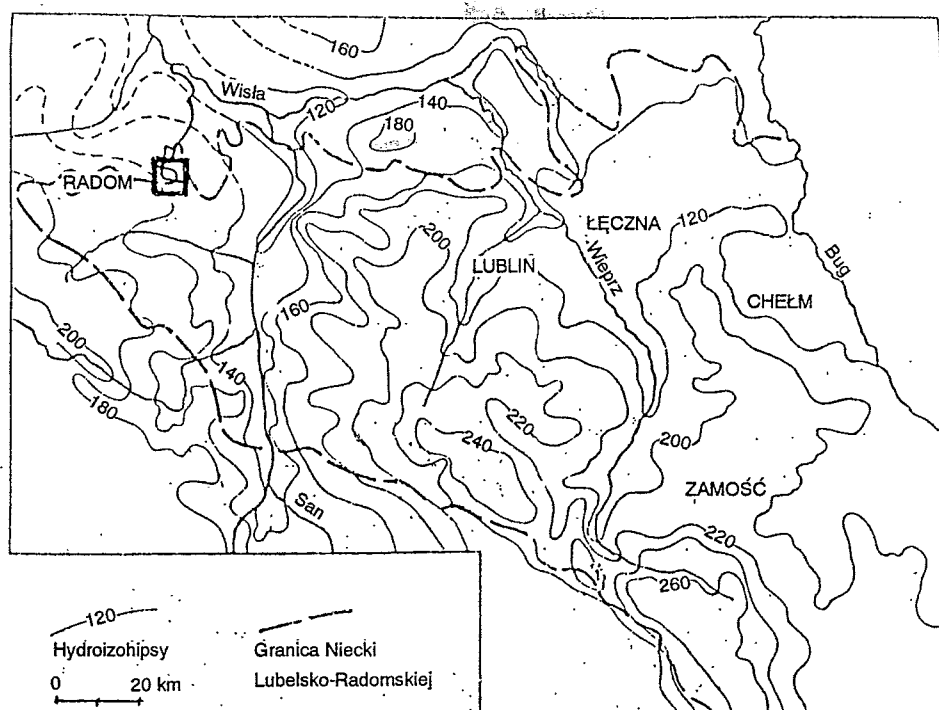


Rys. 5. Przekrój hydrogeologiczny III - III' (wg Ginalskiej-Prokop z niewielkimi zmianami autorów)

wód podziemnych danego obszaru sprowadza się zasadniczo do systemu dwóch warstw wodonośnych, rozdzielonych warstwą słabo przepuszczalną i powiązanych z ciekami powierzchniowymi. Wody podziemne związane są przede wszystkim z utworami plejstoceniowymi i mastrychtu. Użytkowe poziomy wodonośne występują na głębokości od kilku do około 100 m. Przeważają wody pod ciśnieniem.

Ze względu na stosunek wód podziemnych występujących w utworach doliny Zagożdżonki do wód kredowej warstwy wodonośnej uważa się, że jest to dolina pośrednio zasilana wodami podziemnymi, a więc dolina oddzielona jest od zasadniczego poziomu wodonośnego warstwą słabo przepuszczalną. Występujące w tym rejonie piętra i poziomy wodonośne pozostają ze sobą we wzajemnych zależnościach i dlatego należy je rozpatrywać jako jeden zespół z punktu widzenia dynamiki krążenia i przepływu wód. Utwory kredowe pokryte są osadami trzeciorzędowymi i czwartorzędowymi o łącznej miąższości 40-80 m. W części południowej obszaru czwartorzęd leży bezpośrednio na kredzie.

Pierwszy poziom wodonośny zasilany jest na drodze bezpośredniej infiltracji opadów atmosferycznych. Wody infiltrujące do tego poziomu, po czasowym zretencjonowaniu, częściowo drenowane są przez cieki, częściowo zaś powoli przesączają się przez słabo przepuszczalne utwory czwartorzędowe lub trzeciorzędowe do poziomu kredowego, a lokalnie na półmocy do wodonośnego trzeciorzędu. W południowej części obszaru istnieje bezpośredni związek hydrauliczny między zasadniczymi poziomami użytkowymi. Tu warunki zasilania wód czwartorzędowych są bardzo korzystne, gdyż obok zasilania przez infiltrację powierzchniową istnieje zasilanie podziemne. W zasilaniu wód podzie-

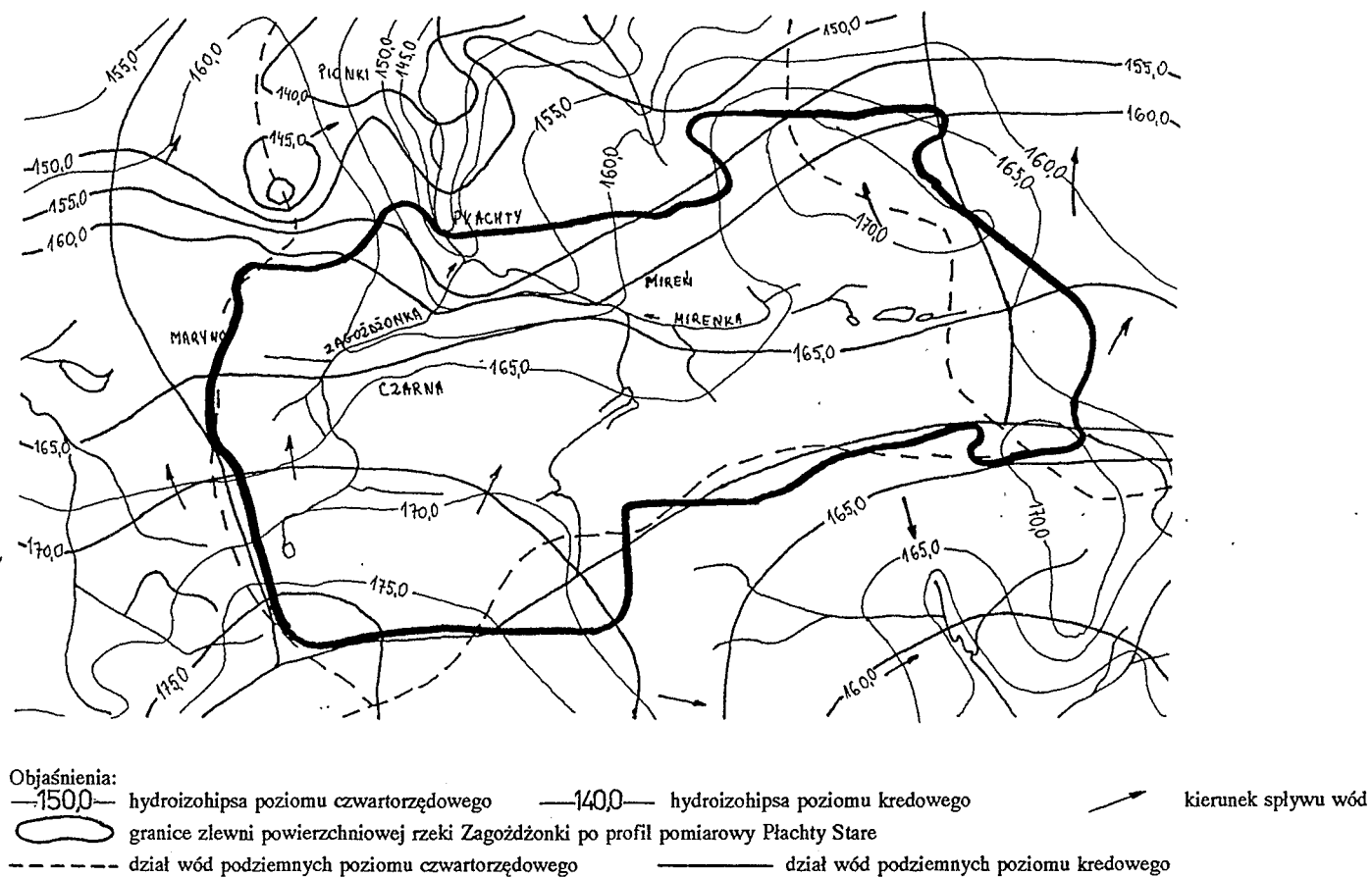


Rys. 6. Granica regionu lubelsko-radomskiego (wg Malinowskiego)

mnych występujących w utworach górnej kredy mają udział dopływy boczne od strony wschodniej i zachodniej. W utworach kredy główny system krążenia stanowią różnokierunkowe szczeliny występujące we wszystkich odmianach litologicznych skał. Stwarza to korzystny system drenażu i przepływu wód. Warunki przepływu w przypowierzchniowej strefie są korzystne, ale i bardzo zmienne. Uwidaczniają to wartości współczynnika filtracji, który zmienia się od 0,6 do 50 m/d. Strefa ta objęta jest całkowitym drenażem. Miąższość tej warstwy jest zawarta między rzędną bazy drenażu, którą dla przepływu regionalnego jest koryto Wisły, a maksymalną rzędną zwierciadła wód podziemnych występujących na badanym obszarze (rys. 6).

Układ krążenia wód w poziomie czwartorzędowym i kredowym obrazuje mapa hydroizohips – stan na 1985 r. (rys. 7). Generalnie zwierciadło wód podziemnych nachylone jest z południa na północ. Podstawą drenażu lokalnego systemu krążenia jest Zagożdżonka. Powierzchnia piezometryczna poziomu kredowego jest zaburzona w rejonie Pionek i Janusznia w wyniku intensywnej eksploatacji trwającej od 50 lat. Analizując ukształtowanie zwierciadła wód podziemnych, można zauważyć drenującą rolę wszystkich cieków, a więc istnieje tu ścisły związek między wodami powierzchniowymi i występującymi w utworach czwartorzędowych.

Na mapie hydroizohips zaznaczona jest granica zlewni powierzchniowej rzeki Za-



Rys. 7. Mapa hydrogeologiczna rejonu Pionki-Zwoleń, stan na rok 1985 (wg Dąbrowskiego i Trzeciakowskiej z niewielkimi zmianami autorów)

gożdżonki oraz granica zlewni podziemnej. Stwierdzono tu brak zgodności działu wód podziemnych poziomu czwartorzędowego i kredowego w stosunku do granicy zlewni powierzchniowej. Największa niezgodność występuje we wschodniej części obszaru. W miejscowości Anielówka i Franków granica zlewni powierzchniowej w stosunku do zlewni podziemnej poziomu czwartorzędowego jest oddalona o 2000 m, w Andrzejówce o 1000 m. W przypadku poziomu kredowego znaczne przesunięcie 1200 m występuje na południe od wsi Dąbrowa-Laski. Poza tym, granice zlewni powierzchniowej i podziemnej wykazują niewielką niezgodność w południowej części obszaru, nieco większą około 1000–1600 m na linii Męciszów–Kuczki oraz duże przesunięcie (2000 m) dotyczące poziomu kredowego na północny-zachód od wsi Maryno.

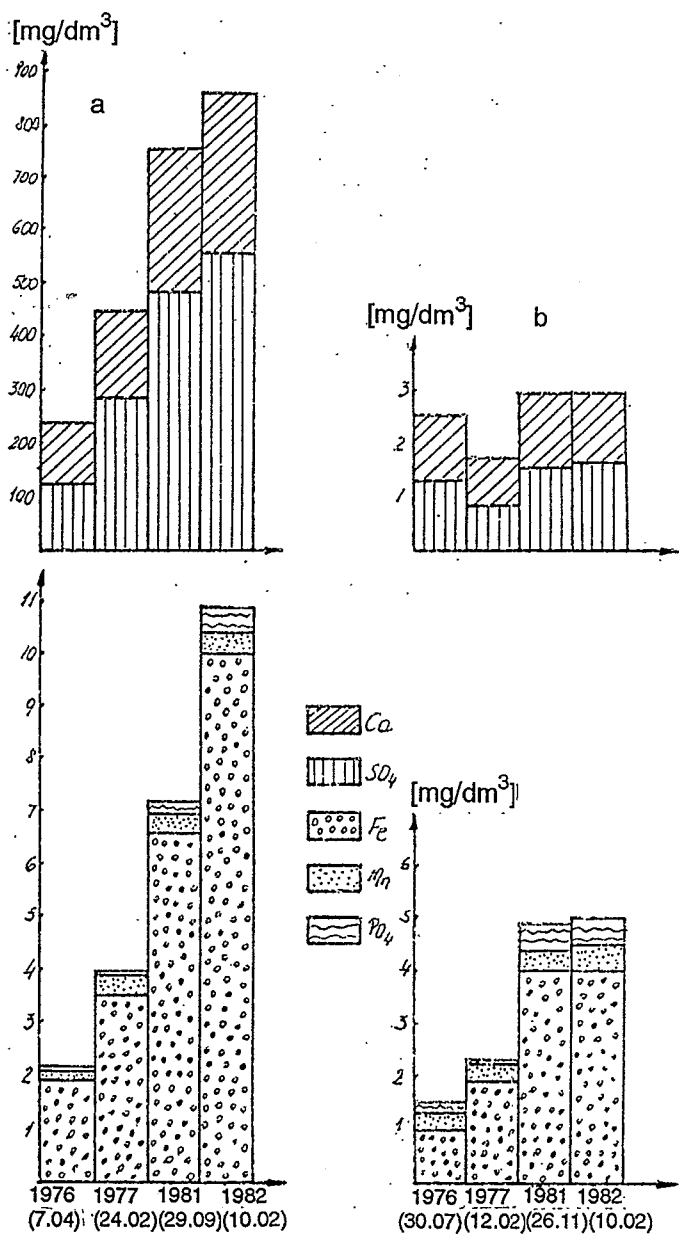
Ocena jakości wód podziemnych

Przy ocenie wód podziemnych wzięto pod uwagę siedem podstawowych wskaźników: twardość ogólną, pH, Fe, Mn, PO_4 , SO_4 i Ca. Opierając się na próbach wód pobranych w 1985 r. z 10 studni głębinowych (czwartorzędowych i kredowych) rozmieszczonych w granicach zlewni (powierzchniowej) rzeki Zagożdżonki po Płachty Stare stwierdzić można, że wody te nie nadają się do zaopatrzenia ludności do celów pitnych. W najlepszym razie mogą służyć do zaopatrzenia zakładów przemysłowych lub nawadniania terenów rolniczych. Zgodnie z normami (Rozporządzenie MOŚZN i L z 20. 09. 1991) o zakwalifikowaniu wody do odpowiedniej klasy czystości decyduje wskaźnik najbardziej przekroczony. Takimi wskaźnikami w przypadku danych z kilku pomiarów standardowych

wykonanych w zlewni rzeki Zagożdżonki była najczęściej: twardość ogólna, żelazo i częściowo amoniak. Wody te wymagają procesu uzdatniania – odżelaziania, zmiekczenia itp., by mogły być wykorzystane do celów konsumpcyjnych dla ludności (Szpindor 1992).

Dla zorientowania się w przebiegu degradacji wód podziemnych wykorzystano dane ze studni głębinowych usytuowanych w Pionkach, w niewielkiej odległości od profilu Płachty Stare, zamykającego granicę zlewni wód powierzchniowych, będącą obszarem naszych zainteresowań. W dwóch studniach głębinowych na terenie Pionek–Stawie Górnym i Starym Zakładzie Produkcyjnym daje się zauważyć wyraźny wzrost w latach 1976–1982, zwłaszcza Fe, SO_4 i Ca (rys. 8). Chemiczne wskaźniki mineralne w większości przekroczyły normy dopuszczalne nawet dla III klasy czystości wód. Widoczne to jest zwłaszcza dla wody w ujęciu Staw Górny. W przypadku SO_4 (norma 500 mg SO_4/dm^3) została nawet przekroczona dopuszczalna wartość wskaźnika zanieczyszczeń określana jak dla cieków wprowadzanych do wód i do ziemi.

Jeżeli porównamy próby pobrane w tym samym miesiącu, w celu wyeliminowania wpływu okresu poboru na skład chemiczny, to zobaczymy, że w okresie 1977–1982 w lutym wyraźnie wzrosły wskaźniki chemiczne: SO_4 , Ca, Fe, Mn i PO_4 . Siarczany mogą pochodzić ze spływów powierzchniowych z terenów rolniczych, ulic lub spalania paliw kopalnianych w procesie produkcji energii elektrycznej, co powoduje tzw. kwaśne deszcze infiltrujące do wód podziemnych. Wzrost żelaza ogólnego i manganu może być pośrednio wywołany wzrostem stężeń siarczanów. Zanieczyszczenia komunalne mogą rzutować na wzrost fosforanów.



Rys. 8. Porównanie stanu jakościowego wód podziemnych dla ujęć w Pionkach: a – Staw Górny, b – Stary Zakład Produkcyjny

Z tak pobieżnej oceny jakości wód podziemnych, spowodowanej jakością danych, jakimi dysponowaliśmy, wynika, że wody podziemne na omawianym terenie są zanieczyszczone, nie nadają się do uzdatniania do celów konsumpcyjnych, a na ich degradację wpływ ma w głównej mierze przemysł (zakłady w Pionkach).

Następny etap badań dotyczyć będzie ustalenia zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych zlewni rzeki Zagożdżonki. W tym etapie badań dokonana zostanie ocena możliwości dodatkowej eksploatacji wód podziemnych. Prowadzone będą również badania związku wód podziemnych z otoczeniem, bilansowanie hydrogeologiczne, ocena skutków wywołanych zróżnicowanym rozmieszczeniem i wysokością poboru.

Literatura

- BYCZKOWSKI A. i in. 1985: *Badanie stosunków hydrogeologicznych na obszarze objętym wpływem ujęć wód podziemnych w rejonie Pionek*. Katedra Budownictwa Wodnego SGGW, Warszawa.
- CIEPIEŁOWSKI A. 1992: *Zgłoszenie programowe* (maszynopis w KBN).
- DĄBROWSKI S., TRZECIAKOWSKA M. 1986: *Wyniki badań modelowych dla potrzeb ustalenia zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowo-kredowych w rejonie Pionek woj. radomskie*. Przedsięb. Geolog. we Wrocławiu, Ośrodek Badań Hydrogeologicznych i Modelowania Matematycznego w Poznaniu.
- GINALSKA-PROKOP W. 1986: *Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów kredowych w rejonie Pionek*. Przedsięb. Geolog. w Kielcach.
- MAKOWSKA A. 1968: *Mapa geologiczna Polski 1 : 200 000, Arkusz Radom* (red. mapy: J. Malinowski). Wydaw. Geolog. Warszawa.
- MALINOWSKI J. i in. 1991: *Budowa geologiczna Polski. Tom VII Hydrogeologia*. Wydaw. Geolog., Warszawa.
- Rozporządzenie MOŚZNIŁ z dn. 20 września 1991 w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi.
- STUPNICKA E. 1989: *Geologia regionalna Polski*. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- SZPINDOR A. 1992: *Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi*. Arkady, Warszawa.

Summary

Hydrogeological Conditions of the Zagożdżonka River Catchment Area. Within the research project „The Methodology of Utilization of Water Resources in Small Catchment Areas” the analysis of resources and water demands in the upper part of the river Zagożdżonka catchment area, up to the cross-section of Płachty Stare (the area of 82,4 km²), has been carried out. One of the stages of this analysis is the evaluation of hydrogeological conditions, which constitutes the contents of the present article.

Usable water-bearing levels within the analysed part of the catchment area occur at the depth of several to 100 m. They are connected mainly with the pleistocene and cretaceous formations. These are two water-bearing horizons in these stages: the Quaternary one generally with a free table and the Cretaceous one with a confined table. The basis of the local water circulation system is the Zagożdżonka river. The basis for the regional stream flow drainage is the Vistula.

It has been determined that there is no conformity between the underground watershed and the border of the analysed surface catchment area. The underground waters are polluted, are not usable for consumption unless treated, and their degradation is mainly due to industry.

Author's address:

E. Wienclaw, H. Złotoszewska-Niedziałek,
A. Ciepielowski
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Tomasz BRANDYK

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych

Roman KAMIŃSKI

Katedra Mechaniki i Konstrukcji Budowlanych

Edward WIENCLAW

Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych

Metodyka określania oporów filtracyjnych niezupełnych rowów odwadniająco-nawadniających

Wstęp

W olbrzymiej większości praktycznych zagadnień inżynierskich dotyczących przepływu wód podziemnych w obszarze działania sieci rowów lub drenów odwadniająco-nawadniających przyjmuje się w myśl założeń Dupuit–Forchheimera, że składowa pionowa wektora prędkości filtracji jest równa zeru. Prowadzi to w konsekwencji do przyjęcia stałości rozkładu wysokości hydraulicznej w profilu analizowanego kompleksu wodonośnego, w rozpatrywanym momencie czasu, i w związku z tym przyjęcia zasady, że linie prądu strumienia wód podziemnych są poziome. Przepływ taki możliwy jest tylko w warunkach działania sieci rowów lub drenów zupełnych.

W obszarze działania sieci rowów lub drenów niezupełnych, rzeczywisty przepływ wód podziemnych nie odpowiada schematowi przepływu wynikającemu z założeń Dupuit–Forchheimera. Występują wyraźne zakrzywienia linii prądu w płaszczyźnie pionowej. Zniekształcenie przepływu wywołane niezupełnością rowu lub drenu w stosunku do założonego przepły-

wu uwzględniane jest w takich przypadkach najczęściej poprzez wprowadzenie w strukturach odpowiednich wzorów lub modeli równoważnego pod względem skutków dodatkowego parametru nazywanego oporem filtracyjnym.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie metodyki określania oporu filtracyjnego rowów odwadniająco-nawadniających, wynikającego z ich niedogłębienia, która wykorzystuje modelowanie matematyczne przepływu wód podziemnych oraz jej zastosowanie dla obiektu rzeczywistego, którym jest kompleks wodonośny zbudowany z dwóch warstw o różnym współczynniku filtracji.

Zakresem pracy objęto następujące zagadnienia:

- wybór teoretycznego modelu właściwego do opisu przepływu wód podziemnych w łanie pomiędzy dwoma rowami odwadniająco-nawadniającymi;
- przeprowadzenie obliczeń modelowych i ich weryfikacja na podstawie dostępnych wyników pomiarów terenowych;
- zastosowanie modelowania do określa-

nia wielkości oporów filtracyjnych wynikających z niedogłębiania rowów w procesie nawodnienia i odwodnienia.

Model matematyczny obiektu badań

W literaturze można znaleźć wiele różnych teoretycznych modeli przepływu wód podziemnych, od najbardziej ogólnych – opisujących przepływ nie ustalony w przestrzeni trójwymiarowej, łącznie w strefie saturacji i aeracji, do najbardziej prostych – opisujących np. ustalony przepływ jednowymiarowy w strefie saturacji. Przegląd matematycznych metod opisu i rozwiązań zagadnień przepływu wody w nienasyconych i nasyconych gruntach i glebach przedstawił Zaradny (1990). Do rozwiązania zagadnienia będącego przedmiotem niniejszej pracy konieczne było dokonanie wyboru takiego modelu, który byłby możliwie prosty i jednocześnie pozwalał uwzględnić specyfikę przepływu w obszarze symetrycznej sieci rowów zarówno niezupełnych, jak i zupełnych. Jako teoretyczny model procesu przepływu wód podziemnych, spełniający kryteria wyboru i stanowiący podstawę dalszych obliczeń, przyjęto równanie:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k \frac{\partial H}{\partial z} \right] = 0 \quad (1)$$

z warunkami brzegowymi (rys.):

$$\frac{\partial H}{\partial n} = \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \text{ na AB i EF} \quad (2)$$

(z uwagi na symetrię, dla rowu zupełnego AB=0)

$$\frac{\partial H}{\partial n} = \frac{\partial H}{\partial z} = 0 \text{ na AF (brzeg nieprzepuszczalny)} \quad (3)$$

$$H = H_o \text{ na BC (zwilżona część rowu)} \quad (4)$$

$$H = z \text{ na CD (swobodny wypływ)} \quad (5)$$

$$H = z \quad \text{na DE (swobodne zwierciadło wody podziemnej)} \quad (6a)$$

$$\frac{\partial H}{\partial n} = \frac{\omega}{k} \quad (6b)$$

gdzie:

H – wysokość piezometryczna [L],

H_o – położenie zwierciadła wody w rowie [L],

k – współczynnik wodoprzepuszczalności [LT⁻¹],

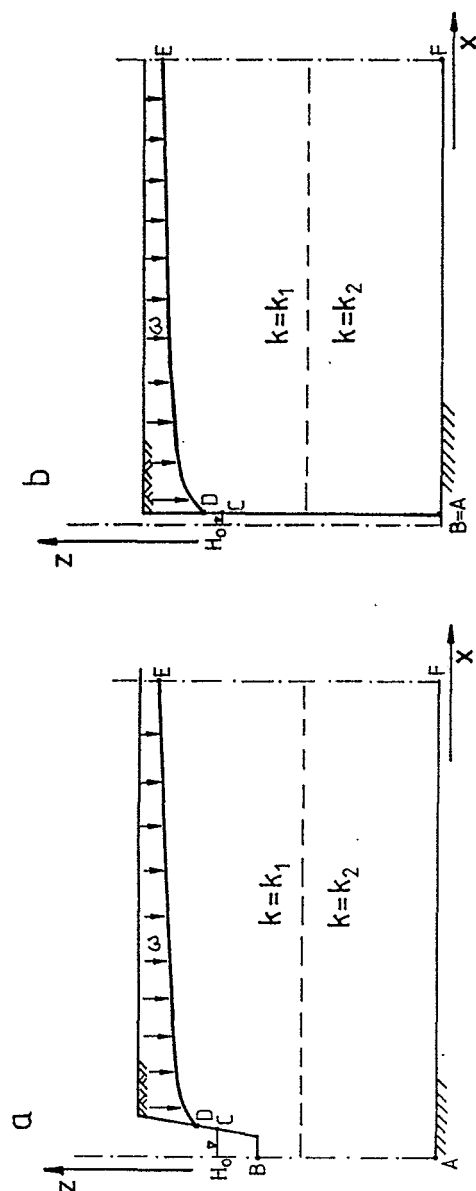
ω – infiltracja efektywna [LT⁻¹],

x, z – współrzędne w układzie prostokątnym [L],

n – kierunek prostopadły do granicy [L].

Mając sprecyzowany model teoretyczny rozpatrywanego problemu, przeanalizowano istniejące jego rozwiązania w literaturze w celu wyboru i adaptacji programu komputerowego, dającego możliwość regulowania badanego procesu.

Zagadnieniem dwuwymiarowym w przekroju w strefie saturacji dla przypadku odwodnienia rowami otwartymi zajmowali się w literaturze między innymi: Rubin (1968); Hornberger i współautorzy (1969); Verma i Brutsaert (1970); Vauclin i współautorzy (1975) – którzy stosowali metodę różnic skończonych; oraz Neuman (1972, 1973); Neuman i współautorzy (1975); Gureghian i Youngs (1975); Gureghian (1981); Zaradny (1990) – którzy stosowali metodę elementów skończonych. Przegląd i klasyfikację programów numerycznych wykorzystywanych w Polsce do modelowania zagadnień hydrogeologicznych przedstawili Macioszczyk i Kazimierski (1987). Do obliczeń symulacyjnych wybrano program komputerowy SPAFILp, opracowany przez Kamińskiego (1990), który spełnia wszystkie wymagania dotyczące odwzorowania specyfiki warunków przepływu w obszarze symetrycznej sieci rowów zupełnych i niezupełnych. Do obliczeń numerycznych tym programem wykorzystuje się metodę elementów skończonych. Poszukiwanie położenia krzywej de-



Rys. 1. Graficzna ilustracja rozpatrywanego problemu: a – w obszarze rowów niezupełnych, b – w obszarze rowów zupełnych

presji wraz z realizacją odpowiednich warunków brzegowych dokonywane jest w wymienionym programie metodą dynamicznej dyskretyzacji (Król 1986).

Opierając się na rozpoznaniu terenowym warunków hydrogeologicznych i glebowych obiektu Sołec, położonego w woj. warszawskim, opracowano reprezentatywny przekrój obliczeniowy zlokalizowany w łanie między dwoma rowami odwadniająco-nawadniającymi dla kompleksu wodonośnego składającego się z dwóch warstw o różnym współczynniku filtracji. Parametry reprezentatywnego przekroju obliczeniowego przedstawia tabela 1.

Wyniki i dyskusja

Prezentowany uprzednio model komputerowy wykorzystano do wykonania obliczeń numerycznych położenia krzywej depresji. Obliczenia wykonano dla pięciu okresów odwodnień i dwóch okresów nawodnień trwających od kilku do kilkunastu dni. W każdym z rozpatrywanych okresów wytypowano jeden charakterystyczny dzień reprezentujący przeciętne warunki, dla którego przyjęto stałe położenie zwierciadła wody w rowie H_0 i stałą wielkość infiltracji efektywnej jednorodnej intensywności w (tab. 2).

Wielkość infiltracji efektywnej w , rozumianej jako jednostkowe natężenie przepływu przez zwierciadło wody gruntowej zgodnie z propozycją Brandyka, Leeds—Harrisona i Skąpskiego (1991), określono z równania bilansu wodnego strefy aeracji. W celu oceny stopnia zgodności modelu z obiektem rzeczywistym wyniki obliczeń numerycznych porównano z pomiarami terenowymi zwierciadła wody podziemnej, wykonanymi w odległości: 2m, 5m, 10m, 20m, 30m, 40m i 45m od środka rowu. Dla

TABELA 1. Parametry reprezentatywnego przekroju obliczeniowego

Nazwa parametru	Oznaczenie	Wartość	Jednostki
Rozstawa rowów	L	90	m
Miaższość warstwy górnej	D1	1,4	m
Pionowy współczynnik filtracji warstwy górnej	k _{1v}	0,24	md ⁻¹
Poziomy współczynnik filtracji warstwy górnej	k _{1h}	0,59	md ⁻¹
Miaższość warstwy dolnej	D2	2,6	m
Współczynnik filtracji warstwy dolnej	k ₂	25	md ⁻¹
Szerokość rowu w dnie	b	0,5	m
Nachylenie skarp rowu	1:n	1:1,5	—

TABELA 2. Infiltracja efektywna (w), stany wody w rowie (H_0), obliczone stany wody w środku łanu rowów niezupełnych (H_N) i rowów zupełnych (H_Z), opory filtracyjne rowu niezupełnego (R_N) i rowu zupełnego (R_Z) oraz opory filtracyjne rowu wynikające z jego niedogłębienia (R_r) dla poszczególnych okresów obliczeniowych

Data	w [cm d ⁻¹]	H_0 [m]	H_N [m]	R_N [doby]	H_Z [m]	R_Z [doby]	$R_r = R_N - R_Z$ [doby]
Okresy odwodnienia							
9. 07. 78	0,2	99,77	99,87	50	99,80	15	35
24. 09. 78	0,2	99,85	99,94	45	99,88	15	30
29. 09. 78	0,1	99,86	99,90	40	99,87	10	30
27. 09. 78	0,125	99,85	99,90	40	99,87	16	24
11. 09. 78	0,425	99,89	100,07	42	99,96	16	26
Okresy nawodnienia							
28. 05. 78	-0,475	100,24	100,08	34	100,17	15	19
5. 08. 78	-0,30	100,08	99,97	37	100,03	17	20

porównywanych ogółem 49 par wartości pomierzonych i obliczonych stanów wody podziemnej w łanie otrzymano następujące wartości miar statystycznych: odchylenie przeciętne $\alpha = 0,021$ [m], współczynnik korelacji $R = 0,952$, średni błąd kwadratowy $CBK = 2\%$ oraz specjalny współczynnik korelacji $RS = 0,999$. Według klasyfikacji przedstawionej w pracy Ozgi—Zielińskiej i Nawalanego (1979) otrzymane wartości miar statystycznych pozwalają ocenić opracowany model numeryczny obiektu jako bardzo dobry. Po stwierdzeniu, że model bardzo dobrze odwzorowuje warunki przepływu wód podziemnych na obiekcie rzeczywistym, zastąpiono w nim rów niezu-

pełny rowem zupełnym i wykonano analogiczny cykl obliczeń numerycznych jak dla rowu niezupełnego. Wychodząc z definicji oporu filtracyjnego oraz dysponując wynikami obliczeń dla zlokalizowanej w tym samym obszarze sieci rowów zupełnych, a także mając na uwadze, że rowy zupełne nie stawiają oporu przepływającej wodzie ze względu na niedogłębienie, wyliczono opór filtracyjny rowu ze względu na niedogłębienie z zależności:

$$R_Z = R_r - R_N \quad (7)$$

gdzie:

R_r – opór filtracyjny rowu wynikający z jego niezupełności,

R_N – opór filtracyjny rowu niezupełnego,
 R_Z – opór filtracyjny rowu zupełnego.

Wyniki obliczeń oporu filtracyjnego wynikającego z niedogłębienia rowu dla poszczególnych okresów obliczeniowych zestawiono w tabeli 2.

Średnia wielkość oporu filtracyjnego rowu niezupełnego obliczona na podstawie danych zawartych w tabeli 2 wyniosła $R_N \approx 39$ dób, przy czym dla okresów odwodnienia $R_N \approx 43$ doby, a dla okresów nawodnienia $R_N \approx 35$ dób. Natomiast średnia wartość oporu wynikającego z niedogłębienia rowu wyniosła $R_r \approx 24$ doby, przy czym dla okresów odwodnienia $R_r \approx 29$ dób, a dla okresów nawodnienia $R_r \approx 19,5$ doby.

Średni udział wartości oporu wynikającego z niedogłębienia (R_r) w całkowitej wartości oporu filtracyjnego rowu niezupełnego (R_N) wynosił około 60%. Obliczone wartości oporu wynikającego z niedogłębienia (R_r) w procesie odwodnienia były o około 20% większe niż w procesie nawodnienia. Może to być związane z większym obwodem zwilżonym rowu w procesie nawodnienia w porównaniu z procesem odwodnienia.

Wnioski

1. Stwierdzono przydatność metodyki określania oporu filtracyjnego rowów niedogłębionych opartej na modelowaniu matematycznym ruchu wody w strefie saturacji dla kompleksu wodonośnego zbudowanego z dwóch warstw o różnym współczynniku filtracji.

2. W rozpatrywanym przypadku stwierdzono, że udział oporu filtracyjnego wynikającego z niedogłębienia rowu (R_r) w całkowitym oporze filtracyjnym rowu niezupełnego (R_N) wynosił około 60%.

3. Opór filtracyjny wynikający z niedo-

głębienia rowu (R_r) w przypadku nawodnienia był o około 20% mniejszy niż w przypadku odwodnienia, co mogło być wywołane istnieniem większego obwodu zwilżonego rowu w procesie nawodnienia.

Literatura

- BRANDYK T., LEEDS-HARRISON P., SKAPSKI K. 1991: *A simple flow resistance model for the management of drainage/sub-irrigation systems*. Agricultural Water Management (in press). 1991.
- GUREGHIAN A.B., YOUNGS E.G. 1975: *The calculation of steady-state water-table heights in drained soils by means of the finite element method*. J. Hydrol. 27: 15–32.
- GUREGHIAN A.B. 1981: *A two-dimensional finite-element solution scheme for saturated-unsaturated flow with applications to flow through ditch drained soils*. J. Hydrol. 50: 333–353.
- HORNBERGER G.M., REMSON I., FUNGAROLI A.A. 1969: *Numeric studies of a composite soil moisture ground-water system*. Water Resour. Res. 5(4): 797–802.
- KAMIŃSKI R. 1990: Program SPAPILp: *Obliczanie swobodnej filtracji płaskiej w przekroju, z uwzględnieniem infiltracji efektywnej*. Katedra Geotechniki SGGW, Warszawa.
- KRÓL P. 1986: *Spatial numerical model of stationary filtration of free water table*. Ann. Wars. Agric. Univ. SGGW–AR, land Reclam. 22.
- MACIOSZCZYK T., KAZIMIERSKI B. 1987: *Przegląd i klasyfikacja programów numerycznych i systemów informatycznych wykorzystywanych w Polsce przy modelowaniu hydrogeologicznym*. Warszawa.
- NEUMAN S.P. 1972: *Finite element computer programs for flow in saturated-unsaturated porous media*. Hydromechanics and Hydraulic Laboratory, Technion, Haifa, Israel, Second Annual Report, Part 3, Project No. A10–SWC–77; 87.
- NEUMAN S.P. 1973: *Saturated-unsaturated seepage by finite elements*. J. Hydraulic. Div. Am. Soc. Civ. Eng. 99 (HY12); 2233–2250.
- NEUMAN S.P., FEDDES R.A. and BRESLER E. 1975: *Finite element analysis of two dimensional flow in soils considering water uptake by roots*. I. Theory, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39; 224–230.
- OZGA-ZIELIŃSKA M., NAWALANY M. 1979: *Zagadnienia identyfikacji i weryfikacji integral-*

nego modelu zlewni. Bibl. Wiad. IMUZ, 61, PWRiL.

RUBIN J. 1968: *Theoretical analysis of two-dimensional transient flow of water in unsaturated and partly saturated soils*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32; 607-615.

VAUCLIN M., VACHAUD G., KHANJI J. 1975: *Two dimensional numerical analysis of transient water transfer in saturated-unsaturated soil*. In: *Computer simulation of water resources systems* (ed. G.C. vansteenkiste), North Holland Publishing Company, Amsterdam; 299-323.

VERMA R.D., BRUTSAERT W. 1970: *Unconfined aquifer seepage by capillary flow theory*. J. Hydraul. Div. Am. Soc. Civ. Eng. 96 (HY6); 1331-1334.

ZARADNY H. 1990: *Matematyczne metody opisu i rozwiązań zagadnień przepływu wody w nienasyconych i nasyconych gruntach i glebach*. Prace Inst. Bud. Wod. PAN, 23, Gdańsk.

Summary

Method for flow resistances estimation of imperfect ditches with drainage and sub-irrigation. The paper deals with groundwater modelling problems in the cross-section area influenced by the operation of the symmetric open ditch network with drainage and subirrigation. The method for estimation of the flow resistance which is caused by imperfection of the ditches is shown. Numerical calculations were performed for the representative geohydrologic cross-section assessed on the base of field data which consists of two layers with different saturated hydraulic conductivity coefficients. In the case under consideration it was found that the flow resistance caused by ditch imperfection was about 60% of the total flow resistance (in the range between 53% for subirrigation periods and 75% for drainage periods).

Author's address:

T. Brandyk, R. Kamiński, E. Wienclaw
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Stefan IGNAR

Katedra Budownictwa Wodnego SGGW

Stanisław WĘGLARCZYK

Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Politechnika Krakowska

Statystyczny model rozkładu opadu dla koncepcyjnych modeli opad-odpływ

Wprowadzenie

Stosując hydrologiczne modele typu opad-odpływ do wyznaczania tak zwanych wezbrań obliczeniowych wykorzystujemy fakt, że z reguły dysponujemy dokładniejszymi danymi o opadzie niż o odpływie. Jako wejście do modelu powinien służyć zarejestrowany ciąg rzeczywistych opadów, a na wyjściu otrzymalibyśmy ciąg hydrogramów wezbrań. Następnie fale te podlegałyby opracowaniu statystycznemu podobnie jak fale zarejestrowane w zlewni. Ponieważ z reguły nie dysponujemy niezbędnymi, odpowiednio opracowanymi danymi pluwiograficznymi, w hydrologii inżynierskiej stosujemy inne metody. Na wejściu do modelu podaje się pojedynczy hietogram tzw. opadu miarodajnego o przyjętym prawdopodobieństwie wystąpienia, czasie trwania, wysokości i rozkładzie w czasie. Taki arbitralny dobór charakterystyk opadu budzi sporo zastrzeżeń i nie zapewnia równości prawdopodobieństw opadu i wywołanego nim odpływu. W związku z tym jako próbę rozwiązania tego problemu autorzy zaproponowali zastosowanie techniki symulacyjnej, która pozwala na uwzględnienie nie pojedynczych war-

tości poszczególnych charakterystyk opadu, lecz symulowanie ich w powtarzalnym cyklu obliczeniowym na podstawie empirycznie określonych ich rozkładów zmienności. W prezentowanej pracy autorzy opisują propozycję zastosowania rozkładu statystycznego do opisu zmienności opadu miarodajnego w czasie.

Opis zmienności opadu w czasie

Natężenie opadu nie jest stałe w czasie, dlatego stosowanie prostokątnego hietogramu, dającego jednostajny opad miarodajny, jest bardzo dużym uproszczeniem mogącym prowadzić do istotnych błędów w wynikach obliczeń. Wybór rozkładu opadu ma istotny wpływ na kształt obliczanego hydrogramu wezbrania i jego przepływ maksymalny. Często wybiera się hietogram najbardziej niekorzystny z możliwych (tzn. dający największy przepływ maksymalny) lub analizuje kilka zarejestrowanych opadów. W literaturze podano wiele „typowych” rozkładów opadu, przedstawianych za pomocą krzywej sumowej wysokości warstwy opadu w czasie. Wyniki szczegółowych badań dla opadów burzowych w środkowo-zachodniej części USA opubli-

kował Huff (1967). Podobne materiały dla Wielkiej Brytanii podano we Flood Studies Report (1975). Przykładami praktycznego zastosowania typowych rozkładów w obliczeniach wezbrań projektowych są: standardowy rozkład podany przez SCS (Viesma i inni 1977), stosowany przez amerykańskie Biuro Melioracji (USBR 1965) i opracowany dla Niemiec przez Niemieckie Stowarzyszenie Gospodarki Wodnej i Melioracji (DVWK 1984). W Polsce zagadnieniem czasowego przebiegu opadu zajmowała się Gładysz (1987) i Więzik (1988). Standaryzowali oni rozkład opadu, posługując się niepełną funkcją beta. Podejście takie było zastosowane w prognostycznym modelu odpływu wezbraniowego z małych zlewni górskich.

Ponieważ, jak podano we wprowadzeniu, w opracowanym algorytmie wyznaczania fal wezbraniowych zmienność natężenia opadu w czasie będzie można opisać za pomocą rozkładu statystycznego przeanalizowano kilka proponowanych modeli symulacyjnych opadu i przebadano ich przydatność na podstawie dostępnych danych empirycznych. Do praktycznego zastosowania w proponowanym algorytmie wybrano model rozkładu opadu opisujący bezwymiarową krzywą sumową. Model ten jest sformułowany w następujący sposób:

- Dla każdego opadu o całkowitej wysokości P (mm), czasie trwania t_p (godz.) oraz krzywej sumowej $h(t)$ w mm ($t \in [0, t_p]$, $h(0) = 0$, $h(t_p) = P$) definiujemy za pomocą równości 1 bezwymiarową krzywą sumową opadu $h^*(t^*)$, gdzie $h^* \in [0, 1]$ jest bezwymiarową wysokością opadu, a $t^* \in [0, 1]$ jest bezwymiarowym czasem trwania opadu:

$$\left. \begin{aligned} h^*(t^*) &= \frac{h(t)}{P} \\ t^* &= \frac{t}{t_p} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Założenia definiujące model są następujące:

1. Każdy pojedynczy opad, w którym uwzględniono wysokość i czas jego trwania – znormalizowany do jedności – da się opisać deterministyczną jednomodalną funkcją $h^*(t^*; \alpha, \beta)$ w postaci znormalizowanej niepełnej funkcji beta:

$$\begin{aligned} h^*(t^*; \alpha, \beta) &= \\ &= \frac{1}{B(\alpha, \beta)} = \int_0^{t^*} (t^*)^{\alpha-1} dt^* \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:

$B(\alpha, \beta)$ jest funkcją beta Eulera, a $h^*(0) = 0$, $h^*(1) = 1$, $\alpha > 0$, $\beta > 0$.

2. Parametry α i β funkcji 1 są zmiennymi losowymi pochodzącymi z populacji generalnej (A, B) o rozkładzie prawdopodobieństwa $f_{AB}(\alpha, \beta)$.

Dane empiryczne i ich analiza

Dane obejmują 8 lat opadów dyskretyzowanych, z krokiem czasowym 1 godziny, zarejestrowanych na stacji Wadowice w latach 1981–1988 (miesiące V–X).

Definiując zdarzenie opadowe jako nieprzerwany ciąg godzinnych przedziałów czasowych zawierających przyrosty wielkości opadu, dostajemy 1126 opadów. Większość z nich to opady krótkotrwałe (spośród 1126 opadów 486 to opady o czasie trwania $T = 1$ godz.) oraz o bardzo małej wysokości (558 opadów miało całkowitą wysokość mniejszą od 1 mm). Zgodnie z oczekiwaniami istnieje korelacja liniowa pomiędzy czasem trwania a wysokością opadów (współczynnik korelacji $r =$

0,766). Średni czas bezopadowy, zdefiniowany jako czas od końca danego opadu do początku następnego, wynosi prawie 30 godzin i nie jest skorelowany z czasem trwania opadu T .

Do dalszej analizy przyjęto zbiór opadów o wysokości całkowitej $H \geq H_{\min} = 5$ mm, zakładając, że tylko takie opady mają istotne znaczenie przy formowaniu się wzebrań opadowych. Ponieważ funkcja h^* we wzorze 2 jest dwuparametrowa z parametrami α i β , więc do estymacji tych parametrów wymagany był opad o długości co najmniej 3 godz. i taka minimalna wartość została przyjęta. Otrzymany w ten sposób zbiór danych miał liczebność równą 179 opadów.

Podstawowe charakterystyki tego zbioru miały następujące wartości:

- średnia wysokość opadu – 14,6 mm,
- odchylenie standardowe średniej wysokości – 12,2 mm,
- średni czas trwania opadu – 8,0 h,
- odchylenie standardowe średniego czasu trwania – 5,6 h,
- średnie natężenie opadu – 2,13 mm/h,
- odchylenie standardowe średniego natężenia – 1,61 mm/h.

Parametry α i β funkcji 2 znajdowano jako wartości minimalizujące następującą funkcję kryterialną:

$$F(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^T [h^*(t_i^*; \alpha, \beta) - h_i^*]^2 \quad (3)$$

Jakość dopasowania mierzona była wartością współczynnika determinacji D :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^T [h^*(t_i^*; \alpha, \beta) - h_i^*]^2}{\sum_{i=1}^T [h_i^* - \bar{h}^*]^2} \quad (4)$$

W wyniku obliczeń otrzymano zbiór parametrów α i β będący realizacją dwuwymiarowej zmiennej losowej (A, B) . Wartości współczynnika determinacji były bardzo wysokie – ich średnia wynosiła 0,996. Otrzymany zbiór zmiennych losowych α i β był podstawą analizy statystycznej obejmującej analizę współzależności tych zmiennych oraz identyfikację rozkładu prawdopodobieństwa $f_{AB}(\alpha, \beta)$. Identyfikacja ta dotyczyła brzegowych rozkładów $f_A(\alpha)$ i $f_B(\beta)$. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono silny związek parametrów α i β zarówno w wersji liniowej, jak i logarytmicznej. Spośród testowanych 3 rozkładów dwuparametrowych (normalnego, logarytmiczno-normalnego i gamma) pod kątem ich przydatności do opisu rozkładów brzegowych wybrano rozkład logarytmiczno-normalny, kierując się wynikami testu zgodności Kołmogorowa–Smirnowa. Na tej podstawie można stwierdzić, że dobrym opisem rozkładu losowego wektora A, B jest dwuwymiarowy pięcioparametrowy rozkład logarytmiczno-normalny $f_{AB}(\alpha, \beta; avA, sdA, avB, sdB, rAB)$ o następujących wartościach parametrów:

- $avA = 0,660$ – wartość średnia A ,
- $sdA = 0,983$ – odchylenie standardowe dla A ,
- $avB = 0,891$ – wartość średnia B ,
- $sdB = 0,822$ – odchylenie standardowe dla B ,
- $rAB = 0,773$ – współczynnik korelacji A z B .

Podsumowanie i wnioski

Analiza statystyczna danych opadowych wykazała, że zmienne A i B opisujące parametry (α, β) funkcji (2) są ze sobą silnie skorelowane, a ich łączny rozkład prawdopodobieństwa może być dobrze opisa-

ny dwuwymiarowym rozkładem logarytmiczno-normalnym. Pozwala to na przyjęcie bezwymiarowej krzywej sumowej w postaci niepełnej funkcji beta do opisu zmienności opadu w czasie w koncepcyjnych modelach typu opad-odpływ.

Ponieważ powyższe wyniki uzyskano dla danych opadowych z jednej stacji meteorologicznej, przewiduje się przeprowadzenie podobnych badań dla danych zarejestrowanych na innych stacjach, co pozwoli na ocenę przydatności tak przyjętego modelu do obliczenia wezbrań opadowych w różnych rejonach geograficznych Polski.

Literatura

- DVWK 1984: Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 114. Teil II Synthese, Verlag Paul Parey. Hamburg-Berlin.
- FLOOD STUDIES REPORT 1975: *National Research Council*, London.
- GLADYSZ B. 1987: Wykorzystanie rozkładu statystycznego do aproksymacji czasowego przebiegu intensywnego opadu. Ogólnopolska Sesja Naukowa „Ekstremalne Zjawiska Hydrologiczno-Meteorologiczne i Możliwości ich Prognozowania” PTG, IMGW, Kraków.
- HUFF F. A. 1967: *Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms*. Water Resources Research 3 (4).
- USBR 1965: *Design of Small Dams*. U.S. Dept. of the Interior, Washington.
- VISSMAN W., KNAPP J. W., LEWIS G. L., HARBAGH T. E. 1977: *Introduction to Hydrology IEP*. New York.
- WIEŻIK B. 1988: *Prognostyczny model odpływu ze zlewni*. Politechnika Krakowska, Monografia 67.

Summary

Statistical model of rainfall distribution for conceptual rainfall-runoff models. The paper describes rainfall distribution pattern for conceptual rainfall-runoff assumed as a dimensionless mass curve. Normalized beta function was proposed to describe mass curve. Parameters of the function are probabilistic variables from two dimensional log-normal distribution. Parameter values for the proposed model were determined for rainfall data recorded in Wadowice weather station.

Author's address:

Stefan Ignar

Warsaw Agricultural University

ul. Nowoursynowska 166

02-766 Warszawa

Stanisław Węglarczyk

Cracow Technical University

ul. Warszawska 24

31-155 Kraków

Przykłady obliczeń odwodnień zabezpieczających szczelne zbiorniki betonowe przed skutkami wyporu wody

Wstęp

W praktyce inżynierskiej istnieją sytuacje, w których na etapie projektowania nie uwzględniono wszystkich czynników mogących mieć wpływ na późniejsze prawidłowe funkcjonowanie obiektu. Przykładem tego może być oczyszczalnia ścieków na terenie województwa siedleckiego. Wykopano tam dwa zbiorniki żelbetowe, tj. komorę biostabilizacji oraz komorę biosorpcji i kondycjonowania osadu. Projektując inwestycję nie uwzględniono zabezpieczenia dna zbiorników przed skutkami wyporu wywołanego wysokim stanem wód gruntowych. Groziło bowiem naruszenie stateczności płyt dennych w okresie, kiedy komory będą puste, np. opróżnione z osadów. W związku z tym po zakończeniu budowy, a przed zdemontowaniem odwodnienia budowlanego, napełniono zbiorniki wodą. Następnie wykonano projekt odwodnienia trwałego przewidującego stabilizację zwierciadła wody gruntowej na poziomie poniżej płyt dennych, który przewidywał zainstalowanie 23 studni depresyjnych z pompami głębinowymi.

Po rozpoczęciu inwestycji roboty zostały wstrzymane z powodu braku funduszy. Kłopoty finansowe zmusiły do szukania oszczędności. Postanowiono zmienić

koncepcję projektu odwodnienia (uwzględniając lokalizację studni już wykonanych). Starano się znaleźć nowe rozwiązanie, które przy pełnym bezpieczeństwie pracy budowli znacznie ograniczy koszty budowy. Głównym założeniem nowego projektu było przyjęcie zasady równowagi siły wyporu i ciężaru budowli. W praktyce oznacza to, że po odwodnieniu obliczone zwierciadło wody gruntowej ułoży się ponad dnem zbiorników, co wymaga ich pełnej szczelności.

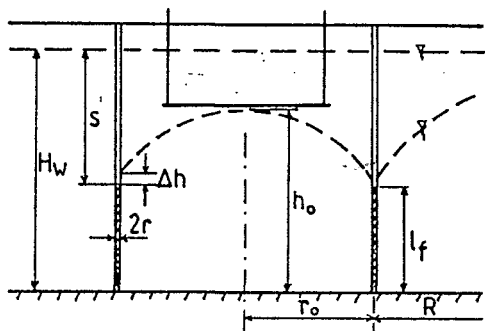
Należy zaznaczyć, iż decyzję o potrzebie trwałego odwodnienia komór podjęto, gdy były one już wykonane. Stąd projekt drenażu pionowego. W przeciwnym razie odwodnienie powinno być realizowane za pomocą drenażu poziomego, warstwowego, płytowego, połączonego z drenażem poziomym rurowym, ułożonym pod dnem zbiorników.

Metodyka obliczania instalacji odwadniającej

Odwodnienie już istniejącej budowli możliwe było tylko za pomocą pionowych systemów drenażowych. W warunkach niniejszego projektu jest to drenaż pionowy, pierścieniowy, dogłębiany ze swobodnym

zwierciadłem wody gruntowej. Metoda obliczeń oparta jest na pewnych upraszczających założeniach, gdzie wykorzystuje się zamianę rzeczywistego obrysu obszaru otoczonego drenażem pierścieniowym na zastępczy okrąg koła o promieniu r_o .

a. Wersja projektowa – zwierciadło wody poniżej dna zbiornika. Odwodnienie obiektów oczyszczalni przy założeniu obniżenia zwierciadła wody poniżej dna budowli wykonano jak dla drenażu działającego w warunkach zbiornika wody gruntowej o swobodnym zwierciadle. Schemat obliczeń pokazano na rysunku 1. Dopływ wody do studni q określono na podstawie wzoru Muskata (Mielcarzewicz 1971).



Rys. 1. Schemat obliczeń, zwierciadło wody poniżej dna zbiornika

$$q = \frac{\Pi \cdot k \cdot (2H_w - s) \cdot s}{\ln \frac{(R + r_o)^n}{r \cdot r_o^{(n-1)}} - E} \quad (\text{m}^3/\text{d}) \quad (1)$$

gdzie:

$$i = n - 1$$

$$E = \sum_{i=1}^{n-1} \ln 2 \sin \frac{x}{2} \cdot i, \quad n - \text{liczba studzien,}$$

i – numer porządkowy wyrazu sumy zmieniający się od 1 do $(n-1)$, s – depresja w studni (m), k – współczynnik filtracji gruntu (m/d), x – odległość poszczególnych studni od środka odwadnianego obiektu

(m), R – zasięg depresji (m), r_o – promień zastępczy wielkiej studni (m). Wzniesienie obniżonego zwierciadła wody nad warstwą nieprzepuszczalną h_o obliczono ze wzoru na „studnię zastępczą” (Mielcarzewicz 1971)

$$h_o = \sqrt{H_w^2 - \frac{n \cdot q}{\Pi \cdot k} \cdot \ln \frac{R}{r_o}} \quad (\text{m}) \quad (2)$$

Wydajność pojedynczej studni q powinna być mniejsza od maksymalnej wydajności studni $q_{\text{maks.}}$

$$q_{\text{maks.}} = 2 \cdot \Pi \cdot r \cdot l_f \cdot v_d \quad (\text{m}^3/\text{d}) \quad (3)$$

gdzie:

v_d – dopuszczalna prędkość wody na filtrze (m/s),

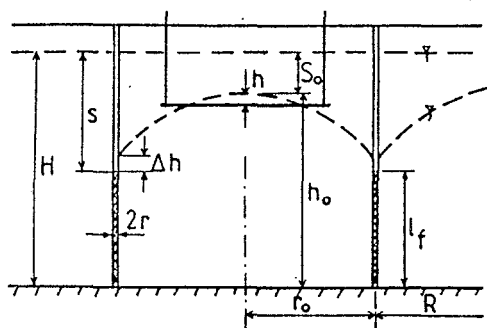
r – promień studni (m), l_f – długość czynna filtra (m).

b. Wersja proponowana – zwierciadło wody powyżej dna zbiornika. Zaproponowany tutaj sposób obliczania drenażu dopuszcza wzniesienie obniżonego zwierciadła wody gruntowej powyżej dna zbiornika. Wysokość wzniesienia powinna odpowiadać warunkowi, aby ciężar budowli (płyty dennej) był większy od wyporu, zgodnie z przepisami obowiązującymi w budownictwie.

W praktyce obliczenie to sprowadza się do określenia ciężaru budowli G i wyporu F_w , a następnie ustaleniu wysokości h rzędnej zwierciadła wody nad dnem zbiornika, przy której $1,1G > F_w$.

Układ zwierciadła wody h , według którego projektuje się urządzenia odwadniające, pokazano na rysunku 2.

Do obliczenia odwodnienia przyjęto drenaż pierścieniowy zupełny pionowy w warstwie o swobodnym zwierciadle wody. Wydatek wody z pojedynczej studni Q_o



Rys. 2. Schemat obliczeń, zwierciadło wody powyżej dna zbiornika

określono ze wzoru Muskata (Sokołowski 1966; Parylak 1988)

$$Q_o = \frac{\pi \cdot k \cdot s \cdot (2H - s)}{\ln \frac{(R + r_o)^n}{n \cdot r_o^{n-1} \cdot r}} \quad (\text{m}^3/\text{d}) \quad (4)$$

gdzie: r_o – promień zastępczy wielkiej studni (m), pozostałe oznaczenia wg schematu na rys. 2.

Poziom obniżonego zwierciadła wody w środku wykopu h_o określono ze wzoru Forcheimera (Parylak 1988)

$$h_o = \sqrt{H^2 - \frac{n \cdot Q_o}{\pi \cdot k} \left[\ln(R + r_o) - \frac{1}{n} (x_1 \cdot x_2 \dots x_n) \right]} \quad (\text{m}) \quad (5)$$

gdzie: x – odległość poszczególnych studni od środka odwadnianego obiektu. Wydajność pojedynczej studni Q_o powinna być mniejsza od q_{maks} (wg wzoru 3).

Długość czynną filtra l_f obliczono z zależności (Gabryszewski, Wieczysty 1985), z zachowaniem 20% współczynnika bezpieczeństwa

$$l_f \geq \frac{Q}{\pi \cdot D_z \cdot v_{\text{dop}} \cdot Z} \quad (6)$$

gdzie: D_z – zewnętrzna średnica studni, Z –

współczynnik poprawkowy zależny od prędkości przepływu wewnątrz filtra.

Wyniki obliczeń

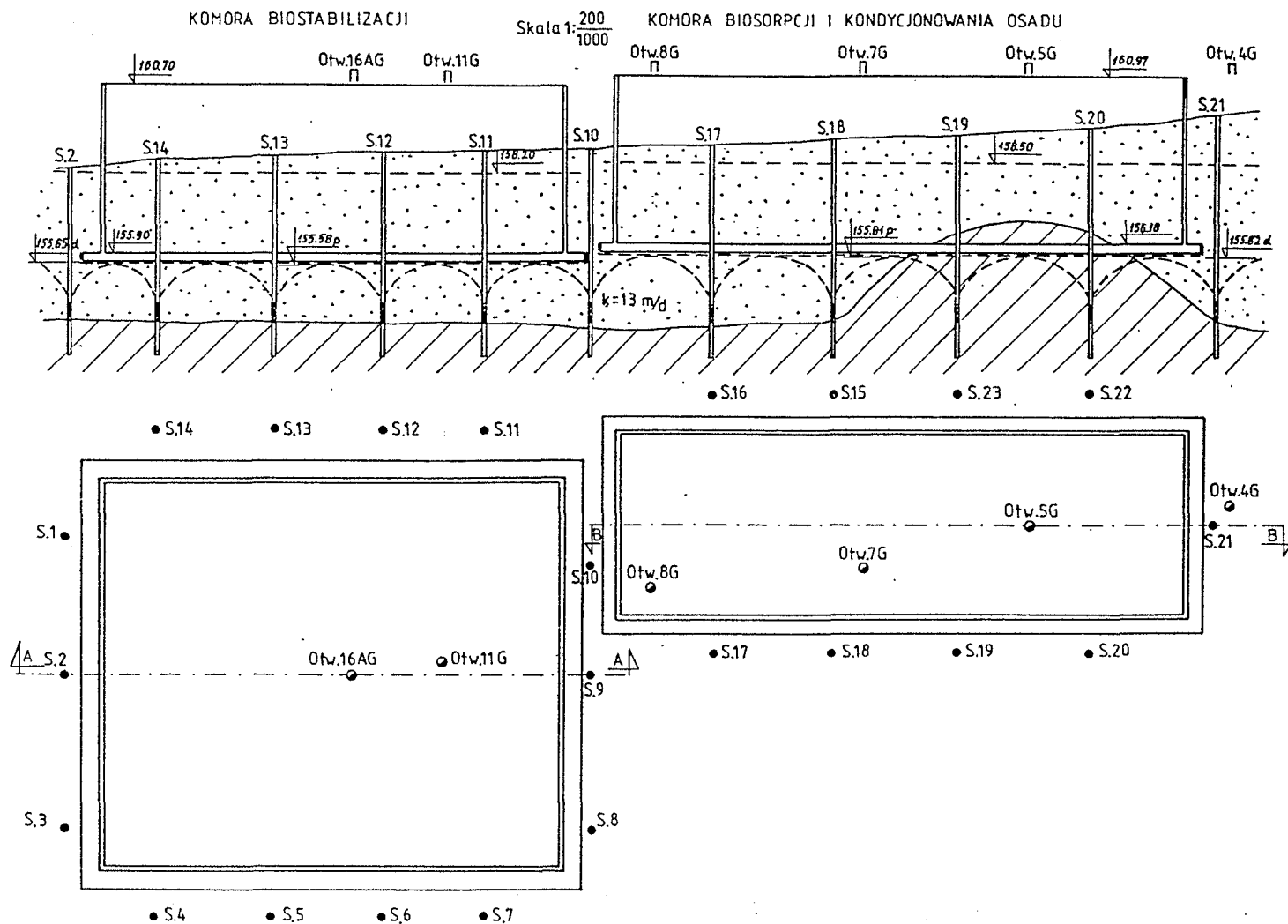
W obrębie budowli rzędne powierzchni terenu dla komory biostabilizacji wynoszą od 158,34 do 159,17 m n.p.m., natomiast komory biosorpcji i kondycjonowania osadu odpowiednio od 158,90 do 159,76 m n.p.m. Swobodne zwierciadło wody układało się na rzędnej 157,27 – 157,67 m n.p.m. W podłożu zalegają grunty w postaci piasków drobnych i średnich o miąższości do 5 m. Pod warstwą gruntów przepuszczalnych zalega glina piaszczysta. W dokumentacji podano dwa obliczone współczynniki filtracji dla piasków drobnych i średnich. Wynoszą one $k = 13$ m/d oraz $k = 36$ m/d. Opisany powyżej układ hydrogeologiczny, wg którego wykonano obliczenia, zaznaczono na rysunku 3 i 4.

a. Depresja poniżej dna zbiorników.

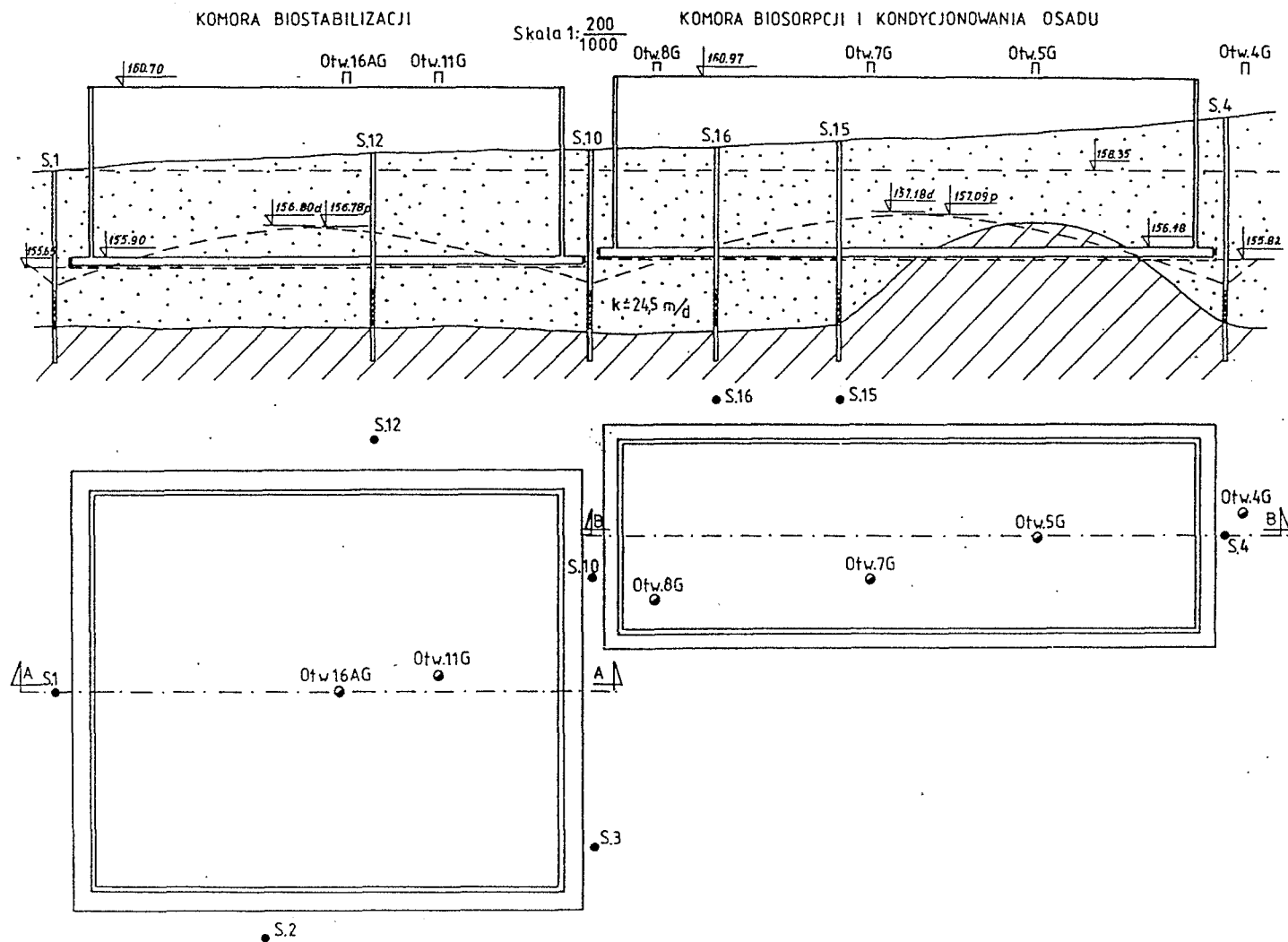
Obliczenie wydatku i ilości studni oraz położenia zwierciadła wody gruntowej wykonano wg metody opisanej w rozdziale *Metoda obliczania instalacji odwadniającej*.

a. Przyjęto do obliczeń współczynnik filtracji dla piasków $k = 13$ m/d (mniejsza wartość z dwu podanych przez

projektanta), długość filtra $l_f = 0,5$ m, średnicę filtra $d = 325$ mm oraz 23 studnie depresyjne wg podziału: 14 studni wokół komory biostabilizacji (studnie od S1 do S14 – rys. 3) oraz 10 studni w obrębie komory biosorpcji i kondycjonowania osadu (studnie od S15 do S21 – rys. 3). Jedna studnia S10 jest wspólna dla obu komór. Maksymalny prognozowany poziom zwierciadła wody gruntowej określono na rzędnej 158,20 m n.p.m. (komora biostabilizacji) oraz 158,50 m n.p.m. (komora



Rys. 3. Projekt odwodnienia – depresja poniżej dna komór



Rys. 4. Projekt odwodnienia – depresja powyżej dna komór

TABELA 1. Wyniki obliczeń drenażu pionowego – zwierciadło wody poniżej dna zbiorników

Komora	H_w	r	l_f	n	k	s	r_o	v_{dop}	R	q_{dop}	q	h_o
	[m]	[mm]	[m]	[szt.]	[m/d]	[m]	[m]	[m/d]	[m]	[m ³ /d]	[m ³ /d]	[m]
Biostabilizacji	4,7	163	0,5	14	13	3,6	40	155,5	115	79,5	39,1	1,98
Biosorpcji	4,9	163	0,5	10	13	3,8	35,5	155,5	140	79,5	48,8	2,21

biosorpcji i kondycjonowania osadu). Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 1 i przedstawiono na planie sytuacyjnym rysunku 3.

b. Depresja powyżej dna zbiorników.

Obliczenie parametrów do projektu odwodnienia wykonano wg metody opisanej w rozdziale *Metoda obliczania instalacji odwadniającej-b*. Uwzględniono tutaj istniejące, wykonane już w terenie cztery studnie depresyjne, tj. S10, S12, S15, S16. Przyjęto do obliczeń współczynnik filtracji gruntu warstwy wodonośnej $k = 24,5$ m/d (średnia z dwóch wartości podanych w projekcie), długość filtra $l_f = 1$ m, średnicę filtra 325 mm oraz 5 studni depresyjnych wg podziału: 5 studni (S1, S2, S3, S10, S12 – rys. 4) wokół komory biosorpcji i 4 studnie (S4, S10, S15, S16 – rys.4) w obrębie komory biosorpcji i kondycjonowania osadu. Jedna studnia S10 jest wspólna dla obu zbiorników. Maksymalny prognozowany poziom zwierciadła wody gruntowej przyjęto na rzędnej 158,35 m n.p.m.

Ostateczną wersję projektu pokazano

na rysunku 4, a wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 2.

c. Porównanie wyników obliczeń. Porównanie obliczeń podstawowych parametrów instalacji odwadniającej, określonych przy założeniu położenia zwierciadła wody gruntowej poniżej oraz powyżej dna zbiorników, zamieszczono w tabeli 3, oddzielnie dla komory biostabilizacji oraz komory biosorpcji i kondycjonowania osadu.

Podsumowanie

Zaproponowany sposób odwodnienia obiektów oczyszczalni ścieków poprzez obniżenie poziomu zwierciadła wody gruntowej do rzędnej gwarantującej jedynie bezpieczeństwo budowli pozwolił na obniżenie kosztów budowy w stosunku do wersji projektowej o 60%. Zmniejszenie ilości studni z 23 do 8 było możliwe dzięki zrównoważeniu ciężaru budowli i wyporu z zachowaniem 10% współczynnika bezpieczeństwa. W nowym rozwiązaniu istotną sprawą jest współczynnik filtracji gruntu

TABELA 2. Wyniki obliczeń drenażu pionowego – zwierciadło wody powyżej dna zbiorników

Ko- mora	h	H	r	l_f	n	k	s	S_o	r_o	v_{dop}	R	q_{dop}	Q_o	h_o
	[m]	[m]	[mm]	[m]	[szt.]	[m/d]	[m]	[m]	[m]	[m/d]	[m]	[m ³ /d]	[m ³ /d]	[m]
Biostabilizacji	0,9	4,4	163	1,05	5	24,5	3,35	1,55	41,45	188,6	78,25	202,9	152,2	2,84
Biosorpcji i kondycjonowania osadu	1,0	4,4	163	1,20	4	24,5	3,20	1,17	36,25	188,6	59,07	231,9	174,9	3,18

TABELA 3. Zbiorcze zestawienie obliczeń

Opis budowli	Przyjęta wersja obliczeń	Liczba studni [szt.]	$q(Q_0)$ [m ³ /d]	h_0 [m]	Dopuszczalny poziom zwierciadła wody [m n.p.m.]	Rzędna zwierciadła wody po odwodnieniu [m n.p.m.]
Komora biostabilizacji	zwierciadło wody poniżej dna	14	39,1	1,98	155,65	155,58
	zwierciadło wody powyżej dna	5	152,2	2,84	156,80 ^a	156,79
Komora biosorpcji i kondycjonowania osadu	zwierciadło wody poniżej dna	10	48,8	2,21	155,82	155,81
	zwierciadło wody powyżej dna	4	17,95	3,18	157,18 ^a	157,13

^a Rzędna zwierciadła wody gruntowej przy założeniu, że ciężar budowli G jest 10% większy od wyporu F_w

warstwy wodonośnej określony na poziomie 24,5 m/d. Przyjęta w wersji projektowej wartość 13 m/d jest zbyt zaniżona, co w znacznym stopniu wpłynęło na zwiększenie liczby studni. W drugim rozwiązaniu o ostatecznej liczbie 8 studni zdecydowało uwzględnienie czterech już zlokalizowanych i wykonanych w terenie zafiltrowanych odwiertów. W przeciwnym razie liczbę studni można byłoby zmniejszyć do 7.

Literatura

- Projekt rozbudowy oczyszczalni ścieków. 1991. CE-WOK. Warszawa
- GABRYSZEWski T., WIECZYSTY A. 1985: *Ujęcia wód podziemnych*. Arkady.
- MIELCARZEwicz E. 1971: *Melioracje miejskie i przemysłowe*. PWN.
- PARYLAK K. 1988: *Odwodnienia budowlane*. AR Wrocław.
- SOKOŁOWSKI J. 1966: *Przykłady obliczeń odwodnień budowli i terenów budowlanych*. SGGW, Warszawa.

Summary

Example of the calculations of the drainages protecting concrete reservoirs against hydrostatic lift. The paper presents two different methods of the drainage of the water reservoirs. The first method assumes lowering of the water table below the reservoir bed. The second method assumes lowering of the water table to the level which guarantees the stability of the structures. Performed calculations showed that 23 vertical wells are required in the first method for the lowering of the water table below the reservoir bed. However when the second method is used only 8 vertical wells are required. In this case the total cost is reduced of about 60%.

Author's address:

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

Przegląd zagadnień naukowych

Szczepan L. DĄBKOWSKI

Katedra Budownictwa Wodnego

Kinga PACHUTA

Katedra Przyrodniczych Podstaw Melioracji

Stan badań roślinności wodnej dla celów hydrauliki koryt

Wstęp

W zawodowej i naukowo-badawczej działalności w dziedzinie inżynierii wodnej, melioracji, ochrony i kształtowania środowiska niezbędne jest określenie charakterystyk zarastania koryt rzek i kanałów. Szczególne trudności napotyka się w badaniach szorstkości hydraulicznej powodowanej przez roślinność.

Celem opracowania jest ukazanie przeglądu metod stosowanych przy ilościowym badaniu okrywy roślinnej koryt cieków, a także przedstawienie metod badań właściwości roślin pod kątem ich oddziaływania na warunki przepływu.

Metody badania okrywy roślinnej

Polskie badania dla celów hydrologicznych podjęte w 1950 r. przez PIHM umożliwiły opracowanie instrukcji dla obserwatorów (Gniazdowska 1962), zawierającej opisy i rysunki 44 najczęściej spotykanych roślin rzecznych oraz informacje o sposobie notowania faz cyklu rozwojowego tych roślin (pojawiania się, kwitnienia, największego rozwoju i obumierania). Badania prowadzono w 26 stacjach hydro-

fenologicznych na terenie kraju. W celu ujednolicenia obserwacji stopień zarastania koryt rzecznych określano w skali liczbowej od 1 do 9, przy czym przedział liczb od 1 do 3 dotyczył roślin zanurzonych, od 4 do 6 – roślin o liściach pływających po powierzchni wody, a przedział od 7 do 9 – roślin powietrzno-wodnych. Natężenie zjawiska zarastania przedstawiano za pomocą wskaźnika liczbowego, podając szerokość zwierciadła wody zajętej przez rośliny, przy czym wyróżniano trzy stopnie szerokości: do 1/3, od 1/3 do 2/3 i powyżej 2/3.

Do identyfikacji okrywy roślinnej prowadzonej dla celów hydraulicznych można wykorzystać metody stosowane przez ekologów do badań siedlisk lądowych: analizy fitosocjologicznej Braun-Blanqueta oraz metody analiz florystycznych Ramenskiego, de Vriesa lub Ellenberga, omówione przez Prończuka (1982).

Siedliska lądowe można w ten sposób waloryzować pod względem żyzności i innych czynników, planować wykorzystanie i możliwości przekształcania środowiska oraz następstwa tych przekształceń, posługując się indykatorami roślinnymi lub frekwencją gatunków.

Dla badań hydrologicznych i hydraulicznych istotne są również obserwacje feno-

logiczne, polegające na określeniu dat kolejnych faz rozwojowych danego gatunku (np. kiełkowania, wzrostu, kwitnienia, owocowania i obumierania). Umożliwiają one wyszczególnienie okresu najbardziej intensywnego wzrostu (osiągnięcia największej biomasy roślin) w sezonie wegetacyjnym. Niedostateczna ilość fenologicznych badań hydromakrofitów polskich rzek stwarza problemy z wyznaczaniem okresów piętrzeń wegetacyjnych, których znajomość jest potrzebna przy interpretacji związków stanów wody z przepływami.

Wykorzystanie powyższych metod w badaniach hydrologicznych do scharakteryzowania roślinności cieków oraz powtarzanie tych badań w odstępach co kilka lat umożliwiłoby ponadto określenie zmian zachodzących we florze i całym środowisku wodnym.

Modyfikacje metod badawczych dla celów hydrauliki koryt

W badaniach hydrobiologicznych przeprowadzanych dla celów hydrauliki koryt, oprócz rejestracji florystycznej i wykonania zdjęć fitosocjologicznych metodą Braun-Blanqueta, powinno się określić najważniejsze z punktu widzenia oddziaływania na ruch wody parametry biometryczne roślin, takie jak:

- liczba pędów (np. *Sparganium*) źdźbeł (*Phragmites australis*) odgałęzień łodyg II i III stopnia (*Potamogeton perfoliatus*), liści (*Sagittaria sagittifolia*),
- liczba liści na pędzie (np. *Potamogeton*),
- długość pędów oraz długość i szerokość blaszek liściowych,
- grubość pędów (np. *Glyceria*) i ogonków liściowych (np. *Nuphar*),

- powierzchnia blaszek liściowych (tzw. LAI - *Leaf Area Index*),
- świeża i sucha masa z podziałem na gatunki,
- oszacowanie procentu powierzchni dna, jaką stanowi rzut pionowy wszystkich zanurzonych i pływających części roślin,
- względna objętość masy roślinnej w wodzie, tj. stosunek przybliżonej objętości roślinności do objętości odcinka koryta, w jakim się ta roślinność znajduje.

Pomiary te powtórzone kilkakrotnie w sezonie wegetacyjnym w wybranych, charakterystycznych dla danego obiektu miejscach, odniesione do jednostki powierzchni dna lub objętości wody na jednostce długości koryta cieku, mogą być wykorzystywane bezpośrednio do obliczeń oporów przepływu wody. Opracowano już bowiem wiele formuł służących do takich obliczeń (Altsul, Taj 1973; Graf, Chhun 1976; Kouwen, Ruh-Ming 1980; Vienovickij 1991).

Badaniom hydrauliki koryt podlegających zarastaniu powinny towarzyszyć badania roślinności występującej w rejonie przekroju hydrometrycznego. Różne zbiorowiska w różnych stadiach rozwoju mają bowiem różne właściwości decydujące o warunkach ruchu wody. Propozycje dostosowania metody pomiarów natężenia przepływu wody, wykonywanych przy użyciu młynka hydrometrycznego (punktowych pomiarów prędkości wody) dla siedmiu pospolitych zbiorowisk, przedstawiła Pachuta (1989, 1991, 1992). Metoda ta polegała na częstych (co ok. 4 tyg.) pomiarach przeprowadzanych tak, aby można było określić położenie pionów hydrometrycznych oraz punktów, w których zaczyna się lub kończy ruch wody albo występuje wyraźne zróżnicowanie prędkości wody.

Położenie charakterystycznych pun-

któw tachoid ustalało się na podstawie pomiarów głębokości zanurzenia roślinności. W płytkich ciekach można było w tym celu wykorzystywać również obserwacje ruchu skrzydełka młynka. Dodatkowe piony lokalizowano w miejscach, w których, zależnie od rodzaju zbiorowiska roślin i etapu jego sezonowego rozwoju, występowały zakłócenia w ruchu wody. Umożliwiło to wykreślenie dodatkowych tachoid i uzyskanie dokładniejszych informacji, o polu prędkości, a więc i dokładniejsze określenie natężenia przepływu. Ponadto graficznie przedstawiono okrywę roślinną badanego odcinka rzeki (10–50 m w sąsiedztwie przekroju hydrometrycznego) na szkicu sytuacyjnym obrazującym rozwój zbiorowiska oraz zmiany zachodzące w zbiorowisku w dłuższym okresie (np. w ciągu trzech lat). W czasie każdego kolejnego pomiaru, w trakcie sondowania dna, określano zasięg pionowy i poziomy zbiorowiska (lub poszczególnych gatunków), tak aby możliwa była jego lokalizacja zarówno w przekroju poprzecznym, jak i podłużnym. Pozwoliło to na ustalenie najważniejszych odległości pomiędzy pionami oraz na racjonalną lokalizację punktów pomiarów prędkości. Na etapie opracowywania pomiarów graficzne przedstawienie rozmieszczenia roślinności na badanym odcinku rzeki ułatwiło interpretację wyników. Metoda pomiarów hydrometrycznych została dostosowana do potrzeb badań roślinności wodnej tak, aby można było uchwycić zmiany hydraulicznych parametrów koryta (głębokość, prędkość wody), co wpłynęłoby na uzyskanie koniecznych informacji w celu rozpoznania pola prędkości i obliczenia natężenia przepływu wody. Stosowanie w takich przypadkach zaleceń i powszechnie przyjętych instrukcji IMGW co do standardowego rozmieszczenia pionów i punktów pomiarowych może prowadzić do dużych

błędów określania natężenia przepływu, a ponadto nie pozwala uzyskać właściwego obrazu ruchu wody w korycie podlegającym zarastaniu.

W laboratorium hydraulicznym w Wageningen prowadzono badania nad oporami ruchu wody. Van Ieperen i Herfst (1986) stwierdzili, że określenie procentowego pokrycia dna roślinnością (ocenianego poprzez jej prostopadły rzut na płaszczyznę poziomą) jest utrudnione z powodu dużego pokrycia lustra wody pływającymi liśćmi. Zastosowana metoda miała na celu wyeliminowanie subiektywizmu badań. Polegała ona na kilkakrotnym pobieraniu próbek roślinności przez:

- koszenie pasa szerokości 0,5 m w przekroju poprzecznym koryta,
- mierzenie długości i średnicy łodyg oraz powierzchni liści;
- wycinanie co tydzień pędów przy dnie koryta z powierzchni 30 x 40 cm.

Z otrzymanych próbek wykonywano spis składu roślinnego, ustalano liczbę, długość i średnicę pędów oraz liczbę i wymiary powierzchni liści, a także objętość świeżej i suchej masy pędów i liści. Wymienione tu elementy mają bowiem decydujący wpływ na opór przepływu wody i kształtowanie jej pola prędkości.

Podział hydromakrofitów i hydrauliczne cechy ich siedlisk

Z wielu czynników kształtujących ruch wody w korytach, które podlegają procesowi zarastania, na szczególną uwagę zasługują cechy mechaniczne elementów roślin. Cechy te są wynikiem ewolucyjnego dostosowania się i ciągłego wzajemnego oddziaływania strumienia wody, roślin i podłoża.

Różne zbiorowiska roślin zajmują inne siedliska wzdłuż biegu rzeki oraz różne

części jej przekrojów poprzecznych. Wynika to z cech budowy i tolerancji poszczególnych gatunków na określone przedziały prędkości wody. Zbiorowiska te wpływają także na rozkłady prędkości. Na rysunku 1 i 2 podano przykłady wpływu roślinności wodnej na rozkład prędkości w przekrojach poprzecznych cieków. W związku między roślinami a warunkami hydraulicznymi oba komponenty oddziałują na siebie wzajemnie, stanowiąc jeden układ ekologiczny. W układzie tym roślinność jest indykatorem warunków środowiska.

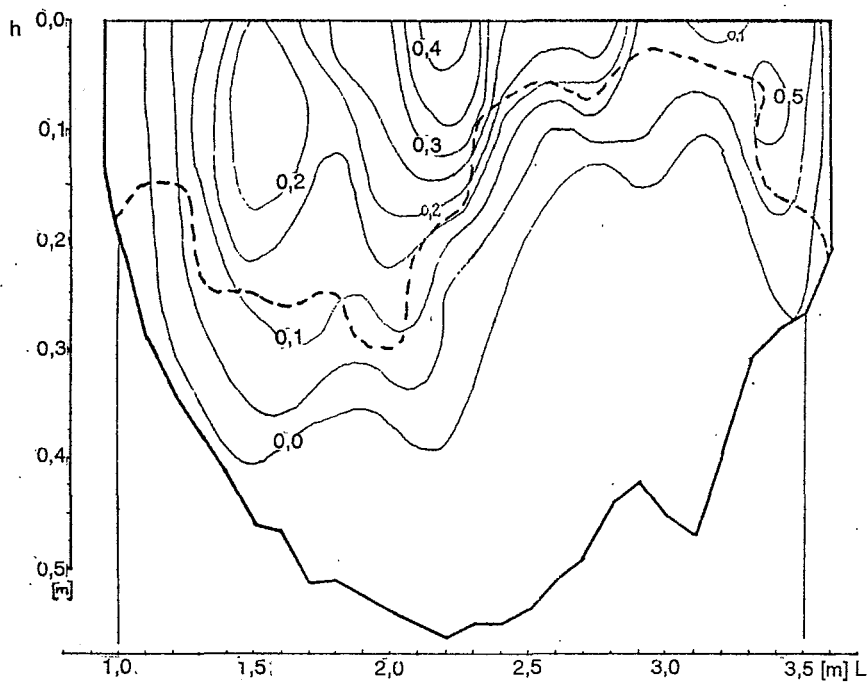
Podbielkowski (1967) wyróżnia trzy grupy roślin występujące w zależności od prędkości przepływającej wody:

I – Rośliny wód stojących.

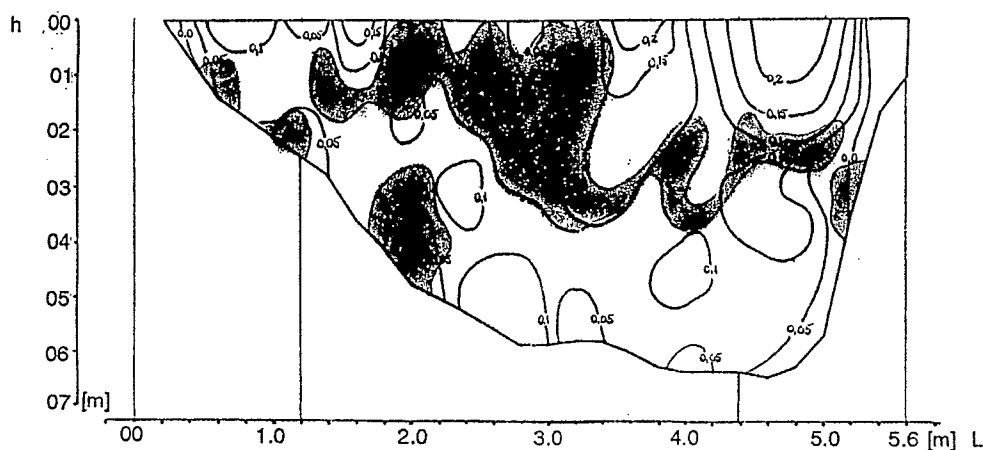
II – Rośliny wód bardzo wolno płynących (prędkość przepływu do 5 cm/s) –

Hydrocharis morsus-ranae, *Myriophyllum verticillatum*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton pusillus* i *P. crispus*; pewną podgrupę tworzą tu niektóre rośliny żyjące w wodach płynących nieco szybciej, np. *Lycopus europaeus*, *Ranunculus sceleratus* i *Veronica beccabunga* – do 8 cm/s oraz *Hottonia palustris* – do 20 cm/s;

III – Rośliny występujące zarówno w wodzie stojącej, jak i płynącej z różną prędkością – do 35 cm/s (i więcej); są to: *Agrostis stolonifera*, *Alisma plantago-aquatica*, *Batrachium trichophyllum* (do 12 cm/s), *Callitriche polymorpha* (do 28 cm/s), lecz o maksimum frekwencji w wodach bardzo wolno płynących, a więc z tendencją przynależności do II grupy, podobnie



Rys. 1. Związek pola prędkości z rozmieszczeniem roślinności w przekroju poprzecznym rzeki: zasięg zbiorowiska oznaczono linią przerywaną. Rzeka: Biebrza. Wodowskaz: Sieruciowce. Zbiorowisko z moczarką kanadyjską – *Elodea canadensis*



Rys. 2. Pole prędkości na tle rozmieszczenia roślinności w przekroju poprzecznym rzeki; ciemniejszym tłem oznaczono zasięg zbiorowiska. Rzeka: Sidra. Wodowskaz: Potrubowszczyzna. Zbiorowisko z grążelą żółtą – *Nuphar lutea*

jak *Ceratophyllum demersum* (do 14 cm/s). W grupie tej znajdują się również: *Rumex hydrolapathum*, *Sparganium minimum* (do 15 cm/s), *Cicuta virosa*, *Carex rostrata*, *C. acutiformis*, *C. gracilis*, *C. pseudocyperus* (do 20 cm/s), *Equisetum palustre*, *Glyceria aquatica*, *G. fluitans*, *Heleocharis palustris*, *Iris pseudoacorus*, *Juncus articulatus*, *Lythrum salicaria*, *Lemna trisulca*, *L. minor*, *Myosotis palustris*, *Oenenthe aquatica*, *Potamogeton natans* (do 27 cm/s), *Sium latifolium*, *Senecio paluster*, *Typha latifolia*, *Veronica scutellata*, *V. anagalis* (do 28 cm/s), *Phragmites australis*, *Ranunculus lingua* (do 35 cm/s), *Eloдея canadensis* (w wodach stojących i przy prędkościach do 75 cm/s).

Najważniejszy z punktu widzenia badań hydraulicznych, a zarazem najprostszy, wydaje się następujący podział naczynio-

wych roślin rodnych i szuwarowych, zwanych hydromakrofitami:

1. Rośliny zakorzenione w dnie lub na brzegu cieku, których organy asymilujące znajdują się w wodzie i ponad nią:

a) brzegowe (np. *Carex* sp., *Eupatorium cannabinum*, *Lysimachia vulgaris*, *Bidens tripartitus*, *Phalaris arundinacea*),

b) brzegowo-korytowe (np. *Typha* sp., *Phragmites australis*, *Iris pseudoacorus*, *Glyceria* sp.),

c) korytowe (np. *Sparganium angustifolium*, *Sagittaria sagittifolia*, *Alisma plantago-aquatica*).

2. Rośliny zakorzenione w dnie lub na brzegu cieku, których chociaż część organów asymilujących pływa po powierzchni wody (np. *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton natans*). W głębokich ciekach, przy większych prędkościach wody, tam gdzie rozkład prędkości pozwala na utrzymanie się wegetacji, *Nuphar lutea*

często wykształca tylko liście zanurzone, unoszące się ponad dnem.

3. Rośliny zakorzenione w dnie cieku, zarastające toni wodną typu:

a) *Elodea canadensis* (np. *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum verticillatum*)

b) niektórych rdestnic (np. *Potamogeton perfoliatus*, *P. crispus*, *P. pectinatus*)

c) *Stratiotes* (np. *S. aloides*).

4. Rośliny najczęściej pływające po powierzchni wody, nie zakorzenione w dnie cieku (np. *Lemna* sp., *Spirodela polyrrhiza*, *Hydrocharis morsus-ranae*).

Rośliny tego typu mogą czasowo zakorzeniać się w strefie brzegowej (jak *Hydrocharis*) lub przemieszczać się w toni wodnej i wolno opadać na dno (jak *Lemna trisulca*, która jesienią tworzy skupienia osobników), co okresowo kwalifikuje je do zupełnie innych kategorii.

Niektóre gatunki mogą zmieniać przedstawiony tu typ przyporządkowania w zależności od fazy rozwojowej i warunków hydraulicznych zmieniających się w trakcie sezonu wegetacyjnego.

Przedstawione tu grupy hydromakrofitów kształtują w różny sposób pole prędkości strumienia wody. Najbardziej charakterystyczne zachowanie w płynącej wodzie, a zatem i wpływ na opory przepływu i rozkład prędkości w przekroju wykazują:

- **Rośliny o stosunkowo sztywnych pędach**, pokroju traw (*Glyceria aquatica*, *Phragmites australis*, *Typha* sp.), które przy prędkościach wody mniejszych od prędkości powodujących ich pochYLENIE (przygięcie), oddziałują na całą objętość strumienia. Rozkład prędkości wody w pionie zlokalizowanym w pobliżu takich roślin jest w przybliżeniu równomierny (rys. 3a). W badaniach

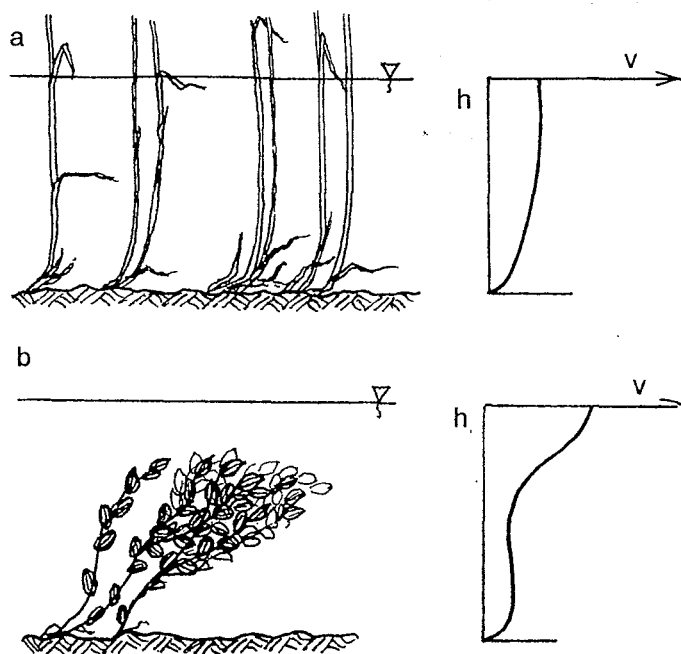
przeprowadzonych na modelach hydraulicznych rośliny tego typu odwzorowywane są za pomocą okrągłych prętów o odpowiednich średnicach, wysokościach i zagęszczeniu.

- **Rośliny o bardzo elastycznych pędach, łatwo poddające się naporowi wody** (*Sparganium simplex* i *Sagittaria sagittifolia* – formy o liściach zanurzonych). W takich przypadkach pionowe rozkłady prędkości odzwierciedlają lokalne oddziaływania części roślin na strumień wody – największe tam, gdzie występują duże skupienia biomasy. W badaniach modelowych rośliny te odwzorowywane są za pomocą nitek, taśemek, sznurków itp., umocowanych do dna, a w ostatnich latach, za pomocą modeli produkowanych z tworzyw sztucznych. Wpływ tej grupy roślin na hydraulikę koryta jest najlepiej rozpoznany.

- **Rośliny tworzące w wodzie zwarte i gęste zbiorowiska, stwarzające duże opory ruchu wody** (*Elodea canadensis*, niektóre rdestnice), co sprawia, że strumień dzieli się, częściowo omijając roślinność i błędząc zarówno w planie, jak i na głębokości cieku (rys. 3b, 4). Ze względu na duże zróżnicowanie cech zbiorowisk tej grupy, ich wpływ na hydraulikę jest bardzo słabo poznany; brakuje nawet modeli odwzorowania tych roślin w laboratoryjnych badaniach hydraulicznych.

Trafność odwzorowania roślin w modelowych badaniach laboratoryjnych zależy od stopnia podobieństwa geometrycznych i mechanicznych właściwości modeli do właściwości roślin. Uzyskanie wierności modelu nie jest łatwe, stąd duże znaczenie mają badania *in situ*.

Właściwości i rola zbiorowisk roślin wodnych i szuwarowych w kształtowaniu



Rys. 3. Rozkłady prędkości w przypadku roślinności: a – sztywnej o pokroju traw, b – zwartej, tworzącej skupiska

warunków przepływu oraz w procesie przechwytywania i zatrzymywania unosin i zanieczyszczeń spływających z wodą są do tej pory bardzo słabo poznane.

Rola cech mechanicznych nadziemnych części roślin w kształtowaniu warunków przepływu wody

Cechy mechaniczne roślin wodnych decydują o oporach ruchu strumienia. Już dawno stwierdzono, że w fazie przyboru, jeśli źdźbła roślin są wystarczająco giętke, współczynnik spowolnienia ruchu (identyfikowany ze współczynnikiem szorstkości Manninga) maleje. Pochylające się pędy roślin zajmują coraz mniejszą część przekroju poprzecznego i falując w wyniku unoszenia, tarcia i turbulencji, układają się

wzdłuż drogi przepływu, wywołując mniejsze opory ruchu. Zagęszczenie pędów ma w tym czasie coraz mniejsze znaczenie, a parametry roślin, takie jak średnica łodyg i ich sztywność odgrywają rolę drugorzędną.

Ze względu na sposób kształtowania się oporów i warunków przepływu wyróżnia się trzy obszary ruchu w korytach podlegających zarastaniu, związane ze sposobem oddziaływania roślin na pole prędkości w przekroju poprzecznym strumienia wody:

- I – obszar, gdy głębokość strumienia (h) jest mniejsza od wysokości roślin (l), nawet pochyłonych przez płynącą wodę,
- II – obszar, gdy $h > l$,
- III – obszar, gdy $h > l$ (rośliny przygięte przez wodę).

W I obszarze lokalna prędkość zależy głównie od gęstości roślinności. Wzrost

stanów wody, a więc głębokości (h) do wartości powodującej przygięcie roślin, wywołuje małe przyrosty średniej prędkości. Prędkość ta zależy od pola powierzchni poprzecznego zwilżonego przekroju koryta, zajętej przez roślinność i od jej typu.

W I i II obszarze ruchu opory hydrauliczne zależą od geometrycznych parametrów charakteryzujących rośliny i od ich gęstości. Mechaniczne właściwości roślin decydują natomiast o tym, z jaką prędkością i na jakiej głębokości następuje przejście z jednego do drugiego obszaru ruchu oraz, jakie opory stawia masa roślinna strumieniowi wody.

W III obszarze ruch wody odbywa się głównie ponad przygiętą i zagęszczoną roślinnością, a współczynnik oporów przepływu przyjmuje wartość stałą, zależną od grubości warstwy zajętej przez roślinność i od mechanicznych właściwości roślin.

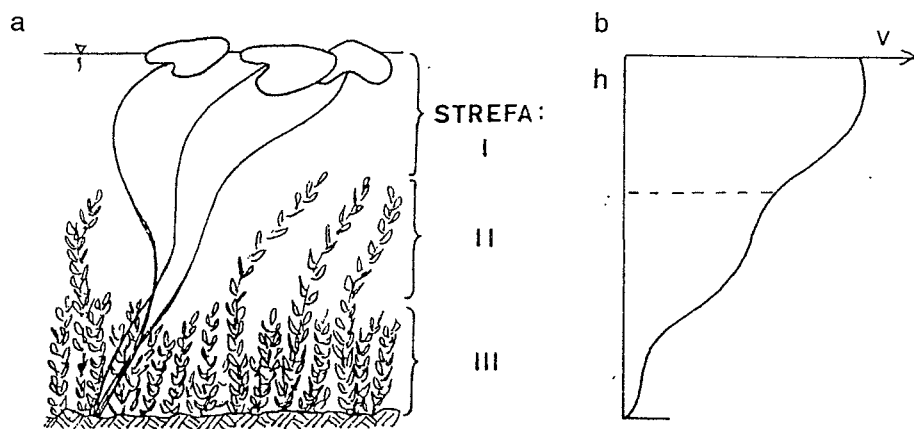
Badania i teoretyczny opis oporów ruchu wywoływanych przez roślinność są najłatwiejsze dla III obszaru ruchu, gdy nad przygiętą roślinnością woda przepływa swobodnie, a na rozkład prędkości wpływa szorstkość warstwy roślinnej.

Zachowanie się roślinności w płynącej

wodzie nie zawsze jest takie jak w przytoczonych przykładach. W przypadkach zbiorowisk złożonych z gatunków zajmujących różne strefy w przekroju poprzecznym strumienia (rys. 4) warunki ruchu wody są inne; inaczej też kształtują się opory ruchu. Złożoność i zmienność abiotycznych i biotycznych warunków przepływu w korytach podlegających zarastaniu jest przyczyną trudności poznania i przewidywania warunków hydraulicznych. Istnieje więc potrzeba określenia wartości hydraulicznych parametrów strumienia odpowiadających poszczególnym obszarom ruchu wody i różnym zbiorowiskom roślin.

Badania systemów korzeniowych

Zjawisko stabilizacji koryt rzecznych przez systemy korzeniowe hydromakrofitów jest ciągle słabo zbadane. W przeglądzie prac autorów polskich i zagranicznych (Dąbkowski 1992) podawane są opisy cech morfologicznych i ekologii korzeni niektórych roślin wodnych i szuwarowych oraz wyniki badań wpływu systemu korzeniowego na wartość naprężeń ścinających



Rys. 4: a – strefy przepływu na głębokości strumienia wody w rzece podlegającej procesowi zarastania; b – rozkład prędkości na głębokości strumienia wody

gruntu, jak również odporności systemów korzeniowych na działanie wód spływających po powierzchni skarp. Nie ma natomiast kompleksowych informacji pozwalających na wykorzystanie tego zjawiska w hydrotechnice. Dokładniejsze rozpoznanie powyższych zagadnień staje się pilniejsze, gdyż roślinność jest często wykorzystywana w inżynierii rzecznej jako element umacniający brzegi, tereny zalewowe, skarpy kanałów i wałów przeciwpowodziowych.

Zastosowanie roślinności do umocnień skarp, ograniczenia spływów powierzchniowych oraz do ochrony przed erozją wodną szeroko omawiają Coppin i Richards (1990). W obszernej monografii Böhma (1985), oprócz metod określania gęstości i masy korzeni, podane są także opisy pomiarów siły niezbędnej do wyrwania korzeni z gleby. Brakuje jednak sprawdzonych metod określania odporności na erozję gruntu zawartego wewnątrz bryły korzeniowej. Brak również prac poświęconych systemom korzeniowym hydromakrofitów i ich odporności na wyrwanie (wypłukiwanie).

Badania laboratoryjne i analizy teoretyczne

Z powodu wielu trudności i dużych kosztów badań terenowych podejmowane są liczne eksperymenty laboratoryjne, ułatwiające opisy matematyczne zjawisk. Współczesne badania wpływu roślinności na ruch wody odbywają się zasadniczo: w warunkach polowych, z naturalną roślinnością przy niewielkich na ogół spadkach hydraulicznych, z wykorzystywaniem metod przedstawionych wyżej, oraz w warunkach laboratoryjnych, przy użyciu roślinności naturalnej (Ieperen, Herfst 1986; Gohlman

1986) lub jej plastikowych modeli (Altšul, Ngujen Taj 1973). Obydwa rodzaje badań uzupełniane były analizami i modelami teoretycznymi jako próbami uogólnień uzyskiwanych wyników. Według badań Grafa i Chhuna (1976) nad szorstkością koryt ze sztuczną trawą, wartość współczynnika szorstkości (n) zależy od gęstości i od użytego tworzywa sztucznego do symulacji roślin, a także od kształtu przekroju poprzecznego koryta. Altšul i Ngujen Taj badali ruch w obszarze $h < 1$ przy sztucznym poroście. Był to ruch laminarny. Współczynnik oporów liniowych f autorzy ci wyrazili wzorem

$$f = F(Re, l/h, xh^2, \Gamma_h)$$

gdzie:

x – liczba łodyg na jednostce powierzchni

dn_{λ}^2

$Gh = h^4 v^2 g/EI$ – kryterium gibkości łodyg, w którym E i I to odpowiednio moduł sprężystości i moment bezwładności przekroju poprzecznego, Re – liczba Reynoldsa.

Aczkolwiek badania prowadzono ze sztuczną roślinnością (plastikowa szczeci-
na i pręciki), to ich wyniki wskazują na złożoną rolę mechanicznych cech pędów roślin w kształtowaniu oporów ruchu wody.

Kryterium gibkości łodyg roślin występuje też w badaniach Kouwena i Unny (1973). Wyrażone ono jest wielkością MEI , gdzie: M – liczba roślin na jednostce powierzchni, E – moduł sprężystości w Pa, I – moment bezwładności przekroju łodyg w m^4 . Iloczyn MEI jest parametrem „sztywności zginania” w $N\ m^2/m^2$, opracowanym dla różnych gatunków traw (Kouwen i Li 1980).

Wyniki badań szorstkości plastikowych modeli roślin o znanych charakterystykach MEI oraz badań krytycznych wartości prędkości, przy których następowało pochylenie roślin, zrywanie i łamanie łod-

dyg, można porównywać z wynikami badań z roślinnością naturalną. Na tej podstawie określa się w sposób pośredni przedziały wartości MEI odpowiadające różnym charakterystykom naturalnej okrywy roślinnej i sposobem jej zachowania w płynącej wodzie. Taka metoda badań daje możliwość określenia cech mechanicznych nadziemnych części roślin. Badania wymienionych cech na naturalnym materiale roślinnym są bardzo skromne z uwagi na trudności metodyczne w przeprowadzaniu doświadczeń, dużej różnorodności zbiorowisk roślinnych i zmienności ich cech.

Podsumowanie

Porównanie tradycyjnych metod badań roślinności wodnej dla celów hydroauliki i hydrologii z metodami najnowszymi można ująć następująco:

Oprócz opisów okrywy roślinnej, sporządzonych przy użyciu znanych metod florystycznych i fitosocjologicznych poszerzonych o pomiary biometryczne, konieczne jest zlokalizowanie zbiorowiska lub poszczególnych roślin w sąsiedztwie przekroju hydrometrycznego. Ponadto w czasie pomiaru, w trakcie sondowania dna, należy określić, np. przy użyciu sondy, zasięg pionowy i poziomy zbiorowiska, tak aby możliwe było przedstawienie graficzne skupisk roślin, ułatwiające opis pola prędkości. Pozwala to na ustalenie najważniejszych odległości pomiędzy pionami i na racjonalny wybór punktów do pomiarów prędkości w różnych rodzajach roślinności w celu zwiększenia dokładności wyników pomiarów natężenia przepływów. Taka metodyka pomiarów pozwoli też zgromadzić wyniki badań dla analiz syntetycznych wpływu cech zbiorowisk roślinnych na hydrauliczne parametry koryt zarastających.

Specjalistyczne badania systemów korzeniowych roślin są obiecujące i w przyszłości mogą ułatwić wybór i kompozycję mieszanek roślin stosowanych w celu stabilizacji podłoża: wysiewanych na skar-pach (głównie jednoliściennych) i hydromakrofitów preferowanych na brzegach i dnie koryt.

Dalsze badania przystosowania najczęściej spotykanych hydromakrofitów do określonych przedziałów prędkości powinny określić zasady wprowadzania roślin wodnych i szuwarowych do działań inżynierskich oraz wykorzystania i ochrony istniejących naturalnych zbiorowisk.

Badania laboratoryjne i modelowe powinny znaleźć szersze zastosowanie, gdyż ułatwiają uogólnienie tak złożonego zjawiska, jakim jest związek wegetacji i warunków hydraulicznych w korytach cieków.

Istnieje potrzeba uaktualnienia i ponownego rozpoznania flory i zbiorowisk polskich rzek przy użyciu metody stosowanej od 1950 r. przez PIHM. Umożliwiłoby to uzyskanie materiału porównawczego dla określenia zmian w intensywności i typie zarastania cieków, jakie zaszły w ciągu ostatnich lat w związku z ogromną eutrofizacją i zanieczyszczeniem środowiska. Badania takie byłyby też pomocne przy ocenie sanitarnej roli roślinności w korytach rzek i zbiornikach wód stojących.

Literatura

- ALTŠUL A. D., NGUJEN TAJ 1973: *Issledovaniye gidravlicheskich soprotivlenij v zarosšich ruslach*. Gidrot. i Mel. 4; 23–24.
- VIENOVICKIJ E. L. 1991: *O koefficijente gidravličeskogo trenija po granice zaroslej vyššej vodnoj rastitelnosti v otkrytych ruslach*. Vodnye resursy 3.
- BÖHM W. 1985: *Metody badania systemów korzeniowych*. PWRiL, Warszawa.
- DĄBKOWSKI Sz. I. 1991: *Projektowanie koryt zarastających i zatrawionych*. Grant MEN 50150101; 220 ss.

Summary

Status of the Hydromacrophites stadis for channel hydraulics purposes.

This paper is the review of methods used in quantitative researches of plant coverage and river or channel beds' plants properties, considering their influence on flow conditions. Except plant cover descriptions (made by well-known floristic and phytosociologic methods) and biometric measurements, it is necessary to localize plant communities or severally plants in the water course cross-section adjacent. In addition there is a necessity of determination (for example by using a probe) a vertical and horizontal range of community to make possible the graphic presentation of plant assembles (which would make velocity description easy to do). It allows to establish the fittest distances between hydro-metric verticals and to choose appropriate points for velocity measurements in different kinds of plants. It would be leading to improvement of accuracy in flow intensity measurements in different kinds of plants. Such methods allow for gathering the research results for complex analyses of plant communities influences on overgrown beds' hydraulic parameters.

Author's address :

Sz. L. Dąbkowski, K. Pachuta
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

- GNIAZDOWSKA J. 1962: *Badania PIHM w zakresie zarastania koryt rzecznych*. Biul. PIHM 11(67), Gosp. Wod. 22(11); 523-524.
- GÖHLMAN A. 1986: *Correction coefficients for accurate measurements at flow resistance of aquatic vegetation*, Agric. Univ. Wageningen, The Netherlands; 22 ss.
- GRAF W. H., CHHUN V. H. 1976: *Manning's Roughness for Artificial Grasses*. Jour. of Irrig. and Drain., Vol. 102, No IR 4, Dec. 1976; 413-423.
- IEPEREN van H. J., HERFST M. S. 1986: *Laboratory experiments on the flow resistance of aquatic weeds, Hydraulic Design in Water Resources Engineering*; Land Drainage, Proceedings of the 2nd International Conference, Southampton University, U. K., Editors K. V. H. Smith, D. W. Rycroft; 281-291.
- KOUWEN N., UNNY T. E. 1973: *Flexible Roughness in Open Channels*. Jour. of Hyd. Div. Vol. 99, No HY 5, May 1973; 713-728.
- KOUWEN N., RUH-MING LI 1980: *Biomechanics of Vegetative Channel Linings*. Jour. of Hyd. Div. 104, No HY 6, June 1980; 1085-1103.
- PACHUTA K. 1989: *Wpływ wybranych zbiorowisk roślin wodnych i szuwarowych na ruch wody i morfologię koryt rzecznych*. Rozprawa dokt., Wyd. Biologii, Uniwers. Warsz.; 100 ss.
- PACHUTA K. 1991 (złożone w red.). *Wpływ zbiorowisk z *Nuphar lutea* na ruch wody i morfologię koryta rzecznoego*. Pol. Arch. Hydrobiol., Warszawa.
- PACHUTA K., MOLSKI K. 1992: *The effect of communities with *Elodea canadensis* on river flow*. Pol. Arch. Hydrobiol. 39(1); 35-47, Warszawa.
- PODBIELKOWSKI Z. 1967: *Zarastanie rowów melioracyjnych na torfowiskach okolic Warszawy*. Mon. Bot. XXIII, 1.
- PRONCZUK J. *Podstawy ekologii rolniczej*. PWN, Warszawa; 284-312.

Agrometeorologia stosowana w warunkach klimatu subtropikalnego na przykładzie Izraela

Wstęp

Zgodnie z założeniami teoretycznymi podstawowym zadaniem agrometeorologii jako nauki stosowanej jest szukanie ilościowych związków między klimatem, warunkami pogodowymi a wielkością produkcji rolniczej, w praktyce zaś – wdrażanie opracowanych rozwiązań do szerokiego stosowania. Działalność ta, z jednej strony, obejmuje jak najpełniejsze wykorzystanie sprzyjających warunków agroklimatycznych, a z drugiej – maksymalne ograniczenie strat spowodowanych szkodliwymi czynnikami meteorologicznymi.

W prezentowanej pracy omówiono kilka przykładów uwzględniania oceny warunków agrometeorologicznych do planowania przestrzennego upraw rolniczych i hodowli. Omówiono także kilka modeli statystycznych sformułowanych w opracowaniach agrometeorologicznych w warunkach subtropikalnego klimatu Izraela.

Klimat Izraela

Na obszarze Izraela, według klasyfikacji klimatów Koeppena, wydzieli się trzy strefy klimatyczne: umiarkowaną (Cs), półsuchą (BS) i suchą (BW). W strefie wystę-

powania klimatu umiarkowanego można wydzielić trzy następujące regiony: Nizina Nadmorska, góry oraz doliny wewnętrzne.

Klimat Niziny Nadmorskiej jest ściśle związany z Morzem Śródziemnym. Dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza są małe, chociaż zdarzają się dni z temperaturą maksymalną 40°C. Dostyc często w zimie temperatura minimalna spada poniżej 0°C, ale dzięki wysokiej wilgotności powietrza temperatura generalnie jest dość wysoka. Wiatry w tym regionie to bryzy lądowe i morskie. Wzdłuż całego wybrzeża warunki klimatyczne są podobne, chociaż na północy spada trochę więcej deszczu, a temperatura jest nieco niższa. Roczna suma opadów w tym regionie wynosi od 500 mm na południu do 600 mm na północy.

Region górski jest najchłodniejszy. Amplituda dobową jest mała i wynosi 10°C, a amplituda roczna 17°C. Średnia roczna suma opadów wzrasta wraz z wysokością, ale istnieje duża różnica między opadami na zboczach wschodnich i zachodnich. Stacje na zachodnich zboczach gór, tam gdzie napływa powietrze bezpośrednio z morza, notują wyższe sumy opadów. W Galilei roczna suma opadów wynosi około 1000 mm; w górach Judei suma ta wynosi około 700 mm. Wiatry są

silniejsze niż na wybrzeżu, a największe prędkości notowane są w zimie.

Dwie doliny Jezrel i Hula są otoczone łańcuchami wzgórz. Taki układ powoduje, że jest to region o najwyższym prawdopodobieństwie przymrozków. Roczna suma opadów wynosi od 450 do 600 mm. Wiatry wieją równolegle do osi tych dolin i są słabsze niż w innych regionach.

Strefa klimatu półsuchego obejmuje północną część pustyni Negeb i dolinę Jordanu leżącą między Morzem Galilejskim a Morzem Martwym. Na pustyni Negeb amplitudy temperatury, roczna i dobową, są większe od 14°C; minimalna temperatura powietrza może być bardzo niska, nawet poniżej 0°C, zwłaszcza podczas bezchmurnych zimowych nocy. Zachmurzenie i opady w tym regionie są bardzo małe. Ewapotranspiracja potencjalna wynosi od 1700 do 2000 mm/rok i jest to około 10 razy mniej niż roczna suma opadów.

Obszar pustynny pokrywa mniej więcej połowę Izraela, całą część południową z pustynią Negeb i Wąwozem Araba. Jest to

region o najmniejszych opadach, najmniej zachmurzeniu i największym promieniowaniu słonecznym całkowitym. Amplituda roczna temperatury powietrza wynosi 18°C. Ewapotranspiracja potencjalna wynosi 25000 mm/rok i jest to 100 razy więcej niż roczna suma opadów. Temperatury maksymalne powietrza w regionie pustynnym są bardzo wysokie i dochodzą do 50°C. Jednak podczas zimowych nocy mogą zdarzać się nawet przymrozki. Wiatry średnio w roku wieją z kierunku północno-zachodniego i z północy.

Średnie trzydziestoletnie wartości wybranych elementów meteorologicznych zestawiono w tabeli 1.

Klimat a rejonizacja upraw

Przy planowaniu charakteru produkcji, metod uprawy ziemi i czasu trwania poszczególnych czynności gospodarskich trzeba brać pod uwagę warunki klimatyczne regionu. Dla produkcji rolniczej decydu-

TABELA 1. Wybrane charakterystyki klimatologiczne (z wielolecia 1961–90) dla stacji meteorologicznych położonych w różnych regionach klimatycznych

SK	Region	Stacja	h_s [m n.p.m.]	Temperatura °C			P [mm]	Ep [mm]
				średnia	maks.	min.		
Cs	Nizina Nadmorska	Tel-Awiw	10	19	46	–2	539	1300
		góry	934	16	40	–9	718	1500
		dolina wewn.	50	20	44	–12	483	1600
BS	półsuchy	Beer Szeba	280	20	46	–5	204	1700
		Tirat Zevi	–220	22	54	2	270	1600
BW	suchy	Sedom	–390	25	49	3	47	2100
		Eilat	12	25	47	1	25	2500

SK – symbol strefy klimatycznej wg Koeppena

h_s – wysokość nad poziom morza

śr – średnia roczna temperatura powietrza

maks. – średnia trzydziestoletnia najwyższa roczna temperatura powietrza

min. – średnia trzydziestoletnia najniższa roczna temperatura powietrza

P – średnia roczna suma opadów z trzydziestolecia

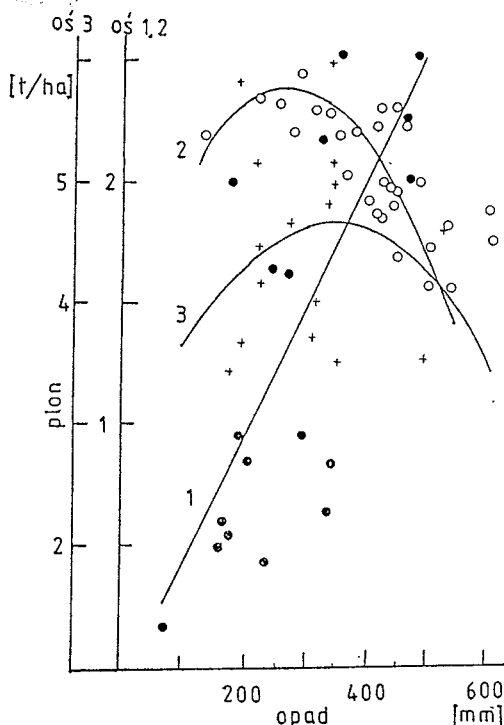
Ep – średnie roczne parowanie z ewaporometru pan klasy A

jącymi czynnikami są na ogół temperatura powietrza i opad atmosferyczny. W przypadku gdy temperatura jest dostatecznie wysoka, a taką sytuację spotykamy w Izraelu, jedynym czynnikiem determinującym optymalizację plonu staje się ilość wody dostarczonej roślinom (wyrażona za pomocą opadu lub wilgotności gleby).

Na rysunku 1 przedstawiono związek między wielkością plonu pszenicy a ilością opadu w jej okresie wegetacyjnym dla dwóch stref klimatycznych: umiarkowanej (Basen Paryski we Francji i Region Pojezierny w Polsce) i suchej (Mishmar HaNegeb w Izraelu).

Gloyne i Lomas (1980) za Geslinem i Bouchetem zaproponowali wykorzystanie zależności parabolicznej w wilgotnym regionie Basenu Paryskiego. Plony maksymalne są osiągane w latach z opadem niższym od opadu normalnego. Im bardziej suma opadów wzrasta powyżej pewnej granicy optymalnej, tym bardziej zmniejsza się wysokość plonu. Podobna zależność zachodzi w warunkach klimatu polskiego, co zostało wykazane m. in. przez Gołaszewskiego (1992). W przypadku regionu suchego, Lomas i Shashoua (1973) zaproponowali wykorzystanie systemu zależności liniowej, co oznacza, że każdy dodatkowy wzrost opadów powoduje wzrost plonu. Ponieważ ilość wody pochodzącej z opadów jest ograniczona, a także opad nie jest rozłożony równomiernie w czasie, należałoby znaleźć sposób redystrybucji opadu. Sposobem takim są nawodnienia, które zapatrują rośliny w wodę w wystarczającej ilości i w ściśle określonym czasie (w odpowiednich fazach rozwojowych). W Izraelu są one stosowane na bardzo szeroka skalę.

Przy regionalnym planowaniu upraw i hodowli na dużą skalę (mezoskala) należy brać pod uwagę takie czynniki, jak bilans



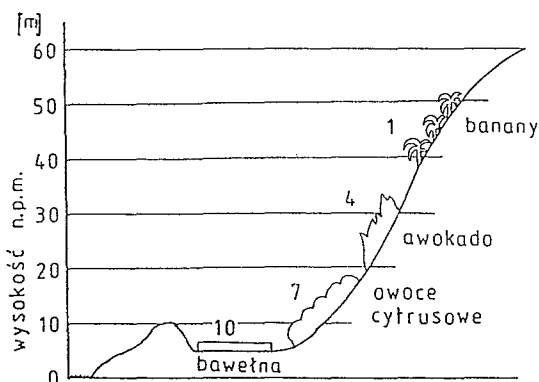
Rys. 1. Zależności między wielkością plonu pszenicy a sumą opadu w jej okresie wegetacyjnym. Strefa sucha (1- Izrael, • - dane dla Mishmar HaNegeb 1948-68, wg Lomasa i Shashouy 1973). Strefa umiarkowana (2- Francja, o - dane dla Basenu Paryskiego 1900-36, wg Geslin i Boucheta 1960; 3- Polska, + - dane dla Prusimia 1966-85, wg Gołaszewskiego 1992)

promieniowania słonecznego, odległość regionu od morza i wysokość nad poziom morza.

Przykładem planowania, w którym warunki regionalne zadecydowały o charakterze produkcji rolniczej jest dolina Jordanu. Obfitość wody (duże uwilgotnienie gleby), wysoka temperatura i duże usłonecznienie stwarzają doskonałe, naturalne warunki do upraw roślin tropikalnych (takich jak banany) i hodowli ryb wymagającej dużych ilości wody.

Innym przykładem planowania, w którym region decyduje o charakterze gospodarki, jest Górna Galilea. Aby uzyskać wysoki plon i wysoką jakość owoców, jabłonie np. muszą w okresie stagnacji otrzymać pewną dawkę zimna. Jest to właśnie osiągalne na skalistych zboczach wzgórz Górnej Galilei. W regionie tym, oprócz jabłoni, uprawia się także i inne owoce znane z naszych szerokości geograficznych (takie jak śliwki, wiśnie czy gruszki). Piaszczyste gleby Niziny Nadmorskiej wraz z jej klimatem śródziemnomorskim, charakteryzującym się gorącymi i suchymi oraz ciepłymi porami roku, które następują po deszczowych, chłodnych, ale niemroźnych zimach, stwarzają idealne warunki do uprawy owoców cytrusowych (takich jak pomarańcze, mandarynki, grape-fruity).

Podobne kryteria oceny przydatności terenu pod taką czy inną uprawę można zastosować przy planowaniu na skalę lokalną (mikroskala). Oprócz odległości od morza i wysokości względnej, na klimat lokalny oddziałuje także struktura krajobrazu. Na przykład w słabo przewiewnej, zamkniętej wzgórzami dolinie temperatura powietrza będzie osiągać wartości bardziej ekstremalne niż w miejscach wystawionych na przewietrzanie. W zimie, na skutek radiacji i napływającego chłodnego powietrza, temperatura może znacznie spadać powodując duże niebezpieczeństwo wystąpienia przymrozków. Przykładem uwzględnienia w planowaniu lokalnym struktury krajobrazu mogą być plantacje kibucu Rosh Hanikra, których przekrój przedstawiono na rysunku 2. Najwyżej zlokalizowano plantację bananów, owoców najbardziej czułych nawet na najkrócej trwające przymrozki (prawdopodobieństwo wystąpienia zimy z przymrozkiem wynosi 10%, czyli niebezpieczeństwo wystąpienia przymrozku istnieje co dziesiątą zimę). Poniżej



Rys. 2. Przekrój przez plantacje kibucu Rosh Hanikra. Liczby przy poszczególnych plantacjach pokazują przewidywaną liczbę zim, w trakcie których wystąpi przymrozek w ciągu 10 lat

zlokalizowano plantacje awokado i cytrusów, owoców także czułych na przymrozki (prawdopodobieństwo 40–70%). Najniższa część plantacji – kotlina (prawdopodobieństwo wystąpienia zimy z przymrozkiem ok. 100%) – została przeznaczona pod letnią uprawę bawełny. W zimie pole to pozostaje nie zagospodarowane.

Agrometeorologiczne modele statystyczne

Wybrano statystyczne modele agrometeorologiczne opracowane przez: Gat, Lomasa i Shashoué (Division of Agricultural Meteorology, Israel Meteorological Service), Ereza (Department of Fruit Trees), Fishmana (Department of Statistics and Experimental Design Agricultural Research Organization) oraz dwóch amerykańskich uczonych: Arona (Department of Geography, Central Michigan University) i Couvillona (Department of Horticulture, University of Georgia).

W badaniach na temat zależności planowania pszenicy od opadu atmosferycz-

nego (Lomas i Shashoua, 1973), przyjęto model liniowy w postaci funkcji:

$$Y = C + \sum a_i \cdot r_i$$

gdzie:

Y – plon pszenicy w kg/m^2

C – stała równania

a_i – współczynnik równania

r_i – suma opadu za i -ty okres dwutygodniowy w mm.

Model ten można przedstawić w nieco zmodyfikowanej formie jako:

$$Y = C + a' \cdot r + \sum B_i \cdot r_i$$

gdzie:

$$\sum B_i = 0$$

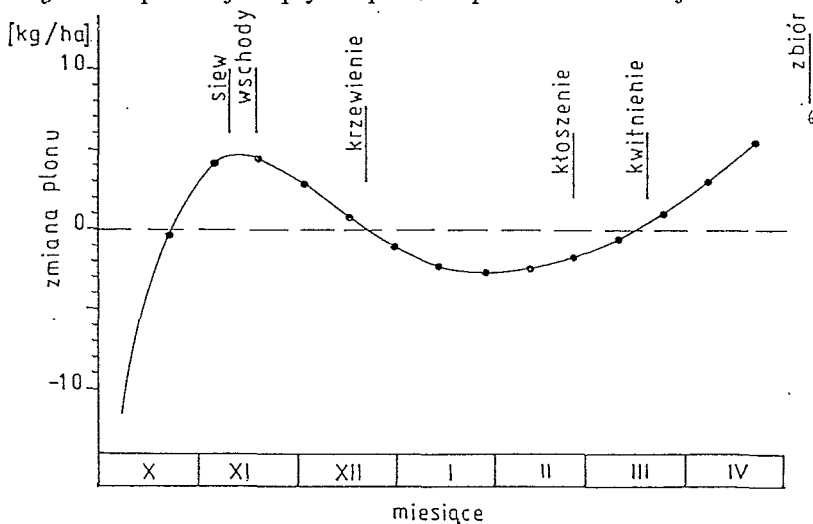
$r = \sum r_i/n$ – średni opad w okresie dwutygodniowym w mm, pozostałe oznaczenia jak wyżej.

Wpływ rozkładu opadu na plonowanie dany jest poprzez współczynniki B_i , a wpływ rocznej sumy opadów poprzez współczynnik a' . Na podstawie obliczonych współczynników B wykreślono krzywą, która pokazuje wpływ opadu w po-

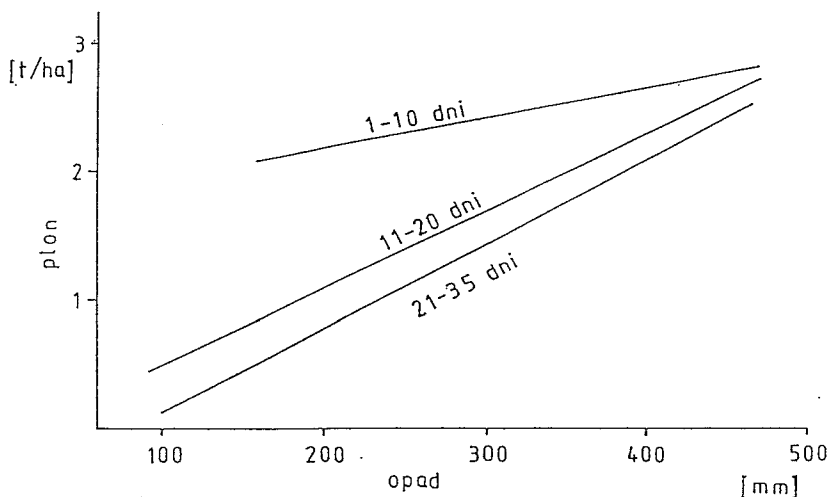
szczególnych okresach dwutygodniowych na przyrost plonu pszenicy (rys. 3).

W warunkach śródziemnomorskich, podczas fazy kłoszenia pszenicy bardzo często występują okresy napływu gorącego i suchego powietrza. Liczba suchych i gorących dni w ciągu roku jest odwrotnie proporcjonalna do rocznej sumy opadów. Analizując zależność plonu pszenicy od tych dwóch czynników, stwierdzono, że 80% zmienności plonu może być wytłumaczona zmiennością tych dwóch elementów (Lomas 1984). Zależność ta jest przedstawiona na rysunku 4. Widać, że wyższych plonów można oczekiwać przy większej sumie opadów (zależność liniowa) i przy mniejszej liczbie dni gorących. Związek ten został określony w celu długoterminowych prognoz prawdopodobieństwa plonowania w północnym regionie pustyni Negeb. Wielkości tych prawdopodobieństw powinny być jednym z argumentów w decyzjach ekonomicznych.

O ile dodatkowe ilości wody zawsze wpływają korzystnie na plonowanie, o tyle nie zawsze jest tak z dodatkowymi ilościami



Rys. 3. Średni wpływ opadu w różnych fazach rozwojowych pszenicy na plonowanie w Mishmar HaNegeb w latach 1949–68 (wg Lomasa i Shasouy 1973)



Rys. 4. Związek między plonowaniem pszenicy a roczną sumą opadów przy różnych zakresach ilości suchych i gorących dni w ciągu roku (wg Lomasa i Shashouy 1974)

mi ciepła. Zbyt duża dawka ciepła wpływa ujemnie nie tylko na plonowanie zbóż, ale nawet na plonowanie owoców subtropikalnych i tropikalnych. Opracowany został model statystyczny pokazujący niekorzystny wpływ zbyt dużych ilości ciepła na plonowanie awokado (Lomas, 1988). Do analizy przyjęto dwa rodzaje regresji: kwadratową i sześcienną, czyli

$$Y = a + b \cdot I + c \cdot I^2$$

$$Y = a + b \cdot I + c \cdot I^2 + d \cdot I^3$$

gdzie:

Y – spodziewany plon

I – ważona wartość wskaźnika Stresu Ciepłego HSI (Heat Stress Index)

a, b, c, d – współczynniki równania.

HSI jest obliczany za pomocą trzech następujących czynników: maksymalna dobowa temperatura powietrza, długość okresu z wysoką temperaturą oraz długość tego okresu w relacji do długości okresu kwitnienia. Opracowane wyniki przedstawia rysunek 5. Zarówno w przypadku funkcji kwadratowej, ajk i sześcienniej, dla

określonej optymalnej wartości HSI występuje pewne maksimum plonu.

Niektóre rośliny wymagają, aby temperatura powietrza podczas okresu zimowego spadła poniżej określonego progu i aby stan ten utrzymywał się przez jakiś czas. W przeciwnym razie plony tych roślin będą niższe od oczekiwanych. Omówiony poniżej model (Aron, Gat 1991) pozwala na określenie obszarów o określonym czasie trwania temperatury powietrza poniżej pewnych wartości progowych. Przyjęto następujące wartości progowe temperatury: $7,2^{\circ}\text{C}$; $8,4^{\circ}\text{C}$ i $10,4^{\circ}\text{C}$. Analizując różne wartości temperatury i ich kombinacje, otrzymano trzy równania:

$$N_1 = 1,9 + 21,7 \cdot B_1$$

$$N_2 = 1 + 22,65 \cdot B_2 + 0,159 \cdot t_{\min.}$$

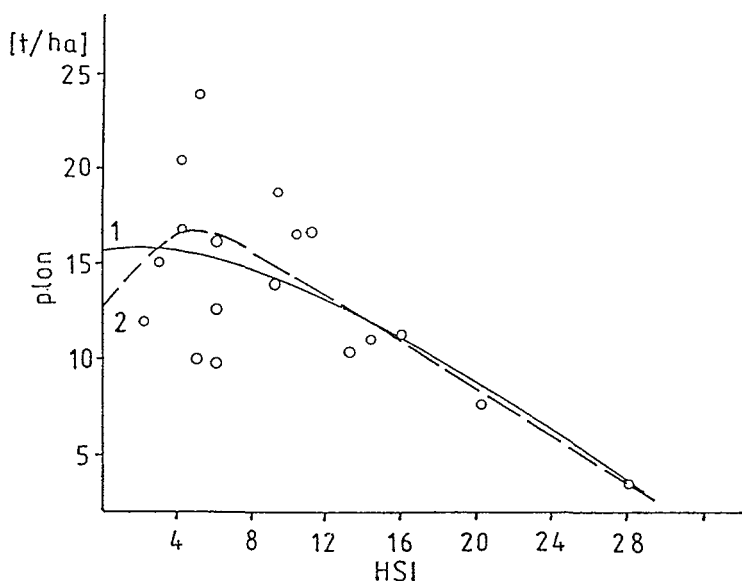
$$N_3 = 13,5 + 8,77 \cdot B_3 - 0,82 \cdot t_{\min.} - 0,2 \cdot t_{\max.}$$

gdzie:

$$B_1 = (7,2 - t_{\min.})/A$$

$$B_2 = (8,4 - t_{\min.})/A$$

$$B_3 = (10,4 - t_{\min.})/A$$



Rys. 5. Regresja kwadratowa (1) i sześcienna (2) między obliczonym wskaźnikiem stresu cieplnego HSI a plonowaniem owoców awokado w Kabri w latach 1963–83 (wg Lomasa 1988)

$A = t_{\text{maks.}} - t_{\text{min.}}$ – dobowa amplituda temperatury powietrza

$t_{\text{min.}}$ – temperatura dobowo minimalna

$t_{\text{maks.}}$ – temperatura dobowo maksymalna.

Korzystając z powyższych równań wykreślono mapy dla każdej z trzech temperatur progowych. Izolinie na mapach pokazują liczbę godzin (w ciągu roku), gdy temperatura powietrza jest niższa od wartości progowej.

Podsumowanie

Mały areal Izraela (ok. 400 tys. ha) zmusza do jak największej intensyfikacji produkcji. Aby osiągnąć wysoki stopień intensywności, współpraca między naukowcami – specjalistami nauk rolniczych a praktykami – użytkownikami ziemi musi być ścisła. Powinna ona polegać na szybkim wdrażaniu w życie nowoczesnych rozwią-

zań. Dotyczy to głównie takich sfer działalności, jak: planowanie przestrzenne upraw i hodowli, oparte na najnowszych opracowaniach naukowych; stosowanie na szeroką skalę nawodnień; użyźnianie gleby; prowadzenie badań nad nowymi odmianami roślin oraz przystosowywanie do uprawy roślin pochodzących z innych rejonów świata o podobnych warunkach klimatycznych.

Literatura

- ARON R., GAT Z. 1991: *Estimating chilling duration from daily temperature extremes and elevation in Israel*. Climate Research, Vol. 1; 125–132. Inter Research – Germany.
- EREZ A., FISHMAN S., GAT Z., COUVILLON G. A. 1988: *Evaluation of winter climate for breaking bud rest using the dynamic model*. Acta Horticulturae 232, Apple Culture; 76–89.
- GLOYNE R. W., LOMAS J. 1980: *Lecture notes for training class II and class III agricultural meteorological personel*. WMO 551; 260 p., Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva – Switzerland.

- GOŁASZEWSKI D. 1992: *Związek między plonowaniem wybranych roślin uprawnych i opadem atmosferycznym na glebach o różnej retencyjności*. Praca magisterska wykonana w Zakładzie Meteorologii i Klimatologii, 61 s., Warszawa.
- JAFFE S. 1988: *Climate of Israel*. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht – Holland.
- LOMAS J., GAT Z. 1967: *The effect of windborne salt on citrus production near sea in Israel*. *Agricultural Meteorology* 4; 415–425, Elsevier Publishing Company, Amsterdam – Holland.
- LOMAS J., SHASHOUA Y. 1973: *The effect of rainfall on wheat yields in an arid region*. Plant response to climatic factors. Proc. Uppsala, Symp. 1970; 531–538, UNESCO.
- LOMAS J. 1984: *Efficient utilization of climate resources for rainfed agriculture in Israel*. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 131. *Actual. Bot.* (2/3/4); 501–515.
- LOMAS J. 1988: *An agrometeorological model for assessing the effect of heat stress' during the flowering and early set on avocado yields*. *Journal Amer. Soc. Hort. Scien.* 113 (1); 172–176.

Summary

Agrometeorological applications under subtropical climate conditions in Israel. Some solutions of the agrometeorological applications has been presented in this paper. They have elaborated for subtropical conditions of Israel. After the short characteristic of the climate the connections between land–use planning and climate has been described. Climate–use planning was divided to macroscale and mesoscale. At the end of the paper following examples of the agrometeorological models have been presented: the effect of additional rainfall at different times on wheat yields; the relationship between the yield of wheat and annual rainfall at different levels of the number of hot and dry days; the model for assessing the effect of heat stress' during the flowering and early set on avocado yields; the models concerning of estimating chilling duration from daily temperature extremes.

Author's address:

Tomasz Rozbicki

Warsaw Agricultural University

ul. Nowoursynowska 166

02–766 Warszawa

Wiesław KOSIŃSKI

Katedra Geodezji i Fotogrametrii

Działalność naukowo-badawcza Katedry Geodezji i Fotogrametrii SGGW w latach 1979 – 1990

Można wyróżnić dwa główne zagadnienia, które stanowiły istotę prac naukowo-badawczych wykonywanych w Katedrze w wymienionych latach:

- określenie zakresu możliwości zastosowania metod fotogrametrycznych i fotointerpretacyjnych w ramach prac geodezyjnych dla melioracji wodnych,
- zastosowanie metod automatycznego opracowania treści wysokościowej map wielkoskalowych.

Zagadnienia te wzajemnie się uzupełniają, stanowią bowiem zasadniczą tematykę wykonywanych prac. W okresie tym wykonano trzy zespołowe prace badawcze, które stanowiły podstawę do opracowania własnych prac naukowych członków zespołu Katedry, przeważnie dla zdobycia stopni naukowych.

Wysokie wymagania dokładnościowe stawiane opracowaniom wykonywanym na potrzeby wodnomelioracyjne wpłynęły na szczegółowe zbadanie możliwości fotogrametrii w tym zakresie. Na podstawie rozważań teoretycznych i niewielkich prób praktycznych można sądzić, że stopień dokładności tych opracowań będzie wystarczający dla celów wodnomelioracyjnych. Z tego powodu w końcu 1978 r. Ministerstwo Rolnictwa za pośrednictwem BIPROMEL-u zleciło Katedrze wykonanie pracy studialnej pt.

Wykorzystanie zdjęć lotniczych i metod stereofotogrametrycznych dla potrzeb projektowania w zakresie wodnych melioracji. Oprócz rozważań teoretycznych, praca obejmowała część eksperymentalną oraz analizę i ocenę jej poszczególnych części. Prace eksperymentalne wykonano na dwóch obiektach o różnej konfiguracji terenu, tzn. w terenie płaskim, lekko falistym oraz w terenie o morenowej, zróżnicowanej rzeźbie. Przeanalizowano i praktycznie zbadano następujące sposoby opracowania zdjęć:

1. Oceniono zastosowanie aerotriangulacji przestrzennej jako osnowy sytuacyjno-wysokościowej. Współrzędne płaskie otrzymano z błędem średnim poniżej 0,10 m, z różnych wariantów sieci i wyrównania, co jest całkowicie wystarczające. Współrzędne wysokościowe otrzymano z błędem średnim $\pm 0,15$ m dla obiektu płaskiego i $\pm 0,13$ m dla obiektu morenowego, co stanowiło podstawę do prowadzenia dalszych prac badawczych w tym zakresie.

2. Przeanalizowano możliwość automatycznego opracowania rzeźby terenu na podstawie danych numerycznych otrzymanych z opracowań fotogrametrycznych. Opracowano algorytmy w celu otrzymania krzywych warstwicznych, co pozwoliło ułożyć program dla mikrokom-

putera WANG 2200 MVP. Wykonano wiele wariantów map warstwicznych. Próby te były całkowicie udane. Uzyskano warstwice o dokładności minimalnie mniejszej od otrzymywanych metodą tradycyjną.

3. Sporządzono ortofotomapę wzbogaconą treścią kreskową. Opracowanie to jest nową, wyższą jakościowo formą mapy dla celów projektowania. Obok bogactwa treści przedstawionej fotograficznie, na mapie tej znajdują się narysowane warstwice, punkty wysokościowe oraz inne szczegóły, które nie zostały odfotografowane lub takie, które mają znaczenie dla projektowania. Stosowany powszechnie na mapach rysunek kreskowy jest formą prezentacji treści mapy, która nie zawsze wiernie odzwierciedla sytuację terenową, często istotną dla prawidłowego rozwiązania projektu.

4. Określono dokładność opracowań rzeźby terenu otrzymanej metodami fotogrametrycznymi. Za podstawę przyjęto:

- 1) terenowy pomiar położenia i wysokości punktów metodą tachimetryczną,
- 2) niwelację profilów terenowych,
- 3) bezpośrednie warstwiczowanie w terenie.

Badanie dokładności opracowań autogrametrycznych wykonano dwiema metodami – punktową i za pomocą profilów terenowych.

- Wyniki badania metodą punktową:
- dla mapy terenu płaskiego $m_H = \pm 0,22$ m,
- dla mapy terenu morenowego $m_H = \pm 0,23$ m.

Maksymalne robieźności są w przybliżeniu 3-krotnie większe od błędów średnich i wynoszą od $-0,72$ do $+0,65$ m.

- Wyniki badania za pomocą profili terenowych:
- dla mapy terenu płaskiego opracowanej w OPGK Białystok $m_H = \pm 0,18$ m,

- dla mapy opracowanej na Politechnice Warszawskiej $m_H = \pm 0,27$ m,
- dla mapy terenu morenowego otrzymanego $m_H = \pm 0,34$ m.

Ponadto wykonano badania dokładności warstwic metodami Köppego i Lindiga. Wyniki tych badań dla map fotogrametrycznych są nieznacznie gorsze niż dla analogicznych map sporządzonych metodami tradycyjnymi. W każdym z opracowań fotogrametrycznych stwierdzono istnienie błędów systematycznych. Są to błędy ze znakiem „+”, tzn. teren na opracowaniach jest wyższy od rzeczywistego.

5. Określono dokładność treści sytuacyjnej na mapach opracowanych fotogrametrycznie. Otrzymano dokładność całkowicie wystarczającą.

6. Przedstawiono dodatkowe możliwości wykorzystania zdjęć lotniczych w trakcie prac projektowych w warunkach biur projektów wodnomelioracyjnych. Jest to studium fotointerpretacji zdjęć lotniczych służących do projektowania.

W latach 1982–1985 Katedra podjęła się wykonania pracy badawczej zleconej przez Instytut Geodezji Gospodarczej Politechniki Warszawskiej na temat *Zastosowania metod fotogrametrii oraz numerycznego modelu terenu w procesie automatyzowania sporządzania map sytuacyjno-wysokościowych terenu płaskiego oraz w procesie automatyzowania prac projektowych dla celów wodnomelioracyjnych*, wchodzącej do problemu resortowego MNSWiT pn. *Optymalizacja pomiarów geodezyjnych*.

Podczas wykonywania tej pracy korzystano z materiałów pracy studialnej, przy czym rozszerzono badania w dwóch kierunkach, co stało się podstawą opracowania następujących prac doktorskich:

- Andrzeja Zbuckiego pt. *Analiza możliwości zastosowania numerycznego modelu terenu otrzymanego na drodze*

fotogrametrycznej oraz klasycznej, w projektowaniu sieci wodnomelioracyjnych. W pracy tej rozszerzono zakres doświadczeń dotyczących zastosowania mikrokomputera WANG 2200 MVP z plotterem do rysowania warstwic na mapie. Tworzony w trakcie opracowań numeryczny model terenu został wykorzystany do projektowania sieci melioracyjnych. Podano sposób wykorzystania numerycznego modelu terenu przy projektowaniu zbieraczy, linii jednokowego i określonego spadku.

- Pawła Orłowskiego pt. *Analiza możliwości wykorzystania modelu stereoskopowego w projektowaniu sieci wodnomelioracyjnych*. W pracy tej podjęto badania mające na celu ocenę możliwości wykorzystania stereoskopowego modelu terenowego, utworzonego w autografii, do projektowania sieci odwadniającej. Zakres badań obejmował opracowanie sieci odwadniającej oraz wykonanie analiz projektu pod kątem prawidłowego rozpoznania rzeźby terenu (analiza poziomego układu sieci) i dokładności fotogrametrycznych opracowań wysokościowych. Uzyskano zadowalającą dokładność tych opracowań zapewniającą przydatność tej metody do sporządzania projektów. Sposób ten powinien być stosowany w terenie o większych deniwelacjach. Wyraźniejszy w tym wypadku efekt stereoskopowy ułatwi prawidłową interpretację terenu, a tym samym ułatwi projektowanie.

Oprócz tej tematyki, która stała się bezpośrednio udziałem powyższych prac doktorskich, przeprowadzono badania dotyczące wykorzystania dostępnych i funkcjonujących wówczas programów do automatycznego opracowania warstwic na mapach przeznaczonych dla melioracji wod-

nych. Wykorzystano dwa programy: 1) opracowany w Centrum Obliczeniowym SGGW dla komputera RIAD 35 oraz 2) opracowany w Zakładzie Elektronicznej Techniki Obliczeniowej ZETO dla komputera typu ODRA. Analizy przeprowadzono dla map terenu płaskiego, sporządzonych na podstawie danych pomiarowych uzyskanych fotogrametrycznie oraz z tachimetrii. Wykorzystano materiały z pracy studialnej dla obiektu w terenie płaskim. Dla porównania sporządzono mapę tachimetryczną techniką tradycyjną i oceniono ją w podobny sposób jak mapy komputerowe. Przeprowadzone analizy wykazały, że w terenie płaskim i lekko falistym można uzyskać techniką komputerową dokładność warstwic nie mniejszą od tej, którą zapewnia metoda tachimetryczna.

W latach 1986–1990 kontynuowano badania w ramach programu resortowego MEN pn. *Nowe metody pomiarów geodezyjnych i fotogrametrycznych*. Temat badawczy wykonywany przez zespół Katedry miał tytuł: *Doskonalenie fotogrametrycznych i komputerowych metod opracowań warstwicowych dla map wielkoskalowych*.

W ramach tego tematu podjęto następujące problemy badawcze:

- badanie dokładności wysokości w opracowaniach autogrametrycznych i analitycznych oraz prace nad jej podniesieniem;
- badanie dokładności aerotriangulacji;
- wykorzystanie techniki komputerowej do opracowań warstwicowych.

Podstawą do przeprowadzenia powyższych badań były obszerne prace polowe na terenie poligonu fotogrametrycznego CHEJCINY.

Sporządzono następujące mapy warstwicowe:

- 1) na autografii Wild A8;
- 2) na autografii Topocart B;

3) na podstawie interpolacji punktów mierzonych na autografie Wild A8;

4) mapę warstwicową tachimetryczną.

Badano dokładność opracowań warstwicowych oraz opracowań punktowych. Przeprowadzono analizę wartości i rozkładu błędów wysokości i stwierdzono występowanie błędów systematycznych w postaci „przebiegu modelu” w jego środku. Ograniczenie wpływu błędów systematycznych jest możliwe, jeżeli używa się kamer z nowoczesnymi obiektywami, stosuje się wysokiej jakości materiały fotograficzne, stosuje się sposoby eliminujące wpływ dystorsji oraz refrakcji i gdy obserwacje wykonywane są na autografach dających dużą dokładność opracowania.

Oprócz tych podstawowych przeciwdziałań można korygować występowanie błędów systematycznych w końcowej fazie opracowania, co w tym wypadku było jedynie możliwe. W związku z tym została zaproponowana przez dr. hab. Jerzego Wysockiego metoda pozwalająca na zwiększenie dokładności fotogrametrycznych opracowań wysokościowych przez kompensowanie wpływu błędów systematycznych. W tym celu wyznacza się wielomian aproksymujący, którego parametry określone są numerycznie, na podstawie układu równań, z uwzględnieniem odpowiedniej liczby zaobserwowanych fotopunktów. Wyznaczone parametry wielomianu dla każdego modelu służą do obliczania na bieżąco poprawek do wysokości punktów pomierzonych na autografie. Zastosowanie tej metody pozwoliło uzyskać dwukrotne zwiększenie dokładności fotogrametrycznego pomiaru wysokości z dokładnością taką samą jak przy sporządzaniu map tachimetrycznych.

Następnie określono dokładność wysokości punktów wyznaczonych w sposób analityczny. Do opracowań analitycznych

można precyzyjnie wprowadzić poprawki ze względu na różne źródła błędów systematycznych i z tego powodu spodziewano się lepszych wyników niż te, które uzyskano analogowo. Obserwacje i obliczenia wykonano w Zakładzie Fotogrametrii Politechniki Warszawskiej. Obliczenia wykonano w dwóch wariantach. W pierwszym wariancie do obliczeń nie wprowadzono danych dotyczących kalibracji kamery. Poprawiono jedynie skurcze zgodnie z przyjętą nominalną odległością znaczków tłowych. W drugim wariancie wprowadzono dane z kalibracją kamery. Porównując warstwicę uzyskaną na podstawie punktów wyznaczonych analitycznie z warstwicami wzorcowymi obliczono błędy średnie warstwic: dla wersji pierwszej $m_H = \pm 0,27$ m, a dla wersji drugiej $m_H = \pm 0,22$ m.

W części tematu dotyczącej badania techniki komputerowej przy opracowywaniu warstwic na mapach wielkoskalowych sprawdzono możliwości wykorzystania do tego celu mikrokomputera typu IBM z wyposażeniem oraz specjalistycznym oprogramowaniem. Do przeprowadzenia badań udostępniono nam jedynie program SURFER firmy Golden Software. Wstępnie przeprowadzone analizy pozwoliły na dokonanie wyboru czterech podstawowych wariantów opracowań, które poddano bardziej szczegółowym badaniom. Dotyczyło to terenu płaskiego i falistego o gęstości rozmieszczenia punktów pomiarowych od 6 do 10 na 1 ha. We wszystkich wariantach zastosowano metodę kriging i współczynnik potęgi 2 przy wygładzaniu warstwic.

Są to następujące warianty:

- siatka – 50 m; liczba punktów do interpolacji – 10;
- siatka – 25 m; liczba punktów do interpolacji – 10;
- siatka – 25 m; liczba punktów do interpolacji – 5

- siatka – 12,5 m; liczba punktów do interpolacji – 10.

Prace przy użyciu mikrokomputera poprzedziło utworzenie numerycznego modelu terenu na podstawie klasycznych pomiarów w terenie z wykorzystaniem dalmierza EOT 2000. Szczegółowe badania zostały przeprowadzone na obszarze, gdzie wcześniej wykonano bezpośrednie warstwiciowanie z zastosowaniem niwelatora. Zastosowanie siatek o gęstości 25 m i 50 m pozwoliło na uzyskanie takiej samej praktycznie dokładności warstwic z błędem średnim $m_H = \pm 0,24$ m jak sposobem tradycyjnym. W miejscach, gdzie spadki terenu są istotnie większe od przeciętnych, siatka o większej gęstości daje lepszy obraz warstwic. W związku z tym może być celowe w podobnych przypadkach opracowanie fragmentów terenu z wykorzystaniem gęstszej siatki niż dla całego obszaru.

- Zmniejszenie liczby punktów do interpolacji w stosunku do ilości optymalnej, proponowanej przez program, powoduje pogorszenie kształtu warstwic i co za tym idzie, spadek dokładności tych warstwic.
- Porównanie wariantów (opracowań) o małej gęstości oczek i optymalnej gęstości oczek pozwoliło na wychwylenie błędów grubych, które wystąpiły w danych geodezyjnych kilku punktów. Postępowanie takie może być stosowane do wykrywania omyłek.

Przeprowadzone w ramach tego tematu badania stały się podstawą do napisania przez dr. Jerzego Wysockiego rozprawy habilitacyjnej pt. *Problemy dokładności nowoczesnych technik opracowania wielkoskalowych map warstwicowych pod kątem potrzeb wodnomelioracyjnych* oraz pracy doktorskiej napisanej przez dr. Nguyen Khac Nghinh pt. *Ocena przydatności wybranych osnów pomiarowych dla foto-*

grametrycznego opracowania wysokościowego map wielkoskalowych.

Dr Jerzy Wysocki przedstawił wyniki wieloletnich badań dokładności fotogrametrycznej i komputerowej techniki opracowania wielkoskalowych map warstwicowych na potrzeby melioracji wodnych. Zaproponował metodę kompensowania wpływu błędów systematycznych w fotogrametrycznych opracowaniach wysokościowych. Metoda ta może być stosowana z użyciem powszechnie dostępnych mikrokomputerów. Jako dodatkowe kryterium oceny dokładności map warstwicowych, obok dokładności bezwzględnej, dr Wysocki proponuje przyjąć dokładność względną, odzwierciedlającą poprawność kształtu warstwicy, która wynika z poprawności odтворzenia morfologii terenu. W wymienionej pracy przedstawiono także badania dokładności wielkoskalowych map warstwicowych opracowanych techniką komputerową.

Dr Nguyen Khac Nghinh badał przydatność niwelacji trygonometrycznej i aerotriangulacji przestrzennej jako sposobów wyznaczania rzędnych punktów osnowy, niezbędnych dla opracowań fotogrametrycznych. Zakres prac został tak zaplanowany, aby wyniki mogły być przydatne w pracach geodezyjnych melioracji wodnych w Wietnamie.

Kontrolne opracowania autogrametryczne dr Nghinh wykonał na autografach Topocart B oraz Wild A8. Podstawowy wniosek tej pracy brzmi: niwelacja trygonometryczna przy użyciu dalmierza elektrooptycznego typu EOT 2000 lub innych dalmierzów tej dokładności w zupełności zastępuje niwelację geometryczną dla pomiaru osnowy dla autogrametrycznego opracowania wysokościowego.

W ramach badań własnych wykonano w Katedrze w omawianym okresie jeszcze

dwie prace doktorskie: dr. Wojciecha Buczka pt. *Analiza przydatności punktów identyfikowanych do opracowania map fotogrametrycznych dla wodnych melioracji*. Dr Wojciech Buczek opracował swą rozprawę w latach 1984–1987, wykorzystując materiały pracy studialnej. W pracy tej zaproponował wykorzystanie punktów identyfikowanych jako punkty osnowy sytuacyjno-wysokościowej dla opracowań fotogrametrycznych oraz aby współrzędne tych punktów uzyskiwano za pomocą aerotriangulacji przestrzennej. Dr W. Buczek zastosował aerotriangulację blokową metodą niezależnych wiązek tworzonych w trakcie analizy według koncepcji Schuta. Uzyskał znaczne dokładności współrzędnych wysokościowych punktów: – na punktach kontrolowanych sygnalizowanych $\pm 0,118$ m; – na pikietach i punktach przekrojów niwelacyjnych $\pm 0,125$ m. Uzyskany przez dr. W. Buczka stopień dokładności prac należy uznać za dobry, pamiętając, że wykorzystywał zdjęcia archiwalne.

Praca dr. Jacka Hałkowskiego pt. *Oce-
na przydatności zdjęć lotniczych do bada-
nia wybranych zmian fizjograficznych me-
liorowanych dolin rzecznych* powstała w
latach 1984–1987. Znaczne usprawnienie
procesu uzyskiwania informacji o terenie
można uzyskać przez zastosowanie do tego
celu interpretacji zdjęć lotniczych istnieją-

cych oraz zdjęć lotniczych wykonanych
specjalnie dla badań środowiska geogra-
ficznego.

Dr Jacek Hałkowski zgromadził zdję-
cia lotnicze fragmentów doliny Górnej Na-
rwi z różnych okresów i przeanalizował
teoretycznie oraz sprawdził praktycznie
możliwość zastosowania metod fotograme-
trycznych i fotointerpretacyjnych w róż-
nych fazach przedsięwzięcia melioracyj-
nego. Wybrał do badań następujące zagad-
nienia szczegółowe:

- stan brzegów rzeki i rodzaje uszko-
dzeń brzegów,
- zmiany linii brzegowych rzeki w cza-
sie,
- stan brzegów rzeki w powiązaniu z jej
układem poziomym,
- stan terenu przyległego do rzeki i
zmiany spowodowane pracami melioracyj-
nymi, rozpoznanie gleb hydrogenicznych.

Dla każdego zagadnienia dr J. Hałko-
wski opracował szczegółową metodykę je-
go badania na zdjęciach lotniczych, uwz-
ględniającą konieczną dokładność rozpo-
znania.

Wyniki przedstawione w pracy wska-
zują nowe, dotychczas mało wykorzystane
możliwości zastosowania zdjęć lotniczych
i materiałów fotogrametrycznych do bada-
nia obszarów meliorowanych.

Działalność naukowo-badawcza Katedry Przyrodniczych Podstaw Melioracji

Wprowadzenie

Katedrę Przyrodniczych Podstaw Melioracji powołano w 1962 roku w wyniku połączenia Katedry Ekologii Roślin z Zakładem Łączności. Kierownikiem Katedry został wówczas prof. dr Józef Prończuk. W latach 1982–1986 Katedrą kierował prof. Mikołaj Nazaruk, a obecnie prof. dr hab. Henryk Pawłat.

W Katedrze zatrudnionych jest 8 pracowników, w tym: 2 profesorów, 2 adiunktów, 1 asystent i 3 pracowników naukowo-technicznych. Jej bazę naukową stanowią 2 pracownie (chemiczno-wodna i botaniczna), pole ekologiczne wraz ze stacją lizymetryczną, część szklarni oraz pole doświadczalne w RZD Puczniew.

Tematyka badawcza Katedry obejmuje szeroki zakres zagadnień, które rozwijają się w miarę narastających problemów produkcyjnych i środowiskowych kraju. Główne kierunki badań przedstawiono w dwunastu punktach z krótkim ich omówieniem.

● **Typologiczny podział siedlisk użytków zielonych.** Inwentaryzację i waloryzację siedlisk użytków zielonych w Polsce do celów rolniczo-melioracyjnych przeprowadza się posługując się typologicznymi

grupami i rodzajami. Ich głównym twórcą był prof. dr J. Prończuk. Podział ten wszedł na stałe do nauki i praktyki. W ostatnich latach jest on w niewielkim stopniu modyfikowany, ale ogólne jego zasady pozostały zachowane.

● **Ocena efektywności inwestycji melioracyjnych.** Problematyka badawcza z tego zakresu dotyczyła:

- efektywności gospodarczej i ekonomicznej inwestycji,
- oceny stanu technicznego urządzeń melioracyjnych,
- porównania uzyskanych efektów z założeniami projektowymi,
- zaleceń dotyczących poprawy wykorzystania potencjału produkcyjnego zmeliorowanych użytków.

W ramach powyższej problematyki w latach 1962–1992 wykonano w Katedrze ponad 30 ekspertyz pomelioracyjnych. Zebrane materiały posłużyły do opracowania syntetycznego poglądu na meliorację, zagospodarowanie i użytkowanie zmeliorowanych łąk (Prończuk, Pawłat, Łojewski 1968). Uwagi i zalecenia wynikające z badań były oceniane na bieżąco i przekazywane użytkownikom, inwestorom i biuram projektowym. Znajdują się one w licznych publikacjach naukowych (Wiad. Mel. i Łąk., Nowe Rolnictwo).

● **Wpływ warunków siedliskowych i użytkowania na plony i zbiorowiska roślinne łąk zmeliorowanych.** Na podstawie szerokich badań terenowych dotyczących plonowania i szaty roślinnej łąk i porównania składu botanicznego runi z wysianymi mieszkankami łąkowymi ustalono przyczyny częstej degradacji zagospodarowanych łąk i pastwisk. Stwierdzono, że degradacja ta powodowana jest wieloma czynnikami, a szczególnie brakiem właściwych zabiegów pratotechnicznych (użytkowanie, nawożenie) oraz nieprawidłowo prowadzoną gospodarką wodną.

Badania pozwoliły na bardziej szczegółową ocenę przydatności poszczególnych gatunków traw przy zagospodarowaniu pomelioracyjnym łąk, szczególnie w odniesieniu do zróżnicowanych gleb organicznych. Synteza tych badań była tematem rozprawy habilitacyjnej M. Tołwińskiej (1967).

Na podstawie eksperymentów prowadzonych na madach zwięzłych sformułowano wiele wniosków o znaczeniu naukowym i praktycznym. Stwierdzono między innymi, że w wyniku współdziałania uwilgotnienia i nawożenia kształtuje się optimum warunków, przy których produktywność roślin jest najwyższa. Dla każdego stopnia uwilgotnienia występuje inne optimum zasobności gleb w składniki pokarmowe. Optymalne dawki nawozowe są wyższe w miarę wzrostu uwilgotnienia gleby.

Wyniki powyższych badań były podstawą też pracy doktorskiej H. Pawłata (1972). Na ich podstawie, a także wyników uzyskanych z ekspertyz, opracowano w formie zaleceń *Podstawy racjonalnej gospodarki wodą w profilu glebowym łąk na madach rzecznych bardzo ciężkich*. Materiały te zostały zalecone przez CBSiPWM do wykorzystania w projektowaniu i eks-

ploatacji urządzeń melioracyjnych (Pawłat 1976).

● **Efektywność nawodnień grawitacyjnych na łąkach.** W latach 1959–1966 M. Nazaruk prowadził badania porównawcze nad wpływem nawodnień zalewowych i podsiąkowych (na tle zróżnicowanego nawożenia) na plonowanie łąk i wartość paszy. Wykazał, że samo nawodnienie wodami ubogimi w składniki pokarmowe (bez nawożenia) tylko nieznacznie podnosi plony. W latach chłodnych i wilgotnych nawodnienie zalewowe nawet je obniżało. Wyższość nawodnienia zalewowego w stosunku do podsiąkowego występuje tylko w latach suchych i ciepłych.

W latach 1986–1990 temat ten kontynuowali M. Nazaruk i H. Pawłat w ramach RPBR RP.II.14. Syntezą ich jest 5 opracowań oddanych do druku w Zeszytach Naukowych AR Wrocław.

● **Intensyfikacja gospodarki pastwiskowej w rejonie środkowej Polski.** Badania dotyczyły:

- oceny wydajności pastwisk,
- zasad racjonalnego użytkowania i organizacji gospodarki pastwiskowej,
- potrzeb nawozowych i wpływu nawożenia na skład zbiorowisk roślinnych i skład chemiczny paszy,
- efektywności nawodnień deszczowniastych pastwisk,
- doboru roślin do mieszanek pastwiskowych.

Znaczącym osiągnięciem było wykazanie wpływu współdziałania nawożenia i deszczowania na produktywność pastwisk oraz określenie dawek, przy których deszczowanie staje się opłacalne. Wyniki badań wykorzystywano przy opracowywaniu technologii nawożenia i deszczowania pastwisk oraz zasad racjonalnego ich użytkowania. Znalazły one zastosowanie w projektowaniu i urządzaniu pastwisk oraz w dy-

daktyce. Były one tematem rozprawy doktorskiej (1966) i habilitacyjnej (1978) M. Nazaruka oraz licznych jego publikacji.

W latach 1976–1990 problematykę tę kontynuowano w programach międzyresortowych MR.II/11 i MR.II/14 oraz w CPBR 10.2.3. Na podstawie badań polowych opracowano 15 mieszanek pastwiskowych w różnych okresach technologicznych spasaną wiosną (M. Nazaruk, K. Piekut i J. Kowalczyk).

● **Technologiczno-przyrodnicze aspekty rolniczego wykorzystania ścieków miejskich w dolinie rzeki Ner.** W ramach powyższej tematyki pod kierunkiem M. Nazaruka badano następujące zagadnienia:

- tolerancję poszczególnych gatunków traw na zwiększone dawki ścieków,
- dobór traw do mieszanek łakowych na tereny nawadniane ściekami,
- celowość i wielkość dawek uzupełniającego nawożenia mineralnego,
- ocenę wartości pokarmowej paszy z łąk nawadnianych ściekami i intensywnie nawożonych,
- wpływ nawodnień stokowych na właściwości chemiczne i fizyczne gleb.

Rozpoczęto je w 1972 roku jako tematy własne, a w latach 1976–1985 kontynuowano w ramach tematów międzyresortowych MR.II/11 i 14. Wyniki dotyczące powyższej problematyki, oprócz licznych artykułów, stanowiły podstawę do opracowania dwóch prac doktorskich na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska (J. Jaros 1984 i K. Piekut 1990), jednej pracy na Wydziale Rolniczym (M. Piguła 1990) i jednej na Wydziale Zootechnicznym (M. Przedpełski 1989).

● **Granice produktywności zbiorowisk trawiastych.** W latach 1977–1990 na stacji lizymetrycznej Katedry prowadzono badania w celu określenia zależności przy-

czynowo-skutkowych między strukturą zbiorowiska trawiastego i jego produktywnością a warunkami siedliskowymi. Określono je dla zbiorowisk trawiastych w czystym siewie i w mieszkach uprawianych na nawadnianej podsiąkowo glebie aluwialnej, deluwialnej i torfowej, nawożonej zróżnicowanymi dawkami gnojowicy i nawozów mineralnych.

Na podstawie wyników badań stwierdzono, że istnieją granice produktywności zbiorowisk trawiastych, których przekroczenie narusza równowagę ekologiczną ekosystemu łąkowego. Granice te są różne dla poszczególnych fitocenoz i ich układów siedliskowych, wyznaczone zwykle przez natężenie poszczególnych czynników ekologicznych ekosystemu. Określono je dla warunków badań. Uzyskane wyniki przedstawione zostały w rozprawie habilitacyjnej H. Pawłata (1982) i doktorskiej G. Koca (1988) oraz licznych publikacjach naukowych i referatach wygłoszonych na konferencjach i sympozjach naukowych.

● **Wpływ piętrzenia zbiorników wodnych na tereny przyległe.** W latach 1975–1982 H. Pawłat, M. Nazaruk i M. Tołwińska uczestniczyli w zespołowych badaniach zmian warunków siedliskowych (na terenach przyległych), zachodzących na skutek piętrzenia zbiorników wodnych. Na ich podstawie opracowali wytyczne w zakresie:

- metodyki rozpoznawania warunków przyrodniczych do ustalenia potrzeb melioracji terenów przyzbiornikowych na etapie przedprojektowym i w trakcie eksploatacji,
- metodyki prognozowania zmian warunków siedliskowych na terenach przyzbiornikowych.

Wyniki tych badań wykorzystane zostały przez inwestorów (ODGW), projektantów (Hydroprojekt i CBSiPWM), a

także wykonawców (Biul. Inf. Mel. Rol. 1; 1990). Były też referowane na kilku konferencjach oraz publikowane w czasopismach.

● **Stan techniczny i biologiczne umocnienia wałów przeciwpowodziowych oraz skarp cieków.** W latach 1983–1992 prowadzono badania dotyczące:

- oceny stanu technicznego wałów przeciwpowodziowych rzek podgórskich, niżu środkowopolskiego i przymorza (w programie PR.7), technologii biologiczno-technicznych umocnień wałów przeciwpowodziowych oraz skarp cieków i kanałów (w programie PR.7, PR-II-19 i opracowaniach ekspertryz),
- ochrony nasypów ziemnych przed uszkodzeniami powodowanymi przez drobne ssaki (w problemie resortowym 28),
- technologii ograniczania zbędnej roślinności w rowach, kanałach i ciekach metodami biologicznymi i chemicznymi (współpraca z IMUZ).

Zebrane materiały posłużyły do opracowania i wdrożenia:

- metody rejestracyjno-bioindykacyjnej oceny stanu technicznego wałów przeciwpowodziowych w czasie ich przeglądu (Biul. Inf. Mel. Rol. 3; 1987),
- zasad biologicznego umocnienia nasypów ziemnych i skarp regulowanych cieków (Biul. Inf. Mel. Rol. 4; 1986 i 3; 1989),
- metody ochrony nasypów ziemnych przed szkodami drobnych ssaków (Biul. Inf. Mel. Rol. 4; 1989),
- wytycznych ograniczania zbędnej roślinności na obiektach melioracyjnych (Bibl. SITWM NOT z. 2; 1989).

Wyniki badań opublikowano także w licznych czasopismach i materiałach konferencyjnych. W ramach tematyki biologi-

cznych umocnień wałów przeciwpowodziowych mgr P. Gobiecki otworzył przewód doktorski.

● **Oddziaływanie roślinności wodnej i szuwarowej na ruch wody i morfologię koryt rzecznych.** Badania w tym zakresie przeprowadzono w latach 1986–1992 na dopływach dorzecza rzeki Biebrzy. Dotyczyły one charakterystyki występujących tam zbiorowisk wodnych, stopnia zarastania koryt, sukcesji poszczególnych zbiorowisk w ciągu lata oraz wpływu na hydrologiczne właściwości koryt rzecznych. Zebrane materiały przedstawiono w pracy doktorskiej K. Pachuty (1989) oraz w kilku publikacjach naukowych i popularnonaukowych.

● **Ochrona i kształtowanie środowiska w melioracjach.** W ostatnich latach badania pracowników Katedry koncentrują się na zagadnieniach ochrony środowiska w melioracjach. Dotyczą one:

- ekologicznej i gospodarczej oceny funkcjonowania ekosystemów łąkowych,
- wpływu rolnictwa konwencjonalnego i ekologicznego na migrację składników z ryzosfery roślin do wód gruntowych,
- bezuprawowej metody odnawiania runi łąk i pastwisk (współpraca z Uniwersytetem w Wisconsin),
- projektowania, wykonawstwa i eksploatacji systemów melioracyjnych na terenach prawnie chronionych,
- wpływu inwestycji i obiektów na środowisko przyrodnicze.

Efektem tych badań są liczne artykuły i referaty o charakterze naukowym i upowszechnieniowym (Gosp. Wodna nr 1, 3, 5, 11; 1992; Mater. Konf. *Ochrona i kształtowanie środowiska rolniczego* SGGW 1992).

Inne badania

W latach 1971–1973 Katedra uczestniczyła w światowych badaniach ekologicznych (ABP), dotyczących struktury masy nadziemnej i podziemnej zbiorowisk trawiastych (M. Tołwińska, J. Prończuk). W latach 1964–1971 brała udział we wspólnych badaniach b. krajów RWPG w temacie *Azotowe nawożenie łąk i pastwisk*. Efektem tej współpracy, oprócz publikacji i referatów na wspólnych sympozjach, był udział w opracowaniu zespołowego podręcznika pt. *Kulturalne pastwiska nawadniane*, który ukazał się w języku rosyjskim, węgierskim i bułgarskim. Z Katedry Przyrodniczych Podstaw Melioracji w opracowaniu tego podręcznika wzięli udział: J. Prończuk i M. Nazaruk.

Niezależnie od przedstawionego przeglądu badań pracownicy Katedry uczestniczą w różnych opracowaniach dla instytucji gospodarczych i naukowych, jak ekspertyzy, oceny projektów, konsultacje i opracowania naukowe. Wyniki badań przeprowa-

dzonych w Katedrze weszły do podręczników i skryptów oraz cytowane są w literaturze krajowej i zagranicznej.

Znaczny jest udział Katedry w upowszechnianiu wiedzy i szkoleniu kadry. Oprócz zajęć na studiach stacjonarnych i zaocznych zorganizowano Studium Podypłomowe w zakresie użytkowania zmeliorowanych łąk i pastwisk, które w 3 turnusach ukończyło 80 osób. Pracownicy Katedry uczestniczą także w doszkalaniu kadry łąkarskiej i melioracyjnej na różnych kursach i seminariach. Samodzielnie lub w zespołach opracowali wiele podręczników i skryptów służących do nauczania studentów. Ponadto opracowano plakat i 7 ulotek do masowego szkolenia, które ukazały się w ok. 5-milionowym nakładzie.

Można zatem stwierdzić, że mimo nielicznego zespołu udział Katedry w działalności naukowej jest niemały. Na bieżąco pracownicy podejmują tematy badawcze wynikające z aktualnych potrzeb i możliwości zespołu.

Tomasz BRANDYK

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych

Alojzy SZYMAŃSKI

Katedra Geotechniki

Program studiów magisterskich na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wprowadzenie

Proces kształcenia studentów na Wydziale Melioracji Wodnych podlegał ciągłej ewolucji. Szczegółową charakterystykę zmian, jakim podlegał ten proces do połowy lat 80, znaleźć można w pracach Somorowskiego i Pierzgalskiego (1987, 1989) oraz Pierzgalskiego (1992). W latach 1987–1988 zmieniono nazwę Wydziału Melioracji Wodnych na Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska. Wraz ze zmianą nazwy poszerzono zakres tematyki badawczej i dydaktycznej. O zmianach tych i dalszych badaniach w tym zakresie informują prace Biernackiej (1991, 1992), Mosieja i Sokołowskiego (1991), Pierzgalskiego (1992) oraz Somorowskiego (1992). Z powodu tych zmian wystąpiła zatem konieczność opracowania nowego programu nauczania na kierunku inżynieria środowiska, zawierającego nowe treści wynikające z zachodzących przemian. Opracowanie takiego programu było między innymi przedmiotem prac Wydziałowej Komisji Dydaktycznej w latach 1990–1993.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie syntetycznej charakterystyki no-

wego programu nauczania, która obejmuje: sylwetkę absolwenta, konstrukcję programu, specjalizacje dyplomowe i system kredytowy oceny studenta oraz wskazania kierunku jego zmian prowadzących w swej istocie do dostosowania zakresu i sposobu kształcenia do programów realizowanych na zbliżonych kierunkach kształcenia w krajach wysoko rozwiniętych.

Sylwetka absolwenta na kierunku inżynieria środowiska

Absolwent otrzymuje tytuł zawodowy magister inżynier w zakresie jednej wybranej spośród następujących specjalności: inżynieria wodnomelioracyjna, wodociągi i kanalizacje wiejskie, ochrona i rekultywacja środowiska, budownictwo wiejskie.

Studia na kierunku inżynieria środowiska, realizowanym na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska, przygotowują absolwentów do podejmowania zadań w zakresie problematyki melioracyjnej, zaopatrzenia w wodę i sanitacji wsi oraz kształtowania środowiska wiejskiego z uwzględ-

nieniem infrastruktury i ochrony środowiska naturalnego.

Jako podstawowe zadania w ramach tej działalności należy wymienić: planowanie, prace studialne, projektowanie i wykonywanie budowli, urządzeń i zabiegów służących racjonalnemu gospodarowaniu wodą, podwyższaniu i utrzymaniu produktywności terenów rolnych, zapewnieniu higienicznych warunków życia w osiedlach wiejskich oraz ochronę siedlisk naturalnych, rolniczych i leśnych przed zagrożeniami związanymi z gospodarczą działalnością człowieka.

Szczegółowe zadania obejmują: budownictwo wodnomelioracyjne, zabiegi melioracyjne i przeciwoerozyjne, agro- i fitomelioracje, zaopatrzenie w wodę i sanitację wsi, utylizację ścieków i odpadów z osiedli wiejskich i zakładów przemysłu rolno-spożywczego.

Dalsze istotne zadania to ochrona zasobów wodnych i gleb oraz rekultywacja biologiczna i techniczna terenów zdegradowanych.

Konstrukcja programu

Charakterystyczną cechą nowego programu jest ograniczona liczba godzin nauczania na pięciu latach studiów z 4125 godz. realizowanych w programie poprzednim do 3300 godzin. Oznacza to, że w czasie jednego tygodnia realizuje się od 20 do 24 godzin.

W programie występują następujące grupy przedmiotów:

- ogólne – 270 godz (8,2%),
- społeczne – 120 godz. (3,6%),
- podstawowe – 480 godz. (14,6%),
- kierunkowe – 1305 godz. (39,5%),
- zawodowe – 1125 godz. (34,1%).

Przedmioty stanowiące minimum programowe w ogólnej liczbie około 2000 godz. prowadzone są głównie na pierwszych dwóch latach studiów, na których wszyscy studenci realizują jednakowy program. Wśród tych przedmiotów znajdują się między innymi następujące przedmioty kierunkowe: hydrologia, hydraulika, mechanika budowli, mechanika gruntów i ekologia, które realizowane są na dwóch poziomach w zależności od wybranej specjalności. Po zaliczeniu dwóch pierwszych lat studenci mogą wybrać jedną z czterech specjalności. Począwszy od trzeciego roku studiów studenci oprócz przedmiotów obowiązkowych uzyskali możliwość wyboru przedmiotów fakultatywnych, których udział stopniowo zwiększa się wraz z rokiem studiów i stanowi ok. 30% na trzecim roku, 40% na czwartym roku i 50% na piątym roku studiów.

Ramowy plan studiów realizowany obecnie na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska przedstawiono w załączonej tabeli.

Specjalizacje dyplomowe

Specjalności i specjalizacje dyplomowe powoływane są przez Radę Wydziału w zależności od aktualnych potrzeb kraju i zainteresowań studentów. Warunkiem uruchomienia przedmiotu (z grupy przedmiotów do wyboru w ramach danej specjalności) jest zapisanie się studentów w liczbie odpowiadającej liczebności grupy seminarnej (obecnie 12 osób).

Możliwe jest powołanie następujących specjalności:

- inżynieria wodnomelioracyjna,
- wodociągi i kanalizacje wiejskie,
- ochrona i rekultywacja środowiska
- budownictwo wiejskie.

Wybór odpowiedniej ścieżki programowej w ramach grupy przedmiotów przypisanych do powołanych specjalności następuje po II roku studiów w uzgodnieniu z kierownikami specjalizacji dyplomowych, realizowanych w poszczególnych katedrach.

Specjalność – inżynieria wodnomelioracyjna

Rok III (180 godz. – 4 moduły po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) hydrologia
- 2) mechanika gruntów – działy wybrane
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) j.w.

Rok IV (225 godz. – 5 modułów po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) budowle piętrzące
- 2) stawy rybne
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) j.w.
- 5) j.w.

Rok V (225 godz. – 5 modułów po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) zbiorniki rolnicze
- 2) eksploatacja systemów melioracyjnych
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) j.w.
- 5) j.w.

Na specjalności inżynieria wodnomelioracyjna mogą być powoływane następujące specjalizacje dyplomowe prowadzone przez katedry:

- 1) melioracje rolne – Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych
- 2) melioracje w rejonach subtropikalnych – Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych
- 3) technologia i organizacja robót – Ka-

tedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych

4) budownictwo wodne – Katedra Budownictwa Wodnego

5) budownictwo ziemne – Katedra Geotechniki

6) gospodarka wodna w rolnictwie – Katedra Budownictwa Wodnego

Specjalność – wodociągi i kanalizacje wiejskie

Rok III (180 godz. – 4 moduły po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) zagrodowe instalacje
- 2) biologia sanitarna
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) j.w.

Rok IV (225 godz. – 5 modułów po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) wodociągi wiejskie
- 2) ujęcia wód podziemnych i powierzchniowych
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) j.w.
- 5) j.w.

Rok V (225 godz. – 5 modułów po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) ujęcia wód
- 2) komputerowe metody obliczeń wodociągów i kanalizacji
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) j.w.
- 5) j.w.

Na specjalności wodociągi i kanalizacje wiejskie możliwe jest powoływanie następujących specjalizacji dyplomowych:

- 1) sieci i stacje wodociągowe – Zakład Wodociągów i Kanalizacji Wiejskich
- 2) sieci kanalizacyjne i oczyszczalnie ścieków – Zakład Wodociągów i Kanalizacji Wiejskich

Specjalność – ochrona i rekultywacja środowiska

Rok III (180 godz. – 4 moduły po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) ekologia – działy wybrane
- 2) biologia sanitarna
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) jw.

Rok IV (225 godz. – 5 modułów po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) ochrona i utrzymanie rzek
- 2) działy wybrane rolnictwa
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) jw.
- 5) jw.

Rok V (225 godz. – 5 modułów po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) planowanie przestrzenne i urządzenie terenów wiejskich
- 2) zagospodarowanie odpadów, ścieków i osadów ściekowych
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) jw.
- 5) jw.

Na specjalności ochrona i rekultywacja środowiska możliwe jest powoływanie następujących specjalizacji dyplomowych:

1) rekultywacja terenów zdegradowanych – Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

2) ochrona i zagospodarowanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej – Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

3) przyrodnicze podstawy inżynierii wiejskiej – Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

Specjalność: budownictwo wiejskie

Rok III (180 godz. – 4 moduły po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) mechanika gruntów
- 2) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 3) jw.
- 4) jw.

Rok IV (225 godz. – 5 modułów po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) budownictwo rolnicze
- 2) drogi rolnicze
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) jw.
- 5) jw.

Rok V (225 godz. – 5 modułów po 45 godz.)

Wymagane przedmioty do wyboru:

- 1) budownictwo inwentarskie
- 2) planowanie przestrzenne i urządzenie terenów wiejskich
- 3) przedmiot specjalizacji dyplomowej
- 4) jw.
- 5) jw.

Na specjalności budownictwo wiejskie możliwe jest powoływanie następujących specjalizacji dyplomowych prowadzonych przez katedry:

- 1) budownictwo rolnicze – Katedra Budownictwa
- 2) planowanie przestrzenne – Katedra Budownictwa
- 3) drogi rolnicze i składowiska odpadów – Katedra Geotechniki

System kredytowy oceny studenta

System kredytowy opracowany został przez Senacką Komisję ds. Dydaktyki i obowiązuje studentów SGGW immatrykulowanych od 1.10.1992 r. W systemie tym przyjęto, że podstawowym okresem rozliczeniowym kolejnych etapów studiów jest semestr. Rok akademicki obejmuje dwa semestry: letni i zimowy.

Przyjmuje się, że w okresie jednego semestru (15 tyg.) 1 kredyt stanowi 15

Ramowy plan studiów

Lp.	Nazwa przedmiotu	Godziny zajęć dydaktycznych ogółem				Rozkład zajęć (godziny w tygodniu)																				Egzamin	Zaliczenie	Semestr	Liczba kredytów do uzyskania																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
		razem	w	ćwiczenia labor. i seminaria	terenowe	Rok I		Rok II		Rok III		Rok IV		Rok V																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
						Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7	Sem. 8	Sem. 9	Sem. 10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
						w	ćw	w	ćw	w	ćw	w	ćw	w	ćw	w	ćw	w	ćw	w	ćw																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
każdy semestr trwa 15 tygodni																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	W	60	–	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

godz. wykładów, a 0,5 kredytu – 15 godz. ćwiczeń. Jest to maksimum kredytowe.

Liczbę kredytów możliwych do uzyskania przez studenta z danego przedmiotu określa się mnożąc maksimum kredytowe przedmiotu przez współczynnik procentu opanowania wiedzy.

Rada Wydziału określa minimum kredytowe semestru wystarczające do wpisania studenta na następny semestr, stanowiące 51% maksimum kredytowego danego semestru wynikającego z liczby godzin wykładów i ćwiczeń. W ramach tego minimum kredytowego student musi uzyskać z przedmiotów objętych minimum programowym co najmniej 51% kredytów z każdego przedmiotu. Do maksimum kredytowego nie zalicza się kredytów z zajęć wf, przedmiotów humanistycznych oraz języka. Przedmioty te wpisuje się na końcu indeksu, a uzyskane kredyty wlicza się do puli kredytów uzyskanych dla stopnia zawodowego.

Stopień opanowania wiedzy ocenia się w procentach i wyraża w kredytach, oddzielnie dla ćwiczeń i wykładów. Przedmioty kończące się zaliczeniem oceniane są sprawdzianami w czasie semestru, natomiast dla przedmiotów kończących się egzaminami – materiał wykładowy ocenia się w sesji.

Wprowadzenie systemu kredytowego obliguje do stosowania systemów oceny, pozwalających określić opanowanie wiedzy przez studentów w procentach. Procent opanowania wiedzy z przedmiotu stanowi następujący odpowiednik tradycyjnych ocen:

- 51–60% – dost
- 61–70% – dost +
- 71–80% – db
- 81–90% – db +
- 91–100% – bdb

Tryb zaliczania zajęć z danego przed-

miotu określa regulamin zaliczania opracowany w danej katedrze, w którym definiuje się liczbę kolokwium, ich przybliżone terminy oraz znaczenie kolokwium. Regulamin ten zatwierdza prodziekan ds. studenckich wydziału i podawany jest do wiadomości studentów na początku semestru.

Student ma prawo poprawić jeden raz kolokwium i jeden raz egzamin. Końcowe kredyty wpisywane są do indeksu i wliczane do sumy kredytów uzyskanych w danym semestrze.

Przedmiot kończący się zaliczeniem jest oceniany na podstawie sumy kredytów uzyskanych przez studenta z ćwiczeń i wykładów i wpisywany w rubryce indeksu – zaliczenie.

Przedmiot kończący się egzaminem jest oceniany za pomocą kredytów uzyskanych przez studenta: a) z ćwiczeń, które są wpisywane w rubryce indeksu – zaliczenie, b) z kredytów stanowiących wynik opanowania wiedzy wykładowej ocenianej na egzaminie i wpisowywanymi w rubrykę indeksu – egzamin.

Jeżeli przedmiot kończący się egzaminem trwa dwa semestry lub dłużej, student otrzymuje we wszystkich semestrach wpis do indeksu wynikający z oceny jego pracy na ćwiczeniach w rubryce – zaliczenie. Kredyty z wykładów sumują się ze wszystkich semestrów i są wpisywane w rubryce – egzamin.

Liczbę kredytów określa Rada Wydziału.

a. Kredyty przyznawane za praktyki programowe. Liczba tych kredytów nie powinna jednak wynikać z przelicznika godzinowego. Ich liczba przyznawana za praktyki (proporcjonalnie do czasu ich trwania) nie powinna przekroczyć 1/2 semestralnego maksimum kredytowego,

b. Kredyty możliwe do zdobycia za przedmioty realizowane przez studenta

poza obowiązującym wymiarem godzinowym, przewidzianym programem (np. drugi język, dodatkowe zajęcia fakultatywne). Liczba kredytów przyznawanych za te przedmioty nie powinna przekroczyć 10% maksimum wydziałowego.

Uzyskane w ten sposób kredyty (punkt a i b) razem z kredytami z przewidzianych programem studiów zajęć wliczone są do dyplomu.

Minimum kredytów koniecznych do zakwalifikowania na studia magisterskie powinno wynosić co najmniej 70% maksymalnej ich liczby możliwej do uzyskania w momencie kwalifikacji.

Warunkiem otrzymania dyplomu ukończenia SGGW jest uzyskanie łącznie co najmniej 70% maksimum kredytowego, ustalonego przez Radę Wydziału dla danego kierunku studiów lub specjalności na stopień inżyniera i 75% na stopień magistra inżyniera.

Wprowadzony obecnie kredytowy system oceny studenta jest elementem pomocniczym w realizacji programu o dużej indywidualizacji. Pozwala on bowiem na wprowadzenie wagi liczbowej definiującej stopień opanowania wiedzy z danego przedmiotu i zakres tego przedmiotu w stosunku do całego programu na danym kierunku studiów. Efektywne wykorzystanie tego systemu powinno polegać na takim określeniu minimum kredytowego w poszczególnych semestrach, by zapewnione było następstwo przedmiotów w procesie dydaktycznym oraz możliwość uzyskania dyplomu przez średnio uczącego się studenta w ciągu 4 lat na studiach inżynierskich i 5 lat na studiach magisterskich.

Podsumowanie

Realizowany obecnie na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska nowy program na kierunku inżynieria środowiska, opracowany został przez Wydziałową Komisję Dydaktyczną z założeniem, że będzie on modyfikowany i dostosowywany do programów kształcenia w europejskich i amerykańskich uczelniach rolniczych i technicznych na kierunkach „Agricultural Engineering” i „Environmental Engineering”.

Zatem obecny program jest przejściowy od dotychczas realizowanego pn. melioracje wodne do docelowego programu kierunku inżynieria środowiska realizowanego w Polsce zarówno przez uczelnie rolnicze, jak i techniczne oparte na wspólnym minimum programowym obejmującym przedmioty podstawowe (matematyka, fizyka, chemia i inne) oraz przedmioty kierunkowe (hydrologia, ekologia, mechanika i inne). Powoływane na poszczególnych uczelniach specjalności wynikające z regionalnych potrzeb gospodarki oraz możliwości kadrowych i operatywnych uczelni oparte będą na przedmiotach fakultatywnych prowadzonych przez poszczególne katedry w ramach ścieżek programowych określonych przez radę wydziału.

Zatem wydaje się celowe dążenie do zmian organizacyjnych na wydziale, polegających na tworzeniu katedr oferujących szeroki zakres kształcenia z wielu przedmiotów i prowadzących kilka specjalizacji dyplomowych. Działanie to zapewniłoby stabilność pracy katedr i wpłynęło na ułatwienie wyboru przez studentów poszczególnych specjalizacji dyplomowych w danym roku akademickim.

Literatura

- BIERNACKA E. 1991: *Przeobrażenia w studiach na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska w SGGW. Koncepcja zmian systemu kształcenia w szkołach wyższych*. Wydaw. SGGW; 47–50.
- BIERNACKA E. 1992: *O działaniach w zakresie przemian w procesie naukowo-dydaktycznym na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW*. Przegl. Nauk. Wydz. Mel. i Inż. Środow. 1; 89–90.
- MOSIEJ K., SOKOŁOWSKI J. 1991: *Inżynierska sylwetka absolwenta Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska w świetle zmian zachodzących w gospodarce. Koncepcje kształtowania umiejętności praktycznych inżyniera melioracji wodnych i specjalności zbliżonych*. Wydaw. SGGW; 23–26.
- PIERZGALSKI E. 1992: *Charakterystyka zmian w kształceniu kadr melioracyjnych*. Konferencja 25 lat doświadczeń zawodowych absolwentów studiów melioracyjnych SGGW.
- SOMOROWSKI C., PIERZGALSKI E. 1987: *Education and training of land reclamation staff in Poland*. International Commission on Irrigation and Drainage, Thirteenth Congress, Rabat Q. 41– R.24; 361–366.
- SOMOROWSKI C., PIERZGALSKI E. 1989: *Aktualne zagadnienia szkolenia kadry melioracyjnej z wyższym wykształceniem*. Zesz. Problem. Postępu Nauk Rolniczych 375; 221–236.
- SOMOROWSKI C. 1992: *O profilu kształcenia na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW*. Przegl. Nauk. Wydz. Mel. i Inż. Środow. 1; 3–6.

Tomasz ROZBICKI

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

17th International Post-Graduate Course in Basic Agricultural Meteorology (17 Międzynarodowy Podyplomowy Kurs Podstaw Agrometeorologii) odbył się w Izraelu od 21 października do 7 grudnia 1991 roku. Został on zorganizowany przez Israel Meteorological Service – IMS (Izraelską Służbę Meteorologiczną) i Ministry for Foreign Affairs Division for International Cooperation (Departament Współpracy z Zagranicą Ministerstwa Spraw Zagranicznych Izraela). Sponsorowany był przez World Meteorological Organization – WMO (Światową Organizację Meteorologiczną). W kursie wzięło udział 35 uczestników z 25 krajów świata. Ze strony Polski w kursie uczestniczył mgr inż. Tomasz Rozbicki z Zakładu Meteorologii i Klimatologii Katedry Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego SGGW. Zajęcia obejmowały: wykłady, wycieczki szkoleniowe oraz referaty własne uczestników. Na zakończenie kursu wszyscy uczestnicy otrzymali świadectwa jego ukończenia. Koszty pobytu pokrywane były w całości przez organizatorów kursu.

Wykłady

Cztery główne bloki wykładowe to: agrometeorologia, problematyka bilansu wodnego, problematyka bilansu energetycznego, podstawy statystyki. Ponadto prezentowane były pojedyncze wykłady z takich zagadnień, jak: elementy mikrometeorologii, klimat

17 Międzynarodowy Podyplomowy Kurs Podstaw Agrometeorologii (Yehud 21 października 1991 – 7 grudnia 1991 r.)

Izraela, ogólna cyrkulacja atmosfery i podstawy prognozowania, zabezpieczenie roślin przed przymrozkami, zanieczyszczenie wentylacyjne powietrza, klimat a szkodniki i choroby roślin.

Wycieczki szkoleniowe

Podczas siedmiodniowego pobytu zorganizowano pięć wycieczek.

1. Wycieczka do siedziby IMS (Izraelskiej Służby Meteorologicznej) w Beit Dagan (28 X 1991 r.)

2. Trzydniowa wycieczka na północ Izraela – szlakiem Niziny Nadmorskiej, Hajfy, Górnej Galilei, Doliny Hula, Wzgórz Golan, Dolnej Galilei, Nazaretu i Doliny Jezreel (30 X – 1. XI 1991 r.)

3. Wycieczka na lotnisko Ben Gurion Airport w Lod (6 XI 1991 r.)

4. Dwudniowa wycieczka do Judei – Jerozolima, Betlejem, Judea (14–15 XI 1991 r.)

5. Trzydniowa wycieczka na południe Izraela – Ber Szeba, Negeb, Eilat, zatoka Akaba (Morze Czerwone), Wąwóz Araba, Morze Martwe (27–29 XI 1991 r.)

Wystąpienia uczestników

Każdy z uczestników kursu wygłosił krótki referat (30–45 minut) o swojej działal-

ności, swoim kraju, klimacie, charakterze produkcji rolniczej. Najczęściej były to ogólne wiadomości dotyczące geografii, gospodarki, ludności, klimatu oraz działalności służb meteorologicznych i agrometeorologicznych. Mój referat został wygłoszony 3 XII 1991 r. Zawierał następujące zagadnienia: encyklopedyczne wiadomości o Polsce (powierzchnia, ludność, geografia, bogactwa naturalne, przemysł, uprawy i hodowla), główne cechy klimatu Polski, informacja o SGGW, informacja o Zakładzie Meteorologii i Klimatologii (główne kierunki badań na-

ukowych, działalność dydaktyczna, dydaktyczna stacja meteorologiczna na Ursynowie).

Uczestnictwo w wykładach i wycieczkach szkoleniowych 17 Podyplomowego Kursu Podstaw Agrometeorologii pozwoliło na zapoznanie się z metodami uprawy roślin i hodowli w warunkach klimatu subtropikalnego, a szczególnie na zapoznanie się z nowoczesnymi przedsięwzięciami ukierunkowanymi na poprawę bilansu wodnego, które w Izraelu stosowane są na bardzo szeroką skalę.

Zygmunt MATYJASIK

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

Wykorzystanie ścieków do nawodnień i biologiczne metody redukcji N I P

Seminarium szwedzko-polskie
(Uppsala 26–27 maja 1992 r.)

Seminarium zorganizowane zostało przez Katedrę Ekonomiki Uniwersytetu Rolniczego w Uppsali pod kierunkiem prof. Franka Petrini. W seminarium ze strony polskiej udział wzięli i referaty wygłosili dr dr: Zygmunt Matyjasik, Henryk Multan i Kazimierz Piekut.

- W pierwszym dniu seminarium (26 V 1992 r.) przedstawione zostały kolejno następujące referaty:
 - Multan H., Somorowski C.: *Waste water application effects of light soil irrigation in Ner river valley*;
 - Liwski S., Matyjasik Z.: *Heavy metals in water soil and plants of Ner river valley*;
 - Piekut K., Nazaruk M.: *Effect of waste water irrigation on fodder quality and soil*;
 - Andréasson-Gren, Ing. Mari: *The economics of wetland restoration*;
 - Silvander Ulf: *Economic aspects on management of waste and sludge*.
- Drugi dzień seminarium (27 V 1992 r.) obejmował wyjazd terenowy w rolniczy rejon Östhammar, podczas którego zwiedzono oczyszczalnię ścieków w

Alunda, farmę mleczną w Tanga, gdzie zapoznano się z magazynowaniem i wykorzystaniem gnojowicy. Zwiedzono również pole doświadczalne w Harg. Tam pokazano zwiedzającym wykorzystanie ścieków do nawodnień wikliny oraz budowę domu ekologicznego. Wyjazd terenowy na zlecenie Katedry Ekonomiki przygotował pod względem merytorycznym i organizacyjnym właściciel firmy techniki ekologicznej i Östhammar pan Peter Ridderstolpe.

Stronę szwedzką bardzo interesowały badania i zabiegi techniczne ograniczające wpływ do Bałtyku zanieczyszczeń i składników eutrofizujących środowisko, głównie azotu i fosforu, a także metali ciężkich.

Koszty pobytu grupy polskiej w całości pokryte zostały przez gospodarzy.

Organizatorem seminarium, jak już wspomniano, była Katedra Ekonomiki. Szkoda, że z naszej strony, ze względu na brak środków finansowych na pokrycie kosztów podróży, nie uczestniczyli w seminarium przedstawiciele Wydziału Ekonomiczno-Rolniczego.

Władysław ROGIŃSKI

Katedra Budownictwa Wiejskiego

Seminarium zorganizowane zostało przez Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych – Zarząd Oddziału Poznańskiego.

W pierwszym dniu seminarium (24 IX 1992 r.) referat wprowadzający przedstawił prof. dr hab. Edward Kempa. Potem nastąpił wyjazd do Pobiedzisk i Wrześni, gdzie między innymi zwiedzano gminne wysypiska i wylewiska ścieków. Na budowanym wysypisku (okolice Pobiedzisk) przedstawiono sposób umocnienia dna wysypiska, zabezpieczenia przed skażeniem wód gruntowych, odwodnienia wysypiska oraz zabezpieczenia przed nie kontrolowanym powstawaniem gazu wysypiskowego.

W drugim dniu seminarium (25 IX 1992 r.) przedstawiono następujące referaty:

- Nowakowski R.: *Ekonomiczne zagrożenia w rolnictwie na terenie regionu środkowo-wschodniego Polski*;
- Piotrowska H., Litwin B.: *Intensywność powstawania stałych odpadów komunalnych w gminie wiejskiej – wnioski do projektowania systemów gospo-*

Utrzymanie czystości i gospodarka odpadami na terenach wiejskich II Międzynarodowa Konferencja (Poznań, 24–25 września 1992 r.)

darki odpadami w aglomeracjach miejsko-przemysłowych;

- Jutkowiak H.: *Orzecznictwo Kolegium Odwoławczego przy Sejmiku Samorządowym Województwa Poznańskiego w zakresie ochrony środowiska*;
- Grzeszczak A.: *Możliwość pozyskiwania i zagospodarowania biogazu z wysypisk odpadów komunalnych*;
- Oczkowski K.: *Problemy gminy Murowana Goślina związane z ochroną środowiska*;
- Dutka W.: *Wybrane urządzenia komunalne dla prawidłowej gospodarki odpadami stałymi w warunkach wiejskich*;
- Preidl J.: *Gospodarka odpadami w Japonii*;
- Staszczyk J.: *Prezentacja Firmy M–U–T Stockerau Austria*;
- Lykke V., Jensen R.: *Utylizacja odpadów w Danii*.

Czesława SZWED-ILNICKA

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

II Ogólnopolską konferencję poświęconą problematyce klimatu i bioklimatu miast zorganizował zespół pracowników Zakładu Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu Łódzkiego pod kierunkiem prof. dra hab. Kazimierza Kłysika, wspólnie z Oddziałem Łódzkim Polskiego Towarzystwa Geofizycznego. Konferencja zgromadziła kilkudziesięciu uczestników reprezentujących uniwersytety, IMGW, PAN i inne placówki naukowo-badawcze. Uczestniczyli w niej również goście zagraniczni – z Czech, Francji, Grecji, Gruzji, Rosji i Słowenii.

Celem konferencji był przegląd dorobku głównych ośrodków badawczych w Polsce w zakresie procesów i czynników klimatotwórczych, zmienności czasowej i przestrzennej elementów klimatu oraz indywidualności klimatu obszarów zurbanizowanych na tle klimatu obszarów wiejskich. Referaty, których wygłoszono ok. 30, dotyczyły przede wszystkim 1) oceny transformacji klimatu pod wpływem specyficznej powierzchni czynnej miasta oraz zanieczyszczeń atmosfery, a także 2) oceny wpływu warunków meteorologicznych na procesy koncentracji i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń atmosfery jako najgroźniejszego czynnika bioklimatycznego.

Znaczenie oceny warunków meteorologicznych sprzyjających propagacji zanieczyszczeń powietrza oraz oceny jakości bioklimatu wynika stąd, iż stanowią one przesłankę do działań praktycznych w dziedzinie zagospodarowania przestrzennego i ochrony środowiska.

Referaty programowe wygłosili: Kazimierz Kłysik (UŁ) *Główne problemy klimatyczne obszarów zurbanizowanych* i Barbara Obrębska-Starkłowa (UJ) *Kierunki prze-*

II Ogólnopolska Konferencja „Klimat i bioklimat miast” (Łódź, 9–11 grudnia 1992 r.)

kształcania miast europejskich w perspektywie ocieplenia klimatu.

Zgodnie z poglądem Kłysika, każde miasto, niezależnie od powtarzalnych cech klimatu miejskiego, ma właściwe mu cechy klimatu, ukształtowane w konkretnych warunkach środowiska geograficznego. Oznacza to, że w planowaniu urbanistycznym niezbędna jest empiryczna weryfikacja cech klimatu miasta w konkretnym środowisku geograficznym.

Zasadnicze znaczenie w kształtowaniu klimatu i bioklimatu mają zanieczyszczenia atmosferyczne, w związku z czym szczególnym zadaniem klimatologii staje się badanie warunków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń (w tym badanie pionowych profili elementów meteorologicznych). Istotne są także badania bilansu cieplnego powierzchni czynnej, z uwzględnieniem ciepła antropogenicznego. Współczesne badania długookresowych zmian temperatury mają na celu m.in. określenie, w jakim stopniu ciepło to wpływa na temperaturę powietrza w skali globalnej.

Obrębska-Starkłowa zapoznała zebranych z ogólnymi problemami współczesnego ocieplania się klimatu. Za jego przyczynę uważa się wzrost zawartości dwutlenku węgla w powietrzu; symulowanie klimatu ziemskiego wskazuje, że jego dalszy wzrost może doprowadzić do niekorzystnych skutków dla człowieka i całej biosfery.

Trepińska (UJ) natomiast w referacie *Zmienność średnich miesięcznych temperatur powietrza w Zakopanem – tendencje naturalne czy antropogeniczne?* przedstawiła przyczyny przyrostu temperatury, sugerując, że przyrost temperatury, zwłaszcza w okresie jesienno-zimowym, wynika z przyczyn naturalnych.

Na tle powyższych rozważań z zainteresowaniem przyjęto doniesienie U. Kossowskiej-Cezak (UW) *Lato 1992 na tle sezonów letnich bieżącego 100-lecia*. Anormalność tego lata polegała na jednoczesnym i długotrwałym występowaniu w Polsce małej ilości opadów atmosferycznych i wysokiej temperatury powietrza. Było to związane z cyrkulacją atmosferyczną, zdeterminowaną znaczną rozbudową wyżu azorskiego. Rodzi się pytanie, czy gorące i suche lato 1992 r. było krótkotrwałą anomalią czy jest przejawem zmian klimatu.

Najbardziej godnym uwagi zjawiskiem w klimacie miasta jest tzw. miejska wyspa ciepła. Zagadnieniu temu, w różnych aspektach, poświęcono 4 referaty: M. Dubickiej (Uniw. Wrocław.), J. Wawer (UW), M. Kopacz-Lembowicz, M. Stopa-Boryczka i in. (UW) i K. Kłysika i M. Kafara (UŁ).

Zwiększone zanieczyszczenie powietrza w miastach jest przyczyną ograniczenia dopływu promieniowania słonecznego, co zostało omówione w 2 referatach: J. Podogrockiego (IMGW, Warszawa) i T. Kozłowskiej-Szczęsnej (IGiPZ PAN, Warszawa) oraz P. Rojana i J. Paszyńskiego (IGiPZ PAN, Warszawa). Zanieczyszczenia były tematem także kilku innych referatów. J. Roussel (Uniwersytet w Lille) zwróciła uwagę, że w dużych aglomeracjach Europy Zachodniej co prawda zmniejszył się stopień zanieczyszczenia atmosfery zarówno substancjami gazowymi, jak i pyłowymi, ale w wyniku konwersji wzrosła toksyczność zanieczyszczeń.

Spadek ilości zanieczyszczeń jest obserwowany również w Polsce i może być wyjaśniony tak recesją gospodarczą, jak i postępem w systemie ogrzewnictwa (T. Niedźwiedz IMGW—Oddział Kraków i Z. Olecki—UJ; J. Skrzypski—IBiPO, Zgierz).

W kilku referatach rozpatrzono wpływ warunków meteorologicznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń (T. Niedźwiedz i Z. Olecki, M. Kopacz-Lembowicz i in., P. Prosek—Uniwersytet w Brnie). Stwierdzono, że stężeniom pyłów i gazów sprzyjają szczególnie cisze atmosferyczne, inwersje temperatury, mgły i zamglenia.

Nowość w klimatologii polskiej stanowi-

ły wyniki badań warstwy granicznej atmosfery przy użyciu sondażu akustycznego—sonaru, prowadzonych w Krakowie i we Wrocławiu (J. Walczewski, IMGW Oddział Kraków; J. Pyka, Uniw. Wrocław.). Badania te były zainicjowane w Oddziale Krakowskim IMGW. Metoda sondażu akustycznego atmosfery jest szczególnie przydatna w badaniach warunków propagacji i koncentracji zanieczyszczeń. J. Pyka m.in. wykazał, na podstawie badań sodarowych, że najgroźniejszą sytuację tworzą tzw. inwersje wzniesione, powstające nad ranem, pod którymi dochodzi do powstawania smogu.

Modelowaniu procesów meteorologicznych były poświęcone dwa referaty: Z. Ustrnula (IMGW Oddział Kraków) i K. Błazejczyka (IGiPZ PAN Warszawa).

O systemie automatycznym monitoringu zanieczyszczeń atmosferycznych w aglomeracji gdańskiej mówili współautorzy jednego opracowania: A. Wyszkowski (UG) i R. Mysiak (NEDERPOL Gdańsk).

W zakresie metodyki badań zmian klimatu B. Sazanow (GGO—Petersburg) wskazał na wilgotność bezwzględna, która wg niego jest podstawowym wskaźnikiem klimatu.

Rozwijająca się urbanizacja burzy granicę pomiędzy miastem a wsią, miasta tracą w coraz większym stopniu swoją odrębność i tworzą aglomeracje, co prowadzi do szybkiego zmniejszania się względnie czystych ekologicznie obszarów. Polska nie stanowi tu wyjątku. Ważna jest świadomość tego, że brak znajomości warunków zarówno meteorologicznych, jak i klimatycznych w planowaniu urbanistycznym może prowadzić do katastrofalnych i niejednokrotnie nieodwracalnych następstw w funkcjonowaniu środowiska.

Pierwszorzędnym zadaniem klimatologii urbanistycznej jest tworzenie zdrowych dla człowieka, a zarazem nieszkodliwych dla zdrowia Ziemi podwalin lokalizacji i rozwoju miast i osiedli oraz ośrodków przemysłowych i komunikacji, między innymi przy współudziale specjalistów z dziedziny chemii atmosferycznej.

Referaty wygłoszone na konferencji będą opublikowane w specjalnym zeszycie wydawnictwa Uniwersytetu Łódzkiego.