
Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska

Zeszyt 1

Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska

Zeszyt 1

Warszawa 1992

Spis treści

Od Redakcji	2
C. SOMOROWSKI: O profilu kształcenia na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW	3
H. PAWŁAT: Świadomość i etyka ekologiczna w działalności melioracyjnej	7

PRACE ORYGINALNE

G. JĘDRYKA, Z. KRZYWOSZ, W. MATUSIEWICZ, J. SOKOŁOWSKI: Wyniki badań nad nowymi rodzajami włókien do zabezpieczania rurociągów przed zamulaniem	11
B. ŁYKOWSKI, C. SZWED-ILNICKA: Klimatyczny wskaźnik potrzeb wodnych roślin w wybranych rejonach strefy subtropikalnej	19

PRACE METODYCZNE

M. POŁOŃSKI: Planowanie i kontrola realizacji inwestycji melioracyjnych na podstawie systemu komputerowego SPRIM	29
T. ROZBICKI: Zależność między parowaniem zmierzonym i obliczonym a elementami meteorologicznymi	37

PRZEGŁĄD ZAGADNIEŃ NAUKOWYCH I TECHNICZNYCH

T. BRANDYK, K. SKĄPSKI: Przegląd kryteriów uwilgotnienia stosowanych w gospodarce wodnej gleb dolinowych	45
K. PACHUTA: Główne problemy i perspektywy badań nad zarastaniem rzek	55
W. ROGIŃSKI, M. SZYMAŃSKI: Rolnicze zagospodarowanie gnojowicy z punktu widzenia ochrony środowiska	61

PROJEKTY I PATENTY

H. PAWŁAT, E. WIENCLAW, S. WIŚNIEWSKI, P. WOLSKI: Ochrona wód na terenie projektowanego parku na Dolnym Mokotowie	69
A. WANKE, G. JĘDRYKA: Studzienka wypływowa do pionowych drenów	75

INFORMACJE I DYSKUSJE

A. BYCZKOWSKI, A. CIEPIEŁOWSKI, S. L. DĄBKOWSKI: Działalność naukowo-badawcza Katedry Budownictwa Wodnego	77
W. WOLSKI: Działalność naukowo-badawcza Katedry Geotechniki SGGW	85
E. BIERNACKA: O działaniach w zakresie przemian w procesie naukowo-dydaktycznym na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW	89
A. CIEPIEŁOWSKI: Etapy rozwoju hydrologii	91

Od Redakcji

W działalności naukowej i dydaktycznej Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska silnie zaznacza się duże zróżnicowanie dyscyplin naukowych. W tych warunkach zasadniczym elementem sensownego działania jest bieżąca wymiana informacji o tematyce badawczej katedr i zespołów naukowych. Ma to szczególnie duże znaczenie w obecnej sytuacji, gdy często występuje potrzeba tworzenia zespołów interdyscyplinarnych do realizacji określonych tematów badawczych. Bogactwo problematyki naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej sprawia, że bardziej szczegółowa koordynacja całokształtu działalności wydziału napotyka coraz większe trudności. Z tych i innych jeszcze względów powstała inicjatywa wydawania zeszytów naukowych w języku polskim, poświęconych popularyzacji działalności wydziału.

Mamy nadzieję, że pierwszy zeszyt Przeglądu Naukowego dobrze uzasadnia sens tego rodzaju wydawnictwa. Pragniemy, ażeby w każdym numerze Przeglądu występowały stałe działy poświęcone: oryginalnym pracom naukowym, mogącym zainteresować szersze grono specjalistów, recenzjom i polemikom dotyczącym działalności naukowej i dydaktycznej, a także notatkom z życia wydziału.

Ostateczny kształt i oblicze naszego Przeglądu zależeć będą od tych wszystkich pracowników wydziału i zaproszonych gości, którzy zechcą przedstawić wyniki swoich badań, własne poglądy i myśli oraz interesujące fakty dotyczące szeroko pojętej działalności wydziału.

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

Andrzej Ciepeliowski, Bonifacy Łykowski (*przewodniczący*), Henryk Pawłat

RECENZENCI

Antoni Bednarek, Tomasz Brandyk, Andrzej Byczkowski, Andrzej Ciepeliowski, Ludwik Dąbkowski, Bonifacy Łykowski, Jan Żelazo

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. 7,5. Ark. druk. 6,0.

Oddano do druku w marcu 1992 r. Wyd. 1110

Wydrukowano w Zakładzie Małej Poligrafii SGGW. Zam.

Czesław SOMOROWSKI

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych

O profilu kształcenia na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW

W 1989 roku w wyniku wielu dyskusji środowiskowych zmieniono nazwę wydziału. Dotychczasowy Wydział Melioracji Wodnych przekształcił się w Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska. Zmiana ta nie była spowodowana chwilową uległością wobec tendencji ekologicznych, obejmujących szerokie sfery działalności politycznej czy zawodowej, ale konsekwencją przemian zachodzących w działalności praktycznej, co znalazło też swe reperkusje w nauce i dydaktyce.

Kształcenie melioracyjne organizowane w okresie powojennym w uczelniach rolniczych było konsekwencją dyskusji prowadzonych jeszcze przed II wojną światową w gremiach specjalistów, zwracających uwagę na braki w wykształceniu przyrodniczym hydrotechników-meliorantów studiujących na politechnikach (Czechowicz, Róžański, Zakaszewski 1937). Przeniesienie studiów o charakterze technicznym na uczelnie rolnicze miało zapobiec jednostronnemu wykształceniu, wyposażając absolwentów w niezbędne kompendium wiedzy przyrodniczej, koniecznej w działaniach praktycznych. Na ile osiągnięto postulowaną równowagę między przedmiotami przyrodniczymi a technicznymi na utworzonych wydziałach melioracji, mogą świadczyć dane zawarte w pracy Somorowskiego i Pierzgalskiego (Somorowski, Pierzgalski 1989). Ukształtowane

programy i plany nauczania na tych wydziałach pozwoliły wykształcić wielu specjalistów, którzy z powodzeniem podejmowali pracę zawodową w kraju i za granicą w szerokim zakresie profesjonalnych i pokrewnych specjalności.

Kierunek kształcenia na wydziale, noszącym od początku w swej nazwie hasło melioracje, przechodził modyfikacje, stosunkowo niewielkie dla obserwatora z zewnątrz, niemniej jednak bardzo istotne w sensie treściowym i pojęciowym.

Nazwa początkowa – Oddział i Wydział Melioracji Rolnych – podkreślała ujmowanie szerokiego zakresu przedsięwzięć ulepszających, odnoszących się do siedlisk użytkowanych rolniczo (agroekosystemów), realizowanych przez zabiegi techniczne (hydromelioracje), zabiegi bio- i agrotechniczne (fito- i agromelioracyjne, zabiegi przeciwoerozyjne) oraz zabiegi organizacyjno-gospodarcze (odkamenienie pól, zabiegi rekultywacyjne, wymiana gruntów, drogi rolnicze, itp.).

Zmiana nazwy na Wydział Melioracji Wodnych, pozornie szersza od poprzedniej, stanowiła w istocie wyraźne ograniczenie zakresu problemowego i rzeczowego przedsięwzięć ulepszających, sprowadzając je do regulowania w bliżej nie określonym siedlisku tylko jednego z wielu czynników, ważnych dla kształtowania warunków produkcyjnych

i technologicznych gleby i jej żyzności. Było to wyrazem tendencji występujących w większości branż rolnictwa i całej gospodarki narodowej, polegających na preferowaniu zadań inwestycyjnych. Sprzyjało to uniezależnieniu się tej działalności od podstawowego podmiotu, tj. gospodarstwa i rolnictwa jako całości, pogłębianego przez względność stosowanych ocen ekonomiczno-społecznych. Następowало zerwanie naturalnej więzi użytkownika z urządzeniami, stanowiącymi jego własność, a upaństwowienie działalności melioracyjnej pogłębiało ją poprzez unifikację normatywów i zacieranie odrębności regionalnych.

Obecna dwuczłonowa nazwa wydziału zachowała w swej pierwszej części tradycyjne hasło „melioracje” przydając jednocześnie człon drugi – „inżynieria”; obie te sfery działania mają dotyczyć znacznie szerzej potraktowanego podmiotu i celu zainteresowań, jakim jest „środowisko”, w tym wypadku „pozamiejskie”, a więc utożsamiające się z całą rolniczą przestrzenią produkcyjną. W obrębie tej przestrzeni można wyróżnić tereny poszczególnych gospodarstw rolniczych i sąsiadujące z nimi tereny lasów, zadrzewień i wód oraz osiedla wiejskie i tereny zajęte pod infrastrukturę techniczną, stanowiące przedmiot zainteresowania inżynierii sanitarnej, budownictwa wiejskiego, rolniczego i innych. Tak więc nowa nazwa poszerza i jednoznacznie określa zakres zainteresowań i odpowiedzialności racjonalnego zarządzania przestrzeni produkcyjnej rolnictwa.

W nowym ujęciu, nie tylko werbalnym, melioracje zgodnie z ich źródłosłowem są utożsamiane z „ulepszeniami” środowiska rolniczego, a więc z całym kompleksem przedsięwzięć służących tak regulacji stosunków wodnych, cieplnych, powietrznych czy pokarmowych gleb w ogólnym kontekście ich żyzności, jak równocześnie i jego ochronie.

Aktualna i przyszła problematyka melioracyjna wynika bowiem z nowej roli melioracji rolnych w ramach szerszych celów zachowania, uporządkowania, przekształcania środowiska bytowania i arealu produkcji rolniczej w warunkach antropopresji i uprzemysławiania krajobrazu. Melioracje rozporządzają tu bogatym arsenalem środków, których zastosowanie nie tylko poprawia warunki wzrostu i rozwoju roślin, ale może skutecznie chronić gleby i wody przed degradacją. Powiązania przedsięwzięć z zakresu melioracji i ochrony środowiska przedstawiono na rysunku.

Powiązanie tych szerszych celów z celami branżowymi dotychczasowych melioracji rolnych jest cechą i zadaniem „melioracji kompleksowych”. Ich realizacja znajduje uzasadnienie w praktyce. Zależy ona od stopnia rozwoju wytwórczości rolniczej oraz występujących zagrożeń i uwarunkowań środowiska takich, jak: eutrofizacja wód i gleb, erozja, zakwaszenie i zagęszczenie gleb, zanieczyszczenia atmosferyczne i lokalne, utylizacja ścieków, zmiany klimatu.

Nowe ujęcie „melioracji kompleksowych” traktuje spójnie regulowanie czynnika wodnego na obiekcie i w jego otoczeniu. Jest to zgodne z zasadami ekorozwoju, które w ujęciu ogólnym, ale przynależnym działalności melioracyjnej i inżynieryjnej, powinny zapewniać zdolność do:

- produkowania biomasy z zachowaniem przede wszystkim rolniczo-leśnego charakteru użytkowania przestrzeni,
- regeneracji eksploatowanych systemów ekologicznych, jak i ich równowagę ekologiczną, poprzez różnorodność form użytkowania przestrzeni i zakres regulowania, zwłaszcza czynnika wodnego,
- hamowania nadmiernej ruchliwości pierwiastków, wód wraz z rozpuszczonymi w nich substancjami chemicznymi, a także mas skalnych i ziemnych przenoszonych

przez wodę i powietrze przez określony układ przestrzenny ekosystemów w fizjocenozach oraz kształtowanie obiegu materii w ramach możliwie małego obszaru.

Regulowanie czynnika wodnego w środowisku powinno wynikać również z zasad racjonalnej gospodarki wodnej. Dotyczy to w szczególności uwzględniania w działaniu: przezorności, przyczynowości, kompleksowości oraz ekonomizacji, podlegającej w końcowym efekcie na zasadzie oszczędności zasobów. Należy również dążyć do przywrócenia rangi rozwiązaniom regionalnym jako wyraz doceniania naturalnych procesów rozwoju systemów melioracyjnych – systemów

polderowych, systemów regulacyjnych w utylizacji ścieków, systemów regulacyjnych przekształcających się torfowych siedlisk łąkowych, zabiegów przeciwerozyjnych, itp.

Wiele z podanych wyżej zasad, określających racjonalne wykorzystywanie i ochronę przestrzeni do produkowania dóbr i kształtowania godnych warunków życia społeczności wiejskiej w ramach określonej terytorialnej organizacji, jest ujętych w realizowanych przedsięwzięciach z zakresu:

- melioracji wodnych w rolnictwie, podstawowych i szczegółowych,
- urządzeń sanitarnych wsi (wodociągów i kanalizacji, oczyszczalni),
- rekultywacji terenów zdegradowanych i zdewastowanych,



Rys. Współzależność przedsięwzięć melioracji i ochrony środowiska

- urządzeń rolnych,
- budownictwa komunikacyjnego, gospodarczego i komunalnego.

Z racji odmiennych zasad formalnoprawnych oraz zróżnicowanych rozwiązań merytorycznych i technicznych, spójność i kompleksowość zabiegów melioracyjnych, zaopatrzenia wsi w wodę (łącznie z kanalizacją), rekultywacyjnych, urządzeń worolnych czy budowlanych jest jak dotąd w praktyce często przypadkowa, a ich realizacje w praktyce mają nadal charakter autonomiczny.

Kompleksowe urządzenie obszarów wiejskich nie wyszło jak na razie poza sferę studiów, incydentalnych projektów, przygotowywanych do realizacji w ramach niektórych programów badawczych, bądź wstępnych i dyskutowanych propozycji planowania przestrzennego (plany ogólne i szczegółowe, plany miejscowe dla gmin). Na uwagę zasługuje natomiast włączanie uzbrajanej przestrzeni produkcyjnej rolnictwa do wielofunkcyjnych systemów produkcyjnych (Górna Noteć, Żuławy).

W rezultacie zarysowane perspektywy i realia melioracyjnej i inżynierskiej działalności praktycznej winny w tworzonych obecnie planach i programach studiów na wydziale znaleźć rozwiązania kompromisowe. Nie można bowiem doprowadzać do sytuacji przygotowywania inżyniera do wyimaginowanej rzeczywistości, popieranej hasłami i nieodpowiedzialnymi wystąpieniami. Zetknięcie z rzeczywistością młodego absolwenta przy podejmowaniu wyuczonego zawodu mogłoby być wówczas zbyt wysoką ceną,

niewspółmierną do wysiłków zdobywania wiedzy na trudnych i pracochłonnych studiach.

Kształtowanie modelu szkolenia specjalistów na naszym wydziale, na potrzeby kompleksowego urządzania obszarów wiejskich, wymagałoby dalszego poszerzania programu o przedmioty z zakresu ochrony przyrody i środowiska, planowania przestrzennego, urządzeń rolnych, ekonomiki i zagadnień społeczno-prawnych. Tak szeroki zakres przedmiotowy wymaga podziału na specjalności i specjalizacje, które pozwalałyby zdobywać wiedzę na temat określonych technik i technologii, ich zastosowywania w określonych warunkach terenowych i gospodarczych, a także nabywać umiejętności w pracy badawczej, umożliwiające twórczy rozwój koncepcji i zasad racjonalnego wykorzystywania i ochrony przestrzeni, produkowania dóbr i kształtowania godnych warunków życia społeczności wiejskiej w określonej terytorialnej organizacji.

Literatura

- CZECHOWICZ S. 1937: *Na marginesie dwóch memoriałów*. Przegl. Melior. nr 2.
- RÓŻAŃSKI M. 1937: *Czy potrzeba dwóch matek*. Przegl. Melior. nr 6.
- SOMOROWSKI C., PIERZGALSKI E. 1989: *Aktualne zagadnienia szkolenia kadry melioracyjnej z wyższym wykształceniem*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 375.
- ZAKASZEWSKI C. 1937: *Dziecko dwóch matek*. Przegl. Melior. nr 3.

Henryk PAWŁAT

Katedra Przyrodniczych Podstaw Melioracji

Świadomość i etyka ekologiczna w działalności melioracyjnej

W środowisku przyrodniczym największy wpływ na układy ekologiczne mają populacje panujące. Do takiej należy człowiek. W wyniku jego działalności większość ekosystemów uległa przekształceniu. Stopień i wyniki zmian zależą głównie od gęstości zaludnienia w stosunku do pojemności ekosystemu, rozumienia praw ekologicznych oraz możliwości angażowania dodatkowej energii na stymulowanie produkcji. W rezultacie powstaje sztuczna przyroda. Ekosystemy antropogeniczne są niestrawne. Utrzymują się tylko dzięki stałym zabiegom gospodarczym człowieka.

W ekosystemach użytkowych człowiek przestał być jednym z elementów biocenozy i stał się czynnikiem środowiska. Zagrożenie, jakie względem przyrody stwarza działalność człowieka, polega na zakłóceniu równowagi ekologicznej. Pociąga to za sobą długi łańcuch następstw, trudny do wyśledzenia.

W przekształcaniu środowiska przyrodniczego stosunkowo duży udział mają melioranci. Ich działania są wielokierunkowe. Można je ująć w trzech zasadniczych kierunkach:

- intensyfikacja produkcji roślinnej przez usuwanie ograniczających czynników ekologicznych w ekosystemach produkcyjnych,
- organizacja zaplecza dla produkcji,
- rekultywacja działalności ludzkiej.

W wyniku presji cywilizacji ludzkiej rola melioracji stopniowo rozszerza się. Chcemy

ulepszać coraz to więcej elementów środowiska przyrodniczego, nie troszcząc się jednocześnie o dostateczne jego poznanie.

Polskie melioracje mogą poszczycić się wieloma osiągnięciami. W okresie 45 lat zmeliorowano i odtworzono melioracje na ponad 3,8 mln ha użytków ornych i ponad 1,8 mln ha użytków zielonych. Uregulowano ponad 30 tys. km rzek i kanałów. Wybudowano, odbudowano lub zmodernizowano ponad 7 tys. km wałów przeciwpowodziowych (MRiGŻ, 1989). Dane te nie obejmują zakresu wszystkich prac, ale wystarczająco obrazują ich rozmiar.

Bezpośrednim rezultatem przeprowadzonych melioracji jest udostępnienie rolnictwu terenów stanowiących nieużytki w aspekcie gospodarczym lub umożliwienie intensyfikacji produkcji rolniczej na terenach już użytkowanych. Wymiernym efektem zabiegów melioracyjnych jest przede wszystkim wzrost plonów uprawianych roślin. Poprawiła się także wartość uzyskiwanych plonów. Wzrost produkcji roślinnej warunkował z kolei intensyfikację produkcji zwierzęcej.

W działalności melioracyjnej oprócz działalności pożytecznej dla środowiska występują także działania szkodliwe. W kształtowaniu środowiska przyrodniczego uwzględnia się cele produkcyjne, natomiast w niedostatecznym stopniu bierze się pod uwagę cele pozaprodukcyjne. Środowisko przyrodnicze obok roli produkcyjnej pełni fun-

kcję klimatyczną, hydrologiczną, biotyczną, krajobrazową itp.

Nie mając możliwości uzyskania wysokiej produkcji z jednostki powierzchni, dążymy do objęcia technizacją wszystkich obszarów. Bardzo wiele terenów możemy urządzać i użytkować bez osuszania dolin. Osiągając wysoki poziom produkcji, możemy ważniejsze bagna i doliny oraz dolinki smutne zostawić w obecnym układzie, nie zmieniając ich ekologicznego charakteru. Mogą one spełniać rolę pozaprodukcyjną.

Bardzo ważne w aspekcie kształtowania i ochrony środowiska jest zdecydowanie, kiedy i gdzie mają być zrealizowane inwestycje kosztem zwiększenia obszarów, a kiedy kosztem wydajności. O podjęciu decyzji winien decydować nie tylko rachunek gospodarczy, jak dotychczas ma to najczęściej miejsce, ale także rachunek ogólnospołeczny, w którym uwzględnione zostaną aspekty pozaprodukcyjne.

Działania powyższe winny być oparte na znajomości praw ekologicznych, a w szczególności powinny obejmować zagadnienia dotyczące funkcjonowania ekosystemu i krajobrazu.

Pozwolą one:

- przewidzieć dodatni i ujemny wpływ inwestycji na środowisko,
- wskazać sposoby gospodarowania w ekosystemie, które zwiększą jego produktywność i poprawić jakość środowiska,
- znaleźć najskuteczniejsze środki na zmniejszenie ujemnego wpływu inwestycji na ekosystem.

Ekologiczne myślenie i ekologiczny sposób podejścia stopniowo przyjmowany jest w różnych dziedzinach: w rolnictwie, medycynie, w naukach społecznych i fizyczno-przyrodniczych. Działalność ekologiczna znalazła oddźwięk i poparcie w wielu grupach społecznych, działających na rzecz ochrony śro-

dowiska. Nie może zabraknąć wśród nich także meliorantów.

Człowiek jest zarówno tworem, jak też twórcą swego środowiska, które go utrzymuje i daje możliwości duchowego, moralnego i społecznego rozwoju. Osiągnął obecnie możliwości zmiany środowiska na skalę dotychczas nie spotykaną. Z tą mocą kształtowania środowiska wiąże się również wielka moralna odpowiedzialność za przekazanie następnym pokoleniom świata w takim stanie, aby mogły nie tylko egzystować, ale także przeżywać radość życia. Taka odpowiedzialność istnieje także przed społecznością melioracyjną.

Dla człowieka nie ma alternatywy – musi zrozumieć prawdę, że człowiek nie jest panem, a tylko elementem przyrody, że nie tworzy praw natury, ale musi się im podporządkować.

Gdzie istnieją przyczyny kryzysu ekologicznego, a także niepowodzeń melioracji środowiska. Tkwią one we współczesnej cywilizacji i systemie wartości stworzonym przez człowieka zafascynowanego osiągnięciami techniki, dającemu prymat dobrom materialnym, jak też w postawach etycznych człowieka w stosunku do środowiska.

Stajemy przed dylematem o bardzo ważnym znaczeniu. Jak żyć i działać humanitarnie? Co jest moralne i jakie są moralne wartości? Co jest dobrem? Jakie działania są słuszne w dzisiejszej rzeczywistości?

Podstawą wrażliwości myślowej melioranta winna być przede wszystkim ekologia i etyka. Pozwala ona na wytyczenie kierunku naszych poczynań w stosunku do środowiska przyrodniczego w dzisiejszym świecie technologicznym i konsumpcyjnym.

Ekologia umożliwia poznanie zależności między biocenozą a ich siedliskiem, powiązanych w układ przyrodniczy zwany ekosystemem. Różne ekosystemy w określonych współzależnościach tworzą wyższe jednostki

ekologiczne. Każdy system wyższego rzędu zawiera wszystkie systemy niższego rzędu. Na każdym wyższym poziomie system posiada nowe cechy jakościowe, nieznane na poziomach niższych. Świadomość ekologiczna melioranta to poziom wiedzy o zależnościach w ekosystemach i krajobrazach, które ulepsza.

Etyka to w świecie ludzkim zespół norm, nakazów i zakazów stanowiący system regulujący stosunki międzyludzkie i społeczne. Ekoetyka – to etyka człowieka w stosunku do przyrody.

Najważniejszymi pojęciami w etyce to „dobro” i „zło”. W ekoetyce dobrem jest poszanowanie przyrody, a złem jej unicestwianie.

Wszelkie działania na rzecz poprawy stanu środowiska bez równoczesnego kształtowania naszej świadomości w kierunku etyki ekologicznej będą działaniami doraźnymi, nie sięgającymi istotnych problemów.

Z zasad ekoetyki (Schweitzer 1974, Moore 1980, Janecki 1983, Aleksandrowicz 1984) wynikają kierunki postępowania melioranta w środowisku przyrodniczym. Winien on przede wszystkim nie szkodzić. Stanie się to realne wówczas, gdy będzie on prawy i odpowiedzialny. Tylko meliorant wrażliwy, kochający przyrodę jest zdolny do podejmowania słusznych decyzji. W ulepszaniu środowiska musi myśleć alternatywnie. Mając niejasne pojęcie o znaczeniu niektórych elementów środowiska ożywionego i nieożywionego, nie ma prawa uważać ich za bezwartościowe i unicestwiać je. Moralnym nakazem melioranta jest poszanowanie życia i środowiska naturalnego w każdej postaci.

Etyka ekologiczna jest częścią etyki zawodowej melioranta. Określają ją także akty prawne. Inwestor, projektant i wykonawca robót wodnomelioracyjnych są obowiązani uwzględniać w swojej działalności wymagania ochrony środowiska (art. 68. 1 Ustawy o

ochronie i kształtowaniu środowiska, 1980). Zobowiązania ochrony środowiska wynikają z prawa budowlanego, prawa wodnego i innych ustaw. Dotyczą one także utrzymania i eksploatacji urządzeń i systemów melioracyjnych. Istnieje również odpowiedzialność za czyny będące wykroczeniami i przestępstwami za naruszenie wymagań ochrony środowiska.

Jakie warunki należy spełnić, aby być wartościowym człowiekiem społeczności melioracyjnej?

Pierwszym warunkiem jest wychowanie i wiedza, którą należy zdobyć w rodzinie, w społeczeństwie i w szkole. Edukacja winna być wszechstronna, rozwijająca wartości etyczne, duchowe, humanistyczne, przyrodnicze i techniczne.

Drugim warunkiem jest zdobycie umiejętności wykorzystania wiedzy i pokierowania procesami gospodarczymi tak, aby nie zachwiało to samoregulacji ekosystemów i biosfery. Z tym łączy się problem przywrócenia równowagi ekologicznej zniszczonym fragmentom przyrody. Tych umiejętności nabywa się przede wszystkim w pierwszych latach pracy. Poznając przyrodę wszędzie spotykamy siebie.

Trzecim warunkiem jest techniczna i ekonomiczna możliwość wykonania tego, co jest potrzebne do kształtowania środowiska. Zdobywamy ją wraz z innymi członkami społeczności efektywną pracą zawodową.

Czwartym warunkiem są chęci działania – będące logiczną wypadkową potrzeb, rozumu i uczuć – prowadzących ród ludzki przez jego drogi rozwoju.

Meliorant w okresie swej działalności zawodowej musi oprócz wiedzy melioracyjnej opanować wiele nowych dziedzin pokrewnych. Powinien mieć także swój cel w życiu, rozumieć wspaniałość etosu swojego zawodu, traktowanego jako powołanie do spełnie-

nia ważnej misji w przyrodzie i w społeczeństwie.

Literatura

- ALEKSANDROWICZ J. 1984: *Ekologia a współczesna cywilizacja*. Życie i Myśl nr 5, PAX, Poznań.
JANECKI J. 1983: *Człowiek a roślinność synantropij-*

- na miasta na przykładzie Warszawy*. Rozp. Nauk. i Monogr., Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
Min. Roln. i Gosp. Żywn. 1989: *Roczne sprawozdanie ze stanu ilościowego urządzeń melioracyjnych*. RLŻ-43, Warszawa (maszynopis).
MOORE G.E 1980: *Etyka*. PWN, Warszawa.
SCHWEITZER A. 1974: *Życie*. PAX, Warszawa.
Ustawa o ochronie i kształtowaniu środowiska. DzU 1980 Nr 3, poz. 6.

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

Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych

Wyniki badań nad nowymi rodzajami włókien do zabezpieczania rurociągów przed zamulaniem

Wstęp

Włókniny filtracyjne stosowane jako filtry drenarskie powinny charakteryzować się właściwościami gwarantującymi pełne zabezpieczenie rurociągów przed zamulaniem cząstkami gruntu, przy jednoczesnych optymalnych możliwościach poboru wody przez rurociąg. Inne są bowiem wymagania stawiane filtrom przy zabezpieczaniu rurociągów od zamulenia, a inne przy zwiększaniu jego chłonności. W większości przypadków skład surowcowy włókien stanowią spolimeryzowane włókna syntetyczne takie, jak: poliamid, polipropylen, poliester, polietylen, poliakrylnitryl, polichlorek winylu, akryl i inne.

Po pewnym czasie działania systemu drenarskiego (różnego w zależności od warunków wodnogruntowych) dopływająca do rurociągów woda powoduje powstawanie przy wlotach (szczeliny, otwory) trwałych gruntowych sklepień filtracyjnych (w gruntach sufozycznych takie sklepienia nie powstają). Zanika wówczas proces wynoszenia drobnych frakcji z gruntu chronionego.

Mając to na uwadze, do składu surowcowego włókien wprowadzono pewien rodzaj włókien pochodzenia organicznego (juta, konopie, wełna itp.). Surowce te po pewnym czasie od chwili wbudowania ulegają rozkładowi,

a pozostałe nie rozłożone części filtru, tworząc swoiste sklepienia filtracyjne, zabezpieczają przed wymyciem grubsze frakcje gruntu chronionego. Filtry włókninowe powinny zapewnić odporność i długotrwałość działania rurociągów nimi zabezpieczonych w różnych warunkach gruntowych, zachowując optymalne właściwości hydrauliczne przy połączeniu gruntu z włókniną i włókniny z rurociągiem. Jednocześnie parametry mechaniczne włókien powinny być dostosowane do technologii ich zakładania na obwodzie sączków (Sokołowski 1991), np. sączki z PCW owija się przed wbudowaniem na specjalnych mechanicznych owijkach, a rury ceramiczne zabezpiecza w trakcie wbudowywania poprzez układanie pasków włókien pod i nad rurociągiem. Przestrzeganie tego warunku jest konieczne do zabezpieczania włókien przez zerwaniem lub deformacją.

W prezentowanym artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych próbnej partii trzech rodzajów włókien syntetyczno—organicznych pod kątem ich przydatności do filtru drenarskiego.

Metodyka badań

Badania włókien przeznaczonych do zabezpieczenia sączków przed zamulaniem

cząstkami gruntu przeprowadzono w zakresie optymalnych możliwości chłonnych i minimalnego zamulenia rurociągów drenarskich oraz właściwości mechanicznych. Określono ich skład surowcowy, grubość, masę powierzchniową, wodoprzepuszczalność poprzeczną i kolmatację, a także wytrzymałość wzdłuż i w poprzek włókniny, wydłużenie przy maksymalnej sile zrywającej wzdłuż i w poprzek oraz wodoprzepuszczalność poprzeczną po kolmatacji oraz opory wejściowe. Badane włókniny zostały wyprodukowane przez Zakłady Chemiczne „Anilana” w Łodzi.

a. Skład surowcowy, masa powierzchniowa. Skład surowcowy podany został przez producenta (pkt 2) i zamieszczony w tabeli 1. Masę powierzchniową (m_p) będącą masą 1 metra kwadratowego wyrobu w gramach określono wg PN-73/P-04613/. Jej wartości podano także w tabeli 1.

b. Grubość włókniny (g) wyrażonej w milimetrach określono w edometrze (Jędryka 1988) z dokładnością do 0,01 mm. Pomiar wykonano na próbach suchych, podając wynik ostateczny jako średni z 5 powtórzeń. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 2.

c. Wodoprzepuszczalność poprzeczna k_T (zdolność próby włókniny do przepuszczania wody prostopadłe do jej płaszczyzny) została określona w specjalnym aparacie przepływowym (Krzywosz 1982) i określona z zależności

$$k_T = \frac{Q \cdot g}{F \cdot t \cdot \Delta h} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1)$$

gdzie:

Q – objętość wody, która przefiltrowała przez próbkę w czasie t (m^3), g – grubość badanej próby po nasączeniu wodą (m),

F – powierzchnia czynna próbki prostopadła do kierunku przepływu (m^2), t – czas trwania przepływu (s), Δh – różnica ciśnień piezometrycznych (m).

Otrzymany współczynnik filtracji należy podawać w odniesieniu do temperatury $+10^\circ\text{C}$ (ze względów porównawczych), co oznacza się z zależności:

$$k_{10} = \frac{k_T}{0,7 + 0,03T} \quad (^\circ\text{C}) \quad (2)$$

gdzie:

T – temperatura wody podczas przeprowadzania badań.

d. Kolmatacja. Jest to zjawisko zatrzymywania cząstek płynnej zawiesiny wodno-gruntowej podczas jej przepływu przez ośrodek porowaty (włókninę). Ośrodek ten na ogół zmniejsza współczynnik filtracji.

Badania kolmatacji przeprowadzono za pomocą tej samej aparatury, co przy określaniu wodoprzepuszczalności (pkt 1c). Badanie polegało na zakolmatowaniu wycinka włókniny (o wymiarach jak przy badaniu wodoprzepuszczalności poprzecznej) zawieszoną

TABELA 1. Charakterystyka włókien syntetyczno-organicznych

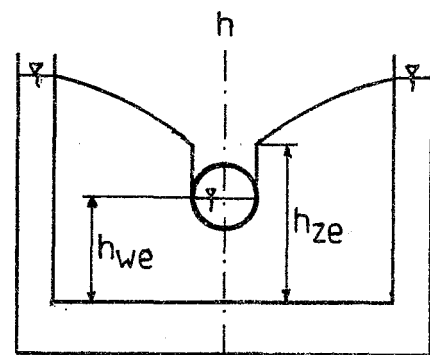
Rodzaj włókien	Masa powierzchniowa [g/cm^2]	Skład surowcowy [%]	Sposób produkcji
1	200	poliester (50), juta (50)	igłowanie ^a
2	350	poliester (80), wełna (20)	jw.
3	250	poliester (50), juta len, konopie (po 17)	jw.

^a Metoda igłowania polega na mechanicznym połączeniu lub powiązaniu włókien w postaci luźno uformowanego runa. Następnie runo podlega igłowaniu, po którym otrzymuje wytrzymałość mechaniczną.

składającą się z pyłu piaszczystego i wody (stosunek 1:20). Mieszaninę tę przepuszczano przez próbkę włókniny przez ok. 20 minut w celu możliwie maksymalnego jej zakolmatowania.

e. Wodoprzepuszczalność poprzeczna po kolmatacji. Badanie wodoprzepuszczalności poprzecznej po kolmatacji przebiegało identycznie jak próby nowej (pkt 1c) przy wykorzystaniu wzorów 1 i 2. Nadmiar gruntu zawieszony, który nie przeniknął przez włókninę w procesie kolmatacji, był przed rozpoczęciem badania wodoprzepuszczalności usuwany z krążków.

f. Właściwości mechaniczne. Włókniny powinny odznaczać się odpowiednią wytrzymałością na rozciąganie dla zabezpieczenia przed nadmiernym wydłużeniem lub zerwaniem w czasie układania lub owijania. Podstawowe właściwości wytrzymałościowe włókien określa się na podstawie jednokierunkowego rozciągania wzdłuż wątku (wzdłuż wyrobu) i osnowy (w poprzek lub wszerz wyrobu). Badania zostały przeprowadzone na zrywarcie $F_u - 1000$ – e produkcji niemieckiej. Przygotowania prób dokonano wg PN-70/P-04626.



Rys. 1. Schemat hydrauliczny modelu do badania oporów wejściowych

Wytrzymałość włókniny wzdłuż i w poprzek określano z zależności:

$$P_r = f(\Delta L) \quad (3)$$

gdzie:

P_r – siła przyłożona do próbki w danym kierunku (N),

$\Delta L = L - L_o$ – wydłużenie bezwzględne próbki przy obciążeniu P_r ,

L – długość próbki przy obciążeniu P_r (mm),

L_o – długość próbki przed zrywaniem (mm).

Wydłużenie względne na granicy zerwania wzdłuż i w poprzek określono

$$E_r = \frac{\Delta L_z}{L_o} \cdot 100\% \quad (4)$$

gdzie:

ΔL_z – wydłużenie bezwzględne próbki w momencie jej zerwania (mm).

g. Opory wejściowe. Woda filtrując do drenu przenika przez szczeliny rur i pory filtru. Opory pokonywane na jej drodze nazywane są oporami wejściowymi. W badaniach modelowych opory wejściowe określa się jako funkcję strat ciśnienia przy filtracji wody do rurociągu bez zabezpieczenia lub zabezpieczonego materiałem filtracyjnym (Sokołowski 1990).

Ocenę rurociągów zabezpieczonych badanymi rodzajami włókien pod kątem własności chłonnych przeprowadzono w modelu gruntowym, którego schemat hydrauliczny pokazano na rysunku 1.

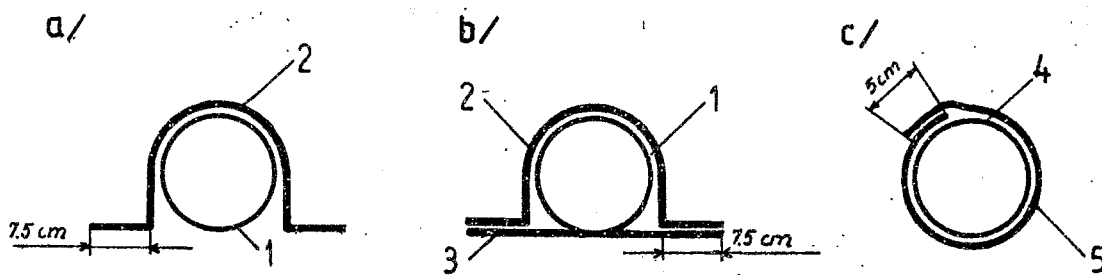
Opór wejściowy do drenu obliczono z zależności

$$w_e = \frac{h_{ze} - h_{we}}{\frac{Q}{l}} (d \cdot m^{-1}) \quad (5)$$

gdzie:

h_{ze} – ciśnienie wody na zewnątrz drenu (m),

h_{we} – ciśnienie wody wewnątrz drenu (m),



Rys. 2. Sposoby zabezpieczenia rurociagu ceramicznego włókniną: 1 – rurowód ceramiczny, 2 – górny pasek włókniny (G), 3 – dolny pasek włókniny (D), 4 – rurowód z PCW, 5 – włóknina na całym obwodzie sączka (O)

Q – wydatek rurociagu pomierzony w modelu ($m^3 \cdot d^{-1}$),

l – długość rurociagu (m).

Wartości h_{ze} odczytywano z piezometru umieszczonego na styku rurociagu z gruntem, wartości h_{we} z piezometru umieszczonego wewnątrz sączka. Badania oporów wejściowych przeprowadzono stosując rury ceramiczne i karbowane z PCW o średnicach 0,05 m. Rury ceramiczne układano w odległości między stykami równej 0,001 m. Rury z PCW miały otwory prostokątne o wymiarach 0,001 x 0,004 m w sześciu rzędach na obwodzie sączka. Rurowód z PCW zabezpieczony był przez owinięcie włókniną całego obwodu, natomiast ceramiczny zabezpieczony był jednym (tylko od góry) lub dwoma (od góry i dołu jednocześnie) paskami włókniny. Sposób zabezpieczenia rurociągów pokazano na rysunku 2a i 2b (rurowód ceramiczny) i rysunku 2c (rurowód z PCW).

Badania przeprowadzono układając rurowody z filtrem w czterech rodzajach gruntów: piasku średnim, piasku drobnym, piasku gliniastym i pyle piaszczystym. Za optymalny gradient hydrauliczny, przy którym nie naruszona była struktura gruntu, ustalony na podstawie obliczeń ze wzorów teoretycznych oraz po przeprowadzeniu badań próbnych, przyjęto wartość 0,9.

Wyniki badań

W tabeli 2 zamieszczono wyniki badań laboratoryjnych właściwości: metrologicznych (wg pkt. a i b) hydraulicznych (wg pkt c, d e), mechanicznych (wg pkt f).

Wyniki badań oporów wejściowych rurociągów zabezpieczonych włókniną zamieszczono w tabeli 3, gdzie podano również wskaźniki zmniejszenia oporów N (stosunek oporów sączka zabezpieczonego włókniną do sączka bez zabezpieczenia). Należy zaznaczyć, że wartości h_{ze} podane w tabeli 3 pochodzą z obliczeń statystycznych, tj. po wyrównaniu za pomocą metody najmniejszych kwadratów. W tym przypadku jest to wielomian trzeciego stopnia.

Podsumowanie

Badania włókien wykonanych z surowców pochodzenia syntetyczno-organicznego wykazały, że w zakresie właściwości mechanicznych (tab. 2) nie spełniają wymagań norm (wymagana wytrzymałość wzdłuż włókna >20 dN/5 cm, w poprzek >10 dN/5 cm. Można je stosować tylko przy ręcznym układaniu na obwodzie rurociągów. Wodoprzepuszczalność poprzeczną czystych włókien wynosi od $1,33 \times 10^{-3}$ m/s do $4,22 \times 10^{-3}$ m/s (tab. 2). Po kolmatacji nastą-

TABELA 2. Właściwości metrologiczne i mechaniczne włókien

Nr włók- niny	Masa powierz- chniową $m_p [g/m^2]$	Grubość głr [mm]	Wodoprzepuszczalność		Wyttrzymałość		Wydłużanie przy maksymalnej sile	
			poprzączna $k_{10} \times 10^{-3} [m/s]$	poprzączna po kolmatacji $k_{10} \times 10^{-3} [m/s]$	wzdłuż [dN/5 cm]	wzdłuż [dN/5 cm]	wzdłuż [%]	w poprzek [%]
1	200	2,33	1,33	0,13	1	21	70	200
2	350	3,58	1,97	0,31	12	115	70	270
3	250	2,75	4,22	0,40	0	1	0	0

piło zmniejszenie wodoprzepuszczalności i w stosunku do włókien czystych współczynnik filtracji zmniejszył się o około 8 razy. Wymaga się, aby współczynnik wodoprzepuszczalności włókieniny zakolmatowanej do współczynnika przepuszczalności gruntu chronionego był większy od 5.

W zakresie oporów wejściowych w rurociągach zabezpieczonych włókniną widać (tab. 3), że wszystkie stosowane rozwiązania zmniejszają opory wejściowe w stosunku do rurociągów bez zabezpieczenia. Wskaźnik zmniejszenia oporów jest większy w gruntach bardziej przepuszczalnych, mniejszy w mniej przepuszczalnych. Porównując sączki z PCW i ceramiczne stwierdza się, że w piasku średnim większą skuteczność wykazują zabezpieczenia rurociągów ceramicznych, w piasku drobnym większą skuteczność zabezpieczenia posiadają sączki z PCW oraz że w pozostałych gruntach wartości wskaźnika zmniejszania oporów są podobne. Wyniki badań wskazują na możliwość stosowania składu surowcowego włókien syntetyczno-organicznych przy jednoczesnym zwiększeniu ich masy powierzchniowej oraz grubości. Przyczyni się to do poprawy parametrów wytrzymałościowych, co spowoduje, że materiały te spełnią dobrze rolę warstw ochronnych i wymagania technologiczne podczas ich wbudowywania.

Literatura

- JĘDRYKA G., KRZYWOSZ Z., SOKOŁOWSKI J. 1988: *Badania podstawowych parametrów fizycznych włókien przeznaczonych na filtry drenarskie i umocnienia skarp*. SGGW (maszynopis).
- KRZYWOSZ Z. 1982: *Przydatność włókien filtracyjnych jako warstw ochronnych w budownictwie wodno-melioracyjnym*. Rozprawa doktorska. SGGW-AR.
- SOKOŁOWSKI J., ŻBIKOWSKI A. 1990: *Nowe materiały w budownictwie wodnym i melioracyjnym*. Wyd. SGGW.

TABELA 3. Właściwości hydrauliczne włókniń

Rodzaj		Nr włók- niny	Sposób zabez- piecze- nia	Wartości		Wydatek rurociągu $Q \times 10^3$ [m ³ /s]	Opory wejścia W_e [d/m]	Wskaźnik zmniejsze- nia oporów $N = \frac{W_e \text{ bez zab.}}{W_e \text{ zabezp.}}$
gruntu	sączka			h_{ze} (m)	h_{we} (m)			
Piasek średni	PCW	—	bez zab.	0,24	0,2	1,082	0,04276	—
		1	0	0,211	0,2	1,79	0,0072	5,94
		2	0	0,215	0,2	1,69	0,00783	5,46
		3	0	0,214	0,2	1,76	0,0092	4,65
	ceramiczny—	—	bez zab.	0,237	0,2	0,554	0,07802	—
		1	G	0,2094	0,2	1,595	0,0068	11,47
		1	G + D	0,2121	0,2	1,434	0,00976	8,0
		2	G	0,2113	0,2	1,487	0,0088	8,86
		2	G + D	0,212	0,2	1,307	0,0107	7,29
		3	G	0,21	0,2	1,265	0,0091	8,57
		3	G + D	0,211	0,2	1,283	0,0099	7,88
		Piasek drobny	PCW	—	bez zab.	0,2533	0,2	0,618
1	0			0,2181	0,2	1,057	0,01986	5,03
2	0			0,2129	0,2	0,97	0,01538	6,49
3	0			0,2130	0,2	1,155	0,01302	7,67
ceramiczny—	—		bez zab.	0,2482	0,2	0,341	0,16349	—
	1		G	0,22497	0,2	0,566	0,05108	3,20
	1		G + D	0,2213	0,2	0,542	0,04544	3,6
	2		G	0,223	0,2	0,542	0,0491	3,32
	2		G + D	0,2205	0,2	0,506	0,04687	3,49
	3		G	0,2323	0,2	0,691	0,05407	3,02
	3		G + D	0,2265	0,2	0,681	0,045	3,63
	Piasek gliniasty		PCW	—	bez zab.	0,2825	0,2	0,109
1		0		0,2336	0,2	0,225	0,1727	5,09
2		0		0,2355	0,2	0,2	0,2055	4,28
3		0		0,2351	0,2	0,26	0,1562	5,63
ceramiczny—		—	bez zab.	0,2784	0,2	0,174	0,52115	—
		1	G	0,2439	0,2	0,367	0,1383	3,77
		1	G + D	0,2393	0,2	0,358	0,1271	4,1
		2	G	0,2395	0,2	0,359	0,1277	4,1
		2	G + D	0,238	0,2	0,347	0,1266	4,12
		3	G	0,2444	0,2	0,457	0,11244	4,63
		3	G + D	0,2446	0,2	0,43	0,1201	4,34
		Pył piazczysty	PCW	—	bez zab.	0,2644	0,2	0,032
1	0			0,2388	0,2	0,066	0,676	3,48
2	0			0,235	0,2	0,062	0,6542	3,6
3	0			0,228	0,2	0,069	0,4722	4,99
ceramiczny—	—		bez zab.	0,2727	0,2	0,052	1,6196	—
	1		G	0,2479	0,2	0,121	0,4572	3,54
	1		G + D	0,2439	0,2	0,112	0,4532	3,57
	2		G	0,2451	0,2	0,114	0,4568	3,54
	2		G + D	0,243	0,2	0,109	0,4579	3,54
	3		G	0,239	0,2	0,107	0,4092	3,96
	3		G + D	0,232	0,2	0,107	0,3452	4,69

U w a g a: Numery włókniń zamieszczone w tabeli 3 odpowiadają charakterystyce podanej w tabeli 1, natomiast sposób zabezpieczenia jest zgodny ze schematem przedstawionym na rysunku 2.

SOKOŁOWSKI J., JĘDRYKA G., KRZYWOSZ Z.
1991: *Niektóre problemy dotyczące zabezpieczenia drenowań przed zamulaniem*. Wiad. Mel. i Łąkars. nr 2/3.

Summary

Results of tests with new kinds of geotextiles applied for protection of drain pipelines against silting. Filtrating geotextiles applied as drain filters should have the properties ensuring the protection of drains against silting with soil particles at simultaneous assurance of optimal possibilities of taking in water by drains.

Results of laboratory investigations of a tentative series of three synthetic geotextile kinds with addition of organic materials (jute, hemp straw and wool) are presented in the paper. During investigations metrologic parameters of geotexti-

le samples (superficial mass, thickness), hydraulic properties (water permeability, resistance to colmatation, inlet resistance) and mechanical properties (longitudinal and transverse strength, elongation) were determined.

Investigation results allowed to prove a possibility of the control of tested geotextiles as drain filters on condition of increase of their strength parameters through thickening of geotextiles and consequently increase of their superficial mass.

Author's adress:

Grzegorz Jędryka, Zygmunt Krzywosz,
Władysław Matusiewicz, Janusz Sokołowski
Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Klimatyczny wskaźnik potrzeb wodnych roślin w wybranych rejonach strefy subtropikalnej

Wstęp

Od wielu lat specjaliści polscy z różnych dziedzin prowadzą działalność w krajach położonych w strefie subtropikalnej, a zwłaszcza w Afryce Północnej i na Bliskim Wschodzie. Melioranci zajmowali tu zawsze wysoką pozycję.

Na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW kształceni są specjaliści w zakresie melioracji rejonów subtropikalnych. Melioranci polscy działający w tych rejonach ingerują w mało sobie znane, specyficzne środowisko naturalne. Dlatego gruntowne poznanie właściwości tego środowiska przez meliorantów jest konieczne, gdyż pozwoli uniknąć wielu błędów w projektowaniu i wykonawstwie systemów irygacyjnych. Następstwem takich błędów może być bowiem nie tylko mała efektywność systemów irygacyjnych, ale także degradacja środowiska naturalnego, która może łatwo wystąpić w następstwie zmian struktury bilansu wodnego.

Zjawisku degradacji środowiska sprzyjają też takie niekorzystne cechy klimatyczne, jak: nieregularność występowania opadów atmosferycznych i znaczny procent opadów burzowych, co prowadzi do dużych strat wody w wyniku spływu powierzchniowego i wywołuje groźne zjawisko erozji gleb. Wiele

zjawisk negatywnych z omawianych zagadnień występuje w Afryce. W literaturze zwraca się uwagę na to, że systemy melioracyjne w Afryce są często niewłaściwie wykonane ze względu na błędy w projektowaniu. W wielu wypadkach stosowane są także niewłaściwe terminy nawodnień (Jakubowski 1991). Wskazuje to na brak dostatecznej liczby fachowców.

Z punktu widzenia agroklimatologii do najważniejszych zagadnień wymagających dobrego rozpoznania, zwłaszcza pod względem ilościowym, należą: wysokość i rozkład czasowy opadów atmosferycznych, parowanie i transpiracja oraz meteorologiczny bilans wodny. Konieczne także jest podjęcie pracy w zakresie metodyki oceny wyżej wymienionych wielkości. Brak dostatecznie długich ciągów pomiarowych i mała liczba stacji meteorologicznych w wielu częściach omawianego obszaru nie pozwalają często na zastosowanie wzoru Penmana (i jego odmian) do obliczania ewapotranspiracji potencjalnej ET_p jako najlepszego klimatycznego wskaźnika potrzeb wodnych roślin. Trzeba się więc posługiwać wzorami uproszczonymi (np. Blaney'a i Criddle'a, Thornthwaite'a i in.), które nie pozwalają na obliczenia ET_p w krótszych okresach.

W klimatologii ogólnej interesujące jest zagadnienie, jaki wpływ na pustynnienie róż-

nych obszarów strefy subtropikalnej (zwłaszcza w Afryce) mają globalne zmiany klimatyczne oraz w jakim stopniu są one wywołane niszczeniem lasów równikowych, a w jakim zanikiem warstwy ozonowej w atmosferze. Duże znaczenie praktyczne miałyby także szczegółowe rozpoznanie częstości występowania okresów bezopadowych i okresów z opadem odbiegającym od normy.

W niniejszej pracy podjęto problemy klasyfikacji i ogólnej charakterystyki klimatu Afryki Północnej i Bliskiego Wschodu (z pominięciem Afganistanu, południowej części Półwyspu Arabskiego i Sudanu) oraz oceny potencjalnych potrzeb wodnych roślin dokonanej różnymi metodami. Zajmowano się głównie obszarami leżącymi w strefie klimatu subtropikalnego (rys 1.)

Afryka Północna i Bliski Wschód leżą w strefie klimatu subtropikalnego (podzwrotnikowego) charakteryzującego się dużym nadmiarem energii w stosunku do ilości wilgoci. Niedobór wody uniemożliwia więc wykorzystanie dużych rezerw w produkcji żywności w strefie klimatycznej, w której od dawna występują największe na kuli ziemskiej obszary głodu.

Rejony klimatyczne i ogólna charakterystyka klimatu

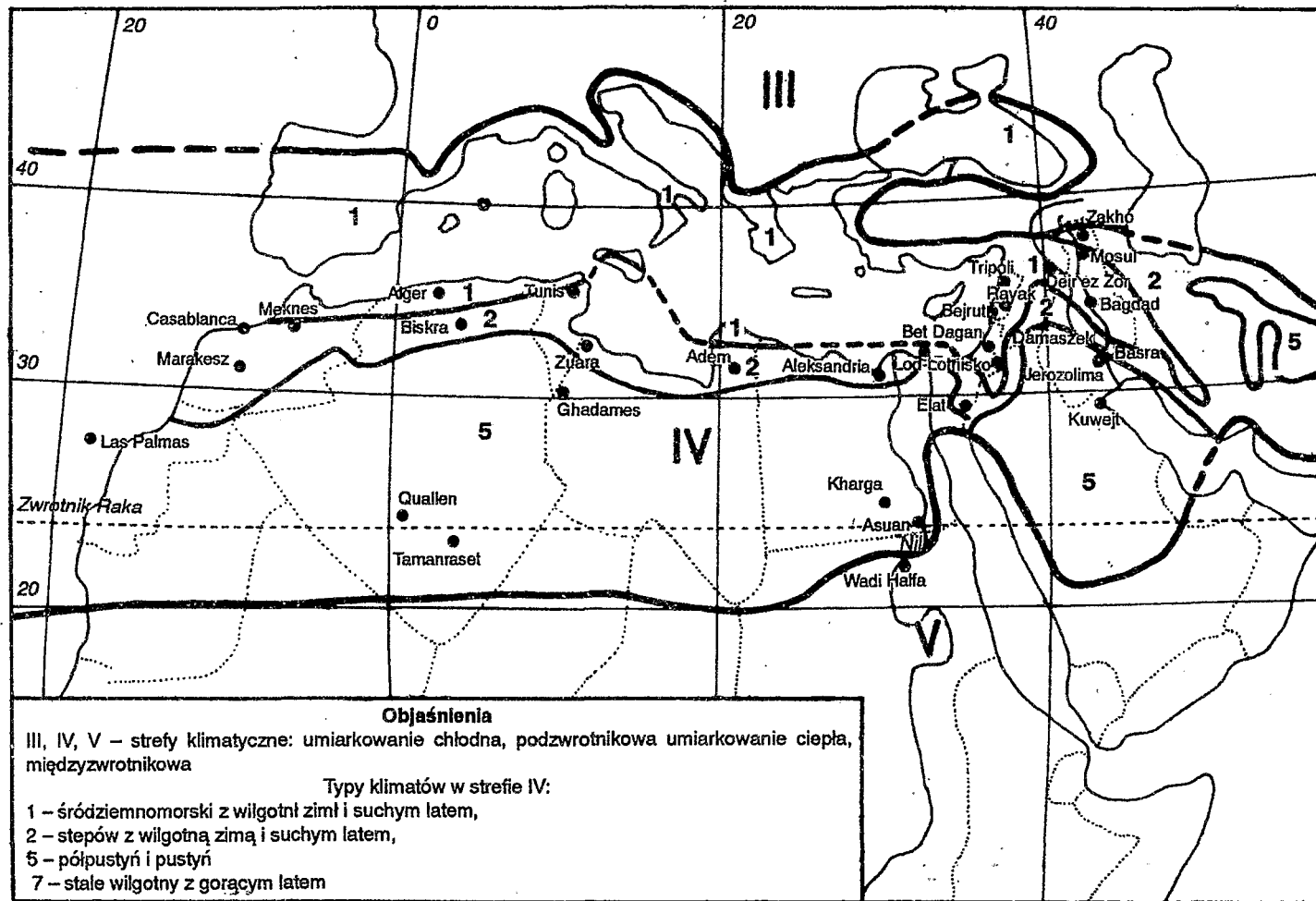
Pojęcie klimatu subtropikalnego. Trudno jest zdefiniować pojęcie strefy subtropikalnej bez uprzedniego wyjaśnienia pojęcia tropików. Strefy: tropikalna a zwłaszcza subtropikalna nie mają ścisłej definicji. Terminy tropik i tropiki odnoszą się zarówno do równoleżników na Ziemi o szer. geogr. $23^{\circ}27'$ N i S (zwrotniki Raka i Koziorożca), jak też do całego obszaru powierzchni ziemi leżącego między zwrotnikami, nazywanego w astronomii międzyzwrotnikową strefą klimatyczną lub strefą tropikalną (gorącą).

W geografii istnieje inne określenie granic strefy tropikalnej (tropików), zgodnie z którym granice te leżą na równoleżnikach 30° N i S. Z meteorologicznego punktu widzenia granice strefy tropikalnej, zdefiniowane jako pewne szerokości geograficzne, są niewłaściwe, gdyż nie uwzględniają one zmian sezonowych tych granic wynikających z ogólnej cyrkulacji atmosferycznej. Według meteorologów granice tropików w przybliżeniu pokrywają się z liniami podziału wiatrów wschodnich, panujących w niskich szerokościach, i wiatrów zachodnich przeważających w szerokościach umiarkowanych. Linie podziału tych granic przebiegają w średniej troposferze, tj. na wysokości ok. 3000 m n.p.m. (700 hPa). Granice te nie są więc przestrzennie i czasowo stałe (Palmen, Newton 1969; Riehl 1979).

Przybliżonym wskaźnikiem dla tej specyficznej granicy tropiku są osie ośrodków wyżowych, znanych jako antycyklony subtropikalne (podzwrotnikowe), oddzielone od siebie siodłami. Występują one w dwóch pasach (strefach) wysokiego ciśnienia w przybliżeniu na szerokości geograficznej 30° N i S.

Antycyklony subtropikalne wykazują dużą stabilność i występują zwykle w tych samych miejscach. Podlegają one jednakże pewnym wahaniom sezonowym, przybliżając się w zimie do równika, latem natomiast przemieszczają się w kierunku odwrotnym – do bieguna; na szerokości geograficznej około 30° N i S występują one w ciągu całego roku. Stąd położenie osi wyżów podzwrotnikowych (przybliżonej granicy tropików) zmienia się jako następstwo zmiany bruzdy równikowej (niskiego ciśnienia) średnio na półkuli północnej od 30° do 38° N, a na półkuli południowej od około 33° do około 30° S.

Termin subtropik odnosi się po pierwsze do typu klimatu, który jest uformowany w rejonach przejściowych między tropikiem (strefa wiatrów wschodnich) a strefą umiar-



Rys 1. Klasyfikacja klimatów Afryki Północnej i Bliskiego Wschodu (Troll i Paffen 1963, cyt. za Blüthgen 1966): III, IV, V – strefy klimatyczne: umiarkowanie chłodna, podzwrotnikowa umiarkowanie ciepła, międzyzwrotnikowa; Typy klimatów w strefie IV: 1 – śródziemnomorski z wilgotną zimą i suchym latem, 2 – stepów z wilgotną zimą i suchym latem, 5 – półpustyń i pustyń, 7 – stale wilgotny z gorącym latem

TABELA 1. Średnie wieloletnie wartości temperatury powietrza [°C] Climatological Normals, 1982

Kraj	Nazwa stacji	Wysokość n.p.m. [m]	Najcie- plejszy miesiąc	Temp.	Najchłod- niejszy miesiąc	Temp.	Amplituda roczna	Średnia roczna temperatura
Maroko	Meknes	549	VIII	25,5	I	9,7	15,8	17,1
	Casablanca	58	VIII	22,9	I	12,4	10,5	17,6
	Marakesz	466	VIII	28,8	I	11,4	16,7	19,9
Algieria	Algier	25	VIII	25,1	I	10,3	14,8	17,3
	Biskra	81	VII	33,7	I	11,0	22,7	21,9
	Ouallen	347	VII	38,1	I	16,1	22,0	28,1
	Tamanraset	1378	VI	29,0	I	12,3	16,7	21,8
Tunezja	Tunis Carthage	4	VIII	26,6	I	11,0	15,6	18,3
Libia	Zuara	3	VIII	26,9	I	12,1	14,8	19,5
	Adem	155	VIII	26,1	I	11,6	14,5	19,3
Wyspy Kanaryjskie	Las Palmas (Gando)	25	VIII	23,6	I	16,8	6,8	20,2
Egipt (ZRA)	Aleksandria	7	VIII	27,1	I	14,7	12,4	21,1
	Asuan	194	VIII	34,2	I	16,8	17,4	27,0
	Kharga	73	VII, VIII	31,2	I	14,1	17,1	24,1
Sudan	Wadi Halfa	155	VIII	32,5	I	15,1	17,4	25,2
Liban	Bejrut (Khadle)	16	VIII	27,1	I	13,9	13,2	20,2
	Rayak	921	VIII	24,2	I	5,1	19,1	14,8
	Tripoli (Kleiate, Tarabulus)	10	VIII	26,0	I	12,0	14,0	19,1
Syria	Deir ez Zor	203	VII, VIII	32,4	I	7,6	24,8	19,9
	Damaszek	729		27,6	I	7,7	19,9	17,8
Izrael	Lod-Airport	49	VIII	26,2	I	12,3	13,9	19,3
	Jerozolima	810	VIII	23,5	I	8,6	14,9	16,9
	Elat	11	VIII	33,7	I	15,8	17,9	25,2
Irak	Mosul	222	VII	33,7	I	6,5	27,2	19,4
	Bagdad	34	VII	34,8	I	9,9	24,9	22,9
Kuwejt	Kuwejt	11	VII, VIII	36,7	I	13,9	22,8	25,9

TABELA 2. Średnie wieloletnie wartości opadów atmosferycznych w [mm], Climatological Normals, 1982

Kraj	Nazwa stacji	Wysokość n.p.m. [m]	Miesiąc o najwyższej sumie opadów	Wysokość opadu	Miesiąc o najniższej sumie opadów	Wysokość opadu	Suma roczna
Maroko	Meknes	549	XII	105	VIII	2	546
	Casablanca	58	XII	87	VII	0	426
	Marakesz	466	XII	33	VII	2	253
Algieria	Algier	25	XII	117	VII	2	691
	Biskra	81	III, XI	19	VII	1	148
	Ouallen	347	—	—	—	—	—
	Tamanraset ^a	1378	VII, VIII	10	II, III, X–XII	<2,5	38
Tunezja	Tunis Carthage	4	I, XII	70	VII	1	466
Libia	Zaura	3	XII	61	VIII	0	216
	Adem	155	XII	23	VI, VII, VIII	0	84
Wyspy Kanaryjskie	Las Palmas (Gando)	25	XII	36	VIII	0	170
Egipt (ZRA)	Aleksandria	7	XII	48	V, VII	0	169
	Asuan	194	V	1 ^b	VI–VIII, X	0	1
	Kharga	73	I, II, V, VI, X–XII	śląd ^b	III, IV, VII–IX	0	śląd
Sudan	Wadi Halfa	155	V, VII, X	1	I–IV, VI, VIII, IX, XI, XII	0	3
Liban	Bejrut /Khadle	16	I	113	VII, VIII	0	517
	Rayak	921	I	159	VIII	0,1	603
	Tripoli (Kleiate, Tarabulus)	10	I	190	VII, VIII	0	745
Syria	Deir ez Zor	203	I	35	VII, VIII	0	177
	Damaszek	729	XII	60	VII–X	0	234
Izrael	Lod-Airport	49	I	131	VI, VII, VIII	0	529
	Jerozolima	810	I	128	VI, VII, VIII	0	492
	Elat	11	XII	9	VI–IX	0	27
Irak	Mosul	222	I	70	VIII	0	390
	Bagdad	34	XXII	26	VII, VIII	0	151
Kuwejt	Kuwejt	11	XII	41	VI–IX	0	111

^a według Kendrew 1961; ^b śląd oznacza opad o wys. <0,5 mm.

kowaną (strefa wiatrów zachodnich), po drugie do pasów wysokiego ciśnienia i ciszy lub zmiennych wiatrów występujących w pobliżu 30° N i S szerokości geograficznych. Tak więc strefa klimatu subtropikalnego jest ściśle związana ze zmianami sezonowymi ogólnej cyrkulacji atmosfery i latem przesuwają się ona do wyższych szerokości geograficznych (umiarkowanych), w związku z tym obszary subtropikalne w sensie geograficznym opasowane są przez powietrze zwrotnikowe i na ich terenie panuje wysoka temperatura oraz susza. W zimie pas wyżów subtropikalnych przesuwają się w kierunku niskich szer. geogr. i w związku z tym obszary subtropikalne opasowane są przez masy powietrza polarne, a związana z nimi działalność cyklonalna prowadzi do występowania opadów atmosferycznych.

Omawiany w niniejszym opracowaniu obszar Afryki Północnej i Bliskiego Wschodu niemal w całości leży w rejonach subtropikalnych. Występuje tu klimat subtropikalny ciepły o stałym niedoborze wilgoci. Według klasyfikacji Trolla i Paffena 1963 (cyt. za Blüthgen 1966, Martyn 1985) interesujący nas obszar leży w IV strefie podzwrotnikowej (subtropikalnej), umiarkowanie ciepłej (rys. 1). Na omawianym obszarze występują cztery z siedmiu typów klimatu, jakie Troll i Paffen wyróżniają w subtropikalnej strefie klimatycznej na kuli ziemskiej. Warto dodać, że cytowana klasyfikacja dobrze odzwierciedla istniejące na omawianym obszarze rozmieszczenie szaty roślinnej, zasięgi pustyń oraz użytkowanie gospodarcze. W klimatologii najbardziej rozpowszechniona jest klasyfikacja Köppena, zalecana ostatnio w modyfikacji Trewartha i Horna 1980 (cyt. za Hantel 1989). Według tej klasyfikacji część terenów stepowych zaliczana jest do pustyń.

W celu ilościowej charakterystyki klimatu Afryki Płn. i Bliskiego Wschodu w tabelach 1 i 2 zamieszczone zostały wartości nor-

malne (średnie z lat 1931–1960) temperatury powietrza i opadów atmosferycznych. Dane zaczerpnięto z Climatological Normals CLINO (1982).

Wskaźniki potrzeb wodnych roślin

a. Uwagi metodyczne. W warunkach pełnego zaopatrzenia roślin w wodę, klimatycznym wskaźnikiem potrzeb wodnych roślin jest ewapotranspiracja potencjalna (*ETp*). Wprowadza się również tzw. współczynniki biologiczne parowania, których wysokość zależy od rodzaju i fazy rozwojowej roślin. Spośród licznych wzorów służących do obliczania *ETp* największe uznanie zdobył wzór Penmana i jego modyfikacje (Doorenbos, Pruitt 1977). Może on być stosowany do obliczania *ETp* nawet dla doby. Poważną trudnością w szerszym zastosowaniu wzoru Penmana jest brak dostatecznie dużej liczby stacji meteorologicznych dokonujących pomiarów promieniowania słonecznego i prędkości wiatru. Dlatego w niniejszym opracowaniu podano najpierw bezwzględne wartości *ETp* wg Penmana (tab. 3) w celu scharakteryzowania przestrzennego zróżnicowania wskaźnika potrzeb wodnych roślin na omawianym obszarze. Następnie obliczone zostały współczynniki redukcyjne

$$k = \frac{ETp(i)}{ETp\text{ Penm}}$$

gdzie:

ETp (i) – ewapotranspiracja obliczona kolejno za pomocą wzorów: Blaney'a i Cridle'a, Turca, radiacyjnym, Thornthwaite'a (tab. 4).

Dzięki temu istnieje możliwość uzyskania porównywalnych danych o wpływie warunków klimatycznych na potrzeby wodne roślin w tych wypadkach, gdy obliczenie *ETp* za pomocą wzoru Penmana jest niemożliwe

TABELA 3. Ewapotranspiracja potencjalna [mm] obliczona z wzoru Penmana

Stacja	Wys. n.p.m. [m]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma	Okres
LIBIA															
Ghamades	350	79	109	173	202	262	287	277	264	208	145	93	76	2175	1966-1970
Zaura	370	52	69	105	125	153	163	207	189	139	95	59	46	1402	1966-1970
Tripoli	22	52	66	104	133	172	183	200	190	141	95	60	48	1444	1966-1970
Tripoli	22	46	61	97	124	159	173	194	180	134	93	56	42	1359	1955-1975
IZRAEL															
Bet Dagan	30	41	55	90	121	163	178	194	180	136	100	55	37	1350	1963-1971
Lod-Airport	49	47	56	93	124	177	191	205	190	145	106	69	53	1456	1959-1962
Jerozolima ^a	810	42	58	87	129	160	189	204	190	135	105	54	37	1390	1963-1969
IRAK															
Bagdad	34	53	78	133	183	251	291	313	279	207	146	78	78	2090	1960-1970
Mosul	222	31	50	90	135	208	255	276	236	189	105	57	22	1654	1930-1960
Zakho	442	31	45	102	153	217	246	232	211	147	99	54	31	1568	1935-1977
Basra	2	59	84	136	183	245	285	282	267	213	152	87	68	2061	1930-1960

^a wartości obliczono z wzoru Bl.-Cr. i zredukowano na podstawie wskaźnika $k = \frac{ET_p \text{ Bl.-Cr.}}{ET_p \text{ Penm.}}$ wg danych ze stacji Bet Dagan; przy obliczaniu ET_p wykorzystano częściowo dane meteorologiczne nie opublikowane z Iraku dra Z. Żakowicza i z Libii - dra Z. Rytla.

TABELA 4. Wskaźniki redukcyjne ewapotranspiracji obliczonej za pomocą wzorów w odniesieniu do wzoru Penmana

Stacja	Wskaźnik/miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
TRIPOLI 1955-1975	$\frac{Bl.-Cr.}{Penm.}$	1,2	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,2
	$\frac{Turc}{Penm.}$	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,3
	$\frac{Rad.}{Penm.}$	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3
GHADAMES 1966-1970	$\frac{Bl.-Cr.}{Penm.}$	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5
	$\frac{Turc}{Penm.}$	0,8	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8
	$\frac{Rad.}{Penm.}$	1,1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0
BET DAGAN 1963-1971	$\frac{Bl.-Cr.}{Penm.}$	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1
	$\frac{Rad.}{Penm.}$	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,2	1,2
ZAKHO 1935-1977	$\frac{Bl.-Cr.}{Penm.}$	0,3	0,8	0,7	0,8	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,5
	$\frac{Turc}{Penm.}$	0,9	1,1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	1,0	1,2	1,3	1,3
	$\frac{Rad.}{Penm.}$	1,3	1,7	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0	0,8	0,9	1,1	1,3
	$\frac{Thornth.}{Penm.}$	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	1,1	1,4	1,4	1,4	1,0	0,6	0,2
BASRA 1930-1960	$\frac{Bl.-Cr.}{Penm.}$	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	0,9	1,0	1,1	0,9	0,9	0,9
	$\frac{Turc}{Penm.}$	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	1,0

Stacja	Wskaźnik/miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
BASRA	Rad.	1,2	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	1,1	1,0	1,0
	Penm.												
1930-1960	Thornth.	0,2	0,2	0,3	0,6	0,9	1,0	1,2	1,2	1,1	0,8	0,5	0,2
	Penm.												
JEROZOLIMA	Bl.-Cr.	0,7	0,6	0,7	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9
	Penm.												
1959-1971	Thornth.	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7
	Penm.												

ze względu na brak potrzebnych danych meteorologicznych.

Praca poświęcona jest klimatycznemu wskaźnikowi potrzeb wodnych roślin i dlatego nie uwzględniony został biologiczny wskaźnik parowania. Wskaźnik ten wprowadza się do obliczeń dopiero w wypadku wyznaczania dawek nawodnieniowych w poszczególnych fazach rozwojowych danej rośliny uprawnej.

b. Wartości bezwzględne ETp i wskaźniki redukcyjne. Z liczb tabeli 3 wynika, że w strefie klimatu subtropikalnego Afryki Północnej i Bliskiego Wschodu średnie roczne wartości ewapotranspiracji potencjalnej obliczone za pomocą wzoru Penmana są najwyższe w głębi lądu i wynoszą od 2175 mm w Ghadames (Libia) do 2090 w Bagdadzie (Irak). Nad morzem i na obszarach podgórskich wartości ETp są niższe i wynoszą od 1350 mm w Bet Dagan (Izrael) do 1390 mm w Jerozolimie. Przedstawione wartości dotyczą głównie terenów, na których prowadzone są nawodnienia. Omawiana strefa klimatyczna obejmuje także część pustyń, gdzie roczne wartości ETp mogą przekroczyć 2500 mm (Agroklimatyczny Atlas Mira, 1972).

W tabeli 4 zamieszczone zostały wskaźniki redukcyjne pozwalające na ocenę wartości ewapotranspiracji obliczonej za pomocą różnych wzorów w odniesieniu do wzoru Penmana. Wskaźniki te zapewniają więc porównywalność wartości klimatycznego wskaźnika potrzeb wodnych roślin niezależnie od tego, za pomocą którego wzoru został on obliczony. Z liczb tej tabeli wynika, że największą zgodność z wartościami ETp , obliczonymi za pomocą wzoru Penmana, wykazują wartości obliczone z wzoru radiacyjnego (wskaźniki redukcyjne są zbliżone do 1,0). Warto zwrócić uwagę na to, że ta najlepsza zgodność wzoru radiacyjnego w stosunku do wzoru Penmana występuje niezależnie od warunków klimatycznych i pory roku.

Zdecydowanie najgorsze wyniki daje porównanie metody Penmana z metodą Thornthwaite'a, zwłaszcza w miesiącach zimowych (od grudnia do marca) oraz na obszarach położonych powyżej 200 m n.p.m. Wartości wskaźników redukcyjnych spadają wtedy nawet do wysokości 0,1 (Zakho 442 m n.p.m.).

Wnioski

1. W części nizinnej Afryki Północnej i Bliskiego Wschodu występuje duża zmienność przestrzenna wartości rocznych opadu atmosferycznego (od 0 mm do 745 mm).

2. Klimatyczny wskaźnik potrzeb wodnych roślin (*ETp*) osiąga najwyższe wartości roczne w części pustynnej omawianych obszarów (ok. 2500 mm), najniższe nad M. Śródziemnym i na terenach wyżynnych (ok. 1350 mm).

3. Największą zgodność z wartościami ewapotranspiracji *ETp* obliczonymi wzorem Penmana wykazują wartości *ETp* obliczone wzorem radiacyjnym. Zdecydowanie najgorsze wyniki takich porównań, zwłaszcza w półroczu zimowym i w terenie wyżynnym, uzyskuje się w przypadku wzoru Thornthwaite'a.

Literatura

- Agroklimaticzeskij Atlas Mira* (red. I. A. Golcberg), 1972, Moskwa-Leningrad.
BLÜTHGEN J. 1966: *Allgemeine Klimageographie*. Berlin: 720.

Climatological normals (1931–1960); 1982: WMO, No 117, Geneva.

DOORENBOS J., PRUITT W.O. 1977: *Guidelines for predicting crop water requirements*. Part I. Calculation of crop water requirements. Irrigation and drainage paper 24. FAO of the UN. Rome: 1–66.

HANTELM. 1989: *The present global surface climate. Numerical Data and Functional Relationships*, Subvolume C., Climatology, Part 2. Berlin: 117–474.

JAKUBOWSKI Z. 1991: *Woda jako czynnik produkcji w rolnictwie krajów rozwijających się*. [W:] *Problemy rolnictwa światowego*. Tom VI, Wyd. SGGW: 95–100.

MARTYN D. 1985: *Klimaty kuli ziemskiej*. PWN, Warszawa: 667.

PALMEN E., NEWTON C.W. 1969: *Atmospheric circulation systems*. Academic Press, New York: 603.

RIEHL H. 1979: *Climate and weather in the tropics*. Academic Press, London: 611.

Summary

The climatic factor of the crop water requirements in some regions of the subtropical zone. The climate classification of North Africa and the Middle East has been described in the first part of the paper. Some climatic data have also been given (table 1 and 2).

The values of the climatic factor for the estimation of crop water requirements calculated using different methods have been demonstrated in the second part of the paper (table 3 and 4).

It has been stated that the best agreement appears between the values of this factor calculated by the Penman and the radiation methods.

Author's adress:

Bonifacy Łykowski, Czesława Szwed-Ilnicka
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Prace metodyczne

Mieczysław POŁOŃSKI

Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych

Planowanie i kontrola realizacji inwestycji melioracyjnych na podstawie systemu komputerowego SPRIM

Wstęp

System Planowania Realizacji Inwestycji Melioracyjnych (SPRIM) służy do wykonywania na komputerze typu IBM PC analizy czasu harmonogramów sieciowych. System został opracowany w Katedrze Technologii Prac Melioracyjnych SGGW-AR. Program został napisany w języku PASCAL w implementacji TURBO-PASCAL v 5.0. Objętość programu po skomplikowaniu wynosi około 160 KB. Program chroniony jest prawami autorskimi.

Na podstawie systemu SPRIM możliwe jest planowanie i kontrola realizacji różnego typu przedsięwzięć i inwestycji. Mogą one dotyczyć zarówno zadań inżynierskich, takich jak budowa jazu, zapory ziemnej czy stawów rybnych, a także zadań związanych z rolnictwem, np. zagospodarowania pomelioracyjnego czy rekultywacji terenów zdegradowanych.

Oddzielną gałęzią zastosowań programu jest możliwość planowania realizacji tematów badawczych, szczególnie długoterminowych.

Podstawowymi cechami użytkowymi systemu oraz jego ograniczeniami są następujące dane:

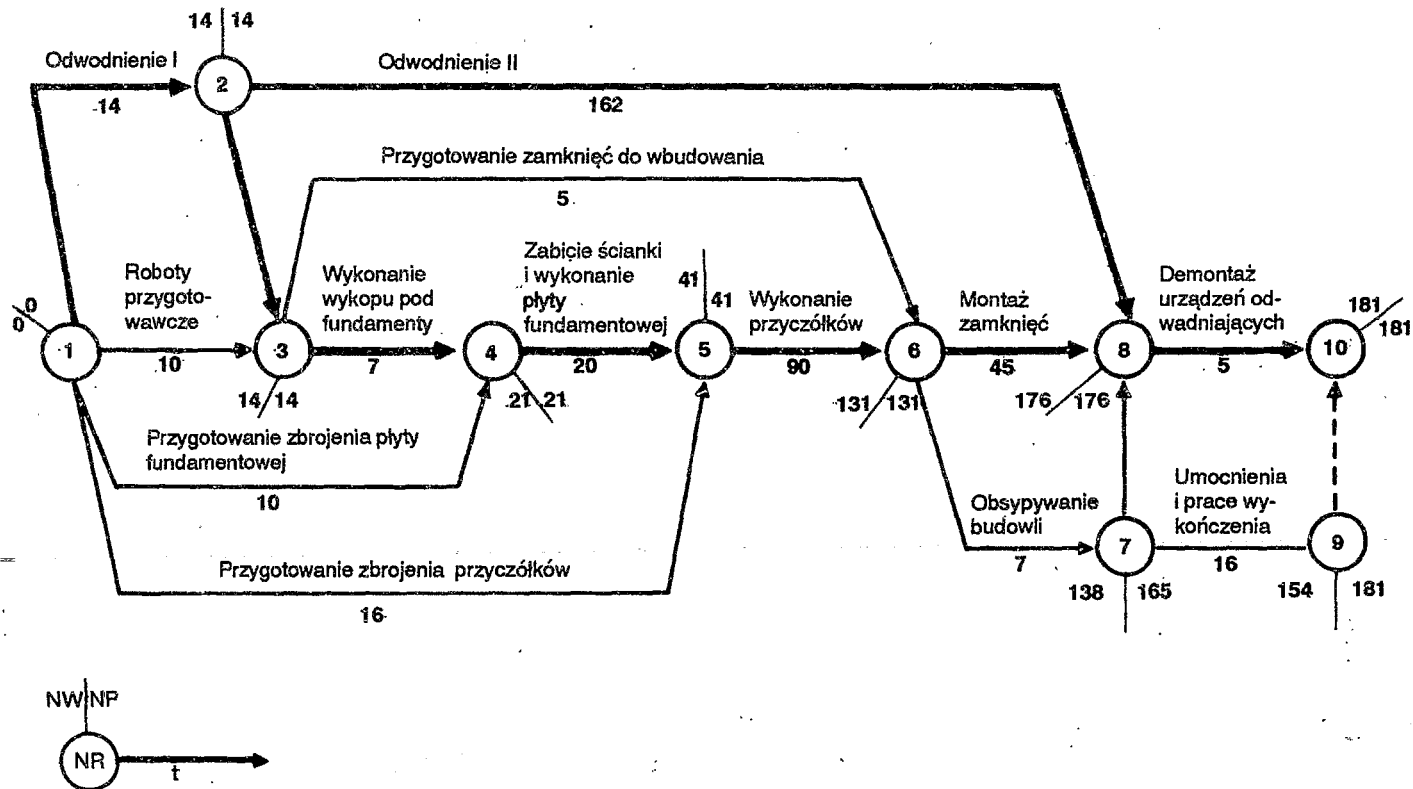
- konstrukcja sieci zależności wg metody dwupunktowej;
- numery zdarzeń w zakresie 1, . 999;

- możliwość deklaracji jednego lub trzech czasów trwania dla czynności z zakresu 0, ..., 366 dni roboczych;
- możliwość wykonywania obliczeń w systemie kalendarzowym lub numerycznym;
- możliwość deklarowania terminów dyrektywnych dla zdarzeń i czynności;
- możliwość deklarowania świąt i przerw w pracy;

System jest napisany w sposób zapewniający możliwie najwygodniejszą obsługę nawet przez niewprawnego użytkownika. Zabezpieczony jest przed błędami przy wprowadzaniu nieprawidłowych danych wejściowych oraz błędami wynikającymi z obsługi komputera.

Technika sporządzania sieci zależności i zasady analizy czasu

Podstawę obliczeń w systemie SPRIM stanowi prawidłowo skonstruowana sieć zależności. Sieć musi przedstawiać model przebiegu robót oraz zależności i ograniczeń zawartych w planie działania. Budując sieć zależności należy pamiętać, że dotyczy ona konkretnych warunków wykonania, z wszystkimi konsekwencjami przyjętych założeń technologicznych i organizacyjnych. Kon-



NW – najwcześniejszy termin osiągnięcia zdarzenia
 NP – najpóźniejszy termin osiągnięcia zdarzenia
 NR – numer zdarzenia
 t – czas trwania czynności

Rys. Harmonogram sieciowy realizacji małego jazu melioracyjnego

struktury sieci dzieli się na zorientowane wg zdarzeń (jednopunktowe) i wg czynności (dwupunktowe). Metoda SPRIM oparta jest na teorii sieci dwupunktowych, co oznacza, że czynności przedstawione są w postaci skierowanych krawędzi grafu (tzn. strzałek) ograniczonych węzłami zwanymi zdarzeniami. W omawianym systemie numery zdarzeń muszą zawierać się w zakresie 1,...,999. Tym samym jest ograniczona liczba czynności, które można umieścić w sieci zależności. Kolejność numerowania zdarzeń jest dowolna i nie ma w tym zakresie żadnych ograniczeń. Pozwala to między innymi na łatwą modyfikację konstrukcji sieci i szybkie wprowadzenie poprawek do obliczeń bez potrzeby przekodowywania numerów wszystkich zdarzeń. Na rysunku przedstawiono bardzo uogólnioną sieć zależności budowy małego jazu.

Obliczenia analizy czasu można przeprowadzić w jednym z dwóch systemów datowania: kalendarzowym lub numerycznym (tzn. w kolejnych dniach realizacji). Wybranie określonego systemu datowania musi być konsekwentnie utrzymane przy wprowadzaniu wszystkich danych oraz określa formę, w jakiej zostaną wprowadzane wyniki obliczeń. W przypadku systemu kalendarzowego jako termin rozpoczęcia (podstawową datę przedsięwzięcia) należy zadeklarować datę z zakresu 1980. 01. 01 do 2079. 31. 12. W przypadku wyboru systemu numerycznego jako podstawową datę przedsięwzięcia należy zadeklarować wartość z zakresu [0,...,5000]. Bardzo często zdarza się, że ten sam harmonogram musi być policzony zarówno w systemie kalendarzowym, jak i numerycznym. Oczywiście system SPRIM pozwala wykonać takie obliczenie, ale wymaga założenia dwóch oddzielnych zbiorów danych.

Do określenia czasu trwania danej czynności system SPRIM dopuszcza trzy oceny czasu:

- optymistyczny (*TA*)

- najbardziej prawdopodobny (*TM*)
- pesymistyczny (*TB*)

W przypadku podania trzech ocen czasu musi być zachowana następująca zależność $TA < TM < TB$. Możliwe jest zadeklarowanie tylko jednej oceny czasu dla danej czynności, która będzie traktowana jako czas oczekiwany. W ramach jednego harmonogramu można dla różnych czynności podawać jedną i/lub trzy oceny czasu. Czas czynności musi się zawierać w granicach 0,...,366 jednostek. W przypadku występowania czynności dłuższych należy je podzielić na dwie lub więcej. Czasy można deklarować tylko jako wartości całkowite. W przypadku systemu kalendarzowego jednostką czasu jest jeden dzień roboczy. W przypadku systemu numerycznego jednostką jest wartość umowna określona przez użytkownika (np. godziny robocze, dni lub tygodnie).

W celu łatwej interpretacji czynności możliwe jest (i zalecane) przypisywanie czynnościom ich nazw opisowych. Ponadto każdej czynności można (lecz niekoniecznie) przypisać trzyznakowy tzw. kod wyboru. Polega to na tym, że część lub wszystkie czynności w sieci można podzielić wg jednego, dwóch lub maksymalnie trzech różnych kryteriów (np. wg charakteru robót, podwykonawcy, środków niezbędnych do realizacji czynności). W ramach każdego z trzech podziałów można wszystkie czynności podzielić na kilka kategorii, przy czym każdą kategorię oznacza się innym symbolem. W ten sposób może powstać jedno, dwu- lub trzyznakowe oznaczenie czynności (wszystkich lub tylko wybranych). Tak przypisane kody wyboru pozwolą na selekcjonowanie czynności do wydruku (na ekran i/lub drukarkę) wgżądanego kryterium, a tym samym bardzo podnoszą czytelność wyników.

Każdemu zdarzeniu w sieci oraz każdej czynności można przypisać termin dyrektywny. Szczegółne znaczenie terminy dyre-

• ktywny. Szczególne znaczenie terminy dyrektywne mają w przypadku planowania realizacji obiektów rolniczych, gdzie wiele terminów poszczególnych prac musi być powiązanych z porami roku. Rozróżnia się terminy dyrektywne najwcześniejsze i najpóźniejsze. Termin *W* – najwcześniejszy stosuje się zarówno do zdarzeń, jak i początków czynności. Oznacza to, że zdarzenie nie może wystąpić wcześniej, a czynność nie może rozpocząć się wcześniej, niż podany termin dyrektywny. Termin *P* – najpóźniejszy ustala się dla zakończenia czynności lub zdarzenia. Oznacza on, że czynność nie może zakończyć się później, względnie zdarzenie zaistnieć później, niż w określonym terminie.

W trakcie realizacji przedsięwzięcia mogą wypadać okresy, kiedy prace nie są w ogóle wykonywane (np. przerwy zimowe, przerwy technologiczne, urlopy, wstrzymanie inwestycji itp.). Po deklaracji takiej przerwy system uwzględni ją w obliczeniach nie planując realizacji żadnej czynności w tym okresie. Liczba przerw w pracy jest nieograniczona. Jeśli obliczenia są wykonywane w systemie kalendarzowym, to system automatycznie uwzględni następujące dni wolne od pracy: 1.01; 3.05; 15.08; 1. 11.11; 25. 26.12.

Oprócz informacji o czynnościach oraz opcjonalnie deklarowanych terminach dyrektywnych zdarzeń i czynności oraz przerwach i świętach system wymaga kilku dodatkowych informacji o przedsięwzięciu i sieci zależności. Informacje te muszą być zadeklarowane, gdyż w przeciwnym wypadku system nie wykona analizy czasu.

Podstawowe dane o przedsięwzięciu obejmują:

- nazwę przedsięwzięcia, która służy użytkownikowi do opisowego oznaczenia przedsięwzięcia;
- kod przedsięwzięcia, który zostanie wykorzystany przez system do nazwania

zbioru danych przedsięwzięcia na dysku przy zapisie danych;

- system dat, za pomocą którego należy określić, czy obliczenia wykonywane będą w systemie numerycznym czy kalendarzowym;
- podstawowa data przedsięwzięcia – tzn. termin, od którego będą wykonywane obliczenia (musi być zadeklarowana w przyjętym już systemie datowania kalendarzowym lub numerycznym);
- liczba dni pracy w tygodniu – określona jest tylko w systemie kalendarzowym, podaje się ją z zakresu [1,...,7];
- numer zdarzenia początkowego i końcowego sieci zależności.

Edytor do wprowadzania danych

Głównym zadaniem edytora jest:

- zakładanie nowego zbioru danych z klawiatury,
- wczytywanie zbioru danych z dysku,
- poprawianie (aktualizowanie) danych wczytanych z dysku,
- zapis zbioru danych na dysk.

Do edytowania danych z klawiatury utworzono specjalne funkcje, takie, jak: pisz, usuń, popraw, weryfikuj. Po wczytaniu danych do edytora (z dysku lub klawiatury) założony zbiór zostanie zinterpretowany przez system jako dane aktualne. Na tym właśnie zbiorze danych możemy przeprowadzać obliczenia, wyprowadzać wydruki, zapisywać na dysk lub wprowadzać poprawki. Zbiór aktualny będzie dostępny do momentu wczytania innego zbioru (z dysku lub klawiatury) bądź też opuszczenia systemu. Bardzo często zachodzi potrzeba modyfikacji danych aktualnych. Wynika to np. z błędów popełnionych przy wprowadzaniu danych, zmiany czasów trwania czynności, przebudowy sieci zależności, zmiany stemu obliczeń

itp. Wszystkie te poprawki można wprowadzić do danych przez wywołanie pożądanej grupy danych i zmodyfikowanie jej odpowiednią funkcją.

Testowanie danych do obliczeń

Bardzo ważną częścią programu jest blok procedur testujących poprawność danych, wprowadzonych przez użytkownika. Testowanie danych dzieli się na wstępne – w trakcie wprowadzania danych – oraz globalne przed wykonaniem analizy czasu. Na etapie wprowadzania danych przeprowadzane jest testowanie sprawdzające zakres poszczególnych danych, użyte znaki (numeryczne i alfanumeryczne) oraz zgodność dat z zadeklarowanym wcześniej systemem datowania (K , N). W przypadku próby wprowadzenia danej spoza zakresu system wyświetla komunikat ostrzegawczy, ignoruje wprowadzoną daną i czeka na wprowadzenie poprawnej.

Testowanie globalne przeprowadzane jest przez procedurę analizy czasu przed rozpoczęciem samej analizy. Etap testowania globalnego nie może być pominięty i system nie dopuści do analizy czasu bez testowania danych. W trakcie testowania system wyświetla lub drukuje informacje, ostrzeżenia i komunikaty o błędach. Informacje o przebiegu testowania są wyprowadzane na ekran w linii INFO. Natomiast ostrzeżenia i komunikaty o błędach mogą być wprowadzone na ekran i/lub drukarkę. Wyboru aktywnego wyjścia można dokonać przed rozpoczęciem właściwego testowania.

Jak wspomniano, system zawiera dwa rodzaje informacji o wynikach testowania. Ostrzeżenia oznaczają, że system wykrył pewną nieprawidłowość, lecz nie przeszkadza ona w przeprowadzeniu analizy. Na przykład gdy zostaną wprowadzone dwie jednakowe czynności o różnych czasach trwania,

system przyjmie za aktualne ostatnio wprowadzone, pozostałe ignorując. Komunikaty o błędach oznaczają, że w danych zadeklarowanych do obliczeń istnieją nieprawidłowości, które uniemożliwiają przeprowadzenie analizy czasu. Aby wykonać analizę, powyższe błędy należy usunąć, ponownie przetestować dane i w razie pomyślnego przebiegu testowania wykonać obliczenia.

Analiza czasu

Obliczenie harmonogramu sieciowego w funkcji czasu sprowadza się do określenia dla każdego zdarzenia i każdej czynności najwcześniejszych możliwych i najpóźniejszych dopuszczalnych terminów zaistnienia oraz do określenia luzów i zapasów czasu, co pozwala na ustalenie ścieżki krytycznej.

Ścieżka krytyczna jest to nieprzerwany ciąg czynności od zdarzenia początkowego do zdarzenia końcowego sieci o zapasach całkowitych czasu równych zeru. W przypadku jeśli zostały określone terminy dyrektywne dla zdarzeń lub czynności, ścieżką krytyczną nazywamy ciąg czynności o najmniejszych zapasach całkowitych. Zapas całkowity ujemny oznacza, że termin realizacji całego przedsięwzięcia, wyznaczony z analizy czasu, jest niemożliwy do osiągnięcia (wyniki takie mogą wystąpić w przypadku deklarowania terminów dyrektywnych).

Technika wykonywania obliczeń na mikrokomputerze

Do uruchomienia systemu potrzebny jest mikrokomputer typu IBM PC lub kompatybilny pracujący pod kontrolą systemu operacyjnego DOS v 2.0 lub wyżej. Do obliczeń wystarczy nawet minimalny zestaw z pamięcią operacyjną 512 KB. Wskazane jest, aby

mikrokomputer wyposażony był w twardy dysk, lecz nie jest to konieczne. Do wyprowadzania wydruków niezbędna jest drukarka graficzna, pracująca wg systemu Epson lub IBM Graph o szerokości papieru 80 znaków lub więcej. System przystosowany jest do współpracy z monitorem monochromatycznym lub kolorowym (z dowolną kartą graficzną).

Po wywołaniu systemu na ekranie pojawia się główne menu programu. Przez cały czas pracy systemu układ ekranu zorganizowany jest wg następujących zasad:

1. Pierwszy wiersz od góry jest tzw. linią systemową; podawane w nim są podstawowe informacje o stanie, w jakim znajduje się w danej chwili system. Są to takie dane, jak nazwa systemu i numer wersji, nazwa zbioru (kod przedsięwzięcia), system datowania (N-numeryczny, K-kalendarzowy), aktywne wyjście (M-monitor, D-drukarka) oraz krótkie informacje o wykonywanej w danym momencie operacji. Ponadto zostawione jest wolne miejsce, w którym może być wyświetlony aktualny czas systemowy przez program Showtime.

2. Dwa kolejne wiersze służą do komunikacji systemu z użytkownikiem i dotyczą obsługi systemu. Są tam wyświetlane informacje (wiersz INFO:) oraz ostrzeżenia o błędach (wiersz BLAD:).

3. Centralna część ekranu służy do wprowadzania i wyświetlania danych i wyników analiz.

4. Dolna część ekranu oddzielona linią poziomą zawiera menu, w którym umieszczone są funkcje, jakie w danym momencie mogą być uaktywnione. W przypadku wyświetlenia komunikatu-pytania w linii INFO należy najpierw odpowiedzieć na to pytanie (do czasu udzielenia odpowiedzi funkcje z menu są zablokowane).

Z menu głównego przez wciśnięcie klawisza z odpowiednim numerem przechodzi

się do kolejnych menu poszczególnych funkcji systemu. Każda z tych funkcji ma własne menu, umożliwiające w dogodny sposób wykonywanie operacji na zbiorze danych.

Wyprowadzanie wyników obliczeń

Wyniki obliczeń można wyprowadzać od razu po wykonaniu analizy czasu lub zapisać je na zbiór dyskowy w celu dalszej analizy. Wydruki mogą być wyprowadzane na drukarkę lub ekran. System sam bada stan aktywności drukarki. W przypadku deklaracji jako wyjścia nieaktywnego drukarki i monitora użytkownik zostanie ostrzeżony.

Określony wydruk uzyskać można stosując wybór po jednym elemencie z trzech kluczy:

- 1) selekcji pozycji,
- 2) kolejności pozycji,
- 3) formy wydruku.

Stosując klucz selekcji pozycji można uzyskać wydruk wszystkich czynności lub zdarzeń, czynności niezerowych, wszystkich czynności krytycznych lub zdarzeń krytycznych, wszystkich czynności niekrytycznych lub zdarzeń niekrytycznych a także czynności z określonym kodem wyboru. Natomiast klucz kolejności pozycji podaje informację, która decyduje o porządku wyświetlenia lub wydrukowania danych. Stosując klucz formy wydruku można uzyskać wydruk wszystkich czynności z nazwami opisowymi lub bez nich z terminami realizacji w postaci numerycznej lub harmonogramów liniowych.

Przykładowa analiza realizacji przedsięwzięcia melioracyjnego opracowanego wg programu SPRIM

W trakcie budowy i testowania programu opracowano wiele przykładów, które służą

do testowania poszczególnych części opracowywanego algorytmu i całego systemu. Większość z nich została zapisana na dyskietkach w postaci oddzielnych plików danych. Jednym z najczęściej wykorzystywanych przykładów do testowania programu oraz sporządzania przykładowych wydruków jest zbiór zapisany pod nazwą Debiny 1. Harmonogram realizacji tego obiektu został opracowany na podstawie projektu opracowanego w Biurze Projektów Melioracji Wodnych w Warszawie dla obiektu Dębiny w województwie ostrołęckim. Obszar objęty projektem wynosi 493,75 ha i obejmuje następujące rodzaje robót:

- odwodnienia użytków zielonych (36 ha) za pomocą rowów,
- drenowanie systematyczne gruntów ornych z odpływami (413 ha),
- drenowanie systematyczne użytków zielonych z odpływami (40, 25 ha),
- drenowanie niesystematyczne użytków zielonych z odpływami (4,5 ha).

Do zagospodarowania pomelioracyjnego metodą pełnej uprawy wytypowano 78,5 ha użytków zielonych. Obliczenia dla obiektu Dębiny 1 zostały przeprowadzone zarówno w systemie numerycznym, jak i kalendarzowym. Obliczono zarówno terminy realizacji poszczególnych czynności, jak i termin realizacji całego przedsięwzięcia. W systemie numerycznym obliczono, że do wykonania obiektu potrzeba 439 dni roboczych. W systemie kalendarzowym założono jako termin rozpoczęcia prac datę 1.3.85 r. Przyjęto również, że w okresie czterech miesięcy zimowych (tzn. od 1.11 każdego roku przez następne 120 dni kalendarzowych) nie będą prowadzone na obiekcie żadne prace. Przyjęto pięciodniowy tydzień pracy. Przy tak sformułowanych danych wyjściowych obliczono jako termin zakończenia prac dzień 10.07.87 r. Oczywiście, obliczenia dla danego obiektu

mogą być powtórzone przy założeniu innych danych wejściowych.

System SPRIM jako podstawa do analizy środków w inwestycjach melioracyjnych

System SPRIM został zaplanowany jako pierwsza część dużego zintegrowanego systemu do planowania i kontroli realizacji obiektów. Wyniki obliczeń przeprowadzonych na podstawie systemu SPRIM, zapisane jako zbiór dysków, będą stanowiły dane wejściowe do drugiej części ogólnego systemu. Będzie on umożliwiał przeprowadzenie analizy środków, które są potrzebne do realizacji analizowanej inwestycji. Możliwe będzie prowadzenie bieżącej analizy przebiegu realizacji inwestycji i ciągłe aktualizowanie terminów realizacji poszczególnych czynności, wynikające z ciągle zmieniającej się sytuacji przy realizacji obiektu. W końcowym efekcie pozwoli to na znaczne podniesienie wiarygodności uzyskiwanych terminów realizacji poszczególnych czynności, jak i całego przedsięwzięcia.

Literatura

- CZAPLIŃSKI K., MROZOWICZ J., MUSIOŁ W. 1980: *Podstawy metodologii projektowania w budownictwie*. Politechnika Wrocławska.
- ELWRO 13112: *Oprogramowanie maszyny cyfrowej Odra serii 1300; PERT – pamięć taśmowa*.
- MOSIEJ K., POŁOŃSKI M., SOKOŁOWSKI J. 1982: *Metody sieciowe w melioracjach*. PIWRiL.
- POŁOŃSKI M. 1984: *Wybór długości cyklu realizacji inwestycji melioracyjnych na podstawie analizy sieci zależności*. SGGW-AR.
- Turbo Pascal version 3.0 Reference Manual*. 1985: Borland International 4585 Scotts Valley Drive CA 95066 USA.

Summary

The Plannig System for Realization of the Drainage Investments (SPRIM) serves for analysing of the time in the network tasks using the IBM PC computer. The system enables plannig and controlling of realization as well, of the multifarious engineering or agricultural undertauings, for instance constructing of dams or fish ponds, or recultivation of degraded areas. The computer

program can be additionally applied for planning of realization of research programs, especially the long-term ones.

Author's adress:

Mieczysław Połoński
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Tomasz ROZBICKI

Zakład Meteorologii i Klimatologii

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

Zależność między parowaniem zmierzonym i obliczonym a elementami meteorologicznymi

Wstęp

Problematyce oceny wzorów do obliczania parowania i ewapotranspiracji poświęcono już wiele prac. Wykonano także liczne eksperymenty mające na celu porównanie wartości parowania i ewapotranspiracji. Pomiarów dokonywano za pomocą różnych przyrządów, a obliczeń dokonano za pomocą różnych wzorów (Jaworski 1979, Sarnacka 1983, Roguski 1990). Roguski jak też inni badacze zwracali uwagę na to, że ze względu na różne działanie wzorów empirycznych zależnie od warunków środowiskowych, wyniki obliczeń parowania i transpiracji obciążone są błędami różnej wielkości. Dlatego konieczne są dalsze badania w tym zakresie.

W niniejszej pracy dokonano porównania parowania zmierzonego ewaporometrami Piche'a i Wilda z parowaniem obliczonym za pomocą wybranych wzorów. Dokonano także oceny wpływu głównych elementów meteorologicznych na wysokość parowania zmierzonego i obliczonego. Wykonane obliczenia i analiza wyników pozwalają na dalsze pogłębienie wiedzy w zakresie działania rozpatrywanych wzorów, w różnych warunkach meteorologicznych. Dokonano także oceny dokładności obliczeń parowania w zależności od okresu obliczeń (doba, dekada, pokos).

Materiały i metoda

W opracowaniu wykorzystano dane ze stacji meteorologicznej Zakładu Meteorologii i Klimatologii SGGW w Warszawie-Ursynowie z lat 1978–1985. Są to średnie dobowe, dekadowe i okresowe (dwumiesięczne – pokosy) wartości temperatury powietrza, niedosytu wilgotności powietrza i prędkości wiatru mierzonej na wysokości 1 m nad powierzchnią gruntu.

Dane o promieniowaniu słonecznym całkowitym w półroczu letnim (IV – IX) z lat 1978 – 1980 i 1982 – 1985 pochodzą ze Stacji Meteorologicznej IMGW Warszawa-Bielany.

Terminy trzech pokosów traw w latach 1982 – 1985 pochodzą ze stacji lizymetrycznej Katedry Przyrodniczych Podstaw Melioracji SGGW i są to okresy: od 1 kwietnia do 25 maja (I pokos), od 26 maja do 25 lipca (II pokos), od 26 lipca do 30 września (III pokos).

Parowanie i ewapotranspiracja zostały obliczone za pomocą sześciu najczęściej zalecanych wzorów (Schmuck 1968, Jaworski 1979, Sarnacka 1983):

1. Penmana w modyfikacji francuskiej (ewapotranspiracja potencjalna dla standardowego trawnika), E-1

2. Penmana w modyfikacji FAO (ewapotranspiracja potencjalna dla standardowego trawnika), E-2

3. van Bavela w modyfikacji FAO (ewapotranspiracja potencjalna z uwzględnieniem wysokości trawy), E-3

4. Schmucka (parowanie z wolnej powierzchni wody), E-4

5. Blanneya – Criddle’a (ewapotranspiracja dla łąnu o bujnej roślinności), E-5

6. Turca (ewapotranspiracja dla łąnu o bujnej roślinności), E-6.

Obliczenia dotyczyły półrocza letniego z lat 1978 – 1980 i 1982 – 1985. W wypadku dobowych i dekadowych sum parowania oraz okresu trwania trzech pokosów badania pochodziły z lat 1982 – 1985.

W opracowaniu wykorzystano także wyniki pomiarów parowania ewaporometrem Piche’a zainstalowanym w klatce meteorologicznej standardowej i ewaporometrem Wilda umieszczonym pod daszkiem żaluzjowym na wysokości 50 cm nad gruntem. Okresy pomiarowe nie pokrywają się, dlatego też do obliczeń wzięto wartości dekadowe i dobowe od maja do września 1982 roku z ewaporometru Piche’a i analogiczny okres z 1985 roku z ewaporometru Wilda.

Spośród danych dobowych dodatkowo wybrano dni pochmurne i dni ciepłe. Za dni pochmurne uznano te, w których usłonecznienie względne było mniejsze niż 25% ($S/S_0 < 0,25$), przy czym opad nie był większy od 3 mm; za ciepłe uznano te dni, których średnia dobowa temperatura powietrza przekroczyła 20°C.

Obliczono współczynnik korelacji z równania regresji prostej r oraz empiryczną wartość testu Fischera-Snedecora F i porównano ją z wartością krytyczną testu F_{α} na poziomie $\alpha = 5\%$.

Następnie, posługując się analizą regresji wielokrotnej krokowej, określono związek poszczególnych elementów meteorologicz-

nych i obliczonych wartości parowania z wartościami zmierzonymi. Do modelu wprowadzone zostały te zmienne, których empiryczna wartość testu F była większa od wartości krytycznej F_{α} na poziomie $\alpha = 10\%$. Obliczono także współczynniki korelacji cząstkowej r_{cz} .

Wyniki

W tabeli 1 zilustrowano związek między parowaniem zmierzonym a obliczonym jako regresję dwóch zmiennych. Można zauważyć, że w istotnych statystycznie równaniach regresji lepszy współczynnik korelacji osiągnięto w związkach parowania obliczonego z parowaniem zmierzonym ewaporometrem Wilda niż Piche’a. Dotyczy to zarówno sum dekadowych, jak i sum dobowych. Najlepiej skorelowane są sumy dekadowe liczone za pomocą wzoru Schmucka ($r = 0,951$), najslabiej sumy dobowe z wzoru Blanneya-Criddle’a ($r = 0,257$). Przy parowaniu z ewaporometru Wilda we wszystkich, poza jednym (van Bavel), przypadkach korelacja sum dekadowych jest wyższa niż sum dobowych. Odwrotnie jest w przypadku parowania z ewaporometru Piche’a, gdzie poza jednym wyjątkiem (Penman-FAO) korelacja sum dobowych jest wyższa. Prawie zawsze równania regresji prostej były nieistotne dla ekstremalnych warunków pogodowych, to znaczy dla dni ciepłych oraz pochmurnych. Może się to wiązać z tym, że badana była zbyt mała populacja, gdyż w ciągu jednego półrocza letniego dni takich było mało (15–34). Nieistotny okazał się związek między parowaniem zmierzonym a obliczonym z wzoru Turca i dotyczy to zarówno sum dekadowych, jak i dobowych. Wyjątek stanowi tu występujący istotny związek z parowaniem z ewaporometru Piche’a dla sum dekadowych, ale istot-

ność jest stosunkowo niska ($F = 5,51$ przy $F_{\alpha} = 4,60$).

W tabeli 2 zilustrowano związek między parowaniem zmierzonym a głównymi elementami meteorologicznymi oraz parowaniem obliczonym jako regresję wielu zmiennych. Z analizy tej regresji wynika, że dla dłuższych okresów (sum dekadowych) równanie przyjmuje postać prostszą. Zarówno w związkach z elementami meteorologicznymi, jak i z parowaniem obliczonym, do równania wchodzi jedna zmienna: niedosyt d dla parowania z ewaporometru Piche'a i iloczyn $d \cdot \sqrt{v}$ dla Wilda. W przypadku obu ewaporometrów wystąpił istotny związek między wartościami parowania zmierzonymi z wartościami obliczonymi za pomocą wzoru Schmucka.

W tabeli 3 zilustrowano związek między parowaniem obliczonym a elementami meteorologicznymi jako regresję dwóch zmiennych. Wartości parowania obliczone za pomocą dwóch wersji wzoru Penmana oraz z wzorów van Bavela i Schmucka są silnie skorelowane z takimi elementami meteorologicznymi, jak promieniowanie całkowite T ($r = 0,531-0,982$), niedosyt wilgotności d ($r = 0,648-0,939$) natomiast słabiej z temperaturą powietrza t ($r = 0,490-0,830$) i bardzo słabo z prędkością wiatru v ($r = 0,160-0,300$). W ostatnim przypadku nie wszystkie równania były istotne statystycznie. Prędkość wiatru wpływa wyraźnie na wielkość parowania, gdy uwzględniono w obliczeniach iloczyn $v \cdot d$ ($r = 630-0,945$) i $d \cdot \sqrt{v}$ ($r = 0,787-0,993$). Dla wzoru Schmucka najwyższe współczynniki korelacji otrzymano z iloczynem $d \cdot v$ i $d \cdot \sqrt{v}$, w dobowych okresach obliczeniowych (dni opadowe i bezopadowe). We wszystkich pozostałych przypadkach najwyższe współczynniki korelacji otrzymano w dwumiesięcznych okresach obliczeniowych (pokosach).

Z analizy regresji wielokrotnej krokowej, której wyniki ilustruje tabela 4, wynika, że najprostsze równania (modele) uzyskano dla okresów dłuższych (pokosów). Do modelu wchodzi wtedy jedynie zmienna T (wzory Penmana) lub dwie zmienne T i $d \cdot v$ (wzór van Bavela). W pozostałych przypadkach modele równań są bardziej złożone.

Wnioski

1. Stwierdzono, iż występują istotne statystycznie związki między wartościami parowania zmierzonego za pomocą ewaporometrów Piche'a i Wilda a wartościami obliczonymi z wzorów Penmana, van Bavela i Schmucka w okresach dekadowych i dobowych. Słaby związek korelacyjny wystąpił przy rozpatrywaniu tylko dni pochmurnych oraz dni ciepłych.

2. Największy wpływ na wielkość parowania zmierzonego ewaporometrami Piche'a i Wilda mają promieniowanie słoneczne całkowite T oraz iloczyn niedosytu wilgotności powietrza i pierwiastka prędkości wiatru $d \cdot \sqrt{v}$ w okresach dobowych oraz d w przypadku związku z parowaniem z ewaporometru Piche'a i $d \cdot \sqrt{v}$ z ewaporometru Wilda w okresach dekadowych.

3. Nie otrzymano jednakowego modelu równania parowania i ewapotranspiracji w zależności od elementów meteorologicznych w różnych długościach okresów obliczeniowych. Oznacza to, że żaden z rozważanych sześciu wzorów nie może być uznany za uniwersalny. Wniosek ten wymaga jednak dodatkowego sprawdzenia działania omawianych wzorów w skrajnych warunkach pogodowych po wprowadzeniu do obliczeń większej liczby danych.

TABELA 1. Związek między parowaniem zmierzonym ewaporometrami Piche'a i Wilda a obliczonym za pomocą wybranych wzorów

Ewaporometr		Piche'a		Wilda	
wzory	symbol	<i>r</i>	<i>F</i>	<i>r</i>	<i>F</i>
E-1	<i>dk</i>	0,557	5,38+	0,798	22,7+
	<i>d</i>	0,615	91,1+	0,761	207+
	<i>p</i>	0,010	0,000-	0,062	0,119-
	<i>t</i>	0,210	1,72-	0,090	0,164-
E-2	<i>dk</i>	0,567	6,17+	0,816	25,9+
	<i>d</i>	0,649	109+	0,792	252+
	<i>p</i>	0,018	0,010-	0,090	0,255-
	<i>t</i>	0,230	1,95-	0,150	0,461-
E-3	<i>dk</i>	0,628	8,45+	0,651	9,60+
	<i>d</i>	0,685	133+	0,683	131+
	<i>p</i>	0,050	0,040-	0,200	1,26-
	<i>t</i>	0,160	0,973-	0,021	0,009-
E-4	<i>dk</i>	0,651	9,56+	0,951	122+
	<i>d</i>	0,686	134+	0,856	411+
	<i>p</i>	0,035	0,020-	0,105	0,374-
	<i>t</i>	0,280	3,07-	0,091	0,167-
E-5	<i>dk</i>	0,547	5,54+	0,458	3,45-
	<i>d</i>	0,221	7,67+	0,257	10,6+
	<i>p</i>	0,287	1,34-	0,371	4,98+
	<i>t</i>	0,000	0,000-	0,240	1,22-
E-6	<i>dk</i>	0,545	5,51+	0,197	0,525-
	<i>d</i>	0,070	0,672-	0,122	2,25-
	<i>p</i>	0,026	0,010-	0,026	0,021-
	<i>t</i>	0,280	0,019-	0,094	0,177-

r – współczynnik korelacji

F – obliczona wartość testu *F* Fischera-Snedecora (empiryczna istotność)

F α – wartości krytyczne testu *F* Fischera-Snedecora *F* α na poziomie $\alpha = 5\%$:

dk – sumy dekadowe; *F* $\alpha = 4,60$

d – sumy dobowe; *F* $\alpha = 3,84$

p – dni pochmurne (*S*/*S*₀ < 0,25) z niską sumą opadów

t – dni z wysoką średnią temperaturą dobową powietrza (*t* > 20°C); *F* $\alpha = 4,32$; istotny +, nieistotny –

TABELA 2. Związek między parowaniem zmierzonym ewaporometrami Piche'a i Wilda a głównymi elementami meteorologicznymi

Element meteo- rologicz- ny	Ewaporometr Piche'a				Wilda			
	dekady		doby		dekady		doby	
	<i>rcz</i>	<i>F</i>	<i>rcz</i>	<i>F</i>	<i>rcz</i>	<i>F</i>	<i>rcz</i>	<i>F</i>
<i>d</i>	0,272	14,5+	0,693	1,04-	0,918	0,699-	0,849	17,3-
<i>d · v</i>	0,338	0,102-	0,604	0,046-	0,876	0,665-	0,740	2,43-
<i>d · √v</i>	0,633	0,099-	0,703	55,8+	0,923	85,7+	0,864	45,4+
<i>t</i>	0,686	0,213-	0,434	0,017-	0,704	0,128-	0,558	0,839-
<i>T</i>	0,577	0,004-	0,618	18,7+	0,661	0,776-	0,630	4,32+
<i>v</i>	0,478	0,118-	0,091	1,72-	0,022	1,08-	0,116	1,69-
<i>√v</i>	0,496	0,108-	0,045	1,94-	0,053	1,10-	0,142	0,614-
Wzór								
E-1	0,556	0,369-	0,615	0,669-	0,798	0,062-	0,761	3,27+
E-2	0,567	0,348-	0,649	0,449-	0,816	0,054-	0,792	8,01+
E-3	0,628	0,913-	0,685	12,0+	0,652	0,462-	0,683	23,2+
E-4	0,651	9,56+	0,686	12,5+	0,950	122+	0,856	51,1+
E-5	0,547	2,49-	0,220	0,257-	0,458	0,018-	0,257	0,118-
E-6	0,545	2,74-	0,067	0,404-	0,197	1,09-	0,122	1,22-
<i>Fα</i>		3,07		2,75		3,07		2,75

d – średnie wartości niedosytu wilgotności

v – średnie wartości prędkości wiatru

t – średnie wartości temperatury powietrza

T – sumy promieniowania słonecznego całkowitego

Fα – wartości krytyczne testu *Fα* na poziomie $\alpha = 10\%$

TABELA 3. Związek między parowaniem i ewapotranspiracją potencjalną obliczoną za pomocą wzorów a głównymi elementami meteorologicznymi

Element meteorologiczny	Wzór	Penman-fr.		Penman-FAO		van Bavel		Schmuck	
		<i>r</i>	<i>F</i>	<i>r</i>	<i>F</i>	<i>r</i>	<i>F</i>	<i>r</i>	<i>F</i>
<i>d</i>	<i>bo</i>	0,789	890+	0,800	949+	0,648	390+	0,844	1343+
	<i>op</i>	0,840	585+	0,860	693+	0,799	429+	0,930	1564+
	<i>dk</i>	0,877	412+	0,893	458+	0,782	195+	0,926	764+
	<i>pk</i>	0,894	40,0+	0,907	46,6+	0,910	48,3+	0,939	11,5+
<i>d · v</i>	<i>bo</i>	0,683	472+	0,774	806+	0,852	1430+	0,938	3935+
	<i>op</i>	0,712	250+	0,779	377+	0,870	757+	0,745	2033+
	<i>dk</i>	0,630	81,5+	0,671	102+	0,651	91,0+	0,788	203+
	<i>pk</i>	0,816	19,8+	0,834	22,8+	0,895	4,02+	0,853	26,8+
<i>d · √v</i>	<i>bo</i>	0,787	878+	0,849	1394+	0,832	1217+	0,985	18E3+
	<i>op</i>	0,815	484+	0,863	712+	0,883	846+	0,993	16E3+
	<i>dk</i>	0,839	294+	0,871	389+	0,800	221+	0,947	203+
	<i>pk</i>	0,884	35,8+	0,900	42,5+	0,931	65,3+	0,923	26,8+
<i>t</i>	<i>bo</i>	0,627	349+	0,600	310+	0,500	176+	0,553	238+
	<i>op</i>	0,546	104+	0,526	93,4+	0,551	107+	0,490	77,0+
	<i>dk</i>	0,697	117+	0,680	107+	0,672	102+	0,641	86,3+
	<i>pk</i>	0,819	20,3+	0,830	22,2+	0,808	18,8+	0,754	13,2+
<i>T</i>	<i>bo</i>	0,824	1142+	0,793	914+	0,587	1142+	0,531	212+
	<i>op</i>	0,913	1224+	0,901	1054+	0,776	1224+	0,659	187+
	<i>dk</i>	0,932	816+	0,920	690+	0,789	816+	0,751	160+
	<i>pk</i>	0,982	277+	0,979	240+	0,966	277+	0,722	10,9+
<i>v</i>	<i>bo</i>	0,053	1,50-	0,160	14,1+	0,374	87,6+	0,300	53,3+
	<i>op</i>	0,056	0,770-	0,021	0,105-	0,211	11,4+	0,178	8,02+
	<i>dk</i>	0,219	6,23+	0,203	5,32+	0,158	3,17-	0,131	2,16-
	<i>pk</i>	0,436	2,34-	0,425	2,21-	0,326	1,19-	0,421	2,15-

Fα – wartości krytyczne testu *F* na poziomie $\alpha = 5\%$:

bo – dni bez opadu; *Fα* = 3,84

op – dni z opadem; *Fα* = 3,84

dk – dekady; *Fα* = 3,84

pk – pokosy; *Fα* = 4,75

TABELA 4. Zależność wartości ewapotranspiracji potencjalnej obliczonej za pomocą wybranych wzorów od głównych elementów meteorologicznych

Elementy meteorologiczne	Dni bezopadowe		Dni z opadem		Dekady		Pokosy	
	rcz	F	rcz	F	rcz	F	rcz	F
Wzór Penmana w modyfikacji francuskiej								
d	0,789	0,244-	0,840	0,017-	0,877	2,05-	0,894	0,704-
$d \cdot v$	0,683	0,010-	0,712	0,008-	0,630	0,963-	0,816	0,397-
$d \cdot \sqrt{v}$	0,787	99,2+	0,815	128+	0,839	41,3+	0,884	0,665-
t	0,627	135+	0,546	56,2+	0,697	19,2+	0,819	0,248-
T	0,824	919+	0,913	805+	0,932	358+	0,982	277+
v	0,053	16,9+	0,056	0,060-	0,219	1,97-	0,436	0,041-
$\sqrt{v}$	0,787	4,93+	0,815	0,061-	0,839	0,066-	0,884	0,038-
Wzór Penmana w modyfikacji FAO								
d	0,800	10,6+	0,860	0,219-	0,893	0,080-	0,907	1,90-
$d \cdot v$	0,774	67,4+	0,779	0,109-	0,671	0,002-	0,834	1,38-
$d \cdot \sqrt{v}$	0,849	0,021-	0,863	212+	0,871	56,2+	0,900	2,05-
t	0,600	97,1+	0,526	35,7+	0,680	20,3+	0,830	0,708-
T	0,793	920+	0,901	761+	0,920	336+	0,979	240+
v	0,160	21,6+	0,021	10,4+	0,203	37,2+	0,425	0,001-
$\sqrt{v}$	0,849	0,565-	0,863	0,006-	0,871	32,0+	0,900	0,001-
$F\alpha$		2,72		2,73		2,75		3,07
d	0,948	51,4+	0,799	0,448-	0,782	45,0+	0,910	0,025-
$d \cdot v$	0,852	1031+	0,870	151+	0,651	0,008-	0,895	12,0+
$d \cdot \sqrt{v}$	0,832	1,86-	0,883	20,7	0,800	69,2+	0,931	0,016-
t	0,500	60,4+	0,551	71,5+	0,672	28,6+	0,808	1,01-
T	0,587	219+	0,776	273+	0,7891	70,6+	0,966	53,8+
v	0,374	0,085-	0,211	1,25-	0,158	24,9+	0,326	0,015-
$\sqrt{v}$	0,833	0,042-	0,883	1,37-	0,800	0,179-	0,931	0,006-
$F\alpha$		2,72		2,73		2,75		3,07

$F\alpha$ – wartość krytyczna testu F na poziomie $\alpha = 10\%$

Literatura

- DRAPER N.R., SMITH H. 1973: *Analiza regresji stosowana*. PWN, Warszawa. Tłum. z oryg. amer. (*Applied regression analysis*) A. Markowski, E. Zaborowski.
- JAWORSKI J. 1979: *Modelowanie procesu ewapotranspiracji aktualnej na przykładzie roślinności łąkowej*. „Przegląd Geofizyczny”. PWN Warszawa z. 2; 105–114.
- ROGUSKI W. 1990: *Metody określania potrzeb i niedoborów wodnych użytków zielonych i zasady gospodarowania wodą w profilu glebowym*. Referaty i doniesienia naukowe na sympozjum poświęcone podsumowaniu badań i wdrożeń w CPBR-10.8, Falenty: 177–188.
- SARNACKAS., BRZESKAJ., ŚWIERCZYŃSKAH. 1983: *Wybrane metody wyznaczania ewapotranspiracji potencjalnej*. Materiały badawcze, seria: Gospodarka wodna i ochrona wód. Wyd. IMGW, Warszawa.
- SCHMUCK A. 1968: *Wyniki badań nad posuchami w województwie wrocławskim*. Prace Wrocł. Tow. Nauk., seria B, nr 139.

Summary

Relations between measured evaporation and calculated evaporation using some formulae and main meteorological elements. The comparison of the measured evaporation by the Piche and the Wild evaporimeters to calculate evaporation by six formulae has been presented in this paper. The estimation of influence of main meteorological elements on value of measured and calculated evaporation was presented as well.

The calculations were based on the measurement data from two meteorological stations in Warsaw (Ursynów and Bielany) and they were referred to growing season (April-September).

The existence of relation between values of

measured and calculated evaporation under typical, unextremal weather conditions for daily and ten-daily periods was found. Total solar radiation T , saturation deficit d and saturation deficit in connection with wind velocity $d \cdot v$ have the most significant influence on the value of measured evaporation by the Piche and the Wild evaporimeters.

Author's adress:

Tomasz Rozbicki

Warsaw Agricultural University

ul. Nowoursynowska 166

02-766 Warszawa

Przegląd zagadnień naukowych i technicznych

Tomasz BRANDYK, Krzysztof SKĄPSKI

Katedra Melioracji Rólnych i Leśnych

Przegląd kryteriów uwilgotnienia stosowanych w gospodarce wodnej gleb dolinowych

Wstęp

Wybór i zaprojektowanie optymalnego systemu gospodarowania wodą w glebach dolinowych, wykorzystywanych jako trwałe użytki zielone, zależy m.in. od prawidłowego doboru kryteriów zapewniających wymagane dopuszczalne uwilgotnienie strefy korzeniowej gleby. W siedliskach dolinowych, charakteryzujących się płytkim zaleganiem zwierciadła wody gruntowej, dopuszczalne stany uwilgotnienia reprezentowane być mogą przez odpowiadające im położenie zwierciadła wody gruntowej.

Celem niniejszej pracy jest dokonanie przeglądu istniejących kryteriów. Kryteria te mogą być stosowane do oceny gospodarowania wodą w glebach z regulowanym położeniem zwierciadła wody gruntowej.

Dopuszczalne stany uwilgotnienia

W obrębie dolin rzecznych stosuje się systemy melioracyjne do dwustronnej regulacji stosunków powietrzno-wodnych w glebie. Systemy takie składają się najczęściej z systematycznej sieci rowów (lub kombinowanej sieci rowów i drenów), wyposażonych w urządzenia piętrzące. W okresach nadmiarów wody służą one do odwodnienia, a w

okresach niedoborów umożliwiają nawodnienia podsiąkowe.

Celem racjonalnej gospodarki wodnej w glebach dolinowych jest takie utrzymywanie uwilgotnienia strefy korzeniowej roślin w okresie wegetacji, aby spełniona była nierówność:

$$\theta_{\min} < \theta_a < \theta_{\max}$$

gdzie:

$\theta_{\min}$ – dopuszczalny minimalny stan uwilgotnienia,

θ_a – wilgotność aktualna,

$\theta_{\max}$ – dopuszczalny maksymalny stan uwilgotnienia.

Dopuszczalny maksymalny stan uwilgotnienia ($\theta_{\max}$) zależy od wymaganej minimalnej zawartości powietrza. Wesseling (1974)¹ rozpatrując wymagania roślin pod względem napowietrzenia wyróżnia długotrwały i krótkotrwały wpływ nadmiaru wody. W pierwszym przypadku w środowisku występują zmiany, które w sposób ciągły wpływają ujemnie na aktywność metaboliczną i rozwój systemu korzeniowego ograniczając pobiera-

¹ Większość z pozycji literatury, cytowanych w niniejszym artykule, znajduje się w spisie literatury w pracy: T. Brandyk (1990): „Podstawy regulowania uwilgotnienia gleb dolinowych”. Wyd. SGGW-AR, dlatego w spisie piśmiennictwa uwzględniono tylko te, które w wymienionej pracy nie są zamieszczone.

nie składników pokarmowych. W drugim przypadku głównymi czynnikami szkodliwymi są: krótkotrwały niedobór O_2 lub nadmiar CO_2 , powodujące okresowe warunki anaerobiozy i uszkodzenia roślin trudniejsze do oszacowania, gdyż w znacznym stopniu zależą od gatunku roślin, fazy rozwojowej, temperatury i czasu trwania nadmiernego uwilgotnienia. Woolley (1965) twierdzi, że większość roślin uprawnych rozwija się dobrze, gdy zawartość O_2 w powietrzu glebowym wynosi od 5 do 21%, a zawartość CO_2 jest niższa od 10%. Według Wesselinga i van Wijka (1957) oraz Grable'a i Siemera (1968) dopuszczalna minimalna zawartość powietrza w strefie korzeniowej roślin powinna wynosić od 8 do 15%. Miller i Johnson (1964) uważają zawartość powietrza odpowiadającą 20% porowatości ogólnej za dolną granicę napowietrzenia.

Krytyczna zawartość powietrza wyznaczona być może również przez określenie tzw. punktu wejścia powietrza (Grable i Siemer 1968). W glebach piaszczystych punkt wejścia powietrza odpowiada ciśnieniu ssącemu od 10 do 30 cm, a w glinach ciężkich od 80 do 150 cm (Wesseling i Wit 1966; Bouwer 1966). Krytyczne zawartości powietrza zależą od struktury i tekstury gleby. Kowalik (1971, 1985) na podstawie analizy teoretycznej, jak również pomiarów terenowych, postuluje uzależnić maksymalny dopuszczalny stan uwilgotnienia od współczynnika dyfuzji tlenu (ODR). Wprowadza on pojęcie wilgotności krytycznej ze względu na krytyczną wartość ODR. Krytyczna wartość ODR wynosi $20 : 30 \cdot 10^{-8} [g \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}]$. Przyjmuje się, że średni stopień natlenienia występuje wówczas, gdy $30 \cdot 10^{-8} < ODR < 50 \cdot 10^{-8}$, a dobry stopień natlenienia, gdy $50 \cdot 10^{-8} < ODR < 75 \cdot 10^{-8}$.

Kowalik (1985) podaje zależności między uwilgotnieniem θ i ODR w postaci empirycznie określonych liniowych równań re-

gresji dla mad żuławskich i łąk gniewskich. Na podstawie tych zależności można w rozpatrywanych glebach określić maksymalny dopuszczalny stan uwilgotnienia. Praktycznie stosowanym wskaźnikiem maksymalnego dopuszczalnego uwilgotnienia jest nadal tzw. wskaźnik Kopecky'ego (Giesecke 1932; Ostromecki 1964), który określa wymaganą minimalną zawartość powietrza w strefie korzeniowej roślin. Dla traw wynosi ona do 10% objętości gleby. Maksymalne dopuszczalne uwilgotnienie dla danej gleby możemy określić na podstawie zmierzonej krzywej retencyjności wodnej (krzywa pF) przez odjęcie minimalnej zawartości powietrza od porowatości gleby.

Minimalny dopuszczalny stan uwilgotnienia (θ_{min}) odpowiadać powinien takiemu uwilgotnieniu, przy którym wzrost roślin nie jest hamowany. Stan ten uzależniony jest od rodzaju gleby i roślin. Bienkiewicz, Roguski i Łabędzki (1983) uważają, że dla roślinności użytków zielonych najważniejsze jest poznanie rozkładu wilgotności i sił wiązania wody w okresie krytycznym, aby stosując oszczędne nawodnienia nie dopuścić do zahamowania przyrostu masy roślinnej. Przedstawiają oni pomierzone wartości tzw. wilgotności krytycznej dla traw, która odpowiada początkowi hamowania przyrostu masy roślinnej na łąkach znajdujących się na glebach organicznych i mineralnych. Proponują następnie, aby dla gleb mineralno-murszowych z płytkim zwierciadłem wody gruntowej przyjąć wilgotność krytyczną w warstwie 0–30 cm odpowiadającą $pF = 2,8$; dla gleb z głębszym zwierciadłem wody (do 120 cm) $pF = 2,8–3,0$; dla gleb murszowatych i mad z bardzo głębokim lustrem wody $pF = 3,2$. Różnice te spowodowane są różną głębokością korzenienia się traw. Trawy w stanowiskach suchych mogą wykorzystywać wodę do 60 cm i głębiej, a w stanowiskach z płytkim lustrem wody gruntowej niekiedy tylko do głęboko-

ści 30 cm. Podobne wyniki badań na glebach organicznych torfowo-murszowych o różnym stopniu zmurszenia przedstawiają Szuniewicz i Stypiński (1979).

Wartość minimalnego dopuszczalnego uwilgotnienia gleby powinna być większą o pewien margines bezpieczeństwa od wilgotności odpowiadającej punktowi wędnięcia, tj. odpowiadającej $pF = 4,2$. W związku z tym Renger i współautorzy (1976) proponują przyjmować wilgotność odpowiadającą $pF = 3,0$, a Szuniewicz (1979), Brandyk i Wesseling (1983) oraz Okruszko (1986) wilgotność odpowiadającą $pF = 2,7$ jako minimalny dopuszczalny stan uwilgotnienia.

Wilgotność odpowiadającą minimalnej dopuszczalnej wartości pF dla danej gleby określić można na podstawie zmierzonej krzywej retencyjności wodnej.

Wymagane stany wody gruntowej

W dolinowych systemach melioracyjnych często zamiast dopuszczalnych stanów uwilgotnienia wykorzystuje się wskaźniki określone na podstawie poziomów zwierciadła wody gruntowej. Robson i Thomasson (1977) na potrzeby praktyki w zakresie odwodnień w Anglii i Walii stosują liczbę dni

przekroczenia określonego zwierciadła wody gruntowej. Wprowadzają oni wskaźniki W_{40} i W_{70} określające liczbę dni, w ciągu których zwierciadło wody gruntowej znajduje się bliżej powierzchni terenu niż odpowiednio 40 cm i 70 cm w ciągu 12 miesięcy. Na podstawie obserwacji zwierciadła wody na 200 obiektach w Wielkiej Brytanii zaliczyli oni stosunki wodne w rozpatrywanych glebach do sześciu klas przedstawionych w tabeli 1. Przez pojęcie nadmierne uwilgotnienie (tab. 1) rozumie się stan uwilgotnienia bliski pełnej pojemności wodnej, jako rok przyjęto wartości przeciętne z okresu obserwacyjnego obejmującego 10–20 lat. Liczba dni niekoniecznie musi dotyczyć okresu ciągłego.

Krytyczną analizę wskaźników W_{40} i W_{70} przeprowadzili w swojej pracy Armstrong, Rycroft i Welch (1980). Uważają oni, że są dwie zasadnicze trudności w stosowaniu tej techniki: 1) przyjęcie dwóch poziomów odniesienia, tj. 40 cm i 70 cm poniżej powierzchni terenu, jest to sprawa subiektywna, a ich znaczenie jest dyskusyjne; 2) możliwość utracenia części informacji zawartych w danych pomiarowych, ponieważ wskaźniki te są wartościami względnymi.

Innym wskaźnikiem jest suma przekroczenia zwierciadła wody gruntowej w wierzchniej 30-centymetrowej warstwie gleby,

TABELA 1. Klasy stosunków wodnych w glebach odwadnianych stosowane w Wielkiej Brytanii za Robsonem i Thomassonem (1977)

Klasa	Charakterystyka stosunków wodnych profilu glebowego
I	nadmiernie uwilgotniony w warstwie 70 cm przez okres krótszy niż 30 dni w roku
II	nadmiernie uwilgotniony w warstwie 70 cm przez 30–90 dni w roku
III	nadmiernie uwilgotniony w warstwie 70 cm przez okres 90–180 dni w roku
IV	nadmiernie uwilgotniony w warstwie 70 cm przez okres dłuższy niż 180 dni, lecz nie jest nadmiernie uwilgotniony w warstwie 40 cm przez okres dłuższy niż 180 dni w roku
V	nadmiernie uwilgotniony w warstwie 40 cm przez okres dłuższy niż 180 dni i zwykle nadmiernie uwilgotniony w warstwie 70 cm przez okres dłuższy niż 335 dni w roku
VI	nadmiernie uwilgotniony w warstwie 40 cm przez okres dłuższy niż 335 dni w roku

tw. wskaźnik SEW_{30} (z angielskiego Sum Excess Watertable, co oznacza sumę przekroczenia zwierciadła wody) wprowadzony przez Siebena (1964), a następnie omawiany przez Wesselinga (1974), Bouwera (1974) i Skaggsa (1980). Wskaźnik SEW_{30} wyznaczyć można z następującego wzoru:

$$SEW_{30} = \sum_{t=1}^T EW_t$$

$$EW_t = 30 - W_t; W_t < 30$$

$$EW_t = 0; W_t > 30$$

gdzie:

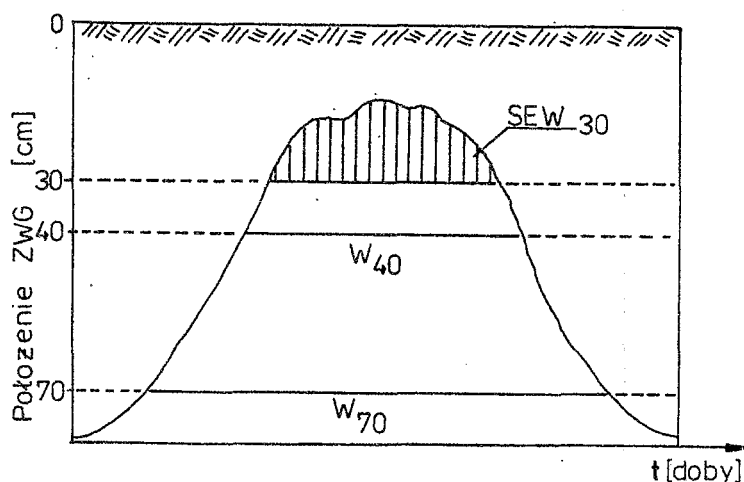
W_t – średnia głębokość położenia zwierciadła wody gruntowej poniżej powierzchni terenu wyrażona w cm, w czasie $t = 1$ doba;
 EW_t – przekroczenie przez zwierciadło wody gruntowej poziomu zlokalizowanego na głębokości 30 cm pod powierzchnią terenu.

Wartość SEW_{30} może być interpretowana graficznie jako ta powierzchnia wykresu zwierciadła wody gruntowej w czasie, która znajduje się powyżej poziomu odniesienia zlokalizowanego na głębokości 30 cm poniżej powierzchni terenu. Graficzną interpreta-

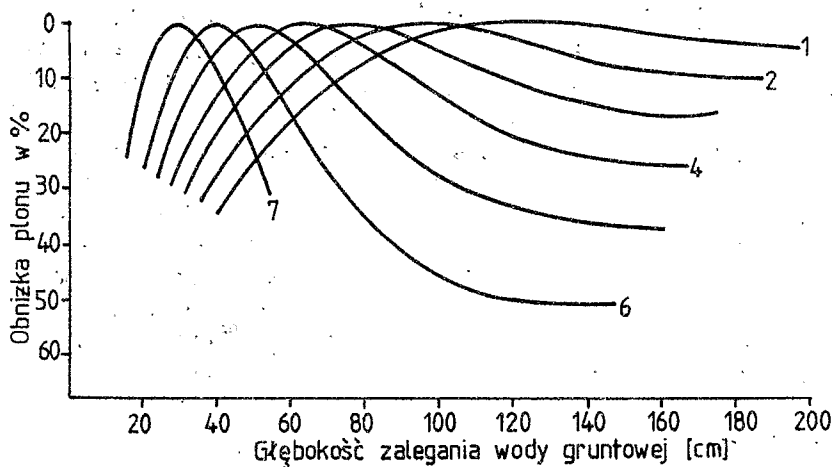
cję omawianych kryteriów, opartych na przekroczeniu określonego zwierciadła wody gruntowej, przyjętego jako poziom odniesienia, przedstawiono na rysunku 1.

Sieben (1964) odnosił wartość SEW_{30} do plonu na obszarach objętych jego badaniami. Stwierdził on spadek plonu przy wartościach SEW_{30} większych od 100 do 200 [cm · dni]. Prezentowane przez niego wartości określone były od 1 listopada do 1 marca. Dokładne określenie dopuszczalnej wartości SEW_{30} dla zróżnicowanych gleb użytków zielonych w okresie wegetacji powinno być celem przyszłych badań. Na razie, do czasu otrzymania nowych informacji, można przyjąć za Skaggsa (1980), że odwodnienie zabezpiecza roślinność łąkową przed nadmiernym uwilgotnieniem wówczas, gdy wartości SEW_{30} są mniejsze od 100 [cm · dni].

Visser (1958) wykorzystał liczne pomiary stanów wody gruntowej, przeprowadzonej na terenie Holandii dla określenia wpływu zwierciadła wody gruntowej na plonowanie roślin. Podzielił on gleby na siedem klas. Dla każdej z wyróżnionych klas opracował, jaka istnieje zależność między względną wielkością spadku plonu i średnim położeniem zwierciadła wody gruntowej w okresie wege-



Rys. 1. Graficzna interpretacja różnych kryteriów odwodnienia przyjmujących przekroczenie określonego położenia zwierciadła wody gruntowej przyjętego jako poziom odniesienia



Rys. 2. Wpływ głębokości zalegania wody gruntowej na plony roślin uprawnych: 1 – glina ciężka, 2 – próchniczny piasek gliniasty, 3 – glina lekka, 4 – piasek na torfie, 5 – piasek, 6 – il na torfie, 7 – torf (wg Vissera 1958)

tacji. Zależności te przedstawiono na rys. 2. Wszystkie krzywe wykazują wzrost plonu wraz z obniżeniem się zwierciadła wody gruntowej w obrębie jego płytkiego zalegania, potem pewien przedział optymalny, a następnie spadek plonu wraz z obniżeniem się zwierciadła wody gruntowej. Ten kształt krzywych wynika z braku dostatecznego napowietrzenia przy płytkim zwierciadle wody oraz z niedostatecznej ilości wody dostępnej dla roślin przy głębszym zaleganiu zwierciadła wody gruntowej. Zakładając taką interpretację kształtu tych krzywych, optymalny poziom zwierciadła wody gruntowej w znacznym stopniu uzależniony jest od fizycznych właściwości gleby, takich jak retencyjność wodna, podsiąk kapilarny itp.

Na potrzeby gospodarki wodnej na użytkach zielonych w naszym kraju wymagane położenie zwierciadła wody gruntowej określa się za pomocą odpowiednich norm osuszenia. Szczegółowy przegląd różnych sposobów określania norm osuszania w dolinowych systemach melioracyjnych przedstawił Ostromecki (1971). Definiuje on normę osuszenia jako średnią w okresie wegetacji odle-

głość krzywej depresji od powierzchni terenu w środku rozstawy rowów lub drenów. Ivicki (1958) uzależnił normy osuszenia od plonowania roślin oraz częstości występowania poszczególnych stanów wody gruntowej.

Na glebach organicznych wymagane normy osuszenia podawane są między innymi w pracach Szuniewicza (1979) i Okruszki (1986). Do określania tych norm wykorzystuje się minimalną zawartość powietrza w strefie korzeniowej roślin oraz minimalne dopuszczalne uwilgotnienie tej warstwy. Normy osuszenia według Szuniewicza (1979) przedstawiono w tabeli 2.

TABELA 2. Normy osuszenia według Szuniewicza (1979)

Symbole kompleksu wilgotnościowo-glebowego	Norma osuszenia [cm]			
	h_1	h_2	h_{opt}	h_3
A	35	50	80	120
AB	35	50	80	120
B	35	45	70	95
BC	30	35	50	85
C	25	30	35	60
CD	20	30	35	50

Występujące w tej tabeli normy h_1 , h_2 i h_{opt} definiuje się jako wymagane położenie zwierciadła wody gruntowej zapewniające odpowiednio 6,8 i 10% powietrza w warstwie korzeniowej roślin. Norma h_3 jest wymagającym położeniem zwierciadła wody gruntowej ze względu na niedopuszczenie do przekroczenia wilgotności krytycznej przyjmowanej jako odpowiednik ciśnienia ssącego $pF = 2,7$.

Przytoczone normy opracowano głównie na podstawie wieloletnich obserwacji i spostrzeżeń praktycznych uwzględniających koncepcje polowej pojemności wodnej i pojemności okresu suszy zaproponowane przez Somorowskiego (1964) oraz Somorowskiego i Szuniewiczza (1964). Natomiast Olszta (1977, 1981, 1987) wskazuje na konieczność prowadzenia badań modelowych nad gospodarką wodną strefy aeracji gleb w celu wyjaśniania zjawiska zaopatrywania strefy korzeniowej gleby w wodę ze strefy nasyconej.

Określanie norm osuszenia na podstawie teorii ustalonego ruchu wody glebowej

Pożądana głębokość zwierciadła wody gruntowej w okresie wegetacji roślin zależy od infiltracyjnego zasilania strefy korzeniowej przez opady atmosferyczne. W okresach bezopadowych zależy ona od zasilania tej strefy przez podsiąk kapilarny z wody gruntowej.

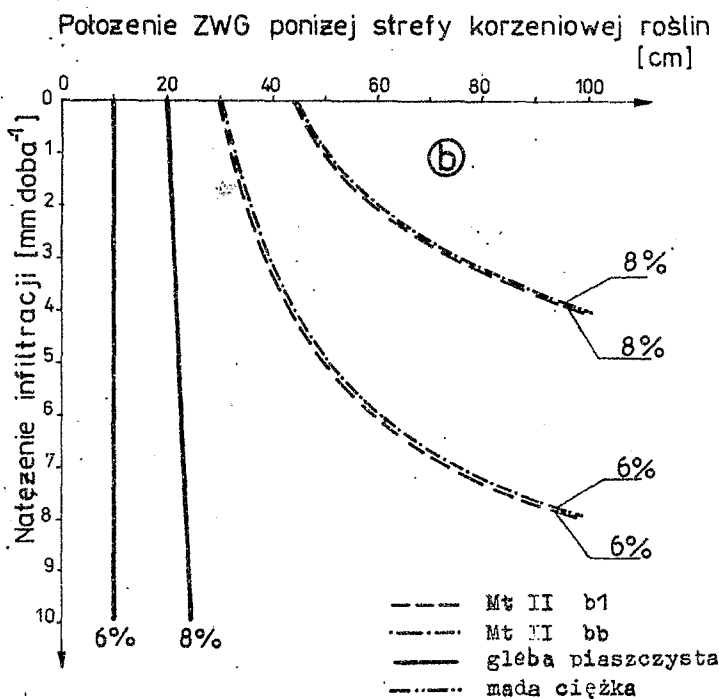
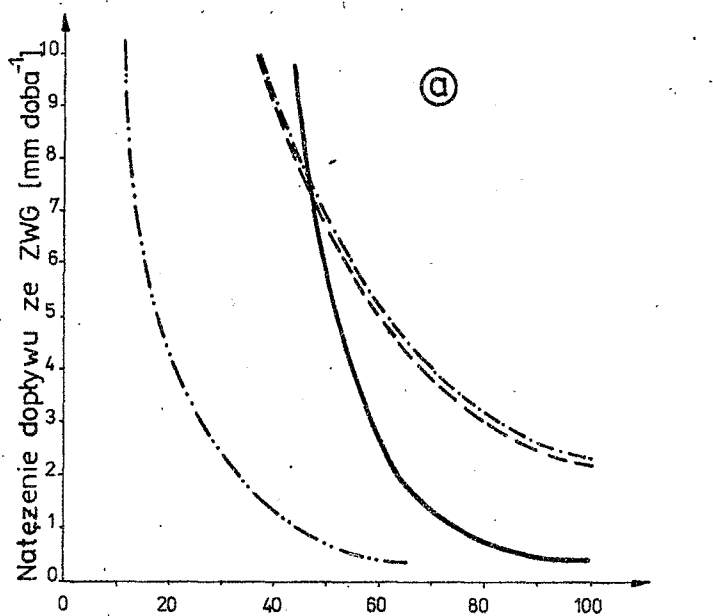
Można określić takie położenie zwierciadła wody gruntowej zależne od intensywności opadów atmosferycznych i infiltracji, które zapewniłyby odpowiednie napowietrzenie gleby. W okresach bezopadowych zasadnicze znaczenie ma efektywna wysokość podsiąku kapilarnego, która według Ostrońskiego (1969) zależy głównie od właściwości gleby oraz rozchodów wody na paro-

wanie terenowe. Należy stworzyć takie warunki, aby efektywna wysokość podsiąku kapilarnego zapewniała uwilgotnienie strefy korzeniowej większe od dopuszczalnego minimum. Wykorzystując numeryczne rozwiązania prawa Darcy dla strefy nienasyconej, które szczegółowo przedstawione są w pracy Brandyka (1990) i określoną zależność pomiędzy nienasyconą przewodnością wodną a ciśnieniem ssącym, można obliczyć rozkłady ciśnień ssących h przy różnych położeniach zwierciadła wody gruntowej z i różnych intensywnościach podsiąku kapilarnego q , tj. $z(h, q)$.

Na podstawie $z(h, q)$ można określić wymagane położenie zwierciadła wody gruntowej, które zapewni dostateczne napowietrzenie gleby przy danej intensywności opadów atmosferycznych lub efektywną wysokość zasilania przez podsiąk kapilarny dolnej strefy korzeniowej, aby nie dopuścić do spadku uwilgotnienia poniżej dopuszczalnego minimum.

Wykorzystując wyniki obliczeń numerycznych przy zastosowaniu programu CAPSEV, określono zależności pomiędzy dopływem z wody gruntowej a położeniem jej zwierciadła poniżej strefy korzeniowej oraz zależności pomiędzy natężeniem infiltracji opadów atmosferycznych a położeniem zwierciadła wody gruntowej dla kilku profili glebowych, które przedstawiono na rysunku 3. Z tych zależności określono wartości efektywnej wysokości podsiąku kapilarnego przy parowaniu terenowym wynoszącym 3, 4 i 5 mm d^{-1} . Takie wielkości parowania mogą wystąpić w okresie wegetacji na użytkach zielonych w warunkach klimatycznych naszego kraju w ciągu dłuższego czasu. Określone wartości wymaganych stanów wody gruntowej zależnie od rozchodów wody na parowanie terenowe zestawiono w tabeli 3.

Z danych tabeli 3 wynika, że ze względu



Rys. 3. Zależność między położeniem zwierciadła wody gruntowej i: a – natężeniem dopływu, b – natężeniem infiltracji w kilku profilach glebowych

TABELA 3. Wymagane stany wody gruntowej [cm] w zależności od rozchodów wody na parowanie terenowe, określone dla kilku profilów glebowych

Rodzaj gleby	Wymagane stany wody gruntowej [cm] przy różnym parowaniu terenowym		
	3	4	5
	[mm d ⁻¹]		
Mada bardzo lekka	80	75	70
Gleba torfowo-murszowa MtlIbb	90	80	70
Gleba torfowo-murszowa MtlIb1	100	90	80
Mada ciężka próchniczna	45	40	40

na zasilanie strefy korzeniowej roślin (o miąższości 20 cm) przez podsiak kapilarny, najkorzystniejszymi właściwościami charakteryzują się gleby torfowo-murszowe, a najmniej korzystnymi – mada ciężka.

Określone zależności między natężeniem infiltracji opadów atmosferycznych i położeniem zwierciadła wody gruntowej rozpoczynają się wówczas, gdy zawartość powietrza w strefie korzeniowej roślin w warunkach równowagi wynosi odpowiednio 6 i 8%. Wartości te określono na podstawie charakterystyk retencyjnych (krzywych pF) i zestawiono w tabeli 4, w której dodatkowo podano wymagane stany wody gruntowej przy zawartości powietrza 10%.

Z przytoczonych w tej tabeli danych wynika, że w madzie ciężkiej praktycznie każda wielkość opadu może spowodować powstanie stanu nadmiernego uwilgotnienia w strefie korzeniowej roślin, gdy zwierciadło wody gruntowej znajduje się pomiędzy powierzchnią terenu a głębokością 100 cm. Rozpatrywane gleby torfowo-mur-

szowe wykazują niewielką podatność na powstawanie nadmiernego uwilgotnienia.

Podany sposób określania wymaganych stanów wody gruntowej na podstawie hydraulicznych właściwości gleby i teorii ustalonego ruchu wody w strefie aeracji gleb pozwala na dostosowanie tych stanów do warunków meteorologicznych na danym obszarze, tj. parowania terenowego i natężenia opadów atmosferycznych.

Miarodajne jednostkowe natężenie infiltracji i parowania terenowego

Hooghoudt (1940) na podstawie badań terenowych i lizymetrycznych przyjął dla warunków holenderskich miarodajne natężenie infiltracji opadów atmosferycznych równe 5 mm/dobę przy wymaganym położeniu wody gruntowej 50 cm poniżej poziomu terenu.

W wyniku dalszych badań terenowych zwiększono miarodajne natężenie dopływu do wysokości 7 mm/dobę. Van Someren (1958) zaproponował dalsze uszczegółowie-

TABELA 4. Stany wody gruntowej określone dla warunków równowagi na podstawie krzywych pF , zapewniające określoną zawartość powietrza w strefie korzeniowej roślin w kilku profilach glebowych

Rodzaj gleby	Stany wody gruntowej [cm] przy zawartości powietrza		
	6%	8%	10%
Mada bardzo lekka	10	20	30
Gleba torfowo-murszowa MtlIbb	30	45	65
Gleba torfowo-murszowa MtlIb1	30	45	65
Mada ciężka	105	190	350

TABELA 5. Kryteria odwodnienia (Van Someren 1958)

Miarodajny stan wody gruntowej poniżej powierzchni terenu obserwowany co najmniej 3 razy w okresie krytycznym przed wykonaniem systemu odwadniającego [cm]	Miarodajne natężenie infiltracji q [mm/d] i odpowiadające mu położenie zwierciadła wody gruntowej z [cm]			
	użytki zielone		grunty orne	
	q	z	q	z
0	7	30	7	40
10	7	30	7	40
20	3	30	5	40
30	^a	—	3	40
40	—	—	—	—

^a dodatkowe odwodnienie nie jest wymagane.

nie kryteriów odwodnienia, które zestawione są w tabeli 5.

We Francji przyjmuje się miarodajne natężenie infiltracji w wysokości 7 mm/d przy położeniu zwierciadła wody gruntowej na głębokości $h = 30$ cm dla użytków zielonych oraz odpowiednio 11 mm/d i 50 cm dla gruntów ornych.

Do prawidłowego określenia miarodajnej wielkości q i odpowiadającej jej wielkości normy osuszenia z potrzebna jest analiza danych meteorologicznych charakteryzujących opady i parowanie w danym regionie oraz określenie właściwości fizycznych gleby. Przykładem takiego podejścia jest praca Wesselinga (1969), w której podaje on zależność wartości q i z od efektywnej porowatości gleby i częstotliwości występowania opadów atmosferycznych o określonym natężeniu.

Przedstawiona w niniejszym opracowaniu metodyka określania norm osuszenia uzależnia ich wielkość od pomierzonych właściwości hydraulicznych gleb. Jej praktyczne zastosowanie wymaga określenia miarodajnego natężenia przepływu q [mm/d] (infiltracja w przypadku odwodnienia i parowanie terenowe w przypadku nawodnienia). Miarodajne natężenie infiltracji można określić na podstawie analizy częstotliwości występowania opadów atmosferycznych mierzonych

na najbliższej stacji meteorologicznej lub posterunku opadowym.

Metodyka wyznaczania miarodajnych niedoborów wodnych dla użytków zielonych na podstawie danych meteorologicznych przedstawiona jest szczegółowo w instrukcji opracowanej przez Roguskiego, Sarnacką i Drupkę (1988). W instrukcji tej zaleca się przyjmowanie wartości opadów atmosferycznych z najbliższego posterunku opadowego, gdy jest on w odległości 3 km od rozpatrywanego obiektu, a gdy odległość ta przekracza 3 km – jako średnią z obserwacji na najbliższych posterunkach opadowych wyznaczoną np. metodą wielokątów równomiernego zadeszczenia. Natomiast dla roślin uprawnych, łąk kośnych i pastwisk przyjmuje się najczęściej za miarodajne prawdopodobieństwo wystąpienia 20% niedoborów wodnych.

Wnioski

1. Wśród wielu nowoczesnych metod określania maksymalnego dopuszczalnego uwilgotnienia w praktyce nadal stosuje się tzw. wskaźnik Kopecky'ego, który określa wymaganą minimalną zawartość powietrza w strefie korzeniowej roślin, a jako minimal-

ny dopuszczalny stan uwilgotnienia zaleca się przyjmować wilgotność odpowiadającą wartościom pF od 2,7 do 3,2, co zależne jest głównie od rodzaju gleby i położenia zwierciadła wody gruntowej.

2. Przydatne jako kryteria skuteczności odwodnień mogą być wskaźniki: SEW_{30} , W_{40} i W_{70} określające sumę dobowych przekroczeń określonego położenia zwierciadła wody gruntowej przyjętego jako poziom odniesienia.

3. Do oceny skuteczności gospodarowania wodą w systemach odwadniająco-nawadniających przydatne mogą być zależności opisujące wpływ zwierciadła wody gruntowej na plonowanie roślin, opracowane przez Vissera (1958) dla różnych rodzajów gleb, jak również normy osuszenia: h_1 , h_2 , h_{opt} i h_3 , które opracowano dla różnych rodzajów gleb na podstawie wieloletnich obserwacji i spostrzeżeń praktycznych.

4. Wymagane stany zwierciadła wody gruntowej ze względu na intensywność zasilania strefy korzeniowej roślin mogą być wyznaczane przy wykorzystaniu teorii ustalonego ruchu wody w strefie aeracji gleb.

5. Dokładne wyznaczenie miarodajnych (dla celów projektowania) wartości natężenia infiltracji i parowania terenowego powinno być celem przyszłych badań, w których wykorzystano by analizę danych meteorologicznych z wielolecia, uwzględniającą aktualne zasoby wody w strefie korzeniowej gleby.

Literatura

BRANDYK T. 1990: *Podstawy regulowania uwilgotnienia gleb dolinowych*. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.

HOOGHOUTD S.B. 1940: *Bijdragen tot de kennis van enige natuurkundige grootheden van de grond*. Versl. Landb. Onderz. 46 (14); 515–707.

ROGUSKI W., SARNACKA S., DRUPKA S. 1988: *Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych*. Mater. instr. 66, IMUZ Falenty.

VAN SOMEREN C.L. 1958: *Het drainage-onderzoek in Nederland*. Rapport Cultuurtechnische Dienst, Utrecht, Nederland.

VISSER W.C. 1958: *De landbouwwaterhuishouding in Nederland*. Comm. Onderz. Landb. waterhuis. Ned. TNO. Rapport nr 1.

Summary

Review of the soil moisture criterions used in water management of shallow water table soils. The paper reviews criterions used in water management of soils with shallow groundwater table. The methods of estimation of the required minimum and maximum allowable soil moisture content in the root zone as well as corresponding to them required groundwater levels are presented. Required groundwater levels can be estimated using practical norms based on the results of field measurements and also using steady state soil moisture flow theory. When steady state soil moisture flow theory is applied it is necessary to measure unsaturated hydraulic conductivity of the soil and to estimate infiltration and evaporation fluxes from meteorological data.

Key words: soil moisture content, capillary rise, infiltration, groundwater level.

Author's adress:

Tomasz Brandyk, Krzysztof Skapski
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Główne problemy i perspektywy badań nad zarastaniem rzek

Wstęp

W wielu regionach świata zaburzenia równowagi bilansu wodnego spowodowane przede wszystkim wadliwą gospodarką, prowadzą do klęsk żywiołowych — nadmiaru wody lub suszy. Nasilanie się tych zjawisk w ostatnich dziesięcioleciach, a szczególnie problem deficytu wody w okresie wzmóżonej wegetacji roślin uprawnych zmusza do poszukiwań i wykorzystywania każdej możliwości poprawy warunków wodnych.

Jednym z rozwiązań, stosunkowo najmniej kosztownym, jest wykorzystanie naturalnych zdolności ekosystemów do gromadzenia i przechowywania wody oraz regulacji stosunków wilgotnościowych. Rolę taką niegdyś pełniły duże obszary leśne, bagna, torfowiska, starorzecza i zbiorowiska roślinności wodnej, działając jak naturalne zbiorniki retencyjne. Obecnie dewastacja i zanieczyszczenie biosfery wywołane przez człowieka, a także działania zmierzające do "kierowania" przyrodą spowodowały zdegradowanie naturalnych biocenoz bagiennych i łąkowych, skurczenie się powierzchni leśnych, wyrugowanie bogatych zbiorowisk starorzeczy, a w konsekwencji znaczne ograniczenie ich możliwości regulacji stosunków wodnych.

Zbiorowiska roślin wodnych i szuwarowych od dawna były obiektem badań biologów. Jak wiadomo, stanowią one niezbędny

element funkcjonowania ekosystemów. Są bowiem siedliskiem bytowania i źródłem pokarmu dla fauny. Od dawna też badano właściwości hydromakrofitów jako indykatorów zanieczyszczeń i elementu procesu oczyszczania wody.

Roślinność zarastająca cieków interesuje też hydrologów. Następnym zarastania są m.in. zmiany szorstkości koryta cieków, zmiany w prędkościach przepływu wody, zmniejszenie powierzchni czynnego przekroju, zmiany spadku zwierciadła oraz piętrzenie stanów wody. Nie wiadomo jednak, jakie wartości liczbowe charakteryzują poszczególne zbiorowiska.

Obecnie odczuwa się brak badań interdyscyplinarnych podejmujących zagadnienia wpływu określonych zbiorowisk hydromakrofitów na parametry koryt cieków (na warunki przepływu), a szczególnie na piętrzenie stanów wody, retencjonowanie wody w ekosystemie oraz na kształtowanie współczynnika szorstkości.

Prezentowany w niniejszej pracy przegląd zagadnień, dokonany na podstawie literatury polskiej i zagranicznej, ukazuje w porządku chronologicznym prace dotyczące zarastania cieków, jakie podejmowali hydrobiolodzy i niektórzy hydrododzy. Celem artykułu jest zebranie w możliwie skoncentrowanej formie wszystkich dostępnych informacji na temat zarastania wód płynących.

Badania hydrobotaniczne

W latach 1950–1954 PIHM (obecnie IMGW) podjął badania z inicjatywy inż. Dębskiego. Dotyczyły one 3 priorytetowych zagadnień: poznania gatunków roślin występujących w polskich rzekach, zbadania cyklu rozwojowego roślin oraz określenia intensywności zarastania koryt rzecznych. Wyniki obserwacji 26 stacji hydrofenologicznych, rozmieszczonych na terenie kraju, podawały Roczники Fenologiczne PIHM, dane zaś dotyczące stopnia zarastania publikowane były w Rocznikach Hydrograficznych. Prace prowadzone do 1963 r. pozwoliły zidentyfikować 80 gatunków roślin wodnych wyższych, występujących w rzekach Polski. Najczęściej spotykanymi gatunkami były: *Sagittaria sagittifolia*, *Nuphar lutea* i *Acorus calamus*.

Od 1961 r. Roczники Hydrograficzne zamieszczały dane dotyczące cyklu rozwojowego hydromakrofitów z podaniem pojawiania się największego rozwoju i obumierania.

Badania w latach 1954–1963 umożliwiły określenie najwcześniejszej i najpóźniejszej daty pojawiania się naczyniowych roślin rzecznych. Na 1 kwietnia ustalono datę ich pojawiania się, a od 30 października do 10 listopada — obumierania. Pierwsze daty pojawiania oraz ostatnie daty obumierania roślin wykazywały dużą zgodność z datami początku i końca występowania w Polsce temperatury powietrza równej 5°C (Pasałowski 1963), co wcześniej zauważył Molga (za Pasałowskim 1963). Potwierdzało to również spostrzeżenia Fausta (za Pasałowskim 1963), który podawał, że przy temperaturze powietrza od 6 do 10°C wpływ roślinności na przepływ zanika oraz Bortkiewicza (za Pasałowskim 1963), który dowodził, że obumieranie roślinności, ustanie piętrzenia stanów wody i redukcja przepływów rozpoczynają się w temperaturze niższej od 7°C.

Według Bernatowicza i Wolnego (1974)

sezon wegetacyjny w rzekach rozpoczyna okres następujący po pierwszych dziesięciu dniach, kiedy średnia temperatura dobową powietrza jest równa lub wyższa od 10°C, a kończy się, gdy średnie temperatury dobowe powietrza są niższe od 7°C. Przyjęto, że przeciętny cykl rozwojowy roślin wodnych na terenie kraju trwa 150 dni w roku, natomiast jej oddziaływanie na przepływ utrzymuje się jeszcze w zimie i trwa do 200–225 dni w roku.

Pasałowski (1964) zwrócił uwagę, że w niektórych latach zaledwie przez jeden miesiąc w roku, koryta rzek w Polsce są wolne od wpływu zjawisk sezonowych, do jakich należą zarastanie oraz zjawiska zlodzenia.

W latach sześćdziesiątych badania nad zarastaniem rzek polskich podjęła Gniazdowska (1962).

Odzwierciedleniem zmieniającej się w cyklu rocznym temperatury i nasświetlenia są stadia rozwojowe (fenologia) naczyniowych roślin wodnych. Wielu autorów podkreśla brak prac dotyczących przebiegu tego zjawiska w rzekach. Z ekologicznego punktu widzenia zarówno temperatura jak i światło są głównymi czynnikami warunkującymi produkcję biologiczną w rzekach (Brehm i in. 1982, Barnes, Minshall 1983).

Wpływ zanurzonych roślin wodnych na gradient temperatur w płytkich zbiornikach badał Dale (1977). Ponadto badał on laboratoryjnie wpływ ciśnienia hydrostatycznego na wzrost roślin wodnych (Dale 1984). Barko i in. (1982) przeprowadzili obserwacje wzrostu, morfologii i metabolizmu roślin wód płynących w zależności od światła i temperatury. Ekspansywność roślin wodnych oraz zastosowania ich do zróżnicowanych warunków termicznych, świetlnych i ciśnienia hydrostatycznego opisują Podbielkowski i Tomaszewicz (1982).

Zróżnicowanie wymiarów liści sześciu gatunków *Sagittaria* (*Alismataceae*) w

związku z występowaniem ich na różnych głębokościach wody opisał Wooten (1986).

Problemem światła w wodach płynących i jego wpływem na rośliny wodne zajmowali się Dawson i Kern-Hansen (1979). Badali oni możliwości powstrzymania rozwoju niektórych roślin wodnych poprzez naturalne i sztuczne zacienianie cieków nizinnych roślinnością brzegową. Podobne badania w sztucznych kanałach laboratoryjnych o regulowanej głębokości wody i prędkości przepływu prowadzili Ieperen, Herfst (1986) i Pitlo (1982). Polegały one na pomiarach hydrometrycznych wykonanych w sztucznych zbiorowiskach roślin o liściach intensywnie pochłaniających światło słoneczne i zacieniających dno (*Nymphaea alba*, *Potamogeton natans*, *Phragmites australis*). Badania te były kontynuacją wcześniejszych analiz i pomiarów prowadzonych przez Petryka i Bosmajana (1975). Zacienienie, jako czynnik zapobiegający rozwojowi roślin zanurzonych, badane było przez Jorgę i in. (1982) oraz Shiremana i in. (1986).

Typy i formy oddziaływania wód płynących na roślinność brzegową analizowali Bauer i Niemann (1971). Naczyniową florę rzek przedstawili Westlake (1973), Krzywański (1974), Haslam (1978), Jackson (1978), Wiegleb (1978) Philips i in. (1982), Pachuta (1989).

Ruch wody oraz ułożenie izobat powodują, że roślinność rozmieszczona jest w rzekach liniowo — tworzy zwykle strefy równoległe do linii brzegowej. Stadia zasiedlania i rozmieszczenie strefowe fitocenoz wodnych przedstawili Tomaszewicz (1979) oraz Podbielkowski i Tomaszewicz (1982).

Rozwój roślinności zarastającej rowy melioracyjne i doły potorfowe była przedmiotem badań Podbielkowskiego (1967) i Gołdyn (1984). Przedstawiona w wymienionych pracach bogata flora glonów, mszaków i roślin naczyniowych jest bardzo zróżnicowa

i zmienna. Gatunki zarastające rowy melioracyjne w NRD prezentował Küchler (1986). Jego praca zasługuje na szczególną uwagę, gdyż oprócz prezentowanego udziału gatunków w badanych przekrojach (od czerwca do września w trzech sezonach wegetacyjnych) przedstawia biomasa populacji i zbiorowisk reprezentatywnych dla badanego obszaru. Wyniki podane są dla różnych głębokości wraz z pomiarami ilości światła. Wskazują one na związek między produkcją biomasy a procentem światła pochłoniętego przez rośliny.

Właściwości biologiczne i cechy morfologiczne roślin wodnych, takie jak systemy korzeniowe, kłącza, rozłogi, tempo wzrostu i produkcja biomasy, rodzaje diaspor i ich różne przystosowania lokomotoryczne były przedmiotem długoletnich badań Podbielkowskiego (1970).

Opracowanie biologicznego podziału rzek w zależności od struktury biocenotycznej oraz wskaźników pozwalających na zaszeregowanie poszczególnych rodzajów wód w zależności od ich składu chemicznego przedstawili Cimbin, Lijena i in. (1985).

Zależność fitocenoz od fizykochemicznych właściwości siedliska przedstawił Tomaszewicz (1988), natomiast współczesne kierunki badawcze w ekologii wód słodkich przedstawili Clayton (1983), Hillbricht-Ilkowska (1985) oraz Ilnicki i in. (1988).

Wielu autorów podkreśla, że brak jest opracowania integrującego badania hydrologiczne i hydrobotaniczne w tematyce dotyczącej zarastania rzek. Próbę wypełnienia tej luki stanowią badania Pachuty (1990), obejmujące siedem zbiorowisk roślin naczyniowych z dorzecza górnej Biebrzy. Wpływ tych zbiorowisk na ruch wody i morfologię koryt rzecznych przeanalizowany jest m.in. w aspekcie: czasu oddziaływania poszczególnych zbiorowisk i jego nasilenia w trakcie sezonu wegetacyjnego, zmian rozkładów

prędkości w pionie i w przekroju poprzecznym w ciągu roku, ograniczenia wzrostu przy określonych prędkościach wody, ograniczania powierzchni czynnego przekroju (strefa martwa), zmian konfiguracji dna w zbiorowisku, wielkości piętrzenia wegetacyjnego, planowania terminów pomiarów przepływu, morfologii dna i konserwacji kanałów.

Przedstawione we wstępie różne rodzaje oddziaływania roślinności wodnej na środowisko i możliwości jej wielostronnego wykorzystania wskazują na potrzebę podjęcia szczegółowych badań i ochrony zbiorowisk roślin wodnych (Ecosystems of the world 1984, Łoś 1987).

Podsumowanie i wnioski

Wśród badań nad problemem zarastania rzek brak jest prac interdyscyplinarnych biologiczno-hydrologicznych, które dałyby odpowiedź na pytanie: Jak kształtuje się wpływ roślinności na warunki hydrauliczne koryta, na warunki hydrologiczne dolin rzecznych i terenów przyległych oraz w jakim stopniu woda jest retencjonowana przez hydromakrofity?

W celu uzyskania aktualnej bazy informacyjnej w zakresie zarastania polskich rzek należy wykonać następujące czynności:

1. Przeprowadzić inwentaryzację wraz z lokalizacją gatunków i zbiorowisk występujących w polskich ciekach.
2. Zbadać fenologię, w tym szczególnie terminy pojawiania się najbardziej intensywnego rozwoju i obumierania roślin.
3. Wśród zarejestrowanych gatunków i zbiorowisk wskazać najczęściej spotykane. Zbadać ich oddziaływanie na:

- zmiany rozkładów prędkości wody w ko-

rytach, przekrojach poprzecznych i w pionach,

- zmniejszenie powierzchni czynnego przekroju (pojawiania się i czas trwania strefy martwej),
- konfigurację dna (zjawiska erozji i akumulacji),
- piętrzenie stanów wody w poszczególnych fazach rozwoju zbiorowiska,
- zmiany spadku zwierciadła wody.

4. Określić wartości współczynników szorstkości dla określonych zbiorowisk.

Literatura

- BARKO J.W., G. HARDIN, M.S. MATTHEWS 1982: *Growth and morphology of submersed freshwater macrophytes in relation to light and temperature*. Can. J. Bot. 60: 877-887.
- BARNES J.R., G.W. MINSHALL 1983: *Stream ecology*. Plenum, Press, N. York and London: 324 ss.
- BAUER L., E. NIEMANN 1971: *Zieltypen und Behandlungsfornen für die Ufervegetation von Fließgewässern auf der Grundlage einer geobotanisch-hydrographischen Kartierung*. Zesz. Nauk. UJ 281; 29: 103-110.
- BERNATOWICZ S., P. WOLNY 1974: *Botanika dla limnologów i rybaków*. PWRiL, Warszawa: 517 ss.
- BREHM J., M.P. MEIJERING 1982: *Fliessgewässerkunde [W:] Einführung in die Limnologie der Quellen, Bache und Flüsse — Quelle und Meyer*, Heidelberg: 311 ss.
- CIMBIN P.A., R.A. LIJENA, A.V. URTANS 1985: *Tipologiceskaja klassifikacija riek*. Latv. Akad. Vestis 3: 104-112.
- CLAYTON J.S. 1983: *Sampling freshwater macrophyte communities*. [w:] *Biological methods for water quality surveys*. Water & Soil 54: 1-22.
- DALE H.M., T.J. GILLESPIE 1977: *The influence of submersed aquatic plants on temperature gradients in shallow water bodies*. Can. J. Bot. 55: 2216-2225.
- DALE H.M. 1984: *Hydrostatic pressure and aquatic plant growth a laboratory study*. Hydrobiol. 111: 193-200.
- DAWSON F.H., U. KERN-HANSEN 1979: *The effect of natural and artificial shade on the macrophytes of lowland streams and the use of shade as a*

- management technique. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 64; 4: 437-455.
- Ecosystems of the world.* 1984: 22. *River and stream ecosystems.* Ed. by F.B. Taub, Amsterdam: 320 ss.
- GNIAZDOWSKA J. 1962: *Badania PIHM w zakresie zarastania koryt rzecznych.* Biul. PIHM 11 (67). *Gosp. Wod.* 22; 11: 523-524.
- GOŁDYN H. 1984: *Biomass of macrophytes in the channel running through agricultural areas.* Ekol. Pol. 1: 167-176.
- HASLAM S.M. 1978: *River plants — The macrophytic vegetation of water courses.* Cambridge Univers. Pres: 396 ss.
- HILLBRICHT-ILKOWSKA A. 1985: *Współczesne kierunki badawcze w ekologii wód słodkich. Cz. III. Heterogenność środowiska wodnego, czynniki biotyczne a strategia życia organizmów.* Wiad. Ekol. 1985; 31; 3: 221-252.
- IEPEREN von H.J., M.S. HERFST 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.
- ILNICKI P. 1988: *Doświadczenia obce w zakresie biotechnicznej zabudowy rzek.* Konf. nauk-tech. NOT-SITWM, Warszawa 10 XI 1988.
- JACKSON M.J. 1978: *The changing status of aquatic mycophytes in the Norfolk Broods.* Trans. Norfolk Norwich Natur. Soc. 24: 137-152.
- JORGAW., W.D. HEYM, G. WEISE 1982: *Shading as a Measure to Prevent Mass Development of Submersed Macrophytes.* *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 67; 2: 271-281.
- KRZYWAŃSKI D. 1974: *Zbiorowiska roślinne starorzeczy środkowej Warty.* Mon. Bot. 43: 80 ss.
- KÜCHLER R. 1986: *Analysis of the Development of Aquatic Plants in Dich Systems for Ground — water Regulation.* *Acta Hydrochim. et Hydrobiol.* 14; 1: 47-57.
- ŁOŚ M.J. 1987: *Ekologiczne uwarunkowania melioracji ekologicznych w Polsce.* [w:] *Melioracje rolne a wymogi ochrony środowiska.* Konf. nauk. tech. SITWM, Warszawa 14-15 XII.
- PACHUTA K. 1989: *Wpływ wybranych zbiorowisk roślin wodnych i szuwarowych na ruch wody w korytach rzecznych.* Pr. dokt. maszyn., Wydz. Biologii Uniw. Warsz.: 100 ss.
- PACHUTA K. 1990: *Macrophytes of river beds and riparian zone of rivers in the upper Biebrza basin.* *Annals of Warsaw Agric. University. SGGW-AR, Land Reclamation* 25: 93-106.
- PASŁAWSKI Z. 1963: *Wpływ roślinności wodnej na przepływ rzeczny.* *Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol.* 54; 2: 3-39.
- PASŁAWSKI Z. 1964: *Zarastanie koryt rzecznych roślinnością naczyniową i kształtowanie się reżimu rzek zarastających.* *Ekol. Pol. Ser. B, X, 2:* 113-123.
- PETRYK S., G. BOSMAJIAN 1975: *Analysis of flow through vegetation.* *J. of the Hydraulics Division* 101; HY 7: 871-884.
- PITLO R.H. 1982: *Flow resistance of aquatic vegetation Proc. EWRS 6th Symposium on Aquatic Weeds* Min. of Agricult. and Fisheries Advisory Group. *Vegetational Management*, Wageningen, The Netherlands.
- PHILIPS G.L., D.F. EMINSON, B. MASS 1982: *Status of aquatic macrophytes.* *Aquat. Bot.* 12; 3: 27-29.
- PODBIELKOWSKI Z. 1967: *Zarastanie rowów melioracyjnych na torfowiskach okolic Warszawy.* *Mon. Bot.* XXIII, 1.
- PODBIELKOWSKI Z. 1970: *Die Vegetation und der Verlauf des Verwachsungsprozesses der künstlichen Wasserdecken und Wasserläufe der Mazowsze-Niederung.* *Acta Soc. Bot. Pol.* 39: 1: 63-114.
- PODBIELKOWSKI Z., H. TOMASZEWICZ 1982: *Zarys hydrobotaniki.* PWN. Warszawa: 351 ss.
- SHIREMAN J.V., D.E. COLLE, D.E. CANFIELD 1986: *Efficacy and cost of aquatic weed control in small ponds.* *Wat. Resources Bull.* 22; 1: 43-48.
- TOMASZEWICZ H. 1979: *Roślinność wodna i szuwarowa Polski (klasy Lemnetaea, Charitea, Potamogetonetea, Phragmitetea).* Wyd. Uniw. Warsz.: 324 ss.
- TOMASZEWICZ H. 1988: *Similarity of habitat requirement of Glycerietum maximae Hueck 1931 and Acoretum calami Kobendza 1948 phytocenosis.* *Acta Hydrobiol.* 2-3 (w druku).
- WESTLAKE D.F. 1973: *Aquatic macrophytes in rivers.* *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20; 1: 34-38.
- WEIGLEB G. 1978: *Der Soziologische Konnex der 47 häufigsten Makrophyten der Gewässer mitteleuropas.* *Vegetatio* 38: 165-174.
- WOOTEN J.W. 1986: *Variations in leaf characteristics of six species of sagittaria (Alismataceae) caused various water levels.* *Aquat. Bot.* 23: 321-327.

Summary

Main problems and future researches on overgrowth of river beds. In this paper the survey of works concerning hydrobiological and hydrological investi-

gations connected with freshwater vascular plants was done. Pitlo (1982), Ieperen and ot. (1986) have studied flow resistance of aquatic vegetation. Development of hydromacrophytes in ditch systems and biomass influence on flow conditions was done by K  chler (1986). There is a lack of investigations which could give the answer on questions: How plants effect on canal hydraulic conditions, on river valleys and adjacent area hydrological conditions and how much water is storied in hydromakrophytes.

Author's adress:
Kinga Pachuta
Warsaw Agricultural University
ul Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Władysław ROGIŃSKI

Katedra Budownictwa Wiejskiego

Mirosław SZYMAŃSKI

Instytut Technologiczny,

Spółka z o.o., Wrocław

Rolnicze zagospodarowanie gnojowicy z punktu widzenia ochrony środowiska

Wstęp

Duża koncentracja zwierząt w fermach typu towarowego spowodowała, że powstał problem bezściółkowego utrzymania inwentarza, ale także niebezpieczeństwo zaburzenia istniejącej równowagi w przyrodzie. Fermy mogą powodować wiele szkód dla środowiska naturalnego. Do najbardziej uciążliwych można zaliczyć takie, jak:

- natężenie hałasu, przekraczające ustalone normy dla danego regionu,
- ponadnormatywną emisję zanieczyszczeń powietrza,
- wytwarzanie ścieków inwentarskich (gnojowicy) o bardzo wysokim stężeniu zanieczyszczeń, należy tu podkreślić, że niewłaściwa gospodarka gnojowicą może doprowadzić do skażenia wód powierzchniowych i degradacji gleb.

Wielkie ilości płynnych odchodów w postaci gnojowicy i innych zanieczyszczeń, w przypadku bezpośredniego rozprowadzania ich na tereny przyległe do fermy, przyczyniają się do szybkiej degradacji środowiska. Gnojowica jest materiałem trudnym zarówno do przechowywania, transportu, jak i zagospodarowywania ze względu na właściwości

fizykochemiczne, zapachowe oraz zawartości bakterii chorobotwórczych.

W chowie bezściółkowym nie następuje odkażenie gnojowicy, jak ma to miejsce w chowie ściółkowym w oborniku. Brak procesów termicznych w gnojowicy powoduje przeżywanie wielu drobnoustrojów także patogennych i różnych larw pasożytów.

Nie zwraca się uwagi na to, że w gnojowicy w wyniku nie sterowanej fermentacji beztlenowej, która przebiega w czasie nieprawidłowego jej przechowywania, wytwarzają się produkty o szkodliwych działaniach ubocznych; są to takie związki chemiczne, jak: kwas benzoesowy, kreozol, kwas hippurowy, fenol, a także związki silnie woniejące, jak siarkowodór, merkaptan, indol i skatol. Przechowywanie gnojowicy w zwykłych zbiornikach także nie odkaża jej. Gnojowicę, jak również jej frakcje po rozdzieleniu uznaje się za higienicznie niepewne. Również napowietrzanie nie powoduje jej odkażenia.

Szwajcarscy naukowcy stwierdzili szkodliwe uboczne działanie gnojowicy na życie organizmów w glebie i na rośliny. Sądzą oni, że nawożenie gnojowicą, zwłaszcza po nie sterowanej fermentacji beztlenowej, która zachodzi w trakcie tradycyjnego maga-

zynowania płynnych odchodów od zwierząt, obniża żyzność gleby.

Badania te szczególnie wskazują na:

- szkodliwy wpływ kwasu benzoesowego i kreozolu na nitryfikacyjne i inne bakterie w glebie,
- szkodliwe działanie kwasu benzoesowego tworzącego się przy beztlenowej fermentacji kwasu hippurowego w moczu,
- żrące oddziaływanie na rośliny, zwłaszcza przy słonecznej pogodzie,
- szkodliwe działanie fenolu na wzrost roślin,
- zachwaszczenie gleby przy intensywnym nawożeniu nawozami płynnymi,
- utratę apetytu zwierząt przy spożywaniu paszy z roślin nawożonych dużymi dawkami nawozów płynnych,
- dużą uciążliwość woni, zanieczyszczenie wody i gleby.

Sterowana fermentacja metanowa z zachowaniem odpowiedniego czasu przetrzymywania gnojowicy, jak i temperatury pozwala natomiast na wyjałowienie bakterii chorobowych i uzyskanie energii w postaci biogazu.

W gospodarce gnojowicowej zarysowują się dwa problemy: ochrona środowiska przyrodniczego i wykorzystanie rolnicze cennych składników nawozowych. Uzyskanie kompromisu między przeciwstawnymi na ogół czynnikami gospodarczymi jest trudne i uzależnione od warunków lokalnych gospodarstw rolnych lub większych obszarów zróżnicowanych przyrodniczo.

Z gospodarczego punktu widzenia rolnicze wykorzystanie nawozów gnojowicy jest więc uzasadnione. Biorąc jednak pod uwagę istniejące warunki hydrologiczne, glebowe i rozproszoną sieć osiedleńczą, użycie gnojo-

wicy w stanie surowym bez jej odpowiedniego przygotowania może mieć miejsce jedynie w wyjątkowych przypadkach. Nie przemysłowa gospodarka gnojowicą prowadzi bowiem do skażenia gleby, powietrza oraz wód powierzchniowych lub wglębnych, a nawet całego środowiska przyrodniczego. Unieszkodliwianie sanitarne gnojowicy przed jej rolniczym wykorzystaniem — mimo licznych opracowań naukowych i technicznych, nie znalazło dotąd w kraju praktycznego zastosowania. Złożoność problemu wynika nie tylko ze sprzeczności między dążeniem do wykorzystania wartości nawozowych a ochroną środowiska przyrodniczego, ale także z istniejącej bariery psychologicznej, zakwalifikowania gnojowicy do ścieków, a także wysokich kosztów urządzeń do przygotowania płynnych odchodów zwierzęcych stosownie do miejscowych warunków gospodarstwa rolnego.

W ostatnich latach preferuje się beztlenową obróbkę gnojowicy. Po takiej obróbce nie stwarza ona zagrożenia ekologicznego dla terenów, na których jest rozlewana, a jednocześnie pozwala na uzyskanie około 1 m³ gazu z 1 m³ gnojowicy. Schemat beztlenowej obróbki gnojowicy pokazano na rysunku.

Gnojowica pochodząca od trzody chlewnej w porównaniu ze ściekami gospodarczymi ma niekiedy 20–80-krotnie większy ładunek zanieczyszczeń, dlatego też jest wyjątkowo trudna do oczyszczania. Z uwagi na zawartość związków trujących, zapachu i drobnoustrojów, także patogennych, szczególnie tam gdzie dodaje się do niej odchody ludzkie, należy ją zaliczyć do ścieków o wyjątkowej uciążliwości i klasyfikować jako budzącą zastrzeżenia sanitarne. Dlatego gnojowicę — przed odprowadzeniem do ziemi i wód powierzchniowych — należy poddać specjalnym zabiegom unieszkodliwiającym.

Rolnicze zagospodarowanie gnojowicy w świetle norm i przepisów

W Polsce gospodarka gnojowicą na szeroką skalę została zapoczątkowana przed kilkunastu laty, toteż wiedza w tej dziedzinie jest jeszcze bardzo skromna. Minister Rolnictwa 9 czerwca 1980 r. zaakceptował wytyczne pt. "Rolnicze wykorzystanie gnojowicy", opracowane przez Instytut Melioracji i Użytków Zielonych. Mają one zastosowanie przy programowaniu, projektowaniu i bieżącej eksploatacji obiektów inwentarskich oraz urządzeń do zagospodarowania gnojowicy. Z tymi wytycznymi związane są bezpośrednio następujące normy, wytyczne i zalecenia poświęcone utylizacji gnojowicy:

- PN 79/9100/03 Gnojowica, nazwy i określenia,
- Zasady lokalizacji ferm z punktu widzenia ochrony środowiska (IMUZ 1978 r.),
- Wzorcowe technologie przygotowania gnojowicy do rolniczego wykorzystania (IMUZ 1980),
- Wzorcowe technologie przeróbki frakcji stałej gnojowicy (IMUZ 1980),
- Rolnicze wykorzystanie gnojowicy (IMUZ 1980).

Wytyczne opracowane przez Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, akceptowane przez Ministra Rolnictwa, dopuszczają gnojowicę do rolniczego wykorzystania w stanie surowym lub po jej uzdatnieniu. Zgodnie z tymi wytycznymi zaleca się:

1. Usuwanie z gnojowicy tylko stałych części w celu ochrony urządzeń, szczególnie pomp, zraszaczy i części mechanicznych wchodzących w skład beczkowozów przed uszkodzeniami i zatykaniem,

2. Odzielenie z gnojowicy drobnych części wtedy, gdy:

- istnieje potrzeba zmniejszania zanieczy-

szczeń w gnojowicy, z braku dostatecznej powierzchni terenów do rolniczego wykorzystania,

- istnieje potrzeba uzyskania fazy stałej do produkcji pasz, kompostów ogrodniczych itp.

3. Obróbkę biologiczną frakcji płynnej gnojowicy w celu:

- pozbawienia gnojowicy uciążliwego zapachu,
- zmniejszenia zawartości azotu w gnojowicy w celu podwyższenia dawek przy rolniczym jej wykorzystaniu.

Wytyczne IMUZ zalecają także stosowanie oczyszczalni biologicznych do unieszkodliwiania gnojowicy tam, gdzie występuje brak wystarczającego arealu gruntów do rolniczego wykorzystania. Niestety, wytyczne zalecane przez IMUZ nie mogą stanowić podstawy do opracowania projektów technicznych w celu unieszkodliwiania gnojowicy przy jej odprowadzaniu do ziemi i do wody, ze względu na szereg zawartych w nich nieścisłości i braku podstaw teoretycznych umożliwiających programowanie i projektowanie rozwiązań inwestycyjnych.

Wytyczne dotyczące przygotowania gnojowicy do rolniczego wykorzystania wzorcowych technologii nie spełniają warunków dotyczących ścieków w Zarządzeniu Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych (MP 23, 1986) z dnia 7 lipca 1986 r.

Podany w wytycznych maksymalny czas magazynowania gnojowicy w zbiornikach — przed rozlaniem na pola — wynosi od 60 do 100 dni. Natomiast zgodnie z zarządzeniem terenowych władz ochrony środowiska, przed rozlaniem gnojowicy na pola należy przetrzymać ją w zbiornikach przynajmniej przez 90 dni.

W omawianych materiałach przedstawiono w niewłaściwy sposób wymiarowanie przepompowni podającej gnojowicę na filtry mechaniczne. Zalecane tam 24-godzinne

przetrzymanie gnojowicy jest nieuzasadnione technicznie i ekonomicznie. Duże ilości osadów zawarte w surowej gnojowicy wykazują tendencję do sedymentacji i zalegania w zbiorniku oraz do zagniwania. Są to zjawiska bardzo niekorzystne dla efektywnej pracy przepompowni i filtrów mechanicznych. Z tego względu wskazane jest instalowanie w przepompowni mieszadeł mechanicznych do utrzymywania gnojowicy w ciągłym ruchu. Mieszanie tak dużych ilości gnojowicy jest bardzo energochłonne i nieefektywne.

Zaproponowana metoda odwadniania płyt kompostowych w preferowanych technologiach jest nieprawidłowa. Wykonane w podobny sposób odwodnienie płyt kompostowych w oczyszczalni gnojowicy dla przemysłowej fermy tuczu trzody chlewnej w Kołbaczu okazało się niesprawne.

Minister Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych wydał 7 lipca 1986 roku zarządzenie w sprawie rolniczego wykorzystania ścieków (MP 23 1986). W zarządzeniu tym przez rolnicze wykorzystanie ścieków rozumie się zastosowanie ich do nawadniania i nawożenia użytków rolnych oraz stawów przeznaczonych do hodowli i chowu ryb. Na rolnicze wykorzystanie ścieków wymagane jest uzyskanie pozwolenia wodnoprawnego. Zabrania się rolniczo wykorzystywać ścieki, które zawierają:

- bakterie chorobotwórcze, w tym z rodzaju *Salmonella*, niewykrywalne,
- miano *Coli* nie mniej niż 0,01,
- obecność jaj *Ascaris cumbricordes* lub *Trichocephalus trichuria* do 10 w jednym litrze,
- związki szkodliwe dla człowieka lub kumulujące się w glebach i roślinach mogące oddziaływać toksycznie,
- substancje utrudniające samooczyszczanie się wód, stawów rybnych, do których są wprowadzane,
- substancje promieniotwórcze.

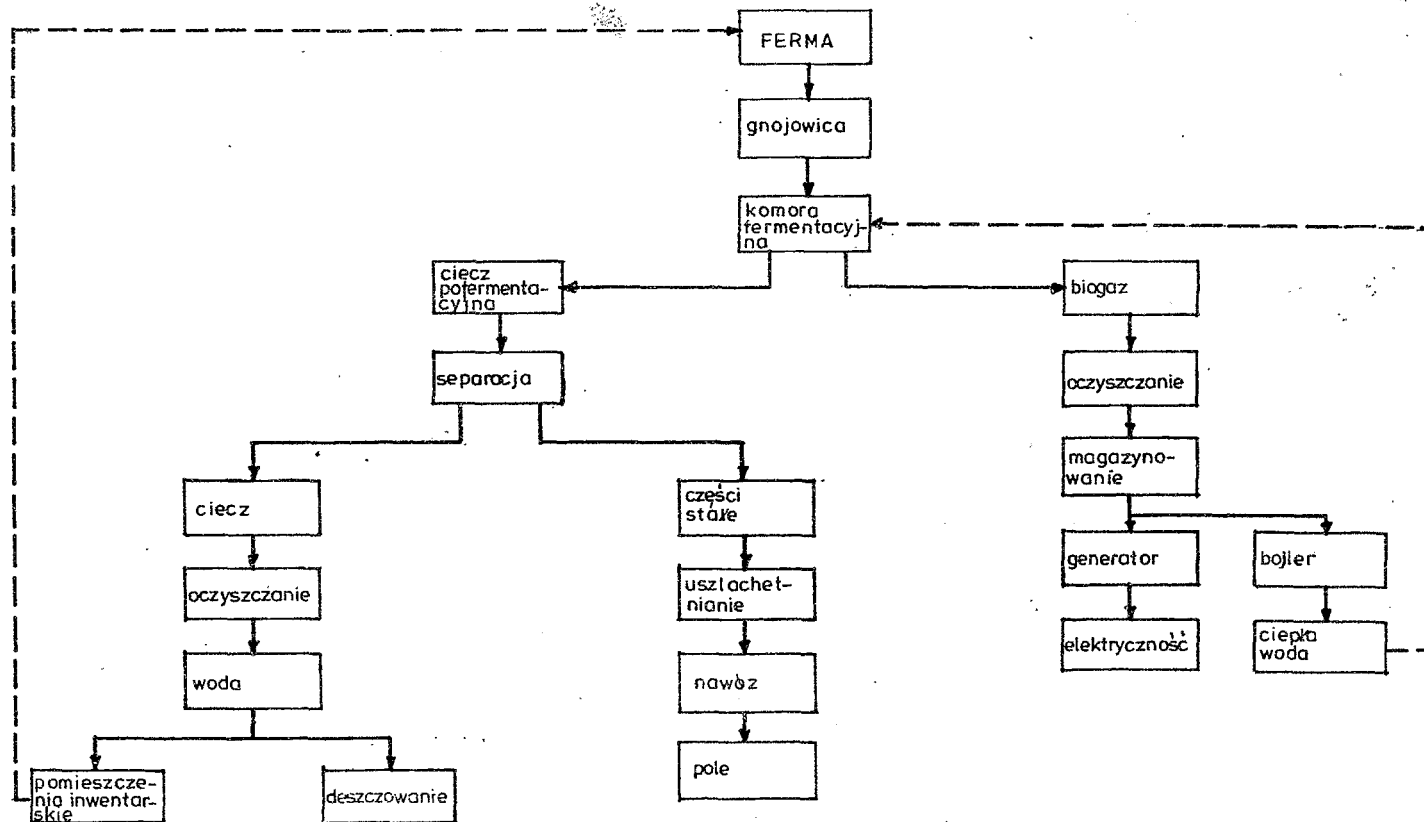
Zabrania się nawożenia i nawadniania ściekami, gdy poziom wody podziemnej zalega płycej od powierzchni gruntów, niż:

- 1,2 m na gruntach ornych i gruntach przeznaczonych do rezerwowego odbioru ścieków,
- 1,0 m na gruntach stanowiących łąki i pastwiska.

Roczne i sezonowe dawki ścieków stosowanych do rolniczego wykorzystania powinny być zgodne z bilansem zapotrzebowania azotu i potasu przez rośliny i nie mogą utrudniać przebiegu procesów samooczyszczania gleby. W myśl zarządzenia Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych gnojowicę przed rolniczym zagospodarowaniem należy unieszkodliwić w taki sposób, by nie stanowiła zagrożenia ekologicznego dla środowiska przyrodniczego, to znaczy należy usunąć zagrożenie bakteriami chorobotwórczymi oraz związkami toksycznymi, a przy tym respektować ograniczenia wynikające z zasad prawidłowego nawożenia gleby.

Zgodnie z zarządzeniem Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych z dnia 23 kwietnia 1990 r. w sprawie inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska (MP 16 1990 r.) towarowe fermy trzody chlewnej należy kwalifikować jako wyjątkowo uciążliwe dla otoczenia. Ocena oddziaływania ferm towarowych na środowisko powinna spełniać między innymi następujące wymagania:

- 1) obejmować takie elementy środowiska, jak powietrze, powierzchnię ziemi, wody powierzchniowe i podziemne oraz świat roślinny i zwierzęcy,
- 2) uwzględniać fazy realizacji i eksploatacji, a w uzasadnionych wypadkach likwidacji inwestycji,
- 3) charakterystykę rozwiązań technicznych i technologicznych,
- 4) ocenę z punktu widzenia materiał- i



Rys. Schemat unieszkodliwiania gnojowicy i wytwarzania biogazu

energochłonności, zużycia wody oraz odchodów i emitowanych zanieczyszczeń.

5) określenie sposobu zminimalizowania ujemnego wpływu na środowisko,

6) określenie rozmiaru i sposobu zagospodarowania strefy ochronnej,

7) prognozę zmian stanu środowiska związanych z funkcjonowaniem projektowanej inwestycji.

Należy podkreślić, że gospodarstwa prowadzące towarowy chów zwierząt inwentarskich w systemie bezściółkowym ostatnio mają poważne problemy z rolniczym zagospodarowaniem gnojowicy. Zakwalifikowanie gnojowicy do ścieków zabrania rozlewania jej w stanie surowym do ziemi bez uzyskania pozwolenia wodnoprawnego. Zgodnie z zarządzeniem Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych dopuszczalne jest wprowadzenie do ziemi jedynie odpowiednio oczyszczonych ścieków przeznaczonych do rolniczego lub leśnego wykorzystania, jeżeli wprowadzane ścieki do ziemi nie zagrażą powierzchni ziemi i wodom powierzchniowym.

Terenowe organy ochrony środowiska, zgodnie z cytowanymi wyżej zaleceniami gospodarstwom rozlewającym surową gnojowicę bez pozwolenia wodnoprawnego, nakładają bardzo wysokie kary pieniężne prowadzące tym samym fermę do upadłości.

Z powyższych rozważań jednoznacznie wynika, że gospodarka gnojowicą w Polsce nie jest dotychczas rozwiązana. Nadal więc stanowi poważne zagrożenie ekologiczne dla środowiska przyrodniczego.

Podsumowanie i wnioski

Gnojowica charakteryzuje się wysokim stężeniem zanieczyszczeń organicznych ($BZT_5 = 8000 - 24000 \text{ mg O}_2 \text{ dm}^{-3}$) i to ją

różni przede wszystkim od składu przeciętnych ścieków komunalnych ($BZT_5 = 300 \text{ mg O}_2 \text{ dm}^{-3}$). Dlatego gnojowicę — przed odprowadzeniem do ziemi i wód powierzchniowych — należy poddać specjalnym zabiegom unieszkodliwiającym. Roczne dawki gnojowicy stosowane do rolniczego wykorzystania powinny być zgodne z bilansem zapotrzebowania azotu i potasu przez rośliny i nie mogą utrudniać przebiegu procesów zanieczyszczania gleby. W następstwie przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu, badań laboratoryjnych i na skalę techniczną oraz uzyskanych wyników (Rogiński 1978, 1987) można sformułować następujące wnioski:

1. Gnojowicę przed rolniczym zagospodarowaniem należy unieszkodliwić w taki sposób, aby nie stanowiła zagrożenia ekologicznego dla środowiska, trzeba usunąć z niej bakterie chorobotwórcze i związki toksyczne, a przede wszystkim respektować ograniczenia wynikające z zasad prawidłowego nawożenia gleby. Wysokość jednorazowej dawki polewowej musi być dostosowana do możliwości chłonnych profilu glebowego, intensywność deszczowania musi być natomiast dostosowana do przepuszczalności wierzchniej warstwy gleby.

2. Do unieszkodliwiania gnojowicy można stosować procesy: mechaniczne, tlenowe i beztlenowe. Mechaniczne sposoby oczyszczania polegają na wykorzystaniu cedzenia, filtracji i sedymentacji. Do tego celu służą głównie: kraty, filtry mechaniczne, wirówki sedymentacyjne oraz osadniki.

— Sposoby biologiczne opierają się głównie na procesach biochemicznych związanych z działalnością mikroorganizmów. W tym celu stosuje się komory do oczyszczania z osadem czynnym i stawy napowietrzane, w których przebiegają procesy aerobowe.

— Beztlenowa obróbka gnojowicy polega

jąca na uwodnieniu związków organicznych zawartych w gnojowicy i przemianie gazowej końcowych produktów uwodnienia do CO₂ i CH₄.

3. Gnojowica przed rolniczym zagospodarowaniem wymaga uzyskania pozwolenia wodnoprawnego w terenowych władzach ochrony środowiska, oceny oddziaływania jej na środowisko przez rzeczoznawców i opinii Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego, że nie zawiera ona bakterii chorobotwórczych oraz związków toksycznych.

Podsumowując powyższe rozważania należy stwierdzić, że gnojowica przed jej zagospodarowaniem wymaga specjalnej obróbki, dlatego już na etapie projektowania towarowego chowu zwierząt inwentarskich musimy rozstrzygnąć, czy bezściółkowe utrzymanie zwierząt jest korzystne. Należy poza ekonomicznym rozstrzygnięciem tego trudnego problemu rozważyć także wpływ gnojowicy na środowisko przyrodnicze.

Literatura

- IMUZ 1978: *Zasady lokalizacji ferm z punktu widzenia ochrony środowiska*. Falenty.
- IMUZ 1980a: *Wzorcowe technologie przygotowania gnojowicy do rolniczego wykorzystania*. Falenty.
- IMUZ 1980b: *Wzorcowe technologie przeróbki frakcji stałej gnojowicy*. Falenty.
- IMUZ 1980c: *Rolnicze wykorzystanie gnojowicy*. Falenty.
- MPNr 23 poz. 170; 1976: *Zarządzenie Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych z dnia 7 lipca 1986 r. w sprawie rolniczego wykorzystania ścieków*.
- MPNr 16 poz. 126; 1990: *Zarządzenie Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych z dnia 23 kwietnia 1990 r. w sprawie inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi oraz warunków jakim powinna odpowiadać sporządzona przez rzeczoznawcę ocena oddziaływania inwestycji obiektów budowlanych na środowisko*.
- ROGIŃSKI W. 1978: *Utylizacja gnojowicy z przemysłowych ferm trzody chlewnej*. AR Kraków.
- ROGIŃSKI W. 1987: *Wykorzystanie osadu czynnego do unieszkodliwiania gnojowicy z ferm trzody chlewnej*. Wyd. SGGW, Warszawa.

Summary

Agricultural management of liquid manure from environmental protection point of view. The paper discusses a hazard for environment, owing to misstorage of liquid manure. Some procedures of agricultural management of slurry according to legally valid in Poland regulations are treated of. The author also presents legal effects of spilling (flooding) liquid manure over the field without local authorities' permission.

Author's address:
Władysław Rogiński
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Projekty i patenty

Henryk PAWLAT

Katedra Przyrodniczych Podstaw Melioracji

Przemysław WOLSKI

Katedra Projektowania w Architekturze Krajobrazu

Edward WIENCLAW

Katedra Technologii
i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych

Stanisław WIŚNIEWSKI

BSiPGWR "BIPROMEL"

Ochrona wód na terenie projektowanego parku na Dolnym Mokotowie

Wstęp

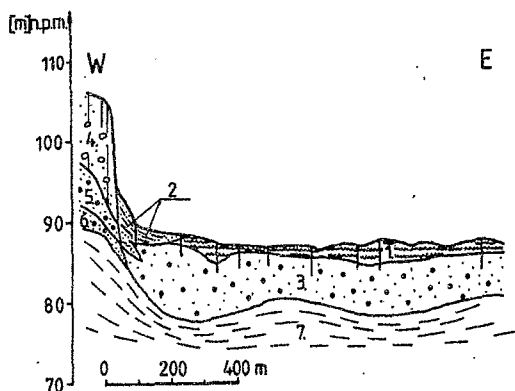
Odpowiednio kształtowane układy terenów otwartych miast mogą wpływać pozytywnie na ochronę hydrosystemów miejskich. W ich rozwiązaniach projektowych można ograniczyć niekorzystne zjawiska hydrologiczne, hydrogeologiczne i geochemiczne. W ostatnim dziesięcioleciu prowadzone są intensywne prace nad upowszechnieniem systemów retencjonowania wód na terenach zieleni miejskiej (Nowakowska-Błaszczuk 1990, Ferguson 1991). Zdaniem autorów pracy, założenia projektowe systemu wodnego powstającego w Warszawie parku Pod Skoczną mogą być przykładem racjonalnego podejścia do wymienionego problemu (Pawlat i in. 1991, Szumański i in. 1991).

Uwarunkowania hydrogeologiczne i hydrologiczne parku

Park Pod Skoczną projektowany jest na tarasie nadzalewowym doliny Wisły, na Dolnym Mokotowie w Warszawie. Od zachodu ograniczony jest skarpią wiślaną wysoczyzny połodowcowej, od południa aleją Wilanowską, od wschodu ulicą W. Sikorskiego, od północy ulicami Dolną i J. Sobieskiego. Jest to teren płaski, bez znacznych, wyróżniających się deniwelacji. Rzędne powierzchni

wynoszą 86,5–88,5 m n.p.m. Skarpa wiśłana wznosi się nad dolinę 10–16 m. W południowej części parku, przylegająca skarpa rozcięta jest dolinką boczną. Wcina się ona w wysoczyznę na odległość do 300 m.

Geologiczny profil doliny Wisły na terenie parku można przedstawić według Sarnackiej (1979) i Falkowskiego (1984) następująco: seria utworów korytowych stanowiąca dziesięciometrową masę aluwii, datowana na stadią główny zlodowacenia północnopolskiego, wykształcona jest w postaci piasków równoziarnistych (rys. 1). W strefie przypowierzchniowej są to głównie piaski średnioziarniste. Współczynnik wodoprzepuszczalności tych utworów, określony na podstawie badań wzniosu zwierciadła wody w studniach przydomowych, wynosi 8×10^{-5} m/s. Nadległą stropową serię, o miąższości nie przekraczającej 1–2,5 m, stanowią namuły piaszczyste i ilaste oraz namuły torfiaste wieku holocenńskiego. Wzdłuż dolnej krawędzi skarpy, na piaskach rzecznych zalegają lub są z nimi wymieszane utwory deluwialne i koluwialne wieku plejstocen–holocen. Są to warstewki piasku gliniastego, gliny piaszczystej i gleby o łącznej miąższości od kilku centymetrów do ponad 3 m. Wody podziemne aluwii charakteryzują się zwierciadłem swobodnym, występującym na głęboko-



Rys. 1. Uproszczony przekrój geologiczny przez teren parku (linię przekroju W-E przedstawiono na rys. 2): 1 — namuty wieku holoceneskiego, 2 — utwory deluwialne i koluwalne wieku plejstocen-holocen, 3 — piaski i żwiry rzeczne stadiau głównego zlodowacenia północnopolskiego, 4 — glina zwałowa stadiau maksymalnego zlodowacenia środkowopolskiego, 5 — piaski ze żwirami interglacjału mazowieckiego, 6 — piaski i żwiry preglacjału, 7 — łył plicenu

ściach 2+3,5 m. Zasilanie poziomu wodonośnego aluwów odbywa się przez infiltrację opadów atmosferycznych, spływ powierzchniowy z wysoczyzny i dopływ podziemny z utworów wodonośnych budujących przyległą wysoczyznę polodowcową. Pod aluwiami zalegają utwory plicenu o miąższości około 150 m, reprezentowane przez łył i mułki. W stropie są one glacitektonicznie zaburzone.

Wzdłuż skarpy utwory plicenu przykryte są preglacjałnymi piaskami i żwirami, o miąższości do kilku metrów. Na tej serii, lub bezpośrednio na łyłach plicenu, leżą utwory piaszczyste interglacjału mazowieckiego, o miąższości od czterech do kilkunastu metrów. Utwory interglacjałne są zawodnione i charakteryzują się współczynnikiem wodoprzepuszczalności $1 \times 10^{-4} + 4 \times 10^{-4}$ m/s (Paczyński 1987). Odślaniają się one na powierzchni terenu w dolince bocznej, gdzie głębokość do zwierciadła wody wynosi 1–2 m. Na utworach interglacjałnych zalega aż do powierzchni terenu glina zwałowa stadiau maksymalnego zlodowacenia środkowopol-

skiego. W pobliżu al. Wilanowskiej, skarpe budują piaski ze żwirem stadiau mazowiecko-podlaskiego.

Analiza map topograficznych z lat 1730 i 1732 przeprowadzona przez Wysokińskiego i in. (1984) oraz analiza map z roku 1817 przeprowadzona przez Sieroszewską i Wolskiego (Pawłat i in. 1991) wskazują, że u podnóża skarpy występowały liczne jeziora, źródła, młaki i wysięki wód. Jedno z jezior znajdowało się u wylotu dolinki bocznej z wysoczyzny. Zapewne było ono zasilane źródłami zboczowymi, a także okresowo wodami powierzchniowymi spływającymi z wysoczyzny. Z jeziora uchodził strumień płynący naturalnym obniżeniem terenu u podnóża skarpy w kierunku południowym — do Służewa, gdzie łączył się z Potokiem Służewieckim. Na północ od dolinki występowały dość rozległe sztuczne stawy zasilane przez źródła i wysięki strefy przyskarpowej oraz ciąg stawów przepływowych stanowiących południowy odcinek systemu wodnego Królikarnia — Łazienki — Kanał Piaseczyński.

Krajobraz terenu projektowanego parku, typowo rolniczy jeszcze w latach sześćdziesiątych, uległ znacznym zmianom w ostatnim 30-leciu. Osiedla mieszkaniowe, przeważnie o zabudowie wysokiej, otaczają teren parku nieomal ze wszystkich stron. W części centralnej parku istnieje osiedle domów jednorodzinnych. W pobliżu ul. Władysława Sikorskiego zbudowano tor łyżwiarski. Część terenu zajmują ogrody działkowe. Dawne rowy i naturalne małe cieki powierzchniowe, które przeszkadzały w realizacji wspomnianych inwestycji, zostały zlikwidowane.

Najważniejszą rolę w zmianie sytuacji hydrogeologicznej i hydrologicznej analizowanego terenu odegrała tu jednakże kanalizacja miejska. W dolinie granicami zlewni terenu parku są obecnie główne ulice i towarzyszące im kolektory kanalizacji miejskiej. Skanalizowanie ulic, a w związku z tym bardzo szybkie i skuteczne odprowadzanie wód opadowych i spływających po terenie w za-

sadniczy sposób wpłynęło na zmniejszenie infiltracji i w konsekwencji na obniżenie zwierciadła wód gruntowych. Na wyso- czyźnie istniejące od lat i nowo wybudowane kolektory przyskarpowe istotnie zmniejszyły odpływ powierzchniowy i gruntowy z wyso- czyzny do doliny. Znajduje to wyraz w zaniku podmokłości i źródeł przyskarpowych oraz zaniku cieku odprowadzającego wody do Po- toku Służewieckiego z południowej części terenu parku.

Pozostałością po dawnych systemach wodnych są: sztucznie utworzony kanał będący częścią byłej fortyfikacji — Fortów Le- gionów Dąbrowskiego, znajdujący się w środkowej części terenu oraz ciąg stawów i strumień biegnący wzdłuż północnego od- cinka dolnej krawędzi skarpy, stanowiący po- łudniowy odcinek systemu wodnego Króli- karni — Łazienek — Kanału Piaseczyńskiego. Wzdłuż północnego odcinka dolnej krawędzi skarpy koncentrują się także istniejące jesz- cze nieliczne wysięki i źródła (rys. 2).

Zmiany zachodzące w warunkach wod- nych terenu projektowanego parku dotyczą również jakości wód (Pich i Płochniewska 1968, Kolago i Chrzanowski 1975). Wielko- miejski charakter terenu powoduje, że zagra- żają im głównie metale, chlorki, siarczany i azotany. Nie potrafiliśmy ochronić przed de- gradacją nawet wód występujących w two- rach interglacjału mazowieckiego wysoczy- zny. Według Paczyńskiego (1987) jakoś- ć wód tego poziomu wodonośnego na terenie Mokotowa jest tylko nieco lepsza od jakości wód przypowierzchniowych.

System gospodarki wodnej na terenie parku

Zasadniczym elementem projektowane- go systemu gospodarki wodnej na terenie parku Pod Skoczną będzie zespół stawów- zbiorników połączonych kanałami. W ich skład wejdą istniejące oczka wodne, kanały i

źródłiska. Usytuowanie stawów i kanałów umożliwi przepływ wody w obiegu zamknię- tym. Zapewni także ich opróżnianie oraz za- sianie w wodę obiektów sąsiednich, związa- nych funkcjonalnie z terenem parku (rys. 2).

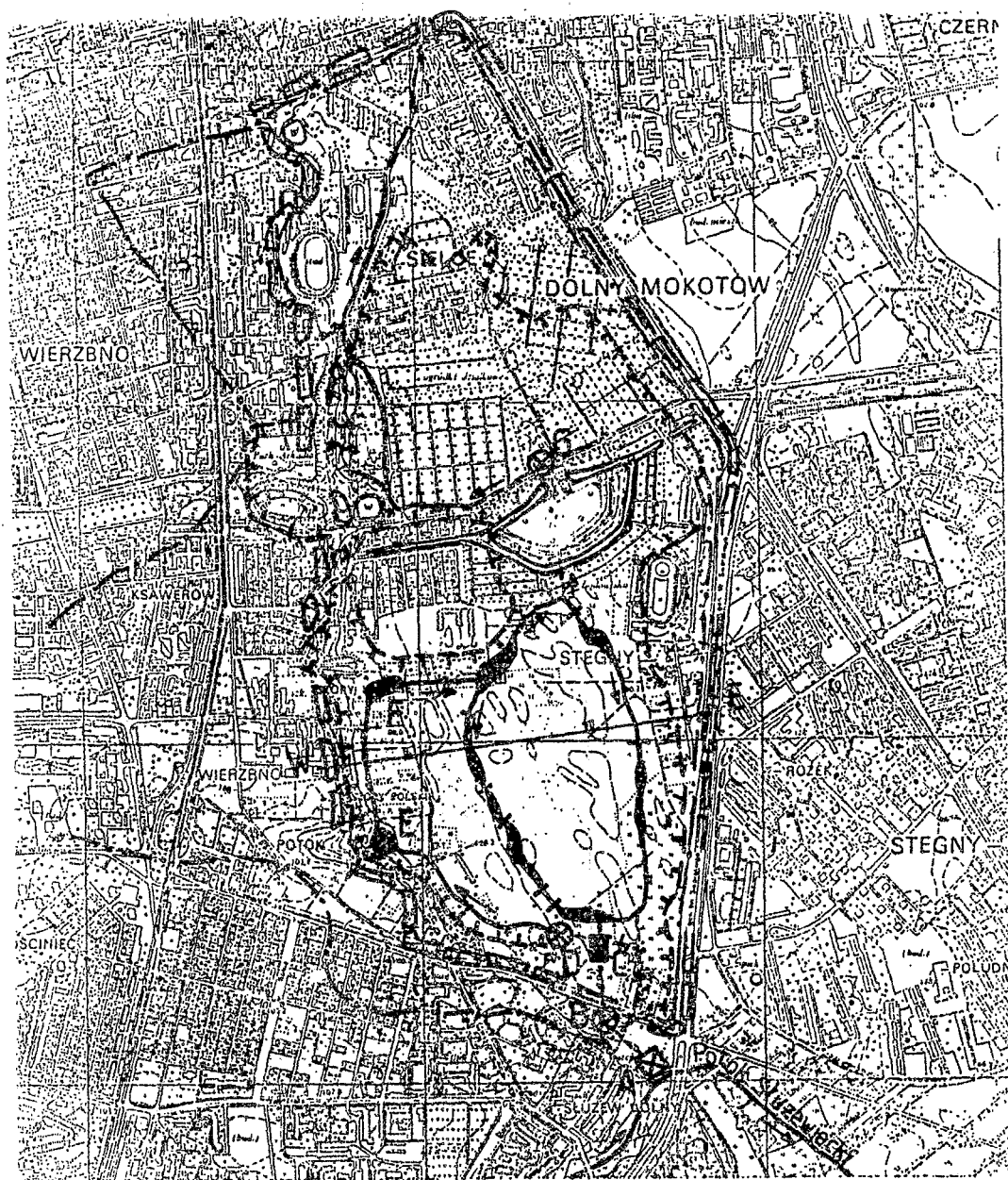
Podstawowym źródłem zaopatrzenia tych urządzeń w wodę będzie płynący nie opodal Potok Służewiecki, z ujęcia w pobliżu ul. Rzymowskiego. Pobór wody odbywać się będzie głównie wiosną, w okresie najwy- ższych przepływów. Latem uzupełniane będą ubytki wody systemu wodnego parku na pa- rowanie oraz straty na przesięki. Pobór wody z potoku dla parku będzie realizowany z za- łożeniem, że przepływ w korycie odpowiada- jący średniej niskiej wodzie Q_{SNN} jest prze- pływem nienaruszalnym (Banasik 1988, Pa- łys 1988).

Dla celów pitnych i leczniczych, wyma- gających wody o najwyższej jakości, będzie doprowadzona woda z piasków oligoceń- skich. Strop utworów oligoceńskich zalega tu na głębokości 190–200 m. Dystrybucja tej wody będzie ściśle rejestrowana. Natomiast dla celów bytowo-gospodarczych na terenie parku będzie można korzystać z wody miej- skiej sieci wodociągowej. Nie przewiduje się wykorzystywania jej do napełniania i uzupeł- niania stawów, podlewania terenów zieleni, zmywania ulic, placów itp.

Do zasilania systemu wodnego zostaną wykorzystane także wody opadowe i spływy powierzchniowe z terenu własnej zlewni. Projektuje się wyodrębnienie obszarów na- zwanych strefą czystych wód opadowych oraz strefę wód spływających z intensywnie użytkowanych ulic i parkingów. Wody spły- wające po terenie w obrębie strefy czystej i z dachów budynków będą przechwytywane i odprowadzane do gruntu i zbiorników wod- nych.

Jako rezerwowe i uzupełniające źródło zaopatrzenia parku w wodę przewidziano płytkie ujęcie. Jest ono zlokalizowane u pod- noża skarpy, w pobliżu dolinki bocznej.

Ujęcie brzegowe wód Potoku Służewiec-



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.

Skala: 1:20 000

kiego zlokalizowane będzie około 120 m powyżej mostu pod ulicą Rzymowskiego. Woda w ilości dostosowanej do potrzeb prowadzona będzie rurociągiem w kierunku alei Wilanowskiej. Na tym odcinku planuje się budowę piaskownika i odolejacza, co pozwoli na wstępną eliminację namulów i zanieczyszczeń.

Rurociąg zasilać będzie dolny zbiornik wyrównawczy, który ma stanowić początek systemu cyrkulacyjnego na terenie parku. Dalej, poprzez pompownię o wydajności do 0,5 m³/s i wysokości piętrzenia około 2,5 m woda zostanie wprowadzona do kanału otwartego — doprowadzalnika — biegnącego równolegle do podnóża skarpy, aż do górnego zbiornika wyrównawczego w pobliżu skoczni narciarskiej. Za pompownią, przy wlocie do wprowadzalnika przewidziano lokalizację urządzeń umożliwiających napowietrzenie i oczyszczanie wody. Będą to filtry ciśnieniowe i napowietrzacze.

Z górnego zbiornika wyrównawczego woda kierowana będzie grawitacyjnie do stawów przepływowych, usytuowanych wzdłuż obniżen terenowych, biegnących na południe w stronę dolnego zbiornika wyrównawczego. Nastąpi tu także oczyszczenie wody systemem kaskad i progów usytuowanych w kanałach łączących stawy przepływowe. Dodatkowym biofiltrem będzie roślinność występująca w sieci wodnej. Z dolnego zbiornika wyrównawczego woda ponownie zostanie wprowadzona do systemu hydrologicznego parku.

W miarę występujących potrzeb, za pomocą budowli rozrządowej możliwe będzie kierowanie z górnego zbiornika wodnego określonej ilości wody w stronę fosy i Fortów Legionów Dąbrowskiego, a dalej do północ-

nej części parku hydrologicznie powiązanego z Parkiem Łazienkowskim lub też do odprowadzalnika biegnącego równolegle do ul. Sikorskiego.

Tak zaprojektowany system wodny na terenie parku pozwoli na stałe uzupełnienie potrzebnych ilości wody (ubytki na parowanie i przesiąki, rozbiory na trasie systemu). Możliwe jest także dostarczanie określonych ilości na potrzeby parku — głównie podlewanie terenów zieleni — zmywanie ulic i placów o nawierzchni utwardzonej. Przewidziano również przyjęcie i uzdatnienie ścieków oczyszczonych w kontenerowej stacji funkcjonującej na potrzeby własne parku.

Obieg wewnętrzny wody i gospodarka wodnościekowa parku polegać będzie na wyposażeniu budynków i obiektów w dwie niezależne sieci wodne. Jedna sieć wodociągowa prowadzić będzie wody „miejskie” zabezpieczające typowe potrzeby bytowo-gospodarcze oraz druga, obejmująca wybrane budynki i obiekty, prowadzące wody oligocieńskie. Ścieki sanitarne zostaną odprowadzone do kanalizacji miejskiej. Pozostałe ścieki skieruje się do lokalnej kontenerowej oczyszczalni.

Wnioski

1. Teren projektowanego parku Pod Skocznią od lat podlega silnym wpływom urbanizacyjnym. W uwarunkowaniach hydrogeologicznych i hydrologicznych wyraża się to wyizolowaniem z naturalnej zlewni, zanikaniem podmokłości, cieków i źródeł, obniżeniem zwierciadła wód gruntowych oraz pogorszeniem jakości wód powierzchniowych i gruntowych.

Rys. 2. System gospodarki wodnej na terenie parku: 1 — granice parku, 2 — granice zlewni własnej parku, 3 — granice strefy czystych wód opadowych, 4 — projektowane stawy i kanały, 5 — kaskady i kierunki przepływu wody, 6 — rurociągi, 7 — ujęcie i przerzut wód Potoku Służewieckiego, 8 — piaskownik i odolejacz, 9 — zbiornik wyrównawczy, 10 — stacja pomp, filtry ciśnieniowe, 11 — zbiornik podskarpowy, 12 — zbiornik górny, 13 — stacja pomp, 14 — istniejące zbiorniki wodne, stawy, 15 — źródła i wysięki, 16 — linia przekroju geologicznego przedstawionego na rys. 1

2. Projektowane na terenie parku obiekty i urządzenia wodne stworzą warunki dobrze funkcjonującego pod względem gospodarczym, przyrodniczym, krajobrazowym i rekreacyjnym środowiska miejskiego. Wpłyną pozytywnie na ochronę i równowagę ekologiczną hydrosystemu Dolnego Mokotowa, poprzez: zapewnienie łączności hydrologicznej pomiędzy parkiem a terenami przyległymi; podniesienie poziomu wód gruntowych; wydłużenie czasu odpływu powierzchniowego; retencjonowanie wód; poprawę mikroklimatu; oczyszczenie wód powierzchniowych i gruntowych; częściową renaturalizację oczek wodnych i podmokłości; wzrost różnorodności biotypów i zasiedlających ich biocenoz.

Literatura

- BANASIK K., 1988: *Ogólna charakterystyka hydrologiczna zlewni Potoku Służewieckiego*. Warszawa (rękopis).
- FALKOWSKI E., 1984: *Geologiczne warunki kształtowania się odcinka Wisły Warszawskiej*. Mat. sympozjum Problemy zaopatrzenia w wodę Warszawy. Warszawa.
- FERGUSON B.K., 1991: *Taking advantage of storm-water control basins in urban landscapes*. Journal of Soil and Water Conservation, vol. 46; No 2.
- KOLAGO C., CHRZANOWSKI A., 1975: *Przejawy wód podziemnych w strefie skarpy warszawskiej. Stan aktualny i tendencje zmian oraz możliwości wykorzystania*. Prace i mat. Techniczno-Ekonomicznej Rady Naukowej przy Urzędzie Miasta Stołecznego Warszawy.
- NOWAKOWSKA-BŁASZCZYK A., 1990: *Wykorzystanie wód opadowych do zasilania ekosystemów miejskich (w:) Zadania gospodarki miejskiej w kształtowaniu systemów ekologicznych miast*. Raport z badań CPBR 13; 1, Warszawa.
- PACZYŃSKI B., 1987: *Warunki hydrogeologiczne na trasie I linii metra w Warszawie*. Przegl. Geolog. nr 2.
- PAEYS F., 1988: *Przebudowa Potoku Służewieckiego w dostosowaniu do zmian w otoczeniu. Rozwiązania wariantowe BSIPGWR "Bipromel"*, Warszawa.
- PAWŁAT H., WIENCLAW E., WIŚNIEWSKI S., WOLSKI P., 1991: *Podstawowe kierunki rozwiązań gospodarki wodnej i wstępna charakterystyka istniejących uwarunkowań hydrologicznych na terenie projektowanego Parku pod Skocznia*. [w:] *Pokonkursowe studium realizacyjne Parku pod Skocznia. zadanie 1*. Towarzystwo Urbanistów Polskich, Zakład Planowania Przestrzennego, Warszawa.
- PICH J., PŁOCHNIEWSKI Z., 1968: *Chemizm wód ze źródeł występujących na obszarze Warszawy*. Przegl. Geolog. nr 11.
- SARNACKA Z., 1979: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000 Arkusz Warszawa Wschód*. Wyd. Geolog. Warszawa.
- SZUMAŃSKI M., NIEMIRSKA A., WOLSKI P., 1991: *Pokonkursowe studium realizacyjne Parku pod Skocznia. Zadanie 1: Zasady kształtowania parku*. Towarzystwo Urbanistów Polskich, Zakład Planowania Przestrzennego, Warszawa.
- WYSOKIŃSKI L., CZARNECKI M., OZIMKOWSKI W., KOWALSKI W.P., 1984: *Analiza warunków geologicznych i prognoza stateczności skarpy warszawskiej dla celów zagospodarowania przestrzennego, zabezpieczeń i ochrony środowiska*. Etap III. Dzielnica Mokotów. Zakład Prac Geolog. UW, Warszawa.

Summary

Protection of water resources on the area of designed city park in Lower Mokotow. The results of the hydrological and hydrogeological conditions recognition for the designed park located in Warsaw in Lower Mokotow area are used to formulate assumptions of designed water system. The proposed water system reduces unwanted hydrological, hydrogeological and geochemical processes which are caused by city urbanization. Degined water system in combination with other park elements will cause the formulation of the system which fulfils nature preservation requirements in the city environment.

Author's adress:

H. Pawlat, E. Wienclaw, S. Wiśniewski, P. Wolski
Warsaw Agricultural University
ul. Nowoursynowska 166
02-766 Warszawa

Andrzej WANKE

Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych

Grzegorz JĘDRYKA

Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych

Studzienka wypływowa do pionowych drenów (Urząd Patentowy RP. Wzór użytkowy Nr 47863)

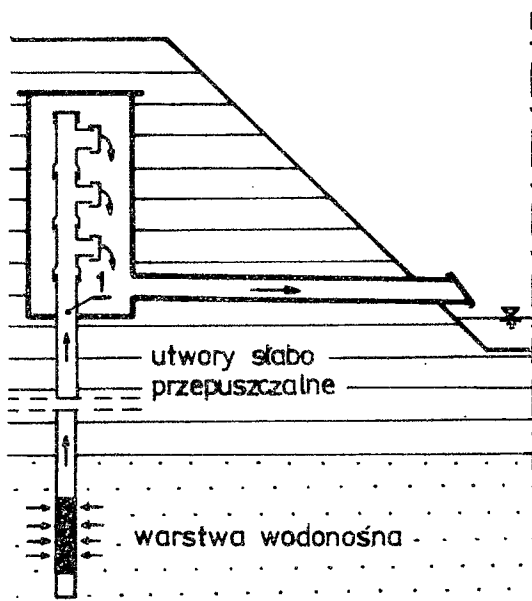
Meliorowanie terenów nisko położonych, na których zalegają kilkumetrowej miąższości utwory słabo przepuszczalne, zasilane wodami pod naporem sięgającym powierzchni, jest bardzo trudne. Regulacja ich stosunków wodno-powietrznych za pomocą rowów i drenów wymaga stosowania gęstej 2-5-metrowej sieci, co jest bardzo kosztowne i kłopotliwe w eksploatacji.

W proponowanym rozwiązaniu warstwę wodonośną traktuje się jako ciągły element zasilająco-drenujący, za pomocą którego można regulować odwodnienie i nawodnienie terenu. Uzyskać to można stosując studzienki samowypływowe o konstrukcji przedstawionej na rysunku.

Najlepszą lokalizację studzienek stanowią miejsca kontaktu wodnego powierzchni terenu z warstwą wodonośną (źródła, wysięki, mokre obniżenia). W przypadku ich braku należy wykonać próbne wiercenia w celu znalezienia punktów dobrego wypływu wody podziemnej. W zależności od rozmieszczenia studzienek odpływy z nich mogą być kierowane bezpośrednio do rowów lub

zbierane szczelnym rurociągiem mającym ujście w rowie. Studzienki najlepiej umiejscawiać na granicy wysoczyzny i doliny. Będą one wówczas stanowiły barierę dla dopływających na obiekt wód podziemnych. Rozstawę dla nich można określać z wzorów hydraulicznych odpowiednich do przyjętych schematów.

Należy zwrócić uwagę, że tego typu regulacja spowoduje obniżenie zwierciadła



Rys. Zastrzeżenie ochronne. Studzienka wypływowa do pionowych drenów, znamienna tym, że przewód doprowadzający wodę (1) u góry ma otwory wypływowe zakończone korkami

wody na otaczającym obiekcie terenie, czego najlepiej zauważalnym objawem jest opadanie wody w studniach gospodarskich. Dlatego też regulowanie poziomu wody gruntowej na obiekcie powinno być prowadzone w okresie wegetacyjnym i w zakresie potrzeb wodnych roślin.

Regulacja stosunków wodnych za pomocą proponowanego sposobu uzyskiwana jest kosztem zasobów czystej wody podziemnej

zlewni. Aby nie tracić tej wody, wskazane jest gromadzenie odpływów ze studzienek w małym zbiorniku retencyjnym. Woda ta może być wykorzystywana do mikronawodnień i zaspokajania różnych potrzeb gospodarskich. Zbiornik rekompensowałby też walory krajobrazowo-ekologiczne; utracone na terenach meliorowanych przez zmiany ich stosunków wodnych.

Informacje i dyskusje

Andrzej BYCZKOWSKI
Andrzej CIEPIEŁOWSKI
Szczepan L. DĄBKOWSKI

Katedra Budownictwa Wodnego

Działalność naukowo-badawcza Katedry Budownictwa Wodnego SGGW

Wprowadzenie

Katedra Budownictwa Wodnego SGGW utworzona została w roku akademickim 1946/47. Twórcą katedry oraz projektodawcą kierunków jej działania był prof. dr inż. Kazimierz Dębski. Obecnie zatrudnionych jest w niej 27 osób, w tym 3 profesorów, 3 docentów, 5 adiunktów i wykładowców, 3 asystentów oraz 13 pracowników naukowo-technicznych. Katedra posiada laboratorium hydrauliczne, pracownię komputerową oraz prowadzi prace badawcze w małej nizinnej zlewni rolniczej rzeki Zagożdżonki (dopływ środkowej Wisły).

Działalność katedry rozwija się w wielu kierunkach, wśród których można wyróżnić następujące grupy tematyczne:

- hydraulikę,
- procesy erozji i sedymentacji,
- hydrologię,
- regulację rzek i ochronę przed powodzią,
- budownictwo wodne,
- gospodarkę wodną.

Hydraulika

Prace naukowo-badawcze z zakresu hydrauliki prowadzone w katedrze dotyczą zagadnień związanych z ruchem wody w kory-

tach otwartych naturalnych i sztucznych, hydrauliki koryt zarastających oraz hydrauliki terenów zalewowych.

Współcześnie prowadzone w katedrze prace w zakresie ruchu wody w korytach otwartych dotyczą:

- matematycznego modelowania ruchu wody obejmującego modele nie ustalonego wolno- i szybkozmiennego ruchu wody, wykorzystywane do symulacji ruchu fal wezbraniowych w rzekach i w zbiornikach oraz prognozowania parametrów fal powstałych w wyniku katastrofy zapór i budowli piętrzących,
- matematycznego modelowania przepływu przez przelewy i pod zasuhami,
- oporów przepływu w korytach naturalnych i sztucznych,
- symulowania przebiegu położenia zwierciadła wody w systemach melioracyjnych podczas nawodnień i odwodnień.

Modele opracowane w katedrze znajdują szerokie zastosowanie w praktyce inżynierskiej. Wyniki badań w tym zakresie przedstawione zostały w rozprawach naukowych J. Kubraka (1981, 1989) oraz w licznych publikacjach i referatach (Archiwum Hydrotechniki, Gospodarka Wodna, Wiadomości IMUZ, Informator Projektanta).

Opracowane metody prognozowania i symulacji przebiegu procesów ruchu wody w przewodach otwartych dają projektantom możliwości uzyskiwania w krótszym czasie wyników, które poprzednio wymagały żmudnych i czasochłonnych obliczeń.

Prowadzone są także w katedrze badania oporów przepływu w korytach naturalnych i sztucznych. Dotyczą one m.in. badania szorstkości koryt i kanałów ziemnych oraz warunków przepływu w korytach zarastających, a także przepływu wody po powierzchniach zatrawionych.

Wymienione badania były i są nadal prowadzone w ramach programów resortowych, tematów finansowanych przez KBN oraz na zlecenie jednostek gospodarki narodowej. Podsumowaniem tych badań są prace habilitacyjne Sz. L. Dąbkowskiego (1989) i J. Żelazy (1991) oraz sprawozdanie z badań (temat MEN 501 501 01), a także liczne publikacje, referaty i wykłady wygłoszone w letnich szkołach hydrauliki.

Procesy erozji i sedymentacji

Badania nad transportem rumowiska rzeczno-ego zapoczątkowały przed laty rozwój badań nad procesami erozji i sedymentacji w korytach, zbiornikach i zlewniach rzecznych. Dotyczą one:

- metod pomiarowych transportu rumowiska wleczonego i unoszonego,
- metod obliczania natężenia transportu rumowiska,
- procesu zamulania zbiorników wodnych oraz deformacji koryt rzecznych poniżej stopni wodnych,
- procesów erozyjnych w zlewniach rzecznych.

W zakresie metod pomiarowych transportu rumowiska skonstruowano i wdrożono do

pomiarów nowy typ łapaczki rumowiska (J. Skibiński we współpracy z PIHM) opatentowany w 1966 r. oraz przyrząd do automatycznego pobierania prób materiału unoszonego w okresie wezbrań (K. Banasik, Z. Pietraszek).

Wyniki prac pomiarowych wykonanych przy użyciu udoskonalonych przyrządów dały podstawę do wielu opracowań w zakresie metod obliczania natężenia transportu rumowiska. Efektem ich były liczne publikacje i referaty, w tym prace habilitacyjne (J. Skibiński 1976, A. Michalik z AR w Krakowie 1989) oraz doktorskie (J. Skibiński 1962, W. Jarocki 1965). Wyniki prac nad natężeniem transportu rumowiska rzeczno-ego dały w następnych latach podstawę do badań procesu zamulania zbiorników wodnych.

Prace prowadzone przez katedrę dotyczyły prognoz zamulania zbiorników wodnych na rzekach różnej wielkości (Wisła we Włocławku, Pilica w Sulejowie, Skawa w Świnnej Porębie, Zagożdżonka w Pionkach). Rezultaty badań zostały przedstawione w pracy doktorskiej (Sz.L. Dąbkowski 1971) oraz w wielu publikacjach i referatach prezentowanych w kraju i za granicą.

W ostatnich kilku latach badania w tym zakresie rozszerzono na procesy sedymentacji i erozji w zlewniach rzecznych. Prowadzone są one w zlewni rzeki Zagożdżonki, specjalnie wyposażonej w odpowiednią aparaturę pomiarową automatycznego działania. Wyniki ich są podstawą modelowania matematycznego procesów erozji i transportu rumowiska w zlewniach rzecznych.

Badania dotyczą intensywności erozji gleb w zależności od stopnia "erozyjności deszczy" oraz modyfikacji tzw. uniwersalnego równania strat glebowych. Wyniki badań posłużyły do próby programowania rozmieszczenia użytków na obszarze zlewni, zapewniającego zminimalizowanie ilości mate-

riału stałego, dostającego się w wyniku procesów erozyjnych do rzeki.

Prowadzone są też badania nad modelem sedymentogramu wezbrania opadowego. Wypracowywana jest metodyka wyznaczania sedymentogramów w małych zlewniach nie kontrolowanych.

Częstkowe wyniki badań przedstawione zostały w pracy doktorskiej (K. Banasik 1982) oraz w wielu publikacjach i referatach przedstawionych w kraju i za granicą. Obecnie przygotowywana jest z tego zakresu rozprawa habilitacyjna (K. Banasik).

Badania w tym zakresie prowadzone były przez katedrę we współpracy z Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Politechniką Warszawską, CBSiPBW "Hydroprojekt" i innych. Prace te wykonywane były w ramach koordynowanych programów badawczych PR-7 i CPBR 11.10.

Hydrologia

W zakresie hydrologii katedra specjalizuje się w kilku kierunkach. Są to:

- metodyka określania charakterystyk przepływu w zlewniach kontrolowanych i nie kontrolowanych,
- modelowanie matematyczne procesu opad-odpływ,
- badanie parametrów fal wezbraniowych (hydrogramów wezbrań),
- badanie odpływów z deszczów nawalnych,
- modelowanie matematyczne procesów erozyjnych i transportu rumowiska w zlewni i w korytach cieków,
- badanie wpływu czynnika antropogenicznego na reżim odpływu.

Badania w zakresie metodyki określania przepływów prowadzone są w katedrze od

początku jej istnienia. Inicjatorem ich był prof. K. Dębski, który wypracował wiele metod obliczeniowych oraz wzorów do obliczania przepływów o różnych charakterystykach. Najważniejszym osiągnięciem z tego zakresu była metoda decylów (K. Dębski 1954). Prace nad problematyką obliczania przepływów charakterystycznych prowadzone przez prof. K. Dębskiego dotyczyły przede wszystkim przepływów wód wielkich. W następnych latach kontynuował je A. Ciepeliowski (praca doktorska 1971 oraz inne publikacje). W zakresie przepływów średnich i niższych od średniego badania prowadził A. Byczkowski (praca doktorska 1965, monografie 1972 i 1979 oraz inne publikacje).

Obecnie badania w zakresie metodyki określania przepływów charakterystycznych koncentrują się na metodach pośrednich, służących do określania przepływów w zlewniach nie kontrolowanych, a mianowicie metodzie analogii hydrologicznej i metodach empirycznych.

W zakresie metody analogii hydrologicznej prowadzone są badania kryterium obiektywnego wyboru zlewni-analogi; w zakresie metod empirycznych opracowano wzory typu regresyjnego służące do określania przepływów: średniego, zwyczajnego, najdłużej trwającego (modalnego) oraz średnich niskich, dla obszaru północno-wschodniej części kraju. Badania w tym zakresie prowadzone były w ramach koordynowanych programów badawczych (CPBR 0.8 i RPBR II-20). Wynikami tych prac były liczne publikacje i referaty, przedstawiane na konferencjach naukowych (A. Byczkowski, B. Mandes).

W zakresie prac nad modelami matematycznymi prowadzone są badania zastosowania modeli koncepcyjnych typu opad-odpływ do wyznaczania hydrogramów wezbrań opadowych o założonym prawdopodobieństwie przewyższenia w zlewniach nie kontro-

lowanych. Rozpatrywany jest wpływ działalności człowieka na obszarze zlewni na kulminacyjne przepływy o założonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Wyniki prac w tym zakresie przedstawione zostały w pracach doktorskich (S. Ignar 1981, A. Ignar 1987) oraz w licznych publikacjach i referatach zgłoszonych na konferencje w kraju i za granicą.

W zakresie modelowania procesu odpływu prowadzone są prace nad procesem formowania się odpływu roztopowego na podstawie badań bilansu cieplnego pokrywy śnieżnej (K. Molski).

Prace nad modelami matematycznymi dotyczą nie tylko procesu opad–odpływ, lecz również procesów erozyjnych i transportu rumowiska (materii stałej) na obszarze zlewni i w korytach cieków. Prace te omówione są powyżej.

Przedmiotem zainteresowania katedry są badania nad parametrami liczbowymi hydrogramów wezbrań i ich współzależności. Otrzymane związki pomiędzy parametrami hydrogramów wezbrań a fizjograficznymi i klimatycznymi charakterystykami zlewni umożliwiają konstruowanie hydrogramów wezbrań opadowych w małych zlewniach nie kontrolowanych (A. Ciepielowski — praca habilitacyjna 1987). Prace w zakresie badań odpływu z deszczów nawaalnych, będące kontynuacją badań prof. K. Dębskiego prowadzili A. Byczkowski, A. Ciepielowski, Sz. L. Dąbkowski. Z tego zakresu opracowano kilka publikacji.

Kolejna grupa badań z zakresu hydrologii dotyczy wpływu czynnika antropogenicznego na reżim odpływu. W tym zakresie podjęte zostały badania nad wpływem regulacji rzek i melioracji szczegółowych na reżim odpływu. Badania nad wpływem regulacji rzek na przepływy rzeczne prowadzone były na przykładzie górnej Narwi, Biebrzy i Brzozówki z wykorzystaniem historycznych danych hy-

drologicznych. Nad wpływem regulacji szczegółowych są prowadzone badania w wybranych małych zlewniach w dorzeczu Narwi. Badania te mają charakter wieloletni, a ich program przewiduje prace w trzech etapach: przed wykonaniem prac melioracyjnych, w trakcie oraz po ich zakończeniu. Wyniki prac zostały przedstawione w wielu publikacjach i referatach zgłoszonych na konferencje naukowe w kraju i za granicą (A. Byczkowski, T. Kiciński, J. Żelazo). Należy odnotować tu udział w realizacji tematu: "Naturalne i antropogeniczne zmiany elementów bilansu wodnego i reżimu odpływu rzek" w ramach CPBP.03.13, koordynowanego przez ZGPZ PAN (A. Ciepielowski).

Niezależnie od ww. głównych kierunków badań w zakresie hydrologii, realizowanych obecnie przez katedrę, wymienić należy: prace nad metodyką bilansów wodnych, prowadzone od początku istnienia katedry, których wyniki przedstawione zostały w licznych publikacjach i referatach (K. Dębski, T. Kiciński, J. Skibiński, A. Byczkowski) oraz badania odpływu podziemnego rzek polskich (zapoczątkowane przez prof. K. Dębskiego, a kontynuowane przez T. Kicińskiego). W wyniku tych badań wykonana została praca doktorska (T. Kiciński 1964).

Rozwój i zakres badań hydrologicznych inspirowany jest przez zapotrzebowanie praktyki inżynierskiej dla celów szeroko pojętej gospodarki wodnej. Istotny wpływ na rozwój badań prowadzonych przez katedrę z zakresu hydrologii miał założyciel katedry prof. K. Dębski.

Z hydrologii opracowane zostały w katedrze liczne książki o charakterze monograficznym, podręczniki i skrypty (K. Dębski, A. Byczkowski, A. Ciepielowski, T. Kiciński).

Regulacja rzek i ochrona przed powodzią

Współcześnie działalność naukowo-ba-

dawcza katedry w zakresie regulacji rzek i ochrony przed powodzią obejmuje następującą tematykę:

- badania warunków hydraulicznych w korytach rzecznych i na obszarach zalewowych,
- metodykę regulacji rzek z uwzględnieniem aspektów ochrony środowiska naturalnego,
- badania układu poziomego, zabudowy i stanu brzegów rzek,
- badania rozkładu naprężeń ścinających w korytach.

Badania warunków hydraulicznych panujących w korytach rzek dotyczą oporów ruchu wody w rzekach uregulowanych oraz znajdujących się w stanie naturalnym, w tym rzek zarastających roślinnością wodną, przepustowości koryt rzecznych i terenów zalewowych oraz układu zwierciadła wody w rzekach uregulowanych oraz w stanie naturalnym.

Od lat siedemdziesiątych w katedrze prowadzone są badania nad metodyką regulacji rzek, uwzględniającą interesy środowiska naturalnego. Wypracowane są metody regulacji rzek na obszarach użytkowanych rolniczo, z zachowaniem warunków możliwie najbardziej zbliżonych do naturalnych (tzw. regulacja naturalna).

Badania dotyczące regulacji rzek i ochrony przed powodzią są reprezentowane w pracach katedry od początku jej istnienia. Prekursorem tych badań był prof. K. Dębski, który zapoczątkował prace nad zasadami regulacji rzek dla rolnictwa, kontynuowane później przez prof. T. Kicińskiego. Dla celów wypracowania właściwych koncepcji rozwiązań projektowych prowadzi się w katedrze badania nad metodami oceny stabilności koryt rzecznych, zasadami wymiarowania koryt rozmywalnych (Dąbkowski, Popek,

Żelazo), jak też zasadami zabudowy technicznej koryt zdegradowanych.

Na podstawie wymienionych zadań powstały wytyczne do projektowania pt. "Regulacja rzek na obszarach rolniczych" (oprac. zbiorowe: A. Żbikowski, J. Żelazo, A. Smoluchowska — IMUZ) znajdujące się obecnie w druku w wydawnictwach IMUZ. W opracowaniu tym zawarte są wskazówki do projektowania koryt rzecznych zarastających. Wiele szczegółowych rozwiązań przedstawiono w pracach habilitacyjnych (B. Kłosiewicz 1966, Sz. L. Dąbkowski 1989) oraz doktorskich (Nguyen Si Kiet 1979, Z. Popek 1988).

Badania w zakresie regulacji rzek ze spół katedry prowadził w ścisłej współpracy z jednostkami naukowymi (VSZ w Pradze, IMUZ), projektowymi (BIPROMEL, BPWM) oraz wykonawczymi i inwestorskimi (WODROL — Białystok, WZIR — Białystok). Rezultaty badań przedstawione zostały w licznych publikacjach i referatach (T. Kiciński, A. Żbikowski, Sz. L. Dąbkowski, Z. Popek, J. Żelazo). Na temat ochrony przed powodzią opracowano kilka skryptów i innych publikacji, a pracownicy katedry uczestniczyli w licznych szkoleniach służb przeciwpowodziowych (A. Ciepielowski, T. Kiciński, A. Żbikowski, J. Żelazo).

Budownictwo wodne

Prace naukowo-badawcze z budownictwa wodnego dotyczą przede wszystkim modelowania, wymiarowania i kształtowania budowli wodnych. Badania w tym zakresie zostały ukierunkowane na początku lat siedemdziesiątych po uruchomieniu laboratorium wodnego. Problematyka badawcza obejmowała zagadnienia: rozpraszania energii, erozji lokalnej poniżej budowli wodnych oraz badań upustów wieżowych i korono-

wych małych zbiorników retencyjnych. W tym zakresie opracowano prace doktorskie (A. Żbikowski 1970, P. Biskot 1979, S. Muratowa AR w Poznaniu 1982, J. Marai z Politechniki Krakowskiej 1990, S. Bajkowski 1990).

Współcześnie prowadzone prace z budownictwa wodnego obejmują badania laboratoryjne i terenowe. Pierwsze z nich dotyczą badań modelowych, jak: upusty, jazy i przelewy. Badania terenowe dotyczą hydrauliki koryt rzecznych i budowli wodnych, ich funkcjonowania oraz rozrządu wód i urządzeń służących temu celowi.

Niezależnie od powyższej działalności, do prac badawczych z budownictwa wodnego należą prace o charakterze ekspertyz dotyczących stanu technicznego konkretnych budowli i obiektów hydrotechnicznych, w tym pompowni i urządzeń małej energetyki wodnej.

Katedra współpracuje z jednostkami projektowymi, wykonawczymi i inwestorskimi w terenie, wykonując opinie projektów oraz ekspertyzy obiektów wodnych. Zespół pracowników katedry (A. Żbikowski, S. Bajkowski, W. Batijewski, Sz.L. Dąbkowski, J. Kubrak, i W. Lipka) opracował "Wytyczne wymiarowania przelewów i ich kanałów odprowadzających w budowlach wodno-melioracyjnych" oraz podstawy hydrauliczne, zalecenia i wskazówki techniczne projektowania spustów, przelewów stokowych i przelewów wieżowych, wprowadzone następnie przez Zrzeszenie Biur Projektowych do stosowania (1987).

A. Żbikowski i Sz.L. Dąbkowski — wraz z pracownikami Politechniki Warszawskiej (B. Utrysko, A. Szuster, B. Jaworowska) opracowali hydrauliczne wytyczne projektowania światła mostów i przepustów na zamówienie Instytutu Badawczego Dróg i Mostów (1988).

Gospodarka wodna

Badania z dziedziny gospodarki wodnej obejmowały kilka grup. Należy wymienić następujące grupy problemowe:

- ocenę zasobów wodnych,
- bilanse wodnogospodarcze,
- planowanie gospodarki wodnej,
- retencjonowanie wody i gospodarka wodą w małych zbiornikach rolniczych.

Prace nad oceną zasobów wodnych sięgają lat pięćdziesiątych, kiedy pod kierunkiem prof. K. Dębskiego dokonano zbilansowania zasobów wodnych Polski. W zespole katedry wykonywane były opracowania dotyczące zasobów i potrzeb wodnych w regionach i zlewniach rzek, np. Wkry, Krzyny, Świdra, (A. Byczkowski, A. Ciepielowski, T. Kiciński, J. Królikowski, J. Skibiński i inni). Prace te są obecnie kontynuowane przez zespół katedry. Rozwijane są również metody opracowywania bilansów wodnogospodarczych, stanowiących podstawę do racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi. Planowa gospodarka wodna wymaga opracowania systemu opłat za "szczególne korzystanie z wód". W opracowaniu kontynuowanym przez Polskie Towarzystwo Ekonomiczne uczestniczyli pracownicy katedry (A. Ciepielowski). W latach 1987–1990 A. Ciepielowski kierował tematem badawczo-rozwojowym (cel) dotyczącym sterowania i zarządzania gospodarką wodną w obszarze Górnonoteckiego Systemu Wodnego. Opracowano kilka artykułów o tej tematyce (A. Ciepielowski). We współpracy z Uniwersytetem Warszawskim (prof. M. Gutry-Korycka) dokonano oceny zasobów wodnych Polski (publ. w *Water Resources Management* i w zeszycie naukowym UW — A. Ciepielowski).

Spośród opracowań dotyczących planowania gospodarki wodnej należy wymienić opracowania wykonane w Polsce: "Hydrologiczne podstawy planu gospodarki wodnej w Polsce" (prof. K. Dębski i współpr.) oraz

ocenę efektywności planu "WISŁA" sytuacji powodziowej w dolinie Wisły z punktu widzenia rolnictwa (A. Ciepielowski).

Dalszym tematem badawczym z dziedziny gospodarki wodnej są małe zbiorniki retencyjne dla celów rolniczych. W latach 1982–1985 opracowano we współpracy z IMUZ "Zasady projektowania zbiorników dla potrzeb nawodnień" (T. Kiciński, A. Żbikowski, A. Ciepielowski i inni). Obecnie tematyka badawcza w tym zakresie dotyczy opracowania bazy danych, monografii oraz materiałów pomocniczych do projektowania i eksploatacji małych zbiorników wodnych o charakterze rolniczym (A. Ciepielowski, T. Okruszko i inni). Prace z zakresu gospodarki wodnej dotyczyły również zapotrzebowania i zużycia wody oraz oczyszczania i odprowadzania ścieków w małych zakładach produkcyjnych przemysłu poligraficznego, spożywczego, metalowego i budowlanego (J. Królikowski).

Zakończenie

Niezależnie od omawianych kierunków badań pracownicy Katedry Budownictwa Wodnego udzielają się jako konsultanci w instytutach naukowo-badawczych i w biurach projektowych, są rzeczoznawcami SITWM-NOT, członkami rad naukowych, komitetów naukowych itp., ciał kolegialnych oraz kolegów redakcyjnych czasopism naukowych i technicznych.

Katedra Budownictwa Wodnego współ-

pracuje z licznymi placówkami naukowymi w kraju i za granicą, ciesząc się wśród nich uznaniem i wysoką oceną dorobku naukowego. Świadczą o tym przewody habilitacyjne Elżbiety Nachlik z Politechniki Krakowskiej i Anny Michalik z Akademii Rolniczej w Krakowie, przeprowadzane pod opieką naukową i organizacyjną pracowników katedry, staż naukowy i konsultacje prac doktorskich pracowników i doktorantów Politechniki Krakowskiej, Akademii Rolniczej w Krakowie, IMUZ w Falentach, IBL w Warszawie i innych.

Katedra prowadzi również wspólne badania z innymi szkołami wyższymi (Politechniką Krakowską i Akademią Rolniczą w Krakowie). Działalność ta nie ogranicza się do kraju. Członkowie zespołu katedry uczestniczyli i nadal uczestniczą w komitetach narodowych Międzynarodowego Programu Hydrologicznego UNESCO lub w ramach współpracy naukowej RWPG, w których pełnili lub pełnią funkcje koordynatorów krajowych (A. Byczkowski, Sz.L. Dąbkowski, T. Kiciński, J. Skibiński). Tematyka badawcza grup roboczych MPH UNESCO dotyczyła metod określania hydrologicznych podstaw projektowania obiektów wodnych, badań w zlewniach eksperymentalnych oraz badań nad wpływem zbiorników retencyjnych na reżim przepływów rzecznych. Efektem tych prac są publikacje w postaci poradników lub zbiorów rekomendacji dla praktyki hydrologii, budownictwa wodnego i gospodarki wodnej.

Wojciech WOLSKI

Katedra Geotechniki

Działalność naukowo-badawcza Katedry Geotechniki SGGW

Prace naukowo-badawcze Katedry Geotechniki obejmują wiele zagadnień. Są to następujące zagadnienia:

- analiza odkształceń ziemnych budowli hydrotechnicznych,
- nasypy na gruntach organicznych,
- geotechnika w inżynierii środowiska,
- badanie właściwości gruntów,
- metody numeryczne w geotechnice.

Analiza odkształceń ziemnych budowli hydrotechnicznych

Prace w tym kierunku prowadzone są w katedrze od lat pięćdziesiątych (dobór filtrów dla zapory Tresna). Badania obejmują metody projektowania i oceny stanu zapór ziemnych. W szczególności katedra zajmuje się metodami prognozy odkształceń, w tym przebieg hydraulicznych oraz filtracji nieustalonej.

Wyniki dotychczasowych badań przedstawione w pracy habilitacyjnej (W. Wolski 1967) oraz w sześciu pracach doktorskich (W. Mioduszeński 1967, A. Fürstenberg 1974, Nguyen Van Chinh 1977, Nguyen Van Choung 1977, P. Król 1982, T. Barański 1983) i w licznych publikacjach (w tym referat generalny IX Europejskiej Konferencji Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Dublin 1987) umożliwiły opracowanie metody projektowania gruntowych filtrów od-

wrotnych w zaporach, a także sprawdzenie poprawności prognozy przebieg hydraulicznych w rdzeniach zapór. Pomogły w dokonaniu obliczeń filtracji za pomocą metody elementów skończonych. Wpłynęły również na opracowanie procedury obliczeń i badań dla oceny odkształceń zapór.

Rozwój tego kierunku badań inspirowany jest z jednej strony przez zadania praktyczne przy realizacji wielu obiektów hydrotechnicznych, nad którymi Katedra Geotechniki prowadzi od wielu lat nadzór naukowy, natomiast z drugiej strony z potrzeb weryfikacji opracowanych w katedrze metod teoretycznych.

Istotne znaczenie dla rozwoju tego kierunku badań miał również kilkuletni staż pracowników katedry na budowach dużych zapór za granicą (Keddara w Algierii, Badush w Iraku). Obecnie prowadzone są badania przy realizacji następujących zapór: Czorsztyn — Niedzica, Klimkówka, Swinna Poręba, Sosnowka, Wióry, Topola i Kozielno.

Nasypy na gruntach organicznych.

Prace na ten temat rozpoczęła katedra jeszcze w latach sześćdziesiątych. Od roku 1974 katedra prowadzi badania dotyczące nasypów na gruntach organicznych, w szczególności zachowania się podłoża organicznego pod nasypami (zapory zbiornika Wonieść, nasypy wałów przeciwpowodziowych rz. Noteć).

W latach 1981–1989 Katedra Geotechniki prowadziła badania na nasypach doświad-

czalnych w dolinie Noteci w rejonie Białosławia. Badania prowadzone w ścisłej współpracy ze Szwedzkim Instytutem Geotechnicznym w Linköping. Wynikiem badań były liczne publikacje, w tym dwie obszerne monografie wydane przez Szwedzki Instytut Geotechniki. W druku jest także podręcznik "Embankments on organic soils" (wydawnictwo Elsevier) przygotowany wspólnie z Instytutem w Linköping.

Cząstkowe zagadnienia rozwiązywali pracownicy katedry w swoich pracach doktorskich i habilitacyjnych:

- metodykę badania wytrzymałości na ściskanie torfów (A. Gołębiewska 1976),
- metody oceny stateczności nasypów na gruntach organicznych (K. Garbulewski 1981),
- prognozę parametrów wytrzymałościowych (Z. Lechowicz 1982),
- analizę konsolidacji torfów (A. Szymański 1982), Nguyen Cong Chinh 1990),
- ocenę nośności torfów za pomocą sondy wciskanej (J. Mirecki 1983),
- wzmocnienie podłoża organicznego za pomocą drenów pionowych (E. Koda 1991),
- czynniki warunkujące analizę odkształcenia gruntów organicznych obciążonych nasypem (A. Szymański).

Poza wymienionymi wyżej tematami od kilku lat prowadzone są w katedrze badania dotyczące zastosowania geowłóknin do wzmocnienia nasypów na gruntach organicznych.

Równolegle katedra uczestniczyła w realizacji tematów rządowych zleconych przez Ministerstwo Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej oraz Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, a także Instytut Melioracji Użytków Zielonych i Instytut Techniki Budowlanej. W wyniku tych prac powstało wiele opracowań, jak: wytyczne budowy nasypów na gruntach

organicznych, projekt klasyfikacji geotechnicznej gruntów organicznych oraz wytyczne projektowania nasypów z torfów i mieszanek mineralno-torfowych.

Szczególnie obszerne badania katedra prowadziła w zakresie zastosowania drenów pionowych do przyspieszenia konsolidacji gruntów słabych, w tym organicznych. Badania rozpoczęto od podłoża jazu i śluzy żeglugowej w Basrah (Irak) i kontynuowano na nasypach doświadczalnych w Białosławiu. Liczne publikacje z tego zakresu były wielokrotnie cytowane za granicą.

Geotechnika w inżynierii środowiska.

Badania w tym zakresie dotyczą głównie obwałowań osadników odpadów przemysłowych wykonywanych z gruntów antropogenicznych, którymi katedra zajmuje się od 1968 r. Początkowo badaniami objęto trzy typy odpadów przemysłowych: popioły, krzemionki koloidalne i odpady poflotacyjne. Badania prowadzono w celu wykorzystania tych odpadów w budownictwie hydrotechnicznym jako podłoża obwałowań osadników oraz jako materiału na elementy uszczelniające. Ich wyniki są zawarte w dwóch pracach: habilitacyjnej nt. filtracji przez obwałowania (W. Mioduszeński 1973) i doktorskiej nt. fizycznych właściwości odpadów (J. Laskowska 1975).

Obecnie katedra prowadzi badania odpadów poflotacyjnych składowanych w osadniku Żelazny Most. Problemy naukowe rozwiązywane przez katedrę w ramach prac umownych i własnych dotyczą: upłynnienia gruntów antropogenicznych i jego wpływu na stateczność obwałowań osadników, doboru parametrów geotechnicznych podłoża mineralnego i antropogenicznego obwałowań oraz analizy wpływu krzywej depresji na stateczność obwałowań. Prace te mają na celu

opracowanie kryteriów oceny bezpieczeństwa osadników odpadów przemysłowych.

Badania właściwości gruntów. Prace naukowo-badawcze mobilizowały prowadzących tematy do doskonalenia metodyki wyznaczania parametrów geotechnicznych i rozwoju wyposażenia laboratorium. W związku z tym powstało wiele nowych aparatów (4 patenty) i opracowań metodycznych. W zakresie badań laboratoryjnych do najważniejszych można zaliczyć opracowania:

- prototypów laboratoryjnych sond obrotowych,
- metodyki pomiaru odkształceń bocznych próbki w aparacie trójosiowym metodą ultradźwiękową,
- projektu komory konsolidacyjnej umożliwiającej pomiar wytrzymałości na ścinanie gruntu organicznego w dowolnym momencie jego konsolidacji,
- projektu aparatu prostego ścinania,
- projektu wielkowymiarowej komory trójosiowej umożliwiającej badanie wytrzymałości na ścinanie gruntów gruboziarnistych i dużych próbek torfowych,
- komputerowego systemu zbierania i interpretacji wyników pomiarowych.

Obecnie konstruowany jest w katedrze prototyp urządzenia do badania prędkości fal akustycznych w gruntach. Realizacja tego zamierzenia umożliwi dokładne wyznaczenie metodą nieniszczącą parametrów odkształceniowych, występujących w matematycznych modelach gruntu.

W zakresie badań terenowych działalność katedry koncentruje się głównie na metodyce i interpretacji wyników badań gruntów słabych za pomocą sondowań oraz na aparaturze kontrolno-pomiarowej odkształceń ziemnych budowli hydrotechnicznych.

Dotychczasowe prace doprowadziły do oceny wpływu różnych czynników na wyniki

sondowań w gruntach organicznych. Opracowany w Katedrze Geotechniki prototyp sondy obrotowej z rurami osłonowymi był w 1974 r. jednym z pierwszych tego typu aparatów w Polsce.

Doświadczenia z prac dotyczących badań laboratoryjnych i terenowych, m.in. wykonywanych w ramach tematów rządowych, zostały wykorzystane do opracowania wytycznych badań geotechnicznych dla budownictwa wodnego.

Metody numeryczne w geotechnice.

Do analizowanych w tym kierunku zagadnień należy zaliczyć następujące:

- rozkład naprężeń i odkształceń w budowlach hydrotechnicznych,
- filtracja w zaporach ziemnych,
- stateczność budowli na gruntach słabych,
- konsolidacja słabego podłoża,
- konsolidacja podłoża z drenażem pionowym,
- współdziałanie konstrukcji betonowych i wkładek wzmacniających z gruntem.

Wynikiem działalności są programy numeryczne, pozwalające wyznaczyć naprężenia i odkształcenia w gruncie, stosując metody elementów skończonych dla sprężystych, nieliniowo-sprężystych (hiperbolicznych), sprężysto-idealnie-plastycznych i plastycznych typu cam clay modeli gruntowych.

Do obliczeń sił filtracyjnych zastosowano przestrzenny model przepływu wody. Jego analizę przeprowadza się na podstawie metody elementów skończonych.

Stateczność budowli może być analizowana za pomocą programów dla metod dokładnych i uproszczonych. Do prognozy konsolidacji podłoża pod budowlami wykorzystywane są programy opierające się na teorii Terzaghiego i Biota ze sprężystym modelem szkieletu gruntowego oraz z modelem hiperbolicznym.

Elżbieta BIERNACKA

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

O działaniach w zakresie przemian w procesie naukowo-dydaktycznym na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW

W związku ze zmianami w polityce gospodarczej Polski nastąpiły zmiany w programach naukowo-badawczych różnych dziedzin, a więc także w melioracji. Zatem zmieniono nazwę Wydziału Melioracji Wodnych na Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska. Poszerzył ją zakres tematyki badawczej i dydaktycznej w melioracji. Obejmuje on obecnie oprócz zabiegów związanych z regulowaniem wody w siedlisku przyrodniczym także czynniki kształtujące warunki ekologiczne i produkcyjne gleby.

Zmiana nazwy wydziału dokonywała się w latach 1987–1988 przy silnym początkowo oporze meliorantów opartych za tradycyjną nazwą wydziału. W wyniku wielu dyskusji udało się w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego zmienić nazwę wydziału zachowując w nowej wersji pierwszy człon poprzedniej nazwy “wydział melioracji”, dodając nowy człon “i inżynierii środowiska”. Tak więc stało się zadość tradycji, choć w rzeczy samej melioracje wchodzi w zakres inżynierii środowiska i można by zrezygnować z pierwszego członu.

Za przykładem SGGW poszły wszystkie wydziały melioracji wodnych w innych akademiach rolniczych, przyjmując tę samą nazwę wydziału. Rozpoczęła się ścisła współpraca międzywydziałowa w przygotowywaniu unowocześnionego, zgodnego z zapo-

trzebowaniem gospodarczym kraju, programu kształcenia studentów.

Problematyką kształcenia w zakresie melioracji i inżynierii środowiska zajęła się także Polska Akademia Nauk. W ramach prac Komitetu Melioracji i Inżynierii Środowiska powołano zespół ds. kształcenia w zakresie melioracji i inżynierii środowiska rolniczego. W pracach zespołu brali udział przedstawiciele wszystkich wydziałów melioracji i inżynierii środowiska uczelni rolniczych w Polsce. W posiedzeniach zespołu uczestniczyli również pracownicy naukowo-dydaktyczni wydziałów politechnicznych i uniwersyteckich, realizujący programy środowiskowe, a także praktycy z branży melioracyjnej. Dyskusje dotyczyły przyszłościowej wizji kształcenia na wydziale melioracji i inżynierii środowiska. Miały one na celu wzbogacenie treści programu kształcenia studentów.

Ważne jest, aby program kształcenia na wydziale był dostosowany do potrzeb gospodarczych kraju i jednocześnie spójny z nowoczesnymi programami uczelni zagranicznych, szczególnie krajów EWG, realizujących problematykę racjonalnego zarządzania przestrzeni produkcyjnej rolnictwa.

Melioracje w tradycyjnym tego słowa znaczeniu muszą być wkomponowane w kompleksowe przedsięwzięcia mające na ce-

lu właściwe urządzenie przestrzeni wiejskiej, rolniczej z uwzględnieniem ochrony środowiska przyrodniczego, uwarunkowań ekologicznych, a także uwzględniające infrastrukturę techniczną tych obszarów.

Tendencje do zmniejszania liczby godzin, obowiązujących studentów do 3 tys. godzin w przypadku 5-letnich studiów magisterskich i 2100 godzin w przypadku studiów inżynierskich, nastrożają dodatkowych trudności we właściwym przygotowaniu programu kształcenia. Obecnie winien być położony nacisk na takie przygotowanie programów kształcenia, aby rozbudziły inicjatywę własną studentów do samodzielnego pogłębiania wiedzy. Przygotowywane programy kształcenia powinny dać studentom możliwość wyboru przedmiotów, wyboru specjalności kształcenia oraz realizacji zamiłowań własnych w wybranym zawodzie.

W opracowywanym programie kształcenia konieczne jest możliwie najlepsze dobranie proporcji między przedmiotami podstawowymi, zawodowymi kierunkowymi, specjalizacyjnymi, a także przyrodniczymi i technicznymi.

Przy opracowywaniu minimum programowego kształcenia studentów wydziałów melioracji i inżynierii środowiska brali udział kierownicy wszystkich jednoimiennych wydziałów w kraju, przyjmując do realizacji określone przedziały godzin dla przedmiotów w programach uznanych za minimum programowe, a więc składające się na niezbędną wiedzę zdobywaną przez absolwenta wydziału. Na tej podstawie ustalono i przyjęto charakterystykę sylwetki absolwenta wydziału.

Absolwent wydziału melioracji i inżynierii środowiska otrzymuje tytuł zawodowy mgr. inż. inżynierii środowiska w zakresie wybranej specjalności. Studia na wydziale winny przygotowywać do podejmowania zadań z problematyki melioracyjnej, zaopatrze-

nia w wodę i sanitacji wsi oraz kształtowania środowiska wiejskiego z uwzględnieniem infrastruktury i ochrony środowiska naturalnego.

W okresie przygotowywania programu proponowano początkowo 3 specjalności o nazwach: melioracje wodne, wodociągi i kanalizacje wiejskie, ochrona i kształtowanie przestrzeni wiejskiej. W drugiej wersji uznano za właściwe 4 specjalności o nazwach: melioracje wodne, inżynieria sanitarna, ochrona i kształtowanie przestrzeni wiejskiej i na wniosek studentów – budownictwo wiejskie.

Istnieje pilna potrzeba opracowania sylwetki absolwenta dla poszczególnych specjalności tak, aby student dokonujący wyboru był zorientowany co do podstawowych zadań w ramach danej specjalności, jak również znał szczegółowe zadania, jakie będą czekały go po dokonaniu wyboru specjalizacji.

Spośród proponowanych specjalności na wydziale – ochrona i kształtowanie przestrzeni wiejskiej wydaje się szczególnie wzbogacona w treści nauk podstawowych – stosowanych, takich jak biologia i chemia sanitarna oraz przedmioty kierunkowe przyrodnicze, dające studentowi bogatą wiedzę o środowisku wiejskim, co pozwoli na poszerzenie zainteresowań i umożliwi racjonalne działanie przy urządzeniu przestrzeni wiejskiej.

Zapotrzebowanie na absolwentów tej specjalności będzie prawdopodobnie przydatne głównie w organach samorządowych administracji terenowej, a także w instytucjach zawodowo zajmujących się ochroną środowiska i gospodarką przestrzenną. Absolwent musi więc mieć bogatą wiedzę zarówno przyrodniczą, związaną z obszarem rolniczym, jak i techniczną, i planistyczną. Musi być znawcą środowiska wiejskiego, ze szczególnym zwróceniem uwagi na jego ochronę i prawidłowe wykorzystanie zasobów.

Andrzej CIEPIEŁOWSKI

Katedra Budownictwa Wodnego

Etapy rozwoju hydrologii

Istnieje kilka definicji podjęcia "hydrologia". W Polsce najpełniejszą definicję wraz z jej podziałem podał Dębski. Według niego hydrologia jest nauką traktującą o wodzie i zjawiskach związanych z istnieniem wody w przyrodzie Ziemi (Dębski 1970). Dokonał on podziału przedmiotu hydrologii na 4 działy (hydrologia właściwa, hydrobiologia, hydrofizyka z hydromechaniką i hydrauliką, hydrochemia), 8 gałęzi (hydrometeorologia, potamologia, limnologia, oceanologia, agrohydrologia, geohydrologia, hydrogeologia, glaciologia) oraz trzy poziomy badań (hydrometria, hydrografia, hydronomia). Nie wszystkie części składowe tego podziału są obecnie stosowane, ponieważ wraz z rozwojem nauki następują zmiany pojęć.

Inną definicję hydrologii podaje Wisler i Brater (1959). Według nich hydrologia jest nauką traktującą o procesach rzecznych, związanych z wyczerpywaniem i uzupełnianiem zasobów wodnych w ziemskich obszarach globu. Zajmuje się ona przemieszczaniem wody przez powietrze, powierzchnię Ziemi i warstwę gleby, a ponadto różnymi fazami cyklu hydrologicznego.

W nowoczesnym ujęciu, w definicji uwzględnia się zagadnienie nie tylko ilości zasobów wody, ale również jej jakości i związku ze środowiskiem. Hydrologia wg Federal Council of Science and Technology, Committee for Scientific Hydrology (Trans. AGU Vol. 43, nr 4, 1962) cyt. przez Eaglesona, w sze-

rokin tego słowa znaczeniu, zajmuje się wodami Ziemi, ich pojawianiem się, obiegiem i rozmieszczeniem, ich właściwościami chemicznymi i fizycznymi, a także reakcją na środowisko, włączając w to związek z istotami żywymi (Eagleson P.S. 1978).

Podział hydrologii oparty na obecnym stanie rozwoju nauki powinien obejmować hydrologię teoretyczną, stosowaną i eksperymentalną.

Hydrologia teoretyczna zajmuje się genezą procesów hydrologicznych wraz z ich interpretacją i opisem fizyczno-matematycznym, cyklami hydrologicznymi, teorią bilansowania i modelowania, teorią prognozowania zjawisk hydrologicznych, itp. Można wyróżnić tu cztery kierunki badawcze: filozoficzny, geofizyczny, geograficzny i hydrotechniczny. Hydrologia teoretyczna rozwija się wraz z rozwojem głównie fizyki, matematyki, informatyki i nauk pokrewnych.

Hydrologia stosowana, tzn. hydrologia na potrzeby działalności gospodarczej człowieka w środowisku wodnym, stanowi dyscyplinę będącą na pograniczu nauk przyrodniczych i technicznych, stąd często używa się nazwy — hydrologia inżynierska. Ozga-Zielińska wiąże jej rozwój w Polsce z uczelniami technicznymi. Uważa ona, że wyodrębnienie hydrologii inżynierskiej, jako dyscypliny rozwijanej w uczelniach technicznych, pozwoliło nie tylko stworzyć obszerną i nieodzowną dyscyplinę dla inżynierskiej działal-

ności w środowisku przyrodniczym, ale miało również zasadniczy wpływ na rozwój hydrologii w ogóle (Ozga-Zielińska 1983). Hydrologię stosowaną dzieli się na hydrologię terenów zurbanizowanych, przemysłowych, rolniczych, leśnych, jezior i bagien, hydrologię powodzi, hydrologię regionów pustynnych i półpustynnych, itp. Zajmuje się ona metodami służącymi do opracowywania wyników obserwacji i pomiarów hydrologicznych, ustalania charakterystyk hydrologicznych wykorzystywanych przy planowaniu, projektowaniu i eksploatacji obiektów hydrotechnicznych, testowaniem modeli hydrologicznych, metodami opisu zjawisk hydrologicznych, metodami bilansowania zasobów wodnych, itp.

Rozwój poszczególnych rodzajów hydrologii stosowanej nie jest równomierny. W Polsce do niedawna na wyższych uczelniach dominowała hydrologia teoretyczna połączona ze stosowaną, bez uwzględnienia specyfiki wynikającej z profilu kształcenia danej uczelni czy wydziału. Wydaje się, że rozwój nauki nakłada obowiązek takiego ukierunkowania przedmiotu, by oprócz elementów hydrologii teoretycznej, uczelnie (np. rolnicze) poświęcały najwięcej uwagi hydrologii terenów użytkowanych rolniczo, a na wydziałach leśnych — hydrologii leśnej. Takie rozwiązania można spotkać np. na uniwersytetach amerykańskich. Na Wydziale (Inżynierii Rolniczej) (Agricultural Engineering) w Purdue University hydrologia dotyczy bardziej terenów rolniczych, natomiast na Inżynierii Lądowej (Civil Engineering) więcej uwagi poświęca się hydrologii teoretycznej oraz hydrologii terenów zurbanizowanych i przemysłowych.

Hydrologia leśna, która sądząc chociażby z materiałów Międzynarodowego Sympozjum z Hydrologii Leśnej — USA, 1965 — Pensylwania Uniwersytet Stanowy, rozwija się w wielu krajach od dłuższego czasu. W

Polsce mało jest widoczny rozwój tego rodzaju hydrologii jako przedmiotu, chociaż niektóre placówki badawcze (IBL, Uniwersytet Warszawski itp.) mają osiągnięcia naukowe w dziedzinie hydrologii leśnej. Na Wydziale Leśnym SGGW (największej uczelni rolniczej w Polsce) nie ma w programie przedmiotu hydrologia leśna. Wydaje się więc konieczne wprowadzenie takiego przedmiotu.

Rozwój hydrologii eksperymentalnej ściśle wiąże się z badawczymi zlewniami (b.z.) reprezentatywnymi lub eksperymentalnymi. Badawcze zlewnie są to tereny, w których bada się wpływ środowiska naturalnego (np. rolniczego — b.z. rolnicze, leśnego — b.z. leśne, itp.) na obieg wody i jego części składowe oraz procesy naturalne i antropogeniczne w nich zachodzące. Część zlewni badawczych ma charakter reprezentatywny, gdyż reprezentuje obszar hydrologicznie jednolity, część zaś eksperymentalny — ze względu na prowadzenie w nich zamierzonych i nie zamierzonych doświadczeń.

Badawcze zlewnie wyposażone są w najnowocześniejszą aparaturę pomiarową, której rodzaj i rozmieszczenie wiąże się z programem badań przewidywanym w danej zlewni oraz typem modelu, jaki będzie się realizowało. Oprócz urządzenia stanowisk i stacji pomiarowych ważne jest zorganizowanie systemu przekąźnikowego danych obserwowanych oraz system gromadzenia, przetwarzania, publikowania i rozpowszechniania danych hydrometeorologicznych i gospodarczych. Wprowadzenie nowoczesnej aparatury wymusza stosowanie systemowego podejścia do badań hydrologicznych, a tym samym sprzyja rozwojowi hydrologii jako nauki.

*

Rozwój hydrologii przebiegał etapowo począwszy od okresu najdawniejszego, czyli około 4000 lat p.n.e., aż do dni obecnych i był

stymulowany rozwojem cywilizacji i takich nauk, jak filozofia, astronomia, fizyka, matematyka, a obecnie informatyka.

Ven te Chow (1964) wyróżnia osiem etapów rozwoju hydrologii (tab.). Pierwsze informacje o zainteresowaniach hydrologią sięgają starożytności i wiążą się z rozwojem cywilizacji: egipskiej w dolinie Nilu, sumeryjskiej w dolinie Tygrysu i Eufratu, w Mezopotamii, harappańskiej w dolinie Indusu w Indiach oraz chińskiej w dolinie Huang-ho. Od tego okresu datuje się początek obserwacji hydrometeorologicznych: stanów wody (Nil) i opadów (Chiny).

Niektóre źródła podają (Biswas 1978), że początek nowoczesnej hydrologii przypada na XVII w. i związany jest z badaniami Francuzów: Pierre'a Perraulta (1608–1680), Edme Mariotte'a (1620–1684), Castellego (1558–1633), Kartezjusza (1596–1650), Galileusza (1608–1680), astronoma angielskiego Edmunda Halleya (1656–1742),

O zasługach wielu wybitnych naukowców dla hydrologii, działających w poszczególnych okresach rozwoju tej nauki, przeczytać można w publikacjach m.in. Biswasa A.K.-1978, Ven te Chow-1964 itp.

W Polsce początek hydrologii stanowią prace hydrograficzne w XV w., z których najważniejsze dotyczyły opisu przez Długosza 20 rzek. Pierwsze obserwacje hydrologiczne dotyczą badań okresowych stanów wody i stabilizowanie znaków powodziowych. Najstarsza tablica powodziowa pochodzi z 1671 r. (Kraków — budynek klasztoru przy kościele św. Agnieszki). W XVIII w. założono tablice powodzi na Wiśle w Toruniu z 1570 i 1584 r. Początek obserwacji wahań poziomów wody przypada na okres rządów króla Stanisława Augusta Poniatowskiego (1764–1795); obserwacje na Wiśle (Toruń), Warcie, Pilicy i Nidzie.

Na Odrze obserwacje prowadzono już od 1917 r. jako jedne z pierwszych w Europie po

Rosji (Newa, Twierdza Pietropawłowska w Petersburgu, 1715 r.).

Informacje szczegółowsze na ten temat znaleźć można w rozdziale pt. "Zarys historii hydrologii na ziemiach polskich", napisanym przez prof. Z. Mikulskiego (Biswas A.K. 1978).

Dwa ostatnie okresy rozwoju hydrologii wg podziału Ven te Chow, tj. okres usprawnień (1930–1950) i okres teoretyzowania (1950 — obecnie) wymaga szczegółowego omówienia. Na rozwój hydrologii w tych okresach miały wpływ badania związane z przygotowaniem i działaniami w czasie II wojny światowej. W rozwoju hydrologii teoretycznej można zauważyć wiodącą rolę USA. Wyróżniono tu trzy etapy rozwoju hydrologii teoretycznej. Okres I między 1930 r. a początkiem II wojny światowej to szczytowy rozwój metod empirycznych. Okres II trwał od drugiej wojny światowej do lat pięćdziesiątych. W okresie tym badania prowadzone dla celów wojennych wyzwoliły nowe możliwości rozwoju hydrologii. Zwłaszcza badania kosmiczne oraz rozwój elektroniki przyczyniły się do dużego postępu w rozwoju hydrologii teoretycznej i eksperymentalnej. Okres III obejmuje lata sześćdziesiąte do chwili obecnej. Charakteryzuje się wykorzystywaniem teorii systemów i podejścia systemowego, rozwoju telekomunikacji, powstaniu komputerów III generacji itp. W okresie tym przystąpiono do racjonalnego rozwiązywania problemów zasobów wodnych.

Postęp cywilizacyjny rzutował na rozwój hydrologii polskiej. Był jednak znacznie opóźniony w stosunku do badań w krajach Europy Zachodniej, Japonii i Stanów Zjednoczonych.

Najdłużej trwał, a w niektórych instytucjach trwa nadal, okres "empiryzmu" i era hydrologii komponentów. Dobrze rozwinięty kierunek "empiryczny", a zwłaszcza tworzenie przydatnych dla praktyki inżynierskiej

TABELA. Okresy rozwoju hydrologii

Nazwa okresu	Lata	Ważniejsze wydarzenia
I rozmyślań i domysłów	starożytność do 1400 p.n.e.	Cywilizacje: egipska, sumeryjska, harappańska, chińska (3000 p.n.e.) wodowskazy na Nilu (1800 p.n.e.); wodomierze w Ghadames w Afryce Północnej (1050 p.n.e.). Filozoficzne rozważania nad cyklem hydrologicznym: Homer (1000 p.n.e.), Tales z Miletu (624–548 p.n.e.), Platon (428–347 p.n.e.), Arystoteles (385–322 p.n.e.), Lucretius, Seneka, Witruwiusz (100 p.n.e.).
II obserwacji	1400–1600	Leonardo da Vinci (1452–1519), Palissy (1510–1589), Galileusz (1608–1680), Kepler (1571–1630), Kartezjusz (1596–1650).
III pomiarowy	1600–1700	Perrault (1608–1680) pomiary P, E; Mariotte (1620–1684) obliczenia Q i V w Sekwanie prof. Paryż.; Halley (1656–1742) pomiary E i Q; Cassini, Ramazzini, Vallisnieri — wody artezyjskie; Castello — 1638 ruch wody w przewodach
IV doświadczeń	1700–1800	Bernoulli (1667–1748), Pitot (1695–1771), Woltman 1790 — młynek hydrometryczny; Smeaton — skala modelu, Borda, Venturi (1746–1822) — zwężka; Chezy (1718–1798) — równanie.
V unowocześniania	1800–1900	Smith, Darcy (1803–1858) — równanie; Dupuit-Thiers — wody gruntowe; Ghyben Herzberg — bilans morza; Ototski, Lebiediew (Rosja), Forchheimer (Austria), Allen Hazen (USA), Ganguillet (1818–1894), Kutter (1818–1888), Manning (1816–1897), Dalton, Reynolds (1885).
VI empiryzmu	1900–1930	Brückner — 1908 — Bilans wodny kuli ziemskiej, Głuszkow — 1915, Trufanow — 1923, Wielikanow — 1925, Oppokow — 1929, Schaffernack — 1929 Konf. Leningrad 1924, Ryga 1926 i inne.
VII usprawnień	1930–1950	Sherman — Hydrogram jednostkowy 1932; Horton — teoria infiltracji 1933, Hazen Gumbel 1941 — rozkład prawdopodobieństwa, Einstein — sedimentacja 1950, powstanie SCS — 1935 i inne.
VIII teoretyzowania	1950 i obecnie	UNESCO, WMO, FAO, WHO, IAEA

wzorów, norm, instrukcji itp. nie powinien być negowany. Jednak nie może dominować jako kierunek badawczy. Obecnie rozpoczął się okres hydrologii integralnej.

W okresie przejściowym w Polsce adaptowano modele opracowane za granicą (SCS, HEC, Nasha, Wackermanna). Na charakter badań polskich duży wpływ miała teoria systemów, która spowodowała rozwój modelowania hydrologicznego, a ono z kolei wpłynęło na prowadzenie badań eksperymentalnych w zlewniach specjalnie wyposażonych. Przystąpiono również do tworzenia oryginalnych, integralnych polskich modeli hydrologicznych.

Badaniom hydrologicznym prowadzonym obecnie w Polsce przyświeca stale aktualne stwierdzenie Leonarda da Vinci (1452–1519): „Pamiętaj, kiedy dyskutujesz o wodzie, najpierw opisać zdarzenie, a potem wyjaśnić przyczyny”.

Wnioski

1. Rozwój nauki wymaga ukierunkowania badań i dydaktyki z zakresu hydrologii stosowanej na środowiska jednoznacznie

określone i dominujące, np. rolnicze, leśne i zurbanizowane.

2. W rozwoju hydrologii polskiej widoczny będzie jeszcze większy postęp, gdy do badań wprowadzi się na szerszą skalę podejście systemowe, a badania poszczególnych parametrów obiegu wody zastąpi się badaniami cyklu hydrologicznego w danym środowisku.

Literatura

- BISWAS A.K. 1978: *Historia hydrologii*. PWN, Warszawa.
- CIEPIEŁOWSKI A. 1980: *Rolnicze zlewnie badawcze i ich wyposażenie*. Przegląd Geofizyczny XXV: 3–4.
- CHOW VEN TE, 1964: *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill, Book Company.
- DEBSKI K. 1970: *Hydrologia*. Arkady, Warszawa.
- EAGLESON P.S. 1978: *Hydrologia dynamiczna*. PWN, Warszawa.
- International Symposium on Forest Hydrology. Edit: W. E. Sopper i Howard W. Lull, Pergamon Press 1967.
- OZGA-ZIELIŃSKA M. 1983: *Hydrologia jako źródło informacji dla potrzeb gospodarki*. Mat. sesji nauk. nt. Współczesna gospodarka wodna i hydrologia. Warszawa (maszynopis).
- WISLER, BRATER, 1959: *Hydrology*. Nowy Jork.